S 99

TERMIN ZWROTU

26.5.71

PRZERÓBKA MECHANICZNA UŻYTECZNYCH CIAŁ KOPALNYCH

TOM III

HENRYK CZECZOTT
INŻYNIER GÓRNICZY, PROFESOR AKADEMJI GÓRNICZEJ W KRAKOWIE
B. PROFESOR INSTYTUTU GÓRNICZEGO W PETERSBURGU.

PRZERÓBKA MECHANICZNA UŻYTECZNYCH CIAŁ KOPALNYCH

CZĘŚĆ I-SZA

TOM III.

ODWADNIANIE. ODPYLANIE. MIESZANIE. BRYKIETOWANIE. AGLOMERACJA. KOKSOWANIE. OPERACJE POMOCNICZE I OBSŁUGUJĄCE.

KRAKÓW
NAKŁADEM KOMITETU WYDAWNICZEGO DZIEŁ ŚP. PROF. HENRYKA CZECZOTTA
1935

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AGH
1000164058

~~12057/II~~

Akademja Górnicza w Krakowie BIBLIOTEKA

~~II 27602~~

II. 4620

NZB 4057

ODBITO CZCIONKAMI DRUKARNI GEOGRAFICZNEJ „ORBIS" W KRAKOWIE, UL. BARSKA 41.

OD KOMITETU WYDAWNICZEGO.

Podjęte przed kilku laty wydanie dzieła śp. Prof. H. Czeczotta „Przeróbka Mechaniczna Użytecznych Ciał Kopalnych“ po wydaniu tomu I i II uległo przerwie z powodu trudności finansowych.

Dopiero obecnie dzięki przyznaniu przez Departament Górniczo-Hutniczy Ministerstwa Przemysłu i Handlu poważnego zasiłku z funduszu społeczno-górniczego, Komitet znalazł się w możności wydania z kolei niniejszego tomu III-go.

W imieniu Komitetu Wydawniczego:

Karol Bohdanowicz, Aleksander Ciszewski, Stanisław Rażniewski, Henryk Wojewódzki.

CZĘŚĆ I-SZA (CIĄG DALSZY)

OPERACJE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

A. OPERACJE ZASADNICZE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

(CIĄG DALSZY)

V. ODWADNIANIE.

VI. ODPYLANIE.

VII. MIESZANIE.

VIII. BRYKIETOWANIE i AGLOMERACJA.

IX. KOKSOWANIE.

PRZEDMOWA DO TOMU TRZECIEGO.

Tom III-ci „Przeróbki Mechanicznej Użytecznych Ciał Kopalnych“ zasadniczo nie różni się w treści od wydania rosyjskiego i zawiera według tegoż wydania zeszyty IV, V i VI [1]). W tomie III-cim zakończono część I „Przeróbki“, a mianowicie operacje zasadnicze, pomocnicze i obsługujące.

Część II, która będzie ujęta w tomie IV-tym, zawiera zasady układania schematów operacyj, warunki zyskowności przeróbki, oraz związek między robotami górniczemi a systemami przeróbki.

Redakcja.

---

[1]) „Обогащение полезных ископаемых“ выпуск IV i V Ленинград, 1927, oraz — выпуск VI Ленинград, 1929.

SPIS RZECZY.

Od Komitetu Wydawniczego V
Przedmowa do tomu trzeciego IX
Spis rzeczy XI

Rozdział V. Oddzielanie cieczy od materjału luźnego. 1

§ 1. Zasady ogólne 1
Zastosowanie 1
Określenia 1
Produkty mokre 1
Produkty wilgotne 2
Produkty powietrzno-suche 2
Produkty suche 3

§ 2. Odwadnianie materjału grubego 6
Odwadnianie materjału grubego i średniego 6
Odwadnianie niezwietrzałych rud metali ciężkich i twardych węgli otrzymanych w maszynach osadowych 6
Odwadnianie przez wyczerpywanie ze zbiorników 6
Odwadnianie w zbiornikach posiadających kraty na dnie . 6
Sieć drenażowa kanałów w podłodze zakładu 6
Odwadnianie produktów kruchych na rzeszotach nieruchomych 7
Odwadnianie produktów kruchych na rzeszotach ruchomych 7
Przemywanie zapomocą natrysków 8
Odwadnianie na rzeszotach potrząsalnych 8
Odwadnianie odpadów z maszyn płóczkowych 8

§ 3. Odwadnianie miału 9
Przy przeróbce rud na stołach 9
Ubijanie w zwykłych skrzyniach 9
Ubijanie szlichów magnetytu w skrzyniach trójkątnych . . 10
Odwadnianie odpadów koncentracji 10
Odwadnianie piasków skały rudnej zapomocą filtracji . . 10
Odwadnianie miału węglowego 11
Filtracja w zbiornikach 11
Filtracja na taśmach bez końca 12
Filtracja na wysokich elewatorach 13

§ 4. Osadzanie szlamów lub zgęszczanie . . . 13
Zgęszczanie szlamów w skrzyniach odwadniających i lejach 14

Str.
Klarowanie mętnych wód w basenach i szpickastenach 17
Zgęszczanie szlamów węglowych w lejach i szpickastenach 18
§ 5. Iły i ich odwadnianie 19
Określenie 19
Charakterystyka iłów 20
Zgęszczanie (osadzanie) iłów 22
Odwadnianie iłów na filtrach mechanicznych 24
Filtry komorowe 25
Filtry próżniowe 26
Vacuum-filtr (próżniowy) Moora 27
Filtr próżniowy Buttersa 27
Prasy filtrowe 27
Prasa filtrowa Kelly'ego 28
Prasa filtrowa Burta 28
Komorowe prasy filtrowe 28
Filtry próżniowe o działaniu ciągłem 29
Zastosowanie filtrów mechanicznych 29
§ 6. Suszenie 31
Zastosowanie 31
Zasady suszenia 32
Suszenie naturalne 32
Suszenie sztuczne 33
Zużycie ciepła i temperatura suszenia 33
Ilość powietrza 37
Ogólna powierzchnia ogrzewania 38
Czas trwania suszenia 38
Regulowanie przebiegu suszenia 38
Znaczenie suszenia dla węgli kamiennych i brunatnych przy brykietowaniu 39
Suszarki 40
A. Suszarki gazowe (piece suszarniane) 41
1. Zwykły walcowy piec suszarniany 41
2. Suszarka gazowa talerzowa 43
B. Suszarki parowe 44
3. Suszarki parowe walcowe lub rurkowe 44
4. Suszarka parowa talerzowa 45

Rozdział VI. Oddzielanie pyłu 47
§ 1. Zasady ogólne 47
Szkodliwość pyłu 47
Środki zwalczania pyłu 48
§ 2. Ograniczenie powstawania pyłu 49
Zabezpieczenie ciała kopalnego przed ścieraniem się 49
Zabezpieczenie pyłu od wstrząsów 50
§ 3. Odpylanie 52
Sposoby odpylania 52
Różnorodność charakteru odpylania 52
§ 4. Uławianie pyłu 53
Sposoby uławiania pyłu i wypadki ich zastosowania 53
Mokre sposoby uławiania pyłu 55
Zwilżanie materjału zapomocą natrysków 55
Zwilżanie powietrza zapomocą natrysków 55

Str.
Suche sposoby uławiania pyłu 57
1. Sposób komór pyłowych 57
2. Sposób oparty na zmianie kierunku prądu 57
3. Oddzielanie odśrodkowe czyli sposób cyklonów 58
4. Sposób filtracji 59
5. Filtry pyłowe 60
Filtry pyłowe zamknięte (Betha, Secka) 60
Filtry pyłowe otwarte (Perfection) 61
Zastosowanie filtrów zamkniętych i otwartych . . . 62
Środki ostrożności przy użyciu filtrów 62
Zużytkowanie pyłu bez osadzania z powietrza 64
§ 5. Środki przeciw zapalaniu się pyłu i wybuchom 65
§ 6. Główne zasady obliczania odpylania . . . 68
Zasady ogólne 68
Prędkość najkorzystniejsza 69
Najmniejsza ilość powietrza 71
Stosunek powietrza do pyłu 71
Najmniejsza depresja 73
Systemy rozgałęzione 74

Rozdział VII. Mieszanie 75
§ 1. Zasady ogólne 75
§ 2. Mieszanie materjałów luźnych 76
Zastosowanie 76
Sposoby mieszania i przyrządy 78
Ładowanie produktów różnorodnych do jednego odbiornika 79
Przyrządy mieszalne 79
Śruby transportowe 80
Dezintegratory i pulweryzatory 81
Mieszarki (walcowe) z wałem mieszadłowym o działaniu ciągłem i okresowem 81
Mieszarka Greenavalta 81
Mieszarki Costa i Geislera 82
Mieszarka Weber-Zeidlera 82
Odmierzanie objętościowe produktów mieszanych 82
Odmierzanie wagowe produktów mieszanych 83
§ 3. Mieszanie materjałów luźnych z cieczą . 83
1. *Zwilżanie* 83
Zwilżanie zwykłe 83
Zwilżanie (nadawanie plastyczności) w zwilżarkach . . . 84
Przygotowanie mieszanin plastycznych węgla z pozostałościami ropy naftowej w procesach brykietowania . 85
2. *Nasycanie* 85
Nasycanie piasków 86
Nasycanie iłów 86
Przemywanie glin przy mokrem przygotowaniu materjałów w przemyśle cementowym 86
3. *Rozcieńczanie wodą* 87
Zwilżanie suchego miału węglowego 87
Zwilżanie rudy 87
Wypadki mieszania produktów mokrych 88

Str.
Rozdział VIII. Kawałkowanie 89
§ 1. Wstęp 89
Wypadki zastosowania 89
Znaczenie ekonomiczne kawałkowania 90
Charakter operacji kawałkowania 92
Rodzaje kawałkowania 92
A. Brykietowanie 97
§ 2. Proces ogólny brykietowania 97
Przygotowanie 97
Zasady brykietowania 98
§ 3. Nadawanie plastyczności 104
§ 4. Formowanie i uwięźlanie (prasowanie) . . 108
Sposoby formowania i uzwięźlania 108
Brykietowanie mokre 108
Brykietowanie suche 109
Brykietowanie kopalin palnych 110
a) *Jakość węgli* 111
1) brunatnych 111
2) kamiennych 113
b) *Substancje wiążące* 115
nieorganiczne 116
organiczne: 1) rozpuszczalne lub pęczniejące w wodzie . . 116
2) topniejące przy nagrzewaniu 117
Pak węglowy 117
Substancje wiążące płynne 119
c) *Prasy brykietowe* 120
Klasyfikacja pras 120
I. Prasy walcowe 121
A. Prasy z walcami stykającemi się lub jajkowe . . . 121
B. Prasy z niestykającemi się walcami lub wstęgowe . 121
II. Prasy stęporowe 122
A. Prasy o ciśnieniu jednostronnem (wstęgowe). Prasa Ekstera 122
B. Prasy o ciśnieniu dwustronnem 123
1. Prasa udarowa Dorstena 124
Prasa udarowa Gröndala 126
2. Prasa Couffinhala 126
3. Prasa Yeadona 129
4. Prasa Tiglera 132
§ 5. Utrwalanie form cegieł i brykietów 134
1. Naturalne suszenie torfu formowanego i cegieł z węgla brunatnego 135
2. Suszenie sztuczne torfu i brykietów z węgla brunatnego . . 135
3. Suszenie brykietów węgla kamiennego 136
4. Utrwalanie przez suszenie w cementownictwie 136
5. Wypalanie cegły z gliny i łupków gliniastych 137
6. *Brykietowanie szlichów magnetytu sposobem Gröndala* . . . 137
7. *Brykietowanie szlichów rud żelaznych sposobem Schumachera* 138
B. Aglomeracja 140
§ 6. Aglomeracja 140
1. Aglomeracja w piecach rotacyjnych 140
2. Spiekanie (aglomeracja) w misach 143

Str.
Sposób Huntington & Heberle'go 143
Sposób Greenavalta 144
Sposób Dwight & Lloyda 149
3. Produkty aglomeracji 150

Rozdział IX. Koksownictwo 152
§ 1. Wstęp 153
Określenia 153
Rozwój koksownictwa 155

§ 2. Koksowanie 160
Węgiel koksowniczy i własności koksu 160
Piece koksownicze 162
Piec Coppe'go 165
Piec Brunka 167
Piec Otto-Hoffmanna 168
Maszyny i akcesorja pieców koksowniczych 174
1. Ładowanie 174
2. Drzwiczki pieców i kołowroty drzwiowe 175
3. Wypychacz koksu 175
5. Gaszenie i ładowanie koksu 178
6. Sortowanie koksu 179

§ 3. Gazownictwo 180

§ 4. Dystylacja 184
Zużytkowanie produktów ubocznych koksowania 184
Korzyści ekonomiczne uławiania produktów ubocznych . . 185
Łączność pomiędzy koksownią i zakładem chemicznym 187
Przyrządy do uławiania dystylatów przy wyrobie koksu 189
1. Oddzielacz pyłu 189
2. Chłodnica powietrzna 189
3. Chłodnica wodna 189
4. Wstępny wodny oddzielacz amonjaku 189
5. Ekshaustor 190
6. Dzwonowy oddzielacz amonjaku 190
7. Scruber 191
Dystylacja smoły węglowej 193
Przeróbka wód amonjakowych na siarczan amonu i otrzymywanie benzolu 197
Dystylacja węgla brunatnego, łupków palnych, torfu i in. . . . 198

B. Operacje pomocnicze 203

Rozdział X. Operacje pomocnicze 203
§ 1. Znaczenie i rodzaje operacyj pomocniczych . . 203
Określenia 203
Przenoszenie 203
Miejsce naładowywania łańcucha przyrządów 204
Miejsce wyładowywania łańcucha przyrządów 205
Usuwanie odpadów 206
Łańcuch przyrządów w zakładzie 206
Tworzenie skupień 207
Rozdzielanie i zasilanie 209
Operacje pomocnicze 209

Str.

§ 2. Wyładowanie naczyń przewozowych (załadowanie łańcucha aparatów) 210
Wózki wywrotowe 210
Wywroty 212
a) Wywroty czołowe 213
b) Wywroty boczne lub walcowe 215
c) Amerykańskie wywroty czołowe 219
Wyładowywanie skipów 223
Wyładowywanie samoczynnie wywrotnych klatek szybowych . . 228
Wyładowywanie wagonów kolejowych 231

§ 3. Transport materjałów 233
Przenoszenie ręczne 233
Przewóz w wózkach kopalnianych 235
Automatyczne sposoby transportu 235
A. Przyrządy do transportu sypkich materjałów suchych . . 239
1) Stoki i żłoby 239
2) Konwejory 241
1. Taśmy bez końca 241
2. Żłoby ze zgarniaczami 242
3. Żłoby potrząsane 243
4. Śruby bez końca 248
3) Elewatory 249
Elewatory czerpakowe 249
Elewatory typu specjalnego 254
B. Przyrządy do transportu produktów mokrych i szlamów . 255
1) Rury i żłoby 255
2) Podnoszenie szlamów i produktów mokrych 257
Śruby bez końca 258
Pompy odśrodkowe 259
„Piaskowe“ spiralne pompy Frenier'a 260
Elewatory hydrauliczne 260
Elewator kołowy 261

§ 4. Skupienie materjałów 261
Skupienia pośrednie 261
Skupienia początkowe 263
Zbiorniki końcowe 266
Zwały 268
Ładowanie skupień i podział materjałów 270
1. Okrągłe stoły rozdzielcze 270
2. Wyładowywacze Robinsa 270
3. Tarcze nieruchome 270
4. Żłoby potrząsane 271
5. Rozdzielacz szlamu Buttersa 272

§ 5. Zasilanie przyrządów 274
a) *Zasilacze o działaniu okresowem* 276
1. Platforma o ruchu wahadłowym 276
2. Zasilacz tłokowy 277
3. Zasilacz talerzowy (Challange) 278
b) *Zasilacze o działaniu ciągłem* 279
4. Tarcza potrząsana 279
5. Zasilacz wahadłowy 279

Str.
6. Zasilacz walcowy 279
7. Łańcuch bez końca 281
8. Zasilacz talerzowy o działaniu ciągłem 281
§ 6. Ładowanie naczyń wysyłkowych 282
Ładowanie w zakładach wzbogacania rud 282
Ładowanie wagonów kolejowych w kopalniach węgla 282
Ładowanie węgla ze zbiorników 282
Przyrządy do równomiernego załadowania wagonów zakrytych . 285
Załadunkowy dworzec kolejowy na kopalniach węgla 285
Przetoki na dworcach kolejowych na kopalniach węgla 287
Zestawianie pociągów 289
Wagi kolejowe 290
§ 7. Usuwanie odpadów 290
Ilość usuwanych odpadów 290
Zużytkowanie odpadów do podsadzki płynnej 292
Samoczynne usuwanie szlamów i odpadów mokrych na zwały . . 294
Usuwanie suchych odpadów zapomocą przewozu po równym torze 295
Mechaniczny sposób podnoszenia odpadów 297

C. Operacje obsługujące 303
Rozdział XI. Operacje obsługujące 303
§ 1. Gospodarka wodna 303
Miejsce zapotrzebowania wody 303
Ilość zużywanej wody w zakładach przeróbczych 304
Sposób powtórnego użycia wody 305
Rozdzielanie wody 306
Zaopatrzenie w wodę 307
§ 2. Gospodarka powietrzna 309
§ 3. Gospodarka cieplna 309
§ 4. Doprowadzenie energji 310
Zużycie energji 310
O wyborze rodzaju energji 310
§ 5. Kontrola operacyj i rejestracja produktów 316

ROZDZIAŁ V.

Oddzielanie cieczy od materjału luźnego.

§ I. Zasady ogólne.

Zastosowanie. Zagadnienia oddzielania cieczy od materjału luźnego przy przeróbce stałych użytecznych ciał kopalnych spotyka się we wszystkich mokrych procesach wzbogacania mechanicznego i chemicznego. Tak, produkty, pochodzące z płóczek i koncetracji, produkty mokrego wzbogacania magnetycznego oraz flotacji otrzymuje się zmieszane z wodą, to też muszą być odwadniane. We wszystkich procesach hydrometalurgicznych roztwory oddzielane są od pozostałości zapomocą filtracji lub dekantacji. Wody szlamowe, otrzymywane przy wszystkich mokrych procesach, ulegają zgęszczaniu, wody zaś mętne — klarowaniu (oświetlaniu). Prócz tego przy przeróbce sposobami suchemi z odwadnianiem spotykamy się wówczas, gdy materjały surowe wydobywane są w stanie zmieszania z wodą. Tak, ciała kopalne, wydobywane zapomocą maszyn czerpakowych (i ssących), np. błotne rudy żelazne, często poddawane są jedynemu procesowi przeróbki, polegającemu na odwadnianiu produktów surowych; wilgotne surowce podlegają suszeniu.

odwadnianie

Określenia. Stosunek ilości cieczy i cząstek stałych w mieszaninie, podlegającej rozdzieleniu, może być nader różny, zależnie od rodzaju procesu przeróbki lub wydobycia, w trakcie którego otrzymuje się daną mieszaninę. Pod tym względem między czystą wodą, a materjałem absolutnie suchym, jako krańcowemi odmianami mieszanin, w których ilość jednego z powyższych składników równa się 0, rozróżniamy produkty: 1) mokre, 2) wilgotne, 3) powietrzno-suche i 4) suche (wysuszone).

Produktami mokremi nazywamy takie mieszaniny masy mineralnej z wodą, które posiadają ruchliwość cieczy lub w których przynajmniej ruch wody wywołuje ruch zawartego w niej materjału. W produktach mokrych ilość wody przeważa nad ilością materjału stałego;

podobnie do cieczy przybierają one kształt zawierającego je naczynia. Poza naczyniem część wody z takich produktów swobodnie odpływa. Niektóre gatunki produktów mokrych odznaczają się szczególnemi cechami i posiadają nazwy specjalne: 1) kurzawka[1]) — stanowi ona mieszaninę piasku i wody o stosunku od 1:1 do 1:2 według objętości i ma wygląd gruboziarnistej masy ciekłej, do której można swobodnie zanurzyć rękę; 2) wody szlamowe[2]), czyli mieszaniny szlamu i wody o stosunku od 1:3 do 1:4, stanowiące masę gęstą, lecz ciekącą, brudzącą rękę; 3) wody mętne[3]) t. zn. mieszaniny bardzo rozcieńczone wody i materjału iłowego, w których bardzo drobne cząstki mogą znajdować się w stanie zawieszenia w ciągu czasu nieokreślenie długiego i osadzają się bardzo powoli. Produkt ten posiada wszystkie cechy cieczy, w której stosunek cząstek stałych do wody dochodzi do 1:100 i więcej.

Produkty wilgotne[4]) nie posiadają ruchliwości cieczy, zawierają wodę zatrzymaną mechanicznie, która samodzielnie nie wycieka wskutek spójności cząsteczkowej (adhezji, zwilżalności), przy dotknięciu robią wrażenie przedmiotów zmoczonych, z wyglądu częściowo luźnych, z przewagą charakteru luźnego w sortymentach grubych i zwięzłego w miale. Ilość mechanicznie utrzymanej wilgoci zależy od wielkości powierzchni materjału luźnego. Wskutek tego ziarna grube, posiadające powierzchnię w jednostce objętości (mieszaniny luźnej) mniejszą, niż ziarna drobne, zatrzymują odsetek wody mniejszy, niż te ostatnie. W produktach drobniejszych wraz ze zmniejszeniem przestrzeni pomiędzy oddzielnemi ziarnami woda, zawarta między niemi, pozbawia ziarna właściwości swobodnego poruszania się, powodując zwięzłość produktu. W materjale, składającym się z pyłu (iłu), odstępy pomiędzy ziarnami są tak bardzo małe, że woda wypełnia całkowicie przestrzeń między niemi, lecz wskutek adhezji nie wycieka i nadaje mieszaninie jednolity charakter zwięzłej masy ciągliwej, podobnej do ciasta, kaszy lub pasty, zwanej szlamem[5]). W sortymentach grubych ilość wody, utrzymanej mechanicznie, może stanowić 8—15%, w piaskach — 20—30%, w szlamach — 50—100%. Dalsze dodawanie wody do szlamów zamienia je w wody szlamowe.

Produkty powietrzno-suche[6]) są prawie zupełnie pozbawione utrzymanej mechanicznie wilgoci, dostrzegalnej zzewnątrz, i zawierają jedynie wilgoć higroskopijną[7]), utrzymywaną w po-

---

[1]) Quick sand. Schwimmsande. Плывучие пески.
[2]) Pulp. Trübe. Шламмовые воды.
[3]) Muddy water. Trübe-Wasser. Мутные воду.
[4]) Wet products. Nassproducte. Влажные продукты.
[5]) Sludge. Mude. Schlämme. Шламм.
[6]) Air-dry products. Воздушно-сухие продукты.
[7]) Moisture. Гигроскопическая вода.

rach swej masy. W dotyku produkty powietrzno-suche są zupełnie suche, z wyglądu zaś — to zupełnie luźne, niespoiste masy. Ilość wilgoci, utrzymanej higroskopijnie, nie zależy od powierzchni materjału, lecz od jego masy, wskutek czego, będąc niejednakową dla różnych produktów w zależności od porowatości, szczelinowatości i zwilżalności (higroskopijności), pozostaje ona jednakową w sortymentach tak grubych, jak i drobnych. Oczywiście, zupełne nasycenie wilgocią higroskopijną zależy od czasu znajdowania się materjału w wodzie lub w powietrzu wilgotnem, z którego niektóre ciała szczególnie higroskopijne pochłaniają wilgoć. O ile zetknięcie takie z wodą było niedługie, wówczas miał, posiadając powierzchnię większą, nasyca się prędzej, aniżeli sortymenty grubsze, i zawiera wilgoci higroskopijnej więcej, niż te ostatnie. Odwrotnie, w powietrzu suchem parowanie wilgoci higroskopijnej przez większą powierzchnię miału odbywa się prędzej, aniżeli w sortymentach grubszych, w tym więc wypadku te ostatnie zachowują odsetek wilgoci higroskopijnej większy, niż miał. Ilość wilgoci higroskopijnej w różnych materjałach bywa nader różna. Węgle zawierają jej zwykle więcej, niż rudy. W węglu kamiennym znajduje się wilgoci higroskopijnej 6—12%, w węglu brunatnym Zagłębia Moskiewskiego — 26—36%, niemieckie węgle brunatne w Akwizgranie zawierają jej 50%, torf 80%.

Jakkolwiek materjały powietrzno-suche stanowią wogóle masę zupełnie luźną, to jednak produkt tego rodzaju, powstały ze szlamu, zachowuje często wygląd mniej lub więcej zbitych kawałków wskutek działania spójności cząsteczkowej pomiędzy ziarnkami bardzo drobnemi, które podczas poprzedzającego wysychanie zmieszania z wodą w postaci szlamu zetknęły się bardzo blisko ze sobą. Materjał taki nosi nazwę iłu [1]). Wogóle przy przeróbce użytecznych ciał kopalnych iłem nazywają materjał, znajdujący się w takim stanie rozdrobnienia, że zmieszany z wodą tworzy szlam. Ściślejsza charakterystyka i określenie iłów będą podane poniżej w związku z metodami przeróbki materjałów iłowych (patrz § 5).

Produkty suche [2]) (lub wysuszone) zawierają jedynie minimalne ilości wilgoci higroskopijnej, gdy zaś są zupełnie jej pozbawione, przedstawiają materjały absolutnie suche. Iły suche przechodzą w pył. Jedyną postacią, w jakiej woda może znajdować się w materjale absolutnie suchym, jest woda krystalizacyjna i konstytucyjna. W tych jednak postaciach stanowi ona domieszkę chemiczną.

Zagadnienie oddzielania cieczy od cząstek stałych polega na przeprowadzaniu produktów w szeregu, wskazanym powyżej, z jednej grupy do drugiej. Zupełne rozdzielenie aż do otrzymania wody czystej

---

[1]) Lime. Cake. Ил.

[2]) Dry products. Сухие (просушенные) продукты.

i produktów absolutnie suchych w praktyce nigdy się nie zdarza, natomiast osiąga się zazwyczaj jedynie rozdzielenie częściowe. W praktyce za rozdzielenie zupełne uważane jest otrzymanie produktów wilgotnych lub raczej typów pośrednich między produktami wilgotnemi a powietrzno-suchemi. Jeżeli przy takiem rozdzielaniu użytecznemi okazują się owe „wilgotne“ i „powietrzno-suche“ produkty, jak to bywa we wszystkich wypadkach wzbogacania mechanicznego, wówczas proces rozdzielenia cieczy i cząstek stałych nazywa się odwadnianiem[1]). Jeżeli otrzymane produkty wilgotne stanowią odpady, jak to ma miejsce przy oddzielaniu roztworów w procesach hydrometalurgicznych, wówczas proces nosi nazwę filtracji[2]). Zasadniczo obydwa te procesy są identyczne.

Operacja rozdzielania produktów mokrych, niedoprowadzająca do otrzymania produktów wilgotnych, nazywa się zgęszczaniem[3]). W szczególności zgęszczanie wód mętnych nazywa się klarowaniem (oświetlaniem)[4]), produktami zaś jego są „wody czyste“[5]) i „szlamowe“[6]). Zgęszczanie wód szlamowych nosi nazwę osadzania szlamów[7]). Szlamy są to produkty zupełnie wilgotne, prawie mokre, w stosunku więc do wód szlamowych nie używa się terminu odwadniania, a stosuje się go tylko do szlamów, z których otrzymujemy produkty mniej lub więcej powietrzno-suche. Tak, przez odwadnianie szlamów otrzymuje się iły.

Operacja rozdzielania produktów „wilgotnych“ aż do otrzymania produktów zupełnie powietrzno-suchych nazywa się zgodnie ze sposobem jej wykonywania suszeniem[8]).

Wydzielenie wody krystalizacyjnej i konstytucyjnej może być dokonane jedynie przez prażenie wskutek rozkładu produktu i zalicza się je do grupy suchych procesów chemicznych, rozpatrzonych powyżej (tom II).

Wzajemny stosunek wyliczonych powyżej operacyj poszczególnych ujęty jest w schemacie następującym (patrz schemat na str. 5).

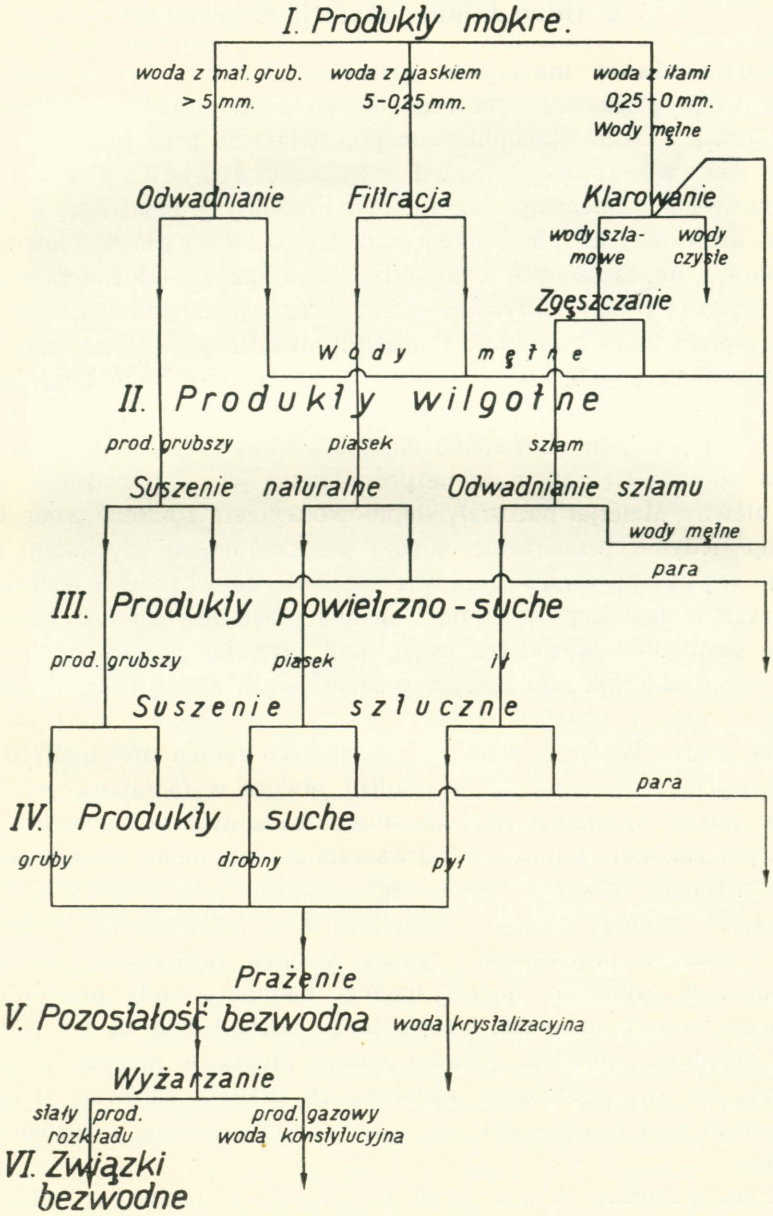
Operacje, w tym schemacie wymienione, będą przez nas rozpatrzone w porządku następującym:

1. Odwadnianie materjału grubego (kostki, orzecha).
2. Odwadnianie (filtracja) materjału drobnego (piasku, miału węglowego).

---

[1]) Dewatering. Entwässerung. Обезвожи ание.
[2]) Filtration. Фил трация.
[3]) Thickening. Сгущение.
[4]) Clearing. Просветление.
[5]) Klar-wasser. Чистые воды.
[6]) Pulp. Trübe. Шламмовые воды.
[7]) Settlement of slimes. Осаждение шламмов.
[8]) Drying. Trocknung. Сушка.

Schemat rozdziału stałych i płynnych części składowych mieszaniny.



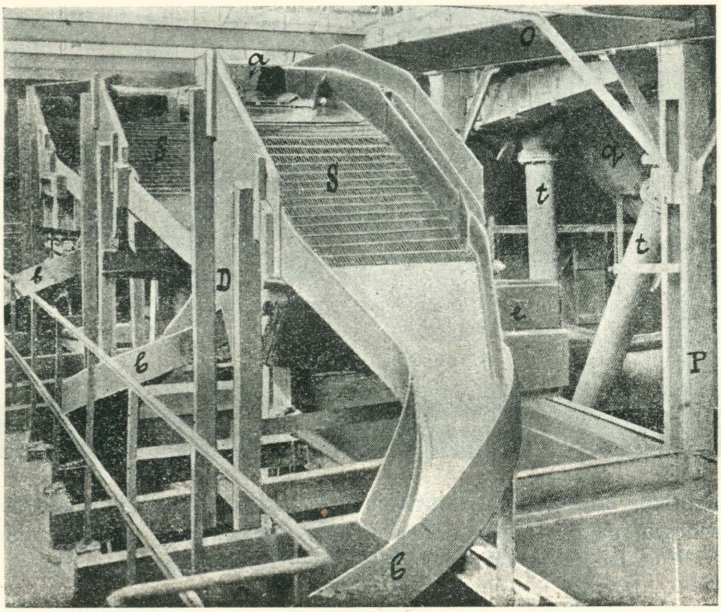
3. Oświetlanie (klarowanie) wód mętnych.
4. Zgęszczanie wód szlamowych (osadzanie szlamów).
5. Odwadnianie szlamów (iłów).
6. Suszenie: a) naturalne, b) sztuczne.

§ 2. Odwadnianie materjału grubego.

Odwadnianie materjału grubego (kostki, rudy kawałkowej) i **średniego** (orzechów oraz rudy do wielkości piasków > 2 mm) nie przedstawia zadania skomplikowanego, zwłaszcza przy przeróbce zbitych niezwietrzałych rud metali ciężkich i twardych gatunków węgla kamiennego, jak antracyt. Produkty gromadzi się w skrzyniach drewnianych lub basenach betonowych o niewielkich wymiarach, umieszczonych w podłodze przed każdym oddziałem maszyn osadowych (t. II, str. 53. rys. 36 — *N*). Baseny te zaopatrzone są w próg zlewny, przez który spływa do rynny odprowadzającej (*M*) nadmiar wód, przedstawiających albo wody mętne (podlegające tylko oświetlaniu), albo w razie domieszki w rudzie ciał gliniastych — wody szlamowe. Tym sposobem oddzielenie nadmiaru wody przy przepełnieniu basenów odbywa się zapomocą bezpośredniego jej odprowadzania przez próg zlewny. Materjał pozostały stopniowo wypiera z basenu wodę, która zajmuje jedynie przestrzenie między poszczególnemi kawałkami rudy. Proste wyczerpywanie rudy z basenów do wózków i naczyń odbiorczych w dostatecznym stopniu spełnia pracę odwadniania, ponieważ woda swobodnie wycieka z mieszaniny przy jej wygarnianiu. Prócz tego często zbiorniki, do których przenosi się wilgotną rudę, są zaopatrzone w dno w kształcie rusztu, przez który ścieka z materjału pozostała woda. Woda ta trafia do specjalnych rynien drewnianych lub metalowych, umieszczonych w pobliżu otworu wyładunkowego zbiorników, lub do specjalnej sieci kanałów, urządzonych w betonowej podłodze płóczki, które odprowadzają wszystkie wody mętne do określonego miejsca. Kanały powyższe często odgrywają rolę sieci drenażowej, osuszającej podłogę płóczki z wszelkich wód, przypadkowo wyciekających z różnych przyrządów i rynien wskutek rozsychania się części drewnianych, osłabienia złączeń, nagłego nadmiaru wody, przelewającej się przez wierzch urządzeń, nieostrożnego obchodzenia się i t. p. przyczyn. Betonowa wyściółka głównej podłogi płóczki w różnych miejscach pochyla się ku najbliższym kanałom, co ułatwia zarówno ściekanie wszystkich wód powyższych, jak i oczyszczanie podłogi z różnych odpadków.

Przy przeróbce materjału bardziej kruchego, skłonnego do tworzenia z wodą szlamów, odwadnianie zapomocą prostego wyczerpywania produktów z basenów jest niewystarczające. Tak, przy zwykłych węglach kamiennych odwadnianie kostek i orzechów usku-

tecznia się na rzeszotach[1]) przyczem zależnie od ilości powstających i przylegających do węgla szlamów stosowane są w wypadkach łatwiejszych nieruchome, płaskie rzeszota pochyłe (rys. 1), w wypadkach zaś trudniejszych — rzeszota ruchome wszelkich możliwych typów: płaskie o ruchach wahadłowych, pochyłe (rys. 2) i poziome, bębnowe i taśmowe. Jeżeli rzeszota te pełnią wyłącznie rolę odwadniania, to otwory ich mają kształt szczelin, wydłużonych w kierunku osi



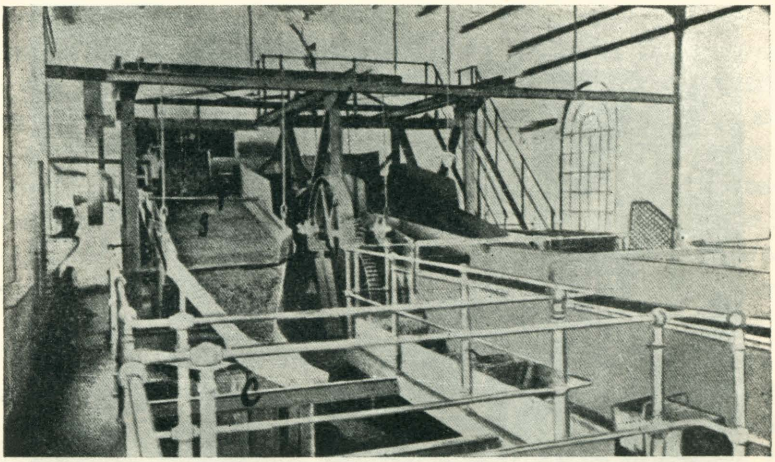
Rys. 1. Nieruchome rzeszota odwadniające dla węgla kamiennego — *S*. Maszyny osadowe ustawione są na górnym piętrze na belkach *O*, podtrzymywanych kolumnami *P*. Z prawej strony widać dolną, ostrosłupową część maszyny osadowej *q* i rury *t*, przez które spuszcza się skała płonna (patrz rys. 3); *a* — koniec rynny, doprowadzającej materjał z wodą do sita *s*; *b* — rynna stroma, odprowadzająca produkt odwodniony do zbiornika *C*. Woda przez sito *s* zbiera się w skrzyni *D*, skąd odprowadzana jest zapomocą rynny *e* (z katalogu Humboldta).

rzeszota (rys. 1) (czasami w przekątnym). Taki kształt otworów, przepuszczających tylko drobny miał wraz z wodą, uwarunkowuje znaczną powierzchnię czynną sita, dzięki czemu sprzyja szybkiemu i zupełnemu oddzieleniu wody. Rzeszota odwadniające firmy Humboldt plecione są z specjalnego patentowanego drutu stalowego o przekroju trójkątnym, zwróconym ostrym końcem ku dołowi, a płaską podstawą ku górze, co przeciwdziała zatykaniu się otworów. Jeżeli po przeróbce bywa dokonywane sortowanie bardziej szczegółowe, niż w czasie poprzedzającej osadzanie klasyfikacji suchej (podług systemu Bauma), wówczas takie

[1]) Dewatering screen. Entwässerungsiebe. Решёта.

sortowanie, następujące po osadzaniu, bywa uskuteczniane na przesiewaczach różnego typu, z otworami zwykłemi, okrągłemi lub kwadratowemi, i jednocześnie towarzyszy mu odwadnianie, przyczem ostatni sortyment zatrzymuje się na sicie z otworami w kształcie szczelin, służącemi wyłącznie do odwadniania tego sortymentu.

Ponad rzeszotami odwadniającemi w razie gęstych wód szlamowych umieszczone są natryski (rys. 2, *p.*), obmywające czystą wodą ka-



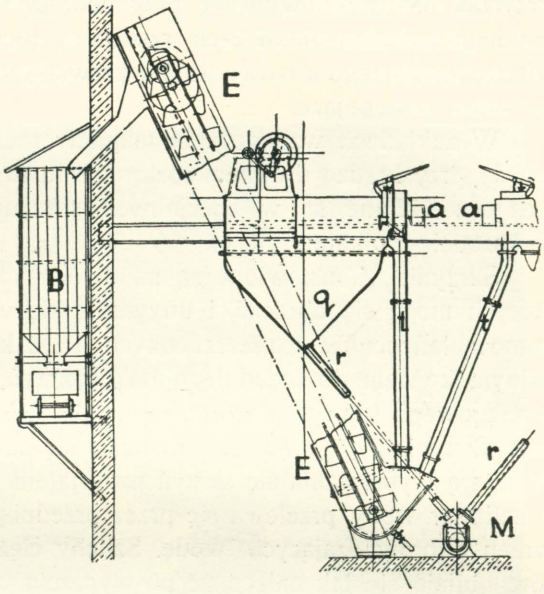
Rys. 2. Rzeszota odwadniające o ruchach wahadłowych dla węgla kamiennego. Maszyny osadowe znajdują się za ścianą. Produkt, pozbawiony wody na rzeszocie *S*, ładuje się do zbiornika *C*. *p* — rurka zraszająca.

wałki węgla z przylepionych do nich drobnych ziarn i cząstek szlamu, zwłaszcza, jeżeli szlamy zawierają znaczną domieszkę substancyj gliniastych.

Odwadnianie na rzeszotach używa się również przy wzbogacaniu rud i znacznej wydajności, np. rud żelaznych. Tak, na płóczce otoczakowej rudy żelaznej, którą buduje się na górze Błagodat', odwadnianie otoczaków projektuje się na długich przesiewaczach poziomych — konwejorach potrząsalnych (syst. Markusa), służących do skierowywania materjału do zbiorników, przyczem w celu wykorzystania konwejorów (transporterów) dla celów odwadniania powierzchnia ich pokrywa się sitami z otworami w kształcie szczelin.

Odwadniania odpadów dokonywa się zwykle mniej dokładnie. Często nawet odpady z maszyn osadowych wcale nie bywają oddzielane od towarzyszących im wód, które zostają wykorzystane w celu przeniesienia odpadów do zwałów, umieszczanych zazwyczaj poniżej płóczki na spadzie danej miejscowości. Przy przeróbce węgla kamiennego odwadnianie skały płonnej dokonywa się zwykle na niewysokich elewato-

rach (podnośnikach) *E* o ruchu powolnym (rys. 3) z czerpakami, zrobionemi z blachy dziurkowanej. Większa część wody ścieka zpowrotem do maszyny osadowej po płaszczu elewatora podczas podnoszenia. Pozostała część wody wraz ze skałą idzie do zbiornika *B*, skąd wyładowuje się odpady do wózków, odwożących je na zwały. W zbiornikach odpady odwadniane są w dalszym ciągu drogą filtracji.



Rys. 3. Odwadnianie odpadów na elewatorze *E* przy osadzaniu węgla kamiennego. *t* — rury, odprowadzające odpady; *a* — rynny, odprowadzające czysty węgiel do nieruchomych rzeszot odwadniających *s* (rys. 1), *q* — ostrosłupowe dna maszyn płóczkowych, w których zbiera się miał węglowy i przez rurę *r* przechodzi na śrubę bez końca *M* dla skierowania go podług przeznaczenia.

§ 3. Odwadnianie miału.

Przy przeróbce rud na stołach koncentraty minerałów metali ciężkich zbierane są w skrzyniach drewnianych lub w niewielkich zbiornikach betonowych, otaczających stoły i urządzonych w podłodze, na której te ostatnie są ustawione. Koncentraty stołów typu Wilfley'a oraz gatunków niższych, wzbogacanych na stołach okrągłych, osiadają na dno zbiorników tych stosunkowo łatwo i odwadnianie ich może odbywać się tym samym sposobem, co i grubszych produktów maszyn płóczkowych, t. j. drogą wypierania wody ze zbiorników w miarę ich napełniania się przy ciągłym dopływie nadmiaru wód mętnych (szlamowych) i wygarniania czerpakami. Im jednak drobniejszy jest gatunek oraz lżejszy koncentrat, tem luźniej osiada on na dnie zbiornika i tem więcej zostaje w nim wilgoci, utrzymanej mechanicznie. Przy wygarnianiu produkty takie zachowują stan półmokry, rozpływając się na podobieństwo kurzawki. Dla otrzymania osadzającego się materjału w stanie bardziej zbitym poddaje się zbiornik, w których gromadzi się, częstym wstrząsom. W tym celu zbiorniki odbiorcze robi się w kształcie skrzyń drewnianych lub metalowych, ustawia się je w niegłębokich wydrążeniach podłogi (1—2″) i umieszcza się w równoległych rzędach przy stosownem rozmieszczeniu koncentratorów. Pomiędzy każdemi dwoma

rzędami równoległemi tych zbiorników porusza się na szynach wózek, ze specjalnym, przenośnym mechanizmem wstrząsającym. Ten ostatni składa się z cylindra poziomego i dwóch w przeciwnych kierunkach wysuwających się tłoków, pracujących zapomocą powietrza sprężonego. Przyrząd ten zaklinowuje się przy pomocy tłoków między dwiema odpowiedniemi skrzyniami 2-ch rzędów przeciwległych, poczem siłą powietrza sprężonego obydwa tłoki wprawiają skrzynie w wstrząsy, szybko po sobie następujące.

W zakładach wzbogacania magnetycznego rud żelaznych (magnetytów), przy bardzo drobnem rozkruszeniu rud, miałkie szlichy magnetytu ubijane są w specjalnych skrzyniach o pojemności 4—10 t w kształcie trójkąta (rys. 4).

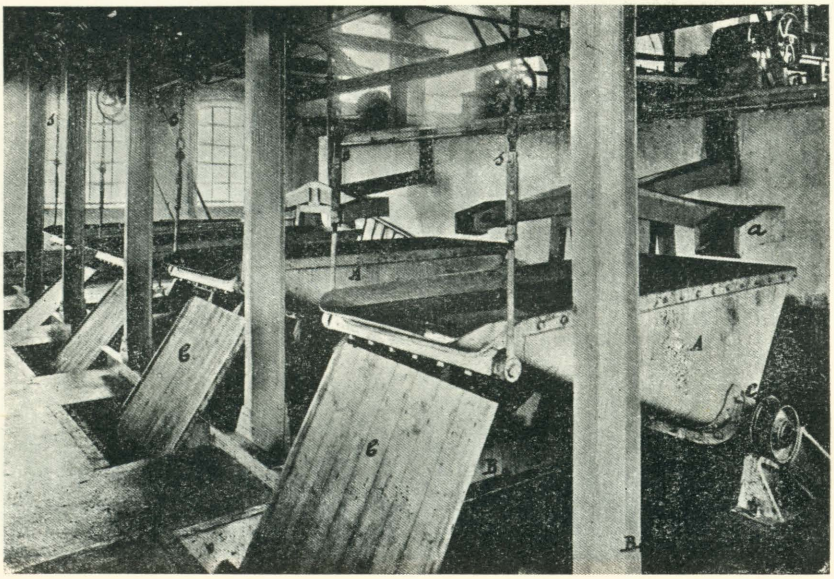
Skrzynie *A* ustawione są na dwóch czopach lub kółkach *C*, na których mogą się obracać, i utrzymują się w położeniu poziomem zapomocą łańcuchów *s*, przerzuconych przez krążki *p* i przymocowanych jednym końcem do przedniego boku skrzyń, drugim zaś do kołowrotu wyciągowego (na rys. niewidoczne). Wał *W*, zaopatrzony w kułaki, nadaje skrzyniom przy swem obracaniu się 20—30 wstrząsów na minutę. W miarę wypełniania się skrzyń materjałem z rynien doprowadzających *a* nadmiar wody przelewa się przez przednią krawędź po tarczach *b* do rynien odprowadzających wodę. Szlichy ciężkie pod wpływem wstrząsów ubijają się tak dalece, że po wyparciu wszystkiej wody zatrzymują nie więcej jak 15% wilgoci. Wyładowanie dokonywa się przez wywracanie skrzyń przy opuszczaniu łańcuchów *s* pod wpływem własnego ciężaru skrzyń, przyczem szlichy spadają do zbiorników *B*, znajdujących się pod skrzyniami, skąd się je ładuje do wózków.

Co się tyczy odpadów koncentracji, to w większości wypadków nie bywają one poddawane specjalnemu odwadnianiu, lecz zmywa się je zapomocą wód szlamowych (mętnych) do miejsc zwałów, gdzie osiadają na skosach naturalnych i w dołach lub w specjalnych basenach, oczyszczanych perjodycznie w miarę ich zapełniania się.

Odwadnianie piasków skały rudnej zastosowuje się w procesach hydrometalurgicznych, gdy zachodzi potrzeba oddzielenia roztworów dla dalszej ich przeróbki. Odwadniania w tym wypadku dokonywa się zapomocą procesu filtracji roztworów w kadziach ługowalnych, zaopatrzonych w fałszywe dna-filtry, jak to opisano przy procesie cyjanizacji (rys. 149, t. II, str. 188). Roztwory przy tem nietylko się filtrują, lecz i prześwietlają, najdrobniejsze bowiem cząstki podczas filtracji zostają zatrzymane przez piasek kwarcowy. W piaskach grubszych lub dobrze sklasyfikowanych i odmytych z iłów filtracja odbywa się zapomocą naturalnej siły ciężaru. Lecz dla tak zwanych „półiłów“ siła ciężaru często bywa niewystarczająca, zwłaszcza dla usunięcia ostatnich porcyj roztworów z dolnych warstw materjału w kadzi, i wówczas

ucieka się do działania pomp próżniowych (vacuum), łącząc je z przestrzenią pod fałszywem dnem kadzi.

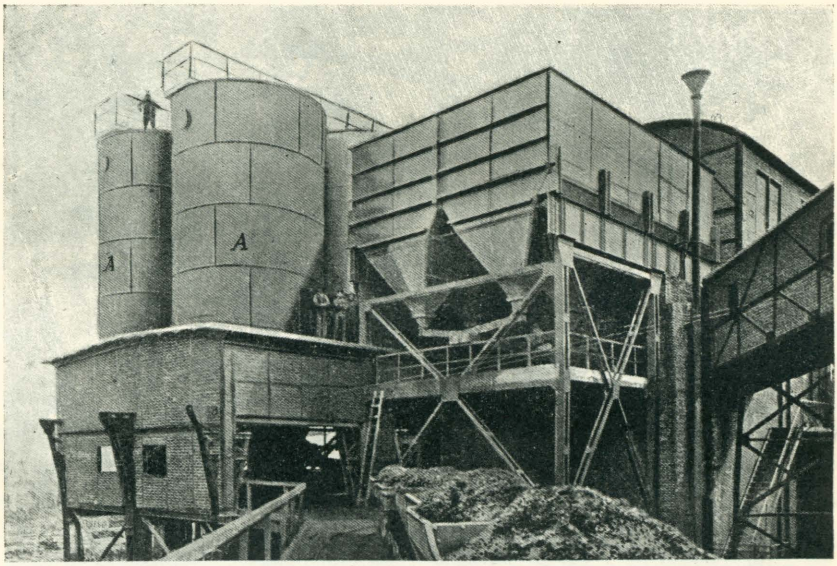
Podobny sposób filtracji stosuje się również dla **odwadniania miału węglowego.** Miał ten przy procesie mokrym wzbogacania zawsze otrzymuje się wraz z wodą szlamową i dlatego sposobom odwadniania zapomocą zwykłego wyczerpywania zawsze towarzyszą ogromne straty w szlamach. Ponieważ przeróbka szlamów węglowych zawsze



Rys. 4. Skrzynie do odwadniania szlichów magnetytu (system firmy szwedzkiej Allians).

napotyka na wielkie trudności, zwykle więc dąży się do osadzenia pewnej części szlamów jednocześnie z odwadnianiem miału zapomocą filtracji, przyczem część wód szlamowych ulega klarowaniu w dużym stopniu. W tym celu używane są wielkie zbiorniki walcowe, znitowane z żelaza kotłowego, zaopatrzone w dno stożkowe (rys. 5 i 6). Wysokość zbiorników takich bywa bardzo znaczna — od 5 do 10 m przy średnicy 4—6 m. Okrągły otwór wyładunkowy w podstawie zbiornika, zamykany zasuwą (rys. 7), otoczony jest skrzynią pierścieniową, komunikującą się z wnętrzem zbiornika zapomocą szczelin dla przepuszczenia filtrującej się wody, zzewnątrz zaś — z rurą odprowadzającą (na rys. niepokazaną). W środku zbiornika ustawiona jest na belce pionowa kolumna, pusta wewnątrz, która u dołu łączy się z wspomnianą skrzynią pierścieniową zapomocą dwóch rur, u góry zaś służy za podporę dla rur *T* (rys. 6), doprowadzających do zbiorników miał węglowy z wodą szlamową, na całej zaś swej powierzchni walcowej zaopatrzona

jest w drobne otwory lub — według systemu Humboldta — w specjalne zasłony *a* na wszystkich jej stawach, podobnych do latarń, których przestrzeń wewnętrzna wypełniona jest kawałkami skalenia (rys. 8). Środkowa kolumna stawów Humboldta działa jak szereg inżektorów, wzmacniając działanie ssące kolumny-filtru. Przed załadowaniem zbiornik napełnia się czystą wodą. Podczas załadowywania nadmiar wód szlamowych przelewa się przez wierzch do rynny obwodowej *E* (rys. 6),



Rys. 5. Walce odwadniające (wieże) *A* do miału węglowego i leje do zgęszczania szlamów na kopalni węgla Königin Elisabeth w Westfalji (z katalogu Humboldta).

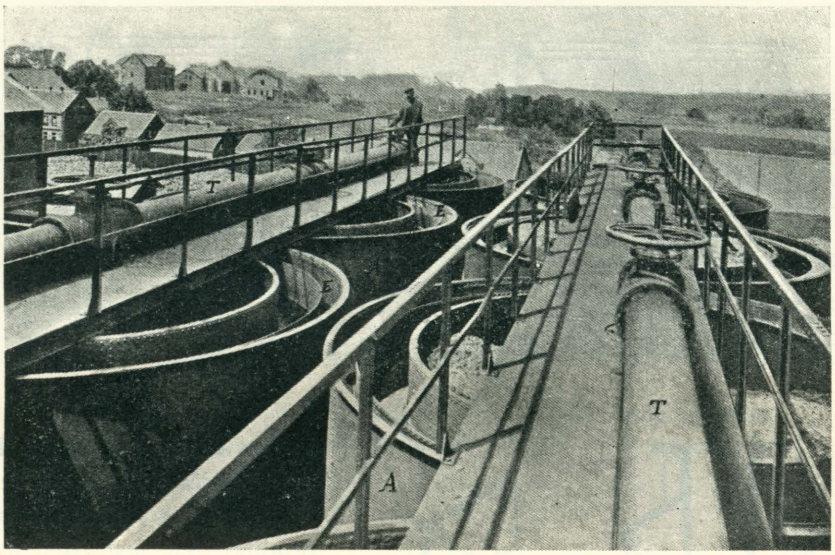
połączonej z ogólną rurą, odprowadzającą szlamy. Filtracja trwa 24—48 godzin.

Wysokie zbiorniki mają zastosowanie jedynie w tych wypadkach, gdy szlamy składają się z stosunkowo czystej masy węglowej. Jeżeli szlamy węglowe zawierają materjał, składający się z łupków węglowych ze znaczną ilością popiołu, wówczas odwadnianie miału zapomocą filtracji w walcach wysokich powoduje zanieczyszczenie go domieszkami obcemi. W takich wypadkach filtracji dokonywa się przez niegrubą warstwę miału, niewiększą od 1 m, na taśmach bez końca, o ruchu bardzo powolnym, których ogniwa poszczególne stanowią duże skrzynie o pojemności 2—4 tonny węgla, zaopatrzone w drobne sito na dnie (rys. 9 i 10).

Wymienione taśmy mają do 4 m szerokości, 40—60 m długości, ustawiane są zwykle na pewnem wzniesieniu dla udogodnienia wyładowywania miału do zbiorników i posiadają szybkość ruchu, niewiększą od 0,005 do 0,01 m na 1″, co przy nieznacznej grubości ładunku zu-

pełnie wystarcza, ażeby miał zdążył podczas ruchu wysuszyć się do potrzebnego stopnia wilgotności. Szlamy, filtrujące się przez nieznaczną warstwę miału, nie mogą zdążyć osiąść w ilościach dostrzegalnych, wskutek czego odwadnianie na taśmach nie powoduje oświetlenia filtrujących się wód, ale zato miał otrzymuje się czystszy.

W dawnych zakładach przeróbczych odwadnianie miału było dokonywane przy pomocy wysokich elewatorów z skrzyniami dziurko-

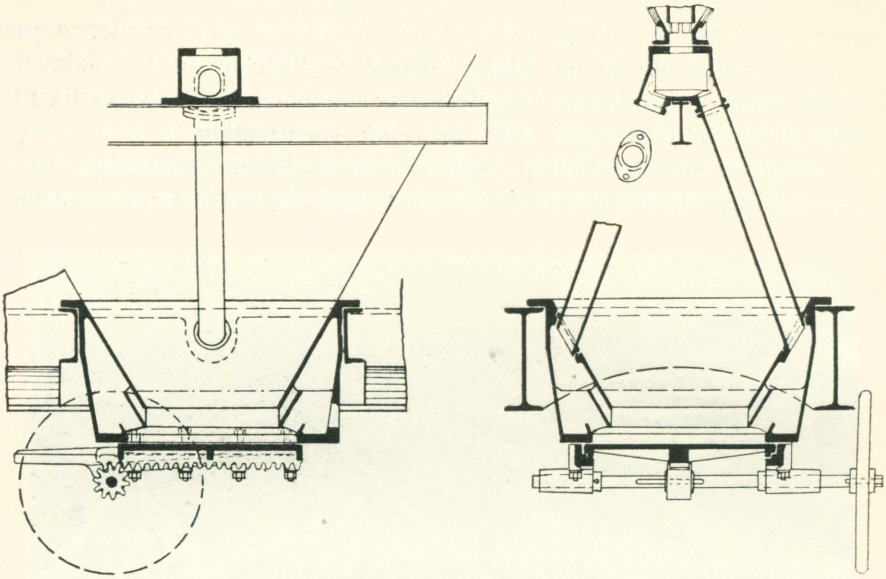


Rys. 6. Widok z góry na wieże, odwadniające miał węglowy na kopalni węgla Königin Elisabeth w Westfalji (z katalogu Humboldta).

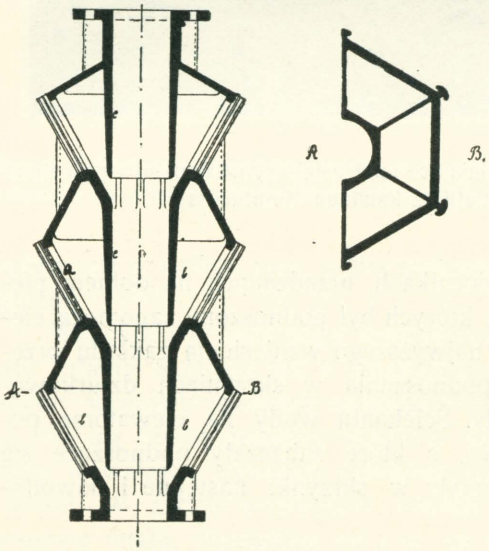
wanemi. Miał zbierał się w zbiornikach, urządzanych na dolnem piętrze zakładu, albo w piwnicach, z których był podnoszony zapomocą elewatora, stromo ustawionego, do najwyższego wzniesienia zakładu przeróbczego. Podczas powolnego podnoszenia w skrzyniach dziurkowanych uwalniał się miał od wody. Ściekaniu wody na elewatorze pomagały specjalne palce udarowe, o które zahaczały podnoszące się skrzynki, a które spadając uderzały w skrzynki następne i powodowały wstrząsy całego łańcucha.

§ 4. Osadzanie szlamów lub zgęszczanie.

Zgęszczanie (szlamów) i klarowanie wód nie jest niczem innem, jak mokrem sortowaniem lub klasyfikacją. Mokrej klasyfikacji towarzyszy zawsze otrzymanie bardziej zgęszczonego produktu dolnego i bardziej rozcieńczonej wierzchniej warstwy zlewnej. Z zasady tej korzysta



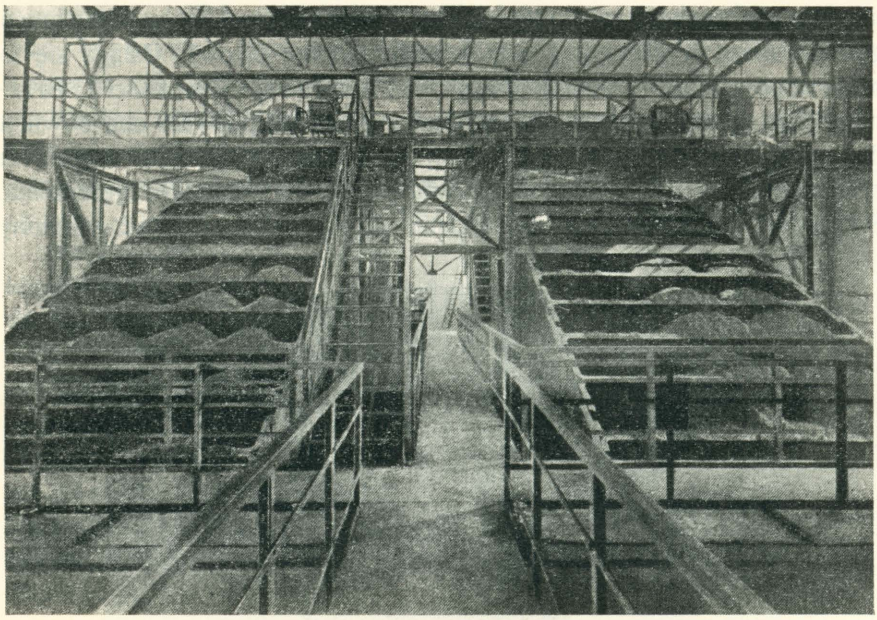
Rys. 7. Zawór w podstawie wieży, odwadniającej miał węglowy.



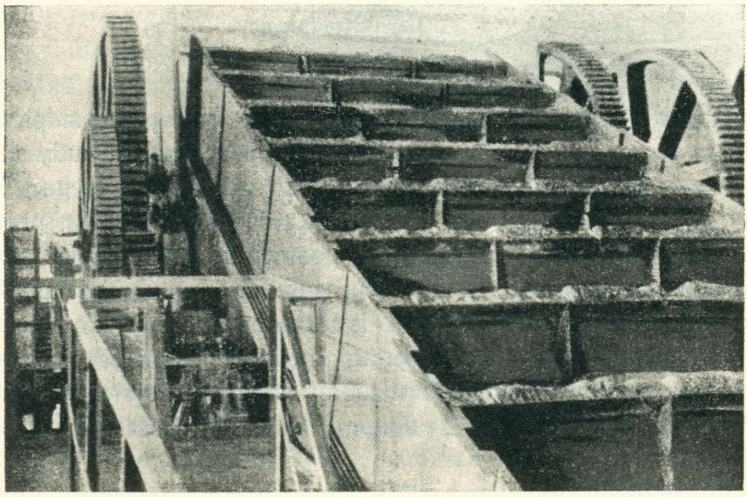
Rys. 8. Ogniwo środkowej kolumny-filtru systemu Humboldta w wieżach odwadniających.

się zawsze, gdy potrzeba zgęścić nietylko szlamy, lecz i gruby piasek, o ile produkt ten jest zbyt rozcieńczony wodą w jakimkolwiekbądź celu. Np. przy kruszeniu rud złotych w tłuczkach dla określonej wydajności tłuczenia potrzeba 10 części wody na 1 część rudy. Taka ilość wody może okazać się zbyt wielką dla następującego potem amalgamowania na szluzach, gdzie wymagany jest stosunek 5:1. Wówczas produkt mokry, wychodzący z tłuczki, poddawany jest przed skierowaniem na szluzy zgęszczeniu, co osiąga się w t. zw. skrzyniach lub lejach odwadniających,[1]) stanowiących zwyczajne skrzy-

[1]) Dewatering boxes, dewatering cones.

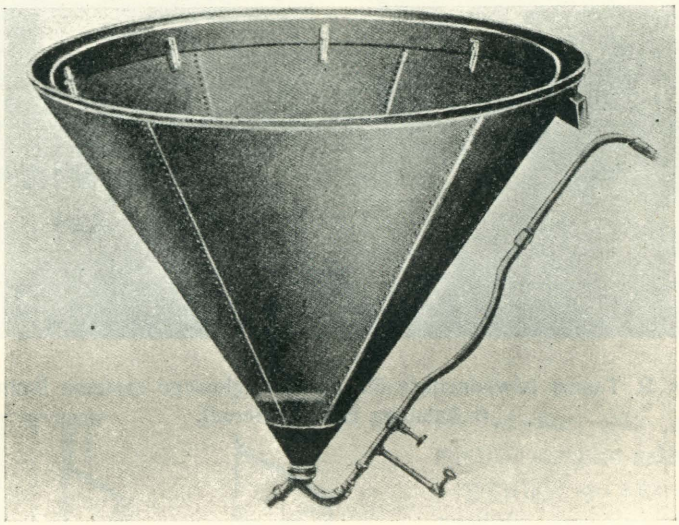


Rys. 9. Taśmy odwadniające dla miału węglowego systemu Bauma (z katalogu Bauma, Herne).



Rys. 10. Czołowa część taśmy, odwadniającej miał węglowy, z napędem (z katalogu Bauma, Herne).

nie zaostrzone. Wyciekanie produktu zgęszczonego z takiej skrzyni lub leja stożkowego (rys. 11) reguluje się w ten sposób, ażeby stopień gęstości masy wyciekającej odpowiadał danemu celowi. Osiąga się to przez odpowiednie obranie średnicy rurki lewarowej i wysokości ciśnienia. Najdogodniejszą okazuje się rurka gumowa, pozwala ona bowiem dokonywać wyładowania na każdej wysokości, t. zn. pod dowolnem ciśnieniem, i otrzymywać tym sposobem dowolny stopień zgęszczenia. Szczególne znaczenie ma zgęszczanie piasku, który ma być zmielony



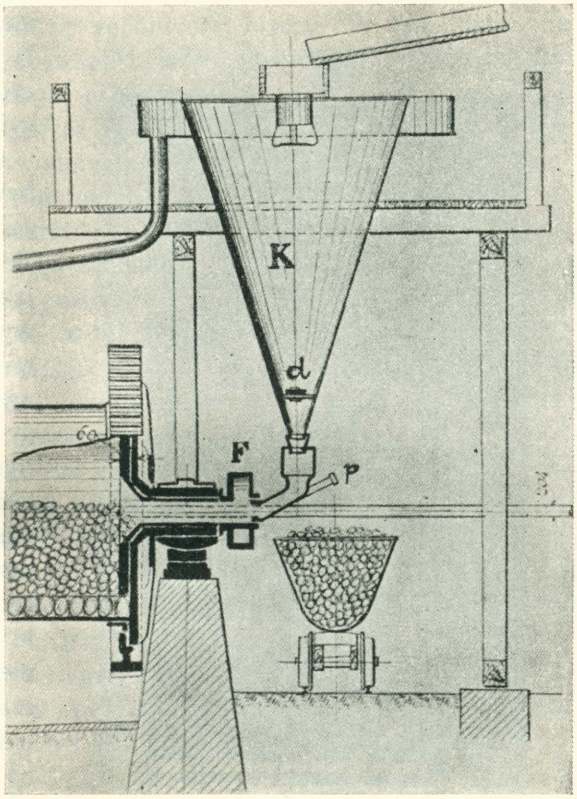
Rys. 11. Lej odwadniający.

w młynach rurowych. Jak uczy doświadczenie, najwyższy stopień rozdrobnienia otrzymuje się wówczas, gdy stosunek wody do rudy stanowi 1:2 — 1:1. Zgęszczanie dokonywane jest w stożkach typu Callow (rys. 11, t. I, str. 86, oraz rys. 74) lub Caldecotta (rys. 12), przyczem jednocześnie odbywa się klasyfikacja pomocnicza. Zapomocą stożków typu Caldecotta osiągane jest prawie zupełne odwodnienie piasku aż do otrzymania produktu o wilgoci krańcowej. Duża stożkowatość leja ułatwia wyładowanie gęstego materjału, a przepona *d* zabezpiecza otwór wyładunkowy od zatykania się. Potrzebny stopień konsystencji materjału otrzymuje się dogodnie przez dodanie należytej ilości czystej wody z rurki *p*.

Przy płókaniu skał napływowych (rud żelaznych, piasków złotonośnych) z domieszką gliny tworzy się ogromna ilość odpadów szlamowych. Ażeby te ostatnie nie zanieczyszczały miejscowości zwałami, rozrzuconemi bezładnie, ucieka się do zgęszczania szlamów i odprowadza się je do miejsc określonych, gdzie tworzą się pra-

widłowe zwały szlamów. Na płóczce rudy żelaznej na górze Błagodat' zgęszczanie takich wód szlamowych dokonywa się w skrzyniach zaostrzonych typu normalnego (rys. 73, t. I, str. 85). Wyciekający z dna skrzyń materjał stanowi szlam stosunkowo rzadki, mogący samodzielnie płynąć rynnami, a warstwa zlewna — wody mętne lub szlamy, rozcieńczone wodą w znacznym nadmiarze.

Na Szuwałowskich kopalniach złota, odpady, ściekające ze szluzów, poddawane są zgęszczeniu do zupełnego odwodnienia w skrzyniach, podobnych do skrzyń zaostrzonych. Przelew tych skrzyń stanowi wody mętne, pozbawione znacznej części materjału szlamowego, i wypuszczany jest do starych rowów poszukiwawczych. Osad skrzyń w miarę jego nagromadzenia jest wyładowywany do wózków i wywożony kolejką linową na zwały, prawidłowo utworzone.



Rys. 12. Stożek Caldecotta dla młynów rurowych.

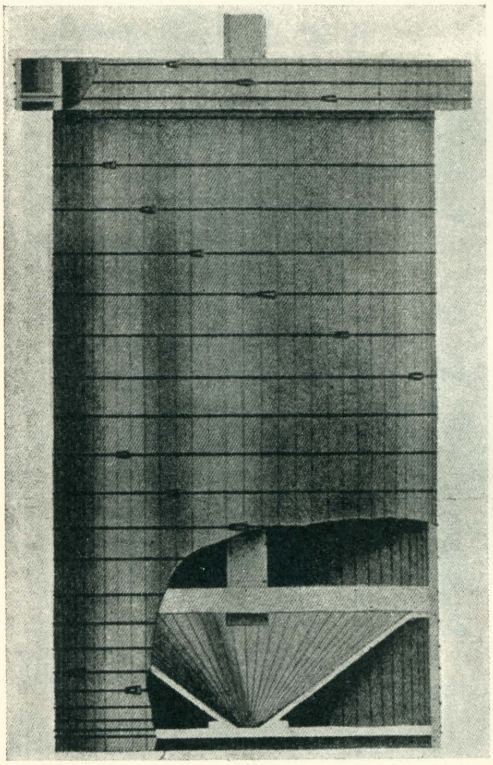
Wody mętne, o ile z jakiejkolwiek przyczyny nie mogą być spuszczone bezpośrednio do istniejących zbiorników wodnych lub potoków lub o ile — wskutek braku wody — potrzebne są do użytku ponownego, poddawane są klarowaniu w dużych basenach osadowych [1]) o kształcie czworokątnych (6—20 m w boku kwadratu), niegłębokich wykopów, utrambowanych gliną. Baseny te łączą się w szeregi zapomocą kanałów, osadzanie się zaś w nich szlamów odbywa się podług zasady mokrej klasyfikacji. Takie szeregi basenów urządzane są systemem parzystym, by czyszczenie basenów mogło być dokonywane naprzemian.

Jeżeli materjał jest twardy, niedający znacznej ilości szlamów, wów-

[1]) Klärteichen.

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
W KRAKOWIE
BIBLIOTEKA

czas dostateczny stopień oświetlania wód osiąga się w normalnym szeregu klasyfikatorów, służących do koncentracji, jako przelew ostatniego przedziału skrzyń zaostrzonych lub stożków Callow'a (dekantacja). Przy klasyfikacji, poprzedzającej cyjankowanie, otrzymuje się iły tak rozcieńczone wodą, że tworzą one wody mętne. Poddawane są one zgęszczeniu przy jednoczesnem oświetleniu wód w wielkich zbiornikach-kadziach[1]) (D = 4—10 m, H = 4—10 m), co zasadniczo stanowi dalszy ciąg klasyfikacji mokrej (rys. 13).



Rys. 13. Kadź do zgęszczania iłów.

Podług tejże metody odbywa się zgęszczanie szlamów węglowych. Te ostatnie otrzymuje się jako nadmiar wód szlamowych, przelewających się do rynny obwodowej *E* walcowych zbiorników filtracyjnych, odwadniających miał (rys. 6, str. 13), jako filtrat taśm odwadniających Bauma (rys. 9), jako odpady maszyn płóczkowych dla klas drobnych. Jeżeli wszystkie te produkty są jednakowo niezdatne do użytku, wówczas miesza się je razem i dalsza ich przeróbka ma na celu otrzymanie zpowrotem wody dla zaoszczędzenia jej zużycia, zawsze bardzo znacznego na płóczkach węglowych, jakoteż dla uporządkowania zwałów szlamowych. Jeżeli szlamy węglowe zawierają znaczną ilość czystego węgla, zdatnego do użytku, wówczas przeróbka szlamów węglowych i odpadowych dokonywa się osobno zapomocą dwóch procesów równoległych. Zgęszczanie szlamów węglowych odbywa się w lejach lub skrzyniach, zupełnie podobnych do klasyfikatorów prostych, lecz odróżniających się stosownie do wielkich ilości przerabianego materjału znacznie większemi wymiarami (rys. 5 - B). Skojarzenie kilku rodzajów skrzyń może zależnie od okoliczności wytworzyć wszystkie kombinacje, jakie są dopuszczalne przy klasyfikacji mokrej (rys. 54—57, t. I, str. 75). Sposób rys. 55 (prawy górny), właściwy płóczkom syst. Bauma, stosuje się wówczas, gdy

[1]) Thickener. Settling tank.

chodzi o otrzymanie szlamów bardzo czystych, gdyż jednocześnie z tem może odbywać się wzbogacanie uzupełniające.

§ 5. Iły i ich odwadnianie.

Określenie. Powyżej określiliśmy produkty „wilgotne“ w przeciwstawieniu do „mokrych“ jako takie, z których woda samodzielnie nie wycieka i które nie posiadają ruchliwości cieczy. W tem znaczeniu szlamy, jako produkty zgęszczenia wód szlamowych, stanowią materjał „wilgotny“. Sortymenty grubsze, nabywające cechę, właściwą produktowi „wilgotnemu“, przez bezpośrednie oddzielenie od produktów „mokrych“ drogą odwodnienia, zatrzymują ilość wilgoci tak nieznaczną, że produkty „wilgotne“, tą drogą otrzymane, okazują się gotowemi produktami przeróbki w postaci ostatecznej. Przeciwnie, szlamy nabywają cechę, odpowiadającą pojęciu produktu wilgotnego (t. j. utrzymują wodę i nie posiadają ruchliwości cieczy), i zawierają tak znaczną ilość wody, iż w żadnym razie nie mogą być uważane za produkt gotowy, lecz nadający się do dalszego odwadniania. Tak więc w procesie oddzielania wody od cząstek bardzo drobnych stadjum wstępne zostało scharakteryzowane jako zgęszczanie wód szlamowych, właściwe zaś odwadnianie dotyczy produktów tej operacji — szlamów i ma na względzie otrzymanie produktów pośrednich pomiędzy „wilgotnemi“ i „powietrzno-suchemi“, które jednak zachowują znacznie większy, niż sortymenty grube, % wilgotności.

Produkt odwadniania szlamu będziemy nazywali iłem. Z tego punktu widzenia ił jest to produkt bardzo drobny, pozbawiony wody w tym stopniu, że już nie posiada charakteru masy ciastowatej, ale jednakże zawiera taką jej ilość, że ma wygląd suchych, lecz nierozsypujących się, zbitych grudek. Przez dodanie wody ił przekształca się w szlam. Ił zupełnie suchy przekształca się w pył.

W angielskiej literaturze technicznej dla określenia wogóle bardzo miałkiego materjału pyłowego używa się wyrazu fines; materjał miałki, tworzący z wodą szlam lub ił, nazywa się slime (s). Dla określenia rozmaitych gatunków mieszanin materjału miałkiego z wodą w języku angielskim istnieją terminy mniej lub więcej określone, język zaś niemiecki, przeciwnie, posiada terminy mniej określone. Tak:

Przyjęte przez autora terminy		Tłumaczą się	
polskie	rosyjskie	po angielsku	po niemiecku
1. Wody mętne	Мутные воды	Muddy water	Wilde Flute
2. Wody szlamowe	Шламмовые воды	Pulp	Trübe, Schlamm-wasser
3. Szlam	Шлаймм	Sludge, mud	Schlämme, Schmante
4. Ił (szlamy zwięzłe)	Ил (уплотненные шламмы)	Cake (s)	
5. Pył	Пыл	Dust	Staub, Mehl(e)

Na tem miejscu podejmujemy próbę ustalenia terminologji dla języka polskiego, jak i rosyjskiego. W języku polskim niema ustalonych terminów dla odróżnienia wszystkich tych odcieni poprostu dlatego, że niema w tym przedmiocie ani odpowiedniej szerszej praktyki, ani literatury. Dotychczasowa terminologja rosyjska pod tym względem całkiem nie jest ustalona, nosi charakter miejscowy i odzwierciedla wpływ literatury technicznej tak niemieckiej, jak i angielskiej. Tak, na kopalniach węgla wyrazu „szlam“ używa się dla oznaczenia prawie wszystkich mieszanin bardzo drobnego węgla z wodą, co wskazuje na wpływ niemieckiej techniki i literatury. W uralskich kopalniach złota pod wpływem literatury angielskiej używa się wyrazów „pulpa“ i „keki“ dla określenia wód szlamowych i iłu. Angielskie „slimes“ tłumaczą przez „iły“. Ze swej strony zatrzymujemy wyraz „szlam“, wzięty bezpośrednio z języka niemieckiego, a etymologicznie identyczny z angielskim „slime“, jako wyraz który wogóle otrzymał prawo obywatelstwa w językach polskim i rosyjskim i pochodzi od łacińskiego slimus, limus = błoto (liman). Nadajemy temu wyrazowi znaczenie materjału „wilgotnego“ i proponujemy niewprowadzać źle brzmiących, a niemających szerokiego rozpowszechnienia wyrazów „pulpa“ i „keki“ (placki), zamieniając je terminami „woda szlamowa“ i „ił“.

Co się tyczy tego ostatniego wyrazu „ił“, to prócz znaczenia, jakie nadaje mu się w pojęciu 4-em zamieszczonej tablicy, będziemy używali tego wyrazu w liczbie mnogiej „iły“, a to w tem znaczeniu, w jakiem w języku angielskim używa się wyrazu „slimes“ (idąc za pojęciem, wkładanem w wyraz ten w uralskich kopalniach złota). Mówiąc ogólnie, „iły“, jak również „slimes“, stanowią bardzo miałki materjał „fines“ (Mehle), lecz niekażdy bardzo miałki materjał można nazwać „iłami“.

Cechy charakterystyczne iłów są następujące:

1. W wodach szlamowych (i mętnych produktach mokrych) własność równomiernego rozprzestrzeniania się w danej objętości płynu na podobieństwo roztworów i pozostawania w stanie zawieszonym w ciągu czasu, nieokreślonego co do długości.

2. W stanie wilgotnym (szlamie) — własność trudnego oddzielania się od wody.

3. W stanie powietrzno-suchym (ił) — własność trudnego nasycania się cieczą.

4. W stanie suchym (pył) — własność trudnego zwilżania się i wykazywania dążności do wspływania (flotacji).

Własności te posiada niekażda substancja lub przynajmniej w niejednakowym stopniu. Naprzykład, bardzo drobne szlichy rud metali

ciężkich, krystalizujących się w układzie prawidłowym i mających wygląd ziarnisty, jak szlichy magnetytu, które otrzymuje się po rozdrobieniu w młynach rurowych w zakładach wzbogacania magnetycznego, nie są „iłami". Szlich magnetyczny osiada łatwo zarówno w wodach mętnych jak i bardziej gęstych szlamowych, stosunkowo łatwo otrzymuje się z wód szlamowych w stanie powietrzno-suchym, zdatnym do dalszego użytku, zapomocą bezpośredniego odwadniania (w przyrządach, rys. 4 str. 11), wcale nie przechodząc przez stadjum szlamów wilgotnych. Te ostatnie mogą istnieć w bardzo wąskich granicach ilości wody, nadających materjałowi cechę szlamu. Prawdziwe natomiast „iły" nie mogą dawać produktu powietrzno-suchego zapomocą bezpośredniego odwadniania wód szlamowych, lecz koniecznie — w miarę zgęszczania tych ostatnich tworzą zpoczątku szlam, t. j. gęstą, ciastowatą, niecieknącą masę w szerokich granicach domieszki wody i podobnie jak zgęszczanie szlamów dokonywa się bardzo powoli, tak też dalsze odwadnianie szlamów do stanu iłu powietrzno-suchego odbywa się z wielką trudnością. Rzeczą jest oczywistą, że pomiędzy iłami typowemi i nieiłami mogą być przejścia stopniowe, charakteryzujące się tem, że jedne substancje cechę tę nabywają przy mniejszym stopniu rozdrobnienia, a drugie — przy większym. Stąd staje się jasnem, że określenie terminu „iły" nie może być oparte na wielkości ziarna, lecz że wskazane własności iłów, wogóle charakterystyczne dla drobnego miału, zależą głównie od własności substancji.

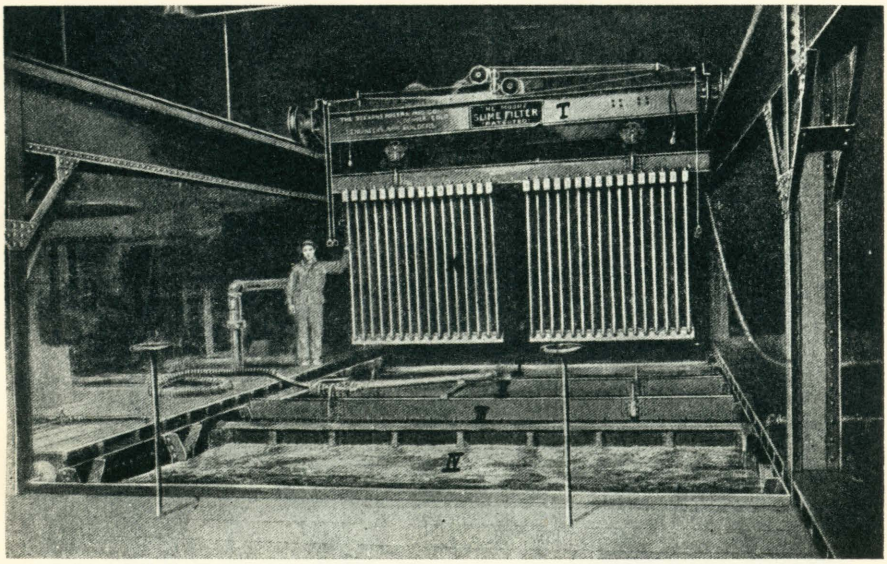
Iły. Własność wytwarzania iłów w stanie rozdrobienia miałkiego posiadają przedewszystkiem substancje, których bardzo drobne ziarna mają postać łuskową (blaszkową) lub iglastą, a więc: skały chlorytowe, talkowe, mikowe. Z pośród rud należą tu molibdenit i stybnit, wreszcie miękkie węgle kamienne. Rzeczą jest zupełnie naturalną, że ziarna takie osadzają się w wodzie bardzo powoli, podlegając znanym prawom opadania ciał w wodzie. Nietylko jednak gęstość cieczy, ale również i to w większym jeszcze stopniu postać ziarn wpływa na zmniejszenie prędkości opadania. W masach zaś zgęszczonych — szlamach — ziarna łuskowate mocno zlepiają się z sobą i przeciwdziałają odłączaniu cieczy. Substancje, dające takie ziarna, zazwyczaj odznaczają się kruchością i miękkością, dlatego też przy przeróbce takich skał otrzymuje się ilościowo również więcej iłów, t. zn. skały miękkie i kruche są bardziej, niż skały twarde, skłonne do obfitego tworzenia szlamu. Między innemi miękkie gatunki węgli kamiennych tworzą typowe szlamy gęste, jedynie z wielkim trudem poddające się odwadnianiu. Jeżeli zmiesza się w szklance pył miękkich gatunków węgla z wodą, wówczas łatwo można dostrzec, że na dnie osiądzie tylko nieznaczna część materjału. Składa się ona z ziarn zaokrąglonych, o jednakowych wogóle wymiarach w trzech kierunkach. Znaczna część pozostaje w stanie zawieszenia,

nie osiadając w ciągu długiego czasu. Wreszcie trzecia część wypływa na powierzchnię. Rozpatrując tę ostatnią część, łatwo można zauważyć, że składa się ona z niewielkich kłaczków, powstałych z ziarn węgla. W płynie nieodstałym można dostrzec, że kłaczki takie częściowo wypływają z dna w górę, częściowo zaś zanurzają się z powierzchni na dno, czasami kłaczki rozpadają się na drobniejsze skupienia, z których jedne toną, inne zaś wypływają. Tutaj obserwujemy ową własność „iłów", którą znamy już z procesów wzbogacania flotacyjnego. Bardzo drobne ziarna węgla zgęszczają na swej powierzchni powietrze, które jakby cementuje kilka ziarn w grupy, niezwilżające się wodą, wskutek czego obserwuje się zjawisko wspływania (flotacji). Na powierzchni tworzy się dosyć zbita kora węglowa, którą można ciągnąć bez obawy rozerwania, jeżeli ostrożnie przesuwa się po niej szklaną laseczką. Taka kora węglowa w sposób jaskrawy ilustruje zjawisko spójności powierzchni. Jeżeli ostrożnie położy się na nią grubsze ziarna węgla — do 5 mm, to nie zwilżają się one, lecz pozostają na powierzchni. Naciskając ziarna te laseczką szklaną, można zaobserwować utworzenie się dookoła nich meniska wypukłego, wypychającego siłą prężności ziarna zpowrotem na powierzchnię, z chwilą, gdy przestajemy je naciskać. Tym sposobem wypływająca część pyłu węglowego zdolna jest utrzymać na swej powierzchni dosyć znaczny ciężar grubszych ziarn węgla, czem również tłumaczy się ogromne straty węgla w szlamach węglowych przy procesach mokrych wzbogacania miękkich węgli (antracyty własność powyższą posiadają w stopniu znacznie mniejszym).

Prócz węgli kamiennych i substancyj, dających bardzo drobne ziarna o postaci łuskowatej, własność wytwarzania w wodzie kłaczków i wogóle charakter iłowy posiadają substancje bezpostaciowe, jak czysty kaolin i glina zwyczajna. Dalej różne wodany, jak brunatny tlenek żelaza limonitów w postaci masy ziemistej, kwas krzemowy, znajdujący się w glinach, jako produkt rozkładu skał skaleniowych w obecności kwasów, mogących wytworzyć się kosztem rozkładu siarczków i t. p. Ponieważ z drugiej strony przy przeróbce rud kwarcowych, dostatecznie rozdrobnionych, zawsze obserwuje się powstawanie pewnej ilości „iłów", przeto można przypuścić, że te ostatnie powstają wskutek domieszki skaleni, dostających się do rudy z żył bocznych lub znajdujących się w kwarcu w postaci masy, wypełniającej szczelinę żyłową, które albo zawsze znajdują się w stanie rozkładu albo rozkładają się pod wpływem procesu kruszenia. Czysta masa bezpostaciowa daje z wodą produkt o charakterze koloidalnym, w którym swobodny ruch ziarn staje się zupełnie niemożliwy.

Zgęszczanie (osadzanie) iłów. Jeżeli wody szlamowe mają wskutek obecności substancyj bezpostaciowych charakter koloidalny, to pozbawienie ich tej własności może być osiągnięte zapomocą uprzed-

niego prażenia. Podczas prażenia wodany rozkładają się i masa przybiera wygląd ziarnisty, w którym to stanie już nie tworzy z wodą roztworów koloidalnych, lecz staje się zdolną do osadzania. Tak, przy cyjanizacji brunatnych żelaziaków złotonośnych z t. zw. „żelaznej czapki" żył rudnych, rudy dla uniknięcia powstawania mieszanin koloidalnych z roztworami cyjankowemi poddawane są uprzednio prażeniu.

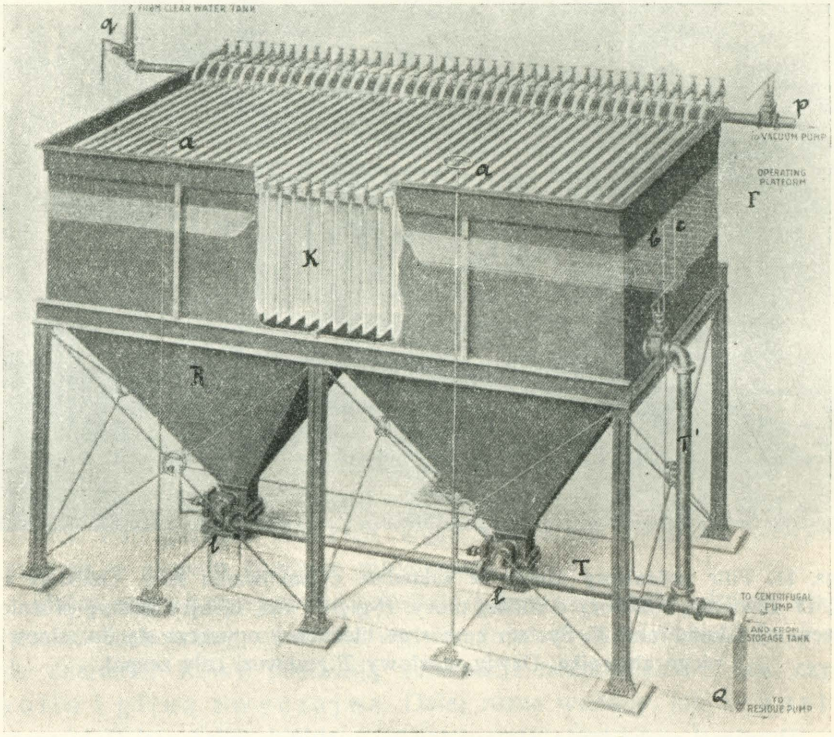


Rys. 14. Filtr próżniowy Moora w zakładzie cyjankowania iłów. Oddziały I, II, III, IV zawierają roztwory o różnej mocy. *P*-giętki wąż, łączący pompę próżniową (vacuum) z komorami *K*. System komór na blokach *q* opuszcza się do odpowiedniego zbiornika. Dźwig mostowy *T* przewozi cały zespół.

Pomimo rozpadania się wodanów wskutek prażenia (lub czasami wysuszania) osadzanie iłów często nie następuje wcale lub bardzo powoli. W tym wypadku dla przyśpieszenia dodaje się wapna. Rolę wapna tłumaczy z jednej strony hipoteza otrzymania przez bardzo drobne ziarna materjału ładunku statycznego elektryczności, pod której wpływem odpychają się one jedno od drugiego, zapełniając całą objętość cieczy, z drugiej zaś — własność powstającego $Ca(OH)_2$ dysocjowania w roztworze na jony dodatnie i ujemne, z których jedne obowiązkowo będą miały ładunek o wartości przeciwnej, niż ziarna iłów, wskutek czego musi nastąpić wyładowanie, przyczem pod wpływem siły ciężkości powstaje bez przeszkód osadzanie się ziarn, niespotykających oporu ze strony ładunków elektrycznych ziarn sąsiednich. Substancje dysocjujące w roztworach nazywają się elektrolitami. Prócz wapna elektrolitami, wywołującemi przyśpieszenie osadzania, są kreda, magnezja, ałuny, siarczan żelaza i in. W procesie iłowym cyja-

nizacji dodaje się zwykle wapna, jako materjału najdostępniejszego i taniego.

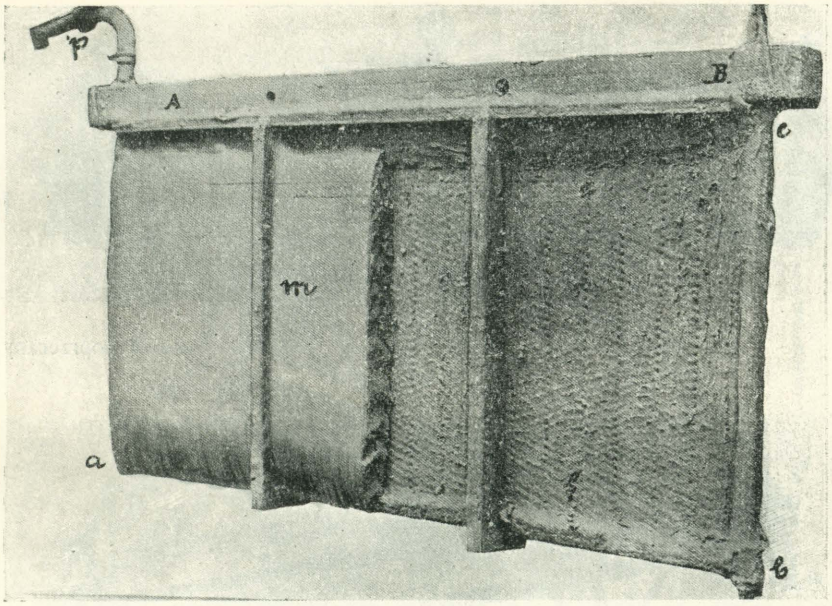
Odwadniania „iłów“ dokonywa się wogóle metodą filtracji, mając jednak na uwadze opór, stawiany przez iły odłączaniu cieczy, filtracji dokonywa się po pierwsze przy bardzo znacznem zmniejszeniu warstwy iłów, co zmniejsza opór ruchu cieczy w iłach, z drugiej zaś strony — przy zastosowaniu siły zewnętrznej, powiększającej ciśnienie,



Rys. 15. Filtr próżniowy (vacuum) Buttersa. *K* — skupienie komór filtrowych. *R* — zbiornik z dwoma wyładunkowemi lejami ostrosłupowemi. *T* — rura, doprowadzająca wody szlamowe pod ciśnieniem z przyrządów zgęszcz., również dla doprowadzenia roztworów zapomocą pomp odśrodk., przyczem rura *T* poza granicą rys. rozgałęzia się ku pompie i zgęszcz. szlamów. *T'* — odgałęzienie dla usuwania roztworów rzadszych, oraz doprowadzania tychże w razie, gdy dno jest zapełnione iłami. *P* — rura, łącząca komory *K* z pompą próżniową; *q* — rura doprowadzająca czystą wodę; *Q* — rynna do zlewania wyładowywanych przez zawór *l* iłów. Zawór *l* za pośrednictwem korbki *a*, rury zaś *T* i *T'* za pośrednictwem *b* i *c* reguluje się z górnej podłogi roboczej *F*. Wysokość przyrządu 14', szerokość 11', długość od 2' do 80'. Wydajność od 10 do 500 t iłów suchych w ciągu 24 godzin.

pod wpływem którego odbywa się przesączanie wody przez warstwę iłów. Idea ta urzeczywistnia się w filtrach mechanicznych, które zależnie od sposobu wytwarzania ciśnienia dzielą się na filtry próżniowe i prasy filtrowe. W pierwszych (przesączanie) fil-

tracja odbywa się zapomocą pomp ssących (vacuum), w drugich zapomocą pomp tłoczących. Zmniejszenie warstwy filtrującej się masy osiąga się w filtrach mechanicznych przez nadanie powierzchni filtrującej bardzo znacznej powierzchni. Po jednej stronie tej powierzchni osadza się ił, po drugiej zaś otrzymuje się filtrat. Rozmaite systemy filtrów różnią się pomiędzy sobą urządzeniem tej powierzchni, jej



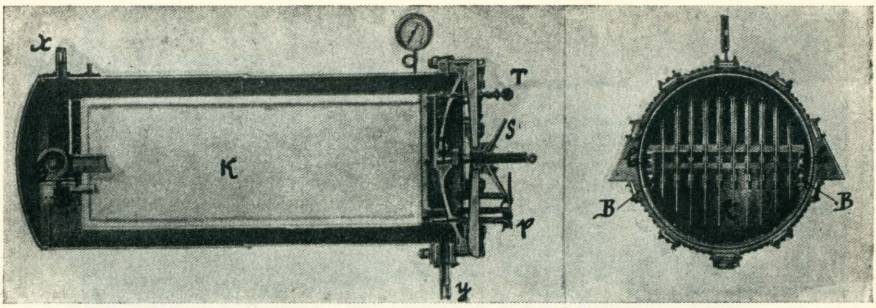
Rys. 16. Jedna z komór filtru Buttersa. *p*-rurka, łącząca wnętrze komory z pompą próżniową. Stanowi ona 3 boki ramy *pabc*. Od strony wewnętrznej rurka ma szereg otworów. Czwarty bok — górny — belka drewn. *AB* służy do zawiesz. komory zapomocą jej końców, wystających na obramowaniu zbiornika *R* (rys. 15). Z lewej strony pokazana jest warstwa przylepionych iłów. Z prawej strony widać obnażoną materję filtrującą oraz szereg szwów *ef*, zapomocą których zszyte są przeciwległe boki komory; pomiędzy szeregami szwów są wstawione drewniane przekładki, zapewniające zachowanie minimum objętości wnętrza. W ciągu 35 min. osiada $1^1/_2$" iłów z wód szlamowych, zgęszczonych do $1:2^1/_2$, przy próżni 489 mm. Iły zatrzymują 33% wilgoci.

kształtem, pod warunkiem osiągnięcia maximum powierzchni w jednostce objętości przyrządu.

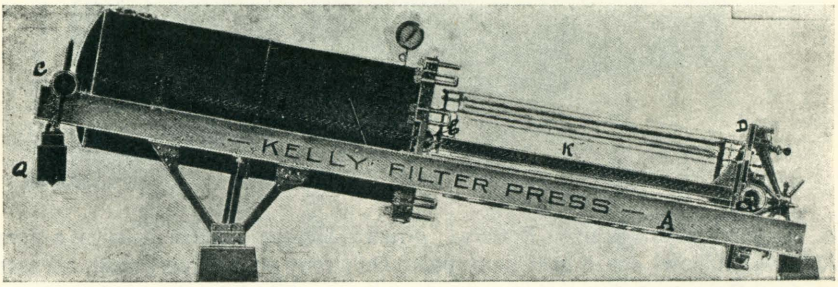
Zależnie od sposobu utworzenia powierzchni filtrującej rozróżnia się filtry komorowe i ciągłe. Jednocześnie pierwsze z nich są zawsze nieruchome z działaniem okresowem, drugie zaś — ruchome i działające bez przerwy.

Filtry komorowe przedstawiają skupienia pionowych komór płaskich, ustawionych w niewielkiej jedna od drugiej odległości (rys. 14, 15, 17a i 17b, 19), których ścianki boczne zrobione są z materji

filtrującej, odgraniczającej przestrzeń zewnętrzną od wnętrza komór. Ramę, okalającą komory, wykonuje się z drzewa lub z rurek metalowych (rys. 16, 17 a i 17 c, 18), które służą jednocześnie do komunikacji pomiędzy wnętrzem komory bezpośrednio lub zapomocą specjalnych kanałów, pozostawionych w ramie (rys. 19), i zbiornikiem dla filtratu lub iłów, zależnie od tego, z której strony są iły doprowadzane. Szereg



a. przekrój podłużny *b.* przekrój poprzeczny



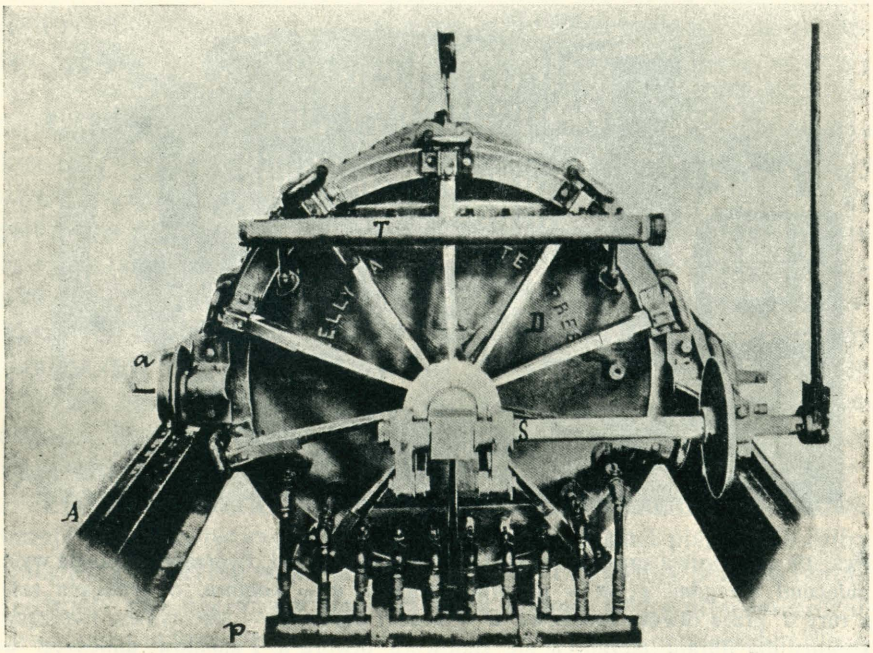
c. Widok zzewnątrz podczas wyładowywania.

Rys. 17. Prasa filtrowa Kelly'ego. System, składający się z 10 komór *K*, po usunięciu zaworu *S* wraz z dnem *D* wysuwa się pod wpływem ciężaru ładunku iłów przez przedni otwór walca po szynach pochyłych: zewnętrznych *A* na kołach przednich *a* i wewnętrznych *B* — na kołach tylnych *b*. Ponowne wstawienie systemu do walca po wyładowaniu iłów dokonywa się zapomocą ciężaru *Q* i łańcucha *s*, przerzuconego przez blok *c*.

beleczek lub deszczułek, umieszczonych wewnątrz komór, zabezpiecza zachowanie przestrzeni pomiędzy obydwoma bokami powierzchni filtrującej, które pod wpływem nacisku iłów lub filtratu mogłyby zetknąć się.

W filtrach próżniowych system komór zanurza się swobodnie do zbiorników, zawierających szlamy zgęszczone (rys. 14 i 15). Wnętrze komór zapomocą zespołu rur *P* łączy się z pompą próżniową (vacuum). Iły przywierają do zewnętrznej powierzchni komór cienką warstwą 1″ — 2″ grubości (rys. 16, m). Po utworzeniu się takiej war-

stwy albo cały zespół przenosi się za pośrednictwem dźwigu mostowego do innego zbiornika, jak to bywa w filtrach próżniowych Moora (rys. 14), gdzie wnętrze komór łączy się z generatorem ciśnienia (powietrznym lub hydraulicznym) i przywarty do komór ił powietrznosuchy odpada, albo też pozostałość wód szlamowych wypuszcza się ze zbiornika, w którym zanurzone są komory, i do opróżnionego zbiornika iły wyładowuje się w tenże sam sposób. Następnie znowu rozcieńcza



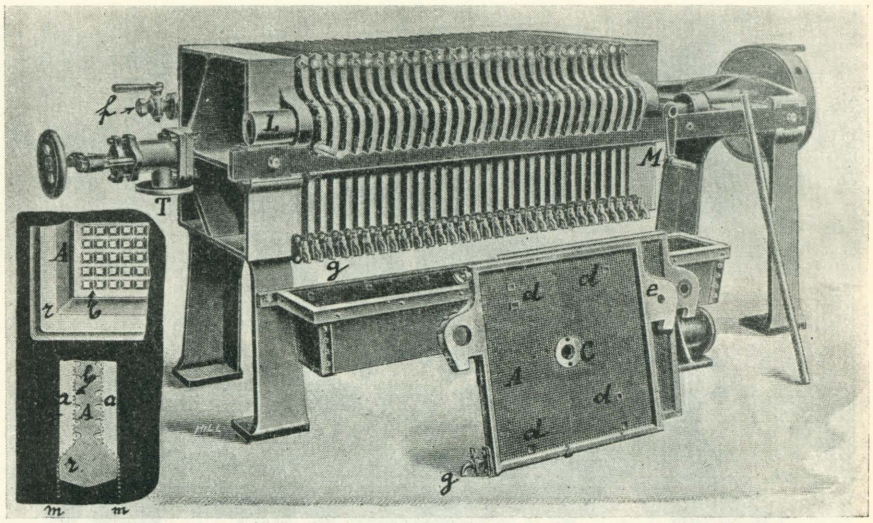
Rys. 18. Prasa filtrowa Kelly'ego. Widok zprzodu i części zaworu dźwigniowego. *T* — rura do wprowadzania roztworów i szlamów. *P* — rura do wypuszczania filtratu; *x* — rura do wypuszczania powietrza; *y* — do wypuszczania pozostałości szlamów (*x*, *y* na rys. 17).

się iły wodą i wypuszcza się je do rur z ostrosłupowych den zbiornika *R* na zwały, jak to bywa w filtrach próżniowych Buttersa (rys. 15). Ten ostatni sposób może być, oczywiście, stosowany jedynie do oddzielania od iłów roztworów w procesach hydrometalurgicznych, ponieważ wyładowanie iłów powietrzno-suchych ze zbiorników *R* jest niemożliwe. Przeciwnie, filtry Moora zdatne są do celów zwykłego odwadniania, gdyż cały zespół może być zapomocą dźwigu przesunięty do specjalnego odbiornika iłów powietrzno-suchych.

W prasach filtrowych systemy komór umieszczane są wewnątrz walców, zamkniętych hermetycznie, do których wody szlamowe wprowadza się zapomocą rur pod ciśnieniem (rys. 17, 18).

Po ukończeniu filtracji wody szlamowe są usuwane z walca. Sy-

stem komór wysuwa się nazewnątrz przez drzwiczki w dnie walca, iły zaś powietrzno-suche uwalniane są, podobnie jak w konstrukcjach poprzednich, zapomocą ciśnienia — prasa filtrowa Kelly'ego (rys. 17 *a*, *b*, *c* i 18). Wyładowywanie odbywa się nad specjalnemi zbiornikami, z których ił ładuje się do wózków i wywozi na zwał (rys. 153, t. II, str. 191). W prasach filtrowych Burta uwalnianie komór od iłów odbywa się wewnątrz walca; ił znowu rozcieńcza się wodą i wylewa



Rys. 19. Komorowa prasa filtrowa Dehne'go *A* — deski, tworzące komory z występującemi brzegami *r*; *m* — materja filtrująca, *a* — komora, otrzymująca szlam z rury *T* przez otwory środkowe *C* w każdej desce; *b* — sieć rynien, tworzących komory dla filtratu, łączących się zapowocą otworu *d*, i kanałów, umieszcz. wewnątrz obramowania *r* desek z otworami *e*, tworzącemi w całym systemie desek ogólny kanał, odprowadzający filtrat i zakończony kranem *f*. Krany *g* służą do obserwowania stanu filtratu. Bolec *L*, zakończony korbą *M*, umacnia cały system.

zapomocą specjalnej rurki odprowadzającej. Jest rzeczą oczywistą, że urządzenie takie, pod względem mechanicznym prostsze, może być stosowane jedynie do oddzielania roztworów, gdy tymczasem filtry Kelly'ego mogą służyć również do celów odwadniania.

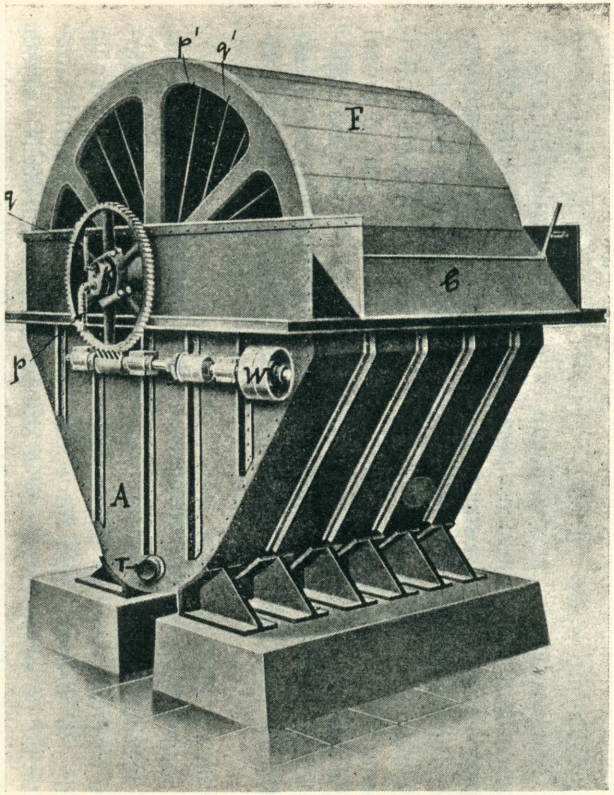
W opisanych wyżej typach filtrów komory mają wygląd pojedyńczych arkuszy, wskutek czego nazywają je też „arkuszowemi". Charakterystyczną cechą takich filtrów jest umieszczenie komór arkuszy w specjalnym zbiorniku, otwartym lub zamkniętym. Od tych odróżnia się filtry właściwe komorowe, w których komory utworzone są przez specjalne części całego przyrządu i cały proces odbywa się wewnątrz tych komór. W przyrządach tych należy rozróżniać komory dwojakiego rodzaju: jedne odbierają szlamy, doprowadzane zapomocą rur lub kanałów, drugie — filtrat, wydzielający się z pierwszych, który od-

prowadzany jest zapomocą osobnych kanałów. Pierwsze z tych komór odpowiadają zbiornikom filtrów arkuszowych, drugie zaś komorom arkuszy. Części poszczególnych komór składają się z twardych desek drewnianych lub częściej metalowych (rys. 19) z występami, dzięki którym deski stykają się z sobą, tworząc komory. Z obydwóch stron deski obciągnięte są materją filtrującą, przyczem wklęsła powierzchnia desek tworzy przestrzeń pustą, analogiczną do wnętrza komór arkuszowych. Wszystkie deski są do siebie poprzykręcane zapomocą śrub, tworząc jeden przyrząd hermetycznie zamknięty. Filtry komorowe pracują zwykle jako prasy filtrowe, ponieważ szlam jest w stanie zapełniać komory wewnętrzne jedynie zapomocą tłoczenia pompą (prasy filtrowe Dehne'go, Merrilla i in.). Prasy filtrowe typu, opisanego wyżej, pracują zawsze okresowo. Po skończonym procesie cały system rozśrubowuje się, a iły powietrzno-suche są usuwane (Dehne); w innych typach (Merrill) iły spłókiwane są z filtru wodą, puszczaną pod ciśnieniem, w postaci szlamu bez rozbierania przyrządu, co jest dogodniejsze. Wskutek tego pras filtrowych typu Merrilla wygodniej jest używać przy procesach hydrometalurgicznych do oddzielania roztworów. Typ Dehne'go może być użyty również dla zwykłego odwadniania. Stopień odwodnienia w prasach filtrowych otrzymuje się większy, niż w filtrach próżniowych. W tych ostatnich iły zatrzymują 33% wilgoci, gdy tymczasem w pierwszych można otrzymać ił z zawartością tylko 23% wilgoci.

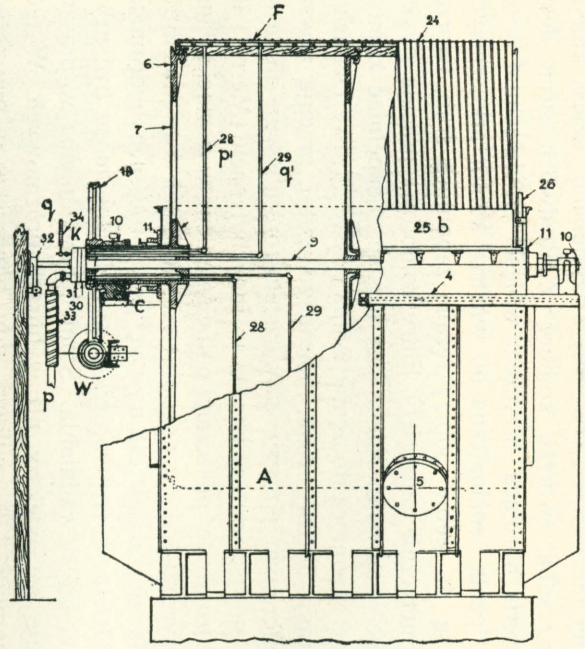
Filtry o działaniu ciągłem pracują tylko jako filtry próżniowe. Materja filtrująca tworzy powierzchnię ciągłą w postaci pierścienia (filtry Hunta, Ridgway'a) lub walca (Olivera — rys. 20 i 21), który podczas obrotu przechodzi nad naczyniem, zawierającem szlamy. Pod wpływem próżni, wytwarzanej w komorach płaskich z przeciwnej strony powierzchni filtrującej, iły przywierają do tej ostatniej i wskutek jej ruchu zostają wyniesione ze zbiornika, przyczem wskutek dalszego działania próżni następuje wysuszenie przywartej warstwy. Po wykonaniu prawie całkowitego obrotu komora wewnętrzna automatycznie odłącza się od próżni i łączy się z generatorem ciśnienia, wskutek czego iły spadają do odpowiedniego odbiornika w stanie powietrzno-suchym. Filtry typów opisanych nadają się zarówno do oddzielania roztworów, jak i do odwadniania.

Zastosowanie filtrów mechanicznych.

Filtry mechaniczne wszystkich typów mają bardzo szerokie zastosowanie w cyjankowym procesie iłowym otrzymywania złota z rudy. W procesie tym filtry służą nietylko do oddzielania roztworów, ale też do przemywania iłów słabemi roztworami KCN i czystą wodą. W tym celu zbiornik filtrów Moora (rys. 14) wykonuje się z kilku oddziałów stosownie do ilości oddzielnych przemywań, w filtrach zaś Buttersa (rys. 15) rura *T*, wychodząca z ostrosłupowego dna zbiornika,



Rys. 20. Filtr próżniowy Olivera, działający bez przerwy. Widok zewnętrzny.



Rys. 21. Filtr próżniowy Olivera. Przekrój podłużny.

A — zbiornik, odbierający szlamy zgęszczone zapomocą rury *T*. *F*-powierzchnia filtrująca; *p*-rura pompy próżniowej; *q*-rura generatora ciśnienia; *p'* i *q'* — rurki, łączące wnętrza komór filtrowych, automatycznie łączące się z rurami *p* i *q* zapomocą skrzyni rozdzielczej *K* przy obracaniu bębna zapomocą napędu *W*; *b* — tarcza, na którą spada ił. Długość 7—14'. Średnica — 11'6" (3.500). Rozrzedzenie pompy próżniowej 510—610 mm. Grubość warstwy iłu $^1/_4$"—$^1/_2$". Ilość obrotów na 1'—5—9. Wydajność 20—150 t iłu o 30% wilgoci.

łączy się zapomocą kranów z różnemi kadziami, zawierającemi roztwory o różnej mocy. W filtrach Olivera (rys. 20) ił, przywarty do walca, przechodzi kolejno pod szeregiem natrysków, zraszających powierzchnię filtru słabszemi roztworami i czystą wodą, gdy tymczasem w razie zwykłego odwadniania nie dokonywa się żadnego przemywania dodatkowego wodą z natrysków.

W hydrometalurgji złota prasy filtrowe znajdują prócz tego zastosowanie przy odwadnianiu osadów z ekstraktorów cynkowych, zwłaszcza przy najnowszym sposobie osadzania zapomocą pyłu cynkowego, jakoteż w procesie chlorynacji przy osadzaniu złota siarkowodorem w postaci siarczku złota.

Przy przeróbce rud filtry mechaniczne, zwłaszcza filtry próżniowe o działaniu ciągłem, używane są do odwadniania bardzo drobnych koncentratów, mających charakter iłowy, oraz do chwytania unoszonych przez wody mętne cząstek minerałów, wypływających i zawieszonych. Tak, w kopalni Anaconda Copper Mining Co w Butte, Montana, na okrągłych stołach obracających się, zbierają się bardzo miałkie iły, nagromadzone z odpadów koncentracji w ciągu bardzo długiego czasu w wielkich stawach, skąd wybierane są zapomocą maszyn ssących. Koncentraty tego materjału, posiadające wszelkie cechy iłów, mogą być odwodnione tylko na filtrach, co też dokonywane jest na filtrach próżniowych Olivera.

Wreszcie przy przeróbce szlamów węglowych, gdy powstają one w ogromnych ilościach w postaci charakterystycznego materjału iłowego, przyczem pod względem jakościowym przedstawiają produkt dosyć czysty, zdatny do brykietowania lub spalania w kotłach, odwadnianie szlamów odbywa się na filtrach próżniowych o działaniu ciągłem Hunta albo Ridgway'a (lub o działaniu okresowem firmy Zeitza w Buckau, Niemcy).

Prócz wypadków przeróbki produktów przemysłu górniczego filtry mechaniczne znajdują zastosowanie w pewnych gałęziach przemysłu chemicznego, o ile mają miejsce zagadnienia analogiczne oddzielania cieczy od materjału iłowego. Tak, prasy filtrowe na długo przed zastosowaniem ich w górnictwie złota miały szerokie rozpowszechnienie w cukrownictwie i innych wypadkach. Z opisanych wyżej typów filtrów, prasy filtrowe Kelly'ego zostały skonstruowane specjalnie dla cukrownictwa, ale okazały się również zdatnemi w procesie cyjanizacji wydobywania złota z rud.

§ 6. Suszenie.

Zastosowanie. Wydzielenie wody z produktów powietrzno-suchych oraz pośrednich między wilgotnemi i powietrzno-suchemi (ił), zatrzymujących nieznaczną część wilgoci mechanicznej, która nie może być

usunięta zapomocą procesów odwadniania, jakoteż wilgoci higroskopijnej, dokonywa się zapomocą suszenia.

Suszenie ma zastosowanie w rozmaitych wypadkach przeróbki mechanicznej ciał kopalnych. Tak, przy przeróbce rud suszenie wilgotnego materjału surowego lub koncentratów wzbogacania mokrego stosuje się jako operację przygotowawczą przed specjalnemi suchemi sposobami wzbogacania, naprzykład przed wzbogacaniem elektromagnetycznem rud słabo magnetycznych, wzbogacaniem elektrostatycznem i powietrznem. Przy przeróbce węgla kamiennego suszenie może okazać się potrzebnem, naprzykład dla suchego wzbogacania na separatorach spiralnych Pardee'go. Jeżeli rudy wilgotne poddawane są przed procesami hydrometalurgicznemi oraz w innych wypadkach prażeniu, wówczas w celu zmniejszenia zużycia opału korzystnem jest wydzielić proces suszenia jako czynność osobną, poprzedzającą prażenie. Bardzo poważnego znaczenia nabywa suszenie w ogólnym procesie brykietowania miału węgla kamiennego i brunatnego, gdyż powodzenie brykietowania w sposób istotny zależy od stopnia wilgotności węgla. W pewnych wypadkach dla zbrykietowania trzeba zawartość wilgoci węgla zmniejszyć do 1—2%, tymczasem zaś niektóre gatunki węgla brunatnego zawierają do 60% wilgoci higroskopijnej. W tym ostatnim wypadku suszenie nabiera charakteru wzbogacania, ponieważ w gruncie rzeczy czynność ta staje się równoznaczna z usunięciem zbędnego balastu w postaci wody, analogicznego do balastu skały płonnej, i rezultatem jej jest otrzymanie produktu ze zwiększoną zdolnością do wytwarzania ciepła. W tem znaczeniu suszenie może być wykonywane również jako operacja samoistna, naprzykład przy zużytkowaniu miału węglowego w celu otrzymania materjału palnego w postaci pyłu do spalania w dyszach pieców rotacyjnych w cementowniach i zakładach aglomeracyjnych, w paleniskach kotłów parowych, lokomotyw i innych.

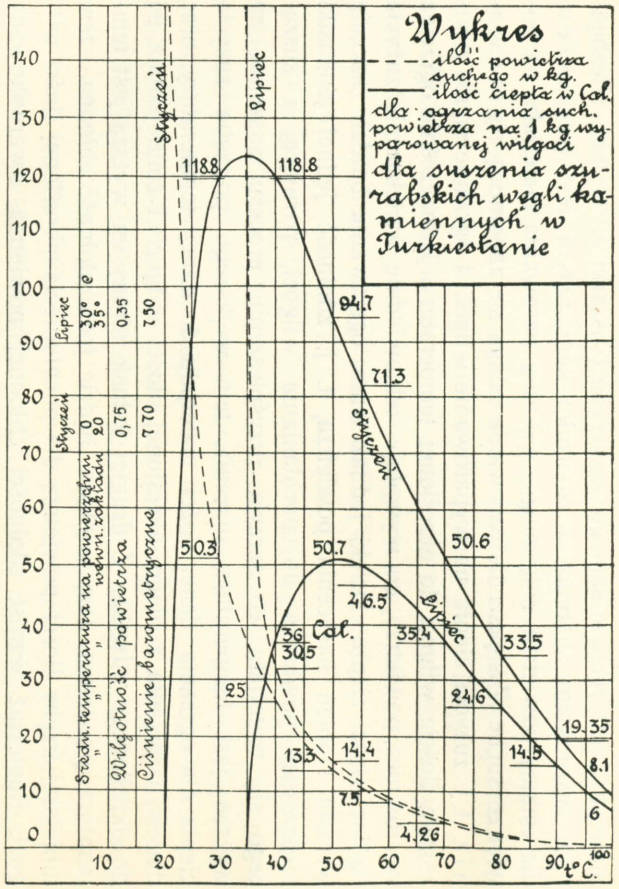
Zasady suszenia. Suszenie opiera się na własności wody parowania na powietrzu przy wszelkiej temperaturze i ciśnieniu, o ile wilgotność otaczającego ją powietrza jest niższa od stopnia nasycenia. Suszenie może być naturalne i sztuczne.

Suszenie naturalne dokonywa się wprost na powietrzu przez rozłożenie materjału w niegrubą warstwę na szerokiej płaszczyźnie i pozostawienie go tam przez czas określony. Ilość parującej wilgoci jest uwarunkowana stopniem wilgotności, temperaturą i ciśnieniem barometrycznem otaczającego powietrza. Im powietrze jest suchsze, a temperatura i ciśnienie barometryczne wyższe, tem większa ilość wilgoci może wyparować w ciągu jednostki czasu. Przy suszeniu na otwartem powietrzu para wodna jakby rozwiewa się w zbiorniku o pojemności nieskończonej, teoretycznie więc wyparowywanie może być doprowadzone do końca. Praktycznie spotyka ono pewną granicę, po pierwsze, w tem, że prędkość dyfuzji pary wodnej może być mniejsza od prędkości pa-

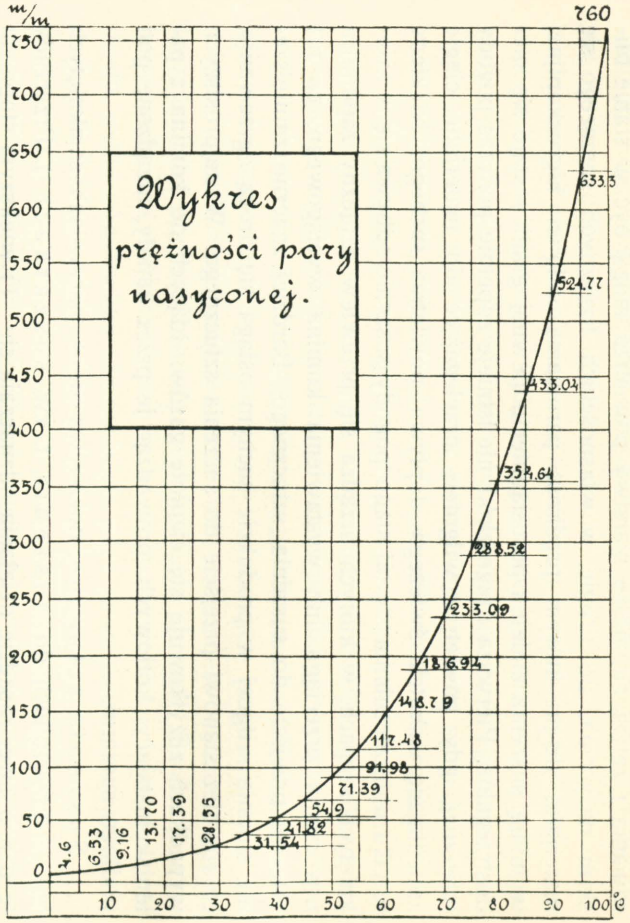
rowania i zatem najbliższe warstwy powietrza mogą być w stanie bliskim nasycenia, po drugie, w własnościach fizycznych suszącego się materjału, dzięki którym prędkość parowania wilgoci higroskopijnej w miarę suszenia maleje i po osiągnięciu pewnej granicy staje się niedostrzegalna. Pierwsza z przeszkód nie istnieje zupełnie podczas pogody wietrznej, gdy powietrze wilgotne, przylegające do materjału, ciągle zmienia się wskutek świeżego dopływu powietrza suchego. Niekiedy w celu uniezależnienia się od stanu pogody suszenie odbywa się w zamkniętych szopach, w których urządza się przewiew sztuczny zapomocą utworzenia przeciągu lub wystawienia komina wyciągowego, co już stanowi przejście do suszenia sztucznego. Bardziej znaczne zmniejszenie stopnia wilgoci w produkcie suchym osiąga się drogą ogrzewania, co również stanowi przejście do suszenia sztucznego. W najprostszych wypadkach zużytkowuje się ciepłotę gazów, idących do komina z palenisk instalacyj kotłowych, prowadząc je przez kanały, urządzone pod podłogą suszarni.

Suszenie sztuczne dokonywa się w naczyniach zamkniętych t. j. w przyrządach do suszenia, t. zw. suszarkach[1]). Przyrządy te dzięki swej zasadzie działania odznaczają się: 1) większym stopniem suszenia i 2) działaniem bez przerwy. We wszystkich suszarkach z jednej strony wchodzi nieprzerwanym strumieniem materjał wilgotny, a z drugiej — otrzymuje się również bez przerwy produkt suchy. Nieprzerwalność ruchu materjału wewnątrz suszarki uwarunkowana jest środkami mechanicznemi bądź w postaci mieszadeł, przesuwających materjał, bądź ruchem samego przyrządu (suszarki obrotowe). Niezbędnym warunkiem suszenia w zbiorniku zamkniętym jest przewiew dla zmiany powietrza wilgotnego, wskutek parowania materjału, na powietrze suche. Zwiększenie parowania osiąga się zapomocą ogrzewania, t. j. zużycia ciepła na wyparowanie wilgoci i ogrzanie węgla z pozostałą ilością wilgoci do określonej temperatury. Jednocześnie ogrzewa się również powietrze, co wywołuje odpowiednie zwiększenie zużycia ogólnej ilości ciepła. Dzięki jednak temu ogrzewaniu bardzo znacznie wzrasta stopień nasycenia powietrza, t. j. zdolność jednej jednostki sześciennej powietrza do pochłaniania wilgoci, parującej z suszącego się materjału, co sprzyja przyśpieszeniu procesu suszenia. Im wyższa jest temperatura suszenia, tem większego potrzeba zużycia ciepła dla ogrzania danej ilości materjału do danej temperatury, oraz dla wyparowania z niego określonej ilości wilgoci i zmniejszenia jej do określonego odsetka. Z drugiej jednak strony im wyższa jest temperatura powietrza, tem większa będzie jego zdolność chłonna i tem mniejszej trzeba ilości powietrza dla pochłonięcia określonej ilości wilgoci. Ponieważ wzrost zdolności chłonnej powietrza, uwarunkowany prężnością pary, nasycającej przy danej temperaturze powietrze, zpo-

[1]) Dryers. Trockner. Сушильные аппараты (сушилки).

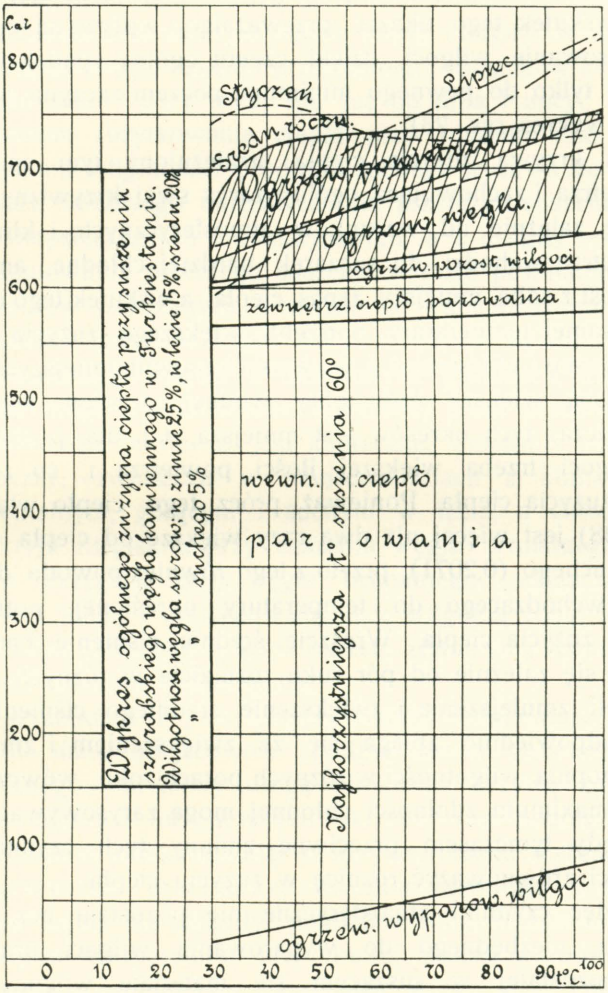


Rys. 22 b.



Rys. 22 a.

czątku przy ogrzewaniu od 0° do 40° odbywa się bardzo powoli, potem zaś przy temperaturach wyższych zwiększa się szybko, jak to jest widoczne na załączonym wykresie, sporządzonym na zasadzie tabeli prężności pary wodnej (rys. 22 a), przeto stosownie do tego zmniejszenie potrzebnej ilości powietrza również odbywa się zpoczątku bardzo po-



Rys. 23.

woli, a potem przy temperaturach wysokich bardzo szybko. Wskutek powyższego na ogólną ilość ciepła, potrzebnego do ogrzania powietrza przy temperaturach niskich, przeważający wpływ posiada temperatura, przy wysokich zaś ilość powietrza, a zatem ilość ciepła zpoczątku przy wzroście temperatury od 0° do 40° zwiększa się szybko, dalej wzrost ten staje się wolniejszy, dosięga pewnego maximum, poczem zaczyna szybko spadać (rys. 22 b) w takim stopniu, że otrzymuje się ogólne

zmniejszenie ilości zużytego ciepła łącznie z tą jego ilością, jaka potrzebna jest do ogrzania materjału i wyparowania wilgoci, a która wzrasta według prawa linji prawie prostej wraz z temperaturą. Jest rzeczą oczywistą, iż przy szybkiem obniżaniu ilości powietrza przy temperaturach wysokich na ogólną sumę zużycia ciepła w granicach najwyższych (80° do 100°) temperatury, zużycie ciepła, wzrastające bez przerwy, może wskutek tego okazać przeważający wpływ na ogrzanie materjału i parowanie wilgoci, dzięki czemu ogólny spadek ilości ciepła odbywa się tylko do pewnego minimum, poczem zaczyna znowu wzrastać (patrz wykres rys. 23).

Ogólna krzywa zużycia ciepła, uzależniona tym sposobem od ilości powietrza i zachowująca ogólny zarys swej krzywizny, naturalnie zmienia się zależnie od warunków atmosferycznych i klimatycznych. Zimą powietrze wchodzi do suszarek bardziej chłodne, aniżeli latem, a zatem wnosi z sobą mniejszy zapas ciepła, a wskutek tego dla ogrzania go do tej samej temperatury potrzeba większego zużycia ciepła, niż latem. Na wiosnę i w jesieni, t. j. w okresach najwilgotniejszych, powietrze wnosi z sobą większą ilość pary wodnej, a zatem jego zdolność chłonna podczas tych okresów jest mniejsza, t. j. dla pochłonięcia parującej wilgoci trzeba większej ilości powietrza i, co zatem idzie, większego zużycia ciepła. Ponieważ prócz tego ciepło właściwe pary wodnej (0,48) jest więcej niż dwa razy większe od ciepła właściwego powietrza suchego (0,2071), przeto z tego również powodu dla ogrzania powietrza wchodzącego do temperatury określonej, potrzebne jest zwiększenie zużycia ciepła. Wreszcie średnie ciśnienie barometryczne też zmienia się zależnie od pór roku rozmaicie w różnych miejscowościach. Jeżeli zmniejszenie i zwiększenie średniego ciśnienia barometrycznego odpowiednio zbiega się ze zwiększeniem i zmniejszeniem średniego stopnia wilgotności w różnych porach roku, wówczas wahania minimum i maximum zdolności chłonnej mogą zarysowywać się bardzo jaskrawo, gdy tymczasem przeciwne zmiany tych czynników mogą w zupełności zrównoważyć różnicę w zużyciu ciepła.

Tak więc czynniki atmosferyczne nie pozostają bez wpływu na ilość ciepła, niezbędnego do wyparowania wilgoci oraz ogrzania węgla i pozostałej w suszącym się materjale wilgoci. Z jednej strony zimą substancje ogrzewane wnoszą z sobą mniejsze ilości zapasów ciepła, niż latem, a zatem potrzebna jest większa ilość ciepła, z drugiej zaś strony wilgotność materjału suszącego się podlega zmianom latem i zimą, a chociaż w okresie letnim zawartość wilgoci jest mniejsza i dlatego ogólna ilość zużywanego ciepła maleje, to jednak na 1 kg parującej wilgoci przy doprowadzeniu suszenia do jednej i tej samej granicy przypada większa ilość zarówno pozostałej wilgoci, jakoteż samego materjału, wskutek czego ogólne zużycie ciepła w odniesieniu do jednostki wyparowanej wilgoci wzrasta. Naturalną jest rzeczą,

że w takich warunkach ilość żużywanego ciepła jest zwykle bardzo zmienna i dla otrzymania określonego efektu suszenia potrzebna jest zależnie od wielu zmiennych czynników — temperatury, wilgotności powietrza i ciśnienia barometrycznego — bardzo rozmaita ilość powietrza i ciepła, gdy tymczasem przy jednakowej ilości powietrza proces suszenia będzie przebiegał bardzo nierównomiernie, t. j. odsetek wilgotności w produkcie wysuszonym będzie różny nietylko w zależności od położenia geograficznego zakładu przeróbczego, warunków klimatycznych danej miejscowości i pory roku, ale też od dnia i nocy. Ze względu na to racjonalne zużytkowanie ciepła przy suszeniu oraz otrzymanie żądanego stopnia wilgotności produktu suchego wysuwa się zagadnienie z jednej strony możliwego uniezależnienia przebiegu suszenia od wahań czynników atmosferycznych i klimatycznych, a z drugiej — posiadania możności regulowania przebiegu suszenia w razie powstania większych wahań czynników wskazanych. Prawidłowe wahania dzienne nie mają dużego znaczenia, gdyż w ciągu doby otrzymuje się mieszaninę materjału z zawartością wilgoci w określonych granicach, które w ostatecznym razie mogą być zrównane (zbliżone) przez przemieszanie materjału wysuszonego, o ile to jest konieczne. Znacznie ważniejsze są wahania roczne, zwłaszcza w miejscowościach z klimatem wybitnie kontynentalnym, gorącym i suchym w lecie, a chłodnym zimą, jak np. w kraju Kirgiskim przy suszeniu węgla brunatnego. (W Turkiestanie, w okręgach złóż węgla brunatnego, odznaczających się bardzo suchem latem i umiarkowaną, lecz wilgotną zimą, sztuczne suszenie może być potrzebne tylko w okresie zimowym, latem zaś można poprzestać na suszeniu naturalnem).

Jeżeli, wychodząc z przeciętnych stanów temperatury, wilgotności i ciśnienia dla danej miejscowości podług danych głównego obserwatorjum fizycznego, określimy drogą obliczenia krzywą zużycia ciepła dla każdego miesiąca lub pewnych okresów (np. podług kwartałów) (rys. 23), wówczas, porównywując te krzywe, można wybrać taką temperaturę ogrzewania, przy której wahania sezonowe zużycia ciepła bardzo mało będą się różniły pomiędzy sobą. Będzie to właśnie ta najkorzystniejsza temperatura, przy której proces suszenia może być przeprowadzony w najmniejszej zależności od pór roku. Dla przykładu, przedstawionego na wykresie (rys. 23), taką najkorzystniejszą temperaturą jest 60^0.

Ścisłe ustalenie t^0 suszenia stanowi punkt wyjścia dla określenia wszystkich elementów procesu oraz wymiarów suszarek o żądanej wydajności, a mianowicie: 1) ilości powietrza i obliczenia przewiewu, 2) ogólnej powierzchni ogrzewania suszarki i 3) czasu trwania suszenia.

Ilość powietrza zależy od jego zdolności chłonnej przy danej t^0 i ciśnieniu dla danej ilości wyparowywanej wilgoci. Stosownie do wybranej ilości powietrza obliczane są przewody rurowe i przewiew.

Należy przytem pamiętać, że przy niewielkich różnicach w ilości ciepła wyższe temperatury są dogodniejsze, gdyż odpowiadają im mniejsza ilość powietrza, mniejsza średnica przewodów rurowych, mniejsza praca przewiewu, t. j. mniej wysoki komin wyciągowy lub mniejsza moc wentylatora, a zatem mniejsze zużycie energji cieplnej.

Ogólną powierzchnię ogrzewania F określa się łatwo, o ile wiadoma jest ilość ciepła — k, jaką 1 m² tej powierzchni udziela materjałowi ogrzewanemu dla podwyższenia jego temperatury o 1°, na zasadzie równania:

$$V.\omega = F.k.\tau,$$

skąd

$$F = \frac{V.\omega}{k.\tau}$$

1) gdzie V — ogólna ilość kg wody higroskopijnej, wyparowywanej w ciągu jednostki czasu (godziny), otrzymuje się z danej wydajności oraz wilgotności materjału suchego i surowego;

2) ω — ogólna ilość ciepła w kalorjach, potrzebna do ogrzania materjału, powietrza oraz parowania, otrzymana zapomocą wykreślenia krzywej zużycia ciepła stosownie do wybranej najdogodniejszej t° ogrzewania;

3) τ — różnica temperatury ogrzewania i temperatury pierwotnej materjału;

4) współczynnik k — określa się doświadczalnie podług najlepszych wzorów suszarek — zwykle 30—45.

Czas trwania suszenia, z jednej strony, jest funkcją wydajności i stopnia suszenia, t. j. może być wyrażony zależnie od ilości wyparowanej wilgoci w ciągu jednostki czasu czyli od wielkości

$$V = \frac{F.k.\tau}{\omega}$$

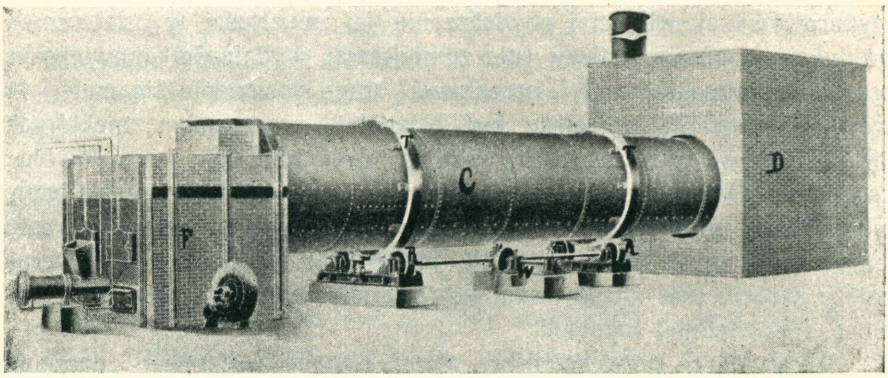
Z drugiej strony, czas ten jest funkcją elementów ruchu materjału, t. j. liczby obrotów i prędkości posuwania się czyli elementów geometrycznych suszarki, średnicy, kąta nachylenia, długości i in. Porównywując te dwie funkcje, otrzymamy warunki, na zasadzie których mogą być określone jakiekolwiek bądź elementy suszarki w zależności od τ, ω i F, o ile wszystkie pozostałe będą dane (wybrane).

Tu otrzymujemy środek do regulowania biegu suszenia. Jeżeli ω (ogólna ilość ciepła), pomimo starannie wybranej temperatury w celu jej utrzymania w granicach możliwie wąskich, podlega znacznym wahaniom, wówczas dla rozmaitych ω mogą być sposobem wyżej wskazanym znalezione różne wielkości elementów i czynników, które mają być regulowane. Takiemi są np. liczba obrotów i kąt nachylenia. Przez regulowanie tych elementów można zmieniać czas znajdowania się materjału w suszarce. Jeżeli wskutek zmiany czynników atmosfe-

rycznych, np. wzrostu wilgotności przy jednoczesnem obniżeniu się i spadku ciśnienia barometrycznego, potrzeba większego zużycia ciepła dla ogrzania tej samej ilości powietrza o większą różnicę τ lub dla ogrzania stosunkowo większej ilości pary wodnej, wnoszonej przez wilgotne powietrze, wówczas ażeby nie nastąpiło zmniejszenia ilości wyparowywanej wilgoci i powiększenia jej zawartości w ostatecznym produkcie suszenia, należy (nie zmniejszając wydajności) powiększyć czas trwania suszenia, t. j. przedłużyć drogę posuwania się materjału wewnątrz suszarki, co może być osiągnięte przez zmianę niektórych jej elementów, pozwalających wskutek swej konstrukcji na dowolne ustawienie. Odwrotnie, w razie przypadkowego wzrostu ciśnienia barometrycznego, zmniejszenia wilgotności wchodzącego powietrza i wzrostu temperatury, łatwo może nastąpić przegrzanie materjału, a wówczas należy skrócić czas znajdowania się materjału wewnątrz suszarki zapomocą odpowiedniej regulacji.

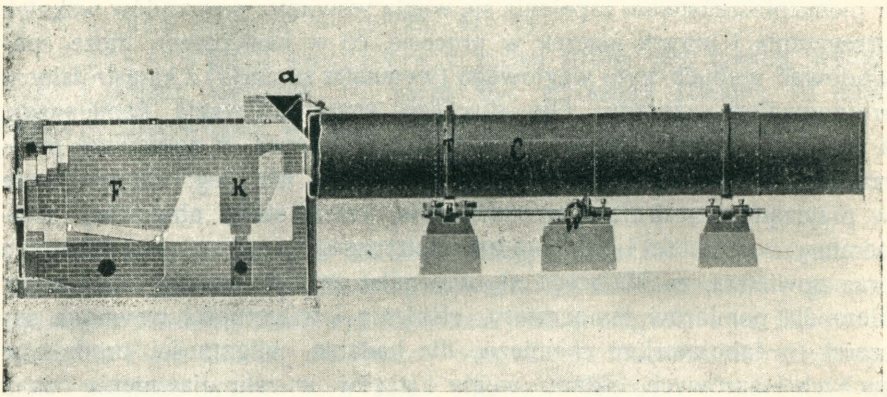
Wszystko, co powiedzieliśmy wyżej, posiada szczególne znaczenie dla suszenia bardzo wilgotnego węgla kamienego, a zwłaszcza brunatnego, gdyż stosownie do ilości wyparowywanej wilgoci urządzenia suszarniane przedstawiają olbrzymie konstrukcje, zużycie ciepła dosięga bardzo wielkich rozmiarów, a wysoki stopień wysuszenia stanowi tu warunek istotny dla dalszego zużytkowania produktu, samo zaś suszenie w związku z przypadkowemi, w czasie właściwym niezauważonemi, zmianami warunków atmosferycznych połączone jest z niebezpieczeństwem zapalenia się węgla wewnątrz przyrządów wskutek przegrzania i innych usterek w procesie, co w następstwie może spowodować wybuch pyłu węglowego (wewnątrz suszarki) z katastrofalnem zrujnowaniem zakładu. Oto dlaczego suszarnie węgla kamiennego, a zwłaszcza brunatnego powinny być wyposażone w najnowsze przyrządy z wszelkiemi urządzeniami, regulującemi ich bieg, zaopatrywane w przyrządy, rejestrujące automatycznie, celem stałej obserwacji temperatury, wilgotności i ciśnienia barometrycznego powietrza zewnętrznego oraz powietrza, znajdującego się wewnątrz zakładu, w przyrządy miernicze dla pomiarów temperatury, ciśnienia i wilgotności wewnątrz suszarek, w laboratorjum chemiczne dla badania wilgotności produktów suchych i surowych, składu węgla i gazów w celu ujawnienia oznak początku rozkładania się węgla w suszarkach, niebezpiecznego ze względu na wybuch, w zawory bezpieczeństwa na wypadek wybuchu wewnątrz sieci powietrznej i zapalenia się węgla, w urządzenia, sprzyjające możliwemu zmniejszeniu tworzenia się pyłu wewnątrz i nazewnątrz suszarek, jakoteż służące do usuwania pyłu z wszystkich miejsc, gdzie pył powstaje; wreszcie dozór nad suszeniem winien być powierzany osobie doświadczonej, zdolnej do orjentowania się w powstających zjawiskach i odpowiedzialnej za niepożądany rozwój operacji, mogący wyniknąć z rozmaitych przyczyn.

Suszarki. Ze względu na sposób ogrzewania suszarki dzielą się na: 1) gazowe (rys. 24—27) i 2) parowe (rys. 28—30). W pierwszych ogrzewanie osiąga się zapomocą gazów spalinowych, znajdujących się w bezpośredniem zetknięciu z suszącemi się materjałami; zaopatrywane



Rys. 24. Walcowy gazowy piec suszarniany z równoległym prądem gazów.

są one w specjalne palenisko dla jakiegokolwiekbądź opału i są to właściwe piece suszarniane. W drugich ogrzewanie dokonywa się zapomocą pary krążącej w komorach, oddzielonych od przestrzeni

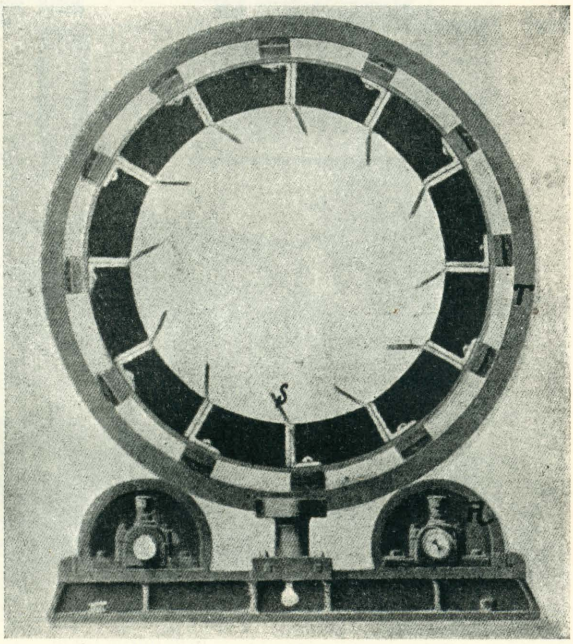


Rys. 25. Walcowy gazowy piec suszarniany z równoległym prądem i komorą do regulowania temperatury.

suszarnianej zapomocą przegródek. Tej grupie przyrządów nadaje się nazwę suszarek w ściślejszem tego wyrazu znaczeniu dla odróżnienia od pieców suszarnianych.

Ze względu zaś na sposób przesuwania materjału rozróżnia się: 1) suszarki walcowe (rys. 24—26 i 28—29) i 2) suszarki

talerzowe (tarczowe) (rys. 27 i 30). W pierwszych przesuwanie materjału dokonywa się, jak zwykle we wszystkich przyrządach typu bębnowego, zapomocą obracania walca dookoła osi słabo pochyłej lub poziomej, jeżeli powierzchnia wewnętrzna zaopatrzona jest w przegródki kierownicze po linji ślimaczej. W suszarkach talerzowych materjał przesuwany jest na dużych tarczach poziomych po linjach spiralnych od środka do obwodu lub w kierunku odwrotnym zapomocą mechanicznych skrobaczek-łopatek, ustawionych skośnie na krzyżakach promieniowych, przyczem skrobaczki te mogą być nieruchome w razie obracania się samego talerza lub też umocowane do wału pionowego obracają się ponad tarczą nieruchomą.



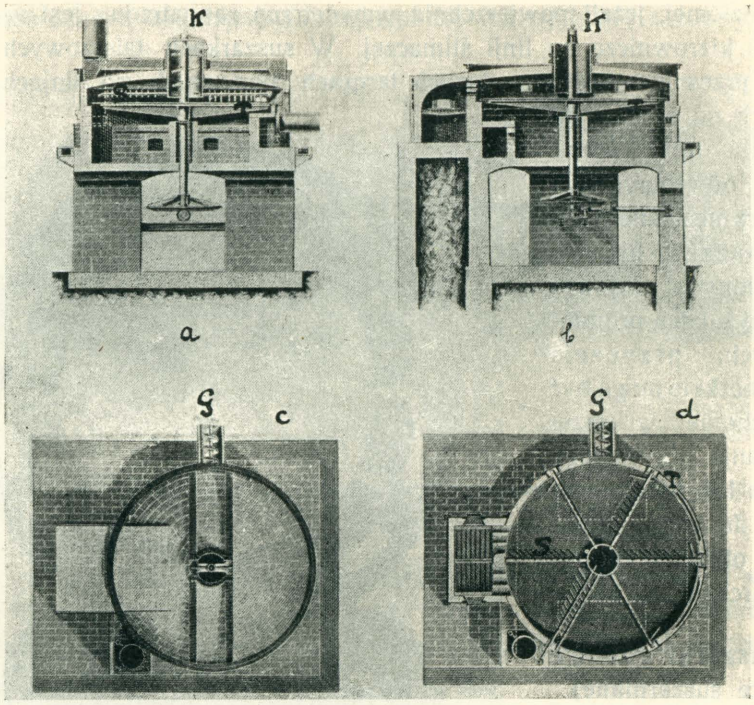
Rys. 26. Przecięcie walcowego pieca suszarnianego.

A. **Suszarki gazowe** (piece suszarniane).

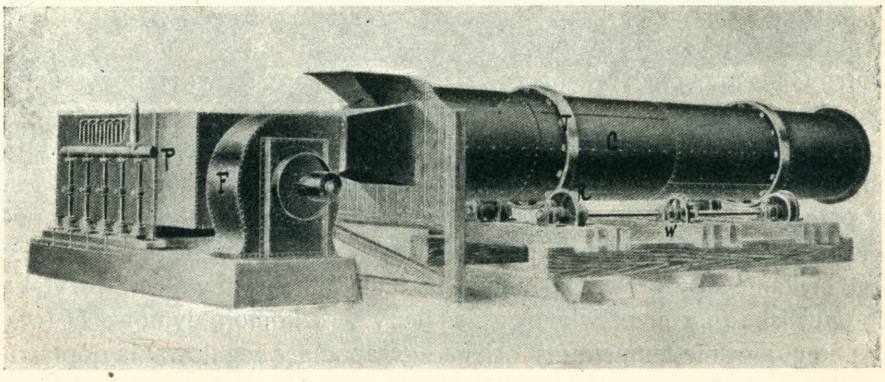
1. Zwykły walcowy piec suszarniany (rys. 24, 25 i 26).

Przestrzeń suszarniana znajduje się w walcu *C* nieco pochyłym, spoczywającym dwoma całkowitemi obwodami stalowemi *T* na rolkach tarciowych *R*, obracających się zapomocą wału napędowego *W*. Niekiedy ruch obrotowy otrzymuje walec bezpośrednio od koła zębatego. Wewnętrzna powierzchnia walca zaopatrzona jest w przegródki podłużne *S* (rys. 26), rozrzucające materjał po dużej powierzchni i zmuszające go do spadania z góry, przez co następuje ściślejsze jego stykanie się z gazami spalinowemi. Jednym końcem walec *C* przytyka do paleniska *F*, z przeciwległego zaś łączy się z komorą dymową *D* (rys. 24). Regulowanie temperatury osiąga się zapomocą regulowania dopływu powietrza do komory *K* (rys. 25), umieszczonej pomiędzy paleniskiem i walcem. Rozróżnia się piece z równoległym i przeciwnym prądem gazów. od strony paleniska. W pierwszym materjał wilgotny ładuje się przez lej *a* w najgorętszem miejscu przestrzeni suszarnianej i w miarę wyparowywania wilgoci przesuwa się do strefy mniej nagrzanej, co sprzyja bardziej ekonomicznemu zużywaniu opału. Pieców z prądem równoleg-

łym używa się w większości wypadków przy suszeniu rud dla przygotowania materjału do dalszych procesów suchych. Dla węgla kamien-



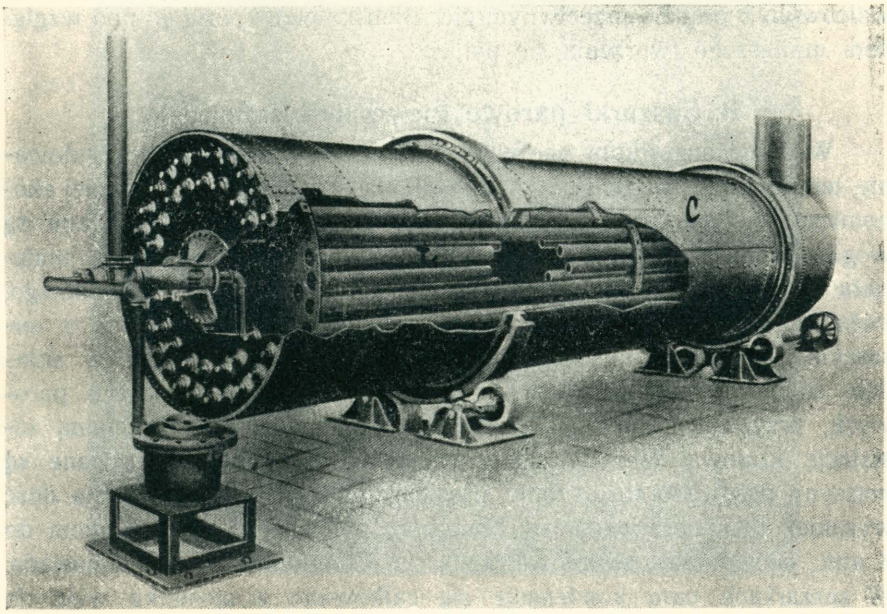
Rys. 27. Gazowa suszarka talerzowa Biétrixa dla węgla kamiennego na brykietowniach.



Rys. 28. Parowa suszarka rurkowa z podgrzewaczem powietrza.

nego są one wygodne, gdyż zabezpieczają przed przegrzaniem miału wysuszonego. Jednakże wskutek znacznego tworzenia się pyłu przy spadaniu z łopatek *S* stosowanie walcowych suszarek gazowych do

węgla kamiennego ogranicza się do gatunków twardych, niezbyt wilgotnych (antracyt). W piecach z prądem przeciwnym gazów miejsce ładowania i palenisko umieszczone są na przeciwległych końcach. Materjał dostaje się do najgorętszej strefy w ostatnim okresie suszenia. Pieców z prądem przeciwnym używa się do materjału, zatrzymującego wskutek swych własności fizycznych wilgoć higroskopijną uporczywie i niepodlegającego rozkładowi przy temperaturze wyższej, jakoteż w tych wypadkach, gdy celem procesu jest nietylko suszenie, lecz



Rys. 29. Parowa suszarka rurkowa z krążeniem pary w rurkach.

i ogrzanie materjału, np. przy procesie wstępnym przed prażeniem w celu zaoszczędzenia zużycia opału w piecu żarowym. W ostatnim wypadku dopuszczalny jest częściowy rozkład materjału z wydzieleniem CO_2 i wody krystalizacyjnej.

Zwykłe wymiary pieca są: długość 6—10 m, średnica 1—1,7 m. Liczba obrotów 12—8; kąt nachylenia 1—2%. Wydajność od 5 do 50 t materjału surowego na 1 godz. Wilgotność obniża się z 20% do 5%.

2. Talerzowa suszarka gazowa Biétrixa (rys. 27 *a—d*) używana jest specjalnie do suszenia węgla kamiennego w brykietowniach przy jednoczesnem zmieszaniu z pakiem [1]).

Wewnątrz pieca, mającego wygląd krótkiego walca pionowego

[1]) Pak — pozostałość dystylacji smoły węglowej — używany do brykietowania węgli kamiennych (patrz niżej). Jest to substancja wiążąca, twarda, krucha, mięknąca przy temperaturze suszenia.

z dachem sklepieniowym, obraca się na osi pionowej zapomocą napędu dolnego tarcza (talerz) *T* o średn. 6,5 m z prędkością $3^1/_2$ obrotów na minutę pod zespołem skrobaczek *S*, ustawionym nieruchomo. Ładowanie materjału dokonywa się w środku (*K*), wyładowanie — z obwodu tarczy przez rynnę *G*. Gazy z paleniska wchodzą do przestrzeni suszarnianej ponad tarczą, gazy wychodzące ogrzewają tarczę z dołu. Wydajność 10—12 t na godzinę przy wilgotności materjału surowego 10%, wysuszonego zaś $1^1/_2 - 2$%. Ogrzewanie węgla do 90—95°, co jest niezbędne do brykietowania. W porównaniu z piecem walcowym o prądzie przeciwnym piec Biétrixa przewyższa go pod względem mniejszego tworzenia się pyłu.

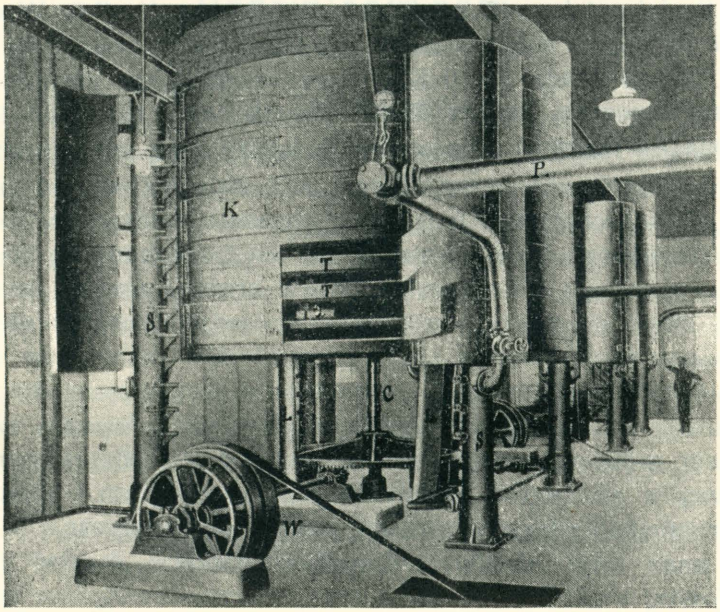
B. Suszarki parowe (przyrządy suszarniane).

Wspólna suszarkom parowym własność — dokładniejsze regulowanie temperatury, suszenia i zużycia ciepła — pozwala na bardziej ekonomiczne zużycie opału Wskutek tego suszarki parowe używane są wogóle w tych wypadkach, gdy zachodzi potrzeba wysuszenia materjału z bardzo znaczną zawartością wilgoci, np. węgla brunatnego, zwłaszcza zaś wówczas, gdy zetknięcie gazów paleniskowych z suszącym się materjałem może wywołać niepożądane zmiany w składzie chemicznym. Pary używa się zwykle wylotowej z maszyn parowych, przy znacznem zaś jej zużywaniu urządza się specjalną instalację kotłową. W razie zastosowania pary wylotowej używane są maszyny parowe o rozprężaniu prostem, gdyż w celu otrzymania dość wysokiej temperatury należy brać parę pod znacznem ciśnieniem do 3 atm., jakiego para wylotowa z maszyn Compound nigdy nie posiada. W suszarkach para kondensuje się całkowicie, w stosunku więc do maszyn parowych odgrywają one rolę chłodnic. Skondensowana woda nagrzana, posiadająca temperaturę niższą, niż węgiel wysuszony, służy do jego chłodzenia, przyczem sama ogrzewa się kosztem ciepła, traconego przez węgiel, i powraca do kotłów parowych. W ten sposób otrzymuje się cykl zamknięty obiegu energji cieplnej przy największem jej wykorzystaniu i najmniejszem zużyciu.

1. Parowe suszarki walcowe lub rurkowe (rys. 28, 29) składają się z walca *C*, obracającego się na osi pochyłej, z zespołem rurek *t*, umieszczonych wewnątrz niego w szeregi koncentryczne. W rurkach krąży para, suszący się zaś materjał przesuwa się w przestrzeni pomiędzy rurkami.

Do węgla brunatnego dla uniknięcia powstawania pyłu używane są suszarki rurkowe Zeitza, w których przez rurki przechodzi miał węglowy, para zaś wypełnia przestrzeń pomiędzy rurkami. Powietrze, tłoczone do suszarki w ilości potrzebnej zapomocą wentylatora *F*, ogrzewa się samodzielnym podgrzewaczem *P* (rys. 28) albo też ogrzewanie jego dokonywa się jednocześnie z węglem w przestrzeni

suszarnianej. Suszarki rurkowe Zeitza (Schultza), używane w brykietowniach węgla brunatnego w Niemczech, mają długość 7 m, średnicę 2,4—2,92, zawierają 343—366 rurek (całkowicie wypełniających przestrzeń wewnętrzną) przy $d = 90—95$. Kąt nachylenia 5—6°, liczba obrotów 4—6; maks. 8,5 Powierzchnia ogrzewania = 680—760 m², $K = 45$. Wydajność 60—70 t materjału suchego na 24 godziny przy wysuszeniu materjału z 50% wilgotności do 5%—8%. Zużycie pracy — 8 KM.



Rys. 30. Parowa suszarka talerzowa Zeitza.

2. Parowa suszarka talerzowa Zeitza (rys. 30) przedstawia skupienie, złożone z 20—32 okrągłych talerzy *T*, pustych wewnątrz, umocowanych jeden nad drugim w bliskiej odległości do 4 kolumn *S* i otoczonych płaszczem *K*. Każdy talerz przedstawia izolowaną komorę parową, która łączy się zapomocą dwóch rurek z podtrzymującemi je kolumnami pustemi *S*, połączonemi z wspólnym przewodem parowem *P*. Suszarka zajmuje całą rozporządzalną wysokość pomieszczenia. Otwór załadunkowy leja środkowego znajduje się w podłodze piętra górnego, mieszczącego zapasy węgla drobnego, gdzie węgiel nagrzewa się ciepłem, wydzielającem się przez promieniowanie. Przez środkowe otwory talerzy przechodzi wał pionowy *C* z krzyżakami, mającemi ukośne łopatki nad górną powierzchnią każdego talerza, i obraca się zapomocą napędu dolnego *W*. Materjał przesuwa się z jednego talerza na drugi, biegnąc na nich po linjach spiralnych kolejno od środka ku obwodowi i od obwodu ku środkowi. Z talerza dolnego

materjał wysuszony odprowadzany jest zapomocą spustów L do odpowiednich zbiorników pod podłogą. Suszarka talerzowa zajmuje znaczną przestrzeń w porównaniu z rurkową, lecz przewyższa ją mniejszem wytwarzaniem pyłu. Ma ona szerokie zastosowanie w brykietowniach węgla kamiennego. Liczba talerzy zmienia się w zależności od wilgotności materjału surowego. Dla węgla brunatnego używa się 20—32 talerzy. Dla węgla kamiennego wystarcza 8—12. Powierzchnia ogrzewania w pierwszych $F = 426—568$ m², w drugich — 142—213, przy $K = \sim 30$. Średnica talerzy 5 m. Liczba obrotów na 1′—3-6. Wydajność zależnie od stopnia wilgotności 35—74 t materjału surowego na 24 godziny. Zużycie pracy 3—10 KM. Regulowania biegu suszarki dokonywa się zapomocą zmiany liczby obrotów, kąta ukośności łopatek, włączania i wyłączania poszczególnych talerzy.

ROZDZIAŁ VI.

Oddzielanie pyłu.

(Staubbeseitigung; Пылеотделение).

§ 1. Zasady ogólne.

Szkodliwość pyłu. Wszystkim procesom suchym przeróbki towarzyszy powstawanie pyłu. Tak, przy kruszeniu, przesiewaniu, suchych metodach wzbogacania, suszeniu, ładowaniu i przeładowywaniu, zwłaszcza przy przeróbce kruchych ciał kopalnych (cienkowarstwowych skał łupkowych, azbestu, cementu, węgla kamiennego i in.) powstaje ogromna ilość pyłu wskutek mechanicznego działania roboczych części mechanizmów na kawałki ciała kopalnego oraz wskutek tarcia wzajemnego cząstek, poruszających się w bliskiem ze sobą zetknięciu. Powstały stąd pył, jako materjał w oddzielnych cząstkach swych prawie pozbawiony wagi, przy wszelkich wstrząsach, towarzyszących procesom przeróbki, przewożeniu i przeładowywaniu materjałów, wznosi się w powietrze, nasyca je i następnie osiada gęstą powłoką wewnątrz budynku na maszynach, belkach, ścianach, podłogach i sufitach; przez okna, drzwi i kominy wyciągowe suszarek przenosi się pył z zakładu przeróbczego nazewnątrz i osiada na dachach, budowlach, drzewach oraz powierzchni miejscowości otaczającej i przenika do wnętrza wszelkich pomieszczeń i domów.

Szkody, wyrządzone przez pył, są bardzo duże.

1. Osiadając na produktach przeróbki, pył zanieczyszcza je i nadaje im taki wygląd, którego następstwem bywa często uważanie produktów za wybrakowane przez odbiorców.

2. Zawierając znaczny odsetek użytecznej części ciała kopalnego, pył powoduje wielkie straty przy przeróbce. Tak, przy suchych metodach przeróbki rud złotych pył, zwłaszcza osiadający na górnych częściach budynku fabryki, bywa często bogatszy w złoto, aniżeli ruda surowa. Przy przeróbce węgla kamiennego i brunatnego straty w pyle dosięgają 5—10% i nawet 20%.

3. Osiadając na maszynach, pył niszczy je i powoduje szybkie zużywanie się, zwłaszcza jeżeli pył przenika do złączeń, łożysk czopów, podstaw i in. Szczególnie szkodliwy jest pył dla różnego rodzaju maszyn-silników precyzyjnych: maszyn parowych, silników elektr. i in.

4. Znajdując się w powietrzu, pył wywiera rozmaity wpływ pod

względem fizjologicznym na robotników, powodując porażenie narządów oddechowych, zapalenie oczu, błon śluzowych i t. p.

5. Przedostając się do powietrza zewnętrznego, pył zabija życie roślin i wyrządza niezliczone przykrości okolicznym mieszkańcom.

6. Wreszcie przy przeróbce kopalin palnych pył jest niebezpieczny ze względu na pożar. Skutkiem przedostania się iskier lub samozapalenia rozkładającego się węgla, zwłaszcza przy wysokiej temperaturze w suszarkach, pył węglowy łatwo zapala się w zbiorowiskach zleżałych, przyczem od wytworzonych ognisk miejscowych może powstać momentalne zapalenie się pyłu, zawieszonego w powietrzu, oraz wybuch ze wszystkiemi jego katastrofalnemi następstwami. Wybuchy takie niejednokrotnie zdarzały się w brykietowniach węgla kamiennego w Niemczech, przyczem w niektórych wypadkach następstwem wybuchu było zburzenie całego zakładu przeróbczego Pył mineralny, zawierający siarczki, rozkładające się w wilgotnem powietrzu, również może spowodować zapalenie się drewnianych części budynków. Pył mineralny, niezawierający siarczków, nie przedstawia pod tym względem niebezpieczeństwa, pył zaś azbestowy nawet przeciwdziała pożarowi. Na Uralu zaobserwowano wypadki pożarów w zakładach wzbogacalnych azbestu, podczas których płomień nie ogarniał drewnianych części budynku wskutek tego, że były pokryte szczelną powłoką pyłu azbestowego. Lecz taki sam rezultat może być osiągnięty również przez pomalowanie farbą azbestową, wobec tego korzyść, jaką daje w tym wypadku pył azbestowy, nie zrównoważy szkód i strat, przezeń wyrządzanych.

Wobec tak szkodliwego wpływu pyłu, podejmowane są we wszystkich wypadkach mniej lub więcej znacznego powstawania pyłu odpowiednie środki do walki z nim.

Środki zwalczania pyłu. Określenia. Walka z pyłem wogóle sprowadza się do dwóch środków:

1. Możliwego ograniczenia tworzenia się pyłu i
2. Oddzielania pyłu.

Ten ostatni środek posiada cechę określonego procesu przeróbki i wogóle składa się z 2 następujących po sobie stadjów: odpylania i uławiania pyłu.

a. Odpylanie jest to oddzielanie pyłu w źródłach bezpośredniego jego powstawania, jak również pyłu, leżącego spokojnie na kawałkach i ziarnach ciała kopalnego, częściach maszyn i budynków, to jest oddzielanie pyłu od wszelkich przedmiotów twardych. Ponieważ celem operacji oddzielania pyłu jest otrzymanie tych przedmiotów (w szczególności produktów przeróbki) w postaci czystej, bez domieszki pyłu, przeto nosi on nazwę odpylania (Entstaubung).

b. Uławianie pyłu jest to oddzielanie pyłu od powietrza, t. j. osadzanie go lub odpylanie powietrza. Ponieważ przy operacji oddzie-

lania pyłu otrzymuje się go w postaci skoncentrowanej, przeto operacja nosi nazwę uławiania pyłu.

Przy odpylaniu pył, oddzielany od pokrywanych przez niego przedmiotów, miesza się z powietrzem w określonej objętości. Przy uławianiu pyłu osadza się on z powietrza. Powietrze tedy okazuje się czynnikiem transportowym pomiędzy odpylaniem i uławianiem pyłu. Obydwie te czynności razem stanowią oddzielanie pyłu (Staubbeseitigung).

W poszczególnych wypadkach każda część składowa czynności ogólnej może być całkowicie samoistną. Np. w instalacjach niewielkich (laboratorjach) odpylanie może odbywać się bez uławiania pyłu. Uławianie pyłu może mieć miejsce bez odpylania, gdy celem oddzielenia pyłu jest tylko oczyszczenie powietrza w pomieszczeniach fabrycznych.

Do wskazanych dwóch środków zasadniczych walki z pyłem w wypadkach pyłu zapalnego przybywa trzeci:

3. Środki, zabezpieczające przed zapalaniem się pyłu i przed niebezpieczeństwem wybuchów.

§ 2. Ograniczenie powstawania pyłu.

Zabezpieczenie ciała kopalnego przed ścieraniem się. Pył powstaje wskutek ścierania się cząstek ciała kopalnego, dlatego przy przeróbce kruchych ciał kopalnych należy dążyć do jego zmniejszenia w granicach możliwości. Prowadzi to:

1. W procesach przesiewania — do możliwego zmniejszenia długości drogi przesuwania się materjału na sitach, t. j. do wyboru przesiewaczy z najprostszemi rodzajami wahań w płaszczyźnie podłużnej, umieszczania sit w rzeszotach skomplikowanych jedno nad drugiem, nie zaś w jednej płaszczyźnie jedno za drugiem, i do zmniejszenia liczby sortymentów albo klas (rozszerzenia skali klasyfikacyjnej).

2. W procesach rozdrabiania — do wyboru przyrządów, dających minimum pyłu: np. kruszarki Gates'a mogą być odpowiedniejsze, niż kruszarki Blake'a, te zaś odpowiedniejsze, niż Dodge'a: szczęki ich powinny być zaopatrzone w żeberka podłużne. Przy przeróbce rud walce do drobnego mielenia są dogodniejsze od młynów, przy przeróbce węgla rozłupywanie i działanie ścinające (kruszarek igłowych, walców uzębionych) ma pierwszeństwo przed zgniataniem (kruszarek Blake'a, walców gładkich), działanie udarowe (dezintegratorów i pulweryzatorów) jest lepsze od rozcierającego (młynów rurowych i kulowych) i t. p. Wreszcie ścisłe przestrzeganie zasady: „nie kruszyć nic zbytecznego" w danym razie ma znaczenie szczególnie ważne.

3. W suchych procesach wzbogacania należy unikać czynności takich, które powodują ścieranie, zatem wzbogacanie magnetyczne i elektrostatyczne (o ile może być ono zastosowane) jest dogodniejsze

od wszelkich innych sposobów, opartych na tarciu, ślizganiu, przesiewaniu i t. p.

4. W procesach prażenia — piece z mieszadłami mechanicznemi są mniej korzystne od pieców z mieszaniem odręcznem.

5. W procesach suszenia — suszarki walcowe i rurkowe, w których materjał przesuwa się samoczynnie, mają pierwszeństwo przed suszarkami talerzowemi, w których materjał toczy się pod wpływem skrobaczek mechanicznych.

6. Dla transportu dogodniej jest wybierać takie przyrządy, w których materjał jest przenoszony na mechanizmach ruchomych, np. taśmach transportowych, elewatorach czerpakowych, aniżeli takie, w których materjał posuwa się w rynnach pod wpływem mechanicznego popychania zapomocą części ruchomych np. rynny różańcowe (paternoster) i śruby bez końca. Przyrządy te, jak zabaczymy dalej, niekorzystne pod względem wytwarzania pyłu, są jednak dogodniejsze z innych powodów.

Zabezpieczenie pyłu od wstrząsów. Powstający pył należy zabezpieczać przed wstrząsami i rozprzestrzenianiem się w powietrzu. W tym celu należy unikać takich mechanizmów, które mają szybkie ruchy potrząsające, a mianowicie:

1. Przesiewanie sortymentów grubych winno być dokonywane na wahadłowych rzeszotach rusztowych. Przesiewacze płaskie powinny mieć minimalną ilość wahań i nie posiadać pionowej składowej ruchu. Sortymenty drobne dogodniej jest otrzymywać na przesiewaczach bębnowych, obracających się powoli, aniżeli na szybko wahających się przesiewaczach płaskich. Przesiewacze drgawkowe (wibratory) w danym wypadku są najmniej korzystne.

2. Przy rozdrabianiu należy unikać przyrządów z otwartą przestrzenią roboczą. Tłuczki i młyny chilijskie w tym wypadku są zupełnie niezdatne (do mielenia suchego).

3. Z pośród suchych operacyj wzbogacania najmniej dogodne są te, które opierają się na zasadzie rozdzielania podług wielkości.

4. Konwejory (przenośniki) potrząsalne w postaci rynien wahadłowych (system Zimmera) dla transportu materjału w żadnym razie nie mogą być używane.

Dalej należy możliwie zmniejszać pionową wysokość spadania przy ładowaniu, wyładowywaniu i przeładowywaniu materjału.

1. Ładowanie materjału suchego do wszelkiego rodzaju przyrządów powinno odbywać się zapomocą zasilaczy mechanicznych, pozwalających na dokonywanie równomiernego spuszczania materjału cienką warstwą z wysokości minimalnej.

2. Odległość między sitami w przesiewaczach złożonych nie powinna być większa od niezbędnej dla swobodnego przejścia materjału.

3. Odległość pomiędzy przyrządami kolejnemi przy przeładowywaniu bezpośredniem powinna być minimalna lub też przyrządy powinny być połączone rurami pochyłemi, ale nie pionowemi.

4. W przyrządach używanych przy suchych procesach wzbogacania, powinna być przeprowadzana ta sama zasada przy ich budowaniu.

5. Piece prażalne lepiej robić długie, jednopiętrowe, aniżeli krótkie, wielopiętrowe, w których materjał wielokrotnie spada z jednego poziomu na drugi.

6. Walcowe piece suszarniane, zaopatrzone w listwy wewnętrzne podłużne, są mniej dogodne, niż piece bez listew. W suszarkach rurkowych Schulza powstaje obfite wydzielanie się pyłu przy wyładowywaniu materjału z dużej ilości rurek, które, w swem położeniu najwyższem tworzą wysokość spadania ponad 3 m. Wyloty rurek często bywają zaopatrywane w specjalnego rodzaju osłony, które zmuszają rurki do opróżniania się jedynie w ich położeniu dolnem albo do specjalnych komór, gdzie miał nie ulega działaniu przewiewu podczas spadania. Wszystkie te urządzenia, naruszając prawidłowe wyładowywanie rurek, zwalniają i zatrzymują posuwanie się miału węglowego w rurkach i mogą spowodować jego przegrzanie oraz zapalenie się wewnątrz suszarki. Suszarki talerzowe Zeitza są pod tym względem bardziej doskonałe: chociaż materjał przechodzi w nich przez cały szereg talerzy, to jednak wysokość spadania pomiędzy dwoma sąsiedniemi talerzami nie jest wielka.

7. Wśród mechanizmów transportowych elewatory czerpakowe najmniej są dogodne, gdyż wysokość ich wyładowywania zawsze bywa dość znaczna. Szczególnie niezdatne są szybko poruszające się elewatory pionowe. Przy przenoszeniu materjału drogą skomplikowaną na kilku konwejorach potrząsalnych, umieszczonych względem siebie pod kątem, pył powstaje przy każdem przeładowywaniu z jednego konwejora na drugi. W tym wypadku przenośniki ślimacze wymagają minimum wysokości i dlatego, pomimo iż same przez się mogą stanowić nowe źródło powstawania pyłu, w brykietowniach węgla brunatnego są najbardziej rozpowszechnionemi przyrządami dla transportu w każdym kierunku, nie wyłączając wznoszącego się stromo, zamiast elewatorów czerpakowych.

8. Skrzynie odbiorcze winny być możliwie stale pełne, ażeby spadanie materjału nie odbywało się z dużej wysokości. Jeżeli zaś zbiorniki te często bywają puste, wówczas materjał nie powinien spadać do nich bezpośrednio, lecz należy spuszczać go łagodnie zapomocą rynien pochyłych i ślimaczych.

9. Jako zasadę ogólną, należy pamiętać, że wszystkie miejsca, w których może powstawać pył i skąd może on przenosić się w powietrze, powinny być przykryte osłonami żelaznemi lub drewnianemi.

§ 3. Odpylanie.

Sposoby odpylania. Osłonięcie przyrządów płaszczami i skrzynkami jedynie częściowo zapobiega rozprzestrzenianiu się pyłu w zakładzie przeróbczym. Pokrywy te muszą mieć otwory do przepuszczania i wypuszczania materjału. Ruch materjałów, oczywiście, może odbywać się w rurach zamkniętych, przylegających do płaszczów przyrządów, lecz zato nazewnątrz płaszczów muszą się znajdować bezwarunkowo koła napędowe, jakoteż w miarę możności łożyska wałów wymagających smarowania. Okoliczność ta między innemi stanowi drugą przewagę śrub bez końca w porównaniu z taśmami transportowemi, mającemi mnóstwo osi, wymagających smarowania. Śruby bez końca mogą być umieszczane w rurach zupełnie szczelnie zamkniętych, z wyjątkiem niewięcej niż dwu ich osi końcowych. Tymczasem szczelne przykrycie wszelkich innych przyrządów, przesiewaczy i kruszarek, nawet z wycięciami dla osi wałów napędowych, zamyka dostęp do przyrządów i uniemożliwia bezpośrednią obserwację ich działania i stanu. Wskutek tego w celu zupełnego uniemożliwienia przenikania pyłu z wewnętrznych części przyrządów w przestrzeń zewnętrzną albo łączą płaszcze, przykrywające przyrządy, zapomocą zespołu przewodów rurowych z ekshaustorem, wytwarzającym wewnątrz płaszczów rozrzedzenie, dzięki czemu powietrze zewnętrzne jest zasysane przez wszystkie pozostawione szczeliny i unosi powstający pył do rur, albo też nad przyrządem odkrytym umieszczany bywa ssący lej przewodu rurowego ekshaustora, przyczem powietrze, wpadając z otaczającej przyrząd przestrzeni do leja, zabiera z sobą wszystek tworzący się w niej pył (Innentstaubung). Ekshaustor wyrzuca powietrze, naładowane pyłem, do atmosfery zewnętrznej bezpośrednio lub najpierw wprowadza je do uławiaczy pyłu. Te ostatnie mogą być włączane przed ekshaustorem (ssące uławiacze pyłu) albo poza nim (tłoczące uławiacze pyłu). Odpylanie suszarek odbywa się mimochodem zapomocą przewiewu, wytwarzanego w nich dla procesu suszenia (Brazenentstaubung). Przewiew w suszarkach wytwarzany jest zapomocą kominów wyciągowych lub ekshaustorów. Jako ekshaustory stosowane są wentylatory obrotowe dowolnego typu, zazwyczaj szybkobieżne, zajmujące możliwie małą przestrzeń. Rzadziej stosuje się inżektory, zajmujące mniej miejsca i odznaczające się brakiem części poruszających się, które mimo to mniej są ekonomiczne w porównaniu z wentylatorami.

Różnorodność charakteru odpylania. Odpylanie zależnie od swego przeznaczenia może mieć charakter:

1. wzbogacania,
2. unieszkodliwiania, lub
3. jednoczesnego wzbogacania i unieszkodliwiania.

Charakteru wzbogacania nabiera odpylanie w tym wypadku,

gdy pył powstaje kosztem bardziej kruchej skały płonnej albo mniej wartościowej części użytecznego ciała kopalnego, np. przy przeróbce węgla twardego z cienkiemi przerostami łupku węglowego. W tym wypadku przez wytwarzanie silniejszego przewiewu można usunąć zapomocą ekshaustora wraz z pyłem również grubsze ziarna materjału do 1—2 i nawet 5 mm, i wówczas proces przy stosunkowo nieznacznej ilości pyłu właściwego otrzymuje charakter typowego wzbogacania powietrznego.

Taki sam charakter wzbogacania ma odpylanie w tym wypadku, gdy pył stanowi produkt bardziej czysty i wartościowy. Np. przy suchej przeróbce rud złotych pył wysysany zapomocą ekshaustora, może być wzbogacony w złoto. Przy przeróbce miękkiego węgla czystego pył węglowy może stanowić produkt czystszy od masy, złożonej z ziarn lub kawałków, i przy określonym sposobie zużytkowania może być uważany za ostateczny produkt wzbogacenia, zwłaszcza gdy wytwarza się w ilości bardzo znacznej. W wypadkach powyższych odpylanie powinno być zakończone uławianiem pyłu.

W większości jednak wypadków odpylanie ma wyłącznie lub głównie cechę unieszkodliwienia pyłu. To ostatnie bywa przedsiębrane wówczas, gdy ilość i jakość otrzymywanego pyłu nie posiada poważnego wpływu na stopień wzbogacenia produktów zasadniczych lub na ogólną ilość strat użytecznego ciała kopalnego (w odpadach, szlamie i in.), lecz w sposób widoczny wyrządza szkodę ludziom i maszynom. Takiemu odpylaniu następnie może towarzyszyć lub nie uławianie pyłu. Cechę typowo unieszkodliwiającą ma odpylanie w brykietowniach węgla kamiennego lub brunatnego, gdzie oprócz pyłu węglowego unosi się w powietrzu bardzo zjadliwy, żrący oczy pył paku węglowego (substancja wiążąca, używana do brykietowania węgla kamiennego, pozostałość przy dystylacji smoły węglowej), oraz gdzie powstawanie ogromnej ilości pyłu związane jest niekiedy z bardzo intensywnym procesem suszenia i ogólnym suchym przebiegiem wszystkich operacyj przy temperaturze podniesionej. W celu zabezpieczenia interesów mieszkańców okolicznych odpylaniu w brykietowni zawsze towarzyszy uławianie pyłu. Uławianie jednak pyłu daje możność zużytkowania go dla jakiejkolwiekbądź potrzeby, o ile stosownie do swych zalet stanowi on materjał zadowalający. Takie zużytkowanie, rzecz prosta, nabiera bardzo ważnego znaczenia ekonomicznego przy znacznych ilościach pyłu, jako środek do zmniejszenia strat.

§ 4. Uławianie pyłu. (Osadzanie pyłu).

Sposoby uławiania pyłu i wypadki ich zastosowania. Sposoby osadzania z powietrza pyłu, usuwanego zapomocą przewiewu naturalnego lub sztucznego, mogą być mokre lub suche. Zastosowanie tych lub tamtych uwarunkowane jest dalszemi sposobami zużyt-

kowania materjału osadzonego. Jeżeli materjał osadzony zużytkowuje się lub może być zużytkowany w postaci szlamu, wówczas stosowane są sposoby mokre, w razie przeciwnym — suche. Naprzykład:

1. Pył, powstający w pierwszych stadjach kruszenia rud złotych przy stosowaniu procesów mokrych (hydrometalurgicznych) wydobywania złota, w szczególności procesu iłowego bywa osadzany sposobem mokrym i dołączany w postaci szlamu do materjału, idącego do przeróbki mokrej.

2. O ile przy przeróbce jakichkolwiekbądź użytecznych ciał kopalnych otrzymuje się pył jako odpady, wówczas w celu skierowania go na zwały przez samościekanie należy zamienić go w szlam zapomocą osadzania mokrego.

3. Jeżeli przy przeróbce węgla kamiennego stosowane są w stadjach pierwszych procesy suche, w późniejszych zaś mokre, przyczem ilość wytwarzanego szlamu nie jest zbyt wielka lub też szlam wskutek swych właściwości nie sprawia znacznych trudnościl w osadzaniu, dalszej przeróbce i zużytkowaniu (np. spalaniu w paleniskach kotłów parowych w postaci odwodnionego iłu), wówczas pył, powstający w pierwszych suchych stadjach przeróbki, jest osadzany sposobem mokrym i szlam dołącza się do analogicznego produktu, otrzymywanego w następnych stadjach mokrych przeróbki.

4. Przy odpylaniu suszarek powietrze, wyciągane zapomocą komina lub ekshaustora, może być nasycone parami ulatniającej się podczas suszenia wilgoci, które w bardziej chłodnych strefach kanałów wyciągowych łatwo zgęszczają się, wskutek czego pył zwilżany jest sposobem naturalnym. W tym wypadku suche sposoby osadzania pyłu mogą być niedogodne wskutek szkodliwego wpływu, wywieranego przez pył wilgotny na ułatwiające go urządzenia, najbardziej zaś celowe będą sposoby mokre osadzania pyłu, jako uzupełnienie zwilżania naturalnego, i to niezależnie od dalszych sposobów zużytkowania lub raczej podporządkowując sposoby zużytkowania produktu do jego postaci ostatecznej.

Natomiast metody suche osadzania pyłu powinny być stosowane w następujących wypadkach:

1. Gdy cały proces przeróbki składa się wyłącznie z operacyj suchych.

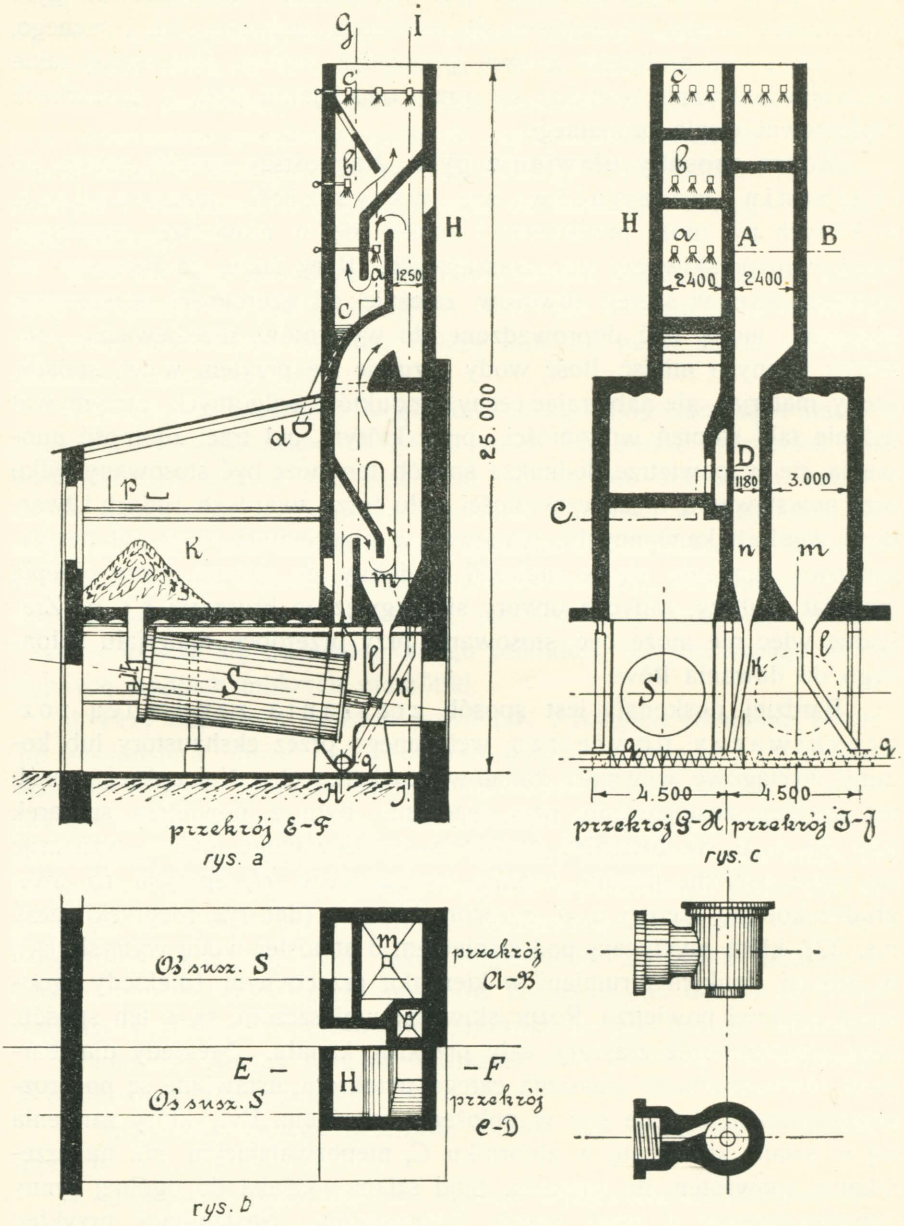
2. Gdy celem przeróbki jest zupełne wyłączenie lub możliwe ograniczenie powstawania szlamu.

3. Gdy pył znajduje korzystne zastosowanie w postaci suchej, np. jeżeli przy przeróbce węgla kamiennego pył uławiany służy do spalania w dyszach własnych kotłów parowych lub jeżeli dołączany jest do miału, idącego do zbrykietowania i t. p.. W tym ostatnim wypadku, o ile pył otrzymywany jest z kanałów wyciągowych suszarek, wówczas jego osadzanie powinno odbywać się przy temperaturze takiej, przy której zgęszczenie pary jeszcze nie nastąpiło.

W pewnych wypadkach dla możliwie całkowitego osadzenia pyłu z powietrza ucieka się zarówno do osadzania mokrego, jak i suchego, przyczem suche osadzanie zawsze poprzedza mokre. Najczęściej takie podwójne osadzanie spotyka się przy oddzielaniu pyłu w suszarkach brykietowni węgla brunatnego.

Mokre sposoby uławiania pyłu. Najprostszy sposób polega na zraszaniu materjałów we wszystkich przyrządach, w których pył może powstawać i unosić się w powietrze, zapomocą wody z rozpryskiwaczy rur zraszających. Rury takie, zaopatrzone na długości swej w szereg otworów zależnie od szerokości płaszczyzny zraszanej, mogą być doprowadzone do wywrotów, przesiewaczy, kruszarek i innych miejsc. Ilość wody reguluje się przytem w ten sposób, ażeby materjał, nie nabierając cechy produktów wilgotnych, otrzymywał jedynie taki stopień wilgotności, przy którym pył traci zdolność unoszenia się w powietrze. Jednakże sposób ten może być stosowany tylko przy powstawaniu nieznacznej ilości pyłu (przy twardych rudach i twardych węglach kamiennych), ponieważ w przeciwnym razie pył bezwarunkowo zamienia się w materjał podobny do szlamu, który oblepia materjał grubszy, zapycha otwory sit, zagważdża kruszarki i t. p. Zraszanie więc nie może być stosowane przy przeróbce materjału skłonnego do dawania iłów.

Bardziej doskonały jest sposób zraszania zapomocą rozpryskiwaczy powietrza, wciąganego przez ekshaustory lub kominy wyciągowe wewnątrz kanałów powietrznych. Najczęściej sposób ten znajduje zastosowanie przy osadzaniu pyłu z powietrza suszarek (rys. 31, a. b. c.). Strumień powietrza, naładowanego pyłem, wznosząc się przez poziome kanały komina wyciągowego *H*, spotyka na swej drodze kolejno szeregi *a*, *b*, *c*, rozpryskiwaczy (det. rys. rozpryskiwaczy rys. 32), które wyrzucają pod ciśnieniem 3 atmosfer wodę wytryskującą w postaci cienkich strumieni w kierunku przeciwnym (niekiedy zgodnym) prądowi powietrza. Rozpryskiwacze umieszczone są w ten sposób, żeby równomiernie zraszały cały przekrój kanału. Niekiedy dla bardziej równomiernego zraszania całego przekroju, ustawiane są pod rozpryskiwaczami drobne sita w położeniu ukośnem. Pył, który zamienia się w szlam, zbiera się w zbiorniku *C*, niepozwalającym mu na przenikanie zpowrotem do suszarki. Stąd szlam wycieka do ogólnej rynny odprowadzającej *d* przez zawór hydrauliczny. Następujący przykład może dać pojęcie o ilości zużywanej wody. W kopalni Wilhelm Ernst & Sohn w każdym kominie wyciągowym ustawionych jest 8 rozpryskiwaczy. Każdy rozpryskiwacz przy ciśnieniu 3 atmosfer zużytkowuje w ciągu 24 godzin 12 m^3 wody czyli całkowite zużycie na 1 przyrząd wynosi 96 m^3 w ciągu 24 godzin, a więc 4 m^3 na godzinę. Przytem ilość ułowionego pyłu na dobę wynosi 12 t z zawartością 55% wil-



Rys. 31 a, b, c. Rys. 32.

Odpylanie suszarki rurkowej Schultza w brykietowni węgla brunatnego. *S* — Suszarki Schultza. *K* — Pomieszczenie do przechowywania węgla surowego. *p* — Pomost do ładowania węgla. *q* — Śruba bez końca dla usuwania węgla suchego do pras. *H* — Komin wyciągowy. — *a-b* — Szeregi natrysków (rys. 32). *C* — Zbiornik na szlam. *d* — Rynna odprowadzająca. *m* i *n* — Komory odbiorcze dla pyłu suchego. *l, k* — Rury, doprowadzające suchy pył do śruby *q*. Przekrój komina *H* dla jednego pieca normalnych wymiarów — 2.400 × 3 500. Przekrój najwęższej części kanału — 850 × 2.400. Wysokość komina 25.000.

goci, co stanowi prawie 10% wydajności suszarki i 1,970 t na 1 m^2 powierzchni ogrzewania w ciągu roku.

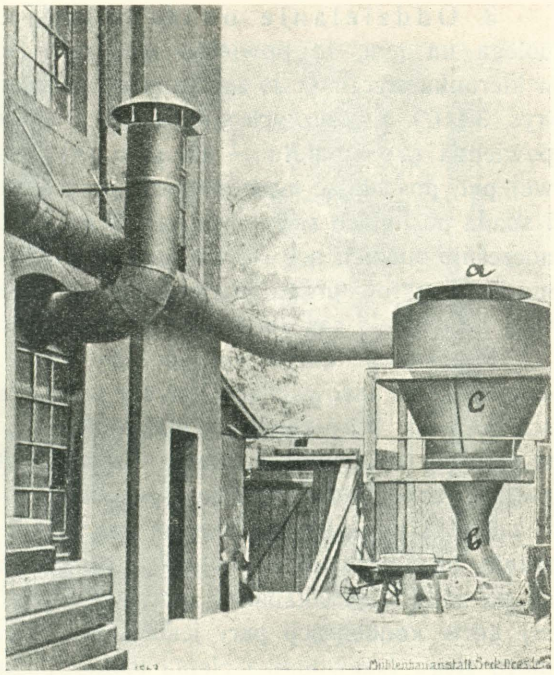
Suche sposoby uławiania pyłu opierają się na:

1. Działaniu ciężaru przy zmianie przekroju poprzecznego przewodów (klasyfikacja powietrzna). Sposób komór pyłowych.

2. Działaniu siły bezwładności przy nagłej zmianie kierunku prądu powietrza.

3. Działaniu siły odśrodkowej przy nadawaniu prądowi ruchu wirowego w cyklonach.

4. Filtrowaniu przez środowisko, przepuszczające powietrze i nieprzepuszczające pyłu.



Rys. 33.

1. Sposób komór pyłowych używany jest bardzo często przy odpylaniu zarówno całego zespołu przyrządów suchych, jak i suszarek. Ekshaustor pędzi powietrze do dużych komór, gdzie wskutek raptownego powiększenia przekroju poprzecznego prędkość prądu staje się ledwie dostrzegalna i cząsteczki pyłu pod wpływem własnego ciężaru osiadają na dno komory, mającej wygląd koryta lub leja, skąd usuwane są zapomocą śruby bez końca albo zapomocą rury. Na rys. 31 pokazane jest włączenie komory *m* o przekroju 3.500 × 3.000 do systemu kanałów wyciągowych suszarek. Stosownie do życzenia pył może być usuwany z komór pyłowych w postaci szlamu, jeżeli do ich wnętrza zostaną wprowadzone rury zraszające, zmywające.

2. Sposób, polegający na zmianie kierunku prądu, stosowany jest często w połączeniu z komorą pyłową. Ta ostatnia otrzymuje szereg pionowych przegródek, naprzemian niedochodzących do sufitu i dna, przyczem na zakrętach dolnych pył pod wpływem siły bezwładności, kontynuując ruch schodzący, oddziela się od prądu ogólnego i wpada do rynny zbiorczej. W zastosowaniu do suszarek sposób ten przeprowadza się następująco: kanałom, idącym do góry, a znajdującym się

w kominie wyciągowym, nadaje się zakręty strome pod kątem ostrym 30°—40°. Wskutek tego cząsteczki pyłu uderzają w górną ściankę pochyłą i, wychodząc ze strefy największej prędkości, ześlizgują się po ściankach kanałów do dolnych lejów odbiorczych, znajdujących się w rozszerzonych odcinkach zakrętów kanału ogólnego. Na rys. 31 takie zakręty strome tworzy kanał trzykrotnie w punktach *m*, *a* i *b*, przyczem na zakręcie pierwszym i drugim wydzielany pył zbiera się w lejach *m* i *n*, a na trzecim — w zbiorniku szlamowym *C*.

3. Oddzielanie odśrodkowe czyli sposób cyklonów polega na tem, że powietrze wpędzane jest zapomocą wentylatorów w kierunku stycznym do zamkniętego naczynia lejkowatego — cyklonu (rys. 33, *C*), o znacznych wymiarach, z wylotem środkowym u góry dla powietrza (*a*) i u dołu — dla pyłu (*b*). Pod wpływem siły odśrodkowej pył, posiadając masę większą, przyciskany jest do ścianek naczynia i spada po linjach spiralnych na dół do otworu wyładunkowego, a jednocześnie oddzielający się od ścianek pył wskutek znacznego rozszerzenia się przekroju prądu powietrznego nie może się już wznieść w powietrze. To ostatnie zaś swobodnie wychodzi przez górny otwór środkowy.

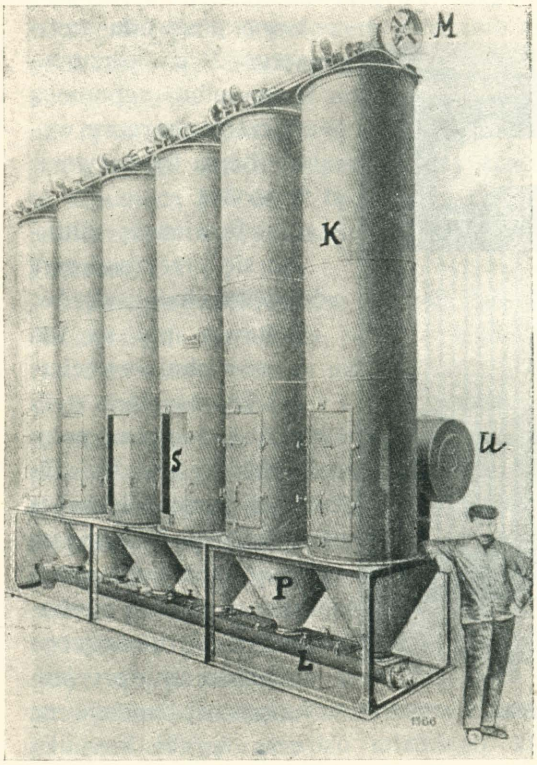
Rozpatrzone dotychczas sposoby suche uławiania pyłu zazwyczaj działają dość zadowalająco jedynie przy stosunkowo nieznacznych ilościach pyłu. Przy bardzo jednak obfitem powstawaniu pyłu wszystkie te sposoby są niewystarczające dla całkowitego osadzenia pyłu, to też zwykle uzupełniane bywają sposobami mokremi (węgiel brunatny). Urządzenia te oddzielają jedynie najgrubsze frakcje pyłu, w celu otrzymania maximum pyłu suchego i osiągnięcia minimum strat włączane są do najbliższych kanałów, przylegających do suszarek (patrz rys. 31, m), gdzie kondensacji pary jeszcze nie bywa; izolowane zaś są zapomocą złego przewodnika ciepła (cyklon) i niekiedy nagrzewane. Uzupełniające osadzanie mokre ma za cel główny unieszkodliwienie produkcji.

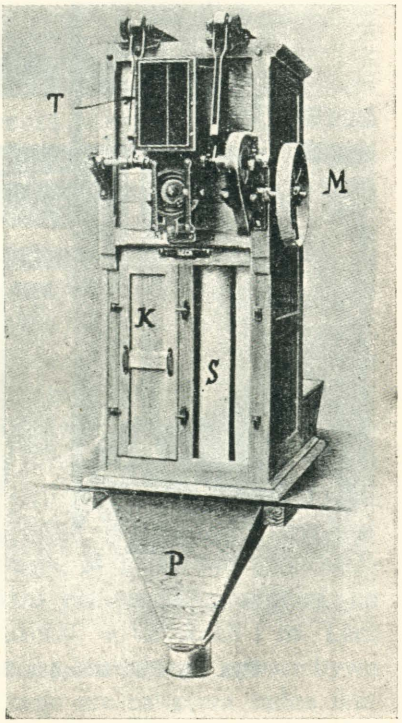
Podział pyłu pomiędzy mokre i suche przyrządy uławiające, oczywiście, może być bardzo różny zależnie od urządzeń tych przyrządów oraz wytkniętego celu. Następujący przykład da nam pewne pojęcie pod tym względem.

W kopalni Berggeist w Badorf w okręgu Kolońskim, suszarnia składa się z 8 małych aparatów Schultza o powierzchni ogrzewania 350 m² każdy i wydajności 23,5 tonn materjału suchego na 24 godziny. Do odpylania służą 4 cyklony po jednym na każde 2 aparaty. Z jednego cyklonu w ciągu 24 godzin otrzymywano 1,25 tonn pyłu suchego o zawartości 20% wilgoci, przyczem wydobywano ponadto z komina wyciągowego suchą drogą jeszcze 0,01 t pyłu z zawartością 40% wilgoci. Wogóle otrzymano 3% ogólnej ilości materjału suchego czyli 0,535 t na 1 m² powierzchni ogrzewania na rok. Przy zastosowaniu dodatkowego osadzania mokrego otrzymano z jednego cyklonu, obsłu-

gującego 4 przyrządy, 3 tonny pyłu suchego (20% wilgoci) i 12 tonn wilgotnego szlamu z zawartością 55% wilgoci, co odpowiada 6% produkcji materjału suchego i 2,46 t na 1 m^2 powierzchni ogrzewania.

Opisane sposoby suche, jak z powyższego przykładu widać, niewystarczająco spełniają rolę możliwego ograniczania strat dla wyrobu brykietów: wyławiają one tylko 20% i niewięcej jak 33% ogólnej ilości pyłu w stanie suchym, zdatnym do dalszej produkcji. Stąd zrozu-



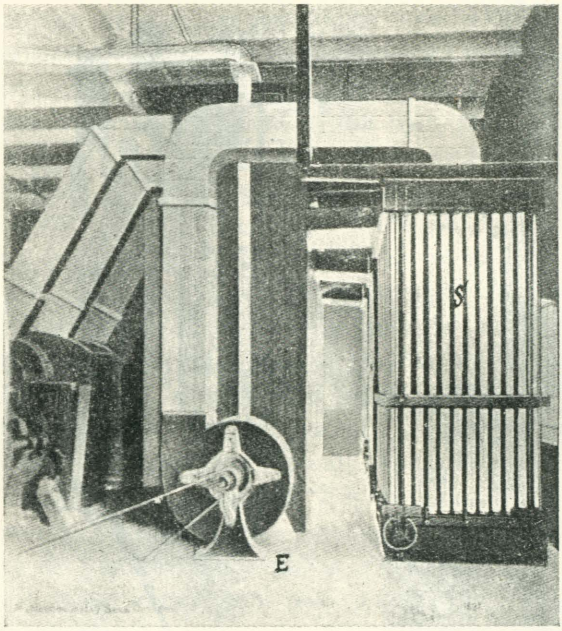


Rys. 34—35. Filtr ssący Betha.

miałe są bezustanne dążenia do wynalezienia doskonalszych metod uławiania pyłu suchego. I jak się zdaje, osiągnięto cel przez zastosowanie sposobów, opartych na filtrowaniu powietrza.

4. Sposób filtracji w swej postaci początkowej był zastosowany przy odpylaniu suszarek systemu Szultza zapomocą prądu wstecznego powietrza w kierunku przeciwnym ruchowi materjału, przyczem powietrze, filtrując się przez masę miału węglowego, uwalniało się od pyłu, osiadającego na węglu. Przy stosunkowo pomyślnych pod względem odpylania powietrza warunkach sposób ten ma jednak poważne braki, tak ze względu na pożar, jak i wskutek spadku wydajności, to też rozpowszechnienia nie osiągnął.

5. Typową i najdoskonalszą postać osiąga filtracja w filtrach pyłowych systemu Betha. Rozróżnia się filtry ssące lub zamknięte i tłoczące lub otwarte. Istotną część przyrządu stanowi zespół wężów zrobionych z tkaniny filtrującej, otwartych z jednego końca, których odgałęzienia przytykają do skrzyni, doprowadzającej powietrze, z przeciwnego zaś końca umocowanych na ślepo. Przez powyższe węże przedmuchiwane jest powietrze albo zapomocą ssania i w tym wypadku węże są otoczone płaszczem *K* (rys. 34, 35), połączonym za pośrednictwem przewodu rurowego *T* z ekshaustorem, albo zapomocą tłoczenia, przyczem węże mogą być otwarte (rys. 36).



Rys. 36. Filtr tłoczący Secka.

Powietrze, filtrując się przez walcową powierzchnię wężów, zostawia pył na ich powierzchni wewnętrznej. Dla usunięcia pyłu przy pionowem położeniu wężów (w filtrach Betha i Secka) te ostatnie poddawane są perjodycznym wstrząsom zapomocą mechanizmu *M*, działającego automatycznie przy jednoczesnej zmianie na czas krótki kierunku dmuchania. Pył zbiera się w dolnej ostrosłupowej części skrzynki *P*, skąd usuwany jest zapomocą śruby bez końca *L*.

Filtry Betha zazwyczaj pracują zapomocą ssania. Zespół wężów w liczbie 6—8 — jest umocowany u góry do tarczy *D* (rys. 37) i umieszczony w płaszczu walcowym. Kilka takich walców tworzy komplet z wspólną skrzynką doprowadzającą *P* u dołu i wspólną rurą odprowadzającą *T* u góry (rys. 34 i 37). Tarcze, do których przymocowane są węże, wiszą na środkowych prętach *q*, wychodzących nazewnątrz przez panewkę w górnej pokrywie walców, gdzie łączą się z częściami przyrządu potrząsającego *m* (rys. 38). Każdy agregat opróżniany jest z pyłu co 5—10 minut, przyczem zmiany kierunku dmuchania dokonywane są zapomocą przestawienia zaworu w rurze odprowadzającej za pośrednictwem przytoczonego wyżej mechanizmu w ten sposób, że przez odłączenie walca od rury odprowadzającej u góry powstaje połączenie

z powietrzem wewnętrznem, które, dostając się przez węże do wnętrza przyrządu zostaje wessane przez przyległe agregaty.

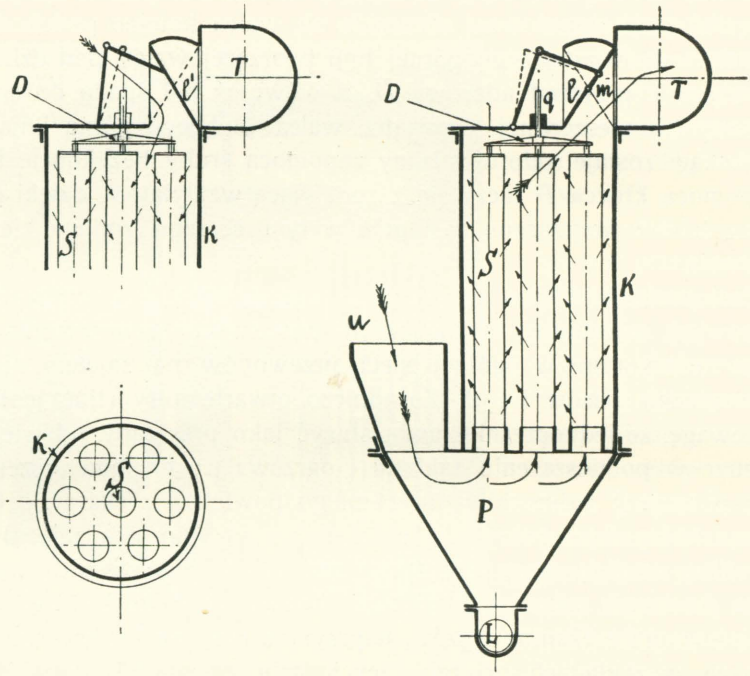
Wśród przyrządów otwartych cieszy się popularnością amerykański uławiacz pyłu Perfection (rys. 39). Węże *S*, rozszerzające się zlekka ku zamkniętemu końcowi, umieszczone są szeregami radjalnemi na linjach tworzących (stopniowo) obracającego się walca poziomego *C*, stanowiącego skrzynkę, doprowadzającą powietrze, połączoną jednem z den bocznych z rurą tłoczącą *T* wentylatora (rys. 39). Szeregi odgałęzień przy stopniowem obracaniu się walca kolejno podchodzą do położenia, odpowiadającego górnej linji tworzącej walca, pod działający automatycznie przyrząd udarowy *D*, a wówczas pył spada do specjalnej rynny *t*, umieszczonej wewnątrz walca pod jego górną linją tworzącą, skąd zostaje odprowadzany zapomocą śruby bez końca. Rynna ta zapomocą króćca *P* łączy się z rurą ssącą wentylatora, dzięki czemu jednocześnie z wstrząsem następuje w tym szeregu zmiana kierunku dmuchania.

Zastosowanie filtrów ssących lub tłoczących zależy wyłącznie od miejscowych warunków, to znaczy od dogodności rozmieszczenia przyrządów wentylatora w ogólnej sieci przewodów na zajętem miejscu, doprowadzenia pasów i t. d. Zasadniczo otwarte filtry (tłoczące) mają tę przewagę, że jednocześnie mogą służyć jako przyrządy, odświeżające powietrze w pomieszczeniu zakładu i ogrzewające to pomieszczenie zimową porą przy wdmuchiwaniu ciepłego powietrza z suszarek (latem przyrząd może być pokryty płaszczem z rurą odprowadzającą). Jednakże filtry otwarte mogą być stosowane tylko wówczas, gdy pył stosownie do swych własności jest tego rodzaju, że może być całkowicie zatrzymany przez tkaninę wężów, naprzykład przy suchej przeróbce rud żelaznych, w zakładach przerabiających azbest, w tartakach i in. Lecz przy przeróbce węgla kamiennego, a zwłaszcza brunatnego, zawsze bywa pewna ilość pyłu bardzo miałkiego, którego nie zatrzyma żadna tkanina, wskutek czego filtry otwarte w takich razach nie mogą być umieszczane wewnątrz zakładu. Prócz tego nie są one bezpieczne ze względu na pożar. W razie zapalenia się pyłu w filtrach zamkniętych albo wybuchu wewnątrz sieci przewodów powietrznych pożar i wybuch może ograniczyć się do wewnętrznej tylko części systemu, o ile są odpowiednie przyrządy zabezpieczające, gdy tymczasem przy zastosowaniu filtrów otwartych istnieje bezpośrednie połączenie przestrzeni wewnętrznej z zewnętrzną. Wskutek tego w brykietowniach węgla kamiennego i brunatnego używane są zawsze zamknięte filtry ssące systemu Betha.

Filtry Betha dzięki doskonałości swego działania zupełnie wykluczają konieczność zwilżania pyłu zapomocą rozpryskiwaczy i uławiają w stanie suchym maximum materjału, traconego w postaci pyłu. Stąd wynika ich bardzo ważne znaczenie ekonomiczne w wypadku, gdy wszystek pył w nich ześrodkowany, może być znowu użyty do pro-

dukcji, naprzykład w brykietowniach, gdzie ogólna ilość wytwarzanego pyłu może być bardzo wielka.

Zazwyczaj dla dwóch suszarek urządzany jest filtr, złożony z 6-ciu zespołów po 7 wężów w każdem. Średnica odgałęzień — 250—150 mm. Długość (wysokość) walców do 3 m. Zużycie pracy — 0,1 KM. Ilość ułowionego pyłu w niemieckich brykietowniach węgla brunatnego stanowi około 1,8 t w ciągu 24 godzin na 1 suszarkę o 668 m² powierzchni



Rys. 37. Filtr Betha.

ogrzewania, co odpowiada 2,7 t na 1 m² na rok i 5% pyłu zawierającego 15% wilgoci, przy wydajności suszarek 50 tonn materjału suchego na dobę.

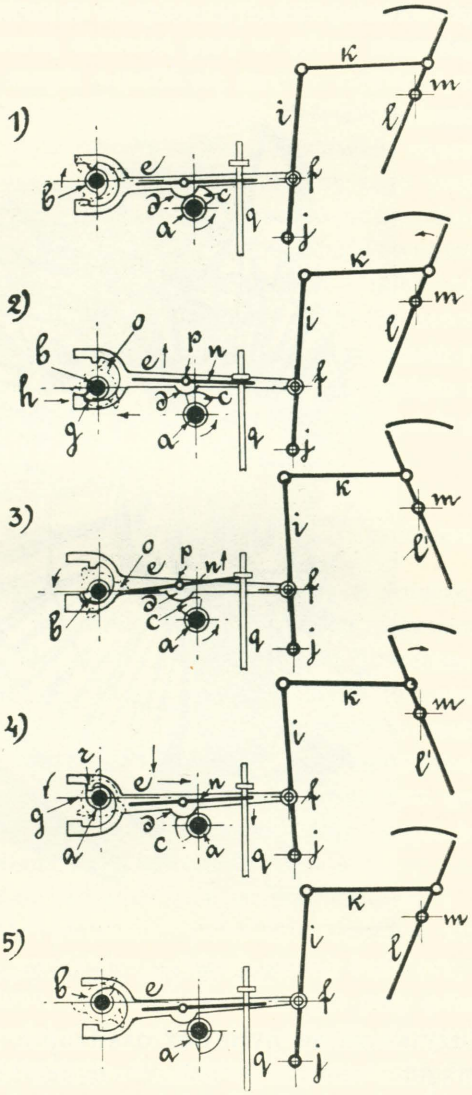
Przy stosowaniu filtrów tych do suszarek należy mieć na uwadze, że wskutek kondensacji pary zwilżenie pyłu może dojść do takiego stopnia, iż zacznie on zatykać pory tkaniny, wskutek czego przy wstrząsaniu węże nie będą uwalniały się w stopniu dostatecznym od zawartego w nich pyłu. Skutkiem tego może nastąpić zmniejszenie się ilości powietrza, wsysanego przez wentylator, pogorszenie suszenia i przebiegu brykietowania. Z tego powodu filtry powinny być ustawione w odległości możliwie bliskiej od suszarek w miejscu izolowanem, gdzie powietrze jest jeszcze na tyle gorące, że nie może zachodzić kondensacja pary. Z drugiej strony dla trwałości tkaniny nie jest rzeczą obojętną, czy przechodzi przez nią powietrze suche, czy też nasycone parą, jakoteż

zmiany temperatury nie są obojętne, a zasadniczym warunkiem powodzenia działania filtrów jest, oczywiście, dobry stan tkaniny. Wahania wilgotności i temperatury powietrza powstają wskutek nierównomiernego przebiegu suszenia, zwłaszcza przy nierównomiernem zasilaniu suszarek,

Do rys. 38.

Przy obracaniu wałka *a* — kułak *c* zahacza występ *d* widełek *e* i przesuwa je dookoła środka *f* w położenie 2. Wskutek tego kułak *g* wałka *b* zahacza występ *h* na dolnej odnodze widełek *e* i przesuwa je w lewo w położenie 3. Wskutek tego dźwignia *i* obraca się dookoła środka *j* i ciągnie za sobą za pośrednictwem dźwigni *K* zawór *l*, który obraca się dookoła środka *m* i ustawia go w położenie *l'*. Następuje zmiana dmuchania. Jednocześnie wraz z widełkami *e* przesuwa się umocowana obok dźwignia *n*, która zbliża się lewem kolanem do wałka *b* i sczepia się z kułakiem *o*. Przesuwając się dookoła środka *p*, dźwignia *n* powoduje podniesienie się pręta *q*, do którego przymocowane są odgałęzienia, i wywołuje wstrząs.

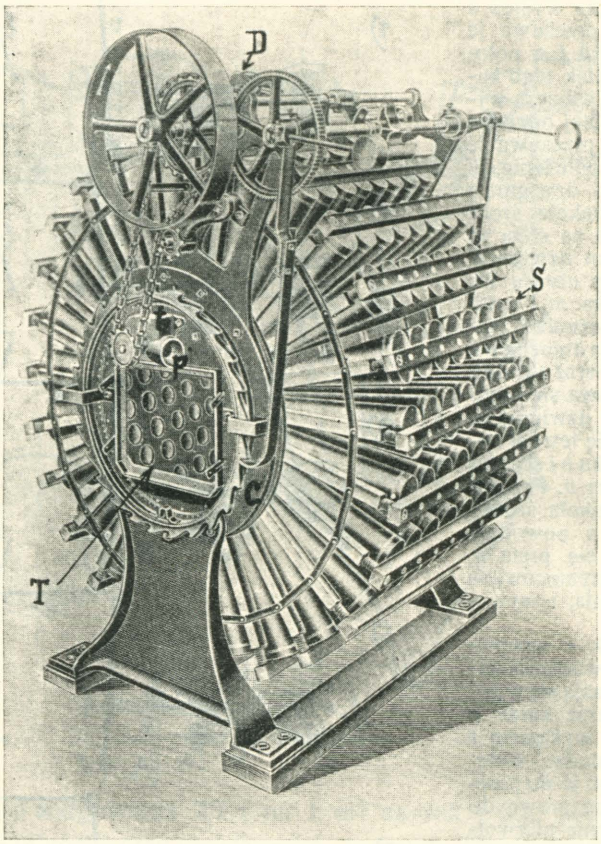
Gdy kułak *c* spadnie z występu *d*, wówczas widełki *e* opuszczają się w położenie 4 i teraz kułak *g* sczepia się z występem *r* na górnej odnodze widełek, zmuszając je do przesunięcia się na prawo do swego położenia pierwotnego 5. Wskutek tego zawór *l* powraca na swe miejsce i dźwignia *n* odczepia się od *o*. Wstrząsy odgałęzień ustają i dmuchanie otrzymuje swój kierunek pierwotny.



Rys. 38. Schemat mechanizmu filtru Betha.

przy przerwach, naładowywaniu i przeładowywaniu. Tak, wszelka przerwa w ładowaniu pociąga za sobą zmniejszenie ilości pary i wzrost temperatury. Stąd wynika konieczność ciągłego dozoru nad filtrami i wyłączania ich z łańcucha, jak tylko temperatura wychodzi poza pewne granice w jedną lub drugą stronę. Firma Beth urządza dla tego celu specjalny przyrząd elektryczny, wprowadzany w ruch zapomocą

termometru kontaktowego, który przy pewnych temperaturach automatycznie wyłącza i znów włącza filtry do ogólnego łańcucha, przy temperaturach niskich ($< 50^0$) w celu uniknięcia zgęszczania się pary wewnątrz filtru, przy temperaturach zaś wysokich ($> 100^0$) w celu zabezpieczenia tkaniny przed niszczącem działaniem przegrzanego powietrza suchego.



Rys. 39 Filtr pyłowy Perfection·

Zużytkowanie pyłu bez osadzania z powietrza. Na zakończenie paragrafu niniejszego należy wspomnieć o pewnym sposobie zużytkowania pyłu węgla kamiennego bez osadzania go z powietrza, ssanego przez wentylator w procesie odpylania. Sposób ten można uważać jako uławianie pyłu w miejscu bezpośredniego jego zużytkowania. Jest to zastosowanie powietrza, naładowanego pyłem, w procesie spalania węgla grubego w paleniskach kotłów parowych zapomocą wdmuchiwania go przez dysze za pośrednictwem tego samego wentylatora, który służy do odpylania (sposób Haase'go). Do tego potrzebne są:

1. Bezustanne tworzenie się pyłu w jakiemkolwiek miejscu pro-

cesu przeróbki, wskutek czego sposób ten najdogodniej jest stosować przy odpylaniu suszarek, które ustawicznie pył wytwarzają.

2. Usunięcie możliwości zapalenia się mieszaniny wewnątrz przewodu rurowego. Osiąga się to w ten sposób, że do dyszy, wdmuchiwającej do paleniska powietrze, zawierające pył, jednocześnie wprowadzany jest przez specjalną rurkę strumień pary w takim stosunku, żeby wychodząca mieszanina nie mogła zapalić się zaraz u wylotu dyszy, ale dopiero w bardziej gorących częściach paleniska. Przytem jednakże należy uważać, żeby w przewodzie rurowym nie powstawało zgęszczanie pary i osadzanie się wilgotnego pyłu, gdyż wynikiem tego może być zatkanie dysz, utworzenie się zbiorowisk miejscowych w przewodzie rurowym, przegrzanie i zapalenie się połączone z wybuchem wewnątrz przewodów rurowych. Doświadczenia Haase'go w Meiselvitz (1908) wykazały całkowitą możliwość przy zachowaniu pewnych środków ostrożności zupełnie bezpiecznego urządzania w paleniskach wdmuchiwania powietrza, otrzymanego przy odpylaniu suszarek, przy tem osiągnięto 13,7% oszczędności w zużyciu opału oraz bezdymne palenie wskutek prawie całkowitego spalania się opału na CO_2.

§ 5. Środki przeciw zapalaniu się pyłu i wybuchom.

Środki przeciw zapalaniu się pyłu i wybuchom dotyczą, rzecz naturalna, głównie wypadków przeróbki kopalin palnych, przyczem największego znaczenia nabierają te środki przy przeróbce, suszeniu i brykietowaniu węgla brunatnego, wskutek bardzo znacznego tworzenia się przy jego przeróbce pyłu w związku z bardzo intensywnem suszeniem węgla, mającego w stanie surowym 60% wilgoci. Tym sposobem duże niebezpieczeństwo ze względu na pożar przy węglu brunatnym uwarunkowane jest nietyle jakościowemi osobliwościami pyłu węgla brunatnego, ile ilościwemi warunkami jego tworzenia się.

Wszystkie wybuchy, jakie zdarzały się w brykietowniach węgla brunatnego, miały jako źródło pierwotne powstanie ogniska miejscowego wskutek zapalenia się, wynikłego z jakiejkolwiek bądź przyczyny, zbiorowiska pyłu. Jak wiadomo, pył węgla kamiennego przy procesach rozkładu, zwłaszcza w obecności siarczków, może zapalić się sam przez się. Takie zjawiska samozapalania się można łatwo zaobserwować w wypadku braku przewietrzania w dolnych warstwach zbiorowisk i starych zwałów, a zatem są one zupełnie możliwe również wewnątrz zakładów przeróbczych, o ile gdziekolwiek utworzy się zleżałe zbiorowisko pyłu. Lecz przy suchej przeróbce węgla, połączonej z jego suszeniem, do tego dołączają się inne przyczyny: mianowicie przegrzanie zbiorowiska zleżałego, o ile ono tworzy się w miejscu o wysokiej temperaturze, co może wywołać jego zapalenie się niezależnie od obecności siarczków, ponieważ pył posiada własność kondensowania na swej

powierzchni powietrza, a zatem dla początku rozkładu i zapalenia się węgla wystarczy dłuższe przegrzanie przy temperaturze podniesionej, chociażby niższej od zwykłej temperatury jego zapalania się. O ile takie zapalenie się już powstało, wówczas przenosi się ono łatwo na pył otaczającego powietrza, co powoduje momentalnie rozszerzenia się płomienia i wybuch. Stąd wynika, że pierwszym środkiem walki z pożarami i wybuchami jest usunięcie możliwości powstawania zbiorowisk pyłu zleżałego. W tym celu wszystkie ściany wewnątrz zakładu, a zwłaszcza w kominach wyciągowych i komorach pyłowych, powinny być zupełnie gładkie, ażeby zatrzymywać się na nich mogła minimalna ilość pyłu i ażeby łatwo można było go zmiatać. We wszystkich wydrążeniach, kanałach i komorach, przez które krąży powietrze, naładowane pyłem, i gdzie może on osiadać, nie powinno być kątów martwych. Zbocza ścian pochyłych powinny być strome — nie mniej, jak 60°, wszystkie rogi zaokrąglone, rury, przez które przechodzi pył suchy, powinny być ustawione w położeniu bliskiem pionowego. Przewody rurowe, prowadzące do ekshaustorów i uławiaczy pyłu, należy układać w kierunku wzniesienia i spadku w miarę możności stromo. W wypadkach, gdy nie można uniknąć długich rur poziomych, te ostatnie albo powinny mieć nieco mniejszą średnicę, ażeby wskutek zwiększonej prędkości prądu nie mogło odbywać się w nich żadne osiadanie pyłu, albo przy bardziej znacznych średnicach powinny być zaopatrzone z dolnej strony w okienko dla ich oczyszczania, a niekiedy w niewielkie śruby bez końca automatycznie usuwające pył w nich osiadający. Usuwanie pyłu z uławiaczy powinno odbywać się bez przerwy zapomocą mechanizmów automatycznych. Wszelkie zbiorniki dla pyłu, o ile nie można bez nich się obejść zupełnie, powinny mieć wymiary możliwie ograniczone. Wskutek tego elewatory czerpakowe, które dla załadowywania i wyładowywania wymagają specjalnych skrzyń, należy zastąpić innemi rodzajami urządzeń przenoszących. Śruby bez końca pomimo swego niewielkiego współczynnika użyteczności są pod tym względem najbardziej odpowiedniemi przyrządami. Elewatory pneumatyczne również mogą z powodzeniem zastąpić elewatory czerpakowe dla podnoszenia najdrobniejszego miału.

Na szczególną uwagę i ciągły dozór zasługują suszarki. Skupienia miału, tworzące się wewnątrz suszarek, łatwo mogą zostać niezauważone, tymczasem tu właśnie znajduje się największe niebezpieczeństwo pożaru wskutek przegrzania się pyłu. Takie skupienia materjału w przyrządach talerzowych mogą powstać wskutek zepsucia się i złamania mieszadeł, jakoteż nieprawidłowego ich ustawienia, dzięki czemu w pewnych miejscach przyrządu ustaje przesuwanie materjału. W suszarkach rurkowych zatrzymanie się materjału może być spowodowane przez nieprawidłowe ustawienie osłon wyładunkowych, zapobiegających spadaniu węgla wysuszonego z dużej wysokości. Wadliwe zasilanie może

spowodować to samo. Niezależnie od powyższego ciągłe zmiany warunków atmosferycznych mogą wywołać zbyt gorący przebieg suszenia, a wtedy, o ile nie będzie to w czasie właściwym dostrzeżone, niebezpieczeństwo przegrzania wzrasta. Wreszcie normalny przebieg suszenia uwarunkowany jest prawidłowem przebiegiem odpylania i uławiania pyłu w filtrach i t. d.

Niemieckie przepisy o bezpieczeństwie bardzo szczegółowo przewidują wszystkie wypadki pożarów w brykietowniach węgla brunatnego i wskazują odpowiednie środki ostrożności. Dotyczą tego przepisy o utrzymywaniu w czystości wnętrza zakładu przeróbczego i czyszczeniu go, przepisy o rozmieszczaniu różnych zabudowań zakładu, w których odbywają się procesy suche z wydzielaniem dużej ilości pyłu, o oddzielaniu ich od pozostałych budynków zapomocą ścian ogniotrwałych, o sygnałach, o drzwiach i wyjściach zapasowych dla robotników w razie pożaru, o sposobach jego umiejscawiania i wznawiania robót po stłumieniu pożaru, o środkach ostrożności podczas gaszenia ognisk dostrzeżonych i t. p. Podług tych przepisów pył suchy, otrzymywany zapomocą uławiania, powinien być natychmiast zużytkowany dla jakiegokolwiek bądź celu określonego i, o ile przeznaczony jest do brykietowania, wówczas powinien być szybko odstawiany drogą najkrótszą do pras. Przepis ten dla zakładów starych, które były czynne przed jego wydaniem i nie były w uławiacze pyłu zaopatrzone, niekiedy był bardzo trudny do wykonania, ponieważ wymaga odpowiedniego rozmieszczenia suszarek, pras brykietowych i zespołu uławiaczy pyłu oraz wymaga dla transportu pyłu specjalnych mechanizmów i może być w zupełności racjonalnie wypełniony jedynie w zakładach nowozbudowanych. Wszystkie warunki powyższe zbyt ściśle łączą rozmaite części zakładu pomiędzy sobą, konieczną przeto jest rzeczą, by wszystko to było przewidziane w początkowym projekcie brykietowni. Wreszcie te same przepisy o bezpieczeństwie wymagają urządzenia zaworów bezpieczeństwa, pozwalających na swobodne wyjście gazów i zapobiegających zniszczeniu przyrządów w wypadku, gdy pomimo zastosowania wszystkich wskazanych wyżej środków bezpieczeństwa można jednak obawiać się zapalenia miału i wybuchów. Zawory powyższe są to zasuwy, łatwo otwierające się nazewnątrz, które urządzane są na specjalnych kominkach, wyciągniętych ponad dach i umieszczonych w różnych miejscach przewodów rurowych przeważnie tam, gdzie wskutek ostrych zakrętów i zgięć gazy wybuchowe mogłyby spotkać naturalny opór w swobodnem rozszerzeniu się.

Obecnie w Niemczech, dzięki surowemu dozorowi nad wykonaniem wszystkich przepisów bezpieczeństwa i stosowaniu najdoskonalszych przyrządów dla rozmaitych celów przeróbki węgla brunatnego, pożary i wybuchy w brykietowniach węgla brunatnego stały się zjawiskiem rzadkiem, a produkcja brykietów nie przedstawia dziś większego nie-

bezpieczeństwa, niż wszelki inny rodzaj przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych.

§ 6. Główne zasady obliczania odpylania.

Zasady ogólne. Cały system urządzeń, służących do odpylania i uławiania pyłu, tworzy z punktu widzenia mechanicznego sieć przewodów powietrznych, których powietrze, naładowane pyłem, krąży pod wpływem przewiewu naturalnego lub depresji sztucznej, wytwarzanej zapomocą ekshaustora, a zazwyczaj wentylatora (rzadziej inżektora parowego). Przy projektowaniu takiego systemu zwykle bywają dane:

1. Położenie przewodów powietrznych, t. zn. długość prądu powietrznego oraz
2. Ilość powietrza i unoszonego pyłu.

Podlegają określeniu: 1) prędkość prądu, 2) przekrój przewodów powietrznych, 3) depresja i praca wentylatora. Zagadnienie zatem, jakie przy urządzaniu oddzielania pyłu rozwiązywać należy, stanowi poszczególny wypadek zagadnienia ruchu powietrza w rurach wogóle i przewodach rozgałęzionych w szczególności.

Zagadnienie to sprowadza się do takiego ustosunkowania elementów sieci przewodów rurowych, przy którem otrzymuje się najmniejsze koszty eksploatacji systemu, włączając amortyzację kosztów jego urządzenia. Ekonomiczne zasady obliczenia oddzielania pyłu stanowią więc punkt wyjścia prawie we wszystkich wypadkach stosowania tego urządzenia. Tak, jeżeli główny cel urządzenia stanowi możliwe ograniczenie strat ciała kopalnego w postaci pyłu, unoszonego w przestrzeń, wówczas rzeczą jest zupełnie naturalną, że całkowity koszt powinien być ostatecznie nie wyższy od wartości otrzymywanego produktu i im większa jest ta różnica, tem korzystniejsze będzie urządzenie. Gdy oddzielanie pyłu urządzane jest jako zadosyćuczynienie wymaganiom przepisów policyjnych lub dla bezpieczeństwa produkcji, przyczem otrzymywane w uławiaczach pyłu produkty nie mają żadnej wartości, wówczas urządzenie takie obciąża produkcję i, oczywiście, koszt jego powinien być jak najmniejszy. W wypadkach rzadszych oddzielanie pyłu może być projektowane poza bezpośrednią zależnością od jego podstaw ekonomicznych. Dotyczy to tych wypadków, gdy powietrze, naładowane pyłem węglowym, zużytkowane jest w paleniskach kotłów parowych podług systemu Haase'go. W tym wypadku rzeczą jest konieczną, żeby powietrze, wychodzące z dysz, posiadało pewną prędkość, t. j. wychodziło pod pewnem ciśnieniem, i ażeby sumaryczna depresja, wytwarzana przez wentylator w przewodzie powietrznym, była wyższą od tej, jaka jest wymagana do przechodzenia tejże ilości powietrza jedynie przez rury przewodu powietrznego. Lecz wówczas zamiast otrzymywania produktów w uławiaczach pyłu, zaoszczędza się na opale pod kotłami, a w takim razie trzeba zważać na to, żeby różnica kosztu danego ro-

dzaju oddzielania pyłu i normalnego nie przewyższała wartości uzyskanego opału. Wszystkie te okoliczności wymagają:

1) ustalenia najkorzystniejszej prędkości prądu powietrza w rurach,

2) wyboru najmniejszej ilości powietrza w każdem odgałęzieniu systemu dla danej ilości pyłu i

3) ustalenia możliwie najmniejszej depresji, wytwarzanej zapomocą przewiewu naturalnego lub sztucznego.

1. Prędkość najkorzystniejsza. Rozwiązanie tego zadania opiera się na ogólnych zasadach ruchu powietrza w rurach. Im większa jest prędkość prądu tem mniejsza będzie średnica rury przy danej ilości powietrza i pyłu, oraz tem tańszy koszt początkowy urządzenia. Z drugiej jednak strony im mniejsza jest średnica rury i większa prędkość prądu, tem większy będzie opór rur, stawiany ruchowi powietrza, który wogóle jest proporcjonalny do kwadratu prędkości przepływającego prądu i odwrotnie proporcjonalny do średnicy. Wskutek tego wraz z powiększaniem prędkości wzrasta depresja i praca ekshaustora, t. j. koszta eksploatacji. Stąd wynika, że powinna istnieć pewna prędkość ekonomicznie najkorzystniejsza, przy której ogólny koszt procesu, włączając amortyzację wszystkich urządzeń z nim związanych, jest najmniejszy, a przy jej odchyleniu w tę lub inną stronę koszt powyższy wzrasta. Prędkość ta według Blaesa wyraża się tak:

$$v_a = 0{,}75 \sqrt[3]{\frac{r.z}{b.s + \frac{p.z'}{300.000}}}$$

lub, odrzucając w mianowniku drugi wyraz wskutek jego małej wartości,

$$v_a = 0{,}75 \sqrt[3]{\frac{r.z}{b.s}} \; m/sek \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (a)$$

gdzie: r — koszt 1 metra bież. rury o średnicy $D = 1$ m,

z — amortyzacja przewodów rurowych: 10—20% i więcej zależnie od jakości materjału i zużywania rur przez przechodzące gazy (gorące powietrze, wilgotne, zawierające gazy żrące, twarde cząstki pyłu i t. p.),

b — koszt 1 KM/godzina,

s — liczba godzin pracy systemu na dobę,

p — całkowity koszt przyrządów: ekshaustora, uławiaczy pyłu, zaworów i in.,

z' — amortyzacja maszyn i przyrządów — 5—10%.

Jak widzimy, wzór (a) nie zależy od średnicy D i dlatego określa się ją z danej ilości powietrza Q, jeżeli tylko wiadome są wszystkie wielkości, wchodzące do wzoru prędkości.

W zagadnieniach odpylania wybór tej prędkości komplikuje się okolicznością, że w rurach krąży powietrze nie czyste, lecz zmieszane z pyłem. Wskutek tego, czyniąc zadość wskazanemu warunkowi, prędkość prądu powinna być jednocześnie taka, żeby w rurach pionowych powietrze unosiło z sobą pył. Wszelka prędkość prądu odpowiada określonej wielkości ziarn materjału o danym ciężarze gatunkowym, które mogą być przez prąd ten uniesione. Kwestja więc sprowadza się do określenia takich wymiarów ziarn, poniżej których materjał uważany będzie za pył, i do znalezienia prędkości, odpowiadającej tym wymiarom. Według Blaesa prędkość prądu:

$$v_b = 4\sqrt{1{,}3 \cdot \gamma' \cdot d}$$

$$= 4{,}56\sqrt{\gamma' \cdot d} \ m/sek \quad \ldots\ldots\ldots (b)$$

gdzie: γ' — ciężar gatunkowy materjału,
d — średnica ziarn w m/m (największa)

Jeżeli przyjmiemy d	=		0,5 — 1	m/m
wówczas dla trocin drzewnych	$\gamma' = 0{,}5$;	$v_b =$ . .	2,28 — 3,22	m/sek
„ węgla	$\gamma' = 1{,}3$;	$v_b =$ . .	4,2 — 5,2	„
„ rudy kwarcowej, „ cementu . . .	$\gamma' = 2{,}5$;	$v_b =$ . .	5,1 — 7,2	„
„ rudy żelaznej . .	$\gamma' = 4{,}5$;	$v_b =$ . .	7,82 — 9,65	„

Blaes uważa, że dla bezpieczeństwa należy prędkość tę powiększać o 40—50%. Zgodnie z tem przy $d = 1$ m/m otrzymamy:

dla tartaków	$v_b = 4{,}5$	m/sek
„ węgla kamiennego	$v_b = 7{,}5$	„
„ cementowni, zakładów chemicznych, szlifierni, zakładów wzbogacających rudy kwarcowe	$v_b = 10$	„
„ zakładów wzbogacających rudy żelazne	$v_b = 13$	„

Jeżeli prędkość, określona według (b), będzie większa od znalezionej na zasadzie (a), wówczas — rzecz naturalna — prędkość v_b okazuje się najmniejszą ekonomicznie korzystną, gdyż prędkość v_a nie jest w stanie uczynić zadość warunkom danego zagadnienia.

Jeżeli jednak prędkość, określona podług (a), przewyższa takową, wyprowadzoną z (b), wówczas nie znaczy to jeszcze, że pierwsza jest najkorzystniejsza. W istocie, niech, naprzykład, przy pewnych wielkościach stałych, wchodzących do wzoru (a), określona zostanie $v_a = 14$; wtedy podług (b) największa średnica ziarn, przez nią unoszonych, przyjmując $v_a = 1{,}4$ v_b, będzie

$$d = \left(\frac{v_a}{1{,}4 \,.\, 4{,}56}\right)^2 \cdot \frac{1}{\gamma'} = \left(\frac{14}{1{,}4 \,.\, 4{,}56}\right)^2 \cdot \frac{1}{1{,}3} = 3{,}7 \; m/m$$

O ile korzystnem jest przyjmować ziarna takiej wielkości za pył i unosić je prądem powietrza, zależy to od ogólnej ilości powietrza, krążącego w rurach. Wyżej zaznaczyliśmy, co jest możliwe.

2. Najmniejsza ilość powietrza, unoszona przez rury zapomocą wentylatora, stanowi drugi warunek istotny najmniejszego kosztu odpylania. Ustala ona średnicę rur i przekrój kanałów, od czego najkorzystniejsza prędkość, jak widzieliśmy, nie zależy.

Powyższa ilość powietrza uwarunkowana jest:

1) ilością materjału, przez niego unoszonego, i

2) dopuszczalnym stosunkiem ilości powietrza do ilości znajdującego się w niem pyłu.

Ilość materjału, unoszonego przez powietrze, będzie, oczywiście, tem większa, im większe są największe ziarna, przyjmowane za pył. W surowym materjale nierozkruszonym ziarn $< 3{,}7$ mm może być jeszcze stosunkowo niewiele. Lecz w produkcie rozkruszonym, naprzykład znajdującym się w suszarkach, materjału takiego może być ponad 50% i zasadniczo materjał taki nie jest pyłem.

Co się tyczy stosunku powietrza do pyłu, to należy mieć na uwadze, że im on jest mniejszy, tem większe będzie tarcie posuwającej się masy o ścianki przewodów rurowych, stosownie do czego wzrasta potrzebna depresja, t. j. drożeje koszt eksploatacji. Z drugiej strony, im większy jest ten stosunek, tem większa będzie ogólna ilość powietrza i większa średnica rury, t. j. zdrożeje koszt przewodu rurowego. Musi więc istnieć pewien najkorzystniejszy stosunek, przy którym dla określonej podług (*a*) lub (*b*) prędkości koszt oddzielania pyłu jest najmniejszy i przy odchyleniu od niego w tę lub drugą stronę koszt ten wzrasta. (W praktyce stosunek ten zwykle wybierany jest w granicach szerokich — od 500 do 1500).

Wzrost depresji, spowodowany wzrostem tarcia w rurach przy przechodzeniu mieszaniny powietrza i cząstek stałych podług Blaesa:

$$H_m = \left(1 + \frac{\gamma'}{\gamma} \cdot \frac{1}{m}\right) = H_r,$$

gdzie: m — stosunek powietrza do cząstek stałych (objętościowy),
γ — ciężar gatunkowy powietrza,
γ' — ciężar gatunkowy cząstek stałych,
H_r — depresja dla spowodowania ruchu powietrza czystego,
H_m — depresja dla spowodowania ruchu powietrza z pyłem.

Jeżeli przyjmie się średnicę rury przy $m = 100$ za jednostkę, wówczas, biorąc dla węgla $\gamma' = 1{,}3$ i powietrza $\gamma = 0{,}001226$, otrzymamy:

przy $m = 100 \ldots \left(1 + \frac{\gamma'}{\gamma} \cdot \frac{1}{m}\right) = 11{,}3 \qquad D = 1$

„ $m = 500 \ldots$ „ $= 3{,}05 \qquad D = 2{,}24$

„ $m = 1000 \ldots$ „ $= 2{,}03 \qquad D = 3{,}16$

„ $m = 1500 \ldots$ „ $= 1{,}69 \qquad D = 3{,}87$

„ $m = 2000 \ldots$ „ $= 1{,}51 \qquad D = 4{,}46$

Liczby kolumny drugiej i trzeciej ilustrują wspomnianą okoliczność, dotyczącą najkorzystniejszego stosunku m.

Najkorzystniejszy stosunek m określa się z warunku:

$$m = \frac{\gamma'}{\gamma} \cdot \frac{1}{\left[1 + \frac{2{,}12 \,.\, r \,.\, z}{b \,.\, s \,.\, v^2}\right]} \ldots\ldots\ldots \quad (c)$$

(Pełny wzór, ustalony przez autora

$$m = \frac{\gamma'}{\gamma} \cdot \frac{1}{\left[1 + \frac{2{,}12 \,.\, r \,.\, z}{\left(b \,.\, s + \frac{p \,.\, z'}{30.000}\right) v^2}\right]}$$

gdzie litery mają te same znaczenia).

W praktyce stosunek m spotyka się w bardzo szerokich granicach — 100—2000, i jak się zdaje, niezależnie o warunku (c), przez nas poprzednio ustalonego (patrz kurs wentylacji).

Przykład. Znaleźć najkorzystniejszą średnicę D głównego przewodu rurowego systemu odpylania przy niżej przytoczonych danych dla miału węgla kamiennego 10—0 mm, przyjmując za pył materjał drobniejszy od $d = 0{,}75$ mm.

Ogólna wydajność suszarek $Q = 6000$ tonn/24 godziny materjału suchego.

Koszt rur przy $D = 1$ m; $r = 8$ rb. 1 m bież.

Amortyzacja przewodów rurowych $z = 15\%$.

Koszt 1 KM/godz.: $b = 0{,}06$ rb.

Liczba godzin pracy na dobę $s = 24$.

Znajdujemy prędkość najkorzystniejszą:

podług (a) $v_a = 0{,}75 \sqrt[3]{\frac{rz}{bs}} = 0{,}75 \sqrt[3]{\frac{8 \,.\, 15}{0{,}06 \,.\, 24}} = 3{,}3$ *m/sek.*

podług (b) $v_b = 4{,}56 \sqrt{\gamma' \,.\, d} = 4{,}56 \sqrt{1{,}3 \,.\, 0{,}75} = 4{,}45$ *m/sek.*

powiększamy za Blaesem o 45% i

$v = 1{,}4 \,.\, 4{,}45 = 6{,}2$ *m/sek.*

Najkorzystniejszy stosunek m otrzymujemy podług (c), przyjmując $\gamma = 1{,}23$ i $\gamma' = 1300$.

$$m = \frac{\gamma'}{\gamma} \cdot \frac{1}{\left[1 + \frac{2{,}12 \,.\, r \,.\, z}{b \,.\, s \,.\, v^2}\right]} = \frac{1300}{1{,}23} \cdot \frac{1}{\left[1 + \frac{2{,}12 \,.\, 8 \,.\, 15}{0{,}06 \,.\, 24 \,.\, 6{,}2^2}\right]} = 192$$

Ilość pyłu suchego przyjmujemy za proporcjonalną do średnic:

$$q' = \frac{0{,}75 \,.\, 100}{10} = 7{,}5\%$$

Ilość powietrza na minutę:

$$q = \frac{6000 \,.\, 0{,}075}{1{,}3 \,.\, 24 \,.\, 60} \cdot 192 = 46 \; m^3/min.$$

Średnica przewodu rurowego

$$\frac{\pi D^2}{4} \cdot v \,.\, 60 = 46$$

$$D = \sqrt{\frac{46 \,.\, 4}{\pi \; 6{,}2 \,.\, 60}} = 0{,}398 \; m \; . \; . \; . \sim 400 \; mm.$$

W suszarkach ilość powietrza powinna odpowiadać potrzebom suszenia z uwzględnieniem pochłaniania całej wyparowywanej wilgoci pod warunkiem minimum zużycia ciepła przy danym stanie czynników atmosferycznych. Z drugiej strony ilość ta powinna czynić zadość warunkowi (*c*).

3. Najmniejsza depresja ekshaustora. Jeżeli określone zostały jak przedtem, v, m i D, wówczas dla danej długości przewodu rurowego l depresja ekshaustora będzie:

$$H = \frac{\lambda \,.\, l}{D}\left(1 + \frac{\gamma'}{\gamma} \cdot \frac{1}{m}\right)\frac{\gamma \,.\, v^2}{2g} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (d)$$

gdzie

$$\lambda = 0{,}0125 + \frac{0{,}0011}{D} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (e)$$

jest współczynnikiem oporu rur, stawianego ruchowi czystego powietrza.

W kanałach o przekroju dowolnym:

$$H = \lambda' \,.\, l \,.\, \frac{U}{F}\left(1 + \frac{\gamma'}{\gamma} \cdot \frac{1}{m}\right)\frac{\gamma \,.\, v^2}{2g},$$

gdzie U — obwód i F — powierzchnia przekroju poprzecznego (w poszczególnym wypadku dla przekroju okrągłego:

$$\frac{U}{F} = \pi D : \frac{\pi \,.\, D^2}{4} = \frac{4}{D}; \lambda' = 4\lambda).$$

Dwumian, zawarty w nawiasach, określa wzrost depresji, spowodowany domieszką pyłu w powietrzu. W granicach $m = 2000—500$ depresja wzrasta 1,5—3 razy; przy dalszem zmniejszeniu m — do 100 depresja bardzo szybko wzrasta 10 i więcej razy.

Przyjąwszy w poprzedniem zadaniu $l = 40$ m, otrzymamy:

podług (*e*) : $\lambda = 0{,}0125 + \frac{0{,}0011}{0{,}4} = 0{,}0153$

podług (*d*) : $H = \frac{0{,}0153 \,.\, 40}{0{,}4}\left(1 + \frac{1300}{1{,}23} : \frac{1}{192}\right)\frac{1{,}23 \,.\, 6{,}2^2}{2 \,.\, 9{,}81} = 24 \; mm.$

Żeby zmniejszyć wielkość absolutną H, należy dążyć do możliwie najmniejszej ilości zakrętów, które w każdym razie powinny mieć łagodne zaokrąglenia. Jeżeli promień zakrętów $r = D—2D$, wówczas każdy zakręt staje się równoznaczny ze zwiększeniem ogólnej długości rury l w przybliżeniu o $10D$.

Przyjąwszy w tymże przykładzie 3 zakręty, należy ogólne zwiększenie długości przyjąć $= 3 . 10 D = 3 . 10 . 0{,}4 = 12$ *m*, całkowita więc długość równa się $30 + 12 = 42$, stosownie do tego depresja $= 33{,}5$ *mm* i

$$\text{praca } N = \frac{46 . 33{,}5}{60 . 75} = 0{,}25 \text{ KM.}$$

Warunki te nie mogą być ściśle wypełnione w komorach, uławiających pył, i kanałach kominów wyciągowych, w których osadzanie pyłu oparte jest na zmniejszeniu prędkości i ostrych zakrętach. Dla skompensowania tego nadaje się zwykle kanałom takim duże przekroje poprzeczne, naprzykład 2400×1200 (rys. 31), przy których opór w samych kanałach otrzymuje się bardzo niewielki.

Depresja systemów pyłowych zmienia się zwykle w granicach 20 – 150 mm.

Rozwiązanie wszystkich wskazanych wyżej kwestyj (określenie v, D i H) znacznie komplikuje się, jeżeli przewód powietrzny, jak to zwykle bywa, stanowi system rozgałęziony. Sposoby ustosunkowania do siebie części przewodów powietrznych systemów skomplikowanych wyłożone są szczegółowo w kursach wentylacji (Górnictwa) i Mechaniki Górniczej w dziale o rozprowadzaniu powietrza sprężonego, do których to dzieł odsyłamy interesujących się tą kwestją. Tutaj zaznaczymy tylko, że podstawę wszelkich obliczeń systemów powietrznych, jakkolwiek byłyby one skomplikowane, stanowią wyłożone przez nas zasady, którym nadawana jest ta lub inna postać zależnie od warunków danego zagadnienia. Ze stanowiska praktycznego największą uwagę należy zwrócić na sposoby łączenia poszczególnych odgałęzień systemu. Dla uniknięcia ruchów burzliwych, powodujących spadek depresji, wszystkie odgałęzienia należy łączyć pod kątami bardzo małemi, wszystkie zaś zakręty winny być zarysowane łagodnie. Dla zmniejszenia strat wskutek ścieśnienia prądu przy ssaniu powietrza przez rury, wloty do tych ostatnich powinny się stożkowo rozszerzać, podobnie jak wylot (dyfuzor) rury tłoczącej, wyrzucającej powietrze z systemu. Wreszcie co się tyczy ogólnego rozmieszczenia rur, to należy mieć na uwadze, aby przewody rurowe przy znacznych średnicach nie zajmowały bardzo dużo miejsca w zakładzie przeróbczym. Z drugiej strony powinny być one rozmieszczone tak, aby, zajmując minimum długości, były dostępne dla obserwacji i obsługi nietylko ze względu na to, że przy ich zużywaniu się mogą powstawać rozerwania i naruszenia normalnego biegu procesu, ale też i dla tego, że w pewnych miejscach na zakrętach może zbierać się w kolanach dolnych pył, tworząc niebezpieczne skupienia. W takich miejscach umieszcza się na kolanach górnych zawory bezpieczeństwa, nad których zadowalającym stanem należy mieć stałą pieczę

ROZDZIAŁ VII.

Mieszanie.

§ 1. Zasady ogólne.

Określenia. Dotychczas rozpatrywaliśmy różne rodzaje operacyj rozdzielania, których cechą charakterystyczną było to, że z użytego materjału początkowego, stanowiącego luźną lub zwięzłą, suchą lub wilgotną mieszaninę kawałków o różnej wielkości i składzie, otrzymywaliśmy drogą pewnych operacyj dwa lub kilka produktów, różniących się od produktu początkowego innem ugrupowaniem materjału składodowego, lub, że otrzymywaliśmy produkt jeden, ale poszczególne jego ziarna powstawały wskutek rozdzielenia większych kawałków produktu początkowego na mniejsze (rozdrabianie). Teraz rozpatrzymy operacje odwrotne łączenia. Tu należą:

I. Mieszanie i

II. Kawałkowanie.

W operacjach mieszania otrzymuje się z dwóch lub więcej produktów początkowych jeden produkt nowy, w którym wszystkie części różnorodne produktów zmieszanych znajdują się w mieszaninie jednorodnej, cechującej się tem, iż każda część produktu nowego, wzięta dowolnie, zawiera w sobie identyczne ustosunkowanie produktów składowych. Stosownie do rodzaju produktów, podlegających zmieszaniu, może być: mieszanie luźnych materjałów stałych, przyczem nowy produkt ma również postać materjału luźnego — operacja wręcz przeciwna sortowaniu, wzbogacaniu i odpylaniu lub mieszanie stałych materjałów luźnych z cieczami, wodą albo roztworami i produktami mokremi, przyczem po zmieszaniu otrzymuje się produkty wilgotne lub mokre — operacja wręcz przeciwna płókaniu, odwadnianiu i suszeniu, wreszcie mieszanie produktów mokrych, wytwarzające mieszaninę produktów również mokrych — operacja przeciwna klasyfikacji, zgęszczaniu i t. p.

W operacjach kawałkowania otrzymuje się z drobnych ziarn jednorodnego materjału luźnego produkt nowy, złożony z kawałków większych, powstałych z połączenia ziarn produktu użytego początkowo — operacja odwrotna do rozdrabiania. Duże kawałki produktu

nowego mogą mieć prawidłowy kształt cegiełek i wówczas proces kawałkowania nazywa się formowaniem lub brykietowaniem, albo też kawałki mogą mieć kształt nieprawidłowy aglomeratów i wówczas proces nazywa się aglomeracją lub w związku ze sposobem otrzymywania aglomeratów — spiekaniem.

§ 2. Mieszanie materjałów luźnych.

Zastosowanie. W przemyśle węglowym często obok określonych sortymentów wymagane bywają na rynku mieszaniny kilku sortymentów. Tak, w Zagłębiu Dąbrowskiem obok różnych sortymentów orzecha: 60—40, 40—25, 25—10 i miału 10—0 znajduje zapotrzebowanie „pospółka“ 60—0. Najprostsze rozwiązanie tego zadania polega na wyłączeniu z systemu ogólnego wszystkich przesiewaczy poniżej 60 mm i skierowaniu zapomocą odpowiednich przenośników sortymentu najniższego, otrzymanego przez przesiewanie na sicie 60 mm, do stosownego odbiornika ładunkowego (skrzyni). Podobnież w Zagłębiu Donieckiem obok węgla sortowanego znajduje zbyt węgiel niesortowany (рядовой уголь) W tym wypadku niektóre wózki są wprost z szybów wyładowywane na innem miejscu poza sortownią. Niekiedy jednak bezpośrednie ładowanie węgla niesortowanego lub też wyłączanie przesiewaczy napotyka w praktyce na trudności, naprzykład, o ile przy budowie zakładu wypadki takie nie były przewidziane albo o ile sortowanie węgla uwzględnia dogodniejsze wybieranie ręczne i usuwanie skały płonnej. Wówczas najprostsze rozwiązanie zagadnienia będzie polegało na wspólnem ładowaniu różnych sortymentów do jednego wagonu przez podstawianie go kolejno pod odpowiednie zbiorniki i na wymieszaniu ręcznem węgla w wagonach łopatami. Oczywiście, nie można przy tem osiągnąć zmieszania równomiernego. Jednakże co się tyczy węgla, naprzykład o wielkości do 60 mm, to ściśle jednorodny skład pod względem wielkości kawałków nie jest wymagany. Bardziej jednorodny skład może być otrzymany, jeżeli różne sortymenty zostaną najprzód skierowane do jednego zbiornika.

Przy klasyfikacji węgla w celu następnego wzbogacenia zwykle dąży się do uzgodnienia skali sortowania ze skalą klasyfikacji. Bardzo często osiąga się to łatwo z jednej strony dzięki temu, że warunki wzbogacania ustalają jedynie górną granicę klasyfikacji, z drugiej zaś wskutek tego, że zapotrzebowania rynku, co się tyczy skali sortowania, nie odznaczają się wielką surowością. Jeżeli jednak uzgodnienia takiego dokonać nie można i skala klasyfikacji musi być węższa od skali sortowania, wówczas po wzbogaceniu trzeba zmieszać z sobą klasy, tworzące jeden sortyment. Podobnego zmieszania najprościej dokonać można zapomocą ładowania klas otrzymanych do jednego przenośnika, który skieruje mieszaninę produktów w postaci jednego sortymentu do wspólnej skrzyni ładunkowej. Takież same warunki bywają

w większości wypadków przy wzbogacaniu rud, jeżeli proces wzbogacania wymaga bardzo szczegółowej klasyfikacji, tymczasem zaś zakłady metalurgiczne ograniczają się do żądania jedynie trzech sortymentów: rudy grubej, średniej i szlichów, stosownie do warunków prażenia rud lub topienia w piecach szybowych albo żarowych. Jednakże i w tych wypadkach ścisłe przestrzeganie równomiernej zawartości klas w każdej mieszaninie nie jest wymagane, to też w większości wypadków zadowala proste ładowanie wszystkich licznych klas rudy kawałkowej i szlichów, otrzymywanych z maszyn osadowych i różnych koncentratorów do wspólnych zbiorników.

W praktyce jednak przy przeróbce zarówno węgla, jak i rud można wskazać wypadki, kiedy pewnym wymaganiom, stawianym produktom, można uczynić zadość jedynie pod warunkiem równomiernego ich zmieszania. Ma to miejsce wówczas, gdy wymagany jest równomierny skład chemiczny. Tak, niektóre węgle półtłuste mogą koksować się tylko z domieszką określonego odsetka węgla tłustego, przyczem, aby otrzymać koks jednostajny pod względem składu i budowy, trzeba, ażeby idąca do pieców koksowych mieszanina również miała skład bardzo jednorodny. Węgle chude i antracyty mogą być poddawane brykietowaniu, ekonomicznie bardzo korzystnemu, jedynie pod warunkiem domieszania do nich określonego odsetka węgla koksującego, przyczem jednorodność mieszaniny i w danym wypadku stanowi pierwszy warunek otrzymania dobrych brykietów. W praktyce przy przeróbce rud jednorodność mieszaniny koncentratów może być uwarunkowana np. warunkami obrachunku z zakładem na zasadzie składu produktów; rzeczą jest zupełnie naturalną, że przy bardziej jednorodnem zmieszaniu koncentratów łatwiej jest dokonać prawidłowego określenia składu przeciętnego i ustrzec się od błędów przypadkowych. Dotyczy to zwłaszcza wypadków obecności domieszek szkodliwych, dla których warunki odbioru ustanawiają zazwyczaj granicę górną, a których usunięcie z klas wyższych może być łatwo osiągnięte do granicy niższej, gdy tymczasem w klasach niższych obniżenie zawartości pierwiastka szkodliwego nie może być doprowadzone nawet do granicy górnej. Jeżeli obliczenia wykazują, że sprzedaż większej ilości rudy z zawartością domieszki szkodliwej nie wyższą od granicy ustanowionej daje korzyść większą, aniżeli sprzedaż mniejszej ilości rudy z niższą zawartością tej domieszki, wówczas przyrządza się mieszaninę z zawartością wymaganą, która naturalnie musi odznaczać się jednorodnością nadzwyczajną. Częstokroć w praktyce przy przeróbce rud żelaznych bywa wymagana określona zawartość procentowa pewnych domieszek użytecznych, naprzykład, *P* i *Ni* zależnie od sposobu wyrobu stali i jej jakości. Warunki te mogą być wypełnione drogą zmieszania rud, wydobywanych w różnych częściach kopalni, które, odznaczając się różnym składem mineralogicznym, wymagają różnych sposobów wzbogacania i dlatego otrzymywane w postaci koncen-

tratów w różnych częściach zakładu powinny być mieszane z sobą w określonym stosunku aż do otrzymania mieszaniny jednorodnej o składzie określonym.

Wszystkie te przykłady mieszania stanowią operacje główne, ponieważ dają ostateczny produkt rynkowy i uwarunkowane są wymaganiami odbiorców. W praktyce jednak przy przeróbce mechanicznej użytecznych ciał kopalnych mogą zachodzić wypadki mieszania, wywoływane warunkami przeróbki, mieszanie więc wtedy odgrywa rolę operacji pomocniczej. W ostatnim rozdziale pracy niniejszej zobaczymy, że w przemyśle węglowym ze względu na możliwość uczynienia zadość wymaganiom odbiorców drogą wzbogacenia węgla o różnych własnościach, pochodzącego z różnych pokładów, nie jest rzeczą obojętną, czy mieszać te węgle przed wzbogacaniem, czy też po wzbogaceniu oraz w jakim stosunku. Mieszanie w danym razie odgrywa rolę operacji pomocniczej i to niezależnie od czasu jego wykonania przed, czy po wzbogaceniu, ponieważ nie jest ono wywołane bezpośrednio wymaganiami odbiorców, lecz wypływa z warunków wzbogacania. Zupełnie takie same znaczenie ma mieszanie niewzbogaconego suchego pyłu węglowego z płókanym miałem węglowym lub niepłókanego miału z płókanemi sortymentami orzecha, co może być rozpatrywane, jako proces wzbogacania sortymentów drobniejszych drogą zmieszania z grubszemi. Do brykietowania kopalin palnych bywa przyrządzana mieszanina bardzo jednorodna drobno rozkruszonego węgla z pakiem, miałko zmielonym. Do różnorakiego brykietowania szlichów przyrządzane są mieszaniny z różnemi mineralnemi i organicznemi substancjami wiążącemi. W procesach spiekania (aglomeracji) szlichów rud żelaznych dokonywane bywa dokładne zmieszanie rudy z miałem węglowym. W cegielnictwie zbyt tłuste łupki gliniaste bywają przed formowaniem cegieł wymieszane w stanie drobno rozkruszonym z pewną ilością piasku. Wreszcie, przy wyrobie sztucznego portland-cementu szczególnego znaczenia nabiera zmieszanie suchej gliny tartej z wapieniem aż do otrzymania zupełnie jednorodnej mączki, służącej do wyrobu klinkieru i t. p.

Sposoby mieszania i przyrządy. Jakkolwiek zasadniczo operacja mieszania wydaje się prostą, to jednak w wypadkach, kiedy niezbędne jest otrzymanie mieszaniny zupełnej jednorodnej (w procesach brykietowania węgla, spiekania szlichów rud, wyrobu materjałów budowlanych: cegieł i substancyj wiążących), wymaga ona szczególnej uwagi, ponieważ od tego zależy powodzenie całej produkcji. Miał węglowy, niedostatecznie z pakiem wymieszany, daje brykiety nietrwałe, rozpadające się w palenisku. Mieszanina nierównomierna szlichów rud z miałem węglowym spieka się źle i daje znaczną ilość miału spieczonego, zatykającego piece szybowe. W wyniku niezadowalającego wymieszania gliny z wapieniem w cementowniach będzie nierównomierne wyprażenie i otrzymanie cementu o niejednakowej zdolności wiązania się co

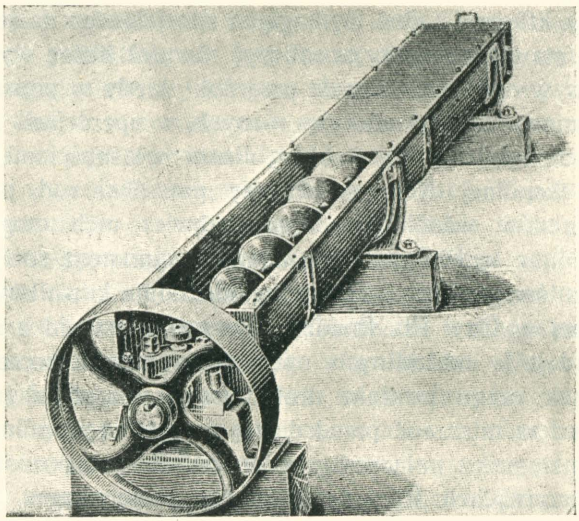
zagrażać będzie trwałości budowli i t. d. Mniej lub więcej poważne traktowanie operacji mieszania zależnie od jej celu określa sposób mieszania oraz wydajność operacji, która w każdym wypadku poszczególnym może być ustalona jedynie na zasadzie praktyki; niekiedy towarzyszy jej branie prób dla analizy chemicznej w celu określenia końca operacji.

Najprostsze sposoby, wskazane przez nas wyżej, polegają na ładowaniu produktów różnorodnych do jednego odbiornika bezpośrednio lub zapomocą wspólnego przenośnika. Prócz wskazanych już wypadków łączenia kilku sortymentów lub klas w jeden sortyment rynkowy, któremu żadne wymagania specjalne co do jednorodności składu nie są stawiane, należy tu zaliczyć również liczne wypadki łączenia produktów w ogólnym procesie przeróbki, kiedy w poprzednich operacjach otrzymano kilka produktów różnych, w operacjach zaś dalszych niektóre z nich, bardziej do siebie zbliżone własnościami, poddawane są przeróbce wspólnej. Naprzykład przy przeróbce rud, pochodzących z różnych terenów wspólnego złoża, jedne z nich mogą obfitować w $CuFeS_2$, a inne w PbS, co daje możność zapomocą sortowania ręcznego sortymentów grubych otrzymania oddzielnie kawałków rudy sztufowej, zasobnej w Cu i Pb. Rozdzielenie natomiast rud z sortymentów średnich nie daje w oddzielnych operacjach żadnych szczególnych korzyści, wskutek czego produkt drobniejszy i pozostałości po ręcznem sortowaniu rud są mieszane przed dalszą przeróbką wspólną. Mieszanie takie odbywa się przez połączenie bezpośrednie tych pozostałości w odpowiednich przyrządach. Przy przesiewaniu pomocniczem, poprzedzającem kruszenie, oddzielany bywa na sicie sortyment dolny od górnego, który podlega rozdrabianiu. Rozdrobiony w kruszarce produkt oraz odsortowany zapomocą przesiewania pomocniczego sortyment dolny łączone są bezpośrednio w skrzyni odbiorczej lub następnym przyrządzie (przesiewaczu, kruszarce, koncentratorze i t. p.) przez doprowadzenie tych produktów do jednego i tego samego punktu przyrządu, względnie nawet przy pomocy wspólnej taśmy transportowej.

We wszystkich innych wypadkach, gdy od produktu zmieszanego wymagana jest większa lub mniejsza jednorodność składu, używa się specjalnych przyrządów mieszalnych. Należy zaznaczyć, że jednorodność mieszaniny osiągana jest łatwiej przy produktach drobniejszych, aniżeli grubszych. Zazwyczaj z okolicznością tą zbiegają się również wymagania jednorodności mieszaniny, stawiane zarówno przez odbiorców, jakoteż przez wewnętrzne warunki produkcji. W tych wypadkach, o ile wielkość ziarna nie jest ściśle określona, jednorodność składu mieszaniny, niezależnie od warunków operacyj dalszych, zabezpiecza się przez uprzednie bardziej miałkie rozkruszenie. Tak więc w praktyce można zaobserwować, że prostsze sposoby mieszania lub raczej sposoby prostego łączenia produktów bez mieszania używane są głównie

przy produktach grubszych, mieszanie zaś w przyrządach mieszalnych — prawie wyłącznie przy materjale drobnym, nie grubszym od 15 mm. Im jednorodniejszy ma być skład mieszaniny, tem drobniejsze muszą być produkty, podlegające zmieszaniu. W pewnych wypadkach mieszaniu towarzyszy jednocześnie rozdrabianie materjału.

Jako urządzenia mieszalne używane są często przyrządy, mające przeznaczenie inne, o ile zgodnie ze sposobem ich działania może być przez nie dokonywane między innemi i mieszanie. Tu odnoszą się przedewszystkiem śruby transportowe (rys. 40). Długi wał poziomy



Rys. 40. Śruba transportowa i mieszalna.

lub słabo nachylony, zaopatrzony w taśmę ślimaczą, obraca się w rynnie półwalcowej i powoduje przesuwanie materjału, któremu zawsze towarzyszy jego mieszanie, oraz kruszenie ziarn, wpadających między taśmę i ścianki rynny. Okoliczność ta wywołuje znaczne tarcie i niewielki współczynnik użyteczności śruby, jako przenośnika. Wskutek tego stosowanie śrub do przesuwania materjałów luźnych zwykle uwarunkowane jest innemi, bardziej poważnemi okolicznościami, naprzykład łatwą możliwością odizolowania przyrządu i całkowitego włączenia go do sieci, odpylania, jak to ma miejsce w brykietowniach. Szerokie zastosowanie śrub w zakładach, produkujących brykiety węglowe, daje możność wykorzystania ich dla celów mieszania zarówno rozmaitych gatunków węgla, jakoteż węgla z pakiem. Właściwe im nieznaczne działanie rozdrabniające wywiera wpływ korzystny na otrzymanie mieszaniny bardziej jednorodnej.

Podobną czynność uboczną mieszania wykonują również niektóre przyrządy kruszące, działające udarowo. Takiemi są: dezintegratory

(rys. 218 t. I.) i pulweryzatory (rys. 220 t. I.). Przyrządy te zwykle służą do kruszenia węgla, idącego na wyrób koksu lub brykietów. O ile do tych wyrobów używana jest mieszanina węgli o różnych własnościach, wówczas mieszanie ich odbywa się w dezintegratorach lub pulweryzatorach, jako w przyrządach, wykonywujących jednocześnie z kruszeniem mieszanie węgla, przez co wytwarzają mieszaninę jednorodną. Niekiedy dezintegratorom nadaje się nawet rolę wyłącznie mieszarek węgli i wówczas ustawia się je dla mieszania miału nie grubszego od tego, jaki może być otrzymany przez kruszenie w nich materjału grubszego.

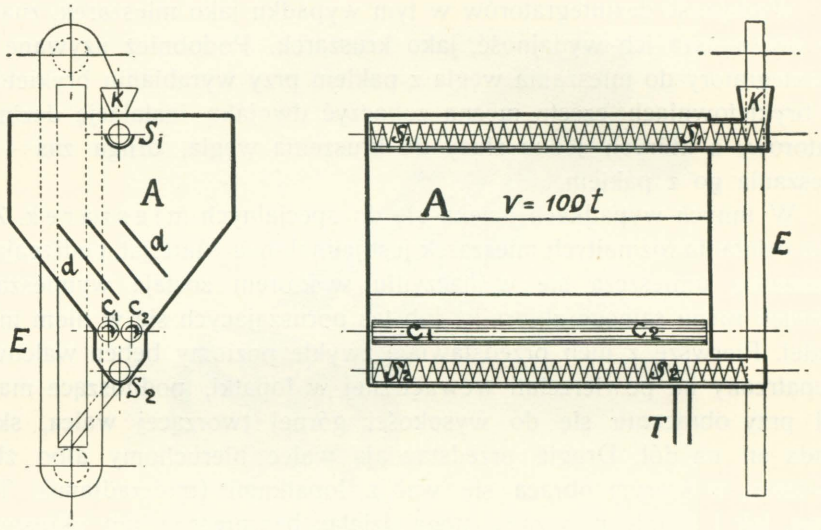
Wydajność dezintegratorów w tym wypadku jako mieszarek, znacznie przewyższa ich wydajność, jako kruszarek. Podobnież używane są dezintegratory do mieszania węgla z pakiem przy wyrabianiu brykietów. W brykietowniach często można zobaczyć dwojaką instalację dezintegratorów, z których jedna służy do kruszenia węgla, druga zaś — do mieszania go z pakiem.

W innych wypadkach ucieka się do specjalnych mieszarek. Zasada działania rozmaitych mieszarek jest jednakowa. Materjał, podlegający mieszaniu, umieszcza się w naczyniu, w którem zostaje wymieszany wskutek ruchu samego zbiornika lub też poruszających się w niem mieszadeł. Pierwsze z nich przedstawiają zwykle poziomy bęben walcowy, zaopatrzony na powierzchni wewnętrznej w łopatki, podnoszące materjał przy obracaniu się do wysokości górnej tworzącej walca, skąd spada on na dół. Drugie przedstawiają walec nieruchomy albo żłób walcowy, w którym obraca się wał z łopatkami (mieszadłami). Tak jedne, jak i drugie przyrządy mogą działać bez przerwy lub okresowo. W przyrządach działających bez przerwy, przesuwanie materjału uskutecznia się zapomocą łopatek rozmieszczonych w linji śrubowej i przymocowanych do powierzchni wewnętrznej obracającego się walca lub też zapomocą mieszadeł, przytwierdzonych do obracającego się wału, a mających postać śrub okrętowych. Przyrządy, działające okresowo, zaopatrzone są w specjalne urządzenia wyładunkowe dla wypuszczenia materjału po skończeniu mieszania. Ze stanowiska mechaniki przyrządy dla ruchu ciągłego są bardziej doskonałe. Jednak przyrządy, czynne okresowo pozwalają na ustalenie dowolnego czasu trwania mieszania, a zatem na prowadzenie operacji dotąd, dopóki nie będzie można drogą analizy przekonać się, że mieszanina osiągnęła skład o wymaganej jednorodności.

Mieszarka w kształcie obracającego się walca według systemu Greenavalta, używana do mieszania szlichów rud żelaznych z miałem węglowym w zakładach aglomeracyjnych, przedstawia walec poziomy zaopatrzony w przyrząd do zatrzymywania materjału wewnątrz aparatu przez czas dowolny z możnością załadowywania i wyładowywania przyrządu w każdej chwili w trakcie jego ruchu.

Podobnego typu mieszarek używa się również w cementowniach.

Częściej jednak stosuje się tam mieszarki z obracającym się wałem (np. mieszarki Costa i Geislera; walec $L = 2{,}500$ m; $D = 1{,}50$; $n = 120$; $N = 40$ KM). Przy znacznych ilościach cementu, podlegającego zmieszaniu, stosuje się metodę wielokrotnego przesypywania zapomocą elewatora w aparatach typu Weber-Zeidlera (rys. 41). Przyrząd składa się ze skrzyni drewnianej dużych wymiarów ze skośnemi dnami. Na jego pokrywie umieszczona jest śruba rozdzielcza S_1, na dnie — śruba odprowadzająca S_2, a ponad nią dwa długie walce C_1 i C_2, obracające się w jednym kierunku. Deski skośne d ochraniają walce przed bezpo-



Rys. 41. Aparat Weber-Zeidlera do mieszania znacznych ilości mąki cementowej.

średnim naciskiem na nie całej masy, jaka może znajdować się w skrzyni. Elewator E łączy śrubę odprowadzającą S_2 z rozdzielczą S_1. Materjał, wyładowany przez lej K, zostaje rozrzucony po całej szerokości skrzyni zapomocą śruby S_1 i po deskach d spada na walce C. Te ostatnie przewalcowywują i mieszają mąkę, która wkońcu zbiera się w śrubie odprowadzającej i dochodzi do elewatora, zapomocą którego zostaje przesypana z powrotem do śruby rozdzielczej. Przyrząd ten należy do działających okresowo i pozwala na dowolne trwanie mieszania. Do wyładowywania służy rura T, przylegająca do śruby odprowadzającej i zaopatrzona u dołu w odsłonę, zamkniętą podczas ruchu przyrządu.

Przyrządzaniu mieszanin dokładnych towarzyszy uprzednie odmierzenie produktów, ulegających mieszaniu. Odmierzania takiego dokonywa się według objętości lub według ciężaru. Pierwszego sposobu używa się wówczas, gdy stosunek substancyj, podlegających mieszaniu, może być wyrażony przez liczbę podzielną, a dokonywa się zapomocą naładowania określonej liczby skrzyń lub wózków o pojemności określonej. Do tego celu bardzo dogodne są wózki, używane na dro-

gach napowietrznych, o ile napowietrzna kolej żelazna może być ustawiona jako nieprzerwana trasa między otworami wyładunkowemi zbiorników, zawierających produkty, podlegające mieszaniu, a lejem naładunkowym mieszarki, umieszczonej poniżej drogi odstawowej. Przy posuwaniu się w jednym kierunku wózki otrzymują w pewnych punktach swej drogi określony ładunek, w innym zaś punkcie wyładowują go przez wywracanie się nad lejem mieszarki. Tego rodzaju urządzenie dogodne jest przy mieszarkach, działających okresowo. Przy działaniu ciągłem ładowanie mieszarki powinno być dokonywane zapomocą przyrządu transportowego, przyjmującego ładunek materjałów, podlegających zmieszaniu, z odpowiednich zbiorników zapomocą działających automatycznie zasilaczy, pozwalających na wypuszczenie zapomocą tarcz regulacyjnych określonych ilości produktów według objętości stosownie do ustawionej szerokości otworu wylotowego (urządzenie zasilaczy patrz odpowiedni rozdział).

Ściślejsze odmierzanie produktów dokonywa się zapomocą wagi. Przy wielkich wydajnościach zachodzi potrzeba przyrządzać mieszaninę bardzo dokładną, np. w cementowniach, używa się wówczas wag automatycznych. Zasada ich polega na tem, iż naczynie o pojemności określonej, otrzymujące ładunek od zasilaczy, opróżnia się automatycznie, jak tylko waga ładunku dosięgnie wielkości określonej przy odpowiedniem ustawieniu aparatu. Powszechnie znane są wagi Nagel i Co, Reiter i Reisert.

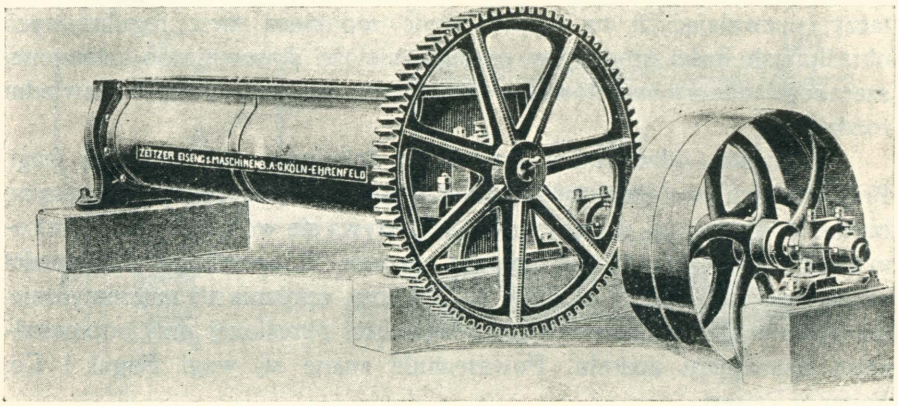
§ 3. Mieszanie materjałów luźnych z cieczą.

Stosownie do ilości dodanej cieczy proces mieszania otrzymuje nazwę: 1) zwilżania, 2) nasycania, 3) rozcieńczania czyli prostego zmieszania.

1. **Zwilżanie.** Przy zwilżaniu produkt powiększa swą wilgotność higroskopijną i mechaniczną, pozostając w granicach między stanem powietrzno-suchego, a wilgotnego materjału. Produkty miałkie otrzymują często po zwilżeniu charakter plastyczny. Ilość wilgoci z nieznacznego odsetka w materjale suchym wzrasta po zwilżeniu do 8—10—20% i więcej, zależnie od okoliczności.

Zwilżanie może mieć miejsce przy suchej przeróbce materjałów kruchych, jako środek przeciw powstawaniu pyłu, i osiągane jest, jak widzieliśmy wyżej, zapomocą prostego zraszania. Jednorodność mieszaniny w danym razie nie ma znaczenia. Przy suchej przeróbce kwaśnych rud złotych dla zneutralizowania związków, mogących powstać wskutek rozkładu siarczków pod wpływem uderzeń i wytwarzanego ciepła, stosowane jest zwilżanie rudy kruszonej rozczynami zasad żrących również drogą zraszania, które jednocześnie zapobiega tworzeniu się pyłu. I w tym wypadku jednorodność mieszaniny, osiągana drogą naturalną, okazuje się dostateczną. W innych natomiast wypadkach

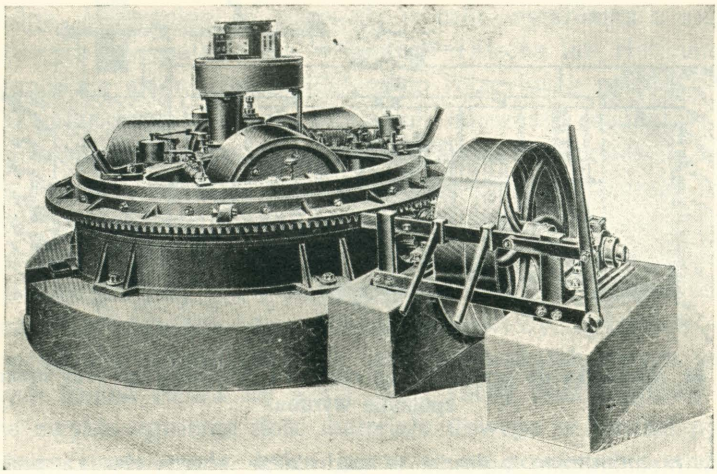
zwilżanie ma znaczenie poważniejsze i towarzyszy mu wymaganie, ażeby mieszanina miała określony odsetek wilgotności, równomierny w całej swej masie. Tak bywa np. przy wyrabianiu brykietów z szlichów magnetytu metodą Gröndala lub aglomeratów metodą Greenavalta. W procesach tych stopień wilgotności określa się wprawdzie drogą praktyczną, jednorodność jednak mieszaniny musi być tu zapewniona. Takie same, a być może, nawet większe jeszcze znaczenie ma zwilżanie przy wyrabianiu cegieł z chudych, piaszczystych łupków gliniastych oraz w cementownictwie dla wyrobu cegieł, podlegających prażeniu w piecach szybowych i kręgowych (klinkier). Zwilżanie ma



Rys. 42. Żłób do zwilżania, używany w cegielnictwie.

tutaj na celu otrzymanie masy plastycznej, dogodnej dla formowania cegieł, przyczem zwilżanie mąki cementowej doprowadzone jest do 8—24% zależnie od jej składu i sposobów dalszej jej przeróbki. O ile przytem odbywa się mieszanie różnorodnych materjałów luźnych, jak to bywa w wypadkach spiekania rud oraz w cementownictwie, wówczas zwilżanie dokonywane jest jednocześnie w tych samych przyrządach mieszalnych, w których odbywa się mieszanie materjałów, przez dodanie do nich odmierzonej ilości wody. W cementowniach wymagany stopień wilgotności mieszaniny może być osiągnięty przez zmieszanie suchego wapienia z wilgotną gliną, której uprzednie suszenie doprowadzono tylko do określonego stopnia. Dogodniej jednak jest doprowadzić mieszaninę do wymaganej wilgotności przez dodanie wody. Jeżeli mieszanie produktów wogóle nie jest dokonywane, jak np. przy wyrabianiu cegły z gliny i łupków gliniastych o składzie odpowiednim lub przy przeróbce naturalnych portland-cementów, wówczas opisane wyżej mieszarki mogą służyć wyłącznie do zwilżania. Dogodniej jednak w tym wypadku jest używać istniejących specjalnie do tego celu przyrządów mniejszych, mających kształt wąskich żłobów z wałem, obracającym się dookoła osi, zaopatrzonym w łopatki krzyżowe (patrz rys. 42).

Przy brykietowaniu węgla kamiennego operacja, analogiczna do zwilżania, zachodzi przy używaniu, jako materjału wiążącego, płynnej smoły: mazutu, smoły węglowej lub drzewnej, ropy naftowej. Jednorodność mieszaniny osiąga się tu przez jednorazowe rozcieranie miału węglowego w bardzo ciężkich młynach chilijskich przyczem ropa lub mazut w ilości odmierzonej doprowadzane są zapomocą rur zraszających, umieszczonych przed każdym młynem chilijskim, obracającym się wraz z niemi, z których ciecz spływa do masy rozcieranej kroplami. Wskutek nacisku ciężkich walców ciecz nietylko rozchodzi się równomiernie między ziarnami węgla, ale też przenika do najdrobniejszych

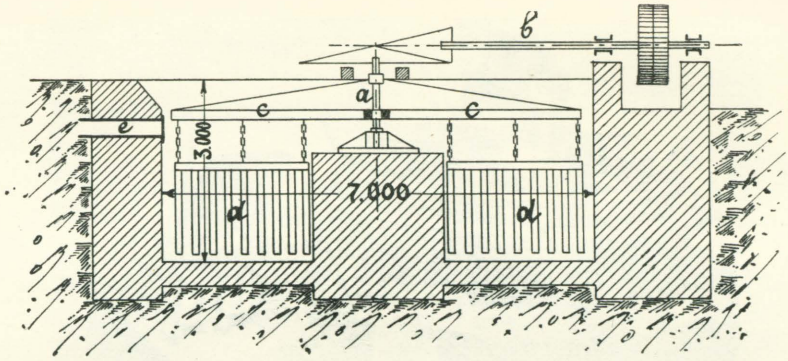


Rys. 43. Młyny chilijskie do rozcierania i mieszania materjału luźnego z cieczą.

jego por, powodując zmieszanie tak subtelne, iż nie może być już zpowrotem otrzymana sposobami mechanicznemi i tworzy jednolitą masę plastyczną nowej substancji „węglomazut“, z której łatwo dają się formować brykiety przy stosunkowo nieznacznem ciśnieniu (sposób Allgemeine Brikettierungs-Gesellschaft). Ilość dodawanej substancji płynnej — 7—12%, zależnie od jakości węgla i cieczy. Rysunek 43 uwidacznia typ podobnych młynów rozcierających.

2. **Nasycanie** daje produkty wilgotne, przechodzące w mokre. Znajduje ono zastosowanie głównie przy materjale drobnym, niewiększym od piasku grubego. Nasycone wodą lub rozczynami produkty wchłaniają w siebie maximum cieczy, która wypełnia wszystkie próżnie w całej masie materjału luźnego. Operacja ta zachodzi we wszystkich procesach hydrometalurgicznych, gdy dla zaoszczędzenia rozczynów wymagane jest zużycie minimalnej, lecz dostatecznej ich ilości. Z operacjami nasycania zapoznaliśmy się już przy opisywaniu procesu cyjanizacji rud złota (T. II, str. 184). Oprócz tego znajdują one zastosowanie przy przeróbce hydrometalurgicznej innych rud, jak Ag, Cu i in. Tutaj

powtórzymy w krótkości, że sposoby nasycania, które zasadniczo zawsze powinno być równomierne, zależą od stopnia rozdrobienia materjału oraz obecności iłów. Warunki nasycania są takie same, jak warunki filtracji. Wskutek tego w celu równomiernego nasycenia rozczynami należy przedewszystkiem oddzielić piasek od iłów. Nasycenie piasków uwarunkowane jest: 1) równomiernością materjału, bardziej więc szczegółowa ich klasyfikacja może być tylko użyteczna, i 2) dostatecznie luźnem załadowaniem kadzi, co zależy od sposobów ładowania piasków do kadzi i od wysokości tych ostatnich. Nasycenie iłów zależy od pozbawienia ich charakteru iłowo-koloidalnego i dokonywa



Rys. 44. Mieszarka do przyrządzania roztworu cementowego przy mokrym sposobie wyrobu.

się przez mechaniczną agitację w nadmiarze rozczynów za pośrednictwem mechanicznych mieszadeł, wdmuchiwania powietrza sprężonego lub przepompowywania okrężnego zapomocą pomp odśrodkowych. Powyższa operacja mieszania iłów z cieczą odbywa się zawsze w nadmiarze tej ostatniej i zbliża się do trzeciego rodzaju operacji mieszania materjału luźnego z cieczą, zasadniczo jednak stanowi typ drugi — nasycanie.

Analogiczną operację nasycania materjału iłowego spotyka się przy przeróbce glin, gdzie połączona ona jest z ich przemywaniem i towarzyszącem mu oddzielaniem domieszek piasku, z drugiej więc strony zbliża się do rozcierania lub spulchniania materjału gliniastego, odróżniając się od typowej operacji rozluzowania (t. I, str. 91) stosowaniem jej do materjału ze znaczną przewagą gliny, wskutek czego uwolnienie cząstek piasku miałkiego może zachodzić jedynie pod warunkiem zupełnego nasycenia gliny wodą. Operacja ta nabiera szczególnego znaczenia przy t. zw. mokrym sposobie przygotowania materjałów w cementowniach, gdzie otrzymuje nazwę rozpuszczania, przyczem towarzyszy jej mieszanie z wapieniem (najczęściej w postaci kredy) w celu otrzymania jednorodnego roztworu mieszaniny cementowej w postaci zaprawy. Do tego celu służy mieszarka (rys. 44), skła-

dająca się z okrągłej kadzi betonowej, niekiedy żelaznej lub drewnianej, o średnicy 4—7 m i wysokości 2—3,5 m, w której znajduje się wał pionowy *a*, poruszany przez poziomy wał napędowy *b* zapomocą zespołu zębatych kół stożkowych. Wał *a* zaopatrzony jest w krzyżak *c* z zawieszonym na łańcuchach zespołem ciężkich mieszadeł *d*. Mieszanina zawiera 85% wody i podczas ruchu mieszadła roztwór wycieka z kadzi przez otwór okrągły *e*, znajdujący się w górnej jej części, przykryty sitem i zaopatrzony w zasłonę, grubsze zaś cząstki nierozpuszczalne osadzają się na dnie, skąd są okresowo usuwane. Roztwór ścieka do wielkich zbiorników osadowych, gdzie wobec jednakowych ciężarów gatunkowych gliny i wapienia osiada mieszanina zupełnie jednorodna. Mieszaninę tę suszy się w celu wyrabiania z niej cegieł klinkierowych i wypalania ich w piecach Ditscha lub Hoffmanna albo przepompowuje się w stanie ciekłym do rotacyjnych pieców.

3. Zwykłe **rozcieńczanie** wodą lub mieszanie produktów luźnych z dużym nadmiarem wody aż do otrzymania produktów „mokrych" spotyka się we wszystkich procesach mokrych wzbogacania, przyczem stosunek objętościowy wody do cząstek stałych wynosi zależnie od okoliczności od 4:1 do 30:1. Stosuje się je zarówno w zasadniczych operacjach przeróbki, jak i w operacjach transportu przez spływanie w rynnach; nie posiada więc ono szczegółów wymagających omówieniu z wyjątkiem wypadków, gdy materjał wskutek swych własności fizycznych trudno zwilża się wodą. Tak, suchy miał węglowy zawiera w sobie zwykle ogromną ilość materjału iłowego w postaci pyłu, niezwilżalnego przez wodę, który pozostaje na powierzchni wody i stanowi straty w wodach szlamowych. W tych wypadkach dla usunięcia z pyłu pęcherzyków powietrza, powodujących jego spływanie, wystarczy silne mieszanie, dokonywane w zbiornikach walcowych zapomocą mieszadeł, obracających się na wale pionowym. Przy przeróbce mokrej miału węglowego podług systemu Craiga bez uprzedniej klasyfikacji, miał węglowy zwykle bywa przedtem wymieszany w takiego rodzaju mieszarkach, co właściwie stanowi nietyle operację mieszania, ile operację z w i l ż a n i a. Naturalnie podobnego rodzaju warunki mogą zachodzić również przy przerabianiu rud, jeżeli niektóre minerały wskutek swych naturalnych własności rozmaicie ulegają zwilżaniu wodą. Stosowanie w danym wypadku przy wzbogacaniu sposobu flotacji jest najbardziej celowe, co jednakże niezawsze, jak wiadomo, jest możliwe wskutek różnych przyczyn i wówczas dla uniknięcia strat w wodach szlamowych należy zwracać szczególną uwagę na to, ażeby wszystkie ziarna minerału były zwilżone wodą w stopniu jednakowym. W niektórych wypadkach osiąga się to tylko przez mechaniczne mieszanie miału rudy z wodą, a niekiedy również i przez nagrzewanie. Przy przeróbce mieszaniny FeS_2 i $CuFeS_2$ bardzo często można zauważyć, że część ziarn chalkopirytu posiada skłonność do pozostawania prze-

ważnie na powierzchni wody, o ile więc przeróbka ma na celu głównie wydobycie rud miedzi, wówczas bez zastosowania odpowiednich środków ostrożności można narazić się na znaczne straty wskutek niezwilżalności części chalkopirytu.

Z powyższego przeglądu wypadków mieszania rozluzowanych produktów stałych z cieczą wynika, że operacja ta posiada w różnych procesach przeróbki znaczenie zawsze pomocniczo-przygotowawcze.

Wypadki mieszania produktów mokrych pomiędzy sobą nie mają wielkiego znaczenia i stanowią operacje proste, niewymagające specjalnego opisu.

ROZDZIAŁ VIII.

Kawałkowanie.

§ 1. Wstęp.

Zastosowanie. Kawałkowaniu, czyli połączeniu ziarn mniejszych w kawałki większe poddawany bywa materjał, składający się z drobnych ziarn, niekiedy z pyłu. Polega ono na nadawaniu materjałowi ziarnistemu postaci zwięzłej w kształcie prawidłowych cegieł lub brykietów albo w kształcie nieprawidłowym aglomeratów. Osiąga się przez to:

1) Możliwość zużytkowania materjału, nieprzydatnego wskutek swej postaci dla jakiegokolwiek użytku, a więc bezwartościowego.

2) Udogodnienie przewozu i przechowywania.

3) Uwolnienie się od uciążliwych zwałów niezdatnego do niczego produktu w postaci miału, zawsze powstającego przy wydobyciu i przeróbce mechanicznej każdego materjału surowego.

4) Wytworzenie specjalnego gatunku materjałów budowlanych w postaci cegieł, odpowiednich do wznoszenia różnych budowli.

Przedmiot kawałkowania stanowią rozmaite substancje:

1. Wszystkie gatunki kopalin palnych: miał węgla kamiennego i brunatnego, antracyt, łupki palne, miał koksowy.

2. Rudy w stanie ziemistym i proszkowatym, niektóre gatunki żelaziaków brunatnych i czerwonych (limonitów) w postaci surowej, miał w postaci pyłu, otrzymywany przy przeróbce suchej rud żelaznych, szlichy rud, otrzymywane w zakładach wzbogacających, np. szlichy magnetytu po subtelnem rozkruszeniu rudy w młynach rurowych i in.

3. Produkty hutnicze: miał różnych rud prażonych, resztki siarczków, wyprażone i pozbawione siarki oraz miedzi, miedź cementacyjna (otrzymywana przez osadzanie zapomocą żelazo-siarczanych wód kopalnianych), pył wielkopiecowy, zawierający dużą ilość Fe_2O_3, zmieszanego z koksem i in.

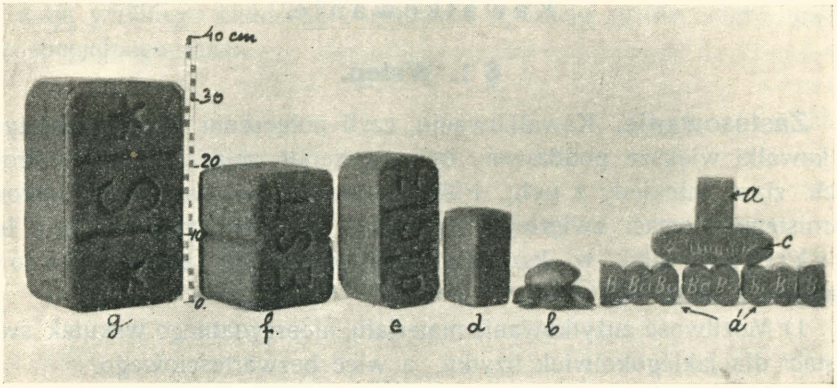
4. Odpady metalowe zakładów mechanicznych: wióry i obcinki żelaza, stali, miedzi, bronzu, miękkich stopów i tp.

5. Różnego rodzaju sole: sól kamienna, saletra i in.

6. Różne substancje, z których wyrabiane są materjały budowlane w postaci cegieł: glina, łupki gliniaste, piasek kwarcytowy, żużle fabryczne i t. p., wapienie, margle i in.

7. Różne odpady fabryczne, nadające się do produkowania taniego opału: trociny drzewne w tartakach, odpady organiczne przy wyrabianiu farb i olejów roślinnych, np. łuski nasienia bawełny, zmiotki węgla drzewnego, śmiecie uliczne w dużych miastach (Frankfurt nad M.) i in.

8. Niektóre produkty gospodarstwa wiejskiego, jak: siano, sierść, nawóz i wreszcie herbata, przy przyrządzaniu której otrzymywany jest znaczny % miału herbacianego.

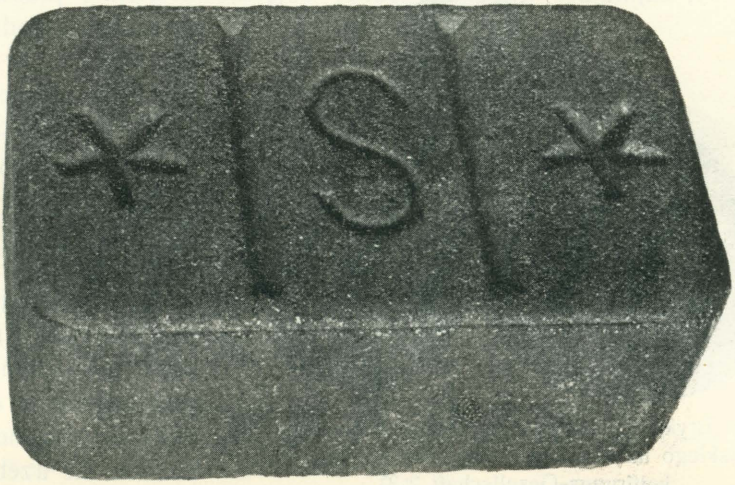


Rys. 45. Kolekcja brykietów węglowych (1:12,5).

a — Brykiet przemysłowy z węgla brunatnego.
a' — To samo.
b — Brykiety jajkowate (patrz rys. 48).
c — Brykiet z węgla brunatnego do użytku domowego.
d — Brykiet z węgla kamiennego, ważący 3 kg.
e — Brykiet z węgla kamiennego, ważący 5 kg.
f — Brykiet z węgla kamiennego, ważący 6 kg.
g — Brykiet z węgla kamiennego, ważący 10 kg (patrz rys. 46).

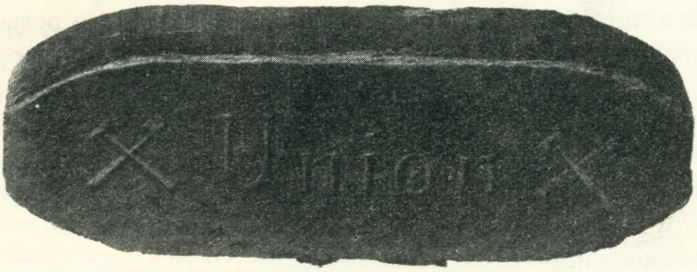
Znaczenie ekonomiczne kawałkowania jest ogromne: 1) W przemyśle węglowym umożliwia zużytkowanie wielkich ilości bezwartościowego miału i pyłu, który w stanie surowym nawet w paleniskach specjalnej konstrukcji nie przedstawia większej wartości, jako źródło ciepła i może być zużytkowany jedynie w kotłach własnych na kopalniach. Jednakże pomimo zużycia na miejscu niezawsze całkowita ilość produkowanego miału może być wykorzystana, zwłaszcza, że niektóre miękkie odmiany węgli wydobywane są prawie wyłącznie w postaci miału i eksploatacja ich bez kawałkowania stałaby się niemożliwa. Miał, pozostawiony w starych zrobach kopalnianych, może być źródłem bardzo niebezpiecznych pożarów i wybuchów podziemnych. Złożony w zwałach na powierzchni miał węglowy rozkłada się i zapala, wyrządzając okolicznym mieszkańcom i zarządom kopalń niezliczone niewygody i nieprzyjemności. 2) Bez zastosowania kawałkowania traci wszelkie znaczenie wzbogacanie magnetyczne bardzo rozpowszechnionych drobno-

wpryśniętych magnetytów, wymagających przy wzbogacaniu bardzo drobnego rozdrobienia, ruda bowiem w postaci szlichu nie może być przetapiana w wielkich piecach, dodana zaś do rudy kawałkowej zagważdża piec lub pociąga za sobą duże straty w pyle wielkopiecowym. Podobnież bogate magnetyty z zawartością 65% Fe, lecz impregnowane FeS_2 lub $CuFeS_2$, często spotykane na Uralu (Niżnij Tagił, Błagodat'), nie mo-



Rys. 46. Brykiet z węgla kamiennego, ważący 10 kg, używany w marynarce (1:3,5)

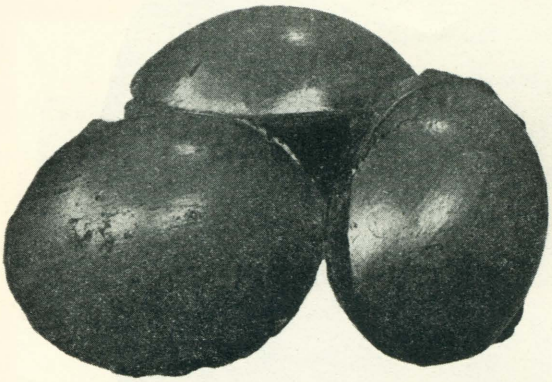
głyby być uważane za użyteczne ciała kopalne, gdyby nie istniały fabryczne metody skawałkowywania rud, gdyż w celu pozbawienia ich domieszek S i Cu rudy te muszą być poddane bardzo miałkiemu rozdro-



Rys. 47. Brykiet z węgla brunatnego dla użytku domowego (1:2).

bieniu i wzbogaceniu magnetycznemu. 3) Wszelkie odpady hutnicze, otrzymywane w stanie drobno rozkruszonym i w stanie pyłu, jak pył wielkopiecowy, resztki siarczków, zawierają znaczne ilości materjału wartościowego i bez zastosowania metod kawałkowania stanowiłyby straty bezpowrotne. 4) Zużytkowanie obcinków metalowych: wiórów, opiłek z tokarek, wiertarek i in. w zakładach mechanicznych dla ponownego przetopienia jest w znacznym stopniu ułatwione przy zasto-

sowaniu metod kawałkowania. 5) Kawałkowanie soli ma wielkie znaczenie dla przewozu i zabezpieczenia przed rozpływaniem się wskutek wchłaniania przez nią z powietrza wilgoci dzięki higroskopijności. 6) Kawałkowanie siana, sierści, nawozu, substancyj użyźniających ma wielkie znaczenie dla przechowywania zapasów oraz przewozu, nie mówiąc już o zużytkowaniu odpadów produkcji. Brykiety herbaciane przyrządzane z herbaty, zajmujące w postaci zbitej objętość niewielką, przewożone są nader dogodnie na wielbłądach w całej Mongolji i Tybecie. 7) Gospodarcze i sanitarne znaczenie kawałkowania różnych odpadów palnych, a w tej liczbie i śmieci ulicznych widoczne jest samo przez się. 8) Wreszcie o znaczeniu kawałkowania w cegielnictwie i cementownictwie nie trzeba nawet mówić.



Rys. 48. Brykiety jajkowate, wykonane z antracytu jegorszyńskiego na mazucie (sposobem Allgemeine Brikettirungs-Gesellschaft 2:3).

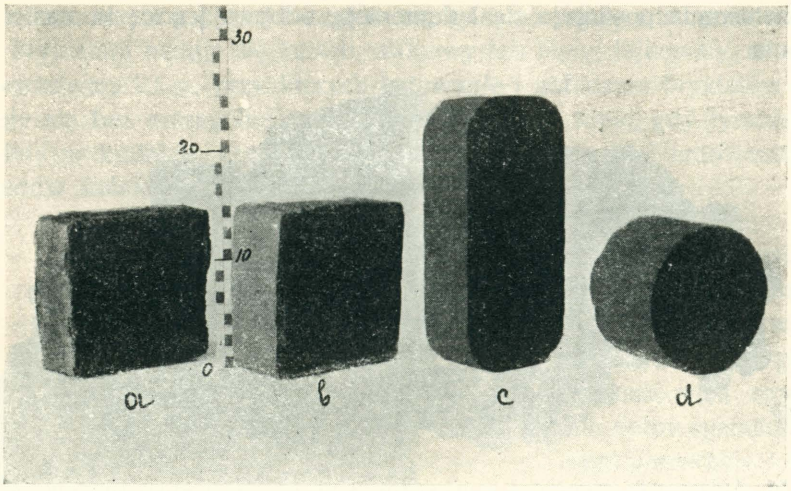
Widzimy więc, że dziedzina zastosowania kawałkowania jest bardzo duża i różnorodna. Tutaj będziemy mieli na względzie, oczywiście, kawałkowanie jedynie w zastosowaniu do produktów przemysłu górniczego — kopalin palnych, rud oraz skał, służących do wyrobu materjałów budowlanych.

Charakter operacji kawałkowania. Kawałkowanie posiada charakter operacji głównej, ponieważ ma na celu nadanie produktom rynkowym kształtu ostatecznego. Wyjątek stanowi formowanie cegieł z mąki cementowej w procesie pośrednim przy wyrabianiu klinkieru, który po wypalaniu miele się na proszek.

Z punktu widzenia otrzymania określonej ilości materjału wartościowego w kawałkach określonej wielkości i kształtu wszystkie rodzaje kawałkowania mogą być rozpatrywane jako sposoby mechaniczne wzbogacania, oparte na zasadzie ciśnienia. Pewnym jednak rodzajom kawałkowania, zwłaszcza aglomeracji, opartej na spiekaniu i działaniu wysokiej temperatury, towarzyszą mniej lub więcej głębokie zmiany chemiczne i dlatego mogą być one rozpatrywane jako specjalne odmiany wzbogacania chemicznego.

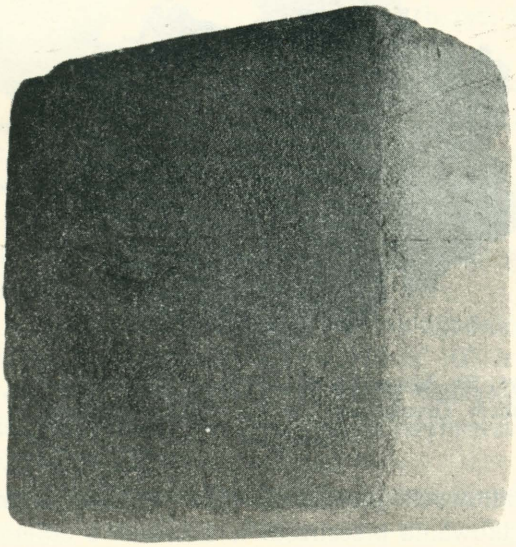
Rodzaje kawałkowania. Jak już zaznaczyliśmy, przez kawałkowanie można produktom surowym nadać kształt prawidłowych cegieł lub brykietów albo też kształt nieprawidłowy aglomeratu. W związku

z tem brykietowanie i aglomeracja, jako dwie operacje kawałkowania, pod względem swego znaczenia są zupełnie identyczne.



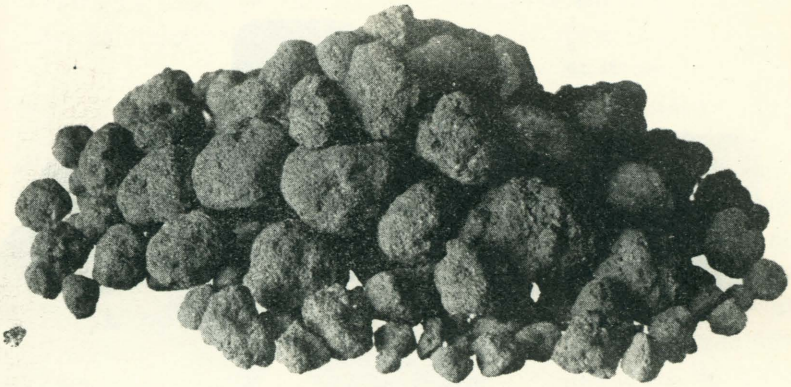
Rys. 49. Kolekcja brykietów rud żelaznych (1:6,7).
a i b — Brykiety, przyrządzone z szlichów Fe_3O_4 sposobem Gröndala (patrz rys. 50).
c — Brykiety z pyłu wielkopiecowego i
d — z magnetytu, przyrządzone sposobem Schumachera.

Prawidłowość lub nieprawidłowość kształtu zależy od celów i sposobów wyrobu. Tak, przy wyrobie materjałów budowlanych — cegieł — żadny inny kształt kawałków, prócz prawidłowych prostopadłościanów o określonym stosunku długości ich krawędzi, lub specjalnych gatunków cegieł kształtowych (płytek, dachówek itp.) nie może być wyrabiany. Przy produkcji portland-cementu kawałkowania używa się do przyrządzania produktu pośredniego — klinkieru, przyczem kształt kawałków zależy od sposobów wypalania. Jeżeli wypalanie jest dokonywane w piecach konstrukcji starej (piecach szybowych Ditscha, krę-



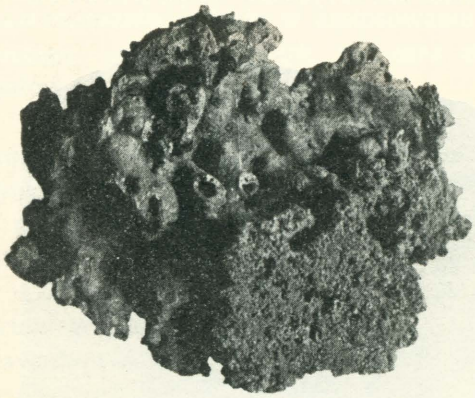
Rys. 50. Brykiet magnetytu, otrzymany sposobem Gröndala z rud kopalni Wysokogórskiej w Niżnim Tagilu (1:2,5).

gowych Hoffmanna), wówczas mąka cementowa jest brykietowana, a cegły suszy się i następnie wypala się. Jeżeli wypalanie dokonywa się w nowych piecach rotacyjnych systemu amerykańskiego, wówczas zamiast brykietowania posługuje się aglomeracją, odbywającą się w czasie wypalania.



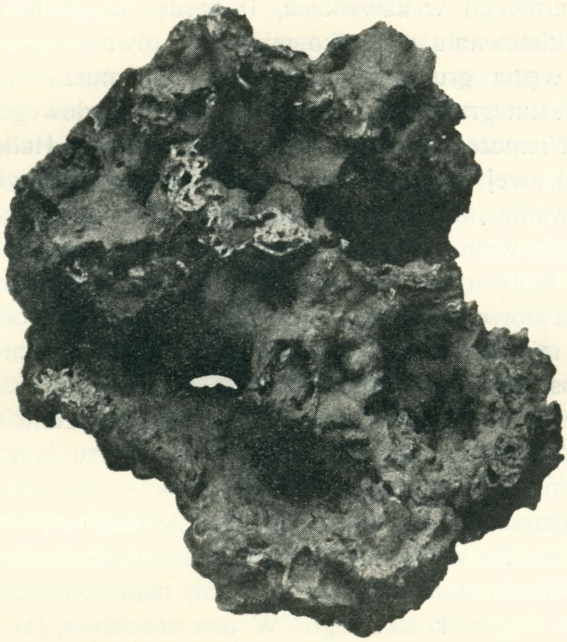
Rys. 51. Aglomeraty, otrzymane w piecu rotacyjnym na stacji doświadczalnej Ziegler & Fellnera w Frankfurcie nad Menem z rud magnetytu kopalni Wysokogórskiej w Niżnim Tagilu (1:5).

W przemyśle węglowym, jeżeli kawałkowanie ma na uwadze otrzymanie specjalnego gatunku opału, dogodnego do spalania na rusztach, do przewozu lub przechowywania, wówczas stosuje się brykietowanie i kawałki otrzymują postać prawidłowych brykietów różnego kształtu: prostopadłościanu, sześcianu, walca, kuli, soczewki itp. (rys. 45). Kształt i wielkość brykietów zależy od głównego celu użytkowania. Kształt prostopadłościanu ma szczególne znaczenie dla przewozu i przechowywania brykietów w składach, ponieważ tego rodzaju brykiety układa się z najmniejszemi pustemi przestrzeniami. Duże brykiety w kształcie prawidłowych prostopadłościanów dają możność najkorzystniejszego zużytkowania przestrzeni w składach o objętościach ograniczonych, ponieważ w danym razie pozostaje najmniejsza przestrzeń martwa, co ma wielkie znaczenie również dla zabezpieczenia opału przed rozkładaniem się i samozapalaniem. Okoliczność ta szczególnie posiada znaczenie dla



Rys. 52. Aglomerat magnetytu, otrzymany sposobem Greenavalta (w Am. Półn.) (wielkość naturalna).

okrętów i dlatego władze morskie dla potrzeb floty żądają zwykle brykietów węglowych o wielkości jak największej, które przy użyciu trzeba łamać i nawet kruszyć w kruszarkach. Jeżeli warunki ekonomji miejsca, zabezpieczenia przed rozkładaniem się i in. nie mają znaczenia, wówczas brykietom nadaje się kształt walcowy lub lepiej jajkowaty, owalny, soczewkowaty i t p., przy których ładowanie i układanie brykietów wykonuje się bez szczególnej ostrożności zapomocą łopat, gdy tymczasem brykiety w kształcie cegieł wymagają przy układaniu i ładowaniu do wagonów kolejowych zawsze pracy ręcznej.



Rys. 53. Aglomerat magnetytu, jak na rys. 52.

Tak więc:

1) Do opalania kotłów parowych w przedsiębiorstwach przemysłowych, gdzie większe mają znaczenie dobre spalanie się, duże parowanie i długi płomień, aniżeli warunki przechowywania, używane są niewielkie brykiety o wadze 100—220 gr., wielkości 50 × 50 × 33 do 60 × 60 × 48 mm (a, rys. 45) lub kształtu jajkowatego (b, rys. 45 i rys. 48.

2) Do użytku domowego w piecach, gdzie mogą mieć znaczenie warunki przechowywania w niedużych składach, używa się brykietów o wadze 350—1250 gr., wielkości 70 × 70 × 65 do 90 × 90 × 135 mm, dogodne pod względem wymiarów do ręcznego ładowania do pieców (c, rys. 45 i rys. 47).

3) Dla kolei żelaznych w komunikacji wewnętrznej najdogodniejsze są brykiety 3 kilogramowe o wymiarach 220 × 110 × 105 lub 150 × 130 × 135 (d, rys. 45). Do wysyłania na większą odległość używa się brykietów 5 kilogramowych (e, rys. 45) o wymiarach 280 × 150 × 135 lub 200 × 150 × 155.

4) Na parowcach rzecznych, gdzie warunki składów ograniczonych mogą mieć znaczenie decydujące, używa się brykietów o wadze 4—6 kg (f, rys. 45).

5) Wreszcie, największych brykietów używają władze morskie dla potrzeb floty wojennej. W Niemczech wyrabiane są dla floty brykiety

10 kilogramowe (g, rys. 45 i 46) wielkości 300 × 200 × 125, w Anglji — na wywóz do Indyj Wschodnich — 12,7 kilogramowe.

Brykiety węglowe mają zwykle większą wartość opałową niż miał węglowy, z którego zostały wykonane; zależy to częściowo od dodania do miału węglowego organicznych substancyj wiążących, posiadających znacznie większą wartość cieplną, a również i od sposobu brykietowania w związku z uprzedniem suszeniem, które usuwa znaczną część wilgoci higroskopijnej, obniżającej zdolność ciepłotwórczą węgla surowego. Własności brykietów jako opału niekiedy tak dalece przewyższają własności węgla surowego w kawałkach, iż bardzo korzystnem okazuje się poddanie brykietowaniu nie tylko miału, ale również orzechów i kostek, a nawet węgla grubego, które w tym celu muszą być najprzód rozkruszone w dezintegratorach do wielkości miału węglowego. Np., węgiel brunatny w Niemczech w okolicach Aachen, Kolonji, Halle brykietowany jest w całej swej masie od miału do najgrubszych brył. Uprzednie jego przygotowanie polega na kruszeniu w walcach karbowanych urobku węglowego, wydobywanego z kopalni oraz na zmieleniu w dezintegratorach i pulweryzatorach. W Zagłębiu Moskiewskiem zagadnienie brykietowania dotyczy więcej sortymentów średnich 20—50, aniżeli miału, który może mieć zbyt zapewniony w miejscowych cementowniach jako opał w postaci pyłu, wdmuchiwanego przez dysze pieców rotacyjnych, gdy tymczasem liche własności gatunków średnich, łatwe rozłupywanie się przy leżeniu i niewytrzymywanie przewozu mogą być powetowane jedynie przez ich zbrykietowanie.

Aglomerację w przemyśle węglowym spotyka się przy wyrobie koksu i ogranicza się do węgla tłustego i półtłustego (koksującego). Do wyrobu koksu wybiera się zwykle sortymenty najdrobniejsze, pozostałe po wydzieleniu węgla kostkowego. W tem znaczeniu, jako zużytkowanie miału, koksowanie i brykietowanie są identyczne. Jednakże, co się tyczy węgla, stanowiącego wskutek swych własności najlepszy materjał do otrzymania koksu, to i grubsze jego sortymenty, mogą również podlegać koksowaniu po uprzedniem ich rozdrobieniu. Koksowanie polega na suchej dystylacji materjału surowego i stanowi operację chemiczną wzbogacania kopaliny palnej w pierwiastek *C* (operacje analogiczne: produkowanie węgla torfowego i zwykłe zwęglanie). Przy koksowaniu produkt otrzymuje się w kształcie nieprawidłowych kawałków spieczonych i pod tym względem przypomina aglomerację innych gałęzi wytwórczości. Lecz aglomeracja węgla przy koksowaniu i brykietowaniu są to dwie operacje zasadniczo odmienne, z których żadna drugiej zastąpić nie może, albowiem do wyrobu koksu i brykietów używany jest węgiel różny, otrzymywane zaś produkty mają przeznaczenie inne: brykiety służą do spalania w paleniskach, a koks — przeważnie do celów metalurgicznych. Różnica polega jeszcze na tem, że otrzymywany przy brykietowaniu miał wskutek kruszenia się brykietów może być

poddany temuż samemu procesowi brykietowania, tymczasem zaś miał koksowy nie może już być zaglomerowany przez ponowne koksowanie, lecz podlega brykietowaniu podobnie do węgla chudego i antracytu.

Przy kawałkowaniu szlichów rud prawidłowość kształtu posiada znaczenie drugorzędne. Początkowo przy kawałkowaniu szlichów rud stosowano w większości wypadków brykietowanie, t. zn. kawałkom nadawano prawidłowy kształt brykietów (rys. 49, 50), co miało na celu korzyści przy ładowaniu produktu do wagonów kolejowych, rzadziej — zaoszczędzenie miejsca w składach, na które zresztą w zakładach jest zawsze dosyć miejsca. Co zaś się tyczy wpływu kształtu na procesy metalurgiczne topienia, to gładka powierzchnia formowanych brykietów rud okazuje się dla początku reakcji raczej szkodliwą, niż korzystną, to też zwykle przed ładowaniem brykietów do pieca wielkiego łamie się je na kilka kawałków drobniejszych w ten sposób, ażeby otrzymały one powierzchnię nierówną, dogodniejszą dla działania na nią gazów redukujących i zapoczątkowania reakcji. Najczęściej używanym wymiarem brykietów rud żelaznych, przyrządzanych sposobem Gröndala (rys. 50), jest wymiar 150×150×75. Kruchość ich zwykle jest taka, iż przy uderzeniu ręcznem jednych o drugie łamią się z łatwością. Aglomeracja szlichów rud, zmierzająca do tego samego, co i brykietowanie, daje produkt — aglomeraty (rys. 51, 52, 53) o powierzchni nierównej i o bardziej porowatej budowie wewnętrznej, które wskutek tych własności są przydatniejsze do topienia w piecach, niż brykiety. Spiekanie i aglomeracja koncentratów rud różnych metali dawno już były w praktyce metalurgicznej znane, w stosunku jednak do szlichów rud żelaza operacje te, ze względu na wielkie ilości przerabianych rud żelaznych, spotykały znaczne trudności w swem wykonaniu praktycznem. W czasach nowszych zaczęto w Ameryce z powodzeniem stosować metodę aglomeracji do szlichów rud żelaza w piecach rotacyjnych, znanych w cementownictwie, a następnie nowsze sposoby spiekania metodą Greenavalta i Dwight & Lloyda zaczęły powoli rugować dawne sposoby brykietowania.

A. Brykietowanie.

§ 2. Proces ogólny brykietowania.

Przygotowanie. Brykietowanie, jako operacja główna przeróbki, wytwarzająca produkty w postaci ostatecznej, potrzebuje — rzecz prosta — całego szeregu operacyj przygotowawczych: rozdrabiania wzbogacania, suszenia, mieszania i in., przyczem wszystkie te operacje mogą być przy analizie procesu brykietowania zupełnie wyłączone i rozpatrywane w całości, jako samodzielny proces przeróbki, przygotowujący produkt ostateczny dla brykietowni, jako odbiorcy, stawiają-

cego zakładowi dla wzbogacania, jako dostawcy, pewne wymagania co do wielkości ziarna i składu. Tak więc, operacjami właściwie przygotowawczemi do brykietowania są te, które materjałowi, dostarczonemu do brykietowni, nadają własności, dające możność wytworzenia z niego zwięzłych cegieł lub brykietów, zdatnych do użytku. Ostateczne własności brykietów osiąga się zarówno przez odpowiednie przygotowanie, jakoteż przez samą operację brykietowania. Przygotowanie materjału dokonywa się zależnie od jego własności i sposobu brykietowania.

Zasady brykietowania. W każdym procesie brykietowania można odróżnić 3 następujące po sobie momenty:

1) formowanie cegieł lub brykietów,
2) uzwięźlanie cegieł sformowanych (prasowanie),
3) utrwalanie otrzymanej formy zwięzłej.

W wypadkach wyjątkowych wszystkie te trzy momenty łączą się w operację jedną. Częściej łączy się poszczególne momenty parami: formowanie z uzwięźlaniem, uzwięźlanie z utrwalaniem, co uskutecznia się w tym samym przyrządzie, w którego działaniu można zaobserwować kolejno w krótkich odstępach po sobie następujące momenty wyrobu (naprzykład formowanie i uzwięźlanie).

Formowanie. Ogólnym warunkiem możliwości sformowania jest plastyczność materjału. Plastyczność może być naturalna lub sztuczna, wywołana dodaniem do materjału luźnego substancji ciekłej (przez zwilżenie). Wszelkiemu formowaniu materjału plastycznego towarzyszy zawsze jednoczesne uzwięźlenie przez ciśnienie. Uzwięźlenie, jako czynność towarzysząca formowaniu, bywa zwykle stosunkowo słabe i takie właśnie z formowaniem połączone uzwięźlenie substancji plastycznej może mieć miejsce wówczas tylko, jeżeli po sformowaniu materjał zachowuje nadal nadany mu kształt. Własnością taką w postaci naturalnej odznaczają się gliny tłuste, torf ziemisty i węgiel brunatny, rudy gliniaste, otrzymywane w postaci drobnych odpadów w płóczkach, przerabiających złoża napływowe (otoczakowe rudy żelazne na górze Błagodat') lub żyły zwietrzałe i t. p. Plastyczność sztuczną, utrzymującą się przez długi okres czasu, można nadać glinom chudym i łupkom gliniastym, przez zwilżenie wodą, rudom słabo gliniastym — przez dodanie gliny tłustej do węgla brunatnego, płynnego torfu ziemistego do torfu smolistego, płynnych węglowodorów — ropy naftowej, smoły, mazutu (według sposobu Allgemeine Brikettierungs- Gesellschaft) do węgla kamiennego i t. p. Wszystkie te sposoby brykietowania nazywają się mokremi (Nasspressverfahren). Przyrządy, w których dokonywa się podobnego rodzaju formowania, nazywają się maszynami formierskiemi lub prasami mokremi i odznaczają się nieznacznem ciśnieniem (1—2 atm.).

Uzwięźlanie. Jeżeli materjał zachowuje swą plastyczność tylko na czas bardzo krótki lub, będąc w chwili formowania luźnym, w dalszym

procesie nabiera plastyczności, wówczas ciśnienie maszyn formierskich jest niedostateczne. W danym wypadku momenty formowania i uzwięźlania rozchodzą się, lecz następują po sobie w bardzo krótkich odstępach czasu w tymże samym przyrządzie, przyczem rozdział momentów pozwala na zastosowanie ciśnienia wysokiego dla uzwięźlenia brykietów. Zdarza się to wówczas: 1) gdy plastyczność materjału, osiągnięta zwilżeniem, znika szybko wskutek niezwłocznego wysychania; takiemi są bardzo chude piaszczyste łupki gliniaste i szlichy rud żelaznych (magnetyty); 2) gdy materjał nabiera plastyczności naturalnej przy temperaturze wysokiej, naprzykład w pewnych gatunkach węgla brunatnego przy nagrzewaniu miękną ich smoliste części składowe (bitumy); 3) gdy plastyczność materjału uwarunkowana jest dodaniem substancyj ciekłych przy temperaturze wysokiej i stopionych przy przeróbce poprzedniej przed lub po zmieszaniu, naprzykład przy brykietowaniu węgla kamiennego z domieszką smoły twardej, topniejącej przy temperaturze wysokiej; 4) gdy plastyczność osiągana jest przez zwilżenie z dodaniem substancji szybko twardniejącej i wiążącej podobnie do cementu, naprzykład przy brykietowaniu szlichów rud sposobem Schumachera; i 5) wreszcie, gdy plastyczność może być osiągnięta wyłącznie przez ciśnienie wysokie (sposób Ronay'a w zastosowaniu do węgla i rudy). Takie metody brykietowania nazywają się suchemi (Trockenpressverfahren), przyrządy zaś, wytwarzające zaraz po sformowaniu ciśnienie wysokie (50—500—1500 atm.), nazywają się prasami suchemi lub prasami brykietowemi (w zastosowaniu do cegielnictwa — maszynami ceglarskiemi).

Utrwalanie form może odbywać się: 1) jednocześnie z uzwięźlaniem lub 2) następować po skończeniu prasowania w operacji oddzielnej, lub 3) sposobem mieszanym. W pierwszym wypadku do masy, podlegającej brykietowaniu, dodawana jest t. zw. substancja wiążąca, która w chwili formowania znajduje się w stanie ciekłym i nadaje masie plastyczność, niezbędną do formowania, ale twardnieje natychmiast po uzwięźleniu lub w krótkim czasie potem. Sposób ten stosuje się do wszystkich gatunków kopalin palnych, przyczem jako substancyj wiążących używa się specjalnych gatunków smoły twardej, topniejącej przy temperaturze wysokiej. Przy węglu brunatnym (torfie) taka substancja wiążąca, posiadająca powyższe własności, może znajdować się w jego składzie naturalnym.

Osobna operacja utrwalania przedstawia w większości wypadków przeróbkę termiczną, polegającą na suszeniu, wypalaniu, nagrzewaniu w atmosferze o składzie specjalnym (pod ciśnieniem) lub ochładzaniu. Tak, suszenie dodatkowe lub wypalanie zawsze charakteryzują sposoby brykietowania zapomocą maszyn formierskich. Suszenie cegieł, zrobionych z naturalnych mas plastycznych, t. j. rudy gliniastej, torfu, ziemistego węgla brunatnego lub sztucznej mieszaniny masy

cementowej, powodując osuszenie ze zmniejszeniem objętości bez zmiany jednak budowy wewnętrznej, okazuje się środkiem zupełnie dostatecznym dla stwardnienia cegieł po wyjściu ich z formierni do stopnia, wymaganego w użyciu. Wypalanie nadaje cegłom budowlanym potrzebną wytrzymałość, wskutek wytworzenia się w nich bezwodnych krzemianów glinu i stanowi zakończenie wyrobu cegieł zarówno przy sposobie mokrym, jak i suchym. W procesie mokrym wypalaniu towarzyszy uprzednie suszenie. Podobnież przy brykietowaniu szlichów rud żelaznych przez prażenie osiąga się spiekanie ziarn szlichów w brykietach i nadaje się im kształt ostateczny przy brykietowaniu suchem.

Sposobu mieszanego utrwalania form używa się wówczas, jeżeli dodane substancje wiążące nie twardnieją natychmiast po wyprasowa-

	Przygotowanie do nadania plastyczności	Formowanie i uzwięźlanie	Utrwalanie	Typ ciała kopalnego
Mokre sposoby brykietowania	a) Masa ma plastyczność naturalną.	1) Formowanie dokonywa się zapomocą maszyn formier. z jednoczesnem uzwięźleniem przy ciśnieniu słabem (1–2 atm.)	1) Suszenie	1) Torf ziemisty 2) Węgiel brun. 3) Ruda gliniasta 4) Mąka cementowa w procesie mokrym
			2) Suszenie + Prażenie	Glina tłusta do wyrobu cegieł
	b) Plastyczność osiąga się sztucznie:			
	1) Przez zwilżenie wodą.	„ „	1) Suszenie.	Mąka cementowa w procesie suchym.
			2) Suszenie + Prażenie.	Gliny półtłuste w cegielnictwie.
	2) Przez dodanie gliny tłustej	„ „	1) Suszenie	Węgiel brunatny. Ruda słabogliniasta.
	3) Przez dodanie płynnej ropy naftowej, smoły, mazutu przy temperaturze zwykłej.	2) Formowanie w suchych prasach brykiet. z oddzielnem uzwięźleniem pod ciśnieniem dużem (50–500 atm.).	3) Wskutek ciśnienia przy uzwięźlaniu w prasie suchej.	Węgiel kamienny wszystkich typów (sposób Allgemeine Brikettierungs-Gesellschaft).

	Przygotowanie do nadania plastyczności	Formowanie i uzwięźlanie	Utrwalanie	Typ ciała kopalnego
Sposoby półsuche	a) Masę robi się plastyczną sztucznie.	1) Formowanie w suchych prasach brykietowych z oddzielnem uzwięźleniem pod ciśnieniem dużem (50—500 atm.).		
	1) Przez zwilżenie wodą, powodującą plastyczność niedługotrwałą.		1) Prażenie.	1) Chude łupki gliniaste w cegielnictwie. 2) Szlichy rud żelaznych (sposób Gröndala).
	2) Przez dodanie wraz z wodą substancyj organicznych, pęczniejących w jej obecności (melasa, krochmal, celuloza i in.).	„ „	2) Suszenie.	Węgiel kamienny (półtłusty).
Suche sposoby brykietowania	3) Przez dodanie smoły twardej, topniejącej przy temperaturze wysokiej	2) Formowanie w suchych prasach brykiet. z oddzielnem uzwięźleniem pod ciśnieniem wysokiem (50—500 atm.).	3) Wskutek twardnienia przy t^0 zwykłej substancyj wiążących w procesie prasowania.	Półtłusty węgiel kamienny.
	4) Przez dodanie nieorgan. cementów wiążących.	„ „	4) Różne sposoby przeróbki termicznej.	1) Rudy (sposób Schumachera). 2) Przygotowanie cegieł z kwarcytu i żużli.
	5) Przez nagrzewanie do wysokiej t^0 i roztopienie części składowych (smoły, bitumów).	„ „	5) Zapomocą wysokiego ciśnienia w procesie brykietowania do 1500 atm. i ochładzania.	Węgiel brunatny.
	b) Masa pozostaje luźną.	„ „	6) Zapomocą wys. ciśnienia w procesie brykiet. wskutek zwiększenia spójności cząsteczek (3000 atm.).	Węgiel i rudy (sposób Ronay'a).

Następująca tabela grupuje sposoby brykietowania zależnie od rodzaju ciała kopalnego.

Typ ciała kopalnego			Sposób brykietowania	Przygotowanie	Brykietowanie	
				Plastyczność	Formowanie i uzwięźlanie	Utrwalanie
I. Materjały budowlane	a) Cegielnictwo	1) Glina tłusta	Sposób mokry.	Naturalna	Maszyna formierska o słabem ciśnieniu.	Suszenie + prażenie
		2) Półtłuste łupki gliniaste.	„ „	Zwilżenie wodą	„ „	„ „
		3) Chude łupki gliniaste.	Sposób suchy (półsuchy)	„ „	Maszyna ceglarska o silnem ciśnieniu (50—500 atm.).	Prażenie
		4) Piasek kwarcowy, żużle.	„ „	Woda + mieszanina cementująca.	„ „	Specjalna przeróbka termiczna.
	b) Cementown.	1) Wilgotna mieszanina cement. (wapno + glina)	Sposób mokry	Naturalna (niekiedy dodanie mieszaniny suchej)	Maszyna formierska o ciśnieniu słabem.	Suszenie
		2) Sucha mąka cementowa.	Sposób suchy	Zwilżenie wodą (lub dodanie gliny plast.).	Prasa — ciśnienie 50—200 atm.	„
II. Kopaliny palne	a) Torf	1) Torf ziemisty	Sposób mokry	Naturalna	Maszyny formierskie przy ciśnieniu słabem.	Suszenie
		2) Torf smolisty	a) „ „ b) Sposób suchy	Dodanie torfu ziemist. Przez nagrzewanie do zmiękczenia części smolistych.	„ „ Prasa brykietowa o ciśnieniu silnem.	„
	b) Węgiel brun.	1) Ziemisty węgiel brunatny.	Sposób mokry	a) Zwilżenie wodą b) Dodanie gliny.	Maszyna formierska o ciśnieniu słabem.	Suszenie
		2) Zwięzły węgiel brunatny.	Sposób suchy.	a) Nagrzewanie do zmiękczenia smolist. substacyj składowych b) Patrz węgiel kam.	Prasowanie pod ciśnieniem silnem (1500 atm.) w prasach brykietowych.	

II. Kopaliny palne	c) Węgiel kamienny	1) Tłusty i półtłusty węgiel kamienny	a) Sposób półsuchy	Zwilżenie i dodanie subst. organ. pęczniejących w wodzie.	Prasowanie w prasach brykietowych pod ciśnieniem 50—500 atm.	Suszenie, dzięki stwardnieniu dodanych wiążących substancyj organicznych.
			b) Sposób suchy	Dodanie twardej smoły organ. i nagrzewanie do jej stopienia.	Prasowanie gorącej masy w prasie brykietowej pod silnem ciśnieniem — 50—500 atm.	
		2) Węgiel wszystkich gatunków do chudego, antracytu i koksu.	c) Sposób mokry (półsuchy) (Allg. Briket. Ges.)	Dodanie płynnych substancyj wiążących: ropy naftowej, smoły, mazutu.	Prasowanie w prasie brykietowej pod silnem ciśnieniem — 50 — 500 atm. na zimnie.	
			d) Sposób suchy Ronay'a.	Masa luźna.	Prasowanie pod ciśnieniem 3000 atm. bez substancyj wiążących, utrw. wskutek spójności cząsteczkowej.	
III. Rudy		1) Ruda gliniasta	Sposób mokry	a) Naturalna b) dodanie wody lub gliny.	Maszyna formierska o ciśnieniu słabem.	Suszenie
		2) Szlichy rud żelaznych.	Sposób suchy (półsuchy) Gröndala.	Zwilżenie wodą	Prasowanie pod ciśnieniem znacznem 50—500 atm.	Prażenie, powodujące spiekanie.
		3) Szlichy rud różnych	a) Sposób suchy Schumachera.	Dodanie chwytających cement. nieorganicznych	Prasowanie pod ciśn. znacznem 50—500 atm.	Specjalna przeróbka termiczna.
			b) Sposób suchy Ronay'a.	Masa luźna.	Prasowanie pod ciśnieniem bardzo znacznem 3000 atm. bez substancyj cementujących — wskutek spójności cząsteczkowej.	

niu, lecz wymagają: 1) ochładzania (niektóre węgle brunatne) lub 2) suszenia, przy użyciu do brykietowania węgla kamiennego organicznych substancyj wiążących, pęczniejących w wodzie, lub 3) specjalnej przeróbki parą wodną pod ciśnieniem przy użyciu do brykietowania szlichów rud żelaznych rozmaitych cementów wiążących.

Niekiedy utrwalanie polega na zastosowaniu wyższego ciśnienia, niż to jest konieczne do uzwięźlenia, np. przy brykietowaniu węgla brunatnego pod ciśnieniem 1500 atm., przyczem czasami możliwe jest uniknięcie dodawania substancyj wiążących, których rolę zastępuje przyciąganie cząsteczkowe, przejawiające się między ziarnami ściśniętemi. Tak, podług sposobu Ronay'a węgiel i rudy pod ciśnieniem 3000 atm. brykietuje się bez żadnych substancyj wiążących.

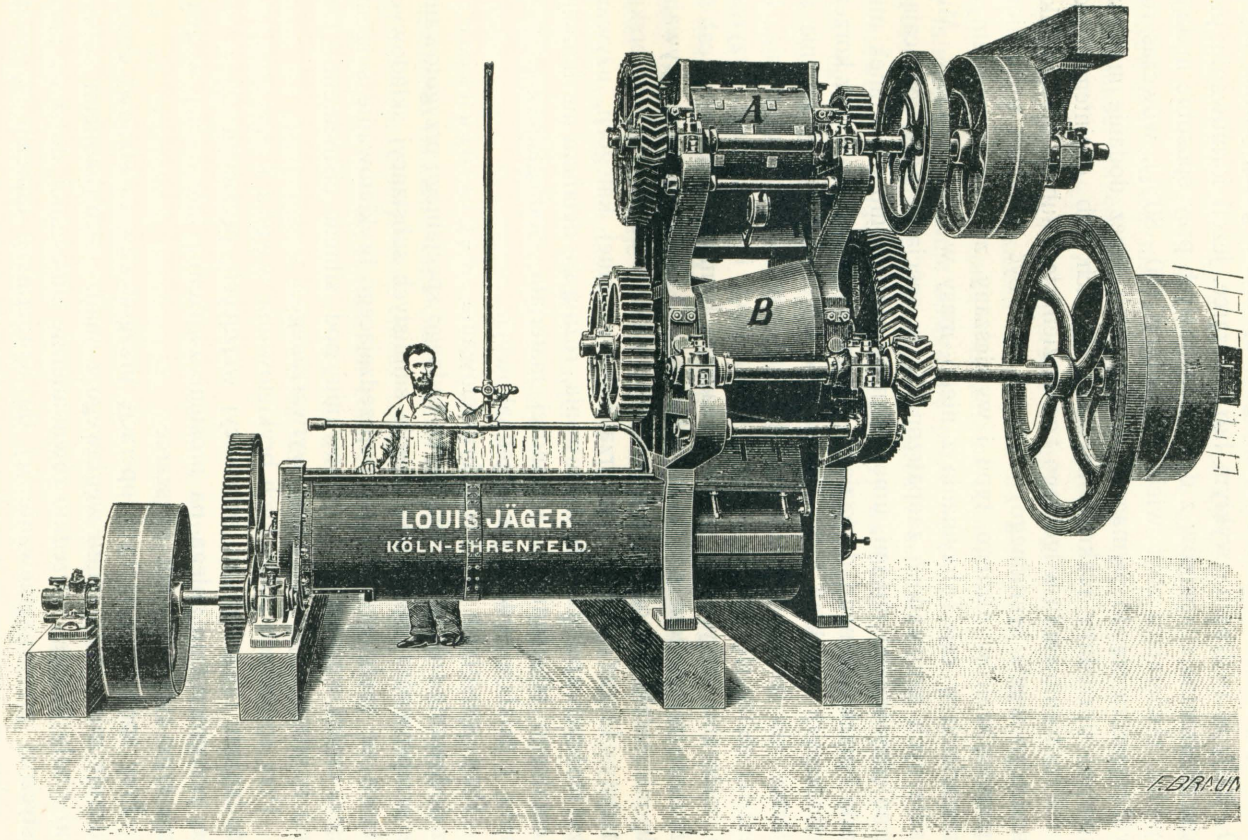
Niskie ciśnienie, wytwarzane w zwykłych prasach suchych, może mieć analogiczne znaczenie utrwalania form przy sposobach mokrych brykietowania, co naturalnie wyklucza oddzielną operację formowania, naprzykład mokre brykietowanie węgla kamiennego na płynnym mazucie w prasach suchych sposobem Allgemeine Brikettierungs-Gesellschaft.

Wszystko, co powiedzieliśmy wyżej, pozwala na zestawienie, podanych na str. 100—103, tabel będących w użyciu sposobów brykietowania.

§ 3. Nadawanie plastyczności.

Przygotowanie materjału polega na nadaniu mu plastyczności. Przy wyrabianiu cegły z gliny tłustej, tłustego roztworu cementowego, zwałów odpadów rud gliniastych (materjału drobnego — odpadów z płóczek) i mokrego torfu ziemistego, substancje te posiadają plastyczność dostateczną w postaci naturalnej. Częściej plastyczność wymaganą nadaje się sztucznie drogą wygniatania i zwilżania. Nawet tłusta glina plastyczna bardzo często potrzebuje uprzedniego wygniecenia. Tłuste łupki gliniaste po uprzedniem zmieleniu poddaje się dodatkowemu wygniataniu, połączonemu ze zwilżaniem. Wygniatania dokonywa się zapomocą specjalnego systemu walców, których konstrukcja zależy od mniejszego lub większego stopnia zwięzłości substancji gliniastej. Do najgrubszego wygniecenia służą walce, zaopatrzone w nierówności i występy (rys. 54, A).

Do wygniecenia dokładniejszego służą walce stykające się o powierzchni gładkiej w postaci dwóch umieszczonych odwrotnie stożków ściętych (rys. 54, B), których punkty przeciwległe, obracające się z prędkością różną, powodują ślizganie się powierzchni i rozcieranie materjału przechodzącego. Łupki półtłuste zwilża się do 7—10% w zwilżaczu o typie, opisanym w rozdziale o mieszaniu (rys. 42 i 54). Wszystkie trzy przyrządy mogą stanowić przyrządy osobne albo jeden kompleks, przyczem zwilżanie może poprzedzać lub następować po wygniataniu. Komplet walców rozgniatających razem ze zwilżaczem bywa często



Rys. 54. Walce rozcierające ze zwilżaczem do nadawania plastyczności skałom gliniastym przed formowaniem.

umieszczany w jednym przyrządzie z maszyną formierską i otrzymuje ruch od napędu ogólnego.

W cementowniach przy wyrabianiu klinkieru mąkę cementową, stanowiącą mieszaninę rozkruszonego wapienia z gliną, zwilża się do 20—24% w zwilżaczu zwykłym lub mieszarce. Jeżeli formowaniu podlega mieszanina roztworów z dołów osadowych przy sposobie mokrym wyrobu, zawierająca zbyt wielki % wilgoci (40—80%), wówczas roztwór zgęszcza się do wymaganej konsystencji przez dodanie materjału suchego, uprzednio rozkruszonego w walcach lub dezintegratorach.

Przy formowaniu wilgotnego torfu ziemistego lub smolistego (także ziemistego węgla brunatnego) materjał musi być przedtem rozluźniony zapomocą walców różnego typu i wymieszany z wodą w specjalnych mieszarkach w celu otrzymania z niego masy w postaci kaszy. Mieszadła tych przyrządów zaopatrzone są w specjalne noże, obracające się między innemi nożami, umocowanemi nieruchomo do ścianek mieszarki i przeznaczonemi do krajania substancyj włóknistych oraz korzeni, wchodzących w skład torfu. Konstrukcję mieszadeł i noży zmienia się zależnie od jakości torfu i posiada ona tem większe znaczenie, im bardziej zbliża się torf do odmian włóknistych i darniowych. Przyrząd do mieszania zwykle łączy się z maszyną formierską w jedną całość, przyczem mieszadłom nadaje się taką postać i kształt, żeby, odgrywając rolę mieszarek, jednocześnie przesuwały materjał do skrzyni formierskiej maszyny. Liczne odmiany przyrządów wskazanej kategorji, używane przy mokrych sposobach brykietowania, różnią się detalami mechanizmu mieszalnego stosownie do własności materjału, podlegającego formowaniu, i działają podług zasad jednakowych.

Przy sposobach suchych brykietowania węgla brunatnego bez dodawania substancyj wiążących żadnego specjalnego przygotowania nie przeprowadza się. Rozmiękczenie smolistych substancyj składowych odbywa sie częściowo podczas poprzedzającego brykietowanie suszenia węgla, częściowo zaś przy prasowaniu pod silnem ciśnieniem (1500 atm.) kosztem ciepła, przy tem wytwarzanego.

Przy sposobach półsuchych brykietowania węgla kamiennego z dodaniem organicznych substancyj wiążących, pęczniejących w wodzie, przygotowanie polega na prostem zwilżeniu mieszaniny w zwilżaczu typu zwykłego lub mieszarce.

Przy sposobach suchych operację przygotowawczą stanowi doprowadzenie mieszaniny miału węglowego z miałko rozdrobionemi odmianami smoły twardej, uprzednio równomiernie zmieszanej, do stanu masy plastycznej przez nagrzewanie jej do temperatury topienia się smoły tak, żeby ta ostatnia pod wpływem ciśnienia w prasie przy gorącym przebiegu brykietowania wypełniła wszystkie wolne miejsca między ziarnami i, twardniejąc przy ochładzaniu, nadała brykietom zwięzłość wymaganą.

Jeżeli węgiel poddawany jest uprzedniemu suszeniu w piecu płomiennym Biétrixa (rys. 27), wówczas przy dodaniu do węgla przed umieszczeniem go w piecu smoły, roztopienie jej odbywa się jednocześnie z procesem suszenia. Jeżeli do suszenia używa się suszarek parowych, wówczas zmieszanie węgla ze smołą następuje po wyjściu węgla z suszarek, a roztopienia smoły dokonywa się w specjalnych mieszarkach, znanych pod nazwą melakserów.

Melakser przedstawia wysoki walec u góry otwarty (rys. 65, A i 66, A) o średnicy 0,73—1,2 m, wysokości 1,5—2,5 m, z dnem stożkowem lub pochyłem ku otworowi wyładunkowemu, zamykanemu osłoną regulacyjną (*p*). Mieszania dokonywa się zapomocą pionowego wału środkowego (*m*) z kilkoma mieszadłami poprzecznemi przy 30 obrotach na minutę. Nagrzewanie osiąga się przez wprowadzenie pary przegrzanej do 400° zapomocą kilku (2—4) rurek z sztucerami (*q*) z rury pierścieniowej (*n*), połączonej zapomocą rury wspólnej z przewodem parowym ogólnej lub specjalnej instalacji kotłowej, przechodzącej przez przegrzewacz zwykłego typu wężykowatego z osobnem paleniskiem. Wskutek łatwej topliwości dodanej smoły, masa bardzo szybko nabiera charakteru plastycznego, przechodząc przez przyrząd dłużej, niż w ciągu 10 minut. Zużycie pracy melaksera — 35 KM. Wymagany stan plastyczności określa się przy pewnem doświadczeniu zapomocą dotyku. Melakser zwykle montuje się na ramie fundamentowej wspólnej z prasą brykietową (rys. 65 i nast.), i odgrywa rolę zbiornika regulacyjnego między prasą, a przyrządami poprzedzającemi: suszarką, gniotownikami i in. W pewnych wypadkach bywa ustawiany zupełnie niezależnie od prasy i połączony z tą ostatnią zapomocą śruby transportowej.

Przy sposobie mokrym brykietowania węgla kamiennego metodą Allgemeine Brikettierungs-Gesellschaft na płynnej ropie naftowej, smole lub mazucie plastyczność masy osiąga się zapomocą mieszania miału węglowego z smołą płynną na zimnie przy jednoczesnem rozcieraniu pod ciśnieniem w bardzo ciężkich młynach chilijskich. Masa wychodząca ma plastyczność dostateczną do prasowania w suchych prasach brykietowych.

Przygotowanie szlichów rud do brykietowania polega albo na zwilżaniu wodą, albo na zmieszaniu z odpowiedniemi cementami przy różnych warunkach termicznych. Przy brykietowaniu szlichów magnetytu metodą Gröndala często przy wyjściu koncentratów mokrych z zakładu wzbogacania magnetycznego wymagany stopień wilgotności osiągany bywa zapomocą odpowiedniego stopnia odwodnienia (rys 4, str. 11), na którem kończy się cykl operacyj wzbogacania, i żadnego zwilżania dodatkowego już nie przeprowadza się.

§ 4. Formowanie i uzwięźlanie.

(Prasowanie).

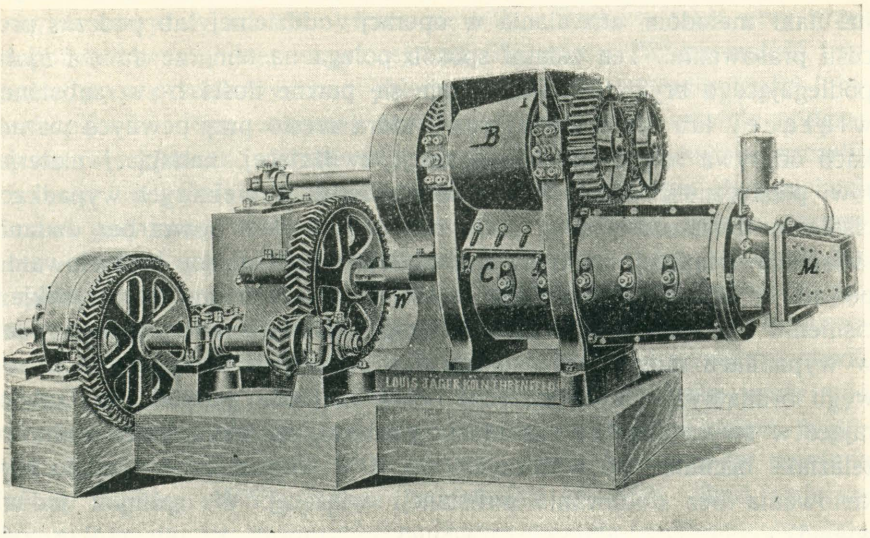
Sposoby formowania i uzwięźlania. Formowanie i uzwięźlanie w wypadkach najprostszych odbywa się ręcznie. Tak, przy wyrabianiu cegieł z masy plastycznej w przemyśle drobnym formowania dokonywa się w drewnianych skrzyniach bez dna, zaopatrzonych w przegródki podług kształtu cegieł, ustawionych na pomostach (stołach) z desek, przyczem nieznaczne uzwięźlenie w procesie formowania osiągane jest przez ciśnienie ręczne (ubijakami). Sposób ten może być stosowany wyłącznie do mokrego wyrobu cegieł. Tak odbywa się w wypadkach najprostszych wyrabianie cegieł z gliny tłustej i torfu ziemistego.

Przy produkcji masowej stosowana jest zawsze praca maszynowa. Przyrządy, służące do tego celu, nazywają się wogóle prasami, przyczem odróżnia się:

1) prasy mokre lub maszyny formierskie, używane do mokrych sposobów brykietowania o ciśnieniu mniejszem;

2) prasy suche lub właściwe prasy brykietowe (maszyny ceglarskie), używane do sposobów półsuchych i suchych brykietowania przy znacznem ciśnieniu.

Brykietowanie mokre w maszynach formierskich odznacza się działaniem ciągłem tychże. Masa plastyczna, naturalna lub otrzymana zapomocą odpowiedniego przygotowania, sztucznie przepychana jest przez skrzynkę formierską (rys. 55, M), której przekrój odpowiada kształtowi wyrabianych cegieł. Materjał wychodzi w postaci ciągłej wstęgi o określonym przekroju poprzecznym, przyczem oddzielne cegły otrzymuje się przez przecinanie wychodzącej wstęgi zapomocą specjalnego przyrządu. Formy, przy tym sposobie otrzymywane, noszą nazwę cegieł, stosownie do najbardziej typowego zastosowania tego sposobu do wyrabiania materjałów budowlanych, ogólnie znanych pod powyższą nazwą. Wskutek tego mówi się — cegły torfowe, węglowe, cementowe, rudne (Nasspresssteine). Uzwięźlanie odbywa się podczas przepychania materjału przez skrzynkę, czemu pomaga nieco stożkowo zwężający się kształt wylotu. Przepychania dokonywa się zapomocą wału obrotowego *W* z nożami śrubowemi, które zwykle uzupełniają wygniatanie materjału i niekiedy stanowią jedną całość z przyrządem do mieszania, jak np. w torfowych maszynach formierskich. Taśmowe maszyny formierskie, używane do wyrabiania cegieł z materjału gliniastego, zazwyczaj łączą się z bębnami gniotącemi *B* (i zwilżaczem) w jedną całość (rys. 55). Przyrząd tnący złożony z kilku drutów naciągniętych na dźwigni, ręcznie naciskanej, podstawiany jest na kółkach do wylotu, tak że wstęga posuwa się po zewnętrznej płycie przyrządu i przy opuszczeniu przez robotnika dźwigni z drutami zostaje przecięta na kilka cegieł o grubości jednakowej. Ustawienie przyrządu na szy-



Rys. 55. Maszyna formierska do wyrobu cegieł.

Uwaga do rys. 55.

Wymiary walców	Średnica końca szer.	480	675
	Długość	355	600
Średnica walca *C*		315	550
Wydajn. w ciągu 10 godz.		8.000—10.000 szt.	30.000—40.000 po 4,5 kg
		38—45	130—180 t
Zużycie pracy KM		8—10	30— 40
Waga maszyny		3,65	16,400 t

nach pozwalające na nieznaczne przesuwanie go pod ciśnieniem wychodzącej wstęgi, uderzającej w tarczę, daje możność ucięcia cegły z prawidłowemi, pionowemi ściankami bocznemi. Cegły gotowe zdejmowane są ręcznie ze stołu przyrządu tnącego. Jedna maszyna formierska wyrabia na godzinę 650, a w ciągu 12 godzin 7800 cegieł o wymiarach normalnych 250 × 125 × 65 mm i zużywa 8—40 KM. Ciśnienie w prasie stanowi niewięcej, jak 1—2 atm. Wszystkie sposoby mokre brykietowania uzupełniane są oddzielną operacją utrwalania form zapomocą różnych sposobów.

Brykietowania suchego (i półsuchego) używa się do mas, które odznaczają się nieznaczną plastycznością lub którym nawet sztucznie nie można nadać takiego stopnia plastyczności, żeby proste formowanie bez mniej lub więcej znacznego ciśnienia mogło spowodować wymagane uzwięźlenie brykietów. Tak więc, brykietowanie suche odznacza się znacznem ciśnieniem, którego działaniu poddaje się masę w prasach brykietowych. Samo jednak ciśnienie w większości wypadków jest dla uzwięźlenia form niewystarczające i w celu otrzymania brykietów w zupełności zwięzłych, odznaczających się wszystkiemi właści-

wemi im cechami, jakie od nich są wymagane, poddaje się je znanym już nam metodom utrwalania w operacji oddzielnej lub podczas procesu prasowania. Ten ostatni sposób polega na tem, że do materjału, podlegającego brykietowaniu, dodaje się pewne ilości t. zw. substancji wiążącej lub cementującej, która często przy pewnych warunkach odgrywa rolę również substancji zwilżającej, nadającej materjałowi plastyczność, niezbędną do formowania. W niektórych wypadkach ciśnienie dostatecznie silne może uzwięźlić brykiet nawet bez dodania substancji wiążącej, niekiedy zaś materjał, podlegający brykietowaniu, posiada w składzie swym takie cząstki składowe, które przy wysokiem ciśnieniu i temperaturze mogą zastąpić substancję wiążącą, dodawaną w wypadkach innych. Własnością taką odznaczają się pewne odmiany węgli brunatnych (w Niemczech) i torf, niektóre gatunki rud, zawierające w swym składzie substancje gliniaste, np. kierczeńskie oolitowe żelaziaki brunatne po wysuszeniu do 10% wilgoci zdatne są do brykietowania bez dodawania substancji wiążącej. W ogólnym jednak wypadku nietylko dodaje się substancyj wiążących, ale mieszaninę poddaje się specjalnej przeróbce, w której wskazane substancje wiążące nabierają zdolności chwytnej. Sposoby te dotyczą głównie brykietowania kopalin palnych. Co się tyczy rud, to uzwięźlenie brykietów zapomocą ciśnienia nawet w obecności substancyj wiążących bywa zazwyczaj niedostateczne i brykiety po wyjściu z pras poddawane są różnym rodzajom przeróbki termicznej. Analogicznie do brykietowania rud odbywa się wyrabianie cegieł kwarcytowych i żużlowych. Co zaś się tyczy sposobu suchego i półsuchego wyrabiania cegieł zwykłych, to prasowanie odgrywa rolę jedynie uzwięźlania, dla utrwalenia zaś kształtu wymagana jest osobna operacja — wypalanie.

Brykietowanie kopalin palnych.

Cały bieg operacji brykietowania węgla kopalnego uwarunkowany jest własnościami, jakie posiadać powinny dobre brykiety. Pod tym względem prócz kształtu i wagi brykietów, zależnie od ich przeznaczenia, największą uwagę zwraca się na 1) wytrzymałość i 2) warunki spalania się brykietów w paleniskach.

Co się tyczy wytrzymałości, to brykiety powinny: 1) wykazywać dostateczną wytrzymałość na uderzenia przy ładowaniu i przewozie i 2) nadawać się do przechowywania, t. zn. zachowywać swój kształt i nie rozpadać się w ciągu czasu dostatecznie długiego. Stopień wytrzymałości mechanicznej brykietów węgla kamiennego określa się według ilości miału, otrzymywanego przy ich kruszeniu w bębnach obrotowych o określonych wymiarach (L — 1,5; $D = 0{,}85$) przy określonej prędkości obracania się ($n' = 25$) w ciągu określonego czasu (1 godz.). Współczynnik liczbowy, określający wytrzymałość stanowi % pozostałości grubszej po odsianiu miału na sicie kalibru określo-

nego. Za zadawalającą trwałość brykietów węgla kamiennego, określoną w powyższy sposób, uważa się 55%. Brykiety takie przy przewozie i ładowaniu dają niewięcej, niż 5% miału. Wytrzymałość brykietów przy przechowywaniu zależy głównie od ich wilgotności i higroskopijności. Przy znacznej zawartości wilgoci ta ostatnia podczas leżenia w składach ulatnia się, przyczem brykiety dostają szczelin i zczasem mogą się rozpaść. Higroskopijność brykietów zbyt suchych stanowi przyczynę wchłaniania przez nie z powietrza wilgoci, czemu może towarzyszyć rozkład chemiczny brykietów i ich zapalenie się. Wogóle jednak znaczna wilgotność jest szkodliwsza, niż nadmierna suchość, a znaczna zawartość wilgoci w węglu, podlegającym brykietowaniu, powoduje tworzenie się w brykietach przerw i szczelin w chwili wychodzenia ich z prasy wskutek szybkiego parowania wody pod wpływem ciepła, powstającego przy dużem ciśnieniu w czasie prasowania. Zwykle wilgotność w brykietach węgla kamiennego powinna być nie większą od 5%, węgla brunatnego 12—15%. Stąd staje się zrozumiałem znaczenie uprzedniego suszenia węgla, podlegającego brykietowaniu, zwłaszcza węgla brunatnego, którego wilgotność w postaci surowej dosięga 60 i więcej %.

Warunki spalania się brykietów w paleniskach polegają na łatwej ich zapalności, paleniu się bez dymu płomieniem równym oraz, i co najważniejsze, na zachowaniu swej postaci w procesie spalania bez rozpadania się w palenisku na kawałki mniejsze.

W celu otrzymania brykietów o podobnych własnościach muszą być wybrane: 1) odpowiedni węgiel, 2) odpowiednie substancje wiążące, w należyty sposób przygotowane, i w należytej proporcji.

Jakość węgli.

1. Węgiel brunatny. Jak już niejednokrotnie zaznaczaliśmy, niektóre węgle brunatne (w Niemczech z okręgów Halle, Kolonji, Aachen) mogą być brykietowane wyłącznie pod ciśnieniem 1200—1500 atm. przy $t = 80^0$ bez dodawania substancyj wiążących. Zdolność węgla brunatnego do brykietowania zależy głównie od jego składu i zawartości t. zw. bitumów. Pod tą nazwą rozumie się substancje smoliste, złożone głównie z węglowodorów, które przy dystylacji suchej dają smołę. Bitumy częściowo są rozpuszczalne w benzolu, po obróbce tedy węgla zapomocą benzolu można otrzymać przez wyparowanie powyższą substancję, która przy temperaturze zwykłej stanowi stałą, lecz kruchą masę o barwie żółtawej lub czarnobrunatnej, niekiedy czerwonawobrunatnej, ciężarze gatunkowym bliskim 1 i temperaturze topnienia 70^0—80^0 (do 90^0 C). W temperaturze wyższej bitumy rozkładają się, wytwarzając oleje lekkie, parafinę i gazy, przy poddaniu dystylacji suchej dają, jako pozostałość, smołę, mającą własności zupełnie takie same, jak otrzymywana przy dystylacji węgla. Ponieważ po obróbce

zapomocą benzolu węgiel nie traci zdolności do dawania przy dystylacji smoły, lecz tylko odpowiednio zmniejsza się jej ilość, przeto okoliczność ta służy jako potwierdzenie, że smoła węglowa tworzy się kosztem bitumów, które mogą być częściowo wyługowane zapomocą benzolu, zupełne zaś uwolnienie od bitumów może być osiągnięte jedynie zapomocą całkowitej dystylacji suchej, tak iż otrzymany w końcu koks jest już zupełnie bitumów pozbawiony.

Węgiel brunatny może zawierać rozmaitą ilość bitumów. Ilość ich jest proporcjonalna do zawartości wodoru i smoły. Według więc ilości wodoru i smoły, otrzymanej przy dystylacji, można sądzić o ilości bitumów. Podana niżej tabela daje pojęcie o składzie węgla brunatnego i ilości smoły przy dystylowaniu różnych gatunków węgla.

		C	H	O+N	$\frac{O+N}{H}$	Subst. lotne			Koks	Bitum
						Smoła	woda	gaz		
1) Biały piropissyt (rzadki)		—	11,63	—	—	68,27	3,79	14,74	13,20	40%
2) Dystylacyjny węgiel brunatny		—	7,62	—	—	38,86	3,80	22,69	34,64	3-10%
3) Węgiel palenisk.	a	61,5	5,5—6,5	33	6	—	—	—	—	—
	b	69,5	5,5—6,5	25	4,5	—	—	—	—	—
	c	75,5	5,5—6,5	19	3,5	18,43	4,61	26,66	50,30	2—3%

Związek pomiędzy zdolnością węgla brunatnego do brykietowania, a ilością bitumów objawia się w tem, że najłatwiej brykietuje się węgiel paleniskowy z zawartością 1—3% bitumu, jakoteż dystylacyjny, pozbawiony bitumów przez obróbkę benzolem lub dystylację częściową, który przy dalszej dystylacji daje nie więcej, niż 14% smoły. Węgiel dystylacyjny, zawierający do 10% bitumów i dający przy dystylacji 38% smoły, brykietuje się z trudnością. Z drugiej strony koks węgla brunatnego, zupełnie przez dystylację bitumów pozbawiony, pod żadnem ciśnieniem, praktycznie osiągalnem (2000 atm.), nie daje się brykietować bez domieszki organicznych substancyj bitumicznych (doświadczenia Scheithauera).

Bitum zatem węgla brunatnego stanowi rodzaj substancji wiążącej, której zdolność do brykietowania znajduje się w granicach 1—14%. Z tego względu zrozumiały jest szkodliwy wpływ braku bitumów, podobnie jak i ich nadmiaru, gdyż brykiety nie mogą zachować wówczas swego kształtu, łatwo ulegają zmianom wskutek rozkładania się bitumów na powietrzu w obecności wilgoci, co ma miejsce przy dużej ich

zawartości w brykietach dzięki wielkiej powierzchni stykania się ich z powietrzem.

Podczas brykietowania węgla brunatnego utrwalenie kształtów brykietów nie odbywa się przez stopienie lub spiekanie masy pod wpływem wysokiej temperatury, rozwijanej pod prasą przy szybkiem ściśnieniu, gdyż takie same wyniki, jak to wykazały doświadczenia, mogą być osiągnięte również przy nacisku powolnem zapomocą śruby naciskowej, gdzie udział temperatury wysokiej jest wykluczony, lecz przez to, iż bitum — w warunkach zwykłych substancja krucha — pod ciśnieniem nabiera charakteru plastycznego, mięknie i wypełnia wszystkie puste miejsca pomiędzy ziarnami węgla, cementując je.

Rzeczą jest zupełnie zrozumiałą, że na wynik brykietowania i wielkość ciśnienia wymaganego wywiera wpływ prócz tego mnóstwo czynników innych, jak: twardość węgla, wilgotność, obecność siarczków, wielkość ziarn i ilość pyłu. Jednakowa wielkość ziarn, tworząc duży odsetek miejsc pustych, wymaga dla ich wypełnienia znacznej ilości bitumów, co, jak widzieliśmy, powoduje nietrwałość brykietów. Z tego względu korzystnem jest mieszanie miału węglowego z pyłem, ułowionym przy oddzieleniu go, który wypełnia odstępy między ziarnami grubszemi i zmniejsza ilość miejsc pustych w masie, podlegającej brykietowaniu. Czysty pył brykietuje się tak samo źle, jak i mieszanina jednorodna grubych ziarn miału, pozbawiona pyłu i ziarn drobnych. Okoliczność ta stoi jakby w sprzeczności z niemieckiemi przepisami bezpieczeństwa o zapobieganiu samozapalania się i wybuchów pyłu, wymagającemi wyłączenia pyłu z obrotu lub też szybszego brykietowania go w osobnych prasach. Zadosyćuczynienie jednak temu warunkowi może być osiągnięte przez ustawienie pras specjalnych, w których część miału węglowego z pyłem może podlegać brykietowaniu.

2. Węgiel kamienny pod względem łatwości brykietowania odpowiada porządkowi, przedstawionemu w tabeli Grünera (patrz str. 114).

W tabeli tej zdolność do brykietowania od góry do dołu wogóle zmniejsza się. Najłatwiej brykietuje się węgiel półtłusty i tłusty. Węgiel chudy daje się brykietować trudniej, a antracyty i koks są prawie pozbawione zdolności do brykietowania bez domieszki węgla tłustego. Wszystkie jednak węgle wymagają mniejszej lub większej domieszki substancyj wiążących.

W przytoczonym szeregu węgli kamiennych ze wzrastaniem trudności brykietowania zbiega się bardzo niekorzystnie wzrost zapotrzebowania lub raczej potrzeby brykietowania w celu zbytu węgla, ponieważ miał węgla, posiadającego największą zdolność do brykietowania, znajduje stały zbyt do zakładów koksowych, gazowych i dystylacyjnych. Tem tłumaczy się fakt, że węgiel tłusty i półtłusty prawie wcale nie podlega brykietowaniu.

Tabela Grünera.

Klasy	C	H	O + N	$\frac{O+N}{H}$	Substancje lotne	Koks	Kal.	Jakość koksu	Przykłady
1. Węgiel suchy o płomieniu długim	75—80	5,5—4,5	19,5—15,3	3—4	50—40	50—60	8000—8500	Pozostałość zachowuje początkową postać węgla, nie spiekając się.	Węgiel dąbrowski, węgiel lisiczański, pow. iziumskiego, g. charkowskiej.
2. Węgiel półtłusty gazowy	80—85	5,8—5	14,2—10	3—2	40—32	60—68	8500—8800	Spiekający się, ale dość luźny, łatwo łamiący się.	Węgiel gołubowski.
3. Węgiel tłusty kowalski	84—89	5,5—5	11—5,5	2—1	32—26	68—74	8200—9300	Spiekający się przy jednocz. topnieniu i pęcznieniu.	Szczerbinowski i makiejewski.
4. Węgiel tłusty koksowy o płomieniu krótkim	88—91	5,5—3,5	6,5—4,5	1	26—18	74—82	9300—9600	Koks zwięzły dobry, niebardzo spęczniały.	Węgiel bogoduchowski
5. Węgiel chudy i antracyt	90—95	4,5—2	5,3—3	1	18—8	82—92	9600	Nie spiekający się. Ledwie spiekający się i w proszku niespiekający się.	Gruszewski.

Węgiel półtłusty stanowi w Niemczech 25% całego materjału, idącego na wyrób brykietów. Pozostałe 75% stanowi węgiel chudy. Zdolność węgla kamiennego do brykietowania z domieszką substancyj wiążących tłumaczy się, prawdopodobnie, tak samo jak dla węgla brunatnego, składem substancyj bitumicznych, biorących udział w procesie utrwalania form. Węgiel chudy i antracyt zawierają substancyj tych mniej, niż węgle inne, i dlatego brykietuje się je najtrudniej.

Substancje wiążące.

Substancyj wiążących dla brykietowania węgli kopalnych proponowanych było bardzo dużo. Z całej jednak ich masy poważne znaczenie przemysłowe posiada dotąd jedynie t. zw. pak, otrzymywany ze smoły węglowej, który należy istotnie uważać za materjał najlepszy. Niemniej jednak jeszcze i teraz przeprowadza się bezustannie poszukiwania za substancjami nowemi. Tłumaczy to się tem, że pomimo znakomitych własności pak jest produktem bardzo drogim i dlatego też, jeżeli brykietowanie w wielu krajach nie znalazło jeszcze należnego mu zastosowania, to stało się to nie dlatego, że posiadany tam węgiel jest niezdolny do brykietowania, ale wskutek drożyzny paku w tych krajach; tam, gdzie go nie wyrabiają, brykietowanie jest ekonomicznie niemożliwe. Wskutek tejże przyczyny w Niemczech i Austrji brykietowaniu podlega jedynie taki węgiel brunatny, który nie wymaga domieszki paku, wobec bowiem silnej konkurencji węgla kamiennego i jego brykietów, węgiel brunatny i jego brykiety posiadają mniejszą wartość opałową, mogą znaleźć zbyt na rynku tylko dzięki swym niskim cenom. Oczywiście, wyklucza to możliwość brykietowania węgla brunatnego na paku, chociażby jego własności fizyczne nie nastręczały pod tym względem jakichkolwiek trudności.

Dla orjentacji przytaczamy ceny w kopiejkach rosyjskich za 1 pud (16,4 kg). Np. w Niemczech 1 pud paku kosztował 34—38 kopiejek, w Anglji 20—27 kop. Pud węgla kamiennego w przybliżeniu — 5 kop. Dodanie 8% paku powiększa cenę brykietu $1^1/_2$ raza — 7,5 kop. Wogóle pud brykietów węglowych kosztuje około 8 kop. Koszt własny wydobycia węgla brunatnego stanowi w przybliżeniu 0,6 kop. Koszt brykietowania bez paku — 0,58 kop., ogólny koszt własny brykietów — 1,2 kop., w sprzedaży 2 kop. Biorąc pod uwagę, że zdolność ciepłotwórcza surowych brykietów węgla kamiennego wynosi 9000, a brykietów węgla brunatnego niewięcej, jak 5000, łatwo jest pojąć, że jedynie tak niska cena jest w stanie zabezpieczyć brykietom zbyt na rynku.

Węgiel kamienny Zagłębia Moskiewskiego o bardzo niskiej jakości, własnościami swemi zbliżony do węgla brunatnego, przypuszczalnie nie będzie mógł przy brykietowaniu na paku wytrzymać konkurencji nawet z surowym węglem kamiennym Zagłębia Donieckiego.

Ponieważ jednak zagadnienie brykietowania węgla Zagłębia Moskiewskiego jest bardzo aktualne, rzeczą tedy jest zupełnie jasną, że ekonomicznie korzystne brykietowanie stanie się tam ziszczalnem tylko na jakiejkolwiek innej, tańszej substancji wiążącej.

W obwodzie Fergańskim dosyć mierny węgiel brunatny, wskutek składu swego niezdolny do brykietowania bez dodania substancyj wiążących, stanowi jednak najlepszy opał w tym kraju i nie ma na rynku konkurecji ze strony węgli innych, a nawet Bakińskiej ropy naftowej, odległej o 2000 z górą kilometrów, brykietowanie jego na droższej substancji wiążącej może wskutek tego wytrzymać kalkulacje ekonomiczne. Rzeczą jednak jest zupełnie naturalną, że w Turkiestanie należy poważnie starać się o zamianę paku węglowego na jakikolwiek bądź inny surogat.

Wszystkie substancje wiążące mogą być podzielone na nieorganiczne i organiczne.

Do nieorganicznych należą:

1. glina zwyczajna (w procesie mokrym),
2. wapienne szkło wodne,
3. ałuny z wapnem gaszonem,
4. cement zwykły,
5. cement magnezjowy Sorela (35% MgO, 11% $MgCl_2$, 54% H_2O).

Niedogodność substancyj nieorganicznych polega na zwiększeniu zawartości popiołu i obniżeniu wartości opałowej. Brykiety, przyrządzone na cemencie Sorela, najlepszym z wszystkich substancyj wiążących nieorganicznych, podczas palenia się wydzielają HCl, niszczący ścianki palenisk i dróg dymowych. Wogóle substancyj nieorganicznych używa się rzadko.

Substancje organiczne mogą być podzielone na 2 kategorje: 1) na substancje, rozpuszczające się lub pęczniejące w wodzie, i 2) substancje, topniejące przy nagrzewaniu. Jeden z tych warunków jest niezbędny zarówno do nadania plastyczności masie, podlegającej brykietowaniu, jak i do powleczenia wszystkich jej ziarn w celu trwałego scementowania ich w brykiety.

I. Substancje rozpuszczalne lub pęczniejące w wodzie miesza się z wodą aż do otrzymania postaci ciastowatej, poczem miesza się je z węglem rozkruszonym. Brykiety w celu całkowitego utrwalenia formy muszą być poddane suszeniu. W obecności jednak wilgoci lub na deszczu stwardniały cement znów rozpuszcza się lub pęcznieje i brykiety rozpadają się. Brykiety takie muszą wskutek tego być przechowywane w miejscu suchem i w każdym razie niedługo. Tu należą:

1. dekstryna (zepsuta mąka żytnia),
2. krochmal (z kreozotem),
3. mech islandzki (z którego przyrządza się specjalny nawar),

4. melasa cukrowa (odpadki w cukrowniach),

5. celuloza (otrzymywana przez gotowanie masy drzewnej w roztworze NaOH).

II. Substancje, topniejące przy nagrzewaniu, zachowują po stwardnieniu swą trwałość niezależnie od wpływów atmosferycznych i miękną przy temperaturze wysokiej, która nieistnieje w zwykłych warunkach przechowywania. Do kategorji tej należą:

1. asfalt (naturalny),
2. naftalina,
3. pak naftowy,
4. smoły różnych gatunków drzewnych (Harz — sosny amerykańskiej),
5. gęsta smoła węglowa,
6. pak węglowy.

Do grupy trzeciej mogą być odniesione organiczne substancje płynne, wiążące przy temperaturze zwykłej, używane przy sposobach półsuchych. Tu należą:

1. zwykła ropa naftowa,
2. różne pozostałości naftowe: gudron, mazut,
3. płynna smoła z węgla kamiennego i drzewnego.

Jak już mówiliśmy, największe znaczenie praktyczne ma pak węglowy (pech, brai, pitsch, каменноугольный пек.).

Pak węglowy otrzymuje się ze smoły węglowej (produktu ubocznego przy wyrobie koksu) zapomocą dystylacji suchej przy powolnem zwiększaniu temperatury do 400°, przyczem w dystylatach otrzymuje się kolejno:

1. oleje lekkie (benzol, toluol) przy t + 170°,
2. naftalinę (i kwas karbolowy) „ t + 220°,
3. oleje ciężkie (kreozot) „ t + 270°,
4. oleje antracenowe „ t + 400°.

Jako pozostałość otrzymuje się substancję płynną, która przy ochładzaniu gęstnieje do rozmaitego stopnia albo twardnieje, zależnie od temperatury dystylacji, i nazywa się pakiem.

Rozróżnia się następujące odmiany paku:

1. asfalt czyli pak płynny, który otrzymuje się po usunięciu olejów lekkich, cięż. gat. 1;

2. pak miękki, który otrzymuje się po zupełnem usunięciu połowy olejów ciężkich, cięż. gat. 1,09, mięknie przy temperaturze 40°, topi się przy 60°;

3. pak średni, który otrzymuje się po usunięciu wszystkich olejów ciężkich, z chwilą zapoczątkowania ulatniania się antracenu, cięż. gat. 1,09—1,12, temperatura mięknięcia 50°—75°, topnienia — 80°—100°;

4. pak twardy, który otrzymuje się po zupełnem usunięciu antracenu przy temperaturze 400°, cięż. gat. 1,275 — 1,286, temperatura

mięknięcia 100°, topnienia — 150°—200°. Ze smoły twardej otrzymuje się paku twardego 50—67%.

Przez powtórne dodanie antracenu i olejów ciężkich do paku stopionego można otrzymać z paku twardego pak średni, miękki lub płynny (ożywianie paku).

Pak twardy jest to masa czarna o przełomie muszlowym i nadzwyczaj krucha (rys. 56). Krawędzie kawałków są bardzo ostre, łatwo kruszą się na pył szklisty. Pył paku jest nadzwyczaj nieprzyjemny powoduje bowiem zapalenie skóry, oczu i błon śluzowych. Wydzielające się przy spalaniu brykietów gazy również posiadają takie same własności, co stanowi wielką wadę paku twardego. W miarę zmniejszania się twardości paku maleje wytwarzanie pyłu, co stanowi zaletę miękkich odmian paku, jakkolwiek praktyka przemawia za pakiem twardym. Wartość cieplna paku twardego wynosi 8215—8550 kal. Skład jego: 75,32% C, 8,19% H, 16,06% O i 0,43% popiołu.

Rys. 56. Kawał twardego paku węglowego.

Przed użyciem przeprowadza się badania paku pod względem: 1) twardości i kleistości, 2) temperatury mięknięcia, 3) temperatury topnienia, 4) ciężaru gatunkowego i 5) jakości koksu pakowego. Największe znaczenie praktyczne ma próba na koks w tyglu zakrytym. Po charakterze palenia się gazów można sądzić, czy dany pak sprzyja powstawaniu dymu, czy też nie. Ilość otrzymywanego koksu (zwykle 45%) nie ma wielkiego znaczenia, główną zaś uwagę zwraca się na jakość koksu. Koks spieczony uważany jest za oznakę paku dobrego, koks pęczniejący — złego. W brykietach przy ich nagrzewaniu w paleniskach pak szybko topi się i, znajdując się w masie bez dostępu powietrza, dystyluje się, przechodząc w koks. Jeżeli powstający przy tem koks spieka się na masę jednolitą, wówczas brykiet zachowuje podczas spalania swą postać monolitu i nie rozpada się na drobne kawałki. Jeżeli zaś tworzący się koks pęcznieje i przyjmuje postać pęcherzykowatą, wówczas, rozszerzając się przy swem powstawaniu, psuje całość brykietu, który w ogniu rozpada się na miał, przechodzący przez ruszty. Jakość koksu zależy, zdaje się, całkowicie od sposobu wyrobu paku.

Tak, paki, otrzymane ze smoły zakładów gazowych i koksowniczych, odznaczają się koksem spiekającym się. Paki, otrzymane ze smoły generatorów i pieców wielkich, odznaczają się koksem pęczniejącym i dlatego smół tych nie używa się do wyrobu brykietów.

Ilość dodawanego paku zależy od różnych okoliczności, towarzyszących brykietowaniu: własności węgla, wielkości ziarn i obecności materjału pyłowego, wilgotności węgla, równomierności zmieszania, siły ciśnienia prasy, wymaganego stopnia wytrzymałości, i waha się w granicach 5—10%, zwykle 6,5—9%. Decyduje tu jednak własność węgla i wielkość ziarn masy, podlegającej brykietowaniu. Im chudszy jest węgiel, tem więcej potrzeba paku. Przy bardzo chudym węglu i antracycie należy w celu zmniejszenia ilości paku dodać węgla tłustego lub półtłustego (do 20—25%). Co zaś się tyczy wielkości ziarn, to nie należy zapominać, że, podobnie jak przy brykietowaniu miału węgla brunatnego bez substancyj wiążących, zarówno masa, złożona tylko z ziarn grubych, wymaga nadzwyczaj dużej ilości paku, jak i szlam węglowy wymaga zużycia paku niemniej niż 20% i dlatego obydwie te substancje ekonomicznie są zupełnie niezdatne do brykietowania. Tylko mieszanina miału z szlamem lub pyłem z dodaniem paku we wskazanych wyżej granicach może być ekonomicznie korzystnie brykietowana.

W czasach nowszych został opatentowany w Niemczech sposób brykietowania kopalin palnych na płynnej substancji wiążącej, zwykle mazucie (płynnej pozostałości po dystylacji ropy naftowej), a także na ropie naftowej, smole z węgla kamiennego i drzewnego (sposób Allgemeine Brikettierungs-Gesellschaft), który, jak się zdaje, będzie mógł z powodzeniem konkurować ze zwykłem brykietowaniem na paku. Sposób ten określamy jako półsuchy. Plastyczność masy formowanej osiąga się przez dobre wymieszanie węgla z mazutem w ilości 7—11% przy jednoczesnem rozcieraniu mieszaniny w ciężkich młynach chilijskich, jak to było opisane w § 3 (str. 85), poczem masa podlega brykietowaniu w suchych prasach brykietowych. Podczas mieszania i rozcierania pod walcami mazut przenika w pory węgla i łączy się z nim tak ściśle, że zpowrotem już nie można go zeń otrzymać sposobami mechanicznemi.

Charakterystyczną osobliwość sposobu mazutowego stanowią:

1) niezależność sposobu brykietowania od składu węgla; węgiel tłusty i chudy, nie wyłączając antracytu, czystego koksu i węgla drzewnego, brykietuje się z jednakowem powodzeniem, tymczasem na paku antracyty nie mogą być brykietowane bez domieszania węgla tłustego[1]);

[1]) W obecności autora na stacji doświadczalnej w Utrechcie (Holandja) w roku 1913 były tym sposobem przeprowadzone próby dodatnie brykietowania węgla brunatnego z obwodu Fergańskiego i antracytów jegorszyńskich na Uralu. Jednakże próby brykietowania węgla kamiennego z pokładu Reden kopalni Kazimierz w Zagłębiu Dąbrowskiem w r. 1924 nie dały wyników pomyślnych.

2) suszenie nie stanowi warunku niezbędnego dla procesu brykietowania;

3) cała operacja odbywa się na zimno i ma charakter procesu mokrego, któremu nie towarzyszy wydzielanie się pyłu z właściwym brykietom pakowym spowodowaniem zapalenia oczu[1];

4) otrzymywane brykiety, posiadając dostateczną wytrzymałość, jednocześnie odznaczają się pewną plastycznością, wskutek czego przy spadaniu z pewnej wysokości rogi ich i krawędzie przytępiają się, lecz nie odłamują; dzięki tej własności straty wskutek rozkruszenia przy przewozie i ładowaniu sprowadzają się prawie do zera;

5) posiadając powierzchnię w dotyku nieco tłustą, brykiety nie ulegają zwilżeniu i po nasyceniu płynnym mazutem zostają całkowicie pozbawione higroskopijności i wcale nie wchłaniają z powietrza wilgoci nawet wówczas, chociaż to nie jest wymagane, gdy przez uprzednie wysuszenie zawartość wilgoci została doprowadzona do 3%.

Dzięki powyższym zaletom brykietów mazutowych oraz ich wyrobu należy uważać, że sposób ten nadaje się zwłaszcza w tych wypadkach, gdy pak nie może być zastosowany z powodu jego drożyzny albo jeżeli węgiel wskutek swych własności nie wiąże się zapomocą paku. A więc należy sądzić, że węgiel brunatny fergański, kirgizki i węgiel moskiewski mogą być w ten sposób brykietowane z największą korzyścią ekonomiczną.

Prasy brykietowe.

Klasyfikacja pras. Rozmaitych systemów pras jest bardzo dużo. Poniżej opiszemy tylko niektóre z nich, najbardziej używane.

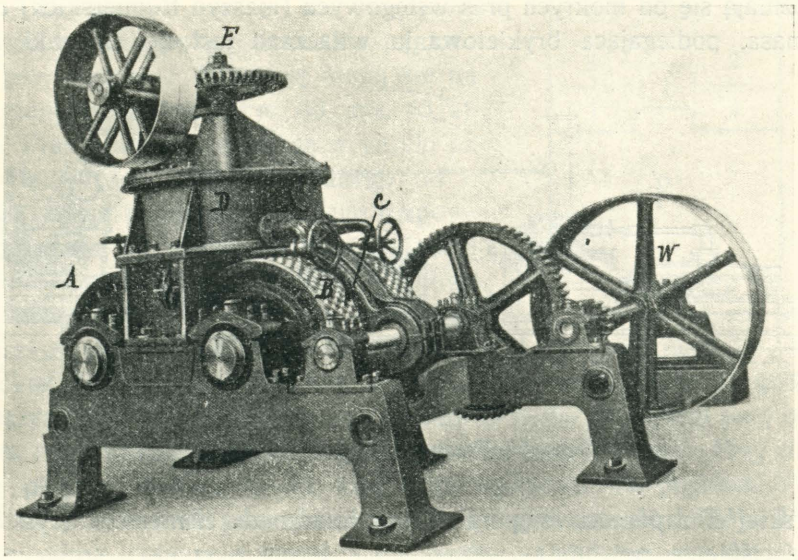
Na zasadzie konstrukcji i sposobu działania wszystkie prasy mogą być zgrupowane podług klasyfikacji następującej:

I. prasy walcowe:	A) z walcami stykającemi się	brykiety kształtu jajkowatego
	B) z walcami niestykającemi się	prasy wstęgowe, brykiety wychodzą w kształcie ciągłej wstęgi łamiącej się na kawałki;
II. prasy stęporowe:	A) z ciśnieniem jednostronnem	
	B) z ciśnieniem dwustronnem (maszyny ceglarskie)	brykiety w kształcie cegieł.

[1]) W St. Pensylwanji Am. Półn. podczas wojny było wprowadzone masowe brykietowanie antracytów na gudronie naftowym, przechodzącym w pak i stygnącym przy temperaturze zwykłej, wskutek czego stwardniały gudron, dostarczony w cysternach, był przed użyciem nagrzewany parą i przeprowadzany w stan płynny przy temperaturze 40°—60° C, poczem następowało mieszanie z antracytem w młynach chilijskich i wreszcie brykietowanie w prasach jak zwykle.

I. Prasy walcowe.

A. Prasy z walcami stykającemi się (rys. 57) lub prasy jajkowe składają się z 2 walców (*A* i *B*), obracających się na osiach poziomych, ustawionych w płaszczyźnie poziomej na podobieństwo walców kruszących. Na całej powierzchni każdego walca znajdują się wgłębienia owalne (*C*), które przy obracaniu walców schodzą się. Wgłębienia stosownie do kształtu wyrabianych brykietów mogą być jajkowate, kuliste i soczewkowate. Walce zasilane są materjałem, idącym



Rys. 57. Prasa walcowa.

z walca rozdzielczego *D*, zaopatrzonego w wał mieszalny *E*. W dole brykiety wypadają na kratę pochyłą, po której ześlizgują się do przyrządu odbiorczego, braki zaś i odpady przechodzą przez kratę i zostają użyte do ponownego brykietowania. Ruch obrotowy od wału napędowego *W* nadawany bywa zwykle jednemu z walców, drugi zaś wprawiany jest w ruch od pierwszego zapomocą kół zębatych. Ciśnienie w prasach tych dochodzi do 50 atm. Liczba obrotów — 4 na minutę. Wydajność przy wadze brykietów od 40 do 150 kg wynosi 6—8 t na godzinę.

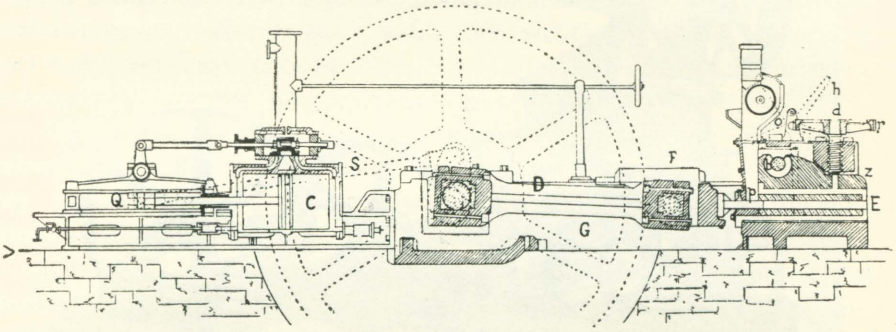
Pras walcowych używa się do brykietowania węgla tłustego i miękkiego, niewymagającego dużego ciśnienia, jakoteż do brykietowania półtłustego na mazucie. W Ameryce mają duże rozpowszechnienie dzięki swej prostocie, przyczem wydajność bywa doprowadzana do 10 tonn na godzinę.

B. Prasy z niestykającemi się walcami lub wstęgowe prasy walcowe, stosowane do węgla kamiennego, mają rozpowszechnienie ograniczone. Główne zastosowanie znajdują w pra-

sowaniu półsuchem smolistej masy torfowej. Prasy te składają się z kilku par walców, umieszczonych jedne nad drugiemi w szeregu poziomym przy stopniowo zwężającej się odległości pomiędzy walcami. Masa, wytłaczana w kształcie wstęgi z wylotu typu zwykłego prasy mokrej, przechodzi kolejno między walcami, które ją prasują. Brykiety odcina się zapomocą przyrządu tnącego.

II. Prasy stęporowe.

A. Prasy o ciśnieniu jednostronnem czyli wstęgowe odróżniają się od mokrych pras wstęgowych (maszyn formierskich) tem, że masa, podlegająca brykietowaniu, wtłaczana jest do skrzynki for-

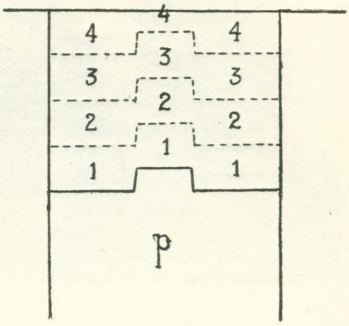


Rys. 58. Prasa wstęgowa Ekstera.

mierskiej *E* zapomocą stępora *P* pod znacznem ciśnieniem (rys. 58). Silne ciśnienie powoduje zwężająca się forma skrzynki i śruba naciskowa *d* z rękojeścią *h*, działająca na pokrywę górną, która może obracać się dokoła ośrodka *b*. Stępor *P* jest wprawiany w ruch zapomocą masywnego drążka *D*, połączonego z wałem korbowym maszyny parowej *C*. Dzięki okresowym tłoczeniom stępora wyciskanie wstęgi odbywa się z przerwami przy każdym ruchu stępora w kierunku wylotu, wskutek czego wstęga otrzymuje drogą naturalną płaszczyzny styczne w odległości skoku tłoka, stanowiącego grubość brykietu, na których wstęga z łatwością łamie się na oddzielne brykiety. Każda prasa ma własną maszynę parową. Prasy systemu Ekstera rozwijają ciśnienie bardzo duże — 1200—1500 atm. i mają szerokie rozpowszechnienie przy wyrobie brykietów z węgla brunatnego bez substancyj wiążących, jakoteż przy suchem brykietowaniu torfu (zakłady Irynowskie). Wychodząca z prasy wstęga posuwa się na specjalnych płozach nieprzerwaną taśmą do 40 i więcej metrów długości do samego miejsca ładowania wagonów kolejowych, gdzie przy spadaniu do wagonu rozłamuje się samodzielnie na oddzielne brykiety. Całą wstęgę można wyginać przy zastosowaniu określonego promienia zaokrąglenia, nie naruszając jej całości, a zatem można skierowywać ją do wagonów, stojących w różnych miejscach toru kolejowego. Im więk-

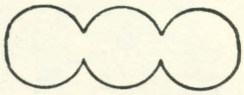
sza jest odległość wagonów od prasy, tem dogodniejsze bywa ładowanie, ponieważ długie wstęgi jest łatwiej skręcać, niż krótkie.

Brykiety zwykle mają kształt prostokąta z zaokrąglonemi krawędziami (rys. 47) o długości 158—260, szerokości 60—68, grubości 32 do 35 mm. W celu otrzymania form krótszych (brykietów przemysłowych) nadaje się stęporowi kształt schodowy (rys. 59), a wówczas we wstędze wyciskanej otrzymuje się nietylko płaszczyzny poprzeczne, ale i podłużne i przy ładowaniu rozpada się wstęga na prostopadłościany 60 × 60 × 35 mm (rys. 45, a), lub nadaje się brykietom kształt walców, połączonych ze sobą, które przy użyciu z łatwością łamią się na zwężonych szyjkach (rys. 60, rys. 45, a).



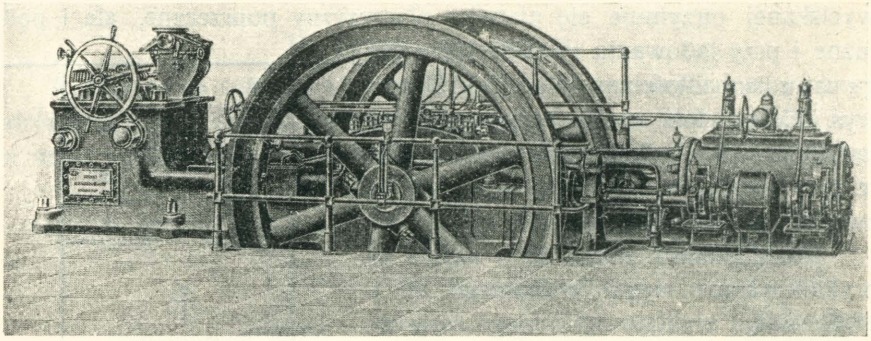
Rys. 59.

Prasy Ekstera znane są w użyciu na brykietowniach węgla brunatnego od r. 1860 i odtąd pomimo ogromnego rozpowszechnienia nie uległy żadnym zmianom w swej konstrukcji. Przy grubości brykietu 35, skok stępora — 200 mm, skok tłoka maszyny parowej 630 mm; średnica 430 mm. Liczba prasowań 70—90 na minutę. Zużycie pracy 125 KM. Wydajność do 45 tonn na 24 godziny. Maszyna parowa-jednocylindrowa ze stawidłowym rozrządem pary o prostem rozszerzaniu przy różnicy ciśnienia na tłok 5—8 atm. Przy ciśnieniu pary w tłokach 8—11 atm. para wylotowa ma prężność 3 atm. i idzie do suszarek gdzie kondensuje się i powraca do kotłów. Proste rozszerzanie pary w maszynach parowych pras okazuje się dla ekonomicznego zużytkowania pary w suszarkach najbardziej racjonalnem, ponieważ przytem para wylotowa zachowuje dostateczne ciśnienie i temperaturę. Wobec tego prasy i suszarki tworzą jeden system kaloryczny. Ze względu na to nie używa się maszyn Compound, jeszcze zaś mniej racjonalnem byłoby stosowanie do pras elektromotorów. Próby elektryfikowania pras brykietowych Ekstera nie doprowadziły do pomyślnych rezultatów ze względu na duże zużycie ciepła przy suszeniu. Jedynem ulepszeniem w prasach Ekstera, jakie w ostatnich czasach zostało wprowadzone, jest zmiana rozrządu stawidłowego pary na zaworowy (rys. 61).


Rys. 60.

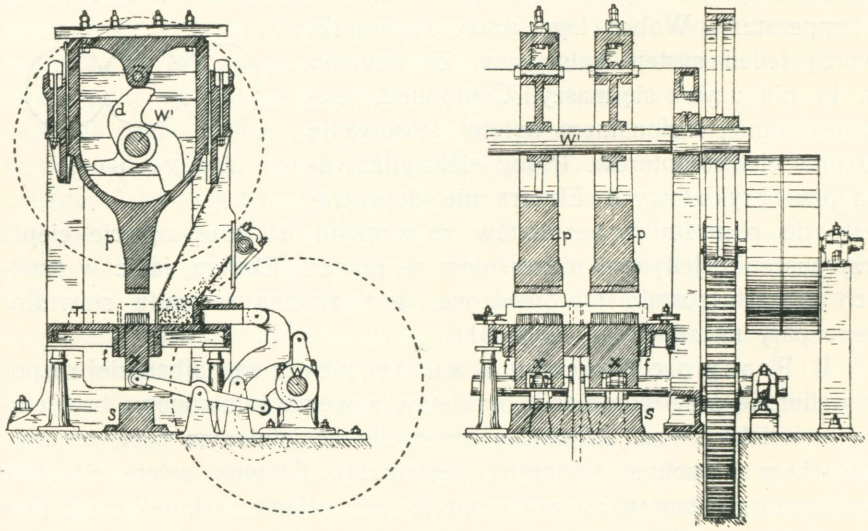
B. Prasy o ciśnieniu dwustronnem są najbardziej rozpowszechnione przy wyrabianiu brykietów z węgla kamiennego, brykietowaniu szlichów rud, jakoteż w przemyśle cegielnianym przy procesie półsuchym i suchym (maszyny ceglarskie). Główną zaletę ciśnienia dwustronnego stanowi równomierniejsze uzwięźlenie, wskutek czego prasowanie może odbywać się przy ciśnieniu mniejszem i brykiety mogą

być większych wymiarów. Ciśnienie przyrządu waha się w granicach 200—500 atm. Prasy te należą do klasy najliczniejszej i na zasadzie cech konstrukcyjnych z kolei mogą być podzielone na grupy i podgrupy. Tu ograniczymy się do rozpatrzenia jedynie kilku typów najbardziej rozpowszechnionych.



Rys. 61. Prasa Ekstera z zaworowym rozrządem pary.

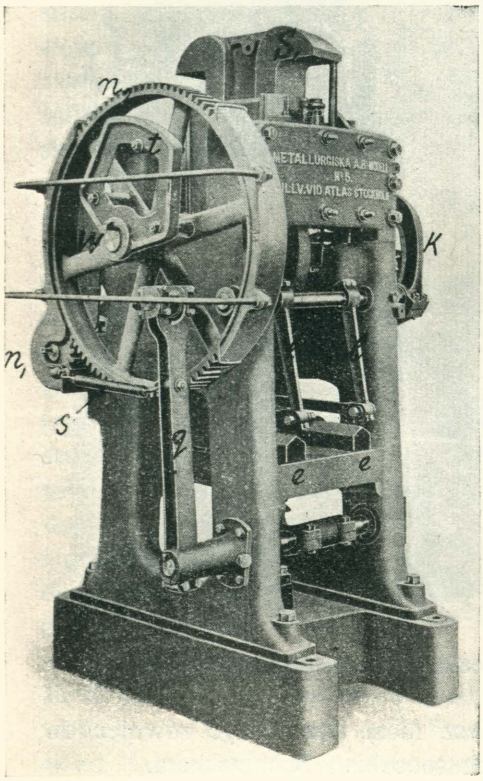
1. Prasa udarowa. Typ Dorstena (rys. 62). Uzwięźlenia dokonywa się pod uderzeniem stępora, spadającego swobodnie. Stępor udarowy *P* porusza się w kierownicach pionowych fundamentowej ramy prasy. Podnoszenie stępora odbywa się zapomocą kułaków *d*, umocowanych na wale W'. Spadanie jest swobodne, podobnie jak stępor w tłuczkach. Skrzynka formierska *f* bez dna otrzymuje ruch od wału zapomocą dźwigni i napędu i w odstępach czasu pomiędzy dwoma kolejnemi spadaniami stępora oddala się po płycie pod lej ładun-

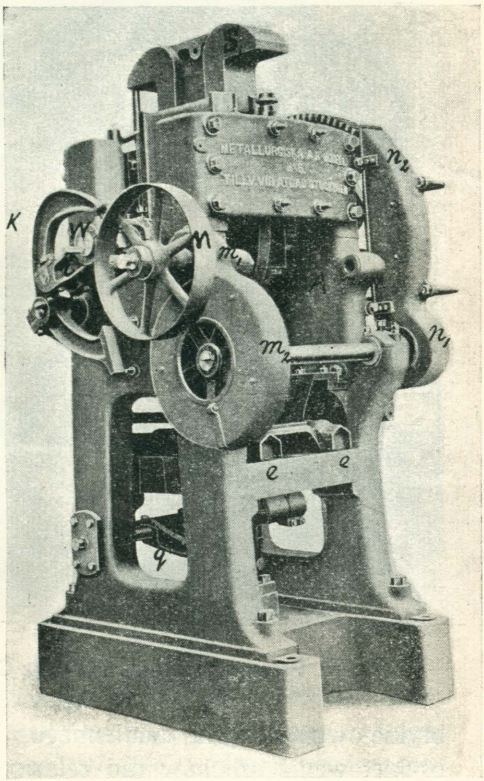


Rys. 62. Prasa udarowa Dorstena.

kowy, napełnia się masą do prasowania, poczem wraca znów pod stępor. W owej chwili stępor spada i prasuje masę w skrzynce, spoczywającej na nieruchomym stępor dolnym *S*. Jednocześnie z podniesieniem stępora górnego wsuwa się do skrzynki sprzężony z wałem *W* zapomocą dźwigni *X* stępor dolny, który wypycha ze skrzynki brykiet gotowy, uprzątany ręcznie. Następnie stępor opuszcza się do swego położenia pierwotnego i proces powtarza się w tym samym porządku. Na jednej ramie ustawia się 2—4 stępory. Wydajność jednego stępora — 700 cegieł na godzinę.

Pras udarowych, nie odznaczających się ciśnieniem znacznem, używa się przy procesach półsuchych brykietowania, a mianowicie w cemen-





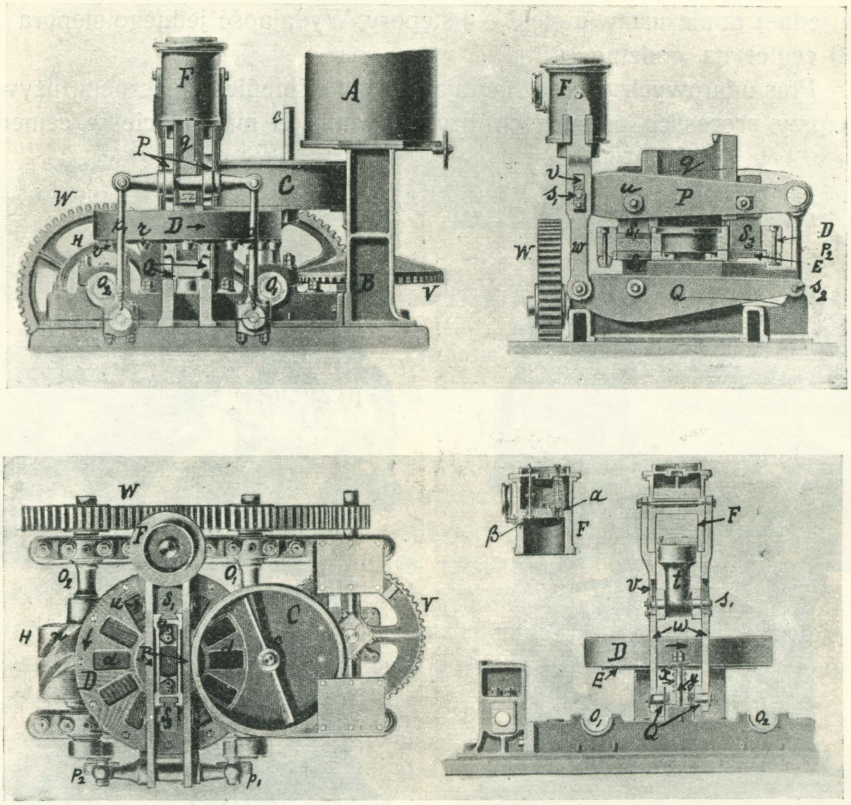
Rys. 63. Rys. 64.

Prasa udarowa Gröndala do brykietowania szlichów magnetytu.

S_1 — górny koniec stępora udarowego. *W* — wał z kułakami otrzymuje ruch obrotowy od tarczy napędowej *M* za pośrednictwem dwóch par kół zębatych m_1 m_2 i n_1 n_2. *A* — miejsce skrzynki ładunkowej, *f* — skrzynka formierska przesuwa się na kierownicach *e* zapomocą dźwigń *l* i klamry *K*, zaczepiającej dźwignię *r*, zaklinowaną na wale *W*. — Ramiona *q* i *q'*, utrzymujące się w położeniu normalnem zapomocą sprężyny *s* i odchylane przez kułak *t* na wale *W*, wprawiają w ruch stępor dolny S_2 (niewidoczny na rysunku) dla wypychania brykietów.

towniach przy wyrobie klinkieru, w cegielnictwie przy wyrabianiu cegieł z gliny półtłustej. Na tychże zasadach oparte są prasy Gröndala (rys. 63, 64) do brykietowania szlichów magnetytu (rys. 50). Brykiety i cegły, produkowane w prasach dorstenowskich, zawsze wymagają operacji dodatkowej utrwalenia zapomocą suszenia lub prażenia.

2. Prasy Couffinhala (rys. 65—67) używa się głównie do

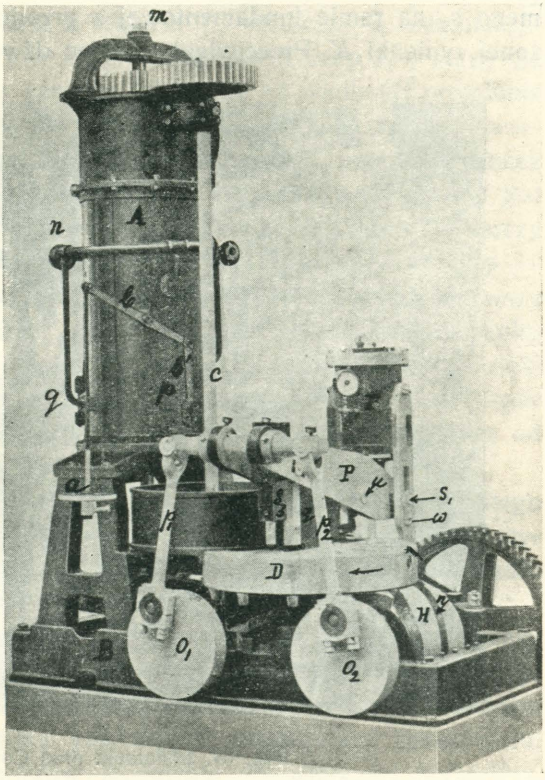


Rys. 65. Prasa brykietowa systemu Couffinhala konstrukcji fabryki White.

brykietowania węgla kamiennego, lecz może ona służyć również do brykietowania szlichów rud żelaznych sposobem Schumachera.

Mieszaninę miału węglowego z pakiem ładuje się z góry do melaksera *A*, ustawionego na wspólnej z prasą ramie fundamentowej *B*. Z melaksera masa nagrzana idzie przez otwór, zaopatrzony w osłonę, regulowaną zapomocą śruby *a* i dzwigni *b*, *b'* do walcowego zbiornika ładunkowego *C*, z którego zapomocą mieszadła obracającego się w nim na osi pionowej *c*, trafia do otworów *d* w okrągłym stole formierskim D. Ten ostatni z 12 formami, umieszczonemi radjalnie, spoczywa na tarczy nieruchomej *E* (rys. 65), tworzącej dna form, i obraca się okresowo dookoła nieruchomej osi środkowej (rys. 65), stanowiącej wraz z nie-

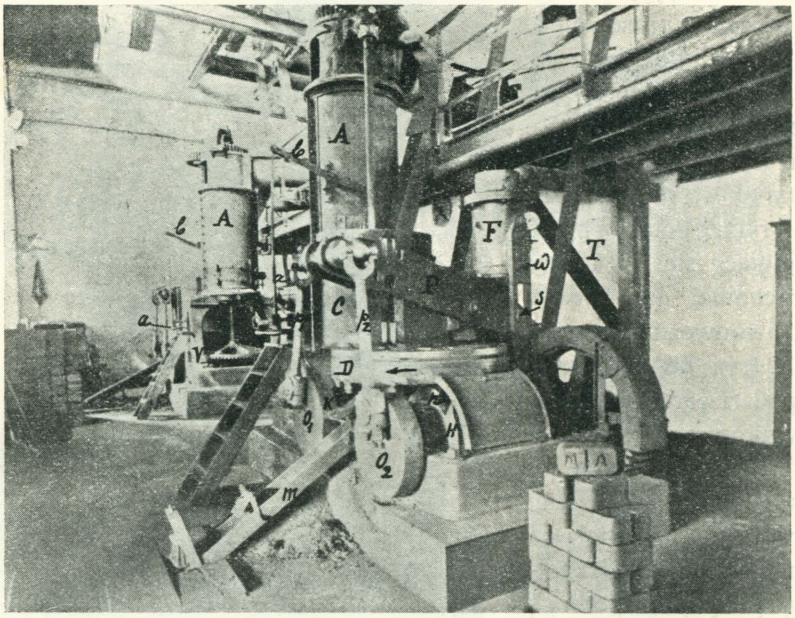
ruchomą tarczą jedną całość z ramą fundamentową. Przy kolejnych obrotach w kierunku strzałki formy, naładowane materjałem, podchodzą pod stępor S_1, który w owej chwili pogrąża się w formę, a jednocześnie z dołu wchodzi do tejże formy przez otwór w tarczy nieruchomej drugi stępor S_2, tak że masa zostaje ściśnięta z dwóch stron. Jak tylko obydwa stępory wyjdą z formy, stół formierski *D* obraca się i pod stępory podchodzi następna forma. Formy z brykietami sprasowanemi po 6 obrotach stołu, licząc od początku prasowania, podchodzą kolejno po stronie przeciwległej pod stępor wyciskający S_3. Ten ostatni opuszcza się zgóry do formy i wyciska brykiet gotowy przez znajdujący się w tarczy nieruchomej inny otwór na zrównoważoną rynienkę *K* (rys. 66—67), która pod ciężarem brykietu powoli opuszcza się i styka z rynną stromą *m* (rys. 67), poczem brykiet stacza się po niej na taśmę transportową, znajdującą się pod podłogą i przenoszącą go wprost do wagonu kolejowego dla naładowania. Uwolniona od ciężaru rynienka *K* podnosi się zapomocą przeciwwagi znowu do położenia pierwotnego w chwili, gdy stół formierski zrobił nowy obrót i wyciskacz S_3 pogrąża się w formę następną. W ślad za tem formy opróżnione znów podchodzą pod zbiornik *C* i cykl powtarza się.



Rys. 66.

Stół *D* otrzymuje ruch od walca *H* na wale O_2. Walec *H* ma na swej powierzchni żłobek *n*, który chwyta kolejno rolki *r*, umocowane z dołu do powierzchni dolnej stołu *D* na jego obwodzie, i dzięki odpowiedniej swej krzywiźnie powoduje w stosownych chwilach obroty stołu na wielkość kąta radjalnego pomiędzy dwoma formami sąsiedniemi. Chwilom obracania odpowiada ukośny kierunek żłobka na powierzchni walca *H* po linji śrubowej, chwilom spoczynku — kierunek żłobka na przekroju kolistym walca. Ruch stępora S_1 i wyciskacza S_3 pochodzi

od dwóch wałów O_1 i O_2, obracających się w kierunkach przeciwnych, które zapomocą drążków p_1 i p_2 przenoszą wahania dookoła środka s_1 na dźwignię parzystą P, ślizgającą się po kolumnie kierowniczej q o przekroju prostokątnym, stanowiącej przedłużenie środkowej osi nieruchomej, dookoła której obraca się stół formierski. Stępor dolny S_2 przymocowany jest do takiejże dźwigni parzystej Q, znajdującej się pod stołem (rys. 65) i mogącej obracać się dookoła środka nieruchomego s_2 na ramie fundamentowej z przodu, z dwóch stron zrównoważonej rynienki K. Przeciwległy koniec dźwigni tej łączy się z dźwignią



Rys. 67. Instalacja pras Couffinhala.

górną P zapomocą dwóch drążków w. Koniec ten, podnosząc się do góry, sciska sprężynę x, umieszczoną między drążkami w dookoła bolca pionowego y, przepuszczonego przez otwór w części, łączącej obydwa końce dolnej dźwigni parzystej, przymocowanej u dołu do ramy fundamentowej. Na początku prasowania dźwignia dolna wskutek prężności wspomnianej sprężyny znajduje się w spoczynku, a obraca się tylko dźwignia górna dookoła punktu s_1. Ale gdy ściśnięcie masy prasowej dosięga pewnej granicy, odpowiadającej naciągnięciu sprężyny, wówczas punkt obrotu dźwigni P przechodzi z s_1 do przegubu u, na którym zawieszony jest stępor S_1, środek zaś s_1 zaczyna podnosić się, działając przeciw sprężynie (ściskając ją) i pociąga zapomocą drążków w dźwignię dolną Q, która teraz obraca się dookoła swego środka s_2, znajdującego się z przodu i jednocześnie dolny stępor S_2, przymocowany do tej dźwigni, wchodzi do formy i tłoczy prasującą się masę z dołu.

Walec *F*, umieszczony u góry pomiędzy drążkami *w*, stanowi ochronny przyrząd hydrauliczny, nie dopuszczający do wzrostu ciśnienia na formy powyżej 300 atm., i ochrania części mechanizmu, obliczone na takie ciśnienie, od uszkodzenia. W tym celu czop s_1 zaopatrzony jest w drążek tłokowy *t*, wchodzący do walca z dołu, i może ślizgać się w pionowych wycięciach kierowniczych *v* w drążkach *w*. Jak tylko ucisk sprężyny *x* dosięgnie swej granicy najwyższej przy podniesieniu się drążków wraz z walcem *F*, wówczas te ostatnie zatrzymują swój ruch do góry i, jeżeli w tej chwili czop s_1 jeszcze nie doszedł do swego położenia górnego, co zależy od wielkości promienia korb i stosunku ramion dźwigni *P* przy jego obrocie dookoła przegubu *u*, czop zaczyna staczać się w kierownicach *v*, przyczem drążek tłokowy *t* wsuwa się do walca *F*. W tym ostatnim umieszczona jest nad tłokiem tarcza, która dzieli wnętrze walca na 2 części. W tarczy są 2 zawory sprężynowe: jeden α — otwiera się do góry, drugi β — na dół (rys. 65). Pod wpływem nacisku tłoka woda otwiera pierwszy zawór i przelewa się do górnej części walca. Przy odwrotnym skoku tłoka woda przelewa się przez drugi zawór do części dolnej. Dzięki temu natężenie w różnych częściach mechanizmu poruszającego nigdy nie przewyższa granic niebezpiecznych i prasa jest zabezpieczona od uszkodzeń.

Prasa otrzymuje ruch zapomocą napędu parowego *T* i zębatego (rys. 67) od wału O_2, który sprzężony jest z wałem O_1 zapomocą cylindrycznych kół zębatych *W* (rys. 65) (z zębami kątowemi). Mieszadło melaksera obraca się zapomocą systemu kół stożkowych *V*.

Formy prasy mają kąty zaokrąglone, co zmniejsza tarcie masy i czyni brykiety trwalszemi. Dla ułatwienia wychodzenia brykietów z form te ostatnie są nieco rozszerzone u dołu. Stożkowatość form bywa tem większa, im miększy jest węgiel, podlegający prasowaniu.

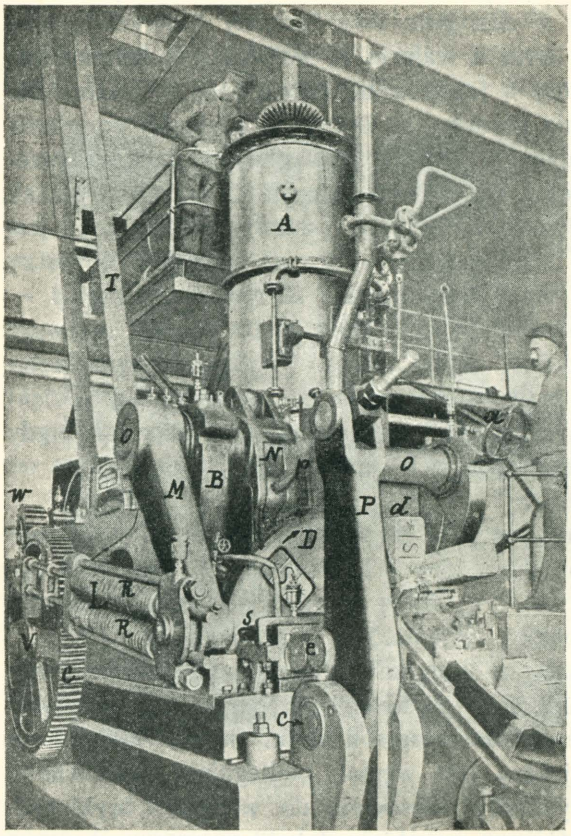
Prasy są różnych wymiarów stosownie do wielkości brykietów. Zakłady Schüchterman & Cremer wyrabiają 4 kalibry pras:

Nr. prasy	1.	2.	3.	4.
Waga brykietu w kg	1	3	5–6	10
Wydajność tonn na 10 godz.	20	60	95—116	180
Ilość brykietów na 10 godz.	20.000	20.000	19.000	18.000
Zużycie pracy w KM	6—8	16—18	25—30	50—55
Waga prasy w tonnach	—	12	—	38

3. Prasa Yeadona (rys. 68) znana jest rownież pod nazwą prasy rewolwerowej lub angielskiej. Używa się jej wyłącznie do brykietowania węgla kamiennego.

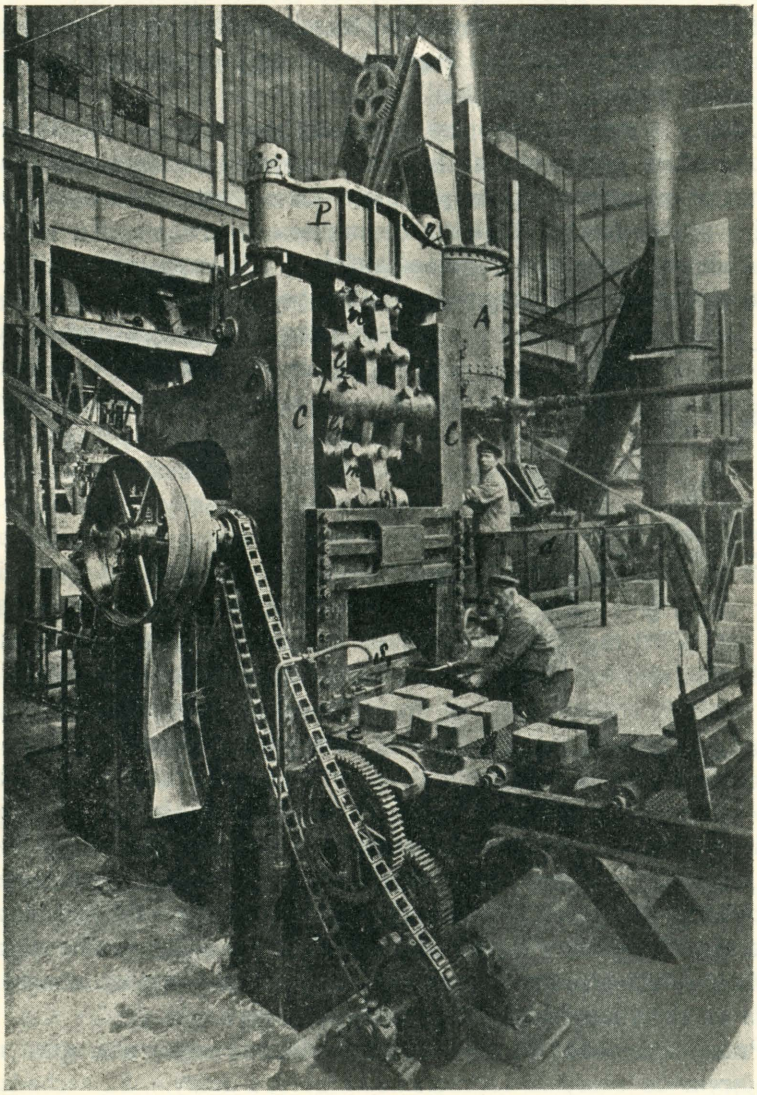
Tarcza formierska *D* ustawiona jest pionowo. *A* — melakser,

zmontowany na wspólnej z prasą ramie *B*. Materjał, jak i w typie poprzednim, idzie z melaksera zpoczątku do zbiornika ładunkowego (na rys. niewidocznego) przez osłonę, regulowaną zapomocą małego koła zamachowego *a*. Pas *T* wprawia w ruch obrotowy wał *W*, ten zaś zapomocą trybu i wielkiego koła zębatego *c* wprawia w ruch obrotowy główny wał roboczy *V* prasy. Ten ostatni natomiast zapomocą odpowiednich części wprawia w ruch: 1) mechanizm, wtłaczający masę, podlegającą brykietowaniu, do formy, 2) mechanizm, obracający tarczę formierską *D*, 3) stępory prasujące *S*, i 4) mechanizm, wypychający z form gotowe brykiety. Napełnianie form odbywa się na średnicy poziomej naprzeciwko melaksera (na rys. 68 z prawej strony). Prasowanie dokonywa się po stronie przeciwnej w formie, znajdującej się na tej samej średnicy poziomej (na rys. 68 z lewej strony). Wypychanie odbywa się w położeniu górnem form (*d*). Na rys. widać wyraźnie mechanizm prasujący: drążek *L* obraca wahacz *M* na wale *O*, do którego umocowana jest dwuramienna dźwignia *N*, transmitująca zapomocą dwóch drążków *p* wahania dookoła ośrodka *C* na dwie dźwignie masywne *P*, umieszczone symetrycznie z obydwu stron tarczy *D* (na rysunku widać tylko dźwignię przednią). Do dźwigń umocowane są na przegubach *e* stępory *S*, które przy wahaniach dźwigń wchodzą z dwóch stron do odpowiedniej formy, a wówczas zawarta w niej masa ulega silnemu prasowaniu. Sprężyny *R* na drążku *L* zabezpieczają mechanizm przed uszkodzeniem. Angielskie zakłady Yeadon wyrabiają prasy o wydajności 25, 50, 100 i 200 tonn na godzinę. Firma niemiecka Tigler w Duisburg-Meiderich wyrabia prasy rewolwerowe



Rys. 68. Prasa rewolwerowa Yeadona.

o wydajności 60—180 t na 10 godzin przy wadze brykietu od 500 g do 10 kg. Zdania co do zalet prasy Yeadona są podzielone. Według Weissbeina, prasy te odznaczają się subtelną konstrukcją, prostotą, so-



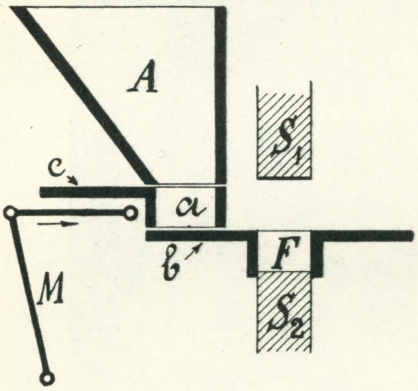
Rys. 69. Prasa kolankowa Tiglera.

lidnością budowy i dogodnym dostępem do wszystkich części mechanizmów dla remontu i smarowania nawet podczas ruchu. Jednakże znany fachowiec niemiecki w dziedzinie brykietowania Franke uważa konstrukcję prasy powyższej za skomplikowaną, składającą się ze zbyt wielkiej ilości oddzielnych części, a przytem sądzi, że remont jest trudny przy uszkodzeniach, na jakie narażone są różne części mechanizmów.

Niemniej jednak prasy Yeadona są bardzo rozpowszechnione w Niemczech, Anglji, a nawet w Stanach Zjednoczonych, gdzie wyrabiane są w fabryce National Compressed Fuel w Chicago.

4. Prasa Tiglera (Sürman) lub t. zw. prasa kolankowa (Kniehebelpress) ma zastosowanie wszechstronne przy brykietowaniu węgla kamiennego, rud i w cegielnictwie przy procesie suchym, gdzie nosi nazwę maszyny ceglarskiej.

Ogólny wygląd prasy jest przedstawiony na rys. 69. Przestrzeń robocza, gdzie prasowane są brykiety, znajduje się pomiędzy dwiema kolumnami pionowemi *C* na poziomie taśmy transportowej *b*, wynoszącej z prasy gotowe brykiety do miejsca ładowania. Tu mieści się nieruchoma skrzynka formierska *F* (rys. 70), zawierająca kilka form w celu równoczesnego prasowania kilku brykietów. Do ładowania form masą, podlegającą brykietowaniu, służy specjalna ruchoma skrzynka ładunkowa bez dna — *a*, która zapomocą osobnego mechanizmu *M* może posuwać się w płaszczyźnie poziomej (pod kątem prostym do frontu prasy) między zasilającym zbiornikiem ładunkowym *A* i skrzynką formierską *F* i zatrzymywać się na chwilę w swych położeniach krańcowych. W położeniu tylnem skrzynka *a* znajduje się nad płytą nieruchomą *b*, stanowiącą dla niej dno, i otrzymuje ładunek z zasilacza *A*, umieszczonego poza kolumnami *C* (rys. 69). Posuwając się naprzód, skrzynka zamyka otwór zasilacza specjalną płytą *c*, umocowaną do niej ztyłu na poziomie górnej krawędzi, a znalazłszy się nad skrzynką formierską *F*, wyładowuje do niej materjał. Po wyładowaniu skrzynka ładunkowa odchodzi zpowrotem pod zasilacz, a tymczasem masa, pozostała w skrzynce formierskiej, podlega prasowaniu.



Rys. 70. Schemat ładowania formy kolankowej prasy brykietowej.

Prasowanie odbywa się pomiędzy dwoma stęporami: górnym S_1, spadającym do skrzynki formierskiej z góry, i dolnym S_2, wchodzącym do tejże skrzynki z dołu. (Na rys. 69 widoczny jest tylko stępor S_1). W chwili, gdy skrzynka ładunkowa wchodzi na skrzynkę formierską, stępor górny S_1 zostaje podniesiony na wysokość, przepuszczającą swobodnie skrzynkę, dolny zaś stępor S_2 zostaje wepchnięty w skrzynkę formierską do poziomu górnej jej krawędzi. Gdy skrzynka ładunkowa zajmie położenie dokładnie nad skrzynką formierską, wówczas obydwa stępory opadają: stępor dolny uwalnia skrzynkę formierską dla ponownego jej naładowania i górną swą powierzchnią zatrzymuje się na po-

ziomie dolnej krawędzi skrzynki, stając się dla niej dnem; stępor górny wchodzi do skrzynki ładunkowej, i nie czyniąc nacisku, wpycha masę, podlegającą brykietowaniu, ze skrzynki ładunkowej do formierskiej, poczem wychodzi zpowrotem ze skrzynki ładunkowej, która oddala się pod zasilacz po nowy ładunek. Tymczasem stępor górny znów opada na dół, wchodzi do skrzynki formierskiej i przyciska masę. W pierwszej chwili naciskanie to jest słabe, pod koniec jednak wzrasta do swej wielkości największej, przyczem jednocześnie z dołu podnosi się stępor dolny i również bierze udział w prasowaniu. Po skończeniu okresu prasowania obydwa stępory jednocześnie podnoszą się do góry, przyczem stępor górny podnosi się szybciej od dolnego — tak, iż w owej chwili prasowanie już się nie odbywa, a dolny stępor wypycha z formy gotowy brykiet na poziom skrzynki ładunkowej, następnie zaś, gdy skrzynka ładunkowa zbliży się do przestrzeni roboczej z nowym ładunkiem, wówczas spycha przednią swą ścianką gotowy brykiet po płycie *e* na taśmę transportową *b* (rys. 69) i cały cykl ruchów powtarza się w tym samym porządku.

Wszystkie te ruchy skomplikowane skrzyni ładunkowej i obydwu stęporów pochodzą od zespołu dźwigniowego mechanizmów, łączących części robocze prasy z wałem napędowym, umieszczonym ztyłu prasy. Na wale tym osadzone są specjalne kułaki, których kształt warunkuje prędkość i amplitudę odpowiedniego ruchu części roboczych prasy. Jeden z kułaków tych przenosi na drugie ramię dźwigni trójkolanowej *L* (od której prasa otrzymała swą nazwę) wahania dookoła ośrodka *O* na kolumnach *C*. Na rys. 69 widoczne są tylko krótkie ramiona owej dźwigni l_1 i l_2, długie zaś ramię skierowane jest pod kątem prostym do tyłu, gdzie jest sprzęgnięte z drążkiem wału napędowego. Krótkie dźwignie l_1 i l_2 nadają obydwu stęporom działanie tłoczące. Dźwignia dolna l_1 zapomocą ogniwa *m* działa bezpośrednio na stępor górny S_1. Ramię górne l_2 zapomocą części *n* działa na masywną poprzeczkę *P*, która za pośrednictwem dwóch silnych bolców *p* i *q*, swobodnie przechodzących przez kolumny *C*, łączy się u dołu z drugą taką samą masywną poprzeczką *Q*, do której umocowany jest stępor dolny S_2. Oczywistą jest rzeczą, że wyprostowanie systemu dźwigń *l*, *m* i *n* odpowiada tłoczeniu stęporów na brykiety, ruch zaś odwrotny — wyjściu stęporów z formy. Ponieważ jednak, jak widzieliśmy, oba stępory mają prócz ruchu odwrotnego w okresie prasowania jeszcze szereg ruchów zgodnych (w okresie ładowania skrzynki formierskiej zgodny ruch ku dołowi i w okresie wypychania z formy gotowego brykietu zgodny ruch ku górze), przeto system dźwigni *L*, l_1, l_2 służy jedynie do wykonania prasowania. Inne ruchy stęporów uwarunkowane są innym specjalnym systemem dźwigń i obydwa stępory są tak urządzone, że w pewnych chwilach sprzęgają się kolejno to z jednym, to z drugim systemem dźwigń.

W uzupełnieniu powyższego opisu prasy należy jeszcze zaznaczyć, że prasa, jak to widać z rys. 69, ma dość znaczną wysokość (do 5 m) i dlatego melakser (*A*) przy brykietowaniu węgla kamiennego ustawiany jest zwykle oddzielnie. Materjał z melaksera przenosi się do zasilacza prasy zapomocą śruby bez końca *d*. Niezależność konstrukcji prasy od melaksera czyni ją zdatną do użytku w innych wypadkach, nie wymagających melaksera, np. w cegielnictwie.

Z przytoczonego opisu elementarnego prasy widzimy, że odznacza się ona konstrukcją stosunkowo skomplikowaną i obecnością mnóstwa części oddzielnych, wymagających obsługi i zużywających się, co komplikuje remont ogólny. Lecz zato wszystkie części mechanizmów napędowych są łatwo dostępne do obserwowania z tyłu i z łatwością mogą być zdejmowane oraz podawane do prasy z góry zapomocą dźwigu mostowego, obsługującego szereg pras. Szczególną zaletą prasy jest możność wyrabiania odrazu kilku brykietów nawet największych o wadze 10 kg (2—4 szt.), wskutek czego prasa ta odznacza się dużą wydajnością, prawie niezależną od wielkości brykietów. Tak, firma Tigler w Duisburg-Meiderich (Westfalja) wyrabia 2 typy pras: małe i duże.

Prasy małe, ważące 25.000 kg, a służące do wyrabiania brykietów:

o wadze	3 kg,	prasują	jednocześnie	8 szt.	z wydajn.	130—140 t/10	godz.	45.000	szt.
„	5 „	„	„	4 „	„	110—120 t/10	„	24.000	„
„	6 „	„	„	4 „	„	120—130 t/10	„	20.000	„

Prasy duże, ważące 35.000 kg, a służące do wyrabiania brykietów:

o wadze	5 kg,	prasują	jednocześnie	6 szt.	z wydajn.	170—180 t/10	godz.	34.000	szt.
„	6 „	„	„	6 „	„	200—210 t/10	„	35.000	„
„	10 „	„	„	3 „	„	170—180 t/10	„	17.000	„

Prasy te rozwijają ciśnienie — 500 atm. — zużycie pracy — 17—30 KM.

Do wyrobu brykietów małych z miału antracytowego dla użytku domowego konstruuje się specjalne, niewielkie prasy kolankowe, które:

przy wadze	brykiet. —	1100 g	prasują	jednocz.	9	brykiet. z wyd.	40—50	t/10	godz.
„ „	„	450 „	„	„	18	„ „	35—40	„	„
„ „	„	.215 „	„	„	32	„ „	30—35	„	„
„ „	„	83 „	„	„	48	„ „	20—25	„	„

Ciśnienie, przy tem rozwijane, wynosi 500—800 atm.

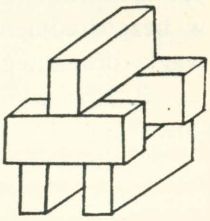
Spokojny bieg, stopniowe tłoczenie w prasach Tiglera warunkuje wyrób bardzo zwięzłych brykietów o budowie bardzo równomiernej.

§ 5. Utrwalanie form cegieł i brykietów.

Utrwalanie form przy sposobach mokrych wyrobu cegieł z masy plastycznej odbywa się zawsze w czasie operacji już po uzwięźleniu w maszynach formierskich. W wypadkach najprostszych polega ono

tylko na suszeniu. Tracąc podczas suszenia swą wilgoć, cegły pokrywają się zwierzchu twardą korą i cząsteczki utrzymują się dzięki sile międzycząsteczkowej wskutek wzajemnego ich zbliżenia się w procesie formowania. Suszenie może być dokonywane bezpośrednio na powietrzu, w szopach lub piecach.

1. Nalewany torf formowany zwykle suszy się na powietrzu. Ponieważ świeże cegiełki torfowe są bardzo łamliwe, przeto zpoczątku pozostawia się je swobodnie przez kilka dni. Następnie układa się je na rąb i kilkakrotnie przekłada się, dopóki nie nabiorą należytej mocy, co pozwala je ustawiać jedna na drugiej (rys. 70 a). Torf formowany wysycha szybciej, aniżeli torf krajany na torfowisku, należy jednak wystrzegać się, żeby suszenie nie przekroczyło pewnej granicy. Przy szybkiem wysychaniu z zewnątrz torf pozostaje wilgotny wewnątrz, przyczem na powierzchni cegiełki torfowej tworzą się wyrwy i szczeliny, złożenie traci zwięzłość i cegiełki łatwo rozpadają się zwłaszcza przy częstych zmianach atmosferycznych. Dlatego też suszenia cegiełek torfowych należy dokonywać w szałasach lub szopach.



Rys. 70 a.

Przy wyrobie cegieł z węgla brunatnego sposobem mokrym również zastosowuje się suszenie na powietrzu lub w szopach. Cegiełki świeżo sformowane układane są na rąb na deskach, w pewnej odległości jedna od drugiej i zostawiane na powietrzu w ciągu 2—4 tygodni. Wilgotność cegiełek spada wówczas z 50—60% do 25—28%, przyczem objętość ich zmniejsza się na 20% — z 210 × 110 × 62 — do 185 × 97 × 55 mm. W szopach suszarnianych deski z suszącemi się cegiełkami ustawia się kilkoma piętrami jedna nad drugą. Pojemność szopy przy szerokości 4,25 i wysokości 4,25 m wynosi 3300 cegieł na 1 metr bieżący. Podobne szopy urządza się również do suszenia zwykłych cegieł, formowanych ręcznie.

2. Szybsze i równomierniejsze suszenie, niezależne od pogody, osiąga się sztucznie, zwłaszcza przy wyrobie masowym, t. j. dla torfu maszynowego, węgla brunatnego i in. przy formowaniu w wstęgowych prasach mokrych. Zasady suszenia takiego są te same, jakie wyłożyliśmy w rozdziale o suszeniu, jakkolwiek odbywa się ono w piecach prostszych, przedstawiających komory nieruchome, zapełnione materjałem, który poddaje się działaniu gorących gazów paleniskowych lub powietrza gorącego, nagrzanego w specjalnym piecu, lub też pary wylotowej, krążącej w rurach, otaczających przestrzeń suszarnianą pieca.

W wypadkach powyższych, w odniesieniu do cegiełek, wyrabianych z torfu i węgla brunatnego, suszenie nosi charakter operacji głównej, mającej na celu usunięcie nadmiaru wilgoci i powiększenie wartości opałowej cegiełek, przyczem osiąga się jednocześnie utrwalenie

form ceglanych. Ponieważ jednak szybkie suszenie, jak zaznaczyliśmy, powoduje utworzenie się twardej kory zewnętrznej i zmniejsza prędkość parowania wilgoci ze środka cegieł, przeto często przed suszeniem na gorąco przeprowadza się, jako operację pomocniczą, suszenie zapomocą powietrza, które obniża zawartość wilgoci do 25%, i dopiero potem cegiełki z torfu lub węgla brunatnego poddaje się suszeniu w piecach, w których wilgoć spada do 10%. Suche cegiełki, wyjęte z pieca, zwykle odznaczają się nadzwyczajną higroskopijnością i na powietrzu szybko wchłaniają prawie pierwotną ilość wilgoci. Wskutek tego suszenie cegiełek opałowych w piecach powinno odbywać się prawie bezpośrednio przed ich użyciem, z tego też powodu zbyt cegiełek takich ogranicza się do użytku własnego na torfowiskach i kopalniach lub w zakładach i centralnych elektrowniach, zbudowanych w bezpośredniem sąsiedztwie z torfowiskami i kopalniami ziemistego węgla brunatnego.

3. Przy wyrobie brykietów z węgla kamiennego dodatkowe utrwalanie form brykietów przez suszenie stosuje się w razie użycia organicznych substancyj wiążących, rozpuszczających się lub pęczniejących w wodzie (sposoby półsuche): dekstryny, krochmalu, melasy i in. Suszenie to w zarysach istotnych nie różni się od opisanego powyżej, przy wyrobie jednak masowym odbywa się w suszarkach typu Mellera i Pfeiffera, znanych w cementownictwie (patrz niżej). Brykiety tak wykonane na powietrzu znów miękną wskutek wchłaniania wilgoci i dlatego muszą być zużywane wkrótce po przyrządzeniu.

4. Utrwalania form cegieł drogą suszenia używa się w cementownictwie przy wyrobie klinkieru, wypalonego w piecach szybowych i kręgowych. W danym razie suszenie spełnia 2 role: uzwięźlania cegieł i przygotowania do wypalania w celu możliwie największego uprzedniego usunięcia wilgoci. Najbardziej rozpowszechnione jest suszenie w piecach systemu Mellera i Pfeiffera. Piec składa się z szeregu długich kanałów równoległych, w których posuwa się wolno na szynach szereg wózków, naładowanych cegłami, przeciw wytwarzanemu zapomocą ekshaustora prądowi powietrza gorącego, nagrzanego systemem radjatorów i kominów, tworzących przegródki między kanałami. Wózki mają kilka półek, na których cegły ustawione są w szeregi z niewielkiemi odstępami. Przesuwanie wózków odbywa się okresowo zapomocą specjalnego napędu za każdym razem na odległość, równą długości wózka, tak że gdy w jednym końcu kanału zostaje wstawiony do pieca wózek z cegłami surowemi, wówczas z drugiego końca pieca wychodzi wózek z suchemi cegłami klinkierowemi. Długość kanałów — 35 m. Przy posuwaniu się przez całą długość pieca wózki z cegłami przechodzą stopniowo od temperatury powietrza zewnętrznego do stref gorętszych, aż do wylotu pieca, wskutek czego nagrzewanie i wyparowywanie wilgoci odbywa się bardzo równomiernie i stopniowo.

Dalsze wypalanie cegieł stanowi operację chemiczną, podczas której zachodzą reakcje, dzięki którym materjał nabiera cech portland-cementu. Kształt cegieł ma znaczenie jedynie dla ładowania do pieców (szybowych systemu Ditscha i kręgowych — Hoffmanna), dla samego zaś procesu wypalania i operacyj dalszych żadnego niema znaczenia, otrzymywany bowiem przez wypalanie klinkier poddawany jest subtelnemu kruszeniu. Suszenie zatem stanowi operację pomocniczą przed wypalaniem, samo zaś wypalanie już nie ma żadnego związku z uprzedniem formowaniem cegieł.

5. Przeciwnie, przy wyrobie cegieł z gliny i łupków gliniastych wypalanie, wypełniając ze stanowiska chemji główną część całego procesu, jednocześnie jest typowem utrwalaniem formy cegieł, wskutek czego — mówiąc w ogólności — przed wypalaniem żadne uprzednie utrwalanie lub uzwięźlanie nie jest wymagane. Nawet suszenie cegieł surowych bywa często zbyteczne, jeżeli do ich wyrobu używa się suchych chudych łupków gliniastych, których plastyczność, niezbędną do formowania, osiąga się przez zwilżenie do 7 - 9%. Podczas wypalania kosztem SiO_2 piasku i Al_2O_3 gliny powstają krzemiany bezwodne, które nadają cegłom wytrzymałość, wymaganą do wznoszenia budowli.

Zaznaczając jedynie wspólność niektórych operacyj przy różnych sposobach wyrobu cegieł i brykietów z różnych materjałów, nie będziemy się zatrzymywali bardziej szczegółowo ani nad reakcjami, zachodzącemi podczas wypalania, ani nad warunkami, jakim powinien odpowiadać materjał surowy używany do wyrobu cegieł; zostawimy również bez rozpatrzenia konstrukcję pieców, ponieważ cegielnictwo, aczkolwiek stanowi przemysł, bardzo często prowadzony nietylko w specjalnych kamieniołomach, ale i w kopalniach węgla kamiennego, wydobywających ubocznie łupki gliniaste, zdatne do wyrobu cegieł, to jednak w całości nie ma charakteru uprzedniej przeróbki kopaliny użytecznej, podobnie jak i cementownictwo. Przeróbka uprzednia w cegielnictwie polega właściwie jedynie na rozkruszeniu, zmieszaniu i zwilżeniu, jednak jest tak dalece związana z ostatecznemi stadjami wyrobu, formowaniem i wypalaniem, że organicznie zawsze ściśle związana jest z niemi. Taki sam charakter ma również cementownictwo. Wskutek tego też w zarysie niniejszym wspominamy jedynie o ostatecznych stadjach tych operacyj, określając ich związek z poprzedzającemi je operacjami przygotowawczemi, i podkreślając jedynie ich analogję z fabrykacją brykietów.

6. **Brykietowanie szlichów magnetytu sposobem Gröndala** stanowi najbardziej typowe utrwalanie form brykietów zapomocą prażenia. Przygotowanie według tego sposobu, jak już zaznaczyliśmy, polega na zwilżeniu szlichów wodą; półsuche formowanie i uzwięźlanie przeprowadza się w specjalnych prasach Gröndala typu pras udarowych z tłoczeniem dwustronnem (rys. 63, 64). Utrwalenie form brykietów

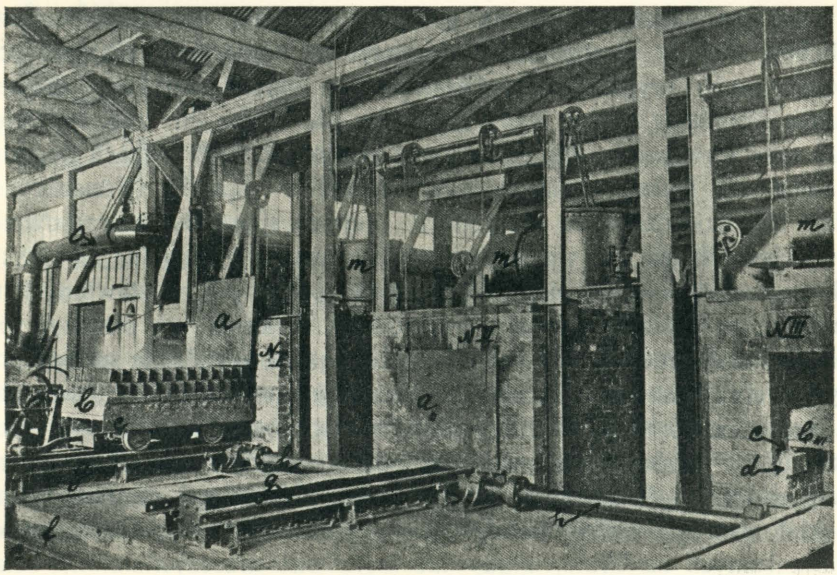
osiąga się drogą prażenia, podczas którego brykiety otrzymują trwałość wymaganą wskutek spiekania cząstek pod wpływem wysokiej temperatury, przyczem jednocześnie nabierają własności, jakie wymagane są do topienia w wielkich piecach. Spiekania (prażenia) dokonywa się w długich piecach, podobnych do opisanych wyżej suszarek Mellera i Pfeiffera, do których brykiety wprowadza się zapomocą nieprzerwanego szeregu platform. Piece te różnią się jednak tem, że ruch odbywa się w nich w kierunku przeciwnym do ruchu gazu generatorowego, albo mieszaniny jego z gazem wielkopiecowym (z jednoczesną injekcją mazutu). W pasie spalania w odległości 2/3 długości od końca wejściowego, gaz rozwija temperaturę około 1400°, niezbędną do spiekania ziarn magnetytu. Platformy tworzą pomost, przesuwający się bez przerwy, który dzieli przestrzeń piecową kanału w długości na 2 podłużne części — górną i dolną. Produkty spalania przepływają w przeciwnym kierunku do ruchu platform i wchodzą do komina po stronie wejściowej pieca, co sprzyja stopniowemu i równomiernemu nagrzewaniu brykietów w pierwszej 1/3 długości pieca, gdzie wyparowywuje H_2O. Proces spiekania dokonywa się w średniej części kanałów, gdzie wprowadza się gazy i odbywa się ich spalanie kosztem powietrza, wchodzącego do pieca z końca przeciwległego. Pozostała 1/3 kanałów służy zarówno dla stopniowego ochłodzenia brykietów, jak i dla nagrzania powietrza kosztem ciepła traconego przez brykiety do $t = 200 - 300°$; temperatura gazów wychodzących — 180—370° (patrz rys. 71). Brykiety rud żelaznych muszą odznaczać się porowatością, aby gazy miały swobodny dostęp do wnętrza ich masy w wielkim piecu. Stopień porowatości określa się przez pogrążenie brykietów do wody i określenie zwiększenia ich wagi wskutek pochłaniania przez brykiety wody, zazwyczaj stanowi on 25%.

W pasie spalania panuje atmosfera utleniająca wskutek czego więcej niż 90% Fe_3O_4 przechodzi w Fe_2O_3. Przytem siarka prawie zupełnie spala się. Przy spiekaniu odpadów siarczków, zawierających 2—3% *S*, zawartość jej w brykietach obniża się do 0,5%. Wydajność 1 pieca na 24 godziny w Szwecji (Flogberget) wynosi 43 tonny.

7. **Brykietowanie szlichów rud żelaznych sposobem Schumachera.** Jako substancja wiążąca służy mieszanina piasku kwarcowego i wapna, które w atmosferze pary wodnej pod dużem ciśnieniem (8 atm.) dają wodokrzemian, spajający mocno ziarna rudy i rozkładający się dopiero przy temperaturze 1000°, przy jednoczesnem wydzieleniu wody. W operacji przygotowawczej przyrządza się mieszaninę rudy z miałko w młynach rurowych rozkruszonemi CaO i piaskiem, którą zwilża się wodą, wskutek czego powstaje $Ca(OH)_2$ i mieszanina nabiera charakteru plastycznego. Następnie mieszanina podlega prasowaniu pod ciśnieniem 300—400 atm. Otrzymane brykiety wymagają dodatkowego utrwalenia, czego dokonywa się w specjalnych kotłach w ciągu

12 godzin w atmosferze pary wodnej, znajdującej się pod ciśnieniem 8 atm. W tym okresie tworzy się wodokrzemian i brykiet otrzymuje wymaganą wytrzymałość i twardość. Ilość substancji wiążącej zależy od jakości materjału podlegającego brykietowaniu. Dla odpadów siarczków potrzeba 5% CaO i 3% SiO_2; dla pyłu wielkopiecowego — 15% CaO i 7% SiO_2. Substancja wiążąca może odgrywać rolę topnika. W ten sam sposób wyrabiane są cegły kwarcytowe i żużlowe — materjały budowlane specjalnego gatunku.

Znaczenie ekonomiczne brykietowania szlichów rud żelaznych polega na powiększeniu ilości surowca i zmniejszeniu zużycia opału oraz topnika przy topieniu w piecach wielkich. Tak, na zasadzie doświadczeń, przeprowadzonych w Szwecji, okazało się, że przy stopniowem



Rys. 71. Piece do prażenia (spiekania) brykietów rud żelaznych sposobem Gröndala. Strona ładunkowa.

Piec Nr. 1 ma otwartą osłonę *a*. Platforma *b* z brykietami surowemi, ułożonemi w 2 rzędy, jest przygotowana do ładowania pieca. Piec Nr. 2 ma osłonę spuszczoną i znajduje się w ruchu. U pieca Nr. 3 osłona zdjęta zupełnie. Tu widać część platformy i sposób podziału zapomocą niej przestrzeni piecowej na 2 części podłużne: występ żelazny *c* z każdego boku platformy wchodzi w rynnę *d* z piaskiem, ustawioną wzdłuż całej długości ścian pieca. Platformy *b* doprowadzane są do każdego pieca na podwoziu, toczącem się po szynach poprzecznych *e* we wgłębieniu *f*, po których z jednej strony przetaczane są do prasy, znajdującej się w końcu szyn *e*, z drugiej zaś — zatrzymują się naprzeciw szyn *g* przed jakimkolwiek piecem. Wał napędowy *h*, obracany zapomocą pasa *i* i napędu *j*, w stosownej chwili sprzęgany jest zapomocą dźwigni ręcznej z mechanizmem, zmuszającym cały szereg platform do posuwania się przez piece. Rury *m* odprowadzają gazy z górnej części podłużnej pieca do przestrzeni utworzonej pod platformami; *n* — wentylator, wdmuchujący rurami *o* powietrze, niezbędne do spalania gazów generatorowych.

zastąpieniu rudy kawałkowej przez brykiety — od 0 do 100% — ilość otrzymanego surowca na tonnę rudy wzrasta z 59,36 do 67,85%, na tonnę ładunku — z 53,19 do 66,40%. Zużycie węgla drzewnego na tonnę rudy spada z 68,7 do 48,80% i CaO z 11,60 do 2,18%.

B. Aglomeracja.

§ 6.

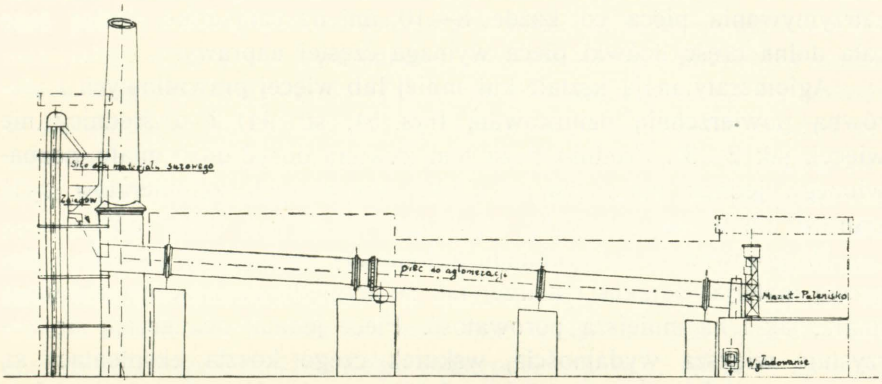
Analizę różnych procesów aglomeracji zaczniemy od rozpatrzenia zastosowania jej do szlichów rud, jako operacji pod względem jej znaczenia identycznej z brykietowaniem, a mianowicie do szlichów rud żelaznych, dla których aglomeracja ma największe znaczenie ekonomiczne.

Jak już zaznaczyliśmy na początku rozdziału, dla skawałkowania szlichów rud, w szczególności magnetytów, najbardziej rozpowszechniony sposób brykietowania Gröndala nie znalazł szerokiego zastosowania. Pomijając ogólne wady brykietów rud żelaznych: znaczną zwięzłość oraz niezupełnie dla procesu topienia w wielkich piecach dogodny prawidłowy kształt i gładką powierzchnię — sposób Gröndala jest, zdaje się, najdroższy ze wszystkich znanych sposobów kawałkowania rud żelaznych tak pod względem kosztów instalacji zakładu, jak i wskutek znacznych kosztów naprawy platform ruchomych, wystawionych na perjodyczne działanie wysokiej temperatury. Wskutek tych przyczyn sposób Gröndala znalazł zastosowanie głównie tam, gdzie ruda surowa przy wydobyciu masowem jest bardzo tania, jak to ma miejsce wszędzie w Szwecji i Norwegji. W Niemczech jednak sposób Gröndala nie utrzymał się. W Ameryce Północnej zawsze wywoływał sprzeciw wskutek swej drożyzny. Wreszcie w Rosji pomimo wielkiego zainteresowania brykietowaniem, wykazywanego przez przedsiębiorstwa przemysłowe rud żelaznych na Uralu, nigdy nie było ono urzeczywistnione, ścisłe bowiem obliczenia zawsze budziły wątpliwości co do ekonomicznej celowości operacji wskutek jej drożyzny w związku ze stosunkowo wysoką ceną rudy (4 kop. 1 pud; w Szwecji $^1/_2$ kop.). Wobec tego nic dziwnego, że wysiłki metalurgów, zwłaszcza w Ameryce, były skierowane ku wynalezieniu innych sposobów, tańszych od brykietowania. Takiemi okazały się różne sposoby aglomeracji, które zaczęto z wielkiem powodzeniem stosować w Ameryce Półn. Tu należą:

1. aglomeracja w piecach rotacyjnych,
2. spiekanie w misach (konwertorach) (Sinteringprocess).

1. Aglomeracja w piecach rotacyjnych (Nodulizing. Drehrohrsinterungsverfahren. Агглomерация в ротационных печах). Szlichy rud ładuje się strumieniem ciągłym z górnego końca długiego pieca walcowego, powoli obracającego się dookoła osi nieco pochyłej; materjał przechodzi, jak zwykle w walcach obracających się, drogą zygza-

kowatą (w przestrzeni), i stopniowo posuwa się przy ciągłem przetaczaniu w kierunku podłużnym ku płomieniowi, wdmuchiwanemu z końca dolnego. W pasie temperatury najwyższej, w odległości nieznacznej od końca dolnego szlichy miękną i łączą się w kulki (nodules) różnej wielkości, które wyładowywuje się w stanie rozgrzanym do temperatury żaru czerwonego. Jako opał używa się miałko rozkruszonego węgla kamiennego, smoły, ropy naftowej, gazu z generatorów (w Ameryce) i wreszcie gazu wielkopiecowego. Najczęściej używa się miału węglowego, uprzednio wysuszonego i rozkruszonego w młynach rurowych



Rys. 72. Piec rotacyjny.

do stopnia, określanego zapomocą sita o 100 otw. na cal bieżący (0,08 mm), t. j. do stanu pyłu. W tej postaci pył wdmuchuje się do pieca przez dyszę zapomocą wentylatora wraz z powietrzem, niezbędnem do spalania. Najlepszy węgiel powinien zawierać 30—35% substancyj lotnych i niewięcej, jak 9—12% popiołu. Przy uruchamianiu piec rozgrzewa się drzewem i, gdy już dostatecznie jest nagrzany, wdmuchuje się pył, który zapala się natychmiast przy wyjściu z dyszy, dając płomień długi i gorący. Długość i temperaturę płomienia reguluje się zapomocą ilości powietrza wdmuchiwanego.

Piec robi się z blachy stalowej i wykłada wewnątrz licówką ogniotrwałą. Wymiary pieców bywają bardzo różne. Długość od 60′ do 225′ (18,3—68,5 m), średnica od 6′ do 12′ (1,83 do 3,65 m). Kąt nachylenia 6°—8°. Najbardziej używane są wymiary: $L = 120'$ (36,5 m), $D = 8'$ (2,42 m). Piec zaopatrzony jest w 2—3 bandaże stalowe, na których spoczywa na rolkach ciernych, i otrzymuje ruch powolny zapomocą koła zębatego i trybu od wału napędowego — z prędkością $^1/_2$—2 obrotów na minutę (rys. 72).

Do spiekania szlichów magnetytu potrzebna jest $t = 1400°$ C. Dla innych rud wystarczy 1200°—1100° C. Pas temperatury najwyższej znajduje się w odległości 3—4 m od dolnego końca pieca. Przy stopniowem nagrzewaniu się podczas przechodzenia od górnego końca ładun-

kowego, rudy siarkowe zostają prawie zupełnie pozbawione siarki. Wychodzący z pieca produkt gorący zbiera się w odbiorniku, gdzie aglomeraty ochładzane są powietrzem, ssanem przez odbiornik zapomocą wentylatora do dyszy. Niekiedy w celu ochłodzenia aglomeratów używa się drugiego takiego samego walca, lecz o wymiarach znacznie mniejszych, umieszczonego pod pierwszym z nachyleniem odwrotnem. Wydajność jednego pieca przy $D = 2$ m wynosi 60—70 t na dobę, zużycie opału 7—14%; zużycie pracy — 90 KM.

Główną wadą pieców rotacyjnych jest szybkie narastanie w pasie najwyższej t^0 nacieku pierścieniowego, wymagającego dla usunięcia go zatrzymywania pieca co każde 8—10 dni na całą dobę. Prócz tego cała dolna część licówki pieca wymaga częstej naprawy.

Aglomeraty mają kształt kul mniej lub więcej prawidłowych z nierówną powierzchnią dziurkowatą (rys. 51, str. 94) i o średnicy nie więcej, jak 2—3″. Produkt poza tem zawiera dosyć dużo miału, pozbawionego jednak pyłu. Zwykle ilość otrzymanych aglomeratów $> 1''$ stanowi nie więcej, jak 33%, od 1″ do $^1/_8''$ 33% i $< {}^1/_8''$ 33%.

W porównaniu z brykietami aglomeraty są bardziej zwięzłe i stanowią materjał o jakości niższej tak ze względu na znaczną przewagę miału, jak i na mniejszą porowatość. Piece jednak odznaczają się korzystnie większą wydajnością, wskutek czego koszta eksploatacji są znacznie mniejsze, koszta ich urządzenia są również znacznie mniejsze od kosztów kompletnej instalacji dla tejże wydajności brykietowni, urządzonej sposobem Gröndala. Podług Franke'go [1]) koszt brykietowania na 1 pud brykietów wynosi 3,5 kop., koszt zaś aglomerowania — 1,85 kop. Okoliczność ta stała się przyczyną zastosowania masowego wyrobu aglomeratów w wielkich zakładach w Ameryce Półn. — naprzykład, w zakładzie Lebanen w Pensylwanji, Benson Plant w New Jersey i in. Największy zakład znajduje się w Feton na wyspie Kubie, gdzie wybudowano 12 pieców aglomeracyjnych przy $L = 38{,}5$ m, $D = 3{,}050$ m, o ogólnej wydajności 1200 t dla spiekania żelaziaków brunatnych. W zakładzie Algoma w Ontario (Kanada) spiekane są żelaziaki węglanowe zasobne w siarkę, przyczem proces odbywa się w dwóch piecach: w jednym przy temperaturze niższej dokonywa się odsiarczanie, w drugim — właściwa aglomeracja. Niemało instalacyj podobnych znajduje się też w Niemczech i Austrji, gdzie aglomerują ziemiste żelaziaki brunatne, odpady siarczków razem z pyłem wielkopiecowym i t. p. Całkowitych urządzeń dostarcza znana firma Ziegler & Fellner w Frankfurcie nad Menem.

W r. 1913 na stacji doświadczalnej Ziegler & Fellnera były przeprowadzone próby pomyślne aglomeracji szlichów magnetytu z kopalni Wysoko-Górskiej na Uralu okręgu N. Tagilskiego. Obliczenia ekono-

---

[1]) Franke, G. Handbuch der Brikettbereitung.

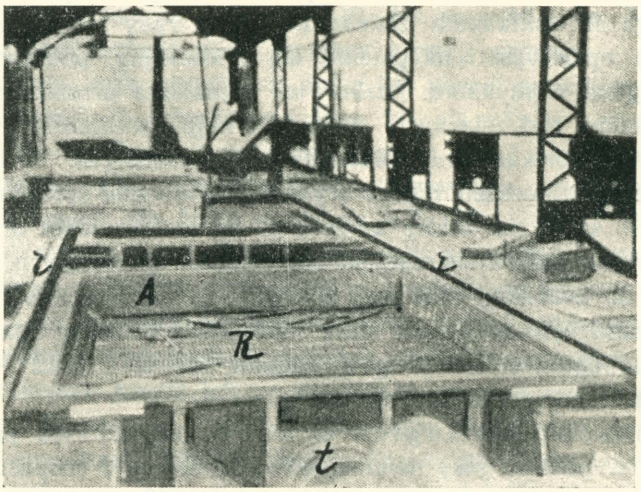
miczne wykazały, że w zastosowaniu do warunków uralskich aglomerowanie w piecach rotacyjnych kosztowałoby 1,8—2,0 kop. na 1 pud aglomeratów, tymczasem zaś brykietowanie sposobem Gröndala — 3—3,5 kop., włączając amortyzację.

2. Spiekanie w misach (Sintering. Спекание в чашах), które może być również określone jako aglomeracja przy paleniu się wewnątrz mieszaniny (Sintering by internal combustion) jest najnowszym i najdoskonalszym sposobem, pomimo iż jeszcze w r. 1868 opatentowany był w Anglji sposób spiekania, który w swych zarysach podstawowych stanowi pierwowzór dla sposobów najnowszych. Istota procesu polega na dokładnem zmieszaniu miału rudy ze sproszkowanym materjałem opałowym i na paleniu się mieszaniny, podtrzymywanem silnym ciągiem wentylatora. Aczkolwiek wynalazca przeznaczył metodę tę dla szlichów rud żelaznych, to jednak najpierw sposób ów był zastosowany do spiekania rud ołowianych i miedzianych. W miarę rozwoju topienia w piecach regeneracyjnych stosowanie spiekania do rud powyższych stało się mniej konieczne. W zastosowaniu do szlichów rud żelaznych wady konstrukcyjne przyrządów pierwotnych, niedostosowanych do produkcji masowej, sprawiły, że na urzeczywistnienie tej metody trzeba było czekać do roku 1906, kiedy to został opatentowany sposób Huntington & Heberle'go (następnie zaś w r. 1912 — sposoby Greenavalta i Dwight & Lloyda [1]).

1. Sposób Huntington & Heberle'go. Piec przedstawia konwertor w postaci misy owalnej, zawieszonej na 2 czopach, dookoła których może się obracać dla wyładowywania. Dno misy pokryte jest kratą z otworami $^1/_2''$, pod którą wdmuchuje się zapomocą kompresora powietrze zgęszczone pod ciśnieniem 375—400 mm słupa wody. Przed załadowaniem kratę pokrywa się warstwą palącego się koksu, następnie puszcza się w ruch dmuchanie i zapomocą zasilacza mechanicznego napełnia się misę mieszaniną, przyrządzoną z rudy i węgla rozkruszonego. Od palącego się na kracie koksu węgiel zapala się wskutek dmuchania i ruda spieka się całkowicie w monolit o grubości 4—5′ (powierzchni 12′ × 6′), podziurawiony licznemi porami — kanałami, powstałemi wskutek przechodzenia powietrza. Po skończeniu procesu obraca się konwertor na czopach i wyładowuje się go. Przy spiekaniu szlichów magnetytu aglomerat otrzymuje się bardzo zbity, tak że nawet musi być rozdrabiany w kruszarkach. Wskutek tego sposób ten używany był częściej do żelaziaków brunatnych, odpadów siarczków i t. p., z tych bowiem materjałów otrzymuje się produkt kruchszy, łatwo rozłamujący się na kawałki. Główną wadą sposobu Huntingtona & Heberle'go jest łatwa możliwość nierównomiernego spiekania wskutek po-

[1]) W ostatniem dziesięcioleciu wraz z silnym rozwojem flotacji rud ołowianych i cynkowych, przy której koncentraty otrzymuje się w postaci bardzo miałkiej, najnowsze te sposoby spiekania zostały zastosowane również do rud powyższych.

wstawania w aglomeratach szerokich kanałów, przez które przechodzi główna masa powietrza. Wymaga to ustawicznego dozoru nad biegiem operacji i ciągłego usuwania szerokich lejków, tworzących się na powierzchni. Oprócz tego prawie że niema środków regulowania temperatury palenia się, co jest bardzo uciążliwe dla rud, których t^0 spiekania i topienia się są bliskie siebie. Czas trwania jednej operacji — 6 godzin. Wydajność jednej misy — od 10 do 30 tonn na 24 godziny. Zużycie pracy 10 KM. Koszt operacji podług Weiskopfa — 0,9—1,5 kop. na 1 pud. W Rosji sposób ten był wypróbowany na hucie Kierczeńskiej.

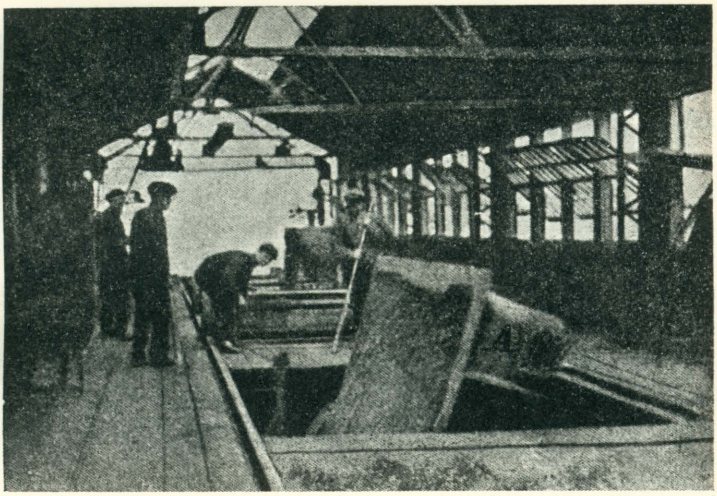


Rys. 73. Ogólny widok sali, w której znajduje się szereg mis Greenavalta *A*. Z przodu widać misę próżną. *R* — krata rusztowa, oddzielająca górną przestrzeń roboczą od dolnej komory powietrznej, do której wstawione są końce czopów pustych wewnątrz *t*.

Nowsze sposoby amerykańskie spiekania metodą Greenavalta i Dwight & Lloyda zostały wprowadzone w roku 1912, szerokie zaś ich zastosowanie przemysłowe w miejsce pieców rotacyjnych rozwinęło się w Ameryce Półn. w ciągu ostatniego dziesięciolecia. Sposoby te zarówno jakością produktów, przewyższającą wszystkie inne gatunki produktów różnych sposobów zużytkowania szlichów, jakoteż, zwłaszcza ze względów ekonomicznych, szybko zaczęły rugować z użytku piece rotacyjne, które cieszyły się wielkiem powodzeniem. Tak szybkie rozpowszechnienie sposobów, dopiero niedawno opatentowanych, w takim kraju, jak Stany Zjednoczone Ameryki Północnej, świadczą o ich wielkiem znaczeniu ekonomicznem.

2. Sposób Greenavalta polega na zasadach następujących: Przyrząd, w którym odbywa się spiekanie, ma wygląd płaskiej misy czworokątnej *A* (rys. 73) o wymiarach $12' \times 7'$ i 2 stopach głębokości, zaopatrzonej w dwa czopy *t* puste wewnątrz, dookoła których misa może

obracać się o 180°. Krata rusztowa *R* dzieli misę na 2 części: górną o wysokości 12′ — odkrytą i dolną, z którą połączone są czopy puste wewnątrz. Te ostatnie mają połączenie z silnym ekshaustorem. Kilka takich mis ustawia się szeregiem podłużnym (w kierunku osi obrotu na czopach) w długim, wąskim budynku (rys. 73) na poziomie piętra 2-go. Budynek zakończony jest wieżą *B* (rys. 75), mieszczącą zbiornik dla spiekanej mieszaniny. U dołu pod wieżą umieszcza się zbiorniki dla szlichów. Oprócz tego urządza się specjalny zbiornik dla materjału opałowego. Jako opału używa się jakiegokolwiek bądź paliwa miałkiego w stanie sproszkowanym, rzecz prosta, najtańszego i bezwar-

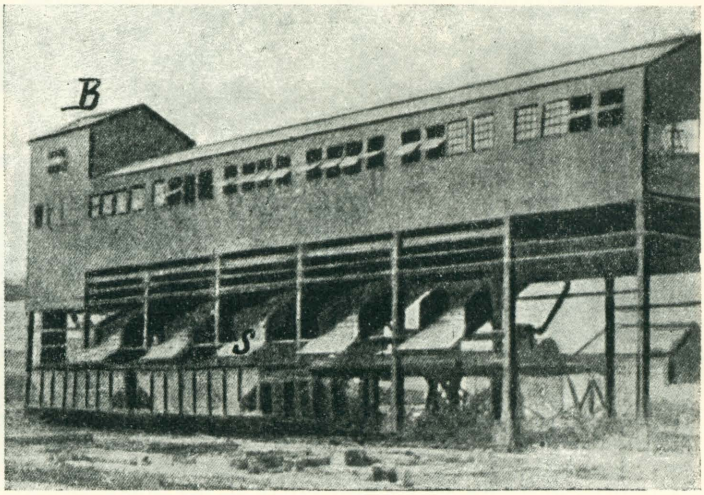


Rys. 74. Wywracanie misy Greenavalta w celu wyładowania aglomeratów.

tościowego dla wszelkich innych celów, np. trocin drzewnych, miału węglowego, powstającego przy zwęglaniu, chociażby zleżałego i zawierającego 50% wilgoci, wreszcie pyłu wielkopiecowego. O ile pył z pieców wielkich otrzymuje się w hucie w ilości znacznej, wówczas stanowi on materjał najlepszy, zwykle bowiem pył wielkopiecowy jest bezwartościowy i dla huty uciążliwy. Zawierając jednak w sobie koks i żelazo, stanowi on znakomity materjał opałowy do spiekania, żelazo bowiem pyłu dołącza się do szlichów i powiększa ilość aglomeratów. Ponieważ pył taki w większości wypadków stanowi najtańszy materjał opałowy, przeto zawsze powinien być zużytkowany do celów spiekania. Musi on być również zużytkowany i wtedy, gdy ilość jego jest niedostateczna oraz, gdy zachodzi konieczność dodawania droższego paliwa sprowadzanego, a to w celu potanienia produkcji.

Z każdego zbiornika materjał, w nim znajdujący się, idzie do m i e s z a r k i (opisanej na str. 81), gdzie szlichy zostają równomiernie i w określonym stosunku zmieszane z paliwem. Odsetek paliwa doda-

wanego zależy głównie od jego wilgotności i od ilości siarki w szlichach. Nadmiar materjału opałowego jest szkodliwy, ponieważ nie należy rozwijać temperatury i zużywać ciepła więcej, niż to jest potrzebne do spiekania. Ilość ta dla różnych materjałów opałowych bywa za każdym razem ustalana przez doświadczenie. Wogóle przy suchym materjale opałowym stanowi ona około 3—5%, przy bardzo wilgotnym do — 10%. Jeżeli szlichy zawierają dużo siarki, np. 2—3%, wówczas zużycie paliwa odpowiednio zmniejsza się do 1—2—3%, ponieważ proces może odbywać się kosztem ciepła, rozwijanego przez spalanie siarki, i towarzyszy mu prawie całkowite odsiarkowanie szlichów.



Rys. 75. Ogólny widok zakładu aglomeracyjnego podług systemu Greenavalta w Buffalo, Ameryka Półn.

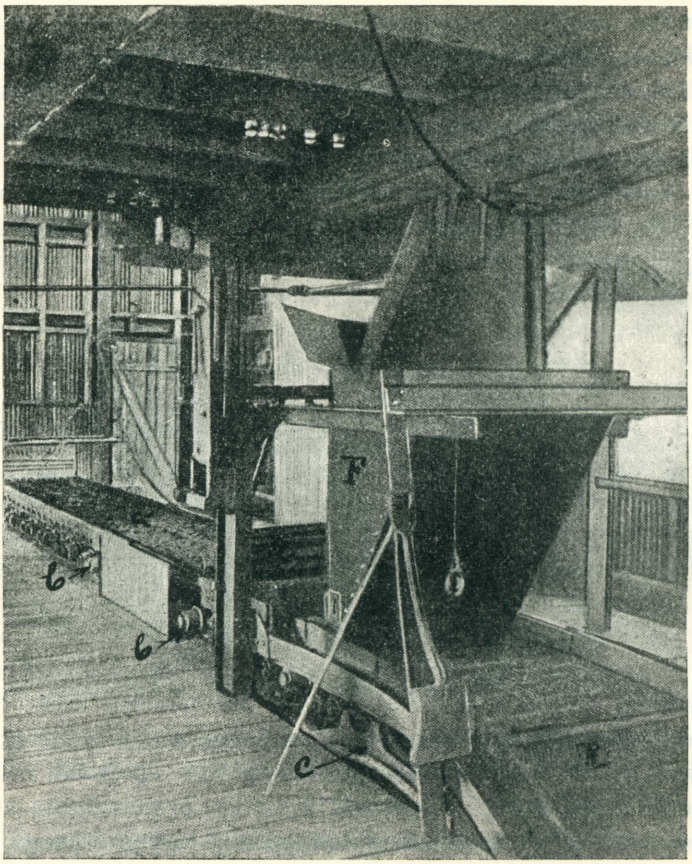
Nawet odpady siarczków mogą być tym sposobem spiekane i zużytkowane jako ruda żelazna. 50% wilgoci w materjale opałowym jest nietylko nieszkodliwy, ale nawet korzystny, mieszanina bowiem musi być wilgotną do 7—30%, zależnie od jakości rudy. Zwykle dodaje się do mieszarki nieznaczną ilość wody, określaną drogą doświadczenia i łatwo stwierdzaną przez dotyk podczas operacji przez doświadczonego robotnika. Praktyka wykazała, że do szlichów magnetytu należy dodawać wody do 7—8%, do odpadów siarczków — 15—20%, a do żelaziaków brunatnych — do 30%.

Mieszaninę, należycie przyrządzoną, podnosi się zapomocą elewatora do zbiornika górnego, umieszczonego w wieży, skąd w miarę potrzeby wypuszcza się ją do ładowacza. Ten ostatni jest to wózek który może być przesuwany na szynach *r*, obchwytujących boki mis (rys. 73) wzdłuż całego ich szeregu. Przesuwania wózka zwykle dokonywa się zapomocą znajdującego się na nim silnika typu tramwajowego

z górnym przewodem. Na wózku jest ustawiony odbiornik, napełniany ładunkiem, równym pojemności misy, z którego ładunek wypuszcza się zapomocą specjalnego urządzenia, umożliwiającego równomierne pokrycie całej misy warstwą jednakowej grubości mieszaniny, podlegającej spiekaniu. Długość szczeliny ładunkowej zasilacza równa jest szerokości misy. Podczas załadowywania wózek powoli przesuwa się automatycznie, wskutek czego otrzymuje się równomierne naładowanie. Zwilżanie mieszaniny w mieszarce, jak się zdaje, ma na celu przedewszystkiem zapobieżenie wpadaniu jej pod ruszty. W tym samym celu niekiedy posypuje się powierzchnię rusztów cienką warstwą wapienia o ziarnach $^1/_2''$ lub kawałków rudy tejże wielkości, wreszcie drobnemi odpadami aglomeratów. Dla tych substancyj zarówno ładowacz, jak również i wieża posiadają specjalne zbiorniki, do których materjał dostarczany bywa okresowo zapomocą wspólnego elewatora.

Gdy misę już załadowano, wówczas ładowacz odprowadza się na bok pod zbiorniki w wieży celem napełnienia go ładunkiem dla następnej misy, na jego zaś miejsce z przeciwnej strony na tychże szynach dostawia się inny wózek — z a p a l a c z. Ten ostatni przedstawia swego rodzaju lampę gazową lub mazutową, dającą płomień na całej powierzchni dolnego swego boku, pokrywającego w zupełności całą powierzchnię misy naładowanej. Płomień lampy reguluje się ciśnieniem powietrza sprężonego, zwykle zaś lampa ta jest przyćmiona, a dla zapalenia mieszaniny wytwarza się duży płomień zapomocą powietrza sprężonego. Jednocześnie puszcza się w ruch ekshaustor, powodujący w dolnej komorze misy silne ssanie, wskutek czego po kilku sekundach płomień obejmuje ładunek na całej powierzchni misy. Następnie odsuwa się zapalacz i płomień jego zmniejsza się, przy trwającem zaś w dalszym ciągu działaniu ekshaustora proces spiekania odbywa się w misie w całej pełni. Wilgotność ładunku przeciwdziała unoszeniu przez prąd powietrza materjału pyłowego pod ruszty. Stanowi to, zdaje się, drugi cel bardzo ważny zwilżania mieszaniny. W pierwszej chwili po usunięciu zapalacza cała powierzchnia misy jest rozżarzona, po kilku jednak minutach powierzchnia ciemnieje, palenie przenika w głąb i w każdym danym momencie znajduje się w jednej płaszczyźnie, która w czasie procesu obniża się, pozostawiając u góry masę spieczoną. Podczas palenia się dolnej warstwy w masie spieczonej wskutek silnego ssania tworzy się mnóstwo kanalików, przez które przechodzi powietrze chłodne i ochładza górną warstwę gotowego aglomeratu. Czas trwania procesu zależy od siły dmuchania, grubości warstwy, ilości materjału opałowego i siarki. Nadmiar paliwa oraz siarki, nie przynosząc żadnej korzyści, przedłuża jedynie proces, a produkty siarkowe wymagają dłuższego okresu spiekania. Wogóle czas trwania spiekania waha się od 20 do 60 minut. Przy procesie ustalonym dla określonej mieszaniny spiekanie odbywa się tak prawidłowo, że chwilę ukończenia

procesu da się określić wprost zapomocą zegarka. Wówczas dmuchanie przerywa się i wywraca się misę na czopach *t* (rys. 74), czasami zapomocą dźwigu mostowego, służącego do montowania i napraw. Zawartość misy łatwo oddziela się, niekiedy nawet całą masą. Spadając



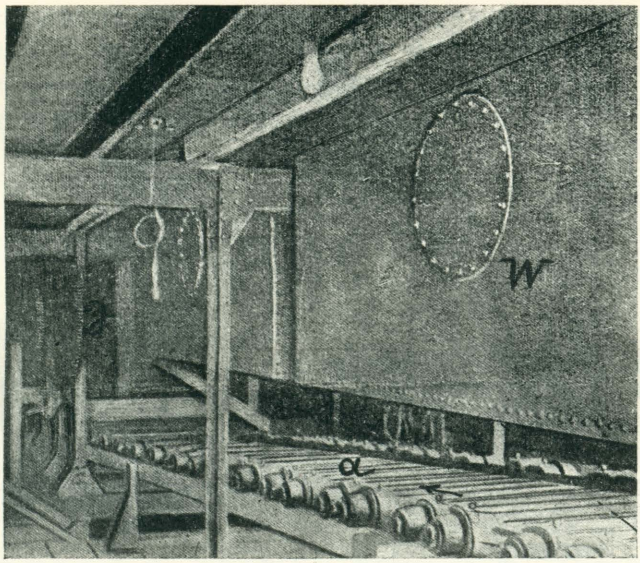
Rys. 76. Aparat Dwight & Lloyda od strony górnej, widok od ładowacza — *F*. *a* — zapalacz nieruchomy. *b* — rolki kierownicze łańcucha bez końca. *c* — tylna tarcza obrotowa łańcucha. Wchodzące na tarczę *c* z pod podłogi ogniwa łańcucha bez końca są próżne; widać ich powierzchnię kratową *R*. Komory powietrzne, nad któremi przesuwają się ogniwa α naładowane mieszaniną, znajdują się na piętrze dolnem (patrz rys. 77).

z pewnej wysokości aglomerat rozbija się na mocnych rusztach z szyn ($s = 200$ mm), ustawionych pochyło, przyczem miał zostaje oddzielony na drugiem gęstszem sicie nieruchomem. Miał ten skierowuje się ręcznie lub automatycznie zpowrotem do spiekania, przyczem może być użyty do utworzenia dolnej warstwy ochronnej w misie. Większe aglomeraty albo stacza się po pochyłości *s* bezpośrednio do wagonów kolejowych, znajdujących się na torze, przeprowadzonym równolegle do

budynku fabrycznego (rys. 75), albo też przenosi się je najprzód do zbiorników, gdzie zostają ochłodzone.

Wydajność zależy od pojemności mis i czasu trwania procesu stosownie do składu ładunku. Pojemność normalna jednej misy stanowi 5 t. Spiekanie trwa 25′—60′, ładowanie, wyładowanie i oczyszczanie — 30′, razem cały cykl — 55′—90′. Wydajność ogólna — 75—132 t/godz. Zużycie pracy na jedną misę — 60—80 KM.

3. Sposób Dwight & Lloyda zasadniczo nie różni się od tylko co opisanego. Różnica polega na konstrukcji mis: w przeciwieństwie



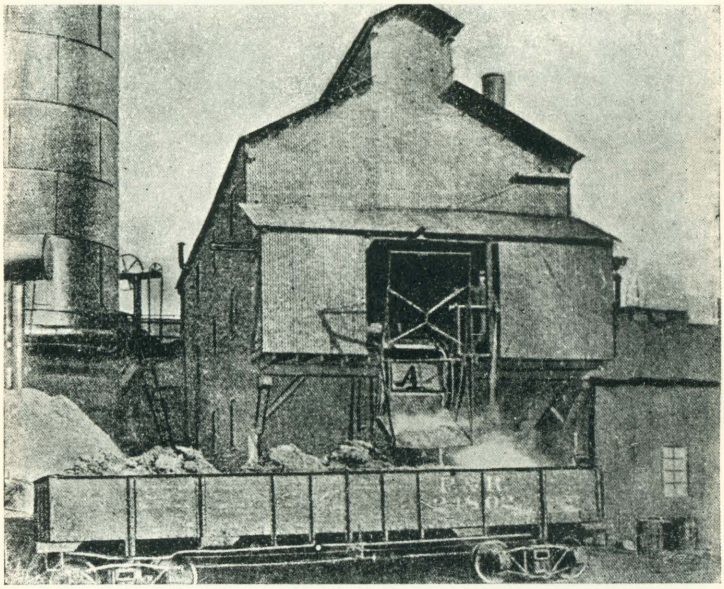
Rys. 77. Aparat Dwight & Lloyda. Widok na część boczną taśmy α i skrzynki powietrzne *W* pod podłogą roboczą. Strzałka wskazuje kierunek ruchu łańcucha, *g* — mechanizm napędowy.
Na rysunku pokazana jest taśma podwójna, przyczem nad bliższą nie są jeszcze ustawione skrzynki powietrzne.

do mis Greenavalta, działających okresowo, przyrząd Dwight-Lloyda jest mechanizmem, działającym bez przerwy. W nim komory górne mis Greenavalta z rusztami i dolne powietrzne są poniekąd oddzielone, przyczem pierwsze tworzą ogniwa łańcucha bez końca przesuwającego się powoli nad nieruchomemi komorami powietrznemi, połączonemi z systemem ekshaustorów (rys. 76 i 77). Na jednym końcu łańcuch odbiera ładunek mieszaniny, która podczas ruchu łańcucha podchodzi pod stale działający zapalacz nieruchomy *a*, następnie zaś przechodzi nad skrzynkami powietrznemi ekshaustorów. Proces odbywa się podczas ruchu łańcucha i kończy się na drugim jego końcu, gdzie na zakręcie odbywa się automatyczne wyładowanie aglomeratów bezpośrednio do wagonów kolejowych (rys. 78). Proces reguluje się zapomocą

siły dmuchania, grubości ładunku i prędkości ruchu łańcucha bez końca. Wydajność jednego przyrządu wynosi 70—80 t na 24 godz.

Przechodząc do oceny jakości produktów spiekania sposobem Grenevalta i Dwight & Lloyda, zaznaczymy co następuje:

1) Produkty otrzymują budowę gąbczastą, dziurkowatą lub jeszcze lepiej rurkowatą (cellular) (patrz rys. 52 i 53 str. 94, 95). Masa przedstawia jakby nieprzerwany splot rureczek o różnej średnicy od włoskowatych aż do 5 mm, kawałki zaś mają kształt nieprawidłowy lub raczej zaokrąglony o powierzchni haczykowatej. W porównaniu



Rys. 78. Ogólny widok zakładu aglomeracyjnego podług systemu Dwight & Lloyda w Birdsboro Pa. *A* — koniec wyładunkowy łańcucha bez końca, którego ogniwa zakręca się dookoła tarczy końcowej.

z brykietami Gröndala kształt taki posiada zalety następujące. Brykiety przed załadowaniem do wielkiego pieca trzeba rozłamywać, gdyż inaczej posiadałyby powierzchnię zbyt gładką, niekorzystną dla szybkiego zapoczątkowania jakiejkolwiek reakcji. Wskutek kanciastego kształtu brykietów zawsze pozostają między niemi dość znaczne puste przestrzenie, przez które pomimo znacznej porowatości gazy wielkopiecowe przedewszystkiem i głównie się kierują, omijając pory: z tych ostatnich powietrze wydziela się powoli i na ogrzanie jego traci się nadmierna ilość ciepła. Tymczasem w aglomeratach prawie żadnej niema różnicy pomiędzy drogą zewnętrzną i wewnętrzną, gazy łatwiej mogą przeniknąć przez całą masę materjału, łatwiej mogą wejść w kontakt z redukowaną masą z zewnątrz i z wewnątrz, cienkie ścianki pomiędzy rurkami, chociażby nawet nie miały one budowy porowatej, ogrze-

wają się szybko, dla szybkiego zaś zapoczątkowania reakcji nietylko kontakt, lecz i temperatura ma znaczenie nie mniejsze. Tak więc, bez wątpienia zużytkowanie ciepła i gazów przy użyciu aglomeratów odbywa się zupełniej i szybciej, zużycie więc materjału opałowego w wielkim piecu oraz ilość otrzymywanej surówki powinny być przy aglomeratach lepsze, niż przy brykietach. Piękny kształt prawidłowy brykietów dla topienia w wielkich piecach nietylko nie ma znaczenia, ale nawet jest szkodliwy. Prawidłowy kształt materjału może mieć znaczenie wyłącznie dla przewozu i przechowywania brykietów w składach, gdzie może odgrywać ważną rolę ekonomja miejsca.

2) Spiekanie podczas aglomeracji odbywa się przy temperaturze niższej, niż przy brykietowaniu. Według danych profesora Hoffmanna t^0 spiekania w procesie Dwight & Lloyda stanowi 1100—1200^0. Wskutek tego przejście magnetytu do grupy tlenków wyższych podczas spiekania nie bywa tak znaczne, jak przy prażeniu brykietów w piecach Gröndala lub w piecach rotacyjnych. Jednakże ilość tlenku żelazawego zależy od czasu trwania utleniającego działania procesu, siły dmuchania, ilości materjału opałowego i temperatury. Wszystkie te czynniki łatwo można regulować podczas procesu i dlatego przypuszczać należy, że stopień utlenienia zależy do pewnego stopnia od kierującego operacją. Lecz, natomiast, wskutek niższej temperatury w aglomeratach tworzy się bardzo mało łatwo topiących się i trudno ulegających redukcji krzemianów żelaza, które powlekają ziarna szlichów masą szklistą i zawsze w obfitości znajdują się w innych produktach spiekania, np. w produktach pieców rotacyjnych. Takie krzemiany, tkwiące w masie produktu, oczywiście, powstrzymują przez czas pewien część ziarn od redukcji w piecach wielkich, nie mówiąc już o tem, że samo ich wytworzenie się świadczy o stracie żelaza. Niektóre jednak gatunki magnetytów wymagają t wyższej (1400^0) i wówczas w aglomeratach można zaobserwować częściową redukcję żelaza. Świadczyłoby to niejako o nierównomiernem biegu procesu spiekania i nieekonomicznem zużywaniu materjału opałowego. Z drugiej jednak strony, okoliczność ta podkreślana bywa przez zwolenników aglomeracji jako zaleta, dzięki bowiem częściowej redukcji żelaza w procesie spiekania topienie w piecu wielkim zachodzi szybciej przy mniejszem zużyciu opału.

W Rosji w roku 1916 zaprojektowano kilka instalacyj aglomeracyjnych według systemu Greenavalta: na hucie Dnieprowskiej w celu spiekania pyłu wielkopiecowego, na hutach Nadieżdińskiej i Kuszwińskiej na Uralu dla spiekania szlichów magnetytu. Według obliczeń wstępnych koszt aglomeracji na hucie Kuszwińskiej, włączając amortyzację, wynosił 1,00—1,72 kop. na 1 pud szlichów zależnie od wydajności oraz domieszki siarki, t. j. więcej niż dwa razy taniej od brykietowania metodą Gröndala.

ROZDZIAŁ IX.

Koksownictwo.

§ 1. Wstęp.

Określenia. Węgle kopalne, łupek palny i torf przy nagrzewaniu rozkładają się, przyczem, o ile rozkładanie to dokonywa się przy braku lub nieznacznym tylko dostępie powietrza, wówczas nosi ono nazwę dystylacji suchej, a towarzyszy mu otrzymanie dystylatu płynnego.

Produktami dystylacji suchej są:

1) gazy palne: węglowodory, tlenek węgla, wodór i in.;

2) dystylaty ciekłe i stałe: smoły (dziegieć), oleje mineralne, parafina, kwasy organiczne i wody amonjakowe;

3) pozostałość stała, wzbogacona w pierwiastek *C*, tak zwany koks, w którym skupia się większa część popiołu. Przy dystylacji suchej torfu pozostałość ta nazywa się koksem torfowym lub węglem torfowym. Zjawisko analogiczne spotykamy przy dystylacji suchej drzewa, przyczem jako pozostałość otrzymuje się węgiel drzewny.

W tem znaczeniu wszelką dystylację suchą materjałów palnych można rozpatrywać, jako operację chemiczną wzbogacenia ich w pierwiastek *C*.

Dystylaty przedstawiają mieszaninę rozmaitych substancyj: węglowodorów, związków azotowych, lotnych ciał mineralnych, płynnych i gazowych, z których wiele ma bardzo ważne znaczenie przemysłowe. Wzajemne ich oddzielenie następuje zapomocą dystylacji cząstkowej, opartej na różnej temperaturze ich parowania i zgęszczania, jakoteż rozkładu zapomocą oczyszczania chemicznego dystylatów. Operację tę również można rozpatrywać jako sposoby chemiczne rozdzielania zmieszanych z sobą substancyj ciekłych i gazowych. Zasadniczo jest ona identyczna z wielu innemi operacjami rozdzielania substancyj w czasie przeróbki wstępnej i powoduje wzbogacenie produktów rozdzielanych.

Zależnie od rodzaju kopaliny palnej i jej własności chemicznych różne produkty dystylacji mają wartość rozmaitą, samą zaś dystylację suchą przeprowadza się przeważnie lub głównie w celu otrzymania

produktów określonych, przyczem wszelkie pozostałe produkty dystylacji mają charakter produktów ubocznych lub niekiedy odpadów.

Jeżeli główny cel dystylacji stanowi otrzymanie pozostałości stałej, koksu, wówczas operacja nosi nazwę koksowania, zakłady zaś, w których się jej dokonywa, koksowni (naprzykład, przy wyrobie koksu metalurgicznego z węgla kamiennego. W zastosowaniu do drzewa, a niekiedy także do torfu operacja analogiczna nazywa się zwęglaniem). W koksowniach dystylaty płynne i gazy stanowią produkty uboczne.

Jeżeli głównym celem dystylacji jest otrzymanie gazów, wówczas dystylacja sucha nosi nazwę gazowania i odbywa się w gazowniach, naprzykład przy produkowaniu gazu świetlnego do oświetlania miast i budowli. W gazowniach produktami ubocznemi są koks i dystylaty płynne. Wreszcie, jeżeli główny cel wyrobu stanowią różne dystylaty, wówczas operacja nazywa się właściwą dystylacją, a odpowiednie zakłady — dystylacyjnemi, naprzykład, zakłady dystylacyjne węgla brunatnego, wyrabiające parafinę i oleje mineralne. Ubocznemi produktami zakładów dystylacyjnych są koks i gazy.

W przemyśle niekażda pozostałość stała dystylacji suchej kopalin palnych nazywa się koksem, lecz tylko taka, która na zasadzie swych własności może mieć zastosowanie praktyczne, jako nowy rodzaj paliwa, jakością swą przewyższający paliwo, z którego został przyrządzony.

Cel koksowania może być bardzo różny. Tak, niektóre węgle, bardzo spiekające się, nie nadają się do użytku w piecach wskutek swej zdolności do topienia się i spiekania, ponieważ mogą zanieczyszczać ruszty palenisk i utrudniać przejście powietrza w piecach szybowych (np. w piecach wielkich). Otrzymywany z nich koks stanowi substancję nietopliwą. Węgiel kamienny bywa koksowany w celu wzbogacenia w pierwiastek *C* lichych jego gatunków przy równoczesnem częściowem usunięciu lotnych substancyj mineralnych — siarki i arszeniku, szkodliwych przy używaniu materjału palnego jako opału; — w celu otrzymania bezdymnego paliwa do pieców domowych; wreszcie — co najważniejsze — w celu wyrobu koksu metalurgicznego do wytapiania surówki w piecach wielkich. Przy koksowaniu zwiększa się działanie pyrometryczne materjału opałowego, otrzymuje się twarde paliwo w kawałkach, zdolne do wytrzymywania bez kruszenia się dużego ciężaru w piecach wielkich, dostatecznie porowate dla przenikania gazów i t. p. Oprócz tego celem koksowania może być zużytkowywanie miału, nie mającego w stanie surowym zbytu, i o ile należy on do węgli spiekających się, wówczas przez skoksowanie może być przekształcony w duże kawałki koksu, stanowiące dobry materjał opałowy. W tym ostatnim wypadku operacja koksowania jest analogiczna do innych rodzajów kawałkowania, pod względem

zaś kształtu kawałków otrzymywanego produktu odpowiada aglomeracji.

Koks zatem przemysłowy prócz swych wysokich zalet pyrometrycznych powinien zawsze stanowić paliwo w dużych (100—150 mm) twardych kawałkach. Stąd wynika, że niekażdy węgiel zdatny jest do koksowania.

Tak, torf i węgiel brunatny dają koks bardzo słaby, rozpadający się pod ciężarem ładunku i wskutek tego nie nadający się do celów metalurgicznych. Jako zwykłe paliwo, stanowiące produkt uboczny zakładów dystylacyjnych (węgla brunatnego), koks z węgla brunatnego czasami ma zbyt (w Niemczech) do użytku domowego, niekiedy po uprzedniem sprasowaniu (koks prasowany) również do wyrobu elektrodów elementów galwanicznych i t. d. Poza tem wskutek małego wychodu węgla brunatnego (40 - 60%) koksowanie jego, jako operacja główna, nie może być korzystne z punktu widzenia ekonomicznego, tem bardziej, że przy znacznej zawartości popiołu w węglu brunatnym, prawie całkowicie pozostającego w koksie, ten ostatni otrzymuje się z bardzo znaczną domieszką substancyj mineralnych.

Zdolność węgli kamiennych do koksowania widoczna jest z ich własności według tabeli Grünera, przytoczonej na str. 114 w rozdziale o brykietowaniu. Tylko węgiel 3-ej i 4-ej grupy daje koks, czyniący zadość wszelkim stawianym mu wymaganiom. Węgiel kategorji 2-ej, aczkolwiek może dać koks spieczony, to jednak daje go mało, a zato daje znaczną ilość substancyj lotnych i gazów. Wskutek tego nadaje się on więcej do gazowania, przyczem koks nabiera wówczas charakteru produktu ubocznego. Węgiel suchy i chudy jest niezdatny do wyrobu koksu przemysłowego, ponieważ koks z niego otrzymany jest niespoisty i z łatwością rozsypuje się na proszek. Jednakże węgiel chudy i antracyt, zmieszane z węglem tłustym, mogą dać zadowalający koks dobrze spieczony. Tak więc, aczkolwiek ilość substancyj lotnych w typowym węglu koksowniczym znajduje się w granicach 32—18%, to jednak wogóle mieszanina węgli dla wyrobu koksu może mieć nawet mniejszą ilość substancyj lotnych. Zazwyczaj przyjmuje się, że mieszanina koksownicza powinna zawierać niemniej 15—14% substancyj lotnych.

Jeżeli węgiel koksuje się, wówczas własność ta nie zależy od wielkości kawałków, gdyż koks może być produkowany zarówno z grubych, jakoteż z drobnych sortymentów węgla. Dawniej, do połowy ub. stulecia, kiedy koks otrzymywano zapomocą spiekania w mielerzach, do wyrobu jego używano głównie sortymentów grubych. W miarę jednak rozwoju koksowania w piecach, zaczęto przechodzić do węgla drobnego i nawet rozdrabiania sortymentów grubych w razie braku miału, ponieważ z węgla drobnego po uprzedniej jego przeróbce okazało się możliwem otrzymywanie koksu o lepszej jakości. Obecnie w Niemczech,

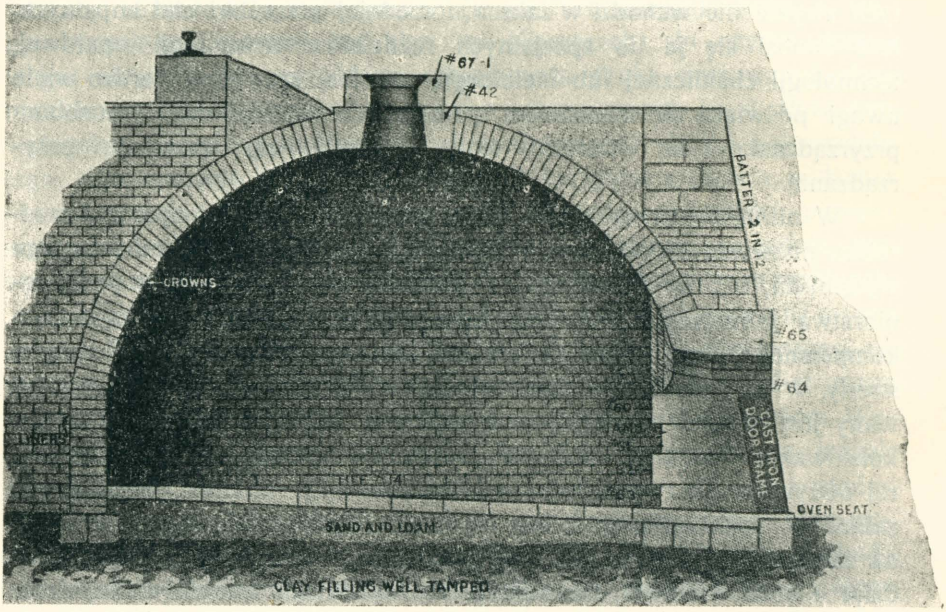
jak również w Zagłębiu Donieckiem, w celu otrzymania koksu używa się wyłącznie miału poniżej 10 mm, tembardziej, że sortymenty grubsze zawsze znajdują zbyt w stanie surowym. Tak więc, w obecnych czasach obok celów wzbogacania paliwa koksowanie stanowi typową operację zużytkowania miału węglowego w postaci aglomeratów.

Zasadniczo koksowanie, a tembardziej gazowanie lub dystylacja nie stanowi w ścisłem znaczeniu tego wyrazu ani wzbogacania, ani aglomeracji, lecz zupełnie samodzielny proces, stanowiący przedmiot technologji opałowej, i wskutek tego rozpatrywanie operacyj tych zwykle nie wchodzi w zakres uprzedniej przeróbki ciał kopalnych, lecz odnosi się je do specjalnych rozdziałów technologji opałowej, technologji chemicznej lub metalurgji, w której zazwyczaj bardzo wiele uwagi poświęca się materjałom palnym, ich własnościom i sposobom przyrządzania, o ile własności te są uwarunkowane sposobami przyrządzania.

W niniejszej pracy wyrób koksu zaliczony został do operacyj przeróbki, ponieważ zwykle koksowanie węgla odbywa się w miejscu jego wydobycia, t. j. na kopalniach i wchodzi w skład jednego przedsiębiorstwa górniczego, pod względem administracyjnym podlegającego kompetencji jednej osoby, stojącej na czele przedsiębiorstwa. Z drugiej strony, w szeregu innych operacyj uprzedniej przeróbki, jakim poddawany jest węgiel kamienny w kopalniach, jak sortowaniu i płókaniu, koksowanie wraz z brykietowaniem stanowi operację końcową, po której otrzymuje się ostateczny produkt rynkowy — koks, wysyłany do zakładów metalurgicznych, lub brykiety. Wychodząc z tego założenia, na zakończenie analizy operacyj przeróbki umieszczamy niniejszy rozdział o koksownictwie, traktując je ze stanowiska interesów kopalnianych jako proces kawałkowania drobnych sortymentów ciał kopalnych. Proces ten — na zasadzie analogji kształtu produktów — będzie zbliżony do procesów aglomeracji. Między innemi wspomniemy również o analogji i różnicy między koksowaniem a innemi rodzajami dystylacji suchej, cele bowiem, do jakich one dążą, osiągane są również i w koksowniach przy zużytkowaniu tak zwanych produktów ubocznych: dystylatów i gazów.

Rozwój koksownictwa. Początkowo koksowanie węgla dokonywane było w mielerzach, podobnie jak wytwarzanie węgla z drzewa. U dołu mielerza umieszczano kawałki największe, wyżej układano coraz to mniejsze i wreszcie na powierzchni mielerza — miał, przyczem cały mielerz pokrywano warstwą popiołu i ziemi, nasiąkniętych wodą. Mielerze koksownicze miały 8 m średnicy u podstawy i $1^1/_2$—2 m wysokości. W środku mielerza tworzono komin wyciągowy, u dołu zaś — kanały radjalne, wyłożone zapomocą większych kęsów węgla. Przez kanały te zapalano mielerz i węgiel koksował się przy małym dostępie powietrza. Koksowanie w mielerzach odbywa się kosztem spalania tegoż

węgla oraz tworzącego się koksu. Wskutek tego wydajność koksu w mielerzach zawsze była nieznaczna — niewiększa od 60—65%, przyczem wszystkie produkty uboczne były stracone. Jedyną zaletą koksowania w mielerzach mogło być to, że nie wymagało ono budowy drogich pieców, i wskutek tego gdzieniegdzie jest ono stosowane nawet dzisiaj. Przy obecnym jednak wysokim rozwoju techniki koksowniczej spiekanie w mielerzach można polecić jedynie jako tymczasowe koksowanie próbne przy robotach poszukiwawczych, gdyż niezależnie od straty cen-



Rys. 79. Przekrój pieca ulowego.

nych produktów ubocznych, wydzielające się z mielerzów gazy zawierają związki siarkowe i dużo tlenku węgla, a wskutek tego są duszące i uciążliwe dla mieszkańców okolicznych. Koksowanie w mielerzach było znane już w końcu XVIII stulecia i miało stosunkowo szerokie zastosowanie na początku wieku XIX.

Okres następny w rozwoju koksownictwa stanowią tak zwane Szaumbergowskie piece odkryte. Składają się one ze ścianek masywnych, otaczających z 4 stron przestrzeń roboczą, z otworem w jednej z nich dla ładowania i wyładowywania. W ściankach porobione są kanały poziome i pionowe dla zapalania węgla i podtrzymywania przewiewu. W porównaniu z mielerzami piece Szaumbergowskie mają tę zaletę, że pozwalają na spiekanie jednocześnie dużych ilości węgla i na lepsze regulowanie procesu. Oprócz tego piece te umożliwiły już zużytkowanie miału węglowego. Koksowanie jednak w piecach Szaum-

bergowskich, podobnie jak w mielerzach, odbywa się kosztem spalania części węgla, wydajność zatem koksu w nich jest równie nieznaczna, jak i w mielerzach. Jako piece odkryte, odznaczają się temi samemi wadami, co i mielerze, ze względu na straty produktów ubocznych i rozprzestrzenianie gazów duszących.

Pierwsze piece zakryte pojawiły się w Anglji w r. 1836, wskutek jednak swej drożyzny nie mogły odrazu wyrugować z użycia pieców odkrytych. W r. 1847 w Niemczech wydany został zakaz używania pie-

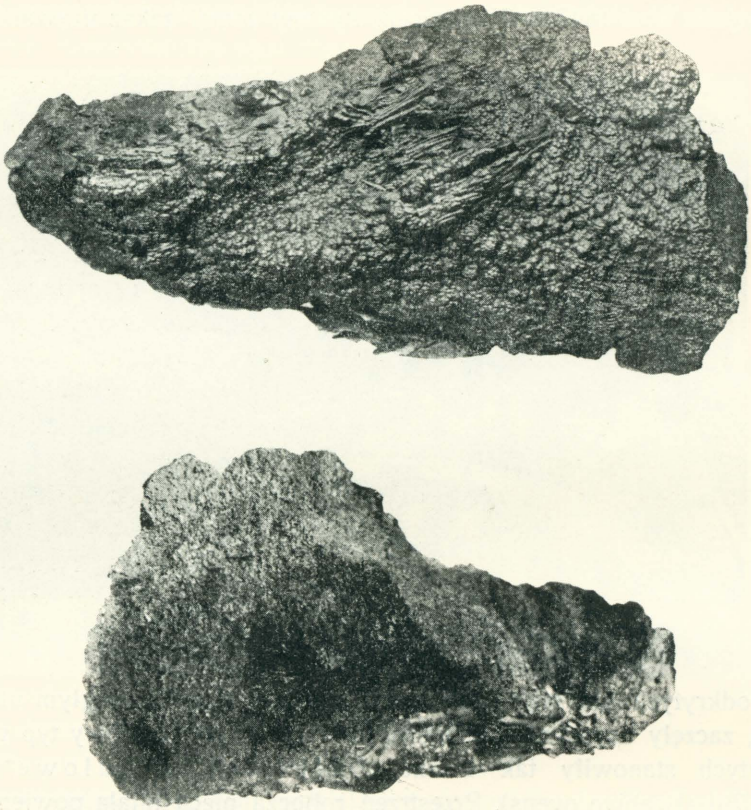
Rys. 80. Widok na baterję pieców ulowych.

ców odkrytych. Od tego czasu piece zakryte, ulegając ciągłym ulepszeniom, zaczęły uzyskiwać popularność wszędzie. Początkowy typ pieców zakrytych stanowiły tak zwane „bułkowe“ lub „ulowe“ piece (rys. 79) (Beehive ovens). Przestrzeń robocza pieca miała powierzchnię okrągłą lub owalną, przykrytą płaskiem sklepieniem kopułowem, w środku którego znajdował się otwór do ładowania węgla i odprowadzania gazów. Do wyładowywania koksu służył otwór boczny, zamurowywany podczas biegu. Średnica pieca wynosiła 10′ (3 m), wysokość 4′—5′ (1,2—1,5 m). Koksowanie odbywało się kosztem ciepła spalanych gazów.

Część jednak węgla również spalała się. Takie piece prymitywne spotkać jeszcze można i teraz w dużej ilości w Anglji i Ameryce. W Pensylwanji (rys. 80) „piece ulowe“ buduje się długiemi szeregami pojedyńczemi lub podwójnemi. Znany ze swej czystości węgiel tłusty pokładu Pittsburg w okolicy Connellsville daje w piecach tych znakomity koks, wytwarzający na swej powierzchni cudowne nacieki i stopy o pięknym połysku srebrno-białym (rys. 81), w przełomie zaś mający wygląd zwykłego dobrego koksu zbitego i porowatego (rys. 82). Wy-

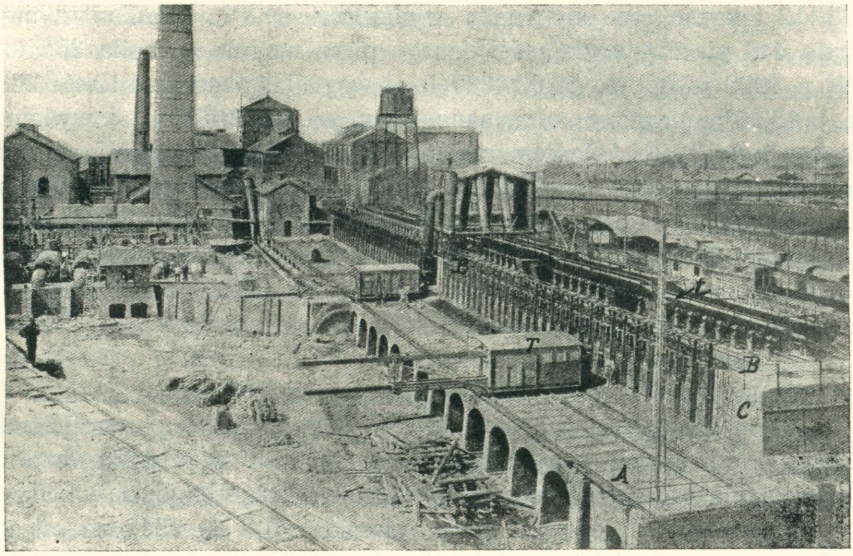
dajność koksu z pieców ulowych jest większa, niż z pieców Szaumbergowskich, piecom tym jednak właściwe są wszystkie wady tych ostatnich, produkty bowiem uboczne traci się, gazy zaś rozprzestrzeniają swąd i wynoszą dużą ilość ciepła nieużytkowanego.

Dążenie do całkowitego zużytkowania ciepła gazów spalanych doprowadziło do wynalezienia teraźniejszych typów pieców komorowych, w których proces koksowania odbywa się wyłącznie kosztem spalania gazów, wydzielających się z węgla poza komorą koksowniczą. Gazy, wychodzące z komory, prowadzi się zapomocą specjalnych kanałów, pozostawionych w obmurowaniu pieców i otaczających ze wszystkich stron przestrzeń roboczą, gdzie spalają się one kosztem powietrza, wprowadzonego zapomocą innych kanałów. Przestrzeń robocza ma wygląd długich, wąskich komór, które początkowo ustawiano w położeniu pionowem, ułatwiającem wyładowywanie pieców przez dolny otwór wyładunkowy (piece Appolta), później jednak komorom nadano położenie poziome, przy którem można było znacznie powiększyć wydajność pieców, pomimo, iż wymagało to zastosowania różnych środków



Rys. 81—82. Okazy koksu konelswilskiego.

mechanicznych dla wyładowywania. Typ ten zachował się do dnia dzisiejszego. W piecach komorowych można regulować w pewnych granicach proces koksowania, jak również można przystosować piece te do koksowania węgla półtłustego i chudego przez nadanie częściom pieca odpowiednich wymiarów. Zasadniczym typem poziomych pieców komorowych jest piec Coppe'go. Wszystkie nowe piece udoskonalone w gruncie rzeczy stanowią, co się tyczy ich idei, typy dalszego rozwoju pieca Coppe'go, lecz nawet w swej postaci pierwotnej piec ten dzisiaj



Rys. 83. Baterja komorowych poziomych pieców koksowniczych typu Coppe'go.

jeszcze zajmuje pierwsze miejsce wśród wszelkich innych pieców koksowniczych. Długość komór pieca Coppe'go wynosi 9—10 m, wysokość 1,5—1,6, szerokość 0,45—0,65, pojemność 5—6 tonn, czas trwania operacji 36—48 godzin. Zwykle szereg pieców od 30 do 60, ustawionych równolegle, połączony jest w jedną długą baterję (rys. 83). Wprowadzenie w koksowniach pieca Coppe'go w roku 1854 znacznie posunęło naprzód rozwój koksownictwa.

Dalszem udoskonaleniem było przystosowanie pieców koksowniczych do uławiania produktów ubocznych: głównie smoły, wód amonjakowych i benzolu. W piecach tych gazy, wychodzące z szeregu komór jednej baterji, łączą się w wspólnym przewodzie rurowym *r* (rys. 83), przez który przechodzą do specjalnego zakładu chemicznego, gdzie drogą ochładzania i płókania oczyszczane są z produktów lotnych i rozpuszczalnych, poczem gazy powracają do pieców i spalane są w kanałach, otaczających komory. Najbardziej rozpowszechnionym typem pieców tego rodzaju są znane piece Otto-Hoffmanna. W nowszych insta-

lacjach koksowniczych, doskonale urządzone jest zużytkowanie ciepła gazów wychodzących. Ciepło to służy do ogrzewania powietrza, niezbędnego do spalania, do ogrzewania gazu chłodnego, powracającego z zakładu chemicznego, do ogrzewania kotłów parowych, ogrzewania wody i t. p.

Rozwój koksownictwa w Niemczech ilustrują następujące dane, dotyczące Westfalji.

W r. 1850 z ogólnej ilości węgla wydobytego — 1.804.427 tonn — skoksowano 127.478 t, t. j. 7,06% ogólnej ilości, przyczem otrzymano 73.112 t koksu, co odpowiada wydajności 61,8%. Ogółem czynnych było 448 pieców, wydajność jednego pieca na rok wynosiła 206 tonn. W r. 1900 wydobyto 59.620.000 tonn węgla i skoksowano 12.486.263 t., t. j. 15,26%, przyczem otrzymano koksu — 9.102.486 t., t. j. wydajność koksu była 72,9%. Ogółem czynnych było 9.948 pieców, t. j. na jeden piec przypadało na rok 915 t. Z ogólnej ilości pieców było 6.984 niezużytkowujących produktów ubocznych, w tej liczbie 6.606 pieców Coppe'go. Pozostałe 2.964, t. j. 30% uławiały smołę i wody amonjakowe. Z nich 2.348 stanowiły piece Otto-Hoffmanna różnej konstrukcji. Tak więc po upływie 50-letniego okresu czasu:

1) absolutna produkcja koksu wzrosła 12,5 razy,

2) stosunkowa produkcja koksu wzrosła 2,16 razy,

3) wydajność koksu wzrosła z 61,8% na 72,9% — dzięki udoskonaleniom konstrukcji pieców, pozwalającym na zużytkowanie dla koksowania prócz węgli tłustych, częściowo także chudych,

4) wydajność jednego pieca wzrosła z 206 do 925 t na rok, t. j. 4,5 razy; w wypadkach poszczególnych wydajność dosięga 1500 t,

5) stopniowo wzrastała ilość pieców, zużytkowujących produkty uboczne.

W Ameryce technika koksownicza nie uległa znaczniejszym udoskonaleniom; dotychczas pierwsze miejsce zajmują tam piece ulowe, produkcja jednak koksu dosięgła tam olbrzymich rozmiarów. Ośrodek koksownictwa stanowi Connellsville w hrabstwie Fayette w Pensylwanji. Tu produkuje się 75% całej ilości koksu w Stanie. W r. 1898 było tu czynnych 17.250 pieców ulowych, które wyprodukowały w ciągu roku 10.000.000 t koksu.

W Zagłębiu Donieckiem koksownictwo rozwija się ogromnie. Głównie używa się tu pieców Coppe'go, w ostatnich jednak czasach dostrzec można zainteresowanie się także produktami ubocznemi. Wielki rozwój koksownictwa czeka w najbliższej przyszłości Zagłębie Kuźnieckie na Syberji dla zaopatrywania w koks uralskiego przemysłu żelaznego.

§ 2. Koksowanie.

Węgiel koksowniczy i własności koksu. Jak już zaznaczyliśmy, do koksowania używa się węgli, należących do 3-ej i 4-ej klasy Grü-

nera, t. j. zawierających 32—18% substancyj lotnych. Węgiel chudy może być domieszany do węgla tłustego w takiej jednak ilości, żeby przeciętna zawartość substancyj lotnych nie była mniejsza od 15%. Tak, nawet węgiel antracytowy, zawierający 5% substancyj lotnych, może być domieszany w ilości 50% do węgla tłustego, zawierającego 30% substancyj lotnych, ponieważ przeciętna ich zawartość w mieszaninie będzie 17%. Czasami w celu powiększenia zdolności węgla chudego do spiekania się dodaje się pewną ilość paku. Ciekawą jest rzeczą, że niektóre węgle, spiekające się słabo, mogą dać koks dobry, jeżeli prowadzi się koksowanie przy szybkiem nagrzewaniu, t. zn. w komorach wąskich (40 cm), oraz jeżeli poddaje się węgiel koksowaniu natychmiast po jego wydobyciu, ponieważ po upływie pewnego czasu leżenia w składach, węgiel, spiekający się słabo, traci zdolność do spiekania się. Wreszcie, z węgla półtłustego, przechodzącego w chudy, można otrzymać dobry koks, jeżeli masę węgla drobnego podda się uprzedniemu mechanicznemu uzwięźleniu i ściśnięciu. W danym wypadku, oczywiście, na zdolność węgla do spiekania się ma wpływ większe zbliżenie cząsteczek, jakkolwiek własność taka węgla chudego, wykryta przez doświadczenie, dotąd nie jest jeszcze ściśle naukowo wyjaśniona.

Węgiel, podlegający koksowaniu, musi mieć pewną określoną ilość wilgoci, zależną od jego jakości — 10—17%. Im węgiel jest tłustszy, tem więcej musi być w nim wilgoci. Przy węglu tłustym wytwarzanie się gazu w początku procesu odbywa się bardzo burzliwie. Wskutek tego cząsteczki węgla odrywają się i giną w postaci pyłu, unoszonego przez gazy, wydajność więc koksu staje się mniejszą. Prócz tego koks otrzymuje się nadzwyczaj spęczniały i pomimo wielkiej zdolności węgla do spiekania się słabo wytrzymuje on nacisk ładunku w wielkich piecach. Obecność pewnej ilości wilgoci (12—15%) przeciwdziała temu zjawisku i sprzyja otrzymaniu normalnej wydajności koksu o budowie zbitej, dźwięczącej. Jednakże zbyt wielka ilość wilgoci zatrzymuje proces koksowania i wskutek parowania pogarsza jakość gazów oraz dystylatów.

Po wyładowaniu koksu z pieca zwykle gasi się go zapomocą polewania wodą z wężów pożarowych. Przyśpiesza to ochłodzenie koksu i zapobiega paleniu się rozżarzonego koksu na powietrzu. Jednocześnie ulatnia się część siarki. Ogólna ilość wody, niezbędną do zwilżenia węgla i gaszenia koksu, reguluje się w ten sposób, żeby w koksie gotowym zawartość wilgoci nie przekraczała 4—6%.

Dobry koks nie powinien zawierać dużo siarki, szkodliwej przy wytapianiu surówki. Popiołu nie powinno być w koksie więcej, jak 6—8%. Ponieważ popiół węgla kamiennego podczas koksowania, nie podlegając zmianom, prawie całkowicie przechodzi do koksu, przeto zawartość popiołu w koksie zwykle jest większa, niż w węglu. Przy

wydajności więc koksu 70% w celu otrzymania niewięcej, jak 8,5 do 11,5% popiołu, nie powinno być go w węglu surowym więcej, jak 6—8%. Stąd wynika, że węgiel ze zbyt wielką zawartością popiołu i siarki musi być uprzednio poddany wzbogaceniu w celu obniżenia zawartości popiołu do granic wskazanych i usunięcia szkodliwych związków siarkowych.

Tak więc, płókanie węgla kamiennego stanowi operację przygotowawczą do koksowania. Dzięki niemu nietylko wydziela się nadmiar szkodliwych domieszek minerałów, lecz także wprowadza się niezbędną dla koksowania ilość wilgoci, która może być ściśle regulowana w procesie odwadniania. Jeżeli wzbogacanie szlamów węglowych jest utrudnione, wówczas do koksowania należy brać sortymenty grubsze, które po wzbogaceniu są rozdrabiane w dezintegratorach Carra do wielkości 10—0 mm. Te same dezintegratory służą również do mieszania różnych gatunków węgla w celu otrzymania koksu jednorodnego.

Piece koksownicze. Zatrzymamy się na rozpatrzeniu jedynie typów najbardziej rozpowszechnionych — poziomych pieców komorowych. Baterja *B* (rys. 83, 84, 85) z 30 umieszczonych w rząd komór *K* ustawiona jest na wysokim fundamencie *A* w kształcie cokołu, składającego się z szeregu ścian oporowych, przykrytych sklepieniami w kierunku podłużnym lub poprzecznym i tworzących w podstawie pieców szereg kanałów połączonych z sobą w różny sposób. Kanały te mają różne przeznaczenie: 1) ochłodzanie podstawy pieców, 2) dostęp do niektórych części wewnętrznych, regulujących działanie pieców, 3) odprowadzanie produktów spalania do komina, 4) ogrzewanie powietrza, potrzebnego do spalania gazów w kanałach paleniskowych, wreszcie 5) zmniejszenie ilości materjału budowlanego dla fundamentu. (Ładowania komór węglem dokonywa się z góry przez otwory w ich sklepieniach).

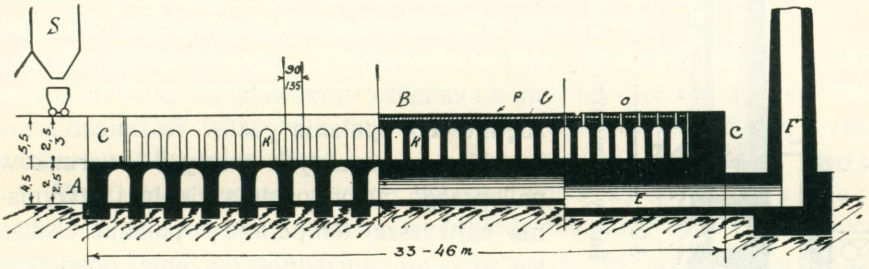
Szerokość podstawy znacznie przewyższa szerokość znajdującej się na niej baterji (rys. 85, 83), t. zn. długość komór, w ten sposób z obu stron tych ostatnich tworzą się pomosty dla robót, prowadzonych około pieców. Z jednej strony — tylnej *M* umieszczony jest wózek *T* z maszyną do wypychania z komór gotowego koksu, tak zwany wypychacz koksu. Szerokość tego pomostu nie jest mniejsza od długości pieców, t. j. — 10 m. Na pomoście przednim *N* odbywa się gaszenie wypchniętego koksu wodą, jego sortowanie i ładowanie do wagonów kolejowych *v*, znajdujących się na torze, ułożonym wzdłuż podstawy pieców. Pomost więc *N* jest jednocześnie wyładunkową rampą kolejową, a wysokość jego nad powierzchnią ziemi odpowiada wysokości wagonów kolejowych. Pomost *N* ma nieznaczne nachylenie ku torowi, szerokość zaś jego nie jest mniejsza od 15 m. Ogólna zatem szerokość podstawy pieców nie jest mniejsza od 35 m.

Komory pieców znajdują się pomiędzy dwiema ścianami masywnemi *C* na końcach baterji. Ściany te przeznaczone są do zabezpieczenia krańcowych komór przed wypromieniowaniem ciepła, całej zaś baterji przed deformacją, mogącą powstać wskutek wysokiej temperatury. Ściany złączone są z sobą łącznikami ankrowemi.

Z zewnątrz komory pokryte są warstwą izolacyjną *l*, składającą się z gliny, popiołu i t. p., a ponad nią — wyściółką betonową lub ceglaną *p*. Dach baterji stanowi trzeci pomost roboczy do ładowania węgla przez otwory w sklepieniach komór piecowych.

Przednie i tylne otwory komór zamyka się drzwiami *t*, przesuwanemi w kierownicach pionowych. Do ich podnoszenia służą 2 kołowroty *L*, przetaczane na szynach, ułożonych z obydwu stron baterji.

Części ścianek rozdzielczych, przylegające do komór, oraz sklepienie i podstawy komór są wyłożone cegłami ogniotrwałemi; grubość przepierzeń waha się w granicach 45—85 cm, stąd ogólna długość ba-

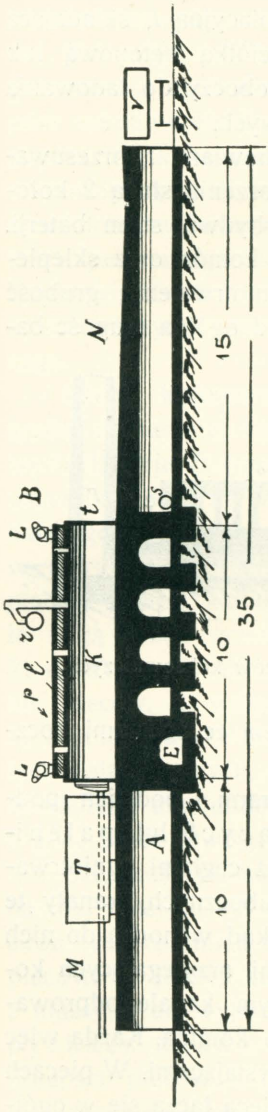


Rys. 84. Przekrój podłużny bateryj komorowych pieców koksowniczych.

terji 30-tokomorowej stanowi 27—40,5 m, a razem ze ścianami bocznemi 33—46 m.

W ściankach rozdzielczych pomiędzy komorami i pod ich podstawą mieści się system kanałów ogrzewających lub paleniskowych, których ścianki wyłożone są również cegłami ogniotrwałemi. W piecach, nie uławiających produktów ubocznych, kanały te zaczynają się nad sklepieniem każdej komory, dokąd wchodzą do nich produkty dystylacji i po obejściu całej powierzchni przylegających komór, kończą się w podstawie baterji we wspólnym kanale odprowadzającym *E*, przez który produkty spalenia idą do komina. Każda więc komora ogrzewa się własnemi gazami, w niej powstającemi. W piecach uławiających produkty uboczne, gazy z każdego pieca łączą się w ogólnym przewodzie rurowym *r* (rys. 83, 85), skierowywującym je do zakładu chemicznego, gdzie zawarte w nich produkty dystylacji zgęszcza się. Oczyszczone od smoły, wód amonjakowych i in. substancyj gazy palne powracają do pieców przez inną rurę ogólną *s* (rys. 85) i idą do kanałów ogrzewających każdej komory, gdzie po zmieszaniu z powietrzem zapalają się. Ogrzewanie więc każdej komory odbywa się

zapomocą ogólnej mieszaniny gazów. Ponieważ skład i ilość gazów zmienia się w ciągu procesu koksowania, przeto przy stosowaniu ogólnej mieszaniny gazów ogrzewanie komór dokonywa się, oczywiście, równomierniej, ciepło zaś zostaje wykorzystane lepiej.



Rys. 85. Przekrój poprzeczny bateryj komorowych pieców koksowniczych.

Rozmaite piece różnią się między sobą rozmieszczeniem kanałów ogrzewających. Przy konstruowaniu pieców koksowniczych i rozmieszczaniu kanałów tych należy zwracać uwagę na: 1) największe wykorzystanie ciepła, 2) minimum zużycia gazów palnych, 3) równomierność ogrzewania wszystkich części komór, 4) zmniejszenie do minimum oporów ruchu gazów przez rozgałęzienie ogólnego prądu i wreszcie 5) wytrzymałość instalacji.

Prócz kanałów ogrzewających w ściankach pieców jest jeszcze zespół kanałów powietrznych, przez które doprowadza się do kanałów ogrzewających powietrze, niezbędne do spalania gazów. Rozmieszczenie kanałów powietrznych zależy od warunków najlepszego zużytkowania ciepła i otrzymania najwyższej temperatury spalania. Osiąga się to przez uprzednie ogrzanie powietrza. W różnych piecach ogrzewanie powietrza przeprowadza się rozmaicie. W wypadkach najprostszych kanały powietrzne układane są obok kanałów ogrzewających lub odprowadzających produkty spalenia do komina, przyczem ogrzewanie powietrza odbywa się na zasadzie prądów o kierunku odwrotnym. W piecach nowszych używa się dla ogrzewania powietrza systemu regeneratorów Siemensa (rys. 99, 100). Gazy i powietrze wprowadza się naprzemian do specjalnych komór lub szerokich kanałów R_1 R_2, umieszczonych zwykle w podstawie baterji i wypełnionych cegłami ogniotrwałemi, ułożonemi w stosy. Podczas przechodzenia produktów spalania przez generatory cegły te silnie nagrzewają się. Po upływie pewnego czasu zapomocą przestawienia zaworu wprowadza się do tego samego generatora powietrze w kierunku odwrotnym, które nagrzewa się ciepłem, znajdującem się w generatorze. W tym czasie gazy odprowadza się do innego regeneratora, przez który przedtem przechodziło powie-

trze, a który się ochłodził wskutek oddania swego ciepła temu ostatniemu. Tym sposobem ruch gazów w kanałach pieców regeneracyjnych odbywa się perjodycznie w kierunkach odwrotnych. Przy znacznej długości drogi, przebywanej przez gaz w piecach regeneracyjnych, powstaje znaczna różnica temperatury na początku i końcu tego strumienia i nierównomierne nagrzewanie. Zmiana kierunku strumienia gazów, zmniejszając nierównomierność nagrzewania, stwarza nowe niedogodności wskutek ciągłych zmian temperatury, wpływających na trwałość instalacji. Wskutek tego w niektórych piecach nowszych używa się systemu rekuperacyjnego ogrzewania powietrza. Stanowi on ulepszenie zwykłego sposobu ogrzewania zapomocą ciepła gazów wychodzących, opartego na zasadzie prądu odwrotnego, i odznacza się sztucznem powiększeniem powierzchni, oddającej ciepło. Osiąga się to przez urządzenie komór, zapełnionych cegłami, ułożonemi w stosy, podobnych do regeneracyjnych, lecz przez które powietrze przepływa bez przerwy i które nagrzewają się od kanałów sąsiednich, odprowadzających produkty spalenia do kanałów dymowych.

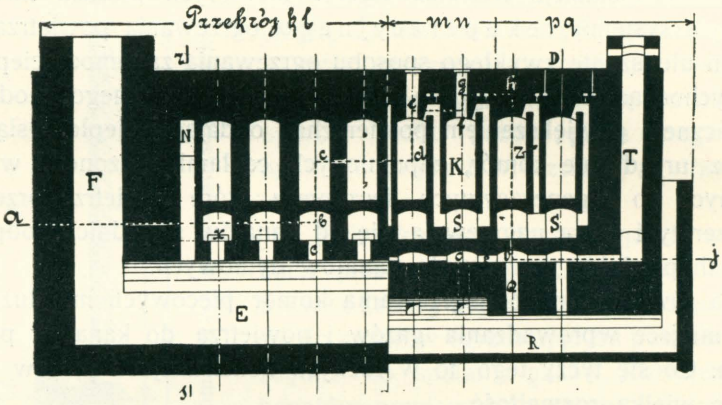
Dla równomiernego nagrzewania komór piecowych ma duże znaczenie miejsce wprowadzania gazów i powietrza do kanałów paleniskowych. Co się tyczy tego, to w różnych konstrukcjach pieców można dostrzec wielką rozmaitość.

Wreszcie wewnątrz samego masywu pieca są specjalne kanały ochładzające, przeznaczone do ochładzania niektórych części pieca, zwłaszcza kanały, znajdujące się w podstawie piecowej, w celu zabezpieczenia pieców przed przepalaniem się. Kanały te stanowią osobny system powietrzny z własnym kominem wyciągowym.

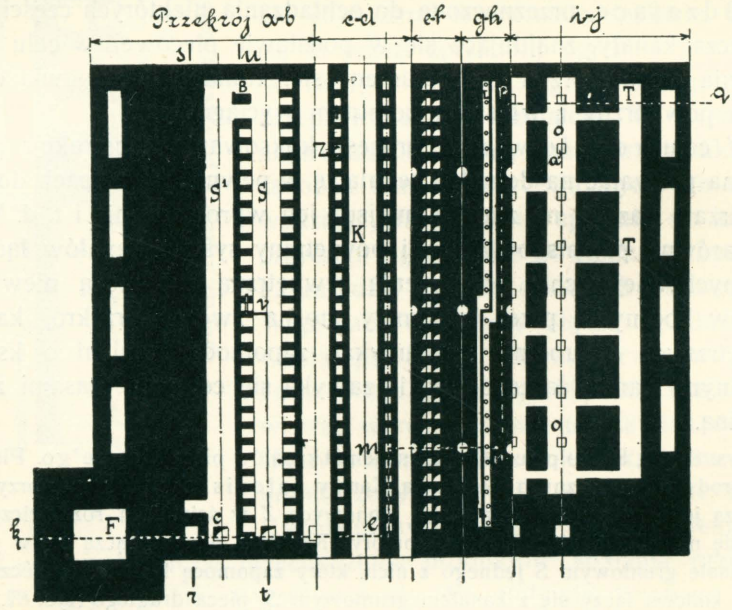
W celu regulowania procesu koksowania konstrukcja pieców powinna pozwalać na dowolną regulację w pewnych granicach dopływu powietrza i gazów, na zmianę miejsca ich wprowadzania i t. d. W tym celu zarówno paleniskowy, jak i powietrzny system kanałów łączy się w różnych miejscach z przestrzenią zewnętrzną zapomocą niewielkich kanałów bocznych; przez te kanały można zwężać przekrój kanałów wewnętrznych i zupełnie je zamykać zapomocą kamieni o kształcie specjalnym. Kanały łączące zwykle zamyka się cegłami, czasami zalepia się gliną.

Rys. 86, 87, 88, 89 przedstawiają schemat kanałów pieca Coppe'go. Piec Coppe'go produktów ubocznych nie uławia. Kanały paleniskowe 2 komór przyległych *K* tworzą jeden system. 28 kanałów pionowych *Z* w ściankach rozdzielczych zaczyna się nad sklepieniem każdej komory. Kanały 2 pieców łączą się w podłużnym kanale gruntowym *S* jednego z nich, który zapomocą kanału poprzecznego *B* jednym końcem łączy się z kanałem gruntowym *S'* pieca drugiego (rys. 87, przekr. *a—b*, rys. 88, przekr. *v—u*). Końcem przeciwnym kanał *S'* łączy się zapomocą kanału pionowego *C* z ogólnym kanałem wyciągowym *E*, prowadzącym do komina *F*. Ostatnia komora lewa ogrzewana jest ze strony zewnętrznej zapomocą 2-ch kanałów poziomych *MN* (rys. 89).

Powietrze wchodzi przez kilka otworów *D* (rys. 86) w pokryciu górnem pieców do kanałów poziomych, z których przez 28 wąskich kanałów pionowych wchodzi do górnych końców wszystkich pionowych kanałów paleniskowych *Z* (rys. 88, *vu*). Kanały *L* służą do ogrzewania powietrza. Otwory powietrzne *D* zaopatrzone są w skrzynki żeliwne *G* z osłonami regulacyjnemi *h* (rys. 90); skrzynki te są zbudowane tak, żeby wiatr nie mógł wpływać na proces spalania, mogą więc obracać się na osi pionowej i stawać w kierunku wiatru. Włazy *y* i kamienie *x* służą do regulowania wychodzącego strumienia gazów i do wyłączania oddzielnych komór z całego zespołu w razie remontu (rys. 88 *tu*).



Rys. 86.

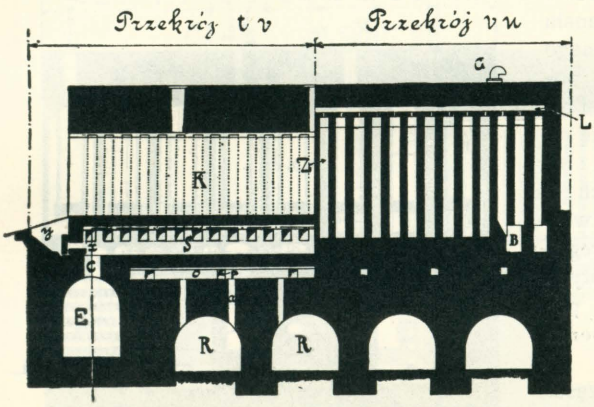


Rys. 87.

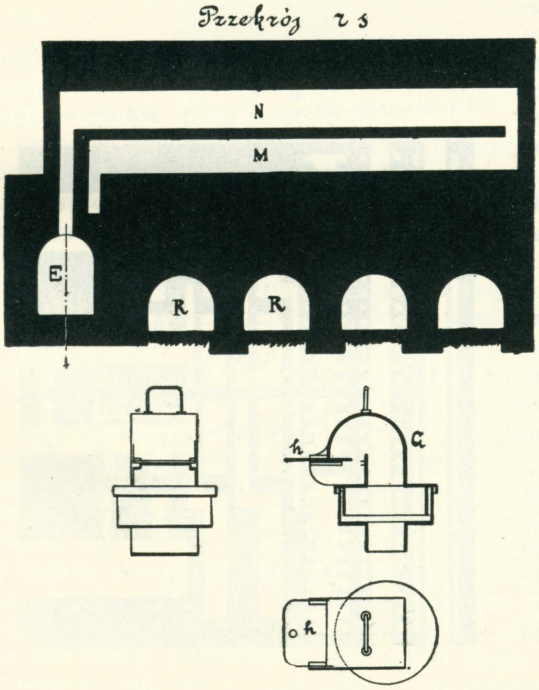
System kanałów chłodzących składa się z kanałów podłużnych *O*, umieszczonych pod gruntowemi kanałami paleniskowemi *S* każdej komory, i 6 kanałów poprzecznych *p*, łączących pierwsze pomiędzy sobą wzdłuż baterji. System ten z jed-

nej strony łączy się zapomocą szeregu kanałów pionowych *Q* z szerokiemi kanałami zasklepionemi *R* w podstawie baterji, z drugiej zaś strony — z szybem wyciągowym *T*.

Rys. 91, 92, 93 przedstawiają schemat kanałów pieca rekuperacyjnego Brunka, przystosowanego do uławiania produktów ubocznych. Każda komora ma z dwóch stron w ściankach rozdzielczych swoje własne pionowe kanały paleniskowe, tworzące na długości pieca 2 systemy samodzielne, oddzielone zapomocą przegródki pionowej *b*, po 16 kanałów w każdym (rys. 92, 1—1 i rys. 93, *MN*). U góry łączą się one zapomocą ogólnego kanału poziomego *h*, u dołu każdy kanał wchodzi do kanału gruntowego *S* (rys. 91, 92, 3—3, rys. 93, *KL*). Ten ostatni również przedzielony jest zapomocą przegródki poprzecznej *c* na 2 połowy. Prócz tego każda połowa zapomocą przegródki *d* dzieli się na 2 części nierówne (rys. 92, 3—3), z których krańcowa — dłuższa — łączy się z 11 kanałami pionowemi *Z*, wewnętrzna zaś — krótsza — z 5-ma oraz z kanałem *u* (rys. 92, 4—4 i rys. 93, *KL*), idącym na dół obok ścianki środkowej *c* i prowadzącym do ogólnego kanału dymowego *E*. Tych ostatnich jest 2 stosownie do 2 systemów kanałów.



Rys. 88.



Rys. 89 i 90.

Gaz wprowadza się do kanałów paleniskowych przez 3 dysze z każdej strony pieca: jedna z nich — f_1 wchodzi do kanału gruntowego *S*, dwie pozostałe — f_2 i f_3 — do górnych kanałów pionowych *h*, łączących z dwóch stron komory systemy kanałów pionowych. Tym sposobem gazy palne rozprzestrzeniają się z początku w kanale gruntowym *S* do przegródki *d*, następnie podnoszą się z każdej strony komory przez 11 kanałów pionowych, łączą się z dodatkową ilością gazu w kanałach poziomych *h*, przez 5 kanałów pionowych opuszczają się do drugiej — krótkiej — części kana u gruntowego *S'* i wreszcie przez kanał *u* wychodzą do kanału dymowego *E*.

Powietrze doprowadza się przez kanały *o*, leżące pod kanałami dymowemi *E* (rys. 93), w kierunku odwrotnym do prądu gazów w tych ostatnich. Z kanałów tych powietrze wchodzi przez krótkie kanały boczne *p* do rekuperatorów *R*, umieszczonych między kanałami *E* pod każdą komorą (rys. 91, *GG* i rys. 92, 5—5). Z rekuperatora powietrze przechodzi przez kanały łamane *q—q'* (rys. 92, 4—4), umieszczone jednym końcem obok kanałów dymowych *u*, drugim zaś na przedłużeniu tych ostatnich pod długiemi częściami krańcowemi kanałów gruntowych *S*, przez cały czas posuwając się w kierunku odwrotnym do prądu gazów, i wreszcie przez otwór *r* (rys. 93 *KL*) wchodzi do kanału gruntowego. Wskutek znacznego oporu, jaki napotyka prąd powietrza w kanałach krętych i rekuperatorze, wdmuchuje się je zapomocą wentylatora.

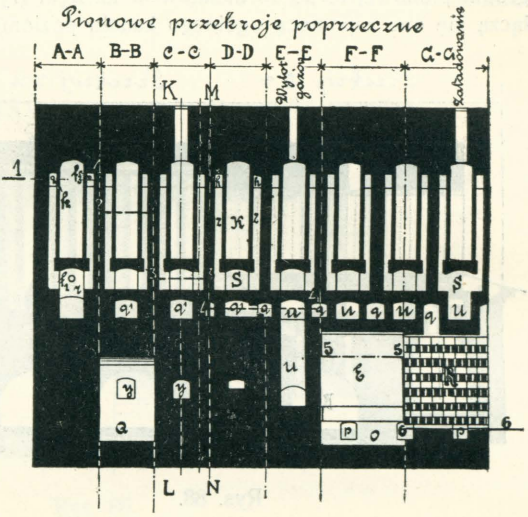
Z kanałów podłużnych *Q* w podstawie pieców przez włazy *y* jest dostęp do osłon regulacyjnych *x*, zapomocą których również można wyłączać poszczególne komory z systemu ogólnego.

Podział pieców na 2 części samodzielne skraca dwukrotnie długość drogi strumienia gazowego w kanałach paleniskowych, wynikiem czego jest zmniejszenie spadku depresji na tej drodze i co przeciwdziała zmieszaniu gazów paleniskowych i komorowych, które może powstawać wskutek nieszczelności ścianek rozdzielczych.

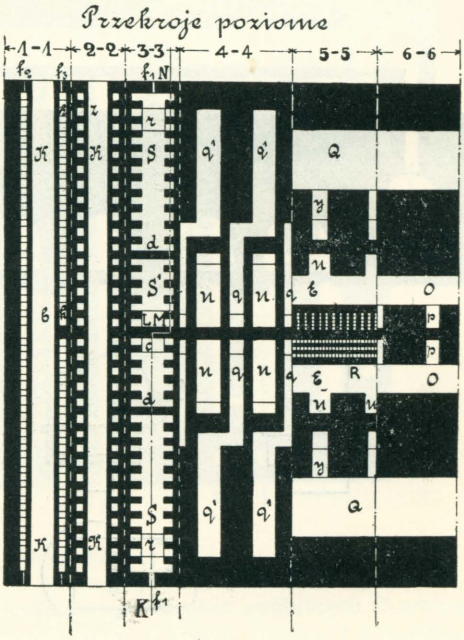
Niezależny system paleniskowy każdej komory zabezpiecza ją przed zbytniem ochłodzeniem podczas opróżniania komory przyległej, co zawsze bywa w piecach Coppe'go. Masywniejsze ścianki rozdzielcze, dźwigające cały ciężar pokrycia wierzchniego baterji, ułatwiają remont wewnętrznej licówki pieca.

Rys. 94—98 przedstawiają schemat kanałów pieca Otto-Hoffmanna, przystosowanego do uławiania produktów ubocznych, z t. zw. płomieniem dolnym (Unterfeuerung) bez uprzedniego ogrzewania powietrza.

W każdej ścianie rozdzielczej jest jeden szereg pionowych

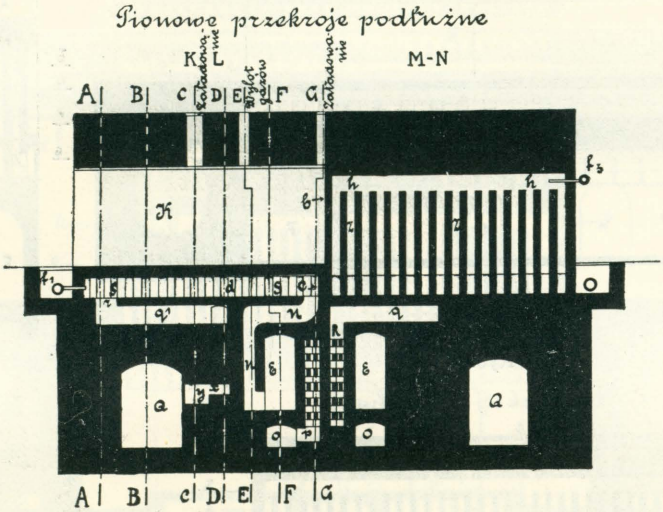


Rys. 91.



Rys. 92.

kanałów paleniskowych *Z*, odgraniczonych jeden od drugiego ściankami naprzemian długiemi i krótkiemi (rys. 95). Wszystkie te ścianki zaczynają się u góry na jednym poziomie, tworząc krawędziami swemi dno ogólnego kanału poziomego *h*. Ścianki pierwsza i trzecia z lewej strony dochodzą do samego dołu ogólnej przestrzeni, zajętej przez kanały pionowe. Wszystkie pozostałe nie dochodzą do dołu, przyczem krawędzie dolne ścianek nieparzystych tworzą górny bok dolnego kanału poziomego *h'—h'*. Ścianki parzyste — krótsze — nie dochodzą do tego boku.

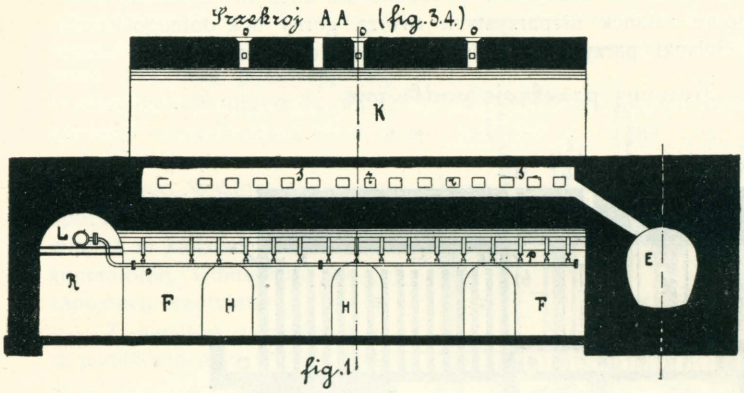


Rys. 93.

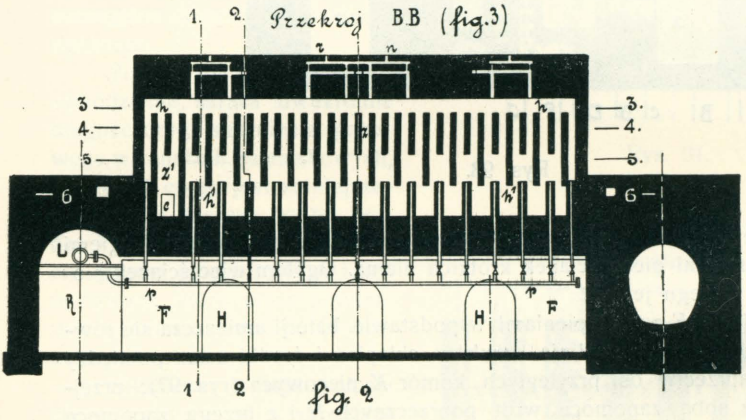
Ścianek długich jest 17, krótkich 16. Pomiędzy krańcowemi ściankami długiemi i ściankami zewnętrznemi pieca ścianek krótkich niema. Ogółem więc ścianek pionowych w jednym szeregu jest 32.

Szerokie przejścia *F* ze sklepieniami w podstawie baterji umieszcza się równolegle do osi komór, przyczem linje zamków sklepień i środki ścian pomiędzy niemi wypadają naprzeciw osi przyległych komór *K* piecowych (rys. 97); przejścia te łączą się z sobą zapomocą wrót poprzecznych *H* i z brzegu zapomocą jednego kanału wspólnego *R* (rys. 94, 95) z ułożoną w nim rurą *L*, doprowadzającą gaz, od której do każdego przejścia *F* odgałęziają się 2 rury boczne *p* i *q* (rys. 97), umieszczone naprzeciw dwóch systemów kanałów pionowych, obejmujących z dwóch stron komorę, znajdującą się ponad sklepieniem. Od rur tych przez sklepienie i podstawę obmurowania pieca przechodzi 16 dysz gazowych (lub palników Bunzena) do pionowych kanałów paleniskowych. Składają się one z rurki *a* (rys. 98) z materjału ogniotrwałego, w którą wstawiona jest rurka metalowa *b* o średnicy 25 mm z dwoma otworami bocznemi *c* dla przejścia powietrza. Z dołu wchodzi do rurki *b* na wysokość otworów bocznych rurka gazowa *d*, odgałęziona od rury *p*. W rurce *b* następuje zmieszanie gazu z powietrzem, przyczem ilość powietrza reguluje się zapomocą tulejki, podobnie jak w paleniskach Bunzena. Przy wejściu do nagrzanych kanałów paleniskowych mieszanina zapala się. W pierwszych piecach palniki typu opisanego wstawiane były do dolnego kanału poziomego. W piecach nowszych wstawiane są one głębiej i prawie wchodzą do kanałów pionowych, utworzonych przez ścianki długie. Dzięki temu z jednej strony zabezpieczony jest ruch do góry palących się gazów we wszystkich kanałach pionowych, z drugiej zaś osiąga się początkowe ogrzanie mieszaniny w dolnym ka-

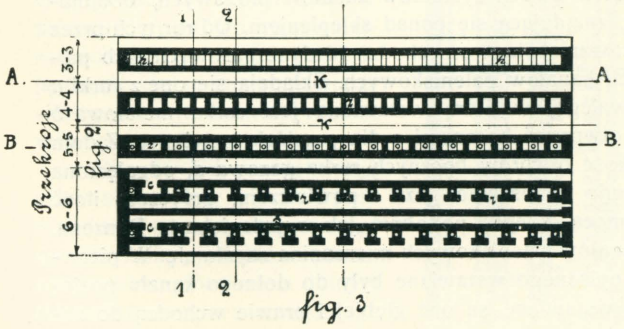
Rys. 94.



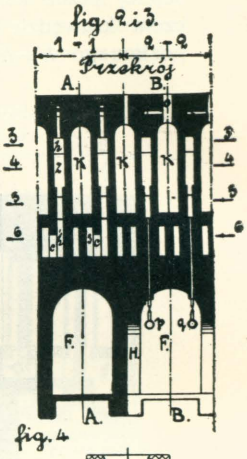
Rys. 95.



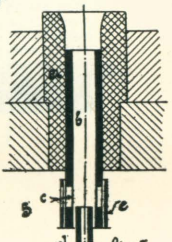
Rys. 96.

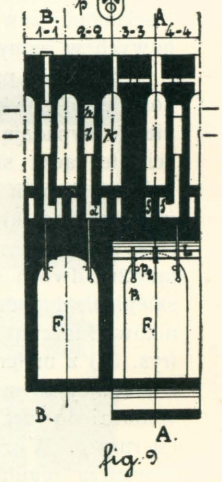


Rys. 97.



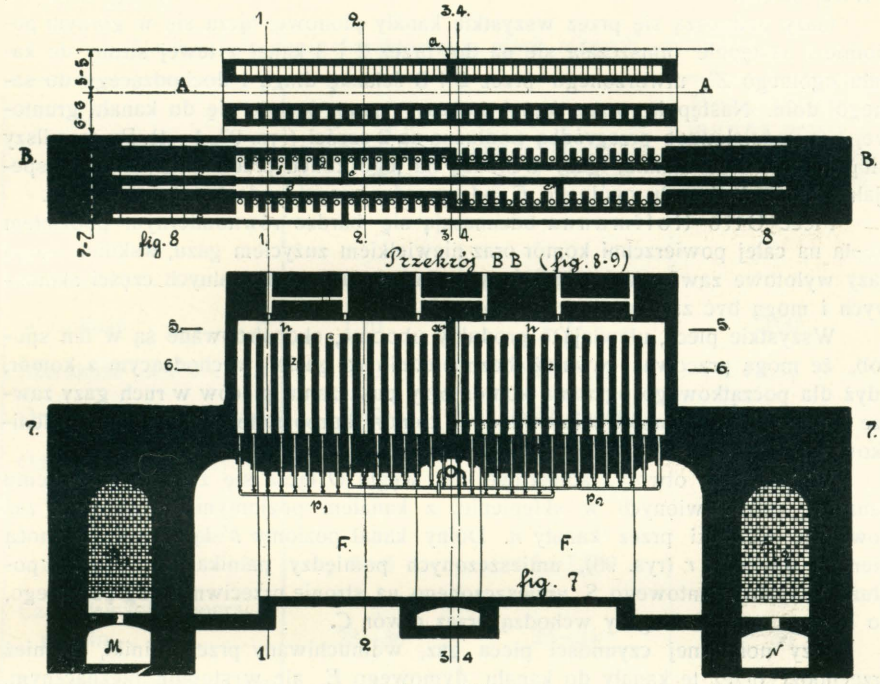
Rys. 98.



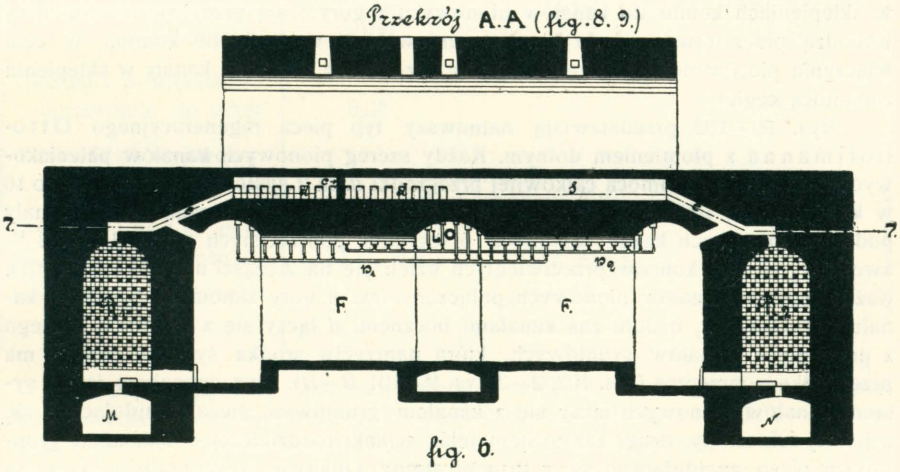


Rys. 102.

Rys. 101.



Rys. 100.



Rys. 99.

nale poziomym. Palniki takie urządzone są w kanałach krańcowych, przylegających do zewnętrznych ścianek pieca, nie zawierających ścianek krótkich, i we wszystkich kanałach długich naprzeciw ścianek krótkich, prócz kanału drugiego z lewej strony.

Gazy podnoszą się przez wszystkie kanały pionowe, łączą się w górnym poziomie i następnie opuszczają się na dół przez 2 i 3 kanał z lewej strony do kanału ogólnego *Z'*, utworzonego przez 2 i 3 ściankę długą i dochodzącego do samego dołu. Następnie przez kanał boczny *c* gazy dostają się do kanału gruntowego, przedzielonego przegródką podłużną na 2 części (rys. 97, 1—1). Przeszedłszy całą długość tego kanału, gazy wchodzą na jego końcu przeciwległym przez specjalny kanał do kanału ogólnego *E*, odprowadzającego je do komina (rys. 94).

Piece Otto-Hoffmanna odznaczają się bardzo równomiernym podziałem ciepła na całej powierzchni komór oraz niewielkiem zużyciem gazu, wskutek czego gazy wylotowe zawierają jeszcze duży nadmiar ciepła oraz palnych części składowych i mogą być zużytkowane dla różnych celów.

Wszystkie piece, uławiające produkty uboczne, skonstruowane są w ten sposób, że mogą pracować również bezpośrednio na gazie, wychodzącym z komór, gdyż dla początkowego ogrzania komór przy puszczaniu pieców w ruch gazy zawsze muszą być najprzód skierowane z komór bezpośrednio do komór paleniskowych.

W tym celu otwory ładunkowe dla węgla *O* łączą się zapomocą systemu kanałów, pozostawionych w sklepieniu, z kanałem poziomym *h*, potrzebne zaś powietrze wchodzi przez kanały *n*. Dolny kanał poziomy *h'* łączy się zapomocą szeregu otworów *r* (rys. 96), umieszczonych pomiędzy palnikami, z częścią podłużną kanału gruntowego *S*, umieszczonego na stronie przeciwnej względem tego, do którego normalnie gazy wchodzą przez otwór *C*.

Przy normalnej czynności pieca gaz, wdmuchiwany przez palniki, również przechodzi przez te kanały do kanału dymowego *E*, ale w stopniu nieznacznym. Większa jednak część gazów wskutek siły dmuchania pędzi przez kanały do góry. Przy bezpośredniem użyciu gazów te ostatnie dostają się przez system kanałów w sklepieniach komór do kanałów pionowych z góry i idą przez nie na dół, dalej wchodzą przez otwory *r* do kanału gruntowego i wreszcie do komina. W celu włączenia pieców do rur, przewodzących gaz, należy zamknąć kanały w sklepieniu zapomocą cegieł.

Rys. 99—102 przedstawiają najnowszy typ pieca regeneracyjnego Otto-Hoffmanna z płomieniem dolnym. Każdy szereg pionowych kanałów paleniskowych *z* dzieli się zapomocą całkowitej przegródki *a* na 2 systemy samodzielne po 16 w każdym (rys. 100). Kanał gruntowy *s* dzieli przegródka podłużna *b* na 2 kanały podłużne, z których każdy zapomocą przegródek poprzecznych *c* w odległości $^1/_4$ swej długości od końców przeciwległych dzieli się na 2 części nierówne (rys. 101). Każdy system kanałów pionowych połączony jest u góry zapomocą ogólnego kanału poziomego *h*, u dołu zaś kanałami bocznemi *d* łączy się z tą stroną jednego z przyległych kanałów gruntowych, która naprzeciw środka systemu danego ma przegródkę poprzeczną (rys. 102, 2—2, rys. 99, 101 *B—B*). Tym sposobem jeden system kanałów pionowych łączy się z kanałem gruntowym pieca, znajdującego się z jednej ich strony, drugi zaś system tejże ścianki rozdzielczej — z kanałem gruntowym pieca, znajdującego się z drugiej strony. Obydwie części podłużne każdego kanału gruntowego na swych końcach zewnętrznych łączą się zapomocą kanałów *e* z regeneratorami R_1 i R_2 (rys. 99), mającemi wygląd długich komór, umieszczonych wzdłuż podstawy baterji. Gaz doprowadza się przez rurę *L*, ułożoną w środkowym kanale podłużnym podstawy. Od niej do wszystkich kanałów podłużnych *F*, rozmieszczonych podobnie jak w typie poprzednim, odgałęziają się 4 odnogi *p* — po 2 pod każdym systemem kanałów pionowych. Każda

z odnóg tych ma 16 palników, wchodzących przez sklepienie kanałów *F* do pionowych kanałów paleniskowych. Przytem dysze jednej rury p_1 zasilają po 8 kanałów z lewej strony każdego systemu, dysze zaś drugiej rury p_2 — po 8 kanałów z prawej strony.

Następujące dane charakteryzują piece różnych systemów.

	Piec Coppe'go bez uław. prod. uboczn.	Piec Brunka rekup. z uławianiem prod. uboczn.	Piec Otto-Hoffmanna prosty z płomieniem dolnym i uław. prod. uboczn.
Długość . . . . . *L*	10,25 m	10,25 m	10 m
Wysokość . . . . . *H*	1,70	2,00	2,00
Szerokość . . . . . *B*	0,60	0,42—0,58	0,53
Grubość ścianek . . *E*	0,40	0,820—0,860	0,70
Odległość pomiędzy osiami pieców	1,00	1,130—1,250	1,115
Pojemność pieców w tonnach	7—8	5—7,5	7,5
Czas trwania operacji godzin	33—36	28—34	30
Wydajność koksu (w Westfalji)	72,2%	76—80%	73—78%
Wydajność roczna w ton.	810	1400	1450—1500
maximum . .	1100	—	1747
Stosunek powierzchni ogrzewania do objęt.	9,25	—	13,1
Zdolność do wyparowywania wody:			
Przy zużytkowaniu gazu do opalania kotłów parow. — na 1 m² pow. ogrzewania .	13,33 kg wody	19 kg wody	—
Przy zużytkowaniu gazu do opalania kotłów parow. — na 1 kg węgla	1,21 „ „	0,9—1,1	—

Powietrze, wpędzane zapomocą wentylatora przez kanał *M*, umieszczony pod regeneratorem R_1, wchodzi do tego ostatniego i przez kanały *e* wpada do obydwu części podłużnych kanału gruntowego; z jednej z nich wchodzi przez kanały *d* do 6 kanałów pionowych jednego (lewego) systemu z jednej strony pieca, z drugiej zaś części — do 8 kanałów pionowych systemu drugiego (prawego) z drugiej strony pieca. Tym sposobem prawe 8 kanałów każdego systemu otrzymuje powietrze z części przyległych kanałów gruntowych, należących do dwóch pieców, znajdujących się z przeciwległych stron danego szeregu (ścianki rozdzielczej). Spotykając w podstawie każdego kanału pionowego jednego szeregu dysze zasilane w gaz z ogólnej rury p_1, powietrze zapala gaz, poczem gazy zapalone pod-

noszą się do góry przez 8 lewych kanałów każdego systemu. Po połączeniu się w górnych kanałach poziomych *h*, gazy spuszczają się na dół w każdym systemie przez 8 prawych kanałów pionowych przy zamkniętych kranach dysz rury p_2 i wychodzą do odpowiednich przedłużeń kanałów gruntowych poza przegródkami poprzecznemi *c*, następnie zaś przez kanały *e* — do regeneratora R_2 i kanału dymowego *N*, ogrzewając po drodze obmurowanie regeneratorów. Przy przestawieniu zaworów ruch powietrza i gazów ma bieg przeciwny, przyczem jednocześnie przestawione zostają krany rurek gazowych p_1 i p_2. Podział kanałów pionowych na 2 systemy niezależne zmniejsza różnicę temperatury na początku i w końcu każdego strumienia, a przy systemie dolnego wprowadzania płomienia osiąga się przytem bardzo równomierny rozrząd ciepła z najmniejszemi wahaniami temperatury przy zmianach kierunku biegu gazów. Dzięki temu piece regeneracyjne Otto-Hoffmanna z płomieniem dolnym wyróżniają się wśród innych typów pieców regeneracyjnych bardzo ekonomicznem zużyciem ciepła i gazów przy dostatecznie równomiernem jego rozprzestrzenianiu się po powierzchni ogrzewalnej komór.

Przy racjonalnem zużytkowaniu ciepła spalania i stosowaniu ogrzewania powietrza gazy wychodzą z pieców koksowniczych, mając temperaturę 1000—1080°, i zwykle zużytkowywane są do ogrzewania kotłów parowych. Przy racjonalnem rozmieszczeniu kanałów paleniskowych i prawidłowym biegu procesu gazy wylotowe zawierają duży nadmiar substancyj palnych, które mogą być jeszcze wykorzystane bądź w silniku gazowym, bądź też dla oświetlenia.

Maszyny i akcesorja pieców koksowniczych.

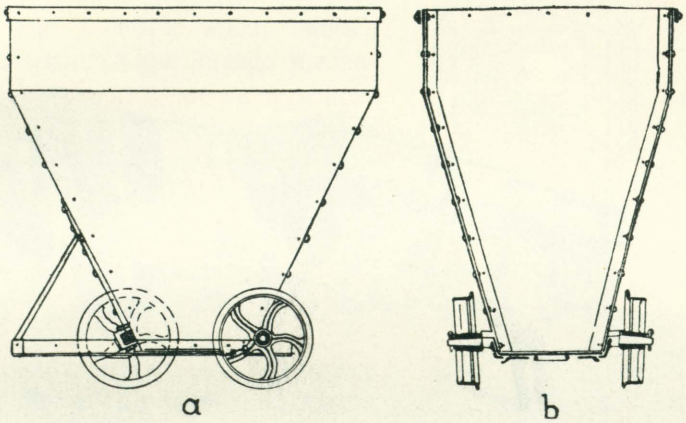
1. Ładowanie. Każda komora ma w sklepieniu 2—3 otwory ładunkowe, zakrywane płytami żeliwnemi z ogniotrwałą licówką na stronie dolnej. Na dachu baterji ułożone są tory szynowe, z których każdy otacza z dwóch stron cały szereg otworów ładunkowych. Na szynach przetacza się zwykle ręcznie specjalne wózki, naładowane węglem, o pojemności 0,5—1 tonny z skrzynkami w kształcie leja z otworem u dołu, zamykanym zapomocą klapy (rys. 103). Przez otwarcie tej ostatniej całą zawartość wózka odrazu załadowywuje się do pieca. Ładowanie więc tym sposobem odbywa się bardzo szybko przy minimalnem ochłodzeniu komór piecowych. Do wyrównywania powierzchni załadowanego węgla służą otwory w drzwiczkach pieców, umieszczone w odległości $^1/_6$ od górnej krawędzi. Przez otwory te robotnicy wsuwają specjalne drążki wyrównywujące. Niekiedy czynność tę wykonuje się mechanicznie zapomocą specjalnego drążka na wypychaczu koksu, wsuwanego przez otwór w drzwiczkach za pośrednictwem osobnego napędu. Otwór w drzwiczkach po skończeniu wyrównywania zakrywa się pokrywką.

W Ameryce do załadowywania pieców ulowych służą duże wózki o pojemności, równej całkowitej pojemności 5-tonnowej pieca. Z takich wózków formuje się pociągi, które zapomocą lokomotywy dowożone są do baterji pieców. Jeżeli ta składa się z dwóch szeregów pieców, wówczas szyny układa się pomiędzy niemi, a wózki mają dwa boczne spusty wyładunkowe (rys. 104).

W niektórych koksowniach nowszych ładowania pieców komorowych dokonuje się jednocześnie przez wszystkie otwory z jednego woza

dużego, mającego kilka otworów wyładunkowych, liczebnie odpowiadających otworom naładunkowym komór. Wózek przesuwa się na szynach po dachu baterji zapomocą silnika elektrycznego z kablem tramwajowym.

Wózki otrzymują ładunek z dużego zbiornika *S* (rys. 84), wzniesionego na początku baterji. Do zbiornika węgiel dostarcza się zapomocą elewatora. Pomost odbiorczy do ładowania wózków ze zbiornika znajduje się na poziomie dachu baterji. Zbiornik ma kilka otworów wyładunkowych z zaworami w celu równoczesnego ładowania kilku wózków.



Rys. 103. Wózki do ładowania pieców koksowniczych.

2. Drzwiczki pieców i kołowroty drzwiowe. W dawnych piecach urządzano drzwiczki dwuskrzydłowe na zawiasach. Wskutek jednak zniekształcenia obmurowania pieca pod wpływem wysokiej temperatury drzwiczki takie szybko obluzowywały się i przestawały zamykać się szczelnie. We wszystkich piecach teraźniejszych drzwiczki przesuwa się w kierownicach pionowych, do podnoszenia zaś ich służą specjalne kołowroty, przesuwane na platformach po szynach, ułożonych wzdłuż baterji na masywie piecowym albo na specjalnym pomoście. Kołowrot dojeżdża do jakiegokolwiek bądź pieca, zapomocą liny lub łańcucha z hakiem chwyta się drzwiczki za ucho i podnosi się je na wysokość dowolną. Zwykle kołowrot zaopatrzony jest w ciężar, równoważący wagę drzwi, tak iż robotnik, manipulujący kołowrotem, przezwycięża jedynie opór tarcia. Do szczelnego zamykania drzwi używa się specjalnego zespołu drążków i klinów. Prócz tego krawędzie drzwi zalepia się gliną. Od strony wewnętrznej drzwi mają licówkę ogniotrwałą, pomiędzy zaś nią, a zewnętrzną płytą żelazną niekiedy bywa urządzana przestrzeń chłodząca (rys. 105).

3. Wypychacz koksu. Do opróżniania pieców służy tak zwany wypychacz koksu. Istotną część tego wypychacza stanowi długi, wysuwający się drąg zębaty *S* o długości 15 m, szerokości 10 cm, z tarczą *B*

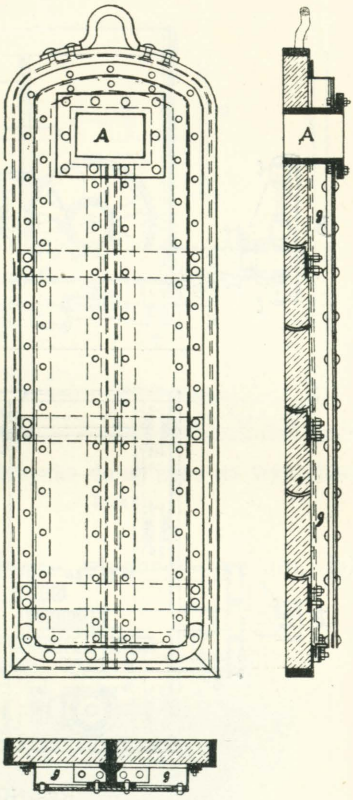
(rys. 106 i 85 — *T*), odpowiadającą kształtowi komory pieca. Drąg wsuwa się do pieca zapomocą zespołu napędów zębatych, połączonych z lokomobilą lub silnikiem elektrycznym *M* ustawionym na platformie *C*, która przesuwa się na trzech szynach, ułożonych wzdłuż pieców na pomoście tylnym, utworzonym przez wyniosłość fundamentu. Drąg ma u dołu wałki kierownicze *k*, tarcza zaś — kółka kierownicze *l*, toczące się po podstawie i ściankach bocznych komory. Szerokość platformy jest taka, że przy wysuniętem położeniu drąga ogólny środek ciężkości

Rys. 104. Pociąg z wagonami do ładowania pieców ulowych w Pensylwanji.

nie wychodzi z płaszczyzny jej podstawy. Prędkość posuwania się drąga wynosi 9 m/1 min. Prędkość ruchu platformy wzdłuż pieców — 16 m/1 min. Moc silnika 20—25 KM. Ponieważ koks może spawać się z wewnętrznemi ściankami pieca, przeto dla ułatwienia wypychania go szerokość komory jest nieco rozszerzona ku otworowi wyładunkowemu — zazwyczaj na 0,1 m.

4. Ubijacz. W razie stosowania uprzedniego uzwięźlania (węgla chudego) ładowania pieców dokonywa się zapomocą mechanizmu, ustawionego na wspólnej z wypychaczem koksu platformie i z wspólnym silnikiem (rys. 107). W tym celu równolegle do przyrządu wypychającego ustawia się skrzynkę *a* ze zdejmującemi się ściankami drewnianemi lub żelaznemi, odpowiadającemi kształtowi przestrzeni piecowej. Do ładowania skrzynki węglem urządza się na platformie wypychacza koksu pomost *b* na wysokości dachu baterji, na którym pod kątem prostym względem tego ostatniego ułożone są szyny, na dachu zaś baterji w określonych miejscach lub na jednym jego końcu — tor poprzeczny z płytami obrotowemi na skrzyżowaniach z torem podłużnym. Po torze tym wózki z węglem wtacza się na pomost górny platformy

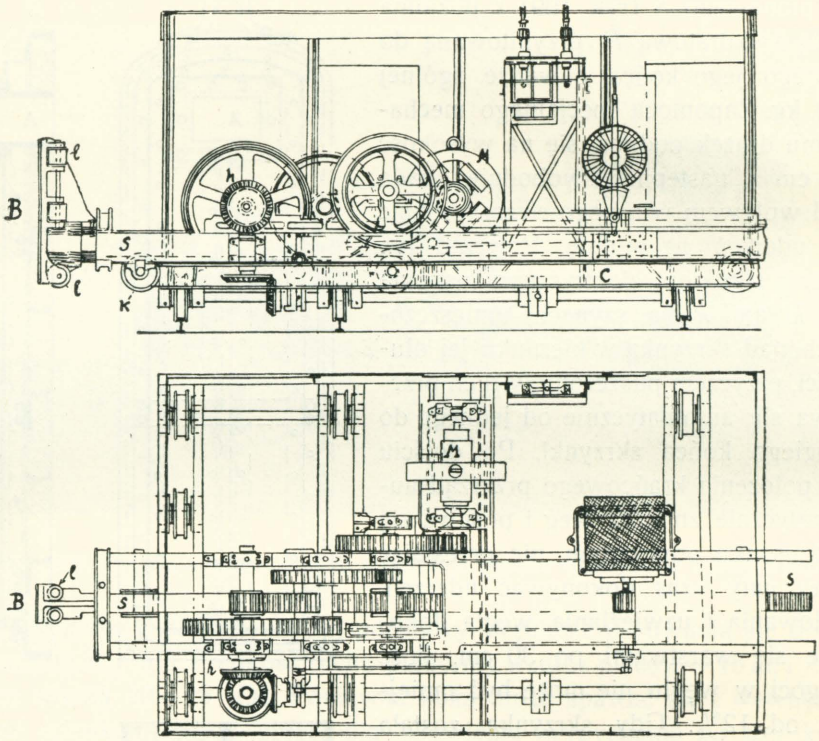
i wyładowuje się węgiel do bocznych spustów *c*, połączonych ze skrzynką. Ubijacz *d* ustawiony jest na samej platformie nad skrzynką, o ile ładowanie tej ostatniej może być dokonywane dowolnie przy jakimkolwiek bądź piecu, lub też może być ustawiony w miejscu określonem na początku baterji, o ile na niej jest tylko jeden tor poprzeczny do wtaczania wózków na platformę, i wówczas w celu załadowania skrzynki platforma podstawia ją pod uzwięźlacz (rys. 108). Przyrząd uzwieźlający składa się z drążka pionowego *S* (rys. 109) z poziomą płytą kwadratową *P*, przynitowaną do dolnego jego końca, o wadze ogólnej 100 kg. Zapomocą specjalnego mechanizmu drążek podnosi się na wysokość 40 cm i następnie swobodnie spada pod wpływem własnego ciężaru, robiąc 50 uderzeń na minutę. Przyrząd ten wraz z silnikiem elektrycznym ustawia się kołami *k* na szynach, umieszczonych nad skrzynką w kierunku jej długości, przyczem puszczony w ruch przesuwa się automatycznie od jednego do drugiego końca skrzynki. Po dojściu do położenia krańcowego przyrząd automatycznie zmienia bieg i posuwa się w kierunku odwrotnym, nie przestając przez cały czas dokonywać uderzeń. Ładowania i uzwięźlania węgla dokonuje się warstwami po 30 cm. Ilość wilgoci w węglu nie może być mniejsza od 12%. Gdy skrzynka została już naładowana i węgiel uzwięźlony, wówczas ścianki boczne skrzynki zdejmuje się, a węgiel przy dostatecznym stopniu wilgotności zachowuje w swej masie nadany mu kształt. Następnie masa wraz z dnem skrzynki zapomocą drążka zębatego *e* (rys. 107), umocowanego u dołu i połączonego z mechanizmem napędowym, zostaje wprowadzona do pieca. Po wprowadzeniu węgla do pieca opuszcza się drzwi, pozostawiając szczelinę na grubość znajdującego się w piecu dna, które następnie wyciąga się z pieca, węgiel zaś, opierając się o drzwi, pozostaje wewnątrz. Prócz celu głównego — otrzymania zwięzłego koksu ze słabo spiekającego się węgla — przez uzwięźlenie osiąga się zabezpieczenie przed spawaniem się koksu ze ściankami bocznemi pieca, ponieważ szerokość



Rys. 105. Drzwiczki pieców koksowniczych z przestrzenią powietrzną *g*. *A* — otwór do wyrównywania ładunku.

wprowadzanej masy węgla formowanego jest mniejsza od szerokości pieca, przyczem wypychania dokonywa się łatwiej, ścianki pieca zużywają się mniej, jakoteż rozszerzenie ścianek pieca ku końcowi wyładunkowemu staje się zbyteczne, co upraszcza konstrukcję pieca. Wreszcie piec może pomieścić w sobie o 10% więcej węgla.

5. Gaszenie i ładowanie koksu. Dobrze spieczony koks, wyładowany z pieca zapomocą wypychacza, ma wygląd jednolitego, roz-

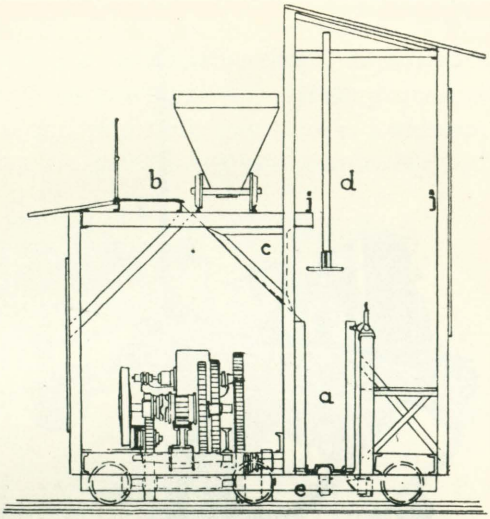


Rys. 106. Wypychacz koksu.

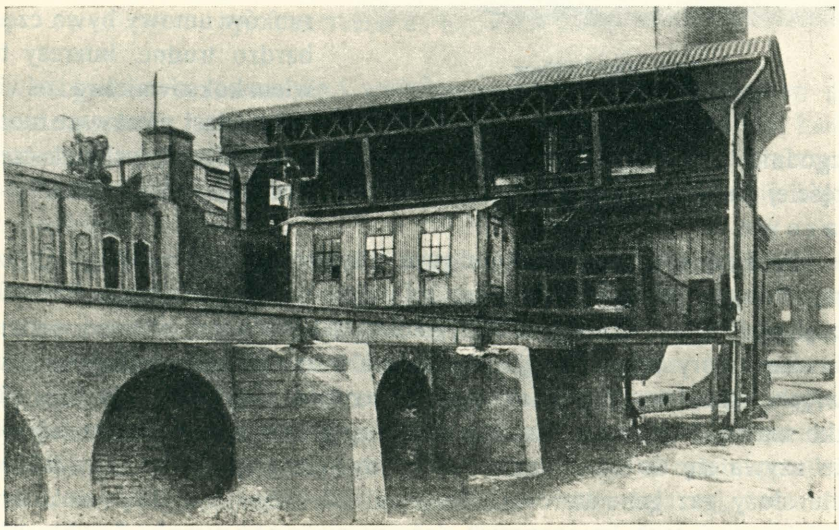
żarzonego monolitu, który rozbija się łomami na duże kawały i oblewa się wodą z węża pożarowego. W tym celu wzdłuż pieców, zwykle na brzegu platformy kolejowej, ułożona jest w obmurowaniu rura wodociągowa z kilkoma hydrantami. Dla ścieku wody i udogodnienia ładowania koksu cały pomost przedni otrzymuje nachylenie od pieców ku podłużnej rynnie ściekowej w odległości 1 metra od brzegu, przykrytej płytami dziurkowanemi (rys. 104). Przed ładowaniem koks ochłodzony rozbija się na kawałki 5—6″ (125—150 mm) i ładuje się go łopatami lub widłami do specjalnych taczek żelaznych (rys. 110), na których przewozi się go do wagonów kolejowych. Do naładowywania taczek widły są dogodniejsze od łopat, gdyż przy ich stosowaniu wszystek

miał pozostaje na podłodze. Miał ten ładuje się osobno łopatami. Tym sposobem dokonywa się zgrubsza sortowania koksu.

6. Sortowanie. W czasach nowszych koks w kawałkach drobniejszych od 2″ (50,8 mm), którego ilość stanowi 5—15%, kierowany jest do specjalnej sortowni, gdzie zapomocą zespołu zwykłych przesiewaczy bębnowych dzieli się go na kilka sortymentów, znajdujących zbyt do różnych celów technicznych oraz użytku domowego. Niekiedy popyt na sortymenty drobne bywa tak wielki, że sortownie zaopatruje się w specjalne walce rozdrabiające o powierzchni uzębionej w celu kruszenia sortymentów grubszych. Czasami, naodwrót, miał koksowy podlega brykietowaniu, brykietowanie jednak koksu stanowi zadanie trudne, jakkolwiek kwestja ta, zdaje się, znajduje rozwiązanie zadawalające w sposobie Allgemeine Brikettierungs-Gesellschaft przy zastosowaniu płynnego mazutu, jako substancji wiążącej.



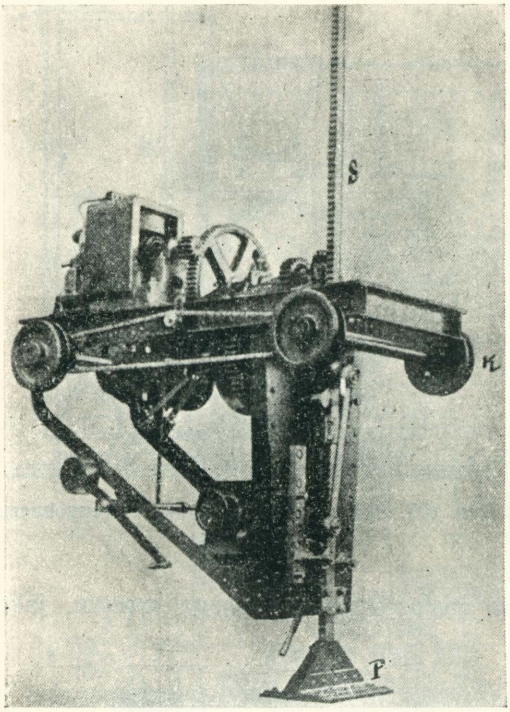
Rys. 107. Skrzynka do ubijania na wypychaczu koksu.



Rys. 108. Platforma z wypychaczem koksu i skrzynką do ubijania.

§ 3. Gazownictwo.

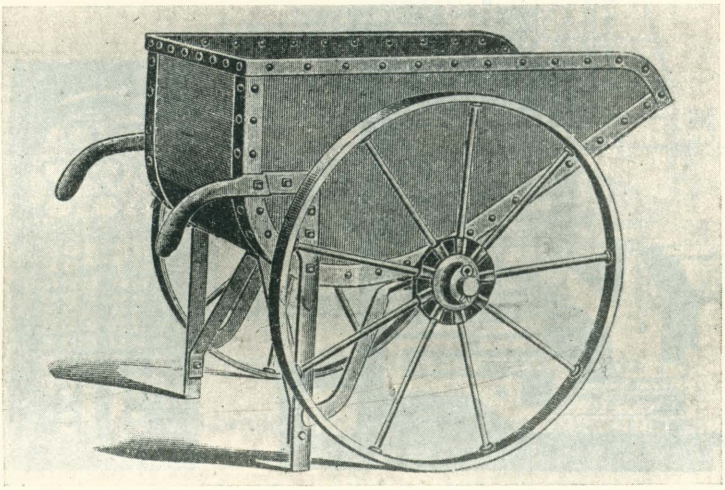
Przy racjonalnej konstrukcji pieców koksowniczych i prawidłowym przebiegu koksowania gazy, wychodzące z kanałów paleniskowych pieców, zawierają jeszcze znaczną ilość produktów palnych i mogą być zużytkowane do celów ubocznych, naprzykład w silnikach gazowych lub dla oświetlenia. W koksowniach, uławiających produkty uboczne, gaz oczyszczony zbiera się w dużych zbiornikach, z których przy rozchodowaniu ekonomicznem tylko część gazu zużywa się na ogrzewanie pieców koksowniczych, pozostałą zaś część można zużytkować bezpośrednio jako produkt uboczny. Tak, niektóre kopalnie w Westfalji, znajdujące się w miejscowościach, gęsto zaludnionych, w pobliżu wielkich miast, sprzedają gaz, otrzymywany przy koksowaniu, miastom dla oświetlenia ulic. Jednak dla przedsiębiorstw górniczych wypełnianie warunków umowy bywa często bardzo trudne, interesy bowiem koksownictwa i oświetlenia miast niezawsze można uzgodnić, chociażby ze względu na warunki techniczne, wskutek czego częściej zarządy miast, zwłaszcza wielkich, posiadają własne zakłady gazowe.



Rys. 109. Ubijacz.

Specjalnie do wytwarzania gazu używa się tak zwanego „gazowego“ węgla tłustego, zbliżonego do węgla suchego, dającego 32—40% substancyj lotnych. Koks, z takiego węgla otrzymany, stanowi produkt uboczny, który mniej nadaje się do celów metalurgicznych, jako mniej zwięzły, przedstawia jednak pewną wartość rynkową i znajduje zbyt jako materjał opałowy. Gazów, które są głównym produktem wyrobu, nie używa się do ogrzewania komór dystylacyjnych, do tego bowiem celu służy gaz generatorowy. Stosownie do tego dystylacji dokonywa się nie w piecach komorowych, lecz w retortowych. Zwykle kilka retort walcowych *R* — od 6 do 9 — umieszcza się w jednej komorze *K*

(rys. 111) zasklepionej, do której gaz dostaje się z generatora *G*, umieszczonego obok. Spotykając w kanałach *g* strumień powietrza, gaz zapala się i rozgrzewa retorty, ogarniając je ze wszystkich stron z zewnątrz. Przechodząc następnie przez kanały odprowadzające I—XII, rozgrzewa kanały powietrzne 1—10 (rys. 111), umieszczone obok w komorze *C*, stanowiącej rodzaj rekuperatora (piec Schillinga). Retorty zrobione są z materjału ogniotrwałego i posiadają na końcu, wystającym z komory piecowej, armaturę żeliwną *P* z drzwiczkami i rurą *t*, odprowadzającą gaz. Przez otwór *A* i kanały 1—4 powietrze wchodzi do generatora. *B* — naczynie z wodą, ochładzające popielnik generatora. Ładowanie i wyładowywanie retorty odbywa się przez tenże sam otwór. Niekiedy



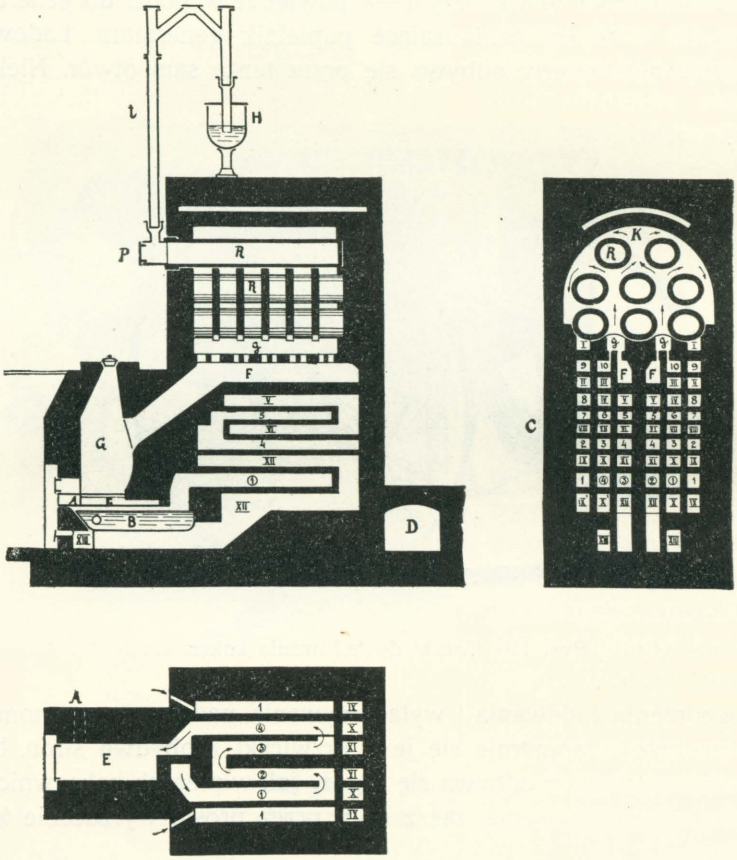
Rys. 110. Taczki do ładowania koksu.

dla udogodnienia ładowania i wyładowywania nadaje się retortom położenie pochyłe i zaopatruje się je w drzwiczki z obydwu stron. Ładowanie retort pochyłych odbywa się z góry jak w piecach koksowniczych, z wózków, wyładowywanie zaś z dołu przez proste wyrzucenie koksu na podłogę.

Gazy, jako główny produkt wyrobu, przed użyciem oczyszcza się ze smoły i wód amonjakowych. Oczyszczenia takiego w wypadku najprostszym dokonywa się w tak zwanej „hydraulice“ *H*, w której gaz przepuszcza się przez wodę przed puszczeniem go do ogólnej rury gazowej. „Hydraulika“ jednocześnie stanowi zawór automatyczny, zapobiegający wydzielaniu się gazu z rury odprowadzającej przy otwieraniu drzwiczek retort. Gaz z całej baterji pieców zbiera się w zbiorniku. Ten ostatni przedstawia dzwon dużych rozmiarów, wykonany z blachy żelaznej, zanurzony do wody w basenie murowanym lub betonowym. Wskutek ciśnienia wchodzącego gazu dzwon podnosi się, przesuwając się w kierownicach

pionowych, stanowiących wysokie kolumny o konstrukcji więzarowej. Wymiary dzwonu zależą od ilości odbieranego gazu, np. $D = 20$ m przy $H = 16$ m. Zbiornik magazynuje nadmiar gazu przy małem jego zużyciu w sieci, np. w dzień. O zmierzchu i wieczorem przy największem zużyciu gazu, przewyższającem dopływ jego z retort, gaz wychodzi ze zbiornika pod ciśnieniem ciężaru opuszczającego się dzwonu.

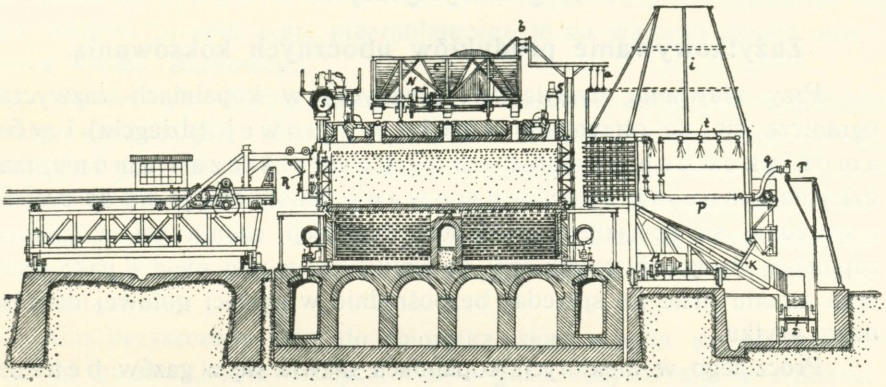
Praca przy piecach retortowych zawsze jest bardzo męcząca, wskutek czego w czasach ostatnich większe instalacje miejskie zaczynają



Rys. 111.

przechodzić do typu pieców koksowych, zapożyczonych od koksowni kopalnianych, a pozwalających przy dużej wydajności na zamianę pracy ręcznej przy piecach przez urządzenia mechaniczne. Piece te jednak w odróżnieniu od typowych przedsiębiorstw koksowniczych stosownie do charakteru produkcji ogrzewane bywają gazem generatorowym i prócz tego różnią się nieco swem urządzeniem mechanicznem (rys. 112). Ponieważ koks, otrzymany z węgla gazowego, posiada masę bardziej luźną, przeto przy usuwaniu z pieca zapomocą wypychacza natychmiast

rozpada się na kawałki drobne. Okoliczność ta pozwala na zastosowanie mechanicznych sposobów odprowadzania koksu od pieca. Koks wypycha się do specjalnego zbiornika *P*, ustawianego na platformie, przesuwanej na szynach wzdłuż baterji pieców od strony przedniej (przeciwnej względem wypychacza koksu) zapomocą silnika eletrycznego *M* z kablem tramwajowym *a*. W odbiorniku odbywa się gaszenie koksu wodą z natrysków, umieszczonych na systemie rur wodociągowych *t*, otaczających go w części górnej. System rur przy każdem położeniu odbiornika łączy się zapomocą odnogi *q* z najbliższym hydrantem głównej rury wodociągowej *T*. Po zgaszeniu koksu



Rys. 112. Piec gazowy do oświetlenia miasta Wiednia.

otwiera się zawór odbiornika *K* i masę luźną ochłodzonego koksu spuszcza się po dnie pochyłem na taśmę transportową *z*, przesuwającą się wzdłuż szeregu pieców do miejsca ogólnego wyładunku lub zwałów. Do odprowadzenia gazów i pary wodnej, powstających przy gaszeniu koksu, odbiornik ma na górze klosz *i*.

Godnym uwagi jest wózek naładunkowy *c* z trzema lejami, przesuwany nad baterją zapomocą silnika elektrycznego *N* oraz kabla *b*, zapełniający całą komorę odrazu.

Pewne również odróżnienie stanowi sposób otwierania drzwiczek pieców. Kołowrót drzwiowy *R* dla drzwi tylnych przesuwa się razem z wypychaczem koksu, dla przednich zaś — ustawiony jest na wózku odbiornika, z którym jest przetaczany.

Osobliwością wreszcie gazowni, odróżniającą ją od koksowni, jest podwójna rura *S* i *S'*, służąca do odprowadzania gazów z komór. Rzecz polega na tem, że zdolność świetlna gazu zależy od domieszek w nim par węglowodorów ciężkich i benzolu. Wytwarzanie benzolu podczas koksowania odbywa się nierównomiernie. Na początku dystylacji gaz zawiera mało benzolu. Największa ilość tego ostatniego wydziela się w okresie średnim, następnie zaś ku końcowi operacji ilość benzolu stopniowo maleje i w ostatnim okresie dystylacji benzolu niema już

wcale. Wskutek tego na początku i w końcu dystylacji wytwarza się gaz, palący się płomieniem o świetle słabem; płomień, świecący się jaskrawo, odpowiada tylko okresowi średniemu dystylacji. Zwykle gazy ubogie i bogate w benzol zbiera się oddzielnie zapomocą dwóch rur. Gaz bogaty idzie do użytku bezpośredniego, ubogi zaś poddaje się uprzednio nawęglaniu, t. j. nasyceniu parami benzolu. Potrzebny dla celu tego benzol może być otrzymany w tejże gazowni zapomocą dystylacji cząstkowej smoły, otrzymywanej z węgla kamiennego, a zbierającej się w „hydraulice".

§ 4. Dystylacja.

Zużytkowywanie produktów ubocznych koksowania.

Przy uławianiu dystylatów (płynnych) w kopalniach zazwyczaj ogranicza się do otrzymania smoły węglowej (dziegciu) i wód amonjakowych, przerabianych zwykle na siarczan amonu, rzadziej na amonjak skoncentrowany. Smołę ładuje się do cystern i sprzedaje sie specjalnym zakładom dystylacji chemicznej, w których zapomocą dystylacji cząstkowej otrzymuje się z niej oleje i pak; siarczan amonu idzie na sprzedaż bezpośrednio w postaci gotowej do różnego użytku.

Prócz tego w niektórych kopalniach uławia się z gazów benzol. Niekiedy dystylację smoły przeprowadza się w samej kopalni. Praktykuje się to wówczas, gdy pak, wytwarzany ze smoły węglowej, ma zastosowanie na miejscu do wyrobu brykietów, zwłaszcza jeżeli do brykietowania używany jest pak miękki.

Smołę otrzymuje się przez chłodzenie gazów koksowniczych. Część jej osiada już w głównych przewodach rurowych pieców koksowniczych. Ażeby się w nich nie zatrzymywała i mogła ściekać swobodnie, nadaje się rurom nieznaczne nachylenie. Prócz tego na rurach urządzane są w pewnych odstępach włazy do przeczyszczania. W celu całkowitego wydzielenia smoły urządza się specjalne chłodnice powietrzne i wodne z zewnętrznem ochładzaniem gazów na zasadzie prądu odwrotnego. W chłodnicach powietrznych gaz prócz tego uwalnia się od unoszonego z pieca pyłu.

Smoła z węgla kamiennego przedstawia gęstą ciecz oleistą o barwie czarnobrunatnej, posiadającą specyficzny zapach dziegciu, o ciężarze właściwym, przewyższającym 1 (do 1,3). Składa się ona z mieszaniny wielu substancyj organicznych, głównie węglowodorów. Wraz z nią wydziela się część amonjaku i benzolu.

Większa jednak część amonjaku pozostaje w stanie gazowym, a można ją wydzielić zapomocą rozpuszczenia w wodzie drogą przepłókiwania gazu w specjalnych przyrządach, gdzie styka się on i miesza z wodami przepłókiwającemi. W celu umożliwienia całkowitego

wydzielenia amonjaku ucieka się do przepłókiwania wielokrotnego, przyczem część amonjaku (związanego) wydziela się przez dodanie do roztworów mleka wapiennego. W roztworach amonjakowych zawsze znajduje się pewna domieszka smoły. Wody amonjakowe nasyca się amonjakiem do zawartości — 0,3—0,9%. Wszystkie otrzymane wody amonjakowe i smołę skierowuje się do ogólnych basenów, w których smoła i wody amonjakowe oddzielają się na zasadzie swych ciężarów właściwych. Z basenów smołę i wody amonjakowe wybiera się łatwo każde zosobna zapomocą pomp, opuszczając rurę ssącą do poziomu określonego, przyczem smoła idzie bezpośrednio do cystern, wysyłanych do zakładów dystylacyjnych, wody zaś amonjakowe przepompowuje się do oddziału przeróbczego, przerabiającego je na siarczan amonu zapomocą kwasu siarkowego.

Wydzielenie benzolu następuje po usunięciu amonjaku zapomocą przepłókiwania gazu olejami ciężkiemi — produktami dystylacji smoły, wrzącemi przy t = 250—300°, w których benzol rozpuszcza się. Z roztworów tych benzol otrzymuje się zapomocą dystylacji cząstkowej. W kopalniach, więc, można otrzymać jedynie część benzolu, wytworzonego w piecach koksowniczych, która nie zdążyła rozpuścić się w smole przy jej osadzaniu.

Gaz oczyszczony idzie do zbiornika, skąd wysyła się go zpowrotem do pieców koksowniczych. Część gazu zużywa się w silnikach gazowych, część idzie na oświetlenie. Jeżeli jednak stosuje się uławianie benzolu, wówczas gazu oczyszczonego nie można używać do celów oświetlenia.

Korzyści ekonomiczne uławiania produktów ubocznych w koksowniach wyrażają się mniej więcej w liczbach następujących, odnoszących się do warunków westfalskich (1900).

Na 1 jednostkę wagi węgla otrzymuje się smoły — 2,26%, siarczanu amonu — 0,95%, lub na jednostkę wagi koksu otrzymuje się smoły — 3,04%, siarczanu amonu — 1,28% (na 1 piec rocznie, przyjmując wydajność koksu — 1160 t, smoły — 38,35 t i siarczanu amonu — 16,15 t.

Wartość produktów otrzymanych wynosiła:

1 tonny koksu	13,00 Mk
30,4 kg smoły po 2,72 Mk za 100 kg	0,84 „
22,8 „ siarczanu amonu po 21,88 Mk za 100 kg . .	2,80 „
Ogółem . .	16,64 Mk

t. j. przy uławianiu smoły i amonjaku ogólna wartość produktów wzrasta o 28%.

Koszt wyrobu składa się z pozycyj następujących.

Koszt własny wydobycia 1 tonny węgla wynosi 7,1 Mk, a przeliczony na 1 t koksu, przyjmując wydajność tego ostatniego 70% — 10,15 Mk.

Koszt koksowania na 1 tonnę:

robocizna	1,08 Mk
materjały	0,50 „
Ogółem . . .	1,58 Mk

Wraz z wydobyciem . . . . . 11,73 Mk

Koszt uławiania smoły i amonjaku:

robocizna	0,39 Mk
materjały	0,48 „
Ogółem . . .	0,87 Mk

Razem wyrób koksu + prod. uboczn. . . . . 2,45 Mk

Całkowita suma rozchodu . . 12,60 Mk

t. j. przy uławianiu prod. ubocznych koszt wyrobu wzrasta o 8%.

Tym sposobem dochód z koksu stanowi 13—11,73 = 1,27 Mk
+ produkty uboczne . . . . 16,64—12,60 = 4,04 Mk

Do kosztów wyrobu należy dodać jeszcze amortyzację wartości zakładów. W Westfalji koszt budowy koksowni wraz ze wszystkiemi akcesorjami, składającej się z dwóch bateryj po 30 pieców w każdej, bez uławiania produktów ubocznych, stanowił w roku 1900 około 200.000 Mk. Koszt budowy odpowiedniego zakładu dystylacyjnego — 550.000 Mk, czyli razem 750.000 Mk. Stąd, przyjmując dla amortyzacji okres 10 letni oraz wydajność jednego pieca 1200 tonn, otrzymany odpowiednio: 0,28 Mk i 1,06 Mk. Dochód zatem z wyrobu koksu bez uławianiu produktów ubocznych wyniesie 0,99 Mk, przy uławianiu zaś tych produktów 2,98 Mk, t. j. trzy razy więcej.

Jeżeli w zakładzie prócz amonjaku wytwarzany jest benzol i toluol (zapomocą dystylacji olejów ciężkich, rozpuszczających benzol), wówczas wydajność substancyj tych przy użyciu jednej tonny koksu wynosi 4 kg benzolu i 0,9 kg toluolu, a na jeden piec rocznie — 6,7 tonny benzolu i 1,5 tonny toluolu.

Koszt wyrobu w r. 1900 na 100 kg benzolu wynosił przeciętnie:

robocizna	2,91
materjały	4,01
amortyzacja	2,20
ogółem	9,12 Mk

Cena benzolu w okresie 1885—1900 ulegała znacznym wahaniom, dochodząc do 75 Mk w r. 1885 i 1890 i spadając do 17,1 Mk w r. 1889. W r. 1900 cena była 18,70 Mk. W tym ostatnim wypadku dochód na 100 kg benzolu wynosił 8,58 Mk, a na 1 tonnę koksu — 0,344, nie licząc toluolu, razem zaś ze smołą i amonjakiem 3,32. Fabrykacja zatem benzolu przy cenach niskich powiększa ogólny dochód, otrzymywany

z wyrobu przy uławianiu produktów ubocznych tylko o 10%. Kiedy jednak cena benzolu była 75 Mk, wówczas uławianie stanowiło operację bardzo korzystną, ponieważ dochód z produkowania benzolu stanowił 2,64 Mk, z całego zaś wyrobu — 5,62, t. j. prawie o 100% więcej.

Łączność pomiędzy koksownią, a zakładem chemicznym.

Z poprzedniego opisu widzimy, że wytwarzanie koksu, wydzielanie smoły, otrzymywanie wód amonjakowych i roztworu benzolu w olejach ciężkich stanowi nieprzerwany cykl operacyj, organicznie pomiędzy sobą związanych. Dalsza przeróbka produktów wytworzonych nie jest już organicznie z cyklem ogólnym związana i dlatego może być dokonywana w zakładach innych, zależnie od warunków ekonomicznych. Łączność pomiędzy koksownią i zakładem chemicznym widoczna jest tak w czasie procesów zachodzących w nich, jakoteż w ich wyposażeniu mechanicznem.

Tak, ogólny przebieg operacji koksowania: sposób ładowania, zwilżania węgla, prędkość i temperatura ogrzewania, prędkość wyładowywania, przeszkody w przebiegu koksowania, różne przerwy dla remontu — wszystko to wywiera wpływ bezpośredni na wydajność dystylatów w zakładzie chemicznym pod względem jakościowym i ilościowym. Z drugiej strony stopień oczyszczenia gazu z domieszek warunkuje jego zdatność do użytku w motorach gazowych silników ogólnych, wpływa na czystość, zużywanie się i remont przewodów rurowych oraz kanałów, doprowadzających gaz do pieców, i wreszcie na temperaturę spalania gazów, a zatem również na przebieg koksowania. Jednocześnie z tem równomierne zmieszanie gazów w ogólnym przewodzie gazowym i zbiorniku czyni przebieg koksowania bardziej równomiernym w porównaniu z koksowniami, nie zużytkowywującemi produktów ubocznych, koks otrzymuje się jednorodniejszy oraz znacznie skraca się czas koksowania, t. j. wzrasta wydajność. Uławianie zatem produktów ubocznych posiada duże znaczenie przy wyrobie koksu i może być rozpatrywane jako udoskonalenie procesu koksowania.

Co się tyczy łączności mechanicznej, to wyraża się ona w wspólnym przewodzie gazowym, łączącym piece koksownicze z zakładem chemicznym.

Rury, przez które płynie gaz z pieców koksowniczych do zakładu chemicznego, wszystkie przyrządy oczyszczające i przepłókujące gaz wraz z rurami łącznikowemi, zbiornik gazu, rura doprowadzająca gaz do pieców, oraz cały zespół kanałów piecowych, przez które płynie gaz przed zapaleniem się, wreszcie zespół kanałów paleniskowych, kanałów dymowych i nawet kanały spalinowe kotłów parowych — tworzą jeden komplet nieprzerwany przewodów przepływu gazów. Rozumie się samo przez się, że zespół ten stawia przepływowi gazu bardzo znaczny opór,

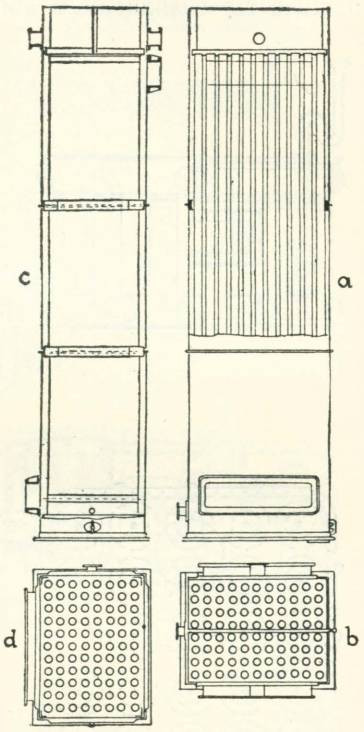
a wskutek tego dla jego przezwyciężenia okazuje się niedostateczne ciśnienie, rozwijane w piecach. To też zwykle ucieka się do wytworzenia bardzo znacznej depresji sztucznej, włączając do ogólnej sieci przewodów silny ekshaustor, umieszczany zwykle w zakładzie chemicznym pomiędzy różnemi przyrządami przepłókującemi, wydzielającemi z gazu wody amonjakowe. Ogólna depresja, rozwijana przez ekshaustor, dochodzi do 1—2 m słupa wody, przy ilości zaś gazu, dochodzącej w zakładach wielkich do 5000 m^3 na godzinę, praca ekshaustora dosięga 400 i więcej koni parowych. Dla nadania ekshaustorowi ruchu używa się zwykle silnika gazowego, zasilanego ze zbiornika gazu przez specjalną odnogę. Często tenże silnik wprawia w ruch wentylator, tłoczący powietrze do kanałów powietrznych pieców koksowniczych. Wobec tak znacznego zużycia energji na przepływ gazu należy przy konstruowaniu przewodu gazowego przyjmować pod uwagę wszystkie okoliczności, mogące przyczynić się do zmniejszenia jego oporu ogólnego tak w piecach koksowniczych, jakoteż w rurach łącznikowych i przyrządach zakładu chemicznego. Oczywiście, ze stanowiska mechaniki cała ta sieć tworzy jeden zespół w którym niema możności przeprowadzenia ścisłej granicy pomiędzy jedną a drugą częścią zakładu i chociaż teoretycznie dla różnych części przewodu gazowego można byłoby obliczyć, jaka część pracy na każdą z nich przypada, taki jednak podział byłby nadzwyczaj sztuczny i ze stanowiska mechaniki nie miałby żadnej wartości, nie mówiąc już o tem, że stosunek wzajemny prac, wykonywanych podczas ruchu zakładu może podlegać ciągłym zmianom wskutek wyłączania niektórych pieców w celu remontu lub wskutek braku węgla i wagonów, jak również w zależności od regulowania warunków cieplnych koksowania zapomocą osłon przy zmianach jakości węgla, podlegającego koksowaniu, lub jakichkolwiek bądź usterek w przebiegu koksowania.

A więc, koksownia i związany z nią zakład chemiczny stanowią nie tylko jedno przedsiębiorstwo pod względem administracyjnym, lecz również jeden zakład organicznie niepodzielny, którego poszczególne części związane są z sobą jak najściślej zarówno zapomocą procesów, odbywających się wewnątrz poszczególnych przyrządów, jakoteż mechanicznie — w postaci nieprzerwanego przewodu gazowego, obsługiwanego przez ekshaustor wspólny. Koksownia łącznie z zakładem chemicznym nietylko przyczynia się do zużytkowania racjonalnego i ekonomicznego wszystkich wartości, zawartych w węglu kamiennym, lecz również jako wytwórnia koksu, przedstawia najwyższy typ zakładu pod względem zmniejszenia kosztów wyrobu, zwiększenia wydajności i ulepszenia jakości produktów. W takiem oświetleniu znaczenie zakładu chemicznego staje się rzeczą zrozumiałą, że przy rozpatrywaniu produkowania koksu nie można pominąć urządzeń zakładu chemicznego, gdyż jest on organiczną częścią całości.

Przyrządy do uławiania dystylatów przy wyrobie koksu.

1. Oddzielacz pyłu przedstawia walec pionowy o średnicy 1,5 m, wysokości 8 m (mniej więcej). Zazwyczaj ustawia się kilka rzędów równoległych przyrządów, włączonych szeregowo. Pył osiada wskutek zmniejszenia prędkości prądu gazu. Jednocześnie gaz ochładza się do 140°, niekiedy przy pomocy zespołu zraszających natrysków wewnątrz walców lub w powłoce zewnętrznej; wskutek tego równocześnie osadza się do 50% smoły, która skupia w sobie wszystek pył, a która wyprowadza się przez kondensatory do ogólnego rezerwuaru zbiorowego.

2. Chłodnica powietrzna przedstawia walec z podstawą okrągłą lub elipsoidalną 750 × 1500 cm, o wysokości 6,5 m (mniej więcej), zawiera ona zespół rurek, w których powietrze płynie w kierunku przeciwnym do prądu gazu. Temperatura obniża się do 80°. W chłodnicy tej zgęszcza się prócz tego 25% smoły i część wód amonjakowych, zawierających 0,3—0,5 gr. NH_3 w litrze.



Rys. 113. Chłodnica wodna do zgęszczania smoły, otrzymywanej z gazów pieców koksowniczych.

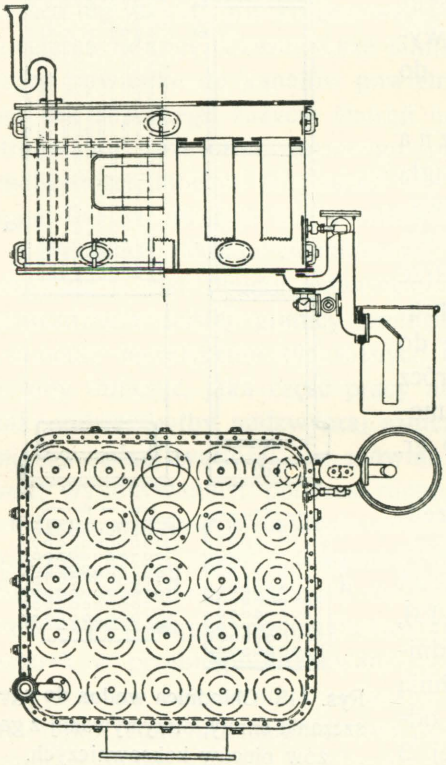
3. Chłodnica wodna przedstawia walec lub pryzmat o płaszczyźnie w przekroju $1^1/_2$ — 2 m², wysokości 6,5 — 8 m (mniej więcej) (rys. 113), zawiera ona 90—100 rurek o średnicy 100 mm z ogólną powierzchnią 200 m². Działa na zasadzie prądu odwrotnego. Włącza się co najmniej 3 przyrządy szeregowo. Ochładzanie do 40°. Chłodnica zgęszcza prawie całą pozostałość smoły i znaczną część wód amonjakowych, zawierających 0,8 gr. NH_3 w litrze.

Po takiem ochładzaniu stopniowem w gazach pozostaje większy odsetek benzolu, co ma znaczenie ważne wówczas, gdy w zakładzie następnie wydziela się z gazów benzol.

4. Wstępny wodny oddzielacz amoniaku (Vorreiniger). Po wyjściu z chłodnic gazy zawierają tak nieznaczną ilość pary wodnej, że przy dalszem ochładzaniu NH_3 nie może już ulegać rozpuszczaniu i dlatego w celu dalszego zgęszczenia amonjaku należy znów zetknąć gazy z wodą. Do początkowego wymywania służą skrzynki kwadratowe o 2 metrowym boku kwadratu i 1 m wysokości (rys. 114).

Gaz wpuszcza się do części górnej, oddzielonej zapomocą przegródki poziomej, od której odchodzi 25 rurek, zanurzonych na 25 cm w wodzie, nalanej do części dolnej przyrządu. Przechodząc przez słup wody, gazy oddają jej zawarty amonjak. Prócz tego w przyrządzie tym oddziela się jeszcze nieznaczny odsetek smoły. Po nasyceniu wody amonjakiem spuszcza się ją do zbiornika ogólnego.

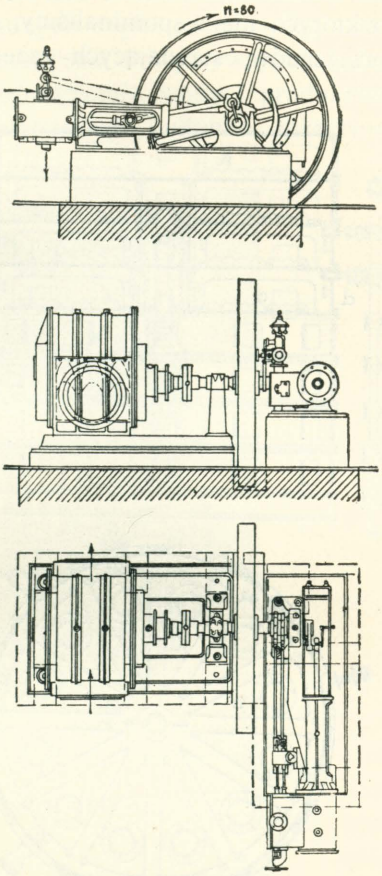
5. Ekshaustor. Po przyrządzie do wymywania początkowego ustawia się ekshaustor o konstrukcji następującej (rys. 115 i 116). Na osi płaszcza walcowego obraca się wał, połączony bezpośrednio z maszyną parową lub silnikiem gazowym, na wale zaś tym obsadzona jest tulejka smarownicza, do której umocowane są 3 skrzydła *F* (rys. 116), mogące obracać się dookoła swych punktów przymocowania na tulejce. Podczas działania ekshaustora smar wtłaczany jest bez przerwy zapomocą niewielkiej pompki do przestrzeni pierścieniowej między wałem a tulejką i przez liczne otwory na powierzchni tej ostatniej dostaje się do stawów skrzydeł. Do wału przymocowany jest tłok mimośrodowy *k* z trzema walcami kierowniczemi *b* dla skrzydeł, mogącemi swobodnie obracać się w walcowych wkładkach, zaopatrzonych w dokładnie obrobione wycięcia, w które wchodzą skrzydła. Ssanie i tłoczenie gazu odbywa się z przeciwnych stron przez otwory *O* i *O'*. Ogólna różnica ciśnienia z dwóch stron tłoka wynosi od 1 do 2 m słupa wody. Ekshaustor pracuje z jednej strony zapomocą ssania, wytwarzając depresję, z drugiej zaś zapomocą tłoczenia i wielkością wytwarzanego ciśnienia zbliża się do kompresorów. Liczba obrotów wału wynosi 80/1'. Ekshaustory, zależnie od wymaganej wydajności, buduje się na 1600—5000 m^3 gazu na 1'. Należy zwracać szczególną uwagę na skład smaru, na zawartość kwasów, sprzyjających osadzaniu się wewnątrz przyrządu smoły, siarczku amonjakowego i in. substancyj.



Rys. 114. Wstępny wodny oddzielacz amoniaku z gazów pieców koksowniczych.

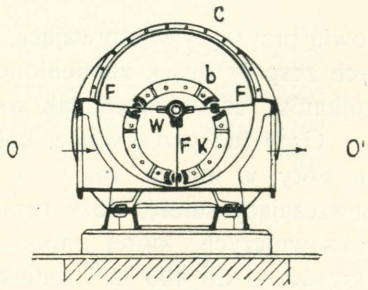
6. Dzwonowy oddzielacz amoniaku (Glockenwascher)

wymaga dla przejścia przezeń gazów znacznego ciśnienia i dlatego ustawiany bywa po ekshaustorze. W nim wydzielają się resztki par amoniakowych (rys. 117). Jest to walec o wysokości 3,25 m, średnicy 2,9 m, rozdzielony 7 przegródkami poziomemi na 8 komór. Woda płynie z góry na dół, przelewając się z komory do komory, kolejno przez rury środkowe *a* o średn. 100 i przez sześć rurek na obwodzie *b* o średn. 50. Rurki *a* wystają u góry na pewną wysokość, określając poziom wody, u dołu zaś pogrążone są w wodę na pewną głębokość. Rurki *d* służą do spuszczania wody. Gaz wpuszcza się do komory dolnej, a do każdej następnej przechodzi przez 12 sztucerów *c*, znajdujących się pod 12 dzwonami *K* z żeliwa o kształcie trójkątnym, od których przyrząd otrzymał swą nazwę. Dzwony są umocowane na 3 nóżkach i zanurzone swemi krawędziami zazębionemi w wodzie. Gaz zbiera się pod dzwonami, ulega ściśnięciu i wskutek ciśnienia wychodzi przez dolne krawędzie i warstwę wody do komory następnej. Kilka takich przyrządów tworzy rzędy równoległe z połączeniem szeregowem w każdym.



Rys. 115. Ekshaustor zakładu chemicznego przy piecach koksowniczych.

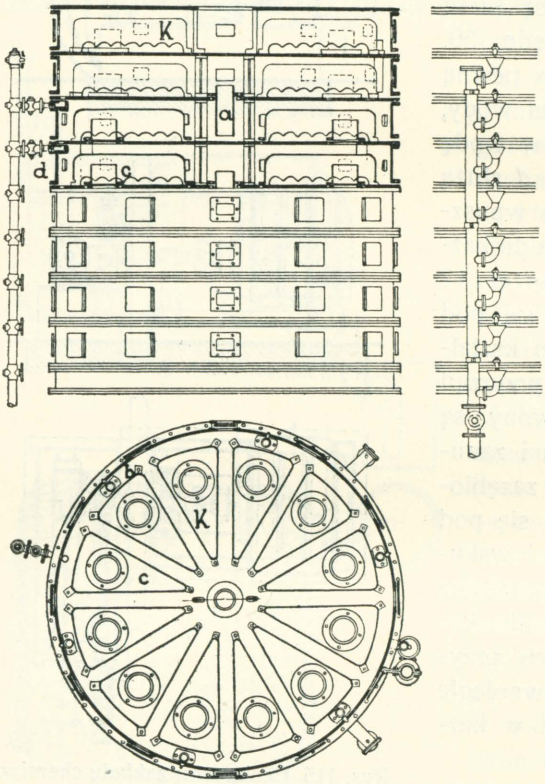
7. Skruber (wieże do chłodzenia). Zastępuje on przyrząd poprzedni, a wymaga mniejszego zużycia energji, lecz zajmuje więcej miejsca. Skruber przedstawia walec do 16 m wysokości przy D = 3 m, zapełniony zespołem desek, ustawionych na sztorc i połączonych bolcami w grupy, umieszczone na krzyż względem siebie (rys. 118). Deski mają dolną krawędź zazębioną. Z góry system natrysków rozrzuca wodę równomiernie po całym przekroju walca. Zazębienie desek przyczynia się później do



Rys. 116.

równomiernego ściekania wody po całej powierzchni przyrządu. Gaz wpuszczany jest z dołu i, idąc do góry, miesza się z wodą, przyczem amonjak ulega rozpuszczeniu.

Całokształt przyrządów, wymienionych wyżej, oraz niektórych innych, o których nie wspominaliśmy, stanowi dosyć skomplikowany komplet przyrządów, stawiających razem opór przepływowi gazów i wymagających stosowania silnych ekshaustorów — kompresorów.



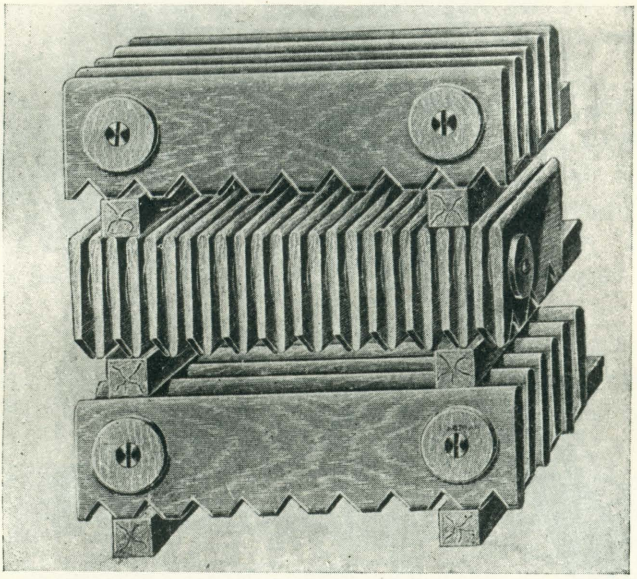
Rys. 117. Dzwonowy oddzielacz amoniaku.

W czasach nowszych niektórym konstruktorom udało się znacznie uprościć całokształt przyrządów, uławiających produkty uboczne. Tak, w systemie Otto-Hoffmanna cały proces rozpada się tylko na 2 stadja: zgęszczenie smoły i wymywanie gazu celem usunięcia amoniaku. Przyrządy, do celu tego tego przeznaczone, przedstawiają wysokie walce ustawione na powietrzu otwartem, o wysokości 7—8 m średnicy 3 m. Trzy walce pracują jako chłodnice, w nich zgęszcza się smoła i część amonjaku. Dwa walce stanowią przyrządy wymywające, urządzone podobnie do skruberów, w których zespoły desek zamienione są przez szeregi deszczułek w kształcie trójkątów, ustawionych, jak wskazuje rysunek (rys. 119).

Gazy idą przez walce, kolejno przechodząc w jednych z nich z dołu do góry, w innych zaś — z góry na dół. Prócz tego, jako przyrząd, zgęszczający smołę, służy rura główna, odprowadzająca gazy z pieców koksowniczych, której zapomocą wygięć nadaje się bardzo znaczną długość — do 400 m i umieszcza się ją w powietrzu ponad walcami, wymienionemi wyżej, stanowiącemi dla niej kolumny oporowe (rys. 120).

Duże wymiary wszystkich przyrządów są wystarczające, aby mogły się w nich odbyć całkowicie wszystkie operacje, jakie w zakładach

dawniejszych były dokonywane w całym szeregu przyrządów mniejszych, jednocześnie zaś stawiają znacznie mniejszy opór przepływowi gazu. Wskutek tego cały proces upraszcza się, wszystkie przyrządy znajdują się na powietrzu otwartem, jako zaś ekshaustora używa się inżektora Körtinga, nie posiadającego żadnych części ruchomych; ustawia się go zaś pomiędzy walcami chłodzącemi i wymywającemi. Jedynie pompy niewielkie, służące do odprowadzania wody i produktów płynnych dystylacji, umieszcza się w niewielkim budynku zakrytym.



Rys. 118. Zespół desek zraszalnych skrubera.

Dystylacja smoły węglowej.

W specjalnych zakładach dystylacyjnych smoły z węgla kamiennego otrzymuje się zwykle 5 frakcyj dystylatów.

1) Pierwszy dystylat (Vorlauf) . .	przy temper.		170°
2) Olej lekki	„	„	170—210°
3) Olej średni	„	„	180—240°
4) Olej ciężki lub kreozotowy . .	„	„	230—270°
5) Olej antracenowy			270°

i jako pozostałość

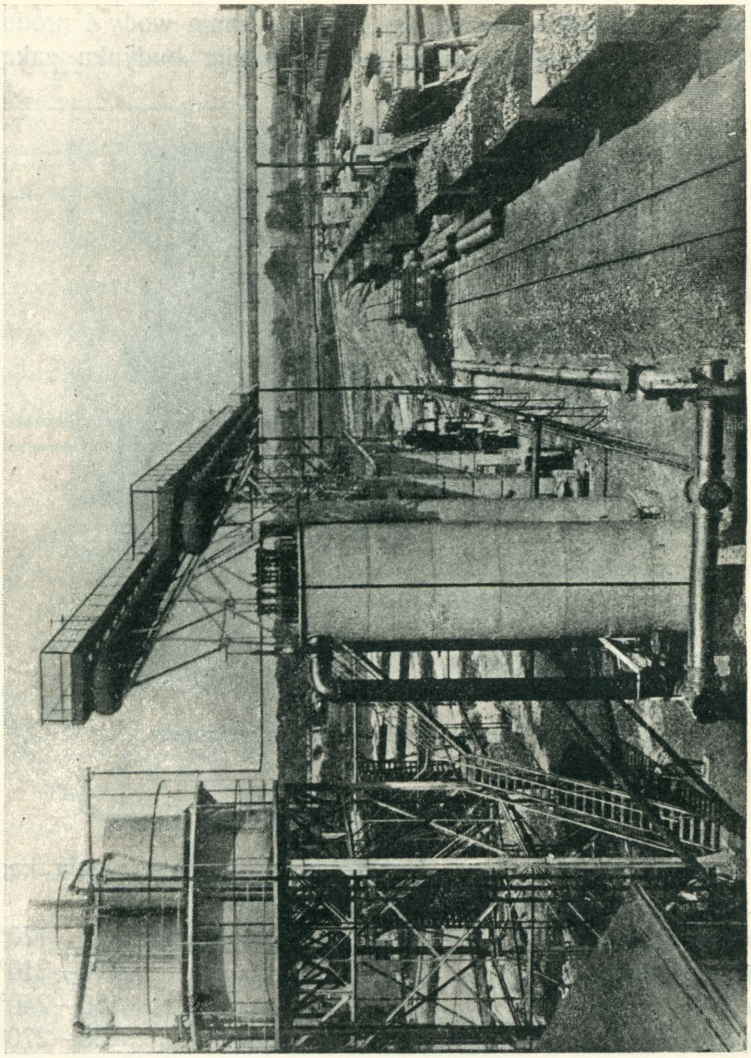
6) Pak.

Dystylat pierwszy składa się z wody amonjakowej i oleju w niej pływającego. Pary dystylatu tego zawierają często karbolaminy trujące, wskutek czego przy jego wy-

Rys. 119.

twarzaniu należy przestrzegać pewnych przepisów ostrożności, aby zabezpieczyć się przed zatruciem robotników.

Oleje lekkie w różnych zakładach dystylacyjnych mają tę cechę wspólną, że ich ciężar właściwy mniejszy jest od 1, lecz granice ich są bardzo różne, odpowiednio do różnych granic temperatury dystylacji



Rys. 120. Zakład chemiczny przy piecach koksowniczych podług systemu Otto-Hoffmanna.

od 170° do 200°. Oleje te przedstawiają ciecz bardzo ruchliwą o ciężarze właściwym 0,91—0,95 i o barwie od żółtawej do ciemnobrunatnej z nieprzyjemnym zapachem. Większa część olejów lekkich ulega ponownej dystylacji cząstkowej celem otrzymania benzolu i jego homologów. Mniejsza część znajduje zastosowanie bezpośrednie do wyrobu laków (zamiast terpentyny).

Oleje średnie otrzymuje się przy temperaturze 180°—240°; zawierają one w swym składzie głównie naftalinę i fenol, przy temperaturze zwykłej mają konsystencję ciastowatą o cięż. wł. 1,02, barwie żółtej lub brunatnej. Odcedzone od naftaliny oleje podlegają dystylacji, przyczem w frakcji pierwszej otrzymuje się olej karbolowy, w drugiej zaś — oleje naftalinowy lub kreozotowy.

Olej ciężki, zwany w ścisłem znaczeniu tego wyrazu kreozotowym, otrzymuje się przy temperaturze 230°—270°, przy temperaturze zaś zwykłej przedstawia substancję półpłynną z wydzielinami kryształów, stanowiącemi głównie naftalinę. Pozostałości po przecedzeniu, t. zn. ciemnobrunatnego płynu oleistego używa się do impregnowania drzewa oraz celów dezynfekcyjnych.

Olej antracenowy otrzymuje się przy temp. 270°, gdy w pozostałości pojawiają się substancje stałe. Przy temperaturze zwykłej stanowi substancję półtwardą barwy zielonawo-żółtej, o cięż. wł. 1,1, przy 60° staje się zupełnie płynnym. Antracenem nazywa się twardą część składową, otrzymywaną przez odcedzenie w ilości 6—10%. Oleju antracenowego używa się do impregnacji i farbowania drzewa, do smarowania drzew owocowych i in.

Z wszystkich wymienionych dystylatów w zakładach dystylacyjnych otrzymuje się w stanie mniej lub więcej czystym: benzol, toluol, fenol, naftalinę i antracen, oraz produkty uboczne: naftę, zasady pirydynowe, olej kreozotowy i in.

Benzol C_6H_6 jest to substancja bardzo ruchliwa o zapachu aromatycznym i cięż. wł. 0,8995; przy 0° — żółty węglowodór lotny. Używa się go głównie do wyrobu farb, ponadto do nawęglania gazu świetlnego, oświetlenia w lampach wraz z spirytusem, wywabiania plam z tkanin, wyrobu laków, rozpuszczania kauczuku i dezynfekcji. Z benzolu zapomocą kwasu azotowego wyrabia się substancję wybuchową, dinitrobenzol $C_6H_4(NO_2)_2$, który jako domieszka do azotanu amonowego ($NH_4.NO_3$) znajduje zastosowanie przy wyrobie bezpiecznych (powietrznych) materjałów wybuchowych, używanych do robót wybuchowych w kopalniach węgla kamiennego.

Toluol C_7H_8 jest płynem bezbarwnym bardzo ruchliwym o zapachu aromatycznym, podobnym do zapachu benzolu i o cięż. wł. 0,8824 przy 0°. Służy do wyrobu farb i sacharyny. Używa się go do rozpuszczania smoły i tłuszczów. Pod działaniem kwasu azotowego z toluolu otrzymuje się trzynitrotoluol $C_7H_5(NO_2)_3$ czyli trotyl — bardzo silna substancja wybuchowa, używana do granatów i szrapneli. Jako domieszki do azotanu amonowego używa się do wyrobu bezpiecznych materjałów wybuchowych w górnictwie trotylu.

Fenol C_6H_6O (spirytus trzeciorzędowy) czyli kwas karbolowy przedstawia przy temperaturze zwykłej kryształy bezbarwne o cięż. wł. 1,072, topiące się przy 35—40°. Fenolu używa się głównie jako le-

karstwa oraz jako środka antyseptycznego do dezynfekcji, ponadto do przeróbki na kwas salicylowy i pikrynowy. Pierwszy ma zastosowanie w medycynie, drugi jako materjał wybuchowy (w bombach melinitowych). Silnie żrące działanie fenolu na skórę i błony śluzowe zmusza do zastosowania przy jego przyrządzaniu specjalnych środków ostrożności.

Naftalina $C_{10}H_8$ przedstawia w stanie nieoczyszczonym proszkowatą substancję krystaliczną o barwie brunatnej, w oczyszczonym zaś — białe kryształy blaszkowe o cięż. wł. 1,153 przy 10°, o temperaturze topienia 79°. Naftaliny używa się w gospodarstwie domowem i intendenturze do zabezpieczania tkanin wełnianych od moli. Zmieszana z olejem kreozotowym służy do ochrony progów kolejowych przed gniciem, lecz główna jej masa stanowi materjał podstawowy do wyrobu farb. Pewne znaczenie posiada naftalina także przy wyrobie materjałów wybuchowych.

Antracen $C_{14}H_{10}$ przedstawia kryształy bezbarwne, topiące się przy 213°.

Pak węglowy jest to pozostałość dystylacji smoły węgla kamiennego i ma własności różne, zależnie od tego w jakim stopniu przeprowadzono dystylację. Dawniej rozróżniano asfalt, pak miękki i pak twardy.

Asfaltem nazywano pozostałość po oddystylowaniu jedynie olejów lekkich. Jest on zupełnie płynny i używa się go do zabezpieczenia od wilgoci pomieszczeń suterenowych, zwłaszcza zaś części żelaznych zakopywanych w ziemi.

Pak miękki otrzymuje się po oddystylowaniu połowy olejów ciężkich przy 240°. Używa się go jako materjału do podłóg, wytrzymałych na wilgoć (lecz nie na ogrzewanie), oraz do wyrobu brykietów. Ze smoły otrzymuje się 75% paku miękkiego.

Pak twardy czyli suchy wytwarza się po oddystylowaniu oleju antracenowego, topi się przy około 200°, ma cięż. wł. 1,278. Używa się go do wyrobu brykietów, lakierowania żelaza, brukowania ulic i in.

Tak więc, różne postacie paku stanowią właściwie mieszaninę paku twardego z różnemi dystylatami. Ponieważ dystylaty te służą do wytwarzania produktów bardzo cennych, przeto obecnie miękkie odmiany paku otrzymuje się przez zmieszanie roztopionego paku twardego z pozostałościami od przecedzania olejów kreozotowego i antracenowego po wydzieleniu z nich odpowiednich produktów. Pak taki nosi nazwę preparowanego lub ożywionego.

Tym sposobem asfalt czyli pak płynny jest mieszaniną paku twardego z dużym nadmiarem oleju kreozotowego; pak miękki i średni — mieszaniną paku twardego z olejem antracenowym, przyczem pierwszy mięknie przy temperaturze 40° i topi się przy 60°, drugi

zaś mięknie przy 60° i topi się przy 100°. Wreszcie pak twardy mięknie przy 100°, a topi się przy 200°. Pomiędzy temi postaciami paku istnieją, oczywiście, przejścia niedostrzegalne.

Ilość paku twardego, otrzymywanego ze smoły, waha się w granicach 60—70%, najczęściej — 55—60°, co zależy od jakości smoły i przebiegu dystylacji.

Najważniejsze zastosowanie posiada pak przy wyrobie brykietów z węgla kamiennego. Do brykietowania bierze się zwykle pak twardy, aczkolwiek jeżeli wyrób paku odbywa się na miejscu brykietowania, wówczas używa się paku średniego i miękkiego w stanie roztopionym. Według sposobu brykietowania Allgemeine Brikettierungs-Gesellschaft można używać paku płynnego, t. j. asfaltu, a nawet smoły przy brykietowaniu na zimno.

Niekiedy dodaje się paku w ilościach niewielkich do pieców koksowniczych celem zwiększenia zdolności węgla chudego do spiekania się.

Roztworu paku w olejach, stanowiących odpady przy wytwarzaniu fenolu, naftaliny i antracenu, używa się w postaci paku czarnego do farbowania drzewa i żelaza (lak żelazny). Paku węglowego używa się do układania chodników asfaltowych, wyrobu papieru asfaltowego i papy dachowej.

Ilość różnych produktów, otrzymywanych przy dystylacji smoły węglowej, bywa nadzwyczaj rozmaita. Dla przykładu przytoczymy wyniki, otrzymane w zakładzie dystylacyjnym w kopalni Königin Lüdwig w r. 1900 w Westfalji. Z 1878 t smoły przedystylowanej otrzymano:

292 t	oleju kreozotowego	czyli	15,5%
50 „	naftaliny	„	2,7%
11 „	fenolu (karbolineum)	„	0,6%
30 „	antracenu	„	1,6%
199 „	oleju antracenowego	„	10,6%
1270 „	paku twardego	„	67,6%
			98,6%

Przeróbka wód amonjakowych na siarczan amonu i otrzymywanie benzolu.

Przeróbka wód amonjakowych polega na dystylowaniu ich pary ciepłej w specjalnych przyrządach, przyczem amonjak, wydzielający się w stanie gazowym, wpuszcza się do naczyń z H_2SO_4, gdzie łączy się z nim bezpośrednio, tworząc roztwór $(NH_4)_2SO_4$ w postaci osadu krystalicznego. Ten ostatni wybiera się i uwalnia od śladów kwasu w centryfugach.

W przyrządach do dystylowania amonjaku tylko pewna jego część

dystyluje się swobodnie. Pozostała część tworzy z wodą związki wodanowe, które rozkładają się z trudnością i można ją wydzielić jedynie zapomocą wapna żrącego, które wprowadza się do przyrządu okresowo zapomocą specjalnej pompy pod postacią mleka wapiennego.

W koksowni, składającej się z 60 pieców, wytwarza się w ciągu doby od 60 do 75 m^3 wód amonjakowych z zawartością 0,5—0,6% NH_3. W celu wytworzenia 1 tonny siarczanu amonu potrzeba 6,0—1 t H_2SO_4 i 0,15—0,2 t wapna, przyczem na 1 tonnę koksu przypada 1,28% siarczanu amonu, zawierającego 24,7—25,3% NH_3, 71—75% związanego kwasu siarkowego, 0,5—0,7% kwasu wolnego i 2,8—3% H_2O. Wody ściekowe zawierają 0,02—0,003% NH_3. Odpadów wapiennych od przeróbki używa się w koksowni do zalepiania drzwiczek pieców koksowniczych. Główne zastosowanie siarczan amonu posiada przy użyźnianiu roli. Prócz tego 10%-ego roztworu siarczanu amonu używa się do przekształcania przedmiotów łatwo zapalnych, naprzykład tkanin, na niepalne.

Wytwarzania benzolu z roztworów olejów ciężkich dokonywa się zapomocą dystylacji, podobnie jak ze smoły węglowej, z tą jednak różnicą, że dystylację ogranicza się do otrzymania dystylatów lekkich, pozostałe zaś oleje ciężkie zużytkowuje się ponownie do rozpuszczenia z gazu nowych porcyj benzolu. Przytem oleje ciężkie stopniowo wzbogacane są w smołę, której ślady zawsze jeszcze znajdują się w gazach oczyszczonych, i wskutek tego ich zdolność do rozpuszczania stopniowo słabnie. Z tego powodu oleje od czasu do czasu oczyszcza się ze smoły, co osiąga się zapomocą dystylacji aż do otrzymania jako pozostałości paku. Oddystylowane oleje ciężkie idą do użytku ponownego.

Dystylacja węgla brunatnego, łupków palnych, torfu i in.

Dystylaty węgla brunatnego znacznie różnią się od produktów dystylacji węgla kamiennego. Dystylacja węgla brunatnego ma za cel główny otrzymanie olejów mineralnych i parafiny, koks zaś, gazy i amonjak stanowią produkty uboczne lub nawet odpady. Rozróżnia się węgiel brunatny paleniskowy i dystylacyjny. Pierwszy zawiera do 50% substancyj lotnych, drugi do 65%. Lecz i wyglądem zewnętrznym węgiel dystylacyjny różni się od paleniskowego, mianowicie swą barwą bardziej żółtawo-brunatną, ziemistą budową i mniejszym ciężarem gatunkowym. Dystylacji jego dokonywa się w retortach, ogrzewanych gazami własnemi, zwykle nie służącemi do innego użytku. Wytwarzany przy dystylacji bardzo luźny koks stanowi produkt uboczny i znajduje zbyt jako paliwo domowe. Wody amonjakowe pod względem ilości zajmują śród dystylatów pierwsze miejsce, lecz ponieważ w amonjak są niezasobne, nie służą do wyrobu siarczanu amonu i zwykle usuwa się je jako odpady. Główne znaczenie praktyczne mają dystylaty płynne i stałe

t. j. oleje mineralne, parafina i smoła. Największą wartość przedstawia parafina i dlatego dystylację węgla brunatnego prowadzi się tak, żeby otrzymać możliwie największą jej ilość, ponieważ oleje mineralne, których używa się do oświetlenia i smarowania części maszyn, po wynalezieniu sposobu otrzymywania takowych z ropy naftowej o jakości znacznie wyższej — nie mogą wytrzymać na rynku konkurencji z temi ostatniemi. Śród płynnych dystylatów węgla brunatnego znajdują się różne kwasy organiczne, z których największe znaczenie ma kwas octowy.

Smoła z węgla brunatnego jest lżejsza od smoły z węgla kamiennego i w wodzie pływa. Przy jej dystylacji wytwarzają się dwa produkty główne: w pierwszej części dystylacji otrzymuje się kryształy, nasiąknięte olejem, z dystylatów płynnych po obróbce ich przy użyciu potasu żrącego i kwasu siarkowego otrzymuje się zapomocą dystylacji cząstkowej lekki olej węglowy, olej solarowy, fotogen, olej do czyszczenia oraz lekki i ciężki olej parafinowy. Jedne z nich używane są jako substancje oświetlające, inne — jako smary. Parafinę surową oczyszcza się mocnym kwasem siarkowym, wytwarzające się zaś kryształy uwalnia się od olejów ciężkich najprzód w prasach filtrowych typu Dehne'go, następnie pod prasą hydrauliczną. Ze smoły otrzymuje się 10—15% parafiny, 30—35% oleju świetlnego, 10—15% ciężkiego oleju parafinowego. Do tego dodać należy najlżejszą część lotną — benzol z węgla brunatnego, którego używa się w zakładach do czyszczenia parafiny. Oleju solarowego i fotogenu używa się w lampach do oświetlenia. Olej solarowy znajduje zastosowanie w niewielkich silnikach zamiast nafty, ponadto jako materjał opałowy (w kotłach parowych). Oleju czyszczącego używa się do czyszczenia części metalowych, pokrytych tłustemi plamami, oraz do wyrobu smaru do kół, nawęglania gazu wodnego i w silnikach Diesla. Wreszcie paku z węgla brunatnego używa się do wyrobu tanich laków oraz jako sztucznego asfaltu. Do brykietowania nadaje się on mało.

Dystylaty łupków palnych i torfu również znajdują liczne zastosowania techniczne. Tak w Szkocji z łupków palnych wyrabia się parafinę o wysokiej jakości, idącą na wyrób świec, oraz różne oleje. W Rosji w ostatnich czasach zwrócono wielką uwagę na złoża łupków palnych w Wejmarnie w pobliżu granicy estońskiej (również w Estonji) i w gub. symbirskiej na brzegu Wołgi, z których projektują wytwarzanie zapomocą dystylacji gazu generatorowego i różnych dystylatów, między innemi również parafiny. Wreszcie ostatniemi czasy zarówno zagranicą, jak i w Rosji istnieje wielkie zainteresowanie się sapropelem, produktem rozkładu planktonu jeziorowego, zalegającego dna jezior (Bałkasz) oraz bagna o pochodzeniu jeziorowem pod złożami torfu — w Ostaszkowie gub. twerskiej (jezioro Selegir), gdzie dokonuje się próbnej dystylacji, która dała wyniki, wiele obiecujące.

Z produktów dystylacji sapropelu mogą mieć znaczenie przemysłowe wody amonjakowe i oleje mineralne [1]).

Operację, analogiczną do dystylacji smół z węgla kamiennego, a w szczególności węglowych łupków palnych węgla brunatnego, oraz sapropelu pod względem pewnego podobieństwa produktów dystylacji, przedstawia dystylacja ropy naftowej, dająca jako pozostałość mazut i pak naftowy, jakoteż dystylacja naturalnych węglowodorów stałych, asfaltu, kiru i ozokerytu. Operacja jednak dystylowania ropy naftowej jest już w stosunku dalszym do operacji przeróbki wstępnej, ponieważ nawet pod względem administracyjnym nie bywa ona przeprowadzana na kopalniach nafty, lecz zawsze w celu uniknięcia możliwych pożarów w pewnej odległości od tych ostatnich, stanowiąc po większej części przedsiębiorstwo samodzielne (Czornyj Gorod w Baku, Drohobycz koło Borysławia). Pozostawimy również bez rozpatrzenia dystylację smół naturalnych, jakkolwiek może być ona dokonywana na miejscu ich wydobycia. Jednakże asfalt częściej znajduje zastosowanie w postaci naturalnej do brukowania ulic oraz jako materjał budowlany, zabezpieczający różne części budowli od wilgoci. Co się tyczy wzbogacania skał, nasiąkniętych asfaltem i ozokerytem (Borysław w Małopolsce, Syzrań na Wołdze), zapomocą rozdrabiania i warzenia przy wypływaniu roztopionej masy asfaltu, a następnie zapomocą dekantacji, to w stosunku do procesów, rozpatrywanych w rozdziale niniejszym, również ma ono znaczenie pomocnicze, podobnie jak wzbogacanie węgla kamiennego i brunatnego dla wyrobu koksu i wytwórni dystylatów.

---

[1]) Patrz pracę autora „Opyty obezwoźiwanja sapropela“ w czasop. p. t. „Nieftianoje i Słancewoje Choziajstwo“ Nr. 5-8, 1921. Moskwa.

CZĘŚĆ I-sza (ciąg dalszy)

OPERACJE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

B. OPERACJE POMOCNICZE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

B. Operacje pomocnicze.

ROZDZIAŁ X.

§ 1. Znaczenie i rodzaje operacyj pomocniczych.

Określenia. W rozdziałach poprzednich zapoznaliśmy się ze wszelkiemi operacjami głównemi przeróbki mechanicznej. Operacje te, wzięte oddzielnie lub też połączone w pewną kombinację, tworzą określony system przeróbki. Odpowiednio do tego systemu przyrządy wykonawcze w zakładzie przeróbczym ustawia się w określonym porządku, tworząc łańcuch przyrządów wykonawczych.

W czasie ruchu zakładu przeróbczego przez łańcuch przyrządów wykonawczych przepływa pewna ilość materjału. Na początku łańcucha odbywa się ładowanie pierwszego ogniwa (przyrządu), wewnątrz łańcucha materjał kolejno przechodzi od jednego przyrządu do drugiego; miejscami tworzą się większe lub mniejsze skupienia materjału, które regulują działanie oddzielnych przyrządów oraz całego łańcucha; w określonych miejscach materjał ulega podziałowi i zasila skupienia i oddzielne przyrządy (równoległe odgałęzienia łańcucha) w pewnej proporcji przyczem zachodzi równomierne zasilanie przyrządów z tworzących się skupień, wreszcie na końcu ogólnego łańcucha lub jego oddzielnych odgałęzień następuje wyładowanie łańcucha. Wszystkie operacje powyższe: ładowanie, przenoszenie, skupienie, podział, zasilanie i wyładowanie w stosunku do operacyj głównych noszą nazwę pomocniczych, bowiem przy przebiegu tych operacyj, biorąc rzecz ogólnie, nie zachodzą żadne zmiany składu materjału, który ulega jedynie różnego rodzaju przenoszeniu.

Przenoszenie. W idealnym wypadku przenoszenie w łańcuchu przyrządów zakładu przeróbczego zachodzi wyłącznie kosztem siły ciężkości. W tym jednak celu konieczne jest rozmieszczenie wszystkich przyrządów jeden pod drugim, w jednej, pionowej lub do niej zbliżonej płaszczyźnie, co łatwo można wykonać w miejscowości górzystej przy rozplanowaniu zakładu na spadzistem zboczu góry. Takie jednak pomyślne warunki niezawsze mają miejsce i w większości wypadków zachodzi potrzeba zastosowania siły mechanicznej.

W najprostszych wypadkach wszystkie operacje pomocnicze wykonywa się ręcznie: używa się łopaty, przenosi się w skrzyniach lub przewozi się wózkami kopalnianemi. Przy większem ulepszeniu operacje

pomocnicze wykonywa się automatycznie zapomocą odpowiednich przyrządów, t. zw. przyrządów pomocniczych, które wykonują wszystkie wymienione wyżej operacje sposobem mechanicznym.

Miejsce naładowywania łańcucha przyrządów. Gdzie tylko spotyka się w zakładzie przeróbczym łańcuch przyrządów, na początku którego zachodzi naładowywanie, a na końcu zaś wyładowywanie, tam umieszcza się, naturalnie, skład materjału surowego na początku łańcucha, a na jego końcu jeden lub kilka składów dla produktów końcowych, t. j. gatunków zbytu i odpadów. Za skład materjału surowego na początku łańcucha można uważać rudę, załadowaną w naczyniach, w których dostarcza się jej do zakładu, a więc w taczkach, wózkach, wozach kopalnianych i wagonach kolejowych. W tym wypadku naładowanie łańcucha przyrządów wiąże się z wyładowaniem naczyń przewozowych. Atoli za skład dla łańcucha przyrządów można uważać również te skupienia materjału, z których ładuje się go do naczyń przewozowych, dostawę zaś od tych składów do zakładu, jako operację pomocniczą przenoszenia, gdyż można ją wykonać sposobami, analogicznemi do tych, jakie znajdują zastosowanie wewnątrz łańcucha przyrządów. Idąc od zakładu w kierunku przeciwnym ruchowi materjału, możemy zatrzymać się w różnych punktach, które można uważać za skład początkowy, np. zapasy rudy lub węgla, albo stare zwały kopalniane i odpady z innych zakładów, zapasy rudy lub węgla, złożone w dużych zbiornikach przy szybach, lub też produkty przejściowe w szopach do przebierania przy szybie, czy też na podszybiu, wreszcie za skład początkowy można uważać rudę lub węgiel, znajdujące się w przodkach kopalnianych. Mieliśmy już sposobność zaznaczyć, iż praca w przodku zasadniczo zupełnie odpowiada operacjom zakładu i może być uważana jako pierwsze stadjum wzbogacania (tom I, str. 129).

W myśl powyższego poglądu na roboty górnicze w przodku cały system przewozu i dostawy materjału surowego od przodka do pierwszego przyrządu wykonawczego może być zaliczony do operacyj pomocniczych przenoszenia wewnątrz jednego łańcucha przyrządów. Pierwsze ogniwo tego łańcucha stanowi przodek, a składem początkowym jest samo złoże, przyczem naładowywanie łańcucha nie odbywa się tutaj, gdyż operację pierwszą wykonuje się wewnątrz samego składu, w złożu (in situ). W taki więc sposób, ze względu na wzajemny stosunek zachodzących operacyj, kopalnia i zakład nietylko stanowią jednolitą wytwórnię, lecz również wskutek istnienia ogniwa mechanicznego w postaci przewozu i dostawy tworzą jedną wspólną konstrukcję.

W celu ułatwienia poznania operacyj przewóz kopalniany i dostawę do zakładu ze względu na główne miejsce ich wykonania zazwyczaj zalicza się do operacyj kopalnianych; wyładowanie zaś naczyń

przewozowych, jako ściśle związane z równoczesnem załadowaniem zakładowego łańcucha przyrządów — zalicza się do pomocniczych operacyj zakładowych. Przyznać należy, iż taki podział operacyj jest dosyć sztuczny, gdyż sposoby wyładowania naczyń przewozowych pozostają te same, niezależnie od tego, czy odbywa się jakakolwiek przeróbka, czy też niema ona miejsca, a poza tem dlatego, iż przy tej przeróbce granica między operacjami kopalnianemi i zakładowemi niekiedy bywa bardzo nieuchwytna. Granica ta jest wyraźna w tym wypadku, gdy zakład znajduje się w pobliżu kopalni i otrzymuje materjał tylko z tej jednej kopalni w wózkach, wypychanych z klatek szybowych. Granica się zaciera, jeżeli naładowanie łańcucha odbywa się bezpośrednio z wyładowujących się samoczynnie skipów lub klatek, i ma charakter jeszcze więcej nieokreślony w zakładach pływających typu czerpakowego, używanych przy wydobywaniu złota, oraz w ekskawatorach lądowych i wreszcie przy odbudowie hydraulicznej, kiedy mechanizm urabiający jednocześnie podaje materjał do zakładu przeróbczego. W wypadku gdy jeden zakład centralny ma obsłużyć kilka kopalń lub cały okręg, za początek operacyj zakładowych uważać można zarówno szyb, jak i zakład, a cały system dostawy od szybu do zakładu zaliczyć można do kopalni lub zakładu, przytem jednak dostawę zalicza się bezwzględnie do systemu zakładowego, o ile na kopalni odbywa się wstępne sortowanie, rozdrabianie i wzbogacanie.

Miejsce wyładowania łańcucha przyrządów. Idąc wdół w kierunku ruchu materjału, również nie napotkamy ściśle określonego punktu, który powinien być przyjęty za miejsce końcowego wyładowania łańcucha przyrządów do składu gotowych produktów zakładu. Za takie miejsce uważać można skupienie produktów zakładu w zbiornikach odbiorczych i zwałach, jakoteż w naczyniach przewozowych, które służą do dostawy materjałów do miejsca ich użycia, wreszcie składy w miejscach zużycia: w zakładach hutniczych, przedsiębiorstwach przemysłowych i t. p. W ostatnim wypadku przebieg dostawy produktów z zakładu wzbogacalnego do zakładu przemysłowego stanowi jakby ciąg dalszy zakładowych operacyj pomocniczych przenoszenia, analogicznie do tych, jakie odbywają się wewnątrz samego zakładu. Za koniec łańcucha operacyj zakładowych zazwyczaj przyjmuje się to ogniwo łańcucha, z którego wyładowuje się produkty do naczyń dostawy na miejsca zużycia: wózki typu kopalnianego, kolej powietrzna, wagony kolejowe, statki i in. W tym wypadku wyładowanie łańcucha przyrządów ściśle się wiąże z załadowaniem naczyń odstawczych.

W większości wypadków punkt taki bywa zupełnie określony, aczkolwiek i tutaj wymienione rozgraniczenie jest sztuczne, gdyż granica między operacjami przeróbczemi a konsumcyjnemi również może się zacierać. Tak, transport materjałów do składów sąsiednich hut, może się odbywać na przyrządach o działaniu ciągłem, łączących zakład

przeróbczy z zakładem hutniczym w jedną całość, przytem niekiedy niema zupełnie składu odbiorczego dla produktu gotowego; np. koncentraty rudy można ładować bezpośrednio do pieców prażalnych o stałem działaniu w zakładach hutniczych. Przy wzbogacaniu węgla kamiennego większa część idzie na zbyt i ulega załadowaniu do wagonów kolejowych, mniejszą, miał węglowy, dostarcza się do miejscowej kotłowni, która w stosunku do zakładu wzbogacalnego jest takim samym konsumentem, jak i inne zakłady przemysłowe; węgiel jednak można dostarczać do kotłowni bezpośrednio z zakładu wzbogacalnego do składu, znajdującego się przy kotłowni. Przyrządy do przenoszenia pod względem swojego przeznaczenia odpowiadają w tym wypadku najzupełniej środkom transportowym, dostawiającym gatunki zbytu do miejsc zużycia; cała różnica polega jedynie na odległości przenoszenia i ilości materjału.

Usuwanie odpadów stanowi operację analogiczną i wiąże zakład ze stałem miejscem zwałów, które są jakby ich konsumentem. Usuwanie odpadów zazwyczaj włącza się do cyklu pomocniczych operacyj zakładu, a miejscem ich przeznaczenia są zwały skały płonnej. Jednak nawet co do odpadów nie może to być we wszystkich wypadkach ściśle określone. Tak, jeżeli odpady są używane do podsadzki płynnej, to kopalnia jest wyraźnym ich konsumentem. Podsadzki w samej kopalni nie można zgoła uważać za skład produktu, tutaj bowiem już spełnia ona pewną rolę, stanowiąc materjał zużyty. Stąd wynika, iż końcem operacyj zakładu w tym wypadku nie jest miejsce, w którem znajdują się odpady, i jako skład końcowy powinny być uważane te skupienia, z których czerpie się materjał do dalszego transportu jego do kopalni. Tutaj znowu widzimy ścisły organiczny związek zakładu z kopalnią: zakład przeróbczy zasila kopalnię materjałem niezbędnym dla jej bytu, kopalnia zaś uwalnia zakład od niepotrzebnych jej odpadów. Oczywiście, linja demarkacyjna między temi dwoma przedsiębiorstwami nie ma położenia określonego. W istocie rzeczy jednak w wypadku używania odpadów jako materjału do podsadzki, powinny być one uważane za użyteczny produkt zakładu, jak to ma miejsce przy innych rodzajach użytkowania odpadów, np. przygotowaniu balastu drogowego i szabru, przygotowaniu betonu i t. p.

Łańcuch przyrządów w zakładzie. Z wyżej wymienionemi zastrzeżeniami za początek operacyj zakładu uważać będziemy moment wyładowania naczyń przewozowych, dostawiających materjał surowy z kopalni, z zapasów i in. do pierwszego ogniwa łańcucha przyrządów zakładu (załadowanie łańcucha), a za koniec — w stosunku do gatunków zbytu, włączając odpady przy ich użytkowaniu, moment załadowania naczyń transportowych, dostawiających produkty do miejsc zużycia (wyładowanie łańcucha), a w stosunku do odpadów — usunięcie ich z zakładu z tworzeniem zwałów. Operacjom tym

towarzyszy naturalnie załadowanie i wyładowanie łańcucha przyrządów, które odpowiednio otwierają lub zamykają cały cykl czynności zakładu. Wewnątrz zaś łańcucha przyrządów zachodzi bez przerwy przenoszenie materjału zapomocą pracy ręcznej lub mechanizmów transportowych: konwejorów i elewatorów.

Tworzenie skupień. Większość przyrządów wykonawczych zgodnie z zasadą swojego działania powinna pracować bez przerwy. Takie są przyrządy do drobnego i miałkiego rozdrabiania, klasyfikatory hydrauliczne, większość przyrządów do wzbogacania, suszarnie i in. Niektóre przyrządy zgodnie z zasadą ich działania pracują okresowo. Są niemi: większość kadzi do ługowania w przeróbce chemicznej, niektóre typy vacuum-filtrów i filtro-pras, niektóre typy przyrządów do wzbogacania szlamów, przemywacz Kamarnickiego w przeróbce złota i in. Wreszcie dla szeregu przyrządów nie stanowi różnicy sposób podawania materjałów stały czy też przerywany. Tu należą kruszarki do grubego lub średniego rozdrabiania, prawie wszystkie przesiewacze, skrzynie zaostrzone, niektóre prasy do brykietowania i częściowo urządzenia pomocnicze do transportu: konwejory i elewatory.

Jeżeli w łańcuchu przyrządów wykonawczych połączone są przyrządy o działaniu ciągłem z przyrządami, działającemi okresowo, to ogólny strumień materjału w całym łańcuchu płynie w jednych jego częściach nieprzerwanie, w innych zaś z przerwami. Stąd wynika konieczność, aby w miejscach zmiany charakteru ruchu strumienia rudy włączyć do ogólnego cyklu takie pomocnicze operacje, które mają na celu przemianę ruchu ciągłego rudy na przerywany lub odwrotnie. Cel ten osiąga się zapomocą tworzenia wewnątrz łańcucha przyrządów lokalnych skupień w tak zwanych zbiornikach pośrednich, (sąsiekach, skrzyniach, rezerwuarach), które odgrywają rolę regulatorów ruchu strumienia rudy. Otrzymując zapas ładunku od przyrządu stale działającego, gdy działa następny przyrząd, pracujący okresowo, zbiorniki pośrednie naładowują z wytworzonego zapasu naraz większe ilości do przyrządu następnego po zakończeniu każdego cyklu jego działania, i odwrotnie, otrzymując znaczny ładunek okresowo od przyrządów, działających z przerwami, zbiorniki te równomiernie dostarczają z powstałego zapasu ładunku niżej położonym przyrządom o ciągłem działaniu.

Niezależnie od zasady działania oddzielnych przyrządów, materjału surowego z kopalni zawsze dostarcza się strumieniem przerywanym w oddzielnych wózkach, idących jeden za drugim w pewnych odstępach. W wypadku gdy pierwszy przyrząd w łańcuchu działa bez przerwy, między wyładowanie wózków kopalnianych i pierwsze ogniwo łańcucha wykonawczego włącza się zbiornik początkowy celem wytworzenia początkowego skupienia, które daje możność zamiany przerywanego podawania materjału surowego z szybu na strumień ciągły.

Jeżeli zaś, jak to często ma miejsce, pierwszemi przyrządami wykonawczemi są przesiewacze i kruszarki do grubych sortymentów, dla których sposób ładowania jest obojętny, to zbiornik początkowy zgodnie z ogólnemi technicznemi warunkami ulega przesunięciu w łańcuchu przyrządów wykonawczych do pierwszego przyrządu o działaniu ciągłem. Tak np. w kopalniach węgla zbiornik początkowy umieszcza się między suchą sortownią grubych sortymentów, a płóczką orzechów i miału.

Na drugim końcu łańcucha przyrządów odbywa się ładowanie naczyń wysyłkowych, składających się również w większości wypadków z oddzielnych jednostek, podawanych z pewnemi przerwami. Dla uzgodnienia ładowania naczyń wysyłkowych z działaniem ostatniego przyrządu wykonawczego w łańcuchu, niezależnie od tego, podług jakiej zasady ten przyrząd działa (czy jest to działanie ciągłe, czy też przerywane), zamyka się łańcuch końcowym zbiornikiem (wyładowczym).

Początkowego i końcowego skupienia materjałów w początkowym i końcowym zbiorniku w żadnym razie nie należy utożsamiać ze składami materjałów, między któremi zachodzą wszystkie operacje przeróbki (główne i pomocnicze), albowiem owe skupienia tworzy się po wyładowaniu naczyń, dostarczających materjał do zakładu, i przed załadowaniem naczyń wysyłkowych, a obecność ich służy dla operacyj pomocniczych, regulujących strumień materjału wewnątrz zakładu.

Oprócz regulowania strumienia rudy, początkowe i końcowe skupienia mają jeszcze na celu uniezależnienie działania całego zakładu od działania kopalni z jednej strony, a z drugiej od dostarczania naczyń wysyłkowych. W wypadku zatrzymania lub powikłania ruchu kopalni, lub też nieregularnego podsuwania wagonów dla ładowania produktów, początkowe i końcowe skupienia dają możność zakładowi pracowania bez przerwy. Wyciąg z szybu często odbywa się tylko na jednej zmianie, wagony kolejowe podstawiane są jedynie w godzinach określonych i często w ilości niedostatecznej. Z drugiej znowu strony, niektóre operacje przeróbki nietylko musi się wykonywać bez jakichkolwiek przerw, lecz jednocześnie w mniej lub więcej długim przeciągu czasu. Tu należą operacje suszenia, prażenia, mokre chemiczne procesy wzbogacania połączone są również ze znacznemi trudnościami w wypadku częstych przerw w ruchu z powodu konieczności każdorazowego regulowania przyrządów. W wypadkach wymienionych początkowe i końcowe skupienia nabierają znaczenia zasobów na czas dłuższy, pomieszczonych w zbiornikach o dużej pojemności lub na zwałach, znajdujących się poza budynkiem zakładu, lecz z nim związanych drogami komunikacyjnemi, zaopatrzonemi w środki transportowe. Skupienia, przeniesione poza obręb zakładu, w postaci zwałów nie odgrywają już roli regulatorów ruchu, lecz przeznaczone są na wypadek

nieregularnego ruchu kopalni lub kolei. Dlatego też takie skupienia, tworzone poza zakładem, nie wykluczają w nim mniejszych początkowych i końcowych skupień, regulujących strumień rudy, jednakże ich tworzenie wchodzi do cyklu operacyj pomocniczych zakładu, gdyż nie stanowią one tych składów produktów, między któremi możnaby włączyć cały zakład.

Takie znaczenie zbiorników zapasowych mogą mieć również niektóre pośrednie zbiorniki, jeżeli się im nada nieco większe rozmiary, dające możność wyłączania niektórych przyrządów na czas krótki dla przeprowadzenia zwykłej naprawy, naoliwienia, oczyszczenia i t. p. bez zatrzymania ruchu całego zakładu.

Wszelkie zapasowe skupienia w warunkach normalnych powinny zapełniać odpowiedni zbiornik lub miejsce (przy zwałach) do połowy, a to w tym celu, aby był jednakowy zapas dla ciągłego działania przyrządów, umieszczonych po jednej lub drugiej jego stronie. W tych warunkach początkowe i końcowe zbiorniki i zwały uniezależniają pracę kopalni i zaopatrzenie rynku zbytu w produkty od przerw i powikłań ruchu, mających miejsce w zakładach przeróbczych; jednocześnie przy ciągłem podawaniu rudy z szybu przez całą dobę dają one możność zorganizowania pracy zakładu przeróbczego tylko na jedną zmianę (w małych kopalniach z niewielką wytwórczością). Zresztą niezależność ruchu kopalni często zabezpiecza się zapomocą urządzenia identycznych równoległych łańcuchów przyrządów, a jeżeli początkowy zbiornik jest przesunięty na pewną odległość wewnątrz łańcucha przyrządów, to w każdym razie jest niezbędne lub przynajmniej pożyteczne równoległe rozszczepienie górnej części łańcucha do tego zbiornika.

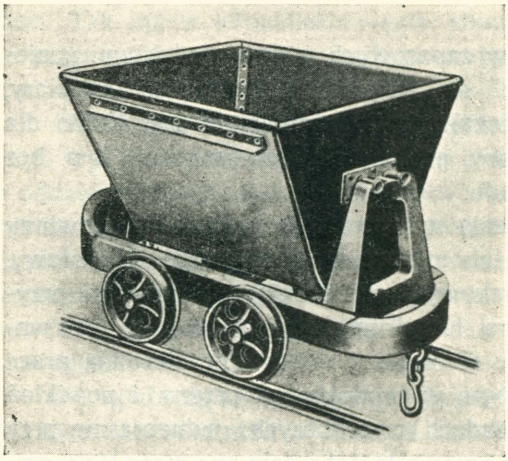
Rozdzielanie i zasilanie. Ładowanie zbiorników i zwałów nie przedstawia szczególnych trudności przy nieznacznych skupieniach, gdy całą objętość zbiornika można wypełnić materjałem z jednego punktu. Lecz przy zbiornikach i zwałach o dużej pojemności, zajmujących znaczną powierzchnię, dla osiągnięcia równomiernego ich napełniania, należy zastosować środki szczególne. Stąd wynikają nowe operacje pomocnicze rozdziału materjału. Operacje te spotyka się nietylko przy napełnianiu dużych skupień, lecz również i w tym wypadku, gdy należy z ogólnego strumienia rudy załadować kilka, równolegle ustawionych przyrządów.

Tak samo pewne trudności nasuwa wyładowanie skupień ze zbiorników o dużej pojemności, gdy wyładowcze tarcze i dna zbiorników podlegają znacznemu ciśnieniu leżącego na nich materjału. Wreszcie, ze zbiorników regulujących, zasilających przyrządy o działaniu ciągłem, strumień materjału powinien wypływać równomiernie. Stąd wynika jeszcze jedna operacja pomocnicza — zasilanie aparatów.

Operacje pomocnicze. W ogólnym więc cyklu operacyj prze-

róbki mechanicznej ciał kopalnych napotykamy następujące czynności pomocnicze:

1) wyładowanie naczyń przewozowych (załadowanie łańcucha aparatów);



Rys. 121.

2) transport materjałów (produktów);

3) tworzenie skupień;

4) rozdział produktów (załadowanie skupień);

5) wyładowanie skupień;

6) zasilanie przyrządów;

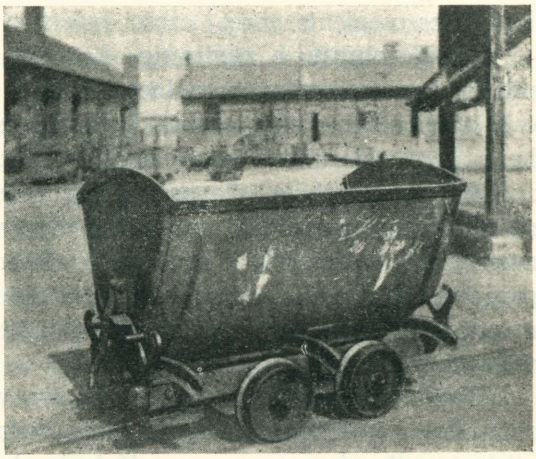
7) załadowanie naczyń wysyłkowych (wyładowanie łańcucha przyrządów).

W powyższym wykazie operacyj załadowanie naczyń wysyłkowych umieszczamy na miejscu ostatniem odpowiednio do końcowego charakteru tej operacji.

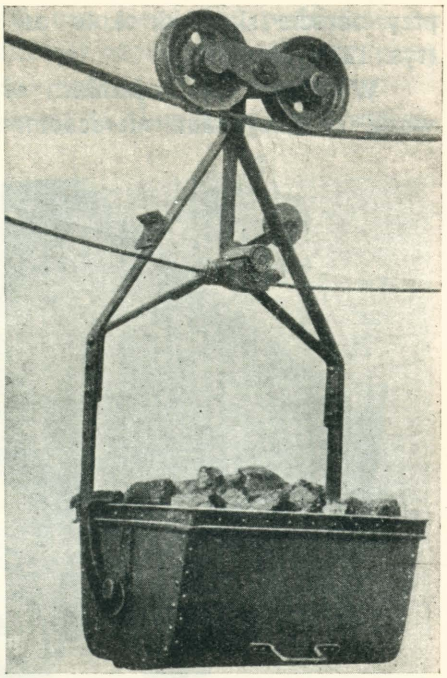
§ 2. Wyładowanie naczyń przewozowych.

(Załadowanie łańcucha aparatów).

Wózki wywrotowe. Przy dostawie rudy z zapasów i dawnych zwałów na powierzchni używa się wózków ze skrzynką, wywracającą się około osi podłużnej (rys. 121 i 122). Kąt między bocznemi ścianami wózka dla ułatwienia wyładowania przyjmuje się dosyć znaczny 60—90°, przytem wózki szersze znajdują zastosowanie przy skałach spoistych, jeżeli przy wyładowaniu zachodzi potrzeba używania drąga. Przy suchej luźnej skale mogą być używane wózki węższe. W taki sposób odbywa się wyładowanie również rudy z wózków kolejki powietrznej (rys. 123).

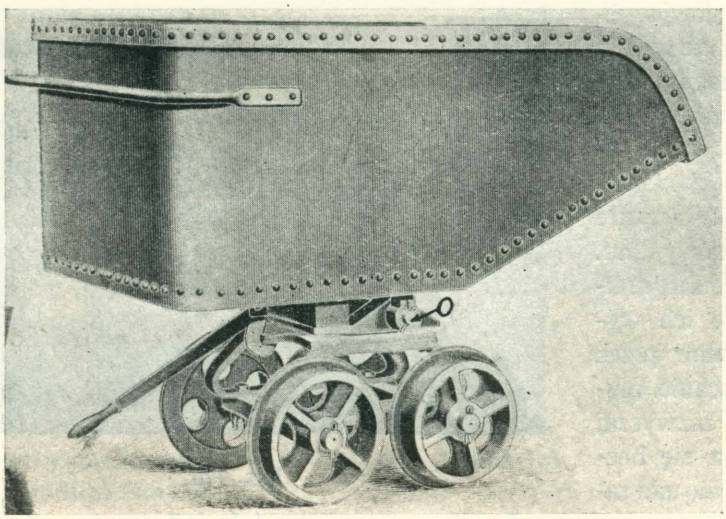


Rys. 122.



Rys. 123.

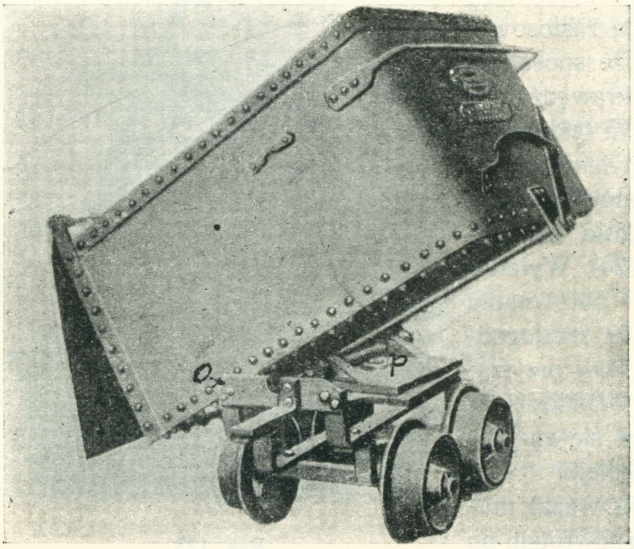
Przy dostawie rudy bezpośrednio z kopalni wózki tego typu nie są wygodne do ruchu w wyrobiskach kopalni ze względu na znaczną szerokość. W kopalniach kruszcowych znajdują zastosowanie wózki specjalne ze sposobem wyładowania przez krawędź czołową, przytem czołowa ściana wyładunkowa ma nachylenie 30°—45°, co ułatwia wyładowanie przy obrocie skrzynki około osi poprzecznej O (rys. 124). Wyładowanie czołowe w porównaniu z bocznem posiada tę niedogodność, iż otwór odbiorczy przyrządu załadowywanego (przesiewacza, kruszarki) musi się znajdować na linji toru kolejki i dlatego po wyładowaniu wózki muszą być odstawiane zpowrotem po tym samym torze. Przy dużej wydajności wózki kopalniane stale powinny być przesuwane w jednym kierunku i mieć możność wyładowania bocznego. W tym celu używa się skrzynki obrotowej około osi pionowej *P* na 90°, przytem wyładowanie uskutecznia się w ten sam sposób, t. j. przez czołową krawędź



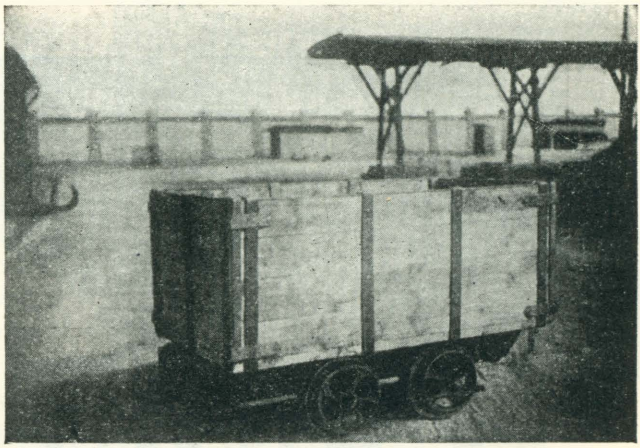
Rys. 124.

przy obrocie skrzynki około osi O, lecz na boczną stronę kolejki (rys. 125).

Wywroty. W kopalniach węgla zazwyczaj mają zastosowanie wózki ze skrzynkami nieruchomemi i dlatego przy wyładowaniu zachodzi potrzeba ich wywracania razem z platformą i kołami. Wogóle wózki o takiej budowie (rys. 126) używane są w tych wypadkach, kiedy podziemne drogi przewozowe są nadzwyczaj złożone i składają się z wielu pochylń, przytem wózki często narażone są na wykolejenia lub uderzenia i uszkodzenia. Warunek mocnej budowy odpowiada największej jej prostocie. Jeżeli przytem kopalnia jest zapylona lub też bardzo mokra, to połączenia przegubne więcej złożonych konstrukcyj szybko się zużywają i wymagają częstej naprawy. Do wyładowania takich wózków służą tak zwane wywroty, t. zn. urządzenia, ułatwiające ich wyładowanie przez wywracanie. Wywroty zazwyczaj ustawia się bezpośrednio nad załadowywanym przyrządem: przesiewaczem, kruszarką, przyrządem przemywającym, zbiornikiem początkowym. Istnieje duża różnorodność kon-



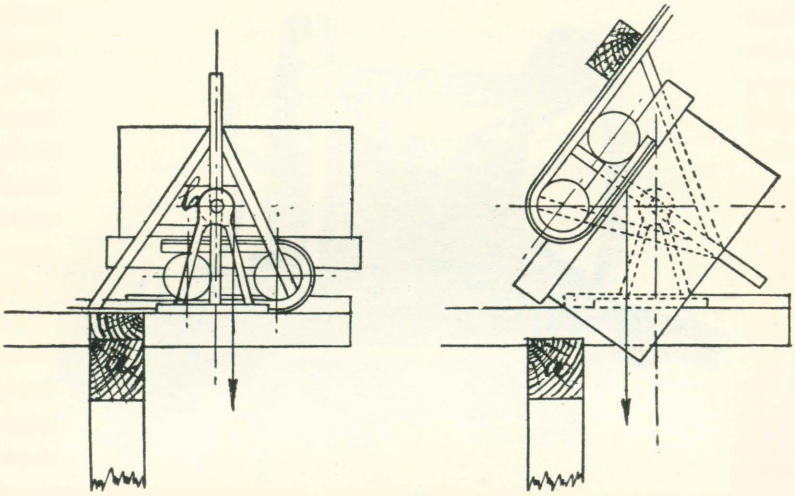
Rys. 125.



Rys. 126.

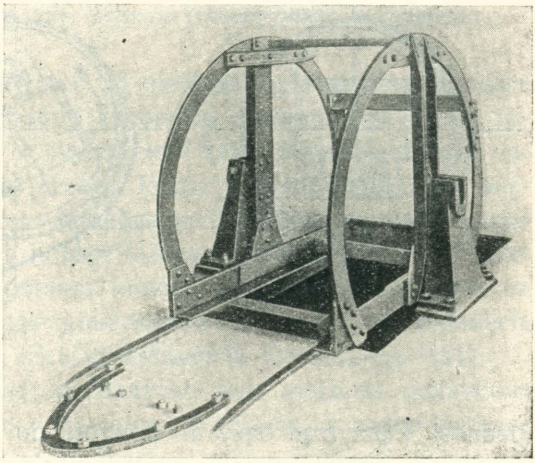
strukcji wywrotów, wszystkie jednak one mogą być podzielone na 2 grupy: czołowe i boczne (walcowe) odpowiednio do tego, przez jaką krawędź odbywa się wyładowanie wózka.

a) Wywroty czołowe posiadają te same braki, co i wywro-



Rys. 127.

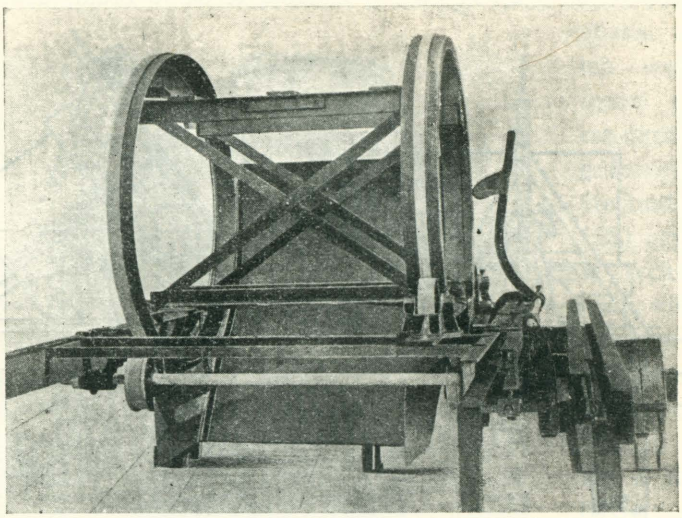
towe wózki ze sposobem wyładowania czołowego, a zatem wózki próżne muszą być odstawiane zpowrotem po tym samym torze. Budowa jednak wywrotów czołowych jest w porównaniu z innemi typami prostsza i dlatego częściej się je spotyka w niewielkich i słabiej rozbudowanych kopalniach o niewielkiej wytwórczości.



Rys. 128.

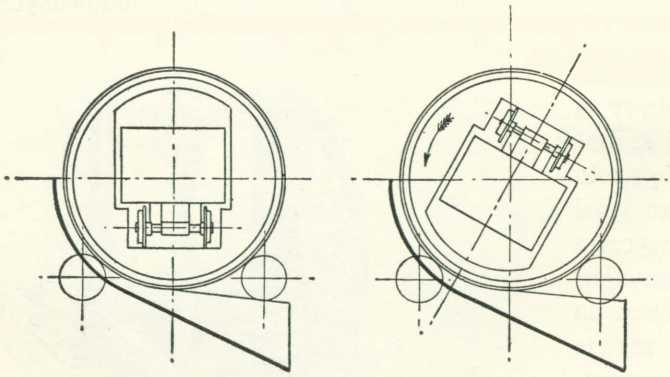
Wywroty czołowe są podobne do klatki szybowej, obracającej się około poziomej poprzecznej osi (rys. 127, 128), przyczem wózek utrzymywany jest w określonem miejscu na platformie przez zagięte końce szyn, oraz poprzeczną belkę u góry. Punkt ciężkości wywrotu próżnego znajduje się w takim punkcie, iż w położeniu normalnem przyrząd stoi, podtrzymany beleczką *a*. Przy zapychaniu wózka załadowanego ogólny punkt ciężkości przesuwa się na prawo, tak iż wywrót wraz z wózkiem zaczyna

się obracać. Jeżeli przytem wózek zapycha się do wywrotu z rozpędem, to dzięki żywej sile, wywołanej uderzeniem koła o zagięte końce szyn, wywrot szybko obraca się na 135° i cała zawartość



Rys. 129. Wywrót walcowy (boczny).

wózka wysypuje się. Po wyładowaniu punkt ciężkości wywrotu wraz z wózkiem próżnym podnosi się powyżej punktu zawieszenia i wywrót ręcznie przeprowadza się łatwo w położenie pierwotne. W niektórych wypadkach na oś obrotu nasadza się koło hamulcze z hamulcem taśmowym, dającym możność utrzymania przyrządu przez czas dłuższy w położeniu wywróconem, gdyż w miarę wyładowywania punkt ciężkości stale się podnosi i przyrząd dąży do powrotu do pierwotnego położenia wcześniej, nim nastąpi zupełne wyładowanie. Wywroty tego typu znajdują szerokie zastosowanie w kopalniach złota na Uralu.

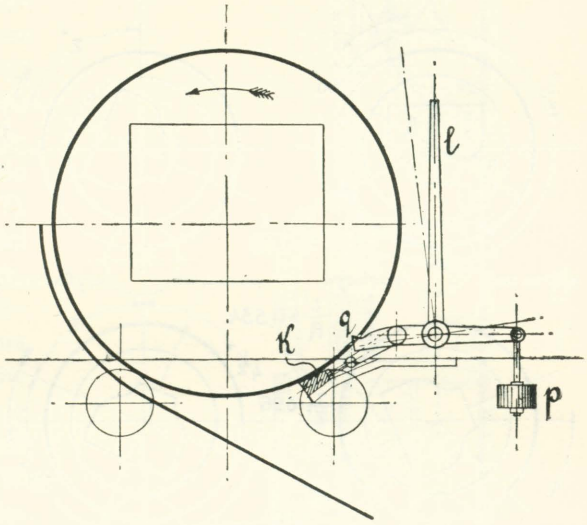


Rys. 130.

Wywroty czołowe, oprócz wymienionych wyżej braków, z powodu właściwego sobie zbyt szybkiego wyładowywania bardzo rozdrabiają materjał kruchy i dają dużo pyłu. Dlatego też w kopalniach węgla,

gdzie stosowane są wszelkie środki dla zmniejszenia powstawania miału i tworzenia się pyłu, używanie wywrotów czołowych nie jest racjonalne.

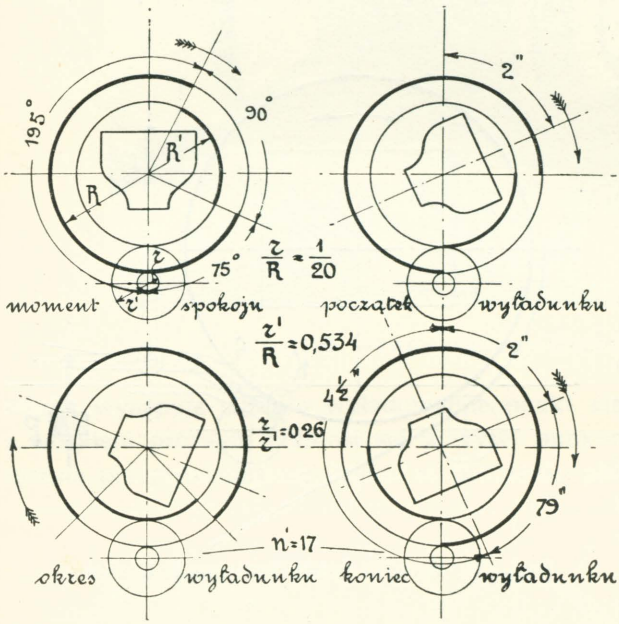
b) Boczne lub walcowe wywroty przedstawiają klatkę zaopatrzoną w platformę, na której w miejscu określonem ustawiony wózek zatrzymuje się automatycznie zapomocą różnego rodzaju uchwytów. Z przedniej i tylnej strony wywrót ograniczają pierścienie, zapomocą których ustawia się go na 2 parach kół tarciowych (rys. 129 i 130). Przy wyładowywaniu wywrót obraca się na rolkach tarciowych w sposób dwojaki: albo do określonego kąta i następnie znowu powraca do położenia pierwotnego, obracając się w kierunku odwrotnym, albo też wykonywa pełny obrót. Ruch wózków odbywa się stale w jednym kierunku. Dlatego też walcowe wywroty są wygodniejsze w użyciu i znajdują zastosowanie we wszystkich dużych kopalniach węgla. W sortowniach kopalń węgla zazwyczaj ustawia się wywroty nad pierwszym przesiewaczem rusztowym. Ruch obrotowy wywroty otrzymują przez rolki tarciowe od mechanizmu napędowego, stale działającego, który włącza robotnik zapomocą dźwigni, gdy wózek załadowany jest już ustawiony w wywrocie, i który automatycznie wyłącza się po wykonaniu pełnego obrotu. Różne wywroty różnią się między sobą budową mechanizmu włączającego. Włączanie wywrotu osiąga się zapomocą mufy tarciowej, krążka luźnego z mechanizmem przesuwalnym dla pasa lub też zapomocą klinów, podnoszących wywrót na kilka mm i wyłączających jego pierścieniowe obrzeża od zetknięcia z głównem kołem tarciowem (Schüchtermann & Kremer, rys. 131).



Rys. 131. Wywrót Schüchtermann & Kremera.

Rzecz oczywista, iż napęd mechaniczny daje możność nadawania wywrotowi ruchu obrotowego o dowolnej prędkości, a zatem podczas opróżniania wózka pozwala go zwolnić w celu osiągnięcia minimum rozdrabiania węgla. Wobec tego jednak, iż opróżnianie rozpoczyna się po obróceniu wózka o pewien kąt i trwa w ciągu dalszego jego obracania również o określony kąt, przeto należy zmniejszyć prędkość obrotu w tem tylko położeniu, w którem odbywa się wyładowanie

wózka, natomiast przy innych jego położeniach dla uniknięcia zbytniej straty czasu ruch obrotowy wywrotu może się odbywać z największą prędkością. Cały szereg typów wywrotów z różniczkową prędkością obrotu opiera się w swojej budowie na różnych zasadach mechaniki. Najwięcej z nich znany wywrót Karlika osiąga różną prędkość przez włączanie w różnych momentach tarciowej rolki z mechanizmem napędowym zapomocą kół tarciowych o różnej średnicy (rys. 132). Wywrót Karlika obraca się ze zmniejszoną prędkością po wykonaniu obrotu o 75° i utrzymuje tę małą prędkość w ciągu dalszego obrotu o 90°. Pozostała część obrotu o 195° odbywa się z poprzednią dużą prędkością. Stosunek małej prędkości ruchu obrotowego do dużej wynosi $^1/_{20}$. Pełny obrót zajmuje $25^1/_4''$, z tego na okres opróżniania przypada 20″. Przyjmując, iż zapychanie i wypychanie wózka trwa 4″, można liczyć, iż pełny cykl manipulacyjny przy wywrocie wymaga 30″, a więc w przeciągu jednej godziny można przepuścić przez jeden wywrót 120 wózków przy ciągłej pracy. W praktyce jednak na 1 wywrót nie należy liczyć więcej ponad 100 wózków na jedną godzinę. W czasach najnowszych buduje się wywroty o wydajności 4 do 5 wózków na minutę.



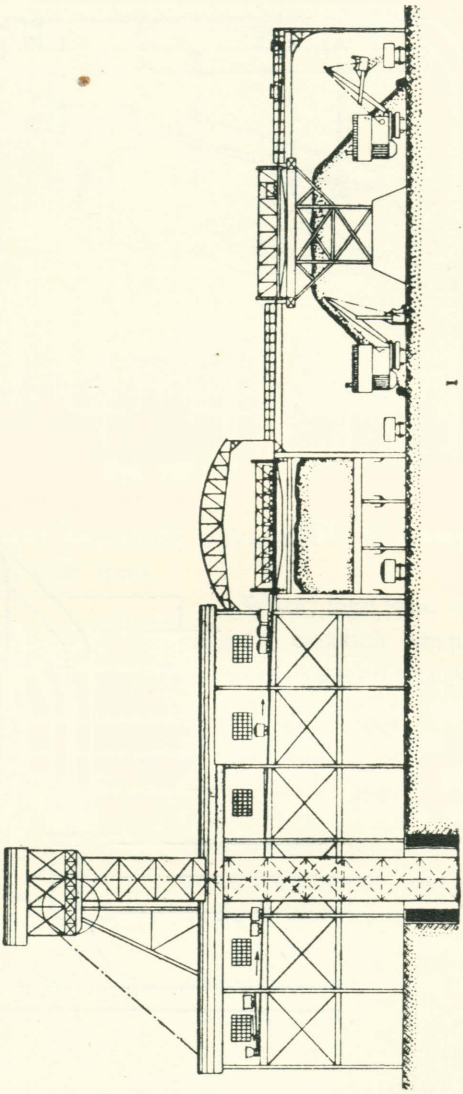
Rys. 132. Wywrót Karlika.

W wypadku ładowania bezpośrednio z walcowego wywrotu do przyrządu wykonawczego (przesiewacza, kruszarki) zazwyczaj wywrót jest zbudowany na jeden wózek. Przy ładowaniu zbiornika używane są długie wywroty na 2 wózki, a nawet na całe pociągi po 6—12 wózków (rys. 133 i 134).

Takie długie wywroty urządza się niekiedy na pomoście, który można przesuwać po szynach wzdłuż całego rzędu zbiorników, ułatwiając równomierne załadowanie na całej ich powierzchni.

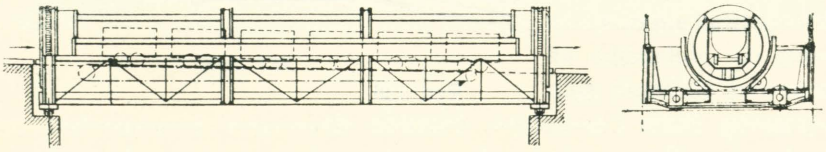
Krótki wywrót na jeden wózek zazwyczaj tak się umieszcza, iż oś jego jest równoległa do szerokości przesiewacza lub paszczy kruszarki,

przyczem szerokość przesiewacza odpowiada długości wózka. Przy powyższem rozmieszczeniu osiąga się najwięcej równomierne załadowanie przesiewacza na całej jego szerokości (rys. 135). Jeżeli wydajność przewyższa 100 wózków na godzinę (60 t), to wówczas ustawia się kilka równoległych przesiewaczy i każdy z nich ma swój oddzielny wywrót; aby zaś żaden wywrót nie tamował ruchu wózków do sąsiednich wywrotów, ustawia się je wraz z przesiewaczami grupami schodowemi (rys. 136) lub też ustawia się oś wywrotów pod kątem 30—40° do osi przesiewaczy (rys. 137). Przy zupełnej niemożności ze względów ogólno technicznych zastosowania powyższego rozmieszczenia przesiewaczy i wywrotów w zakładzie ustawia się je w taki sposób, iż osie ich są do siebie równoległe. W tym wypadku dla uniknięcia nierównomiernego załadowywania przesiewaczy węgiel ładuje się najpierw do niewielkiego zbiornika z którego podaje się go na przesiewacz przy pomocy jakiegokolwiek zasilacza (rys. 138).

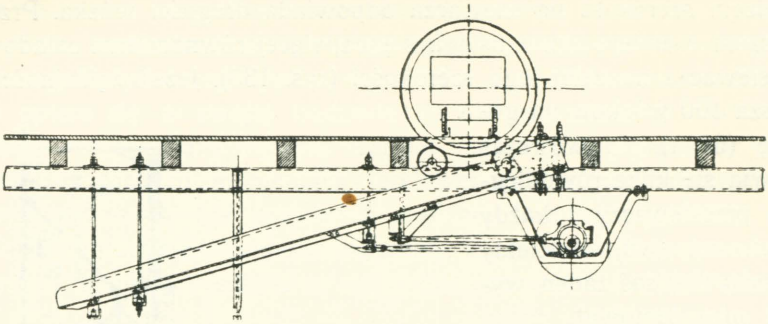


Rys. 133.

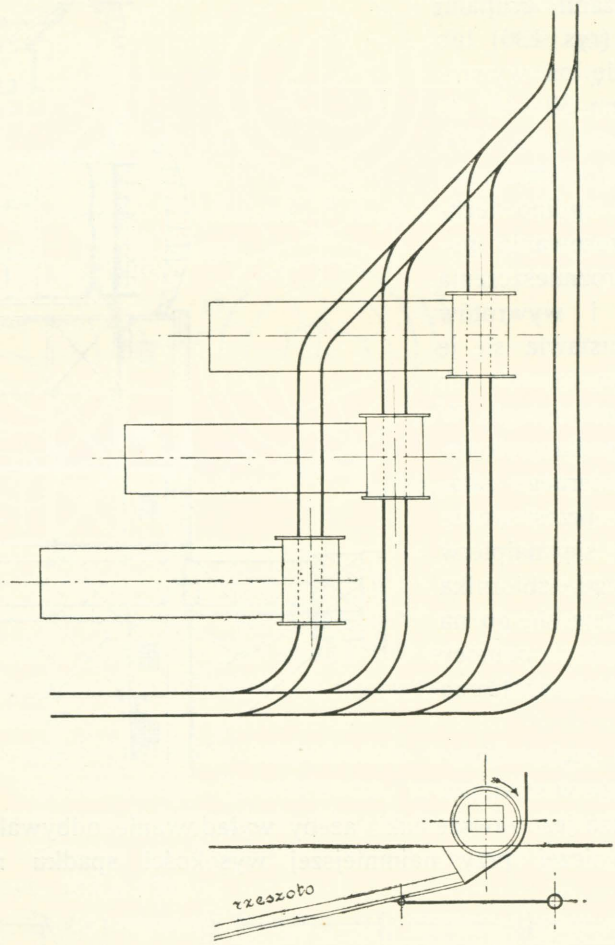
Kierunek ruchu obrotowego wywrotu w stosunku do przesiewacza jest zawsze taki, ażeby wyładowanie odbywało się do tarczy kierowniczej przy najmniejszej wysokości spadku materjału



Rys. 134.



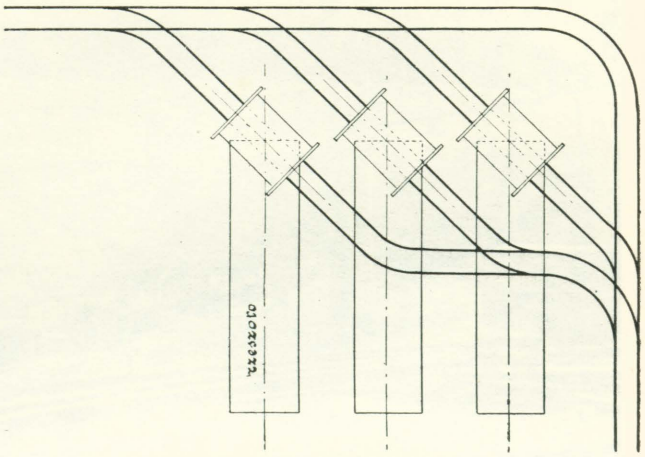
Rys. 135.



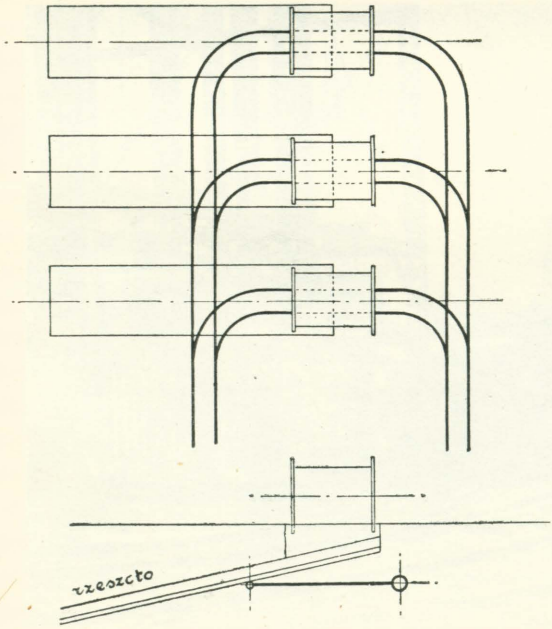
Rys. 136.

(rys. 130). Przy podłużnem ustawieniu osi wywrotu kierunek jego ruchu obrotowego nie ma znaczenia.

Amerykańskie wywroty czołowe do wózków z otwieraną przednią ścianą. W amerykańskich kopalniach węgla w odróżnieniu od europejskich używa się wózków o znacznej pojemności: od 1,5 do 2,5 tonny w kopalniach „miękkiego węgla“ przy miąższości pokładu 1—2 m i do 4 tonn w kopalniach antracytu (rys. 139, 140, 141), zamiast zazwyczaj używanych w Europie wózków o pojemności od 0,5 do 0,65 tonn.

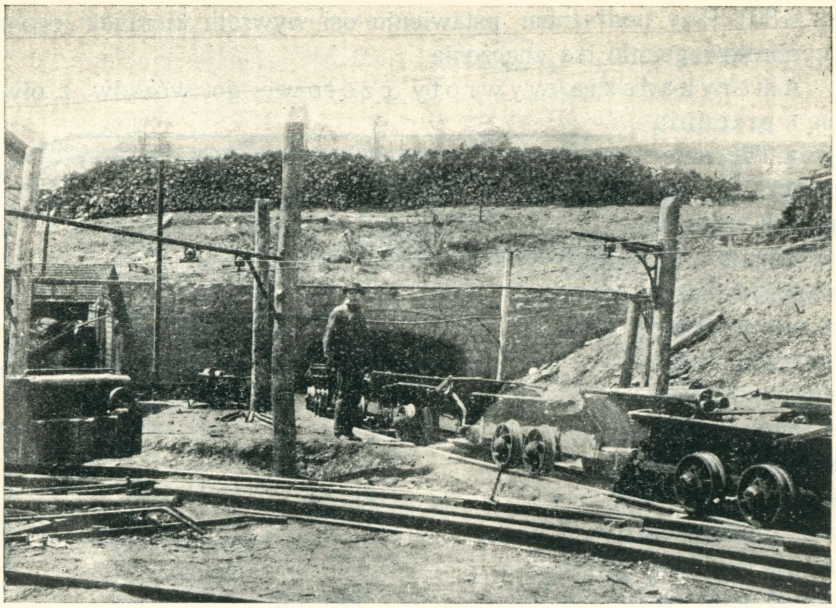


Rys. 137.

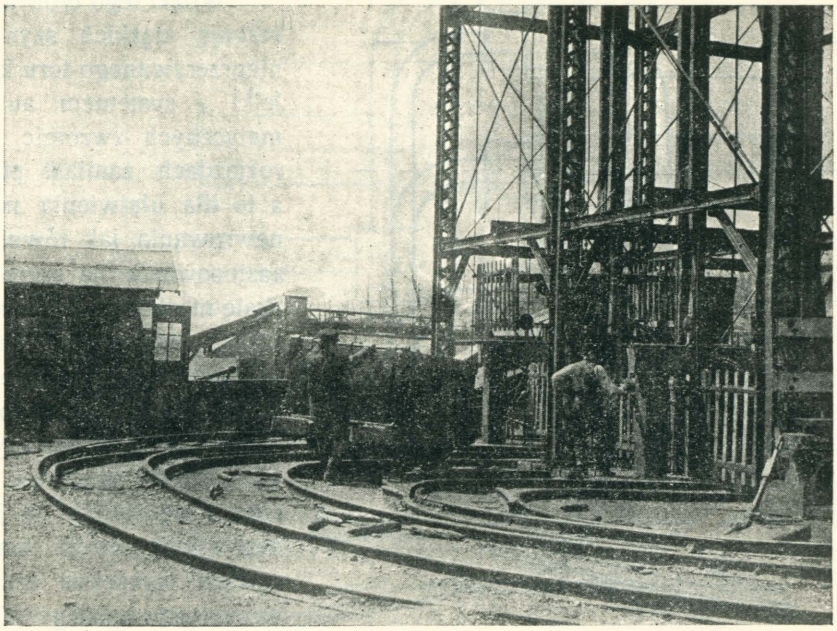


Rys. 138.

Wózki tego typu wymagają ciężkich szyn i nieprzerywanego toru kolejki z systemem automatycznych zwrotnic na rozjazdach zamiast płyt, a to dla ułatwienia manewrowania, jak również zastosowania na szeroką skalę mechanicznych sposobów odstawy. Wózki odznaczają się mocną budową i są zawsze zaopatrzone w hamulce (rys. 141). Klatki szybowe urządza się zwykle na jeden wózek; dzięki temu zawsze wystarcza czasu na zważenie każdego wózka oddzielnie, co znowu daje możność powszechnego zastosowania wagowych obliczeń wydajności robót górniczych. Wagowe obliczenie w porównaniu ze stosowanem w Europie objęto-

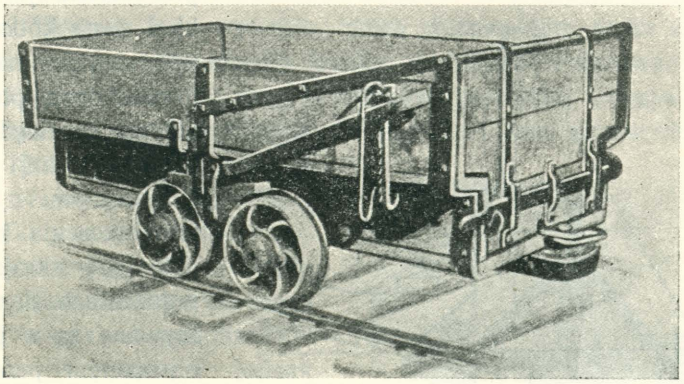


Rys. 139. Pociąg wózków próżnych o pojemności 2,5 t na jednej z kopalń węgla w Pensylwanji, wychodzący ze sztolni. Odstawa — przy pomocy elektrycznej lokomotywy przewodowej. Na rys. uwidoczniona masywność toru kolejowego.



Rys. 140. Platforma odbiorcza jednego z szybów w kopalniach antracytu w Pensylwanji podczas zapychania próżnego wózka o pojemności 4 t do klatki. Na rys. uwidocznione duże wymiary kopalnianego wózka, ciężki tor kolejowy, brak płyt, zwrotnica. Dzięki umiarkowanej pochyłości szyn jeden robotnik łatwo kieruje ciężkim z wyglądu wózkiem.

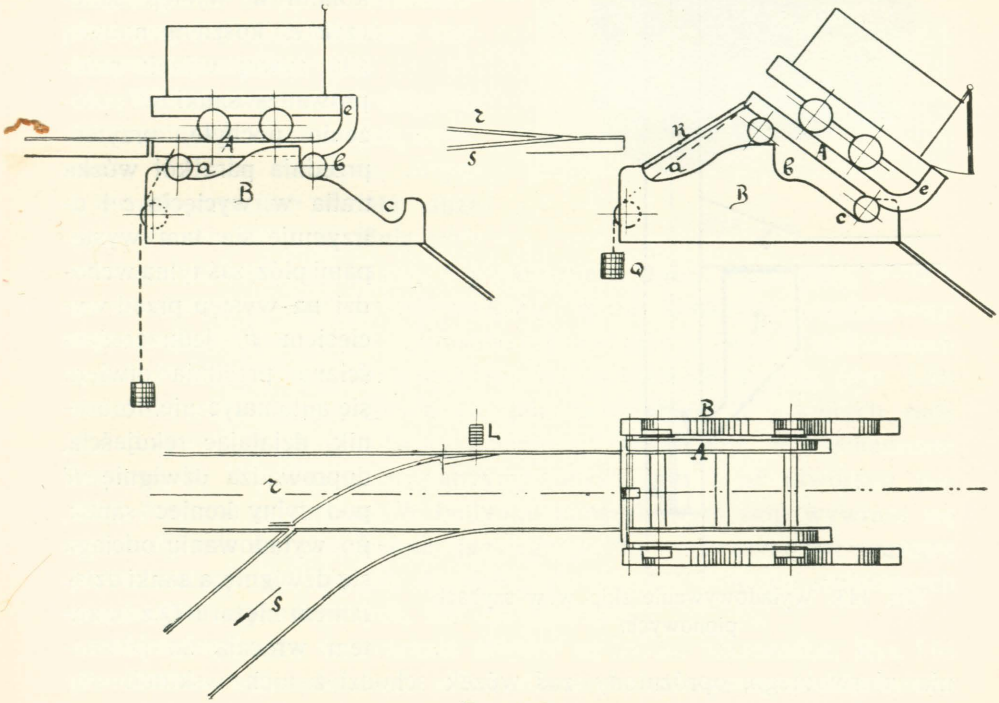
ściowem posiada bezsprzeczną wyższość. Wózki zawsze są pełno ładowane, a czas zużyty na przewóz urobku skraca się do minimum, gdyż do załadowania jednej i tej samej ilości węgla potrzeba mniej wózków.



Rys. 141. Wózek o pojemności $3^1/_2$ t z hamulcem.

Dla udogodnienia wyładowywania wózków o znacznej pojemności przednia ich ściana może być odrzucana. Do opróżnienia tych wózków służą specjalne czołowe wywroty, które nachylają wózek tylko do 45° i jednocześnie automatycznie otwierają przednią ścianę wózka.

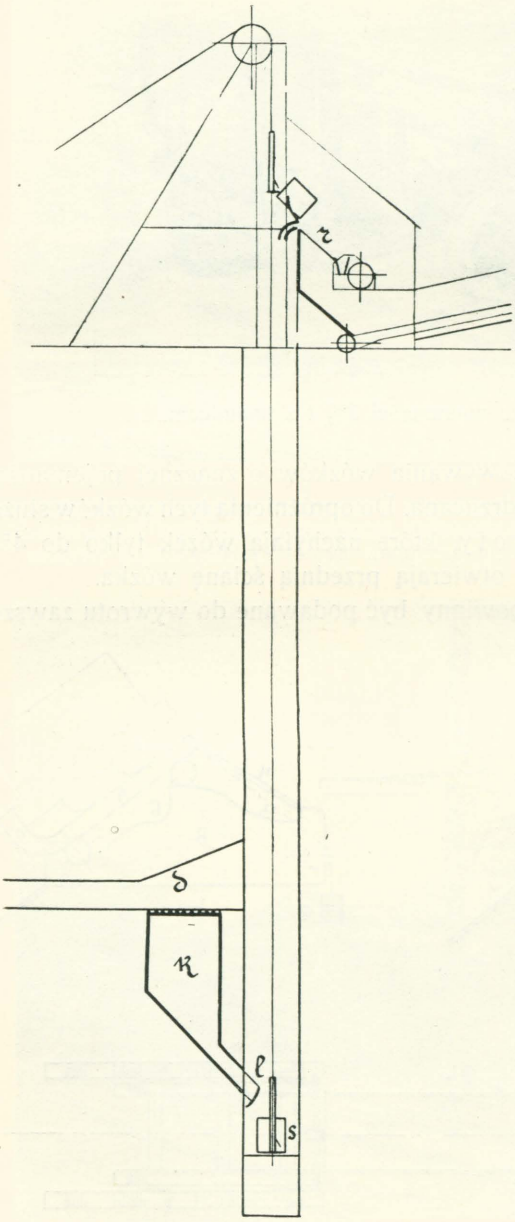
Stąd wynika, iż wózki powinny być podawane do wywrotu zawsze



Rys. 142.

w określonem położeniu, co umożliwia nieprzerwany tor kolejki na kopalni bez płyt obrotowych.

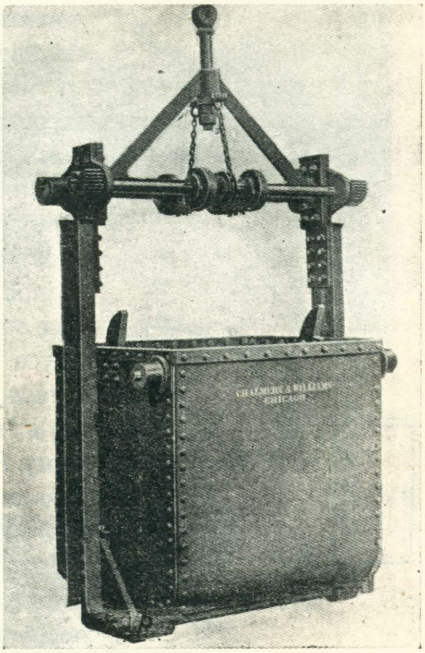
Najprostszy typ wywrotu do wózków z otwieraną przednią ścianą przedstawia rys. 142. Sanki A — na kółkach ustawia się na masywnych drewnianych płozach *B*, których krawędź górna ma zarys linji krzywej z wycięciami *a*, *b*, *c* dla pomieszczenia kółek sanek przy skrajnych ich położeniach. Sanki utrzymywane są w położeniu normalnem przez ciężar *Q* na lince, przerzuconej przez krążek. Wózki zapycha się na sanki z pewnym rozpędem wywołanym nieznacznem nachyleniem toru wjazdowego *r*. Uderzając przedniemi kołami w występ saneczek *e*, kosztem nabytej siły żywej wózek przeprowadza sanki w położenie pochyłe, przytem przednia para kół wózka trafia w wycięcia *c* i utrzymuje się tam występami płóz, zaś tylna wchodzi na występ przed wycięciem *b*, jednocześnie ściana przednia otwiera się automatycznie. Robotnik, działając rękojeścią, doprowadza dźwignię *R* pod tylny koniec sanek, po wyładowaniu odciąga się dźwignię, a sanki działaniem ciężaru *Q* z impetem wracają do położenia pierwotnego, opróżniony zaś wózek schodzi z nich wskutek siły bezwładności; zwrotnica, przyciśnięta sprężyną *L* do szyny *r*, automa-



Rys. 143. Wyładowywanie skipów w szybach pionowych.

tycznie przeprowadza wózek próżny na tor *S*, mający nachylenie od wywrotu.

Bardziej ulepszony typ przedstawia wywrót Philipsa, dający możność nieprzerwanego przesuwania wózków w jednym i tym samym kierunku. Budowa tego wywrotu, nieco złożona, lecz nader dowcipna, daje możność przeprowadzenia bardzo szybkiego wyładowania całego szeregu idących jeden za drugim wózków, zazwyczaj doprowadzanych na sortownię długiemi pociągami ze sztolni przy przewozie mechanicznym. Należy jednak mieć na uwadze, iż wywroty tego typu, jak wogóle wszelkie czołowe wywroty, wyróżniają się szybkiem wyładowaniem i dlatego nie mogą uchronić węgla od nadmiernego kruszenia. W Ameryce jednak w kopalniach węgla „miękkiego" nie przypisuje się istotnego znaczenia rozdrabianiu węgla, a w kopalniach antracytu duże bryły nie mają większej wartości i zazwyczaj podlegają rozdrabianiu w walcach; dlatego też powyższe względy nie stoją na przeszkodzie przy zastosowaniu tam czołowych wywrotów.

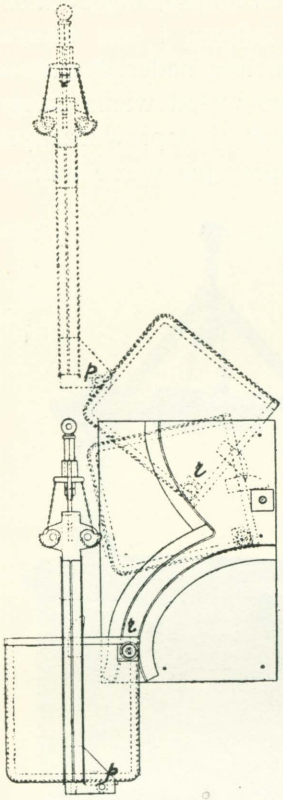


Rys. 144.

Wyładowywanie skipów. W kopalniach kruszcowych, zwłaszcza w Półn. Ameryce, Afryce i innych częściach świata, duże rozpowszechnienie znajdują przy wyciągu szybowym skipy, t. j. skrzynie o dużej pojemności, 4—8 t, poruszające się między kierownikami. Wózki kopalniane wyładowuje się na podszybiu przez zastosowanie jednego z wyżej wskazanych sposobów, przytem rudę zwala się do specjalnych komór, (rys. 143) zbiorników (*k*), znajdujących się pod podszybiem δ, z których rudę wyładowuje się przez otwory spustowe, zaopatrzone w mechaniczne zamknięcia, do skipów *s*, zatrzymywanych pod temi otworami poniżej poziomu podszybia. W budynku nadszybowym skip wywraca się automatycznie na bezpośrednio przylegające do wieży szybowej rusztowe przesiewacze *r* lub też do spustów, kierujących rudę do najbliższych przyrządów wykonawczych, lub do zbiorników.

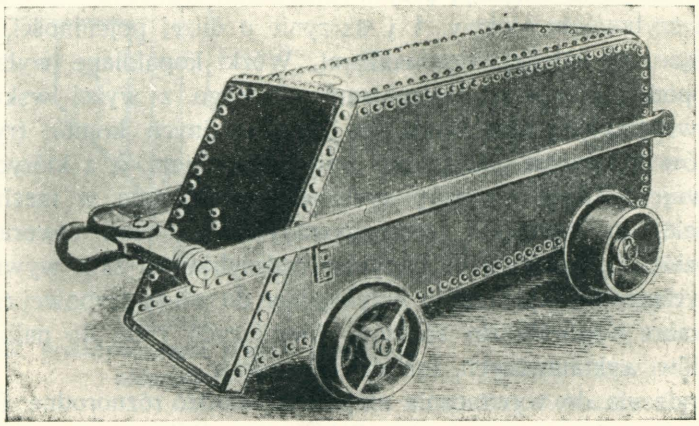
Urządzenia do wywracania skipów są bardzo różnorodne. Rys. 144 przedstawia najprostszy typ skipa dla szybu pionowego; skip mieści się między pionowemi bokami prostokątnej ramy, przesuwanej w szy-

bie między kierownikami i łączy się z dolną belką tej ramy zapomocą połączenia przegubowego *p*. Rolka *r* w nadszybiu wchodzi do kolisto wygiętego kierowniczego rowka i skip obraca się na sworzniu *p*. Dla bardziej stromego wywracania kierowniczy rowek po osiągnięciu największego odchylenia od osi szybu (na odległość, równającą się promieniowi obrotu rolki około środka *p*) tworzy kąt ostry i znowu zbliża się do szybu (rys. 145). Przy powrotnem opuszczeniu ramy skip samoczynnie wraca do położenia pierwotnego.

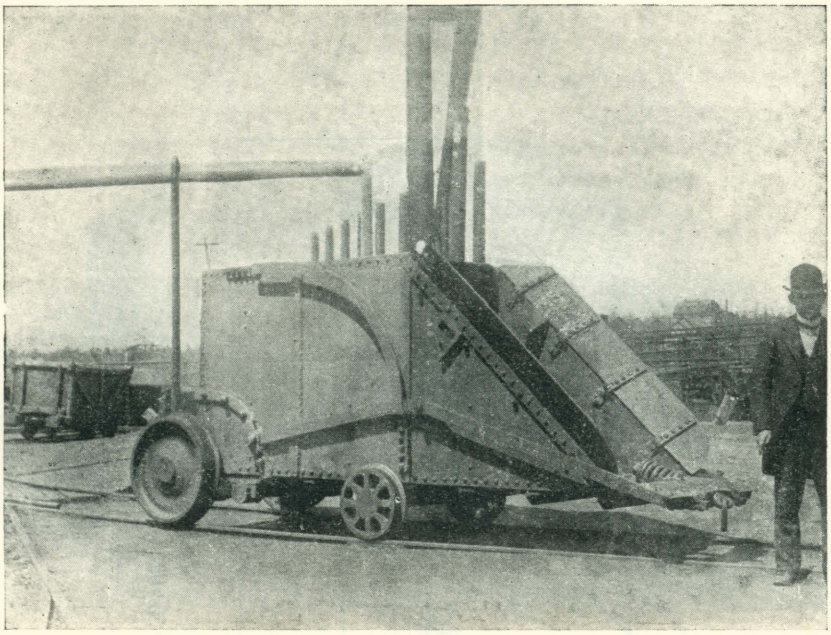


Rys. 145.

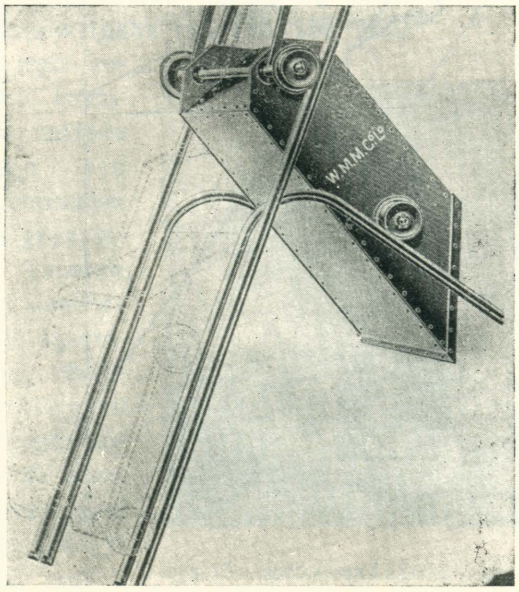
Rys. 146 i 147 przedstawiają skipy dla szybu pochyłego, używane również w kopalniach antracytu w Pensylwanji. Skip toczy się na dwóch parach kół po szynach szybu pochyłego, jak wózek kopalniany. Rozstęp tylnej pary kół jest większy i w nadszybiu, w miejscu wyładowania wchodzą one na parę stromszych szyn kierowniczych, obejmujących zewnątrz szyny główne, przytem skip obraca się w taki sposób, iż dno jego nachyla się pod kątem 45° i zostaje wyładowany. Przy większym upadzie szybu pochyłego szyny kierownicze dla tylnej pary kół zachowują upad szybu, natomiast szyny główne, na których pozostaje przednia para kół, zaginają się stromo (rys. 148). Przy szybach pochyłych wieża nadszybowa z sortownią zazwyczaj tworzą jeden wspólny budynek ostrosłupowej formy, w któ-



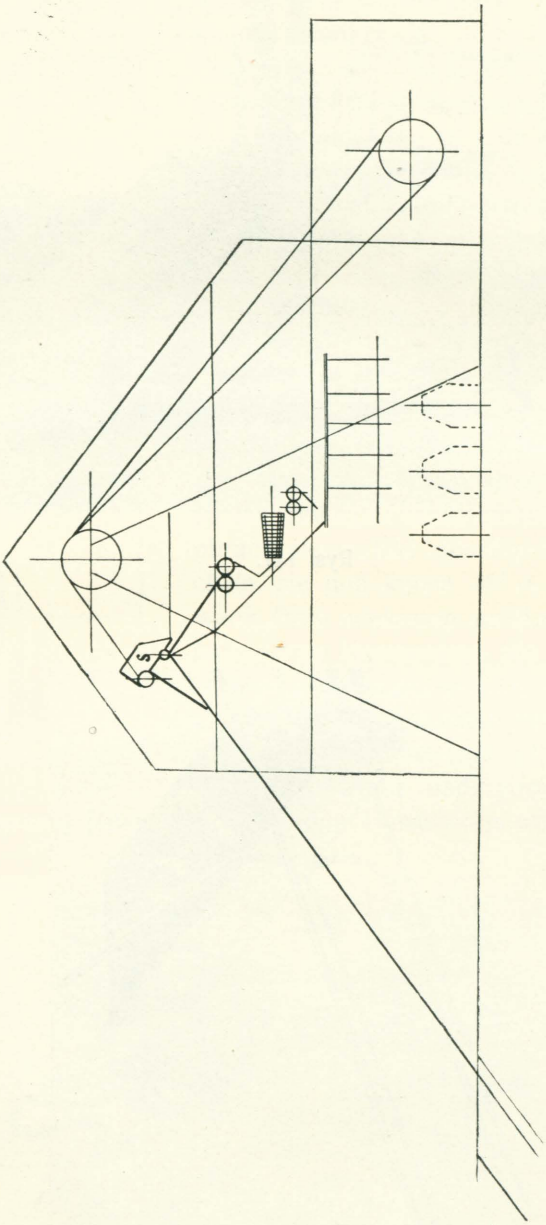
Rys. 146.



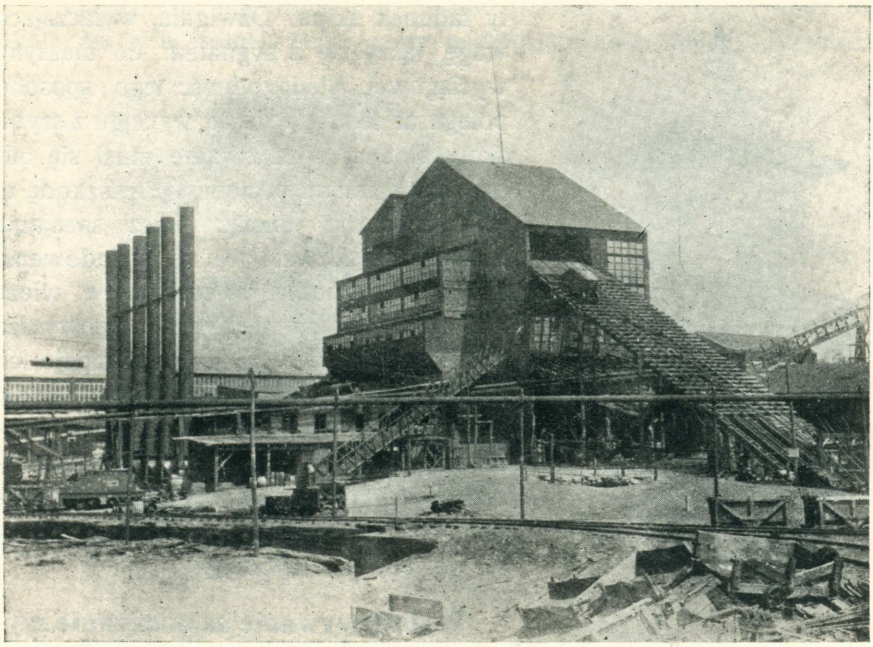
Rys. 147.



Rys. 148.



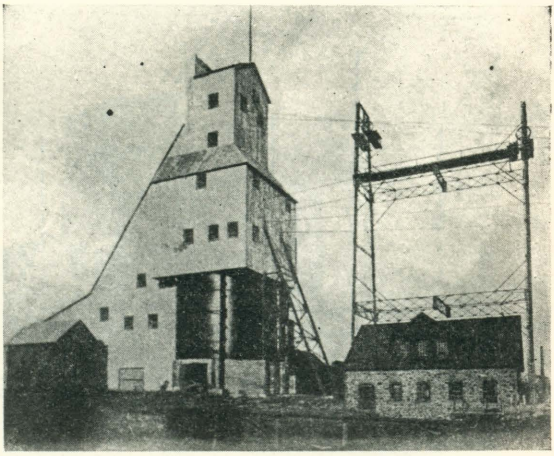
Rys. 149. Wyładowywanie skipów w szybach pochyłych.



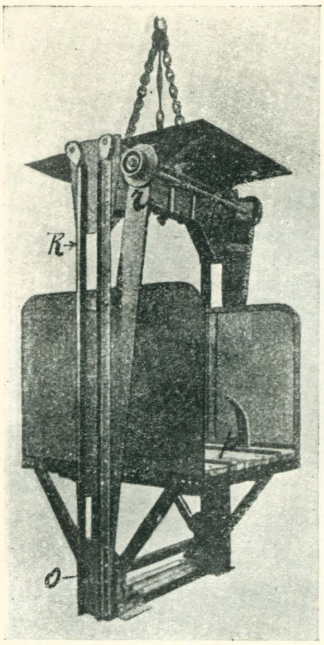
Rys. 150. Zakład przeróbczy dla antracytu w Harleton w Pensylwanji, przy szybie pochyłym o 40°. Z przodu widoczna rama pochyła na przedłużeniu szybu, przy jej ujściu — sortownia. Jeden ze skipów zbliża się do pomostu wyładowczego.

rego rozwartym wierzchołku mieści się platforma wyładunkowa dla wyciąganych skipów (patrz rys. 149, 150, 151).

Wyższość tego rodzaju ładowania łańcucha przyrządów zakładu wzbogacalnego pod względem ekonomicznym jest oczywista, gdyż ładowanie takie zupełnie wyklucza koszty dostawy rudy od szybu do wywrotów, zmniejszając obsługę szybu na powierzchni do jednego sygnalisty, który jednocześnie w razie potrzeby spełnia czynności wagowego. W tym wypadku między szyb a pierwszy przyrząd wykonawczy włącza się wagę, przez którą przechodzi ca-



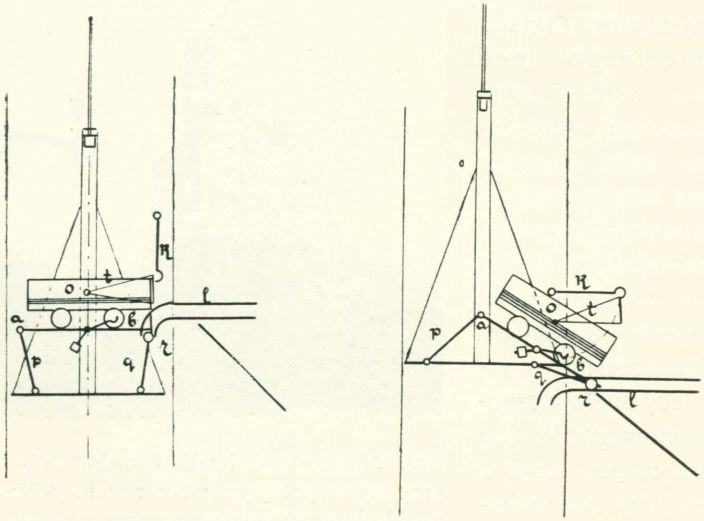
Rys. 151. Sortownia i zakład rozdrabiania rud miedzi przy szybie pochyłym o 50° w Quincy-Mine na Górnem Jeziorze. Wszystkie maszyny przeróbcze i zbiorniki mieszczą się wewnątrz ostrosłupowego budynku, utworzonego przez wieżę nadszybową.



Rys. 152.

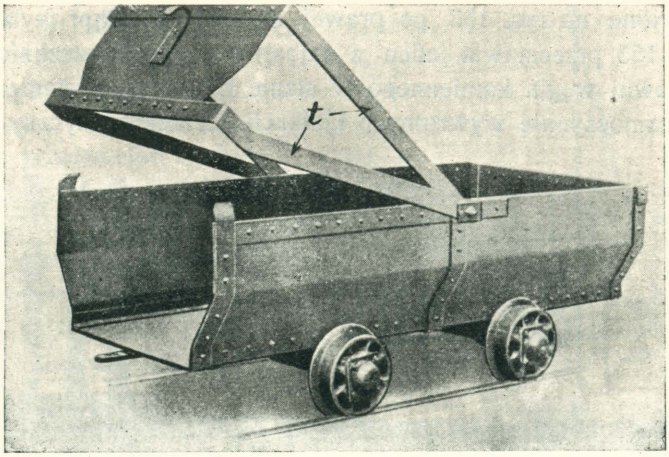
ły ładunek skipu. Dźwignia, wyłączająca wagę, łączy się z sygnałem do maszyny wyciągowej. Niedogodność tego sposobu polega na tem, iż w razie wyciągu z szybu skały płonnej wyładowanie musi się odbywać na innym poziomie. Przeszkodę tę jednak można usunąć przez specjalne urządzenia, pozwalające na wyładowanie skipu na poziomie dowolnym w wieży nadszybowej. Istotniejszą niż powyższa wadą skipów, stojącą na przeszkodzie ich rozpowszechnieniu w kopalniach węgla, jest konieczność przeładowania na podszybiu, co wywołuje nadmierne rozdrabianie węgla, a co ważniejsze, tworzenie się pyłu, który może być niebezpieczny ze względu na wybuchy.

Wyładowywanie samoczynnie wywrotnych klatek szybowych. Oczywista wyższość pod względem ekonomicznym wyładowywania materjału bezpośrednio po wyciągu na powierzchnię w sortowni wywołała zmianę powyższego sposobu w kopalniach węgla Ameryki Półn., polegającą na zastowaniu wyciągu wózków w samoczynnie wywrotnych klatkach szybowych bez przeładunku na podszybiu.



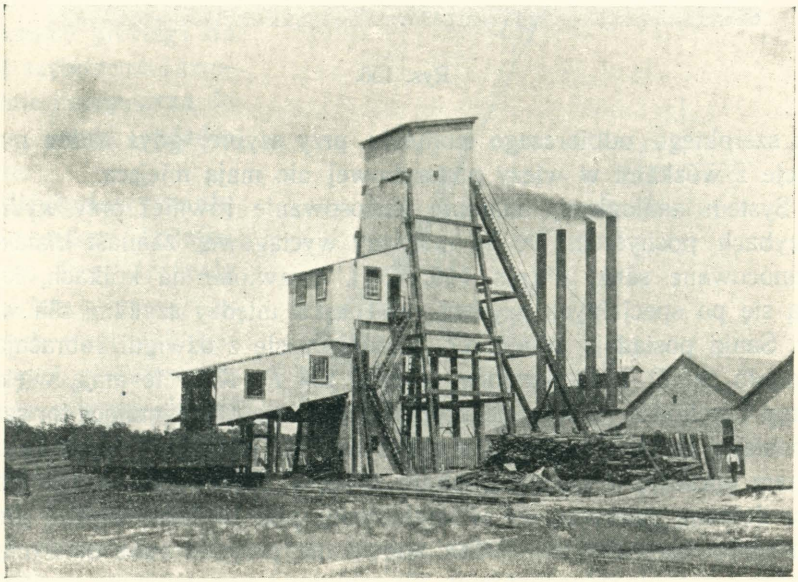
Rys. 153. Samoczynnie wywrotna klatka szybowa.

Na rys. 152 platforma *p*, na której ustawia się wózek, obraca się około osi *o* w dolnej belce ramy poruszającej się między kierowni-



Rys. 154.

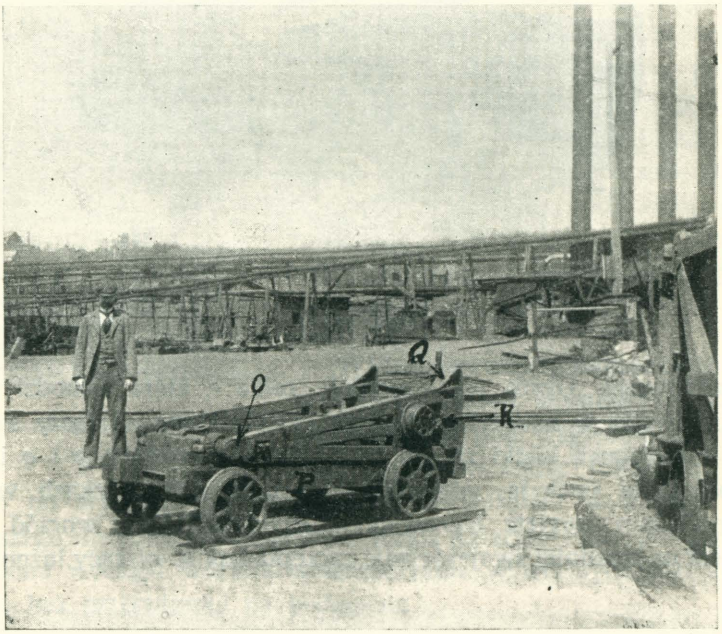
kami szybowemi. Obrót ten wywołuje rolka *r*, która wchodzi w wygięte kierowniki w nadszybiu. Na rys. 153 platforma *ab* łączy się przegubnie z podstawą klatki zapomocą drążków parzystych *p* i *q* i przyjmuje położenie pochyłe, gdy rolka *r* na przednich drążkach wchodzi w odpowiednio wygięte kierowniki *l*. Przy nachyleniu wprzód wózek występem na przedniej swojej ścianie zaczepia hak *k*, wiszący luźno na za-



Rys. 155.

wiasie przed klatką. Przednia ściana wózka obraca się około osi *o*, umieszczonej w środku wózka, z którą połączona ona jest drążkiem (rys. 154). Oczywiście, przy dalszym ruchu klatki system *t*, *k* osiągnie położenie, przedstawione na rys. 153 po prawej stronie, i nastąpi wyładowanie.

Rys. 155 przedstawia jeden z najbardziej rozpowszechnionych typów sortowni węgla kamiennego w stanie Illinois z wyciągiem szybowym w samoczynnie wywrotnych klatkach. Charakterystyczny jest tutaj

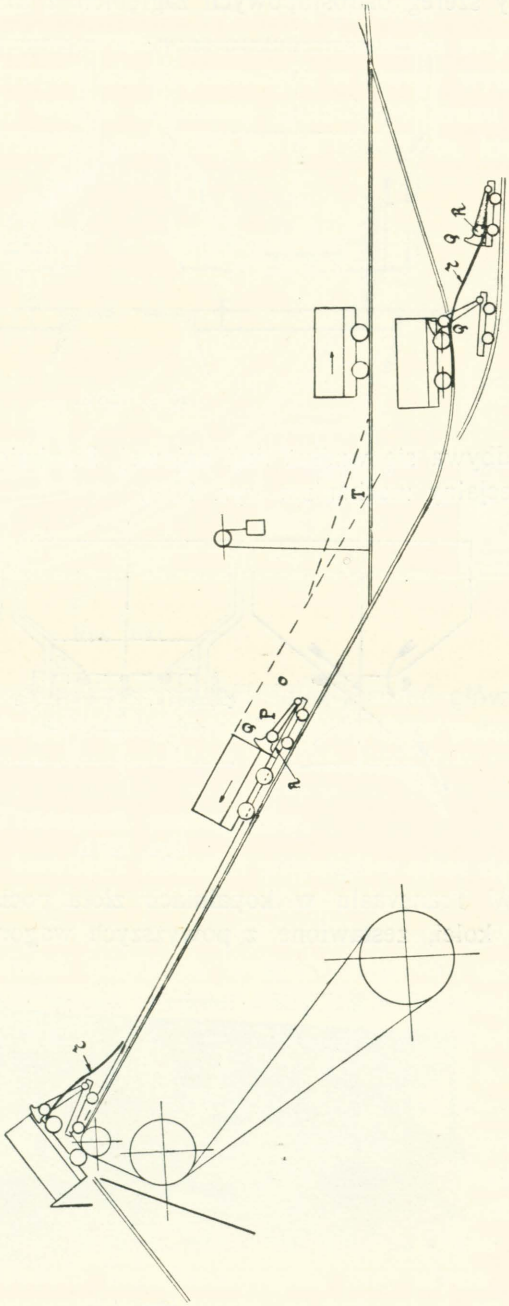


Rys. 156.

brak szerokiego odbiorczego pomostu przy szybie, gdyż żadne manipulacje z wózkami w wieży nadszybowej nie mają miejsca.

System analogiczny znajduje zastosowanie również przy wyciągu w szybach pochyłych. Do lin maszyny wyciągowej zamiast klatek są przymocowane sanki *P* (rys. 156, 157), ustawione na kółkach, które toczą się po specjalnych szynach, ułożonych między szynami dla wózków. Sanki posiadają system *Q*, składający się z dźwigni, obracającej się około osi *O* i zaopatrzony w parę kół *R*. Koła te mają większy rozstęp i wchodzą na wygięte szyny kierownicze *r*, obejmujące tor sanek u podstawy szybu i w budynku nadszybowym w punkcie wyładowania, przytem obracają dźwignię *Q* około zawiasy. Gdy sanki stoją w położeniu dolnem, mieszczą się w zagłębieniu pod poziomą częścią głównych torów na podszybiu. Wózki kopalniane, przygotowane do wyciągu, stoją na torze nieco nachylonym ku sankom i utrzymują się w swojem położeniu dzięki ruchomej belce; przy jej odsunięciu zapomocą dźwigni

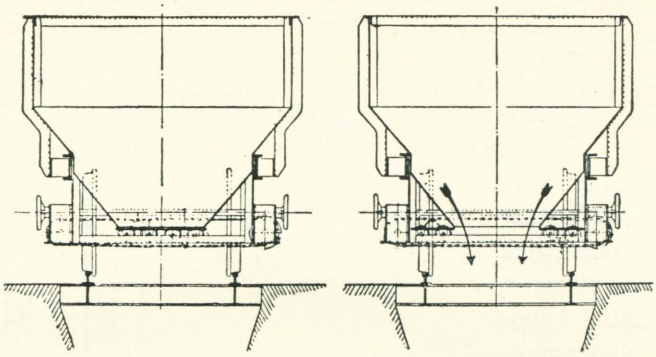
wózki same się staczają, przytem po kilku wahaniach zatrzymują się w zupełnie określonem najniższem miejscu nad sankami. Przy wyciągu sanki zaczepiają swoim występem *Q*, dzięki szynom kierowniczym *r*, za wózek i ciągną go z sobą. Wyładowanie na powierzchni odbywa się w taki sposób, iż koła *R*, toczące się po takich, jak wyżej, kierownikach *r*, podnoszą belkę i wózek staje tylko przedniemi swojemi kołami na szynach, tylne natomiast podnoszą się tak wysoko, że wózek osiąga nachylenie 45°. Przy powrotnem opuszczaniu próżny wózek automatycznie odczepia się od sanek na szynach *T*, których przednia para w postaci zrównoważonej zwrotnicy przylega do szyn szybowych i swobodnie przepuszcza do góry wózki naładowane.



Rys. 157. Automatyczne wyładowywanie wózków w szybach pochyłych.

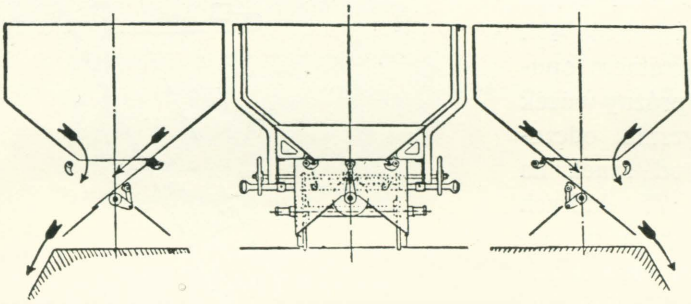
Wyładowywanie wagonów kolejowych. Przy dostawie materjału surowego w dużych wagonach kolejowych wyładowanie tychże odbywa się nie bezpośrednio do przyrządów wykonawczych, lecz do ogromnych zbiorników odbiorczych. Istnieją specjalnie budowane wagony do szybkiego wyładowywania materjału sypkiego. Spód tych wagonów ma formę dwuspadowego dachu, wyładowanie zaś odbywa się wzdłuż

dłuższych boków wagonu, w jedną lub obydwie strony, przez specjalne otwory lub szparę (rys. 158 a i 158 b). W innych typach spód wagonu tworzy szereg ostrosłupowych zagłębień z zamknięciami, a wyładowa-



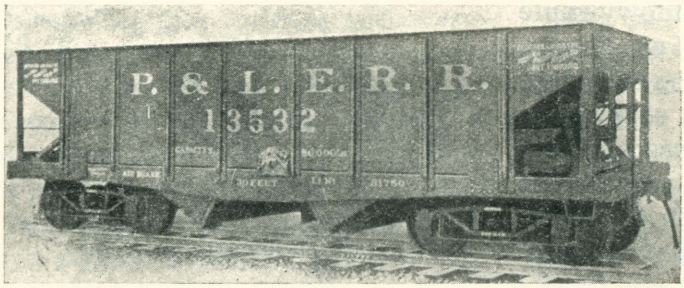
Rys. 158 a.

nie odbywa się wzdłuż linji osiowej. Zamknięcia są zawsze zaopatrzone w specjalny mechanizm (rys. 159).



Rys. 158 b.

W Transvaalu w kopalniach złota pociągi normalnej szerokotorowej kolei, zestawione z powyższych wagonów, wyjeżdżają na dach

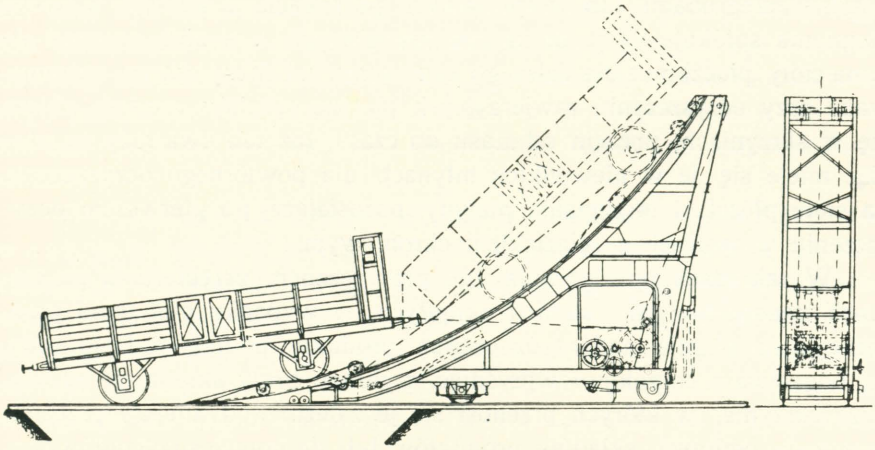


Rys. 159.

gmachu, mieszczącego tłuczki, a wyładowanie całego pociągu odbywa się jednocześnie do całego szeregu zbiorników, zajmujących środkową

część gmachu. Ze zbiorników przez otwory, zaopatrzone w zamknięcia mechaniczne i zsypniki materjał przedostaje się do 2 rzędów tłuczek, umieszczonych symetrycznie z obu stron (rys. 215, str. 267).

Istnieją również specjalne urządzenia wyładunkowe dla zwykłych odkrytych wagonów kolejowych, nie zaopatrzonych w otwory wyładunkowe (rys. 160). Niekiedy wagon zapomocą specjalnego kranu podnosi się na określoną wysokość, toczy się go po pochyłych, kierow-



Rys. 160.

niczych belkach i wywraca z boku w pewnej odległości od głównego toru. Następnie tą samą drogą wagony wracają do swojego położenia pierwotnego.

§ 3. Transport materjałów.

Transport materjałów wewnątrz łańcucha przyrządów może się odbywać przy udziale siły ręcznej lub też samoczynnie.

Ręczne przenoszenie. Przy przenoszeniu ręcznem materjał wyładowuje się z jakiegokolwiek przyrządu wykonawczego do stałego lub przenośnego odbiornika, worka, skrzyni i t. p., a w bardziej doskonałym wypadku — do wózka zwykłego, typu kopalnianego, lub też wywrotnego, typu fabrycznego. Ze stałego odbiornika materjał przeładowuje się ręcznie zapomocą łopaty lub też spłókiwaniem zapomocą strumienia wody bezpośrednio do znajdującego się w pobliżu przyrządu następnego, ew. do naczynia przenośnego w razie znacznej odległości. Przenoszenie ręczne znajduje zastosowanie, oczywiście, przedewszystkiem w zakładach niedużych, prymitywnie urządzonych. Tak, na Uralu i na Syberji w niewielkich zakładach amalgamacyjnych, przy użyciu kruszarek Blake'a do przedwstępnego rozdrabiania, rozdrobioną do 2″ rudę wyładowuje się do stałego odbiornika, często wprost na podłogę zakładu, skąd robotnicy przeładowują ją łopatami do młynów. Niekiedy najpierw napełnia się skrzynię o określonej pojemności, przenosi się ją

w pobliże misy, a następnie do misy ładuje się nieduże porcje. Ma to na celu głównie ilościową kontrolę materjału.

Jeżeli w jakiemkolwiek bądź miejscu ogólnego łańcucha przyrządów otrzymuje się nieznaczną ilość materjału, to zazwyczaj zbiera się ją w określonym odbiorniku, dopóki nie zbierze się ilość potrzebna i dogodna do dalszej przeróbki w przyrządzie typu normalnego. Np. w żłobach płóczek złotonośnych piasków gromadzą się szlichy między przegrodami lub w specjalnych pułapkach, z których w miarę skupienia spłókuje się je do naczyń przenośnych, a w nich przenosi się je na stoły płóczkowe dla dalszego oczyszczenia. Szlichy czarne, otrzymywane przy oczyszczaniu zawierających platynę szlichów szarych, zbiera się w skrzyniach, poczem od czasu do czasu, raz lub dwa razy na miesiąc miele się je w niewielkich młynach dla powtórnego oczyszczenia na stole płóczk. i otrzymania platyny, pozostającej po pierwszem oczyszczeniu w zrostach z żelaziakiem chromowym.

W zakładach wzbogacania rud przy ręcznem przebieraniu na taśmach transportowych i stołach okrągłych, w wypadku gdy temu przebieraniu podlegają nader różnorodne produkty podług rodzaju rudy, jej bogactwa i charakteru wpryśnięć, wybrane bryły składa się w nieduże skrzynie, w których przenosi się je zależnie od miejsca przeznaczenia do ogólnych składów produktów lub do innych przyrządów wykonawczych i t. p.

W dużych zakładach wzbogacania drogą mokrą, z bardzo szczegółowo rozwiniętą suchą i mokrą klasyfikacją i ze znaczną liczbą stołów koncentracyjnych, produkty koncentracji, szlichy rud i produkty przejściowe zbiera się stopniowo w oddzielne naczynia odbiorcze, z których wygrzebuje się je do naczyń transportowych w celu dostawy do zbiornika ogólnego lub do dalszej przeróbki w stadjum następnem (produkty przejściowe), albo wreszcie do mieszania produktów ze sobą.

W dużych zakładach azbestu na Uralu produkty przesiewania i wzbogacania azbestu włóknistego dla uniknięcia nadmiernego wydzielania się pyłu zbiera się w worki, przymocowane do wyładowczych rur odpowiednich przyrządów; w tych workach przenosi się je ręcznie lub zapomocą specjalnych transportowych mechanizmów od jednej serji przyrządów do drugiej.

Przenoszenie ręczne stosuje się w tych wypadkach, gdy w procesie przeróbki przewidziane są rozmaite łączenia przyrządów wykonawczych, co spotyka się wtedy, jeżeli w jednym i tym samym zakładzie przerabia się okresowo rudy różnego rodzaju, następnie w tymczasowych zakładach doświadczalnych lub stacjach badawczych, w których celem opracowania najbardziej racjonalnego systemu przeróbki stosuje się dowolne kombinowanie różnych przyrządów. Tak, w projekcie próbnego zakładu wzbogacalnego, wykonanym przez autora dla Bajewskiego złoża wolframu na Uralu, wobec trudności ustalenia ilości i granic niezbędnych

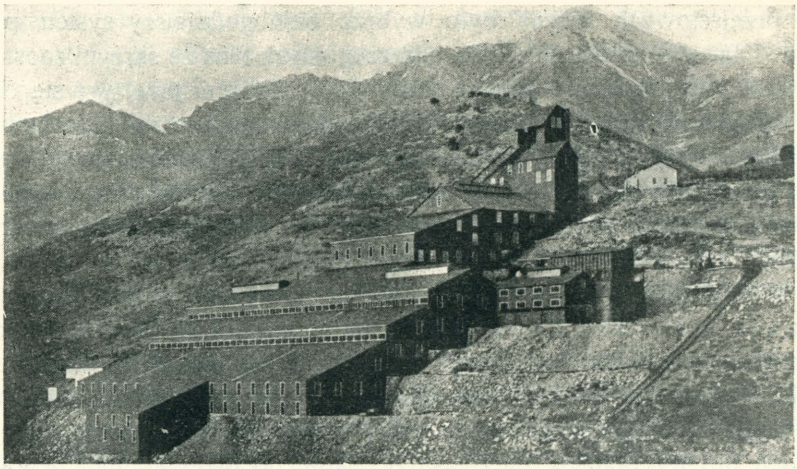
klas przy procesie mokrym, przewidziane było zmontowanie specjalnego hydraulicznego klasyfikatora, dającego możność otrzymania 15 klas produktów w tym celu, aby drogą doświadczalnego łączenia dowolnej ilości klas i wzbogacenia na dowolnej ilości koncentratorach, z zastosowaniem lub bez zastosowania miałkiego rozdrabiania produktów przejściowych można było wybrać najdogodniejszy system przeróbki. Dlatego też dla zbierania poszczególnych klas ze skrzyni zaostrzonej miał być ustawiony osobny odbiornik, w którym przerywa się ciągłość strumienia rudy, a dalsze zasilanie dowolnego stołu płóczkowego dowolną mieszaniną produktów osiąga się drogą przeładowywania ręcznego produktów klasyfikacji z odbiorników do odpowiednich żłobów, któremi materjał przenosi się strumieniem wody do odpowiednich stołów.

W wypadkach podobnych w dużych zakładach używa się przewozu w wózkach kopalnianych, poruszanych ręcznie lub mechanicznie sposobami, przyjętemi przy masowej dostawie. Ładowanie wózków może odbywać się ręcznie; np. przy ręcznem przebieraniu rudy lub węgla wybrane bryły rudy i skały ładuje się w wózki, stojące na szynach lub też płytach obok taśm i stołów do przebierania i przewozi się ręcznie do innych odbiorników lub też na zwały, na których wózki podlegają wyładowaniu sposobami, wyżej podanemi. Wózki mogą być ładowane ze specjalnych zbiorników przez otwory spustowe, zamykane specjalnemi zaworami. Np. w zakładzie aglomeracyjnym podług metody Greenavalta, projektowanym przez autora dla zakładu Kuszwińskiego na Uralu, szlichy i węgiel ładuje się ze zbiorników do wózków powietrznej kolejki, a następnie wózki ręcznie przepycha się do mieszarki, do której wyładowuje się je ręcznie przez wywracanie. Ładowanie do oddzielnych wózków daje możność otrzymywania określonego składu mieszaniny w określonej ilości. Przy dużych odległościach przewozu stosuje się dostawę mechaniczną, np., jeżeli centralny zakład wzbogacalny obsługuje kilka sortowni przy oddzielnych kopalniach; jeżeli jeden zakład aglomeracyjny obsługuje kilka zakładów wzbogacalnych magnetycznych, to przewóz rudy oraz produktów od jednego zakładu do drugiego odbywa się metodami dostawy mechanicznej. Wewnątrz zakładu dla przewozu produktów wózkami przy dostawie z dolnych pięter na górne urządza się podnośniki mechaniczne. Wszystkie te sposoby jednak stanowią już przejście od transportu ręcznego do mechanicznego.

Automatyczne sposoby transportu charakteryzuje zupełny brak w nich udziału siły roboczej, która przy mechanicznych sposobach dostawy w wózkach znajduje zastosowanie do łączenia i rozłączania wózków, ich zestawiania, wywracania, obsługi podnośników i t. p.

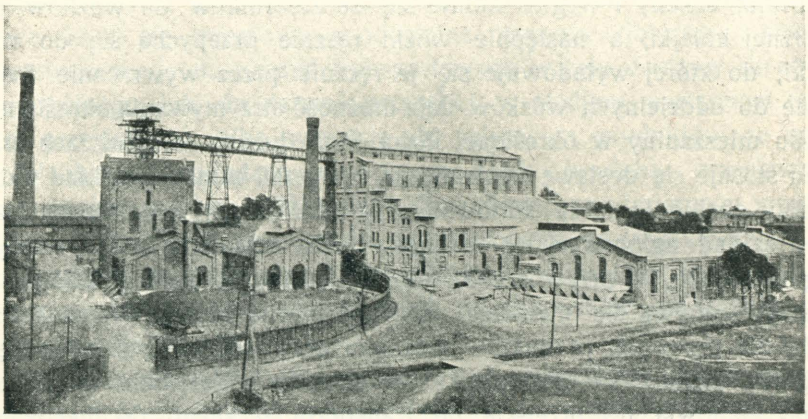
Przy automatycznem przenoszeniu materjałów wewnątrz zakładu

należy według możności wykorzystać siłę ciężkości samych materjałów, umieszczając kolejno przyrządy jeden nad drugim. W tych warunkach budynek zakładu staje się znacznie wyższym, przytem, jeżeli przylega do wieży nadszybowej, to pomost odbiorczy leży na takim poziomie,



Rys. 161. Zakład wzbogacania rud złota Mercure Mine, w stanie Utah, Am. Półn.

by wyciąg szybowy obejmował również bezpośrednie podawanie materjału na górny pomost w zakładzie. Sposób ten prawie zawsze spo-

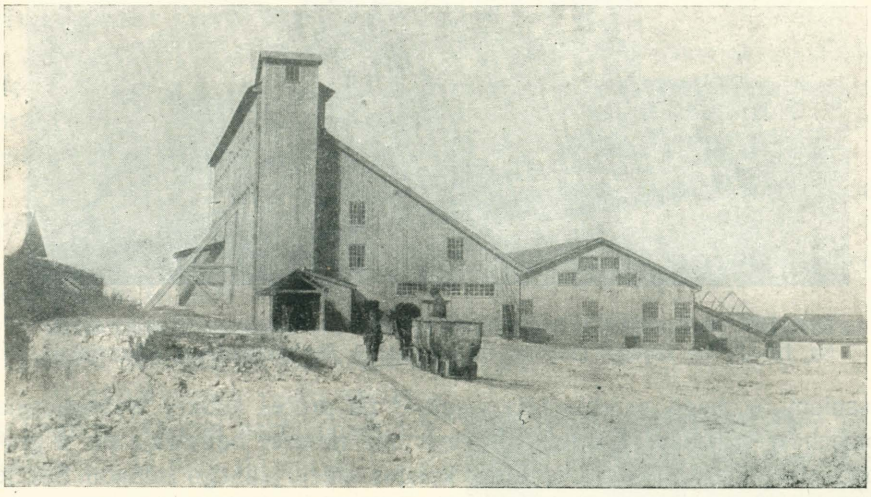


Rys. 162. Zakład wzbogacania rudy Pb-Zn, Nowa Helena w Polsce (firmy Kruppa).

tyka się w sortowniach węgla kamiennego. Przy bardzo jednak złożonym łańcuchu przyrządów wykorzystanie wyłączne siły ciężkości możliwe bywa jedynie w tym wypadku, jeżeli zakład jest położony na zboczu stromej góry. Oczywiście, są to najdogodniejsze warunki natu-

ralne. Zakłady przeróbcze rud w miejscowościach górzystych zawsze mają charakterystyczną wieloschodową postać (rys. 161).

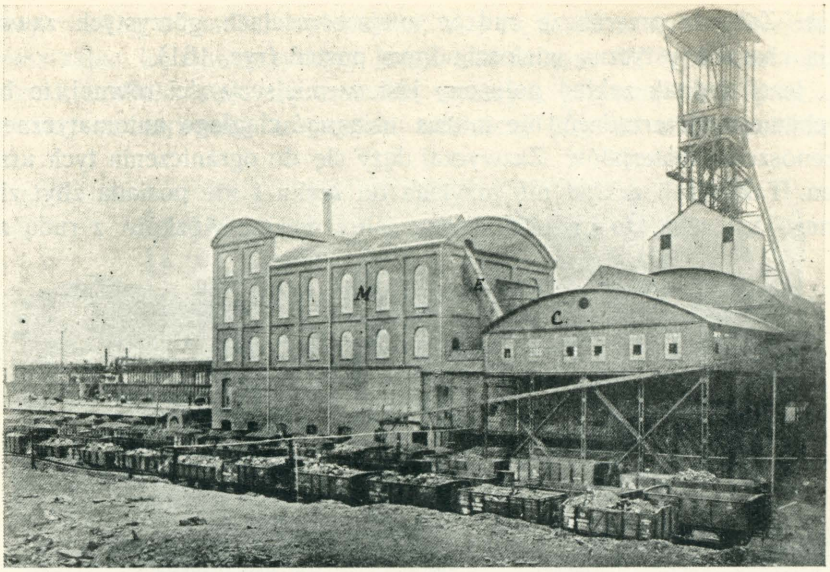
Jeżeli jednak zakład położony jest w miejscowości równej, to bez mechanicznych urządzeń nie można osiągnąć ciągłego automatycznego przenoszenia materjałów. Zazwyczaj dąży się do ograniczenia tych urządzeń. Tak, jeżeli zakład nie przylega do szybu i nie posiada zbyt złożonego łańcucha, to urządza się specjalny wyciąg wózków z rudą za-



Rys. 163. Zakład oddzielania złota na kopalni Troickiej w Koczkarze (Ural Połudn.).

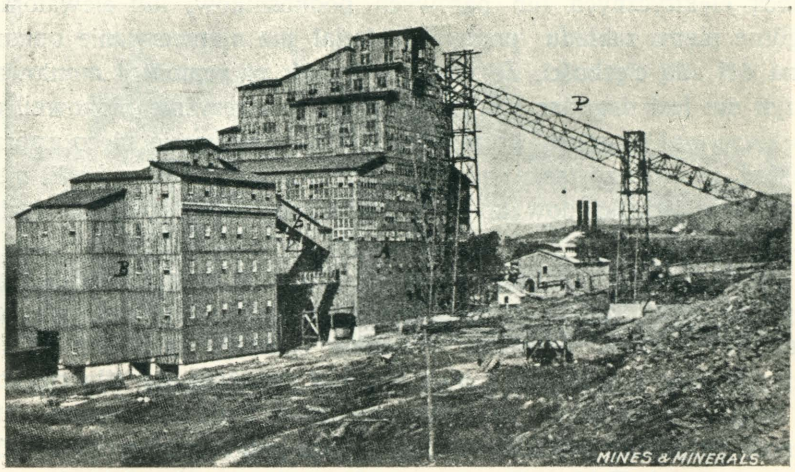
pomocą elektrycznych lub parowych podnośników, lub elewatora — na górne piętro zakładu, poczem materjał już nieprzerwanie opuszcza się na dół siłą ciężkości. Ze względu jednak na remont i montowanie maszyn nie jest dogodne ich ustawianie w płaszczyźnie pionowej, dlatego zazwyczaj następną grupę przyrządów wysuwa się nieco naprzód, a zakład przeróbczy także na miejscu równem przybiera profil niesymetryczny z jednospadowym, schodowym lub nieprzerywanym dachem (rys. 162, 163).

Często pomimo spadzistości miejsca okazuje się niezmiernie trudne przeprowadzenie zasady naturalnego opuszczania materjału przez cały system przyrządów. Wówczas wszystkie operacje dzieli się na kilka kolejnych grup i w każdej z nich materjał opuszcza się siłą ciężkości, lecz między sobą grupy są połączone jakim bądź przyrządem, który przenosi otrzymane produkty dolnego piętra poprzedniej grupy na górne piętro następnej. Takie grupy przyrządów umieszcza się niekiedy w specjalnych oddziałach gmachu lub nawet w oddzielnych budynkach. Tak, przy płókaniu węgla kamiennego zazwyczaj dzieli się wszystkie operacje na proces suchego sortowania sortymentów grubych z zastoso-



Rys. 164. Sortownia (*C*) i płóczka (*M*), połączone elewatorem (*E*) przy szybie Nr. III—IV na kopalni General Blumenthal w Recklinghausen (Westfalja).

waniem ręcznego przebierania węgla i na proces mokry wzbogacania orzechów i drobnego węgla, przytem oba procesy odbywają się w grupach przyrządów, tworzących dwie kolejne sekcje jednego zakładu. Sekcje te umieszczone są w dwóch oddzielnych budynkach, połączonych ze sobą elewatorem, który podnosi wszystkie drobne sortymenty węgla, otrzymane w piętrze dolnem sortowni, na górne piętro płóczki (rys. 164 i 165)



Rys. 165. Typ dużego zakładu przeróbczego dla antracytu w Pensylwanji, Am. Półn. 12-to piętrowy budynek *A* połączony z budynkiem 5-cio piętrowym *B* zapomocą pochyłego elewatora *E*. Wózki, naładowane węglem podnosi się po pochyłym pomoście *P* na górne piętro budynku *A*.

Niezależnie od tego wewnątrz oddzielnej sekcji zakładu dla więcej zwartego rozplanowania maszyn oraz uniknięcia zbyt wysokiego budynku często ustawia się przyrządy w ten sposób, że materjał nie może siłą ciężkości przechodzić z jednych przyrządów do drugich, a wówczas musi się go przenosić mechanicznie w kierunku poziomym lub lekko pochyłym, jak również w kierunku stromo wznoszącym się i nawet pionowym na większą lub mniejszą wysokość. Stąd wynika konieczność uzupełnienia przyrządów wykonawczych całym szeregiem pomocniczych mechanizmów transportowych.

Przyrządy transportowe stosownie do materjału przenoszonego dzielą się na 2 grupy, na przyrządy: *a*) do transportu sypkich materjałów suchych, i *b*) do transportu materjałów mokrych, ze znacznym nadmiarem wody, zazwyczaj „szlamów".

W każdej z powyższych grup rozróżnia się przyrządy zależnie od kierunku przenoszenia:

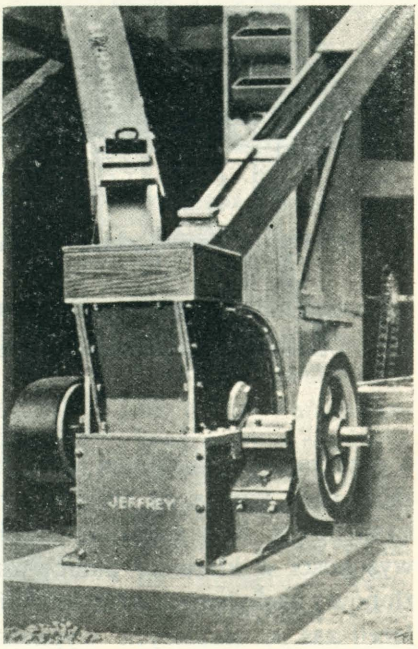
1) Stoki i żłoby do opuszczania w kierunku pionowym i stromo schodzącym (z góry na dół),

2) konwejory do transportu w kierunku poziomym i lekko nachylonym, schodzącym lub wznoszącym się i

3) elewatory — do wyciągu w kierunku stromo nachylonym lub pionowym (z dołu do góry).

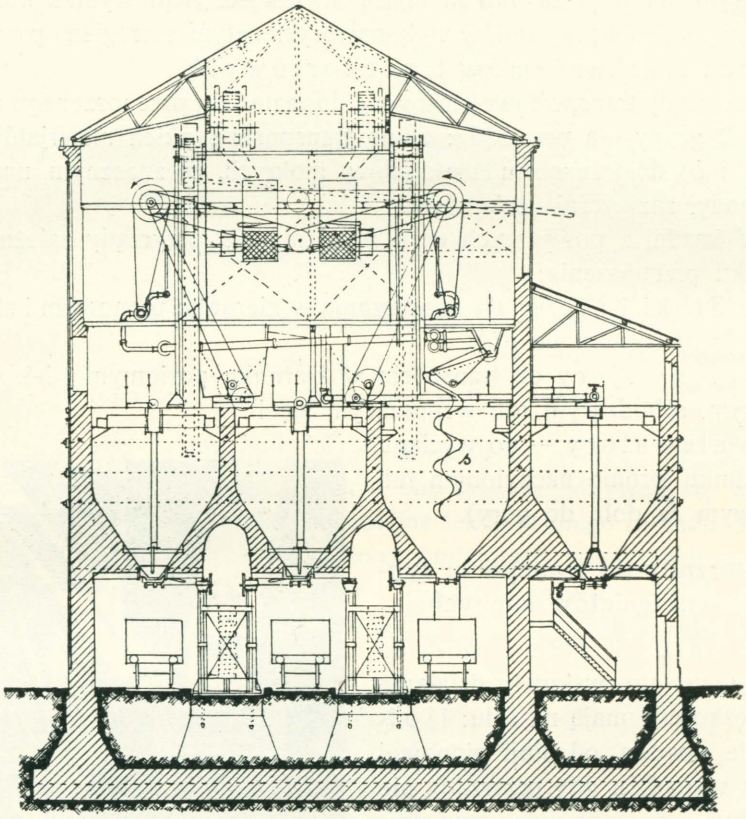
A. Przyrządy do transportu sypkich materjałów suchych.

1) Stoki i żłoby służą do ruchu materjału wskutek działania siły ciężkości i mają na celu: 1) odchylenie spadku od linji pionowej w tym wypadku, gdy przyrządy nie mogą być ustawione jeden pod drugim bezpośrednio, 2) ograniczenie rozpylania, 3) zmniejszenie prędkości spadku i ochronę materjału od rozdrabiania, a przyrządy od silnego zużycia z powodu silnego uderzenia (rys. 166). Jeżeli przenosi się materjał na znaczną odległość z góry na dół, to dla zabezpieczenia robotników, znajdujących się w zakładzie, jak również w celu ścisłego skierowania materjału do określonego punktu, używa się krytych drewnianych lub żelaznych rur. Przy spadku jednak w rurach ze znacznej wysokości materjał, oczywiście, podlega silnym uderzeniom



Rys. 166.

i rozdrabianiu. Dlatego też sposób ten znajduje zastosowanie wówczas, gdy rozdrabianie materjału nie ma wielkiego znaczenia, jak to bywa często w zakładach przeróbczych dla rudy. Tak, według projektu płóczki dla otoczakowej rudy żelaznej na górze Błagodat', wykonanego przez autora, wyborową rudę (magnetyt), przebraną ręcznie na stołach okrągłych, umieszczonych na 5-tem piętrze, wrzuca się do rur drewnianych



Rys. 167.

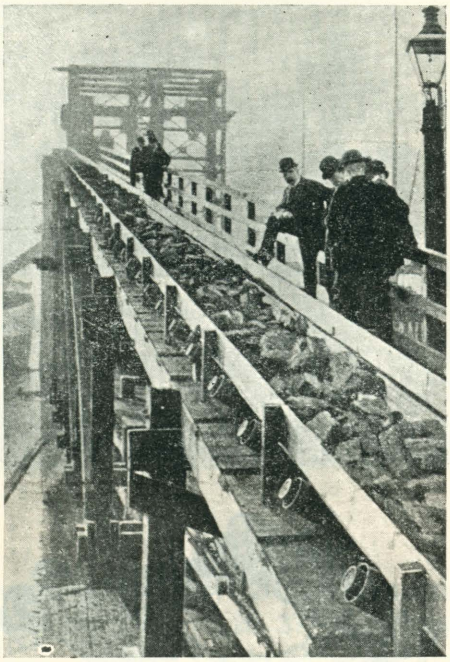
o przekroju prostokątnym (kwadrat o boku równym 1 stopie), przez które ruda wpada do zbiorników gotowej rudy na 1-em piętrze. Węgli kamiennych, jako materjału kruchego, nigdy nie zrzuca się ze znacznej wysokości w kierunku pionowym, lecz zawsze do tego celu używa się żłobów z nachyleniem większem, niż wynosi kąt naturalnego zsypu 35—40°. Jeżeli zaś w niektórych wypadkach nie można uniknąć znacznej wysokości pionowej, np. na początku załadowywania dużych głębokich zbiorników, wówczas urządza się żłoby śrubowe z nachyleniem podłużnem, równającem się kątowi naturalnego zsypu węgla. W zbiornikach takie śrubowe żłoby umieszcza się w środku. Lepiej jednak utrzymywać zbiorniki naładowane do połowy (rys. 167).

2) Konwejory są to środki transportowe, służące do mechanicznego przenoszenia w kierunku poziomym i lekko nachylonym.

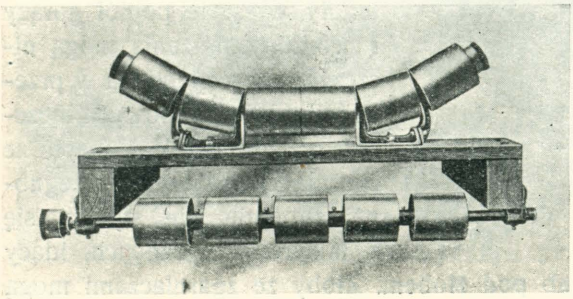
Do nich należą:

1. taśmy bez końca, łańcuchowe i giętkie,
2. żłoby ze zgarniaczami,
3. żłoby potrząsane i
4. śruby bez końca (śruby Archimedesa).

1. Taśmy bez końca opisaliśmy w rozdziale o ręcznem przebieraniu rudy i węgla. Taśmy te są dwojakiego rodzaju: łańcuchowe, składające się z oddzielnych ogniw, łączonych przegubnie (t. II, str. 10, rys. 1 - 4) i giętkie, typu Robinsa (t. II, str. 11—12, rys. 5 – 6 i rys. 168, 169). Ostatnie z nich dają znacznie większą prędkość, niż pierwsze (1,5—2 m/s) i dlatego we wszystkich tych wypadkach, gdy taśma obsługuje wyłącznie transport i nie służy do wzbogacania, pierwszeństwo w zastosowaniu posiadają taśmy Robinsa. Taśmy te są urządzane do transportu na odległość 100 i więcej metrów. Rys. 170 przedstawia połączenie płóczki węgla z zakładem hutniczym, do którego dostawa węgla odbywa się na taśmach, umieszczonych w zakrytych korytarzach lekkiej budowy, przerzuconych nakształt mostów między zabudowaniami fabrycznemi o rozpięciu do 35 m. Krótkie taśmy giętkie znajdują bardzo szerokie zastosowanie do transportu wewnątrz zakładów przeróbczych. Taśmy giętkie dają możność przenoszenia materjału w kierunku wznoszącym się lub schodzącym, lecz nie więcej niż na 23°. Taśmy łańcuchowe zezwalają na większy

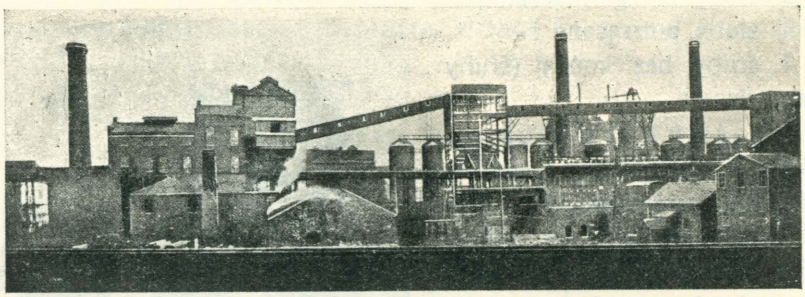


Rys. 168. Giętka taśma transportowa Robinsa.



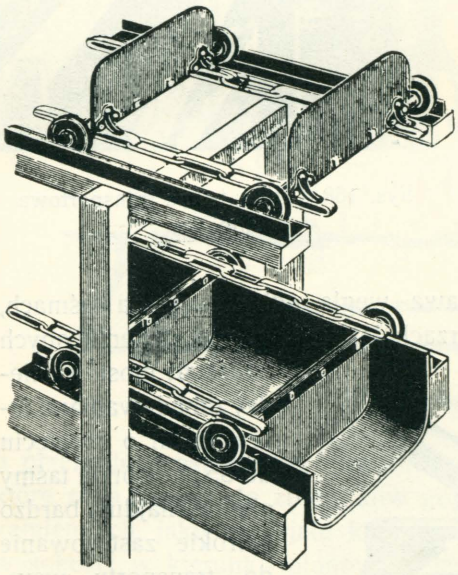
Rys. 169. Agregat rolkowy, podtrzymujący giętką taśmę transportową Robinsa.

kąt nachylenia, przytem jednak oddzielne elementy łańcucha powinny być zaopatrzone w poprzeczne przegródki. Takie taśmy pod względem budowy są zbliżone do elewatorów, z tą jedynie różnicą, iż kierunek przenoszenia może być wznoszący się lub schodzący.



Rys. 170.

2. Żłoby ze zgarniaczami, szeroko rozpowszechnione w Ameryce, służą głównie do przenoszenia drobnicy, niekiedy wilgotnej, i szczególnie nadają się do usuwania drobnych odpadów na zwały. Przedstawiają one żłób, w którym na łańcuchu bez końca przesuwają się zgarniacze, o profilu odpowiednim do formy żłobu, które przy poruszaniu się łańcucha ciągną za sobą materjał. W przyrządach tych występuje znaczny opór tarcia materjału, zsuwanego po żłobie. W niektórych jednak wypadkach są one niezastąpione, gdyż wilgotne, zwłaszcza kwaśne materjały, wreszcie popiół gorący i produkty prażenia mogą niszczyć taśmy giętkie, a w przenośnikach łańcuchowych łączenia przegubne. W żłobach ze zgarniaczami łączenia przegubne zupełnie nie stykają się z materjałem. Łańcuch, idący luzem, prowadzi się nad lub pod żłobem. Żłoby ze zgarniaczami mogą mieć wznoszące się nachylenie do 30° (rys. 171, 172).

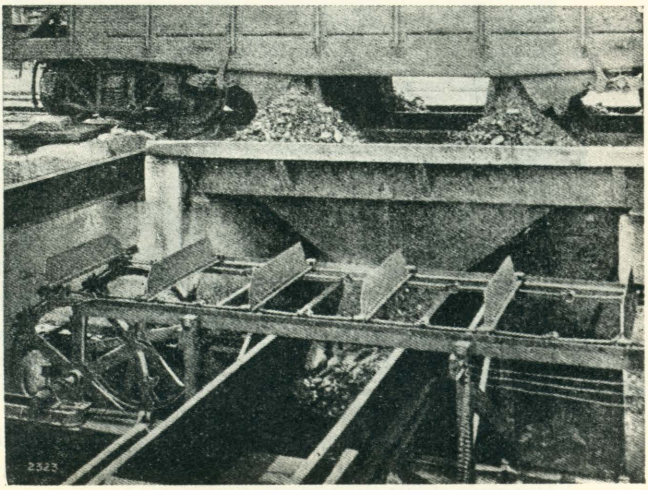


Rys. 171.

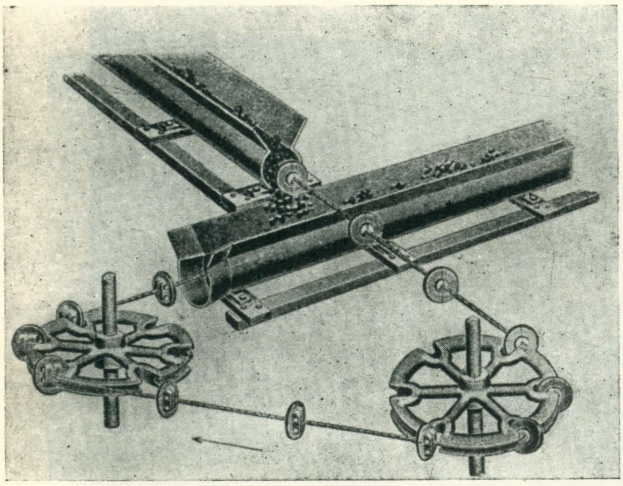
Najprostszy rodzaj konwejorów tego typu przedstawia żłób drewniany, zbity z dwóch desek, lub też półwalcowa rura ze zgarniaczami w postaci okrągłych deseczek, umocowanych na linie drucianej (rys. 173)

Dla suchego, gorącego materjału bardzo dogodny okazał się zwykły łańcuch podwójny, którego sworznie przegubów służą tutaj zamiast zgarniaczy (rys. 174, 175, 176).

3. Żłoby potrząsane działają według zasady poziomych płaskich przesiewaczy, t. j. są zaopatrzone w mechanizm, nadający im ruch podłużny wahadłowy tego rodzaju, iż dostarczany na żłoby materjał przy poziomem położeniu otrzymuje ruch postępowy podłużny. Najszerszem rozpowszechnieniem cieszą się: 1) żłoby potrząsane Zimmera, których mechanizm ruchowy pod względem budowy jest taki sam, jak przesiewaczy Ferraris (rys. 177, 178 i t. I, str. 43, rys. 26, 27) i 2) żłoby potrząsane Marcusa (rys. 179, 180, 181).



Rys. 172.

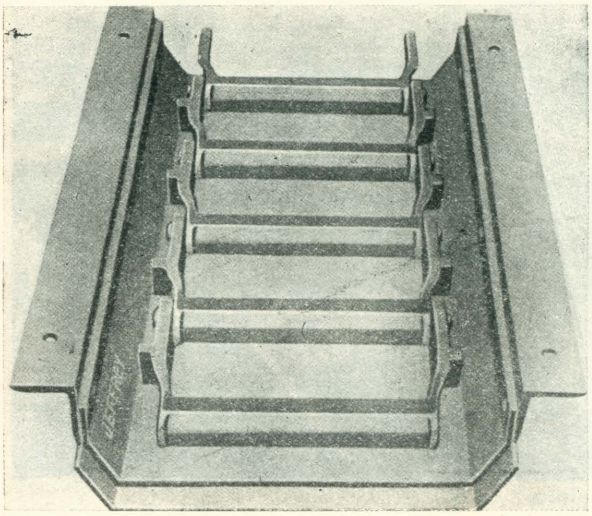


Rys. 173.

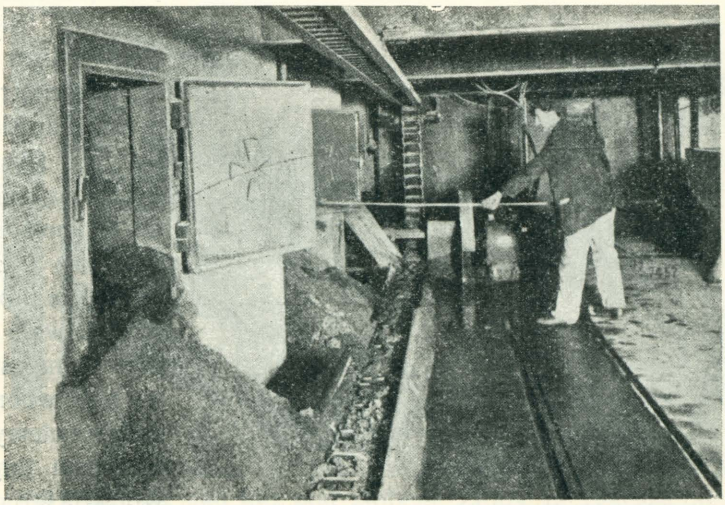
W tych ostatnich ruch równomierny napędowego wału *A* (rys. 180) zapomocą korbowodu *p*, połączonego drążkiem *L* z korbowodem *q* pomocniczego wału *B*, nadaje temu ostatniemu nierównomierny ruch obrotowy, dzięki czemu drążek *S* wprawia w ruch żłób *C* (rys. 181), spoczywający na kółkach *k* i nadaje mu ruch powrotny o bardzo zmiennem przyśpieszeniu [1]).

[1]) Patrz L. B. Lewenson. Płoskije podwiżnyje grochota. Leningrad 1924.

Wskutek tego materjał, leżący na poziomej powierzchni żłobu, przesuwa się w kierunku podłużnym bez działania pionowej składowej ruchu, jak to ma miejsce przy typie poprzednim. Okoliczność powyższa czyni żłoby potrząsane Marcusa specjalnie dogodnemi do przenoszenia materjału grubego, z drugiej jednak strony mechanizm żłobów Zimmera jest prostszy, a pionowa składowa ruchu nadaje im cechy dogodne przy równoczesnem wykonaniu dwóch zadań: transportu oraz przesiewania drobnych sortymentów (10—5 mm) przy znacznej liczbie wahań — do 200 na minutę (rys. 178). Zastosowanie żłobów Marcusa, przy równoczesnem wykonywaniu przez nie przesiewania, ogranicza się jedynie do sortymentów grubych (> 25 mm), zwłaszcza, iż



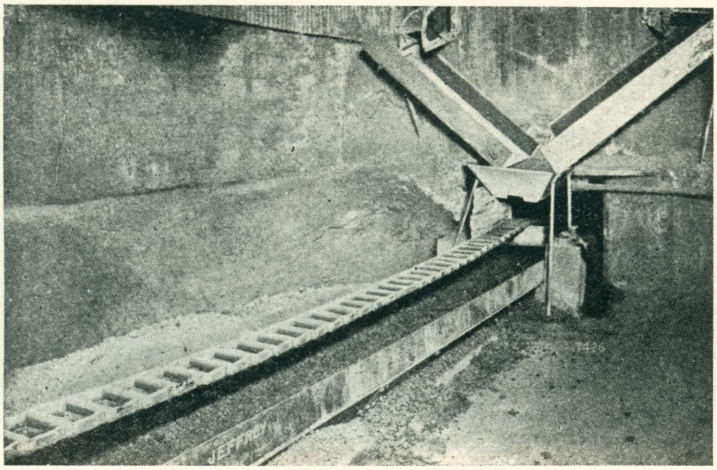
Rys. 174.



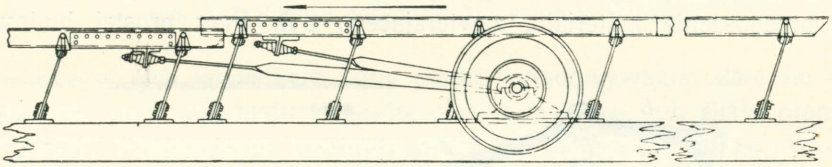
Rys. 175. Łańcuch, usuwający popiół kotłowy.

przy znacznym skoku (h = 100 — 150 mm) zazwyczaj mają te żłoby nieznaczną liczbę wahań (n = 60). Ze względu na małą liczbę wahań

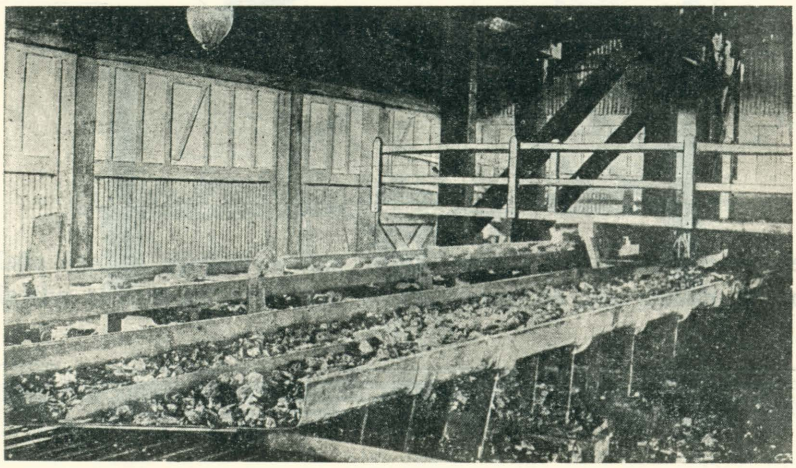
oraz na to, iż materjał nie ulega podrzucaniu, żłoby Marcusa umożliwiają przeprowadzenie na nich ręcznego wzbogacenia. Tak, w Półn.



Rys. 176.



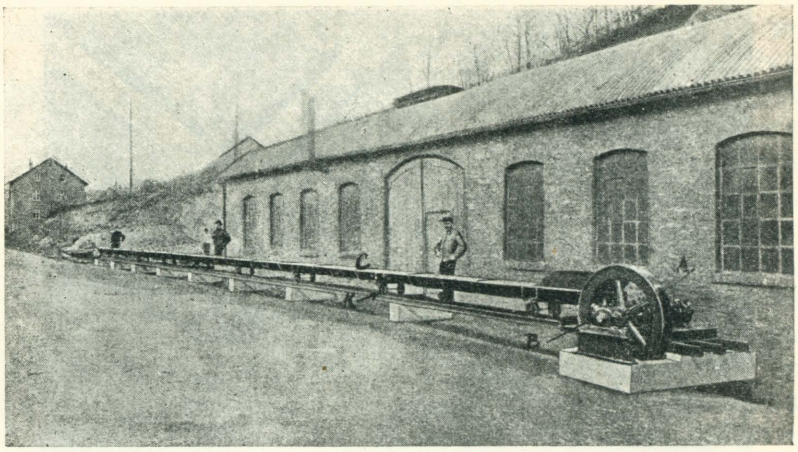
Rys. 177. Konwejor Zimmera.



Rys. 178.

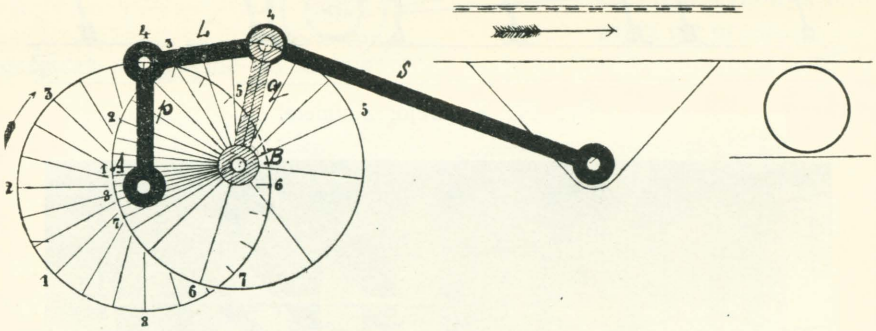
Ameryce w ostatnich czasach znalazły żłoby Marcusa szerokie zastosowanie w kopalniach węgla do równoczesnego spełniania zadań nastę-

pujących: przesiewanie sortymentów grubych (150—60 mm), przebieranie węgla i transportu. Żłoby Marcusa, nie posiadające na całej dłu-



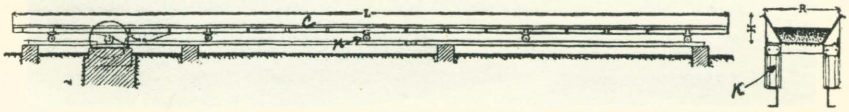
Rys. 179. Konwejor Marcusa.

gości żadnych przegubów, wymagających oliwienia, nadają się bardzo do przenoszenia materjału, zawierającego pył. Przy prostej budowie



Rys. 180. Schemat mechanizmu konwejora Marcusa.

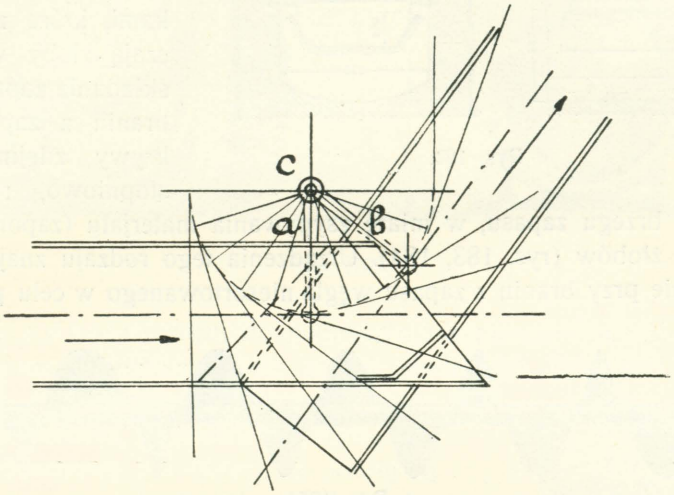
kółek, podtrzymujących żłoby, które nie wymagają żadnej obsługi, żłoby te nadają się do przenoszenia materjału na daleką odległość.



Rys. 181. Konwejor Marcusa.

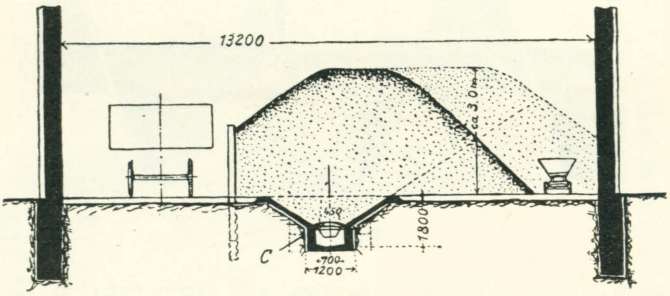
Znane są wypadki przenoszenia zapomocą żłobów Marcusa na odległość 100 i więcej metrów, np. przy ładowaniu długiego szeregu zbiorników.

Przytem prostota budowy kółek nadzwyczaj upraszcza dowolne przedłużanie żłobów; w tym celu na ułożonym poziomo torze ustawia się parę kółek, kładzie się na nie nowe ogniwo i łączy się go z poprzedniem kilkoma śrubami. Dlatego też zastosowanie żłobów Marcusa jest



Rys. 182. Kątowe połączenie konwejorów Marcusa.

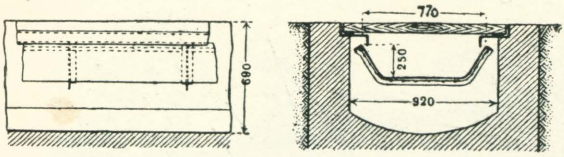
dogodne w tych wypadkach, gdy punkt wyładowywania stale się oddala, np. przy składaniu zapasów ciała kopalnego lub skały płonnej na zwały. Przenoszenie materjału może być uskutecznione w różnych kierunkach zapomocą jednego mechanizmu, jeżeli nowy szereg ogniw



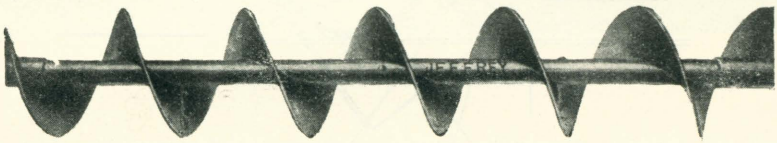
Rys. 183.

żłobu połączymy z poprzednim zapomocą kątownika *aCb* (rys. 182). Kątownik ten składa się z 2 dźwigni, wahających się około osi pionowej *C*, które mogą być na niej zaklinowane pod dowolnemi kątami. Połączenia pod kątem dają możność zastosowania żłobów Marcusa przy tworzeniu dużych zwałów skały płonnej poza zakładem, na półkolu o promieniu do 100 m zapomocą jednego mechanizmu, znajdującego się w punkcie stałym, w górnej części żłobu. Wreszcie, żłoby

Marcusa, nie wymagające obsługi, można pomieścić w bardzo ograniczonej przestrzeni i z tego względu są bardzo dogodne przy mechanicznem braniu zapasów. W tym celu przeprowadza się wąski kanał u podstawy zwału, zakryty żeliwnemi odcinkami, które zabezpieczają żłoby w czasie składania zapasu; przy braniu z zapasu pokrywy zdejmuje się stopniowo, rozpoczynając od brzegu zapasu, w miarę zsypywania materjału (zapomocą łopaty) do żłobów (rys. 183, 184). Urządzenia tego rodzaju znajdują zastosowanie przy braniu z zapasu węgla niesortowanego w celu poddania

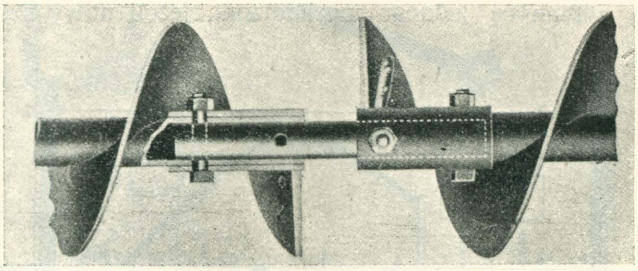


Rys. 184.



Rys. 185.

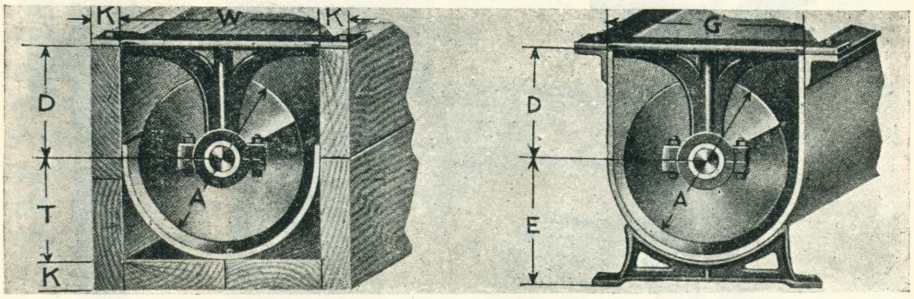
go sortowaniu, przytem żłoby w swoim punkcie końcowym podają materjał do jakiegokolwiek przyrządu, który transportuje go do góry, na pomost odbiorczy w sortowni.



Rys. 186.

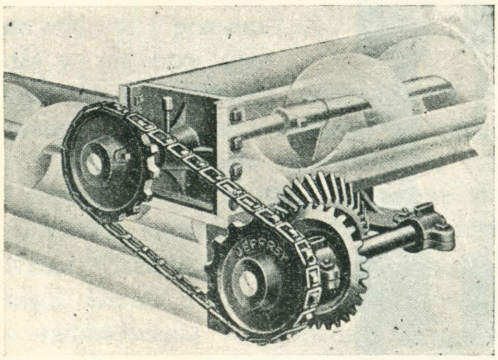
4. Śruby bez końca (rys. 185, 186, 187, 188) służą do przenoszenia przeważnie drobnego materjału w kierunku poziomym, aczkolwiek mogą być zastosowane również do podnoszenia w kierunku stromo wznoszącym się, podobnie jak elewatory. Budowa tych śrub była opisana w rozdziale o mieszaniu (str. 80, rys. 40). Ze względu na duży opór tarcia śrub transportowych używa się głównie w tych wypadkach, gdy jednocześnie spełniają rolę mieszadeł lub jeżeli dla uniknięcia rozpylania zachodzi niezbędna potrzeba, by całe urządzenie transportowe było zamknięte w rurze, włączonej do ogólnego systemu od-

pylania, jak to zazwyczaj ma miejsce w brykietowniach węgla kamiennego i brunatnego.

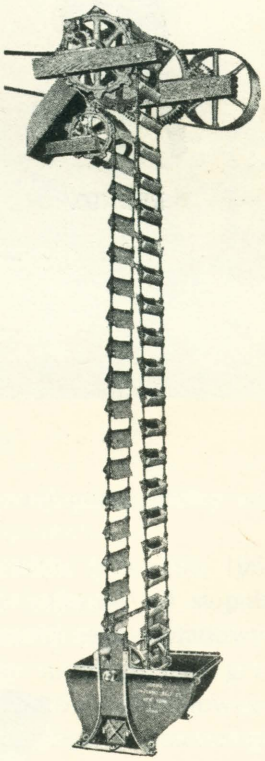


Rys. 187.

3) Elewatory służą do podnoszenia sypkiego materjału w kierunku stromo wznoszącym się aż do pionowego (45—90°). Zwykłe elewatory, za wyjątkiem elewatorów typu śruby Archimedesa, przedstawiają taśmę bez końca, łańcuchową lub giętką, do której są przytwierdzone w określonej odległości jeden od drugiego kubełki (czerpaki); są to tak zwane elewatory czerpakowe (rys. 189, 190, 191, 192, 193, 194). Czerpaki naładowane u podstawy elewatora, przy ruchu taśmy bez końca podnoszą materjał do górnego bębna zwrotnego i obracając się na nim, podlegają wyładowaniu. Elewatory łańcuchowe składają się zazwyczaj z pary

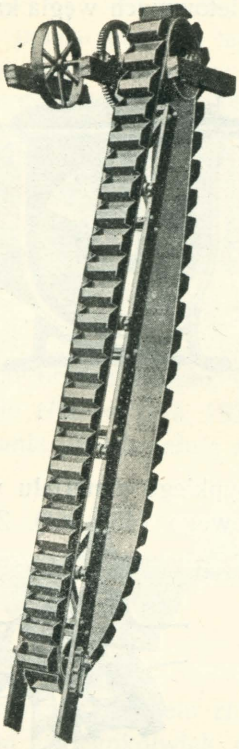


Rys. 188.

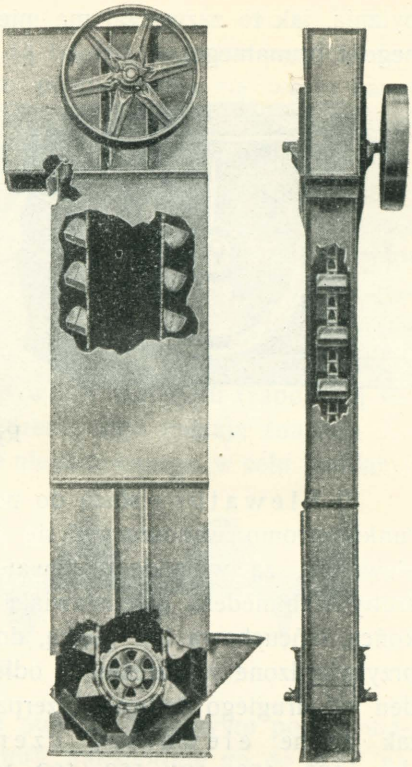


Rys. 189.

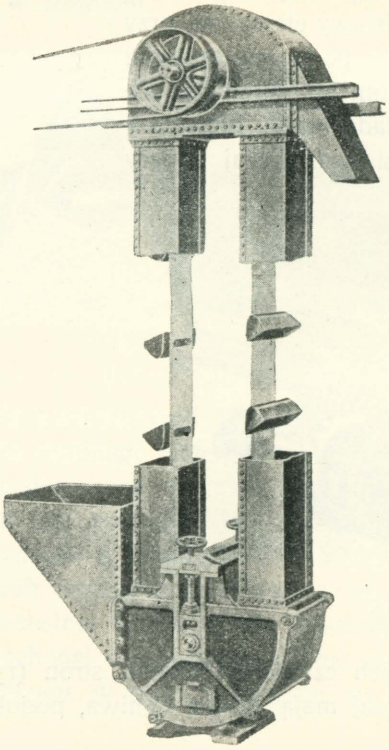
łańcuchów, obejmujących czerpak z dwóch stron (rys. 189, 193, 194, 197). Łańcuchy zazwyczaj mają długie ogniwa, podobnie jak łańcuchy



Rys. 190.

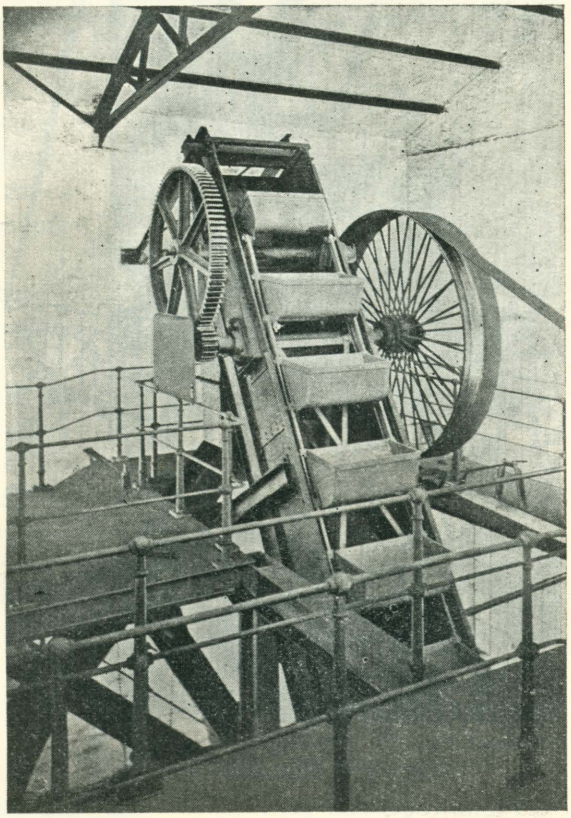


Rys. 191.



Rys. 192.

transportowe, i przesuwają się po kierownikach na ruchomych lub nieruchomych rolkach (rys. 190). Kierowniki urządza się często jedynie dla wznoszącej się części łańcucha, a schodząca jego część zwisa luzem nakształt wieloboku sznurowego. Dolnych kierowników nie stosuje się nigdy w tych wypadkach, gdy łańcuchy składają się z krótkich ogniw, jakie mają zwykłe łańcuchy, lub też gdy elewator składa się z giętkiej taśmy (gumowej, skórzanej itp rys. 191, 192). W niektórych wypadkach łańcuch składa się ze zwartego szeregu czerpaków, które same przez się tworzą oddzielne ogniwa ogólnego łańcucha (rys. 190).

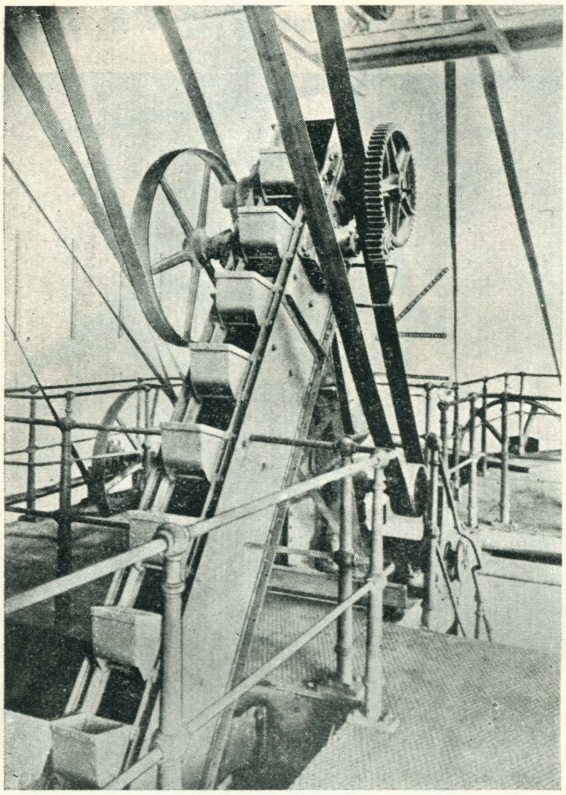


Rys. 193.

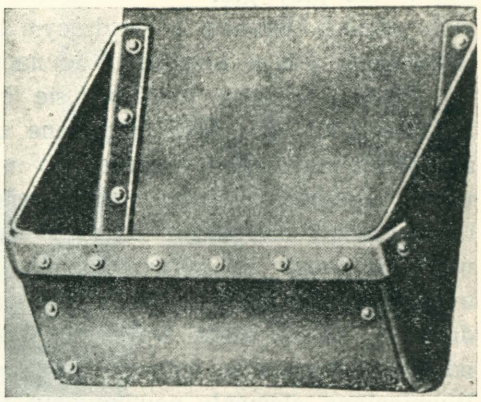
Bębny zwrotne mają kształt wielościennych graniastosłupów, a długość ich ścian równa się długości ogniw łańcucha. Przy skracaniu ogniw bębny zbliżają się kształtem do walców i przechodzą w nie przy giętkich taśmach. Bębnem prowadzącym bywa zazwyczaj górny, dolny zaś zaopatrzony jest w urządzenie do naprężania.

Podług kształtu rozróżnia się czerpaki szerokie (rys. 195, 196) i wąskie (rys. 197, 198); mają one zastosowanie zależnie od stopnia zwięzłości materjału i większej lub mniejszej łatwości jego wyładowywania. Czerpaki szerokie nadają się do materjału spoistego oraz grubego. Kształt czerpaków zależy również od warunków prawidłowego wyładowywania na górnym bębnie. Kształt przekroju poprzecznego uwarunkowany jest pojemnością czerpaków, zależną od wymaganej wydajności, na co może wywierać wpływ szerokość bębna zwrotnego, odległość czerpaków jednego od drugiego i prędkość ruchu łańcucha. Wymienione elementy powinny być tak ustosunkowane, aby w czasie wyładowywania jakiegokolwiek czerpaka na bębnie górnym następny,

znajdujący się na linji schodzącego łańcucha, mieścił się całkowicie wewnątrz kąta, powstałego między kierunkiem łańcucha schodzącego, a linją pionową, przeprowadzoną przez wyładunkowy brzeg opróżnianego czerpaka (rys. 199). Jeżeli tego osiągnąć nie można, należy zmniejszyć kąt nachylenia elewatora; kąt ten jednak jest zwykle wielkością daną i pozostaje w zależności od rozmieszczenia przyrządów, między które elewator jest włączony. W tym wypadku stosuje się urządzenie rolek, które odchylają naturalny kierunek schodzącego łańcucha (rys. 189), lub też zaopatruje się tylną ścianę każdego czerpaka w prostą płytę, odgrywającą rolę równi pochyłej, po której zsuwa się materjał wyładowywany, lub wreszcie nadaje się elewatorowi większą prędkość w tym celu, aby materjał, otrzymując pewną siłę żywą, ulegał wyładowaniu dzięki prawu bezwładności nie po linji pionowej, lecz po pewnej linji parabolicznej. Takie wyładowanie cechuje elewatory, pionowo ustawione, które zawsze mają znaczną prędkość (1—2 m/s). Nadając łańcuchowi elewatora znaczną prędkość, należy jednak dążyć do możliwego zmniejszenia jego masy dla uniknięcia zbyt znacznej straty energji. Dlatego też pio-

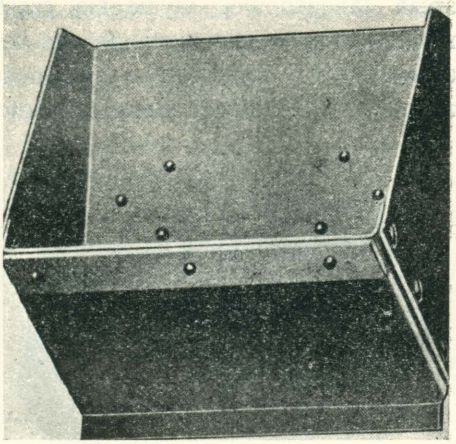


Rys. 194.



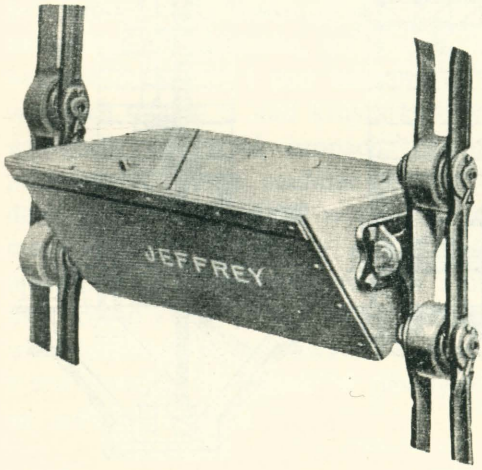
Rys. 195.

nowe elewatory najczęściej buduje się w postaci taśmy giętkiej, która posiada tę zaletę, iż przy walcowym bębnie zwrotnym ma zupełnie równomierną prędkość, gdy w elewatorach łańcuchowych przy graniastosłupowych bębnach zwrotnych łańcuch nie może mieć prędkości równomiernej, z czego wynika również dodatkowa strata energji, tem większa im większa jest prędkość ruchu i mniejsza ilość ścian bębna zwrotnego. Praca ta w łańcuchowych, stromo ustawionych elewatorach często stanowi bardzo znaczną część ogólnej pracy elewatora.



Rys. 196.

Jednym z istotnych rodzajów szkodliwych oporów, które ma do przezwyciężenia praca elewatora czerpakowego, jest opór, jaki stawia czerpanie kubełkami przy ładowaniu ich na dolnym bębnie zwrotnym. Bęben ten mieści się w skrzynce odbiorczej, przez której boczne ściany są przepuszczone czopy bębna, spoczywające w łożyskach, umieszczonych nazewnątrz skrzyni i zabezpieczonych od zanieczyszczenia pyłem. Dla zmniejszenia pracy czerpania skrzynia odbiorcza otrzymuje ładunek od jakiegokolwiek zasilacza, kierującego do czerpaków strumień materjału.

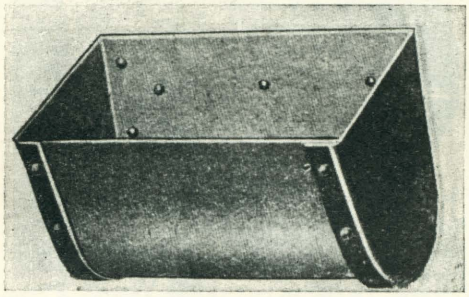


Rys. 197.

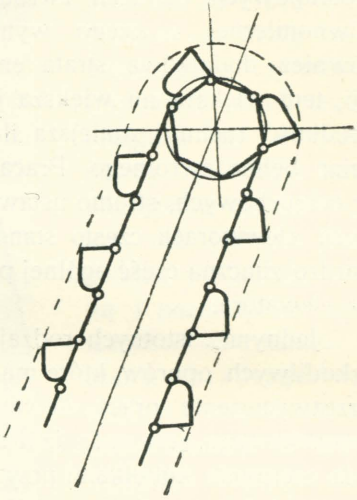
Przy konstruowaniu elewatora zadajemy zwykle: ogólną wysokość podnoszenia, nachylenie w zależności od położenia elewatora w zakładzie oraz wydajność. Wyznaczeniu podlega: pojemność czerpaków, ich ilość lub odległość między niemi wzdłuż łańcucha i prędkość ruchu. Ta ostatnia waha się w granicach 0,1—2 m/s. Oczywiście, jedno i to samo zadanie może mieć wiele rozwiązań i racjonalny wybór elementów elewatora warunkują liczne względy praktyczne o charakterze lokalnym lub wyłącznie mechanicznym.

Elewatory mogą być skonstruowane dla dowolnej wydajności. Za-

zwyczaj wystarcza jeden elewator do podnoszenia całej masy rudy lub węgla, przechodzącej przez dany zakład, na wysokość pionową w granicach pełnej wysokości istniejących najwyższych zakładów (do 35—50 m). Wobec tego jednak, iż elewatory, zwłaszcza łańcuchowe, wymagają częstej naprawy, zazwyczaj ustawia się dwa elewatory o jednakowej wydajności, z których jeden uważa się za zapasowy.

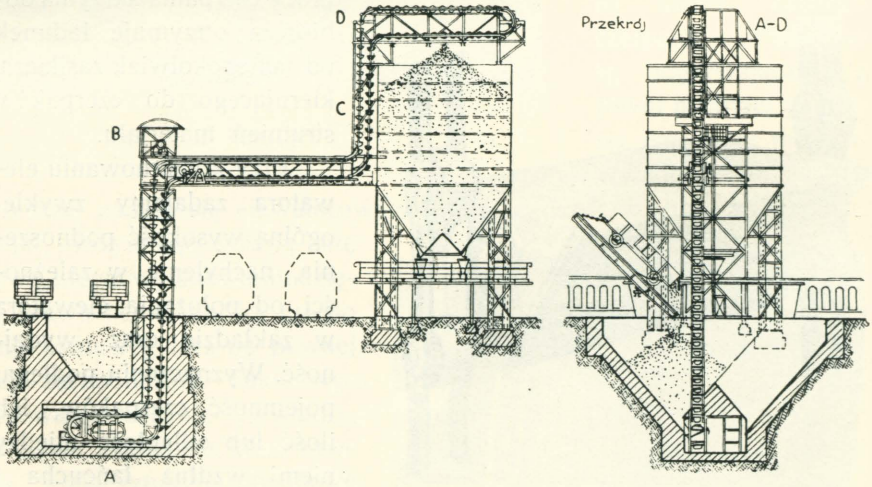


Rys. 198.



Rys. 199.

Oprócz bezpośredniego zadania podnoszenia elewatory niekiedy spełniają jednocześnie rolę przyrządu odwadniającego i w tym celu

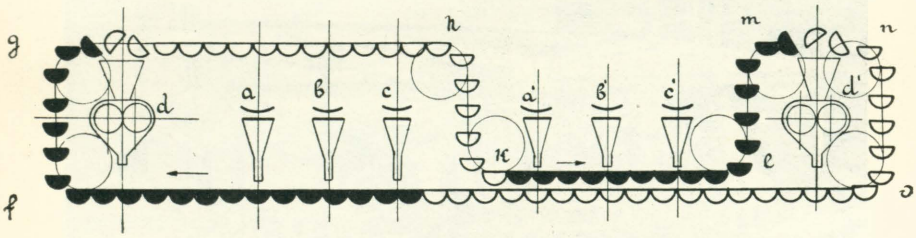


Rys. 200.

czerpaki sporządza się z blachy dziurkowanej. Tak, najczęściej na płóczkach węgla odwadnianie odpadów z maszyn osadowych odbywa się podczas ruchu ich na elewatorach (str. 9, rys. 3).

Elewatory typu specjalnego zastępują kilka elewatorów

i taśm transportowych w tym wypadku, gdy droga przenoszenia materjału ze względu na lokalne warunki rozmieszczenia przyrządów nie może być prostolinijna, lecz składa się z poziomych i pionowych elementów. Rys. 200 przedstawia przykład takiego elewatora, służącego do naładowania zbiorników przy piecach koksowych z wagonów kolejowych. Drugi przykład, wzięty z dziedziny zakładów przeróbczych, ilustruje rys. 201. Na taśmach *a*, *b* i *c* przesuwają się 3 klasy wzbogaconego antracytu, otrzymanego z separatorów spiralnych; po wzbogaceniu klasy te powinny być dostarczone do walcowych kruszarek, które ze względów lokalnych najwygodniej jest umieścić w jednej pła-



Rys. 201.

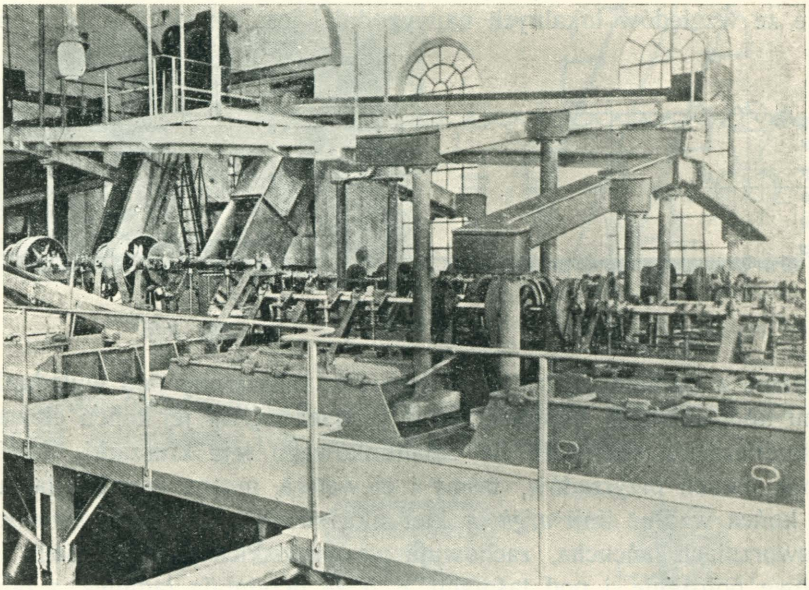
szczyźnie z taśmami *a*, *b* i *c*. W tym celu należałoby pod wyładunkowemi końcami taśm umieścić taśmę poprzeczną, na jej końcu elewator do podnoszenia materjału do załadunkowego leja kruszarki. Zamiast jednak dwóch przyrządów, taśmy i elewatora, można urządzić łańcuch bez końca wzdłuż linji *ofgh* w kierunku strzałki. Czerpaki zawieszone na sworzniach łańcucha, zachowują we wszystkich jego częściach jednakowe położenie i pod taśmami *c*, *b*, *a* przyjmują ładunek z odpowiednich lejów, a nad kruszarką wyładowują się automatycznie przy wywrocie na swych czopach. Łańcuchy takie przy swojem ciągłem przesuwaniu mogą spełniać jeszcze inne zadanie. Np., wyginając się dalej w kierunku *hklmn* w przytoczonym przykładzie, ten sam łańcuch może spełniać taką samą rolę odnośnie do symetrycznie położonego jednorodnego zespołu przyrządów z prawej strony, przerabiającego trzy inne klasy, które wymagają rozdrabiania w innej kruszarce *d'*. Aczkolwiek budowa takich elewatorów skombinowanych z przenośnikami jest nieco złożona, to jednak w pewnych wypadkach ich urządzenie staje się jedynie możliwe.

B. Przyrządy do transportu produktów mokrych i szlamów.

1) Rury i żłoby.

Rury służą do spuszczania w kierunku pionowym i stromym tylko szlamów i wody szlamowej oraz do podnoszenia ich pod ciśnieniem (np. przy spuszczaniu materjałów zgęszczonych z lejów i zbiorników osadowych zapomocą lewar). Żłobów otwartych o małem nachy-

leniu używa się nietylko dla produktów mokrych, otrzymywanych przy procesie przeróbki, lecz również dla suchych produktów luźnych (sypkich), o ziarnach do 15 mm i więcej, zamiast taśm transportowych, przytem w charakterze siły przenośnej występuje tutaj żywa siła wody, doprowadzonej w tym celu osobnemi rurami. Żłoby takie oblicza się podług zasad hydrauliki (przekrój poprzeczny i nachylenie), przyjmując określony współczynnik tarcia mieszaniny o dno żłobów zależnie od materjału, z którego zrobione są żłoby (drzewo, metal, beton), od

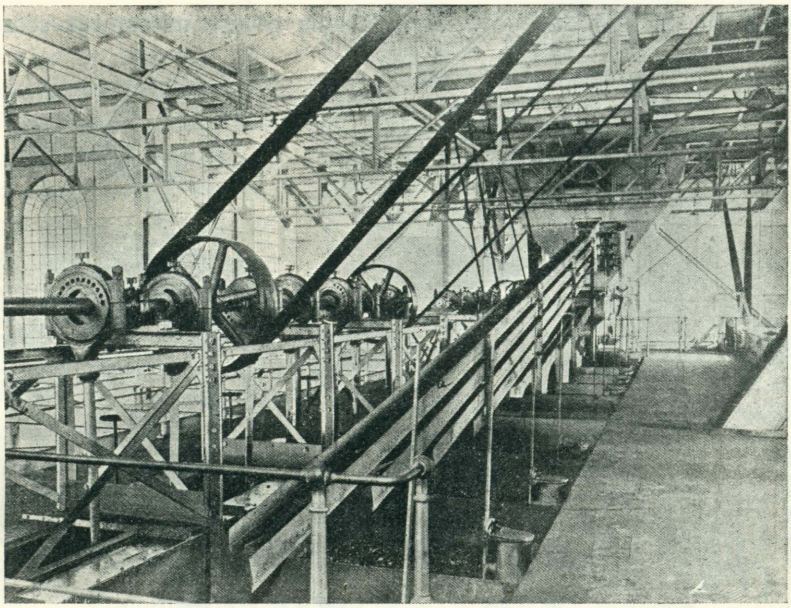


Rys. 202. Rozdzielanie materjału do maszyn osadowych w żłobach pochyłych i rurach pionowych (z katalogu Humboldta).

gatunku produktu, jego grubości i stosunku objętości wody do części stałych w mieszaninie. Sposób powyższy znajduje szerokie zastosowanie w tym wypadku, gdy ogólna wysokość pionowa opuszczania materjału jest nieznaczna, a droga przenoszenia nie może być prostolinijna, gdyż żłobom można nadawać w planie kierunek dowolny. Sposobu tego jednak używa się w tych wypadkach, gdy następne czynności, którym podlega materjał, odbywają się w obecności wody lub też gdy dokładne późniejsze oddzielenie wody nie ma znaczenia (rys. 202).

Tak, zazwyczaj przy suchej klasyfikacji na przesiewaczach i przy następnem osadzaniu w maszynach płóczkowych oddzielone klasy z przesiewaczy klasyfikacyjnych przenosi się do maszyn osadowych siłą strumienia wody w żłobach, przyczem wodę puszcza się albo do przesiewacza, gdzie dodatkowo płócze ona materjał lub też do żłobów (patrz rys. 203). Tak samo również klasy mokre przy klasyfikacji hydraulicznej przenosi się na odpowiednie stoły w żłobach. Przy braku wody

w szlamach, wypływających przez rurki lewarowe z klasyfikatorów do żłobów, dodaje się do nich taką ilość wody, ażeby z jednej strony, mierzony był ruch mechaniczny w żłobach, z drugiej zaś ażeby ilość ta nie przekraczała tej, jaka jest potrzebna dla dalszej skutecznej koncentracji na stołach płóczkowych.



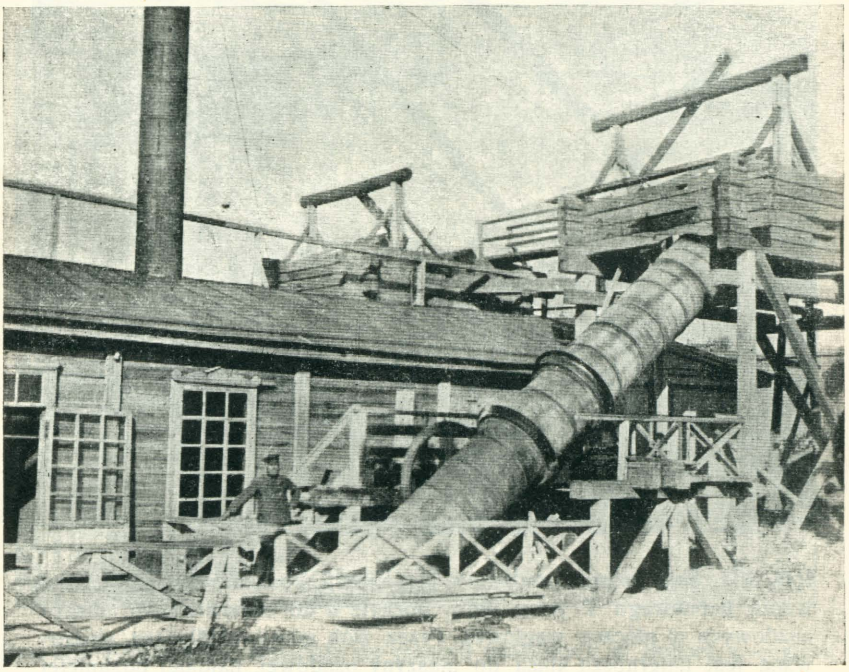
Rys. 203. Skierowanie produktów klasyfikacji koncentrycznego przesiewacza bębnowego *T* przez żłoby pochyłe *a* do odpowiednich maszyn osadowych w płóczce węglowej. Przez żłób górny, najdłuższy, skierowana jest najgrubsza klasa do maszyny osadowej, najdalej odsuniętej od przesiewacza. Przez niżej leżące żłoby przechodzą kolejno coraz drobniejsze klasy. Odpowiednio do tego najbliższa przesiewacza maszyna osadowa otrzymuje klasę najdrobniejszą. Rura *t* doprowadza do każdego żłobu dodatkową ilość wody, potrzebną do spłókiwania materjału.

Wody szlamowe zbierające się ze wszystkich przyrządów przy procesie mokrym przenosi się do zbiorników osadowych, urządzonych na dolnym piętrze zakładu, zapomocą systemu kanałów, przeprowadzonych w betonowej podłodze równolegle do linij konstrukcyjnych budynku, o takiej szerokości i głębokości, aby strumień na swojej drodze nie pozostawił żadnych osadów materjału.

Wreszcie sposób ten nadaje się do usuwania odpadów z zakładu (drobnych i grubych $\leqslant 20$), jeżeli położenie miejscowości daje możność umieszczenia zwałów bez urządzania podnośników.

2) Podnoszenie szlamów i produktów mokrych. Do podnoszenia szlamów i wogóle produktów mokrych używa się tych samych elewatorów czerpakowych, jak i dla materjałów luźnych, jednak pod

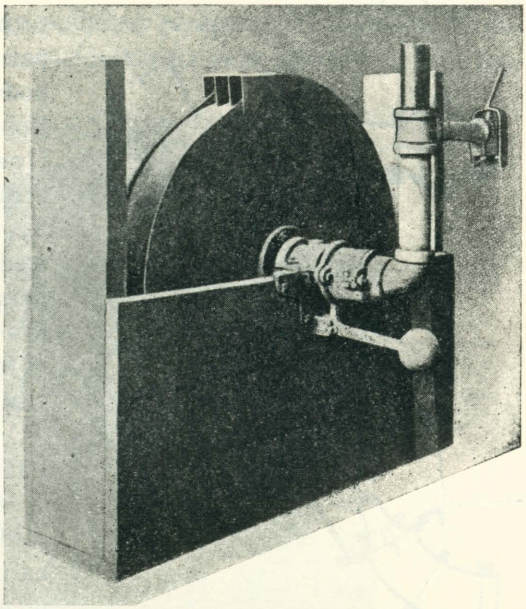
tym warunkiem, aby czerpaki miały szeroki i dogodny kształt, przy którym z łatwością mogłyby być opróżniane. Biorąc ogólnie, elewatory czerpakowe źle są przystosowane do tego celu, aczkolwiek są używane do usuwania odpadów z maszyn osadowych na niewielką wysokość, a w zakładach, dawniej zaprojektowanych, również do odwadniania szlamów. Główna wada elewatorów czerpakowych do podnoszenia szlamów oprócz niedogodnego wyładowywania polega na zanieczyszczaniu



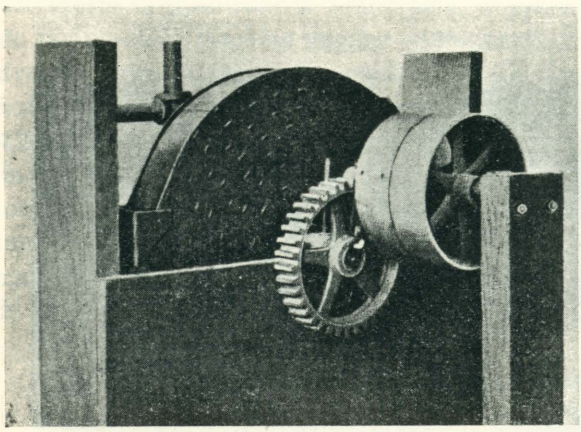
Rys. 204. Podnoszenie „efeli" zapomocą śruby Archimedesa w kopalni Kasjanowskiej (Ural).

przegubnych połączeń ogniw łańcucha, które wskutek tego ulegają silnemu zużyciu. Żłoby ze zgarniaczami, w wypadku nieznacznego nachylenia kierunku podnoszenia, są dogodniejsze, gdyż łańcuch nie zanurza się w szlamie; jeszcze więcej dogodne są śruby bez końca. Te ostatnie służą do poziomego przenoszenia szlamów, np. osadzających się na dnie maszyn osadowych, zbiorników osadowych, komór pyłowych przy mokrem osadzaniu pyłu, jak również do przenoszenia w kierunku wznoszącym się, jednak nie większym, jak 45°. Śruby Archimedesa, w postaci drewnianych rur o średnicy 1 m z wewnętrzną śrubą drewnianą, bardzo często znajdują zastosowanie na Uralu przy eksploatacji złota w zakładach płóczkowych do podnoszenia „efeli" na pewną wysokość, jeżeli ze względu na położenie miejscowości bezpośrednie usuwanie ich na zwały nie może być uskutecznione (rys. 204).

Najbardziej doskonały sposób podnoszenia szlamów i drobnych produktów mokrych polega na zastosowaniu w tym celu pomp odśrodkowych. Pompy te są bardzo często używane przy wszelkich procesach hydro-metalurgicznych do przenoszenia szlamów z ługowni do zbiorników osadowych, ze zbiorników do filtr-pras i t. d. W płóczkach węgla pompy odśrodkowe służą do wprawiania w ruch szlamów węglowych; w tym celu używa się ich również w zakładach wzbogacalnych rudy. Wreszcie w kopalniach złota i ekskawatorach, urabiających piaski złotonośne, pompy odśrodkowe są stosowane do usuwania grubych „efeli" (< 20 mm). Mała przestrzeń, zajmowana przez pompy odśrodkowe i dogodność przenoszenia materjału w rurach stanowią główne zalety tego sposobu. Oczywiście, łopatki pomp i ściany komór (kollektorów) podlegają silnemu zużyciu, tem większemu, im twardsza ruda i grubszy materjał. Z tego względu do budowy łopatek i wewnętrznej powierzchni pomp używa się specjalnych gatunków stali; pozatem pompa wymaga częstej naprawy i dlatego przy podnoszeniu szlamów zachodzi potrzeba ustawiania pomp parzystych, z których pompa zapasowa powinna być zawsze zdatna do użytku. Do podnoszenia piasków (ciężkich), miału z rudy używa się specjalnych „piaskowych"



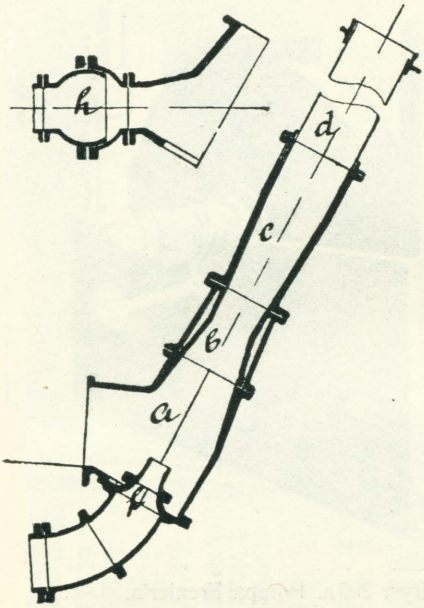
Rys. 205 a. Pompa Frenier'a.



Rys. 205 b. Pompa Frenier'a.

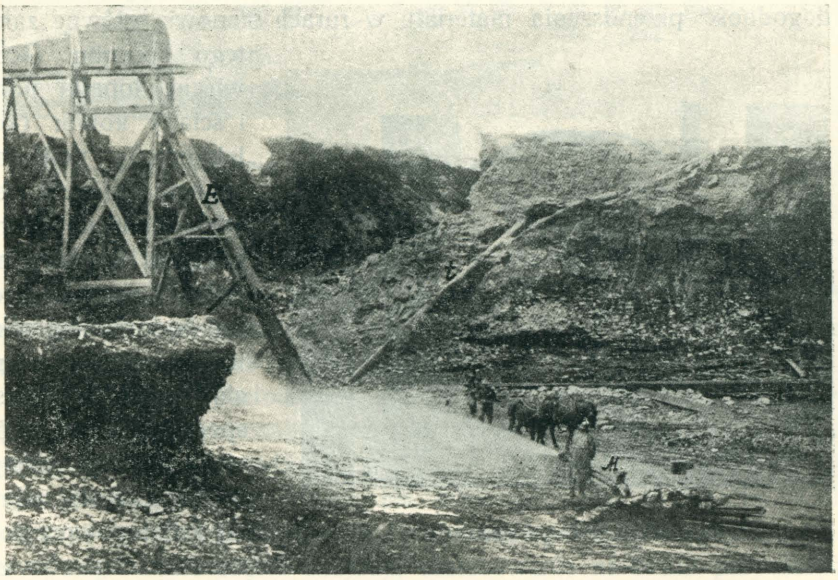
spiralnych pomp Frenier'a (rys. 205 a, b), których budowa jest prostsza i naprawa tańsza.

Przy hydraulicznem urabianiu złotonośnych piasków pozostaje do rozporządzenia nadmiar wody pod ciśnieniem, można przeto do podnoszenia piasków i „efeli" zastosować elewatory hydrauliczne (rys. 206, 207). Przy znacznem ciśnieniu mogą one podnosić nawet niewielkie otoczaki do 4—5″ średnicy. Współczynnik ich działania użytecznego jest jednak bardzo nieznaczny i zazwyczaj stanowi najwyżej 0,1 całkowitego ciśnienia.



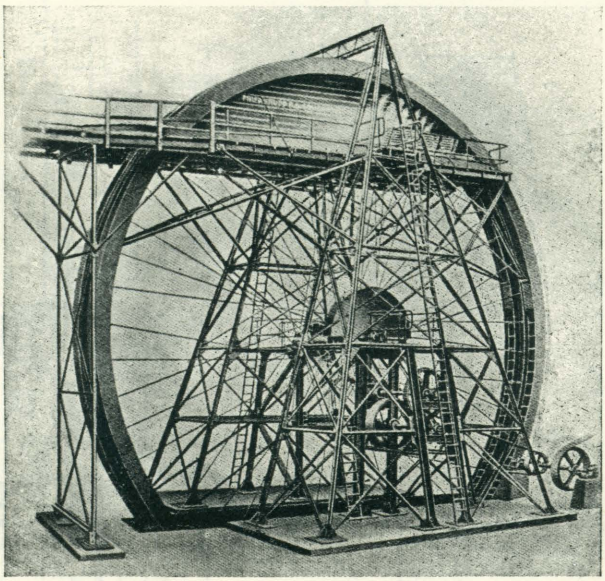
Rys. 206. Elewator hydrauliczny.

Aczkolwiek do podnoszenia szlamów dogodne są pompy i rury, to jednak wyżej wymienione wady oraz szybkie zużycie stoją na przeszkodzie ich rozpowszechnieniu, zwłaszcza w wypadkach, gdy należy podnosić duże ilości szlamów na znaczną wysokość



Rys. 207. Elewator hydrauliczny *E* w kopalniach złota na Alasce (Nome); *t* — rura naporowa; *M* — monitor, zapomocą którego spłókuje się w przodku materjał do żąpia elewatora.

Wówczas stosuje się elewator kołowy, który wyobraża obracające się koło hydrauliczne (rys. 208). Wadę nadmiernej ciężkości tych kół równoważy zaleta, polegająca na tem, iż obwód koła, przedstawiający sztywny system czerpaków, pozbawiony połączeń przegubnych, wymaga bardzo nieznacznej naprawy i może być zbudowany na dużą wydajność. Koła bar-

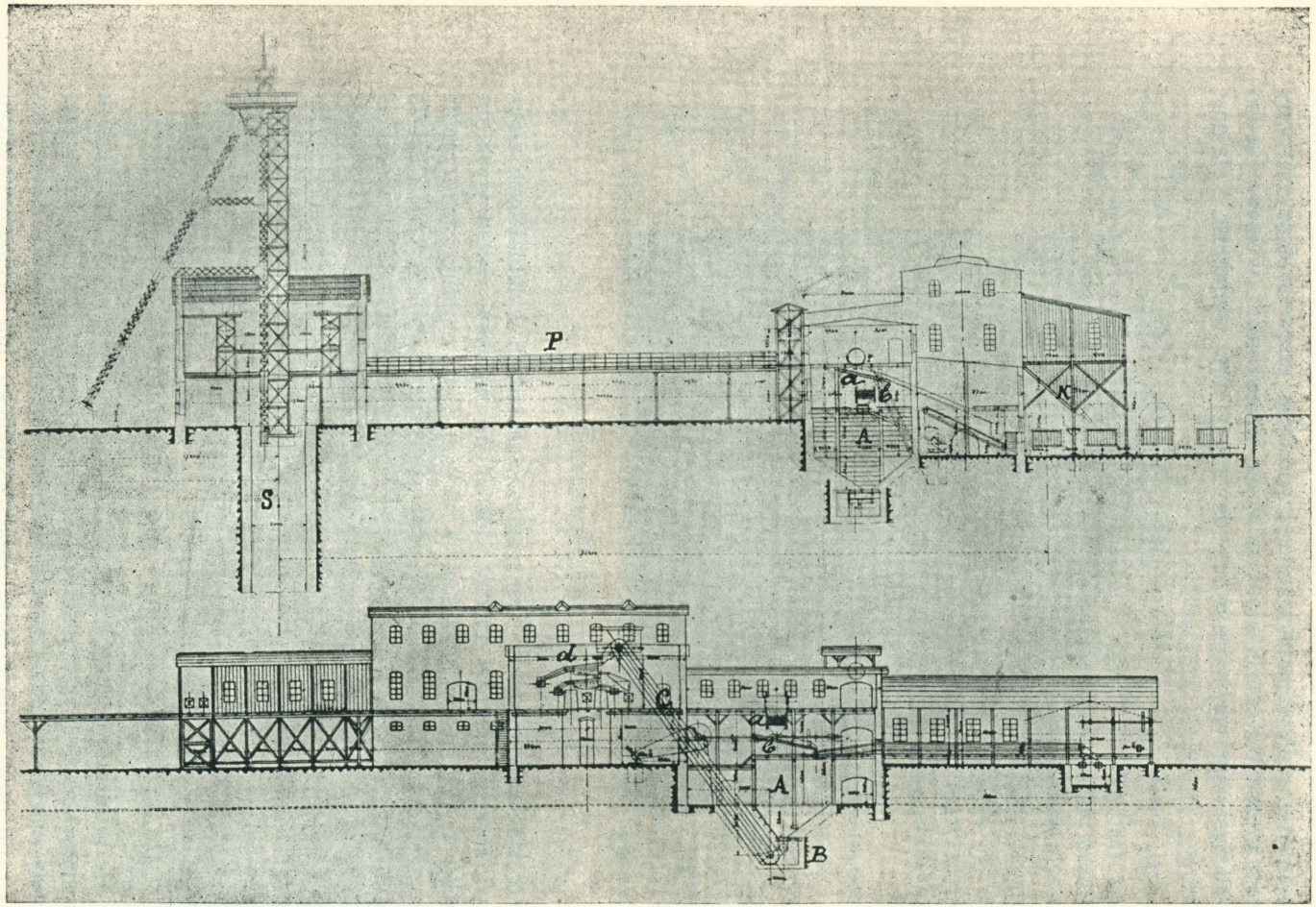


Rys. 208. Elewator kołowy.

dzo często są stosowane w Transvaalu, w zakładach wytapiających złoto, do podnoszenia piasków między oddzielnemi częściami zakładowych budynków oraz do usuwania „efeli" z zakładu. Tutaj znajdują zastosowanie koła o średnicy od 6 do 20 m przy użytecznej wysokości podnoszenia 4,2—14,4 m. Przy znacznej prędkości ruchu na obwodzie, dochodzącej do 2 m/sek., koło wykonywa najwyżej 6 obr./min. przy małych średnicach i 1 obr./min. przy średnicach większych. W kopalni miedzi Calumet & Hecla nad Górnem Jeziorem w Półn. Ameryce zbudowane zostały do usuwania odpadów z zakładu 2 kołowe elewatory o średnicy 30 m i 6 m szerokości, poruszane maszyną parową o mocy 600 KM.

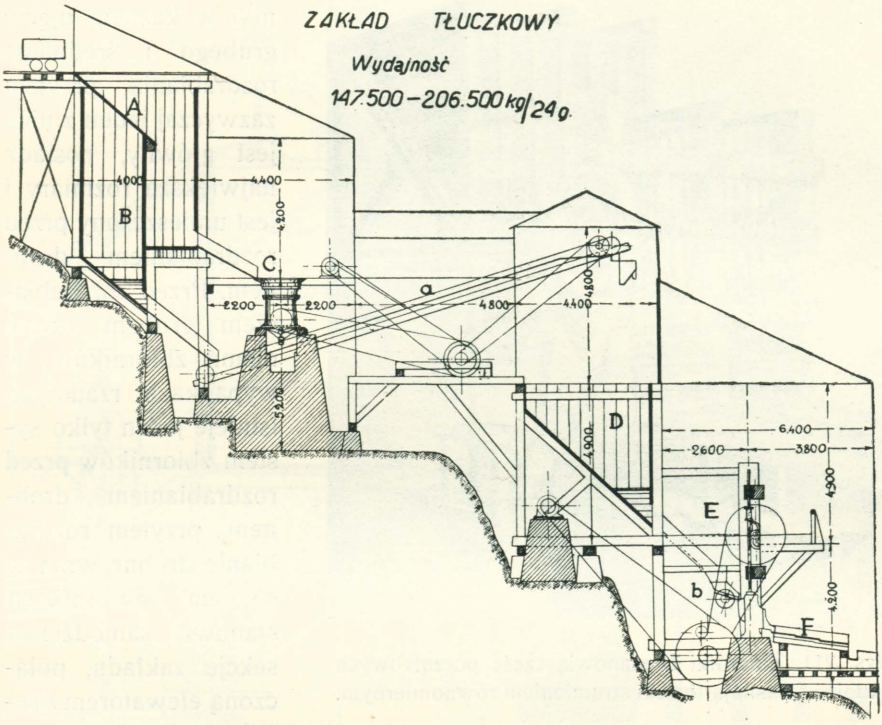
§ 4. Skupienie materjałów.

Skupienia pośrednie produktów przechowuje się w niewielkich zbiornikach, których pojemność, jeżeli są przeznaczone wyłącznie do regulowania strumienia, jest bardzo niewielka i pozostaje w takim stosunku do ilości jednocześnie załadowywanego lub wyładowywanego materjału, aby wynosiła niewięcej, jak podwójny zapas ładunku. Zbiorniki te posiadają zawsze kształt lejowaty, przytem niewielkie leje często



Rys. 209. Sortownia jednej z kopalń Zagłębia Ostrawsko-Karwińskiego w Czechosłowacji. Zbiornik początkowy *A*, umieszczony między serją przesiewaczy *a—b*, oddzielających grube sortymenty, i przesiewaczem *d* dla sortymentów drobnych, odgrywa rolę regulatora strumienia w sekcji sortymentów drobnych. Elewator *C* łączy zbiornik *B* z przesiewaczem *d*. Maszyna wydobywcza szybu *S* podnosi klatkę do poziomu pomostu odbiorczego z wywrotem *a* w sortowni, do której kieruje się wózki przez pomost *P*.

są połączone z przyrządem, przez nie zasilanym, w jedną konstrukcję. Tak, wszelkie elektromagnetyczne i elektrostatyczne separatory wymagające nader równomiernego podawania materjału, są zaopatrzone w lej zasilający, odgrywający rolę regulatora. Niektóre kruszarki, jak walce do miałkiego rozdrabiania, tłuczki, młyny Ewansa Waddela i in. mają takie same leje. Prasy brykietowe również są zaopatrzone w zbiornik regulujący, włączony między melakser i skrzynkę do formowania, dla

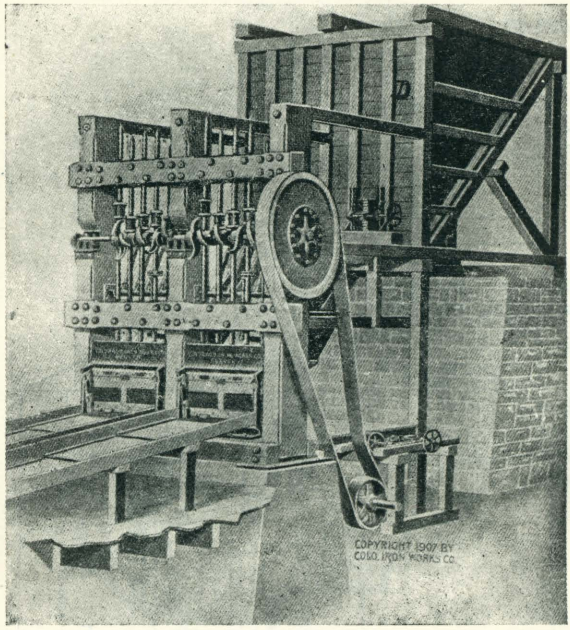


Rys. 210. Początkowe skupienie mieści się w zbiornikach *A*, *B* i *D*; z nich *D* przed tłuczkami odgrywa rolę regulatora strumienia rudy.

zamiany ciągłego strumienia w melakserze na przerywany, przystosowany do okresowego formowania brykietów. Jeżeli zaś te skupienia mają również służyć jako zapasowe i odpowiednio do tego powinny posiadać większe rozmiary, stanowią one wówczas przyrządy niezależne, o kształcie skrzyń z dnem ostrosłupowem lub lejów stożkowych. Leje takie umieszcza się zazwyczaj bliżej do poprzedniego przyrządu i jest to rodzaj odbiorczego zbiornika, np. pod kruszarką Blake'a, walcami do rozdrabiania i t. p.

Początkowe skupienia mają zawsze znaczenie zapasów i przechowuje się je w zbiornikach o znacznych rozmiarach — s k r z y n i a c h lub b u n k r a c h. Skupienia te niekiedy mieszczą się wewnątrz łańcucha przyrządów bezpośrednio przed działającemi nieprzerwanie przyrządami,

gdyż mogą one służyć jednocześnie jako regulatory ruchu strumienia rudy. Mieszczą się zawsze w oddzielnych budowlach — zbiornikach o znacznej pojemności, obliczonej na kilkugodzinną, dzienną i większą wydajność (rys. 209). Niekiedy w celu zwiększenia ogólnej pojemności początkowych skupień dzieli się je na kilka jednostek, umieszczonych kolejno przy kilku przyrządach, aż do sekcji zakładu, działającej nieprzerwanie (rys. 210, 211). Tak, przy wzbogaceniu rud bardzo często spotykamy takie zbiorniki w każdem ujęciu grubego i średniego rozdrabiania, przytem zazwyczaj jeden z nich jest główny, posiada największe rozmiary i jest umieszczony przed rozdrabianiem drobnem. Przed rozdrabianiem grubem często niema zbiorników; w wypadkach rzadszych istnieje jeden tylko system zbiorników przed rozdrabianiem drobnem, przytem rozdrabianie drobne wraz ze swojemi zbiornikami stanowi samodzielną sekcję zakładu, połączoną elewatorem z sekcją poprzednią.



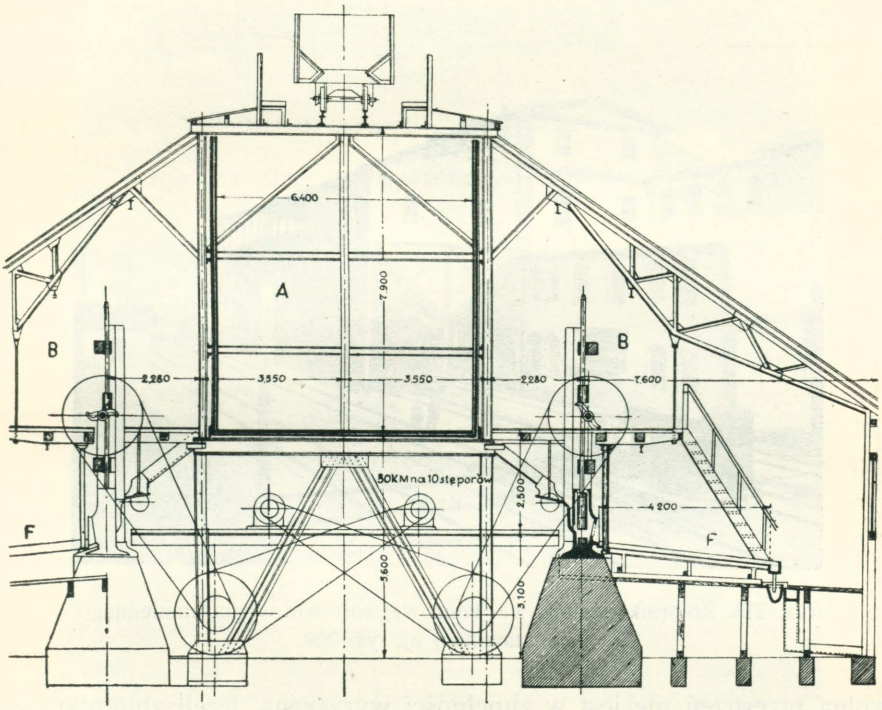
Rys. 211. Zbiorniki *D* stanowią część początkowych skupień i zasilają tłuczki strumieniem równomiernym.

W Transvaalu, w kopalniach złota (rys. 212) tłuczki zazwyczaj umieszcza się w oddzielnym budynku z dwuspadowym dachem; wzdłuż jego osi środkowej mieszczą się dwa rzędy zbiorników, nad niemi urządza się pomost załadunkowy, niekiedy w kształcie odkrytej platformy, na którą wjeżdża cały pociąg o składzie normalnym, dostawiający rudę z sekcyj grubego rozdrabiania, znajdujących się przy różnych szybach. Z dwóch stron zbiorników symetrycznie umieszczone są rzędy tłuczek *B* z amalgamacyjnemi żłobami *F*.

Przegródkami poprzecznemi zbiorniki dzieli się na oddzielne przedziały dla każdej tłuczki. Dna zbiorników umieszcza się na takiej wysokości, aby ładowanie tłuczek odbywało się bezpośrednio, bez pomocniczego przyrządu transportowego, jedynie siłą ciężkości. Dna zbiorników są z trzech boków pochylone ku otworowi wyładunkowemu, umieszczonemu w ścianie przedniej zbiornika (rys. 211). Niedawno weszły

szeroko w użycie zbiorniki z dnem płaskiem (rys. 212). Na dnie tworzy się tutaj przestrzeń martwa, napełniona rudą, w której przy ruchu materjału tworzą się naturalne płaszczyzny zsypu. Sposób ten zabezpiecza dno od ścierania.

Zbiorniki typu wyżej wymienionego zazwyczaj buduje się z drzewa, wykłada się je podwójnie grubemi deskami, niekiedy zabezpiecza się jeszcze od ścierania żelazną blachą. Bardzo duże zbiorniki mają mocną żelazną lub żelazo-betonową budowę.



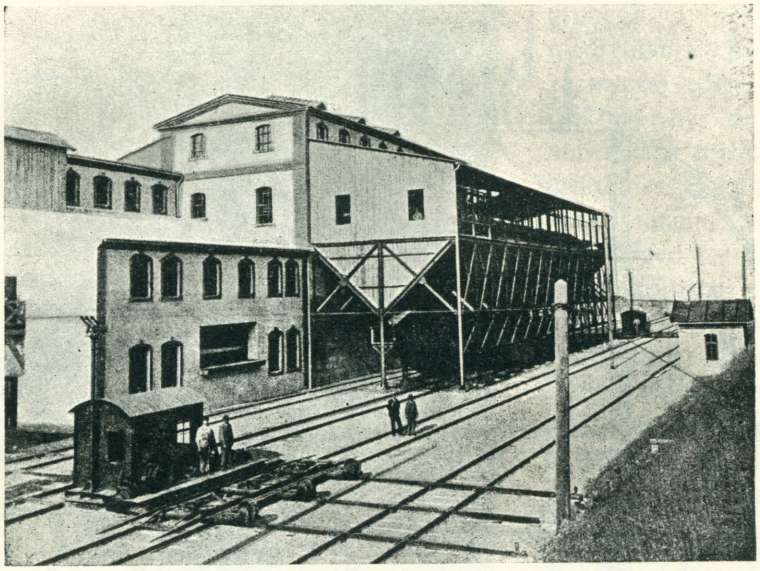
Rys. 212. Typ zakładu tłuczkowego w Transvaalu.

W kopalni złota Alaska Gastineau, w połudn. wschodn. Alasce, w pobliżu Juneau, zbiornik zapasowy do rudy po rozdrobieniu grubem przedstawia dużą komorę podziemną, wybitą w skale, której dno łączy się powierzchnią pochyłą na zboczu góry ze sztolnią, gdzie znajduje się taśma transportowa.

W kopalniach węgla początkowe zbiorniki prawie zawsze umieszcza się między sortownią i płóczką, przytem rzadko się spotyka zbiorniki dodatkowe między poszczególnemi stadjami przesiewania sortymentów grubych. Zbiornik główny stanowi zakończenie sortowni suchej i zajmuje jej dolne piętro, niekiedy znajduje się poniżej powierzchni gruntu i tworzy tak zwany dół węglowy (rys. 209). Z tego dołu węgiel podaje się przy pomocy elewatora strumieniem nieprzerwanym na

górne piętro płóczki. Dla dostępu do otworu wyładunkowego i czopów dolnego bębna elewatora urządza się specjalną studzienkę.

Odosobnione zbiorniki dla rudy i węgla, położone na powierzchni, często w budynku nadszybowym (przy rudach) są bardzo obciążone i ich wymiary powinny być obliczane podług reguł mechaniki budowlanej; buduje się je z blachy kotłowej, lub żelazo-betonu, mają przekrój okrągły z dnem półkulistem lub parabolicznem, gdyż kształt taki nadaje im największą wytrzymałość. Przytem jednak rozporządzalna



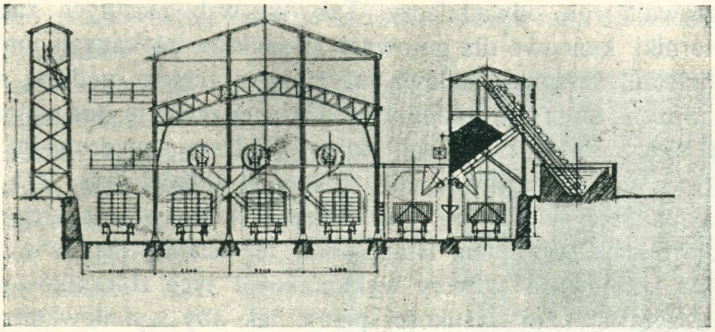
Rys. 213. Zbiorniki ładunkowe (końcowe) sortowni węgla kamiennego, przedstawionej na rys. 209.

wolna przestrzeń nie jest w zupełności wyzyskana. Jeżeli zbiorniki zajmują dużą powierzchnię, powinny one być zbudowane z żelbetu i mieć przekrój kwadratowy.

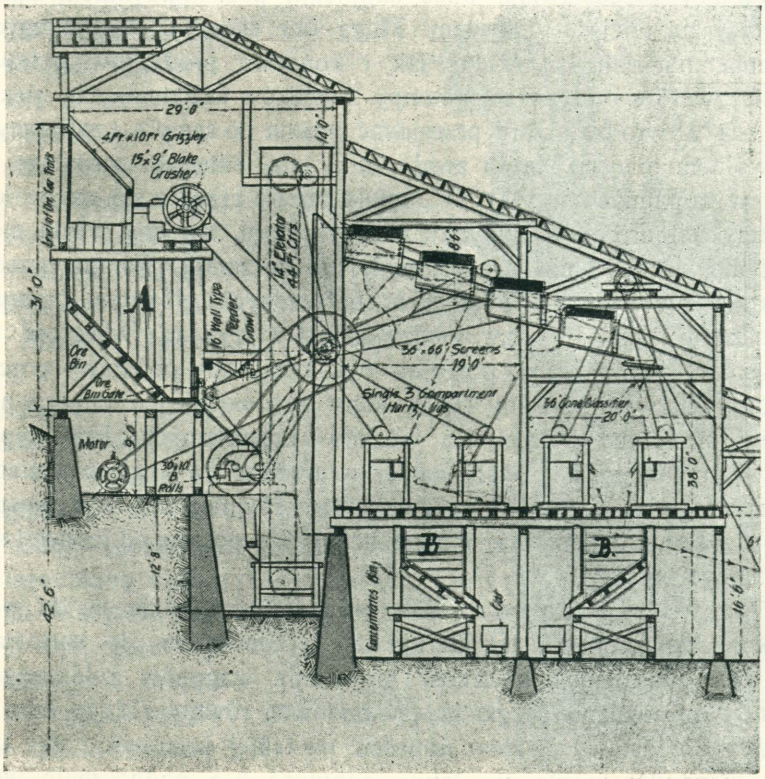
W zakładach hydrometalurgicznych (cyjanowych i in.) kadzie-zbiorniki do szlamów zawsze mają kształt walcowy z dnem płaskiem, spoczywającem na masywnych belkach, przytem wysokość kadzi wynosi niewięcej, jak połowę jej średnicy. Kadzie drewniane buduje się z kloców bednarskich, które się ściąga zewnątrz szeregiem pierścieni żelaznych, kadzie zaś metalowe — z blachy nitowanej. Kadzie takie dochodzą do 25 m średnicy (rys. 149, 150, 151, t. II, str. 188).

Zbiorniki końcowe kształtem nie różnią się od początkowych, nigdy jednak nie znajdują się poniżej powierzchni gruntu w postaci dołu, a ich otwory wyładunkowe znajdują się na takiej wysokości, iż wyładowanie do naczyń wysyłkowych odbywa się zawsze dzięki sile

ciężkości. Umieszcza się je zazwyczaj rzędami wzdłuż torów kolejowych, po których przechodzą wagony wysyłkowe.



Rys. 214. Zbiorniki ładunkowe dla węgla kamiennego.



Rys. 215. Zakład wzbogacalny rudy; *A* — zbiornik początkowy (regulujący); *B* — zbiorniki końcowe.

W sortowniach węgla kamiennego zbiorniki ładunkowe dla oddzielnych sortymentów swojemi dolnemi ostrosłupowemi częściami zaj-

mują kliny *K*, wytworzone stacyjnemi gabarytami dla sąsiednich torów (rys. 209, 213, 214).

Przy ładowaniu wilgotnych produktów końcowe zbiorniki zazwyczaj odgrywają rolę odwadniaczy. Tak, we wzbogacalnych zakładach rudy zbiorniki końcowe dla gotowych produktów płókanych umieszcza się pod każdą maszyną osadową na niższem piętrze rzędami, między któremi ułożone są szyny kolejki wąskotorowej, przytem dna zbiorników składają się z siatki rusztowej, pokrytej blaszanem drobnem sitem dla odpływu wody, odprowadzanej systemem żłobów (rys. 215, *B*).

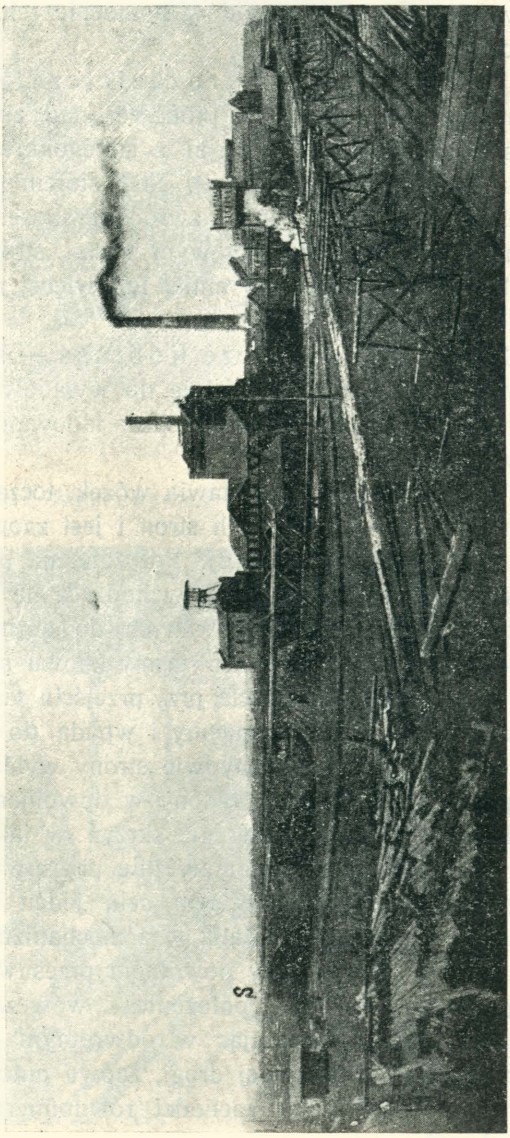
W kopalniach węgla po odwadnianiu miału w wysokich walcowych zbiornikach (systemem Humboldta) te ostatnie stanowią system zbiorników końcowych. Otwory wyładunkowe tych zbiorników zazwyczaj umieszcza się na wysokości piętra, tak aby wyładowanie mogło się odbywać bezpośrednio do wagonów kolejowych lub do wózków pieców koksowych (rys. 167, str. 240).

Zwały przedstawiają duże skupienia poza budynkiem zakładu, zazwyczaj na miejscu odkrytem. Mogą one stanowić tak początkowe skupienia materjału surowego, jak i końcowe produktów gotowych. Sypanie zwałów odbywa się z rampy z wózków kopalnianych, niekiedy zapomocą wywrotów, ktore przesuwać można po rampie i zatrzymywać w dowolnem miejscu. Jeżeli zwały służą dla materjału surowego (pospółki w kopalniach węgla), to pomost rampy urządza się na poziomie platformy odbiorczej w budynku nadszybowym, tak aby wózki można było podawać dowolnie na sortownię lub na rampę. Rampa przedstawia kilka równoległych pomostów, połączonych głównym pomostem poprzecznym, który je łączy między sobą i z szybem. Odległość między sąsiedniemi rampami powinna być taka, aby podstawy poszczególnych zwałów nie stykały się ze sobą, a w odstępach między niemi mieściły się szyny kolejki dla wózków kopalnianych. Przy sypaniu węgla kamiennego na zwały należy to uważać za konieczne nietylko w celu udogodnienia brania ze zwału, lecz również dla zabezpieczenia węgla od samozapalenia się i przerzucania się pożaru od jednego stosu do drugiego (rys. 216).

Pospółkę węglową ze zwałów bezpośrednio ładuje się do wagonów kolei żelaznej lub też kieruje się ją zpowrotem do sortowania. Jeżeli przewiduje się konieczność ładowania wagonów kolei żelaznej, to rampy do zwalania węgla należy budować równolegle do szyn kolejowych i podstawy zwałów umieścić na takiej wysokości, aby ładowanie wagonów mogło się łatwo odbywać bez podnoszenia węgla. W dużych składach rudy na placach zakładowych zazwyczaj unika się tworzenia wyniesień poziomu gruntu, te bowiem zmniejszają pojemność danego placu, jeżeli wysokość nie może być odpowiednio zwiększona; dla wyładowania zwałów zastosowuje się mechaniczne urządzenia róż-

nych systemów (czerpakowe, szczypcowe) i ekskawatory jednoczerpakowe Bucyrusa i in. (rys. 133, str. 217).

Jeżeli materjał, złożony w zwałach, kierowany jest zpowrotem do przeróbki (pospółka węglowa do sortowni, uboga ruda do wzbogacenia), to należy urządzić specjalny parowy lub elektryczny podnośnik, łączący poziom gruntu z odbiorczą platformą szybu, do podnoszenia wózków, naładowanych ze zwałów do wywrotów. W lepiej urządzonych zakładach przy podawaniu materjału do jednego określonego punktu np. do sortowni, do kotłowni (węgiel), prażalni (piryt) wyładowanie zwałów odbywa się zapomocą zespołu mechanicznych konwejorów, z których najdogodniejszym jest zespół Marcusa (patrz wyżej).



Rys. 216. Rampa dla zwałów pospółki węglowej na kopalni Saturn w Polsce.

Jeżeli na zwały składa się gotowe produkty sortowania i wzbogacania, to poziom rampy powinien być uzgodniony z poziomem miejsca, na którem otrzymuje się te produkty w zakładzie, a to w celu uniknięcia podnoszenia produktów. Jeżeli jednak uniknąć tego nie można lub też jeżeli otrzymuje się gotowe produkty na różnych poziomach, to należy urządzić podnośnik ogólny do podnoszenia wózków, naładowanych produktami przeróbki, na pomost rampy. Wyładowanie zwałów stosów gotowych produktów odbywa się

oczywiście, bezpośrednio do wagonów zapomocą tych sposobów, jakie były opisane wyżej dla materjału surowego.

Ładowanie skupień i podział materjałów. Dla równomiernego podziału materjału na skrzynie o dużym przekroju poprzecznym używa się różnych przyrządów pomocniczych. Przytaczamy tutaj następujące:

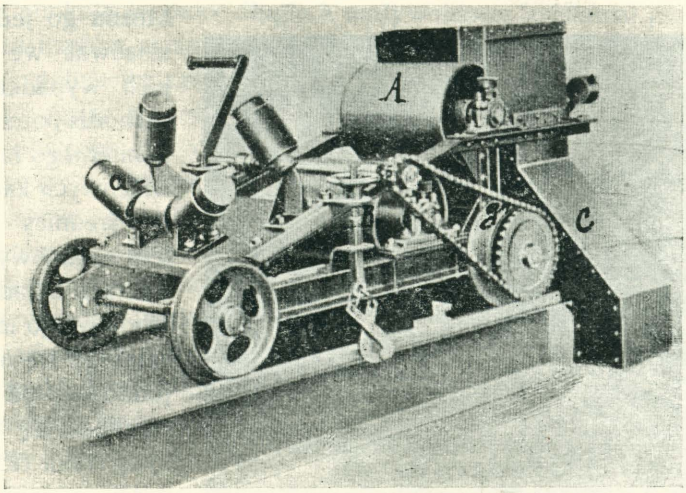
1) Okrągłe stoły rozdzielcze. Są to pierścienie tarczowe, wolno wirujące około osi pionowej nad zbiornikiem. W określonem miejscu na stół trafia materjał z jakiegokolwiek transportowego przyrządu (konwejora, elewatora). Nad stołem w miejscach określonych umieszcza się skośne tarcze, zwrócone skosem kolejno wewnątrz i nazewnątrz stołu. Przy obrotowym ruchu stołu tarcze zrzucają materjał do zbiorników, dzieląc go mniej lub więcej równomiernie po całej ich powierzchni.

2) Wyładowywacze Robinsa — są to przyrządy, działające automatycznie i służą specjalnie do wyładowania z giętkich taśm w dowolnem miejscu ich długości przy ładowaniu długiego rzędu skrzyń, np. w zakładzie tłuczek.

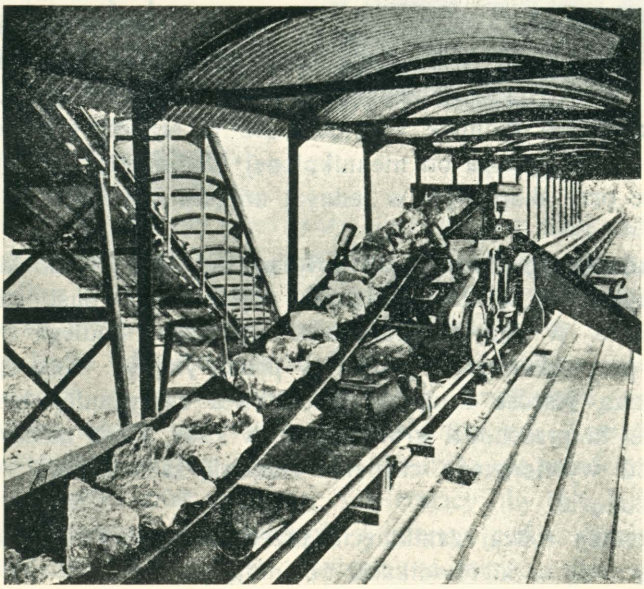
Wyładowywacz przedstawia wózek, toczący się po szynach, które obejmują konwejor z dwóch stron i jest zaopatrzony w 2 bębny obrotowe *A* i *B* (rys. 217, 218). Położona na bębnach taśma wygina się w kształcie litery *S*, jej część wchodząca na bęben górny przylega do rolek kierowniczych, umocowanych do górnej skośnej ściany wózka. Schodząca z bębna *B* część taśmy znowu się układa na stałych rolkach konwejora. Oczywiście, przy przejściu taśmy przez bęben górny *A* materjał z niej zostaje zrzucony i wpada do pochyłego żłobu *c*, który go kieruje na jedną lub obydwie strony wyładowywacza. Wózek zapomocą śrub może być ustawiony w dowolnem miejscu konwejora dla naładowania długiego szeregu skrzyń w jakimkolwiek punkcie. Poza tem wózek ten może automatycznie przesuwać się po szynach wzdłuż całego szeregu skrzyń. W tym celu jeden z bębnów *A* lub *B* łączy się zapomocą łańcucha Galla *g* z mechanizmem napędowym na kółkach wózka. Wózek przy powolnem przesuwaniu w jednym kierunku osiąga swoje krańcowe położenie i wówczas automatycznie zmienia kierunek ruchu, powracając w odwrotnym kierunku. Doszedłszy do przeciwległego końca swej drogi, znowu automatycznie powraca i t. d. Podczas takiego ruchu zachodzi równomierne ładowanie całego szeregu skrzyń.

3) Zsypywanie materjału z przenośnika można urządzić w sposób prostszy zapomocą skośnych nieruchomych tarcz, ustawionych w miejscach dowolnych, pod warunkiem jednak, aby taśma miała profil płaski. Tarcze takie mogą zrzucać materjał również z konwejorów łańcuchowych, nie posiadających bocznych obrzeży.

4) W żłobach ruchomych Zimmera, Marcusa i in. urządza się otwory w różnych miejscach w kierunku długości, jak i szerokości, lub też ich powierzchnię zaopatruje się w skośne kierownicze prze-



Rys. 217. Wyładowywacz Robinsa.

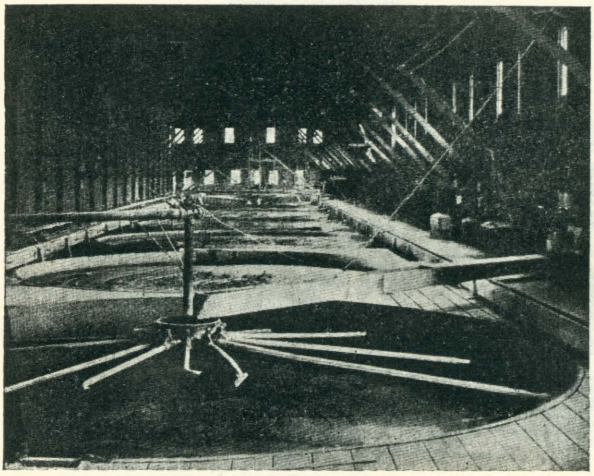


Rys. 218. Automatyczny wyładowywacz taśmy Robinsa w czasie działania.

gródki w różnych miejscach i różnej długości, których końce zagięte w żłobie w kierunku przeciwnym do ruchu materjału, dzielą strumień materjału na kilka części, a skośne tarcze kierują je w odpowiednie punkty skrzyń. Oczywiście, wszystkie wyżej wymienione metody z jed-

nakowem powodzeniem mogą być zastosowane również do ładowania na zwał.

5) Rozdzielacz szlamu Buttersa stosuje się do ładowania kadzi rozdrobioną rudą złota przy procesach cyjanowych (rys. 219). Można go jednak zastosować we wszystkich wypadkach, gdy zachodzi potrzeba równomiernego ładowania walcowych kadzi o dużej średnicy materjałem szlamowym. Rozdzielacz składa się ze środkowego leja, obracającego się około osi pionowej, od którego rozchodzi się 8 radjalnych rurek różnej długości, z zagiętemi w jedną stronę płaskiemi przystawkami. Po napełnieniu leja szlamem, wypływa tenże przez rurki i cały układ podlega uruchomieniu dzięki sile reakcji wody, na wzór znanego z fizyki młynka Segnera. Przyrząd ten nietylko dzieli ładunek równomiernie po całym przekroju kadzi, lecz również zabezpiecza od nieuniknionej klasyfikacji materjału, jaka ma miejsce przy skupionym w jednym miejscu ładunku.

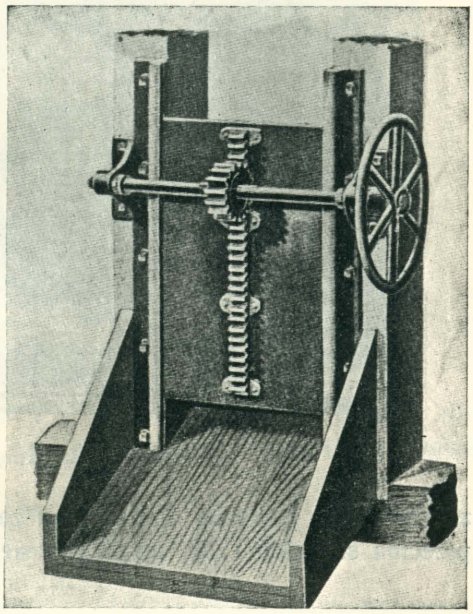


Rys. 219. Rozdzielacz szlamu Buttersa.

Wyładowanie skupień ze zbiorników. Dla wyładowania zbiorników urządza się w ich najgłębszej części otwór-upust, zaopatrzony w zamknięcie. W dużych zbiornikach zamknięcie podlega silnemu ciśnieniu i przy otwieraniu go należy przezwyciężyć silny opór tarcia. Atoli większą jeszcze trudność przedstawia zamykanie, kiedy przez otwór upus tu przechodzi gruba warstwa rudy, którą należy przeciąć. Zależnie od wywieranego ciśnienia znajdują zastosowanie różnej budowy zamknięcia.

Najprostszy rodzaj zamknięcia przedstawia zasuwa lub tarcza, przesuwająca się w kierownikach, obejmujących z boków otwór upustu. Przy niewielkiem ciśnieniu przesuwa się zasuwę ręcznie zapomocą zwykłego systemu dźwigni. Przy silniejszem ciśnieniu zasuwa przedstawia rodzaj mocnej tarczy, zaopatrzonej w drążek zazębiony (kremaljerę), jeden pośrodku lub dwa po brzegach; drążek zazębia koło zębate, osadzone na wałku z kołem ręcznem (rys. 220), lub też urządza się jakikolwiek więcej złożony, zato mocniejszy napęd, np. ślimakowy.

Przy skrzyniach o niewielkiej wysokości bardzo dogodne dla rudy są zamknięcia palcowe. Składają się one z szeregu dwuramiennych łamanych dźwigni *a*, *b* (rys. 221, 222), zawieszonych na jednej osi naprzeciw otworu w pionowej ścianie zbiornika. Krótkie palce *a* stanowią właściwe zamknięcie; palce długie *b*, usztywnione z krótkiemi palcami zapomocą zastrzałów, stanowią napęd i własnym ciężarem utrzymują urządzenie w położeniu zamkniętem. Jeżeli ciężar ten nie wystarcza, wówczas przez oka, znajdujące się z dwóch stron otworu upustu, przeciąga się drążek, którego zadanie główne polega na utrzymaniu palców w położeniu zamkniętem podczas ładowania rudą próżnego zbiornika, kiedy siłą żywą swojego spadku bryły rudy mogą otworzyć zawór. Każdy palec zaworu otwiera się oddzielnie, mogą być jednak otwarte wszystkie palce razem zapomocą linek, przerzuconych przez krążek. Dogodność zaworu palcowego polega na tem, iż przez szczeliny między palcami można obserwować stan zapełniania zbiornika od dołu, nie otwierając zaworu. Rozumie się samo przez się, iż zawory takie nadają się jedynie do grubszej rudy, której oddzielne bryły nie mogą przechodzić przez szczeliny między palcami. Dla rudy drobnej należy do górnego brzegu otworu przybić kawałek sukna lub rogoży.

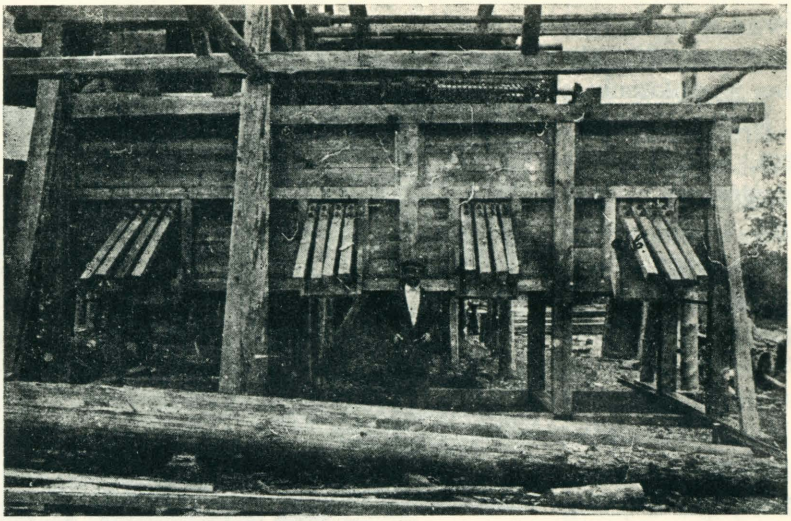


Rys. 220.

Upusty lejów odwadniających dla miału węglowego oraz w wieżach koksowych są umieszczone poziomo. Zamknięcie przedstawia kształt okrągłej tarczy, odsuwanej zapomocą dźwigni. Zamykanie taką tarczą napełnionego miałem węglowym zbiornika nie przedstawia większej trudności, gdyż miał węglowy, zawierający do 15% wilgoci, zazwyczaj zbyt łatwo się nie wysypuje i tworząc nad stożkowem dnem rodzaj sklepienia, nie wywiera ciśnienia na tarczę całym swym ciężarem; dosyć często dla wyładowania miału uciec się musi do użycia drąga. Niekiedy poziomo położone tarcze również urządza się z drążkiem zębatym. (rys. 7, str. 14).

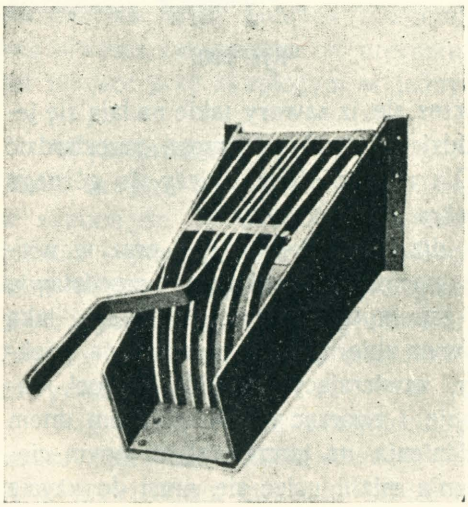
Przy wielkich skrzyniach, na które wywiera silne ciśnienie skała, i przy suchym materjale, łatwo wysypującym się z otworu, największą trudność przedstawia zamykanie upustu. W tych wypadkach zaworowi

częściej nadaje się kształt odcinka powierzchni walcowej, który obraca się na bocznych wycinkach koła na osi poziomej (rys. 223) zapomocą jakiegokolwiek napędu: zwykłej dźwigni, napędu ślimakowego od wału



Rys. 221. Zamknięcia palcowe.

z kołem, lub łańcucha Galla. Przy zamykaniu tarcza dolnym brzegiem przecina strumień rudy, zsypującej się przez upust. Przy pionowem położeniu otworu przez szczelinę górną można obserwować stan napełnienia zbiornika.

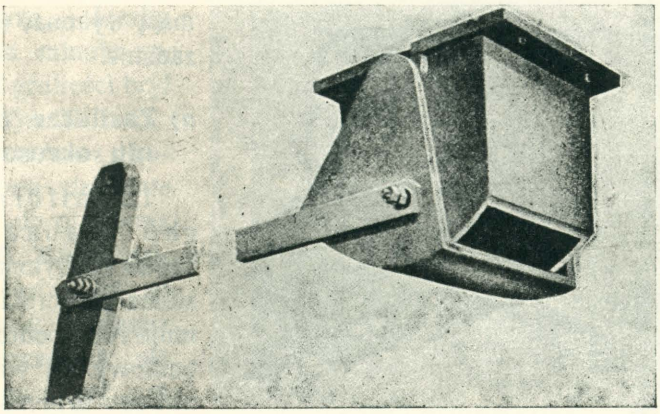


Rys. 222.

§ 5. Zasilanie przyrządów.

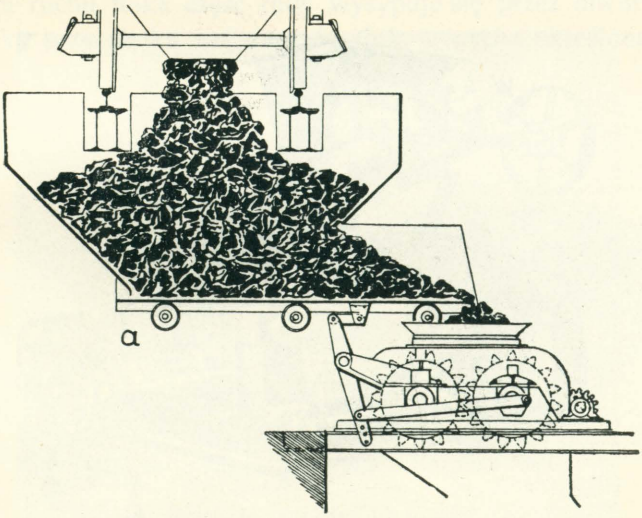
Zasilanie przyrządów stałym równomiernym strumieniem osiąga się zapomocą tak zwanych z a s i l a c z y. Zasilacze nietylko utrzymują równomierną prędkość strumienia rudy, lecz również nadają mu określoną formę dla równomiernego naładowania przyrządu wykonawczego warstwą rudy j e d n a k o w e j g r u b o ś c i. W niektórych przyrządach, np. elektromagnetycznych lub elektrostatycznych separatorach, równomierna grubość warstwy rudy stanowi nieodzowny warunek pomyślnego ich działania. W innych wy-

padkach, np. przy walcach rozdrabiających, równomierne podawanie materjału do wszystkich punktów części roboczych sprzyja równomiernemu ścieraniu przyrządu, równomiernemu rozdrabianiu, zmniej-



Rys. 223.

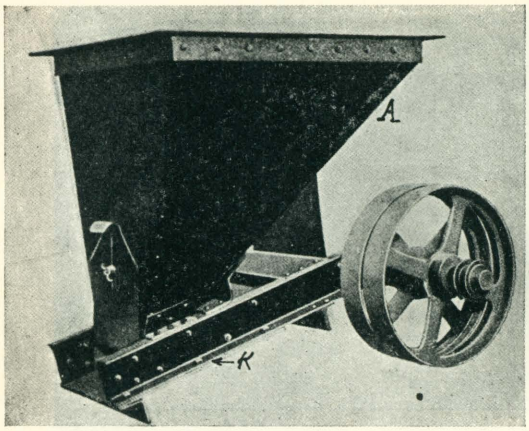
szeniu ilości wytworzonego pyłu i t. p. Wymagania te zresztą nie dotyczą wszystkich przyrządów; tak np. przyrządy, których działanie



Rys. 224. Platforma o ruchu wahadłowym.

nie zależy od dopływu przerywanego strumienia materjału, mogą być zasilane mniej lub więcej równomiernym strumieniem. Zasilacze przy takich przyrządach (kruszarki do ziarn grubych, tłuczki, młyny) umożliwiają użycie przyrządów mniejszego kalibru, bez nich bowiem przyrządy musiałyby mieć takie wymiary, aby mogły przepuścić jednorazowo podawany największy ładunek materjału. Tak więc rozróż-

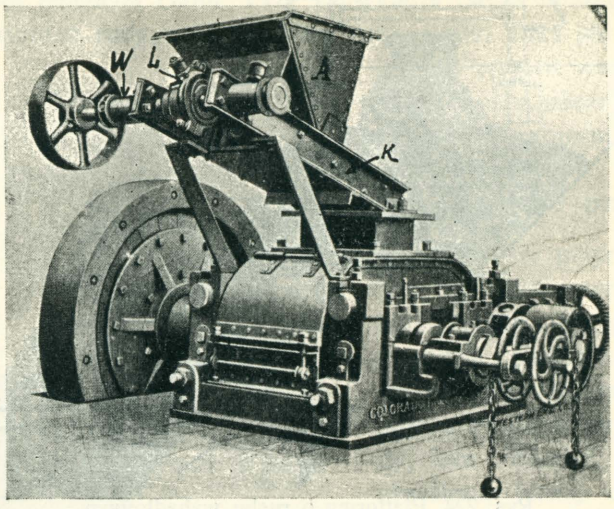
niamy dwa typy zasilaczy. Jedne dają równomierny strumień oddzielnemi porcjami w krótkich odstępach czasu i znajdują zastosowanie, gdy nie jest wymagane tworzenie ciągłego strumienia o określonym kształcie; inne natomiast mają wykonać to ostatnie zadanie.



Rys. 225.

a) Zasilacze o działaniu okresowem.

1. Platforma o ruchu wahadłowym. Lekko nachylona lub pozioma platforma *a* otrzymuje ruch podłużny, wahadłowy od wału napędowego zapomocą parzystych drążków mimośrodowych lub też od mechanizmu, połączonego z niżej leżącym aparatem wykonawczym (rys. 224). Platforma leży na rolkach i zamyka otwór zbiornika, którego upust wyładunkowy mieści

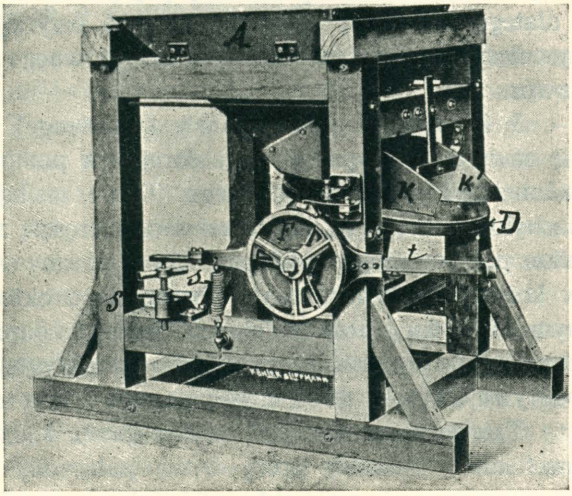


Rys. 226. Zasilacz tłokowy kruszarki walcowej.

się na przedniej pionowej ścianie i niekiedy jest zaopatrzony w zawór. Wysokość szczeliny upustowej pod tarczą zaworu reguluje ilość zsypywanego materjału. Przy każdym ruchu wstecznym platformy materjał zsypuje się z jej brzegu. Przy bardzo wielkich zbiornikach dla uniknięcia zbyt silnego ciśnienia na platformę wyładowywanie z głów-

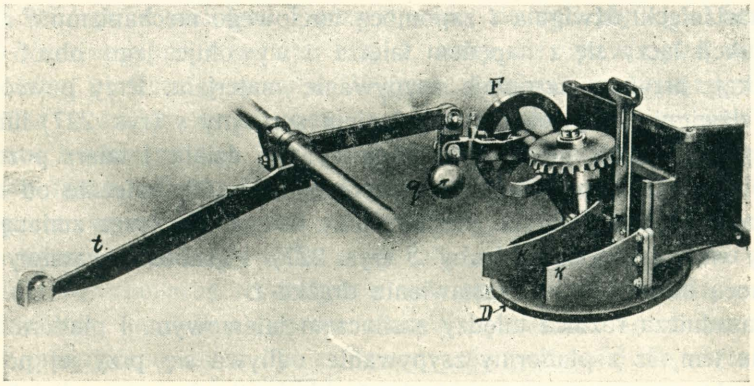
nego zbiornika odbywa się najpierw do niewielkiego zbiornika pomocniczego, z którego następnie materjał wyładowuje się zapomocą zasilacza.

Platformy takie najczęściej są używane do zasilania kruszarek do grubego i średniego rozdrabiania. Liczba wahań na minutę zależnie od grubości brył wynosi 30—60.



Rys. 227. Zasilacz Challenge.

2. Zasilacz tłokowy ma działanie podobne do platformy (rys. 225, 226). Zasilacz składa się ze skrzynki *k*, wewnątrz której przesuwa się tłok, wchodzący ze strony tylnej skrzynki i otrzymujący ruch od wału napędowego *W* zapomocą drążka mimośrodowego *L*. Przy powrotnym ruchu tłoka część rudy wysypuje się przez otwór zbiornika do skrzynki, przy skoku zaś naprzód tłok wypycha określoną ilość materjału. Tłok może robić znaczną ilość skoków — do 120, gdyż doznaje mniejszego oporu, niż platforma typu wyżej wymienionego; główna różnica między niemi polega na tem, iż tłok nie stanowi dna zbiornika, jak platforma i dlatego powierzchnia, podlegająca ciśnieniu skały i równa powierzchni otworu upustowego, jest dla tłoka znacznie mniejsza. Regulowanie zasilania może być osiągnięte przez odpowiednie ustawienie



Rys. 228. Zasilacz Challenge.

tłoka w skrzynce zapomocą śrub na trzonie tłokowym. Konstruktorzy amerykańscy łączą ten przyrząd z walcami rozdrabiającemi przy rozdrabianiu grubem i średniem (rys. 226). Bezpośrednie jednak ustawienie go pod zbiornikami o znacznej pojemności niezupełnie jest racjonalne i dlatego zazwyczaj odbiorczy lej tego przyrządu stanowi zbiornik pomocniczy, otrzymujący ładunek od głównego zbiornika przez zwykły zawór.

3. Zasilacz talerzowy (Challenge) (rys. 227 i 228) urządza się zawsze w połączeniu ze zbiornikiem pomocniczym *A*, odbierającym ładunek od zbiornika głównego. Talerz zasilający posiada kształt lekko nachylonej tarczy *D*, tworzącej swoją częścią tylną podstawę dla zbiornika pomocniczego, podobnie do platformy wyżej opisanej. Tarcza ta w krótkich odstępach czasu obraca się o określony kąt, zawsze w jednym kierunku; przy kolejnych ruchach odprowadza materjał z pod zbiornika do przedniej części, między dwie wygięte nieruchome ścianki *k*, *k'*, odgrywające rolę żłobu kierowniczego i tarcz zrzutowych.

Tarcza obracana jest zwykle przez oddzielny napęd, czasami zaś mechanizm ruchowy tarczy bywa połączony z jakiemikolwiek ruchomemi częściami przyrządu wykonawczego. Zasilacz „Challenge" najczęściej łączy się z tłuczkami lub młynami do drobnego rozdrabiania. Przy połączeniu z tłuczką dźwignię *t*, obracającą tarczę, naciska jeden ze stęporów przy każdem uderzeniu zapomocą zespołu przenośnych przyrządów, łączących ją z mufą stępora. Przy połączeniu z młynem dźwignię *t* naciska bezpośrednio walec młyna przy każdym obrocie. Przy naciśnięciu dźwignia *t* zapomocą tarciowego mechanizmu *F* różnej konstrukcji łączy się z napędem talerza i wywołuje jego obrót o pewien kąt, przytem następuje zsypywanie materjału. Przy powrotnym ruchu dźwigni *t*, wywołanym działaniem sprężyny *s* (rys. 227) lub ciężaru *q* (rys. 228), mechanizm tarciowy nie działa i talerz pozostaje w spoczynku. Liczba obrotów na minutę 20—100, zależnie od ruchu przyrządów wykonawczych. Regulowanie osiąga się przez zmianę amplitudy wahań zapomocą śruby *S* (rys. 227) i grubości warstwy rudy zapomocą odpowiedniego ustawienia drążka *t*.

Zasadnicza różnica między zasilaczem talerzowym i platformą polega na tem, iż z platformy zsypywanie odbywa się przy jej powrotnym ruchu, przytem w tym momencie platforma doznaje największego oporu tarcia na swojej powierzchni i tarcia rudy, napierającej na tarczę zaworową upustu. Natomiast przy zasilaczu talerzowym powrotnego ruchu talerza niema i zsypywanie materjału zachodzi w warunkach podobnych do tych, jakie istnieją przy ruchu postępowym platformy, t. zn. powierzchnia tarcia przechodzi z powierzchni talerza na rudę w pewnej wysokości, gdzie wogóle jest znacznie mniejsza, gdyż przy zastosowaniu zwłaszcza pomocniczego zbiornika cząstki rudy mogą swobodniej przesuwać się w swojej masie. Tarcie rudy, wywołane

w zasilaczu talerzowym na tarczach kierowniczych, przy nieznacznym kącie, który tworzą tarcze z kierunkiem obrotu talerza, jest stosunkowo bardzo nieznaczne.

b) Zasilacze o działaniu ciągłem.

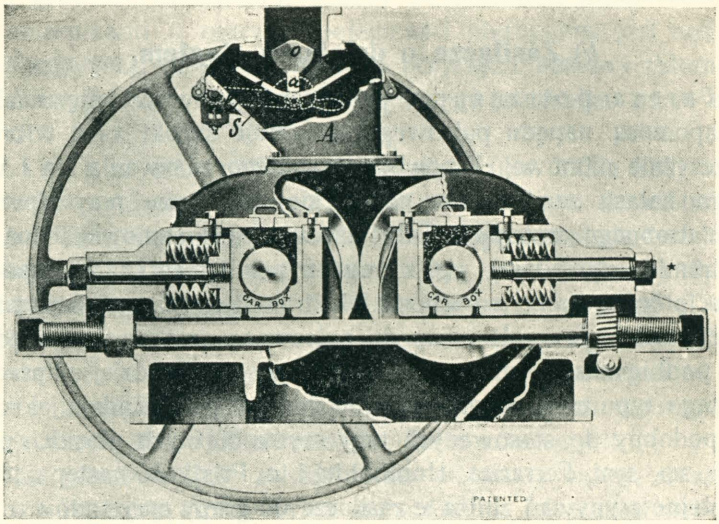
4. Tarcza potrząsana przedstawia powierzchnię nachyloną która zapomocą napędu palcowego otrzymuje szybki ruch wibracyjny w płaszczyźnie pionowej. Z powodu szybkiego zużywania się i wywoływanego hałasu zasilacz ten nadaje się do użytku przy niewielkich ilościach drobnego materjału. Takie tarcze często stanowią jedną całość z niektóremi przyrządami, np. z powietrznemi maszynami osadowemi i stołami płóczkowemi, z suchemi elektromagnetycznemi separatorami. Przy tych ostatnich zamiast napędu palcowego urządza się napęd elektryczny podług zasady dzwonków elektrycznych. Bardziej ulepszone zasilacze tego typu zamiast mechanizmu udarowego posiadają jakikolwiek napęd, podobny do stosowanych przy szybkobieżnych płaskich przesiewaczach, np. syst. Ferrarisa, Humboldta i in. Prędkość następujących po sobie kolejno zsypywań zbliża te zasilacze do grupy przyrządów o działaniu ciągłem, aczkolwiek w rzeczywistości przedstawiają typ przejściowy.

5. Zasilacz wahadłowy walców rozdrabiających również należy do rzędu typów przejściowych, dających prawie nieprzerwany strumień (rys. 229, 230). Istotną częścią zasilacza jest pionowa płytka *a*, wprawiana w szybki ruch wahadłowy około środka *O* zapomocą korby *S* i drążka mimośrodowego *E* od specjalnego wału napędowego *W* lub też osi jednego z walców. Tarcza *a* waha się nad płytką w kształcie żłobu *l*, umieszczoną wewnątrz leja *A*, który się ustawia nad walcami w ogólnym płaszczu przyrządu. W czasie działania materjał zsypuje się na wolne z dwóch stron płytki *l* przez wąskie szczeliny między jej brzegami i ścianami leja. Przy zwykłej prędkości walców od 100—150 obrotów tarcza otrzymuje podwójną ilość wahań od 200 do 300 na minutę, co wywołuje prawie równomierny strumień rudy, spadający w równej mierze na każdy walec przez całą szerokość, i dzięki temu osiąga się nader równomierne rozdrabianie rudy oraz równe ścieranie walców.

Zasilanie reguluje się przez zmianę promienia mimośrodu *E*. Do leja *A* materjał powinien być podawany również mniej lub więcej równomiernie: zapomocą jakiegokolwiek bądź urządzenia transportowego — konwejora, elewatora lub też jednego z wyżej opisanych zasilaczy (platforma, zasilacz tłokowy).

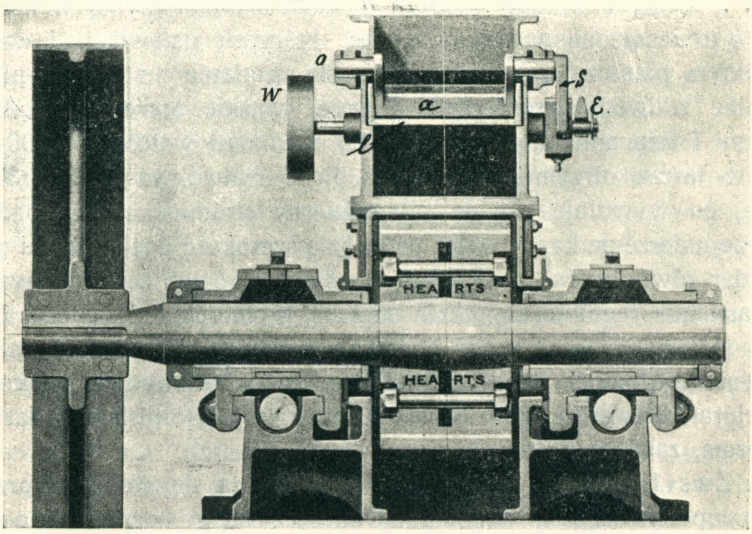
6. Zasilacz walcowy (rys. 231) zalicza się do rzędu przyrządów o zupełnie ciągłem działaniu. Umieszcza się go bezpośrednio w podawczych lejach przyrządów wykonawczych (walce rozdrabiające), jak również pod zbiornikami głównemi. Zasilacz ten służy do zasilania wszelkiego rodzaju przyrządów wykonawczych i pomocniczych (np. w podawczej skrzyni elewatora czerpakowego). Dla zwiększenia tarcia powierzchnię

zasilacza zaopatruje się w niewysokie żeberka, może jednak być ona zupełnie gładka. Ilość materjału reguluje się zapomocą zasuwy *t*. Łatwo



Rys. 229. Zasilacz wahadłowy walców rozdrabiających.

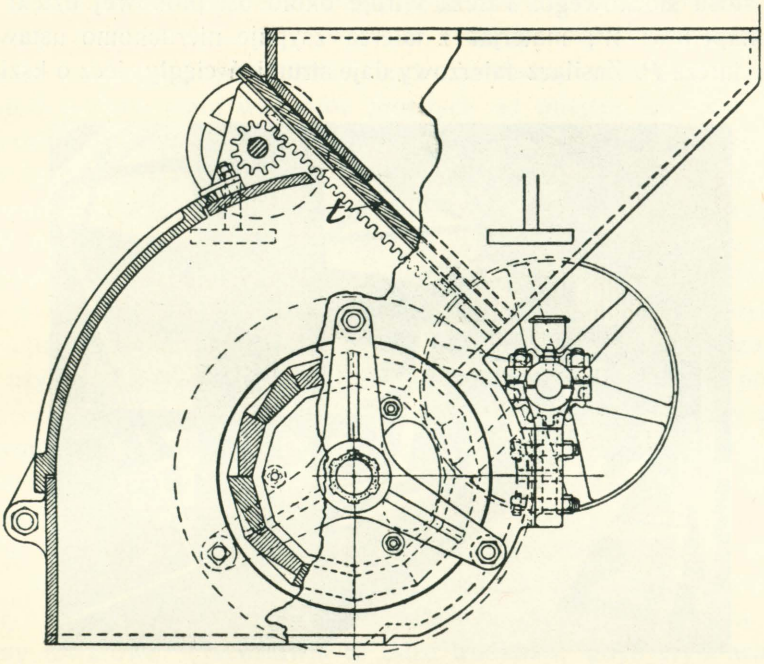
można zauważyć, iż zasilacz walcowy przedstawia ulepszoną platformę. Działanie tego zasilacza można porównać z działaniem platformy przy ciągłym ruchu postępowym [1]).



Rys. 230. Przekrój poprzeczny do rys. 229.

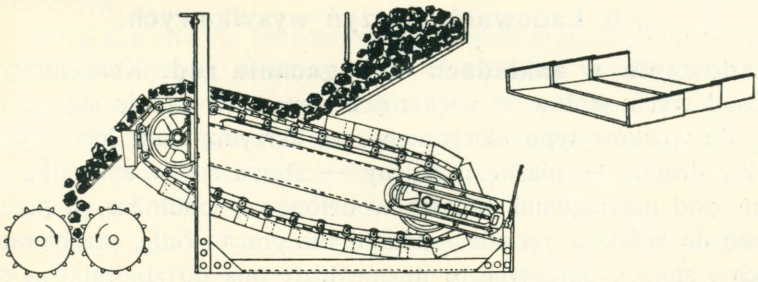
[1]) Patrz L. B. Lewenson. Spiralnyj separator. Leningrad. 1925. str. 13—17.

7. Łańcuch bez końca (rys. 232) głównie znajduje zastosowanie przy węglu kamiennym. Łańcucha, którego działanie jest podobne



Rys. 231. Zasilacz walcowy.

do działania zasilacza walcowego, używa się przy dużej wydajności, kiedy zasilacz walcowy musiałby posiadać zbyt duże rozmiary. Posiadając wszelkie cechy przyrządu transportowego, zasilacz łańcuchowy może jednocześnie przenosić materjał, dając możność umieszczania zbior-

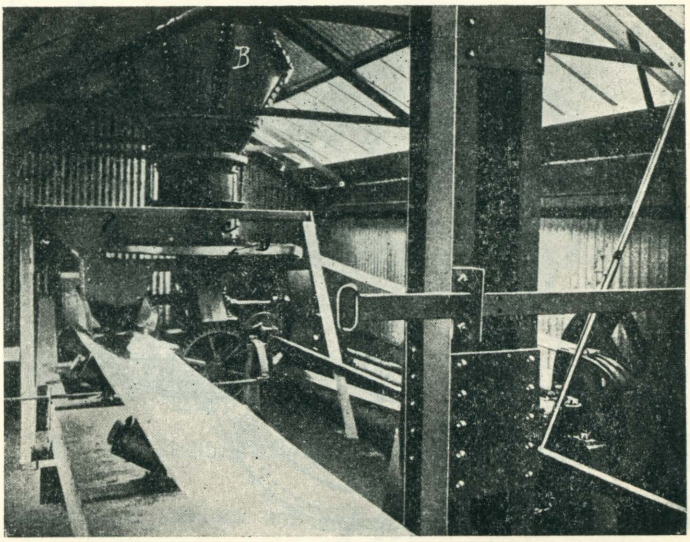


Rys. 232. Zasilacz łańcuchowy (taśmowy).

nika i przyrządu wykonawczego w różnych pionowych płaszczyznach, co ze względów lokalnych może mieć niekiedy nader istotne znaczenie.

8. Zasilacz talerzowy (tarciowy) o działaniu ciągłem służy do wyładowywania przez środkowy otwór zbiorników, mających lejowaty kształt (rys. 233). Ilość materjału reguluje się zapomocą

tarczy walcowej *c*, nałożonej na dolną część zbiornika *B*; materjał przez pierścieniową szczelinę wysypuje się na poziomą tarczę *D*, przybierając formę stosu stożkowego. Tarcza wiruje około osi pionowej dzięki dolnemu napędowi *W*; materjał z talerza zsypuje nieruchomo ustawiona skośna tarcza *P*. Zasilacz talerzowy daje strumień ciągły, lecz o kształcie



Rys. 233. Zasilacz talerzowy.

nieprawidłowym. Dlatego też zazwyczaj służy do ładowania przyrządów transportowych, młynów kulowych i t. p. przyrządów, przy których prawidłowość kształtu strumienia nie odgrywa roli.

§ 6. Ładowanie naczyń wysyłkowych.

Ładowanie w zakładach wzbogacania rud. Koncentraty maszyn osadowych stołów w większości wypadków ładuje się ze zbiorników do wózków typu fabrycznego, ze skrzynią stałą lub wywrotną. Produkty drobne — piaski i szlichy — zbiera się w zbiorniki, umieszczone pod przyrządami lub też w betonowej podłodze, a przeładowuje się do wózków ręcznie łopatami lub gracą. Rudę, przebieraną na taśmach i stołach okrągłych, o ile nie idzie ona do zbiorników, robotnicy ładują bezpośrednio do wózków, stojących na szynach, ułożonych wzdłuż stołów do przebierania. W kopalniach rudy żelaznej rudę sortowaną, aglomeraty i wszelkie produkty, przeznaczone do dalekiego przewozu, ładuje się ze zbiorników do wagonów kolei żelaznej. Zbiorniki zaopatruje się w zawory, znajdujące się na takiej wysokości, aby ładowanie mogło odbywać się bezpośrednio do wagonów.

Ładowanie wagonów kolejowych w kopalniach węgla przed-

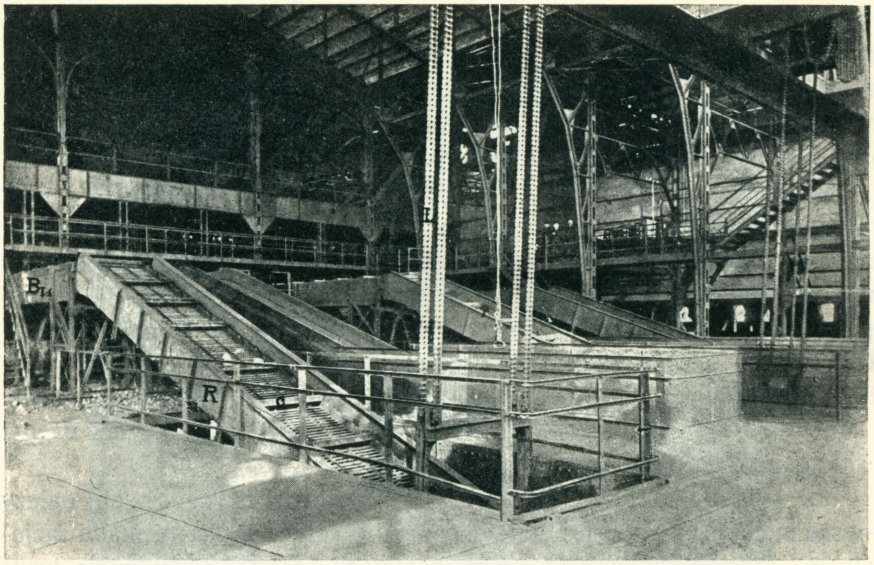
stawia zadanie bardzo poważne tak ze względu na duże ilości codziennie wysyłanego węgla, jak również ze względu na liczne sortymenty węgla, ładowane oddzielnie. Tak przy rocznej produkcji, wynoszącej 500—650 tys. t ładuje się dziennie 150—200 wagonów. Dlatego ładowanie węgla do wagonów kolejowych przedstawia bardzo poważną operację, polegającą na stałem podstawianiu wagonów próżnych na miejsce ich ładowania, na szybkiem i równomiernem ładowaniu wagonów węglem przy zachowaniu środków ostrożności przeciw kruszeniu grubego węgla, na odprowadzaniu wagonów naładowanych i zestawianiu pociągów z węglem.

W Ameryce i Europie w większości wypadków używa się do węgla wagonów odkrytych (węglarek o pojemności 12—15 t), najdogodniejszych do równomiernego ładowania wagonu na całej jego powierzchni przy najmniejszej ręcznej pracy nad wyrównywaniem węgla. Poza tem są w użyciu dla węgla specjalne wagony odkryte o znacznej pojemności — do 30 t (węglarki amerykańskie), jak również wagony przystosowane do samoczynnego wyładunku przez lejowate zagłębienia w dnie (rys. 159, str. 232). W wypadkach rzadszych ładuje się węgiel do wagonów krytych.

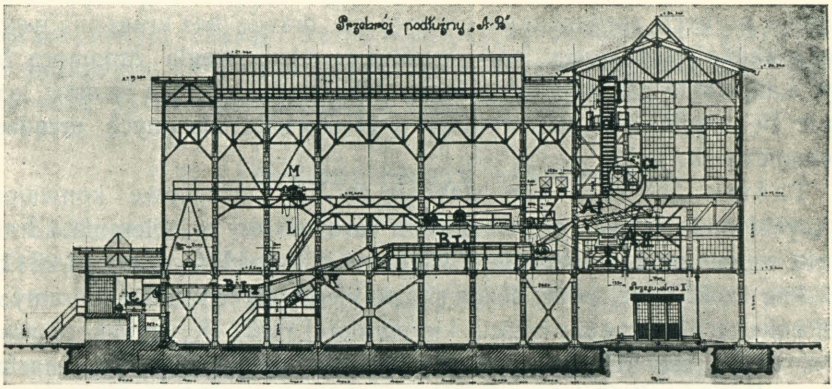
Ze względu na częsty brak taboru na drogach żelaznych należy zawsze mieć na uwadze, iż koleje żelazne, nie licząc się z warunkami racjonalnego ładowania wagonów w kopalniach, często podstawiają kryte wagony towarowe. Przedstawia to duże trudności, gdyż kryte wagony nie pozwalają na zastosowanie przy ładowaniu grubych sortymentów najbardziej racjonalnych taśm Corneťa, dzięki którym równomierne ładowanie grubych sortymentów odbywa się prawie bez kruszenia węgla i przy najmniejszej pracy nad wyrównywaniem węgla zapomocą łopaty. Ładowanie zaś do wagonów krytych zawsze pociąga za sobą kruszenie się węgla albo też wymaga zastosowania złożonych urządzeń mechanicznych.

Taśmy Corneťa przedstawiają zwykłe łańcuchowe konwejory do przebierania węgla, przystosowane zarówno do przebierania i transportu węgla, jak i do ładowania wagonów odkrytych (rys. 234 a i 234 b). Przednia część takiej taśmy ślizga się po kierownikach ruchomej ramy R, połączonej z nieruchomą częścią kierowniczej ramy B_{I_1} zapomocą przegubu, około osi którego może się obracać, przyjmując różne nachylenia, wówczas, gdy jej koniec dolny, zawieszony na linie L, zapomocą zwykłego ręcznego lub mechanicznego kołowrotu może się opuszczać lub podnosić nad podstawionym pod nią wagonem. Jeżeli w najniższem położeniu kąt nachylenia taśmy przekracza 15^0, to poszczególne ogniwa taśmy zaopatruje się w przegródki poprzeczne z zagiętemi na bokach końcami w kierunku odwrotnym do ruchu łańcucha, które zabezpieczają węgiel od zsuwania się. Na początku ładowania opuszcza się taśmę do najniższego położenia, tak iż węgiel zsuwa się na dno wagonu z wysokości niewiększej, niż 0,5 metra. W miarę postępu łado-

wania podnosi się ramę. Po nasypaniu jednego stosu przesuwa się wagon o 0,5—1 metra i operację tę powtarza się. Zazwyczaj zapomocą taśm Cornet'a ładuje się jedynie te sortymenty węgla, które podlegają



Rys. 234 a. Sortownicze i ładunkowe taśmy Cornet'a w kopalni węgla „Jowisz" w Polsce.



Rys. 234 b Sortownia kopalni węgla „Juljusz" w Polsce; a — wywrot; A_I — przesiewacz rusztowy poprzeczny; $B_{I\,1}$ — taśma sortownicza Cornet'a z ramą ładunkową R do ładowania wagonów odkrytych (węglarek); M — kołowrót do kierowania ramą R; $B_{I\,2}$ — taśma z urządzeniem C do ładowania wagonów zakrytych.

na tych samych taśmach ręcznemu wzbogacaniu, t. zn. węgiel gruby, kostkę i grubsze orzechy.

Ładowanie węgla ze zbiorników. Drobne sortymenty orzecha

i miał węglowy zazwyczaj ładuje się ze zbiorników. W wypadkach rzadszych ze zbiorników ładuje się również grube sortymenty, a przy podstawianiu wagonów zakrytych jedynie ładowanie ze zbiorników jest możliwe. Grubsze jednak sortymenty lepiej ładować łopatą i taczkami ze zwałów, gdyż przy ładowaniu tych sortymentów ze zbiorników węgiel ulega w nich kruszeniu przy przejściu do zwężającej się dolnej części.

Przy ładowaniu węgla ze zbiorników pod ich upusty, zawsze zaopatrzone w jakikolwiek zawór, podstawia się równię pochyłą dla zmniejszenia wysokości spadku i kruszenia węgla (rys. 214, str. 267). Często równie te urządza się w postaci żłobów, przymocowanych do upustów na zawiasach; zapomocą linek, przerzuconych przez krążki, równie opuszcza się do położenia pionowego, kiedy zawór jest zamknięty, lub odwrotnie, podnosi się je powyżej gabarytu taboru dla przepuszczenia wagonów, przytem w ostatnim wypadku upusty mogą nie mieć specjalnych zaworów, gdyż przy podniesionej równi węgiel wysypywać się z niej nie może. Podczas ładowania wagonów zapomocą tejże linki ustawia się równie w położeniu należytem.

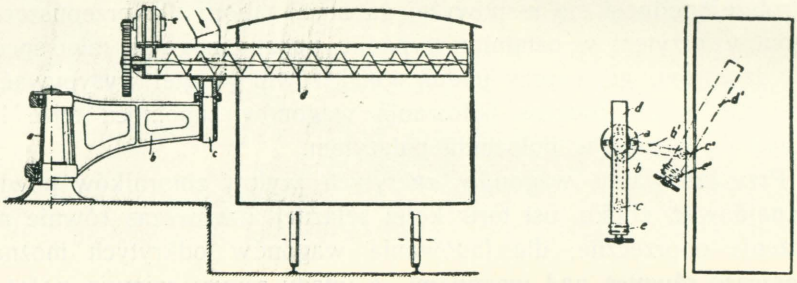
Przy ładowaniu wagonów zakrytych wyloty zbiorników powinny się znajdować zboku osi toru kolei żelaznej i wówczas równie mają położenie poprzeczne; dla ładowania wagonów odkrytych można je umieszczać również nad wagonami, a wtedy zsuwy zajmują położenie podłużne. Równomierne ładowanie całej powierzchni wagonów odkrytych przy ładowaniu ze zbiorników osiąga się, jak przy taśmach Cornet'a, przez przesuwanie wagonów, w tym celu robotnicy podkładają pod koła wagonu żelazne drągi i przesuwają go, a następnie wyrównują naładowany materjał łopatami. Przy wagonach zakrytych operacje powyższe wykonuje się tylko zapomocą łopat.

Przyrządy do równomiernego załadowania wagonów zakrytych przedstawiają wogóle dosyć złożone urządzenia. Rys. 235 przedstawia takie urządzenie, stosowane na niektórych kopalniach w Niemczech.

Główna część załadunkowa tego przyrządu składa się ze śruby Archimedesa, którą można umieścić w wagonie i zapomocą niej ładować węgiel w dowolnym kierunku. Śruby jednak Archimedesa używać można tylko do drobnych sortymentów węgla. W Ameryce wynalezione zostały specjalne przyrządy, w postaci wstawianej do wagonu w kierunku podłużnym taśmy bez końca, zapomocą której można ładować grube sortymenty w dowolnem miejscu wagonu zakrytego. Wszystkie te jednak urządzenia są zbyt złożone i dlatego należy dążyć do tego, by koleje żelazne posiadały dostateczny tabor przeznaczony specjalnie do ładowania węgla.

Załadunkowy dworzec kolejowy na kopalniach węgla. Znaczna liczba sortymentów węgla, które muszą być oddzielnie ładowane, oraz

różny procentowy wychód tych sortymentów przy dużej produkcji kopalń węgla wymagają oddzielnych torów kolejowych dla każdego sortymentu dla uniknięcia przerw w ładowaniu wagonów. Gdyby dla ładowania kostki i orzecha, przy stosunkowym ich wychodzie 2:1, miał służyć jeden tylko tor, ładowanie orzecha wstrzymałoby ładowanie kostki, chyba że między punktami ładowania orzecha i kostki jest dosyć miejsca wzdłuż toru dla pomieszczenia wagonu zapasowego. Lecz stosunki wychodów poszczególnych sortymentów mogą się zmieniać i oprócz tego rozsunięcie punktów ładowania wzdłuż toru nie zawsze bywa dogodne ze względu na ogólne warunki rozmieszczenia przyrządów w sortowni. Niedogodności te usuwają oddzielne tory dla każdego sortymentu lub przynajmniej jeden tor dla dwóch sortymentów.



Rys. 235. Przyrząd do ładowania wagonów zakrytych.

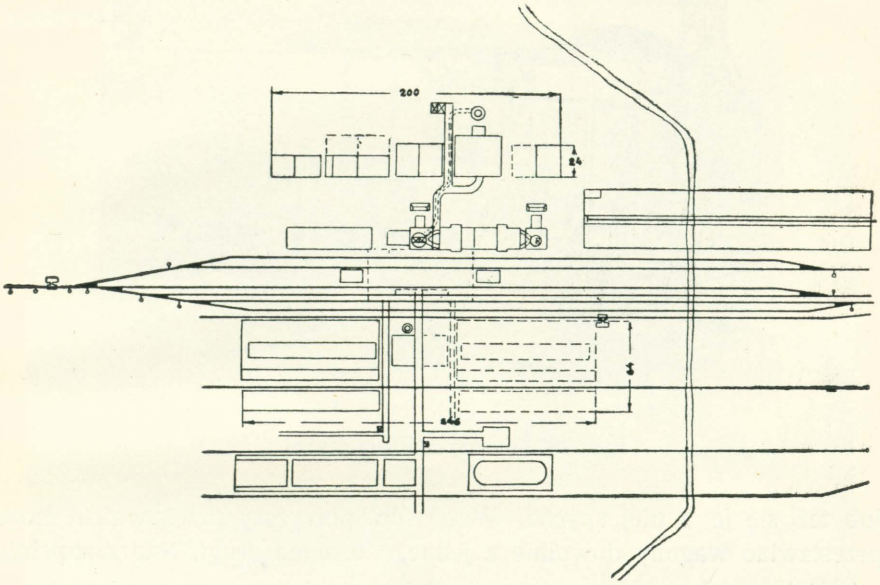
Szyny kolejowe zazwyczaj przechodzą przez dolną część budynku sortowni, która przedstawia odkryte przejścia między kolumnami, wspierającemi zakryte górne piętro sortowni (rys. 167, 213, 214). Tory te często mieszczą się w wykopie, o ile na to pozwala topografja powierzchni, co zmniejsza ogólną wysokość pozostałej części budynku, i dlatego, o ile to możliwe, nie należy omijać sposobności urządzenia takiego wykopu (rys. 209, 214, 239).

W stosunku do torów kolei załadunkowej taśmy Cornet'a i inne mechanizmy, zapomocą których można ładować węgiel bezpośrednio do wagonów, zajmują podłużne lub poprzeczne położenie. Zazwyczaj poprzeczne położenie jest dogodniejsze przy ładowaniu poszczególnych sortymentów na oddzielnych torach. Zbiorniki, zawierające jednakowe sortymenty, zawsze rozmieszcza się w kierunku podłużnym.

Tak więc, dworzec kolejowy na kopalniach węgla ma 6—8 i więcej oddzielnych torów ładunkowych. Jeżeli dodamy do tego tor dla wagonów próżnych, tory do dostarczania różnych materjałów oraz przy produkcji brykietów, koksu i cegły — tory dla dowozu odpowiednich materjałów i ładowania tych produktów, otrzymamy wówczas nadzwyczaj rozgałęzioną sieć torów kolejowych ze złożonym systemem zwrotnic, wymagających uważnej obsługi.

Przetoki na dworcach kolejowych na kopalniach węgla. Rozróżniamy dwa typy dworców kolejowych, zależnie od sposobu czynności przetokowych, zapomocą lokomotyw lub przesuwnic.

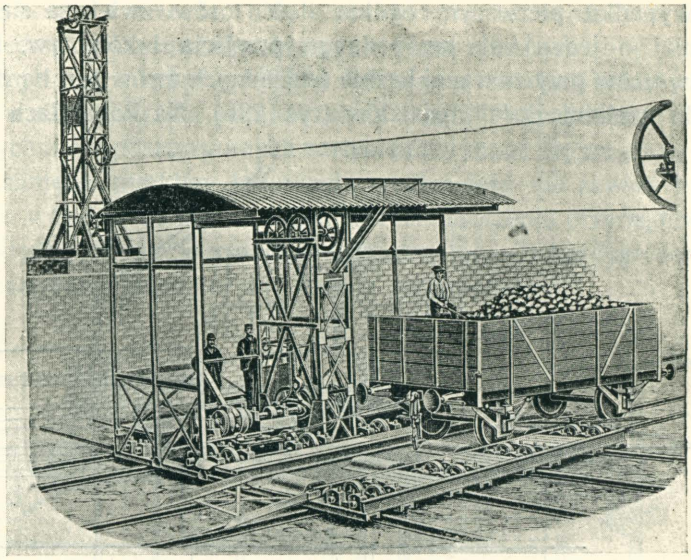
W wypadku pierwszym ogólna ilość torów zwiększa się o tory (conajmniej o jeden) dla swobodnego przejścia lokomotyw. Długość ogólna dworców przy znacznej liczbie oddzielnych torów jest bardzo duża z powodu wielkiej ilości rozjazdów (rys. 236). Na kopalniach dużych



Rys. 236. Dworzec kolejowy na kopalni węgla dla przetokowania zapomocą lokomotyw.

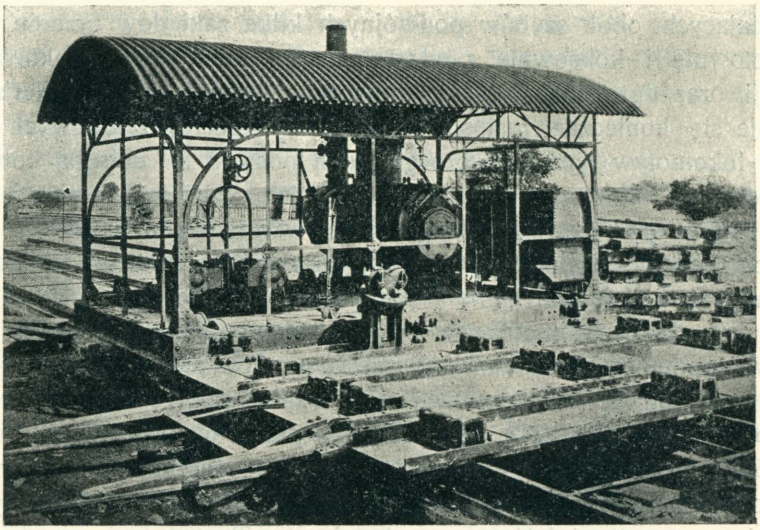
posiadających obok szybów podwójnych kilka zakładów przeróbczych, brykietownię i koksownię z oddziałem dla przeróbki produktów dystylacji oraz duże własne warsztaty mechaniczne i składy materjałów, okazuje się konieczne zastosowanie do czynności przetokowych własnych lokomotyw typu fabrycznego. Atoli pociąga to za sobą konieczność obsługi lokomotyw, urządzenia dla nich oddzielnej remizy z własnym torem podjazdowym, specjalnego warsztatu do naprawy, a na dworcu nawet centralnej sygnalizacji dla zwrotnic. Dlatego też na kopalniach, posiadających tylko jedną dużą sortownię ze znaczną ilością torów ładunkowych, nierównie prościej wykonuje się czynności przetokowe zapomocą przesuwnicy. Przesuwnica przedstawia platformę która toczy się po kilku szynach w kierunku poprzecznym do torów kolejowych (rys. 213, 237, 238, 239). Na platformie ustawia się budkę, w której mieści się elektryczna lub parowa maszyna z kołowrotem i z kotłem parowym, przed budką na platformie układa się szyny, na których można umieścić wagon kolejowy. Tocząc przesuwnicę po szynach poprzecznych, można ją ustawić naprzeciw każdego toru; rów-

nocześnie zapomocą lin, przerzuconych z bębnów kołowrotu na rolki kierownicze, wciąga się wagony kolejowe na platformę przesuwnicy,



Rys. 237. Elektryczna przesuwnica.

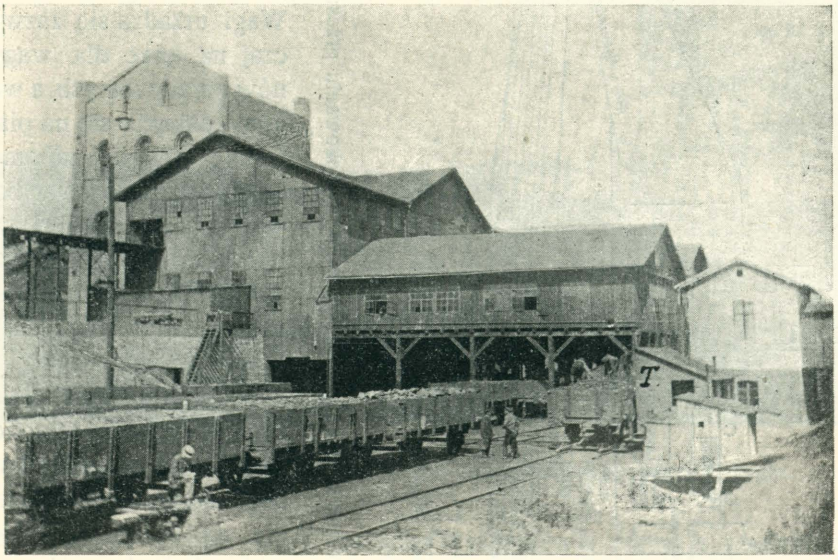
lub też się je z niej spycha. W sposób powyższy przesuwnica może przestawiać wagony dowolnie z jednego toru na drugi. Nadto zupełnie odpadają na dworcu zwrotnice przetokowe i dzięki temu bardzo znacz-



Rys. 238. Parowa przesuwnica.

nie zmniejsza się jej długość, blisko o 30 m na każdą zwrotnicę (patrz rys. 240).

Zazwyczaj urządza się dwie takie przesuwnice, po jednej z każdej strony sortowni. Pociąg z wagonami próżnemi staje na jednym z torów krańcowych i wagony stopniowo przechodzą na drugą stronę sortowni. Tutaj tylna przesuwnica rozstawia wagony na odpowiednie tory ładunkowe. Po naładowaniu przesuwnica przednia ustawia wszystkie naładowane wagony na ogólnym torze wozów naładowanych, gdzie zestawia się pociąg do wysyłki.

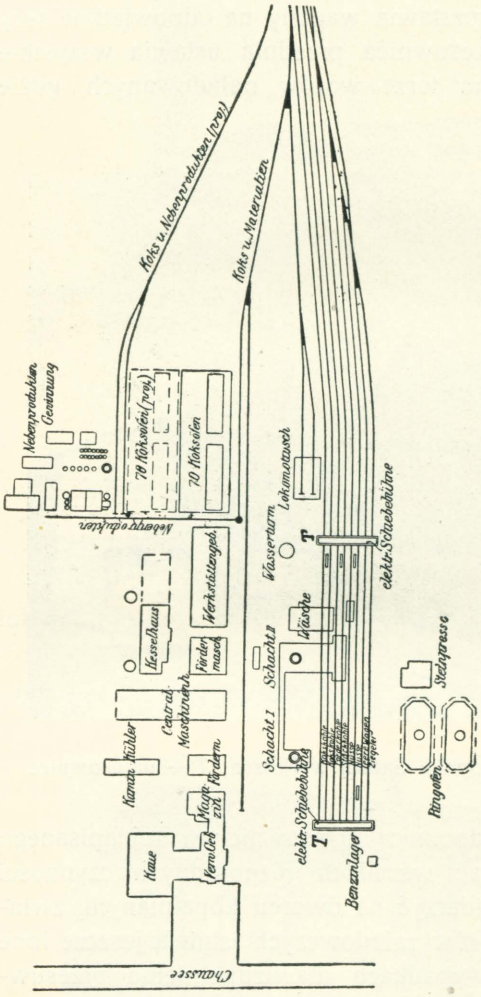


Rys. 239. Dworzec ładunkowy na kopalni Saturn w Polsce; *T* — przesuwnica.

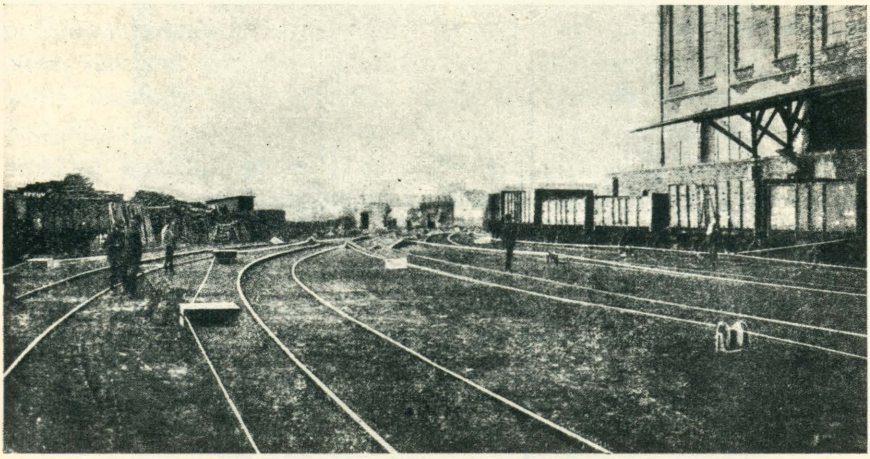
Zestawianie pociągów. Zapomocą przesuwnicy wyżej opisanego typu nie można jednak wykonać wszelkich różnorodnych czynności przetokowych, które mogą się nadarzyć na dworcu kopalnianym, zwłaszcza, gdy oprócz właściwych torów załadowczych istnieją jeszcze inne do różnorakich celów. W tych wypadkach dla uzupełnienia przesuwnicy urządza się liny bez końca (rys. 241). Idą one wzdłuż torów, po których odbywa się przesuwanie wagonów. Oddzielne wagony lub ich zespoły przyczepia się do liny zapomocą krótkich odgałęzień. Jednemu z kół, przez które przechodzi lina, nadaje się ruch zapomocą silnika, który wraz z przyrządem do naprężania liny umieszcza się w oddzielnym budynku (rys. 242). Główny wał silnika zaopatruje się w koło zamachowe i łączy się z napędem systemu zapomocą sprzęgła tarciowego. Zawdzięczając obecności koła zamachowego przy puszczaniu w ruch łatwo przezwycięża się początkowe opory bezwładności, z drugiej strony sprzęgło tarciowe zabezpiecza silnik od nadmiernego obcią-

żenia. W wypadkach najprostszych liny bez końca wprawia się w ruch zapomocą konia, zaprzężonego w miejscu dowolnem.

Wagi kolejowe. Nieodzowne uzupełnienie każdego dużego dworca załadunkowego stanowią wagi. Odpowiednia część toru kolejowego przedstawia platformę wagową, a części miernicze wag znajdują się w obok postawionym budynku, który jednocześnie służy jako biuro ekspedytora. Wagi urządza się zazwyczaj na torze dla wagonów naładowanych, a wagony ustawia się na platformie wagowej zapomocą przesuwnicy. Obok wag przewidziane muszą być miejsca dla odbierania nadmiaru ładunku lub uzupełniania braku ładunku w wagonach.


Kokserzeugnisse
Gewinnung
Kokserzeugnisse
Kokserzeugnisse
Kokserzeugnisse

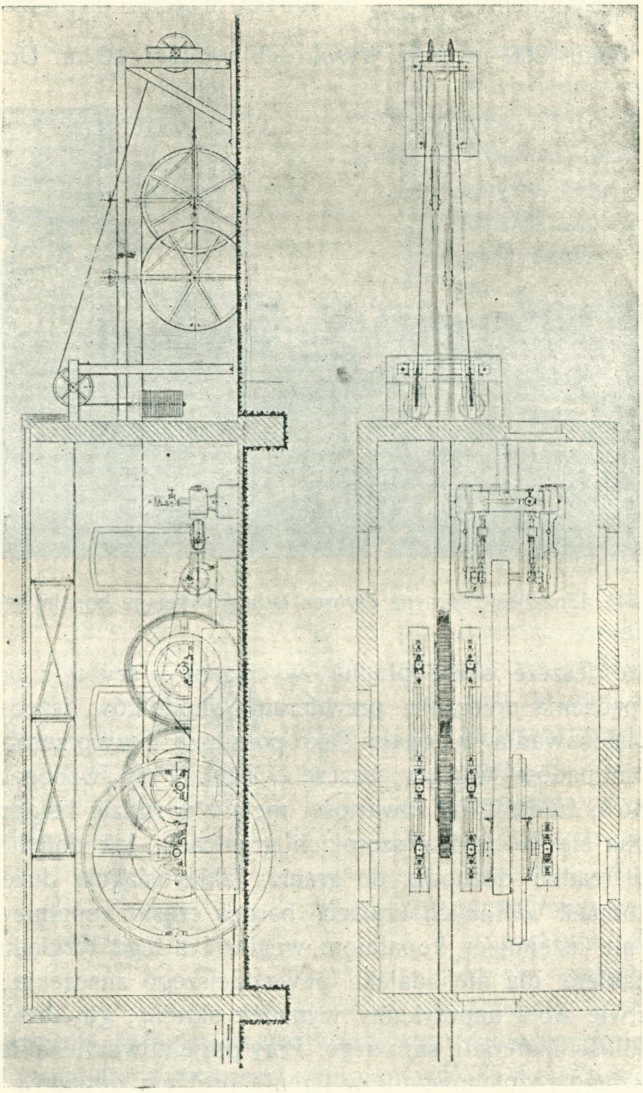
w pobliżu zakładu i z biegiem czasu tworzą się duże zwały, zajmujące znaczną powierzchnię. Tak, w kopalniach węgla, o produkcji rocznej 500 000 tonn, przy ręcznem wybieraniu skały płonnej w ilości 5%, rocznie zbiera się 25 000 t, a po 30 latach istnienia kopalni — 750 000 t lub przyjmując ciężar gatunkowy skały 2,5, a współczynnik rozluzowania 0,75, otrzymujemy $\frac{750\,000}{2{,}5 \,.\, 0{,}75} = 400\,000\ m^3$, czyli powierzchnię kwadratową o boku 200 m przy wysokości zwałów 10 m. Do tej ilości



Rys. 241. Lina bez końca na dworcu ładunkowym na kopalni węgla.

należy dodać jeszcze skałę płonną, wyciąganą z szybu z pogłębiania szybów, z pędzenia przecznic, przybierania chodników, jeżeli nie znajduje ona zastosowania w kopalni jako posadzka. Przy przeróbce mokrej ogólny % odpadów wzrasta jeszcze więcej. Przy wzbogacaniu rud ilość odpadów, zależnie od zawartości metalu w rudzie i stopnia wzbogacania waha się w bardzo szerokich granicach. Jak dotąd produkcja kopalń rud rzadko dochodzi do granic, jakie osiągają duże kopalnie węgla. Natomiast w innych krajach, bardzo często kopalnie rud mają produkcję, nie ustępującą kopalniom węgla, i z tego względu problem odpadów nabiera dla nich daleko poważniejszego znaczenia. Wreszcie w kopalnictwie złota napotykamy wypadek skrajny, gdy ilość odpadów jest równa ilości materjału surowego. Przy projektowaniu zakładu wzbogacalnego i jego rozplanowaniu w terenie problem odpadów w kopalnictwie złota staje się zasadniczym i zastępuje miejsce prawie nieistniejącego zagadnienia wysyłki produktów (sztaby złota w żadnym razie nie wymagają dla swojego przewozu zestawiania pociągów ani urządzeń ładunkowych). W Transvaalu kopalnia Brakpan została obliczona na dzienną produkcję 3000 tonn i roczną — 900 000 t, co w okresie

10 lat daje 9 000 000 t lub też $\frac{9\,000\,000}{2{,}65 \,.\, 075} = 4\,500\,000$ m³, a to odpowiada stożkowi o średnicy podstawy 350 m i 120 m wysokości. Staje się więc zupełnie jasnem, iż tworzenie takich ogromnych zwałów wymaga specjalnej organizacji.



Rys. 242. Silnik do liny bez końca.

Zużytkowanie odpadów do podsadzki płynnej. Z wprowadzeniem sposobu odbudowy złóż z podsadzką płynną najbardziej wskazanem staje się zastosowanie do tego celu odpadów, zwłaszcza w tych wypadkach, gdy temi odpadami są szlamy. Jak wiadomo, wynalezienie tego sposobu odbudowy w Pensylwanji jest dziełem przypadku, wy-

wołanego spuszczaniem szlamów z zakładu wzbogacalnego do wyrobisk, wobec braku miejsca wolnego na powierzchni. Obecnie podsadzka płynna na Górnym Śląsku i w Zagłębiu Dąbrowskiem osiągnęła taki stopień udoskonalenia, iż w wypadkach braku odpowiedniego materjału uważa się za korzystne w tym celu wydobywanie w odkrywkach skały twardej i jej rozdrabianie. Dlatego też można, oczywiście, polecić jako podsadzkę nietylko drobne, lecz i grube odpady wzbogacania, poddając je rozdrabianiu i doliczając koszty z niem związane do rachunku kosztów podsadzki. Zazwyczaj jednak, zwłaszcza w kopalniach węgla, do podsadzania wyrobisk nie wystarcza odpadów zakładowych. W kopalniach rud pod tym względem sprawa przedstawia się lepiej, tam bowiem niekiedy ilość odpadów może być zupełnie wystarczająca dla podsadzenia wszystkich odbudowanych przestrzeni. Tak w Transvaalu niektóre kopalnie przeszły na podsadzkę płynną, kierując odpady zakładów cyjanowych do kopalni. Atoli powszechnemu wprowadzeniu tam podsadzki płynnej stoją na przeszkodzie następujące względy. Po pierwsze, odpady przemysłu cyjanowego zawsze zachowują ślady nierozłożonego KCN, co może wywołać w kopalni wypadki otrucia ludzi i zwierząt. Powtóre, w odpadach tych zawsze pozostaje nieznaczny % złota, który przy obecnym stanie techniki cyjanizacji nie może być wydzielony, zawsze jednak można liczyć na to, iż w przyszłości odpady te będą mogły być poddane powtórnej przeróbce. Rozważania powyższe odnoszą się również do innych mniej lub więcej cennych rud. Ileż to zwałów dawnych zakładów przerobiono później korzystnie pod względem ekonomicznym przy zastosowaniu nowych, udoskonalonych sposobów wzbogacania. Wskutek tego, o ile odpady zawierają jakąś część materjału użytecznego, zawsze na to liczyć można, iż materjał ten ma charakter odpadu jedynie czasowo i że w przyszłości można będzie z niego wydzielić to, czego przy obecnym stanie techniki nie daje się wydzielić. Z tego względu, o ile niema żadnych szczególnych przeszkód w umieszczeniu w pobliżu zakładów wzbogacalnych dużych zwałów odpadów, wskazanem będzie raczej nie kierować odpadów zpowrotem do kopalni.

W każdym razie powrotne skierowanie odpadów do kopalni wymaga dwóch warunków, które niezawsze mogą istnieć: bezpośredniej bliskości zakładu od kopalni i odbudowy kopalni zapomocą szybu. Jeżeli więc jeden zakład centralny obsługuje duży rejon i jeżeli kopalnia znajduje się w miejscowości górzystej i jest odbudowywana zapomocą sztolni lub robót odkrytych, to we wszystkich wymienionych wypadkach odpady nie mogą być wykorzystane jako podsadzka płynna.

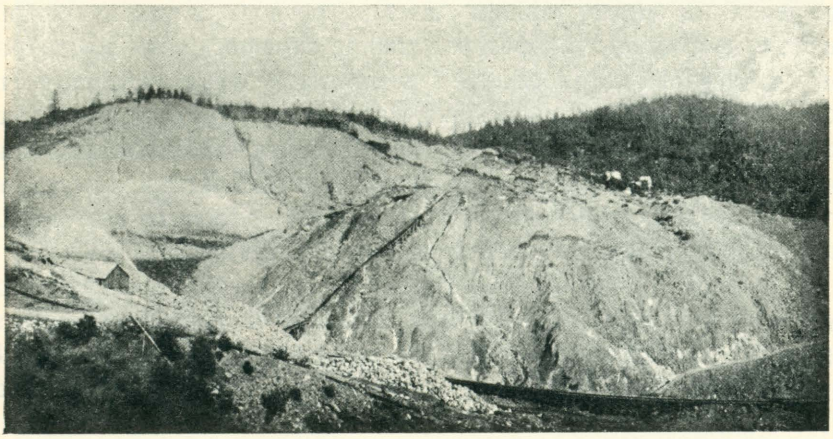
Wreszcie w kopalniach rud, odbudowujących ubogie, lecz masywne złoża, odbudowa bez jakiejkolwiek podsadzki systemem komorowym nie nasuwa żadnych trudności, to też wprowadzenie podsadzki nawet w formie tak udoskonalonej i taniej, jaką jest płynna, przedstawia zu-

pełnie zbędną komplikację robót i zgoła nienajtańszy sposób usuwania odpadów, jeżeli tylko nie zapełnia się niemi bez żadnego systemu stare porzucone kopalnie.

Tak więc, wykorzystanie odpadów do podsadzki płynnej nie przedstawia powszechnej metody rozwiązania problemu „odpadów".

Samoczynne usuwanie szlamów i odpadów mokrych na zwały. Przy rozwiązywaniu zadania, dotyczącego usuwania odpadów należy po pierwsze wybrać miejsce dla ich umieszczenia, któreby wystarczyć mogło na cały czas pracy zakładu, a powtóre określić najkorzystniejsze sposoby odstawy od zakładu do miejsca zwałów. Wybór miejsca i sposoby odstawy warunkują się wzajemnie. Przedewszystkiem należy dążyć w miarę możności do samoczynnego usuwania odpadów i unikać straty energji na ich podnoszenie. Jest to jednocześnie jednym z podstawowych warunków wyboru miejsca dla zakładu przy ogólnem jego projektowaniu i niekiedy warunkiem wyboru miejsca dla szybu. W miejscowościach o nierównej powierzchni należy planować zakład na takiej wysokości, aby przynajmniej odpady szlamowe mogły spływać w żłobach do niżej leżącej doliny lub zbiorników. Grube odpady, które nie mogą być spłókane wodą, odstawia się wózkami i opróżnia na zboczach dolin, gdzie tworzą się duże skarpy. Niekiedy odpadów używa się do wyrównania miejscowości, do usypania poziomych placów w celach użytecznych dla potrzeb gospodarczych i t. p. Tylko przy hydraulicznej odbudowie trzeciorzędowych złotonośnych piasków w Kalifornji, wysoko położonych w górach Sierra Nevada i Coast Range, wskutek używania ogromnej ilości wody do spłókiwania i przemywania skał napływowych, staje się możliwem samoczynne usuwanie nie tylko lekkich „efeli" i grubego żwiru, lecz nawet otoczaków wielkości do $^1/_2$ m (kopalnia La Grange), które unosi silny strumień wody w długich śluzach do przemywania złota i wyładowuje w końcu do głębokiej doliny (rys. 243). Usuwanie odpadów zachodzi w tym wypadku przygodnie dzięki działaniu energji, która służy tak do wydobywania, jak i przemywania piasków złotonośnych. Inny przykład dogodnego usuwania odpadów przedstawia ogromna kopalnia Alaska Gastineau, która przerabia rdzenne złoże rudy złota na wybrzeżu oceanu w południowowschodniej Alasce. Tam odpady przeróbki podlegają spłókiwaniu z zakładu do dosyć głębokiej cieśniny, w której jednak nie powstają mielizny dzięki dosyć silnemu prądowi brzeżnemu, unoszącemu osady na dno cieśniny Gastineau; to też mogą tamtędy przechodzić duże okręty oceaniczne. Atoli traci się, oczywiście, nazawsze, odpady dla powtórnej przeróbki. W uralskich i syberyjskich kopalniach złota przy odbudowie piasków zapomocą odkrywek rozmieszcza się płóczki w taki sposób, aby drobne efele można było samoczynnie spuszczać do starych wyrobisk, natomiast gruby żwir zazwyczaj odstawia się na zwały wózkami.

Przy samoczynnem usuwaniu szlamów na zwały zazwyczaj niemało kłopotu przysparza woda szlamowa, która, łącząc się z wodą bieżącą, zanieczyszcza ją i przynosi szkodę gospodarstwom rolnym, położonym wzdłuż tych potoków. Jedynie w miejscowościach tak mało zaludnionych, jakiemi są Ural i Syberja, pod tym względem przeszkody nie zachodzą. Natomiast w Kalifornji przeróbka hydrauliczna, osiągnąwszy silny rozkwit w okresie 5 i 6 dziesięciolecia zeszłego stulecia, później prawie zupełnie zanikła, kiedy celem zabezpieczenia interesów gospodarstw rolnych wydano prawo, zabraniające spuszczania mętnych wód do strumieni, które przepływają w dolnym biegu wśród uprawnych pól. Urządzanie specjalnych tam, niezbędnych do zatrzymywania efeli i oczyszczania mętnej wody o tyle podniosło koszty produkcji, iż liczne przedsiębiorstwa były zmuszone przerwać swoją działalność.



Rys. 243. Przeróbka hydrauliczna w kopalni złota La Grande w Kalifornji.

W przeróbczych zakładach rud i węgla odpady szlamowe podlegają bardzo starannemu osadzaniu, a wody szlamowe — klarowaniu w dużych zbiornikach. Zbiorniki te, w miarę wypełniania osadami, oczyszcza się ręcznie lub mechanicznie, co oczywiście znacznie zwiększa koszty usuwania odpadów.

Usuwanie suchych odpadów zapomocą przewozu po równym torze. Stosunkowo prostsza jest sprawa z suchemi odpadami, które wogóle nie wymagają jakichkolwiek środków zapobiegawczych ze względu na nteres publiczny. Wyjątek stanowią tutaj obfitujące w węgiel odpady łupkowe w kopalniach węgla, które łatwo zapalając się w powietrzu, wywołują przykry zapach. Niema prawie środków przeciw paleniu się takich zwałów, oprócz starannego oddzielania węgla, co pod względem gospodarczym może być zupełnie niekorzystne i może nie osiągać swo-

jego celu, gdyż mogą się zapalać również jednorodne bitumiczne łupki, obfitujące w piryt.

Zwykły sposób usuwania odpadów w kopalniach węgla polega na ręcznym, konnym i niekiedy mechanicznym przewozie wózkami kopalnianemi po równym torze, położonym na rampach. Wysokość ramp powinna być odpowiednia do placu, przeznaczonego na zwały dla odpadów i dostosowana do poziomu, na którym otrzymuje się odpady w zakładzie. Zazwyczaj poziom rampy uzgodniony jest z poziomem pomostu odbiorczego nadszybia, gdyż często znaczna część skały, kierowana na zwały, pochodzi z pędzenia wyrobisk w kopalni. Wobec tego jednak iż odpady zakładu zazwyczaj pochodzą z niższego poziomu musi się je podnosić do poziomu rampy zapomocą specjalnego podnośnika. Wogóle na płóczkach i sortowniach węgla kamiennego nie można się obejść bez podnośnika, łączącego różne poziomy zakładu, służy on bowiem do różnych celów: podnoszenia lub opuszczania skały, podnoszenia węgla ze stosów do wywrotów, podnoszenia nowych wozów z warsztatów, materjałów i in. do pomostu odbiorczego szybu i t. p. Zazwyczaj do powyższych celów wystarcza jeden podnośnik.

Jeżeli ilość odpadów, otrzymywanych w zakładzie, przewyższa ilość wydawanych z szybu, to odwrotnie, niekiedy te ostatnie opuszcza się zapomocą oddzielnych wywrotów do specjalnych zbiorników, skąd ładuje się je w wozy, ustawione na ogólnym poziomie odbiorczym dla odpadów w zakładzie, lub też wyładowanie wozów ze skałą płonną i z węglem, wychodzących z klatki szybowej, odbywa się na różnych poziomach, z tem jednak obliczeniem, aby wszystkie odpady z szybu i zakładu można było otrzymać na jednym poziomie.

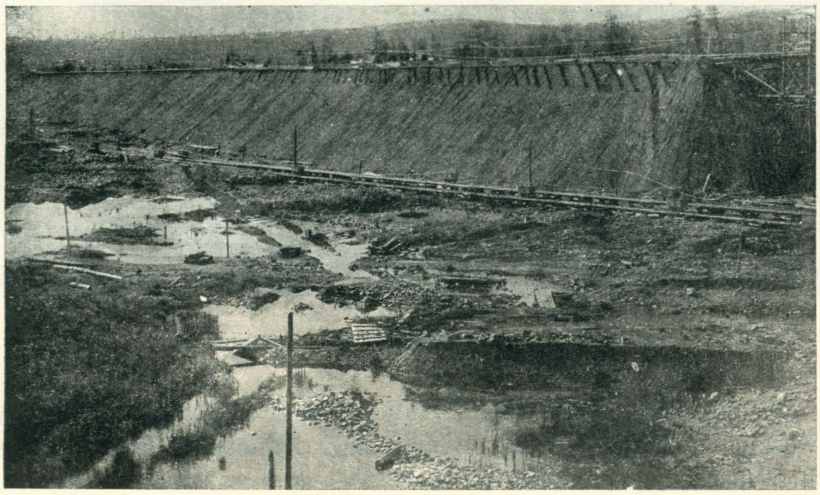
Przewóz odpadów na zwały zapomocą siły roboczej lub koni zawsze jest połączony z zatrudnieniem znacznej ilości robotników. Dlatego też przy dużej ilości odpadów posługują się różnego rodzaju mechanicznym przewozem: liną bez końca (rys. 244), lokomotywą, wreszcie systemem konwejorów. Z różnego rodzaju konwejorów do usuwania odpadów na drodze poziomej najdogodniejsze są konwejory Marcusa, nadające się do transportu materjałów na odległość 100—150 m. Dogodność tych konwejorów polega na prostocie systemu rolek oporowych, prawie nie wymagających obsługi i nakrycia dachowego, na łatwem przyłączaniu nowych ogniw przy przedłużaniu i na dowolnej zmianie kierunku zapomocą zespołu kątowych złączeń przy stałym jednym i tym samym silniku, ustawionym na początku konwejora w zakładzie. Jednym i tym samym silnikiem można załadować wachlarzowato powierzchnię połowy koła o promieniu 100 m. Przy wysokości żłobu nad powierzchnią ziemi 6 m ogólna objętość zwału wyniesie:

$$V = \frac{\pi \cdot 100^2}{2} \cdot 6 = 94\,000 \text{ m}^3,$$

a przyjmując pod uwagę skarpy . . . $= \sim 100\,000 \text{ m}^3$.

Zakładając ciężar gatunkowy odpadów 2,4 i współczynnik rozluzowania 0,75, otrzymamy przy powyższej objętości 170 000 t, co przy 2,5% odpadów odpowiada 6 800 000 t węgla, a przy 272 000 t rocznej produkcji kopalni wypełnia przeciąg 25 lat.

Mechaniczny sposób podnoszenia odpadów. Mechaniczny sposób podnoszenia odpadów znajduje zastosowanie w tym wypadku, gdy w danych warunkach ukształtowania powierzchni niema możliwości samoczynnego usuwania odpadów szlamowych, a grubych odpadów nie

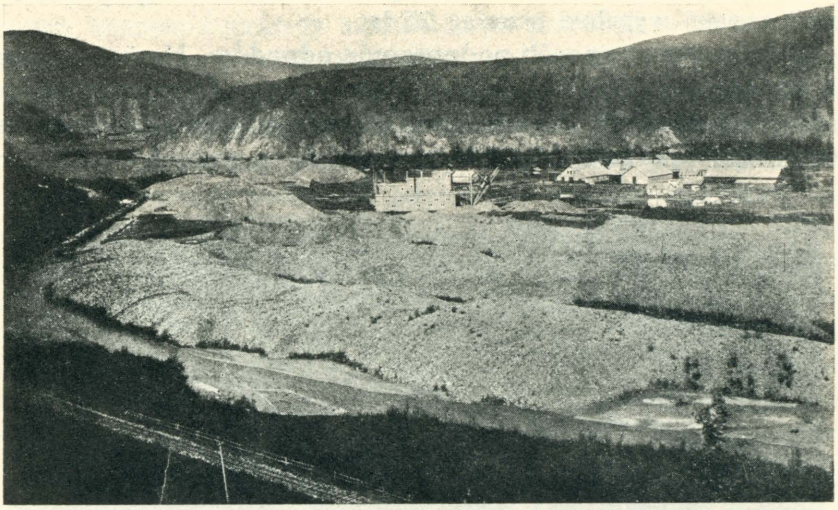


Rys. 244. Zwały żwiru w kopalniach platyny Szuwałowa, odwożone zapomocą liny bez końca (Ural).

można złożyć na danym placu, lub też należałoby je wywozić na zbyt daleką odległość przy zachowaniu poziomej drogi przewozu.

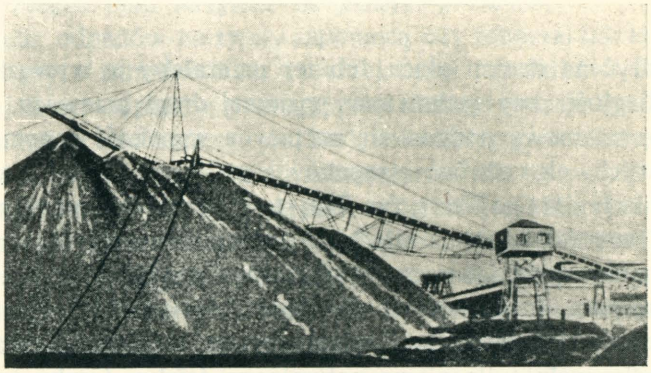
Wodę szlamową podnosi się na pewną wysokość zapomocą pomp odśrodkowych, elewatorów czerpakowych (noryj), śruby Archimedesa (w kopalniach złota na Uralu, rys. 204, str. 258) i wreszcie elewatorów kołowych (Transvaal, kopalnia miedzi na Jeziorze Górnem). Zapomocą tych urządzeń podnosi się szlam do wysoko ustawionych rynien drewnianych, któremi spływa do odpowiednich zbiorników wodnych. Hydrauliczne elewatory w kopalniach złota służą również do podnoszenia grubego żwiru z odkrywek, o ile niema naturalnego ścieku. Gruby żwir z płóczek podnosi się na pewną wysokość zapomocą elewatorów, z których przeładowuje się go w wozy w celu sypania na wysokie zwały (kopalnie Szuwałowskie na Uralu). Przy przeróbce piasku złotonośnego zapomocą ekskawatorów, skała wydobyta po jej wypłókaniu nie może już pomieścić się w pierwotnej swojej objętości i kierowana jest na zwały poza ekskawatorem przy pomocy skrzynkowego lub giętkiego

elewatora (taśma Robinsa). Zwały te wznoszą się na kilka metrów nad pierwotną powierzchnię ziemi (rys. 245).



Rys. 245. Zwały czerpakowe na rzece Klondike.

W niektórych kopalniach antracytu w Pensylwanji, położonych w wąskich dolinach, odpady podnosi silny podnośnik (250 KM.) w wozach o znacznej pojemności po torze pochyłym na wierzchołek zwałów i tam zsypuje się je na drugi stok grzbietu górskiego (Shamokin, Pa).



Rys. 246.

Wreszcie w zakładach wzbogacalnych rud przerabiających wartościowe rudy z nieznaczną zawartością metalu, zwłaszcza w zakładach amalgamacyjnych i cyjanowych dla złota, skałę układa się w stożki o dużej wysokości zapomocą konwejorów typu Robinsa, którym nadać można nachylenie do 23° (rys. 246), lub też jak w kopalni Brak-

pan w Transvaalu — zapomocą czerpaka o pojemności 1-ej tonny, który zapomocą silnika o mocy 75 KM przesuwa się na linie po nachylonej ramie na wierzchołek żelaznej wieży, o solidnej budowie i wysokości 60 m, i tam opróżnia się automatycznie. W taki sposób może utworzyć się stożek, o wysokości 80 m, o średnicy podstawy 240 m, zawierający 2 500 000 tonn, co odpowiada jednak tylko trzechletniej produkcji kopalni, poczem wieżę przestawia się na nowe miejsce.

CZĘŚĆ I-sza (ciąg dalszy)

OPERACJE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

C. OPERACJE OBSŁUGUJĄCE.

C. Operacje obsługujące.

ROZDZIAŁ XI.

Do kategorji obsługujących zaliczamy takie operacje o charakterze ogólnomechanicznym i gospodarczym, które jednakowo odnoszą się do zasadniczych, jak i pomocniczych operacyj przeróbki. Do nich należą:

1. Gospodarka wodna.
2. Gospodarka powietrzna.
3. Gospodarka cieplna.
4. Doprowadzenie energji.
5. Kontrola operacyj i rejestracja produktów.

§ 1. Gospodarka wodna.

Miejsca zapotrzebowania wody. Wody używa się w zakładach wzbogacalnych: 1) jako istotnego czynnika tej lub innej operacji, 2) jako czynnika transportowego dla produktów przy operacjach pomocniczych i 3) jako źródła energji mechanicznej dla uruchomienia wszystkich mechanizmów. W niniejszym § zajmiemy się tylko pierwszym i drugim z wymienionych celów zaopatrywania w wodę.

Udział wody w zasadniczych operacjach może być dwojaki: w jednych wypadkach jest ona tem środowiskiem, w którem zachodzi proces przeróbki i bez którego ta operacja jest nie do pomyślenia. Do tych należą: klasyfikacja mokra, przemywanie skał spoistych (w płóczkach złota), osadzanie mokre, flotacja, amalgamacja, wszelkiego rodzaju procesy hydrometalurgiczne i mokre chemiczne sposoby wzbogacania, ługowanie soli, oddzielanie gazowych i płynnych destylatów i t. p. W innych operacjach woda jest czynnikiem sprzyjającym dla skutecznego toku procesu, lecz nie koniecznym bezwzględnie. Tak, rozdrabianie w walcach przy użyciu wody, niezależnie od zwilżania pyłu, dopomaga do zmniejszenia zużycia ich powierzchni. Rozdrabianie w młynach chilijskich, tłuczkach i młynach rurowych wymaga użycia wody dla ciągłego działania operacji; woda ułatwia wyładowanie rozdrobionego materjału, wywiera więc wpływ bezpośredni na wydajność rozdrabiania. W operacjach przesiewania zraszanie wodą przeciwdziała zatykaniu sit ziarnami rudy, ułatwia przesiewanie i dokładniejsze oddzielenie drobnego pyłu od materjału grubszego oraz chroni sita

od zbyt silnego zużycia. W operacjach koncentracji na stołach płóczkowych woda przez rozluźnienie materjału dopomaga do przesiewania drobnych ziarn koncentratu przez przestrzenie między grubszemi ziarnami odpadów i, spłókując te ostatnie, zapewnia ciągłe działanie stołów płóczkowych. W separatorach magnetycznych woda służy do podawania materjału na pole magnetyczne i do usuwania przyciąganych do biegunów ziarn magnetycznych. Ważną rolę odgrywa woda w operacjach odpylania, zwilżania gliny w cegielniach i cementowniach, pyłu rudy, w czynnościach spiekania, gaszenia koksu i t. d.

W operacjach pomocniczych rola wody przy transporcie była wyjaśniona w rozdziale ostatnim. Transport materjału w żłobach zapomocą strumienia wody jest najprostszym i najtańszym sposobem transportu materjałów i znajduje szerokie zastosowanie zarówno wewnątrz zakładu, jak i zwłaszcza poza nim przy usuwaniu odpadów przeróbki.

Oprócz tego wody używa się do smarowania powierzchni tarcia (czopów w niektórych rodzajach płóczek), do ochładzania nagrzanych podczas działania części mechanizmów: stempli, pras brykietowych, ścian prażalników, łożysk szybko wirujących osi i t. p.

Tak więc, woda znajduje różnorodne zastosowanie w zakładach przeróbczych, używanie jej jednak w szerokim zakresie przy operacjach ogranicza się ze względu na obfite wytwarzanie szlamu przy przeróbce kruchych i miękkich skał oraz zpowodu straty użytecznych cząstek kopaliny, unoszonych do ścieków.

Ilość zużywanej wody w zakładach przeróbczych. W zakładach, używających wody do różnorodnych celów, jej zużycie bywa bardzo znaczne i może się wahać w szerokich granicach. Tak, na jedną tonnę materjału surowego, zależnie od rodzaju operacji i warunków lokalnych, wypada od 1 do 36 tonn wody. Zakłady, prowadzące zwykły proces mokry wzbogacania, zużywają od 6 do 24 tonn, zakłady amalgamacyjne dla złota — średnio 10 tonn wody. Największe zużycie wody notowano w zakładzie wzbogacalnym dla rud miedzianych, Washoe Concentrator, Anaconda Copper Mining Co w stanie Montana Ameryki Półn., który zużywa przy produkcji 800 tonn miedzi na dobę 170 000 m^3 wody, czyli 2 m^3 na sekundę, co odpowiada 34,6 tonn wody na 1 tonnę rudy surowej. Wreszcie przy hydraulicznem urabianiu piasków złotonośnych, przy których wydobyciu i przemywaniu korzysta się z ogólnego źródła wody, zużycie jej dochodzi do 50—100 tonn na 1 tonnę spłókanej masy.

Oczywiście, przy tak znacznem zużyciu wody należy przedsięwziąć wszelkie możliwe środki dla zmniejszenia kosztów jej ruchu t. zn. należy dążyć wszelkiemi siłami do stałego przepływu wody z góry na dół. W wypadkach, gdy struktura miejscowości na to pozwala, należy doprowadzać wodę w dostatecznej ilości do najwyższego punktu za-

kładu bez jej podnoszenia, bezpośrednio rynnami i rurami ze zbiorników i potoków, znajdujących się powyżej górnego poziomu zakładu. Przytem ograniczenie zużycia wody może być podyktowane jedynie warunkami samego procesu, a więc względami zmniejszenia tworzenia się szlamów i związanych z tem strat minerału.

Jeżeli jednak zachodzi konieczność podnoszenia wody na pewną wysokość, np. w miejscowości płaskiej, to ograniczenie zużycia wody wynika oprócz tego z rozważań natury ekonomicznej. Tak np. przy takiem zużyciu wody, jak w kopalni Anaconda, lecz w miejscowości płaskiej, przy wysokości podnoszenia 30 m, należałoby zużyć na samą tylko użyteczną pracę $\frac{2000 . 30}{75} = 800$ KM.

Sprawa ta przedstawia się jeszcze trudniej w miejscowości suchej, na pustyni, kiedy zachodzi potrzeba nietylko podnoszenia, lecz również przeprowadzenia wody na dużą odległość. Klasyczny przykład takiego braku wody stanowią kopalnie złota okręgu Kalgoorli i Kalgardie w Zachodniej Australji, gdzie cały rejon złotodajny, położony w pustyni zupełnie bezwodnej, zasila państwowy wodociąg o długości 350 mil, za co pobiera się po 5 szylingów za każde 1000 gallonów wody. W takich wypadkach należy użyć wszelkich środków, zmierzających do zmniejszenia zużycia wody, względnie do zupełnego jej wyrugowania i przejścia do sposobów suchej przeróbki bez wody.

Sposób powtórnego użycia wody. Niezawsze jednak można zupełnie uniknąć procesu mokrego, w tym wypadku używa się powtórnie wody. Sposób ten polega na tem, iż wszystka woda, otrzymana przy odwadnianiu produktów, tak rynkowych, jak i odpadów, po starannem oczyszczeniu i sklarowaniu idzie do powtórnego użycia. Aczkolwiek przytem nie można uniknąć zużycia energji przy podnoszeniu niekiedy znacznych ilości wody, znajdującej się w obiegu, to jednak z drugiej strony zmniejsza się koszty dostawy długim wodociągiem, jego urządzenia i utrzymania, lub też koszty wysokiej opłaty za użytkowanie wody z wodociągu publicznego, jak w Australji Zachodniej. Metoda powtórnego użycia wody ma swoją stronę dodatnią i dlatego znajduje zastosowanie również w wypadku nadmiaru wody. Przy tej metodzie można sprowadzić do minimum straty kopalin w szlamach. Metoda ta ma szerokie zastosowanie w zakładach cyjanowych przy oddzielaniu złota, gdzie jej niezbędność wywołana jest dążeniem do zmniejszenia straty *KCN i Au*, zawsze pozostających w tak zwanych słabych roztworach. W innych wypadkach użycie gęstej wody płóczkowej do maszyn osadowych (w kopalniach rud żelaza) może wywierać wpływ dodatni na proces osadzania, gdyż różnica prędkości opadania w wodzie gęstej jest większa, niż w wodzie czystej. Ze względów ogólno-gospodarczych prawie wszystkie płóczki węglowe używają powtórnie tej samej wody.

Z punktu widzenia teoretycznego przy powtórnem użyciu wody stratę jej stanowi ilość wilgoci, która pozostaje w odwodnionych produktach przeróbki, z potrąceniem ilości wilgoci, wprowadzonej w obieg przez materjały surowe. Niekiedy przy przeróbce bardzo wilgotnych, napływowych skał aluwjalnych (rudy żelaza), teoretycznie jest możliwy nawet przyrost ogólnej ilości wody w obiegu, gdyż ilość doprowadzonej wilgoci może być większa, niż jej ilość, zawarta w produktach wzbogaconych. Praktycznie jednak stanu tego osiągnąć nie można, tak ze względu na to, iż odwodnienie produktów szlamowych, zwłaszcza odpadów, przedstawia bardzo duże trudności, jak również z powodu nieuniknionych strat wody w różnych miejscach zakładu, jej rozlewania się i t. p. innych powodów. Tak więc w praktyce w zakładach, używających powtórnie wody, rzeczywiste zużycie wody w stosunku do ilości, znajdującej się w obiegu, wynosi zwykle ponad 0,2, w wypadkach rzadszych, jak w kopalniach australijskich PbS/ZnS w Brocken-Hill — 0,1 i 0,08. W okręgu Kalgoorli Australji Zachodniej kopalnie złota, używające powtórnie wody, po doprowadzeniu do minimum jej użycia w obiegu wewnętrznym, zużywają średnio 1 t wody na 1 t rudy surowej, czyli około 10 razy mniej, niż tego wymagają kopalnie złota w normalnych warunkach. Wyżej wspomniany wodociąg dostarcza na cały okręg ilość wody 20 razy mniejszą od tej, jaką zużywa jedna kopalnia w stanie Montana, chociaż ogólna produkcja okręgu była zaledwie o 20% mniejsza, niż produkcja tego jednego zakładu.

Rozdzielanie wody. Woda w zakładach przeróbczych może być używana pod dużem lub małem ciśnieniem. Tak, większość maszyn przemywających używa do rozluzowania skał spoistych silnego strumienia wody pod ciśnieniem 3—4 atmosfer. Przy urabianiu hydraulicznem i w stałych zakładach do płókania piasków złotonaśnych, gdzie używa się monitorów i elewatorów hydraulicznych, ciśnienie dochodzi do 10 i więcej atmosfer. Zwykłe zaś przyrządy wzbogacalne wymagają jakkolwiek niewysokiego, to jednak bardzo stałego ciśnienia. Specjalnej uwagi wymagają hydrauliczne klasyfikatory z prądem wznoszącym się w rurkach sortowniczych. Jeżeli w jednym i tym samym zakładzie znajdują się przyrządy, wymagające wysokiego i niskiego ciśnienia wody, to wówczas urządza się dwa systemy wodociągowe. Wysokie ciśnienie zazwyczaj wytwarza pompa odśrodkowa, która dostarcza wodę bezpośrednio rurami do odpowiednich przyrządów przemywających. Przy hydraulicznem urabianiu wysokie ciśnienie wytwarza odpowiednie urządzenie głównego wodociągu, zasilającego kopalnię, oraz zbiornika naporowego, umieszczonego na pobliskiej wyniosłości terenu, od którego rurami dochodzi woda do monitora i elewatora hydraulicznego. Do zasilania przyrządów strumieniem o niskiem ciśnieniu zazwyczaj urządza się na poziomie, leżącym ponad niemi, zbiornik, do którego dostarcza się wodę zapomocą pompy lub żłobów.

Ze zbiornika prowadzi się wodę do oddzielnych przyrządów rurami, zaopatrzonemi w miejscach zasilania w krany regulujące. Dla zapewnienia stałego ciśnienia zbiornik posiada rurę przelewową, utrzymującą w nim stały poziom wody.

Dla uniezależnienia od siebie działania oddzielnych maszyn zazwyczaj jednorodne ich grupy zasilane są wodą z oddzielnej rury. Tak, w zakładach amalgamacyjnych zazwyczaj oddzielne rury zasilają: 1) przyrządy do drobnego rozdrabiania (młyny chilijskie lub tłuczki), 2) szluzy, otrzymujące wodę dodatkową z rury, obsługującej również stoły płóczkowe, 3) młyny rurowe, 4) klasyfikatory hydrauliczne i 5) koncentratory. Oprócz tego oddzielna rura służy do gaszenia pożarów, jednakże lepiej łączyć ją z rurociągiem o wysokiem ciśnieniu, jeżeli taki istnieje.

W takich warunkach regulowanie przypływu wody w jednym przyrządzie najmniej odbija się na działaniu innych, co ma szczególne znaczenie dla operacyj tak precyzyjnych, jak klasyfikacja mokra i koncentracja na stołach.

W zakładach cyjanowych główny zbiornik zasilający niekiedy służy do przygotowania roztworów *KCN*, *NaOH*, *CaO* o wymaganej mocy. Zbiorników tych jednocześnie używa się jako zapasowych na wypadek zatrzymania pompy. Lepiej jednak w tym celu mieć zapasowe pompy, gdyż dla uniknięcia zbyt dużych zbiorników i dużego obciążenia górnego piętra budynku zakładowego zazwyczaj ich pojemność oblicza się na czas niedłuższy, jak 1—2 godziny.

W dużych zakładach wzbogacalnych cały system rurociągu przedstawia nader złożoną sieć, wymagającą najstaranniejszej obsługi. Przy powtórnem użytkowaniu wody powrotnej, zanim przejdzie ona do żąpia pomp, powinna przejść nietylko przez cały system zbiorników dla sklarowania, lecz również przez szereg zbiorników, położonych w fundamentach zakładu, w których ma możność osiąść pozostały w niej piasek, a to w celu możliwego zabezpieczenia pomp i sieci wodociągowej od nadmiernego zużycia. W projekcie zakładu płóczkowego dla otoczakowej rudy żelaznej na górze Błagodat'[1]) do płókania 1000 t rudy surowej w przeciągu 24 godzin zapotrzebowanie wody wynosiło 4600 l w obiegu, przytem ogólna sieć rurociągów miała 1092 m długości przy średnicy rur z żelaza lanego 320—210 mm i gazowych od 4″ do $1^1/_2$″. Średnice rur obliczone zostały na szybkość prądu wody 2 m/sek. w magistralach głównych i 1 m/sek. w odgałęzieniach.

Zaopatrzenie w wodę. Problem zaopatrzenia w wodę obejmuje nietylko cele przeróbcze, lecz w wypadku zastosowania siły wodnej również i mechaniczne. Zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia, gdy zachodzi potrzeba otrzymania znacznej ilości wody dla przeróbki ubogich złóż, których odbudowa może mieć znaczenie gospodarcze je-

[1]) Wykonanym przez autora.

dynie pod warunkiem zastosowania „węgla białego“. Wogóle zaopatrzenie w wodę zakładu przeróbczego dla dowolnego celu nie przedstawia zadania odrębnego. Jest to problem ogólny zaopatrzenia w wodę zakładów przemysłowych i, zależnie od skali produkcji, nabiera charakteru poważnej budowli inżynieryjnej. W praktyce techniki przeróbczej najbardziej charakterystyczny wypadek pod względem urządzeń wodnych przedstawiają kopalnie złota w Kalifornji, ze znakomitą odbudową hydrauliczną.

Rozpatrując urabianie hydrauliczne, jako przemywanie piasków złotonośnych w miejscu zalegania, spotykamy się tam z potężną budowlą wodociągową, która służy prawie wyłącznie do celu wzbogacania. Arterje, prowadzące wodę do kopalń, sięgają setki mil długości, zasilają wodą ogromne zbiorniki, urządzane niekiedy na alpejskich wysokościach, a ciśnienie użyteczne dochodzi do kilkudziesięciu atmosfer. Dzienne zużycie wody wynosi setki tysięcy metrów sześciennych. Wymienione złoża w Kalifornji są tak ubogie (kilka doli w 100 pud.),[1]) iż tylko masowe ich przemywanie umożliwia opłacającą się ich eksploatację.

W zwykłych kopalniach złota, przy bardzo nieznacznej zawartości złota w piaskach i nierównomiernem jego rozłożeniu, gdy zapomocą szczegółowych poszukiwań bardzo trudno jest ustalić rzeczywistą zawartość metalu w złożu, a często pozostaje ona niewiadoma aż do zupełnej odbudowy — możliwość wyłącznego zaopatrzenia wszelkich kopalnianych urządzeń w siłę wodną decyduje często o pewności złoża w znaczeniu ekonomicznem. Poza tem krótkotrwałość działania poszczególnych urządzeń i częste ich przenoszenie w miarę szybkiej odbudowy złoża wzdłuż koryt rzeczek nadaje wszelkim tym urządzeniom charakter czasowy. Tutaj górnikowi, zatrudnionemu w zakładzie, w którym przemywanie złota stanowi główne źródło zużycia wody i energji, przypada w udziale samemu ciągła rozbudowa głównego nerwu przedsiębiorstwa — wodociągu. Nie wdając się w szczegóły tej sprawy i kierując tych którzy się niemi interesują, do kursu kopalnictwa złota[2]), zaznaczamy jedynie, iż umiejętność szybkiego i prawidłowego rozwiązywania wszelkich zadań z zakresu zaopatrywania w wodę przy pomocy reguł empirycznych, podanych w podręcznikach, jak: urządzanie tam, przeprowadzanie kanałów, żłobów i rur dla dostawy do zakładu potrzebnej ilości wody pod dostatecznem ciśnieniem i najmniejszym kosztem, co zależy od prawidłowego wyboru przekrojów elementów wodociągu i spadku, oraz umiejętność budowania ich zapomocą najprostszych robót ziemnych i ciesielskich, stanowi jedno z najgłówniejszych zadań praktyka kopalnianego, gdyż woda w kopalniach złota,

---

[1]) 1 g = 22,505 doli; 1 pud = 16,38 kg.

[2]) Patrz pracę autora „Гидравлическая разработка розсыпей“ w: „Технический календарь для золото- и платинопромышленников“. Petersburg 1913.

można powiedzieć, jest wszystkiem i od umiejętnego jej wykorzystania zależy całkowicie pomyślność przedsiębiorstwa.

§ 2. Gospodarka powietrzna.

Powietrze, podobnie jak woda, w zakładach przeróbczych odgrywa dużą rolę, zasadniczą i pomocniczą. W pierwszym wypadku powietrze stanowi środowisko, w którem odbywają się różne operacje, np. powietrzne wzbogacanie, powietrzna klasyfikacja, lub też jest ono czynnikiem, wchodzącym do cyklu operacyj chemicznych, np. przy powietrznej agitacji w iłowym procesie cyjanizacji rud złota, przy suchych chemicznych operacjach prażenia i wreszcie w operacjach suszenia — głównym czynnikiem osuszającym. W wypadku drugim powietrze, podobnie jak i woda jest środkiem transportowym, np. w operacjach odpylania. We wszystkich tych wypadkach powietrza dostarcza się pod depresją lub ciśnieniem, zapewnionem przez wentylator, wytwarzający, biorąc ogólnie, nieznaczne różnice ciśnienia. Ciśnienie większe, wymagające zastosowania dmuchaw, a niekiedy sprężarki, potrzebne jest jedynie w wypadkach aeracji iłów przy cyjanizacji i przy wdmuchiwaniu powietrza w rekuperatywnych piecach koksowych. Właściwie powietrze sprężone znajduje zastosowanie jako siła poruszająca, i dlatego rozpatrzenie tych wypadków zostało umieszczone w § 4 o doprowadzeniu energji.

§ 3. Gospodarka cieplna.

Wykorzystanie ciepła i pary ogranicza się do szczególnych odmian przeróbki w operacjach, wymagających suszenia i ogrzewania. Wypadki zastosowania tych operacyj były rozpatrzone w odnośnych rozdziałach. Tutaj zaznaczamy jedynie, że przy znacznem zapotrzebowaniu ciepła w brykietowniach, przy aglomeracji, prażeniu w piecach koksowych kwestja ekonomicznego jego zużycia jest pierwszorzędnej wagi i wiąże się ze zużytkowaniem ciepła dla wytwarzania pary w kotłach i maszynach parowych. Ciepło, wytwarzane przez proces spalania w paleniskach i piecach, ciepło, unoszone przez gazy i ogrzane substancje: wodę, parę, rudę, węgiel — powinno być wykorzystane możliwie w zupełności do ogrzewania innych substancyj, nie wyłączając wody, zasilającej kotły. Tak, para, zużyta w maszynach parowych, służy do ogrzewania powietrza w suszarkach; ciepła woda kondensacyjna z suszarki kierowana jest zpowrotem do kotłów; ogrzany węgiel przy ochłodzeniu oddaje ciepło powietrzu, wchodzącemu do palenisk lub suszarki; ciepło, promieniujące od suszarek i pieców do wypalania zużytkowuje się do przedwstępnego ogrzewania materjału surowego; gazy z pieców koksowych ogrzewają powietrze, niezbędne do ich spalania w kanałach paleniskowych i służą do wytwarzania pary w kotłach parowych; takie zamknięte cykle zawsze sprzyjają najbardziej ekonomicznemu wyko-

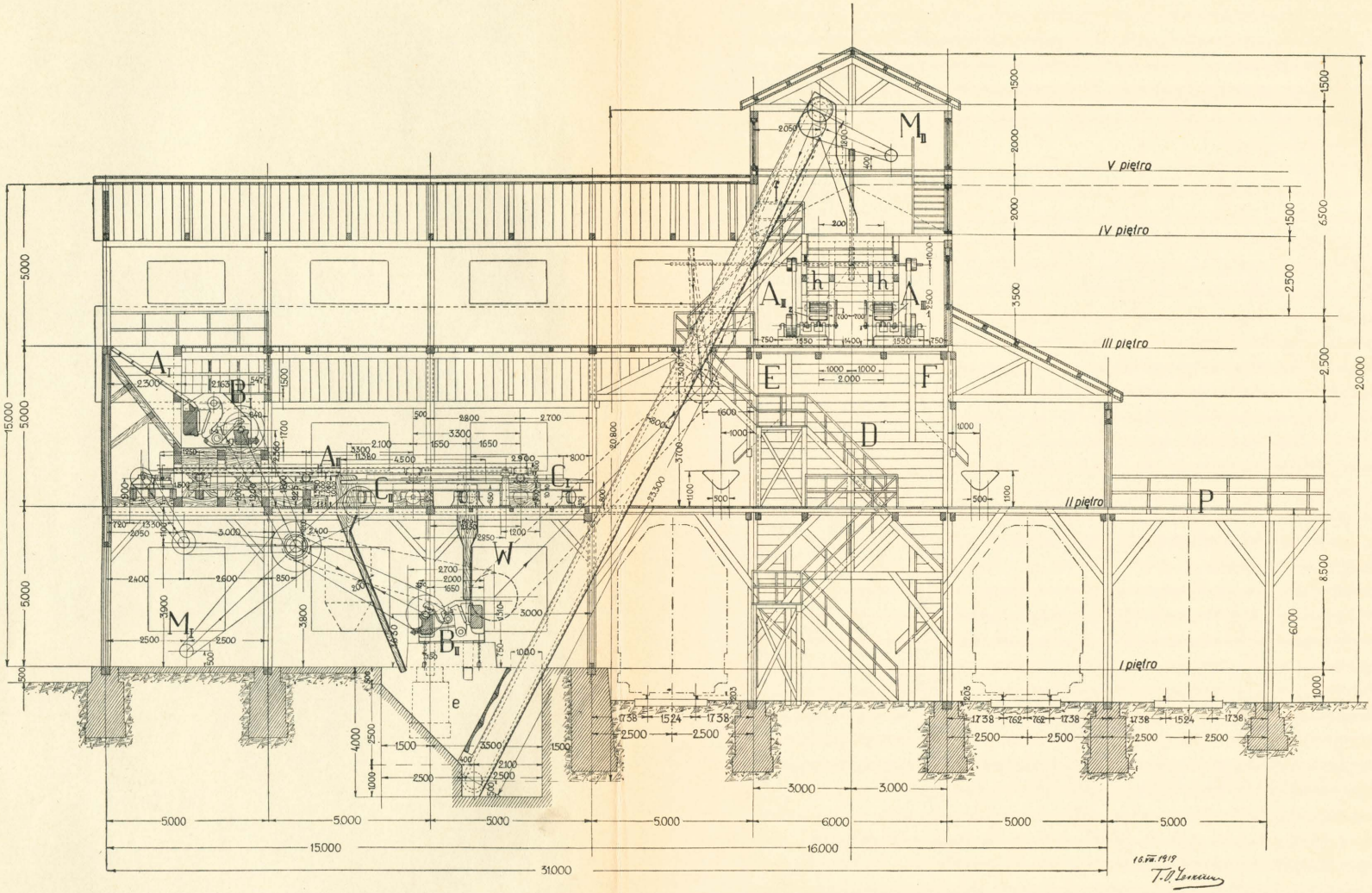
rzystaniu ciepła. Najwięcej odpowiedzialne zadanie stanowi regeneracja i zużytkowanie ciepła w brykietowniach węgla brunatnego, stosujących suszenie znacznej masy bardzo wilgotnego węgla, i w koksowniach, gdzie rozwiązanie tych zadań należy powierzać doświadczonym specjalistom w technice cieplnej.

§ 4. Doprowadzenie energji.

Zużycie energji w zakładach przeróbczych waha się w bardzo szerokich granicach, zależnie od rodzaju operacji i jakości materjału surowego. Przy najprostszem hydraulicznem przemywaniu, odbywającem się przy użyciu wody bieżącej, zużycie energji spada do 0, zwykle jednak w zakładach przeróbczych stanowi ono zawsze znaczną pozycję kosztów własnych przeróbki. Największe zużycie zawsze przedstawia praca rozdrabiania twardych rud, to też zakłady, rozdrabiające całą masę rudy do stanu piasku i iłu, zużywają największe ilości pracy. Do 67—80% ogólnych kosztów własnych w tych wypadkach może stanowić praca rozdrabiania, nawet przy ścisłem przestrzeganiu zasady: „nie kruszyć nic zbytecznego". Dalej znaczną ilość energji pochłaniają wszelkie operacje mieszania dużych mas, przecierania w maszynach przemywających, przenoszenie w kierunku pionowym i in. W kopalni złota Brakpan w Transvaalu, przerabiającej na dobę 3300 t rudy surowej, ogólne zużycie energji wynosi 2950 KM, z tych 1950 przypada na pracę rozdrabiania dla przygotowania rudy do procesu cyjanowego i 1000 KM — na pozostałe operacje przeróbki: zaopatrzenie w wodę, usuwanie odpadów i in., t. j. 0,9 KM na 1 t dziennej produkcji, z czego $^2/_3$ lub 0,6 KM — na pracę rozdrabiania. W kopalni Nr. 2 Canea w Sonora (Meksyk) przy przeróbce, stosunkowo miękkiej, rudy miedzianej w ilości 2000 t na dobę zużycie energji wynosi 472 KM czyli 0,24 KM na 1 t rudy surowej. Na górze Błagodat' dla przepłókania 1000 t żelaznej rudy otoczakowej i jej wzbogacenia podług projektu autora była potrzebna lokomobila o 350 KM, z czego wypada 0,35 KM na 1 t rudy surowej.

Przy konstruowaniu oddzielnych przyrządów należy zwracać baczną uwagę na ich racjonalne działanie, w znaczeniu osiągnięcia największego współczynnika pracy użytecznej. Duże znaczenie ma należyte rozłożenie przyrządów, upraszcza bowiem sposoby przenoszenia materjałów. Na uwagę niemniejszą zasługuje napęd, który przy dużej ilości różnych wykonawczych i pomocniczych przyrządów może być zbyt złożony i może pochłaniać znaczny procent pracy.

O wyborze rodzaju energji: wody, pary, elektryczności — niema potrzeby szczegółowo mówić. W praktyce spotyka się wszystkie rodzaje energji, zależnie od ogólnych rozważań, które zazwyczaj kierują nami przy wyborze rodzaju energji dla jakichkolwiek przedsiębiorstw przemysłowych. Warunki miejscowe oraz rozważania ekonomiczne są



Rys. 247. Projekt sortowni łupków palnych.

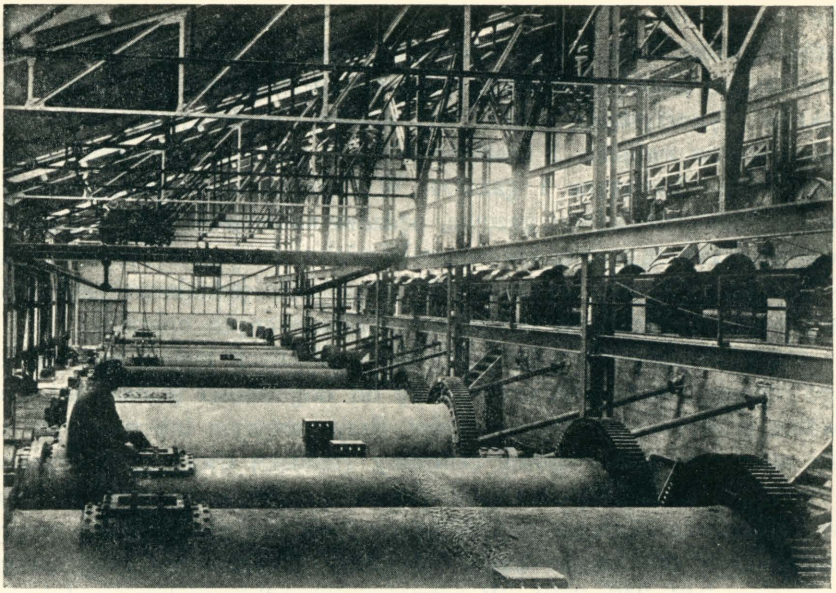
A_I — przesiewacz rusztowy; B_I — kruszarka Blake'a; A_{II} — płaski poziomy przesiewacz Marcusa; B_{II} — kruszarka Dodge'a; C_I i C_{II} — okrągłe stoły sortownicze, ustawione z dwóch stron przesiewacza A_{II} do ręcznego wzbogacania; e — zbiornik początkowy; f — elewator; h — skrzynia rozdzielcza; A_{III_1} i A_{III_2} — poziome przesiewacze-konwejory Marcusa, ustawione symetrycznie z dwóch stron elewatora, sortujące i transportujące; D — długi rząd skrzyń do ładowania wagonów kolejowych; E, F — skrzynie dla skały płonnej z przesiewaczy A_{III}; P — pomost do wywożenia skały płonnej, wybranej ze stołów okrągłych C_I i C_{II} i ze skrzyń E, F; M_I — silnik do A_{II}, B_I, B_{II}, C_I, C_{II}; M_{II} — silnik do f, A_{III_1} A_{III_2}.

tutaj czynnikami decydującemi. W pewnych jednak wypadkach zagadnienie to może mieć więcej lub mniej określone rozwiązanie. Np. niektóre ubogie piaski złotonośne mogą być przerabiane jedynie pod warunkiem wykorzystania darmo siły wodnej. W brykietowniach węgla brunatnego w związku z suszeniem silniki parowe są bardziej ekonomiczne, niż elektryczne i gazowe. W koksowniach, wykorzystujących produkty uboczne, silniki gazowe, pędzone nadmiarem gazów z pieców koksowniczych, są najracjonalniejsze. W większości jednak innych wypadków woda, para, gaz, elektryczność mogą mieć jednakowe zastosowanie i nie są ograniczone warunkami wykonywanych operacyj.

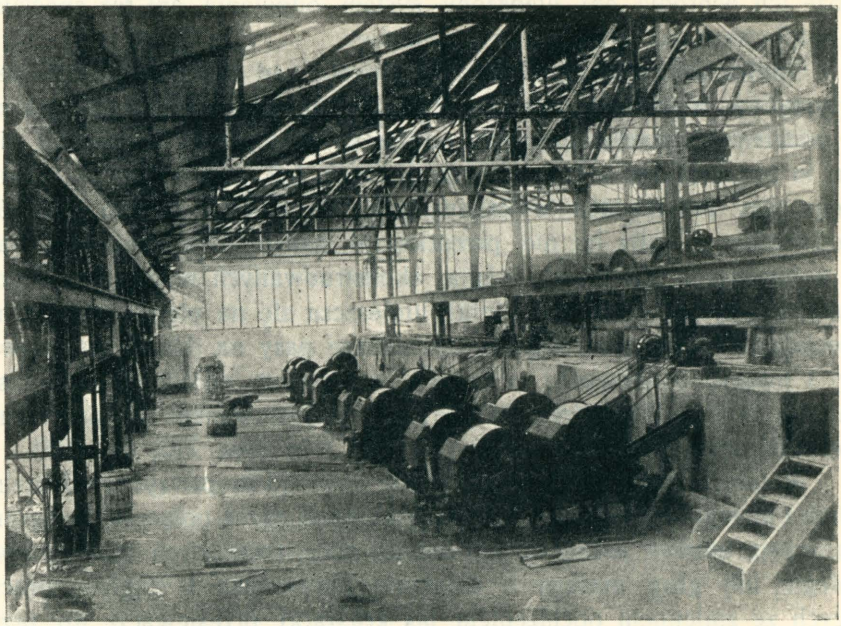
Przy jednakowych warunkach ekonomicznych wybór tego lub innego rodzaju energji jest uzależniony od dogodności technicznej montowania silników i charakteru pędni. Przy parowym lub gazowym silniku zazwyczaj jeden ogólny centralny (rzadziej dwa) silnik wprawia w ruch cały zakład. System pędni przytem otrzymujemy bardzo złożony (rys. 247). Przy silnikach elektrycznych zazwyczaj każda grupa maszyn jednorodnych lub nawet każdy oddzielny przyrząd ma swój własny silnik (rys. 248, 249, 250). W ostatnim wypadku system pędni nadzwyczajnie się upraszcza. W zakładach jednak zapylonych, przy suchym procesie przeróbki systemu oddzielnych silników nie można używać, gdyż silniki elektryczne, znajdując się w pomieszczeniach roboczych, ulegają bardzo szkodliwemu działaniu pyłu, od którego wpływu nie może ich ochronić ani ulepszony system odpylania, ani też specjalna zabezpieczona od pyłu budowa silników.

Oprócz tego dla dogodniejszego dozoru nad silnikami i działaniem przyrządów wykonawczych jest celowe ich ustawianie, jeżeli już nie w oddzielnych pomieszczeniach, oddzielonych ścianami i stropami pięter, to przynajmniej w izolowanych grupach, tak, aby robotnicy zatrudnieni przy przyrządach wykonawczych, nie zbliżali się do silników i odwrotnie, — aby im nie przeszkadzał nadzór nad silnikami. Tak, w najnowszych płóczkach węgla, skonstruowanych przez firmę Humboldt, zazwyczaj wszystkie silniki umieszcza się na piętrze górnem na specjalnych pomostach, skąd są opuszczane pasy na dół do przesiewaczy i maszyn osadowych; w innych wypadkach silniki umieszcza się na dole pod podłogą (rys. 247, M) lub w izolowanem pomieszczeniu pod zbiornikami, obsługującemi kruszarki i in. (rys. 212, str. 265).

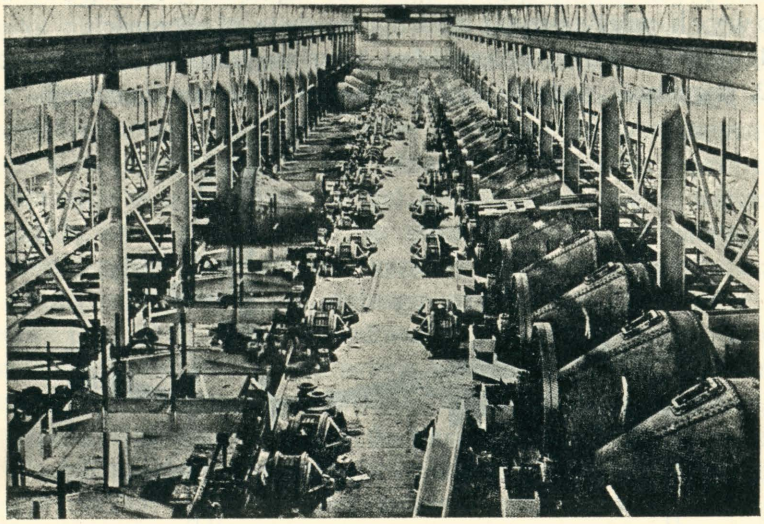
W takich warunkach trudno każdy przyrząd zaopatrzyć w oddzielny silnik i dlatego używa sią kombinacji grupami przez połączenie wspólną transmisją maszyn jednorodnych lub też grup, tworzących systemy równoległe, lub grup maszyn o działaniu okresowem i ciągłem, pracujacych ze zmiennem obciążeniem, jak kruszarki, przesiewacze itp. przyrządy lub wymagających bardzo równomiernego biegu, jak różnego rodzaju koncentratory, separatory i t. p. (rys. 247, 251).



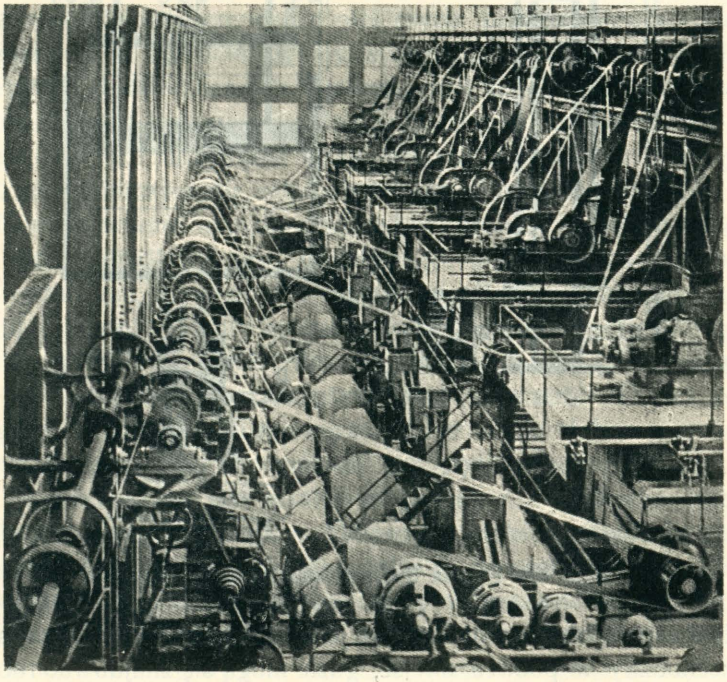
Rys. 248. Widok wewnętrzny zakładu wzbogacania rudy żelaznej sposobem magnetycznym w Süd-Waranger (Norwegja). Rząd młynów rurowych z oddzielnym silnikiem do każdego z nich (w czasie montowania). Na wyżej leżących występach widoczne kolejne rzędy podwójnych separatorów elektromagnetycznych Gröndala (I-go stadjum) i młynów kulowych.



Rys. 249. Widok wewnętrzny zakładu wzbogacania rudy żelaznej sposobem magnetycznym w Süd-Waranger. Rząd podwójnych separatorów Gröndala z oddzielnemi silnikami (w czasie montowania) (II stadjum), ustawionych na występie, leżącym poniżej przedstawionego na rys. 248 występu z młynami rurowemi.



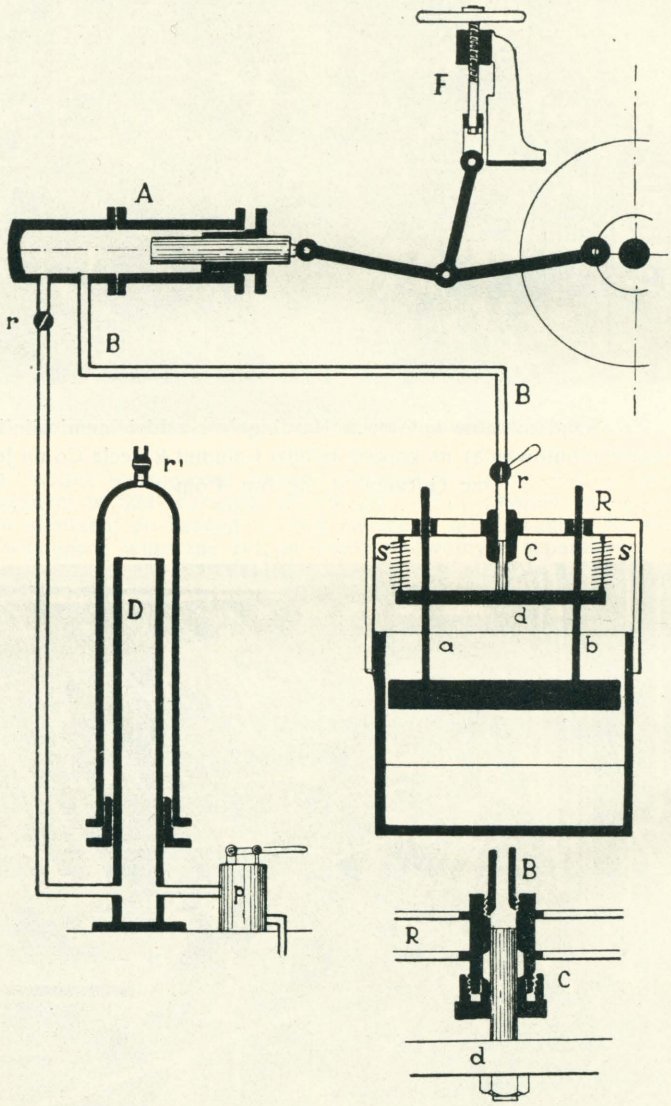
Rys. 250. Rząd młynów kulowych Hardinge'a z oddzielnemi silnikami (w czasie montowania) na kopalni miedzi Calumet & Hecla Co na Jeziorze Górnem St. Zj. Am. Półn.



Rys. 251. Rząd kruszarek walcowych i młynów Hardinge'a w jednym z dużych zakładów przeróbczych Am. Półn.; każda para walców i każde 4 młyny Hardinge'a mają silnik oddzielny.

Przy rozmieszczeniu wałów głównych i pasów pędniowych należy przyjąć pod uwagę dwie okoliczności:

1. bezpieczeństwo robotników przy przyrządach wykonawczych,
2. dogodność nadzoru nad działaniem i stanem transmisji.



Rys. 252. Pędnia hydrauliczna systemu Henry.

Dla bezpieczeństwa robotników jest niezbędne, aby pasy napędowe nie przechodziły w pobliżu miejsc, gdzie mogą się znajdować robotnicy. Jeżeli koła pasowe są umieszczone przy pomoście roboczym, to lepiej, by pasy do tych kół były przeprowadzone od dołu (rys. 247 okrągłe stoły sortownicze C_I i C_{II} od silnika M_I). Przy napędzie górnym pasy

powinny być tak odchylone od pomostu roboczego, aby w żadnym wypadku nie przechodziły ponad głowami robotników (rys. 251 walce z prawej strony). W miejscach, gdzie jest to nieuniknione, pasy zabezpiecza się skrzynkami ochronnemi, te ostatnie jednak osłabiają oświetlenie pomieszczenia, zasłaniają ogólny widok na grupy maszyn jednorodnych i utrudniają nadzór nad działaniem napędów i przyrządów t. zn. pozostają w sprzeczności z wyżej zaznaczonym drugim warunkiem. Ze względu na to należy dążyć do swobodnego i nieskupionego rozmieszczenia maszyn, tak aby całe systemy mogły być doglądane z różnych stron pod warunkiem dobrego oświetlenia przez duże okna fabryczne (rys. 251), celem umożliwienia łatwego wykrycia w czasie właściwym wadliwego funkcjonowania maszyn. Racjonalne rozmieszczenie wszystkich maszyn przy zachowaniu warunków bezpieczeństwa, prostoty napędu, dogodnego dostępu do wszystkich części maszyn i transmisji dla ich naprawy, smarowania i nadzoru, przy zachowaniu dostatecznej przestrzeni dla wszelkich prac operacyjnych i remontowych przy jednoczesnej zwartości całej budowli, przy zachowaniu niezbyt sztucznego rozplanowania oddzielnych jej elementów, nie pozostającego w sprzeczności z regułami budownictwa, i przy jednoczesnem unikaniu systemów statycznie niewyznaczalnych — przedstawia wogóle o tyle trudne zadanie, iż dla wypełnienia wszystkich wymienionych warunków wypada niekiedy zrezygnować z niektórych przygotowawczo-pomocniczych operacyj i uprościć ogólny system przeróbki, zadawalając się mierniejszemi, ostatecznemi rezultatami, gdyż zupełnie racjonalny system przeróbki mógłby być zrealizowany jedynie przy zbyt złożonem zgrupowaniu maszyn i budynków o tak złożonej konstrukcji, iż w ogólnym bilansie gospodarczym nie odpowiadałoby to osiąganej korzyści.

Dla uproszczenia napędu przyrządów, których części robocze mają szybki ruch wahadłowy, jak: przesiewacze dla drobnych sortymentów, sita odwadniające, konwejory o ruchu wahadłowym, maszyny osadowe i stoły płóczkowe, — Henry zaproponował hydrauliczny sposób napędu. Generator ruchu nadaje ruch tłokowi pompy *A* (rys. 252), połączonej rurami ze wszystkiemi przyrządami wykonawczemi. Części robocze przyrządów wykonawczych są zaopatrzone w drążki tłokowe, wchodzące w puszki *C*, osadzone na końcach rur pędniowych *B*. Nacisk tłoka pompy *A* przenoszony jest rurami do puszek *C* i wywołuje nacisk na odpowiednie części przyrządów. Odwrotny ich bieg powodują sprężyny *S*. Do systemu włączony jest akumulator *D*, utrzymujący stałe ciśnienie w rurociągu i uzupełniający straty cieczy w przewodzie. Przy akumulatorze umieszczona jest ręczna pompa *p* do napełniania przyrządu cieczą, wodą lub olejem (dla zabezpieczenia od zamarzania). System ten cechuje nieznaczne zużycie energji. W kopalni węgla Micheroux du Hasard (Francja) dla uruchomienia 16 maszyn osadowych z pościelą ze skalenia, o wymiarach 2,500 $\times$ 0,55 m zużycie energji wynosiło 6,4 KM,

przy najwyższem ciśnieniu 28 kg/cm², średnio 16,5, przytem na 1 rzeszoto wypadało 0,4 KM. Rurom nadać można kierunek dowolny i dlatego przyrządy wykonawcze można rozplanować w sposób najdogodniejszy, biorąc jedynie pod uwagę dogodne działanie przyrządów wykonawczych. Brak ruchomych wałów pędniowych, kół i pasów czyni system bezpiecznym, pomieszczenie swobodnem i jasnem, dogodnem do naprawy maszyn. Generator ruchu zajmuje nieduże izolowane pomieszczenie. Wada tego systemu polega na tem, iż wszystkie przyrządy otrzymują jednakową ilość wahań na minutę, regulowanie ich działania osiąga się jedynie przez zmianę skoku oddzielnych tłoków zapomocą kranów regulujących, co niezawsze bywa dogodne i celowe, zwłaszcza dla maszyn osadowych przy dużej ilości klas. System posiada jednak tak duże konstrukcyjne i mechaniczne zalety, że mamy tutaj charakterystyczny przykład odstąpienia od ścisłej metody wykonania zasadniczych operacyj na rzecz ogólnych konstrukcyjnych i gospodarczych względów urządzenia zakładu.

Takie samo znaczenie może mieć powietrze sprężone. Maszyny osadowe systemu Bauma, używające powietrza sprężonego zamiast tłoka, łącząc w sobie zalety o charakterze operacyjnym, odnoszą się do tego samego typu urządzenia mechanicznego. Zawory zbiorników dużych rozmiarów, znacznie obciążone i otwierane w nieregularnych odstępach czasu, taśmy Corneť'a, wywroty, zawarcia szybowe, wagi i inne urządzenia pomocnicze, pracujące nieregularnie i potrzebujące oddzielnego napędu, najlepiej obsługują mechanizmy, działające zapomocą powietrza sprężonego, gdyż odpada w tym wypadku złożony dodatkowy napęd. Tak więc, zaopatrzenie w energję i napęd w zakładach wzbogacalnych ściśle się wiąże z zasadniczemi i pomocniczemi operacjami zakładu, i trafne rozwiązanie tego problemu nietylko stanowi zadanie mechaniczne, lecz również wywiera pośredni i bezpośredni swój wpływ na cele operacyjne zakładu.

§ 5. Kontrola operacyj i rejestracja produktów.

Znaczenie. Na wstępie zaznaczyliśmy, iż niema wogóle dwóch identycznych zakładów, przerabiających jednakową rudę, a w wypadkach kiedy zależnie od cech zewnętrznych zakłady wydają się jednakowemi, różnią się jednak różnem regulowaniem maszyn wykonawczych, odpowiednio do nieskończonej ilości odmian własności jednej i tej samej rudy, pochodzącej nawet z jednego i tego samego złoża. Okoliczności te nietylko wymagają prowadzenia przedwstępnych doświadczeń wzbogacania w labolatorjum i stacji doświadczalnej, lecz również niekiedy urządzenia próbnego lub tymczasowego zakładu: w życiu już zainstalowanych zakładów zawsze zaznacza się okres początkowy, trwający niekiedy dosyć długo (kilka miesięcy), w czasie którego regulowane jest działanie poszczególnych maszyn oraz ich grup, dopóki nie zostanie

ustalony normalny bieg zakładu. W wypadkach trudniejszych w tym okresie przeprowadza się przeróbkę próbną przy różnych kombinacjach maszyn, przy różnem ich regulowaniu, jeżeli przy projektowaniu zakładu, jak to często bywa, możliwość różnego rodzaju przystosowania była przewidziana. W ten sposób ulega regulowaniu stopień rozdrabiania w różnych stadjach przeróbki, dobierane są odpowiednie kalibry sit, wypróbowuje się łączne wzbogacanie kilku klas i ustala się skalę klasyfikacji, liczbę wahań i bieg poszczególnych maszyn osadowych, ilość wody i in. Wszystko to ma na względzie wypróbowanie najkorzystniejszych warunków, przy których otrzymuje się największą wydajność przy najlepszym wychodzie koncentratów wymaganych, lub też najlepszej jakości przy najmniejszych dopuszczalnych stratach ciała kopalnego w odpadach i szlamach. We wszystkich tych wypadkach ocenę rezultatów działania zakładu ustala się przez porównanie otrzymywanych produktów przeróbki z materjałem surowym pod względem jakościowym i ilościowym. Jeżeli przytem otrzymywane użyteczne produkty odpowiadają swojemi własnościami warunkom rynku, to dla oceny operacji z punktu ekonomicznego określa się straty ciała kopalnego, ustala się przyczyny ich pochodzenia i wynajduje sposoby zmniejszenia tych strat. Oczywiście, dla takiej oceny należy: 1) wziąć próby tak rudy surowej, jak i wszystkich produktów wzbogacania, które podlegają następnie analizie fizyko-chemicznej, 2) określić absolutne i względne ilości otrzymywanych produktów t. j. przeprowadzić kontrolę działania zakładu.

Próby nie ograniczają się do początkowych i końcowych produktów, lecz aby mieć ścisłe wyobrażenie o przebiegu wszystkich operacyj i stopniu ich celowości, należy poddać próbie również produkty przejściowe.

Niezależnie od tego przy ustalonym już ruchu zakładu należy stale doglądać jego prawidłowego działania i dokonywać naprawy w wypadkach, gdy to działanie z jakichkolwiek bądź powodów będzie naruszone.

Nieprawidłowość w działaniu zakładu może powstać z różnych przyczyn: skutkiem zmiany własności materjału surowego, zużycia części roboczych, przedostawania się do przyrządów wykonawczych smarów, wód kwaśnych i in. substancyj, braku wody, pary, w pewnych wypadkach — zmiany temperatury i warunków atmosferycznych, zmiany liczby obrotów mechanizmów, wskutek zwolnienia pasów napędowych i ślizgania na krążkach i t. p. Wpływ wszelkich takich zmian na przebieg operacyj może tylko w tym wypadku wyjść na jaw w czasie odpowiednim, t. j. zanim zgłoszone zostaną słuszne zażalenia konsumentów lub też wydział rachunkowy ustali straty produkcji, jeżeli przez cały czas ruchu prawidłowo skonstruowanego i raz uregulowa-

nego zakładu bez przerwy prowadzi się regularną jakościową i ilościową kontrolę produktów.

Kontrola jakościowa polega na braniu prób produktów, które w wypadku najprostszym przeprowadza się przez podstawianie pod strumień materjału wiader o określonej pojemności w różnych miejscach zakładu; próby bierze się w równych, określonych odstępach czasu, w ciągu pewnego okresu (6—10 godzin), przytem napełnianie wiader powinno się odbywać każdorazowo w przeciągu jednego i tego samego czasu. Otrzymane próby podlegają rozdrabianiu i pomniejszaniu według pewnych zasad. Do stałej kontroli służą mechaniczne urządzenia, które wszelkie te operacje wykonują bez przerwy i automatycznie. Ze względu na złożoną konstrukcję tych urządzeń, umieszcza się je tylko w kilku punktach, wystarczających do ujawnienia nieprawidłowości w działaniu zakładu i przytem w takich, gdzie branie prób sposobami zwykłemi nasuwa największe trudności. Jest to — branie prób materjału surowego i odpadów. Analizy chemiczne tych prób określają początkową zawartość metalu i straty w odpadach. Jeżeli zostały pomierzone ilości produktów gotowych, dane te są wystarczające do obliczenia zawartości metalu w tych ostatnich, a sprawdzenie drogą analizy tych obliczeń nie przedstawia trudności, gdyż branie prób więcej lub mniej jednorodnych i bogatych koncentratów jest zadaniem stosunkowo prostem. W wypadku, gdy zapomocą analizy produktów końcowych ujawnione będzie wadliwe działanie zakładu, to wówczas dla wyjaśnienia przyczyny i odnalezienia miejsca nieprawidłowości przeprowadza się branie prób wszystkich produktów przejściowych sposobem najprostszym — wiadrami.

Branie prób ma bezpośrednio na celu otrzymanie próby dla wykonania analizy chemicznej, t. j. nieznacznej ilości materjału w stanie zmielonym, którego średni skład chemiczny ściśle odpowiadałby rzeczywistemu składowi średniemu produktu badanego. Dla otrzymania próby, odpowiadającej temu warunkowi, należy przedewszystkiem pobrać próbę nie w sposób dowolny, lecz sposobem określonym i w określonej ilości, i tak otrzymaną próbę, złożoną z brył dużych, poddać rozdrobieniu i pomniejszeniu. Zasada która powinna być przestrzegana przy pomniejszeniu próby, polega na tem, aby istniał pewien związek między ilością wziętej próby i wielkością ziarn.

Im większe są kawałki produktu, tem większa powinna być ilość próby początkowej. Do dalszego pomniejszenia próba ta powinna być rozdrobiona, przytem, oczywiście, zasada: „nie kruszyć nic zbytecznego“ i tutaj powinna być zachowana; to też nie należy odrazu rozdrabiać całej próby do stopnia, wymaganego do analizy, lecz jedynie do tego, przy którym można znowu przeprowadzić skrót do ilości, odpowiadającej osiągniętej przez rozdrabianie grubości ziarn. Następnie pomniejszoną próbę znowu się rozdrabia i poddaje dalszemu pomniejszeniu

i t. d. Dzieląc w ten sposób całą operację na kilka stadjów, aż po ostatniem rozdrobieniu i pomniejszeniu otrzyma się ilość taką, że próby z niej wzięte mają już skład jednakowy. Dla osiągnięcia możliwie jednorodnego składu próby zazwyczaj po każdem rozdrobieniu przed pomniejszeniem wykonuje się dokładne mieszanie.

Duże ilości materjału grubego (>2″) pomniejsza się zazwyczaj łopatami, przez odrzucanie kolejno jednej łopaty materjału dla próby, a następnie jednej lub dwu — do odpadów. Drobniejsze próby (<2″) w wypadkach najprostszych pomniejsza się sposobem podziału na ćwiartki. Rudę nasypuje się w stożek przez wierzchołek, tak aby materjał zsypywał się dookoła tegoż. Następnie stożek spłaszcza się przez zagłębienie w jego wierzchołku pionowo deseczki (ostrza łopaty) i powolne jej obracanie w jednym kierunku; z otrzymanej w taki sposób tarczy tworzy się pierścień i następnie znowu usypuje się stożek, zagarniając do tego materjał z przeciwległych końców średnicy pierścienia. Po trzykrotnem zmieszaniu stożek wyrównuje się na okrągłą tarczę i po niej przeprowadza się dwie brózdy w kierunku dwóch prostopadłych do siebie średnic, dzieląc tarczę na 4 wycinki. Z nich dwa którekolwiek przeciwległe odrzuca się, dwa pozostałe miesza się, usypuje się w stożek, znowu wyrównuje się na tarczę i dzieli się na ćwiartki dotąd, aż otrzymana pomniejszona próba nie osiągnie granicy, odpowiadającej stopniowi rozdrobienia, poczem materjał poddaje się następnemu stadjum rozdrabiania i t. d.

Najtrudniej w całym tym procesie jest ustalić związek między grubością ziarna, a ilością masy, która już nie może ulegać pomniejszaniu przy danej wielkości ziarna.

Przy niedokładnie dobranym stosunku ilości próby do wielkości ziarn średni skład rudy nie będzie odpowiadał średniemu składowi próby.

Pod tym względem największe trudności przedstawiają rudy, zawierające metale szlachetne w stanie rodzimym, i rudy, zawierające bardzo nieznaczny procent minerałów cennych, jak wolfram, molibden, wanad i in. Trudności wzrastają, jeżeli, jak np., przy użyciu wolframitu, minerały użyteczne tworzą nierównomierne, rzadkie i grube wpryśnięcia. Odwrotnie, drobno i równomiernie wpryśnięte rudy łatwiej poddają się pomniejszaniu do otrzymania próby o dokładnej zawartości metalu. W tym znaczeniu pomniejszenie materjału surowego przedstawia zadanie trudniejsze, niż pomniejszanie koncentratów rudy. Do wypadków trudnych zalicza się rudy, które aczkolwiek mają równomierną budowę w dużych bryłach, to jednak po miałkiem rozdrobieniu, dzieląc się na mieszaninę oddzielnych ziarn o różnym składzie, w różnych częściach równomiernie rozdrobionej mieszaniny mogą wykazywać bardzo różnorodny skład, jeżeli tylko ruda nie będzie poddana należytemu przemieszaniu i nie będzie wzięta w dostatecznie dużej ilości.

Ilości te naogół ustala się przez doświadczenie, aczkolwiek dla ich określenia można użyć pewnych metod analizy matematycznej. Zazwyczaj używa się tutaj reguł empirycznych. Tak, Richards podaje następującą tabelę dla rudy złota, ustalającą największe ilości rudy, zależnie od wielkości ziarn:

Ziarna rudy	mm	Ilość	
		w funtach	w kilogramach
2"	51	10000	4150
1½"	38	5000	2075
1"	25,4	2000	830
¾"	19	1000	415
½"	12,7	400	165
⅜"	9,5	300	125
¼"	6,3	200	83
3/16"	4,8	100	41,5
⅛"	3,2	75	31
Sito 6 otw. na 1"	2,1	50	21
„ 10 „ „ „	1,27	25	10,5
„ 18 „ „ „	0,7	10	4,15
„ 30 „ „ „	0,42	4	1,65
„ 50 „ „ „	0,25	1	0,41

Liczby tej tabeli odpowiadają w przybliżeniu równaniu paraboli:

$$Q = k.\ d^2$$

przy $k = 2000$, jeżeli d w calach, a Q w funtach.

Przypuśćmy, że $d = 1$ $Q = 2000$
$= 2$ $= 8000$
$= 1/2$ $= 500.$

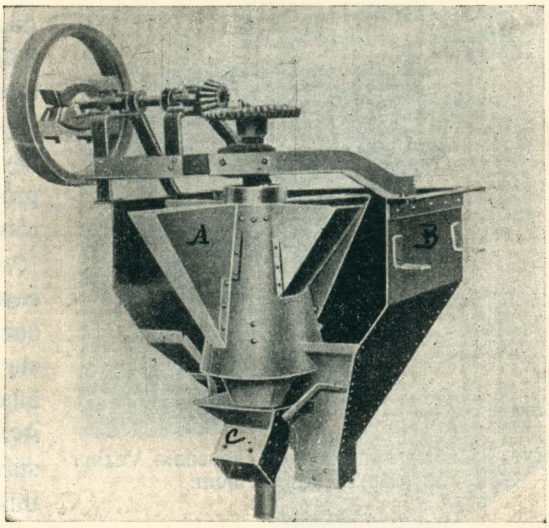
Im trudniej jest pomniejszać rudę, tem większe jest k i odwrotnie. Dla zwykłych rud kwarcowych, chalkopirytu i galeny k można przyjąć 500.

W dużych zakładach przeróbczych wszystkie operacje brania próby rudy surowej t. zn. pomniejszania i rozdrabiania uskutecznia się automatycznie i nieprzerwanie w specjalnej serji przyrządów, które wykonują pomniejszenie i rozdrabiają próbę do pewnej granicy; po jej osiągnięciu próbę przenosi się do laboratorjum, gdzie się ją poddaje dalszemu pomniejszeniu w przyrządach laboratoryjnych, ręcznych lub mechanicznych.

Najwięcej jest znany przyrząd do pomniejszania Vezina (rys. 253). Przyrząd ten przedstawia lej krzyżowy A, obracany przez mechanizm napędowy na osi pionowej w leju odbiorczym B, do którego wsypuje się materjał z jakiegokolwiek przyrządu wykonawczego lub pomocni-

czego: kruszarki, zbiornika, elewatora i t. p. Gdy odpowiednia część leja krzyżowego znajdzie się pod strumieniem materjału, pewna jego część trafia do leja i zostaje odprowadzona przez żłób *C*. Prędkość obrotowa i szerokość każdego strumienia leja krzyżowego tak jest dostosowana, iż każdy strumień otrzymuje 5% materjału. Przez zamykanie płytami oddzielnych części leja, mamy możność pobrać 5, 10, 15 i 20% całej masy materjału surowego. Od prędkości obrotu zależą przerwy, w których bierze się oddzielne próby, a więc więcej lub mniej równomierna próba.

Rys. 254 przedstawia przyrząd do pomniejszania Vezina z jednym strumieniem, przystosowany do większych przerw przy rudach o składzie bardziej równomiernym.



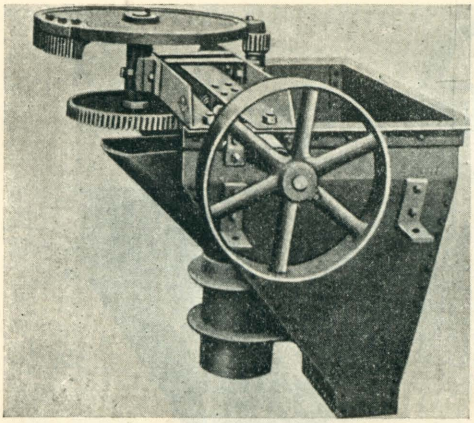
Rys. 253. Przyrząd do pomniejszania Vezina.

Otrzymany na przyrządzie strumień przechodzi do specjalnej kruszarki Blake'a, na walce, do kulowego lub tarczowego młyna, zależnie od grubości ziarna i skali rozdrabiania. Strumień, wychodzący z kruszarki, przechodzi do drugiego przyrządu dla pomniejszania, przytem skalę poprzedniego rozdrabiania w kruszarce określa się stopniem pomniejszenia w tym drugim przyrządzie, wychodząc z wyżej wymienionych rozważań. Tak, jeżeli mamy do czynienia z rudą złota, a stopień pomniejszenia wynosi 20%, to na podstawie wyżej podanej tabeli skala rozdrabiania powinna być 2. Pomniejszoną w drugiem stadjum próbę rudy poddaje się powtórnemu rozdrabianiu i potem znowu pomniejsza się i t. d. Przy użyciu walców i młynów kulowych dla rozdrabiania prób w kolejnych stadjach, zostają one o tyle równomiernie zmieszane, iż zazwyczaj przy mechanicznej próbie nie przeprowadza się już specjalnego mieszania. Wszystkie odpady pomniejszania, otrzymane w poszczególnych stadjach, łączy się razem i zapomocą jakiegokolwiek urządzenia transportowego kieruje się do ogólnej przeróbki.

Zazwyczaj szereg aparatów do pomniejszania i kruszarek ustawia się jeden pod drugim w jednej pionowej kolumnie dla uniknięcia pomocniczych urządzeń do transportu pomniejszonych materjałów. Dlatego najwygodniejsze jest ustawienie górnego aparatu do pomniejszania pod

górną częścią elewatora (jeżeli taki istnieje), który podnosi wszystką rudę na górne piętro zakładu, np. z pod skrzyń grubego i średniego rozdrabiania do klasyfikacyjnych przesiewaczy maszyn osadowych. Samo się przez się rozumie, iż łańcuch aparatów do pomniejszania powinien być przyłączony do łańcucha ogólnego powyżej tego miejsca, w którem zachodzi pierwszy podział ogólnego strumienia rudy, t. j. w każdym wypadku przed wzbogaceniem.

Urządzenie do pomniejszania prób w dużych zakładach amerykańskich (Anaconda Copper Mining Co) przedstawia niekiedy jakby niezależny o niewielkich rozmiarach zakład, który jednak przerabia bardzo znaczne ilości. Tak, w kopalni Anaconda, przy dziennem wydobyciu 8800 tonn rudy surowej do oddziału pomniejszania kieruje się 440 tonn na dobę, co w naszych warunkach odpowiada produkcji dużego zakładu przeróbczego.



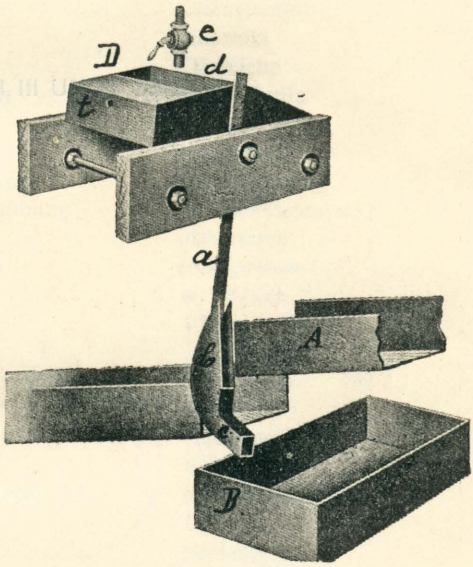
Rys. 254. Przyrząd do pomniejszania Vezina z jednym strumieniem.

Oprócz pobierania prób twardej rudy surowej w zakładach wzbogacalnych urządza się również mechaniczne pobieranie prób szlamów. Aczkolwiek te ostatnie przedstawiają dosyć jednorodny produkt, jednak wzięte próby szlamu z odbiorczych zbiorników nigdy nie dają pewnych wyników analitycznych, gdyż szlamy i drobny piasek zawsze mają dążność do klasyfikacji w zbiornikach.

Do mechanicznego brania prób szlamów służy niżej podany bardzo prosty, działający automatycznie aparat (rys. 255). Żłób *A*, po którym spływają szlamy, dzieli się na dwie części, tworzące występ. W tym to występie przesuwa się umocowana na drążku *a*, obracającym się około osi *o*, łyżka *b*, zaopatrzona w wygiętą rurkę *c*, odprowadzającą próbę do skrzyni *B*. W celu przesuwania łyżki przymocowuje się do jej części górnej powyżej osi skrzynkę *D* z przegródką *d*. Do tej skrzynki napływa z rury *e* strumień wody, regulowany zapomocą kranu. Po napełnieniu jednego przedziału skrzynki środek jej ciężkości wywołuje powolne przesuwanie łyżki wpoprzek strumienia szlamu w *A*, przytem przedział skrzynki z wodą zajmuje położenie dolne i woda wypływa z niej przez otwór *t*. Jednocześnie drugi przedział skrzynki dochodzi pod rurkę *e* i zaczyna napełniać się wodą. Stopniowo środek ciężkości znowu przesuwa się do położenia początkowego i łyżka przesuwa się w kierunku odwrotnym i t. d. Operacja ta trwa bez przerwy. Regulu-

jąc przypływ wody zapomocą kranu przy rurce *e*, można w granicach dowolnych zmieniać przerwy między oddzielnemi przesunięciami łyżki, a więc ilości próby.

Dla kontroli ilościowej najczęściej nie używa się jakiegokolwiek specjalnego urządzenia, gdyż ilość wyciąganej z szybu rudy i wysyłanych koncentratów określa się zwykłym, dla handlowych operacyj przedsiębiorstwa przyjętym, sposobem. Sposób ten jednak niezawsze daje zadowalające wyniki, gdyż rudę surową, wyciąganą z szybu, bardzo często mierzy się objętościowo, co może powodować duże omyłki. W wypadkach, gdy ruda surowa nie ulega wagowej kontroli w wózkach (dla kontroli wydajności robót górniczych), przeprowadza się specjalne ważenie rudy w zakładzie. Jednak dla kontroli jej działania trzeba znać nie ilość rudy, załadowanej w zbiorniki początkowe (te tylko wyniki otrzymuje się przy ważeniu oddzielnych wózków), ale ilości rudy, które przez przyrządy w przeciągu pewnego czasu i które wogóle, oczywiście, nie pokrywają się z ilościami, wyciąganemi z szybu w tym samym czasie. W tym celu stosowane są specjalne wagi, które bez przerwy automatycznie rejestrują ilość rudy, przechodzącej przez konwejor, zazwyczaj giętki, typu Robinsa. Platforma tych wag stanowi część ramy konwejora z rolkami kierowniczemi i określa wagę jednocześnie leżącej na niej rudy. Przy przesuwaniu taśmy waga się zmienia, przytem przyrząd samopiszący notuje na obracającym się bębnie (mechanizm zegarowy) linję krzywą, podług której łatwo określić ilość rudy, która przeszła w danym przeciągu czasu. Nie zatrzymując się szczegółowiej na detalach różnych aparatów pomiarowych i reguł pobierania prób, zaznaczamy tylko, iż branie prób materjałów posiada bardzo duże znaczenie w związku z wszelkiego rodzaju badaniami oraz z obrachunkami handlowemi z dostawcami. Na tem miejscu umieściliśmy tylko te wiadomości, które uważaliśmy za konieczne, aby oświetlić znaczenie tych czynności, które w związku z badaniami są wykonywane w samych zakładach, i aby w opisie najgłówniejszych typów, służących do tego aparatów, jak i sposobu ich włączania do ogólnego łańcucha przyrządów wykonawczych — zobrazować zachodzące wsku-



Rys. 255. Przyrząd do mechanicznego brania prób szlamów.

tek tego komplikacje w zakładach wzbogacalnych. Lecz branie prób produktów w zakładach jest szczególnym wypadkiem brania prób materjałów wogóle — w związku z badaniami rud i doświadczeniami z niemi — co właściwie nie odnosi się do operacyj zakładu w ścisłem znaczeniu. Badania ciał kopalnych pod względem sposobów ich przeróbki i ściśle z niemi związane branie prób, obejmujące ciała kopalne, zawarte w złożach, składach, starych zwałach, w zbiornikach i płynącym przez przyrządy wykonawcze strumieniu, stanowi oddzielny cykl operacyj, których sposoby wykonania i zasady składają się na samoistny dział naukowy „Branie prób i ich badanie“ [1]).

KONIEC TOMU III I CZĘŚCI I-szej.

Akademja Górniczo-Hutnicza BIBLIOTEKA

[1]) Patrz pracę autora p. t. „Szacowanie złóż“, Warszawa 1931.

OMYŁKI DRUKU.

Str.	*Wiersz*	*Zamiast*	*Winno być*
2	5 od dołu	мутные воду	мутные воды
4	8 „ „	Обезвожи ание	Обезвоживание
4	7 „ „	Фил трация	Фильтрация
9	5 „ „	zbiornik	zbiorniki
17	1 „ „	Klärteichen	Klärteiche
21	20 od góry	rozdrobnienia	rozdrobienia
47	10 „ „	iłość	ilość
48	12 „ „	kamiennego	brunatnego
52	19 od dołu	Innentstaubung	Inentstaubung
52	13 „ „	Brazenentstaubung	Brauseentstaubung
54	17 „ „	ułatwiające	uławiające
66	5 od góry	rozszerzenia	rozszerzenie
68	6 „ „	których	w których
72	7 od dołu	45%	40%
73	6 „ „	$(1 + \frac{1300}{1,23} : \frac{1}{192})$	$(1 + \frac{1300}{1,23} \cdot \frac{1}{192})$
82	8 „ „	odsłonę	osłonę
87	21 od góry	omówieniu	omówienia
87	18 od dołu	spływanie	wspływanie
89	8 od góry	nieprawidłowym	nieprawidłowych
109	9 „ „	3,65	3,55
115	20 od dołu	posiadają	posiadając
123	24 od góry	tłokach	cylindrach
124	1 „ „	przyrządu	w przyrządzie
133	1 od dołu	dźwigń	dźwigni
141	6 od góry	opał	opału
150	14 od dołu	zakręca się	zakręcają się
154	13 od góry	elektrodów	elektrod
166	9 „ „	(rys. 88 *tu*)	(rys. 88 *tv*)
172	2 od dołu	podłużnych	poprzecznych
178	5 „ „	(rys. 104)	(rys. 108)
193	2 „ „	karbo-laminy	karbol-aminy
246	1 od góry	przesiewanie	przesiewania
246	1 „ „	przebieranie	przebierania
256	2 od dołu	hydra-ulicznej	hydrau-licznej
282	13 „ „	osadowych stołów	osadowych i stołów
294	2 od góry	stare porzucone kopalnie	starych porzuconych kopalń
306	17 od dołu	złotonaśnych	złotonośnych
309	4 „ „	koksowych	koksowniczych
311	6 „ „	sią	się
316	5 „ „	labolatorjum	laboratorjum

OMYŁKI DRUKU.

Wiersz		Zamiast	Winno być
2	3 od dołu	[illegible]	[illegible]
4	8 „ „	Obcasowa auto-	Obcasowanum
4	7 „ „	Dwa trpaną	Dwatrpania
8	5 „ „	zbiornik	zbiornik
17	1 „ „	Kl[illegible]tolchen	Klärtolche
21	20 od góry	rodzobionia	rodzobionia
47	10 „ „	[illegible]	[illegible]
48	12 „ „	[illegible]	[illegible]
2	7 od dołu	[illegible]	[illegible]
51	17 „ „	[illegible]	[illegible]
66	5 od góry	[illegible]	[illegible]
68	6 „ „	[illegible]	[illegible]
72	7 od dołu	[illegible]	[illegible]
75	6 „ „	[illegible]	[illegible]
82	8 „ „	[illegible]	[illegible]
87	7 od góry	[illegible]	[illegible]
90	6 „ „	[illegible]	[illegible]
105	6 „ „	[illegible]	[illegible]
115	30 od dołu	[illegible]	[illegible]
123	24 od góry	[illegible]	[illegible]
124	1 „ „	[illegible]	[illegible]
132	1 od dołu	[illegible]	[illegible]
141	6 od góry	[illegible]	[illegible]
147	14 od dołu	[illegible]	[illegible]
151	15 od góry	[illegible]	[illegible]
160	9 „ „	(rys. 88 [illegible])	(rys. 88 [illegible])
172	2 od dołu	[illegible]	[illegible]
175	5 „ „	(rys. 100)	(rys. 100)
183	2 „ „	karbo-[illegible]	karbol-[illegible]
208	1 od góry	[illegible]	[illegible]
210	1 „ „	[illegible]	[illegible]
230	2 od dołu	hydro-[illegible]	hydro-[illegible]
242	13 „ „	[illegible]	[illegible]
250	2 od góry	[illegible]	[illegible]
260	17 od dołu	[illegible]	[illegible]
270	4 „ „	[illegible]	[illegible]
270	6 „ „	[illegible]	[illegible]
310	5 „ „	laboratoryum	laboratoryum

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
AKADEMII GÓRNICZO HUTNICZEJ
4620

Nie wypożycza się
NZB 4057