§ 59

TERMIN ZWROTU
26.5.71



H. Ozeeroth

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

PRZERÓBKA MECHANICZNA UŻYTECZNYCH CIAŁ KOPALNYCH

CZĘŚĆ I-SZA

TOM I.

SORTOWANIE I ROZLUZOWANIE

KRAKÓW
NAKŁADEM KOMITETU WYDAWNICZEGO DZIEŁ ŚP. PROF. HENRYKA CZECZOTTA
1930

12057/II

II 28602

II. 4620

NKB 4055

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AGH
1000164056

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

OD KOMITETU WYDAWNICZEGO.

Niespodziewana śmierć śp. Profesora Henryka Czeczotta była ciężkim ciosem dla Jego kolegów i uczniów, a wielką stratą dla wiedzy górniczej.

Wyjątkowo głęboka wiedza i wieloletnie doświadczenie śp. Henryka Czeczotta wniosły wiele praktycznego ujęcia i teoretycznego oświetlenia niemal we wszystkich problemach techniki górniczej. Jego prace, ogłoszone w języku rosyjskim i polskim, z dziedziny przeróbki rud, sortownictwa węgla, przewietrzania kopalń i opracowania systemów odbudowy, zyskały Mu szerokie uznanie w świecie techników górniczych, zawsze dążących do postępu w swojej ciężkiej i odpowiedzialnej pracy. Jego wykłady w Instytucie Górniczym w Petersburgu i na Akademji Górniczej w Krakowie, rozpowszechnione w skryptach i rękopisach pośród licznych słuchaczy, zawsze opracowane i wykończone z naukową ścisłością, nadzwyczajną jasnością, w których przebija doświadczenie wybitnego pedagoga i inżyniera, mają doniosłe znaczenie dla kształcenia przyszłych pracowników górnictwa.

Wobec licznych już uczniów śp. Henryka Czeczotta w kraju, nie potrzebujemy mówić o tej olbrzymiej pracy w Akademji Górniczej, którą śp. Henryk Czeczott wykonał dla ugruntowania i postępu wiedzy fachowej młodzieży. Nieprzerwana i wytężona praca organizacyjna i pedagogiczna w przeciągu sześciu lat nie pozwoliła Mu ogłosić drukiem całego swego dorobku naukowego.

Spuścizna naukowa śp. Henryka Czeczotta obejmuje, oprócz znanych Jego dzieł pierwszorzędnej wartości z dziedziny przeróbki i przewietrzania, cały szereg prac z innych dziedzin górnictwa.

Część z tego dorobku z okresu 12-toletniej działalności profesorskiej w Instytucie Górniczym w Petersburgu była ogłoszona w języku rosyjskim, część zaś tych prac jest rozproszona w czasopismach technicznych.

Obecnie jest rzeczą wielkiej wagi, aby prace wyżej wspomniane, jak również prace dotąd nie ogłoszone, były zebrane i jako całość wydane w języku polskim ku pożytkowi i chwale górnictwa polskiego.

Koło w Dąbrowie Górniczej Stowarzyszenia Polskich Inżynierów Górniczych i Hutniczych, którego śp. Zmarły był członkiem przez lat blisko 30, zainicjowało realizację tego zamierzenia. Zarząd Koła w Dąbrowie w ścisłem porozumieniu z p. Hanną Czeczottową zorganizował Komitet Wydawniczy dla przygotowania do druku i wydania dzieł śp. Henryka Czeczotta oraz uzyskania potrzebnych do tego środków. Dzięki energji i poświęceniu się tej sprawie p. Hanny Czeczottowej, przygotowanie do druku pierwszej serji prac zostało wykończone. Przemysł Górnośląski i Dąbrowsko-Krakowski przyszedł z pierwszą pomocą finansową. Pozatem przychylne stanowisko Ministerstwa Przemysłu i Handlu oraz Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego pozwala liczyć na poważniejsze zasiłki ze strony tych Ministerstw w najbliższym okresie budżetowym. W ten sposób praca została rozpoczęta.

Oddając górnictwu polskiemu pierwszy zeszyt dzieł śp. Henryka Czeczotta, Komitet wyraża głębokie przekonanie, że jego poczynania znajdą uznanie i pomoc wszystkich, komu nie jest obojętny rozwój polskiego górnictwa, dla którego śp. Henryk Czeczott położył tak wielkie zasługi.

W imieniu Komitetu Wydawniczego:

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

OD REDAKCJI.

Praca prof. Czeczotta „Przeróbka mechaniczna użytecznych ciał kopalnych“ [1]) powstała, jak nadmienia o tem sam autor, jako wynik 10-letniego badania zagadnień przeróbki użytecznych ciał kopalnych.

Śp. prof. Czeczotta można śmiało zaliczyć do nielicznego grona najwybitniejszych jednostek, pracujących na tem polu w Europie i Ameryce, z polskich zaś inżynierów (poza śp. prof. Woysławem) był on jedynym.

Śp. prof. Czeczott urodził się w r. 1875 w Petersburgu. W r. 1894 kończy tamże gimnazjum klasyczne i po zdaniu egzaminu konkursowego wstępuje do Instytutu Górniczego w Petersburgu, ktory kończy w roku 1900.

Dnia 1 stycznia 1910 r., po przeprowadzeniu obrony pracy dysertacyjnej w Instytucie Górniczym w Petersburgu, obejmuje stanowisko docenta przy katedrze górnictwa w tymże Instytucie i przystępuje do wykładów „Przeróbki mechanicznej“, przedmiotu wówczas zupełnie niewykładanego. W roku 1913 zostaje mianowany profesorem nadzwyczajnym.

Od r. 1910 do 1917 wykłada: sortownictwo węgli kamiennych, wzbogacanie rud, brykietowanie węgli i rud, eksploatację kopalń złota, przemywanie piasków oraz metalurgję złota.

W roku 1917 prof. Czeczott zostaje wybrany dziekanem wydziału górniczego i, pozostając na tem stanowisku do r. 1922, bierze czynny udział w reorganizowaniu planu nauczania w Instytucie Górniczym, przyczem cały projekt reorganizacji na wydziale górniczym został ułożony i przeprowadzony niemal wyłącznie przez niego. Według zreformowanego planu nauczania obejmuje prof. Czeczott katedrę przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych i eksploatacji kopalń złota.

W sierpniu r. 1922 przybywa do Polski i aż do chwili śmierci (6 września 1928) prowadzi na Akademji Górniczej w Krakowie, w charakterze profesora zwyczajnego, wykłady górnictwa I-ego i przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych.

---

[1]) „Обогащение полезных ископаемых“. Petersburg rok 1924—1929 str. 799, rys. 641. wyd. Chimiko-Techn. Izdat.

W okresie piastowania godności profesora w Instytucie Górniczym w Petersburgu, śp. prof. Czeczott nie zrywa kontaktu z praktyką: jest on konsultantem szeregu wielkich przedsiębiorstw górniczych, z ich ramienia wyjeżdża niejednokrotnie zagranicę dla studjów i badań, które przeprowadza w Niemczech, Szwecji, Norwegji, Holandji i t. d.

W r. 1909 zwiedza główne okręgi przemysłowo-górnicze na Uralu, gdzie przeprowadza badania kopalń rud żelaza, miedzi, złota i azbestu. W r. 1910 w charakterze konsultanta Tow. Akc. Nast. Demidowa w Niżnim Tagilu, na Uralu, zwiedza kopalnie rud żelaza i miedzi w Szwecji i Norwegji oraz wykonywa projekt zakładu magnetycznego wzbogacania rud. Następnie przeprowadza doświadczenia na stacjach doświadczalnych w Kolonji oraz koło Sztokholmu i w Lulea (w Szwecji północnej).

W r. 1911 zakłada Towarzystwo dla poszukiwania złota na Syberji. Na bogatych złożach złota, które zostały znalezione w górach Ałtaju (okrąg Siemipałatiński), zakłada kopalnię, dyrektorem której pozostaje przez cały czas (do r. 1918), aż do chwili jej upaństwowienia. W tymże roku ponownie zwiedza okręgi przemysłowo-górnicze w Szwecji i Norwegji w celu przestudjowania kopalń i zakładów do wzbogacania rud żelaza i miedzi.

W roku 1912 zostaje konsultantem Zarządu kopalń węgla Ks. Światopełk-Mirskiego w Turkiestanie, udaje się do Fergańskiej obłasti dla zwiedzenia i oszacowania tych kopalń, przeprowadza doświadczenia nad brykietowaniem węgli na ropie naftowej w Utrechcie i wreszcie wykonuje projekt sortowni i brykietowni. W tymże roku 1912 przyjmuje udział w ekspedycji poszukiwawczej złota w gub. Tomskiej w dorzeczu rzeki Obi (wzdłuż Mrassy i Kondomy w okolicach Barnaułu, Sałairu i Kuźniecka).

W roku 1913 w charakterze głównego kierownika bierze udział w zorganizowanej przez T-wo Lemana i Ska ekspedycji poszukiwawczej złota i kruszców w Ałtaju Syberyjskim, Mongolji i Chinach środk. Jako wynik prac ekspedycji było zbadanie ogromnych obszarów, przedtem zupełnie nieznanych, oraz odkrycie wielu złóż. W tymże roku zostaje konsultantem kopalń węgla na Uralu półn. w okolicy Łunjewki (Tow. San Donato) oraz kopalni antracytu w Jegorszynie na Uralu południ., dla których to kopalń przeprowadza szereg badań celem zaprojektowania sortowni i płóczki.

W r. 1914 zostaje wydelegowany przez Rząd rosyjski do Ameryki Północnej dla dalszych studjów nad przeróbką mechaniczną. Będąc już od szeregu lat profesorem, wstępuje jako student na wyższy kurs Instytutu Technologicznego w Bostonie, gdzie w ciągu trzech miesięcy słucha wykładów największego współczesnego autorytetu w dziedzinie przeróbki, prof. Richards'a, wykonywa szereg doświadczeń i projekt dyplomowy, zwracając wybitnością talentu uwagę profesorów i kolegów. Następnie w ciągu dalszych 6-ciu miesięcy zwiedza szereg kopalń rud i złota oraz odnośne zakłady przeróbcze w Stanach Zjednoczonych, Ka-

nadzie i na Alasce: Lebanon, Portsville i Allentown — w Pensylwanji, Franklin Furnace — w Stanie New Jersey, Calumet & Hecla, Champion, Trimontain i inne — w Stanie Michigan, Ishpeming i Doulough — w okręgu Mesabi, kopalnie złota i zakłady przeróbcze w St. South Dacota, Butte i Helena (Anaconda) — w St. Montana, Wallace — w St. Idaho, roboty na dragach dla złóż złota okruchowego w Kalifornji (Oroville, Youba, Natomas i inne), roboty hydrauliczne przy odbudowie złóż złota — La Grange w górach Coast-Range (Kalifornja), największe na świecie kopalnie złota kruszcowego — Treadwell, Gastineau i Juneau w Alasce, słynny okrąg złotonośny Klondike (roboty największych na świecie drag oraz roboty hydrauliczne w gruntach zmarzniętych), okrąg Fairbanks i Nome nad morzem Berynga.

Po powrocie do Petersburga w r. 1915 urządza na wzór amerykański stację doświadczalną i laboratorjum do badania zagadnień przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych. Stacja ta została zbudowana według jego projektu w roku 1916 i aż do wyjazdu (1922 r.) śp. prof. Czeczotta do Polski przeprowadziła pod jego osobistem kierownictwem szereg badań nad rudami wolframowemi, molibdenowemi, wanadowemi i radjo-aktywnemi z okręgu Fergańskiego (Turkiestan), nad rudami turmalinowemi z okolic Nerczyńska (Syberja wschodnia), nad azbestem z Ałtaju, nad węglem z gubernij centralnych, nad łupkami palnemi z okolic Jamburga i sapropelem z okolic Ostaszkowa (gub. Twerska).

Z tego okresu pochodzi szereg prac prof. Czeczotta.

W r. 1916 zakłada biuro techniczne dla projektowania zakładów przeróbki rud, węgli, złota i przez cały czas istnienia tego biura stoi na jego czele, przyczem bezpośrednio i wyłącznie sam kieruje działem projektów ogólnych.

Biuro wykonało następujące prace:

1. Projekt zakładu przemywania aluwjalnej rudy żelaznej na górze „Błagodat'" na Uralu.

2. Projekt zakładu magnetycznego wzbogacania rudy żelaznej w tejże miejscowości.

3. Projekt zakładu aglomeracji miału rudy żelaznej otrzymywanego z dwóch poprzednich zakładów.

4. Projekt zakładu wzbogacania rudy wolframowej w pobliżu Jekaterynburga na Uralu.

5. Projekt zakładu otrzymywania złota, zapomocą amalgamowania i cyjanizacji z rud turmalinowych w Syberji wschodniej.

W r. 1917 biuro to zostało nabyte przez Konsorcjum Towarzystw (hr. Szuwałowa, Górno-Issieckich Zakładów Górniczych i inne); w tym czasie zostały wykonane:

6. Projekt zakładu sortowania rudy miedzianej na kopalni „Pyszmiensko-Kluczewskiej" koła Jekaterynburga.

7. Projekt sortowni i stacji załadunkowej dla pirytu na kopalni „Kałata" na Uralu.

8. Projekt sortowni i mechanicznego oczyszczania węgla na kopalni węgla Tow. Auerbach (w Rosji połudn.).

W r. 1918 po upaństwowieniu wspomnianych Towarzystw, biuro stało się własnością kooperatywy „Tiechnopomoszcz". W tym czasie wykonano:

9. Projekt centralnej płóczki i brykietowni dla węgli brunatnych (oraz zużytkowania pirytów) dla kopalń węgla w gub. centralnych (Zagłębie Podmoskiewskie).

W r. 1919 biuro zostało upaństwowione, przytem Rząd Sowiecki nadał mu charakter Instytutu ogólno-państwowego pod nazwą „Instytutu przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych" — w skróceniu „Mechanobr". W okresie tym do r. 1921 wykonano, względnie opracowywano, następujące projekty:

10. Projekt typowej sortowni dla kopalń węgla w gub. centralnych. Projekt został zatwierdzony dla wszystkich kopalń Zagłębia Podmoskiewskiego".

11. Projekt sortowni węgla brunatnego na kopalniach w okolicy Czelabińska (Ural połudn.).

12. Projekt zakładu sortowania i mechanicznego oczyszczania od wapienia łupków palnych w okolicach Jamburga,

13. Projekt zakładu dla oddzielenia wody, filtrpresowania i osuszania sapropelu w okolicach Ostaszkowa.

14. Projekt ulepszeń zakładu istniejącego oraz projekt nowego zakładu na Sadońskich kopalniach błyszczu ołowiu i rudy cynkowej na Kaukazie, w związku z oszacowaniem kopalń.

Ogólna ilość tych rysunków do 14 projektów, wykonanych przez Instytut, wynosi około 1000, z tych około 200 (o wielkości dużych arkuszy) własnoręcznie wykonał prof. Czeczott. W r. 1921 Instytut „Mechanobr" zaczął wydawać pod kierownictwem ś. p. Prof. czasopismo, poświęcone wyłącznie sprawom przeróbki ciał kopalnych i oszacowaniu kopalń; w roczniku I-szym przeważną część artykułów napisał prof. Czeczott. W tymże roku dla przygotowania specjalistów-fachowców w dziale projektowania zakładów przeróbki użytecznych ciał kopalnych, organizuje prof. Czeczott przy wspomnianym Instytucie „Mechanobr" specjalne kursy wyższe, wychowankowie, których w liczbie 10 zajęli szereg wybitnych stanowisk, a w ich rękach spoczywa obecnie kierownictwo pomyślnie rozwijającego się Instytutu.

Na wniosek Komitetu Organizacyjnego Akademji Górniczej w Krakowie śp. prof. Czeczott zostaje mianowany w grudniu 1921 r. profesorem zwyczajnym górnictwa I-go. Okoliczności nie pozwoliły mu jednak przybyć do kraju wcześniej, aniżeli w sierpniu 1922 r. W tymże roku rozpoczyna wykłady górnictwa I-go oraz przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych.

Po powrocie do Polski i objęciu katedry górnictwa I-go i przeróbki mechanicznej na Akademji Górniczej w Krakowie, śp. prof. Czeczott

z zapałem urządza laboratorja, swojemi wykładami i konsultacjami przy projektach dyplomowych, jak również na ćwiczeniach praktycznych, wzbudza zainteresowanie swych uczniów dla przeróbki mechanicznej i stara się skierować ich na ten dział pracy.

Poza pracami naukowemi i organizacyjnemi nie traci, również i w Polsce, śp. prof. Czeczott styczności z przemysłem: w ciągu niedługiego czasu przeprowadza szereg ekspertyz i badań sortowni na kopalniach węgla Saturn, Jowisz, Kazimierz, Juljusz, Wujek i Maks, płóczek na kopalniach rudy cynku Nowa Helena, Brzozowice i Biały Szarlej.

* * *

Rosja, zdając sobie sprawę z wartości napisanej przez prof. Czeczotta „Przeróbki mechanicznej“ i mając na celu zaznajomienie ogółu specjalistów i niespecjalistów z zagadnieniami przeróbki, wydała to dzieło drukiem w objętości 4 tomów.

Komitet Wydawniczy Dzieł śp. prof. Czeczotta podjął inicjatywę wydania tego dzieła w języku polskim; przekładu na język polski dokonali koledzy i uczniowie śp. profesora: tomu I-go i części IV-tego, inż. Henryk Oszczakiewicz, tomu II-ego i części IV-ego, inż. Zygmunt Rajdecki, tomu III-ego, inż. Feliks Rogalewicz.

Redagowanie dzieła powierzono uczniowi, prof. Czeczotta, inż. górniczemu Marjanowi Lubowickiemu, jako współredaktorów zaproszono uczniów śp. profesora: Dr. inż. górn. Witolda Budryka, profesora Górnictwa I. i przeróbki mech. na Akademji Górniczej w Krakowie oraz inż. górn. Witolda Orłowskiego.

Redakcja, zdając sobie sprawę z doniosłej wartości całokształtu spuścizny, pozostawionej przez prof. Czeczotta, zamierza dzieło wydane w języku rosyjskim, uzupełnić innemi pracami prof. Czeczotta.

Poszczególne działy, zawarte w wydanych w języku rosyjskim 4 tomach (I i II część zasadnicza) zostały w odpowiednich miejscach uzupełnione temi pracami. Biorąc za podstawę ekspertyzy sortowni i płóczek, przeprowadzone przez prof. Czeczotta, Redakcja zamierza odzwierciedlić w ten przynajmniej sposób przewidzianą przez autora III. zasadniczą część „Przeróbki“ i podać ją w tomie V. niniejszego dzieła. W dalszym ciągu na podstawie innych teoretycznych prac autora, a w pierwszym rzędzie na podstawie wykładów na wyższych kursach przeróbki przy Instytucie „Mechanobr“ [1]) zamierza wydać tom VI., jako teoretyczne uzupełnienie treści poprzednich tomów.

---

[1]) Teoretyczny kurs przeróbki mechanicznej (Курс теоретического обогащения). Petersburg 1909—1922 r. (patrz str. XI l. p. 28—33).

SPIS PRAC NAUKOWYCH

Ś. P. PROF. H. CZECZOTTA

Z DZIEDZINY PRZERÓBKI MECHANICZNEJ UŻYTECZNYCH CIAŁ KOPALNYCH.

W języku polskim.

1. Wykłady przeróbki mechanicznej na Akad. Górniczej w Krakowie: 1) Wstęp i sortowanie podług wielkości str. 34, 2) Rozluzowanie str. 37. Rękopis z r. 1923.
2. Wykłady przeróbki mechanicznej na Akad. Górniczej w Krakowie. Ciąg dalszy: 1) Suche sposoby wzbogacania mechanicz., 2) Mokry sposób wzbogacania elektromagn. i elektrost., 3) Flotacja, sposób Chance'a, płóczka Reo, 4) Chemiczne sposoby wzbogacania (hydrometalurgja złota) str. 97. Rękopis z r. 1923.
3. Wykłady przeróbki mechanicznej na Akad. Górniczej w Krakowie. Ciąg dalszy. 1) Odwadnianie, osuszanie i odpylanie, 2) Brykietowanie, str. 64. Rękopis z r. 1924.
4. Wykłady przeróbki mechanicznej na Akad. Górniczej w Krakowie. Dokończenie. 1) Teorja ogólna wzbogacania, 2) Warunki zyskowności wzbogacania, str. 55. Rękopis z r. 1924.
5. Kurs przeróbki mechanicznej na Akad. Górniczej w Krakowie: 1) Wstęp, 2) sortowanie suche, 3) sortowanie mokre, 4) rozluzowanie, 5) ogólne zasady rozdrabiania, str. 119, wydanie drugie. Rękopis z r. 1925.
6. Ćwiczenia z przeróbki mechanicznej na Akad. Górniczej w Krakowie, str. 11. Rękopis z r. 1924.
7. Flotacja czyli wzbogacanie przez wspływanie, ok. str. 20, rys. 20, druk w „Przeglądzie Górniczo-Hutniczym" z dn. 1/I., 15/I. i 1/II. 1925 r. Nr 1, 2 i 3/1925.
8. Teorja flotacji, str. 34. Rękopis z r. 1924.
9. Technika flotacji, str. 15. Rękopis z r. 1924.
10. Sortownictwo węgli kamiennych, str. 36, rys. 65, druk. odbitka z „Przeglądu Technicznego" 1927 r.
11. Urządzenie najprostszych sortowni dla węgli kamiennych, str. 146, rys. 120, przetłum. z jęz. rosyjskiego przez inż. M. Lubowickiego. Odbitka z „Technika" 1930 r. (wyd. pośmiertne).
12. Oszacowanie złóż (branie prób i ich badanie), str. 272 rys. 6 + 60. Rękopis z r. 1921/22, przetłum. z jęz. rosyjsk. przez Wład. Zawadzkiego — w druku (wyd. pośmiertne).
13. Teorja oszacowania podług Louis'a, str. 25. Rękopis z r. 1925.
14. Ekspertyzy. Sortownie na kop. „Kazimierz" i „Juljusz". Rękopis z r. 1925.
15. „ Oszacowanie kopalń miedzi w Czechach i Turcji. Rękopis z r. 1925.
16. „ Sortownie na kop. „Wujek" i „Maks". Rękopis z r. 1927.
17. „ Płóczki kopalń „Nowa-Helena", „Brzozowice" i „Biały Szarlej". Rękopis z r. 1927.
18. Ekspertyzy. Opinja w kwestji odsiarczania koncentratów blendy cynkowej w Trzebini. Rękopis z r. 1927.

19. Ekspertyzy. Oszacowanie kopalni „Brzeszcze". Rękopis z r. 1927.
20. „ Oszacowanie złóż rudy ołowiu w Siewierzu. Rękopis z r. 1928.
21. „ Ocena terenów przemysłowych p. Wł. Żukowskiego. Rękopis z r. 1928.
22. „ Sortownia na kop. „Grodziec II". Rękopis z r. 1928.

W języku rosyjskim:

23. Przeróbka mechaniczna użytecznych ciał kopalnych. (Obszczij kurs obogaszczenja poleznych iskopajemych).
I. Wstęp. Rozdzielanie podług wielkości. Przemywanie. Rozdrabianie. (Wwiedienje. Razdielenje po krupnosti rozrychlenja. Promywka. Droblenje).
II. Mechaniczne sposoby wzbogacania. (Mechaniczeskije sposoby obogaszczenja).
III. Chemiczne sposoby wzbogacania. (Chimiczeskije sposoby obogaszczenja).
IV. Oddzielanie cieczy od ciał stałych (odwadnianie, osuszanie). Oddzielanie pyłu. Mieszanie. (Otdielenje żidkosti od rychł. mater. (obezwożiwanje, suszka). Pyleotdielenie. Smieszenje).
V. Kawałkowanie, brykietowanie, aglomeracja. Koksownictwo. (Okuskowanje, brikietirowanje, agłomeracja. Koksowoje proizwodstwo).
VI. Operacje pomocnicze i obsługujące. (Wspomagatielnyje i służebnyje operacji).
VII. Systemy przeróbki mechanicznej. (Uczenje o sistiemach obrabotki), str. 922, pisany na maszynie z r. 1921. Petersburg.
24. To samo. Druk. Wydanie Chimiko-Techn. Izdatielstwa W. S. N. Ch. w Leningradzie.
Tom I. (zesz. I) str. 174 z roku 1924.
„ II. („ II i III) str. 152 z roku 1925.
„ III. („ IV i V) „ 200 „ 1927.
„ IV. („ VI i VII) „ 273 „ 1929 (ogółem str. 799, rys. 641).
25. Przeróbka mechaniczna użytecznych ciał kopalnych. (Mechaniczeskaja obrabotka poleznych iskopajemych), skrót, str. 215 i tab. 72, wyd. litograf. stud. Inst. Górniczego w Petersburgu z r. 1911.
26. Skrót kursu przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych. Węgiel. (Konspiek kursa mechaniczeskoj obrabotki poleznych iskopajemych. Ugol), str. 88, tab. 49, wyd. litograf. stud. Inst. Górniczego w Petersburgu z r. 1909.
27. Wzbogacanie węgli kamiennych. (Obogaszczenje kamiennych uglej).
1. Zadania wzbogacania. Warunki zyskownośei. Systemy wzbogacania. (Zadaczi obogaszczenja. Usłowja wygodnosti. Sistiemy obogaszczenja).
2. Wzbogacanie i odwadnianie. (Obogaszczenje i obezwożiwanje).
3. Opis zakładów przeróbki i systemów. (Opisanje fabrik i sistiemy), str. 104. Rękopis z r. 1909/1911.
28. Kurs teoretyczny przeróbki mechanicznej (operacje zasadnicze przeróbki). (Kurs tieoreticzeskij obogaszczenja [gławnyje operacji obrabotki]).
1. Przesiewacze płaskie. (Płoskije grochota).
2. Badania nad ruchem przesiewaczy (Izledowanje diejstwja płoskich grochotow).
3. Teorje przesiewaczy bębnowych. (Tieorja barabannych grochotow), str. 168, rękopis z r. 1921.
29. Kurs teoretyczny przeróbki mechanicznej (ciąg dalszy). (Kurs tieorieticzeskij obogaszczenja). Rozdrabiania. (Droblenje), str. 42, rękopis z r. 1920.
30. Kurs teoretyczny przeróbki mechanicznej (ciąg dalszy). (Kurs tieoreticzeskij obogaszczenja). Teorja osadzania w wodzie. Skrót. (Tieorja mokroj odsadki. Konspiekty lekcij), str. 28, wyd. litograf., stud. Inst. Górnicz. w Petersburgu w r. 1909/10. Teorja osadzania w wodzie. (Teorja mokroj odsadki), str. 40, rękopis z r. 1909/12.
31. Kurs teoretyczny przeróbki mechanicznej (ciąg dalszy). (Kurs tieoreticzeskij obogaszczenja).

1. Wzbogacanie magnetyczne. (Magnitnoje obogaszczenje), str. 47, rękopis z roku 1908/13.
2. Wyniki wzbogacania na separatorach magnetycznych. (Riezultaty diejstwija magnitnych separatorow), str. 30, rękopis z r. 1908.

32. Kurs teoretyczny przeróbki mechanicznej (ciąg dalszy). (Kurs tieoreticzeskij obogaszczenja).
1. Teorja flotacji. (Tieorja flotacjonnago procesa), str. 40, rękopis z r. 1922.
2. Technika flotacji. (Tiechnika flotacji), str. 15, rękopis z r. 1922.

33. Kurs teoretyczny przeróbki mechanicznej (ciąg dalszy). (Kurs teoreticzeskij obogaszczenja). Przyrządy pomocnicze. (Wspomagateln. aparaty), str. 322, rękopis z r. 1909/17.

34. Urządzenie najprostszych sortowni dla węgli kamiennych. (Projektirowanje i ustrojstwo prostiejszich sortirowocznych dla obogaszczenja kamiennych uglej), str. 66, rys. 120, druk. wyd. Gosud. Techniczesk. Izdat. Moskwa, r. 1923.

35. Brykietowanie węgli kamiennych. (Brikietirowanje kamiennych uglej. 1. Brykietowanie (brikietirowanje), 2. Osuszanie (suszka), 3. Prasy (prasy), str. 128, rękopis z r. 1923.

36. Kurs wzbogacania rud Cu, Pb, Zn i Fe. (Kurs obogaszczenja rud Cu, Pb, Zn i Fe), str. 76, rękopis z r. 1920.

37. Zakłady dla wzbogacania rud złota. (Fabriki dla obrabotki rud Au), str. 28, rękopis z r. 1917

38. Wzbogacanie. (Obogaszczenje i mechaniczeskaja obrabotka poleznych iskopajemych), str. 123, druk. w kalendarzu technicznym dla przemysłowców złota i platyny, rok 1911. Petersburg.

39. Kurs eksploatacji kopalń złota. (Kurs „Zołotoje dieło").
a) Razsypnoje zołoto.
1. Wwiedienje. Fizikochim. swojstwa Au, str. 32, rękopis z r. 1915/17.
2. Razwiedki, str. 42, rękopis z r. 1914/19.
3. Wodnoje choziajstwo, str. 20. rękopis z r. 1914/19.
4. Gornyja roboty w tałom gruntie, rękopis z r. 1914/19.
5. „ „ w wiecznoj mierzłotie, str. 43, ręk. z r. 1914/19.
6. Sistiemy razrabotok. Otkatka i dostawka, str. 43, ręk. z r. 1914/19.
7. Gidrawliczeskaja razrabotka, str. 115, ręk. z r. 1913.

40. Kurs eksploatacji kopalń złota. (Kurs „Zołotoje dieło"). Przemywanie piasków złotonośnych w zakładach typu stałego (*a.* razsypnoje zołoto. Promywka na postojannych fabrikach), str. 67, rękopis z r. 1914/17.

41. Kurs eksploatacji kopalń złota. (Kurs „Zołotoje dieło). Eksploatacja zapomocą czerpaków (*a.* razsypnoje zołoto. Razrabotka zołotych rozsypiej dragami), str. 287, rękopis z r. 1915/17.

42. Kurs eksploatacji kopalń złota. (Kurs „Zołotoje dieło"). Mechaniczne i chemiczne sposoby otrzymywania złota (*b.* obrabotka rudnago zołota). I. Amalgamacja, str. 159, II. Koncentracja, Obżog. Chłorin, str. 63, III. Cyjanizacja, str. 179. Atlas do I cz. Amalgamacja, tabl. 43, wyd. litografowane, stud. Inst. Górnicz. w Petersburgu z r. 1913.

43. Notatki z podróży p. t. „Zołotyje rudniki w Juneau Gold-Belt, Alaska", str. 152, rękopis z r. 1915.

44. Szacowanie złóż (branie prób i ich badanie) (Oprobowanje i ispytanje), str. 272, rys. 6+60, rękopis z r. 1921/22.

45. Ekspertyzy. Przyczynek do kwestji oddzielania wody i osuszenia sapropelu. (K woprosu obiezwożiwanja sapropela), notatka z r. 1920.

46. Ekspertyzy. Badania (izsliedowanja) Sadonskich rud, rękopis z r. 1922.

CZĘŚĆ I-SZA

OPERACJE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

A. OPERACJE ZASADNICZE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

I. ROZDZIELANIE PODŁUG WIELKOŚCI

1. SORTOWANIE SUCHE (PRZESIEWANIE)
2. SORTOWANIE MOKRE (OSADZANIE W WODZIE)
3. SORTOWANIE POWIETRZNE.

II. ROZLUZOWANIE

A. PRZEMYWANIE
B. ROZDRABIANIE.

PRZEDMOWA DO TOMU PIERWSZEGO.

Tom I-szy „Przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych“ różni się do wydania rosyjskiego tegoż dzieła tem, że:

1. Wstęp, Rozdziały I i II, aż do § 4 str. 128, opracowane zostały na podstawie polskiego rękopisu autora. [1])

2. Dodano szereg rysunków, wziętych z prac autora: „Skrót kursu przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych. Węgiel“ str. 88, tabl. 49 wyd. litogr. w jęz. ros. stud. Inst. Górniczego w Petersburgu z r. 1909; [2]) i „Przeróbka mechaniczna użytecznych ciał kopalnych“, skrót str. 215, tabl. 72 wyd. litogr. w języku ros. stud. Inst. Górniczego w Petersburgu z r. 1911 [3]).

Rysunki wzięte z pracy pierwszej oznaczono w dziele przy podpisach rysunków jedną gwiazdką, wzięte zaś z drugiej pracy dwoma.

Zmiany te i uzupełnienia spowodowały, że tom I-szy został znacznie rozszerzony, co przedewszystkiem dotyczy rozdziału I-go „Rozdzielanie podług wielkości“. Egzemplarz rosyjski tego tomu posiada 174 str. i 165 rysunków. Obecny został powiększony do 206 str. i 223 rysunków.

---

[1]) Kurs przeróbki mechanicznej na Akademji Górniczej w Krakowie: 1) Wstęp, 2) sortowanie suche, 3) sortowanie mokre, 4) rozluzowanie, 5) ogólne zasady rozdrabiania str. 119, wydanie drugie. Rękopis z r. 1925 (patrz str. X l. p. 5).

[2]) „Конспект курса механической обработки полезных ископаемых. Уголь“ (patrz str. XI l. p. 26).

[3]) „Механическая обработка полезных ископаемых“ (patrz str. XI l. p. 25).

Redakcja.

SPIS RZECZY.

Str.

Od Komitetu Wydawniczego III
Od Redakcji V
Spis prac naukowych ś. p. prof. Czeczotta z dziedziny przeróbki mechanicznej X
Przedmowa do tomu I-go XV
Spis rzeczy XVII
Przedmowa autora 1
Wstęp. Cele i zastosowania przeróbki mechanicznej. Zadania przeróbki mechanicznej. Operacje przeróbki mechanicznej. Systemy przeróbki mechanicznej. Podział kursu 6

CZĘŚĆ I.

Operacje przeróbki mechanicznej.

A. Operacje zasadnicze.

Rozdział I. Rozdzielanie podług wielkości 19
Określenia 19
§ 1. Przesiewanie czyli sortowanie suche (klasyfikacja sucha) 20
1. *Zastosowanie* 20
A. Jako operacja główna 20
B. Jako operacja pomocnicza 22
C. Jako operacja uzupełniająca 25
2. *Proces przesiewania* 25
3. *Przyrządy* 26
Pojęcie ogólne, sito, rzeszoto, przesiewacz 26
Przesiewacze nieruchome 28
Przesiewacze ruchome 28
1. *Przesiewacze płaskie* 28
A. Ruszta ruchome 29
Podłużne systemu Briart'a (ruch zwykły podłużny) . . 30
Poziome systemu Chambers'a (ruch kołowrot.) 30
Poprzeczne systemu Seltnera 30
Wałkowe systemu Distl-Suski 32
Obliczenie rusztów 34
B. Przesiewacze ruchome płaskie dziurkowane 37
a) przesiewacze wahadłowe: pochyłe, podłużne 38
o ruchu prostym:
amerykańskie 40
angielskie 40

Str.
pionowe (wstrząsające) 41
o ruchu kołowrotowym (typ Lane i Baum) 41
przesiewacze wahadłowe: pochyłe, poprzeczne:
o ruchu prostym: niemieckie 41
o ruchu kołowrotowym (typ Seltner, Cox, Schwidtal) . 43
przesiewacze poziome, podłużne:
o ruchu prostym: różniczkowe typu Marcus'a . . . 44
typu Ferraris 45
o ruchu kołowrotowym: eliptyczne typu Humboldt'a . 45
Ilość obrotów wału napędowego dla każdego systemu przesiewaczy 45
Praca 47
Prędkość posuwania się ziarn 48
Wydajność 49
Dokładność sortowania 49
Urządzenie i połączenie rzeszot:
proste 50
złożone: rozmieszczone równolegle 50
rozmieszczone w jednej płaszczyźnie . . . 51
b) przesiewacze drgające (wibratory) 52
2. *Przesiewacze obrotowe czyli bębnowe.* Podział, konstrukcje sit 55
A. Bębny rusztowe 57
B. Bębny z blachy dziurkowanej lub siatki drucianej . . . 58
Proces sortowania w bębnach 59
Ilość obrotów 60
Długość linji śrubowej 60
Prędkość podłużnego posuwania się ziarn 61
Dokładność sortowania i wydajność 61
Sprawdzenie przyjętych wielkości 62
Przykład liczbowy 62
Zastosowanie przesiewaczy bębnowych 63
Ugrupowanie bębnów:
1) koncentryczne 63
2) schodowe 63
3. *Przesiewacze taśmowe.*
Sita taśmowe Callow 64
Sita obrotowe graniastosłupowe (King-Screen) 67
Taśmy transportowe 67
§ 2. Osadzanie w wodzie czyli sortowanie mokre.
1. *Zasady osadzania w wodzie:*
rozwój przyrządów, skrzynie zaostrzone, (sortowniki, klasyfikatory wodne), klasyfikatory hydrauliczne 67
Doświadczenia: Rittingera 70
Richards'a 70
Christensen'a 70
Stokes'a 71
Wykres krzywej prędkości swob. opad. kwarcu w wodzie . . 72
Określenie skali klasyfikacji i zasada rozdzielania materjału . 72
2. *Zastosowanie:*
jako operacja główna 73
jako operacja przygotowawcza 73
jako operacja uzupełniająca 74

Str.

3. *Proces mokrej klasyfikacji:*
ugrupowanie przyrządów; porządek otrzymywania produktów . 74
Sposób I-szy (najpierw klasy wyższe grubsze) 75
Sposób II-gi („ klasy drobniejsze) 76
Sposób mieszany 77
4. *Przyrządy* 77
I. Klasyfikatory hydrauliczne 77
1. Klasyfikator Richards'a 77
2. „ Rittinger'a 78
3. „ stożkowy Callow 79
4. „ skrępowany Richards'a 80
II. Klasyfikatory proste czyli skrzynie zaostrzone (szpiczaste) . 82
1. Skrzynie Rittinger'a 82
2. Skrzynie amerykańskie 83
3. Nowsze skrzynie szpiczaste firm niemieckich 84
4. Stożek Callow 84
5. Zbiorniki do klarowania wód 85
6. Klasyfikatory mechaniczne 85
Klasyfikator Dorr'a 86

§ 3. Osadzanie w powietrzu, czyli sortowanie powietrzne.
1. *Zasady osadzania w powietrzu* 87
2. *Zastosowanie:* jako operacja główna 88
jako operacja przygotowawcza 88
jako operacja uzupełniająca 88
3. *Przyrządy* 88
A. Separatory powietrzne 89
Separator Edison'a 89
Separator Mumford & Moodie 89
B. Separatory odśrodkowe (wirujące) 90
Separator Pape-Hennberg 90

Rozdział II. Nadanie materjałom surowym charakteru masy luźnej, czyli rozluzowanie 91

§ 1. Wypadki zastosowania i sposoby rozluzowania.
1. *Określenia* 91
2. *Zastosowanie* 92
A. jako operacja główna 92
B. jako operacja przygotowawcza 93
Różnorodność składu ciała kopalnego, stan zupełnego rozluzowania i sposoby dla doprowadzenia ciał kopalnych do stanu rozluzowania 93

§ 2. *A.* Przemywanie.
1. *Zasady przemywania* 99
2. *Przyrządy:*
I. w których przemywanie nie łączy się z przesiewaniem . 100
1. Żłoby czyli szluzy, amerykanki 101
2. Monitor 103
3. Log washer czyli żłoby z obracającym się wewnątrz gwintem 104
4. Log washer firmy Allis Chalmers 104
II. w których przemywanie jest połączone z przesiewaniem 105
1. Żłoby-amerykanki z przesiewaczem 105
2. Kulibinka 106

Str.
3. Przemywacz Kamarnickiego 106
4. „Beczka złoto-przemywająca“ 107
5. Bębny przemywające Humboldt'a 108
6. Bębny z obracającemi się nożami Humboldt'a . . . 109

B. Rozdrabianie.

§ 3. Zasady ogólne.
1. *Określenia:*
Określenie podług terminologji polskiej 109
Odmiany rozdrabiania 112
2. *Główna zasada rozdrabiania: „nie kruszyć nic zbytecznego“* 112
3. *Sortowanie pomocnicze* (klasyfikacja poprzedzające rozdrabianie) 118
4. Podział procesu rozdrabiania *na stadja* 120
5. Podział procesu rozdrabiania *na ujęcia* 123
6. Przedstawienie graficzne procesu rozdrabiania przygotowawczego do wzbogacania 125
7. Różnica procesów rozdrabiania głównego i przygotowawczego 125

§ 4. Rozdrabianie ręczne.
Praca w przodku 128
Praca ręczna na powierzchni 129
Narzędzia do rozdrabiania ręcznego 130
A. Młoty:
1) Młoty do rozdrabiania grubego 131
2) Młoty do rozdrabiania średniego 132
3) Młoty do sortowania rudy 132
B. Baby 133

§ 5. Rozdrabianie maszynowe:
Klasyfikacja kruszarek 133
1) Kruszarki dla skał twardych 134
2) Kruszarki dla skał kruchych i miękkich 135

§ 6. Grupa I. Kruszarki do skał twardych 135
1. *Rozdrabianie przez nacisk przerywany i powtarzający się:*
a) Kruszarki szczękowe 135
A) Kruszarki o prostych wahaniach szczęki. 135
1) kruszarka Blake 135
2) kruszarka Dodge 137
B) Kruszarki o ruchach złożonych 140
kruszarka Samson 140
b) Kruszarki kołowrotowe typu Gates 142
2. *Rozdrabianie przez nacisk ciągły* 144
Walce rozdrabiające (kruszarki walcowe) 144
Olbrzymie walce Edisona 152
3. *Rozdrabianie połączone z rozcieraniem* 152
Klasyfikacja młynów 152
A) Młyny pierścieniowe walcowe 153
a) pionowe:
1) Młyn Sturtevant'a 153
2) Młyn Kent'a 155
3) Młyn Frisbee Lucop 155
b) poziome:
4) Młyn Huntington'a 155
5) Młyn Griffina 158

Str.

Młyny kulowe:
6) Młyn Emerick 158
B) Młyny tarczowe:
pionowe:
7) Walce potrójne 160
poziome:
8) Młyny Chilijskie do mielenia suchego 161
a) z obracającą się podstawą 161
b) z podstawą nieruchomą 162
9) Młyny Chilijskie do mielenia mokrego 162
10) Młyn wielowalcowy Lane 166
Arastra 168
4) *Rozcieranie* 169
A) Młyn tarczowy do skał twardych:
1. Młyn Sturtevant'a do mielenia prób w laboratorjach i zakładach (pionowy) 171
2. Panew rozcierająca 171
B) Żarna — kamienie młyńskie — do skał miękkich . . 173
1. Młyn pionowy Sturtevant'a 175
2. Młyn poziomy Sturtevant'a 175
5. *Rozdrabianie przez uderzenie czyli tłuczenie* 176
Tłuczki 177
6. *Rozdrabianie przez nacisk połączony z uderzeniem i rozcieraniem* 183
zasada działania 183
1) Młyny kulowe 186
2) Młyny rurowe 188
3) Młyny stożkowe Hardinge'a 190
§ 7. Grupa II. Kruszarki do skał kruchych i miękkich . 194
7. *Kruszarki rozłupywające* 194
Kruszarka igłowa Humboldt'a 195
8. *Kruszarki rozrywające* 196
1) Walce rozdrabiające o powierzchni uzębionej i brózdkowatej 197
2) Młyn śrubowy Humboldt'a 198
3) Młyn stożkowy czyli dzwonowy 198
4) Młyn stożkowy Sturtevant'a 199
9. *Kruszarki udarowe* 201
1) Dezintegrator Carr'a 202
2) Pulweryzatory 203

PRZEDMOWA AUTORA.

Praca, którą przedkładamy kołom zainteresowanym, jest wynikiem 10-cioletnich studjów w dziedzinie sortownictwa. Nie tyle nam chodziło o uzupełnienie braku w odnośnej literaturze technicznej, co o zwrócenie uwagi techników na tę młodą stosunkowo gałęź wiedzy inżynieryjnej i podkreślenie całej wagi sortownictwa w takim kraju, jak Rosja, tak bogatym we wszelakie złoża użytecznych ciał kopalnych, tem bardziej, że na porządek dzienny jest postawiona kwestja racjonalnego wykorzystania zasobów surowców w państwie.

Uszlachetnienie, czyli przeróbka minerałów użytecznych, jest gałęzią górnictwa, z którą może mieć do czynienia inżynier górniczy jakiejkolwiek specjalności: inżynier-poszukiwacz ma do czynienia z zasadami przeróbki przy ocenie złóż minerałów i określaniu zapasów przemysłowych; inżynier-górnik przy sporządzaniu projektu przedsiębiorstwa górniczego nie może pominąć sprawy sortownictwa, ponieważ organizacja robót górniczych ma ścisły związek z organizacją sortownictwa; inżynier-metalurg staje w obliczu kwestji sortownictwa, decydując sprawę odpowiedniego surowca przy projektowaniu huty; wreszcie inżynier-mechanik w dziale górniczym ma w sortowniach zupełnie odrębny dział maszyn, których konstrukcja i działanie uzależnione są od celu sortowania. Jednak, mając wiele wspólnego ze wszystkiemi działami górnictwa, przeróbka jest tak specjalną umiejętnością, że dla rozwiązania wszystkich jej zadań i racjonalnego projektowania sortowni niezbędne są specjalne wiadomości i badania naukowe, stanowiące odrębny i samodzielny dział — przeróbki mechanicznej.

Dział ten zawiera nader wiele problemów, wymagających rozwiązania i wyjaśnienia. Najpierw każda kopalina musi być zbadana pod względem jej właściwości naturalnych: technicznych i przemysłowych; w tym celu winna być wzięta próba minerału, która poddaje się badaniu. Następnie powstaje idea zespolenia czynności, zapomocą których minerał się przerabia i uszlachetnia. Poszczególne czynności dają wynik dodatni jedynie przy zachowaniu pewnych warunków, zgodnie z prawami, które niemi rządzą, a zbadanie których jest podstawą przebiegu przeróbki. Dla wykonania tych różnorakich czynności niezbędne są przy-

rządy i maszyny; konstrukcja i zasady działania tych maszyn zależą z jednej strony od zasad przeróbki, z drugiej zaś strony racjonalne wykonanie wyznaczonej im pracy osnute jest na zasadach mechaniki i budowy maszyn. Wreszcie cały zespół niezbędnych przyrządów i maszyn jest zwiazany zapomocą pędni z silnikami i mieści się we wspólnym gmachu, w sortowni, stanowiącej ucieleśnienie idei, wynikającej z prób wstępnych, i stanowiącej zakończoną całość inżynieryjno-budowlaną. Niezależnie od rozmaitych stadjów ogólnego zadania przeróbki, zadania poszczególne, dotyczące poszczególnych czynności, ich układ w systemy, wybór przyrządów i t. d. mogą być tak rozmaite, jak są rozmaite minerały i ich właściwości, jak to: rudy, materjały budowlane, paliwo kopalne i t. d.

Jak z powyższego wynika, problem przeróbki może być traktowany jako ogólny, interesujący osoby wszelkich fachów, które w swej działalności mogą mieć do czynienia z czynnościami przeróbki, i jako specjalny — dla osób poświęcających się tej specjalności. Ten dział specjalny dzieli się, z jednej strony na szereg działów kolejnych, stanowiących łącznie cykl zakończony, jak: 1) branie prób i ich badanie, 2) systemy przeróbki, 3) czynności przeróbki, 4) maszyny i przyrządy, 5) zakłady przeróbki (sortownie, płóczki); z drugiej zaś strony, podług kopalin na: 1) sortownictwo rud kruszcowych, 2) sortownictwo złota i srebra, 3) sortownictwo węgla, 4) przeróbka materjałów budowlanych i t. d.

Praca niniejsza składa się z trzech części: I. operacje przeróbki, II. systemy przeróbki i III. sortownie.

Właściwością jej jest to, żeśmy nie stosowali przyjętego zazwyczaj podziału na sortownictwo rud i węgla, lecz podzieliliśmy książkę na rozdziały podług czynności przeróbki, wskazując w każdym rozdziale na zastosowanie tych czynności przy przeróbce różnych kopalin i podkreślając wspólnotę czynności, którym ulegają te kopaliny. Podział podług rodzaju kopalin, wskutek tego, prowadzi zazwyczaj do opisów szczegółów, co nieraz daje fałszywe pojęcia o różnicach zasadniczych. Różnice zaś w szczegółach nie dotyczą wyłącznie rud i węgla, lecz mają miejsce przy przeróbce całego szeregu kopalin w granicach obu grup, jak to: rud żelaza, miedzi, cynku, ołowiu, cyny, wolframu, platyny, złota, srebra, azbestu, grafitu, rozmaitych gatunków paliwa kopalnego, jak antracytu, węgla kamiennego, brunatnego, torfu, następnie soli kamiennej, materjałów budowlanych i t. d. Uważamy więc za odpowiedniejsze traktować łącznie wszystkie rodzaje kopalin i, o ile to ma miejsce, uwydatniać w odpowiednich punktach właściwości, odróżniające zastosowanie poszczególnych czynności do różnego rodzaju kopalin.

Tym sposobem książka winna dać należyte pojęcie o sposobach ogólnych przeróbki nie tylko typowych rud i paliwa kopalnego, lecz również o przemywaniu piasków złotonośnych, przeróbce złota okru-

chowego i srebra sposobami chemicznemi i mechanicznemi [1]) i o przeróbce soli. W rozdziale o brykietowaniu (cegiełkowaniu), brykietowanie węgla i rud jest traktowane równolegle z ceglarstwem i fabrykacją cementu. Wreszcie koksownictwo [2]) jest traktowane, jako aglomeracja paliwa na równi z aglomeracją innych kopalin i jest zaliczone (razem z wykorzystaniem produktów ubocznych suchej destylacji) do ogólnego cyklu czynności, którym ulega węgiel na kopalniach obok sortowania, płókania i cegiełkowania.

Mając na celu dać tylko pojęcie o czynnościach przeróbki, pominęliśmy zupełnie wszelkie wywody matematyczne i analizę czynności, natomiast staraliśmy się wyjaśnić zasady rozmaitych czynności i dowieść ich konieczności, jak również wzajemnego związku, językiem najprostszym, stosując tylko niekiedy najprostsze obliczenia. Również zamiast rysunków technicznych dajemy w miarę możności fotografje przyrządów uważając, że te ostatnie dają lepsze o nich pojęcia. Podobne znaczenie mają tablice z danemi cyfrowemi: dają one pojęcie o przeciętnych i maksymalnych wymiarach maszyn, ich wadze, wydajności i zużyciu energji. Co się tyczy cen tych przyrządów, często figurujących urywkowo w rozmaitych książkach, umyślnie unikaliśmy ich podawania wskutek: 1) niemożności systematyzowania odnośnego materjału, 2) obecnej zmiany wartości i 3) ponieważ w ogólnej części ważniejszem jest pojęcie o kosztach ogólnych przeróbki i jej czynnościach poszczególnych, jak również o okolicznościach, wpływających na te koszta niż o cenach poszczególnych maszyn, są to kwestje stanowiące przedmiot drugiej części działu.

Wreszcie dążeniem naszem było nie przeładowywać książki opisami wielkiej ilości przyrządów, ograniczając się do najcharakterystyczniejszych maszyn sortowniczych. Podobny wykład popularny cechuje zwłaszcza część I., opisującą wszelkie czynności przeróbki wstępnej i uszlachetnienia jak główne, tak również i pomocnicze.

W części II, zatytułowanej „Systemy przeróbki", styl jest nieco odmienny, nie wychodzi jednak poza granicę elementarnego. Tu mamy już na celu nie tylko ogólne pojęcie o czynnościach przeróbki, lecz wykład głównych zasad sporządzania schematów przeróbki, opierając się na jej zasadach, na danych z praktyki, na warunkach ekonomicznych i związku przeróbki z organizacją robót kopalnianych.

Część ta jest już więcej specjalna i może interesować przeważnie mniej licznych fachowców. Jednak jej głównym celem jest djagnoza problemu przeróbki danej kopaliny, czyli rozwiązanie takich kwestyj, jak: czy przeróbka danej kopaliny jest możliwa, czy się opłaci, jaki jest najodpowiedniejszy stopień przeróbki w określonych warunkach, co zależy od sposobu przeróbki, który wywiera wpływ na wynik osta-

[1]) Zazwyczaj te działy są traktowane osobno.

[2]) Stanowiące odrębną gałęź przemysłu.

teczny, będąc nawzajem od niego zależny. Powyższe kwestje, jakkolwiek bardzo specjalne z punktu widzenia ich wszechstronnego rozwiązania, mają jednak charakter ogólny i djagnoza przeróbki może być postawioną jak przez poszukiwacza przy ocenie złoża, tak również przez inżyniera kopalnianego przy wprowadzaniu sortownictwa na kopalni, lub przez metalurga przy budowie zakładu hutniczego. Z tego też powodu treść części II jest dołączona do części ogólnej. Ograniczamy przez to do pewnego stopnia zakres „systemów przeróbki" (co właściwie stanowi treść części II), uznając, że kwestje, o których mowa, mogą być zbadane szczegółowiej w pracach specjalnych. Część II o systemach przeróbki, zawierając wszystko to, na czem się opierają, świadomie lub nie, wszyscy fachowcy, mający do czynienia z projektowaniem przeróbki, stanowi naszą próbę usystematyzowania naturalnego biegu rozumowań przy projektowaniu; od nas pochodzi tylko metoda wykresowa, wyobrażająca wyniki przeróbki, która może być użyteczną również przy projektowaniu i przy stawianiu pewnych zadań dla czynności przeróbki. Metoda ta jest wynikiem naszej praktyki przy projektowaniu sortowni w Instytucie Mechanicznej Przeróbki Minerałów Użytecznych w Piotrogrodzie [1]).

Wreszcie część III, zawierająca opisy sortowni i zakładów przeróbki, stanowi niezbędne uzupełnienie dwóch poprzednich, ponieważ mamy tu syntezę wszystkich czynności i ich połączenia w systemy, urzeczywistniane przez budowę zupełnie zakończonej sortowni, przybierającej tę lub ową postać w zależności od rodzaju kopaliny i celów przeróbki. Zgodnie z charakterem części ogólnej, sortownie opisane stanowią tylko przykłady, dające dokładne pojęcie o sortowniach. Przykłady te dotyczą przeróbki najwięcej charakterystycznych minerałów: rud żelaza, miedzi, ołowiu, cynku, złota, paliwa mineralnego i materjałów budowlanych [2]).

Dział ten składa się ze specjalnych działów przeróbki podług rodzajów minerałów z opisami wszystkich szczegółów przeróbki, charakterystycznych dla danego rodzaju minerału. Ponadto uwzględnia on kwestje specjalne, dotyczące analizy sortowni i dlatego nie może być umieszczony w części ogólnej.

Taki jest wogóle układ części ogólnej i takie są motywy, wyjaśniające nasz punkt widzenia. Pozatem nie można pominąć tego, że osoby, życzące poznać gruntownie tę dziedzinę górnictwa i uważające za pożyteczną bliższą znajomość z II częścią dzieła, winny pamiętać, że przeróbka użytecznych ciał kopalnych, pomimo wysokiego rozwoju jej teorji ogólnej, jak również teorji poszczególnych czynności, stanowi jednak w zasadzie naukę eksperymentalną, i doświadczenie jest pod-

[1]) Instytut ten był przed rewolucją prywatnem biurem technicznem w zakresie projektowania sortowni pod kierownictwem autora.

[2]) Część III. przez autora nie napisana (przyp. Red.).

stawą każdego projektu i każdego rozwiązania kwestyj poszczególnych. Jest wręcz niepodobieństwem studjowanie przeróbki wyłącznie z książek, nie mając jednocześnie możności stwierdzania wniosków teoretycznych zapomocą doświadczeń w odpowiednio urządzonem laboratorjum. Zupełnie zaś nie jest możliwe racjonalne projektowanie zakładu przeróbki bez uprzedniej przeróbki próbnej danego surowca. Nie mówimy tu o praktyce na sortowniach, których zwiedzanie i na których praca oddawna jest uważana za niezbędną przy studjach w zakładach naukowych technicznych. Mowa o praktyce na przyrządach typu fabrycznego i laboratoryjnego, które eksperymentator może dowolnie regulować, i któremi rozporządza.

Dlatego laboratorja odpowiednio urządzone[1]) są niezbędne nie tylko dla pogłębienia wiedzy studjujących, lecz również dla wyrobienia przeświadczenia, że bez prób uprzednich jest niemożliwe jakiekolwiek projektowanie, ani rozwiązanie jakiegokolwiek zadania z dziedziny przeróbki.

Piotrogród, 3 maja 1922 r.

(—) *Prof. Henryk Czeczott.*

[1]) Podobne laboratorjum, mające charakter stacji doświadczalnej, istnieje w Instytucie Górniczym w Piotrogrodzie.

WSTĘP.

Cele i zastosowania przeróbki mechanicznej. Urobione w kopalniach użyteczne ciała kopalne stanowią tak zwane produkty surowe. Produkty surowe mogą być stałe (węgiel, rudy), płynne (ropa, solanki, wody mineralne) i gazowe (gaz ziemny). Kurs przeróbki mechanicznej obejmuje tylko stałe produkty surowe, które więc jedynie będziemy mieli nadal na uwadze.

Stałe produkty surowe przedstawiają mieszaninę kawałków różnej wielkości od wielkich brył do najdrobniejszych ziarnek, zmieszanych ze sobą w najrozmaitszej proporcji i znajdujących się w stanie t. zw. zupełnie luźnym, lub mniej lub więcej zwięzłym, zależnie od ilości domieszek ziemi, wody, w postaci wilgoci, oraz gliny, do kompletnie plastycznych.

Produkty surowe mogą mieć zastosowanie użyteczne bezpośrednio, np. węgiel kamienny, sól, żwir, piasek, albo służą dla dalszej przeróbki na hutach w celu wydobycia z nich jakiejkolwiek części składowej lub przekształcenia na inne związki. Np. rudy ciężkich metali ulegają na hutach procesom metalurgicznym w celu wytapiania metali, wapienie służą dla fabrykacji cementu, węgle kamienne — dla wytwarzania koksu i produktów chemicznych, glina i łupki ilaste — dla wyrobu cegły i t. d.

W obydwu wypadkach ciała kopalne mogą być użyte *a)* bezpośrednio w stanie surowym, np. węgle kamienne dobrego gatunku, bogate niezbyt twarde rudy żelazne, lub też *b)* po uprzedniej przeróbce przygotowawczej w specjalnych zakładach, jeżeli na skutek własności naturalnych oraz warunków technicznych produkty surowe są niezdatne do użytku bezpośredniego. Np. rudy żelazne oddziela się od domieszek skał płonnych lub minerałów pierwiastków szkodliwych S, As, sól kamienna miele się, wielkie bryły wapienia rozdrabia się, z węgla kamiennego odsiewa się miał, węgiel (kamienny) pozbawiony miału i pyłu sortuje się podług wielkości kawałków na kilka sortymentów i t. d.

Z kursów górnictwa i geologi stosowanej wiemy, że termin użyteczne złoże ciał kopalnych zwykle określa takie złoże, które może być eksploatowane z korzyścią ekonomiczną i może służyć dla

produkcji masowej. W tem znaczeniu zaledwie bardzo nieznaczna część ogólnych zapasów minerałów może być uważana za użyteczną w stanie naturalnym czyli zdatną do użytkowania z korzyścią ekonomiczną bezpośrednio po wydobyciu. Istotnie, tylko wyborowe węgle kamienne pod względem czystości i swej wartości cieplikowej mogą być zużytkowane jako paliwo bezpośrednio w stanie surowym, tylko bogate rudy żelazne, hematyty z zawartością niemniej 55% Fe, magnetyty z zawartością nie mniej 60% Fe, mogą być bezpośrednio zużytkowane w wielkich piecach dla wytapiania surowca; tylko bogate rudy miedzi, zawierające nie mniej 3—5% Cu mogą być przetopione w piecach szybowych; kruchy wapień w niezbyt dużych kawałkach może być użyty bezpośrednio dla wyrobu wapna i cementu i t. p.

Zupełnie naturalnie, że na początku powstawania przemysłu górniczego we wszystkich krajach najpierw były eksploatowane takie właśnie „naturalne“ złoża użyteczne, a w czasach późniejszych — tylko przez drobnych przedsiębiorców. Lecz z biegiem czasu, w miarę rozwoju przemysłu górniczego oraz ze wzrostem kultury i cywilizacji, takie naturalne złoża użyteczne szybko się wyczerpują i wypada przystępować do eksploatacji takich złóż, które mogą być zaliczone do użytecznych tylko pod warunkiem zastosowania uprzedniej p r z e r ó b k i. Tak więc, na Uralu na kopalniach rud żelaznych magnetycznych, po wybraniu górnych warstw czystego magnetytu ich dalsza egzystencja uzależnioną jest od możliwości wykorzystania rud głębiej zalegających, przesiąkniętych pirytem i chalkopirytem. Bez oczyszczenia takich rud przez odpowiednią przeróbkę od domieszek pirytów, niemożliwe jest jedynie za pomocą procesów hutniczych otrzymanie zupełnie czystego żelaza, pozbawionego Cu i zwłaszcza szkodliwej siarki. To też pomimo wysokiej zawartości żelaza (65%), domieszka miedzi w ilości 1% i siarki 3% czyni te rudy, bez zastosowania przeróbki przygotowawczej, nieużytecznemi.

Na Górnem Jeziorze w Ameryce Północnej, złoża miedzi metalicznej w okresach początkowych ich eksploatacji dostarczały hutom olbrzymich brył czystej miedzi, ważących po kilkanaście ton, z łatwością wydobywanych przez proste roboty górnicze na wychodach zwietrzałych skał, zawierających ten kruszec. Dziś wszechświatowo znane kopalnie Górnego Jeziora odbudowują te same pokłady na głębokości miejscami przekraczającej 1500 m. Olbrzymie bryły miedzi pozostały tylko w podaniach i wspomnieniach weteranów górniczych, główna zaś masa miedzi rozsiana jest w skale nadzwyczaj drobnemi, ledwie dostrzegalnemi ziarnkami, w ilości nieprzekraczającej $^1/_2$—1%. I pomimo to pokłady, zawierające miedź na Górnem Jeziorze, jeszcze i dziś stanowią olbrzymie zapasy przemysłowe tego minerału użytecznego, kopalnie zaś swój rozkwit współczesny zawdzięczają jedynie wysokiemu rozwojowi techniki przeróbki mechanicznej.

Ale i niezależnie od wyczerpywania się rud bogatych, lecz jedynie z wzrostem popytu na metale, nawet w obecności „naturalnych“ złóż użytecznych, dla zadośćuczynienia wzmożonego zapotrzebowania wypada czasami odbudowywać i rudy biedniejsze, co jednak możliwem jest jedynie przy zastosowaniu ich wzbogacania zapomocą odpowiedniej przeróbki mechanicznej. Na półwyspie skandynawskim, gdzie główne bogactwa naturalne stanowią rudy żelazne i odbywa się usilny ich eksport w kraje mniej zasobne w żelazo, obok takich złóż, jak Kiruna i Geliwara, gdzie wydobywają się nadzwyczaj bogate magnetyty o zawartości 70% Fe, ostatniemi czasy (przed wojną) rozpoczęto intensywną odbudowę rud uboższych z szerokiem zastosowaniem „wzbogacania magnetycznego“. Właśnie w Süd-Waranger (około Kirkenes, Norwegja), na brzegu oceanu Lodowatego w pobliżu dawnej granicy rosyjskiej, odbudowuje się rudy o zawartości 35% Fe w kopalni, obliczonej na wydajność rekordową 1,800.000 ton rocznie, stosując wzbogacanie całej tej kolosalnej masy rudy do 60% Fe.

Następnie, w miarę rozwoju techniki i przemysłu we wszystkich dziedzinach, oraz przy znacznym rozwoju przemysłu górniczego wydobywającego, ze strony konsumentów produktów surowych stawiane są różne warunki i wymagania. Huty już nie zadawalniają się jedynie tem, żeby rudy zawierały nie mniejszą od pewnej odsetki ilość metalu, lecz żądają, żeby były one wolne od tych lub innych domieszek (S, As, Cu), lub przeciwnie — żeby zawierały w pewnym stosunku procentowym określone pierwiastki (P, Ti, Ni w rudach żelaza), lub żeby skład i stosunek skały płonnej odpowiadał warunkom przetapiania bez dodawania topników, wreszcie żeby wymiary i kształty kawałków rudy były określone. Podobne żądania, przedstawione przez huty kopalniom, mogą uczynić niemożliwą dalszą ich egzystencję, jeżeli nie będzie zastosowana pewna przeróbka skał, któraby polegała np. na usunięciu domieszek szkodliwych, odsortowaniu rudy zawierającej P (w postaci apatytu) od niezawierającej, na rozdrabianiu wielkich brył, odsiewaniu miału, cegiełkowaniu lub spiekaniu drobnej rudy i t. d.

Analogiczne żądania mogą być przedłożone kopalniom węgla przez odbiorców paliwa. Koleje żelazne żądają węgla grubego; huty i fabryki zadawalniają się dla kotłów parowych kawałkami mniejszymi, ale żądają, aby węgiel nie zawierał miału, nadto aby popiół nie tworzył żużli na rusztach palenisk. Cementownie zamawiają węgiel sproszkowany do pieców rotacyjnych dla spalania w dyszach; przedsiębiorstwa, zabezpieczające sobie znaczne zapasy paliwa, troszczą się, żeby kawałki jego miały zupełnie określony i prawidłowy kształt cegiełek-brykietów, żeby na składach zajmowały one jak najmniej miejsca. Kopalnie, które nie potrafią zadośćuczynić wszystkim tym warunkom zapotrzebowania, będą zmuszone ograniczyć lub skrócić swoją eksploatację, o ile nie zastosują przeróbki mechanicznej, polegającej np. na rozdrabianiu, sorto-

waniu, odsiewaniu miału, brykietowaniu, mieszaniu różnych gatunków węgla i t. d.

Wreszcie, pewne minerały zawsze spotykają się w przyrodzie w takim stanie, że użytkowanie ich w stanie surowym w żadnym przypadku jest niemożliwe. Takiemi są rudy złota okruchowego, oraz piaski złoto i platyno-nośne. Złoto metaliczne, lub zawarte w pirytach, jest zawsze rozsiane w skale w tak drobnych ziarnkach oraz w tak nieznacznych ilościach stosunkowych (0·001%) i absolutnych, że wydobycie metalu szlachetnego z rudy i piasków w żadnym wypadku nie jest możliwe bez uprzedniej przeróbki i wzbogacania; przepłókiwanie piasków złotonośnych w jakiejkolwiek bądź postaci prymitywnej jest zawsze stosowane nawet przez drobnych przedsiębiorców i zwykłych poszukiwaczy. Do tejże kategorji minerałów należą kamienie szlachetne, djamenty, oraz rzadkie minerały zawierające W, Mo, Wa, Ce, Th (monacyty). Takiż charakter posiada torf, który przynajmniej musi być wysuszony.

Dla wytwórców produktów surowych rozwój techniki przeróbki mechanicznej i wzbogacenia kruszców może mieć, zupełnie niezależnie od zapotrzebowania rynku i przemysłu, wielkie znaczenie ze względu na zwiększenie zawartości minerału nawet w tym wypadku, gdy ciała kopalne posiadają użyteczność naturalną, t. j mogą mieć zastosowanie w stanie surowym bezpośrednio po wydobyciu. Np. huty w większości wypadków stawiają żądanie minimum % zawartości metalu w rudzie. Lecz, im większą jest zawartość metalu, tem wygodniej jest zwykle dla huty, i stosownie do tego ceny na rudy ustalają się podług skali ruchomej w zależności od procentu metalu. W tym ostatnim przypadku również i dla kopalni może być bardziej wygodne zastosowanie wzbogacania, gdyż może ona przez to osiągnąć większy zysk, pomimo, że ruda może być sprzedaną również i w stanie surowym.

Jeżeli ciało kopalne zawiera znaczną ilość wody lub skały płonnej, oraz kopalnia znajduje się w znacznej odległości od miejsca spotrzebowania minerałów, wobec czego produkty surowe muszą być przewożone na mniej więcej znaczną odległość, wówczas niezależnie od tego, kto ten przewóz opłaca, kopalnia czy odbiorca, zawsze jest bardziej wygodnie, przez uprzednie osuszanie i wydalanie skały płonnej, uwolnić się od zbytecznego balastu — nawet wtedy, gdy surowe produkty znajdują popyt na rynku. Np. węgle brunatne zawierają czasami do 40% wody; po wysuszeniu tracą na wadze do 30%, przez wydalenie zaś kamienia ciężar jednostkowy zmniejsza się jeszcze o 10% i oszczędzamy 40% na liście przewozowym, a jednocześnie wartość cieplikowa podnosi się z 3200 do 5000 ciepłostek.

W ten sposób przeróbka przygotowawcza produktów surowych stosuje się:

1) przy wyczerpaniu naturalnych bogatych złóż minerałów użytecznych,

2) przy zwiększonym popycie na produkty surowe, o ile bogate złoża naturalne minerałów użytecznych nie są w stanie ilościowo zadowolnić popyt [1]),

3) przy znacznej podaży produktów surowych celem zadowolenia wzrastających wymagań i żądań odbiorców,

4) przy eksploatacji złóż takich typów minerałów, które w stanie surowym w żadnym przypadku nie nadają się do użytkowania,

5) przy zabezpieczonym zbycie produktów surowych w celu zwiększenia ich wartości.

We wszystkich tych przypadkach zwiększają się zapasy przemysłowe użytecznych ciał kopalnych oraz ich wartość. Na tem właśnie polega znaczenie przeróbki przygotowawczej minerałów użytecznych i rozwój jej techniki. Przeróbka przygotowawcza, czyli, jak mówią często, mechaniczna, nadaje nieużytecznym złożom minerałów charakter użyteczny w znaczeniu przemysłowem, a więc rozwój techniki przeróbczej powiększa zapasy minerałów użytecznych w kraju i na całej kuli ziemskiej. Z drugiej strony, w zastosowaniu do istniejących złóż użytecznych zwiększa ich wartość przemysłową. Dla każdego kraju przeróbka mechaniczna ma zatem znaczenie państwowe, powiększa ona bowiem zapasy i wartość przemysłową bogactw mineralnych państwa.

Wymownym dowodem tego twierdzenia mogą być następujące fakta:

Do niedawna rudy cynkowe przy zastosowaniu klasycznego sposobu wzbogacania mokrego zapomocą płókania mogły być eksploatowane przy zawartości niemniej niż 10—12% Zn w złożu, wobec żądań hut cynkowych, by koncentraty zawierały nie mniej 42%. Dzisiaj nowe sposoby wzbogacania ostatniego dziesięciolecia, zapomocą t. zw. flotacji, dają możność osiągnąć ten sam rezultat skutecznie z rud, zawierających 4—2% Zn. Dla Polski, gdzie dotąd mieliśmy jeszcze tylko stare sposoby płókania, oznacza to znaczne powiększenie zapasów minerałów użytecznych w złożu i utrwalenie przemysłu cynkowego, gdyż posiadamy daleko więcej rud biednych, aniżeli bogatych; nadto same odpady starych płóczek będą mogły być jeszcze raz zyskownie przerobione.

Zadania przeróbki mechanicznej. Z powyższego wyliczenia przypadków i celów zastosowania przeróbki przygotowawczej, wypływają już niektóre poszczególne zadania przeróbki. Takowemi są:

1) rozsortować materjał surowy podług wielkości kawałków na kilka sortymentów,

2) przygotować określoną ilość każdego sortymentu,

[1]) Oczywiście, w tym wypadku kryterjum użyteczności naturalnej złoża zwykle się obniża i często zdarza się, iż przy pewnej konjunkturze ekonomicznej odbudowują się złoża, które w innych warunkach nie są użyteczne.

3) nadać określoną wielkość kawałkom materjału surowego,
4) usunąć domieszki szkodliwych pierwiastków,
5) zwiększyć procent zawartości pierwiastka użytecznego minerału, metalu,
6) rozdzielić zmieszane między sobą różne minerały,
7) usunąć znaczną część skały płonnej,
8) oddzielić od siebie stałe i płynne części składowe,
9) usunąć nadmiar wilgoci,
10) usunąć nadmiar pyłu,
11) przygotować mieszaninę określonego składu z dwóch lub więcej produktów,
12) przygotować mieszaninę rozluźnionego materjału stałego z cieczą,
13) przygotować produkty w kawałkach określonej wielkości i kształtów, o własnościach określonych.

Operacje przeróbki mechanicznej. Dla wykonania wyliczonych zadań materjały surowe[1]) ulegają pewnym operacjom, zespół których stanowi przeróbkę przygotowawczą.

Wszystkie operacje przeróbki przygotowawczej osnute są prawie wyłącznie na fizycznych własnościach ciał kopalnych, stanowią zatem procesy mechaniczne. Przeto zespół ich nazywa się również przeróbką mechaniczną.

Jednakże niektóre operacje przeróbki przygotowawczej osnute są całkowicie na chemicznych własnościach minerałów. Oprócz tego nadmienić należy, że z rozwojem chemji fizycznej i zwłaszcza jej działu, chemji koloidalnej, zaciera się coraz bardziej granica pomiędzy zjawiskami fizycznemi a chemicznemi. Termin „przeróbka mechaniczna" jest przeto nieco przestarzały, obok bowiem operacyj wybitnie mechanicznych, jak rozdrabianie i sortowanie podług wielkości, znaczna ilość operacyj przeróbki nosi piętno fizyko-chemiczne. Stąd termin „przeróbka przygotowawcza" jest bardziej właściwy. Jeżeli zaś używamy jeszcze terminu „przeróbka mechaniczna", to raczej w znaczeniu przenośnem lub dla utrzymania wyrazu historycznie utartego.

W przypadku, gdy celem przeróbki mechanicznej jest rozdzielanie złączonych ze sobą części składowych ciała kopalnego: rudy od skały płonnej, jednego minerału od drugiego np. PbS od Zn (zadania 4, 5, 6 i 7) lub nawet wody od cząstek stałych (zadania 8 i 9), to w produktach rozdzielonych zwiększa się odsetek odpowiedniego minerału;

[1]) Urobek, wydobyty na kopalni, będziemy nadal nazywali produktem surowym, o ile zostaje on zużytkowany przez odbiorców bezpośrednio po wydobyciu bez wszelkiej przeróbki. Materjałem surowym będziemy nazywali taki urobek, który ulega przed oddaniem do użytku przeróbce. Wytwory przeróbki będziemy nazywali produktami sortowanemi, gatunkami sortowanemi lub sortymentami. Produkty rynkowe są to wogóle wytwory przemysłu górniczego gotowe do użytku: surowe lub sortowane.

produkty wzbogacają się zawartym w nich minerałem, metalem, pierwiastkiem (uszlachetniają się). Wskutek tego operacje tego rodzaju noszą nazwę wzbogacania (uszlachetniania). Często termin ten przenoszą na całokształt operacyj przeróbki przygotowawczej, o ile bowiem mieć na względzie wartość otrzymywanych produktów, to można nazwać wzbogacaniem i takie operacje, które mają na celu: rozdzielanie podług wielkości, jak sortowanie węgli kamiennych, nadanie określonej wielkości kawałkom i ziarnom minerału, jak mielenie soli, nadanie określonego kształtu, jak cegiełkowanie węgli i rud i t. p.

Obok terminu „wzbogacanie“ w polskiem słownictwie technicznem używa się terminu „sortowanie“. Termin ten ma szersze znaczenie niż „wzbogacanie“, oznacza on bowiem rozdzielanie materjału surowego na kilka gatunków, niezależnie od ich cech, a więc obejmuje on i rozdzielanie podług składu, czyli właściwe operacje wzbogacania i rozdzielanie podług wielkości i kształtu, a więc takie operacje, które tylko przenośnie mogą być określone jako wzbogacanie. O ile sortowaniem będziemy określali wogóle przygotowanie sortymentów rynkowych niezależnie od sposobu przygotowania, wówczas wyraz ten nabierze charakteru ogólnego dla określenia wszelakich operacyj przeróbki przygotowawczej, rozdrabianie bowiem, jak również cegiełkowanie, przetwarzając cały materjał surowy, przygotowuje jeden nowy, lecz odmienny produkt rynkowy, czyli pewien gatunek produktu.

Na tej zasadzie terminem równoznacznym z „przeróbką przygotowawczą“ lub „mechaniczną“ jest termin „sortownictwo“ dla oznaczenia całokształtu operacji sortowania, czyli przerabiania materjałów surowych w produkty rynkowe: „gatunki“, „sortymenty“, bez względu na ilość tych produktów, jeden czy więcej, oraz bez względu na charakter operacyj, osnutych bądź na własnościach fizycznych, bądź chemicznych [1]).

[1]) W językach obcych służą dla tych samych pojęć następujące wyrazy:

	Polskie	Angielskie	Niemieckie	Francuskie	Rosyjskie
Ogólne	Przeróbka mechaniczna. Sortownictwo.	Ore-dressing (Coal-dressing).	(Mechanische) Aufbereitung. Erz-Kohle-Aufbereitung.	Prèparation mécanique des minerais.	Механическая обработка полезных ископаемых. Обогащение.
Ściślejsze	Wzbogacanie, Sortowanie.	Concentrating.	Anreicherung.	Enrichissement.	Обогащение.

W języku rosyjskim »обогащение« używa się w znaczeniu ogólnem, jak polskie „sortownictwo“, i w znaczeniu ściślejszem „wzbogacanie“.

Operacje przeróbki mechanicznej mogą być dwojakie. W jednych ciała kopalne zmieniają swój charakter fizyczny i chemiczny: zmniejsza się wielkość kawałków, zmienia się ich kształt, materjał rozdziela się na kilka nowych produktów, w których zmienia się ustosunkowanie części składowych materjału pierwotnego. W innych — takie zmiany nie zachodzą. Są to operacje transportu, rozmieszczenia, nagromadzenia, podawania na różne przyrządy i t. p. Pierwsze stanowią istotę przeróbki i nazywają się zasadniczemi, lub właściwie operacjami sortowania. Proces tych operacyj całkowicie uzależniony jest od zadania przeróbki. Drugie nie zależą od zadania przeróbki, mają znaczenie pomocnicze i uwarunkowane są charakterem operacyj zasadniczych, rozmieszczeniem przyrządów oraz są uzależnione od różnych warunków lokalnych charakteru technicznego. Stanowią one grupę operacyj pomocniczych.

Operacje zasadnicze ze swej strony mogą mieć charakter trojaki: operacji głównej, przygotowawczej i uzupełniającej. W pierwszym przypadku mają one za zadanie wytworzyć produkty ostateczne, gotowe gatunki — sortymenty rynkowe. W drugim przypadku — przygotować stosownie materjał dla operacji głównej, tak, by w tej ostatniej proces zakończył się; nie wytwarzają zatem sortymentów rynkowych, lecz produkty przejściowe albo półprodukty (Middle-products, Mittel-, Zwischen-Produkte, Промежуточные продукты). Wreszcie w trzecim przypadku wykonywa się zadanie drugorzędne w celu nadania produktom gotowym charakteru bardziej przydatnego dla zużytkowania późniejszego. Jednak i ta sama operacja w różnych wypadkach może mieć, zależnie od okoliczności, charakter główny, przygotowawczy lub uzupełniający.

Oprócz wskazanych dwóch typów operacyj: zasadniczych i pomocniczych, można wydzielić jeszcze grupę trzecią operacyj, obsługujących obydwie poprzednie. Są to operacje ogólno-mechaniczne gospodarki wodnej, parowej, cieplnej, silnikowej i t. p. Operacje te mogą być nazwane obsługującemi.

W ten sposób dla wykonania zadań przeróbki mechanicznej, stosuje się następujące operacje:

I. Operacje zasadnicze.

(Operacje sortownicze).

1) Rozdzielanie (sortowanie) podług wielkości:
   a) suche — przesiewanie na sitach,
   b) mokre — osadzanie w wodzie,
   c) powietrzne — odwiewanie w powietrzu.

2) Rozluzowanie, czyli nadanie materjałom zwięzłym charakteru masy luźnej:
   a) ścieranie,

b) nagrzewanie i ochładzanie,
c) zwietrzanie,
d) rozdrabianie.

3) Wzbogacanie (sortowanie podług składu):
a) mechaniczne (i fizyko-chemiczne),
b) chemiczne 1) mokre — ługowanie,
2) suche — prażenie, destylacja.

4) Oddzielanie cieczy od ciał stałych:
a) odwadnianie,
b) zgęszczanie, klarowanie (oświetlanie wód),
c) osuszanie.

5) Oddzielanie pyłu.

6) Mieszanie:
a) materjałów sypkich między sobą,
b) materjałów sypkich z cieczami.

7) Kawałkowanie czyli złączenie ziarn mniejszych w kawałki większe:
a) brykietowanie (cegiełkowanie),
b) aglomerowanie.

II. Operacje pomocnicze.

1) Wyładowanie wózków i naczyń dostawczych.
2) Gromadzenie i tworzenie zapasów produktów.
3) Załadowanie na miejsca nagromadzenia produktów.
4) Wyładowanie z miejsc nagromadzenia produktów.
5) Transport materjałów.
6) Załadowanie wózków i naczyń odstawczych sortymentami (gatunkami) gotowemi.
7) Usuwanie odpadków przeróbki.

III. Operacje obsługujące.

1) Gospodarka wodna.
2) Gospodarka powietrzna.
3) Gospodarka cieplna.
4) Doprowadzenie energji,
5) Kontrola operacyj i rejestracja produktów.

Dla wykonania wszystkich tych operacyj służą odpowiednie przyrządy. Stosownie do podziału wszystkich operacyj na trzy grupy rozróżnia się przyrządy zasadnicze (wykonawcze, sortownicze), pomocnicze i obsługujące.

Zespół wszystkich przyrządów, umieszczonych w określonym porządku stosownie do zadań przeróbki w jednym lub kilku budynkach, stanowi zakład przeróbki mechanicznej, czyli sortownię. Sortownią, jednakże, częściej nazywa się taki zakład, w którym dokonywa się roz-

dzielanie materjałów na kilka gatunków podług jakiejkolwiek bądź cechy określonej. W innych przypadkach zakład otrzymuje nazwy poszczególne, zależnie od przeznaczenia lub charakteru operacji głównej, np. płóczka, młyn, kruszarnia, brykietownia, cementownia, cegielnia, koksownia, fabryka chemiczna, ługownia, amalgamownia i t. p.

Systemy przeróbki mechanicznej. Dla wykonania pewnego zadania przeróbki zwykle jakakolwiek jedna operacja bywa niedostateczną, lecz kilka różnych operacyj charakteru przygotowawczego, głównego oraz uzupełniającego łączą się ze sobą w pewnej kolejności odpowiednio do przyjętego systemu przeróbki. Systemy przeróbki, to znaczy sposoby połączenia operacyj, ustalają się podług określonych reguł, osnutych na prawach kierujących procesem przeróbki, oraz zasadach działania poszczególnych przyrządów. Stanowiąc ogólny bieg przeróbki, systemy w swym całokształcie uwarunkowane są ostatecznym celem przeróbki.

Cechę charakterystyczną procesów przeróbki mechanicznej wogóle, wzbogacania zaś w szczególe, stanowi nader ścisłe ich uzależnienie od naturalnych własności materjałów surowych. Ponieważ zaś te ostatnie mogą być, w zależności od charakteru mineralogicznego i petrograficznego ciała kopalnego, nieskończenie zmienne, nietylko w dwóch różnych złożach, lecz w różnych miejscach i częściach jednego i tegoż samego złoża, przeto proces przeróbki jakiegokolwiek bądź ciała kopalnego, a zwłaszcza rudy w każdej poszczególnej sortowni, ma zawsze charakter specyficzny, co się odzwierciadla w rozmaitej konstrukcji przyrządów sortowniczych, w rozmaitem ich uregulowaniu oraz rozmaitych sposobach połączenia ze sobą różnych operacyj, czyli — w różnych systemach przeróbki. Wskutek tego prawie nie istnieją dwa zupełnie jednostajne zakłady sortownicze, przerabiające jedną i tęż samą rudę. Okoliczność ta nadaje szczególne znaczenie doświadczeniom i badaniom wstępnym sposobów przeróbki i sortowania danego ciała kopalnego, wykonywanym naprzód w laboratorjum i specjalnych stacjach doświadczalnych, później (w wypadkach trudniejszych) w tymczasowo urządzonych zakładach jako próbnych i tylko na zasadzie wyników, osiągniętych przez te badania może być ustalony ostatecznie system racjonalny, jak również — opracowane wszystkie szczegóły systemu.

Oprócz tego system przeróbki w znacznym stopniu zależy od całokształtu warunków ekonomicznych, towarzyszących zadaniom przeróbki, łącznie z nieuniknionemi stratami minerałów użytecznych, zachodzącemi w procesach przeróbczych, zwłaszcza przy sortowaniu podług składu, czyli wzbogacaniu. Straty te, spowodowane przez różne przyczyny, polegają na rozpylaniu i oszlamowaniu pewnej części minerałów użytecznych lub w niedokładnem rozdzielaniu minerałów. Systemy przeróbki, mając na uwadze możliwe ograniczenie powstawania różno-

rodnych strat, nie mają wszakże na celu ich całkowitego uniknięcia, lecz otrzymanie produktów rynkowych jakościowo i ilościowo w warunkach ekonomicznie najkorzystniejszych, co niezawsze odpowiada osiągnięciu najmniejszych strat. Oczywiście, kryterjum największej zyskowności przedsiębiorstwa staje w ten sposób w kolizji z postulatem ochrony bogactw. Tutaj więc technika przeróbki we wszystkich swych działach, a więc i system przeróbki powinien wytworzyć godziwy kompromis.

Systemy przeróbki wreszcie w bardzo znacznym stopniu zależą od wyglądu i stanu, w jakim materjały surowe są wydobyte na kopalni, to znaczy, od wielkości kawałków, ich kształtu, stopnia zwięzłości, wilgoci, domieszki miału, pyłu, szlamu i t. p. Charakter materjału surowego pod tym względem, niezależnie od jego własności naturalnych, zależy od systemu odbudowy złoża i rodzaju robót górniczych, t. j. sposobów urabiania skał, stosowanych w kopalni. Eksploatacja złoża, jako całokształt wszystkich operacyj podziemnych — odbudowy oraz fabrycznych — przeróbki, ma jeden cel wspólny: dostarczyć na rynek produkty, odpowiadające wszystkim wymaganiom spożywców kosztem najtańszym. W wykonaniu tego zadania sortownia i kopalnia (dół) przyjmują udział wspólny. Wogóle, przy organizowaniu robót górniczych dla odbudowy złoża nie należy uwzględniać jedynie postulatów górnictwa właściwego, mających na celu całkowitą i ciągłą odbudowę złoża, nie troszcząc się jednocześnie o charakter otrzymywanego produktu surowego oraz obarczając całkowicie sortownię zadaniem uszlachetnienia materjałów surowych i nadania im postaci wygodnej dla konsumentów. Część tej pracy winna przyjąć na siebie kopalnia, w wyniku czego może nastąpić odstąpienie od systematycznego biegu robót górniczych, przy zachowaniu jedynie zasadniczych prawideł bezpieczeństwa robót górniczych.

Naprzykład, przy zastosowaniu płókania do kruchych węgli kamiennych celem oczyszczenia ich od skały płonnej, zwykle tworzy się olbrzymia ilość szlamów węglowych, co zawsze stanowi okoliczność nader obciążającą przedsiębiorstwo oraz koszta własne produktów. W tym przypadku, niezależnie od środków zapobiegawczych, przedsięwziętych wewnątrz płóczki, dół może przyjść z pomocą przez stosowną reorganizację robót górniczych, np. przez zastosowanie maszynowego urabiania skał, przez zastosowanie takiego systemu odbudowy, przy którym ilość robót przygotowawczych może być znacznie zmniejszona, przez pozostawianie niewybranemi pól o bardzo kruchym, pogniecionym węglu: na siodłach i w nieckach ostrego ufałdowania, przy uskokach, w pobliżu wychodów, w filarach rozgnieconych ciśnieniem, i t. p. Przy tych zarządzeniach na dole może znacznie zmniejszyć się w urobku surowym ilość miału i pyłu węglowego, a łącznie z tem, mniejsze będą straty i w płóczce. Na kopalniach rudy zwykle już w przodkach wykonywa się ręczne sortownie urobku podług wielkości i składu z osob-

nem załadowaniem do wozów rudy zupełnie czystej, rudy bogatej, ubogiej, grubej i miałkiej, przez co w znacznym stopniu ułatwia się i upraszcza praca w sortowni i system przeróbki.

Ze swej strony i sortownia nie powinna stawiać wygórowanych żądań kopalni, jako dostawcy materjału surowego, bo wszakże przeróbka i uszlachetnienie surowców jest jej zadaniem specyficznem. W niektórych nawet wypadkach, przeciwnie, może zakład przeróbki przejąć znaczną część pracy, zwykle wykonywanej na dole, zwalniając kopalnię od trosk nieustannych w zachowaniu należytej czystości urobku, dozwalając prowadzić odbudowę złoża na czysto, bez obawy o zanieczyszczenie urobku przez skały płonne, przylegające w stropie i spągu złoża i t. d. Wreszcie, na dużych kopalniach rudy żelaznej, eksploatowanych odkrywką, kamieniołomach wapienia i t. p., zakłady przeróbcze, wyposażone w olbrzymie, a mocne maszyny rozdrabiające, w znacznej mierze dopomagają pracy urabiania skał materjałami wybuchowemi: przy wierceniu głębokich otworów strzelniczych o znacznej średnicy i mocnych ładunkach urobek otrzymuje się w olbrzymich bryłach wielkości do 1—2 m, które bezpośrednio kierują się do zakładu przeróbki i rozdrabiają się w kruszarkach-łamaczach olbrzymach (typu Mamouth), podczas gdy w zwykłych warunkach roboty górnicze rozkruszają skały na kawałki o średnicy nie większej nad stopę (30 cm).

Oczywiście, że granica, rozdzielająca zadania kopalni i zakładu przeróbki, zależy od wszystkich warunków ekonomicznych eksploatacji i w każdym przypadku poszczególnym może wypaść inaczej. Określenie tej granicy stanowi zadanie zasadnicze inżyniera górniczego, zakładającego na danem złożu nowe przedsiębiorstwo górnicze, gdyż od rozwiązania tego zadania zależy zarówno system przeróbki w zakładzie, jak też organizacja robót w kopalni.

Określenie systemu przeróbki jest pierwszym krokiem przy projektowaniu sortowni. Jak to wypływa z poprzedniego, kwestja ta uwarunkowana jest mnóstwem nader różnolitych okoliczności. Wybór racjonalnego systemu przeróbki przy danych warunkach stanowi najbardziej trudne i odpowiedzialne zadanie, które winien przy założeniu sortowni rozstrzygnąć inżynier-specjalista z przeróbki mechanicznej, gdyż od pomyślnego rozwiązania tego zasadniczego zadania może zależeć sukces ekonomiczny całego przedsiębiorstwa.

Podział kursu. Stosownie do powyższego kurs ogólny przeróbki mechanicznej dzieli się na trzy części. Część I-sza traktuje kolejno o wszystkich operacjach przeróbki mechanicznej: zasadniczych, pomocniczych i obsługujących: przytem omawiane są prawa zasadnicze, kierujące operacjami przeróbki, wypadki ich stosowania oraz podają się główne typy przyrządów (maszyn) sortowniczych. Część ta nosi tytuł: Operacje przeróbki mechanicznej. W części II-giej wyłożone są zasady połączenia operacyj w systemy, zasady ekonomiczne

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
W KRAKOWIE
BIBLIOTEKA

prawidłowego ułożenia systemu oraz łączność robót górniczych z systemem przeróbki w zakładzie. Zawierając w sobie naukę o systemach, czyli teorję ogólną sortownictwa (przeróbki mechanicznej), część II nosi tytuł: Systemy przeróbki. Wreszcie w części ostatniej III-ej podane są przykłady zakładów przeróbczych, czyli sortowni. Na tych przykładach demonstruje się zastosowanie zasad, podanych w pierwszych dwóch częściach, oraz wskazuje się poszczególne odmiany systemów i zakładów dla przeróbki najbardziej typowych minerałów użytecznych: rud żelaza, miedzi, ołowiu i cynku, złota i platyny, węgli kamiennych różnych typów i soli. Część ta nosi tytuł: sortownie.

CZĘŚĆ PIERWSZA.

OPERACJE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ.

A. Operacje zasadnicze.

ROZDZIAŁ I.

Rozdzielanie podług wielkości.

Określenia. Operacja rozdzielania podług wielkości może mieć charakter operacji głównej i pomocniczej. W pierwszym przypadku wytwarza ona produkty ostateczne, gotowe, mające wartość rynkową, czyli sortymenty i nazywa się wówczas sortowaniem podług wielkości. W drugim przypadku operacja przygotowuje materjał surowy dla jakichkolwiek bądź następujących po niej drugich operacyj, nie wytwarza więc sortymentów rynkowych, lecz pewne produkty przejściowe i nazywa się wówczas klasyfikacją, produkty zaś wytworzone nazywają się klasami.

Rozdzielanie podług wielkości może być wykonane trzema sposobami:

1) zapomocą przesiewania na sitach,
2) przez osadzanie w wodzie,
3) przez wianie powietrzem.

Stosownie do tego odróżniamy:

1) Sortowanie suche (klasyfikacja sucha — na sitach),
2) Sortowanie mokre (klasyfikacja mokra),
3) Sortowanie powietrzne (klasyfikacja powietrzna).

Sortowanie suche stosuje się do kawałków grubych (250 do 50)[1]) średnich (50—10) i ziarn drobnych, wszakże nie mniejszych od 2—1 mm, w przypadkach wyjątkowych, do ziarn bardzo miałkich, 0,05 mm. Sortowanie mokre stosuje się przeważnie do ziarn drobnych: piasków (2—0,5) i iłów (<0,5) w przypadkach wyjątkowych, do ziarn większych, np. 10 mm. Sortowanie powietrzne stosuje się wyłącznie do drobnych piasków <1 mm i materjału o charakterze pyłu.

[1]) Liczby, określające wymiary kawałków i ziarn a podane bez oznaczenia jednostki miary, będą nadal oznaczać milimetry.

§ 1. Przesiewanie czyli sortowanie suche (klasyfikacja sucha).

(Scizing, screening. Klassierung, Klassierung durch Siebe. Criblage tromlage. Грохочение, сухая сортировка, сухая классификация).

1. Zastosowanie. Sortowanie suche może mieć charakter operacji: *a)* głównej, *b)* pomocniczej i *c)* uzupełniającej.

A. Jako operacja g ł ó w n a sortowanie suche znajduje zastosowanie w wielu przypadkach przeróbki mechanicznej. R u d y ż e l a z a sortują zwykle na r u d ę g r u b ą (kostkę) i d r o b n ą lub m i a ł, przyczem miał niewygodny do przetapiania w wielkich piecach, stanowi o d p a d y lub ulega cegiełkowaniu. R u d y m i e d z i, stosownie do sposobów przetapiania w piecach szybowych i sklepieniowatych (regeneratywnych) sortują zwykle na dwa sortymenty: k o s t k ę (rudę szybową) 250—50 i rudę d r o b n ą (regeneratywną) 25—0; czasami od tej ostatniej odsiewają (jeszcze) m i a ł 5—0, który cegiełkują lub spiekają w kawałki niekształtne dla zużycia w piecach szybowych.

Największe zastosowanie znajduje sortowanie suche na kopalniach w ę g l a k a m i e n n e g o. Sortymenty grube najmniej ulegają zwietrzeniu i przechowują się najdłużej na składach. Sortymenty drobniejsze, mając większą powierzchnię w jednostce objętości, odpowiednio więcej wchłaniają wilgoci i więcej też zawierają domieszek ciał obcych. Wreszcie, miał węglowy jest niewygodnym do spalania na rusztach pod kotłami i często wskutek znacznej zawartości popiołu nie znajduje zupełnie zastosowania. Stosownie do tego wartość cieplikowa węgli kamiennych zmniejsza się od sortymentów grubych ku drobnym, i w tym samym porządku powiększają się trudności całkowitego wyzyskania ciepłoty spalania. Tem jest uwarunkowana różnica cen różnych sortymentów węgli kamiennych i zwykle ceny zmniejszają się od sortymentów grubszych idąc ku drobnym aż do, czasami zupełnie bezwartościowych, miału i pyłu węglowego. Dlatego też nawet na kopalniach najprymitywniejszych zwykle wykonywa się w przodkach sortowanie suche w postaci najprostszej przez górników i ładowaczy, którzy załadowują do wozów jedynie węgiel najbardziej wartościowy >50 mm, podczas gdy węgiel drobny pozostaje na dole.

Rynek w większości przypadków wymaga nadzwyczaj rozmaitych sortymentów. Natomiast w przygotowaniu znacznej ilości różnych sortymentów często stoją na przeszkodzie własności węgli kamiennych. Im bardziej są one kruche, tem mniej celowe staje się dokładne sortowanie, gdyż kawałki gatunków sortowanych łatwo się kruszą na kawałki drobniejsze już w przyrządach sortowniczych, a zwłaszcza przy ładowaniu do wozów odstawczych, sprowadzając niemal do zera całe znaczenie uprzedniego sortowania. Przeciwnie, im twardszy jest węgiel, tem dokładniej może być rozsortowanym urobek surowy na mnóstwo sortymentów. Tak więc:

W Pensylwanji (Am. Półn.) tak zwane „miękkie“ węgle kamienne bardzo często sortują tylko na dwa sortymenty lub najwyżej na trzy: gruby (lump) > 150, kostkę (brocken) 150—50 i miał (culm) < 50.

Bardziej twarde węgle południowo-rosyjskie, jednak dość kruche, sortują na cztery do pięć sortymentów:

I. Gruby > 60	na kopalni Jasinowskiej	I. Gruby	(штучный)	150—65	na kopalniach Rykowskich
II. Orzech I. 60—20		II. Kostka	(кулачник)	65—45	
III. Orzech II. 20—5		III. Orzech I.	(орешник I)	45—12	
IV. Miał 5—0		IV. Orzech II.	(орешник II)	12—6	
		V. Miał	(мелочь)	6—0	

Twarde węgle dąbrowskie i górnośląskie sortuje się na 5—9 sortymentów, naprzykład:

I. Gruby (Stückkohle) > 150	
II. Kostka I. (Würfel-, Knabelkohle)	150—100
III. Kostka II. („ „)	100—60
IV. Orzech I. (Nusskohle I)	60—40
V. Orzech II. („ II)	40—25
VI. Orzech III. lub Orzeszek (Nusskohle III)	25—10
VII. Miał (Feinkohle)	10—0
VIII. Pospółka	100—0 60—0.

Ponadto, miał na niektórych kopalniach górnośląskich sortuje się jeszcze na trzy sortymenty:

VII. Groszek (Perl-, Erbskohle)	10—4
VIII. Grysik (Nuss-Griess)	4—2
IX. Pył (Staub)	2—0.

Wreszcie najtwardsze antracyty sortują na 9—20 sortymentów. Naprzykład, na kopalniach antracytu w Zagłębiu Donieckiem na południu Rosji przygotowują 11 sortymentów:

I. Płyty wyborowe (плитный отборный)		
II. Gruby niesortowany (крупный рядовой)		
III. Babski węgiel (бабий)	> 3″	> 76
IV. Orzech I. (орешник I)	3″—2″	76—51
V. Orzech II. (» » II)	2″—$1\frac{1}{4}$″	51—32
VI. Orzech III. (» » III)	$1\frac{1}{4}$″—1″	32—25
VII. Noworosyjski (Новороссийский)	1″—$\frac{3}{4}$″	25—19
VIII. Ziarnko I. (семячко I)	$\frac{3}{4}$″—$\frac{1}{2}$″	19—13
IX. Ziarnko II. (» » II)	$\frac{1}{2}$″—$\frac{3}{8}$″	13—10
X. Ząbek (зубок)	$\frac{3}{8}$″—$\frac{1}{4}$″	10—6,5
XI. Miał (мелочь)	$\frac{1}{4}$″—0	6,5—0

W Pensylwanji na kopalni antracytu Nanticoke przygotowują 14 następujących sortymentów:

I. Gruby (lump)	>7″	>178
II. Okrętowy (steamboat)	7″—3½″	178—89
III. Kostka (brocken)	3½—2¾″	89—70
IV. Jajko (egg)	2¾″—2″	70—51
V. Piecowy (stove)	2″—1⅜	51—35
VI. Pospółka	2¾″—¾″	70—19
VII. Orzech (chestnut)	1⅜″—¾″	35—19
VIII. Groszek (pea)	¾″—½″	19—13
IX. Grysik w I (bucwheat I)	½″—¼″	13—6,5
X. Oczko ptasie (birdseye)	¼″—3/16″	6,5—4,75
XI. Grysik II (buckwheat II)	3/16″—⅛″	4,75—3,2
XII. Grysik III („ III)	⅛″—3/32″	3,2—2,4
XIII. Ryż (rice) . . . . . otw. okr.	3/16″—kwadr. ⅛″	4,75—3,2
XIV. Pył (culm)	3/32″—0	2,4—0.

B. W operacjach, mających charakter pomocniczy, t. j. przy klasyfikacji ilość i granice produktów przesiewania, czyli klas uzależnione są od warunków osiągnięcia najlepszych wyników w następujących po nich operacjach zasadniczych.

Jeżeli, naprzykład, materjał surowy w kawałkach 250—0 ma być zmielony do bardzo drobnych ziarnek 0,4—0 (naprzykład rudy złota w procesach cyankowania, rudy miedzi w procesach flotacji i t. p.), wówczas rozdrabianie przeprowadzają w kilku okresach, czyli stadjach lub ujęciach, stosując w każdem ujęciu różne sposoby rozdrabiania i różne przyrządy (kruszarki), działające na różnych zasadach, zależnie od wielkości kawałków; przytem skala rozdrabiania w każdem ujęciu, czyli stosunek średnicy największych kawałków, idących na rozdrabianie, do średnicy największych kawałków, wychodzących po rozdrobieniu, ze względu na własności mechaniczne kruszarek, nie powinna przekraczać liczby 5. Dlatego więc materjał surowy klasyfikuje się uprzednio na kilka klas z zachowaniem pomiędzy średnicami otworów kolejnych sit stałego stosunku 5, i otrzymuje się klasy:

I. 250—50, **II.** 50—10, **III.** 10—2, **IV.** 2—0,4 i **V.** 0,4—0.

Następnie, klasa **I.** ulega w pierwszem ujęciu rozdrobieniu do 50—0 i po rozdrobieniu klasyfikuje się znowu, lecz tym razem już na 4 klasy:

II′ 50—10, **III′** 10—2, **IV′** 2—0,4, **V′** 0,4—0.

Równoznaczne klasy wyższe **II** i **II′** łączą się ze sobą i wspólnie ulegają w drugiem ujęciu rozdrobieniu do 10—0. Produkt zmielony ponownie klasyfikuje się na 3 klasy:

III″ 10—2, **IV″** 2—0,4, **V″** 0,4—0,

i t. d., zanim w ostatniem ujęciu rozdrabiania nie zostanie otrzymany materjał w ziarnkach 0,4—0, który łączy się z wszystkiemi niższemi klasami poprzednich klasyfikacyj w jeden wspólny produkt ostateczny 0,4—0.

Przesiewanie w przytoczonym przykładzie nazywa się klasyfikacją lub sortowaniem pomocniczem dla rozdrabiania.

Stosunek średnicy większego otworu sita do średnicy mniejszego otworu kolejnego sita nazywa się skalą klasyfikacji. W przytoczonym przykładzie skala klasyfikacji jest liczbą stałą i średnice otworów kolejnych sit stanowią szereg geometryczny. Jednak skala klasyfikacji może być zmienna zależnie od charakteru rudy oraz mechanicznych własności różnych kruszarek. Często właśnie spotykamy w praktyce, że skala klasyfikacji zwiększa się w niższych ujęciach rozdrabiania, naprzykład:

średnice	100:20:2:0,1
skala	5 10 20.

Najbardziej typowym przykładem zastosowania klasyfikacji suchej jest sortowanie przygotowawcze dla operacji wzbogacania podług różnicy w ciężarach gatunkowych, czyli płókania. Często też nazwa klasyfikacja sucha oznacza właśnie sortowanie przygotowawcze na sitach, poprzedzające płókanie kruszców i węgli. Skala klasyfikacji w przypadku tym na zasadzie rozumowań teoretycznych winna być liczbą stałą [1]), a zatem średnice otworów kolejnych sit winny tworzyć ubywający szereg geometryczny. Dla zwykłych rud PbS, ZnS, $CuFeS_2$ z kwarcem Rittinger przyjmuje skalę klasyfikacji równą $\sqrt{2} = 1{,}4$. Średnice otworów sit podług Rittingera winny być zatem, naprzykład, następujące: 64:45,2:32:22,6:16:11,3:8:5,7:4:2,8:2:1,4:1:0,71:0,50 mm. Dla węgli kamiennych skala klasyfikacji zwykle jest 2, i średnice otworów są: 80:40:20:10:5:2,5. Jednakże w praktyce skala klasyfikacji nie zawsze jest liczbą stałą i często spotykamy odchylenia od wymagań teoretycznych. Odchylenia te mogą być powodowane: dążeniem do zaokrąglenia średnicy otworów z uwagą na istniejące kalibry (typy) sit, koniecznością równomiernego rozdzielenia materjału na przyrządy płóczkowe; dążeniem do uproszczenia przebiegu ogólnego przeróbki; bezcelowością dokładnej klasyfikacji materjałów kruchych (np. miękkich węgli kamiennych); lub wreszcie dążeniem do zmniejszenia tworzenia się szlamów wskutek nieuniknionego przecierania się rudy na sitach i przez to — do zmniejszenia strat, połączonych z płókaniem kruchych, lecz wartościowych minerałów, jak np. chalkopirytu ze złotem błyszczu molibdenu i t. p.

Odchylenia od wymagań teoretycznych mogą się zdarzać jak w kierunku zwężenia, tak też w kierunku rozszerzenia skali klasyfikacji. Na-

[1]) Patrz Rozdział III, § 6, t. II-gi.

przykład, na Górnym Śląsku na kopalni „Wilhelmsglück-Grube“ dla płókania rudy PbS/ZnS (Ca, Mg) CO_3, przyrządzają 11 klas:

Klasa	I.	30 —22	mm	skala:	1,6
„	II.	22 —15	„	„	1,46
„	III.	15 —12	„	„	1,25
„	IV.	12 —10	„	„	1,20
„	V.	10 —8	„	„	1,25
„	VI.	8 —6	„	„	1,33
„	VII.	6 —4,5	„	„	1,33
„	VIII.	4,5—3,5	„	„	1,30
„	IX.	3,5—2,5	„	„	1,40
„	X.	2,5—1,5	„	„	1,67
„	XI.	1,5—0	„	„	—

$< \sqrt{2}$

W tym przykładzie średnice zostały dobrane podług wydajności maszyn płóczkowych przy znacznej wydajności ogólnej płóczki (500 ton rudy surowej dziennie) oraz zaokrąglone stosownie do istniejących normalnych typów sit. Wskutek tego naogół skala klasyfikacji jest mniejsza od teoretycznej.

Na Uralu zaś, na kopalniach Koziełł-Poklewskiego (Благодатный рудник) chalkopirytu złotonośnego w kwarcu przyrządzano zaledwie pięć klas:

Klasa	I.	20—13	skala:	1,54
„	II.	13—8	„	1,62
„	III.	8—5	„	1,6
„	IV.	5—2	„	2,5
„	V.	2—0	„	—

Rozszerzenie skali klasyfikacji w tym przykładzie było spowodowane kruchością wartościowych chalkopirytów, jak również nieznaczną ogólną wydajnością płóczki (80 ton rudy surowej dziennie), niewystarczającej dla załadowania większej ilości maszyn płóczkowych.

Na kopalniach rudy cynkowej „Nowa Helena“, „Biały Szarlej“, „Brzozowice“ na Górnym Śląsku przyrządzają następujące klasy, przy skali klasyfikacji:

„Nowa Helena“			„Biały Szarlej“			„Brzozowice“		
I.	65—45	1,44	I.	100 —45	2,22	60—45	1,33	$> \sqrt{2}$
II.	45—25	1,80	II.	45 —28	1,6	45—25	1,8	
III.	25—15	1,67	III.	28 —20	1,4	25—16	1,6	
IV.	15—10	1,5	IV.	20 —14	1,43	16—11	1,48	$= \sqrt{2}$
V.	10—6	1,67	V.	14 —10	1,4	11—8	1,37	$< \sqrt{2}$
VI.	6—4	1,5	VI.	10 —7	1,43	8—6	1,31	
VII.	4—2	2	VII.	7 —5	1,4	6—4	1,50	$> \sqrt{2}$
VIII.	2—1	2	VIII.	5 —3,5	1,43	4—2	1,50	
			IX.	3,5—2,5	1,4	2—1	2	
			X.	2,5—1,5	1,66			

$> \sqrt{2}$ $= \sqrt{2}$

C. Sortowanie suche o charakterze operacji uzupełniającej często stosuje się po rozdrabianiu. Jeśli, naprzykład, zadaniem rozdrabiania jest przygotowanie produktu w kawałkach, nieprzekraczających określonej wielkości, np. 25 mm, wówczas po rozdrobieniu w odpowiednio uregulowanej kruszarce przesiewają materjał przez sito z otworami tegoż samego wymiaru, przyczem w produkcie rozdrobionym zawsze znajduje się zależnie od typu kruszarki, jej uregulowaniu i charakteru materjału surowego, pewna ilość ziarn grubszych, które nie przejdą przez sito. Materjał pozostały na sicie, tak zwane „nadziarno" (Uberkorn, over-size, избыточное зерно) ulega ponownie rozdrabianiu zwykle w tej samej kruszarce, i, w ślad za tem, ponownemu przesiewaniu, na tem samem sicie dopóty, dopóki w całości nie przejdzie przez jego otwory. Sortowanie na sicie w tym przypadku nazywa się uzupełniającem lub poprawczem.

2. Proces przesiewania. W procesie przesiewania na jednem sicie o otworach średnicy d mm zawsze otrzymują się dwa sortymenty: na sicie, grubszy lub wyższy (górny) sortyment $>$ d mm (over-size) i pod sitem drobniejszy lub niższy (dolny) sortyment d—0 (under-size). Jeżeli należy przygotować więcej niż dwa sortymenty, stosują wielokrotne przesiewanie na kilku sitach, przyczem przy użyciu n sit otrzymuje się zawsze $(n+1)$ sortymentów.

Porządek wielokrotnego przesiewania może być dwojaki:

1) naprzód otrzymuje się sortymenty grubsze, później — drobniejsze, albo

2) naprzód otrzymuje się sortymenty drobne, później — grubsze.

W pierwszym przypadku kolejne sita posiadają stopniowo zmniejszające się średnice otworów, przyczem na każdem sicie poszczególnem otrzymuje się gotowy sortyment grubszy, drobniejszy zaś, zawierający mieszaninę sortymentów pozostałych, stanowi produkt przejściowy i postępuje na sito następne. Operacja ta powtarza się na każdem sicie następnem tak długo, dopóki na sicie ostatniem nie zostaną otrzymane dwa ostatnie sortymenty najdrobniejsze.

W drugim przypadku kolejne sita posiadają stopniowo zwiększające się otwory, na każdem zaś sicie poszczególnem otrzymuje się gotowy sortyment drobniejszy, a grubszy, zawierając mieszaninę pozostałych sortymentów wyższych, stanowi produkt przejściowy i postępuje na sito następne. Operacja ta powtarza się na każdem sicie następnem tak długo, dopóki na sicie ostatniem nie zostaną otrzymane dwa ostatnie sortymenty grubsze.

Pierwszy sposób daje bardziej dokładne wyniki sortowania, gdyż łatwiej jest z mieszaniny niesortowanej oddzielić na czysto sortyment grubszy, niż drobniejszy.

Dlatego też sposób ten stosuje się w tych przypadkach, gdy zachodzi konieczność przeprowadzenia nadzwyczaj dokładnego rozsorto-

wania, np. przy klasyfikacji poprzedzającej płókanie, lub gdy sortowanie dokładne wogóle możliwe jest do wykonania, to znaczy, przy przeróbce twardych rud kwarcowych, twardego węgla kamiennego, antracytu i t. p.

Drugi sposób, posiadając pewne zalety charakteru konstrukcyjnego, stosuje się w przypadkach odwrotnych, a więc przy sortowaniu lub klasyfikacji kruchych węgli kamiennych, sortowaniu pomocniczem dla rozdrabiania, i w innych przypadkach, gdy dokładne sortowanie nie jest wymagane lub jest niemożliwe do przeprowadzenia.

Przesiewanie wielokrotne może być wykonane jako szereg niezależnych operacyj na osobnych przyrządach prostych, składających się z jednego sita lub jako jedna operacja w jednym przyrządzie złożonym, składającym się z kilku sit odpowiednio zgrupowanych. W tym ostatnim przypadku dla sortowania podług pierwszego sposobu sita z otworami o stopniowo zmniejszających się średnicach mieszczą się jedno pod drugiem, dla sortowania podług drugiego sposobu sita z otworami o stopniowo zwiększających się średnicach tworzą jedną wspólną powierzchnię.

W niektórych przypadkach, gdy sortowanie lub klasyfikacja sucha na sitach poprzedza operacje, dokonywane przy udziale wody (mokre mielenie, płókanie), zwłaszcza przy przesiewaniu sortymentów bardzo drobnych, takie sortowanie dokonywa się przy jednoczesnym dopływie wody na sito. Sortowanie podług wielkości w tym przypadku nazywa się jednak suchem, dla wyróżnienia tej okoliczności, że woda w procesie rozdzielania, w przeciwieństwie do właściwych mokrych sposobów sortowania nie jest głównym czynnikiem sortującym, lecz odgrywa rolę tylko pomocniczą, ułatwiając ziarnom przesiewanie się przez otwory, zupełnie tak samo, jak czyni to, naprzykład, ruch mechanizmu wstrząsającego sito.

3. Przyrządy. Główną częścią składową każdego przyrządu, służącego do przesiewania, stanowi sito.

Sito może mieć postać:

1) rusztów, ułożonych równolegle do siebie w pewnych odstępach,

2) blachy dziurkowanej,

3) siatki splecionej z drutów.

Sito może mieć kształt:

1) płaskiego prostokąta: *a)* pochylonego, lub *b)* poziomego,

2) bębna *a)* walcowego lub pryzmatycznego, o nieco pochylonej osi, albo *b)* w postaci stożka ściętego lub ostrosłupa ściętego o słabym kącie stożkowatości o osi poziomej, wreszcie

3) taśmy bez końca, obejmującej dwa walce poziome.

Sito pojedyńcze w przyrządach prostych, lub zespół sit w przyrządach złożonych (przy przesiewaniu wielokrotnem), umieszcza się w skrzyni lub przymocowuje się do ramy dostosowanej do ich kształtu. Sita umieszczone w skrzyni lub obramowane nazywają się rzeszotem [1]).

Rzeszota są ustawiane na fundamentach kamiennych, betonowych, drewnianych lub żelaznych, w tym celu mogą być zużytkowane fundamenty ściany lub obelkowania ogólne budynku sortowni, lub też winno być specjalnie zbudowane rusztowanie belkowe, albo odlana rama specjalnej konstrukcji.

Rzeszota przymocowuje się do fundamentów, albo:

1) nieruchomo, zwykle przy sitach płaskich i wówczas sortowanie na sitach zachodzi jedynie pod wpływem siły żywej raptownie załadowanego materjału i czasami przy pomocy ręcznego posuwania materjału gracami po powierzchni sita — albo

2) zapomocą specjalnych łączników, pozwalających na nadanie rzeszotom od specjalnego mechanizmu:

a) ruchu wahadłowego, wstrząsającego, przeważnie przy sitach płaskich,

b) ruchu obrotowego, przeważnie przy sitach bębnowych,

c) ruchu posuwistego przy sitach taśmowych, ułatwiającego przesiewanie drobnych sortymentów i nieprzerwalne usuwanie z powierzchni sit sortymentów grubszych.

Całość składająca się z sit obramowanych, czyli z rzeszota, fundamentów, łączników i mechanizmu uruchamiającego, stanowi przyrząd przesiewający, który nazywa się przesiewaczem.

Stosownie do opisu ogólnego możemy wszystkie typy przesiewaczy ułożyć w następującej tabelce:

Podług ruchu		Podług kształtu sita		Podług rodzaju sita
Przesiewacze: Nieruchome.		Płaskie: pochyłe, poziome		Rusztowe.
Ruchome: wahadłowe, wstrząsające, obrotowe		Bębnowe: walcowe, graniastosłup., stożkowe, ostrosłupowe		Dziurkowane.
Ruchome: posuwiste		Taśmowe.		Plecione.

[1]) W mowie potocznej sito i rzeszoto są synonimem i oznaczają obramowaną powierzchnię przesiewającą (patrz słownik Arcta). W technice sortowniczej zachodzi konieczność odróżnienia samej powierzchni przesiewającej od powierzchni obramowanej lub umieszczonej w skrzyni. Dlatego też wprowadzamy różnicę pojęć sita i rzeszota, która dotąd w praktyce i piśmiennictwie technicznem nie jest ustalona, powodując pomieszanie pojęć i nieporozumienia.

Z tabelki tej wynika, że przesiewacze nieruchome mogą być tylko płaskie, podczas gdy przesiewacze ruchome — typów dowolnych [1]).

Przesiewacze nieruchome płaskie, najczęściej złożone są z rusztów ułożonych w kierunku podłużnym (Grizzly. Rost. Колосники) chociaż bywają i z blachy dziurkowanej. Zwykle są ustawiane ze znacznem nachyleniem 40—45° tak, że przesiewanie dokonywa się wskutek siły żywej raptownie załadowanego materjału (rys. 1). Dokładność sortowania nie jest znaczna, wobec czego, jako przyrządy najprostsze, stosowane są zwykle na kopalniach prymitywnych o nieznacznej wydajności, lecz również są używane i na dużych kopalniach węgla miękkiego w Ameryce, gdy nie chodzi o dokładne sortowanie. Na kopalniach rudy przesiewacze nieruchome służą zwykle dla sortowania pomocniczego w pierwszych ujęciach rozdrabiania. Przy małej ogólnej wydajności sortowni używają się czasami ruszta poziome.

Wymiary powierzchni rusztów zwykle wyznacza się z uwagi na to, by cała ilość materjału, naraz załadowanego (np. z wózka kopalnianego), była rozmieszczona na całej powierzchni w warstwę o grubości równej wielkości największych kawałków, odliczając z tego pewną odsetkę na tę część, która może odrazu przy załadowaniu przejść przez ruszta. Zwykle szerokość $B = 1{,}5—2{,}5$ m. czasami do 5 m; długość $L = 2—3{,}5$ m.

Przesiewacze ruchome dzielą się przedewszystkiem podług kształtu sita na trzy grupy: 1) płaskie, 2) bębnowe i 3) taśmowe.

I. Przesiewacze ruchome płaskie. (Screens. Plansiebe. Crible) mogą być przedewszystkiem podzielone na pochyłe z kątem nachylenia 4—18° oraz poziome. Materjał załadowuje się na górną stronę sita z jednej krawędzi, następnie w czasie procesu przesiewania stopniowo posuwa się w kierunku do krawędzi przeciwległej, skąd wychodzi już jako sortyment grubszy. Kierunek w którym materjał posuwa się na sicie, nazywa się podłużnym (lub długością), kierunek prostopadły do niego nazywa się poprzecznym (lub szerokością sita). Ta krawędź sita, przy której materjał załadowuje się, nazywa się tylną, przeciwległa zaś do niej, z której usuwa się grubszy sortyment, nazywa się przednią. W sitach pochyłych, długość sita (albo kierunek podłużny) odpowiada kierunkowi największego pochylenia, tylną krawędzią jest górna, przednią zaś dolna.

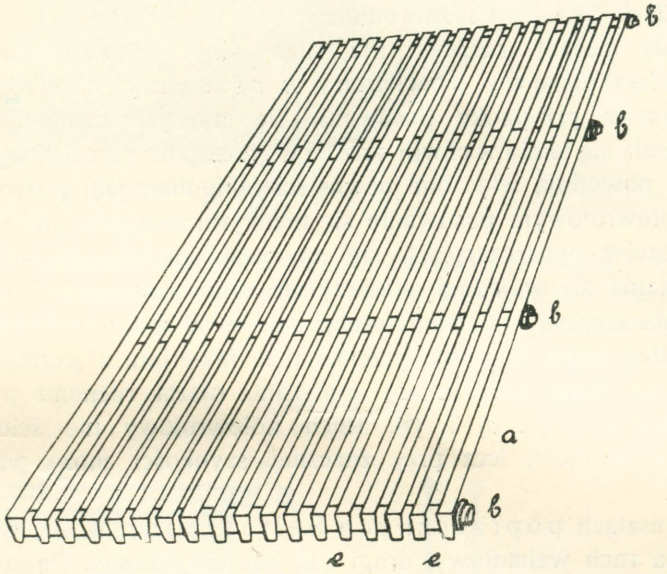
---

[1]) Terminologja:

polska	Przesiewacze	Sito
angielska	Screens	Sieve [1]), perforated plate [2])
francuska	Cribles	Tôle perforé, tamis à mailles [2])
niemiecka	Rätter	Sieb
rosyjska	Грохота	Решето

[1]) Nazwa ogólna.
[2]) Nazwa specjalna.

W przesiewaczach pochyłych kąt nachylenia sit jest wszakże za małym, żeby materjał załadowany mógł samoczynnie przesuwać się po jego powierzchni. Zadanie to wykonywa mechanizm poruszający, nachylenie zaś sita tylko ułatwia posuwanie się w kierunku podłużnym (naprzód). W przesiewaczach poziomych zadanie to całkowicie przypada na mechanizm poruszający, wskutek czego jest on bardziej skomplikowany. Pomimo to przesiewacze poziome, zajmując na wysokość mniej miejsca, znajdują czasami dobre zastosowanie w niskich pomieszczeniach lub gdy przy projektowaniu rozchodzi się o możliwe zmniejszeníe całej wysokości budynku sortowni.



Rys. 1. Przesiewacz rusztowy nieruchomy dla rud. *a* — ruszta o przekroju trapezowym zwężające się ku dołowi, *b* — bolce sprzęgające ruszta pomiędzy sobą, *e* — pierścienie dla zachowania odstępów pomiędzy rusztami.

Podług rodzaju sita przesiewacze ruchome płaskie dzielą się na: *a)* rusztowe i *b)* dziurkowane. Pierwsze nazywają się też rusztami ruchomemi.

A. **Ruszta ruchome** (Oscillating bars. Beweglicher Stangenrost. (Колосниковые подвижные грохота) są przeważnie pochyłe. Podług kierunku rozmieszczenia odróżniają ruszta podłużne i ruszta poprzeczne. Ruszta podłużne zwykle są urządzone:

1) z postawionych na kant w pewnych odstępach sztab żelaza płaskiego lub

2) z dotykających do siebie sztab żelaza korytkowego (⊓-owego) z otworami na górnej stronie.

Ruszta poprzeczne mają kształt:

3) sztab postawionych na kant z bocznemi przegródkami, nadającemi powierzchni rusztów wygląd kraty, albo

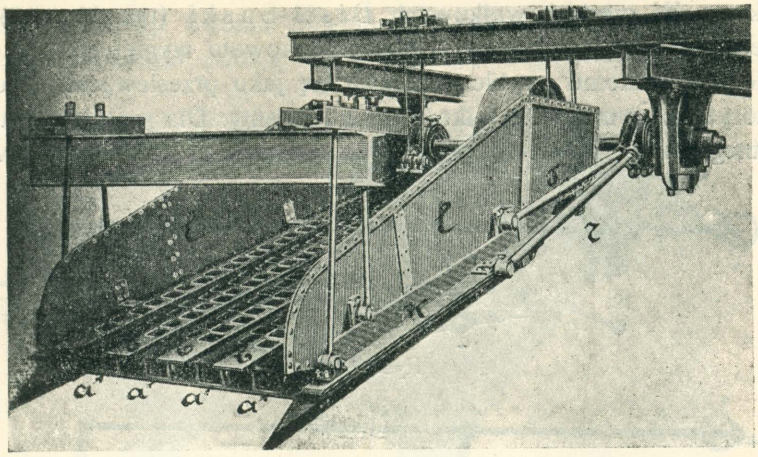
4) wałków z kołnierzami lub występami.

Podłużne ruszta łączą się przez jeden w dwa zespoły, otrzymujące ruch wahadłowy podłużny w kierunkach przeciwnych z prędkością stosunkowo nieznaczną ($n' = 30—60$). Są to ruszta podłużne Briart'a (rys. 2, 3, 4, 5) i jego różne odmiany.

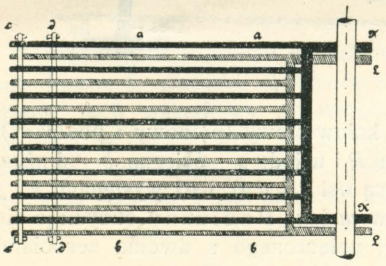
Każdy zespół rusztów ma ruch albo prosty podłużny, albo kołowrotowy podłużny w płaszczyźnie pionowej. W pierwszym przypadku posuwanie się materjału następuje wskutek zmniejszenia się tarcia w chwili cofania w tył zespołu rusztów, wysuniętych naprzód: powodują więc one pewne ścieranie materjału grubszego. Przy ruchu kołowrotowym posuwanie się materjału następuje przez przekładnie z rusztów opuszczających się na ruszta podnoszące się w chwili ich spotkania się w jednej płaszczyźnie, przyczem ruch kołowrotowy nad tą płaszczyzną powinien postępować w kierunku nachylenia rusztów. Podług tegoż sposobu przekładania materjału z jednego zespołu rusztów na drugi urządza się angielskie ruszta ruchome poziome (Chambers) (rys. 6, 7, 8). Ruch kołowrotowy nie ściera grubszych sortymentów, lecz przy znacznej szybkości może powodować tłuczenie.

W rusztach poprzecznych Seltnera (rys. 9, 10) tylko jeden zespół ma ruch wahadłowy, drugi zaś jest nieruchomy. Ruszta są nieco pochylone w kierunku nachylenia całej powierzchni sita i z przodu mają boczne przegródki, które nadają powierzchni postać kraty. Przegródki te przez swe górne krawędzie tworzą górną powierzchnię każdego rusztu, pochyloną naprzód pod kątem bardziej stromym, niż cała powierzchnia rusztów, i tworzą na niej stopnie. Posuwanie się materjału grubszego naprzód następuje wskutek wypychania go przez górną powierzchnię rusztów ruchomych do poziomu górnej powierzchni poniżej leżących rusztów nieruchomych, przytem kawałki grubsze staczają się i zatrzymują się na tylnej ściance wyżej podniesionych rusztów ruchomych. Gdy ruszta te następnie opuszczą swą górną powierzchnię do poziomu powierzchni w tyle znajdujących się rusztów nieruchomych, kawałki grubsze, które się opierały o tylną powierzchnię rusztów ruchomych, staczają się dalej i zatrzymują się na tylnych ściankach następnych rusztów nieruchomych. Przy ponownem podnoszeniu się rusztów ruchomych proces ten powtarza się i sortyment gruby posuwa się w kierunku podłużnym.

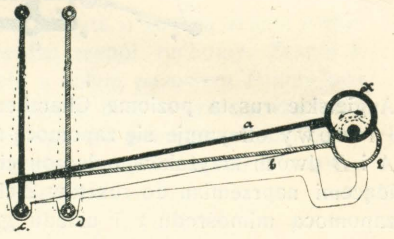
Ruszta wałkowe poprzeczne mają ruch obrotowy dookoła swych osi, powodując posuwanie się materjału zapomocą kołnierzy lub różnych występów na swojej powierzchni, które nadają powierzchni po-



Rys. 2. Przesiewacz rusztowy podłużny, odmiana typu Briart'a. Ruszta z żelaza U-owego z kwadratowemi otworami. Ruszta *a* łączy rama *k*. Wahania nadają mimośrody *r*. Ruszta *b* są połączone zapomocą ramy *l* i otrzymują ruch od mimośrodów *s* (z katalogu Krupp'a).

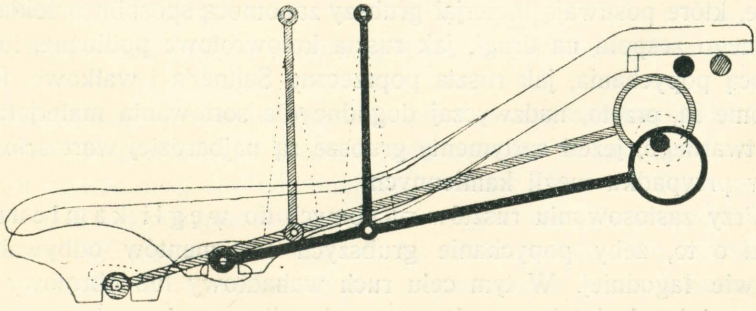


Rys. 3*.



Rys. 4*.

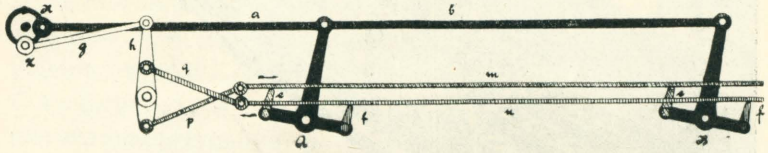
Ruszta podłużne Briart'a, nach. 8°—14°, I zespół rusztów *acK*, II zespół rusztów *bdL*. Mimośrody *K* i *L* połączone są z rusztami nieruchomo i umieszczone z tyłu przesiewacza. Przedni koniec rusztów zawieszony jest na prętach *c* (I zespół) i *d* (II zespół).



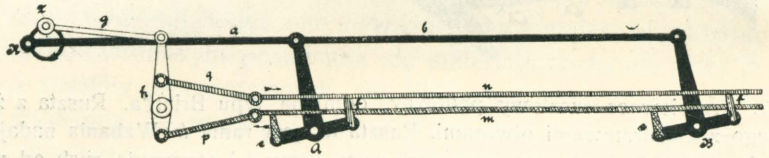
Rys. 5*. Ruszta podłużne Briart'a.

stać kraty. W rusztach wałkowych Distl-Suski (rys. 11 i 12) kołnierze mają kształt trójkątów o bokach łukowato wygiętych.

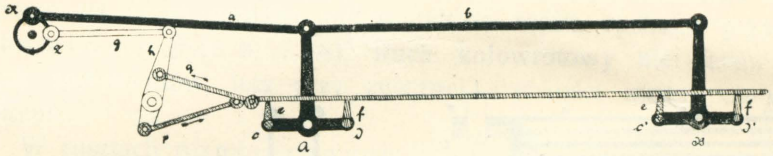
Ruszta ruchome zwykle urządzają się jako przesiewacze proste, na których otrzymują się tylko dwa sortymenty. Dla przesiewania wielokrotnego kilka przesiewaczy prostych tworzą ugrupowania zwykle



Rys. 6*.



Rys. 7*.



Rys. 8*.

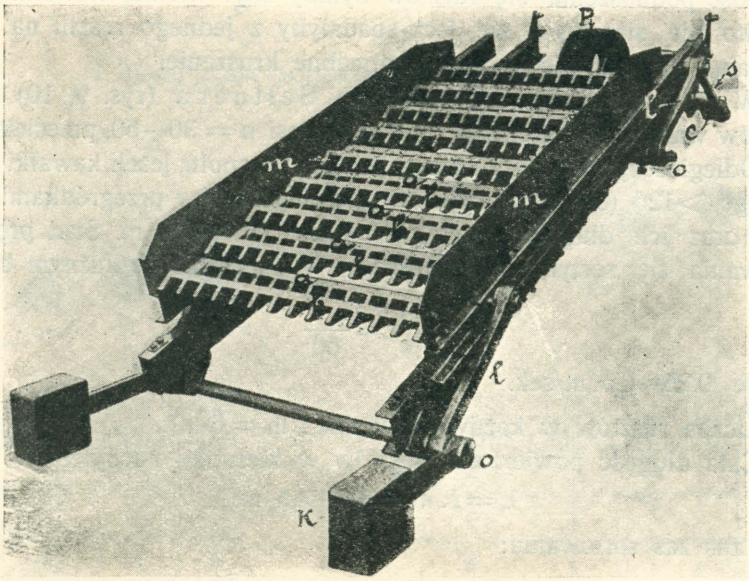
Angielskie ruszta poziome Chambers'a, ruch kołowrotowy (pionowy i podłużny). Pionowy otrzymuje się zapomocą mimośrodu *R* i układu *a* — ścięgna, *b* — drążka, *A* i *B* dwóch krzyżaków połączonych zapomocą osi *c* i *d (c* i *d)* występami *e* i *f* idącemi naprzemian do rusztów 2-ch zespołów *m* i *n*. Podłużny otrzymuje się zapomocą mimośrodu *z* i układu *g*, *h*, *q*, *p*, połączonego z dwoma zespołami rusztów. Mimośrody *z* wyprzedzają mimośrody *K* o 90°.

podług pierwszego sposobu połączenia sit, t. j. podług porządku otrzymywania najpierw sortymentów grubszych.

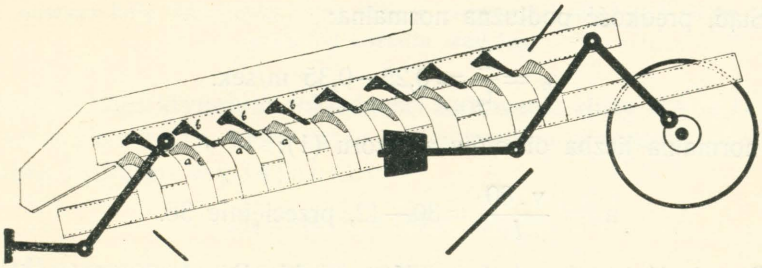
Ruszta ruchome są bardzo dogodne dla sortowania wogóle sortymentów grubych, gdyż odznaczają się spokojnym ruchem, niewymagającym wielkiej pracy oraz niewywołującym kruszenia materjału, zwłaszcza te, które posuwają materjał grubszy zapomocą sposobu przekładania z jednego zespołu na drugi, jak ruszta kołowrotowe podłużne, lub zapomocą popychania, jak ruszta poprzeczne Seltner'a i wałkowe. Ruszta ruchome są, przeto, nadzwyczaj dogodne dla sortowania materjału niezbyt twardego, jeżeli sortymenty grubsze są najbardziej wartościowemi, jak w przypadku węgli kamiennych.

Przy zastosowaniu rusztów ruchomych do węgli kamiennych chodzi o to, żeby popychanie grubszych sortymentów odbywało się możliwie łagodniej. W tym celu ruch wahadłowy lub obrotowy rusztów powinien być tak uregulowany, żeby dla przesiewania i usuwania

materjału grubszego z powierzchni rusztów był wyzyskany cały przeciąg czasu pomiędzy dwoma kolejnemi załadowaniami, jeżeli, jak to zwykle bywa, materjał podaje się w wózkach kopalnianych i załado-



Rys. 9. Przesiewacz rusztowy poprzeczny Seltner'a. Ruszta *a* tworzą zespół nieruchomy. Ruszta *b*, złączone zapomocą ramy *m*, tworzą zespół ruchomy. Zespół *b* otrzymuje ruch wahadłowy od napędowego wału z kołem pasowem *P* przy pomocy drążków *l* wahających się na osiach nieruchomych *o*. *K* — przeciwwaga. Na rysunku ruszta *b* znajdują się w pozycji najwyższej. W pozycji zaś najniższej górny brzeg rusztów *b* jest na równi z górnym brzegiem leżących w tyle rusztów *a* (z katalogu Breitfeld & Danek).



Rys. 10*. Przesiewacz rusztowy poprzeczny Seltner'a. Oznaczono jak na rys. 9.

wuje się zapomocą wywrotów. Jeżeli bowiem proces sortowania będzie się odbywał nie prędzej od procesu załadowania, to prędkość części ruchomych będzie możliwie najmniejszą, a zatem kruszenie, jakie może zachodzić od uderzania rusztów o kawałki węgla, zostanie sprowadzone do minimum. W tymże celu skok ruchu wahadłowego nie powinien być zbyt wielkim. W szczególności przy poprzecznych rusztach Seltner'a

skok nie powinien być wyższy od różnicy poziomów górnych powierzchni kolejnych rusztów nieruchomych (w kierunku ruchu wahadłowego). W przeciwnym bowiem razie przy tej samej ilości skoków na minutę, prędkość podnoszenia się rusztów byłaby zbyt wielka, kawałki węgla ponadto nie staczałyby się, lecz spadałyby z jednego rusztu na drugi, narażając się, oczywiście, na niepotrzebne kruszenie.

W poprzecznych rusztach Seltner'a (rys. 9, 10) liczba obrotów wału napędowego na minutę wynosi $n = 30-60$, przeciętnie 45.

Odległość pomiędzy rusztami jednego zespołu, jeżeli kawałki węgla grubego >120 (co odpowiada odległości pomiędzy przegródkami bocznemi oraz ich długości), wynosi zwykle $l = 0{,}500$ m. Stąd prędkość posuwania się sortymentu grubszego w kierunku podłużnym będzie:

$$v = \frac{n \cdot l}{60} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

zwykle 0,25—0,5 m/sek.

Liczba rusztów w każdym systemie: $m = 6-7$.

Cała długość powierzchni rusztów w kierunku nachylenia:

$$L = l \cdot m = 3{,}0-3{,}5 \text{ m.}$$

Czas zaś sortowania:

$$t = \frac{L}{v} = 6''-14''$$

Ponieważ zapomocą jednego wywrotu w ciągu minuty, zależnie od jego konstrukcji, można załadować od 4 do 5 wózków, przeto normalny czas sortowania nie powinien przekraczać:

$t_n = 12''-15''$ lepiej: $10''-12''$ (z pewną nadwyżką)

i nie powinien być też krótszym.

Stąd, prędkość podłużna normalna:

$$v_n = \frac{L}{t_n} = 0{,}25-0{,}35 \text{ m/sek.}$$

oraz normalna liczba obrotów z wzoru (1):

$$n_n = \frac{v \cdot 60}{l} = 30-42, \text{ przeciętnie } 36.$$

Szerokość powierzchni rusztów, zwykle $B = 1{,}800$ m (= długości wózków), przytem w warunkach normalnych wydajność rusztów Seltner'a na godzinę $Q = 144-180$ ton węgla surowego, i powinna odpowiadać normalnej wydajności wywrotów.

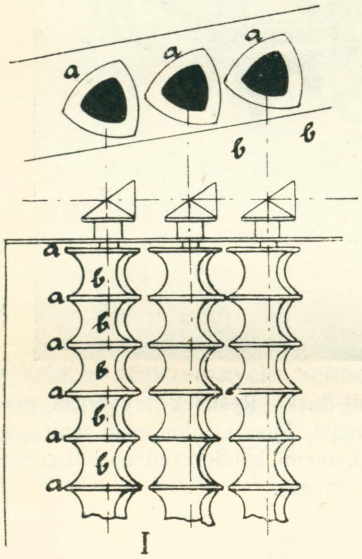
Dokładność sortowania zależy od wydajności, przypadającej na 1 m² powierzchni rusztów:

$$\frac{Q}{L \cdot B} = 23-35 \text{ ton/godz.}$$

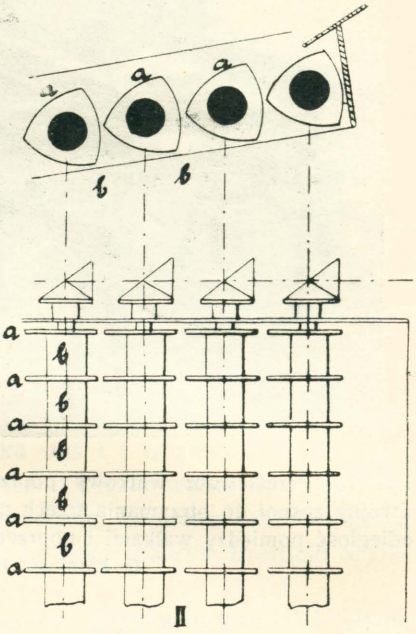
oraz pośrednio zależy: 1) od wydajności, przypadającej na 1 m szerokości:

$$\frac{Q}{B} = 80—100 \text{ ton/godz.}$$

i 2) od czasu sortowania $t = \frac{L}{v} = 10''—12''$.



Rys. 11*.



Rys. 12*.

Przesiewacz wałkowy poprzeczny Distl-Suski. *a* — kołnierze, *b* — wałki. Kołnierze dzielą powierzchnię przesiewacza na otwory owalne (I) lub kwadratowe (II) zależnie od kształtu wałków.

Zwykle, jako kryterjum dokładności sortowania służy współczynnik załadowania, który może być w każdym przypadku określony ze wzoru ogólnego wydajności:

$$Q_h = B \,.\, h \,.\, v \,.\, (\delta k) \eta \,.\, 60 \,.\, 60 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

gdzie: B — szerokość powierzchni rusztów,

h — wysokość warstwy załadowanej, przyjmuje się zwykle = grubości największych kawałków materjału załadowanego (naprz. 0,2—0,3 dla węgla),

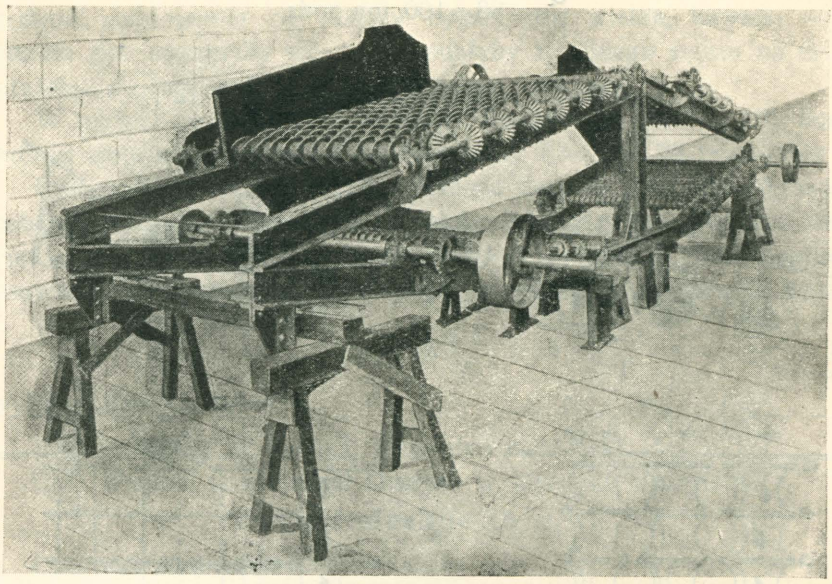
v — prędkość posuwania się podłużnego m/sek.,

δ — ciężar gatunkowy materjału dla węgla 1,3,

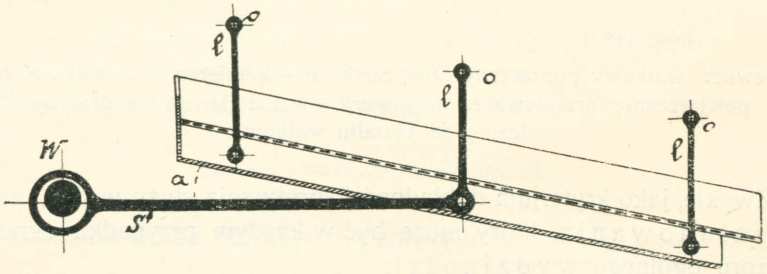
k — współczynnik rozluzowania materjału urobionego 0,56—0,7,

η — współczynnik rozluzowania, który nie powinien przekraczać 0,5; max. 1.

Z tego wzoru dla zadanej wydajności może być znaleziona odpowiednia szerokość (B), ewentualnie ilość przesiewaczy o wymiarach



Rys. 13. Przesiewacz wałkowy poprzeczny Distl-Suski. Rysunek wyobraża podwójny zespół do otrzymania trzech gatunków węgla. Ruszta dolne mają mniejszą odległość pomiędzy wałkami i poprzecznemi trójkątnemi kołnierzami aniżeli górne (z katalogu Breitfeld & Danek).



Rys. 14. Schemat przesiewacza podłużnego (angielskiego). Przesiewacz, zawieszony na 3 parach drążków *l*, otrzymuje ruch wahadłowy. Wahanie nadaje wał *W* zapomocą mimośrodów i drążków podwójnych *S*. α — kąt nachylenia. (Przekrój podłużny).

normalnych, lub może być na danym przesiewaczu przy zadanej wydajności sprawdzone η:

$$\eta = \frac{Q}{B \,.\, h \,.\, v \,.\, (\delta\, k) \,.\, 60 \,.\, 60}.$$

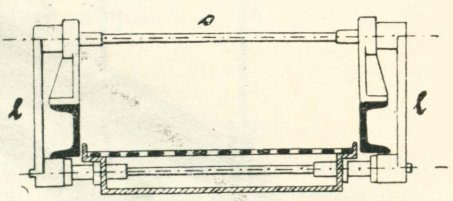
W warunkach normalnych, przy $h = 0{,}2$; $k = 0{,}6$; $v = 0{,}25$ znajdziemy $\eta < 0{,}4—0{,}5$.

W rusztach Distl-Suski (rys. 11, 12, 13), przy jednym obrocie wałka, materjał może przesunąć się na potrójną odległość między rusztami — $3l$. Jeżeli zatem n jest liczbą obrotów wałka na minutę, przeto:

$$\left.\begin{aligned} v &= \frac{n \cdot 3l}{60} = \frac{n \cdot l}{20} \\ \text{albo } n &= \frac{20 \cdot v}{l} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Dla kostki I, zwykle $l_1 = 0{,}160$ m
„ „ II, „ $l_2 = 0{,}100$ m
Jeżeli przyjąć $v = 0{,}25$, wówczas dla kostki I, podług (3) $n_1 = 30$,
„ „ II, „ $n_2 = 50$.

Pozatem sprawdzenie dokładności sortowania może być wykonane podług tegoż samego wzoru ogólnego dla wydajności (2), określając współczynnik załadowania η.



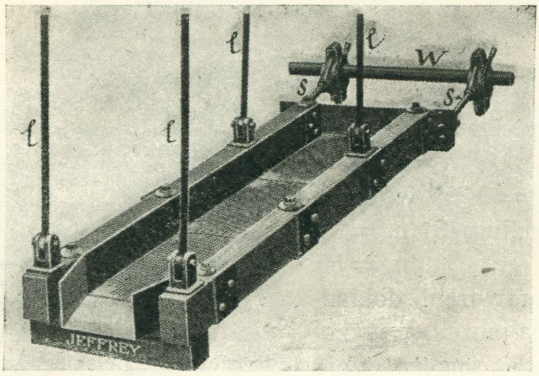
Rys. 15*. Schemat przesiewacza podłużnego (angielskiego). Przekrój poprzeczny.

W Zagłębiu Dąbrowskiem węgiel gruby często odsortowuje się na rusztach poprzecznych Seltner'a, kostka zaś I i II zwykle na rusztach wałkowych Distl-Suski, jakkolwiek czasami ruszta wałkowe służą również i dla węgla grubego. Ruszta poprzeczne Seltner'a oraz wałkowe Distl-Suski są wyrabiane przez czeską fabrykę maszyn Breitfeld & Danec, Praga—Karlin.

B. **Przesiewacze ruchome płaskie dziurkowane.** W sitach wykonanych z blachy dziurkowanej zwykle ściankom bocznym w otworach nadają lekkie rozszerzenie ku dołowi celem zapobieżenia zatkania się tych otworów. Otwory sit mogą mieć kształt okrągły, kwadratowy lub prostokątny. Grubość blach zależnie od wielkości otworów i gatunku stali bywa 10—5—2 mm. Miarodajnem dla sprawności sit jest stosunek powierzchni objętej otworami do całej powierzchni sita, czyli współczynnik światła. Współczynnik ten jest większy przy otworach kwadratowych i prostokątnych, niż przy okrągłych, Dla możliwego zwiększenia współczynnika światła przy otworach okrągłych, punkty środkowe otworów winny być umieszczone w wierzchołkach prawidłowych trójkątów, przy zachowaniu warunku, że odległość między otworami winna być $= 0{,}6\,d$, (gdzie d — średnica otworu) Współczynnik światła takich sit jest 23—41, podczas gdy przy otworach kwadratowych $= 60$—70. Lecz sita z okrągłemi otworami są mocniejsze i dlatego używają się dla ciał twardych i ciężkich. Dla węgla kamiennego częściej używają się otwory kwadratowe, dla rud zaś — okrągłe.

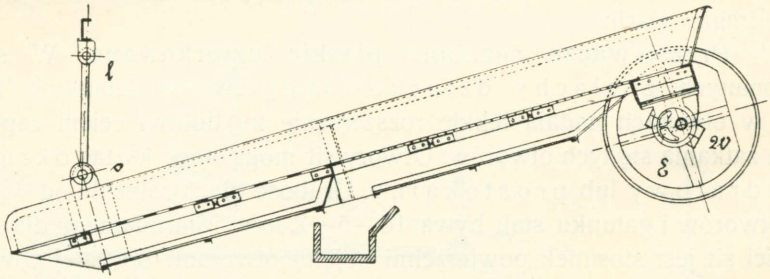
Sita splecione z drutów mają zawsze otwory kwadratowe; ich współczynnik światła jest zawsze przeto dość dużym, a ponieważ druty stalowe są mocniejsze od blachy dziurkowanej, przeto współczyn-

nik światła sit plecionych jest większy od współczynnika sit dziurkowanych o otworach kwadratowych i zwykle wynosi 50—88. Lecz druty łatwo mogą się zbijać i sortowanie, wskutek tego, staje się mniej dokładnem. Dla zapobieżenia temu służą patentowane sita specjalnie sple-



Rys. 16. Przesiewacz podłużny prosty. Oznaczenia jak na rys. 14. (Z katalogu Jeffrey).

cione, lecz są one bardzo drogie. Wszakże dla sortymentów najdrobniejszych, < 2 mm sita plecione są najbardziej stosowne, gdyż sita dziurkowane nie mogą być przyrządzone dla tak drobnych ziarn, byłyby bo-



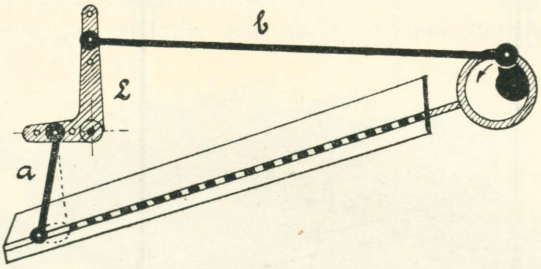
Rys. 17. Przesiewacz podłużny kołowrotowy w płaszczyźnie pionowej. Rama przesiewacza połączona na stałe z mimośrodem *E*, osadzonym na wale *W*. Dolny brzeg przesiewacza wisi na pręcie *l* na nieruchomej osi *O*. System Baum (z katalogu Schichtermann & Kremer).

wiem za cienkie lub posiadałyby zbyt mały współczynnik światła. Natomiast z drutów mosiężnych mogą być splecione sita dla przesiewania najdrobniejszych piasków i iłów,

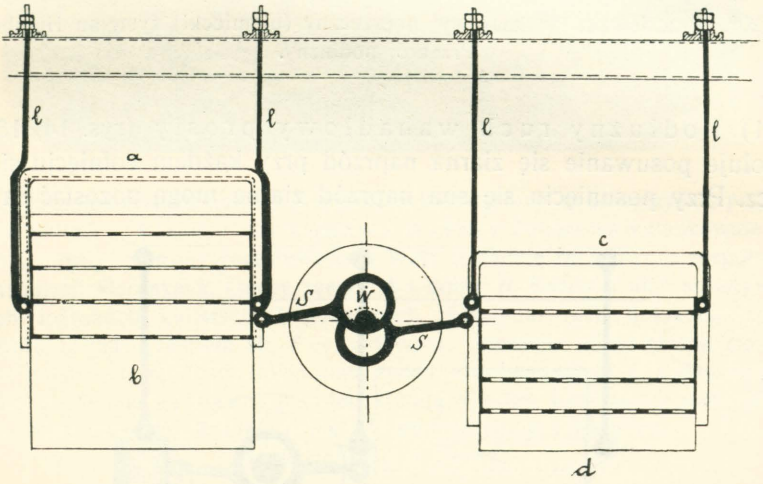
Podług rodzaju ruchu odróżniają przesiewacze płaskie dziurkowane *a)* wahadłowe i *b)* drgające.

a) **Przesiewacze wahadłowe** (Shaking screens. Schüttelsiebe. Cribles. Качающиеся грохота) mogą być pochyłe (z kątem nachylenia 4—18°) i poziome.

W przesiewaczach pochyłych ruch wahadłowy wywołuje posuwanie się materjału po powierzchni sita w kierunku podłużnym. Posuwanie materjału odbywa się pod wpływem wypadkowej sił, działających w płaszczyźnie sita:



Rys 18*. Przesiewacz podłużny kołowrotowy w płaszczyźnie pionowej. Pręty *a* umocowane są do drążka dwuramiennego *L*, wahającego się na nieruchomej osi. Drugie ramię drążka zapomocą *b* połączone jest z korbą. Na wał nasadzone są mimośrody, połączone nieruchomo z przesiewaczem. System Laue (z katalogu Schichtermann & Kremer).



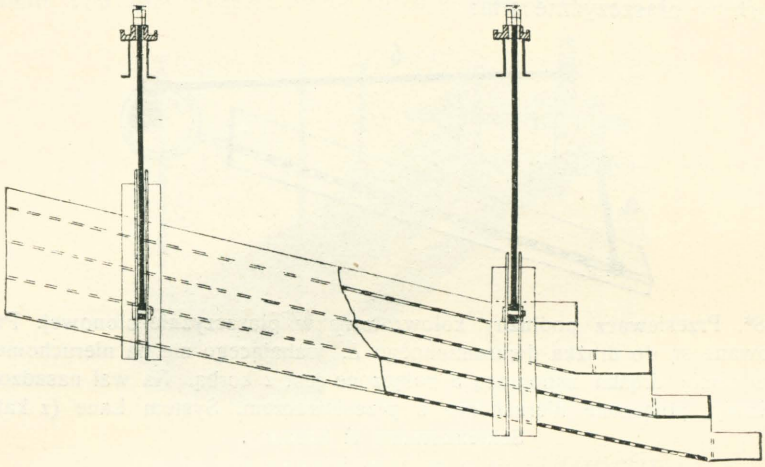
Rys. 19. Schemat przesiewacza wahadłowego poprzecznego (niemieckiego) systemu Humboldt (przekrój poprzeczny). Nachylenie przesiewacza idzie w kierunku prostopadłym do płaszczyzny rysunku. Przesiewacz otrzymuje wahania dzięki elastyczności prętów *l*, na których przyrząd jest zawieszony. Jeden wał — *W* nadaje wahania dwom przesiewaczom (w kierunkach odwrotnych), *a* i *b* — pierwszy zespół, *c* i *d* — drugi. *W* — wał. *S* — drążki.

1) składowej ciężaru materjału, skierowanej zawsze w kierunku największego nachylenia sita,

2) siły żywej, przeniesionej na ziarno przez ruch sita w kierunku posunięcia się tegoż, wreszcie

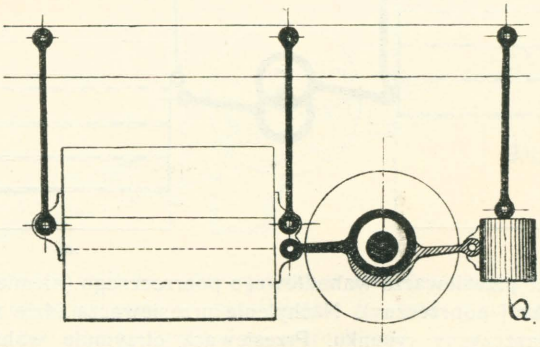
3) siły tarcia, która działa zawsze w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu względnego na powierzchni sita.

Ruch wahadłowy sita może zachodzić w kierunku podłużnym lub poprzecznym i w każdym przypadku może być prostym lub kołowrotowym.



Rys. 20*. Przesiewacz wahadłowy poprzeczny (niemiecki) systemu Humboldt'a. Przekrój podłużny.

1) Podłużny ruch wahadłowy prosty (rys. 14, 15, 16) wywołuje posuwanie się ziarna naprzód przy każdem cofnięciu się sita wstecz. Przy posunięciu się sita naprzód ziarna mogą pozostać na niem

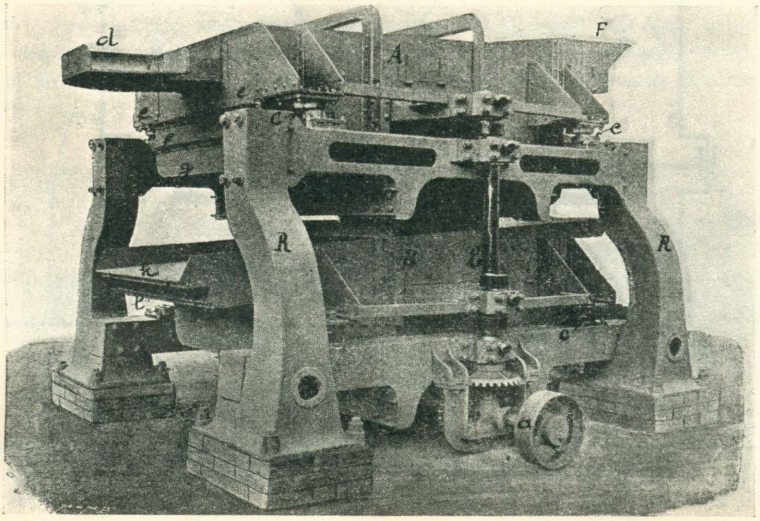


Rys. 21**. Przesiewacz wahadłowy poprzeczny (niemiecki) systemu Humboldt o jednym zespole sit i z przeciwwagą *Q*. Przekrój poprzeczny.

w spoczynku. lub też mogą się cofnąć do góry. Cofanie się ziarn zachodzi wszakże z mniejszą prędkością oraz na mniejszą odległość, niż posunięcia się naprzód, wskutek czego następuje ogólne posunięcie się ziarn ku dołowi.

Kierunek podłużnego ruchu wahadłowego prostego może tworzyć z powierzchnią sita różne kąty: od 0 do $\frac{\pi}{2}$. Gdy kąt ten, który ozna-

czamy γ, wynosi $\frac{\pi}{2}$ — ruch jest prostopadłym do powierzchni sita i nazywa się (w przenośni) pionowym. Im bardziej kąt ten jest zbliżonym do prostego, tem wyraźniej ziarna zaczynają wykazywać dążność do odłączenia się od sita i podskakiwania, a gdy to następuje, posuwanie się ziarn wzdłuż sita zachodzi również skutkiem bezwładności ruchu



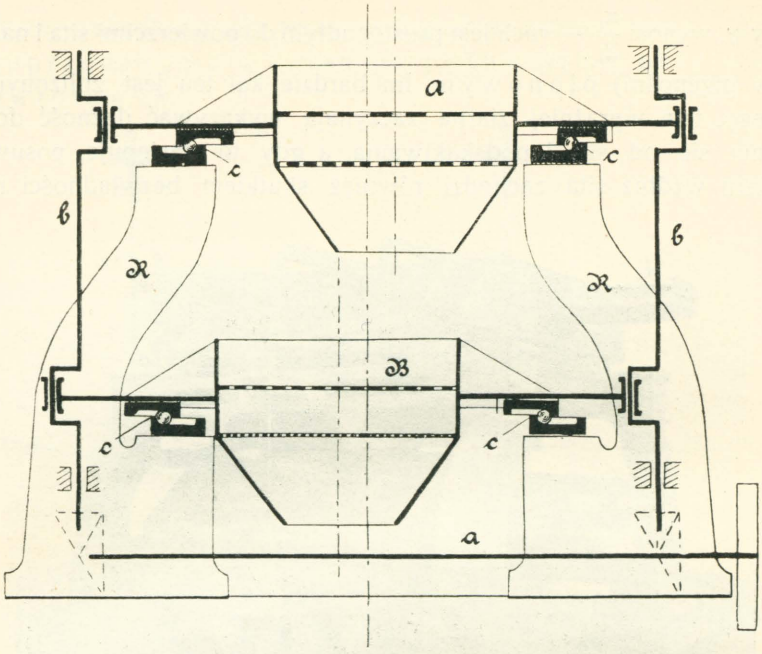
Rys. 22. Przesiewacz wahadłowy poprzeczny kołowrotowy w płaszczyźnie poziomej systemu Seltner'a. Poziomy wał napędowy *a* obraca 2-pionowe kolankowate wały *b* i *b* (*b*, z drugiej strony przesiewacza). Wały te nadają ruch dwom zespołom sit w odwrotnych kierunkach. Górny zespół *A* i dolny *B*. Każdy z nich spoczywa na czterech łożyskach kulistych *C*, nadających rzeszotom ruch dokładnie kolisty. *R* — opora łożysk i zespołu sit, *F* — podawacz. Rzeszoto górne składa się z sit: górne *e* pochylone na lewo, zakończone rynną odprowadzającą *d*, a dwa następne sita *f* są pochylone na prawo; *g* — dno kierujące dolny sortyment z pod trzeciego sita na dolne rzeszoto, składające się z 2 sit pochylonych na lewo, *k* i *l* (z katalogu Breitfeld & Danek).

w momencie najwyższej pozycji sita. W tym przypadku przesiewacze nazywają się również wstrząsającemi.

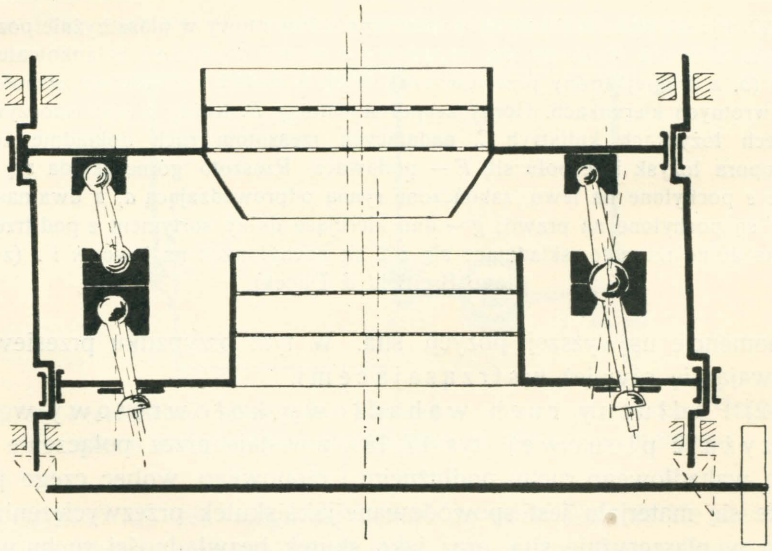
2) Podłużny ruch wahadłowy kołowrotowy w płaszczyźnie pionowej (rys. 17, 18) powstaje przez połączenie prostego wahadłowego ruchu podłużnego i pionowego, wobec czego posuwanie się materjału jest spowodowane jako skutek przezwyciężenia siły tarcia w płaszczyźnie sita, oraz jako skutek bezwładności ruchu w najwyższych pozycjach sita.

We wszystkich sitach podłużnych materjał przesuwa się naprzód zawsze po linji prostej.

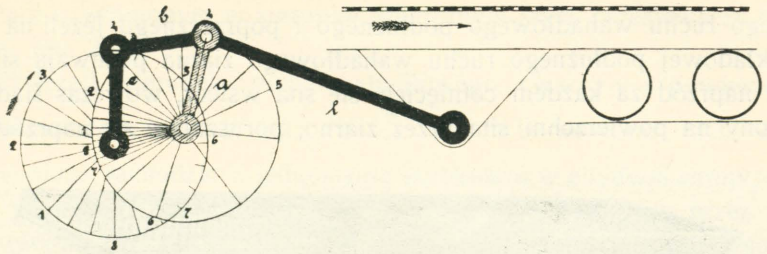
3) Poprzeczny ruch wahadłowy prosty (rys. 19, 20, 21) powoduje przy każdem posunięciu się sita w prawo i w lewo posu-



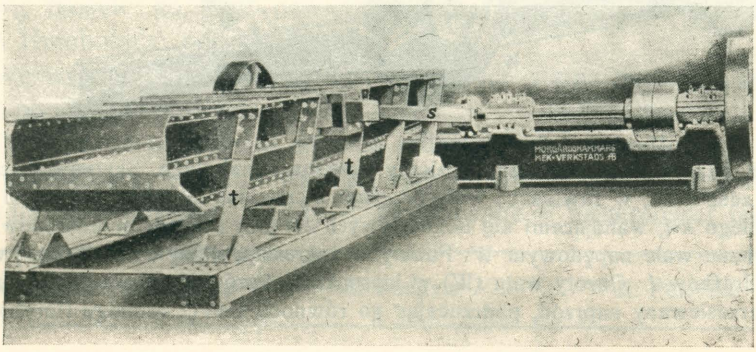
Rys. 23*. Przesiewacz wahadłowy poprzeczny kołowrotowy w płaszczyźnie poziomej systemu Seltner'a (schemat). Oznaczenia jak na rys. 22.



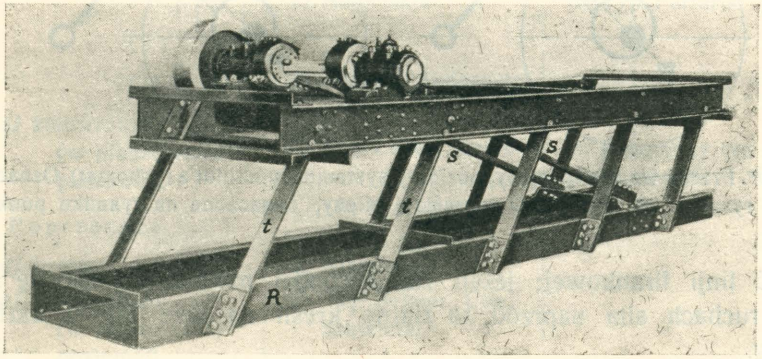
Rys. 24*. Przesiewacz wahadłowy poprzeczny kołowrotowy w płaszczyźnie poziomej systemu Schwidtal (schemat). W systemie Seltner'a oba zespoły sit spoczywają na swych podporach *R* (rys. 23) w sposób jednakowy. W syst. Schwidtal górny zespół ma oparcie dolne, dolny zespół — oparcie górne (zawieszony, patrz lewą stronę), lub obydwa zespoły złączone są wspólnemi drążkami i opisują powierzchnię stożkową (patrz prawą stronę).



Rys. 25*. Przesiewacz systemu Marcus'a, ruch różniczkowy uzyskuje dzięki połączeniu drążka (*l*), poruszającego sito z korbą (*a*) wału pomocniczego, połączonego ze swej strony zapomocą drążka pośredniego (*b*) z korbą (*c*) wału głównego (nadającego ruch).



Rys. 26. Poziomy przesiewacz systemu Ferraris zawieszony z dołu. Oznaczenia jak na rys. 27.

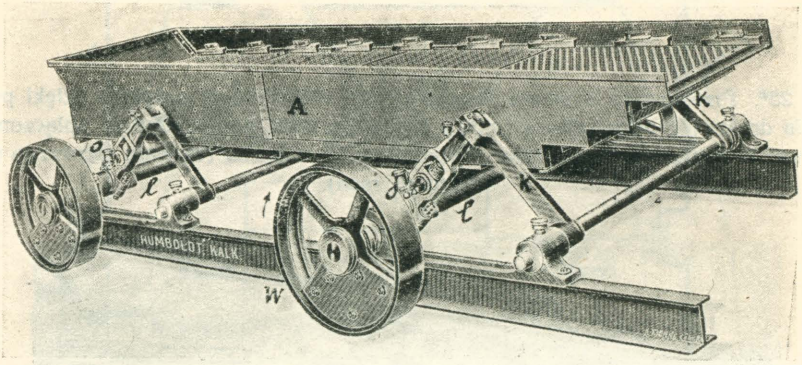


Rys. 27. Poziomy przesiewacz systemy Ferraris zawieszony u góry. 2 drążki mimośrodowe *S* wahają przesiewacz *R* do góry i naprzód. Przesiewacz jest zawieszony na elastycznych drewnianych prętach (*t*).

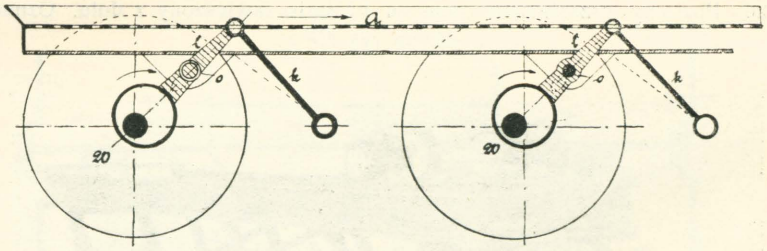
wanie się ziarn na dół w kierunku skośnym w stronę przeciwną do ruchu sita. Ziarna posuwają się w dół po linji zygzakowatej.

4) Poprzeczny ruch wahadłowy kołowrotowy w płaszczyźnie poziomej (rys. 22, 23, 24) powstaje przez połączenie

prostego ruchu wahadłowego podłużnego i poprzecznego. Jeżeli na skutek składowej podłużnego ruchu wahadłowego ziarna posuwają się jedynie naprzód za każdem cofnięciem się sita wstecz, wówczas ślad, zostawiony na powierzchni sita przez ziarno, poruszające się naprzód, ma



Rys. 28. Przesiewacz eliptyczny poziomy systemu Humboldt'a. Skrzynia *A*, zawierająca zespół sit, w zawiasach jest sprzężona z czterema drążkami *l* systemu dwuramiennego *k-l*, wahającemi się dokoła swych osi przy pomocy mimośrodów, osadzonych na wale napędowym *W*. Punkty *O* zakreślają elipsy o osi dłuższej w kierunku drążków *l*. Obroty wału (*W*) w kierunku wskazówek zegara posuwają materjał przesiewany naprzód, podrzucając go równocześnie (z katalogu Humboldt'a).



Rys. 29*. Przesiewacz eliptyczny, poziomy systemu Humboldt'a (schemat). Oznaczenia jak na rysunku 28. Punkty *O* zakreślają elipsy, oznaczone na rysunku punktami.

postać linji firankowej; jeżeli zaś zachodzi również cofanie się ziarn przy ruchach sita naprzód, to ziarno kreśli na sicie linję w kształcie pętlicy.

W przesiewaczach poziomych ciężar ziarn nie wywiera żadnego wpływu na ich posuwanie się podłużne, które zostaje spowodowane wyłącznie przez ruch sit. Ruch wahadłowy sit winien być przeto zawsze podłużnym, przytem może być prostym i kołowrotowym.

1) Przy ruchu prostym przesiewaczy poziomych kierunek jego może zachodzić w płaszczyźnie sit (kąt $\gamma = 0$), lecz w takim razie ruch powinien być różniczkowym: przyspieszonym w kierunku posuwania

się ziarn i zwolnionym w kierunku odwrotnym (syst. przesiewaczy Marcus'a; rys. 25).

2) Jeżeli kierunek ruchu wahadłowego tworzy z powierzchnią sita poziomego pewien kąt $\gamma < \frac{\pi}{2}$ lecz > 0 wówczas ruch wahadłowy może zachodzić z jednostajną szybkością w obydwie strony, przyczem posuwanie się ziarn spowodowane zostaje częściowo przez przezwyciężenie siły tarcia przy wstecznych posunięciach sita, częściowo wskutek bezwładności ruchu z powodu działania pionowej siły składowej (syst. Ferraris; rys. 26 i 27).

3) Wreszcie przy ruchu kołowrotowym sito we wszystkich swych punktach porusza się podług elips, długie osie których są skierowane w górę, skośnie do jego powierzchni (typ przesiewaczy eliptycznych Humboldt'a; rys. 28, 29).

We wszystkich przesiewaczach poziomych ziarna posuwają się naprzód po linjach prostych.

Zależnie od pochylenia sit oraz rodzaju ruchu wahadłowego różne typy przesiewaczy płaskich wahadłowych otrzymują odpowiednie nazwy i, zgodnie z powyższem, mogą być ugrupowane w następującej tabelce:

Przesiewacze wahadłowe	A. Pochyłe	B. Poziome
I. Podłużne.		
a) proste: $\gamma = 0$	1) Amerykańskie	7) Różniczkowy (typ Marcus)
$0 < \gamma < \frac{\pi}{2}$, $\gamma = \alpha$	2) Angielskie	8) Typ Ferraris
$\gamma = \frac{\pi}{2}$	3) Pionowe (udarowe)	
b) kołowrotowe (w płaszczyźnie pionowej).	4) Typ Laue i Baum	9) Eliptyczny typ Humboldt
II. Poprzeczne.		
a) proste: $\gamma = o$	5) Niemieckie	
b) kołowrotowe (w płaszczyźnie poziomej).	6) Typ Seltner, Cox Schwidtal	

Dlatego, żeby we wszystkich przypadkach ruchu wahadłowego spowodować podłużne przesuwanie się ziarn na sitach, ilość obrotów wału napędowego (czyli podwójnych skoków sita) nie powinna być mniejszą od pewnej liczby, ustalonej na podstawie zasad mechaniki.

Tak więc, w przesiewaczach podłużnych jeżeli ziarna mają po-

suwać się tylko naprzód przy każdym ruchu sita wstecz, najmniejsza ilość obrotów określa się podług wzoru:

$$n_{min.} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\text{Sin}\,(\varphi - \alpha)}{\text{Cos}\,(\varphi - \gamma)}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

gdzie: φ — kąt tarcia, zwykle — 35°

α — „ nachylenia sit 0—18°

γ — „ kierunku ruchu wahadłowego do powierzchni sita $0 - \frac{\pi}{2}$

r — „ promień korby (mimośrodu) = 0,02—0,05 m.

g[1]) = 9,81.

Jeżeli zaś postawimy za warunek, że ziarna nie powinny posuwać się na sicie wstecz przy ruchu sita naprzód, wówczas ilość obrotów nie powinna przekraczać:

$$n_{max.} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\text{Sin}\,(\varphi + \alpha)}{\text{Cos}\,(\varphi - \gamma)}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Ponieważ im większe jest n, tem większą jest praca nad uruchomieniem sit, przeto zwykle n bywa nieco większe od liczby, odpowiadającej $n_{min.}$

Więc, w przesiewaczach amerykańskich, przy $\gamma = 0$:

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\text{Sin}\,(\varphi - \alpha)}{\text{Cos}\,\varphi}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

w przesiewaczach angielskich, przy $\gamma = \alpha$:

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \text{tg}\,(\varphi - \alpha)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

w przesiewaczach pionowych, przy $\gamma = \frac{\pi}{2}$

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\text{Sin}\,(\varphi - \alpha)}{\text{Sin}\,\varphi}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

i w przesiewaczach poziomych Ferraris, przy $\alpha = 0$

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\text{Sin}\,\varphi}{\text{Cos}\,(\varphi - \gamma)}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Ruch sit angielskich, pionowych i poziomych typu Ferraris może być uwarunkowany oprócz tego założeniem, by pionowa siła składowa podrzucała ziarna tak, żeby opadając na sito mogły one dokładniej trafiać do otworów (sita wstrząsające). Taki warunek będzie spełniony, jeżeli liczba obrotów wału napędowego nie będzie mniejszą od:

---

[1]) Przyspieszenie siły ciężkości w Europie środkowej $g = 9{,}81$ m/sek.

przy $\gamma = \alpha$: (sita angielskie) $n = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}}$ . . (10)

„ $\gamma = \frac{\pi}{2}$ (sita pionowe) $n = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{r}\operatorname{Cos}\alpha}$ . . (11)

„ $\alpha = 0$ (sita Ferraris) $n = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{1}{\operatorname{Sin}\gamma}}$ . . (12)

W przesiewaczach poprzecznych ziarna posuwają się przy każdym skoku sita i najmniejsza liczba obrotów jest:

$$n = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{r}} \cdot \frac{[\operatorname{Sin}(\varphi - \alpha) \cdot \operatorname{Sin}(\varphi + \alpha)]^{\frac{1}{4}}}{\sqrt{\operatorname{Cos}\varphi}} \quad \ldots . \quad (13)$$

Zwykle w przesiewaczach podłużnych $n = 60—160$, w poprzecznych zaś $n = 90—250$. Najczęściej spotykamy w pierwszych $n = 100$, w drugich $n = 180$.

Od ilości obrotów zależy praca nad uruchomieniem przesiewaczy:

$$N = 0{,}000331\ (P + p)\ r.^2\ n.^3 \quad \ldots . \quad (14)$$

gdzie P — ciężar części ruchomych przesiewacza (rzeszota),
p — „ masy materjału znajdującego się na sicie.

W warunkach normalnych:

$$p = B.\ h.\ L.\ (\delta .\ k) \cdot \left(\eta \cdot \frac{1 + \beta}{2}\right) \quad \ldots . \quad (15)$$

gdzie B — szerokość sita w m,
L — długość „ „ „
h — grubość warstwy załadowanej = największym kawałkom materjału,
δ — ciężar gatunkowy,
k — współczynnik rozluzowania (0,56—0,7),
η — współczynnik załadowania (0,5—1),
β — stosunek ilości materjału pozostającego na sicie (grubszego) do całej ilości materjału surowego (wychód sortymentu grubszego).

Zwykle N = 0,2—10 K. M.

Przy znacznej ilości obrotów (przytem ilość skoków jest podwójną, więc 120—500) ruch wahadłowy wywiera dość wielki wpływ ścierający i kruszący na materjał leżący na sicie, Dlatego przesiewacze płaskie wahadłowe są używane: 1) wogóle dla materjału twardego (rudy kwarcowej), 2) dla materjału mniej wartościowego, np. dla drobnych sortymentów węgla kamiennego; jak również i dla grubszych sortymentów węgli

kamiennych, kruchych, gdy bardziej skomplikowane ruszta ruchome nie są w stanie zapobiec zbytecznemu kruszeniu się.

Prędkość posuwania się. Wydajność. Od ilości obrotów wału napędowego jest bezpośrednio uwarunkowana prędkość podłużnego poesuwania się ziarn, oraz zależna od niej wydajność. Prędkość ta zależy, naturalnie, od rodzaju ruchu wahadłowego. Tak więc, w przesiewaczach podłużnych, o ile $n > n_{min.}$, lecz $< n_{max.}$, t. j. jeżeli nie zachodzi cofanie się ziarn:

$$v_1 = \frac{r.\ n.}{30} \cdot \frac{\mathrm{Cos}\ (\alpha - \gamma)\ .\ \mathrm{Sin}\ \varphi}{\mathrm{Sin}\ (\varphi - \alpha)} \quad [1] \quad \ldots\ldots \quad (16)$$

przytem, w sitach amerykańskich, przy $\gamma = 0$:

$$v_1 = \frac{r.\ n.}{30} \cdot \frac{\mathrm{Cos}\ \alpha\ .\ \mathrm{Sin}\ \varphi}{\mathrm{Sin}\ (\varphi - \alpha)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

w sitach angielskich, przy $\gamma = \alpha$

$$v_1 = \frac{r.\ n.}{30} \cdot \frac{\mathrm{Sin}\ \varphi}{\mathrm{Sin}\ (\varphi - \alpha)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

w sitach pionowych, przy $\gamma = \frac{\pi}{2}$

$$v_1 = \frac{r.\ n.}{30} \cdot \frac{\mathrm{Sin}\ \alpha\ .\ \mathrm{Sin}\ \varphi}{\mathrm{Sin}\ (\varphi - \alpha)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

w sitach poziomych Ferraris: $\alpha = 0$

$$v_1 = \frac{r.\ n.}{30} \cdot \mathrm{Cos}\ \gamma \quad \ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

Jeżeli, ponadto, zachodzi cofanie się ziarn, to znaczy $n > n_{max.}$, wówczas:

$$v_1 = \frac{r.\ n.}{30} \cdot \mathrm{Cos}\ (\alpha - \gamma)\ .\ \mathrm{Sin}\ \varphi \left[\frac{1}{\mathrm{Sin}\ (\varphi - \alpha)} - \frac{1}{\mathrm{Sin}\ (\varphi + \alpha)}\right] \quad \ldots \quad (21)$$

W przesiewaczach poprzecznych posuwanie się ziarn zachodzi przy każdym ruchu sita, przeto:

$$v_2 = 2 \cdot \frac{r.\ n.}{30} \cdot \frac{\mathrm{Cos}\ \varphi\ .\ \mathrm{Sin}\ \alpha}{\sqrt{\mathrm{Sin}\ (\varphi - \alpha)\ .\ \mathrm{Sin}\ (\varphi + \alpha)}} \quad \ldots\ldots \quad (22)$$

W przesiewaczach poprzecznych kołowrotowych (w płaszczyźnie poziomej) ruch ziarn zachodzi pod wpływem skombinowanych ruchów podłużnych i poprzecznych sita, przytem, ponieważ dla wywołania ruchów poprzecznych n jest zwykle większe od $n_{max.}$ ruchów podłużnych, przeto:

---

[1]) Wzór przybliżony.

$$v_3 = \frac{r.\,n.}{30}\,\mathrm{Sin}\,\varphi\left[\frac{1}{\mathrm{Sin}\,(\varphi-\alpha)} - \frac{1}{\mathrm{Sin}\,(\varphi+\alpha)}\right] + 2\,\frac{r.\,n.}{30}\cdot$$

$$\cdot\,\frac{\mathrm{Cos}\,\varphi\,.\,\mathrm{Sin}\,\alpha}{\sqrt{\mathrm{Sin}\,(\varphi-\alpha)\,.\,\mathrm{Sin}\,(\varphi+\alpha)}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

Nietrudno udowodnić teoretycznie, że $v_1 > v_3 > v_2$. Zresztą jest to zupełnie naturalne, widzieliśmy bowiem, że na sitach podłużnych materjał posuwa się po linji prostej, na poprzecznych zaś — po linji zygzakowatej, która jest o wiele dłuższą od pierwszej. Wobec tego, na sitach jednakowej długości ruch poprzeczny zatrzymuje materjał w przeciągu znacznie dłuższego czasu, niż ruch podłużny, a zatem prędkość posuwania się ziarn wzdłuż osi sita, oraz wydajność przesiewaczy podłużnych jest znacznie większą niż poprzecznych. Przesiewacze kołowrotowe poprzeczne zajmują oczywiście stanowisko pośrednie. Dla wyrównania wydajności sitom poprzecznym należy nadawać większą szerokość niż sitom podłużnym.

Wydajność:

$$Q = B.\,h.\,\nu\,(\delta\,k)\,.\,\eta\,.\,60\,.\,60 \quad \ldots\ldots \quad \text{(p. wzór 2)}$$

gdzie $h = d$ max.

$k = 0{,}56—0{,}7$

$\eta = 0{,}5—1.$

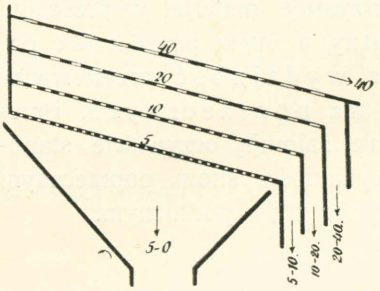
Zwykle w przesiewaczach podłużnych $v_1 = 0{,}2—0{,}3$, w poprzecznych zaś $v_2 = 0{,}08—0{,}15$. Przy szerokości $B = 0{,}3—2{,}5$ m. prędkości te odpowiadają wydajnościom na godzinę $Q_h = 50—150$ ton, przytem na 1 m. szerokości przypada $\frac{Q}{B} = 30—60$ ton.

Dokładność sortowania. W miarę zmniejszenia prędkości posuwania się podłużnego, wskutek przedłużenia czasu pozostawania materjału na sitach, zwiększa się dokładność sortowania. W ten sposób przy jednostajnej długości sit dokładność sortowania przesiewaczy poprzecznych jest znacznie większą, niż przesiewaczy podłużnych, dokładność zaś sortowania przesiewaczy poprzecznych kołowrotowych zajmuje, oczywiście, stanowisko pośrednie. Dla wyrównania przeto dokładności sortowania należy przesiewaczom podłużnym nadawać większą długość. Zwykle też, długość przesiewaczy podłużnych wynosi: $L = 3—6$ i nawet 8 m, podczas gdy przesiewaczy poprzecznych — $L = 1{,}5—3{,}5$ m.

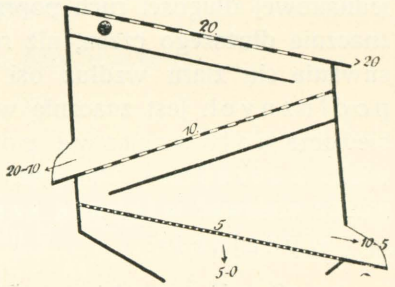
Przesiewaczom podłużnym, w celu zwiększenia dokładności sortowania, można nadawać ilość obrotów $n > n$ max., lecz w takim razie bardzo znacznie zmniejszy się wydajność. Lepiej jest w przesiewaczach podłużnych, w celu zwiększenia ich dokładności sortowania, stosować ruch kołowrotowy w płaszczyźnie podłużnej, który nie zmniejszając wydajności, sprzyja dokładniejszemu przesiewaniu wskutek

wstrząsania i podrzucania ziarn, które, następnie, opadając na sito z pewnej wysokości, łatwiej przechodzą przez otwory.

Dlatego więc przesiewacze płaskie wahadłowe o ruchach bardziej złożonych są używane do sortowania sortymentów i klas najdrobniejszych, rozdzielanie których jest zawsze najtrudniejsze i które mniej ulegają ścieraniu i kruszeniu, towarzyszącemu zwykle ruchom skomplikowanym. W sortowniach Zagłębia Dąbrowskiego, zwykle, też dla sortowania orzechów używają przesiewaczy poprzecznych kołowrotowych Seltner'a.



Rys. 30**. Układ rzeszot podług I-go sposobu o stopniowo zmniejszających się otworach w sitach. Sita są równoległe do siebie i rozmieszczone jedno pod drugiem.



Rys. 31**. Układ rzeszot podług I-go sposobu. Kolejne sita są pochylone w strony przeciwne.

Dokładność sortowania może być oszacowana tak samo, jak i w przesiewaczach rusztowych, przez wydajność, przypadającą na 1 m². sita:

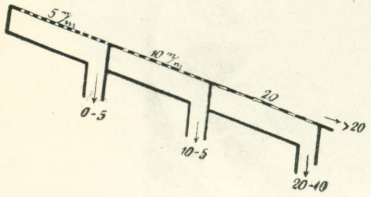
$$\frac{Q}{B \cdot L} = 2—20 \text{ ton/godz.}$$

lub też, wychodząc ze wzoru ogólnego wydajności (2) — przez współczynnik załadowania. Współczynnik ten nie powinien przekraczać przeciętnie 0,5 i dla sortymentów coraz to mniejszych powinien zmniejszać się aż do 0,25.

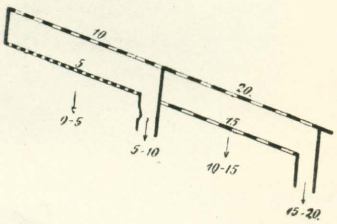
Urządzenie rzeszot. Rzeszota przesiewaczy wahadłowych mogą być proste i złożone — do sortowania wielokrotnego. W rzeszotach złożonych przy sortowaniu podług pierwszego sposobu (rys. 30) sita o stopniowo zmniejszających się otworach umieszczają się jedno pod drugiem równolegle do siebie, przytem, w celu możliwego zmniejszenia wysokości padania ziarn z górnego sita na dolne, odległość między sitami dla sortymentów grubszych nie powinna przekraczać podwójnej wielkości ich największych kawałków; przez to — zapobiega się kruszeniu materjału oraz niszczeniu sit. Przy równoległem umieszczeniu sit dokładność sortowania na każdem następnem sicie coraz to zmniejsza się, ziarna bowiem przesiewają się przez każde sito na całej

jego powierzchni, przez co na sicie następnem nie każde ziarno może wyzyskać dla dalszego sortowania całą długość sita.

W takim wypadku, celem zwiększenia dokładności sortowania, nadaje się kolejnym sitom nachylenia w strony przeciwne (rys. 31), pod każdem zaś sitem za wyjątkiem ostatniego umocowuje się równolegle do niego blachę, kierującą materjał przesiany w górną część sita poniżej umieszczonego. Takie urządzenie jednak bardzo zwiększa całą wysokość rzeszota i przesiewacza. Dla zmniejszenia wysokości łączą czasami po dwa lub trzy sita w grupy i nachylenia w strony przeciwne nadają



Rys. 32**. Układ rzeszot podług II-go sposobu. Sita połączone są w jedną płaszczyznę.



Rys. 33**. Układ rzeszot podług sposobu mieszanego.

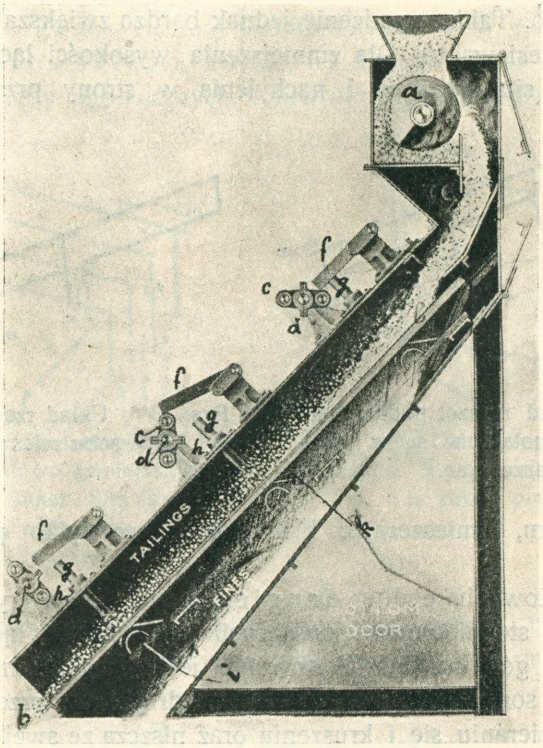
całym grupom, umieszczając blachy kierujące tylko pomiędzy grupami sit.

Przy sortowaniu podług drugiego sposobu (rys. 32, 33) sita z otworami o stopniowo zwiększających się średnicach łączą się w jedną płaszczyznę z góry na dół. Sortowanie jest przytem mniej dokładne, grubsze zaś sortymenty, mając dłuższą drogę do przebycia, ulegają większemu ścieraniu się i kruszeniu oraz niszczą ze swej strony sita. Jedynie dogodności konstrukcyjne rzeszota wydłużonego a niskiego mogą czasami przemawiać za tym sposobem, jeżeli przytem dokładność sortowania nie odgrywa znacznej roli. Sposób ten jest przeto najbardziej właściwy dla przesiewaczy poziomych, najczęściej używanych wtedy, gdy w budynku sortowni rozchodzi się o możliwe zaoszczędzenie na wysokości. Spotykają się też w praktyce i sposoby mieszane ugrupowania sit.

We wszystkich jednak przypadkach najtrudniej jest odsiać miał, zwłaszcza węglowy, miał bowiem bardzo łatwo mechanicznie unosi się razem z kawałkami grubszemi. Dlatego też, zwykle, miał starają się odsiać możliwie najwcześniej. W sortowniach Zagłębia Dąbrowskiego bardzo często przesiewacze kołowrotowe Seltner'a składają się z dwóch rzeszot, rozmieszczonych jedno nad drugiem. W każdem rzeszocie są po dwa równoległe do siebie sita, z tych górne sito pierwszego rzeszota jest podwójne: w tyle przeznaczone dla miału 15 mm, z przodu dla kostki II $>$ 60; drugie i trzecie sito są przeznaczone dla

orzechów I i II, a czwarte 15 mm dla grysika i miału, który się łączy z odsianym na górnem sicie.

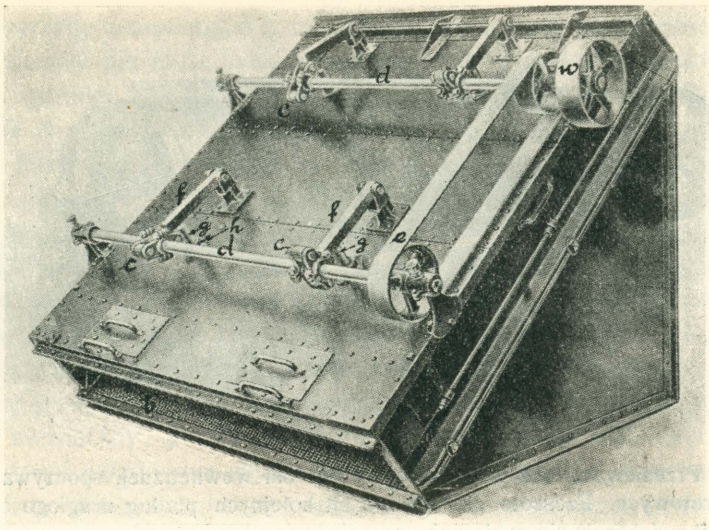
b) **Przesiewacze płaskie drgające, czyli wibratory** (Vibrating screens) (rys. 34, 35) składają się z sita drucianego, zawsze ze stromem nachyleniem pod kątem 40—45°, przymocowanego do ramy nie-



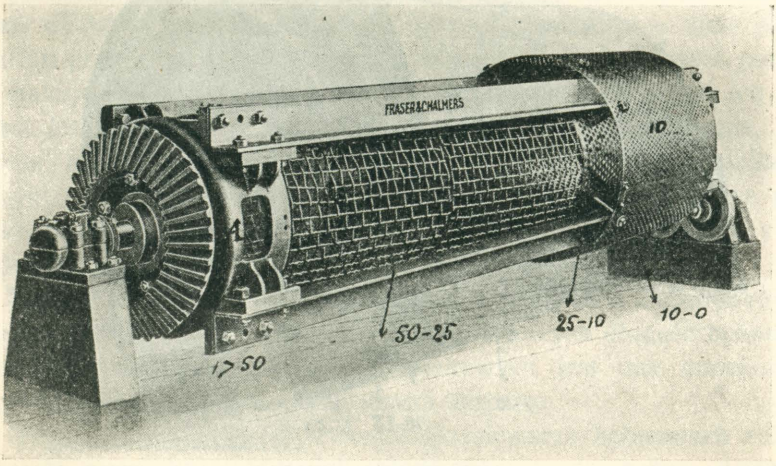
Rys. 34. Przesiewacz płaski drgający syst. Nevay'go (wibrator): *a* — podawacz, *b* — sito, *c* — zaczepki, obracające się na wałeczkach *d* zapomocą napędu *e* rys. 35, unoszą w górę młotki *f*, które zapomocą kołków *g*, luźno umieszczonych w kierownicach *h* i *i*, wprawiają sito w drgania; *k*, — odbijająca sprężyna (z katalogu Sturtevant'a).

ruchomej u wszystkich czterech krawędzi. Specjalny przyrząd udarowy wprowadza w ruch szereg młoteczków, mających kształt drążków prostopadłych. Sito otrzymuje szereg szybko następujących po sobie uderzeń, wprawiających je w drgania podobne do drgań naciągniętej struny. Zresztą mechanizmy, nadające sitom ruch drgający, mogą być bardzo rozmaite.

Przesiewacze drgające używają się do sortowania bardzo drobnych sortymentów, ponadto — materjału zupełnie suchego, np. przy klasyfikacji drobno zmielonych rud dla przygotowania materjału do suchych sposobów wzbogacania: elektro-magnetycznego i elektro-statycznego,



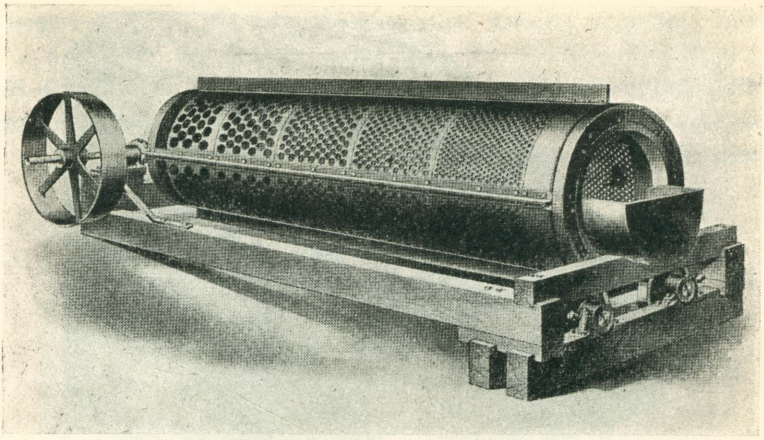
Rys. 35. Przesiewacz drgający (wibrator) Nevaygo. Przesiewacz umieszczony w skrzyni w celu zabezpieczenia przed wydzielaniem się pyłu. Oznaczenia patrz rys. 34 (z katalogu Sturtevant).



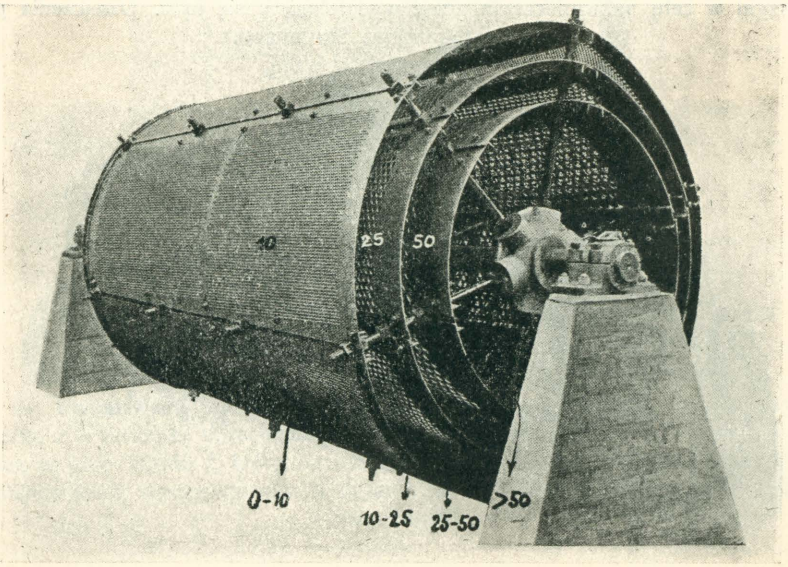
Rys. 36. Przesiewacz obrotowy walcowy złożony. Ugrupowanie sit podług sposobu mieszanego (I i II spos.). *A* — otwory wypustowe dla najgrubszego sortymentu. Dla sortymentów grubszych sito plecione z drutu (z katalogu Allis Chalmers).

wtedy, gdy klasyfikacja powinna być przeprowadzona w bardzo wąskich granicach na sitach posiadających od 4—180 oczek na cal bieżący, co odpowiada średnicom od 3—0,1 mm.

W sortowniach węgla kamiennego wibratory są używane czasami do odsiewania miału i często są umieszczane w stromych żłobach, doprowadzających materjał, np. z elewatora do zbiorników węgla lub do



Rys. 37. Przesiewacz obrotowy walcowy bez osi wewnętrznej, spoczywa na rolkach obrotowych. Rzeszoto złożone z 5 sit kolejnych podług drugiego sposobu. Otwory sit zwiększają się w kierunku od załadowania B (z katalogu Allis Chalmers).



Rys. 38. Przesiewacz obrotowy stożkowy koncentryczny składa się z trzech bębnów na wspólnej środkowej osi. Bębny wewnętrzne mają otwory większe niż zewnętrzne (z katalogu Allis Chalmers).

jakichkolwiek bądź innych przyrządów sortowniczych. W ten sposób znaczna część miału oddziela się wpierw nim nastąpi podział na sortymenty. Węgiel musi być zupełnie suchy, dokładność zaś sortowania wskutek szybkiego zsypywania się materjału po sicie nachylonem pod kątem 40° nie może być zbyt zadawalniającą. Dlatego też wibratory w sortowniach węgla kamiennego znajdują raczej zastosowanie

jako przyrządy uzupełniające, naprzykład wtedy, gdy na przesiewaczach głównych miał nie może być z różnych powodów dokładnie odsortowany.

Na rysunku pokazany wibrator Nevaygo firmy Sturtevant. B = 1,800 do 2,700 m, L = 2,000, N ⩽ 1 K. M., Q = do 20 to/godz.

II. Przesiewacze ruchome obrotowe czyli bębnowe (Revolving screens, trommels; Trommelsiebe; Les trommels; Барабанные вращающиеся грохота), są walcowe i stożkowe. Sito pierwszych (rys. 36 i 37) ma postać powierzchni walca zwykle o słabo pochylonej osi, lecz czasami również i poziomej. W drugich (rys. 38, 39, 40) sito stanowi powierzchnię stożka ściętego o bardzo nieznacznym kącie zbieżności i obraca się około osi poziomej. Pochylenie osi przesiewaczy walcowych lub kąt zbieżności przesiewaczy stożkowych jest bardzo nieznaczny: 2—8°, maximum 14° (przy sitach walcowych).

Materjał załadowuje się do wewnątrz przez jeden z otworów bębna; w przesiewaczach walcowych pochylonych — zawsze przez otwór górny, w stożkowych — zwykle przez otwór przy mniejszej średnicy stożka. Następnie, przy powolnem obracaniu się bębna ($n = 8 — 30$) materjał załadowany, dzięki nachyleniu twornicy, posuwa się powoli, ku otworowi przeciwległemu, podlegając w tym czasie sortowaniu. W ten sposób sortyment grubszy, otrzymujący się na wewnętrznej powierzchni bębna, wychodzi przez otwór dolny, umieszczony niżej w sicie walcowem, lub przez otwór przy większej średnicy w sicie stożkowem, podczas gdy materjał drobniejszy przesiewa się przez sito i otrzymuje się z zewnątrz. Jeżeli sito walcowe jest umocowane poziomo, wówczas, żeby materjał załadowany mógł posuwać się wewnątrz sita w kierunku podłużnym, na wewnętrznej powierzchni walca urządza się śrubowe przegródki posuwające, których nachylenie winno być uzgodnione z kierunkiem obracania się bębna.

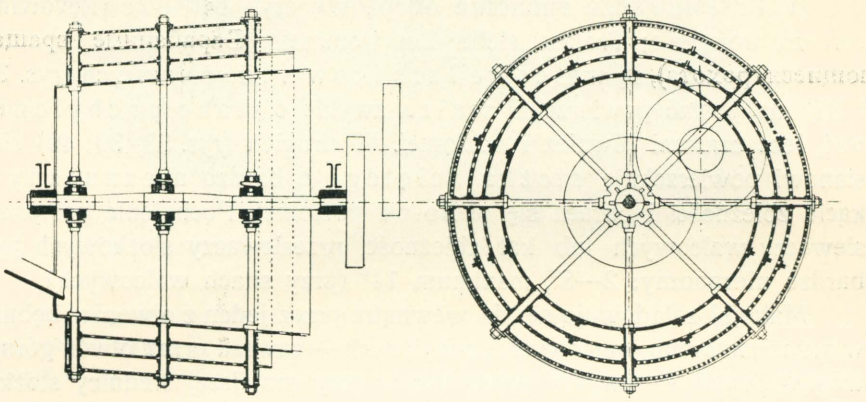
Długością przesiewaczy bębnowych nazywa się kierunek równoległy do osi geometrycznej sit. W sitach walcowych długość bębna jest równa długości twornicy, w sitach stożkowych jest ona mniejszą od twornicy i równa się wysokości stożka ściętego.

Górnym lub tylnym otworem przesiewaczy bębnowych nazywa się otwór, przez który materjał załadowuje się do bębna, dolnym lub przednim — otwór przeciwległy, z którego odchodzi sortyment grubszy.

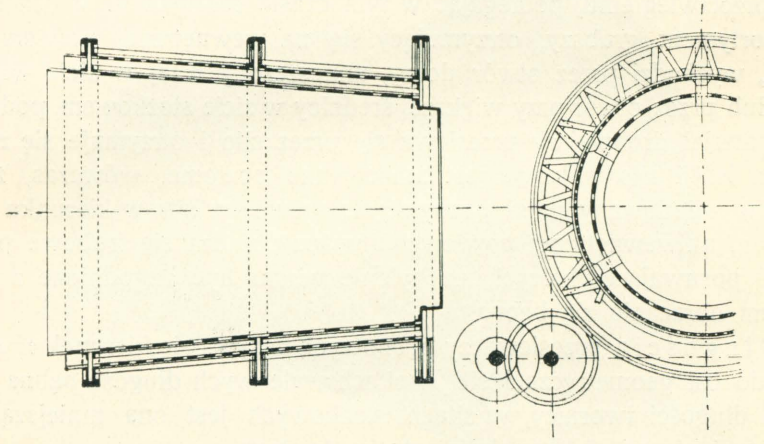
W przesiewaczach stożkowych zwykle otwór o mniejszej średnicy jest tylnym (lub górnym), o większej zaś — przednim (lub dolnym). Jednak w wypadkach wyjątkowych oś stożka umieszcza się nie poziomo, lecz z nachyleniem w kierunku od większego do mniejszego otworu pod takim kątem, żeby dolna twornica stożka ściętego była przynajmniej pozioma lub nachylona również ku otworowi mniejszemu w tym samym kierunku. Posiadają one zwykle dość znaczny kąt zbieżności 20° — 30°.

Takie bębny używają się czasami do odwadniania drobnych sortymentów kruszców i nazywają się stożkami odwróconemi.

Odmianę przesiewaczy bębnowych obrotowych stanowią przesiewacze graniastosłupowe i ostrosłupowe. Pierwsze są po-



Rys. 39*. Przesiewacz obrotowy stożkowy na wspólnej środkowej osi (firmy Humboldt'a, schemat).



Rys. 40*. Przesiewacz obrotowy stożkowy bez wewnętrznej osi spoczywa na rolkach obrotowych (firmy Breitfeld & Danek, schemat).

dobne do przesiewaczy walcowych, drugie mają postać ściętego ostrosłupa i są zupełnie analogiczne do bębnów stożkowych. Jedne i drugie zwykle są 6-cio- lub 8-mio-graniaste, wykonywują się z sit płaskich i przez to są łatwiejsze do skonstruowania w zwykłych warsztatach na kopalniach, aniżeli walcowe i stożkowe, wykonane z sit wygiętych.

Do typu przesiewaczy bębnowych mogą być wreszcie zaliczone przesiewacze o sitach półwalcowych na osiach słabo pochylonych lub półstożkowych na osiach poziomych; sita te stanowią dolne odcinki wzdłuż bocznych twornic, zwykłych sit walcowych i stożkowych. Są to przesiewacze francuskie Lecnique. W celu przeprowa-

dzenia sortowania sita półbębnowe otrzymują od specjalnego mechanizmu uruchamiającego spokojny ruch wahadłowy dokoła swych osi.

W porównaniu z bębnami całkowitemi przesiewacze Lecnique odróżniają się tą zaletą, że sita ich, posiadając mniejszą powierzchnię, są lżejsze i lepiej wyzyskane, podczas gdy w sitach bębnowych całkowitych materjał załadowany zajmuje jednocześnie nie więcej $^1/_6$ całej powierzchni, pozostałe zaś $^5/_6$ są nieużyteczne. Lecz sita całkowite o stałym ruchu obrotowym, odbywającym się ze stałą prędkością, nie posiadają skomplikowanego mechanizmu sit wahadłowych; nie mając punktów martwych w swym ruchu, podają produkty rozsortowane w strumieniach równomiernych, co ważnem jest, jeżeli postępują one do jakichkolwiek bądź innych przyrządów sortowniczych, maszyn płóczkowych i t. p.; wreszcie ta okoliczność, że niecała powierzchnia sit pełnych jest jednocześnie wyzyskana, przedłuża okres ich służby i zmniejsza koszta utrzymania. Tak samo te okoliczności wyzyskania i zużycia sit mogą być podniesione przy porównaniu pomiędzy sobą przesiewaczy bębnowych i płaskich.

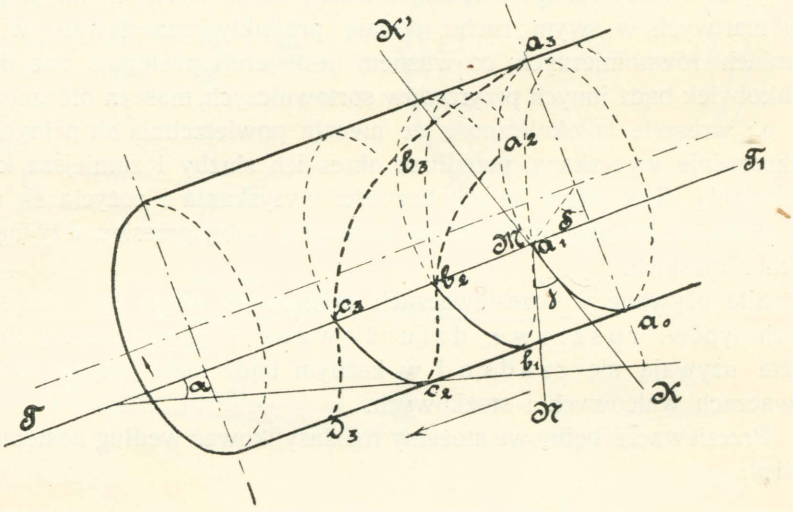
Sita używane w przesiewaczach bębnowych mogą być wszystkich trzech typów: r u s z t o w e, d z i u r k o w a n e i p l e c i o n e. Jednakże ruszta używają się r z a d k o i w każdym bądź razie jedynie w przesiewaczach walcowych i stożkowych.

Przesiewacze bębnowe możemy rozklasyfikować według następującej tablicy:

	Rodzaj ruchu	Kształt sita	Typ sita
Przesiewacze bębnowe	I. Obrotowe	1. Walcowe 2. Stożkowe 3. Stożkowe odwrócone 4. Graniastosłupowe 5. Ostrosłupowe	rusztowe dziurkowane i plecione
	II. Wahadłowe (Lecnique)	6. Półwalcowe 7. Półstożkowe	dziurkowane i plecione

A. W b ę b n a c h r u s z t o w y c h sztaby o przekroju kwadratowym lub okrągłym układają się w pewnych odstępach wzdłuż twornic walca lub stożka. W bębnach stożkowych odległość pomiędzy rusztami zwiększa się ku szerokiemu otworowi, co zabezpiecza ich od zastrzęgania kawałków i psucia się przez wyginanie. Bębny rusztowe służą tylko dla odsortowywania bardzo grubych kawałków i używają się rzadko, zwykle właściwie — dla przemywania mas zmieszanych z iłem złóż aluwjalnych, naprzykład, aluwialnych złóż okruchowych rudy żelaznej, wapienia, złota i platyny, kasyterytu, etc. Zwięzły zbity z iłem materjał nie może być sortowanym bezpośrednio i po załadowaniu do bębna ulega w nim roz-

myciu przez strumienie wodne, wypływające pod znacznem ciśnieniem z wodotrysków rurowych, założonych wewnątrz wzdłuż osi, lub z zewnątrz wzdłuż twornic bębna. Zwykle duży współczynnik światła przy rusztach sprzyja przenikaniu do bębna znacznej ilości wody z zewnątrz, jak również ułatwia oddzielanie się wielkiej masy rozmytego iłu wespół z drobnym materjałem z grubych głazów, zawsze obecnych w złożach aluwialnych; kanciaste zaś ruszta kwadratowe przy obracaniu się bębna ułatwiają przecieraniu i rozmywaniu iłu.



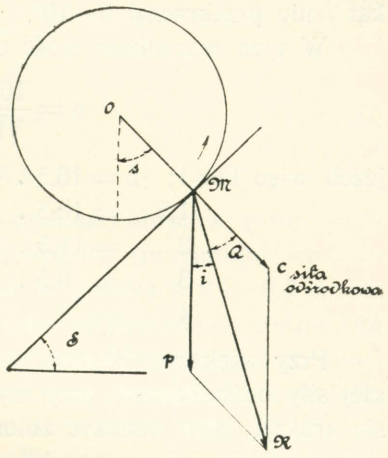
Rys. 41. Schemat ruchu ziarn w przesiewaczu (rzeszocie) bębnowym.

Jednakże dla celów przecierania i rozmywania materjału zmieszanego z dużą ilością iłu itsnieją dziś przyrządy doskonalsze, tak że wogóle rusztowe przesiewacze bębnowe są mało rozpowszechnione. (Na Uralu i w Syberji „beczka Perru“ na kopalniach złota okruchowego, słynna z powodu dyskusji o swych zaletach i wadach).

B. W zwykłych przypadkach sortowania i klasyfikacji używają się przesiewacze bębnowe z blachy dziurkowanej lub siatki drucianej. Z siatki drucianej — zwykle dla sortymentów drobniejszych, zresztą również — i dla kawałków wszelkich wielkości.

Proces sortowania w sitach bębnowych zachodzi w sposób następujący (fig. 41 i 42): przy obracaniu się bębna ziarno, leżące na jego dolnej twornicy w punkcie a_0, pochwycone przez siłę tarcia F, wywołaną wspólnem działaniem składowej normalnej ciężaru P. Cos. s oraz siły odśrodkowej C, zostaje podniesione w linji przekroju kołowego bębna na pewien łuk s do punktu a_1 bez zmiany stosunkowej swego miejsca na sicie i w tym czasie, oczywiście, żadne sortowanie nie zachodzi. Lecz w miarę podnoszenia ziarna zmniejsza się z jednej strony stopniowo opór tarcia wraz ze zmniejszeniem się normalnej składowej ciężaru

P.Cos s, z drugiej zaś strony wzrasta składowa ciężaru P.Sin s prostopadła do pierwszej, a działająca w kierunku największego nachylenia się do poziomu płaszczyzny, stycznej do powierzchni sita w linji twornicy TT_1, do której zostało podniesione ziarno i w chwili, gdy ta ostatnia składowa przezwycięża opór tarcia, ziarno zaczyna się staczać (ew. ześlizgiwać) w kierunku największego upadu a_1N tej właśnie płaszczyzny stycznej. Kierunek ten, oczywiście, z powodu nachylenia bębna tworzy pewien kąt N M K (γ) z kierunkiem podnoszenia ziarna t. j. ze styczną w tym samym punkcie a_1 do obwodu kołowego, a_0a_3 w jego płaszczyźnie K K_1, odchylając się naprzód. Wskutek tego po zsunięciu się z powrotem na dolną twornicę ziarno w stosunku do swego miejsca pierwotnego zostaje przesuniętem na tejże naprzód o a_0b_1. W czasie zsuwania się na drodze $a_1\,b_1$ ziarno zmienia swoją pozycję na powierzchni sita i ma możność odsortować się, jeżeli natrafi na otwór.



Rys. 42**.

Przy powtarzaniu kolejnym podnoszenia i staczania się ziarn kreślą one w przestrzeni linję zygzakowatą, $a_0\,a_1\,b_1\,b_2\,c_2\,c_3\,d_3$..., na powierzchni zaś sita — linję śrubową $(a\,b\,c\,d)_{1-3}$, $a_1\,b_1$; $a_2\,b_2\,c_2$; $a_3\,b_3\,c_3$; której odcinki kolejne $a_1\,b_1, b_2\,c_2, c_3\,d_3$... stanowią drogi staczania się linji zygzakowatej.

Długość linji śrubowej *L* wpływa, oczywiście, na dokładność sortowania i przy jednostajnych warunkach pozostałych może służyć miarą tej dokładności.

W sitach w a l c o w y c h:

$$L = L\,\frac{\text{Sin s}}{\text{Sin }\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

W sitach s t o ż k o w y c h:

$$L = L\,\frac{\text{tg s}}{\text{tg }\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

gdzie L — długość bębna

α — kąt nachylenia sit walcowych lub kąt zbieżności sit stożkowych.

s — kąt podnoszenia ziarna przy obracaniu się bębna.

$$s = (\varphi + i) \text{ (rys. 42)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

gdzie φ — kąt tarcia

i — kąt zależny od siły odśrodkowej i znajduje się ze wzoru

$$\text{Sin } i = \frac{1}{2g}\left(\frac{\pi}{30}\right)^2 D \cdot n^2 \text{ Sin } \varphi \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

gdzie D — górna średnica bębna,
n — ilość obrotów na minutę.

Zwykle ilość obrotów reguluje się w ten sposób, żeby kąt s nie przekraczał 40—45° (maximum 60°), czyli przyjmując $\varphi = 35°$, żeby kąt i nie przekraczał 5—10°.

W tych warunkach ilość obrotów:

$$n = \frac{16{,}5}{\sqrt{D}} \ldots\ldots \frac{23{,}3}{\sqrt{D}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

jeżeli więc D=1; n = 16,5 24
1,5 = 13,5 19
2 = 11,5 16,5
3 = 9,5 13,5
4 = 8 11,5

Przy większych kątach podnoszenia s, ziarna nabierają zbyt wielkiej siły odśrodkowej i przy wypadaniu z otworów sita, mogą albo same się kruszyć, albo niszczyć zbiorniki.

Jeżeli przyjąć, że $s = 40°$, otrzymamy:

$$L = 0{,}642 \frac{L}{\text{Sin } \alpha} \quad \ldots \quad (26) \quad \text{w sitach walcowych.}$$

$$L = 0{,}84 \frac{L}{\text{tg } \alpha} \quad \ldots \quad (27) \quad \text{w sitach stożkowych.}$$

Zatem, w zwykłych warunkach długość linji śrubowej nie zależy od średnicy bębna, lecz tylko od długości, bębna do której jest ona w stosunku prostym oraz od kąta pochylenia, do którego, przyjmując pod uwagę jego niewielkie wartości, jest w stosunku odwrotnym. Jeżeli $\alpha = 0$, to $L = \infty$: jeżeli $\alpha = 40°$, to $L = L$. W zwykłych zaś granicach przy $\alpha = 3°—10°$ na 1 m długości bębna przypada 20—6 m linji śrubowej, na 4 zaś metry normalnej długości bębnów walcowych $L = 80—24$ m. W bębnach stożkowych ta linja jest jeszcze o 20—30% dłuższą przy tej samej długości bębna; więc 100—36 m.

Tak długa linja śrubowa, która w przypadku bębnów walcowych może być łatwo wydłużona lub skracana przez proste regulowanie kąta nachylenia osi, sprzyja bardzo znacznie dokładnemu sortowaniu, zwłaszcza, wobec spokojnego biegu rzeszota z nieznaczną ilością obrotów. Dlatego też przesiewacze bębnowe szczególnie nadają się do przeprowadzenia wogóle ścisłej klasyfikacji przed następującem po niej mokrem wzbogacaniem, przedewszystkiem zaś dla materjału kruchego, jakim jest np. węgiel kamienny.

Dla oceny aktualnej dokładności sortowania prócz długości linji śrubowej miarodajna jest prędkość podłużnego posuwania się ziarn. Prędkość ta może być określona ze wzorów:

przy sitach walcowych: $v = \frac{\pi}{60} \cdot n \,.\, D \cdot \frac{\text{Sin } \alpha}{\text{Sin s}}$ . . . . . (28)

przy sitach stożkowych: $v = \frac{\pi}{60} \cdot n \,.\, D \cdot \frac{\text{tg } \alpha}{\text{tg s}}$ . . . . . (29)

lub w zwykłych przypadkach przy $s = 40^0$:

przy sitach walcowych: $v = 0{,}082 \; n \,.\, D \,.\, \text{Sin } \alpha$ . . . . . (30)

przy sitach stożkowych: $v = 0{,}064 \; n \,.\, D \,.\, \text{tg } \alpha$ . . . . . (31)

Jest ona zatem w stosunku prostym do ilości obrotów, górnej średnicy bębna oraz do wielkości kątów nachylenia (przyjmując ich nieznaczne wielkości) i w praktyce waha się w granicach 0,1—0,3 m/sek.

Prędkość podłużnego posuwania się ziarn na dokładność sortowania i wydajność wywiera wpływy wręcz przeciwne. Im większa jest prędkość, tem mniejsza jest dokładność, lecz większa wydajność sortowania.

Wreszcie, jako kryterjum dokładności sortowania może służyć, jak i w sitach płaskich, w p ó ł c z y n n i k z a ł a d o w a n i a, który nie powinien przekraczać tych samych wartości; maximum 1 — przeciętnie 0,5 i może być określony w danym bębnie ze wzoru ogólnego dla w y d a j n o ś c i:

$$Q = S \,.\, h \,.\, v \,(\delta \,.\, k) \,.\, \eta \,.\, 60 \,.\, 60 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (32)$$

gdzie S — analogicznie do szerokości B sit płaskich, oznacza długość łuku, na którym rozmieszcza się materjał i może być zastąpione przez:

$$S = \frac{\pi D s}{360}$$

gdzie s jest odpowiedni kąt w stopniach. W przypadku, gdy $s = 40^0$ ogólny wzór wydajności bębnów przyjmuje postać:

$$Q = 1256 \,.\, h \,.\, D \,.\, v \,.\, (\delta k) \eta \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (33)$$

albo wstawiając (30) i (31):

dla bębnów walcowych:

$$Q = 103 \,.\, h \,.\, D^2 n \,.\, \text{Sin } \alpha \,(\delta \,.\, k) \,.\, \eta \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (34)$$

oraz dla bębnów stożkowych:

$$Q = 80 \,.\, h \,.\, D^2 n \,.\, \text{tg } \alpha \,(\delta \,.\, k) \,\eta \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (35)$$

Wzory te wskazują, że w y d a j n o ś ć b ę b n ó w przy jednostajnych warunkach załadowania (h . k . η) j e s t w s t o s u n k u p r o s t y m d o i l o ś c i o b r o t ó w, k ą t ó w n a c h y l e n i a (przy α — małem) o r a z d o k w a d r a t u ś r e d n i c y (mniejszej w stożkowych). Wzory te służą do

oznaczenia głównych składników bębnów, mających wykonać określone zadanie. Przy obliczeniach należy przyjmować h — wysokość warstwy załadowanej, równą wielkości największych ziarn lub nieco więcej, przyczem należy sprawdzić z warunku:

$$\frac{\pi . D . s}{360} \cdot h \leqslant \frac{2}{3} l . h' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36)$$

gdzie l — jest cięciwa łuku s przy danem D (rys. 43), zaś h' — jej strzałka; przytem, o ile warunek ten nie może być zachowany, należy przyjąć inne średnice lub s, co w związku z (23) i (24) oznacza odpowiednie dobranie liczby obrotów n.

W praktyce spotykamy zwykle następujące wielkości różnych składników rzeszot bębnowych i dane charakteryzujące ich sprawność:

średnice D = 0,8—2,2 max. 4 m
długości L = 1—4 „ 16 m
kąt nach. α = 2°—14°
liczba obrot. na minutę n = 8—24
wydajność abs. Q_h = 1—150 ton max. 800/godz.
„ stosunkowa $\frac{Q}{\pi D . L}$ = 2,5—6,5
Praca: N = 0,5—20 max. 150 K. M.

Liczby maksymalne stosują się do bębnów olbrzymów, używanych do przemywania piasków złotonośnych na dragach pływających w Alasce.

Przykład liczbowy. Określić wydajność możliwą bębna walcowego z danych następujących:

D = 1,6 m, L = 3,8, $\alpha = 5^0$; $\delta = 1,3$; k = 0,6, h = 0,035.

Podług (25) $n = \frac{16,5}{\sqrt{D}} = \frac{16,5}{\sqrt{1,6}} = 13.$

Podług (30) $v = 0,082 . n . D . \sin \alpha = 0,082 . 13 . 1,6 . 0,087 = 0,148$ — możliwa do przyjęcia.

Podług (33) $Q = 1256 . h . D . v (\delta . k) \eta$ przyjmując $\eta = 0,5$
$= 1256 . 0,035 . 1,6 . 0,148 . 1,3 . 0,6 . 0,5 = 4.$

Sprawdzenie. Określając z rys. przy D = 1,6, s = 40°, $l = 0,62$, $h' = 0,05$.

Podług (36) $\frac{\pi . D . s . h}{360} \leqslant \frac{2}{3} l . h'$

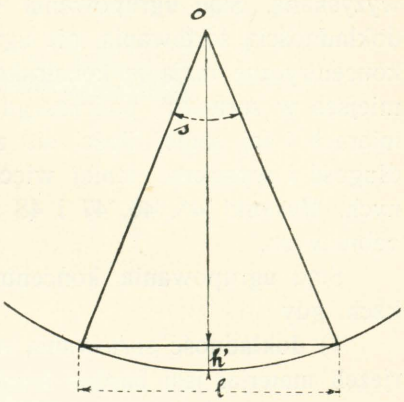
$$\frac{3,14 . 1,6 . 40}{360} h \leqslant \frac{2}{3} \cdot 0,62 . 0,05$$

skąd $h \leqslant 0,037$.

Materjał nie może być grubszym od 0,037 m.

W sortowniach węgla kamiennego przesiewacze bębnowe znajdują

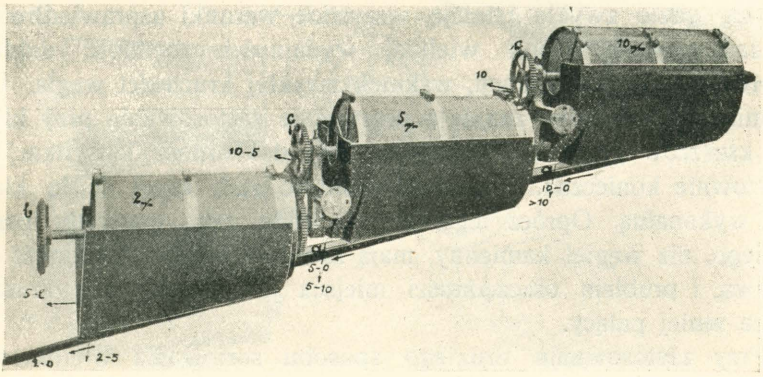
zastosowanie tylko dla sortymentów drobniejszych, zaczynając od kostki II, gdyż dla kostki I, nie mówiąc już o węglu grubym przy wielkich zwykle wydajnościach, jak to można się przekonać z wyżej podanych wzorów, sita musiałyby mieć zbyt wielkie średnice. Największe bębny, spotykane w sortowniach węgla kamiennego dla klasyfikacji materjału 60—0, mają 4 m średnicy.



Rys. 43**.

Przesiewacze bębnowe używają się dla sortowania prostego i wielokrotnego.

Dla sortowania wielokrotnego podług pierwszego sposobu, przy oddzieleniu najpierw sortymentów grubszych, bębny łączą się ze sobą w ugrupowaniach koncentrycznych lub schodowych. W ugrupowaniach koncentrycznych (rys. 38) sita umieszczają się jedno w drugiem na wspólnej osi, przytem sito wewnętrzne posiada otwory największe, następne — coraz mniejsze i sito zewnętrzne ma otwory najmniejsze. W ugrupowaniach schodowych (rys. 44) bębny two-



Rys. 44. Zespół schodkowy trzech walcowych przesiewaczy bębnowych. Żłoby, odprowadzające górne sortymenty, skierowane są w tył bębnów. Przesiewanie idzie na mokro, ażeby dolne sortymenty były znoszone po rynnach *a* do bębnów następnych. Dolny bęben obraca się zapomocą stożkowego koła zębatego *b*, a reszta bębnów od pierwszego — zapomocą trzech kół zębatych *c* (z katalogu Allis Chalmers).

rzą mniej lub więcej znaczne stopnie i są zupełnie niezależne jeden od drugiego, otwory zaś sit stopniowo zmniejszają się od sita bębna najwyższego do najniższego.

Sita koncentryczne nie dają możności wyzyskać dla sortowania całej długości użytecznej każdego z sit za wyjątkiem pierwszego (wewnętrznego), gdyż materjał przesiewa się na całej powierzchni każ-

dego sita poprzedniego i nie może w całości trafić na początek każdego następnego sita. Przeciwnie, w sitach schodowych materjał przesiany przez każde sito wyżej leżące zostaje skierowany na początek każdego sita niżej leżącego, tak, iż długość każdego sita zostaje w całości wyzyskaną. Stąd ugrupowania koncentryczne wyróżniają się mniejszą dokładnością sortowania, niż ugrupowania schodowe. Ale ugrupowania koncentryczne mają tę konstrukcyjną zaletę, że zajmują znacznie mniej miejsca w sortowni, podczas gdy schodowe — przy tych samych wymiarach i tej samej ilości sit zajmują o tyle razy więcej miejsca na długość i wysokość mniej więcej, ile jest w ugrupowaniu sit oddzielnych. Rysunki 45, 46, 47 i 48 pokazują rozmieszczenie przesiewaczy bębnowych.

Stąd ugrupowania koncentryczne wogóle są używane w wypadkach, gdy

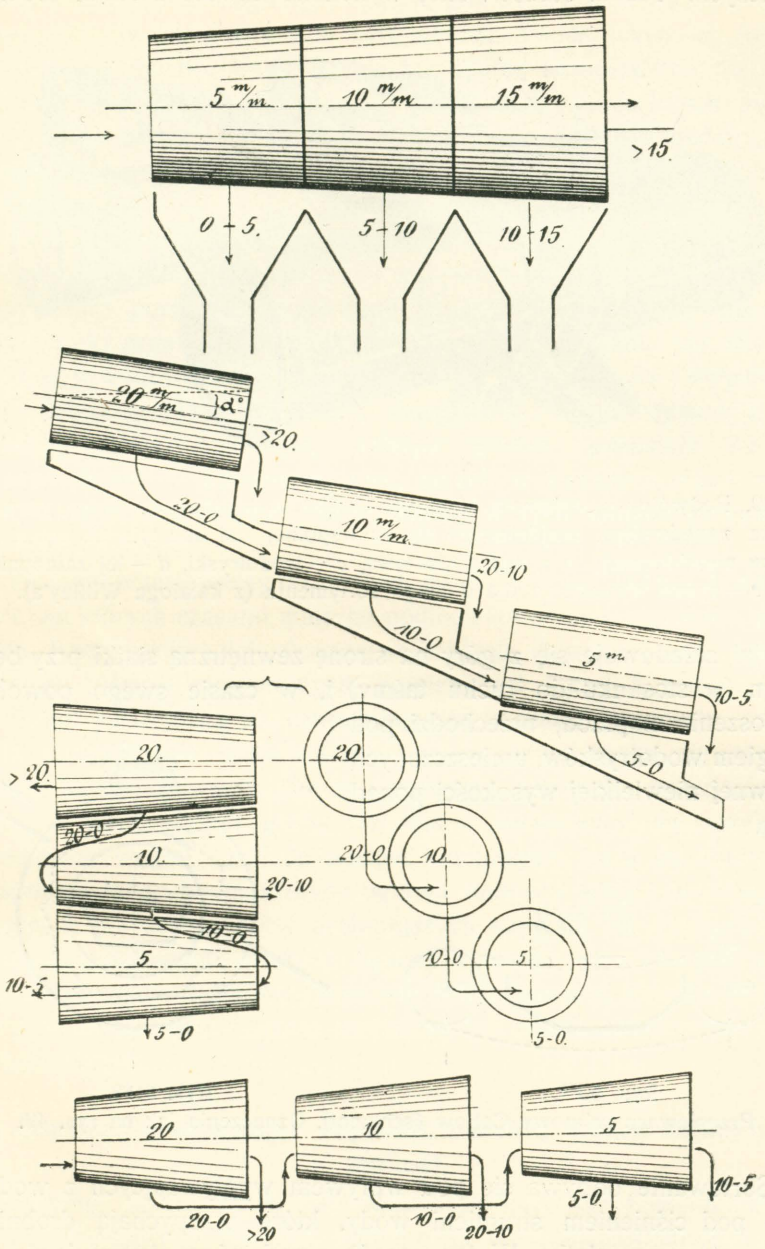
1) dokładność sortowania nie jest wymaganą lub jest bezcelową (jeżeli materjał jest bardzo kruchy),

2) gdy z powodu znacznej wydajności ogólnej powstaje palący problem oszczędzenia miejsca w sortowni. Przeciwnie, ugrupowania schodowe używają się wtedy, gdy dokładność sortowania jest konieczna i możliwa, problem zaś oszczędzania miejsca nie gra roli.

Ugrupowania koncentryczne stosują się najczęściej w płóczkach węglowych, gdzie zwykle istnieją wszystkie warunki usprawiedliwiające ich zastosowanie: obok wielkiej wydajności zbędność dokładnie przeprowadzonej klasyfikacji, wskutek zwykłej kruchości węgla. Ugrupowania zaś schodowe znajdują przeważnie zastosowanie przy klasyfikacji kruszców przed ich płókaniem, gdy dokładność klasyfikacji jest nieodzownie konieczna, a znaczna twardość rudy czyni ścisłą klasyfikację wykonalną. Oprócz tego płóczki rudy, jako materjału bardziej ważkiego, niż węgiel kamienny, mają zawsze mniejszą wydajność objętościową, i problem oszczędności miejsca jest przeto przy kruszcach zawsze mniej palący.

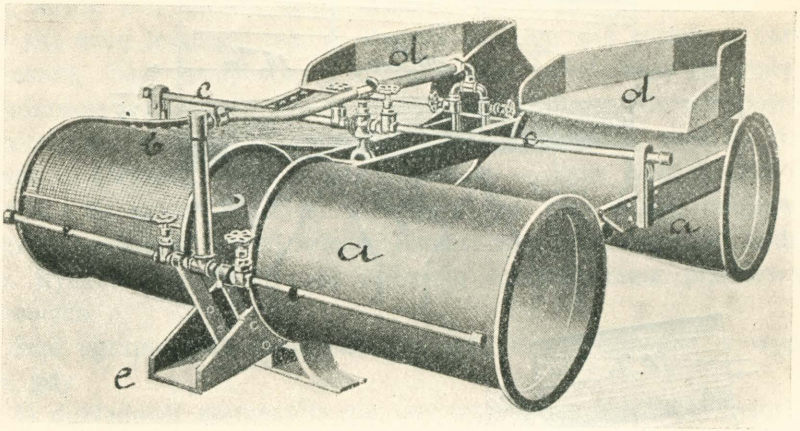
Przy zastosowaniu drugiego sposobu sortowania wielokrotnego, oddziela się najpierw sortymenty drobniejsze, sita zaś o otworach stopniowo zwiększających się stanowią kolejne ogniwa wspólnej powierzchni walcowej lub stożkowej w kierunku od tyłu ku przodowi. Sposób ten, jak i w przesiewaczach płaskich, odznacza się temi samemi ujemnemi właściwościami: mniej dokładnem sortowaniem, większem kruszeniem grubszych gatunków i znacznem zużyciem sit. Używa się przeto w praktyce, wtedy jeżeli w sortowni względy ogólno-konstrukcyjne przemawiają na korzyść wydłużenia bębnów w jedną linję i o ile przytem dokładność sortowania nie odgrywa wielkiej roli.

III. Przesiewacze taśmowe (Belt-screens; Bandsiebe; Ленточные горохота, rys. 49, 50 i 51), mają kształt taśmy bez końca, posuwającej się z bardzo nieznaczną szybkością w płaszczyźnie pozio-



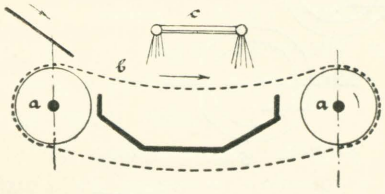
Rys. 45—48**. Układ przesiewaczy bębnowych.

mej dokoła dwóch obracających się (na osiach poziomych) bębnów kierowniczych. Taśma stanowi sito, wykonane zawsze z siatki drucianej.

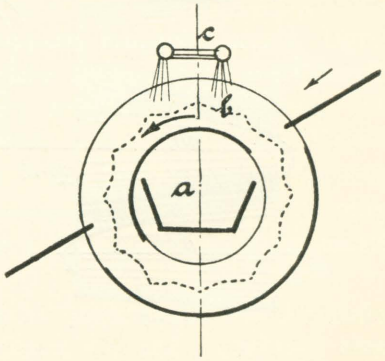


Rys. 49. Podwójny przesiewacz taśmowy Callow. *a* — bębny obrotowe, poruszane od koła napędowego, znajdującego się na wspólnej osi obu tylnych bębnów (na rysunku niewidocznej). *b* — siatka taśmowa, *c* — wodotryski, *d* — lej załadunkowy, *e* — rynna wypustowa dla dolnego sortymentu (z katalogu Wilfley'a).

Materjał załadowuje się z góry na stronę zewnętrzną siatki przy bębnie tylnym (w stosunku do ruchu taśmy) i, w czasie swego powolnego przenoszenia naprzód, przechodzi pod szeregiem wodotrysków, umieszczonych w pewnej niewielkiej wysokości ponad taśmą.



Rys. 50**.



Rys. 51**.

Przesiewacz taśmowy Callow (schemat). Oznaczenia jak na rys. 49.

Sortowanie odbywa się pod wpływem wypływających z wodotrysków pod ciśnieniem strumieni wody, które przepychają drobniejsze sortymenty przez siatkę. W ten sposób z pod taśmy otrzymuje się drobniejszy sortyment, grubszy zaś unosi się zapomocą taśmy z pod wodotrysków i wyładowuje się na przednim bębnie kierowniczym.

Sita taśmowe używają się tylko dla sortowania ziarn nadzwyczaj miałkich, w granicach 3—0,05 mm, w przypadkach analogicznych do tych, w jakich stosują się sita wibrujące, lecz tylko wtedy, gdy na-

stępne operacje stanowią mokre procesy wzbogacania, lub gdy materjał surowy z natury jest wilgotny, wreszcie, gdy obecność wody nie odgrywa żadnej roli. W nowoczesnych sortowniach kruszcowych w Ameryce sita taśmowe patentu Callow mają szczególne zastosowanie dla wzbogacania takich produktów mokrej klasyfikacji, np. drobnych piasków i iłów, które odznaczają się tem, że ziarnka kruszców są drobniejsze od ziarn skał płonnych, tak, iż wzbogacanie osiąga się przez rozdzielanie podług wielkości.

Analogiczne, pod względem działania do sit taśmowych, są sita obrotowe graniastosłupowe o wklęsłych bokach, powoli obracające się na osiach poziomych, t. zw. King-Screen. Materjał załadowuje się na wklęsłe boki graniastosłupa od zewnątrz i przy obracaniu się sita przechodzi pod wodotryskiem. Drobny materjał otrzymuje się z wewnętrznej strony bębna graniastosłupowego, skąd zostaje odprowadzony z wodą zapomocą żłoba, natomiast, materjał grubszy pozostaje na stronie zewnętrznej — odwrotnie, więc, aniżeli w zwykłych sitach bębnowych. King-Screen znajduje zastosowanie w tych samych przypadkach co i taśmy Callow.

Do typu przesiewaczy taśmowych należy zaliczyć taśmy transportowe, na których czasami materjał podlega sortowaniu ręcznemu, podług składu, jeżeli ogniwa ich złożone są z blach dziurkowanych lub krat na kształt rusztów poprzecznych, bowiem cel takiej konstrukcji taśm transportowych polega na uzupełniającem, w czasie transportu, odsortowaniu sortymentów drobniejszych i miału, które mogą się utworzyć podczas ich załadowania. Jest to, oczywiście, ważne dla materjałów kruchych. A więc, węgiel gruby i kostka I załadowuje się zwykle na przenoszące węgiel bądź do wozów kolejowych, bądź do zbiorników, transportery łańcuchowe, których ogniwa stanowią kraty z rusztów żelaza okrągłego; dla sortymentów drobniejszych używają się siatki plecione z drutów metalowych, rzadziej ogniwa z blachy dziurkowanej. Są to więc przesiewacze taśmowe, rusztowe i dziurkowane, których, wszakże, rola główna jest przenoszenie materjału lub ręczne oczyszczanie od domieszek obcych.

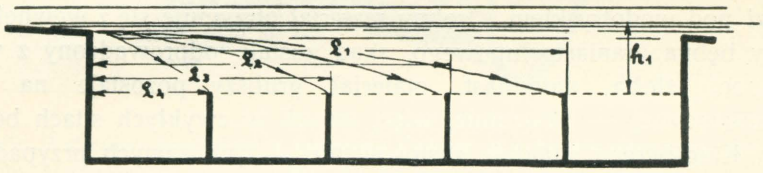
§ 2. Osadzanie w wodzie czyli sortowanie mokre (klasyfikacja mokra).

(Classyfying. Sortierung[1]), das Klassieren nach der Gleichfälligkeit[2]). Classement. Мокрая сортировка — классификация).

1. **Zasady osadzania w wodzie.** Operacja rozdzielania podług wielkości, zapomocą osadzania w wodzie, osnuta jest na różnicy w prędkości opadania ziarn różnej wielkości w wodzie bieżącej.

[1]) Podług Rittinger'a 1867; [2]) podług Schennen i Jüngst. 1913.

Mokre sortowanie w zakładach sortowniczych powtarza w małej skali zjawisko, które w przyrodzie zachodzi na wielką skalę bez przerwy. Znanym jest ogólnie wpływ sortujący potoków górskich, rzeczek i rzek, jak również i fal morskich. Potoki wodne, unosząc materjał ze stref rozmycia, osadzają w swych górnych częściach naprzód głazy i otoczaki, później na nizinach osiada piasek, wreszcie, ziarnka najdrobniejsze oraz ił unoszą się przez duże rzeki do morza, gdzie tworzą delty, których strefy przybrzeżne składają się z piasku, a brzeg z iłu. Obserwując działanie przybrzeżnych fal morskich, spostrzegamy, iż pas nadbrzeżny składa się ze żwiru i otoczaków, dalej, w głąb — otoczaki stopniowo zastępują się piaskiem, wreszcie, na znacznej odległości dno



Rys. 52. Krzywa prędkości swobodnego opadania kwarcu w wodzie.

morskie stanowi ił. Zupełnie to samo obserwujemy przy zapełnianiu zbiorników przez szlamy, wypływające z płóczki, a mianowicie, w strefie przyległej do miejsca wlewania się potoku osiadają najpierw ziarnka najgrubsze, następnie, w kierunku potoku, wielkość osiadających ziarnek stopniowo się zmniejsza i najdalej osiada ił.

Jeżeli zbiornik, przez który przepływa potok szlamu, podzielimy poprzecznemi pionowemi przegródkami, niedochodzącemi do powierzchni potoku na wysokość h_1, to, w utworzonych w ten sposób przedziałach, pomiędzy przegródkami znajdziemy materjał rozsortowany podług wielkości w granicach określonych, stopniowo zmniejszających się w kierunku potoku (rys. 52). W każdym przedziale osiadają takie ziarnka, których prędkość opadania jest większą od tej prędkości, z którą ziarnko opada na wysokość h_1 (t. j. na wysokość powierzchni wody do krawędzi przegródki), w przeciągu tego okresu czasu, w którym potok wody przy jego danej prędkości przepływa odległość poziomą $L_{1,2,3,4}$, od początku zbiornika do odpowiedniej przegródki. Zmieniając prędkość potoku (ilość wody), poziome odległości pomiędzy przegródkami oraz głębokość potoku, albo wysokość przegródek, mamy nieograniczoną możność regulowania procesu osiadania ziarn i otrzymywania w każdym przedziale materjału w dowolnych granicach wielkości, czyli możemy dowolnie wykonać sortowanie drogą mokrą.

Jeżeli dno każdego przedziału urządzimy w postaci leja, którego wierzchołek połączymy z wygiętą do góry rurką w kształcie lewaru,

celem nieprzerwalnego wypuszczania produktów osiadających, to otrzymamy pierwowzór wszystkich przyrządów mokrego sortowania, tak zwane skrzynie zaostrzone, albo sortowniki, ew. klasyfikatory wodne (rys. 72) (Pointed boxes. Spitzkasten. Шпицкастоны)

Sortowanie w skrzyniach zaostrzonych dogodne jest wszakże jedynie dla ziarnek nadzwyczaj miałkich, nie większych od 0,5 mm. Ziarnka większe mają o tyle znaczną prędkość opadania, że zapełniają zbyt szybko przedziały najbliższe i naruszają sprawność działania przyrządu. Celem uniknięcia tego należałoby nadawać prądowi wody zbyt wielką prędkość poziomą, co spowodowałoby tworzenie się ruchów wirowych w skrzyniach, jeszcze bardziej utrudniając prawidłowe sortowanie. Sortowanie dokładne może być jedynie uskutecznione w prądzie spokojnie płynącym, co właśnie ogranicza zastosowanie procesu jedynie do ziarn bardzo małych.

Niemniej jednak zalety mokrego sortowania, polegające na zupełnej samoczynności procesu bez wszelkich mechanizmów, a więc bez zużycia energji w jakiejkolwiek bądź postaci, posłużyły jako zrozumiały powód do ustawicznych dążeń rozszerzenia granic zastosowania procesu dla ziarn grubszych.

Pierwszym krokiem w tym kierunku było przystosowanie do sortowników wodnych wznoszącego się prądu. W tym celu do każdego przedziału zostały wpuszczone rurki pionowe z góry na dół, przez które świeży dopływ wody doprowadza się do zaostrzonego dna. Słuszna w założeniu myśl zmniejszenia prędkości opadania ziarn zapomocą przeciwstawienia im wznoszącego się prądu wody, tym sposobem jednakże nie została pomyślnie rozwiązana. Wskutek rozszerzania się ku górze przekrojów poprzecznych każdego przedziału, wznoszący się prąd nie posiada prędkości stałej, co powoduje skupianie się w poszczególnych przedziałach ziarn, prędkości opadania których równają się średniej prędkości prądu wznoszącego się; takie ziarnka nie mogą ani osiąść na dno, ani przejść do następnego przedziału, lecz otrzymując ruch wirowy na miejscu i nagromadzając się w znacznej ilości, naruszają prawidłowy bieg sortowania i uniemożliwiają regulowanie procesu.

Zupełne rozwiązanie problemu sortowania mokrego ziarnek grubszych — piasków, w prądzie wznoszącym się, osiąga się dopiero w tak zwanych sortownikach (klasyfikatorach) hydraulicznych (rys. 58—75). W przyrządach tych potok wody, unoszący materjał drobny, kieruje się wzdłuż kanałów kolejno pochylonych na dół i do góry zygzakami, przyczem kolejne wznoszące się kanały mają coraz większy przekrój poprzeczny, wskutek czego prędkość prądu w nich stopniowo zmniejsza się, pozostając stałą w każdym kanale. W dolnem kolanie każdego zygzaku, czyli na dnie każdego przedziału umieszczona jest, t. zw., rurka (kanał) sortująca (sorting column), która podaje dodatkowy strumień wody, wznoszący się do góry. Przekrój tej rurki

jest takim, że przy określonym stosunku ilości wody dodatkowej do ilości materjału osiadającego w przedziale, prędkość wznoszącego się strumienia nie przeszkadza swobodnemu przenikaniu do rurki ziarnek odsortowanych i wykonywa jednocześnie sortowanie poprawcze unosząc przypadkowo osiadłe ziarnka mniejsze. Ziarnka odsortowane przez kanały sortujące trafiają w dolną komorę, umieszczoną poniżej bocznej rurki, doprowadzającej do kanału sortującego strumień dodatkowy, skąd w postaci zgęszczonego szlamu mogą być usuwane w miarę nagromadzania się okresowo lub też bez przerw przez rurkę lewarową. Klasyfikatory hydrauliczne dozwalają na sortowanie piasku w ziarnkach do 5 mm, w wypadkach wyjątkowych nawet do 10 mm. Regulowanie procesu wykonywa się przez zmianę prędkości prądu w kanałach sortujących, oraz przez zmianę przekroju kanałów wznoszących się w skrzyniach zapomocą specjalnych urządzeń regulujących.

Rittinger[1]) dowiódł, że opadanie ziarn minerałów w wodzie można przyjąć z dostateczną dla celów praktycznych ścisłością, jako zachodzące podług prawa ruchu równomiernego o stałej prędkości:

$$v = k\sqrt{d\,(\delta - 1)}\ \text{m/sec} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

gdzie: d — średnica ziarna w częściach metra
δ — ciężar gatunkowy danego minerału
k — współczynnik stały, zależny od rodzaju ciała i jego kształtu, przeciętnie — 2,44.

Podług doświadczeń Richards'a[2])

dla SiO_2 . . . $k = 87$
„ PbS . . . $k = 100$

jeżeli v i d wyrażone są w milimetrach.

Wzór Rittinger'a, jak to udowodnił Richards, jest prawidłowy jednak tylko dla dużych kawałków i ziarn nie mniejszych od 1,5 mm, a właściwie nawet $\geqslant 3$ mm.

A. Christensen (asystent prof. Richards'a) dowiódł empirycznie, że ziarna w granicach 3—0,2 mm opadają z prędkością:

$$v = a\sqrt{d} - b \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)^{3})$$

gdzie współczynniki a i b mają wartości:

---

[1]) Ritter von Rittinger. Lehrbuch der Aufbereitungskunde. Berlin 1867, oraz dodatki 1870 i 1873. Kapitalne dzieło o sortownictwie o charakterze ściśle naukowym.

[2]) Robert H. Richards. Ore dressing. 4 tomy 1905—1909. New York 2025 str. Najnowsze kapitalne dzieło z sortownictwa. Tom V, wydanie skrócone.

[3]) Engineering & Mining Journal 1909. No. 11.

dla SiO_2 . . . a = 133, b = 36
„ PbS . . . = 322, = 57
„ FeS_2 . . . = 250, = 49
} jeżeli v i d wyrażone w mm

Drobniejsze ziarnka, ił (< 0,2 mm) podług doświadczeń Richards'a ulegają prawu Stockes.

$$v = k\,(\delta - 1)\,.\,d^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

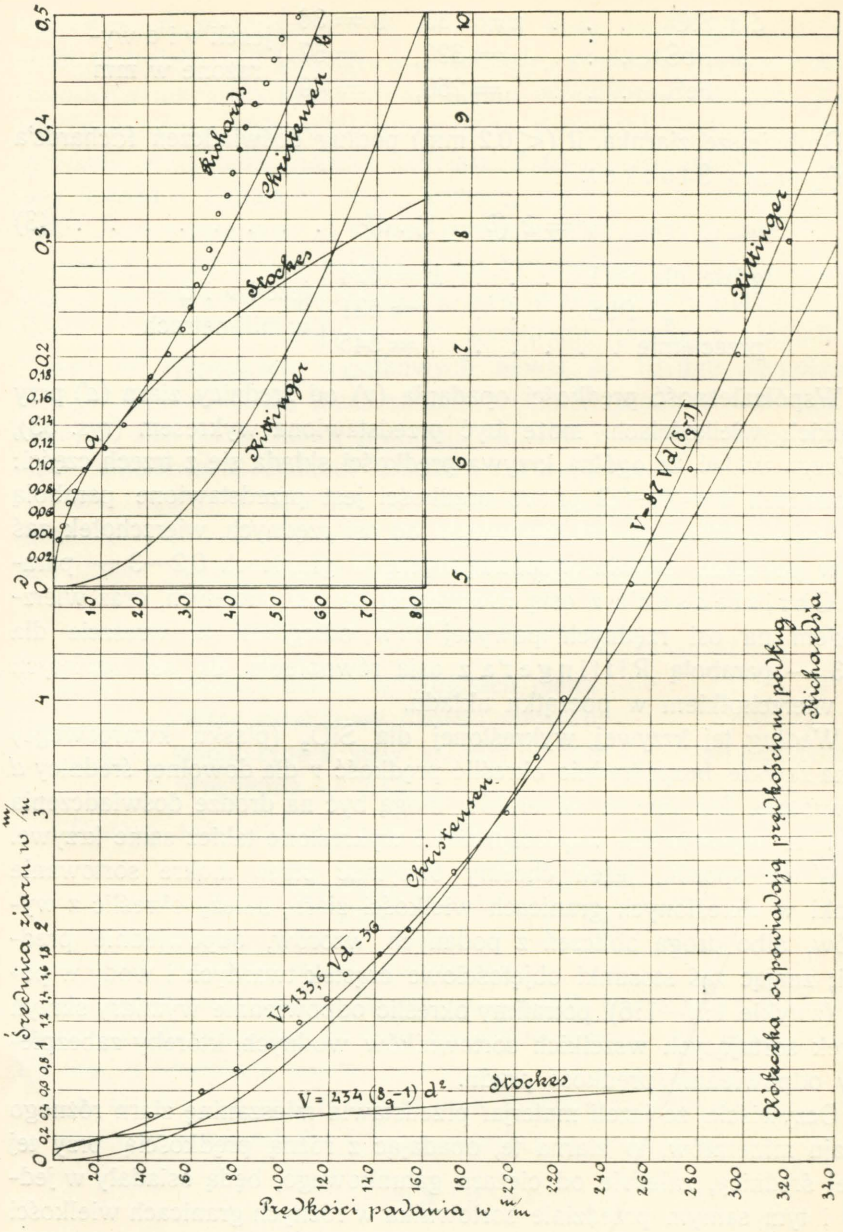
gdzie dla SiO_2 . . . $k = 424$
„ PbS . . . = 631
przeciętnie . . . . . = 545
} jeżeli v i d — w milimetrach

Współzależność prędkości opadania (v) od średnicy ziarn (d) przy wszelkich wielkościach, może być przedstawiona wykresem (rys. 53), z którego widać, że ogólna krzywa prędkości składa się z trzech części: w granicach d = 0—0,2 prawo prędkości jest przedstawione parabolą Stockes'a, której oś jest równoległa od osi rzędnych, wierzchołek zaś leży w początku układu współrzędnych; w granicach 0,2—3 — parabolą Christensen'a z osią równoległą do osi odciętych, oraz wierzchołkiem na osi rzędnych powyżej 0 w odległości b; wreszcie dla d > 3 — parabolą Rittinger'a z osią równoległą do osi odciętych oraz wierzchołkiem w początku układu.

Według tej krzywej, wykreślonej dla SiO_2 (piasku kwarcowego) można zawsze bezpośrednio określić prędkość v dla dowolnej średnicy d i odwrotnie. Dla innych minerałów mogą być na drodze doświadczenia określone odpowiednie współczynniki i wykreślone takież same krzywe.

W ten sposób, jeżeli chcemy otrzymać przez mokre sortowanie gatunki w określonych granicach wielkości ziarn, należy określić z wykresów, albo drogą obliczeń z podanych wzorów, odpowiednie prędkości; znając zaś stosunki objętościowe cząstek twardych i wody w potoku (zwykle 1:3—1:6), potrafimy określić odpowiednie wymiary skrzyń i rurek sortujących wszelkich sortowników wodnych, któreby zabezpieczały odpowiednią prędkość prądu.

Oczywiście, że jeżeli materjał przedstawia mieszaninę ziarn różnego rodzaju minerałów, to ziarna te, opadając z różną prędkością przy tej samej średnicy, zależnie od ciężaru gatunkowego, będą osiadały w jednym i tym samym przedziale sortownika w różnych granicach wielkości i wogóle ziarna minerałów o większym ciężarze gatunkowym w jednostajnych granicach prędkości opadania (czyli w tym samym przedziale) są zawsze drobniejsze niż ziarna minerałów o mniejszym ciężarze gatunkowym. Stąd w przedziałach przyległych przy sortowaniu mieszaniny różnych minerałów nie nastąpi dokładne rozdzielanie ich podług wielkości, a gatunki sąsiednie zawsze będą zawierać pewną ilość ziarn jednakowej wielkości jakkolwiek różnego składu. Na tem właśnie po-



Rys. 53. Krzywa prędkości swobodnego opadania kwarcu w wodzie.

lega cecha, wyróżniająca produkty sortowania mokrego, w porównaniu do produktów sortowania suchego, przy którem ziarna różnych minerałów są zawsze w jednostajnych granicach co do wielkości.

Dlatego też przy mokrem sortowaniu nie da się określić skali klasyfikacji stosunkiem średnic ziarnek rozgraniczających sortymenty i klasy sąsiednie, lecz winna być ona oznaczana jako stosunek prędkości. Takie określenie skali klasyfikacji mokrej jest tem

bardziej słuszne, gdyż, jak widzieliśmy, sortowanie mokre osnute jest na różnicy w prędkości opadania ziarn różnej wielkości, a nie bezpośrednio na różnicy w wielkości. Stąd, ściślej mówiąc, mokre sortowanie rozdziela materjał nie podług wielkości ziarn, lecz podług ich prędkości opadania w wodzie, i skala sortowania winna zatem określać stosunki prędkości rozgraniczających sortymenty, otrzymywane w przedziałach sąsiednich sortowników. W przypadku, gdy materjał składa się tylko z jednego minerału (piasek, węgiel), wówczas mokry proces sortuje go dokładnie podług wielkości. Jednakże i w tym wypadku sortowanie reguluje się podług ustalenia odpowiednich prędkości.

2. Zastosowanie. Rozdzielanie ziarn przez osadzanie w wodzie, podobnie jak i sortowanie suche, może mieć charakter operacji głównej, przygotowawczej i uzupełniającej.

W charakterze operacji głównej, t. j. dającej produkty gotowe czyli sortowane, rozdzielanie przez osadzanie w wodzie czyli mokre sortowanie ma stosunkowo zastosowanie ograniczone. Przy przemywaniu aluwjalnych gliniastych utworów, zawierających drobne ziarnka jakiegokolwiek minerału, np. rudy żelaznej, po uprzedniem przetarciu masy gliniastej w obecności wody i przekształceniu jej w stan ciekłego szlamu, skierowuje się tę masę na sito z dziurkami, np. 5 mm, na którem pozostają większe kawałki ciała kopalnego, szlam zaś, który z drobną rudą przeszedł przez dziurki sita, ulega mokremu sortowaniu w hydraulicznych sortownikach i prostych skrzyniach zaostrzonych celem otrzymania najdrobniejszych gatunków rudy i oddzielenia ich od wody (sortownia na górze „Błagodat").

Szlamy, powstające w płuczce węglowej, kieruje się następnie do olbrzymich zbiorników z dnem zaostrzonem, gdzie przez osiadanie w wodzie otrzymuje się w kolejnych podziałkach miał nadający się do cegiełkowania, oraz ił węglowy, który po wysuszeniu ma wygląd pyłu i który w razie jego względnej czystości może być użyty do spalania w dyszach pieców rotacyjnych oraz pod kołłami. Częściej natomiast szlamy węglowe są o tyle zanieczyszczone przez domieszki postronne, że mokre sortowanie przybiera charakter raczej oświetlania wód (klarowania) — operacji, której produktami gotowemi są względnie czysta woda, zdatna do powtórnego użytku w tej samej płóczce, oraz zgęszczone szlamy stanowiące odpady.

Znacznie częściej osadzanie w wodzie znajduje zastosowanie w operacjach przygotowawczych przed różnemi późniejszemi operacjami głównemi, czyli jako klasyfikacja mokra.

Naprzykład, przy wzbogacaniu kruszców wpryśniętych w skale bardzo drobnemi ziarnkami (rudy złota w procesie ługowania cyankiem potasu, rudy Zn i Cu w procesach „flotacji"), gdy cała masa musi być zmieloną do stanu iłu, klasyfikacja mokra następuje bezpośrednio po

klasyfikacji suchej na sitach przy konsekwentnem rozdzielaniu procesu rozdrabiania na stadja kolejne. Zakończając klasyfikację suchą otrzymaniem produktu 2—0, dalszą klasyfikację tego produktu kontynuują drogą mokrą, dzieląc na klasy (np.):

2—0,4; 0,4—0,125; 0,125—0,025; 0,025—0.

Odpowiednio do tych wielkości ziarn określają się wskazanym wyżej sposobem prędkości, ich skala, oraz obliczają się odpowiednie wymiary klasyfikatorów.

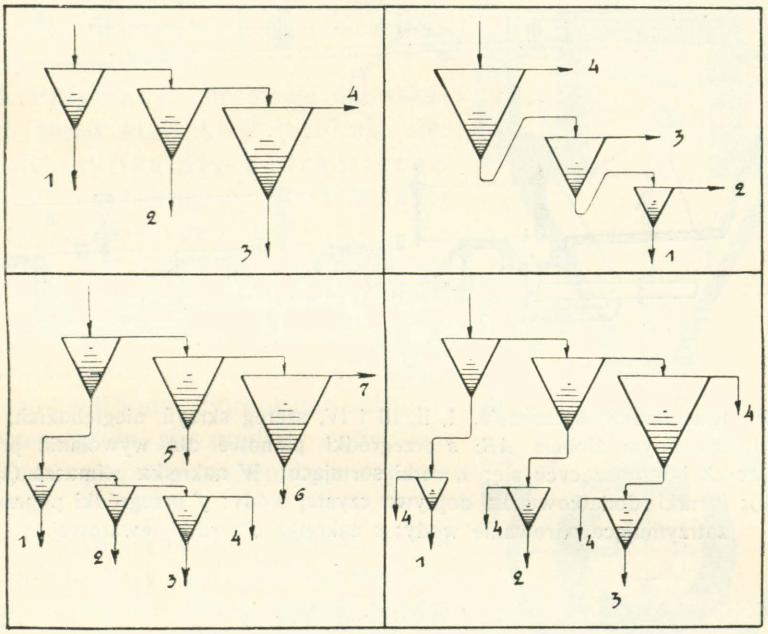
Również przy wzbogacaniu rud podług ciężarów gatunkowych zapomocą płókania, klasyfikację suchą doprowadza się zwykle do otrzymania klasy najniższej (1—0 w Europie, oraz 3—0, i nawet 5—0 w Ameryce), poczem dalszą klasyfikację wykonywa się drogą mokrą. Aczkolwiek najnowsze sita taśmowe Callow dozwalają doprowadzić klasyfikację suchą do nader drobnych klas, to jednak widzieliśmy, że produkty klasyfikacji mokrej, jako mieszaniny różnych minerałów posiadają własności szczególne, odróżniające je od produktów klasyfikacji suchej i wymagają wskutek tego stosowania innej metody wzbogacania. Jak zobaczymy w rozdziałach następnych, te inne metody wzbogacania są bardziej dogodne dla produktów miałkich wogóle, aniżeli metody właściwe charakterystycznym produktom klasyfikacji suchej. Dlatego też zwykle klasyfikacja sucha posuwa się tylko do pewnej granicy 5—1 mm i dalej zastępuje się przez klasyfikację mokrą. Skala prędkości dla klas wyższych (> 0,5 mm) zwykle bywa dość wąska 1,25—1,3 lecz przechodząc do klas niższych zwykle stopniowo się rozszerza.

Klasyfikacja mokra, jako operacja przygotowawcza do wzbogacania mokrego piasków i iłów jest najbardziej typowym przykładem zastosowania mokrego sposobu rozdzielania. Na tej zasadzie sposób rozdzielania materjałów drobnych podług prędkości opadania w sortownikach wodnych często nosi nazwę klasyfikacji mokrej w znaczeniu ogólnem, obejmującem i wypadki sortowania, a same przyrządy, w których zachodzi klasyfikacja mokra, noszą ogólną nazwę klasyfikatorów, bądź prostych, bądź hydraulicznych.

W charakterze operacji uzupełniającej klasyfikację mokrą używa się w tych samych wypadkach, co i przesiewanie na sitach, t. j. po operacjach rozdrabiania, jako klasyfikacja poprawcza, ograniczając się, oczywiście, do tych przypadków, gdy sam proces rozdrabiania odbywa się przy współudziale wody, oraz w najniższych stadjach rozdrabiania.

3. Proces mokrej klasyfikacji. Każdy przedział klasyfikatora hydraulicznego lub prostego może być rozpatrywany jako przyrząd samodzielny, działający niezależnie jeden od drugiego, podobnie do przesiewaczy prostych o jednem sicie. W takich przyrządach pojedyńczych zawsze otrzymuje się tylko dwa produkty: dolny (sortyment, klasa),

zawierający materjał grubszy (spigot product) i górny, zawierający materjał drobniejszy, tak zw. spływ (overflow, слив). Celem otrzymania kilku sortymentów przyrządy pojedyncze tworzą ugrupowania w pewnym porządku, łącząc się ze sobą zapomocą żłobów, któremi jakikolwiek bądź produkt przyrządu poprzedniego (górny lub dolny) przenosi się do przyrządu następnego (analogicznie ugrupowaniom schodowym



Rys. 54—57. Układ klasyfikatorów.

sit), lub też tworzą złożone kompleksy w postaci jednego przyrządu (analogicznie do rzeszota złożonego). Zespół n pojedynczych klasyfikatorów daje zawsze $(n+1)$ produktów.

Przy połączeniu kilku klasyfikatorów w grupy lub kompleksy złożone, porządek otrzymywania produktów, tak samo jak w procesie suchym, może być dwojaki:

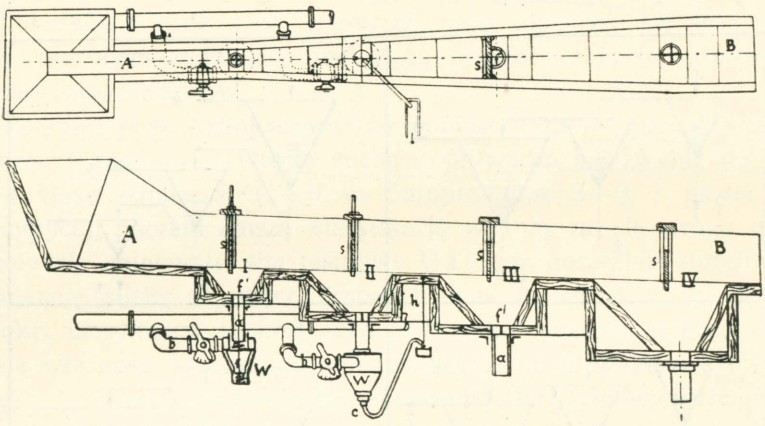
1) najpierw otrzymuje się klasy wyższe (grubsze), później drobniejsze;

2) najpierw otrzymuje się klasy drobniejsze, później — grubsze.

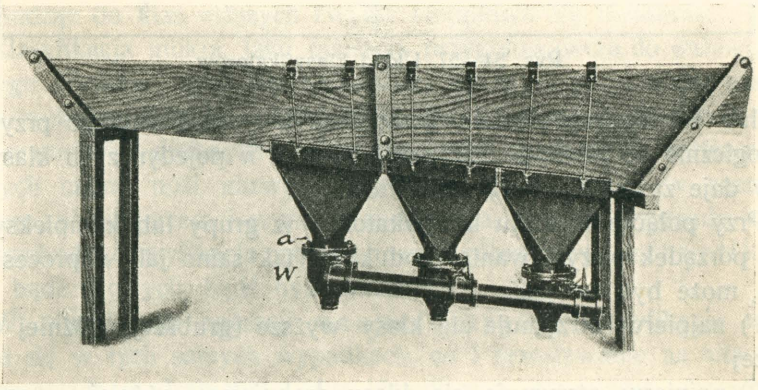
W pierwszym przypadku w każdym klasyfikatorze pojedynczym (lub przedziale) przyrządu złożonego jako produkt gotowy otrzymuje się dolny (grubszy), spływ zaś, zawierając mieszaninę wszystkich klas pozostałych, drobniejszych, stanowi produkt przejściowy i skierowuje się do przyrządu następnego, w którym proces powtarza się w tym samym porządku. Operacja ta powtarza się w każdym następnym klasyfikatorze, zanim w ostatnim nie zostaną otrzymane dwie ostatnie klasy najdrobniejsze. Szereg klasyfikatorów posiada stopniowo zwiększające

się wymiary stosownie do stopniowo zmniejszających się prędkości opadania (rys. 54).

W drugim przypadku w każdym pojedyńczym klasyfikatorze otrzymuje się gotowy produkt górny (w spływie), drobniejszy, dolny zaś, zawierający mieszaninę pozostałych klas grubszych stanowi produkt



Rys. 58. Klasyfikator Richards'a. I, II, III i IV, szereg skrzyń niegłębokich, połączonych wspólnym żłobem *AB*; *s* przegródki pionowe dla wywołania prądów schodzących i wznoszących się; *a* rurki sortujące; *W* nakrętka ślimacza (Vortex rys. 60); *b* rurki dodatkowe dla dopływu czystej wody; *f* przegródki poprzeczne, zatrzymujące wirowanie wody; *c* nakrętka dla rurki lewarowej.



Rys. 59. Klasyfikator Richards'a (z katalogu Allis Chalmers).

przejściowy i postępuje do przyrządu następnego. Operacja ta powtarza się w tym samym porządku w każdym następnym przyrządzie tak długo, zanim w ostatnim klasyfikatorze nie zostaną otrzymane dwie ostatnie klasy najgrubsze. Klasyfikatory w szeregu posiadają wymiary stopniowo zmniejszające się stosownie do stopniowo zwiększających się prędkości padania (rys. 55).

Możliwy jest również sposób mieszany, przy którym klasy otrzymane najpierw podług jednego z dwóch sposobów zasadniczych klasyfikują się następnie podług sposobu drugiego (rys. 56, 57).

Sposób pierwszy jest najdogodniejszy dla klasyfikacji poprzedzającej wzbogacanie. Drugi sposób znajduje częściej zastosowanie przy klarowaniu wód, lub też przy podanym wyżej sposobie mieszanym w charakterze uzupełniającej klasyfikacji poprawczej dla sposobu pierwszego.

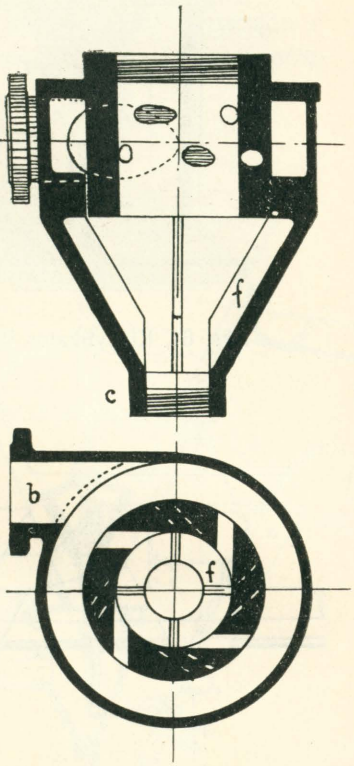
4. Przyrządy. Stosownie do wskazanych zasad klasyfikacji rozróżnia się:

I. Klasyfikatory hydrauliczne.

II. Klasyfikatory proste czyli skrzynie zaostrzone.

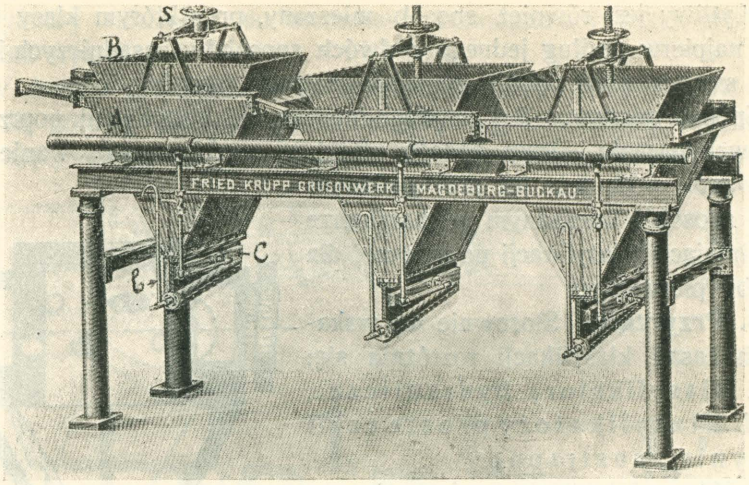
I. Klasyfikatory hydrauliczne (Hydraulic classifiers; Spitzlutten; Classeurs; Гидравлические классификаторы, шпицлутты) służą dla klasyfikacji piasków, t. j. ziarn 2—0,5 mm. Sortowanie zachodzi we wznoszącym się prądzie wody. Dla przykładu podamy następujące typowe przyrządy:

1. Klasyfikator Richards'a (rys. 58, 59). Przyrząd ma postać skrzynki ostrosłupowej *AB*, której ścianki boczne są niemal pionowe, poprzeczne zaś pochyłe, z tych tylna ma nachylenie od 45° do 50°, przednia stroma, prawie prostopadła.

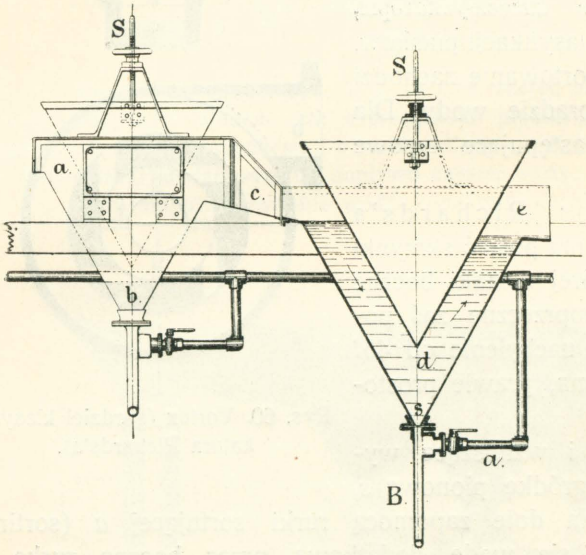


Rys. 60. Vortex (gardziel klasyfikatora Richards'a).

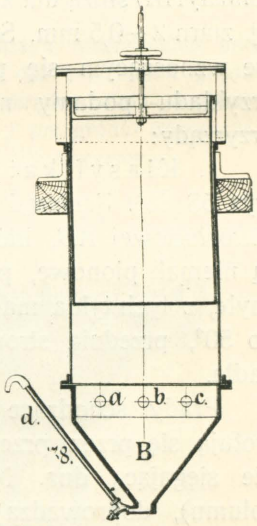
Prądy schodzące i wznoszące wywołują się przez przegródkę pionową *s*, nie sięgającą dna. Na dole zapomocą rurki sortującej *a* (sorting column), doprowadza się wodę dodatkową przez boczną rurkę *b* w nakrętce ślimaczej *W* (Vortex, rys. 60); woda przechodząc przez skośne kanały nadaje ruch wirujący strumieniowi podnoszącemu się w rurce sortującej. Materjał odsortowany trafia do dolnej stożkowatej komórki nakrętki, skąd odchodzi przez rurkę lewarową *c*. Prąd wirujący w rurce *a* ujednostajnia prędkość podnoszącego się strumienia na całym przekroju, uniemożliwiając drobniejszym ziarnkom nienależącym do tej klasy opuszczać się na dół wzdłuż ścianek. U wylotu rurki w skrzyni *B* poprzeczne przegródki *f* zatrzymują ten ruch wirowy. Kilka skrzyń *B*, o stopniowo zwiększających się wymiarach łączy się zapomocą wspólnego żłobu *A* podług sposobu 1-go. Żłoby pomiędzy



Rys. 61. Klasyfikator Rittinger'a (szpiclutty, z katalogu Kruppa).



Rys. 62**.



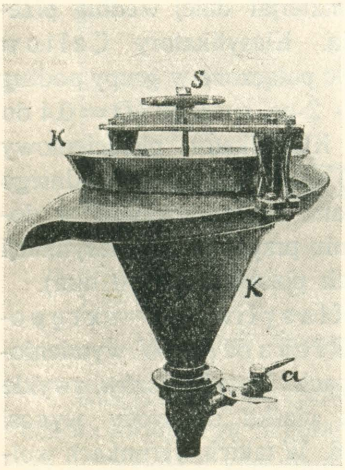
Rys. 63**.

Klasyfikator Rittinger'a (schemat). *abcd* — kanał załamany — zygzakowaty, utworzony przez dwie skrzynie ostrosłupowe; *S* śruba do podnoszenia skrzyni, reguluje szerokość kanału *abcd*; *s* szpara wąska (odpowiadająca rurkom sortującym *a* w klasyfikatorze Richards'a rys. 58); rury *a, b, c* doprowadzają świeży prąd wody.

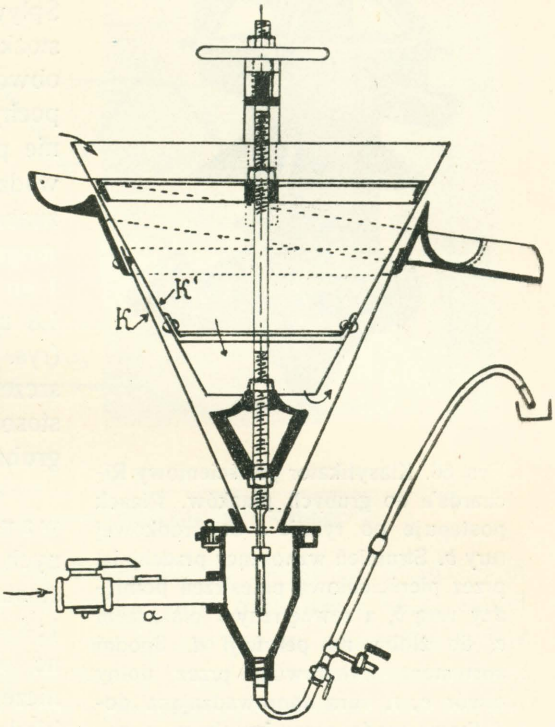
skrzynkami mogą mieć dowolną długość, tak, że klasyfikatory mogą być ustawione w zakładzie w miejscach dla nich najdogodniejszych.

2. Klasyfikator Rittinger'a (rys. 61, 62, 63) składa się z dwóch skrzyń ostrosłupowych *A* i *B*, włożonych jedna do drugiej w ten sposób, że skrzynia wewnętrzna *B* zapomocą śruby *S* może się przesuwać w kierunku pionowym wewnątrz skrzyni zewnętrznej *A* pomiędzy rów-

noległemi trójkątnemi ściankami pionowemi podobnie jak w kierownikach, przez co kanał załamany zygzakowaty, jaki się tworzy pomiędzy równoległemi do siebie ściankami pochyłemi obydwu skrzyń, może otrzymywać dowolny przekrój poprzeczny, a to w celu dostosowania się do żądanych prędkości strumienia w kolanie wznoszącem się i dowolnie regulować wielkość osadzających się ziarn. Kanał sortujący w postaci wąskiej szpary (*s*) urządzony jest w dolnej części przyrządu *c*. Przez tę szparę osadzający się materjał postępuje do trójkątnej przestrzeni w dolej części przyrządu, a stamtąd usuwa się zapomocą odpływowej rurki lewarowej (*b*).



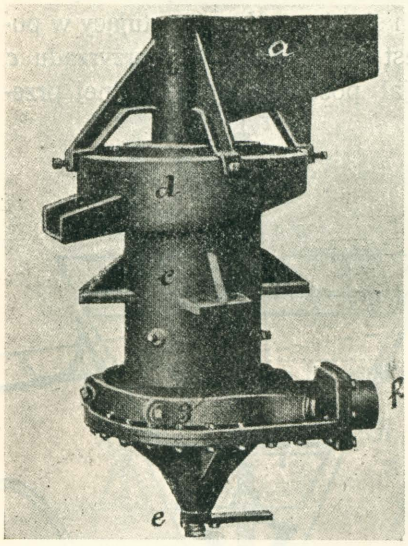
Rys, 64. Klasyfikator stożkowy Callow, widok zewnętrzny (z katalogu Colorado Iron Works).



Rys. 65. Przekrój klasyfikatora Callow.

3. Klasyfikator stożkowy Callow (rys. 64, 65) składa się z dwu naczyń stożkowych *K* i *K'*, umieszczonych jedno w drugiem w taki sposób, że pomiędzy ich ściankami tworzy się kanał pierścieniowy stożkowato-rozszerzający się ku górze, który odpowiada kanałowi wznoszącemu się klasyfikatora Rittinger'a. Jako kanał opuszczający materjał służy wnętrze stożka *K* i łączy się ono z kanałem pierścieniowym w swoim wierzchołku na dole przez otwór *a*, regulowany zapomocą śruby *S*. W ten sposób materjał surowy wraz z wodą załadowuje się do stożka wewnętrznego, opuszcza się w nim na dół i przez otwór *a* przedostaje się do kanału pierścieniowego *K*—*K'*, przez który podnosi się do góry, ulegając po drodze sortowaniu. Celem zabezpieczenia stałej prędkości w kanale pierścieniowym stożkowi wewnętrz-

nemu nadają większą rozwartość aniżeli zewnętrznemu, wskutek czego kanał pierścieniowy na każdym poziomie otrzymuje stałą wielkość płaszczyzny przekroju. Materjał odsortowany (klasa wyższa) opada w wierzchołku stożka zewnętrznego, skąd zostaje odprowadzony przez rurkę sortującą z nakrętką ślimaczą (Vortex), doprowadzającą dopływ wody dodatkowej zupełnie tak samo jak w klasyfikatorze Richards'a. Spływ zaś, wyładowuje się w górze stożka zewnętrznego na całym jego obwodzie do żłoba okalającego go pochyłym pierścieniem, który następnie przez żłób odpływowy odprowadza materjał dalej według przeznaczenia. Klasyfikatory Callow mogą być połączone w grupy podług 1-go lub 2-go sposobu ($D = 0{,}4$ do 1,8 m). Klasyfikator pierścieniowy (rys. 66) różni się od poprzedniego szczegółami konstrukcyjnemi w dostosowaniu przyrządu dla klasyfikacji grubszych piasków (5—10 mm).



Rys. 66. Klasyfikator pierścieniowy Richards'a do grubych piasków. Piasek postępuje po rynnie *a* do środkowej rury *b*. Strumień wznoszący przechodzi przez pierścieniową przestrzeń pomiędzy rurą *b*, a zewnętrznym płaszczem *e*, do żłobu na peryferji *d*. Spodni sortyment wyładowują przez dolny otwór *e*; *f*, rura doprowadzająca dodatkową wodę przez kanały w *g*, podobnie jak *w* „Vortex" rys. 60.

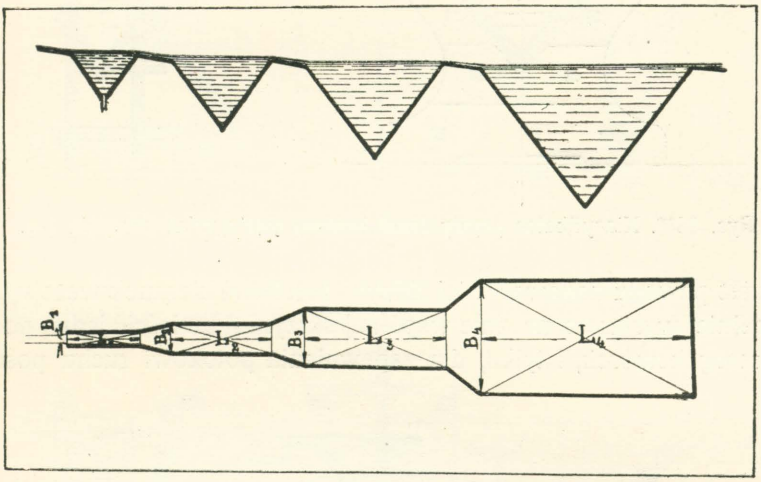
4. Klasyfikator skrępowany Richards'a. W wymienionych typach klasyfikatorów zwykle stosunek piasku do wody wynosi 1:4—1:6. W takich warunkach wolne opadanie ziarn nie jest niemal niczem skrępowane i zachodzi dokładnie z prędkością teoretyczną podług wzorów podanych.

Nowsze typy klasyfikatorów amerykańskich odróżniają się tem, że opadanie ziarn zachodzi w nich śród gęstej masy przy stosunku piasku do wody 1:1—1:2. To pociąga za sobą skupianie się w jednej klasie ziarn dwu minerałów o stosunkowo większej różnicy w średnicach.

O ile bowiem ruch jest skrępowany przez tarcie opadających ziarn o ziarna sąsiednie, zachodzi on z coraz mniejszą prędkością, napotykając opór dodatkowy tem większy, im większa jest średnica ziarn padających. Dlatego więc granice wielkości ziarn różnych minerałów, skupiających się w jednej klasie, tem więcej się różnią, im bardziej jest skrępowany ruch przez zwiększanie stosunku ilości piasku do wody. Takie wyniki mają czasami doniosłe praktyczne znaczenie dla możliwości dalszego wzbogacania klas, zwłaszcza w tych wypadkach,

gdy różnica w ciężarach gatunkowych dwóch minerałów nie jest zbyt znaczna.

Klasyfikatory działające na tej zasadzie noszą nazwę klasyfikatorów hydraulicznych o skrępowanem opadaniu ziarn (Hindered-settling hydraulic classifiers), albo krócej: klasyfikatory skrępowane. Richards był pierwszym, który uzasadnił korzyści klasyfikacji skrępowanej i wprowadził klasyfikatory skrępowane do praktyki w Ameryce.

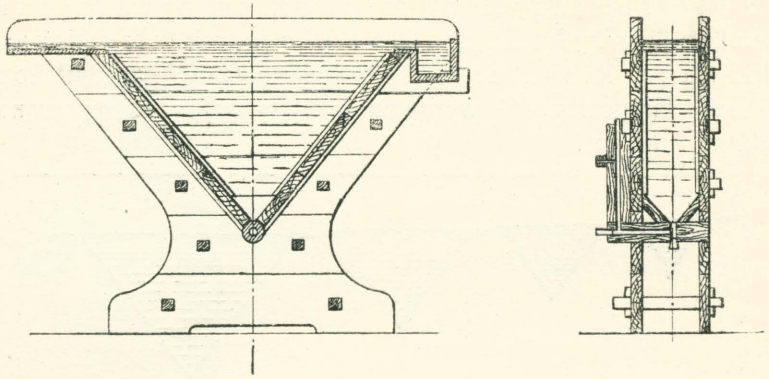


Rys. 67. Skrzynie szpiczaste (szpickasteny) Rittinger'a.

Klasyfikatory skrępowane odróżniają się od zwykłych urządzeniem kanału sortującego. Składają się one z dolnej rurki pionowej *a*, takiej samej jak w zwykłych klasyfikatorach (p. rys. 58, a więc, np. z nakrętką ślimaczą na dole i przegródkami poprzecznemi *f'* na górze) oraz z górnej nieco szerszej komórki nad nią. Jeżeli w rurce *a* ustala się prędkość strumienia, odpowiadająca danej klasie, to w komórce ponad tą rurką prędkość, oczywiście, jest mniejsza i, komórka, naturalnie, zostaje natychmiast zapełniona piaskiem. Lecz, w miarę skupiania się piasku, zwęża się wolny przekrój komórki pomiędzy ziarnkami dla przepływania wody i przez to zwiększa się prędkość strumienia. Gdy, w ten sposób, prędkość w komórce zrówna się z prędkością w rurce, w komórce zostaną w stanie zawieszonym tylko te ziarnka, których prędkość padania równa się wspólnej prędkości strumienia w całym kanale sortującym, wszystkie zaś ziarna z większą prędkością opadania przedostaną się do rurki *a* i zostaną odsortowane, natomiast, ziarnka z mniejszą prędkością będą wyniesione do góry.

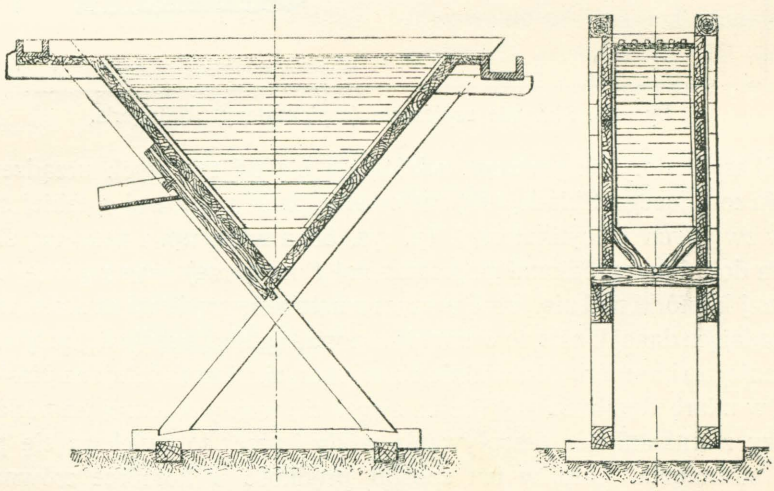
W ten sposób ziarnka danej klasy, zanim przedostaną się do rurki *a*, muszą przejść przez komorę, gdzie automatycznie ustalają się warunki opadania skrępowanego, i, wskutek tego, zostają odsortowane w stosunkowo szerszych granicach wielkości średnic dwóch minerałów przy jednostajnej prędkości opadania.

Dla otrzymania kilku klas, o ile nie rozchodzi się o rozstawienie w zakładzie osobnych klasyfikatorów na znacznej od siebie odległości, niema powodów robić dla każdej klasy niezależnych górnych skrzyń *A*;



Rys. 68**. Klasyfikator prosty (szpickasten) Rittinger'a: skrzynia 1-a.

niema też powodu nadawać w tej skrzyni potokowi kierunek wężowy, lecz najzupełniej wystarcza na dnie wspólnej skrzyni *A* umieścić jedną po drugiej szereg komorek, i tylko, dla zapewnienia potokowi ruchu postępo-



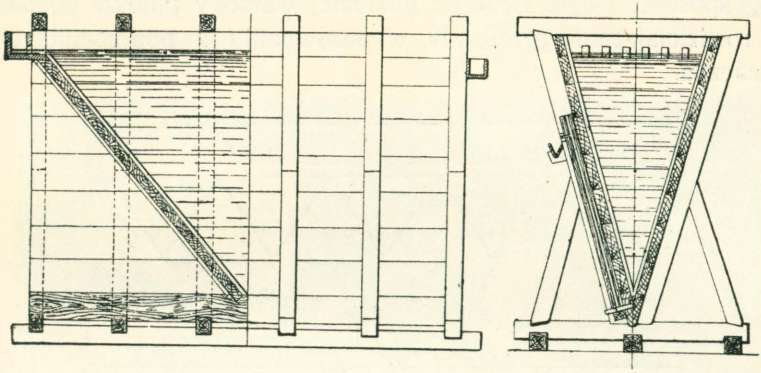
Rys. 69**. Klasyfikator prosty (szpickasten) Rittinger'a: skrzynia 2-ga.

wego z każdej komorki, kolejne przegródki pomiędzy komorkami winny być coraz niższe. W ten sposób przyrząd przedstawia kompleks klasyfikatorów złączonych ze sobą podług sposobu pierwszego.

II. Klasyfikatory proste, czyli skrzynie zaostrzone (szpiczaste), (Pointed boxes. Spitzkasten. Les schpitzkasten. Шпицкастены) służą dla klasyfikacji drobnych piasków i iłów $< 0{,}5$ mm. Sortowanie zachodzi w poziomym potoku wody.

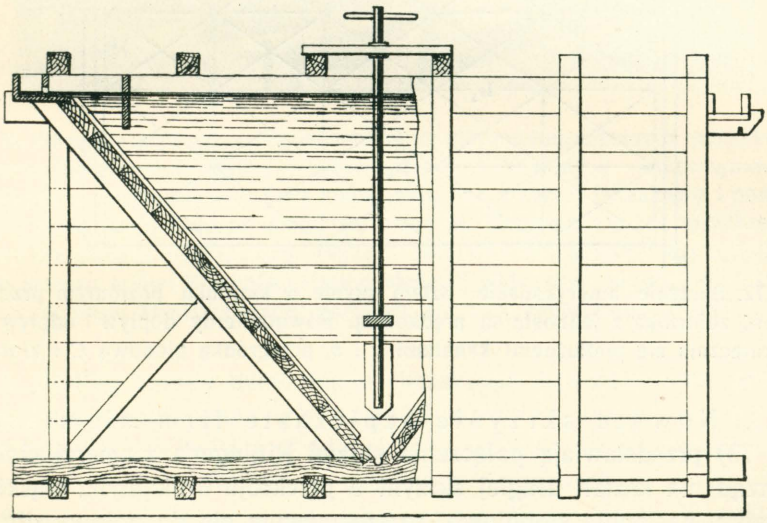
1. Skrzynie Rittinger'a (typ europejski) (rys. 67, 68, 69, 70, 71)

mają kształt czworobocznych ostrosłupów, odwróconych wierzchołkiem na dół i zwykle połączonych po kilka w jeden kompleks przyrządów podług sposobu 1-ego; wymiary kolejnych skrzyń stopniowo w szeregu



Rys. 70**. Szpickasten Rittinger'a: skrzynia 3-a.

zwiększają się. Poziomy potok, płynący przez skrzynie, ma bardzo nieznaczną wysokość (kilka mm) ponad poziomem progów, przedzielających



Rys. 71**. Szpickasten Rittinger'a: skrzynia 4-a.

skrzynie. Odpowiednie uregulowanie klasyfikacji osiąga się przez nadanie skrzyniom odpowiednich wymiarów. Podług Rittinger'a szerokości kolejnych skrzyń odpowiadają sobie jak:

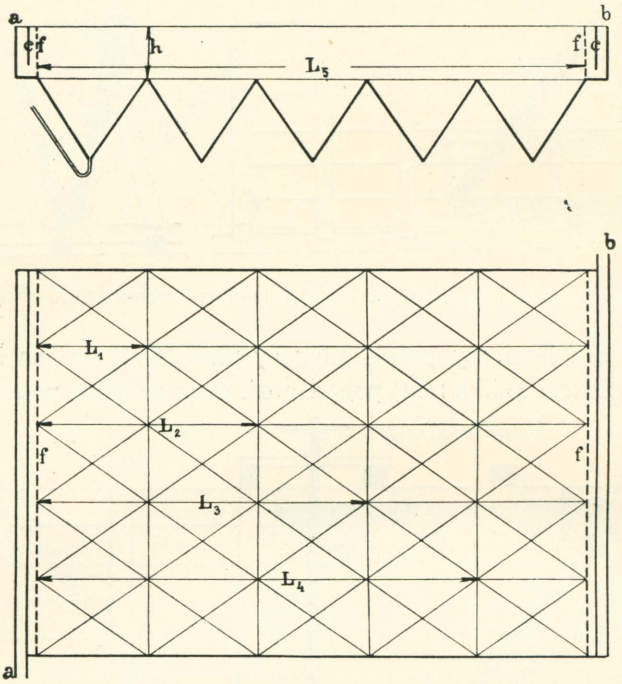
$$B_1 : B_2 : B_3 : B_4 = 1 : 2 : 4 : 8.$$

Długości zaś:

$$B_1 : L_1 : L_2 : L_3 : L_4 = 1 : 6 : 9 : 12 : 15.$$

2. Skrzynie amerykańskie (rys. 72) przedstawiają zbiorniki

prostokątne, których dno składa się z szeregu równoległych rzędów ostrosłupowych zagłębień jednakowych wymiarów. Cały kompleks stanowi, więc, kilka równoległych szeregów klasyfikatorów, złączonych podług sposobu 1-ego. Grubość poziomej warstwy potoku ponad progami, rozdzielającemi przedziały, w porównaniu z poprzednim typem, jest znaczna.

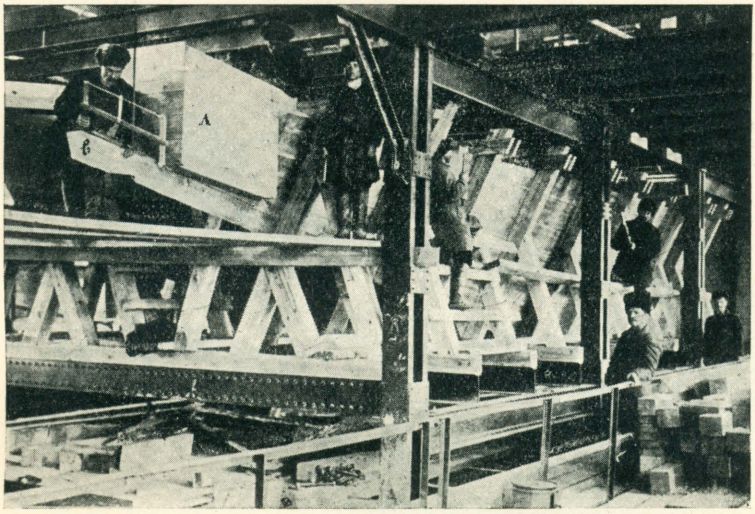


Rys. 72. Skrzynie amerykańskie. Szlam płynie w kierunku poziomym przez całą długość zbiornika z jednostajną prędkością. Równomierny dopływ i odpływ wody uskutecznia się podłużnemi kanałami *a* i *b*, przegródką pionową *C* i kratą *f*.

3. Nowsze skrzynie szpiczaste firm niemieckich (rys. 73) przedstawiają połączenia skrzyń Rittinger'a z amerykańskiemi. Przyrząd ma kształt długiej skrzyni o przekroju trójkątnym, wąskim na początku, następnie stopniowo rozszerzającym się do połowy długości, wreszcie jednostajnym — do końca. Ukośne przegródki wewnętrzne tworzą przedziały ostrosłupowe, które w pierwszej połowie mają stopniowo zwiększające się wymiary, a w drugiej — zachowują stałe wymiary. Progi, przedzialające przegrody, wznoszą się do połowy wysokości całej skrzyni, tak, że potok poziomy nad progami, podobnie jak i w skrzyniach amerykańskich, ma znaczną wysokość.

4. Stożek Callow (Callow-cone) (rys. 74). Ciecz wlewa się do stożka przez rurę środkową *T* i dalej płynie promienisto w kierunku do obwodu, gdzie przelewa się do otaczającego żłobu *K*, przez który odprowadza się sortyment górny (spływ). Przyrządy mogą łączyć się

ze sobą podług 1-go lub 2-go sposobu. Wskutek bardzo znacznego zmniejszania się poziomej prędkości potoku, rozchodzącego się w kierunku promieni, stożki Callow używają się zwykle w ostatnich stadjach klasyfikacji dla oddzielania najdrobniejszego iłu i raczej mają charakter przyrządów oświetlających wodę lub zgęszczających szlamy.

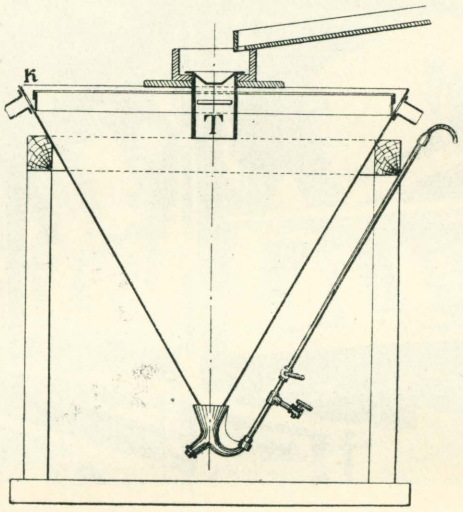


Rys. 73. Skrzynie szpiczaste (szpickasteny) na płóczce rud żelaznych otoczakowych na Górze Błagodat' na Uralu w czasie budowy; do ramy *a* — wewnętrzne leje ostrosłupowe zwiększają się. Poza ramą mają one przekrój jednakowy i pomiędzy dwiema sąsiedniemi ramami mieści się jeden lej. Skrzynia *A* przed szpickastenem zawiera klasyfikator hydrauliczny. Belka o przekroju trójkątnym *b* leży u podstawy całego szeregu lejów. Klasyfikator ten posiada 13 oddziałów: pierwsze 4—5 są właściwemi klasyfikatorami, pozostałe służą do zgęszczania szlamu.

5. Podług zasady działania w charakterze klasyfikatorów prostych mogą być rozpatrywane zbiorniki oświetlające wodę lub zgęszczające szlamy (do klarowania — Klärteiche), urządzone nazewnątrz zakładu, o znacznych wymiarach, n. p. 20×20 m.

6. Klasyfikatory mechaniczne. Są to takie klasyfikatory proste (t. zn. dla sortowania w poziomym potoku wody płynącej), w których produkty odsortowane (osadzone, opadłe) wydalają się nie zapomocą rurek lewarowych, lecz — jakiegokolwiek bądź przyrządu mechanicznego. Mają one zwykle kształt skrzyni prostokątnej ze słabo nachylonem dnem, płaskiem lub półwalcowem, nad którem porusza się jakikolwiek przyrząd transportowy, unoszący osiadający piasek w górę ponad poziom wody. Może to być taśma bez końca, śruba ślimacza (Ovoca—clasifier) lub gracki, połączone w drabinkę, które przesuwają się do góry po dnie na pewien skok, później podnoszą się nieznacznie w górę i, posuwając się z powrotem, znowu opuszczają się na dno

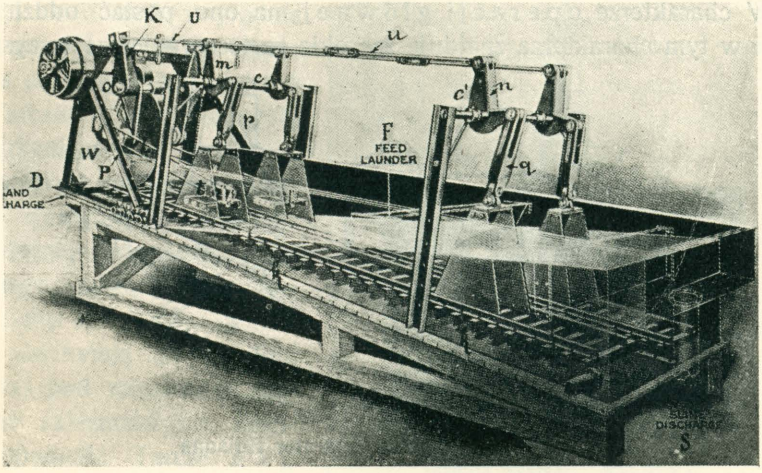
(Dorr—clasifier). Klasyfikatory tego rodzaju odmywają nader starannie gruby piasek od iłu, gdyż wskutek ciągłego ruchu części transportujących ił, a nawet i piasek drobniejszy, nie osiadają wcale. Przyrządów tych często używa się dla klasyfikacji pomocniczej lub poprawczej przy młynach, wykonywujących rozdrabianie rudy w ostatnich stadjach procesu.



Rys. 74. Stożek Callow.

Najwięcej rozpowszechniony jest klasyfikator Dorr'a. Składa się on z długiej prostokątnej skrzyni z pionowemi bocznemi ściankami i dnem zlekka pochyłem (rys. 75), *F* żłób załadowujący, *S* rura odprowadzająca ił. Piasek osiada w najgłębszej części skrzyni. Przyrząd do usuwania piasku składa się z szeregu gracek z kątowego żelaza *k*, zmocnionych podłużnemi belkami *l*. Ruchy tego przyrządu są następujące: zespół gracek posuwa się od skrajnej najniższej pozycji po dnie skrzyni na pewną odległość (15″); następnie unosi się również na pewną wysokość (6″) i cofa się, pozostając na tej wysokości; po osiągnięciu skrajnej pozycji opuszcza się i powtarza ruch poprzedni. Piasek wyładowuje się przy *D* przez tylny brzeg skrzyni. Ił zaś wyładowuje się przy przedniej ścianie. Dla nadania tego ruchu cały zespół gracek jest zawieszony zapomocą łączników *p* i *q* na drągach kolankowych *m* i *n*, wahających się na osiach *c* i *c'*. Ruch podłużny nadaje wodzik *L* od wału napędowego *W*. Ruch pionowy przez łączniki *p* i *q*, drągi *m* i *n* oraz pręty *u* i *U* nadaje dwuramienny drąg *k*, wahający się dokoła osi *O*, pod działaniem tarczy *P*. Ta ostatnia jest zakreślona dwoma promieniami: większy odpowiada podnoszeniu się gracek, mniejszy ich opuszczaniu. Wał czyni 12,5 obrotów na minutę. Zużycie siły wynosi $^1/_4$—$^1/_2$ K. M. Zalety mechaniczne klasyfikatora Dorr'a polegają na zbędności

rurek lewarowych, szybko zużywających się od znacznych ilości piasku. Klasyfikatory Dorr'a cechuje nader dokładne oddzielanie piasku od iłu, ponieważ ruch mechanizmu wewnątrz skrzyni powoduje falowanie wody przeszkadzające osiadaniu iłu. Oprócz tego piasek wychodząc z pod wody traci część wody i zawiera jej do 25%, podczas gdy piasek z rurek lewarowych zawiera od 60—80% wody. Okoliczność ta odgrywa wielką rolę przy oddzielaniu piasku od iłu rud złotonośnych przed



Rys. 75. Klasyfikator podwójny Dorr'a.

ługowaniem cyankiem potasu (cjanizacja). To też klasyfikatory Dorr'a i inne podobne, np. Atkins, Ovoca, przeważnie są używane przy przeróbce rud złota. Dają one tylko dwa produkty i rzadko bywają łączone w grupy.

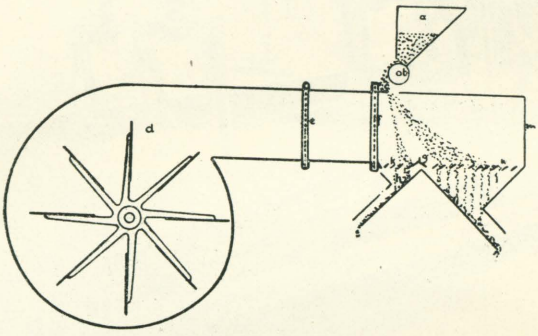
§ 3. Osadzanie w powietrzu, czyli sortowanie powietrzne (klasyfikacja powietrzna).

1. Zasady osadzania w powietrzu. Sortowanie powietrzne osnute jest na tych samych zasadach, co i sortowanie mokre, z tą tylko różnicą, że środowiskiem, w którem zachodzi opadanie ziarn, zamiast wody służy powietrze. Pod wpływem sztucznie wytworzonego prądu powietrznego materjał sypki unosi się w przewodach lub specjalnych komorach, przyczem większe kawałki i ziarna zostają na miejscu, natomiast piasek i pył unoszą się na różną odległość i pod wpływem ciężaru własnego osiadają w zbiornikach, rozmieszczonych w różnych miejscach przewodu. Przy powietrznem sortowaniu materjału złożonego z różnych minerałów, jak i w środowisku ciekłem, dokładne rozdzielenie podług wielkości nie następuje. Jednakże z powodu znacznie większej prędkości opadania w powietrzu niż w wodzie, różnica w wiel-

kości różnych minerałów jednej klasy jest bardzo nieznaczna i sortowanie powietrzne dzieli materjał dokładniej podług wielkości bez względu na skład.

2. Zastosowanie. Sortowanie powietrzne w porównaniu z mokrem ma narazie ograniczone zastosowanie, jakkolwiek czasami jest zupełnie nieuniknione, mianowicie: 1) w braku wody (w miejscowościach pustynnych) lub 2) w celu uniknięcia tworzenia się gęstych szlamów, których dalsza obróbka jest kosztowna i trudna.

W charakterze operacji głównej ma ono postać oddzielania pyłu i w tym charakterze znajduje szerokie zastosowanie we wszystkich



Rys. 76. Powietrzny separator Edisona

wielkich zakładach, stosujących suche operacje sortownicze dla materjałów kruchych, gdy masy tworzącego się pyłu mogą być bardzo szkodliwe dla zdrowia robotników, sprawności maszyn lub niebezpieczne pod względem pożaru i eksplozyj (pył węglowy). Na suchych sortowniach magnetycznych rud żelaza, przy suchem kruszeniu i sortowaniu węgli kamiennych, brykietowaniu, zwłaszcza węgli brunatnych, w cementowniach i cegielniach i t. p. oddzielanie pyłu zawsze odgrywa poważną rolę i w swej istocie stanowi sortowanie powietrzne.

Jako operacja przygotowawcza sortowanie powietrzne, czyli klasyfikacja, spotyka się najczęściej w ostatnich stadjach rozdrabiania suchego, zamiast stosowania sit celem oddzielenia od masy, przeznaczonej do młyna, najdrobniejszego materjału. Następnie, w bardziej rzadkich wypadkach przy niemożliwości zastosowania sortowania mokrego, — w charakterze klasyfikacji, poprzedzającej procesy wzbogacania; np. przy przeróbce piasków złotonośnych w bezwodnych pustyniach Teksasa, Kalguoli, Mongolji i in.

Wreszcie, jako operacja uzupełniająca, sortowanie powietrzne w charakterze poprawczem stosuje się po operacjach rozdrabiania w celu odsiania nadziarna, oczywiście, jeżeli cały proces drobnego mielenia jest suchym.

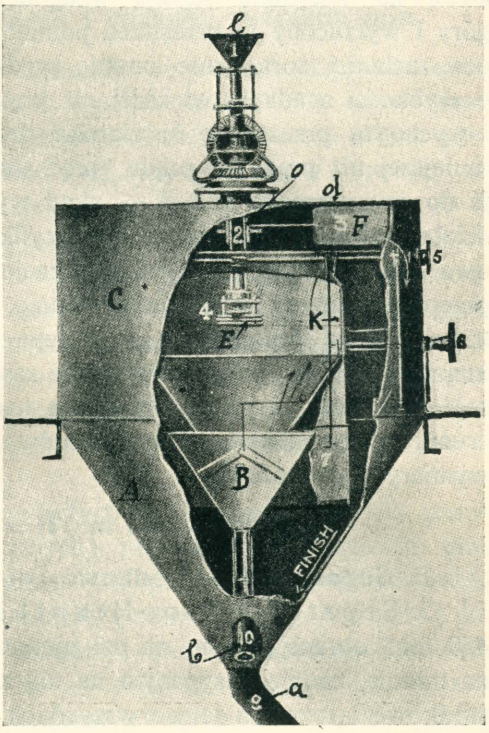
3. Przyrządy do sortowania powietrznego dzielą się na dwie grupy.

A) Przyrządy, w którym cząstki materjału są unoszone działaniem prądu powietrza — separatory powietrzne.

B) Przyrządy, w których cząstki materjału porusza ich własna siła żywa, pochodząca ze źródła mechanicznego — separatory odśrodkowe (wirujące).

A. **Separatory powietrzne.** Sortowanie może się odbywać w prądzie powietrza poziomym lub pionowym.

1. Separator Edisona (rys. 76). Sortowanie w prądzie poziomym. Materjał postępuje do leja *a,* i zapomocą walca *b* przez szczelinę *c* dostaje się do skrzyni *m,* o przekroju kwadratowym, połączonej z kanałem wentylatora. Trafiając do poziomej strugi powietrza, pędzonego przez wentylator przez siatki *e* i *f*, ziarnka materjału odchylają się od linji pionowej pod rozmaitemi kątami, w zależności od szybkości opadania. Tarcze *k* i *g* dają możność otrzymywania rozmaitej ilości sortymentów podług wielkości. Przyrząd ten był wypróbowany przy przygotowywaniu do sortowania magnetycznego suchego piasku złotonośnego z „Gold Mountains", w pobliżu Santa Fé (New Mexico) w r. 1899. Na sortowni magnetycznej N. Jersey & Pensylwania Concentrating Co (Edison N. J.) (4000 ton na 24 godz.). Klasyfikacja powietrzna ma zastosowanie jako wstępna, do suchego sortowania magnetycznego sposobem Edisona (patrz sortowanie magnetyczne). Podobne urządzenia spotykają się również przy sortowaniu węgla kamiennego i azbestu.



Rys. 77. Seperator Mumford & Moodie.

2 Separator Mumford & Moodie. Sortowanie w prądzie wstępującym (pionowym) (rys. 77). Przyrząd składa się z dwóch leji stożkowych, zewnętrznego *A* i wewnętrznego *B* z rurami odprowadzającemi *a* i *b*. Stożek zewnętrzny u góry łączy się z komorą sortowniczą *C* kształtu walca z nakrywą *d*. Wewnątrz komory sortowniczej, ponad lejem *B,* znajduje się stożek przechodzący w walec *K,* a pod pokrywą — poziome koło wentylatora *F* — obracające się pod pokrywą *d* na wale przechodzącym przez zasypowy lej *e* i przez pokrywę *d*. Po-

między brzegiem leja wewnętrznego *B* i stożkiem *K* pozostaje szpara pierścieniowa. Ruch koła wentylatora wytwarza cyrkulację powietrza w płaszczyźnie koła — od środka koła do obwodu; pomiędzy *K* i *C* powietrze otrzymuje kierunek w dół, wewnątrz *K* wstępuje do góry. Na osi *O* umocowana jest wewnątrz *K* tarcza *E*. Wał *O* — wewnątrz pusty wsysa materjał przez depresję, wytworzoną wentylatorem. Materjał postępuje na tarczę *E*, następnie jest rozrzucany siłą odśrodkową na wszystkie strony, wciągnięty przez ruch wentylatora do góry i wyrzucony w przestrzeń pomiędzy dwoma walcami. Na tej drodze zachodzi sortowanie podług prędkości opadania: ziarnka grubsze, o szybkości spadania większej niż prędkość prądu, trafiają do leja *B* i wychodzą przez rurę *b*; ziarnka drobniejsze o prędkości opadania mniejszej niż prędkość prądu, prąd unosi, a koło wentylatora *F* rzuca je do zewnętrznego leja *A* — skąd wychodzą przez rurę *a*. Separator działa podobnie jak stożkowy klasyfikator hydrauliczny Callow i daje dwa tylko sortymenty; — klasyfikacje więcej zróżniczkowane można przeprowadzić na kilku odpowiednio dobranych przyrządach. Istnieje kilka odmian separatorów tego typu, różniących się w szczegółach konstrukcyjnych. Mają one szerokie zastosowanie w fabrykach cementu, cegielniach etc. do pomocniczej lub uzupełniającej klasyfikacji w połączeniu z rozdrabianiem sortymentów drobnych (mieleniem). Zwykłe wymiary separatorów

$$D = 2—3 \text{ m} \quad H = 2{,}5—4{,}75 \text{ m.}$$

B. **Separatory odśrodkowe** (wirujące).

3. Separator Pape-Henneberg. Tarcza pozioma o średnicy 450 mm, obracająca się na osi pionowej z szybkością 3000 obrotów na minutę, nadaje nasypanym na nią z leja ziarnom przyśpieszenie odśrodkowe i rozrzuca je we wszystkich kierunkach w płaszczyźnie poziomej. Sortowanie zachodzi podług prędkości opadania, lecz w porządku odwrotnym; ziarna największe i najcięższe, posiadając większą masę (oraz siłę żywą) odlatują na odległość największą, natomiast najmniejsze oraz najlżejsze ziarna opadają bliżej środka naczynia recepcyjnego. Naczynie to składa się z szeregu żłobów koncentrycznych o 6 m średnicy zewnętrznej, wzdłuż których przesuwają się mechaniczne suwaczki, skierowujące produkty klasyfikacji do specjalnych otworów, otwierających się w każdym żłobie. Pośrodku naczynia pod tarczą rozrzucającą otwiera się rura połączona z ekshaustorem, wyciągająca pył. Przyrząd znajduje zastosowanie dla klasyfikacji, poprzedzającej suche sposoby wzbogacania.

ROZDZIAŁ II.

Nadanie materjałom surowym charakteru masy luźnej

czyli

Rozluzowanie.

§ 1. Wypadki zastosowania i sposoby rozluzowania.

1. Określenia. Twarde produkty surowe przedstawiają mieszaninę kawałków i ziarn różnej wielkości zupełnie luźnych lub też w stanie mniej lub więcej zwięzłym, zależnie od ilości domieszek ziemi, gliny i wody. Stąd też możemy odróżnić dwa typy produktów surowych:

1) Produkty spoiste (zlepione, miękkie, plastyczne) i

2) Produkty luźne (sypkie).

W pierwszych — kawałki twarde nie mają możności swobodnego przesuwania się, są bowiem związane ze sobą lepiszczem najczęściej w postaci gliny i przeto wymagają zastosowania pewnego wysiłku dla dokonania ich wzajemnego przesunięcia. W drugich — kawałki twarde niczem nie są ze sobą związane i stanowią masę zupełnie sypką. Naturalnie, mogą być rozmaite stopniowania w przejściu od jednych do drugich.

Jako przykład produktów zwięzłych może służyć urobek kopalń na złożach okruchowych (aluwjalnych): rudy żelaznej, wapienia, złota i platyny. Tak zwane „piaski“ złoto- lub platyno-nośne przedstawiają zwykle nadzwyczaj zwięzłą mieszaninę głazów, otoczaków, żwiru i piasku z gliną w bardzo rozmaitej proporcji, oraz z nieznaczną domieszką ziarnek metali szlachetnych, które są zupełnie pozbawione swobody przesuwania się w zlepkach otaczającej ich gliny. Typ drugi — stanowią wszystkie twarde skały: przeważna część rudy żelaznej, żylne skały złóż kruszcowych, węgle kamienne, sól kamienna i t. d.

Oczywiście, że operacja nadania materjałom surowym charakteru masy luźnej, może się stosować tylko do produktów typu pierwszego, bo drugie — są luźne z natury. Lecz, jeżeli ustalimy pojęcie o stopniu rozluzowania produktów sypkich (czyli luźnych), wówczas będziemy mogli mówić o nadawaniu im charakteru bardziej luźnego i termin „rozluzowanie“ używać dla określenia wszystkich operaccj tego rodzaju.

Stopniem rozluzowania będziemy nazywali ilość oddzielnych niczem niezwiązanych ze sobą kawałków i ziarn produktu zawartych w jednostce objętości lub ciężaru. Im większa jest ta liczba, lub co na jedno wychodzi, im drobniejsze są kawałki w sypkiej masie produktu, tem większym jest jego „stopień rozluzowania“. Pod tym względem oczywiście, stopień rozluzowania produktów surowych może nie odpowiadać zapotrzebowaniom rynku, lub warunkom przeróbki, i wówczas

produkty surowe ulegają mechanicznym sposobom rozluzowania dodatkowego, celem osiągnięcia żądanego stopnia rozluzowania.

2. Zastosowanie. Operacja rozluzowania może mieć charakter główny i przygotowawczy.

A. W charakterze operacji głównej rozluzowanie nie może się stosować do produktów zwięzłych, o ile bowiem nie stanowią one czystych glin, które rozluzowania nie wymagają, rozluzowanie innych typów mieszanych, zawierających cząstki skał twardych z gliną, ma na celu uwolnienie tych cząstek od wiążącej je gliny, t. j. posiada charakter przygotowawczy do wzbogacenia. Zastosowanie zaś rozluzowania do produktów uwolnionych od gliny stanowi zagadnienie jednakowe z rozluzowaniem produktów sypkich.

Rozluzowanie produktów typu drugiego (sypkich) jako operacja główna, może dotyczyć:

1) mieszaniny niesortowanej produktów surowych, oraz

2) produktów rozsortowanych podług wielkości.

1) W przypadku mieszaniny niesortowanej zadanie polega na otrzymaniu największej dopuszczalnej wielkości kawałków. Np. kawałki rudy żelaza, przeznaczone do wytapiania w wielkich piecach nie mogą być większe nad 5″—6″. Rudy nieprzerabiane na kopalni, lecz odwożone na pewną odległość do hut lub zakładów przeróbczych, powinny być w kawałkach dogodnych do załadowania i przeładowywania do wozów kolejowych, na okręty, i t. p., t. j. również nie większych 5″—6″. Sól kamienna znajduje zbyt tylko w ziarnkach 3—5 mm, węgiel koksowy w ziarnkach 5—10 mm i t. d. Jeżeli we wszystkich tych wypadkach, jak to zwykle ma miejsce, materjał surowy wydobywany na kopalniach otrzymuje się w kawałkach większych, t. j. w niedostatecznym stopniu rozluzowania, wówczas należy doprowadzić produkty surowe do należytego stopnia rozluzowania drogą rozdrabiania, mielenia, ścierania i t. p. W ten sposób na kopalniach rudy magnetycznej, bryły magnetytu przekraczające 6″ odsortowują się na rusztach i ulegają rozdrabianiu; skały płonne, używane dla przygotowania mokrej podsadzki (w braku materjału bardziej odpowiedniego), po odsortowaniu miału rozdrabiają się i mielą na piasek; sól kamienna miele się i rozciera; węgiel kamienny, przeznaczony dla wyrobu koksu, rozłupywuje się i dezintegruje się, i t. d.

2) W zadaniach rozluzowania gatunków sortowanych, oprócz górnej granicy wielkości kawałków każdego sortymentu, ograniczona jest również i dolna granica. Sortowanie suche lub mokre rozwiązują to zadanie jedynie jakościowo. Pozatem do żądań jakościowych mogą być dołączone żądania ilościowe.

Jeżeli granice sortymentów, jak to często bywa przy węglach kamiennych, ustalone są w przybliżeniu, wówczas, zmieniając średnice otworów sit, można do pewnego stopnia zadowolić zapotrzebowania

ilościowe. Tak więc, jeżeli przy sortowaniu węgla kamiennego na trzy sortymenty, gruby >150, kostkę 150—50 i drobny <50—0, otrzymuje się pierwszego sortymentu 30%, drugiego — 40% i trzeciego — 30%, przyczem ilość sortymentu średniego nie pokrywa zapotrzebowania, wówczas, zmieniając wymiary graniczne na 160—40, można zwiększyć wychód kostki na rachunek sortymentów sąsiednich i otrzymać np. grubego (>160) 25%, kostki (160—40) 50%, oraz drobnego (40—0) 25%. Sposób ten nie może być zastosowanym, gdy kontrakt lub normy obowiązujące ściśle ustalają wymiary sortymentów. W takim razie zwiększenie wydajności sortymentów niższych może być osiągnięte jedynie à conto sortymentów wyższych, jeżeli poddać je pewnej operacji rozluzowania mechanicznego.

Naprzykład, w Pensylwanji na kopalniach antracytu największym popytem cieszą się sortymenty IV—VIII. (Rozdz. I, pgf, 1. l. A) w granicach $2^3/_4$"—$^1/_2$", z tych sortymenty V, VI i VII (2"—$^3/_4$") mają najwyższą cenę rynkową (4,5 $ tona, loco kopalnia, 1905), podczas gdy węgiel gruby I(>7") ceni się na równi z drobnymi sortymentami X—XIII ($<^1/_4$") — 1 $. Tutaj naturalna wydajność różnych sortymentów nie odpowiada zapotrzebowaniu, a jednocześnie wymiary sortymentów są ściśle określone przez normy państwowe. Dlatego więc część sortymentów grubszych $>3^1/_2$" i nawet >2" ulego rozluzowaniu zapomocą mechanicznego r o z k r u s z a n i a i r o z d r a b i a n i a. Produkty w ten sposób rozluzowane sortują się nadal razem z pozostałą częścią sortymentów drobniejszych, przyczem ogólny wychód sortymentów średnich powiększa się z 50% do 70%—80%, grubych zaś zostaje nie więcej jak 5%—7%.

B. W c h a r a k t e r z e o p e r a c j i p r z y g o t o w a w c z e j rozluzowanie materjałów surowych poprzedza operacje wzbogacania, czyli sortowanie podług składu.

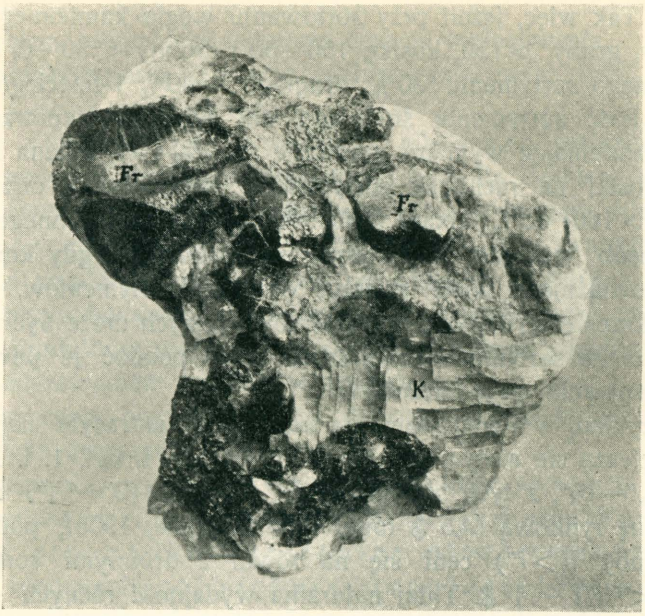
Warunkiem zasadniczym możliwości sortowania podług składu jest:

1) R ó ż n o r o d n o ś ć s k ł a d u ciała kopalnego.

2) S t a n z u p e ł n e g o r o z l u z o w a n i a.

Warunek różnorodności składu polega na tem, że części składowe ciała kopalnego powinny stanowić m i e s z a n i n ę f i z y c z n ą. Minerały o składzie izomorficznym kilku metali lub ich związków, nie mogą być rozdzielane na części składowe. Okazy Franklitu [(Mn, Zn, Fe) 0. Fe_2 0_3] nie mogą być rozdzielone na produkty żelazne i cynkowe; Tetraedryty [(Cu, Ag) S + Sb_2 S_3] nie mogą być rozdzielone na produkty miedziane, srebrne lub antymonowe; złoto chemicznie związane w pirytach, lub srebro w błyszczu ołowiu nie mogą być wydzielone zapomocą sortowania. Wreszcie z węgli kamiennych jednolitej budowy nie mogą być otrzymane oddzielnie część organiczna i mineralna.

Natomiast ruda, składająca się z kryształów franklinitu, wtrąconych w kalcycie (rys. 78), może być rozdzielona na produkt bogaty



Rys. 78. Franklinit *(Fr)* w kalcycie *(K)* z Franklin Furnace, New Jersey, St. Zjedn. Am. Półn.

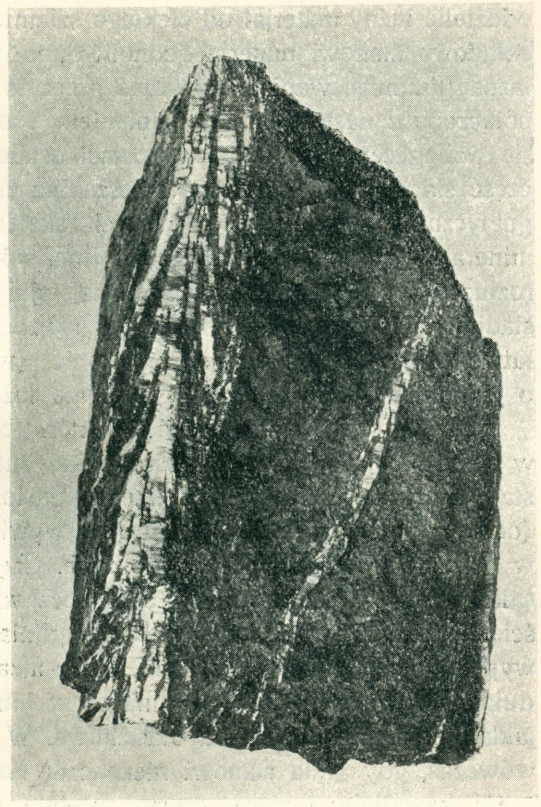
w Zn, Mn, i Fe i ubogie odpady kalcytu. Ruda srebrzystego błyszczu ołowiu w kwarcu może być rozdzielona na bogate w Ag i Pb koncentraty oraz puste odpady kwarcu. Ruda kwarcowa, zawierająca piryty ze złotem, może być rozdzielona na produkt pirytowy obfitujący w złoto i odpady kwarcowe (rys. 79). W węglach kamiennych, zawierających domieszki ciał obcych, przerosty łupku, piaskowca, wtrącenia pirytów lub gipsu (rys. 80), może być zmniejszoną zawartość popiołu przez wydalenie owych domieszek.



Rys. 79. Piryt *(n)* zawierający złoto w kwarcu *(k)* ze złoża Berezowskiego (Ural). ∂ — pseudomorfoza żelaziaka brunatnego po pirycie.

Warunek stanu zupełnego rozluzowania polega na tem, że materjał, ulegający wzbogacaniu, powinien stanowić zupełnie luźną mieszaninę osobnych, niezłączonych ze sobą ziarn części składowych ciała kopalnego. Tylko przy tym warunku można wybrać z osobna wszystkie ziarnka o składzie jednolitym, to znaczy wykonać sortowanie podług składu, czyli wzbogacanie.

W niektórych przypadkach użyteczne ciała kopalne już w samem złożu znajdują się o tyle w dostatecznym stanie rozluzowania, że wzbogacanie ich może być wykonane bezpośrednio. Tak zwane złoża okruchowe aluwjalne, utworzone na wychodach żył i niezniesione przez potoki wodne z ich pierwotnego miejsca zalegania, często stanowią naturalny materjał zupełnie luźny. Takiemi są złoża złota okruchowego w Mongolji, południowym Uralu, Arizonie, Texas i zachodniej Australji.



Rys. 80. Węgiel kamienny z żyłkami gipsu z Szurabu (Fergańska oblast', Turkiestan).

Złoża aluwjalne, utworzone przy udziale wody a przeniesione przez potok od skał macierzystych na tak znaczną odległość, że wszystkie cząstki gliniaste zostały w czasie przenoszenia całkowicie rozmyte, stanowią nader luźny piasek, zupełnie pozbawiony wiążącej gliny, a składający się z zupełnie rozłączonych czystych ziarnek metali szlachetnych i ciężkich minerałów (magnetytu, chromitu, granatów). Taki charakter posiadają złoża na ławicach wybrzeży dużych rzek w dolnym ich biegu oraz morskie przybrzeżne złoża okruchowe złota, platyny, magnetytu, granatu i innych minerałów ciężkich na pobrzeżu Oceanu Wielkiego (w stanach Oregon, Washington), Alaski (w pobliżu Nome), Ziemi Ognistej i Nowej Zelandji.

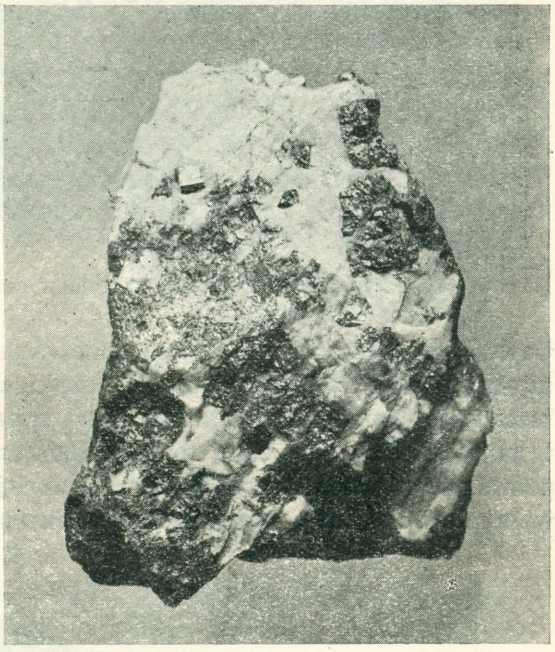
W innych wypadkach przyroda nie zakończyła całkowicie procesu rozluzowania i cząstki minerałów znajdują się w lepkiej mieszaninie z gliną, powstałą wskutek zwietrzenia skał skaleniowych. Są to wyżej oznaczone typy złóż aluwjalnych w dolinach rzek i kotlinach jezior; zwykłe złoża okruchowe złota i platyny, kasyterytu, szelitu, monacytu i rud żelaznych. Z takiej lepkiej mieszaniny skał zwietrzałych, chociaż i złożonej z rozluźnionych ziarn różnego rodzaju, lecz powiązanych ze sobą gliną i iłem, niemożliwe jest wybrać

bezpośrednio ziarnka o składzie jednolitym. W tym celu należy produkty surowe poddać pewnej operacji rozluzowania zapomocą przemywania i przecierania przy udziale wody dopóty, dopóki glina nie zostanie zupełnie rozmyta i przekształcona w ciekły szlam, zostawiając zupełnie luźną, sypką mieszaninę kawałków i ziarnek twardych części ciała kopalnego. Przez odwodnienie i sortowanie mokre nie trudno oddzielić luźny materjał od ciekłego szlamu. Jeżeli przytem twarda część składowa stanowi materjał jednolity pod względem składu: ruda żelazna (limonit), wapień, wówczas przez to przemywanie i przecieranie, połączone z następnem odwodnieniem i sortowaniem mokrem osiąga się wzbogacenie produktu w postaci ostatecznej. Jeżeli przytem twarda część składowa przedstawia mieszaninę ciał różnolitych, np. ruda magnetyczna i resztki niezwietrzałych skaleni, drobne otoczaki, ziarnka minerałów ciężkich i metale szlachetne, wówczas oddzielenie produktów rozluzowanych od wody i rozmytej gliny stanowi dopiero pierwsze stadjum wzbogacania; ostateczne zaś wzbogacanie może być potem już łatwo dokonane przez odsortowanie (wybranie) osobnych ziarnek o jednolitym składzie z masy zupełnie luźnej, odmytej od gliny.

Do tegoż typu zbliżają się niektóre ciała kopalne, znajdujące się w swem złożu pierwotnem śród skał macierzystych w początkowem stadjum rozkładania się i wietrzenia. Są to rozmaite rudy utlenione (ochry), pochodzące z górnych stref wywietrzania i utlenienia się złóż w pobliżu lub na samych wychodach. Często takie żyły zalegają wśród całkowicie skaolinizowanych skał bocznych. W głębszych swych częściach takie żyły posiadają zalbandy gliniaste i są rozbite szczelinami, wypełnionemi gliną. Wszystkie tego rodzaju ciała kopalne dają produkty surowe, zmięszane w mniejszym lub większym stopniu z gliną, jakkolwiek mniej niż złoża okruchowe. W każdym jednak razie, nawet wówczas, gdy glina stanowi nieznaczną domieszkę, obecność jej wiąże część kawałków i ziarn, często właśnie minerały najbardziej wartościowe, wskutek czego materjały surowe są pozbawione charakteru masy zupełnie luźnej. Rozluzowanie takich materjałów wykonywa się temiż samemi sposobami przemywania i przecierania. Po oddzieleniu od szlamu luźne produkty takich rud rzadko znajdują się w stanie rozluzowania zupełnego i zwykle osobne kawałki i ziarnka stanowią zrosty minerałów różnego rodzaju, które dla ostatecznego rozluzowania wymagają rozdrabiania.

Niektóre typy ciał kopalnych, zachowujące charakter skał twardych (i zwięzłych) w złożu, na tyle wszakże rozluźniają się w czasie urabiania ich przez roboty górnicze, że materjały surowe istotnie otrzymuje się w stanie zupełnego rozluzowania, odpowiadającym warunkom wzbogacania. Naprzykład, w żyłach kruszcowych mineralizacja często obejmuje strefy przyległe do skał bocznych, przyczem zalbandy stanowią najbardziej kruchą część urabianej skały. Materjały surowe w takich

przypadkach mogą stanowić dostatecznie rozluzowaną mieszaninę ziarn różnego rodzaju, aby ich odsortowanie mogło być wykonane bez rozluzowania dodatkowego środkami mechanicznemi. Przy odbudowie pokładów węgla kamiennego, ten ostatni bardzo łatwo łupie się wzdłuż płaszczyzn szczelinowatości i uławicenia, zwłaszcza na płaszczyznach, rozgraniczających przerosty, które w procesie urabiania oddzielają się od węgla w stopniu na tyle dostatecznym, żeby produkty surowe mogły być uważane za zupełnie rozluzowane.

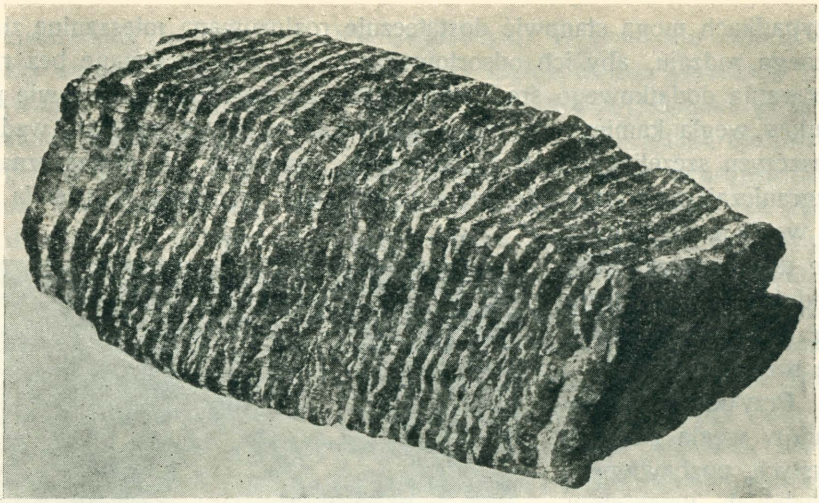


Rys. 81. Chalkopiryt i piryt w kwarcu z kopalni Błagodat', Ural.

Przy odbudowie pokładów węgla zupełnie czystych, pozbawionych wszelakich przerostów, domieszki obce trafiają do urobku ze skał bocznych lub z podsadzki i węgiel wydobyty istotnie znajduje się w stanie zupełnego rozluzowania. W podobnych wypadkach urabianie skał w kopalni przez roboty górnicze może być traktowane jako operacja rozluzowania.

We wszystkich innych wypadkach pracę rozluzowania, wykonaną w przytoczonych wyżej przykładach przez samą naturę lub przez górników w przodku, wypada uzupełnić zapomocą r o z d r a b i a n i a. Tego wymaga większość rud złóż macierzystych Fe, Cu, Pb, Zn, Hg, Sb, As FeS_2 (rys. 78, 79, 80, 81 i inne), azbestu (rys. 82), grafitu i złoża niektórych, węgli kamiennych, jak w Zauckeroda w Saksonji, gdzie pokłady węgla są rozcięte mnóstwem przecinających się w rozmaitych kierunkach żyłek kalcytu, grubości 2—4 cm, które spajają rozbite bryły węgla w masę nader zwartą — antracyty w Pensylwanji, chociaż posiadają nader wyraźną budowę uławicenia, składają się jednak z nadzwyczaj mocno spojonych ławic różnej grubości zupełnie czystej masy węglowej, łupków i odmian przejściowych (rys. 83 i 84).

W ten sposób, przy przeróbce zwięzłych stałych ciał kopalnych, składających się więcej niż z jednego minerału, przed wzbogacaniem, czyli sortowaniem podług składu, powinno mieć miejsce przygoto-



Rys. 82. Drobne żyłki azbestu w serpentynie (Ural).

wawcze rozluzowanie, czyli rozłączenie (Aufschliessen) zrośniętych między sobą ziarn użytecznej i płonnej części ciała kopalnego, t. j. przekształcenie osobnych kawałków ciała kopalnego z postaci zwięzłej w postać luźnej masy ziarn różnego rodzaju. Tylko potem może być pomyślane rozsortowanie luźnych ziarnek tej masy podług składu, czyli wybranie i skupienie wszystkich ziarnek każdego minerału z osobna.



Rys. 83. Okaz czystego antracytu (Pensylwanja).

Operacja rozluzowania, rozłączenia zrośniętych ze sobą ziarnek minerałów, wykonywa się przez r o z d r a b i a n i e — operację, mającą charakter przygotowawczy. Operacja skupiania ziarnek składu jednolitego, stanowi sortowanie podług składu, czyli w z b o g a c a n i e.

Jeżeli wszystkie poprzednie typy ciał kopalnych będziemy rozpatrywali jako przypadki poszczególne, w których rozluzowanie przygotowawcze wykonane zostało bądź przez naturę, bądź przez pracę górników, wówczas będziemy mogli określić ogólnie, że każdy proces wzbogacania ciał kopalnych zawsze składa się z dwu momentów głównych: 1) r o z d r a b i a n i a i 2) s o r t o w a n i a.



Rys. 84. Okaz antracytu z warstewkami (*c*) łupku (Pensylwanja).

Z powyższego przeglądu przypadków zastosowania procesu rozluzowania materjałów surowych widzimy, że stosownie do dwóch typów produktów, t. j. lepistych i sypkich, operacja ta może mieć dwie odmiany:

A) P r z e m y w a n i a, oraz

B) R o z d r a b i a n i a.

§ 2. *A.* Przemywanie.

(Washing. Abläuterung. Lavage, d'ebourbage. Промывка, протирка).

1. Zasady przemywania. Przemywanie ma na celu uwolnić twarde kawałki ciała kopalnego od wiążącej je gliny i ziemi i wykonywa się w m a s z y n a c h p r z e m y w a j ą c y c h.

Najbardziej charakterystyczne jest zastosowanie maszyn przemywających w przemyśle złotym, przy przemywaniu piasków złoto- i platynonośnych. Głównym czynnikiem rozluzującym w maszynach przemywających jest woda. Dla wzmocnienia rozluzującego działania wody nadają jej pewien nadmiar siły żywej, doprowadzając do maszyny wodę bądź w żłobach pochylonych ze znaczną prędkością, bądź pod ciśnieniem z wodotrysków. Przy znacznej domieszce lepistej tłustej gliny (»мясни-

ковatые« породы) przemywanie uzupełnia się przecieraniem zapomocą mieszadeł mechanicznych. W ten sposób, celem rozluzowania skał lepistych, używa się następujących zasad:

1. Rozluzowanie, zapomocą szybko płynącej wody.

2. Rozluzowanie, zapomocą siły żywej wody, wypływającej pod ciśnieniem.

3. Rozluzowanie, zapomocą mieszadeł mechanicznych.

Zasady te w różnych przyrządach nie są ściśle rozgraniczone i zazwyczaj są stosowane razem lub z przewagą typu określonego.

Ponadto, wszelkie przemywanie łączy się zwykle z sortowaniem materjału rozluzowanego na gruby (> 20 mm) i drobny (< 20) [1]) sortyment, podług zasady klasyfikacji mokrej lub suchej, t. j. przez wpływ sortujący wody, użytej do przemywania, lub zapomocą sit, przytem, jeśli jeden z otrzymanych sortymentów stanowi produkt końcowy, sortowanie nabiera cechy wzbogacenia. Naprzykład, przy przemywaniu piasków złoto- lub platynonośnych, gruby żwir (> 20 mm) stanowi odpady, czyli produkt końcowy, materjał drobniejszy zaś, zawierający minerały ciężkie i kruszce szlachetne, jest produktem wzbogaconym. Przy przemywaniu żelaznej rudy okruchowej na górze „Błagodat'", na Uralu, sortyment gruby stanowi czystą odmytą rudę, w drobnym zaś sortymencie skupiają się, obok miału kruszcowego, piasek kwarcu oraz nierozłożone ziarna skalenia, stanowiące produkt przejściowy, ulegający dalszym procesom wzbogacenia.

Jeżeli odpady stanowią sortyment grubszy (w przypadku piasków złotonośnych), oraz materjał surowy nie jest zbytnio związany lepiszczem, wówczas zastosowanie klasyfikacji mokrej ma tę dogodność, że odpady mogą być zmyte do zwałów, zapomocą strumienia tej samej wody, która służyła do przemywania. W innych przypadkach, dogodniej stosować zasady klasyfikacji suchej, ponieważ na sitach jednocześnie z sortowaniem zachodzi odwodnienie sortymentów grubszych (oddzielenie od szlamu). Miał, który przytem przechodzi przez sito razem ze szlamem, oddziela się od tegoż bądź w procesie klasyfikacji mokrej, bądź na sicie drobniejszem.

Przyrządy. Wszystkie przyrządy przemywające, podług metody sortowania materjału rozluzowanego, mogą być podzielone na dwie grupy:

I. Przyrządy, w których przemywanie nie łączy się z przesiewaniem na sicie,

II. Przyrządy, w których przemywanie jest połączone z przesiewaniem (czyli właściwe maszyny przemywające).

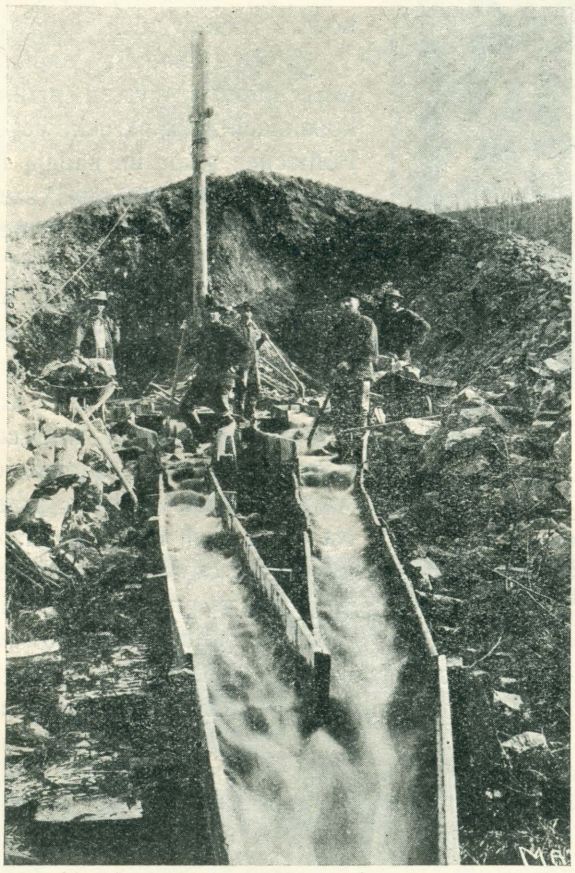
I. W przyrządach pierwszej grupy przemywanie jest połączone z sortowaniem mokrem. Sortowanie to, jednak, nieco różni się od opisanego w pgf. 2 rozdz. I. i dlatego właśnie lepiej jest określić te

[1]) Orjentacyjnie.

przyrządy jako takie, w których przemywanie zachodzi bez przesiewania, tembardziej, że proces przemywania nie łączy się z procesem sortowania.

Do przyrządów tych należą:

1) Żłoby lub szluzy (Sluices; Gerinne; Les sluices; Желоба, шлюзы). Są to rynny o przekroju prostokątnym, zwykle zbite z desek



Rys. 85. Płókanie piasków złotonośnych w żłobach na Alasce.

drewnianych o znacznej długości, pochylone pod kątem 7°—12°, Na dnie tych rynien układają się progi, t. zn. „trafarety“ (riffles, трафареты) t. j. poprzeczne lub podłużne żerdzie, drewniane klocki, grube otoczaki i t. p. Siła żywa potoku, płynącego ze znaczną prędkością, powoduje na trafaretach, pełniących funkcję nieruchomych mieszadeł, rozluzowanie materjału. Sortowanie — mokre: drobne, lecz ciężkie ziarna metali szlachetnych i innych minerałów razem z pewną ilością drobniejszego piasku zostają na spodzie i zatrzymują się w trafaretach, gruby zaś żwir i otoczaki unoszą się potokiem.

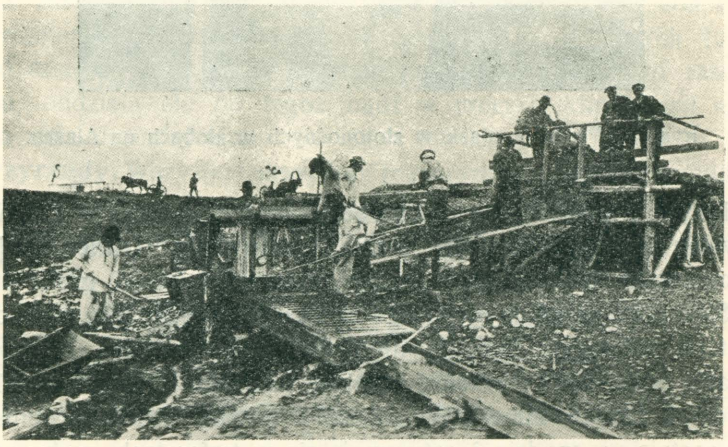
W miarę nagromadzenia się materjału w trafaretach wykonywuje

się co pewien czas oczyszczanie-spłukiwanie (cleaning up, сполоск). W tym celu ruch w żłobach zatrzymują, trafarety wyjmują, starannie je opłókują, oraz wygrzebują materjał, który się zgromadził na spodzie który przedstawia nadzwyczaj skoncentrowany luźny piasek złotonośny, poczem trafarety układa się z powrotem do żłobów i ruch w nich wznawia się.



Rys. 86. Amerykanka do przemywania piasków złotonośnych na kopalni Kazakowskiej, w Nerczyńskim okręgu górniczym (ze spraw. stud. Kenka).

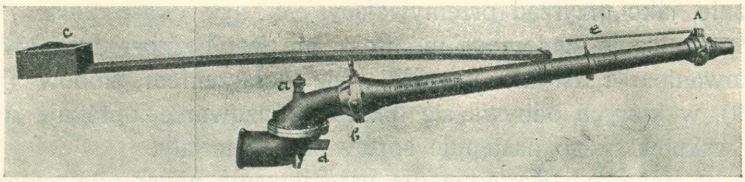
Żłoby stanowią najbardziej rozpowszechniony przyrząd przemywajacy na kopalniach złota okruchowego w Ameryce Północnej, gdzie im nadają 12″ (305 mm) głębokości 16″ (406 mm), szerokości, przy całkowitej długości 20—30 metrów (rys. 85). Największego rozwoju żłoby osiągają przy hydraulicznem urabianiu; budują żłoby o 1,2 m głębokości, 1,5 m szerokości, oraz o bardzo wielkiej długości, kilkaset metrów, czasem na 2—3 km. Na Uralu i w Syberji drobni miejscowi przemysłowcy (staratieli) bardzo chętnie używają krótkich żłobów przemywających. Na kopalniach lepiej urządzonych żłobów używa się częściej w połączeniu z innemi przyrządami przemywającemi, jako w charakterze stadjum przygotowawczego przemywania, dlatego też posiadają one względnie nieznaczną długość 14—30 m. Ponieważ żłoby w Ameryce są najbardziej rozpowszechnionym przy-



Rys. 87. Amerykanka pionierska („staratelej“) na kopalni Kazakowskiej, w Nerczyńskim okręgu górniczym (ze spraw. stud. Kenka).

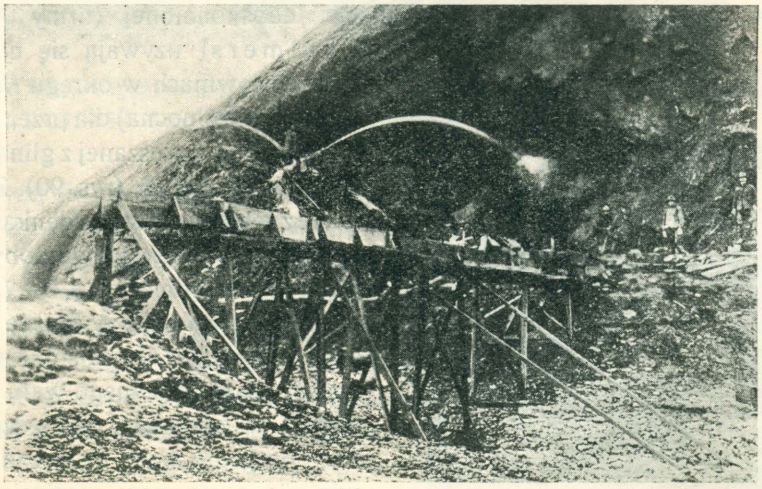
rządem przemywającym dla piasków złotonośnych, i często jedynym, przeto w Syberji i na Uralu żłoby często noszą nazwę „amerykanek".

Amerykanki, są to, przedewszystkiem, krótkie żłoby, które często służą dla przemywania skoncentrowanych już w poprzednich operacjach



Rys. 88. Monitor. Zapomocą bolca *a* i kulistego łącznika *b* można kierować strumień wody dowolnie. Skrzynka *c* naładowana kamieniami służy, jako przeciwwaga. *A* — deflektor łączy nasadkę z rurą monitora zapomocą łącznika kulistego. Drążek *e* służy do kierowania monitora przy pomocy siły reakcji tryskającego strumienia. *d* — łapa dla umocowania monitora do belki podstawowej. Największe przyrządy mają nasadki o średnicy 8 cali (203 mm), a długość rury stożkowej wynosi 4 m. (Z katalogu Union Iron Works).

piasków (szlichów — шлих) (rys. 86). Przemywanie w amerykankach zwykle łączy się z przecieraniem materjału, osiadającego na trafaretach, przy pomocy ręcznych mieszadełek (rys. 87).



Rys. 89. Instalacja hydrauliczna do przemywania na Alasce.

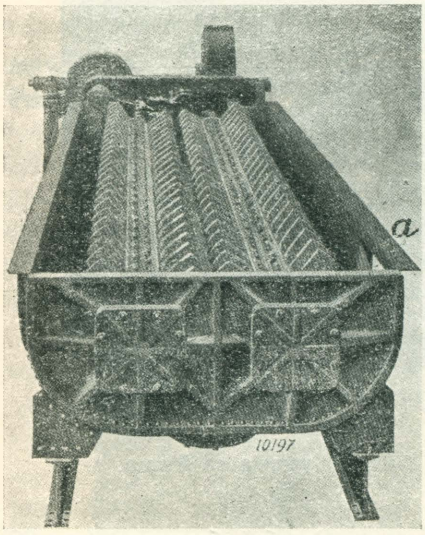
2. Monitor (Giant; Monitor; Ajutage; Водобой, брызгало) (rys. 88) przy hydraulicznem urabianiu złóż, skierowuje do przodka strumień wody pod wielkiem ciśnieniem, jednocześnie z urabianiem, wykonywa rolę przyrządu do przemywania i rozluzowania piasków w miejscu ich zalegania w złożu (hydraulicking), Na rys. 89 przedstawiona jest nie-

wielka instalacja hydrauliczna z krótkim żłobem. Cała instalacja razem ze żłobem przenosi się w miarę odbudowy, w ślad za posuwaniem się przodka. W innych wypadkach monitor ustawia się w miejscu stałem i urobione w jakikolwiek bądź sposób piaski dostarczają się do monitora, celem ich rozluzowania — w tym przypadku monitor służy wyłącznie, jako przyrząd przemywający.

Przemywanie, zapomocą monitora, nie jest bezpośrednio związane z sortowaniem i zwykle uzupełnia się dołączeniem żłobów (jak na rys. 89), w których odbywa się dalsze rozluzowanie, opłókuje się otoczaki, wskutek czego następuje sortowanie materjału.

3. W Północnej Karolinie dla przemywania nader gliniastych piasków złotonośnych przy niedostatecznej ilości wody, zwykłe sposoby przemywania, stosowane na zachodzie, okazały się niewystarczające. Praktyka wyrobiła tutaj specjalne przyrządy, tak zwane „log washers". Są to żłoby półwalcowe z blachy żelaznej, szerokości 24″ (610 mm), głębokości 12″ (305 mm), długości 12—18″ (305—457 mm), wzdłuż osi których szybko obraca się wał, znitowany z blachy żelaznej o średnicy 8″ (203 mm) z osadzonemi po linji śrubowej ciężkiemi mieszadłami w kształcie łopatek. Wał otrzymuje od napędu 90—300 obrotów na minutę. Łopatki w czasie obracania się wału rozluzowują materjał i przesuwają go jednocześnie wzdłuż żłobu, ustawionego zupełnie poziomo lub z nieznacznem wzniesieniem w kierunku ku końcowi wyładunkowemu.

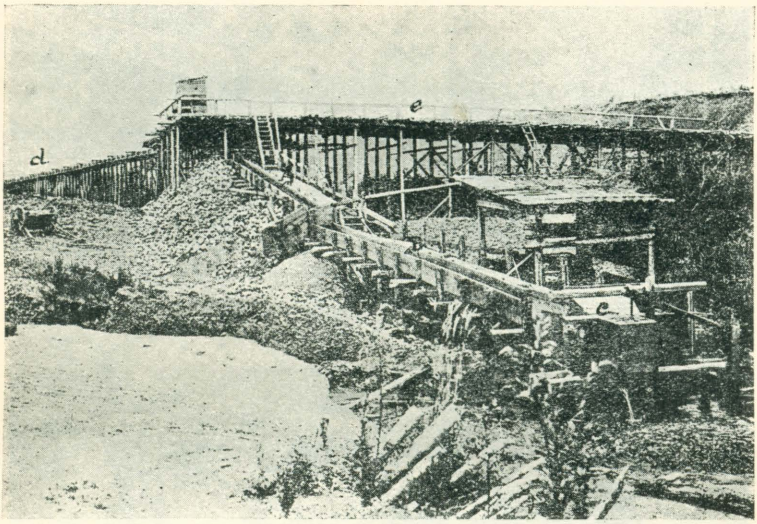
4. Przyrządy tegoż typu w postaci udoskonalonej (firmy Allis Chalmers) używają się na dużych sortowniach w okręgu Mesabi (Ameryka Północna) dla przemywania miękkiej zmieszanej z gliną rudy żelaznej (hematyt) (rys. 90). Znitowane z żelaznych blach z denkami lanemi (surow.) półwalcowe żłoby, długości 13—25 stóp ang. (3, 9—7, 6 m), zawierają dwa wały podłużne z nożami, obracające się ku sobie w ten sposób, że noże jednego wału przypadają w odstępach pomiędzy nożami drugiego wału. Przyrząd ustawia się z pewnem wzniesieniem. Ruch materjału odbywa się w kierunku przeciwnym ruchowi wody. Klasyfikacja materjału rozluzowanego zachodzi, podług typowego sposobu mokrego. Materjał gruby osiada w żłobie i przesuwa się naprzód, popychany przez odpo-



Rys. 90. Log washers firmy Allis Chalmers do przemywania ilastych rud żelaznych. (Z katal. Allis Chalmers). *a* — próg spustowy.

wiednio wygięte noże; miałki zaś produkt i szlam wypływa przez próg spustowy *a* na dolnym końcu żłoba. Z dołu, wzdłuż całej długości żłobu, doprowadzony jest strumień wody, który nadaje potokowi w żłobie prąd wznoszący i sprzyja unoszeniu się drobnego materjału. Prędkość tego prądu może być w pewnych granicach regulowana.

II. 1. Najprostszy typ przyrządów drugiej grupy stanowią te same żłoby — amerykanki, w połączeniu z płaskim przesiewaczem



Rys. 91. Amerykanka na kopalni Kazańskiej w okręgu Jenisiejskim, *d* — żłoby, doprowadzające wodę, *c* — pomosty do podwożenia piasku.

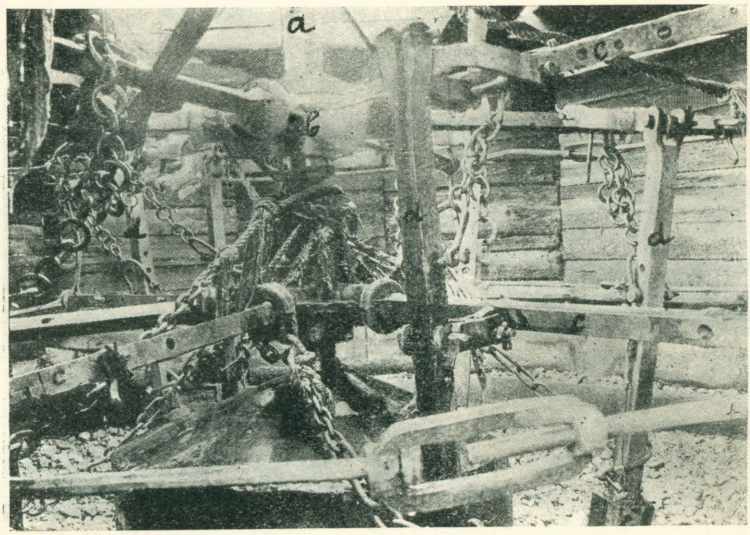
w czołowej lub końcowej części, czasami zaś pośrodku. Rys. 91 przedstawia amerykankę kopalni Kazańskiej Astaszewa w południowo Jenisiejskim okręgu ze środkowym i końcowym nieruchomym przesiewaczem rusztowym.

Ruszta środkowe przedzielają żłób na części, górną *A* i dolną *B*, przyczem w miejscu połączenia ich tworzy się stopień. Grube otoczaki, odmyte w górnej części żłobu *A*, oddzielają się na ruszcie środkowym, pochylonym w kierunku prostopadłym do osi żłobu, następnie spadają do bocznej skrzyni *a*, skąd, w miarę nagromadzenia się, są wypuszczane okresowo do wozów, do odstawy na zwał. Drobny zaś materjał razem z wodą i szlamem przechodzi przez ruszta w dolną część amerykanki, która przy końcu posiada taką samą skrzynię z drugim rusztem, oddzielającym materjał drobniejszy. Żwir wypuszcza się stopniowo do wozów, szlamy zaś do kanału.

Rys. 87 przedstawia amerykankę z sitem poziomem dziurkowanem, umieszczonem w miejscu załamania żłobu pod kątem prostym. Jeden lub dwóch robotników przecierają żwir, zatrzymujący się na

sicie, i zgrzebują go do otworu, gdzie znów trzeci robotnik załadowuje łopatą żwir do taczki. Dolny żłób, skierowany pod kątem prostym do górnego, spełnia rolę koncentratora złota.

2. Żłoby czasami na całej swej długości nad trafaretem pokrywają się dziurkowanem sitem (perforated plate, »бутырное« железо), którego zadaniem jest ochronić od spłókania przez wodę materjał bogaty w złoto, który osiadł w trafaretach. Takie amerykanki, znane w Syberji pod



Rys. 92. Przemywacz Kamarnickiego na kopalni Kazakowskiej w okręgu Nerczyńskim (ze spraw. stud. Kenka).

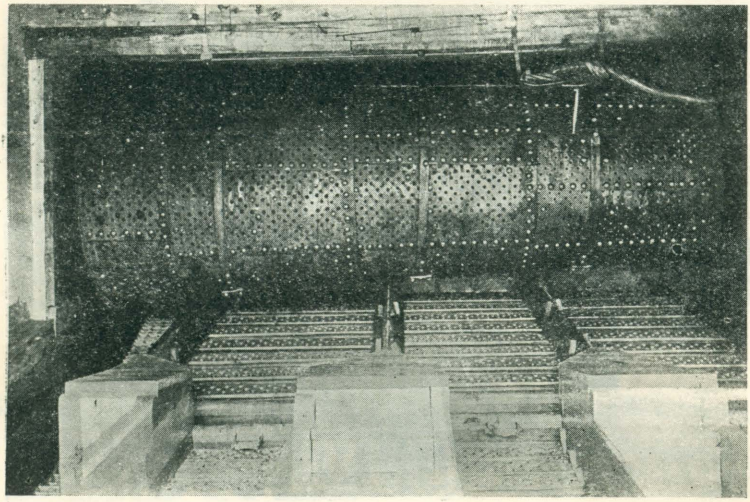
nazwą „Kulibinki", łączą dwie role: przyrządu przemywającego oraz koncentratora złota.

3. Przyrządy z mieszadłami mechanicznemi stanowią wyższy typ maszyn przemywających. Na Uralu i w Syberji dla przemywania nader obfitych w glinę piasków (»мясниковатых пород«) nadzwyczajnem powodzeniem cieszy się przemywacz Kamarnickiego (чаша Камарницкаго, rys. 92). Płaskie dziurkowane sito tworzy pierścieniowe dno naczynia (D = 3 m), w środku którego przechodzi pionowy wał *a*, poruszany od napędu, zwykle znajdującego się z dołu, zapomocą kół stożkowych. Pionowy wał dźwiga dwie lane tuleje *b* z przymocowanemi do nich na klinach szprychami *c*, do których na zawiasach i łańcuchach są zawieszone ciężkie mieszadła, złożone ze sztaby *d* i buta *e*. Przy obracaniu się pionowego wału, mieszadła przecierają i mieszają materjał załadowany. Woda zostaje doprowadzona rurą, okrążającą sito, zaopatrzoną na całym obwodzie w wodotryski. W miarę przemywania drobny żwir i szlam przechodzi przez sito i kieruje się do dalszej przeróbki, grube zaś otoczaki, w miarę nagromadzania się na sicie,

wypuszcza się okresowo przez otwór w jednym wycinku sita, zwykle zamkniętym. Pionowy wał robi 20 obrotów na minutę, wydajność 340 do 380 m^3 na dobę, rozchód energji 8 KM.

Na Uralu takież same przyrządy są używane również dla przemywania limonitów, przyczem produkt użyteczny, składający się z głazów żelaziaka brunatnego, otrzymuje się wewnątrz sita.

4. „Beczka złoto-przemywająca"; przemywacz w postaci przesiewacza bębnowego (Washtrommel, Trommel d'ébourbeur, »Бутара«)



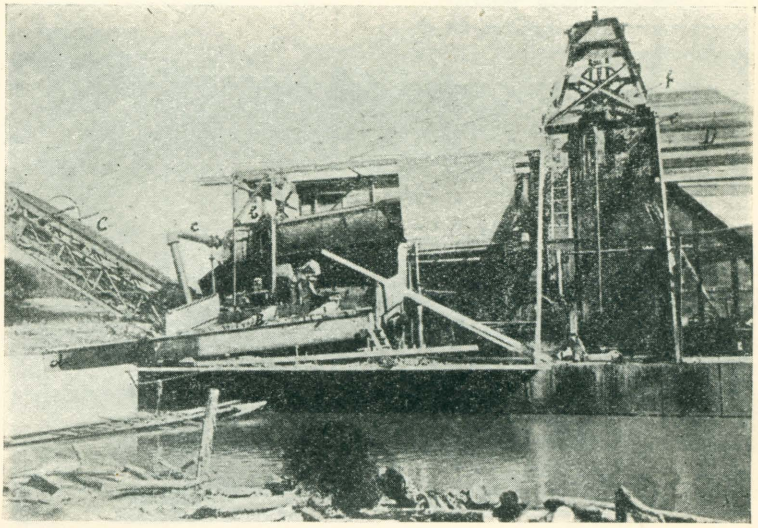
Rys. 93. Przemywacz bebnowy (beczka złoto-przemywająca) na kopalniach Leńskich (ze spraw. stud. Silina).

Jest to przesiewacz bębnowy, zwykle stożkowy na osi poziomej, walcowy, zaś, na osi pochyłej. Od zwykłych przesiewaczy bębnowych różni się beczka przemywająca: 1) obecnością na swej wewnętrznej powierzchni umocowanych rozcieraczy w postaci drążków, sztab i innych wystających części „uzbrojenia" (»набор«), które przy obrotach bębna sprzyjają przewracaniu się i przecieraniu się materjału; 2) obfitem zraszaniem wodą pod ciśnieniem z szerokiej rury, umocowanej bądź zewnątrz, bądź wewnątrz beczki w kierunku osi; wreszcie, 3) mniejszym współczynnikiem światła sit, w celu dłuższego zatrzymania materjału wewnątrz sita.

Rys. 93 przedstawia stożkową beczkę, przemywającą piaski złotonośne na kopalniach Leńskich ($D_1 = 1{,}15$ m; $D_2 = 1{,}85$ m; $L = 4{,}97$ m; $\alpha = 3°20'$; $n = 18$ i wydajność 1300 m^3 na 20 godzin). Materjał drobny przechodzi łącznie z szlamem do żłobów, umieszczonych pod bębnem dla dalszej koncentracji złota, a grube otoczaki i głazy wydalają się z szerokiego otworu beczki i skierowują na zwał.

Największe beczki złoto-przemywające, a łącznie z tem i przesiewacze bębnowe, urządza się na dragach do złota (Gold-dredge; pasa).

Draga jest to pływająca pogłębiarka i płóczka, przystosowana do wydobycia piasków złotonośnych z dna zbiorników wodnych. Na wspólnym promie jest umocowany, obok przyrządu wydobywającego w kształcie łańcucha z czerpakami, również cały zespół maszyn przemywających i koncentrujących złoto. Na rys. 94 przedstawiona jest draga kopalń Szulpichińskich, Niżnietagilskich Zakł., na Uralu. *A* — beczka przemywająca w postaci walcowego przesiewacza bębnowego (D = 2,440 m;

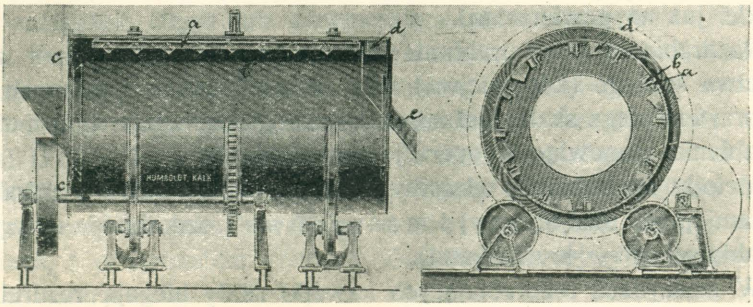


Rys. 94. Draga w Niżnie Tagilsku (Szulpichinski priisk) z przemywaczem bębnowym (beczką) *A*. Budynek *D* zawiera mechanizm czerpakowy. Na rysunku widoczny jest jeden czerpak *f* obok górnego bębna, obracającego się około osi *e*, skąd piasek ładują do beczki złoto-przemywającej.

L = 10,200 m; d = 6°50′; n = 18), obracającego się na rolkach *a*, zapomocą zębatego kola *b*, *c* — rura, doprowadzająca wodę, zapomocą pompy wirującej; *B* — stoły, koncentrujące złoto (żłoby), na które skierowuje się materjał drobny i szlamy przez sito bębna; *d* — żłoby, odprowadzające szlamy nazewnątrz. *C* — elewator czerpakowy dla wydalania odpadów z wnętrza bębna na zwał.

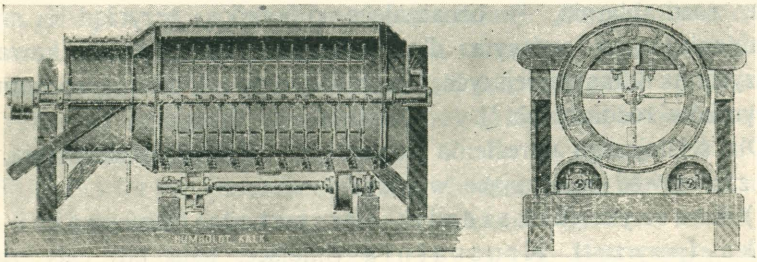
5. Dla przemywania rudy żelaznej ze złóż aluwjalnych (jak też wogóle dla wszelkich rud z domieszką gliny) służą bębny przemywające (Washtrommel, Läutertrommel, Рудопромывочные барабаны), umieszczone na osi poziomej z całkowitą powierzchnią walcową z blachy kotłowej bez otworów. Wewnątrz przyrząd uzbrojony jest w rozcieracze. Na rys. 95 pokazany jest taki bęben firmy Humboldt. Uzbrojenie wewnętrzne składa się z podłużnych pasów kątowego żelaza *a*, do których są umocowane łopatki *b* ze stali manganowej, rozlokowane po linji śrubowej. Przy obracaniu się bębna łopatki mieszają materjał, po-

suwając go, jednocześnie, wzdłuż bębna. Denka bębna mają postać tarcz pierścieniowych, przytem tylne dno przedstawia dziurkowane sito *c*, przez które wypływają szlamy z drobnym materjałem; natomiast, przednie jest niedziurkowane i zaopatrzone na stronie wewnętrznej w czerpaki *d*. Czerpaki działają, podobnie, jak elewator, unoszą przemyty materjał, skupiający się na przodzie, do góry i wyładowują tam do odprowadzającego żłobu *c*. Bębny takie dla rudy żelaznej mają 8 m długości, 2 m średnicy, robią 12 obrotów na minutę i wydajność ich wynosi 250 tonn na dobę.



Rys. 95. Bęben przemywający dla kruszców systemu Humboldt.

6. Dla przemywania niezwykle gliniastych materjałów, zawierających drobny żwir, firma Humboldt buduje bębny przemywające z obracającemi się nożami na środkowej (lub mimośrodowej) osi poziomej



Rys. 96. Bęben przemywający z obracającemi się nożami (z katalogu Humboldt'a).

z prędkością 180—300 obrotów na minutę. Przyrząd ten przypomina log washer amerykańskich fabryk i często służy dla wtórnego przemywania materjału, wychodzącego z bębna konstrukcji wyżej opisanej (rys. 96).

§ 3. *B.* Rozdrabianie.

(Crushing. Zerkleinerung. Broyage. Дробление).

Zasady ogólne.

1. Określenia. Rozdrabianie jest operacją rozdzielania całych kawałków skały urobionej przynajmniej na dwa, lub wogóle na większą

ilość kawałków mniejszych. Skalą (stopniem) rozdrabiania nazywa się stosunek średnicy największych kawałków (ziarn) materjału, ulegającego rozdrabianiu, do średnicy największych kawałków materjału rozdrobionego. Zwykle skala rozdrabiania nie bywa mniejszą od 2, lecz w górnej granicy jest nieograniczoną.

Rozdrabianie wykonywa się, przedewszystkiem, na kopalniach w procesie urabiania skał przez roboty górnicze, prowadzone w przodkach wyrobisk (rozdrabianie calizny). Pozatem, materjał urobiony może być rozdrabiany, jedynie, zapomocą specjalnych sposobów mechanicznych (zwykle, już na powierzchni).

Rozdrabianie przez urabianie skał w przodku wchodzi w zakres górnictwa ścisłego (kopalnictwa), lecz wskutek zmian fizycznych, którym przytem ulega skała, jest zupełnie analogiczne właściwym metodom rozdrabiania, stanowiącym operacje przeróbki.

Metody rozdrabiania właściwego mogą być ręczne (rozdrabianie młotkami przez rozdrabiaczy) i maszynowe (rozdrabianie maszynami rozdrabiającemi — kruszarkami).

W maszynach rozdrabiających kawałki skały ulegają rozdrabianiu przez odpowiednie części rozdrabiające (robocze, wykonawcze), działające naogół podług zasady „młota i kowadła".

Operacja rozdrabiania może się przejawić w wielu różnych postaciach zależnie od charakteru ciała, ulegającego rozdrabianiu, wielkości jego kawałków, skali rozdrabiania, wreszcie od sposobu jej wykonania. Wyraz rozdrabiać, (jak też pochodne: rozdrabiacz, rozdrabiak i rozdrabiarka, rozdrabiarnia, — oznaczające robotnika, przyrząd i miejsce rozdrabiania) jest ogólnym dla oznaczenia rozdzielania kawałków większych na kilka mniejszych, bez ściślejszego określenia sposobu ani też wyników rozdrabiania [1]).

Dla ściślejszego określenia rozmaitych odmian rozdrabiania, możemy zastosować następujące wyrazy:

1) Kruszyć (kruszenie) oraz pochodne kruszak i kruszarka (przyrząd). Kruszarnia (miejsce, sala lub cały zakład, podług najbardziej charakterystycznej operacji). Wyraz ten oznacza rozdrabianie przez naciskanie ciągłe lub wielokrotnie powtarzające się brył większych wymiarów ciał stałych, celem otrzymania mniejszych kawałków różnych wielkości i kształtu, wogóle niezbyt wielkich.

---

[1]) Podług słownika Arcta M. 1916, wyrazy „rozdrabiać" i „rozdrabniać" są synonimami. Lecz nam się wydaje, że czasownik „rozdrabniać" pochodny od przymiotnika „drobny" nazywa w sposób bardziej ogólny czynność „rozdrabiania" całości na części, przytem łatwiej może się odnosić do pojęć oderwanych: „rozdrabniać" w znaczeniu „rozpraszać", np., myśli. Natomiast, czasownik „rozdrabiać" wyraźniej uzmysławia czynność rozdzielania całości na części przez zastosowanie siły fizycznej, w zasadzie, więc, powinien dotyczyć tylko przedmiotów materjalnych. Dlatego używamy tutaj celowo wyrazu „rozdrabiać", a nie „rozdrabniać".

2) Łamać (łamanie) oraz pochodne: łamacz (robotnik i przyrząd), łamak (przyrząd). (Dla oznaczenia miejsca — wyrazu pochodnego niema; mogą być użyte te same wyrazy, albo, np., łom). Wyraz obejmuje pojęcie kruszenia największych brył., stopniowo zachodzące, prawie przez podwojenie ilości kawałków, bez otrzymywania znacznej ilości miału.

3) Gnieść, rozgniatać (gniecenie, rozgniatanie) oraz pochodne: gniotownik, gniecarka, rozgniatacz — dla oznaczenia przyrządu (dla zakładu być może, również, gniecarnia). Oznacza kruszenie przez naciskanie ciągłe lub powtarzające się, połączone ze ścieraniem. Stosuje się do kawałków większych i średnich, i zawiera w swojem pojęciu, jako wynik kruszenia, uzyskanie masy kawałków drobniejszych rozmaitych wielkości, jednakże niezbyt drobnych.

4) Drobić (drobienie) oraz pochodne: drobiarz, drobiarka (przyrząd), drobiarnia (miejsce). Wyraz obejmuje pojęcie rozdrabiania przez kruszenie kawałków mniejszych, niż w poprzednich wyrazach, z otrzymaniem również ziarnek drobniejszych, o wielkości bardziej jednostajnej.

Wyrazy zatem: łamać, gnieść, drobić mogą być uważane jako odmiamy kruszenia, t. j. rozdrabiania zapomocą naciskania ciągłego lub powtarzającego się w zastosowaniu do brył i kawałków skały stałej o wielkości odpowiednio coraz mniejszej i do otrzymania odpowiednio coraz drobniejszych kawałków i ziarn.

5) Tłuc (tłuczenie) oraz pochodne: tłuczka, stępa (przyrząd) i tłuczarnia, tłucznia (miejsce; zakład). Oznacza rozdrabianie zapomocą powtarzających się uderzeń, to znaczy, zapomocą naciskania raptownego, ale nie stopniowego, jak w przykładach poprzednich. W wyniku tej czynności otrzymujemy ziarna bardzo drobne o charakterze, przeważnie, piasku.

6) Miażdżyć (miażdżenie) i pochodne: moździerz, miażdżarka (przyrząd), miażdżarnia (miejsce). Oznacza takież same rozdrabianie zapomocą raptownego uderzania, lecz w połączeniu ze ścieraniem, wskutek czego powstają bardzo drobne ziarnka.

7) Mleć (mielenie) i pochodne: młyn (przyrząd i zakład). Mieści pojęcie rozdrabiania niewielkich kawałków do bardzo drobnych ziarnek, które tworzą masę o charakterze mąki, przez połączone działania: gniecenia, uderzenia i ścierania.

8) Ścierać, rozcierać, przecierać (-anie) i pochodne: młyn cierny (przyrząd), ciernia (miejsce) również trzeć (tracz i tralnia) oznaczają mielenie, przeważnie, przez ścieranie do otrzymania drobnej mączki, o charakterze pyłu lub iłu w stanie zwilżonym.

9) Proszkować (-anie) albo rozpylać (-anie) oraz pochodne: rozpylacz (obce: pulweryzator, dezintegrator lub dysmembrator),

proszkownia, rozpylarnia (miejsce). Wyrazy te przedstawiają bardzo drobne mielenie, w którem ścieranie odgrywa mniejszą rolę, aniżeli rozgniatanie i tłuczenie.

Ścieranie i proszkowanie (pulweryzacja, rozpylanie) są zatem różne odmiany mielenia.

Wszystkie te wyrazy najczęściej są używane przy rozdrabianiu ciał bardzo twardych i częściowo tylko kruchych.

Jeżeli mamy do czynienia z ciałami kruchemi, wówczas rozdrabianie może przyjąć następujące odmiany specjalne:

10) Rozłupywać (-anie), (rozłupywacz). Stosuje się do ciał łupliwych w dużych kawałkach i wyzyskuje się słabą łączność na płaszczyznach łupliwości.

11) Rozrywać (-anie, -acz). Stosuje się celem uniknięcia miażdżenia kawałków kruchych, skłonnych do łatwego sproszkowania się, gdy chodzi jednak o otrzymanie większych ilości sortymentów średnich.

12) Rozcinać (-anie, -acz). W tych samych warunkach dla ziarn drobniejszych.

W ten sposób możemy ustalić następujące odmiany rozdrabiania:

I. Urabianie skał w przodkach,

II. Rozdrabianie mechaniczne } ręczne i maszynowe:

Skał twardych:

1. Kruszenie. *a)* łamanie, *b)* gniecenie, *c)* drobienie } grube, średnie
2. Tłuczenie.
3. Miażdżenie.
4. Mielenie.
5. Ścieranie i tarcie.
6. Proszkowanie i rozpylanie. } drobne miałkie

Skał kruchych:

7. Rozłupywanie. — grube
8. Rozrywanie. — średnie
9. Rozcieranie. — drobne

2. Główna zasada rozdrabiania. Operacja rozdrabiania w ogólnym procesie przeróbki mechanicznej, podług ilości spotrzebowanej energji, zwykle jest najkosztowniejsza. Często do 80% ogólnych kosztów przeróbki stanowi zużycie energji na uruchomienie i pracę maszyn rozdrabiających. Dlatego więc rozdrabianie, nadające rudzie stopień rozluzowania większy, niż tego wymaga się w celu otrzymania jej w stanie zupełnego lub nawet dostatecznego rozluzowania dla późniejszego wzbogacania, stanowi bezcelowe zużycie energji i czasu. Oprócz tego, zbyteczne sproszkowanie użytecznej części rudy wytwarza nadmierną ilość miału mineralnego, którego wzbogacanie zawsze napotyka na ogromne trudności i połączone jest z wielką

stratą minerałów użytecznych zarówno w odpadach, jak też w znacznych ilościach pyłu i mułu.

Stąd — zasada: nie kruszyć nic zbytecznego. Przestrzeganie tej zasady stwarza, ponadto, następujące dwie dogodności:

1) wskutek zaoszczędzenia czasu na rozdrabianie zmniejszonej ilości rudy lub do mniejszego stopnia rozluzowania, zwiększa się ogólną wydajność zakładu, oraz

2) zmniejsza się odwrotne oddziaływanie rudy na maszyny rozdrabiające, w szczególności na ich części robocze, których zużycie stanowi drugą znaczną pozycję w kosztach rozdrabiania.

W ten sposób, zasada „nie kruszyć nic zbytecznego" ma na celu osiągnięcie:

1) Oszczędności w zużyciu energji.

2) Zmniejszenia strat minerału użytecznego w odpadach, pyle i mule.

3) Zwiększenia wydajności kruszarni (ew. sortowni).

4) Zmniejszenia zużywania się części roboczych maszyn rozdrabiających.

Idealne byłoby takie rozdrabianie, przy którem płaszczyzny rozłamywania się kawałków przypadałyby na płaszczyznach stycznych między minerałami użytecznemi i bezużytecznemi, t. j. przy którem nie zachodziłoby kruszenie minerałów, lecz ich rozłączenie. Wówczas, bowiem, osiągnęłoby się maximum pracy użytecznej i minimum zużycia energji. Lecz takie idealne rozdrabianie w rzeczywistości nigdy nie może być osiągnięte. Najbardziej zbliżone do idealnego można uważać rozdrabianie w takim wypadku, kiedy rozkruszeniu mogą ulec przeważnie ziarna tylko jednej części składowej rudy, mianowicie płonnej, lub mniej wartościowej, ponieważ, wówczas, przynajmniej część bardziej wartościowa zostaje zabezpieczona od zbytecznego rozdrabiania i połączonych z tem strat.

Często się zdarza, że drobno wpryśnięte minerały rozsiane są wzdłuż płaszczyzn szczelinowatości skały żylnej, stawiających najmniejszy opór rozdrabianiu. Skała, wówczas, przy rozdrabianiu rozłamywuje się właśnie wzdłuż tych płaszczyzn szczelinowatości, drobne zaś kryształy minerałów użytecznych, wskutek wzajemnego tarcia, łatwo odłączają się przy stosunkowo nieznacznym ogólnym stopniu rozluzowania. Oczywiście, gdy taki stopień rozluzowania zostanie osiągnięty, celem zachowania zasady „nie kruszyć nic zbytecznego", rozdrabianie powinno być natychmiast przerwane, gdyż można wówczas wybrać te odłączone drobne ziarnka minerałów z masy grubo rozluzowanej rudy, Taką własnością odznaczają się czasami niektóre rudy złota, zawierające kruszec szlachetny w nader drobnych, rozsianych wzdłuż szczelinowatości kwarcu, kryształach pirytu i teluridów. Wystarcza, naprzykład, do-

prowadzić rozdrabianie do otrzymania kawałków 50—0, przyczem w masie tej przeważna część minerałów złotonośnych w bardzo drobnych kryształach będzie się znajdowała już w stanie rozluzowania zupełnego, dopuszczającym ich odłączenie w jakikolwiek bądź sposób.

W innych przypadkach rozdrabianie, zbliżające się do idealnego,



Rys. 97. Piryt (zawierający złoto) w łupku chlorytowym (złoże Kopotińskie, Ural).

udaje się przeprowadzić dlatego, że różnorodne części składowe rudy posiadają różną twardość, kruchość oraz strukturę (łupliwość, kształt krystaliczny). Jeżeli różnice tych własności są znaczne, to mogą one wywrzeć wpływ bardzo wyraźny na dostateczny stopień, rozluzowania. Im kruchsza jest skała płonna, im wyraźniejsza łupliwość i szczelinowatość, tem mniejszy może być dostateczny stopień rozluzowania, naprzykład, przy rudach, których część płonna składa się ze skał łupliwych — łupków krystalicznych talku, miki, chlorytu (łoże Kapotińskie, Wierch—Issetsk na Uralu) (rys. 97). Przy rozdrabianiu takich rud osiąga się różny stopień rozluzowania ich części składowych i często przez rozdrobienie części płonnej można doprowadzić do zupełnego odłączenia się części użytecznej, zanim ta ostatnia zacznie ulegać widocznemu rozdrobieniu. W tym celu używają czasami specjalnych przyrządów, w których rozdrobieniu ulega tylko część bardziej krucha ciała kopalnego, podczas gdy ziarna i kawałki twardsze nie tylko nie kruszą się, lecz same przyjmują udział w rozdrabianiu części kruchych. W ten sposób mogą być odłączone konkrecje sferosyderytu z otaczającej je skały gliniastej, marglowej; — pirytu — z węgla kamiennego i t. p. Przyrządy te mają wygląd walców szybko obracających się na osiach poziomych, w których masa załadowana zostaje podnoszoną siłą odśrod-

kową nieomal do ich górnej twornicy, skąd, opadając, ulega rozkruszeniu, przyczem twarde konkrecje sferosyderytów lub pirytów miażdżą kruche łupki, margle lub węgle kamienne.

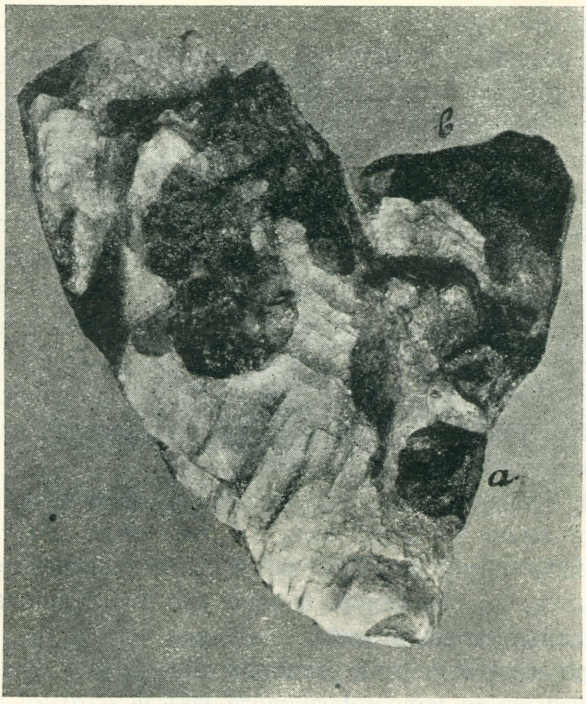
W niektórych wypadkach różnica w twardości i kruchości części składowych rudy może być zwiększona przez uprzednie o g r z e w a n i e. Różnorodne części składowe rudy reagują w różnym stopniu na podniesienie temperatury: jedne — mogą się, przytem, rozłupać mniej, niż drugie, albo pozostają zupełnie bez zmiany, podczas gdy inne rozłupują się na drobne listewki. To rozłupywanie się, wskutek ogrzania, w przeważnej części wypadków, postępuje wzdłuż naturalnych płaszczyzn, rozgraniczających różne minerały. Ruda, tak przygotowana, wymaga znacznie mniejszego rozchodu energji mechanicznej dla jej rozdrobienia, pozatem, prędzej zostanie doprowadzona do stanu zupełnego rozluzowania. Naprzykład, sprażone sferosyderyty w Alleward (Francja) łatwiej oddzielają się od przerostów kwarcytu, aniżeli nieprażone; w Annaberg (Szwecja) sprażona w specjalnych piecach ruda, zawierająca blendę, wymagała mniej pracy rozdrabiania, niż ruda surowa. W tym samym celu w stanie Karolina Północna (Am. Półn.), w kopalniach korundu, prażenie rudy wykonywa się w przodkach zapomocą umiejętnie rozkładanych stosów.

Prażenie, jednakże, może wywołać zmiany w składzie chemicznym: np., Fe S_2 pozbawia się części swej S i, jeśli obok innych minerałów w rudzie (ZnS) piryty znajdują się w ilości dostatecznej dla przeróbki na H_2SO_4, to okoliczność ta musi być uwzględniona w ogólnem obliczeniu ekonomicznem procesu.

Jeżeli po sprażeniu rudę zanurzyć do zimnej wody, wówczas wpływ nagłych zmian temperatury może jeszcze bardziej rudę rozluzować i zmniejszyć zużycie energji mechanicznej rozdrabiania. Raptowne zmiany temperatury wpływają najbardziej na minerały o bardzo wyraźnej łupliwości, naprzykład: na kalcyty lub baryty. Na tej własności osnute jest oddzielanie fluorytu od barytu. Lecz szybkie ochładzanie uprzednio nagrzanej rudy może wywołać w swym skutku nadmierne sproszkowanie, nawet użytecznej części rudy i wtedy oszczędności osiągnięte na energji rozdrabiania, mogą nie zrównoważyć powstających skutkiem sproszkowania strat w pyle i w szlamach. W Annaberg z tego powodu ochładzanie rudy sprażonej nie dało wyników dodatnich.

Taki sam wpływ na rozdrabianie może mieć z w i e t r z a n i e. Węgle kamienne, łupki gliniaste, cienko uwarstwowione, zawierające w stanie surowym znaczny procent wilgotności, zostając przez czas dłuższy na powietrzu, wietrzeją i rozsypują się w cienkie płytki i listewki, uwolniając konkrecje FeS_2 i $FeCO_3$. Skały gliniaste, zawierające ziarna minerałów użytecznych, wysychają i łatwo ścierają się w proszek bez żadnego rozgniatania minerałów. Rozluzowanie tym sposobem nie może być wszakże wykonane na wielką skalę, i dlatego też częściej stosują

go drobni przedsiębiorcy. Jedynym przykładem zastosowania zwietrzenia na wielką skalę jest przygotowanie skał, zawierających djamenty, w Kimberley (w Afryce Połudn.). Kosztowność tego sposobu polega na konieczności rozporządzania wielką powierzchnią, na której mogą być ułożone znaczne ilości skały w niegrubą warstwę; jest to wywo-



Rys. 98. Franklinit *(a, b)* w kalcycie (Franklin Furnace, New Jersey, St. Zj. Am. Półn.). Wtrącenia grube.

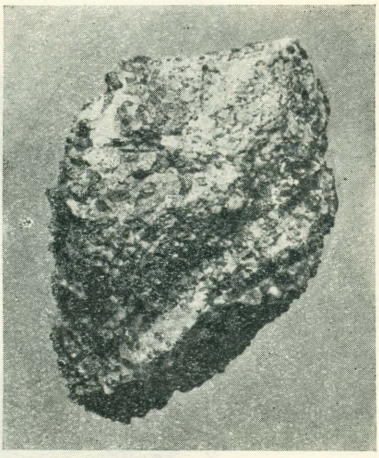
łane dążnością do zabezpieczenia djamentów od ścierania się, nieuniknionego przy rozdrabianiu.

Częściej, jednak zwykłe rury Cu, Pb, Zn, Fe i wielu innych metali, celem osiągnięcia stanu zupełnego rozluzowania, wymagają rozdrabiania całej swej masy. Przytem stopień rozluzowania winien być taki, żeby w ostatecznie rozdrobionej mieszaninie wszystkie jej ziarna były nie większe od najmniejszych ziarn minerałów użytecznych, wpryśniętych w pierwotnych kawałkach (rudy nierozdrobionej). Innemi słowami, stopień rozluzowania zależy od charakteru mineralizacji rudy. Rudy grubo wtrącone (naprzykład, błyszcz ołowiu w kwarcu z Freiberga; chalkopiryty w kwarcu z kopalń Kozieł-Poklewskiego na Uralu i rys. 98, 101) wymagają mniejszego stopnia rozluzowania, aniżeli rudy drobno wpryśnięte (naprzykład, rudy błyszczu ołowiu i blendy

cynkowej na Górnym Śląsku, Elbrus na Kaukazie, Tetiuche, Primorskaja Obłast', Syberja wschodnia, franklinity ze złoża Franklin Furnace, New Jersey St. Zjed. (rys. 99, 100, 102, 103). Wreszcie, rudy złota, którego wtrącenia mogą być spostrzeżone zaledwie pod mikroskopem, wymagają mielenia całej masy do stanu drobnego piasku lub nawet mąki (rys. 104).



Rys. 99. Franklinit w kalcycie (Franklin Furnace, New Jersey, St. Zj. Am. Półn.). Wtrącenia średnie.

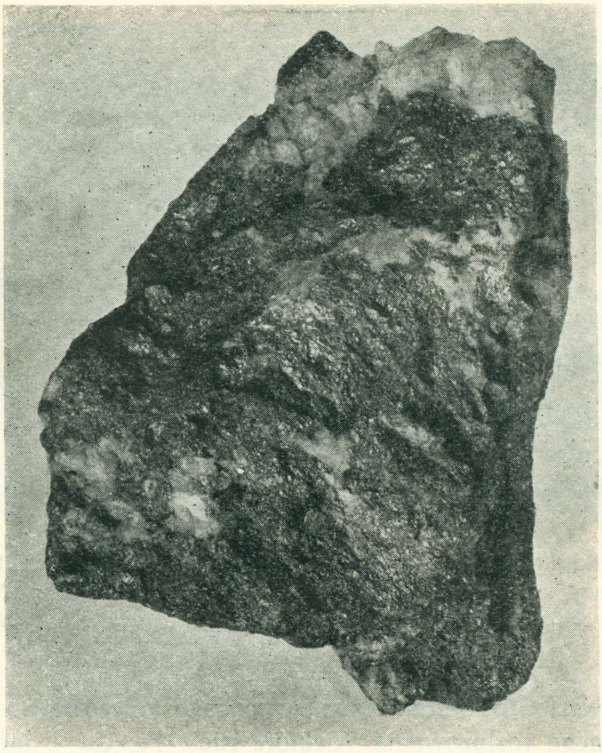


Rys. 100. Franklinit w kalcycie (Franklinit Furnace, New Jersey, St. Zj. Am. Półn.). Wtrącenia drobne.

Nie zawsze, jednakże, bywa wymagane doprowadzanie rudy do stanu zupełnego rozluzowania. Niektóre rudy Fe, Cu i innych metali zawierają w swej części płonnej ciała, które mogą grać rolę topników w procesie wytapiania metali w piecach hutniczych i, zależnie od stanu techniki metalurgji, domieszka w rudzie takich ciał w odsetce określonej może być pożądana. Kawałki takich produktów mogą przedstawiać zrosty minerałów użytecznych i skały, jedynie pod warunkiem, aby zawierały w całej swej masie określony procent metalu. Łatwo więc może się zdarzyć, że, np., przy rozdrabianiu do 75 mm, przy największych wpryśniętych ziarnach minerałów użytecznych 25 mm, osiągnie się już dostateczny stopień rozluzowania.

Wreszcie, w tych przypadkach, gdy ceny produktów sortowanych są stałe i nie są uzależnione od zawartości tego, lub innego pierwiastka, z ekonomicznego punktu widzenia, w interesie kopalni, bynajmniej nie leży doprowadzenie wzbogacenia produktów surowych do najwyższego stopnia możliwego, lecz tylko do dopuszczalnego stopnia najmniejszego, przy którem wymagania rynku mogą być zadośćuczynione. Naprzykład, zwykle ustalają się stałe ceny na węgiel surowy i sortowany, niepłu-

kany i płukany, przyczem ustalają się również najwyższe granice, dla zawartości popiołu (naprzykład $\leqslant 7\%$) i siarki (naprzykład $\leqslant 1\%$). We wszystkich podobnych przypadkach doprowadzenie rozdrabiania do osiągnięcia stanu zupełnego rozluzowania, któreby dało możliwość wybrać węgiel o zawartości, naprz. 2% popiołu i 0,02 S (odpowiednio



Rys. 101. Wtrącenia grube chalkopirytu w kwarcu (Kopalnia Błagodat', Ural).

do składu organiczonej części węgla), byłoby bezcelowem zużyciem energji. Wszystkie te okoliczności muszą być, zatem, nader starannie uwzględnione przy ustaleniu ostatecznego stopnia rozluzowania, który ma być osiągnięty przez rozdrabianie maszynowe.

3. Sortowanie pomocnicze (klasyfikacja) poprzedzające rozdrabianie. Wszelki materjał surowy niesortowany, ulegający rozdrabianiu w operacji głównej lub przygotowawczej, zawsze składa się z mieszaniny kawałków i ziarn wszelkich wielkości — od największych, odpowiadających jego stopniowi rozluzowania, do najdrobniejszych o charakterze pyłu. Zawiera, zatem, w sobie zawsze część produktu w stanie gotowym, t. j. w takim stanie rozluzowania, jaki ma być nadany przez rozdrabianie, całej masie materjału surowego. Oczywiście, ten produkt gotowy, składający się z ziarn drobniejszych, w procesie

rozdrabiania będzie się przecierał i kruszył pośród większych kawałków najzupełniej niepotrzebnie, zużywając bezużytecznie nadmiar pracy.

Dlatego więc, żeby zadość uczynić zasadzie „nie kruszyć nic zbytecznego", przed wszelkiem rozdrabianiem winno być zastosowane sortowanie pomocnicze (przygotowawcze) na sicie, czyli klasyfikacja sucha (przy nieznacznym stopniu rozluzowania, osiąganym przez rozdrabianie) lub klasyfikacja mokra, ewent. powietrzna (przy znacznym stopniu rozluzowania ostatecznego), w celu oddzielenia z całej masy materjału surowego, zawartego w nim, już w stanie gotowym, produktu o żądanym stopniu rozluzowania. Produkt ten otrzymujemy, jako sortyment dolny przy klasyfikacji suchej (na sicie), lub jako sortyment górny (spływ), przy klasyfikacji mokrej; następnie rozdrobieniu ulega jedynie sortyment grubszy; górny — przy klasyfikacji suchej, dolny — przy mokrej, i produkt rozdrobiony łączy się z odsianym na sicie lub z odmytym w klasyfikatorze bardziej drobnym sortymentem klasyfikacji przygotowawczej w jeden ostateczny produkt gotowy.

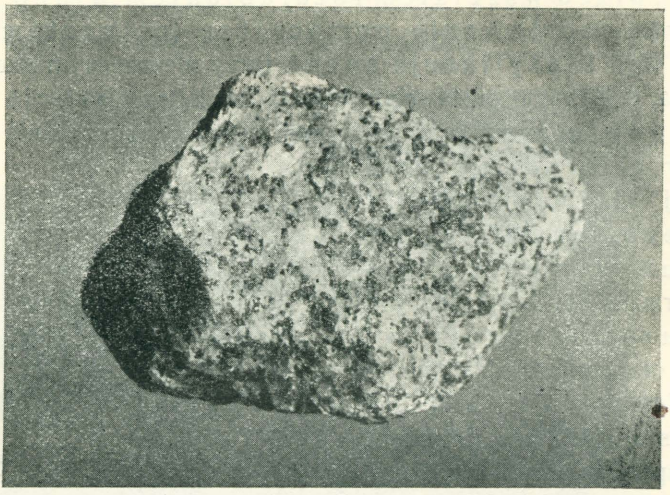


Rys. 102. Wtrącenia drobne chalkopirytu w kwarcu (Kopalnia Błagodat' Ural).

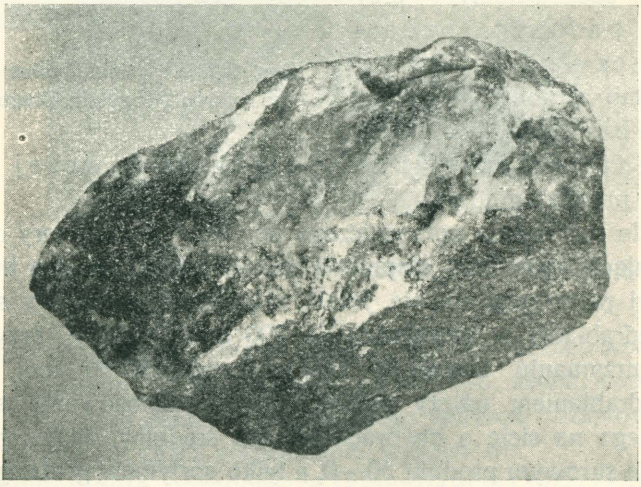
Sito do sortowania pomocniczego powinno mieć otwory o średnicy, odpowiadającej żądanemu stopniowi rozluzowania, jaki ma być nadany produktowi przez rozdrabianie. Jeżeli, więc, materjał surowy skierowuje się do rozdrabiania w kawałkach do 200 mm średnicy, przyczem zależy na otrzymaniu kawałków nieprzekraczających 50 mm, wówczas, przed rozdrabianiem należy najpierw, przez zastosowanie sortowania pomocniczego na sicie o otworach 50 mm średnicy, odsiać gotowy już w materjale surowym produkt 50—0, a tylko sortyment grubszy, 200—50, skierować do rozdrabiania, przez co, oczywiście, będzie w pełni zachowana zasada „nie kruszyć nic zbytecznego".

Przy zastowaniu mokrej klasyfikacji, jako operacji pomocniczej dla rozdrabiania, oczywiście, materjału drobnego, naprzykład, w granicach 2—0, który winien być stłuczony do wielkości ziarn, przypuśćmy, nie grubszych od 0,5 mm, odpowiedni klasyfikator hydrauliczny musi być tak uregulowany, ażeby strumień wznoszący się płynął w nim z prędkością równą prędkości opadania ziarn o średnicy 0,5 mm. Wówczas

wszystkie ziarna mniejsze od 0,5 mm do 0, zostaną odmyte, jako produkt gotowy, i rozdrabianiu ulegną tylko grubsze ziarna w granicach 2—0,5, otrzymane jako dolny produkt klasyfikacji mokrej.



Rys. 103. Wtrącenia miałkie franklinitu w kalcycie (Franklin Furnace, New Jersey, St. Zj. Am. Półn.).



Rys. 104. Wtrącenia miałkie złota w kwarcu (Kopalnia Daubaj, Obłast' Siemipałatińska).

4. Podział procesu rozdrabiania na stadja stanowi dalszy ciąg środków, mających wciąż ten sam cel — przestrzeganie zasady „nie kruszyć nic zbytecznego", w przypadku, gdy rozdrabianie ma charakter przygotowawczy do wzbogacania.

Widzieliśmy, że celem rozdrabiania przygotowawczego jest osią-

gnięcie stanu zupełnego rozluzowania minerałów, przytem stopień rozluzowania winien być takim, by największe ziarna mieszaniny rozluzowanej były nie większe od najmniejszych ziarn minerałów użytecznych, wpryśniętych w pierwotnych kawałkach rudy; wtedy, bowiem, jedynie może być pomyślane przeprowadzenie wzbogacenia, czyli rozsortowanie materjału podług ziarn o składzie jednolitym. Jednakże, jeżeli ruda zawiera wpryśnięte ziarna minerałów użytecznych różnej wielkości tak, że obok bardzo drobno wpryśniętych, istnieją ziarna grubo wpryśnięte, to takie ziarna, całkiem naturalnie, w procesie rozdrabiania zostaną bezcelowo rozkruszone w ziarna drobniejsze. Naprzykład, jeżeli celem uwolnienia ziarna *a* (rys. 98) wielkości 10 mm, należy rozdrobić ten kawałek rudy na kawałki nie większe od 10 mm, to przez to zostanie zupełnie bezcelowo rozkruszone ziarno *b* wielkości 40 mm, na co też zostanie zużyta bezużytecznie pewna praca.

Dlatego więc, w celu uniknięcia podobnego bezcelowego rozdrabiania ziarn większych, przedewszystkiem operacja rozdrabiania rudy do ostatecznego stanu rozluzowania nie wykonywa się jednorazowo i bezpośrednio, lecz zwykle rozczłonkowuje się na kilka stadjów, i ostateczny stopień rozluzowania osiąga się stopniowo. Naprzykład, z początku wielkie bryły rudy łamią na kawałki do 200 mm, później otrzymane kawałki gniotą do rozmiarów 50 mm, te ostatnie kruszą do 10 mm, następnie tłuką do 2 mm, wreszcie mielą do 0,25 mm. Osobne stadja rozdrabiania rozróżniają się nazwami:

1) Rozdrabianie grube, albo łamanie (do 200 mm), gniecenie, kruszenie (do 50) (Preliminary Crushing, breacking; Vorzerkleinerung; Крупное, грубое, предварительное дробление)

2) Rozdrabianie średnie — kruszenie do 10 mm (Intermediate crushing, breacking. Grobzerkleinerung; Среднее дробление)

3) Rozdrabianie drobne — drobne kruszenie, tłuczenie do 2 mm. (Fine crushing. Feinzerkleinerung, Мелкое дробление)

4) Rozdrabianie miałkie — mielenie do 0,1 mm (Grinding, sliming, Mahlen; Тонкое дробление) podane granice, dzielące różne stadja, są tylko przykładem.

Przez rozczłonkowanie rozdrabiania na stadja umożliwione jest wykonanie po każdem stadjum operacji wzbogacania (sortowanie podług składu. Separating, concentrating, Anreicherung. Enrichissement. Обогащение), gdy, przy osiągniętym stopniu rozluzowania w każdem stadjum, odpowiedniej wielkości ziarna, bądź czystej rudy, bądź skały płonnej, uwalniają się ze zrostów i mogą być już odebrane. W ten sposób, przez wzbogacanie materjału rozdrobionego w każdem stadjum odbiera się:

1) Zupełnie czyste ziarna rudy — produkty gotowe, sortowane, koncentraty (Concentrates. Koncentrate. Concentrées, Кон-

центраты), które zależnie od stadjum, w którem otrzymują się, mają różne nazwy:

a) Ruda gruba, lita, jędrna, zbita, sztufowa, kawałkowa (Lumpore. Stufferze, Derbeserz. Штуфы.

b) Ruda średnia, kostka, orzech, grusty, grąpie (Coarse concentrates. Graupen. Подрудок).

c) Ruda drobna, piasek, gruby piasek (Coarse sands. Sandschliche. Песок).

d) Ruda miałka, miał, ił, mączka, szlich (Fine concentrates. Schliche. Шлиха).

2. Zupełnie czyste ziarna skały płonnej, niezawierające wcale minerałów użytecznych — odpady (Tailings. Abgänge, Abfälle. Les steriles, les tailings, омбросы, Эфеля [1]) хвосты), po odebraniu koncentratów i odpadów pozostają:

3. Kawałki, przedstawiające zrosty nierozłączonych ziarn mniejszych minerałów użytecznych i skały płonnej. Są to tak zwane: produkty przejściowe, pośrednie, „międzyprodukty", zrosty, „miksty" (mieszane) Middlings. Zwischenprodukte. Les mixtes. Промежуточный продукт, сростки).

Ten produkt przejściowy postępuje w następne stadjum rozdrabiania, po którem ten sam proces wzbogacania powtarza się i t. d., zanim po ostatniem stadjum rozdrabiania, w którem osiąga się stan zupełnego lub dostatecznego rozluzowania, nie zostaną w operacji wzbogacania otrzymane tylko dwa produkty końcowe: koncentraty i odpady.

W ten sposób zwolnione ze zrostów, w miarę rozdrabiania, jednolite ziarna czystej rudy i skały płonnej wydalają się z procesu rozdrabiania stopniowo w kolejnych stadjach i nie ulegają bezcelowemu rozdrabianiu, jednocześnie zmniejsza się stopniowo ilość ogólna materjału, podlegająca rozkruszeniu.

Ponieważ produkty rozdrabiania każdego stadjum przedstawiają mieszaninę ziarn wszelkich wymiarów — od największych, odpowiadających stopniowi rozluzowania, osiąganemu w danem stadjum, do zera, przeto, naturalnie, wskazana wyżej operacja sortowania pomocniczego na sicie, lub w klasyfikatorze hydraulicznym, winna poprzedzać każde stadjum rozdrabiania.

W ten sposób, dla zachowania zasady „nie kruszyć nic zbytecznego":

1) Cała operacja rozdrabiania przygotowawczego dzieli się na kilka kolejno po sobie następujących stadjów.

2) Przed każdem stadjum rozdrabiania stosuje się sortowanie pomocnicze (klasyfikacja) suche (w stadjach po-

[1]) Z niemieckiego „Abfälle".

cząstkowych i środkowych) lub mokre (w stadjach końcowych), przytem, niższe produkty tego sortowania łączą się z produktem rozdrobionym w tem stadjum.

3) Po każdem stadjum rozdrabiania stosuje się operację wzbogacania (włącznie z klasyfikacją przygotowawczą, o ile zachodzi potrzeba), która wytwarza koncentraty, odpady, oraz produkty przejściowe.

Te ostatnie postępują do następnego stadjum, w którem ten sam cykl operacyj powtarza się w tymże porządku.

Połączenie trzech operacyj: sortowania (klasyfikacji) rozdrabiania i wzbogacania — tworzy jedno stadjum ogólnego procesu wzbogacania.

Stosunek stopni rozluzowania, osiąganych w dwóch kolejnych stadjach, czyli stosunek średnicy największych ziarn przed procesem rozdrabiania do średnicy największych ziarn, wychodzących z rozdrabiania w jednem stadjum, nazywa się skalą rozdrabiania danego stadjum. Skalą ogólną rozdrabiania będzie stosunek średnicy największych kawałków (ziarn) materjału surowego do ostatecznego produktu rozdrobionego w ostatniem stadjum; czyli — iloczyn skal rozdrabiania wszystkich stadjów poszczególnych.

Ilość stadjów, oraz skala rozdrabiania każdego stadjum, zależy od charakteru mineralizacji rudy. Im grubiej jest ruda wpryśnięta, im różnorodniejsza jest wielkość ziarn minerałów, tem więcej winno być stadjów i tem mniejszą winna być skala rozdrabiania w każdem stadjum. Naprzykład, przy rozdrabianiu rud grubo wpryśniętych błyszczu ołowiu, chalkopirytu i innych, proces rozrabiania dzielą na 5 do 8 stadjów, rozgraniczonych średnicami ziarn: 50 — 25 — 12 — 6 — 3 — 1,5 — 0,75 przy skali rozdrabiania w każdem stadjum 2. Przy wzbogacaniu rud drobno wpryśniętych ilość stadjów zmniejsza się, skala zaś rozdrabiania zwiększa się. W Tetiuche (w pobliży Władiwostoku), dla przeróbki drobno wpryśniętej rudy ołowiu i cynku, stosują rozdrabianie w dwóch stadjach, przedzielone granicami 3 — 0,5 mm, przy skali rozdrabiania w pierwszem stadjum — 50, a w drugiem — 6. Wreszcie, przy przeróbce rud złota kruszcowego, rozsianego w kwarcu, w ziarnkach niewidocznych gołem okiem, rozdrabianie wykonywa się w jednem stadjum przy największej możliwej skali.

5. Podział procesu rozdrabiania na ujęcia. Gdy rozdrabianie przy znacznej skali ma charakter operacji głównej (np. rozdrabianie soli kamiennej, węgla brunatnego), również, gdy w procesie rozdrabiania przygotowawczego skale rozdrabiania poszczególnych stadjów wypadają zbyt wielkie, wówczas rozdrabianie również rzadko wykonywa się za jednym razem. Częściowo jest to uwarunkowane właściwościami konstrukcyjnemi rozdrabiarek, przystosowanych w większości

wypadków do rozdrabiania kawałków określonej wielkości w określonych granicach skali rozdrabiania, lecz przeważnie — temi samemi względami: „nie kruszyć nic zbytecznego".

W procesie rozdrabiania we wszystkich stadjach nigdy kawałki skały nie rozłamywują się na kawałki jednostajnej wielkości, lecz zawsze obok kawałków większych znajdują się mniejsze, aż do wielkości pyłu. Ziarna drobniejsze i najdrobniejsze zapełniają wnętrze komory roboczej kruszarek i puste przestrzenie pomiędzy kawałkami większemi, chroniąc te ostatnie od bezpośredniego wpływu części roboczych (rozdrabiających) maszyny; same, zaś, ulegają zbytecznemu rozgniataniu i rozcieraniu. W produktach rozdrobionych ziarna mają, wówczas, nader różnolitą wielkość z nadmiarem ziarn drobniejszych, nieodpowiadających pożądanemu stopniowi rozluzowania. Wskutek tego, otrzymują się straty, wywołane przez tworzenie się znacznej ilości pyłu oraz zupełnie niepotrzebne zużycie energji dla tych ziarn, które już dosięgły swojej wielkości żądanej, a więc również i straty — przez zbędną stratę czasu.

Dlatego więc, wszelkie rozdrabianie, mające charakter operacji głównej, jak również — każde stadjum przy charakterze pomocniczym dla wzbogacania w tych przypadkach, gdy pożądana skala rozdrabiania jest zbyt wielka, — wykonywa się stopniowo, przez rozczłonkowanie na poszczególne ujęcia, z zastosowaniem sortowania pomocniczego (klasyfikacji), poprzedzającego każde ujęcie rozdrabiania, w celu wydzielenia tego materjału, który już się utworzył w poprzedniem ujęciu, od takiego, który powinien dopiero się wytworzyć w ujęciach następnych. Drobniejszy produkt odsortowany łączy się bezpośrednio z produktem rozdrabiania następującym w ślad za tym, poczem operacja powtarza się w tym samym porządku w następnem ujęciu, i tak samo powtarza się dalej, zanim w ostatniem ujęciu nie zostanie wykonaną żądana skala rozdrabiania. Na tej zasadzie, w przykładzie wyżej przytoczonym rudy drobno-wpryśniętej złoża Tetiuche, pierwsze stadjum rozdrabiania, w którem skala rozdrabiania — 50 może się wydać zbyt wielka, może być rozczłonkowane na 3 ujęcia ze skalą rozdrabiania 4,4 i 3,1, tak iż, jeśli materjał surowy występuje w kawałkach 150, będziemy w kolejnych ujęciach kruszyli go do 37,5 — 10 i 3 mm, stosując dla pomocniczego sortowania w każdem ujęciu odpowiednie sita. Tak więc, przed pierwszem ujęciem na sicie 37,5 otrzymamy dwa sortymenty 150 — 37,5 i 37,5 — 0; tylko pierwszy z nich zostanie rozkruszony do 37,5 — 0, a po połączeniu z odsianym sortymentem drobniejszym, identycznych wymiarów, przed drugiem ujęciem kruszenia oddzielimy go znowu, i na sicie pomocniczem 10 mm otrzymamy 2 sortymenty: 37,5 — 10

i 10—0; z tych pierwszy zostanie rozkruszony w drugiem ujęciu do 10—0 i po połączeniu z drugim sortymentem, identycznych wymiarów, przed trzeciem ujęciem ulegnie, zapewne, klasyfikacji hydraulicznej, celem oddzielenia sortymentu 3—0; do trzeciego ujęcia rozdrabiania pójdzie jedynie sortyment 10—3, który się ostatecznie rozdrobi do 3—0 i połączy się z sortymentem odmytym w jeden wspólny sortyment 3—0.

Skala rozdrabiania jednego ujęcia zwykle nie przekracza 4—5, lecz przy przejściu do produktów drobniejszych skala często się rozszerza do 10—20 i więcej.

6. Przedstawienie graficzne procesu rozdrabiania przygotowawczego do wzbogacania. W procesie, zatem, rozdrabiania przygotowawczego do wzbogacania odróżniamy stadja i ujęcia. Cały proces rozczłonkowuje się na stadja, stadja, zaś, na ujęcia. Kolejne stadja rozgraniczają się operacjami wzbogacania; kolejne ujęcia zaś w granicach jednego stadjum — operacjami sortowania pomocniczego (klasyfikacji).

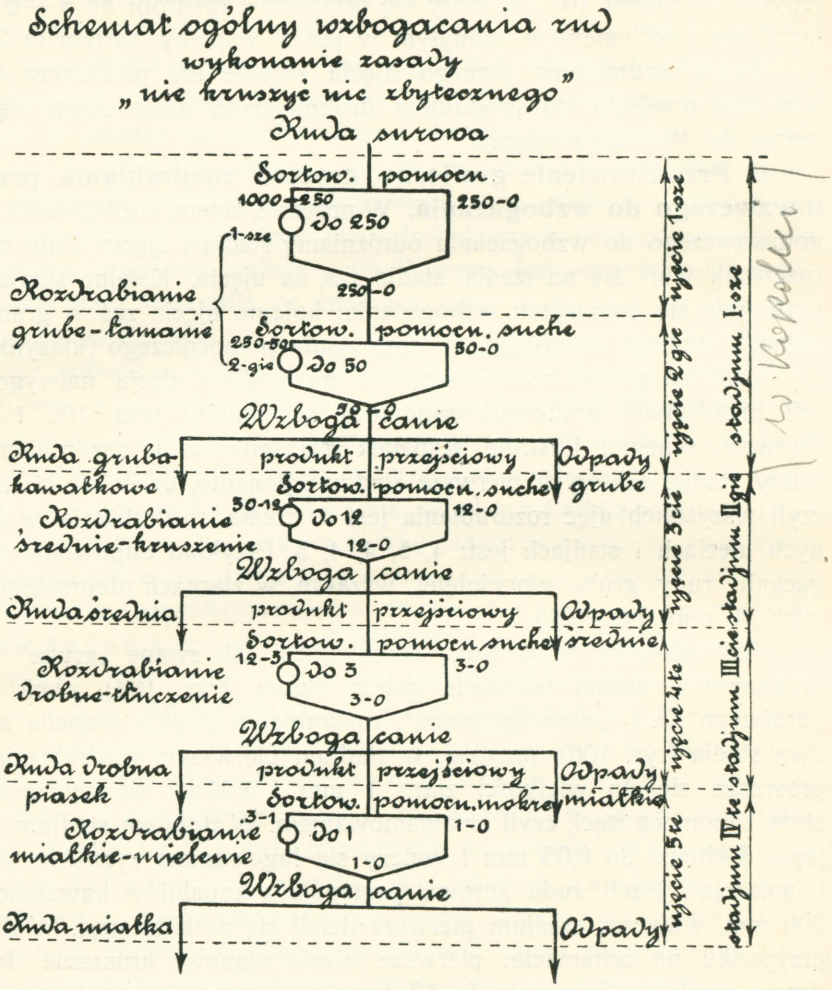
Cały ten proces rozczłonkowania na stadja i ujęcia najwygodniej jest przedstawić graficznie, zapomocą schematów (rys. 105 i 106). Pierwszy schemat ilustruje wypadek rozczłonkowania rozdrabiania na cztery stadja, z których pierwsze stadjum, ponadto, dzieli się na ujęcia, czyli wszystkich ujęć rozdrabiania jest 5. Skala rozdrabiania w kolejnych ujęciach i stadjach jest: 4, 5, 4, 4, 3. Przykład odpowiada wzbogacaniu rudy grubo wpryśniętej, wszakże, w ziarnach nieprzekraczających 50 mm (rys. 101).

Przy mieleniu rudy złota, zawierającej tak zwane „grube“ złoto, to znaczy — ziarna widoczne gołem okiem, (rys. 104), obok złota „drobnego“, t. j. „niewidzialnego“, rozdrabianie zwykle rozpada się na dwa stadja (rys. 106), przytem, w stadjum pierwszem rozdrabianie doprowadza się do wielkości ziarn 1 mm i kończy się wydzielaniem złota zapomocą rtęci, czyli amalgamowaniem. W drugiem stadjum zmielenie dochodzi do 0,05 mm i kończy się ługowaniem cyankiem potasu (cjanizacja). Jeżeli ruda surowa postępuje z kopalni w kawałkach do 300 mm, wówczas stadjum pierwsze dzieli się na kilka ujęć. W danym przypadku na schemacie: pierwsze ujęcie stanowi kruszenie do 60, drugie ujęcie — kruszenie do 10, trzecie — tłuczenia do 1 mm, przy skali rozdrabiania odpowiednio: 5, 6, 10. Drugie stadjum wykonywa się w jednem ujęciu przy skali rozdrabiania 20.

7. Różnica procesów rozdrabiania głównego i przygotowawczego. Rozdrabianie przygotowawcze do wzbogacania i rozdrabianie samoistne w charakterze operacji głównej różnią się między sobą, zwykle, ogólną ilością ujęć i skalą rozdrabiania w każdem ujęciu, względnie stadjum. Gdy rozdrabianie ma na celu przygotowanie rudy do wzbogacania, odznacza się, wówczas, większą o s t r o ż n o ś c i ą, co ujawnia się w powiększaniu liczby stadjów i ujęć w stadjach poszcze-

gólnych. Szczególnie chodzi o to, by się tworzyło możliwie najmniej pyłu i szlamów, celem uniknięcia strat minerałów użytecznych.

Z tego powodu, skala rozdrabiania przygotowawczego w poszczególnych ujęciach, względnie stadjach, nie powinna przekraczać 5, lepiej 4 —



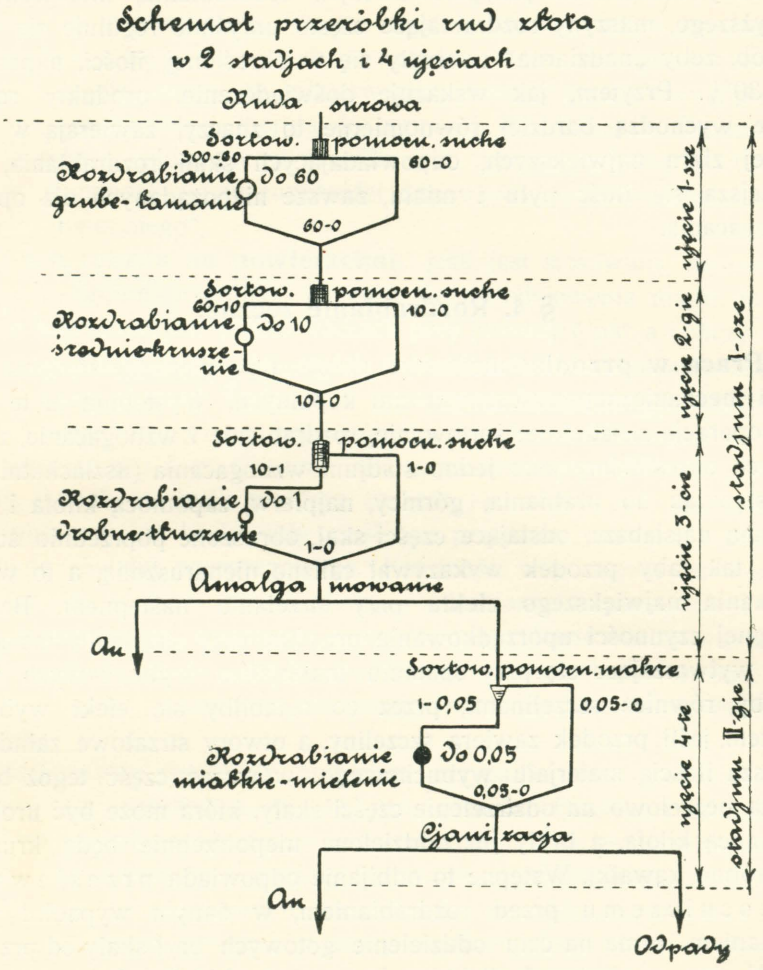
Rys. 105.

zwykle, zaś, bywa 3—2. Przy samoistnem rozdrabianiu skał te względy odsuwają się na drugi plan i celem uproszczenia procesu ogólnego, liczbę ujęć wybiera się najmniejszą, przy skali rozdrabiania w poszczególnych ujęciach — możliwie większej, niemniej 5, lecz bardzo często 10—20. Często taki sam charakter nosi pierwsze stadjum rozdrabiania przygotowawczego, przy przeróbce rud bardzo drobno wpryśniętych, naprzykład, złota, kiedy skala rozdrabiania winna być bardzo znaczna.

W przykładzie przytoczonym na schemacie (rys. 106) ogólna skala

rozdrabiania pierwszego stadjum wynosi 300, skala zaś trzech ujęć, na które rozczłonkowano stadjum, wynoszą: 5, 6 i 10.

Ostrożność, cechująca rozdrabianie przygotowawcze, ujawnia się, ponadto, w częstem stosowaniu rozdrabiania z utworzeniem, tak zwa-



Rys. 106.

nego, „n a d z i a r n a“ (ovez-size, Überkern), oddzielanego przez sortowanie (suche, mokre), poprawcze, uzupełniające. Podczas rozdrabiania w jakimkolwiek bądź przyrządzie zawsze pewna ilość bardziej twardych kawałków, jak również ziarn płaskich, nie rozdrabia się całkowicie do wielkości pożądanej, lecz, stawiając większy opór częściom wykonawczym rozdrabiarek, wychodzi w ziarnach większej wielkości, niż cała masa rudy, dzięki urządzeniom ochronnym, które chronią kruszarki i zwłaszcza ich części robocze od połamania się i nadmiernego zużycia. Przy samoistnym charakterze rozdrabiania przez sortowanie poprawcze

oddziela się to „naturalne nadziarno“ i postępuje z powrotem do tegoż samego rozdrabiania dopóty, zanim nie zostanie natyle, przez wielokrotne przechodzenie przez kruszarkę, rozdrobione, że całkowicie przejdzie przez sito poprawcze.

Przy charakterze przygotowawczym rozdrabiania, niezależnie od powyższego, maszyny rozdrabiające często umyślnie reguluje się w ten sposób, żeby „nadziarna“ tworzyły się w określonej ilości, naprzykład 20—30%. Przytem, jak wskazuje doświadczenie, produkty rozdrobione wychodzą bardziej równomierne to znaczy, zawierają w sobie więcej ziarn największych, odpowiadających skali rozdrabiania, oraz zmniejsza się ilość pyłu i miału, zawsze niepożądanych dla operacji wzbogacania.

§ 4. Rozdrabianie ręczne.

Praca w przodku może być uważana za pierwsze stadjum przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych. Występują tu te same trzy operacje zasadnicze: sortowanie, rozdrabianie i wzbogacanie, zespół których określiliśmy jako jedno stadjum wzbogacania (uszlachetniania). Przystępując do urabiania, górnicy, najpierw, zapomocą kilofa i łomu odbijają najsłabsze, odstające części skał, obruszone poprzednio strzelaniem tak, aby przodek wykazywał caliznę nienaruszoną, a to w celu uzyskania największego efektu przy strzelaniu następnem. Bez tej wstępnej czynności uporządkowania przodka, przy strzelaniu następnem gazy wytwarzające się przy spalaniu materjałów wybuchowych uchodziłyby również szczelinami, przez co osłabiłby się efekt wybuchu. Przytem, jeśli przodek zawiera szczeliny, a otwory strzałowe załadować większą ilością materjału wybuchowego, wówczas, część tegoż będzie zużyta bezcelowo na odstrzelenie części skały, która może być urobiona zapomocą kilofa, a bryły już oddzielone niepotrzebnie będą kruszone na drobne kawałki. Wstępne to odbijanie odpowiada przesiewaniu pomocniczemu przed rozdrabianiem, w danym wypadku przed strzelaniem, i ma na celu oddzielenie gotowych brył skały od przodka.

Następna robota górników polega na urabianiu skały zapomocą materjałów wybuchowych, klinów, kilofów i t. p., co odpowiada rozdrabianiu. Produkty urabiania mięszają się z odbitemi, również jak produkty rozdrabiania mieszają się z produktem dolnym przy przesiewaniu pomocniczem.

Następnie, odbywa się ładowanie skały urobionej do wózków[1])

[1]) W praktyce, celem zachowania warunków bezpieczeństwa, obrywanie brył, zwisających w przodku i rozłupanych na skutek strzałów, odbywa się przed załadowaniem, bezpośrednio po odpaleniu. W myśli, jednak, możemy rozgraniczyć te operacje, według przyjętego tutaj porządku, odpowiednio do celowości opisanych robót.

przyczem robotnicy wybierają rudę kawałkową zupełnie czystą i ładują ją osobno. Wózki z rudą, po wydaniu na powierzchnię, idą bezpośrednio do huty, jako produkt gotowy. Również, w przodku wybiera się kawały skały płonnej, trafiające ze spągu lub stropu, które pozostają, jako podsadzka, lub są ładowane do osobnych wózków i, po wydaniu na powierzchnię, idą na zwał. Wreszcie rudę z przerostami lub składającą się z rozmaitych kawałków, którą nie można rozsortować pod ziemią, ładują do wózków jako produkt przejściowy i, po wydaniu na powierzchnię, kierują do sortowni dla dalszych manipulacyj. Cała ta robota ładowaczy w przodku jest typową operacją wzbogacenia. Kolejność jej w zupełności odpowiada zasadzie „nie rozdrabiać nic zbytecznego".

Praca ręczna na powierzchni, jeśli jest stosowana, odpowiada drugiemu stadjum przeróbki. Zaczyna się od odsiewania miału na pochyłych nieruchomych przesiewaczach przy pomocy łopat, a kończy ręcznem sortowaniem pozostałej części, polegającem na oddzielaniu bogatej rudy od skały płonnej. Sortowaniu towarzyszy kruszenie grubszych kawałków młotkami, czasem zaś odbijanie wyraźnie widocznych — rudnych agregatów i t. p. Chociaż obie czynności wykonywane są jednocześnie, jednak, w myśli możemy uważać za odbywające się kolejno: każda poszczególna bryła rudy musi być przedtem rozbita, a następnie otrzymane kawałki posegregowane. Kolejność, więc, trzech momentów, określających stadjum przesiewania, rozdrabiania i wzbogacania jest ściśle przestrzegane również i przy ręcznej robocie na powierzchni, z zachowaniem zasady „nie kruszyć nic zbytecznego". Sortowanie pomocnicze czasem zastępuje ładowanie rudy grubszej i drobniejszej w przodku.

Rozdrabianie ręczne w opisanym przypadku jest typowem pomocniczem rozdrabianiem do wzbogacania. Czasem rozdrabianie ręczne ma charakter odrębnego procesu rozdrabiania, np. wielkie bryły rudy, nie mieszczące się w paszczy przyrządu rozdrabiającego, rozbija się młotami, i w tym przypadku rozdrabianiu ręcznemu towarzyszy sortowanie, ponieważ robotnik z masy ogólnej skały wybiera kawały najgrubsze, co możnaby uskutecznić zapomocą przesiewacza. Wreszcie, rozdrabianie ręczne może mieć i charakter główny. Jako najprostszy przykład, weźmy przygotowanie żwiru do dróg bitych. I w tym przypadku można stwierdzić podział czynności na poszczególne procesy. Ponieważ rozdrabianie grubego i drobnego żwiru jest wykonywane zapomocą młotów rozmaitej wagi, dogodniej, więc, najpierw rozsortować materjał surowy na kilka sortymentów, rozdrabianych potem oddzielnie; przytem miał odsiewa się przez sito.

W górnictwie ręczne rozdrabianie jako samodzielne, ma zastosowanie do przygotowania pirytu (FeS_2) do prażenia. Z mechanicznego punktu widzenia rozdrabianie ręczne jest bardzo niedoskonałe, ma więc

największe zastosowanie na prymitywnych kopalniach. Jednak ma ono, pozatem, nader ważne zalety, dzięki którym stosują je również na wzorowo i doskonale urządzonych sortowniach rud; zupełne zastąpienie w sortownictwie pracy ręcznej — maszynową w czasie najbliższym jest nie do urzeczywistnienia. Bez względu na rzekomą drożyznę roboty ręcznej, wykonanie niektórych czynności może w rezultacie wypaść taniej przy robocie ręcznej, niż maszynowej. Należy, bowiem, pamiętać, że, oprócz siły mięśni robotnika, czynny udział w pracy biorą jego sprawność i inteligencja. Podczas gdy mechanizm rozdrabia podawany materjał bez wyboru i tylko odpowiednie przygotowanie może, poniekąd, ograniczyć to ślepe jego działanie, robota ręczna, wykonywana świadomie przez doświadczonego robotnika, jest w stanie podołać zadaniom, którym mechanizm zadość uczynić nie może. Np., wyłącznie ręcznie można od kawałków skały płonnej odbić rudy pewnych sortymentów i otrzymać odrazu czyste kawałki bez domieszki innych minerałów, a przez to uprościć dalsze stadja przeróbki. Również tylko sposobem ręcznym można oddzielić kawałki grubo wpryśnięte od drobno wpryśniętych i kawałki bogatsze od uboższych. Mechanizm rozdrabia wszystkie kawałki do jednakowego stopnia rozluzowania i, zaledwie, rozdrabianie stopniowe, podług stadjów, wymagające skomplikowanych urządzeń mechanicznych, wnosi pewne ograniczenia w tym kierunku, sposób, zaś, ręczny daje możność rozdrabiania każdego poszczególnego kawałka indywidualnie, oddzielając tylko użyteczne cząstki. Oprócz tego, przy rozdrabianiu ręcznem minerał użyteczny ulega najmniej rozkruszaniu i daje minimum miału i pyłu, czasem, przeto, ręczny sposób jest wyłącznie wskazany, np., dla minerałów bardzo kruchych lub bardzo drogich, gdy mniej kosztowne rozdrabianie mechaniczne daje większe straty, wskutek wytwarzania się znacznej ilości pyłu. Wreszcie, w przypadku, gdy w rudzie często się trafiają piękne skupienia minerałów, mające wartość muzealną, jedynie przy rozdrabianiu ręcznem można uniknąć zniszczenia tych okazów (Franklin Furnace, New Jersey). Doświadczenia, przeprowadzone na kopalniach miedzi Jeziora Górnego w Ameryce Północnej, wykazały, że rozdrabianie ręczne do 64 m/m dało 9,31% miału $<$ 6 m/m, podczas gdy rozdrabianie mechaniczne do tego samego stopnia dało miału 17,32%, czyli prawie podwójnie. Ponadto, w pierwszym wypadku otrzymano 49% produktu czystego — miedzi rodzimej, w drugim, zaś, zaledwie 17%. Zastosowanie, więc, rozdrabiania ręcznego i granice tego zastosowania zależą w każdym poszczególnym przypadku od ogólnej kalkulacji i warunków miejscowych.

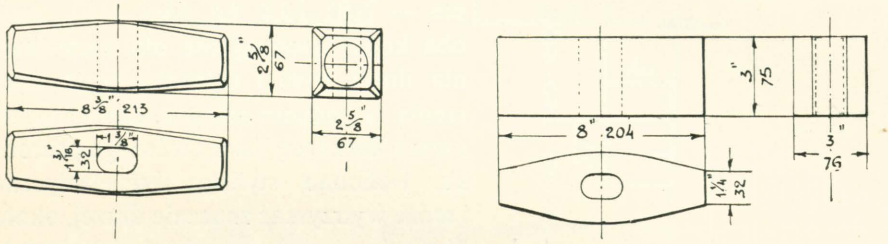
Narzędzia do rozdrabiania ręcznego. Do rozdrabiania ręcznego służą młoty i „baby".

A) Młoty odróżnia się podług wagi i kształtu, w zależności od grubości kawałków skały, osiąganej skali rozdrabiania i od

celu rozdrabiania. Widzieliśmy wyżej, że rozdrabianie ręczne może mieć na celu:

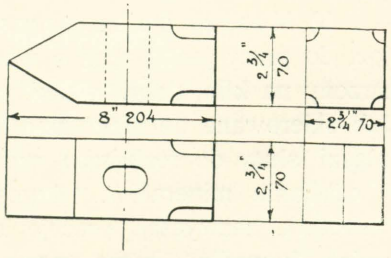
1) Rozdrabianie pomocnicze do wzbogacania:
   a) jako odrębne ujęcie rozdrabiania, poprzedzające, zazwyczaj, rozdrabianie mechaniczne: rozdrabianie ręczne grubych brył, nie mieszczących się w paszczy kruszarki,
   b) jako czynność w związku ze wzbogacaniem i sortowaniem ręcznem: — odbijanie od brył minerału użytecznego większych kawałków o składzie jednolitym, oraz cząstek grubo wpryśniętych i bogatych od drobno wpryśniętych i ubogich.

2) Rozdrabianie główne: w celu otrzymania kawałków jednakowej wielkości, np., żwiru do dróg bitych, pirytu do prażenia i t. p.



Rys. 107 i 108. Młotki do rozdrabiania grubego.

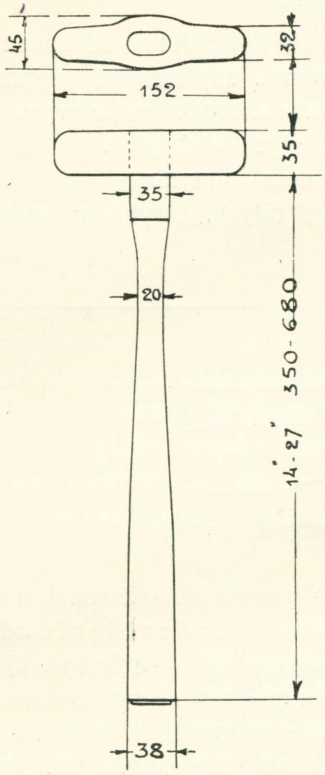
Celom tym odpowiada, zazwyczaj, określona grubość rozdrabiania lub skala (stopień) rozluzowania. Najgrubsze rozdrabianie odpowiada celowi 1 *a)*, t. j. rozdrabianiu pomocniczemu, jako odrębnemu ujęciu rozdrabiania. Rozdrabianie średnie odpowiada celowi 2) — samodzielnemu. Wreszcie cel 1 *b)* — rozdrabianie połączone z sortowaniem rudy, wzbogacaniem ręcznem, może mieć nawet cechy rozdrabiania drobnego, lecz zwykle — typu mieszanego, bez określonej skali rozluzowania — i wymaga wyłącznej ostrożności i uwagi ze strony robotnika. Odpowiednio do celu stosują: najcięższe młoty do rozdrabiania grubego, poprzedzającego mechaniczne rozdrabianie; młotki wagi średniej, — do operacji głównej rozdrabiania średniego, a do wzbogacania używają młotków najlżejszych, podobnych do „żelazka".



Rys. 109. Młotek do rozdrabiania grubego.

1) Młoty do grubego rozdrabiania (Handsledges, Балды). Młoty tego typu posiadają wagę 4 do 6,5 kg. Pracuje się młotami oburącz. Rys. 107 i 108 wyobrażają kształty zwykłe tych młotów. Młoty typu rys. 109 są z jednego końca zaostrzone na klin i mogą służyć do odbijania cząstek płonnych od rudy. Lecz,

jeśli podobna czynność nie jest przewidziana, to młoty, kształtu jak na rys. 107 i 108 o dwóch płaskich główkach mają zalety dłuższej służby. Stylisko ma 28—36 cali (ok. 70—91 cm.) długości. Do rud twardych używają najcięższych młotów 5,7—6,5 kg; do rud mniej twardych do 5 kg. Młoty najlżejsze około 4 kg spotykał Richards na kopalniach w Colorado, leżących na wysokości 12.000 stóp (3650 m) nad poziomem morza, gdzie wskutek rozrzedzonego powietrza praca cięższemi młotami byłaby zbyt nużąca.

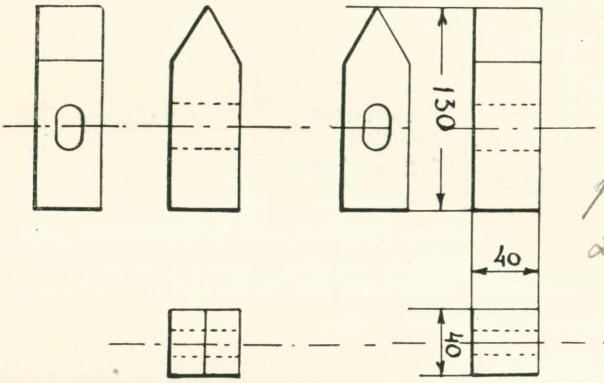


Rys. 110. Młotek do rozdrabiania średniego.

2) Młoty do rozdrabiania średniego (Spalling hammers) również do pracy oburącz, znacznie lżejsze — 0,81—3,3 kg (rys. 110), mają oba końce zaokrąglone dla zmniejszenia ilości pyłu i ześrodkowania uderzenia w jednem miejscu. Zasługuje na uwagę kształt styliska, cieńszego pośrodku. Podobne stylisko jest elastyczne i może wytrzymać znacznie dłużej, około 5 miesięcy; podczas gdy styliska proste rozłupują się nieraz po kilku dniach. Ponadto stylisko elastyczne czyni pracę mniej uciążliwą, łagodząc uderzenie w dłoniach robotnika. — Wydajność jednego robotnika Rittinger określa od 2 do 6 stóp sześciennych czyli od 250 do 625 funtów (100—250 kg) rudy średnio-trwardej na godzinę przy rozdrabianiu do grubości $2^1/_2$ cala (64 mm). Linkenbach określa wydajność jednego robotnika na godzinę 1450 funtów (580 kg) rudy zwykłej przy grubości do 150 mm.

3) Młotki do sortowania rudy (Cobbing hammers) są lekkie, do pracy jedną ręką o wadze 0,6—1,6 kg; jeden koniec mają zaostrzony na klin, drugi płaski. Ostrze klina jest równoległe do styliska lub skierowane do niego pod kątem prostym (rys. 111 i 112). Koniec płaski służy do rozbijania rudy, zaostrzony — do oczyszczania rudy i odbijania minerałów. Długość styliska od 10—12 cali (25—30 cm). Robotnik, zazwyczaj, pracuje siedząc, czasem ma przed sobą pewien rodzaj kowadła. Ostrze poprzeczne (rys. 111) jest odpowiedniejsze do oczyszczenia rudy, lecz przy ostrzu równoległem (rys. 112) odbijane kawałki rozpryskują się na lewo i prawo, zaś przy poprzecznem — w górę i na dół, z pewnem niebezpieczeństwem dla robotnika.

B) Baby (Drop-hammers. Бабы) przypominają kafary, używane w budownictwie do wbijania pali. Ciężar, poruszający się w kierownicach, podciągają zapomocą liny, przerzuconej przez blok, który, spadając z pewnej wysokości, rozbija skałę, leżącą na kowadle. Baby mają ograniczone zastosowanie. Bodaj że wyjątkowo są używane na kopalniach miedzi na Jeziorze Górnem (Ameryka Półn.), gdzie praca niemi ma charakter oczyszczania miedzi rodzimej, do wzbogacania,



Rys. 111 i 112. Młotki do sortowania rudy.

i uzależniona od właściwości miedzi. Wielkie bryły miedzi z przyrośniętą skałą płonną nie mogą iść do przyrządów rozdrabiających, ponieważ, wskutek kujności miedzi, ta ostatnia walcuje się w kruszarkach i, zapełniając przestrzeń roboczą, powoduje zatrzymania i uszkodzenie przyrządu. Przy użyciu „bab“ o najprostszej konstrukcji, ta właściwość miedzi nie przeszkadza, a przyrośnięte cząstki skały płonnej odbijają się łatwo jak i od uderzeń baby, tak i wskutek deformacji miedzi rodzimej. Używane, niegdyś, do tej roboty młoty parowe obecnie wyszły z użycia. Wymiary „bab“ są: 7 stóp długości (2,1 m), 12 cali średnica (30,5 cm), waga od 2000—3000 funtów (820—1230 kg). Wysokość spadania wynosi od 6—20 stóp (1,8—6 m).

§ 5. Rozdrabianie maszynowe.

Klasyfikacja kruszarek. Istnieje bardzo wiele rozmaitych typów przyrządów rozdrabiających, w zależności od stadjum lub ujęcia rozdrabiania, skali rozdrobienia, zasady działania i właściwości rozdrabianej skały. Chociaż rozróżniają tak, jak uwidocznione w tabelce na str. 134, lecz żadna z powyższych zasad nie jest absolutna. Te stadja kolejne często bywają wykonywane na kruszarkach jednakowego typu. W szczególności walce kruszące mają przeważnie zastosowanie do rozdrabiania średniego, chociaż często obejmują szerszy zakres, poczynając od rozdrabiania grubego do drobnego, a nawet miałkiego. Również zakres

I. Podług stadjum i ujęcia rozdrabiania		II. Podług skali rozdrabiania	III. Podług zasady działania	IV. Podług twardości materjału
Kruszarki do	Kawałków[1]) m/m	Kruszarki o	Kruszarki działające zapomocą	Kruszarki do
1. Rozdrabiania grubego .	1000—100	Nieznacznej skali rozdrobienia $\Sigma = 2—5$[1]).	1. Miażdżenia przez nacisk przerywany	Skał twardych
2. Rozdrabiania średniego .	120—25		2. Rozłupywania	„ kruchych
			3. Miażdżenia przez nacisk ciągły	„ twardych
3. Rozdrabiania drobnego .	50—5	Średniej skali rozdrobienia $\Sigma = 5—10$.	4. Rozrywania	„ kruchych
4. Rozdrabiania miałkiego	10—1	Znacznej skali rozdrobienia $\Sigma = 10—20$.	5. Uderzenia	„ twardych kruchych
			6. Rozcierania	„ kruchych twardych

i granice zastosowania kruszarek do drobnego i miałkiego rozdrabiania bywają identyczne, przytem, tylko graniczne końcowe liczby podane w rubryce I-szej nie będą identyczne. Klasyfikacja kruszarek, podług skali rozdrabiania, jest jeszcze mniej ścisła, ponieważ skala rozdrobienia kruszarek poszczególnych stadjów może być regulowana w szerokich granicach, wychodzących poza ramy podane powyżej.

Co się tyczy zasady rozdrabiania, to nader rzadko można obserwować wyłączne zastosowanie jednego z sześciu wskazanych sposobów rozdrabiania w danym przyrządzie. W najlepszym przypadku można zauważyć tylko przewagę tego lub innego sposobu, w innych przypadkach — jednoczesne zastosowanie dwóch lub trzech sposobów, np., miażdżenia i rozcierania, rozkruszania przez uderzenie i rozcierania.

Podział kruszarek, podług cech materjałów, jest dokładniejszy, lecz daje dwie tylko duże grupy, do których można stosować inne zasady dla ich dalszego podziału.

Wobec tego, nadal będziemy się trzymać następującej, cokolwiek sztucznej klasyfikacji, najdogodniejszej w praktyce, opartej na właściwościach rozdrabiania skał i zasadzie działania kruszarek.

I. Kruszarki dla skał twardych.

	Typy:
1. Rozkruszające skałę przez nacisk przerywany i powtarzający się	Blake i Gates.
2. Rozkruszające skałę przez nacisk ciągły . .	walce kruszące.
3. „ „ „ „ „ połączony z rozcieraniem	młyny Huntington i chilijskie.

[1]) Wzięto orjentacyjnie.

4.	Rozkruszające skałę przez rozcierania . . .	młyny tarczowe.
5.	„ „ „ uderzenia . . .	tłuczki.
6.	„ „ „ nacisk, połączony z uderzeniem i rozcieraniem	młyny kulkowe. „ rurowe.

II. Kruszarki dla skał kruchych i miękkich.

		Typy:
1.	Rozkruszające skałę przez rozłupywanie . .	kruszarki igłowe.
2.	„ „ „ rozrywanie . . .	walce uzębione. młyny stożkowe.
3.	„ „ „ luźne uderzenia .	dezintegratory. pulweryzatory.
4.	„ „ „ rozcieranie . . .	żarna (kamienie młyńkie).

W powyższej klasyfikacji kolejne typy kruszarek w każdej grupie odpowiadają mniej więcej poszczególnym stadjom od grubego do miałkiego rozdrabiania.

§ 6. Grupa I-sza. Kruszarki do skał twardych.

1. Rozdrabianie przez nacisk przerywany i powtarzający się.

(Rozdrabiacze, łamacze, kruszarki, gniotowniki; Rock breakers, Steinbrecher, Concasseurs, Дробилки.

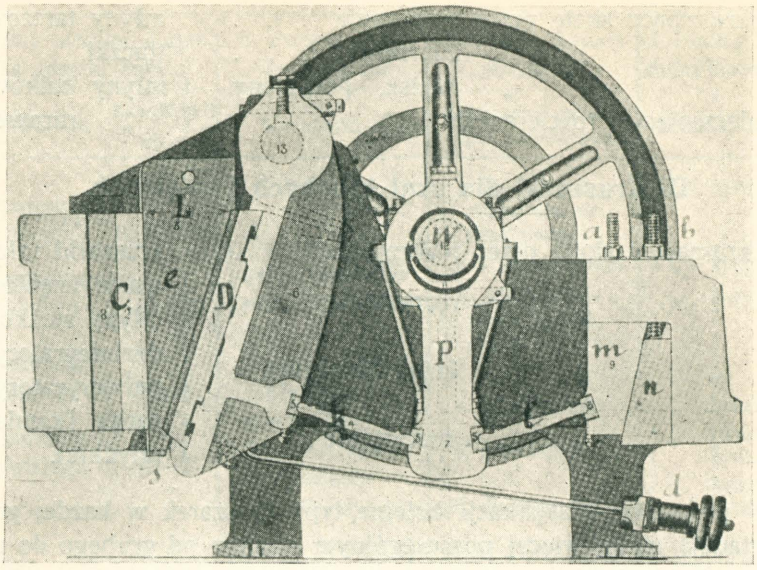
Kruszarki szczękowe (Jaw breakers, Backenbrecher, Steinbrecher, Concasseurs a mâchoires, Челюстныя дробилки) odznaczają się klinowato zwężającą się ku dołowi komorą roboczą (rys. 113, CsD 115—121); kruszenie dokonywa się pomiędzy ruchomą (C), a nieruchomą (D) szczęką (Jaws, Backen, Nachoires, Щеки, челюсти.)

Mechanizm napędowy wprawia szczękę ruchomą w szybki ruch wahadłowy. Podług rodzaju wahań, rozróżniamy kruszarki o wahaniach prostych i złożonych.

A. Kruszarki o prostych wahaniach szczęki.

Rozróżniamy kruszarki, w których szczęka ruchoma zawieszona: 1) na osi górnej — kruszarka Blake i 2) na osi dolnej — kruszarka Dodge.

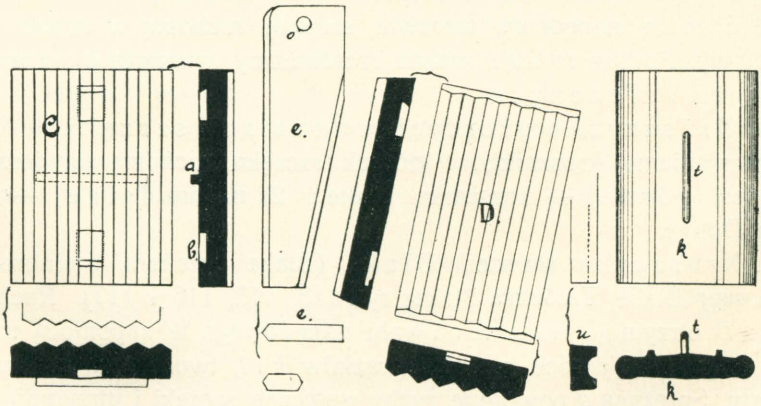
1. Kruszarka (łamacz) Blake (Blake breakers, Steinbrecher, Concasseur Blake, Дробилка Blake; rys. 113, 115, 116 i 117). Ruchoma szczęka *D* otrzymuje wahanie od wału napędowego *W* zapomocą trzonu (korbowego) *P* i dwóch płaskich drążków *k* i *l*, tworzących kąt mocno rozwarty. Sprężyna *d* powoduje ruchy wsteczne szczęki i utrzymuje cały zespół części ruchomych w równowadze. Szerokość szczeliny wypustowej *s* i skalę rozdrobienia, uwarunkowaną stosunkiem $\left(\frac{L}{s}\right)$ można regulować zapomocą klinów *m* i *n*, przestawianych przy pomocy bolców



Rys. 113. Kruszarka Blake. Przekrój (z katal. Trylor Eng. & M-g. Co).

a i *b*: po zluzowaniu śruby (*a*) pierwszy klin przy podnoszeniu drugiego, zapomocą śruby (*b*) posuwa się w kierunku poziomym, wskutek czego przesuwa się punkt oparcia drążka *l*. Szczęki są uzbrojone w płyty, nakładane z hartowanego surowca lub specjalnych gatunków stali (chromowej, manganowej) i odpowiednio karbowane (rys. 114). Tarcze *e* (rys. 113 i 114) okrywają boczne ścianki komory roboczej.

Kruszarki Blake używane są przeważnie do rozdrabiania g r u b e g o, częściowo, zaś, do średniego. Skala rozdrobienia 4 – 5. Najczęściej roz-



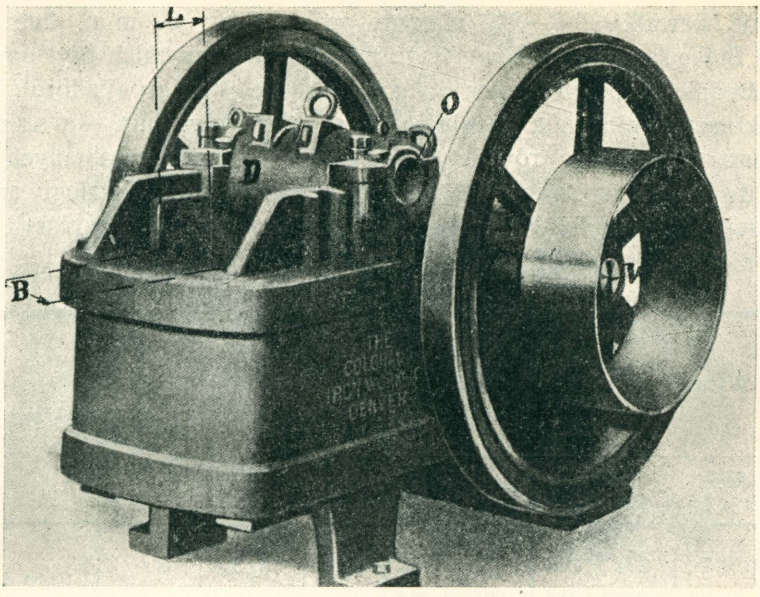
Rys. 114. *C* i *D* płyty robocze szczęk nieruchomej i ruchomej; występy *a* i wcięcia *b* służą do połączenia płyt ze szczęką; *e* — wyłożenie ścianek bocznych paszczy; *o* — uchwyty do wyciągania płytek; *k* — jeden z drążków, nadający wahanie zapomocą trzonu *P* szczęce *D*; *t* — rękojeść do wkładania drążka na miejsce; *u* — gniazda do drążków *k* i *l*.

drabiają kawałki 250—300 m/m do grubości 50—60 m/m. Lecz kruszarki Blake są używane również do miażdżenia olbrzymich brył powyżej 1 m średnicy. To też kruszarki mają rozmaite wymiary (kalibry). Wielkość kruszarki określają wymiary otworu do zasypywania — p a s z c z y. Wymiary te określają również największy wymiar rozdrabianych brył i w y d a j n o ś ć kruszarki. Niżej przytaczamy dane z katalogu amerykańskiej firmy Trylor Engingeering a. M. Co, cechujące wymiary i działanie niektórych kalibrów kruszarek.

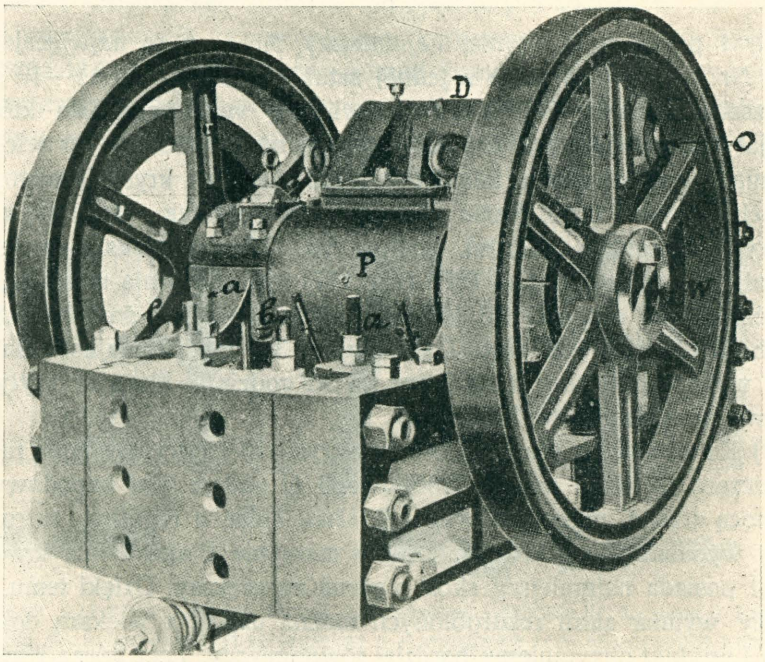
Nr	Wymiary paszczy		Szerokość szpary s		Skala rozdrobienia $\Sigma = \frac{L}{s}$	Wydajność ton na godzinę Qh	Ilość obrotów na minutę — n	Praca w KM	Waga w tonach w przybliżeniu	Uwagi
	cale B × L	milimetry B × L	cale	mm						
1	10 × 7	254 × 178	2	51	3,5	6	300	8	4	Rama *A* cała z jednej sztuki, odlew z surowca (r. 115)
4	20 × 10	508 × 254	$2^1/_2$	64	4	20	300	20	10	
6	24 × 15	610 × 380	$3^1/_2$	89	4,25	32	300	30	15	
10	36 × 24	914 × 610	6	152	4	90	300	75	40	
11	48 × 42	1219 × 1067	9	229	4,65	255	175	150	80	Rama składana stalowa (rys. 116)
19	86 × 66	2184 × 1676	12	305	5,5	495	80	275	340	

Nr 1 przedstawia wymiar najmniejszy, Nr 4—6 są najwięcej używane, Nr 1—10 mają ramę z jednej sztuki (rys. 115). Nr 11—19 są to najcięższe kruszarki dla sortowni o wielkiej wydajności, do których materjał skierowuje się w bryłach powyżej metra średnicy (na wielkich kopalniach rud żelaznych, kamieniołomach wapienia krystalicznego, kopalniach azbestu i t. p.). Rama główna tych kruszarek składa się z płyt stalowych, łączonych bolcami, podług rys. 116. Największy numer 19 o wymiarze paszczy 2184 × 1676 (rys. 117) jest olbrzymią maszyną, wysokości 4,5 m i długości 8,3 m, koło zamachowe ma średnicę 4,8 m, a grubość obwodu 920 m/m. Całość waży 340 ton. Wydajność na godzinę wynosi 500 ton (10.000 ton na 20 godzin.). Miażdży bryły 1,5 metrowe na kawałki do 300 m/m.

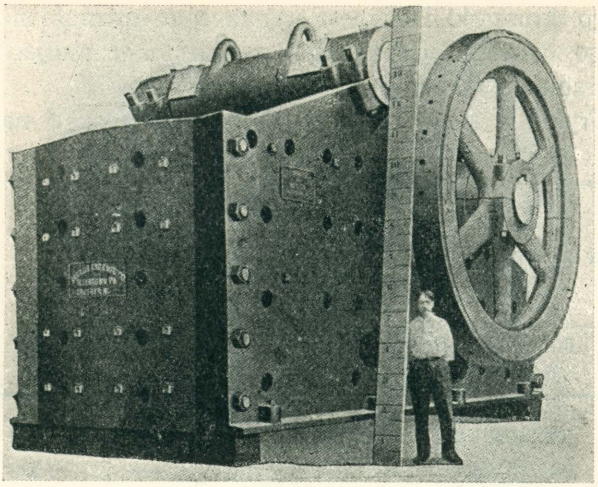
2) K r u s z a r k a (łamacz) D o d g e (rys. 118 i 119). Wahania ruchomej szczęce *D* około punktu środkowego *O* nadaje wał napędowy *W* zapomocą trzona mimośrodowego *P*. Dwa bolce *a* regulują szerokość szpary wypustowej *s*. Odwrotnie, niż w maszynie Blake, dolna krawędź szczęki posiada najmniejszy skok, a górna największy. Dzięki temu, największy wymiar ziarn rozdrobionych można ustalić z większą dokładnością i produkt otrzymujemy bardziej równomierny. Lecz górna krawędź szczęki napotyka bardzo znaczny opór i szybko się zużywa, a przy znacznym skoku, napotykając nienaruszone, całe bryły skały, wytwarza dużo pyłu.



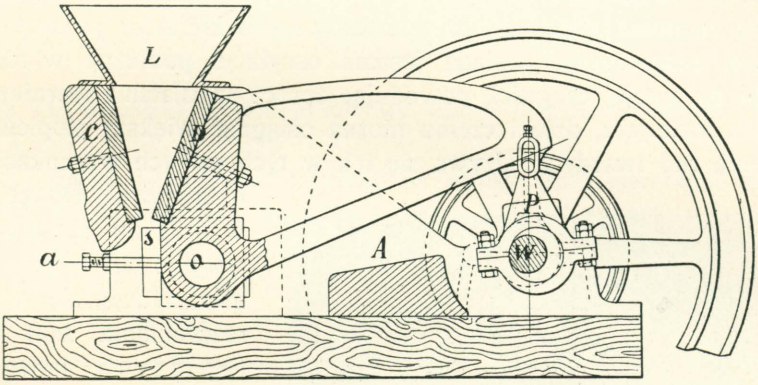
Rys. 115. Kruszarka Blake od strony przedniej (z katalogu Colorado Iron Works Co. Denver). Wielkość 16″ × 10″ (406 × 254 mm). Rama żelazna z jednej sztuki, waga 8 ton. *O* — oś wahania szczęki ruchomej *D*; *L* — długość paszczy, *B* — szerokość paszczy.



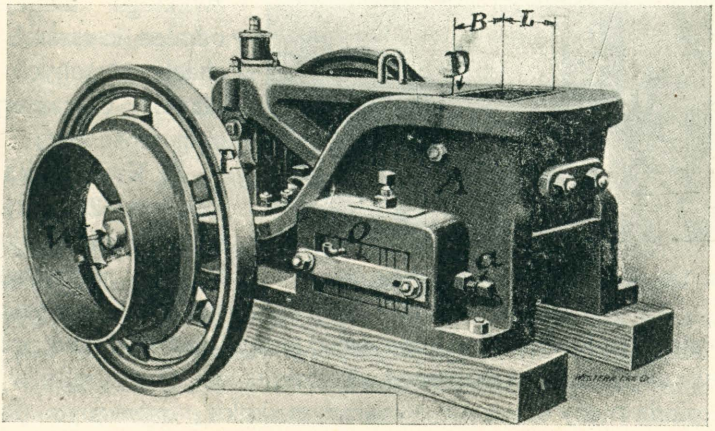
Rys. 116. Kruszarka Blake od strony tylnej (z katalogu Trylor E. & M. Co. Allentown, Pa). Nr 11. Rama stalowa — składana.



Rys. 117. Kruszarka Blake 86″ × 66″ (2,184 × 1,676 m). Wymiar największy (z katal. Trylor E. & M. Co). Maszyna pracuje na kopal. azbestu w Danvil, Quebec, Kanada.



Rys. 118. Kruszarka Dodge. Przekrój.



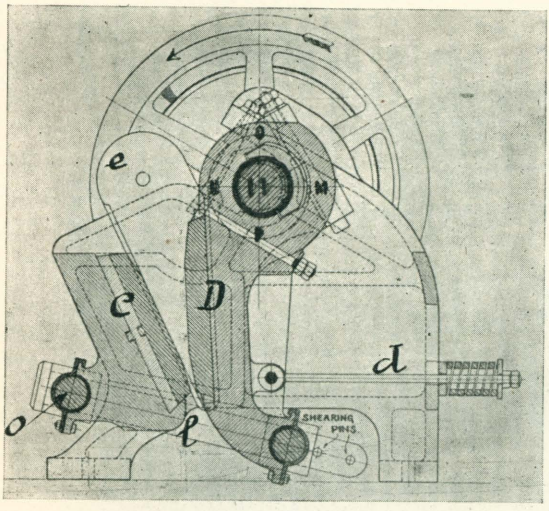
Rys. 119. Kruszarka Dodge (z katalogu Colorado Iron Works, Denver).

Wskutek tego, kruszarki Dodge są używane do rozdrabiania materjału mniej grubego, najczęściej średniego, zwłaszcza w stadjach i ujęciach drugich rozdrabiania maszynowego.

Firma Trylor E. a. M. Co buduje kruszarki Dodge następujących wymiarów:

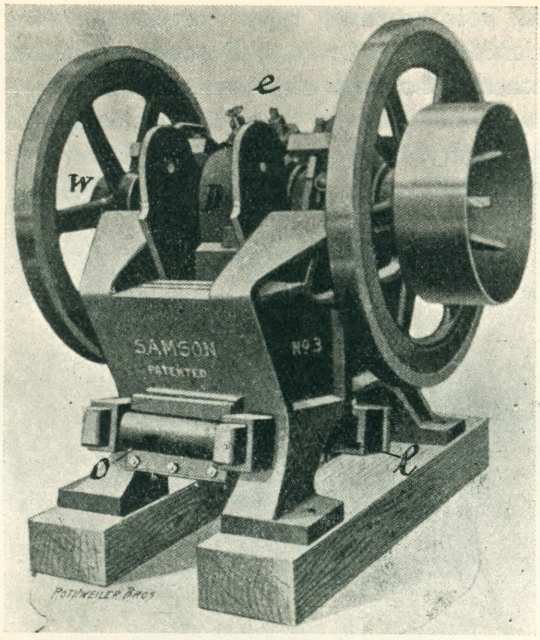
Nr	Wymiar paszczy		Szerokość szpary S	Skala rozdrobienia $\Sigma = \frac{L}{s}$	Wydajność ton na godzinę	Ilość obrotów na minutę	Praca KM	Waga w tonach w przybliżeniu
	cale B×L	milimetry B×L						
1	9×6	229×152	1″ = 25 m/m	4	3—5	250—300	4	1,6
2	11×7	280×178	1½″ = 38 „	4,65	6—8	250—300	7	2,75
3	15×11	381×280	2″ = 51 „	5,1	10—20	250—300	15	7

B. Kruszarki o ruchach złożonych odznaczają się tem, że szczęka ruchoma prócz ruchu wahadłowego w kierunku prostopadłym do swej płaszczyzny, posiada jeszcze oscylacje podłużne w różnym stopniu na swojej długości, powodując oprócz nagniatania również rozcieranie materjału, dzięki czemu można osiągnąć większy stopień rozdrobienia rud twardych. Używa się ich w tych samych warunkach, co i kruszarki Dodge, t. j. w drugiem lub trzeciem stadjum. Dzięki temu również nadają się one do rozdrabiania skał nieco lepistych, łatwo zapełniających komorę roboczą w maszynach typu zwykłego. Istnieje kilka odmian kruszarek o ruchach złożonych. Przykładem charakterystycznym może być:



Rys. 120. Kruszarka Samson. Przekrój.

3) Kruszarka Samson (rys. 120 i 121). Szczęka ruchoma *D* w kształcie trzonu mimośrodowego jest osadzona bezpośrednio na wale napędowym *W*. Dolna część szczęki jest ruchomo połączona z dwoma drążkami *l* wahającemi się dokoła osi *O*. Szczęka w górnej części posiada ruchy obrotowe o znacznym skoku poprzecznym, podobnie jak kruszarka Dodge. W kierunku ku dołowi ruch obrotowy stopniowo



Rys. 121. Kruszarka Samson (z katalogu Elspass E. a. M. Co. Denver, Col.).

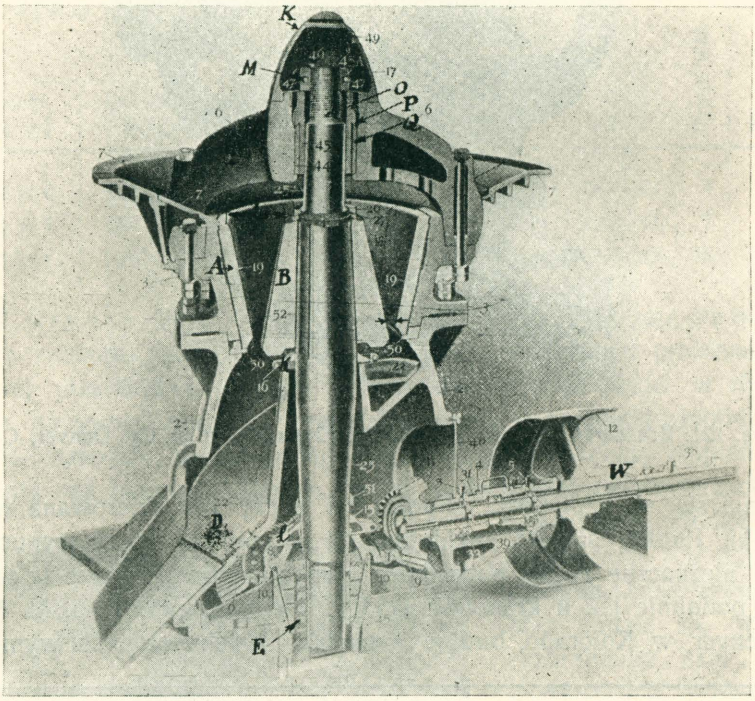
zmienia się w eliptyczny. Dłuższa oś elipsy jest skierowana wzdłuż szczęki. Punkty szczęki, znajdujące się w pobliżu szpary wypustowej, mają nieznaczne ruchy poprzeczne, a znaczniejsze podłużne (z góry na dół), podobnie jak u kruszarek Dodge. Firma Elspass E. a. M. M. Co w Denver, w Kolorado, buduje kruszarki Samson czterech wymiarów.

Nr	Wymiary paszczy		Wydajność ton na godzinę Qh	Ilość obrotów na minutę n	Praca KM	Waga w tonach
	cale B × L	milimetry B × L				
1	6 × 4	152 × 102	1—1½	300	2	1,08
2	9 × 5	229 × 127	2—4	300	3	1,25
3	11 × 7	280 × 178	5—7	250	5	3,6
4	16 × 8	406 × 203	10—15	250	7	5,5

Widzimy w tej tablicy, że granice zastosowania kruszarek Samson i Dodge są jednakowe.

Stosunkowa lekkość maszyny czyni ją odpowiednią do transportu jucznego w miejscowościach górzystych, jak w Kolorado, gdzie właśnie typ ten został dostosowany do warunków miejscowych. Podobne warunki można spotkać na Kaukazie, w Turkiestanie, na Pamirze i t. p. miejscowościach.

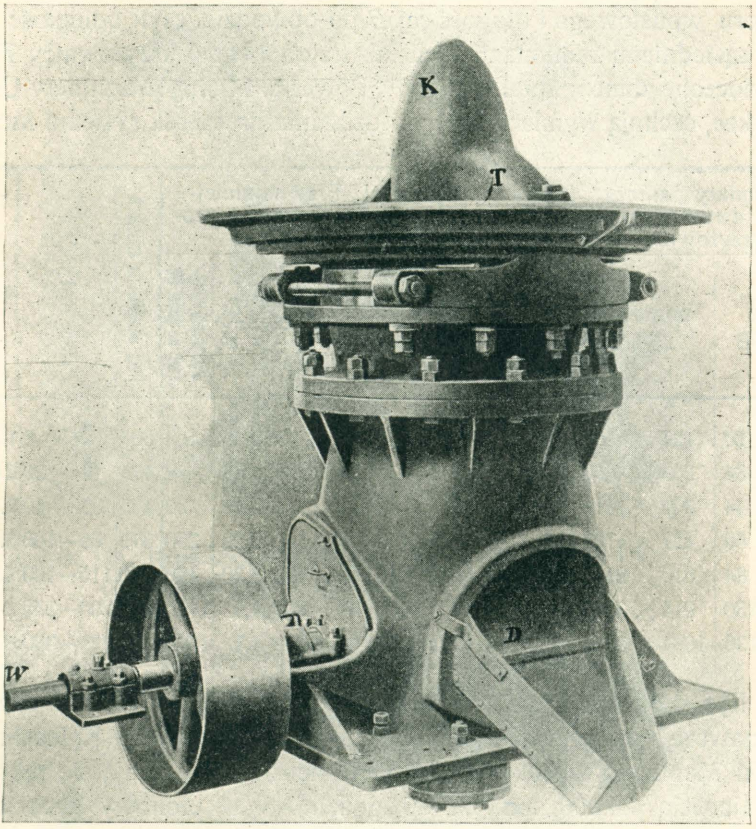
Kruszarki kołowrotowe typu Gates (stożkowe; Spindle breakers, gyrating crushers, — breakers; Конические дробилки; Kreisal-brecher, Rundbrecher. Concasseur giratoire) odznaczają się komorą roboczą w kształcie zwężającego się ku dołowi pierścienia, który tworzą dwa ścięte stożki koncentryczne (rys. 122 i 123). Rozdrabianie odbywa się pomiędzy nieruchomym stożkiem zewnętrznym *A* i ruchomym



Rys. 122. Kruszarka Gates systemu Allis Chalmers. *D* — wypust dla produktu rozdrobionego; *k* i *l* — płaszcze, ochraniające mechanizm napędowy od kurzu; *K* — dzwon, chroniący piastę górną od uderzeń brył wsypywanych.

wewnętrznym *B*. Oś wewnętrznego stożka, w czasie działania maszyny, wykreśla bardzo zaostrzoną powierzchnię stożkową dokoła osi środkowej przyrządu. Wierzchołek stożka leży w punkcie zawieszenia pionowego wału *O*. Wskutek tego, działanie kruszarki Gates w każdym pionowym przekroju przez oś przyrządu podobne jest do działania podwójnej kruszarki Blake. W nowszych i wszystkich kruszarkach typu większego pionowy wał jest zawsze zawieszony na czopie kulistym wypukłym (system Austin), wklęsłym (system Allis Chalmers, rys. 122), lub poziomym kołnierzu (syst. Mac. Cully) *P*, panewce *Q*, umieszczonej w krzyżownicy *T*. Wał pionowy otrzymuje obroty od poziomego wału *W* z kołem napędowem, zapomocą stożkowych kół zębatych, z których koło wału pionowego mieści w sobie

łożysko mimośrodowe *E* dla jego czopu dolnego. Przy działaniu maszyny, wskutek tarcia pomiędzy kawałkami rudy i roboczemi stożkami, wał pionowy obraca się swoim dolnym czopem wewnątrz łożyska mimośrodowego w stronę odwrotną do kierunku obrotów koła zębatego, a więc i osi, do-



Rys. 123. Kruszarka Gates systemu Allis Chalmers (z katal. Allis Chalmers).

około której obraca się opisując stożek zaostrzony. Skalę rozdrobienia reguluje nakrętka *M,* przesuwająca wał w kierunku pionowym.

Kruszarki stożkowe odznaczają się ruchem spokojnym (równym), dzięki temu, że rozdrabianie odbywa się bez przerw w jakimkolwiek pionowym przekroju środkowym, odrębnie, niż w kruszarkach Blake [1]). Pozwala to nadawać większą ilość obrotów pionowemu wału, t. j., wahań stożkowi *B,* niż ruchomej szczęce kruszarki Blake przy mniejszych wymiarach koła zamachowego. Podczas gdy maszyny Blake, wskutek znacznych drgań, wymagają odrębnych fundamentów, kruszarki Gates, mimo swego ciężaru, mogą stać na belkach sortowni, a nawet w wieży nadszybia, na górnych piętrach (Grängesberg w Szwecji). Oprócz tego, wytwarzają

[1]) W kruszarkach szczękowych rozdrabianie następuje w całej masie okresowo i jednocześnie.

one mniej pyłu, ponieważ nacisk na kawałki skały wywierany jest w jednym punkcie, dzięki wypukłemu i wklęsłemu kształtowi roboczych stożków (w przekrojach poziomych). Dwie powyższe zalety zdobyły dla kruszarki Gates nader szerokie zastosowanie przy rozdrabianiu grubem. Wymiar rozdrabiania określają: szerokość L płaszczyzny pierścieniowej otworu wpustowego i długość jej B po obwodzie, czyli odległość pomiędzy sąsiedniemi ramionami dwu lub trzyramiennej krzyżownicy T. Niżej przytoczone dane z katalogu firmy Power a. Mining Machinery Co, Milwaukee, cechują wymiary i wyniki działania kruszarek systemu Mc. Cully.

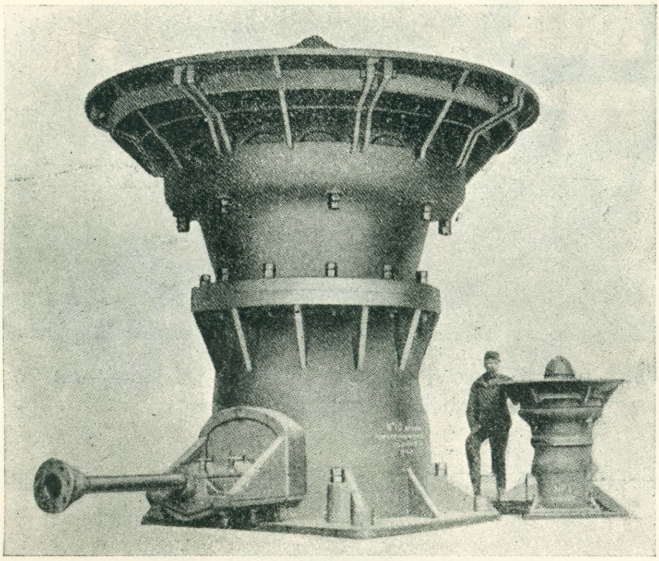
Nr	Wymiary paszczy przy dwuramiennej krzyżownicy		Przy największej skali rozdrobienia				Przy najmniejszej skali rozdrobienia				Ilość obrotów na minutę n	Praca KM	Średnica leja wsypowego Dm	Wysokość ogólna	Waga w tonach
	cale L × B	milimetry L × B	szerokość szpary s cale	szerokość szpary s mm	$\frac{L}{s}$	Wydajność w tonach na godz. Qh	szerokość szpary s cale	szerokość szpary s mm	$\frac{L}{s}$	Wydajność w tonach na godz. Qh					
1	5 × 20	127 × 508	7/8	22	5,8	4,5	1 7/8	48	2,65	8,5	600	4— 6	1.380	1.320	3,5
4	8 × 34	203 × 864	1 1/2	38	5,4	20	3 1/2	89	2,30	48	475	12— 20	2.040	1.900	11,5
6	12 × 44	305 × 1118	2	51	6	50	4 1/2	114	2,45	120	425	25— 40	2.700	2.480	24
8	18 × 68	457 × 1727	2 3/4	70	6,5	110	5 1/2	140	3,25	250	375	65—100	3.500	3.080	55
10	24 × 84	610 × 2134	3 1/2	89	6,85	210	6 1/2	165	3,70	450	350	115—160	4.600	4.100	85
Mammoth I	36 × 130	914 × 3302	5	127	7,2	600	8	203	4,5	1100	300	200—250	—	—	202,4
Mammoth II	42 × 136	1067 × 3454	5 1/2	140	7,65	700	9	229	4,7	1300	300	225—280	8.200	7.600	212,5

Rys. 124 wyobraża kruszarki Mc. Cully Nr. 1 i 10 w skali porównawczej, dającej pojęcie o wymiarach mechanizmu. Kolosalne kruszarki Mammoth wysokości około 8,5 metrów odznaczają się rekordową wydajnością 24.000 ton na 20 godzin. Wał pionowy tych maszyn około metra średnicy jest ze stali niklowej. Podobna kruszarka pracuje na kopalni rudy żelaznej Süd—Waranger, w Kirkanes, w Norwegji. Roczna wydajność kopalni 1,800.000 ton. Zazwyczaj, te kolosalne kruszarki są używane przy robotach odkrywkowych na kopalniach rud żelaznych, twardego wapienia i t. p., przy zastosowaniu głębokiego mechanicznego wiercenia otworów strzałowych do silnych ładunków, oraz czerpaków mechanicznych (ekskawatorów) do usuwania skał, gdy materjał surowy otrzymują w grubych bryłach. Rozdrabianie brył w maszynach typu Mammoth daje znaczną oszczędność materjałów wybuchowych przy robotach górniczych.

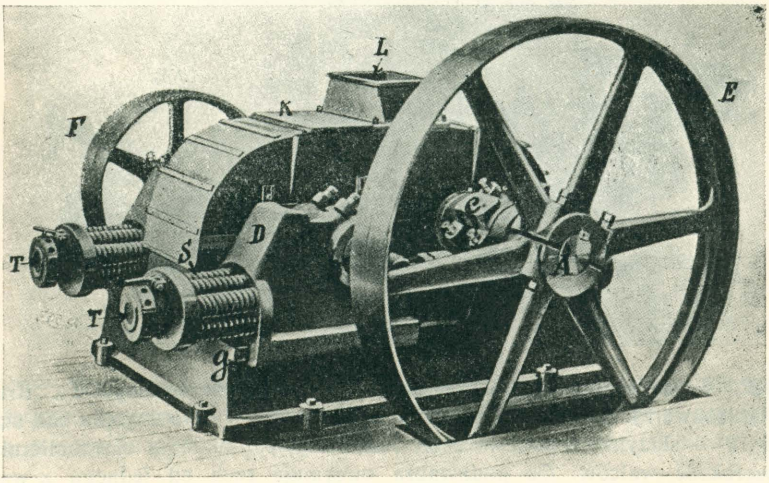
2. Rozdrabianie przez nacisk ciągły.

Walce rozdrabiające (kruszarki walcowe), (Rolls; Walzenwerke, Walzenmühlen, Walzenstühle; Cylindres Broyeurs. Дробильные валки rys. 125—132). Na część wykonawczą składają się dwa walce A i B,

obracające się na poziomych równoległych osiach, w odwrotnych kierunkach ku sobie (gdy patrzeć na nie zgóry). Ściany boczne komory roboczej tworzą ściany płaszcza *K*, przykrywającego walce zgóry. Na

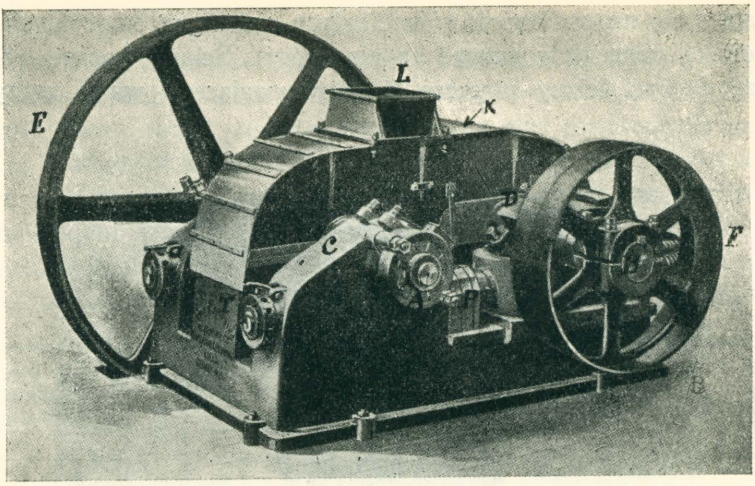


Rys. 124. Kruszarka Gates syst. Mc. Cully Nr. 10 1 Nr. 1 (z katalogu Power & Mining M. Co Milwaukee).

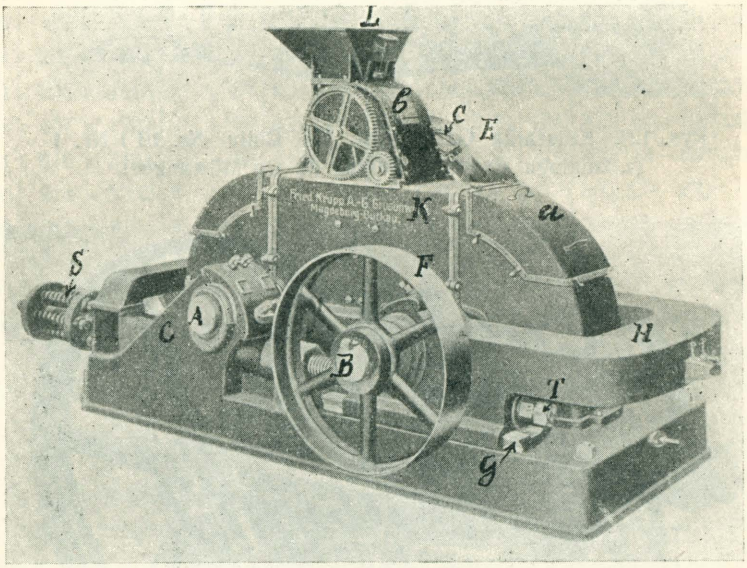


Rys. 125. Walce rozdrabiające (kruszarka walcowa) od strony łożysk nieruchomych.

płaszczu mieści się lej wpustowy *L*. Pomiędzy walcami pozostawiają szparę odpowiednio do wymaganego stopnia rozdrobienia. Końce osi jednego walca *A* spoczywają w stałych łożyskach, a drugi *B* ma łożyska ruchome, przesuwające się wzdłuż poziomych kierownic *G* ramy



Rys. 126. Walce rozdrabiające (kruszarka walcowa). Od strony walców ruchomych (z katalogu Power & M. M. Co).

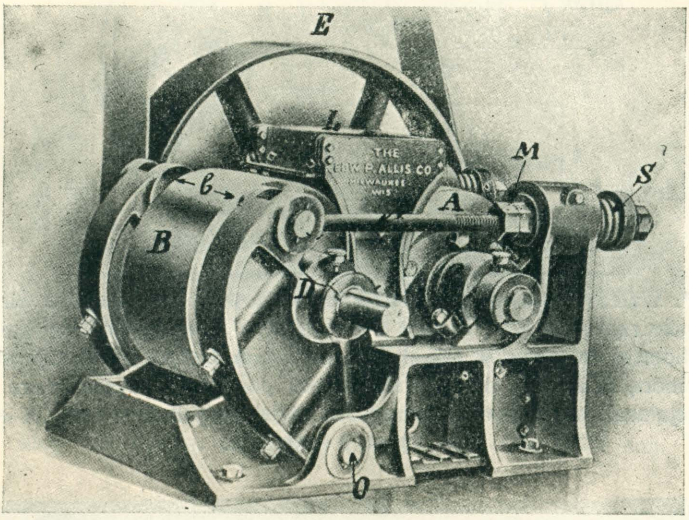


Rys. 127. Walce rozdrabiające (kruszarka walcowa), (z katalogu Fr. Krupp'a A. G. Grusonwerk). *a* — części płaszcza odejmowane w celu doglądu nad stanem walców. *b* — skrzynia z podawaczem, rozdzielającym materjał równomiernie na całą szerokość walców. Oś podawacza otrzymuje ruch od jednego z walców zapomocą kół zębatych i tarczy *C*.

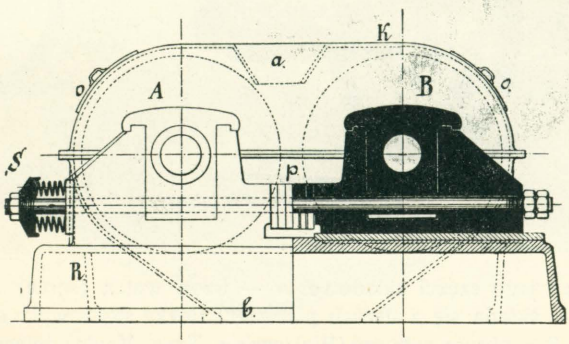
głównej (rys. 126, 127, 132), lub obracające się około osi *O* (rys. 128). Niekiedy, dla zapewnienia równoległego przesuwania się walca, oba łożyska są połączone ramą *H* w kształcie podkowy (rys. 127). Walce wywierają nacisk pod działaniem bolców ściągających *T*, zaopatrzonych

w silne sprężyny *S*. Szerokość szpary regulują zapomocą zespołu płyt metalowych *P*, rozmaitej grubości, wstawianych pomiędzy łożyska stałe i ruchome (rys. 125, 126 i 129) lub zapomocą nakrętek *M* na bolcach *T* (rys. 127, 128 i 130).

Walce otrzymują ruch od wspólnego wału napędowego zapomocą



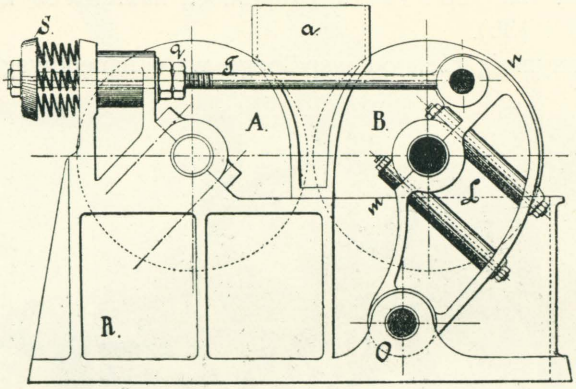
Rys. 128. Walce rozdrabiające bez płaszcza. Koło *F* zdjęte dla lepszego zorjentowania się w szczegółach (z katalogu Allis Chalmers).



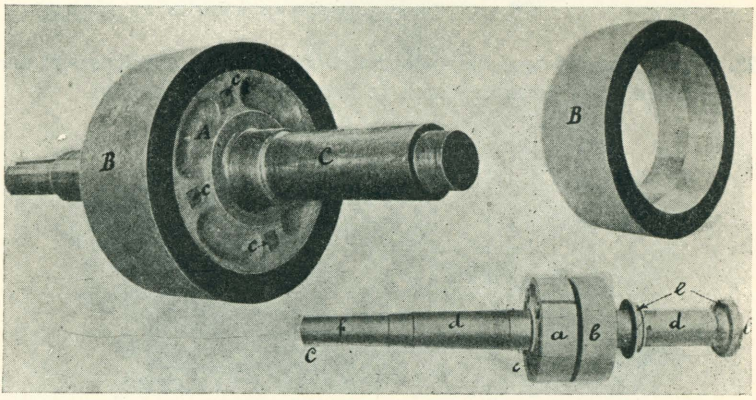
Rys. 129**. Walce rozdrabiające (kruszarka walcowa). *A* — łożysko nieruchome. *B* — łożysko ruchome; *p* — zespół płyt dla zachowania szpary pomiędzy walcami. *p* — otwory do obserwacji nad stanem walców. Oznaczenia jak na rys 130.

kół pasowych, osadzonych na przeciwległych końcach osi walców (rys. 134—140 i poprzednie). Zazwyczaj walec *A* o łożyskach stałych ma większe koło pasowe *E* z pasem otwartym, a walec *B* o łożyskach stałych ruchomych ma mniejsze koło *F* z pasem skrzyżowanym. Pierwsze jest właściwem kołem napędowem. Walec drugi obraca się w czasie rozdrabiania wskutek tarcia. Koło *F* podtrzymuje

tylko ruch wtedy, gdy walce idą bez materjału. Niewielka jego średnica ułatwia dostęp do leja wsypowego.



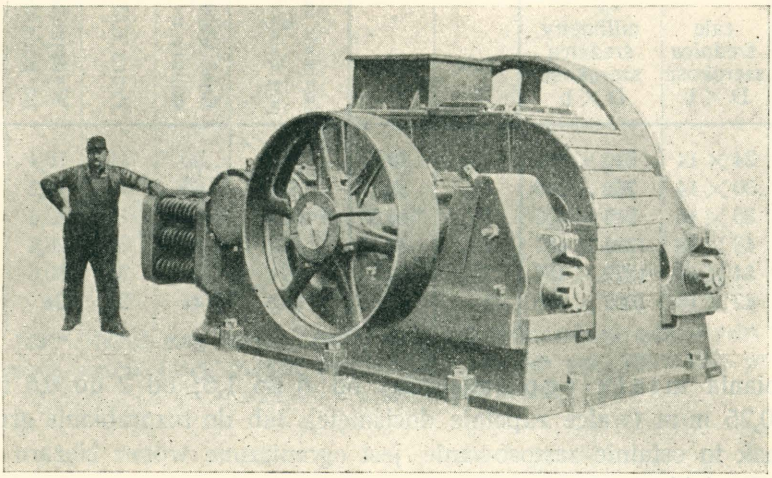
Rys. 130**. Walce rozdrabiające (kruszarka walcowa). *A* — łożysko nieruchome. *B* — łożysko ruchome. *T* — trzon i *S* — sprężyna powodują nacisk walca w łożysku ruchomem na walec w łożysku nieruchomem. Szpara zachowuje stałą wielkość zapomocą 1) zespołu płyt *p* wstawianych pomiędzy łożyska (patrz rys. 129) lub 2) specjalnemi zaczepkami *q* na trzonach naciskających. *R* — rama, *K* — płaszcz, *a* — wpust, *b* — wypust.



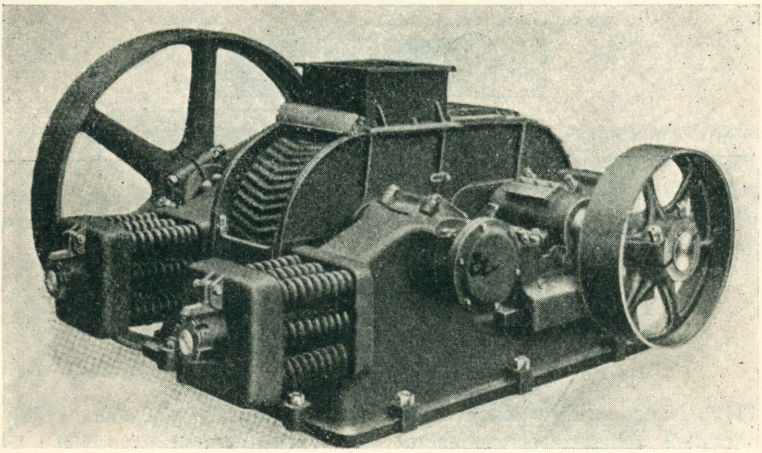
Rys. 131. Walec i jego części składowe. *A* — trzon walca (serce) nasadzony na wał na gorąco — składa się z dwóch pierścieni zlekka stożkowych *a* i *b*, ściągniętych bolcami *c*. *B* — obręcz robocza (Walzenring, Tyre, Meule) żelazna hartowana, kuta ze stali specjalnych gatunków, wewnętrzna powierzchnia wytoczona w kształcie podwójnego stożka stosownie do stożkowatości pierścieni *a* i *b*. *C* — oś o szyjkach łożyskowych *d*; *e* — pierścienie do ustawiania i do ochrony od pyłu, *f* — szyjka do nasadzenia tarczy napędowej.

Materjał wsypywany chwytają walce, a siła tarcia wciąga go do szpary. Miażdżenie odbywa się bez przerwy przez stopniowy i ciągły nacisk. Podobne działanie walców wytwarza minimum pyłu, wskutek czego walce nadają się, zwłaszcza, do rozdrabiania pomocniczego przy przeróbce rud gruboziarnistych (grubowtrąconych) i wogóle we

wszystkich wypadkach, gdy zadanie przeróbki polega na możliwem zmniejszeniu ilości wytwarzanego szlamu.



Rys. 132. Walce rozdrabiające Nr. 17 (kruszarka walcowa, Power & Mining Co) wymiar największy 54×18″ czyli 1372×457 mm.



Rys. 133. Walce Nr. 17 o powierzchni brózdkowatej (ryflowane, Power & Mining Co). *a* — płaszcz chroniący od pyłu.

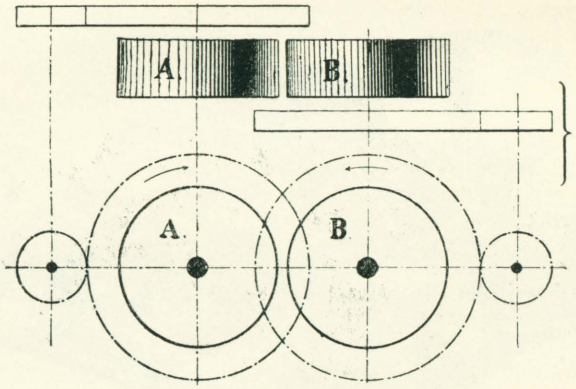
Niżej przytoczone dane z katalogu Power a. Mining Machinery Co. Milwaukee Wisconsin cechują wymiary najwięcej używanych walców (rys. 125, 126) i wyniki ich działania (superior Crushingsrolls).

Z powyższej tablicy wynika, że walce zazwyczaj są używane do r o z d r a b i a n i a ś r e d n i e g o dla ziarn od $1^1/_8$″ do $2^1/_2$″ (28—64), przy stopniu rozdrobienia 4, do ziarn 7—10 m/m. Najczęściej rozdrabiają ziarna 24—40 m/m do 6—10 m/m. Niekiedy, jednak, używają walców do roz-

Nr	Wymiary walców		Wymiar ziarn najgrubszych		Szerokość szpary S — przy $E = \frac{d}{S} = 4$ w m/m	Ilość obrotów na minutę n	Praca KM	Wydajność ton na godzinę Q h	Waga w tonach
	cale średnica szerokość D × b	milimetry średnica szerokość D × b	cale	m/m					
3	24 × 14	610 × 356	$1^1/_8$	28,6	7,2	90	11	15,4	5,6
6	30 × 14	762 × 356	$1^1/_2$	38,1	9,5	66	15	18,2	8,75
9	36 × 16	915 × 406	$1^3/_4$	44,5	11,5	51	18	22,4	12,25
15	48 × 18	1224 × 457	$2^1/_4$	57,1	14,2	33	23	28,8	30
17	54 × 18	1372 × 457	$2^1/_2$	64	16	28[1])	25	30,6	50
19	42 × 16	1067 × 406	2	51	12,8	41	20	24	18,5

drabiania miałkiego (mielenia) od 6 do 1,5; od 2 do 0,5 i od 1 do 0,25 m/m (walce zupełnie dociśnięte), lub do rozdrabiania grubego. Jednak to ostatnie zastosowanie jest ograniczone wobec ciężaru i wymiarów, jakie trzeba nadać walcom.

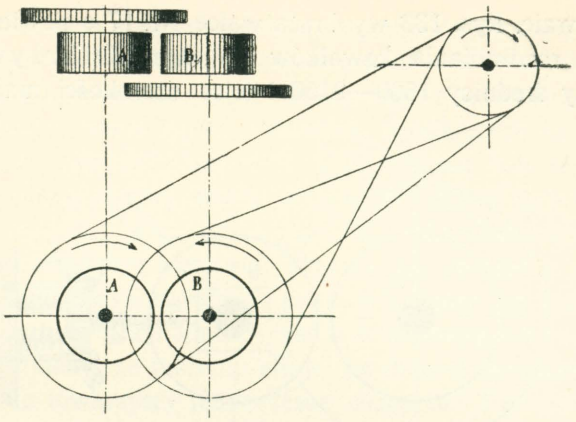
Ażeby walce chwytały przy pomocy siły tarcia wsypywane kawałki rudy niezbędnem jest, aby średnica walców była przynajmniej



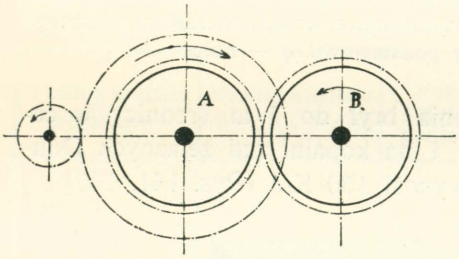
Rys. 134**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd zapomocą kół zębatych (przy małych prędkościach również rys. 138 i 139) przy obu walcach z przeciwnych stron.

20 razy większa od średnicy największych kawałków rudy. A więc, już dla kawałków grubości $2^1/_2$ cala (64 mm), średnica walców musi wynosić 50 cali (1275 mm). Walce Nr. 17 podług tablicy są największe. Średnica ich 1380, długość ogólna 4280, szerokość 3800 mm. Średnica dużego koła pasowego 2750, małego — 1375, szerokość obwodu pierwszego 430, drugiego 330. Waga 52 tony. Rys. 132 daje pojęcie o stosunkowych wymiarach maszyny. Dla rozdrabiania materjału grubszego walce mają powierzch-

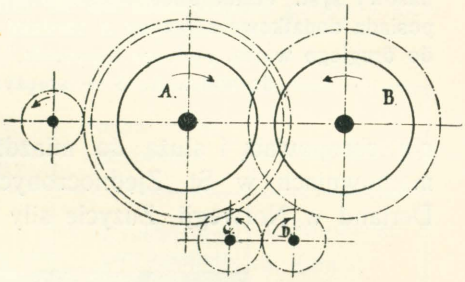
[1]) Walce innych firm robią do 150 i więcej obrotów na minutę.



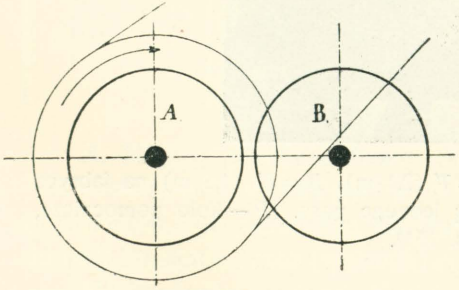
Rys. 135**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd zapomocą pasów (przy dużych prędkościach również rys. 138 i 139) przy obu walcach z przeciwnych stron.



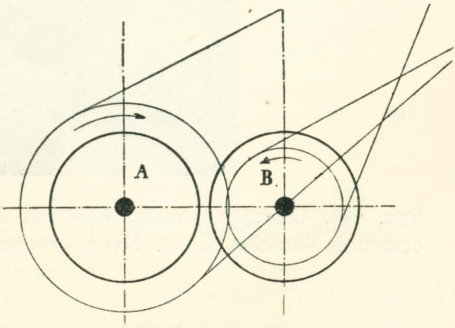
Rys. 136**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd zapomocą kół zębatych. Napęd przy jednym walcu. Walec *B* otrzymuje ruch od walca *A*.



Rys. 137**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd zapomocą kół zębatych. Napęd przy jednym walcu. Walec *B* otrzymuje ruch za pośrednictwem kół *D* i *C* od walca *A*.

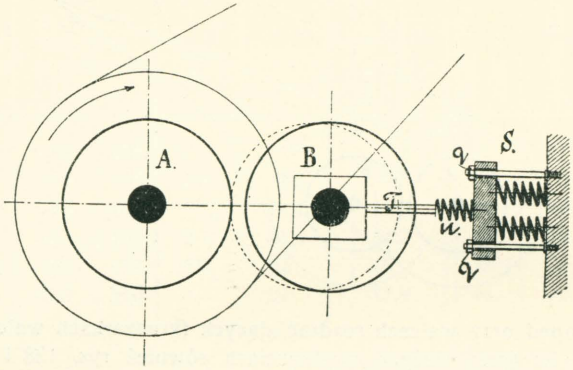


Rys. 138**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd pasowy — przy jednym walcu. Ruch drugiego zapomocą tarcia.



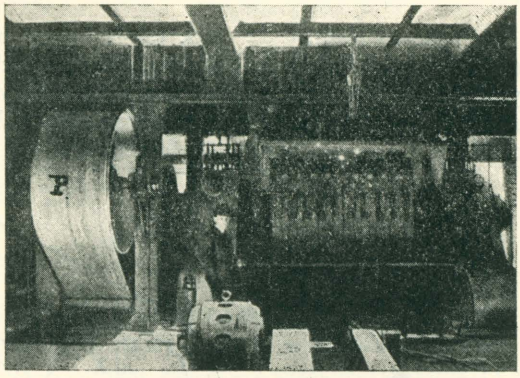
Rys. 139**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd pasowy — przy jednym walcu. Ruch drugiego zapomocą tarcia. Dodatkowe koło pasowe przy *B* podtrzymuje ruch przy biegu luźnym.

nie brózdkowate. Rys. 133 wyobraża walce Nr. 17 o powierzchni brózdkowatej do rozdrabiania kawałków 75 m/m. Olbrzymie walce Edisona przy średnicy 1500—2150 i tejże szerokości mają powierzch-



Rys. 140**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd pasowy syst. Vezin. Ruch drugiego walca zapomocą tarcia. Trzon ściągający *T* posiada dodatkowe sprężyny *u* bardziej słabe, dociskające do samego końca walec do drugiego walca, podczas kruszenia, i przyciskające walec podczas biegu luźnego do walca *A*. *S* — sprężyny podstawowe. *q* — bolce

nię chropowatą i służą do miażdżenia brył do 1 m średnicy w cementowniach w St. Zjednoczonych i na kopalni rud żelaznych Dun-Derland w Norwegji. Zużycie siły wynosi 150 KM (Rys. 141, 142).



Ryc. 141. Olbrzymie walce Edisona. $D = 7'$ (2,1 m), $B = 6'$ (1,8 m) na fabryce cementu Tomkins Cove. Napęd zapomocą jednego pasa. (*P* — koło pomocnicze, jak na rys. 151).

3. Rozdrabianie połączone z rozcieraniem.

Klasyfikacja młynów. Do rozdrabiania bardziej drobnego i miałkiego sam nacisk nie wystarcza i niezbędne jest połączenie go z pewnem rozcieraniem. Również, jeśli stopień rozdrobienia, w związku z jego ostatecznym celem, ma być w któremkolwiek począt-

kowem lub końcowem stadjum bardzo znaczny, to dla uproszczenia czynności i wykonania jej w jednej kruszarce, rozdrabianie musi być wykonywane zapomocą miażdżenia, połączonego z rozcieraniem.

Istnieje bardzo wiele typów kruszarek, działających na tej podwójnej zasadzie, w których rozcieranie gra większą lub mniejszą rolę. Kruszarki te noszą ogólną nazwę młynów (Mills, Grinders, Mühle, Moulins, Мельница). Wszystkie posiadają charakterystyczną cechę wspólną, mianowicie rozdrabianie odbywa się pomiędzy dwiema powierzchniami części wykonawczych przyrządu, które się toczą jedna po drugiej. Jedna z nich przynajmniej jest powierzchnią obrotową (walec) o takim kształcie, że toczeniu się jej po drugiej (podstawa) w określonym kierunku towarzyszy jednoczesne ślizganie. Toczenie się powoduje miażdżenie zapomocą nacisku stałego jak w walcach, a ślizganie — dodatkowe rozcieranie. Wielokrotne powtarzanie tego działania jest reprodukcją miażdżenia przerywanego, jak w kruszarce Blake.

Rozmaite młyny mogą być podzielone na następujące grupy i kategorje:

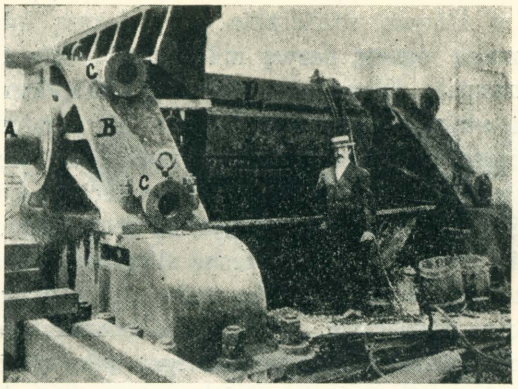
Podług kształtu podstawy		Podług kształtu rolek (walców)		Podług położenia podstawy		Podług ruchu podstawy		Typy młynów
A.	Pierścieniowe	I.	Walcowe	a.	pionowe	1.	Z ruchomym pierścieniem	1. Sturtevant
				b.	poziome	2.	Z nieruchomym pierścieniem	2. Kent 3. Frisbee Lucop
							„ „	4. Huntington 5. Griffin
		II.	Kulowe	a.	poziome		„ „	6. Emerick
B.	Tarczowe		Walcowe	a.	pionowe		Z tarczą obracającą się	7. Walce potrójne
				b.	poziome	1.		8. Młyny chilijskie
						2.	„ „	9. Młyny chilijskie
							Z tarczą nieruchomą	10. Młyny Lane

A. **Młyny pierścieniowe** (кольцевыя мельницы) *a)* pionowe.

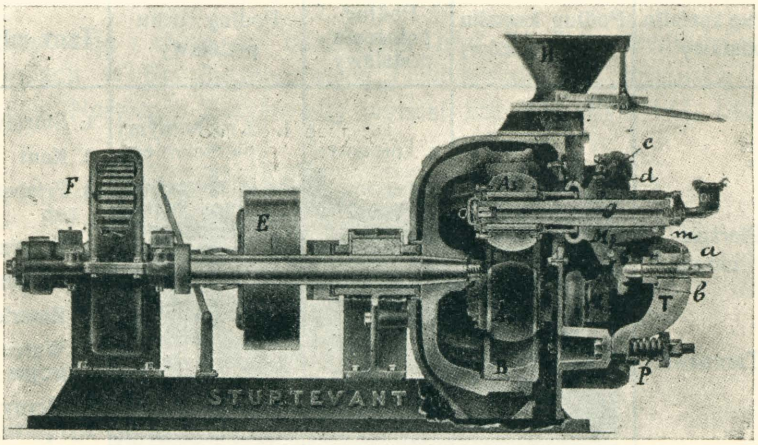
1. Młyn Sturtevant'a — jest to młyn pierścieniowy walcowy, o pionowym pierścieniu obracającym się — *B* (Ring Moll) (rys. 143 do 146) i trzech rolkach (walcach) *A*, dotykających pierścienia z wewnątrz.

Mechanizm napędowy obraca pierścień *B*. Walce *A* obracają się dzięki tarciu. Silne sprężyny *P* przyciskają walce do pierścienia zapomocą ramienia *T* i przyciskającej śruby z nakrętką *m*. Śruba naciska na tarczę *b*, przenoszącą nacisk na mufy *M* przez łożyska kulkowe. Mufy są umocowane przy pomocy bolców *d* na nieruchomych osiach *O* walców *A*, lecz mogą się obracać około punktów *C*. Materjał postępuje

do leja *H* i przez kanał *S* do walca *A*. Siła odśrodkowa przyciska materjał do wewnętrznej powierzchni pierścienia. Materjał przechodzi kilkakrotnie pomiędzy walcami a pierścieniami, aż wreszcie będzie zmielony do tego



Rys. 142. Olbrzymie walce Edisona w montażu. *A* — wał, *B* — łożysko, *C* — otwór do trzonów ściągających, *D* — trzon walca (serce). Części robocze zdjęte.



Rys. 143. Młyn pierścieniowy Sturtevanta. Przekrój podłużny. Rozdrabianie regulują zapomocą nacisku sprężyn i zapomocą sortowania zwykle na sitach drgających. (Rozdrabianie suche).

stopnia, że walce wycisną go na bok. Wyciskanie gotowego materjału ma miejsce u każdego walca. Jest to sortowanie pomocnicze w stosunku do następnego walca, w myśl zasady „nie kruszyć nic zbytecznego".

Walce mają powierzchnię kulistą a wewnętrzna powierzchnia pierścienia jest odpowiednio wklęsła (rys. 143). Ponieważ stosunek największego do najmniejszego promienia obrotu pierścienia i walców nie jest jednakowy, więc tylko środkowe punkty powierzchni walców

toczą się po powierzchni pierścienia bez ślizgania. Wszystkie inne punkty powierzchni walców ślizgają się po powierzchni pierścienia i ślizganie się wzrasta ku brzegom walców.

Niżej przytoczone dane z katalogu Sturtevant Engineering Co charakteryzują działanie młynów pierścieniowych.

Nr	Wymiary pierścienia		Wymiary walców D × b m/m	Ilość obrotów pierścienia na minutę n	Praca KM
	D (wewn.) × b cale	D (wewn.) × b milimetry			
0	24 × 7	610 × 178	356 × 178 [1])	125	8 — 12
1	33 × 7	838 × 178	356 × 178 [2])	80	15 — 20
2	44 × 12	1118 × 305	458 × 254	63	35 — 45

Wydajność młyna Nr 2 na godzinę (w tonach):

Grubość wsypywanego ziarna d	Grubość zmielonych ziarn s		Stopień zmielenia $E = \frac{d}{s}$	Kwarzec	Cementowy klinter	Wapień
	Ilość otwor. sita na 1 cal	m/m				
1″	20	1,2	20	7,5 — 10	8 — 13	12 — 16
25 m/m	40	0,5	50	5 — 6	6 — 8	8 — 10
	80	0,25	100	3 — 5	4 — 6	5 — 7,5

Wskutek tak znacznego stopnia zmielenia, młyny Sturtevant'a najczęściej są używane do rozdrabiania samodzielnego w cementowniach i cegielniach. Przy przeróbce rud mogą mieć zastosowanie wyłącznie do rud drobno wpryśniętych, np. złotych.

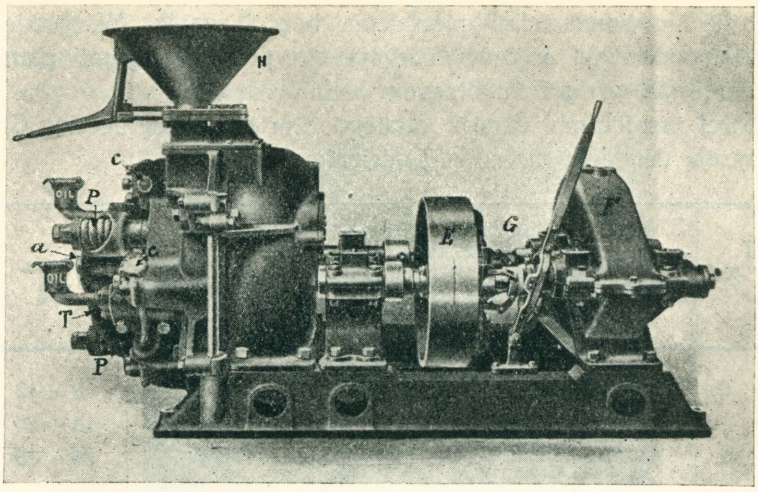
2. Młyn Kent'a różni się od poprzedniego tylko mechanizmem napędowym nadającym ruch jednemu walcowi, który, dzięki sile tarcia, porusza pierścień i inne walce.

3. Młyn Frisbee Lucop odznacza się nieruchomym pierścieniem i dwoma luźnemi walcami, toczącemi się po wewnętrznej powierzchni pierścienia przez mechanizm podobny do opisanego poniżej pod punktem 6.

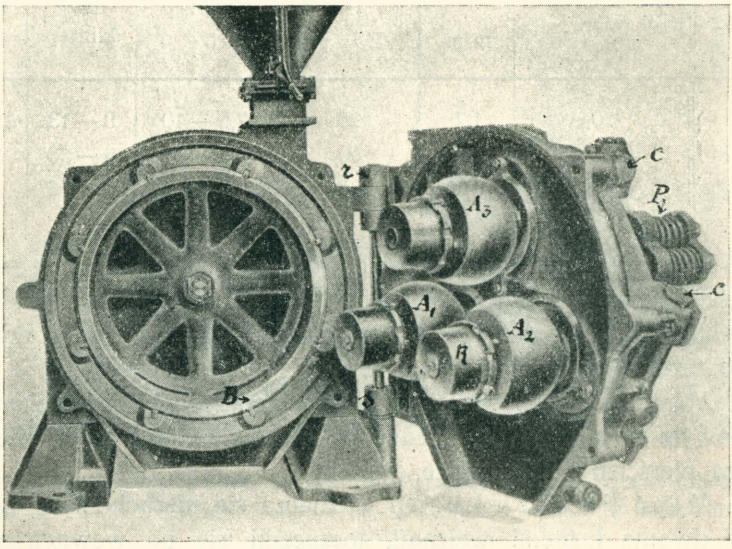
b) Poziome.

4. Młyn (wahadłowy) Huntingtona (Pendelmühle, Broyeurs à pendules) jest to młyn pierścieniowy z walcami (wałkami, rolkami) o poziomym nieruchomym pierścieniu *B* i czterech walcach *A*, dotykających pierścienia z wewnątrz (rys. 147 i 148).

[1]) Jeden walec.
[2]) Trzy walce.



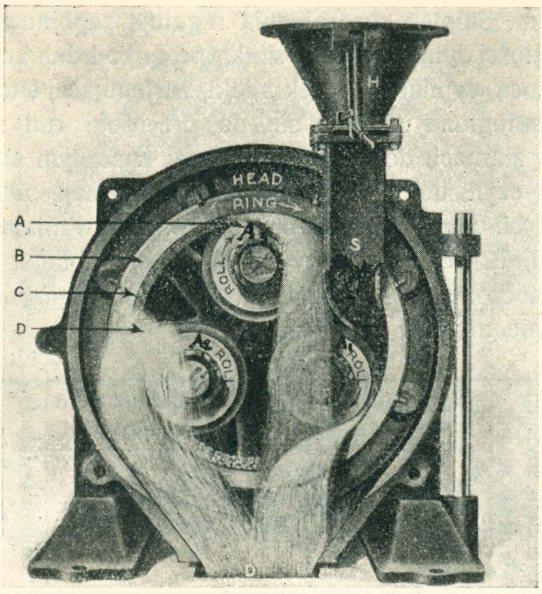
Rys. 144. Młyn pierścieniowy Sturtevanta. Z zewnątrz od strony wału napędowego. $E_{\frac{m}{c}}$ — koło napędowe. *F* — skrzynka zawierająca koła zębate, poruszające wał środkowy. *G* — sprzęgło cierne.



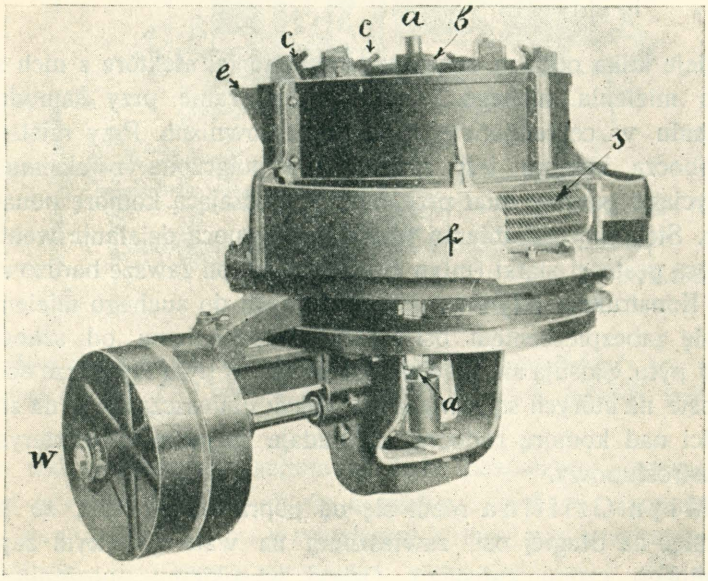
Rys. 145. Młyn pierścieniowy Sturtevanta. Pokrywa przednia otwiera się razem z walcami (rolkami) na zawiasach *s*, *r*. *k* — pierścień ochronny od pyłu.

Koło napędowe *w* obraca pionowy wał *a*. Na tym wale umocowany jest powyżej pierścienia krzyżulec *b*, na którym są zawieszone na czopach *C* krótkie osie *d* walców *A*. Siła odśrodkowa przyciska walce do pierścienia. Walce mają kształt ściętego stożka, i nie mogą się toczyć po cylindrycznej powierzchni pierścienia bez ślizgania.

Młyn jest dostosowany do mielenia mokrego. Materjał, wsypywany



Rys. 146. Działanie młyna Sturtevanta (rys. 143—146 z katalogu Sturtevant Eng. Co London).



Rys. 147. Młyn Huntington'a. Wymiar $3^1/_2$ (z katalogu Power & Mining M. Co).

przez lej *e*, pozostaje w przyrządzie tak długo, aż osiągnie taki stopień rozdrobienia, przy którym falowanie wody, doprowadzanej specjalną rurą, uniesie go w postaci szlamu przez siatkę *S*, otaczającą komorę roboczą

nad pierścieniem. Stopień rozdrobienia regulują zapomocą ilości wody, zapomocą odległości dolnego brzegu siatki (progu) od dna komory roboczej (misy) i zapomocą wymiarów oczek siatki, zastępującej sito kontrolujące.

Młyny Huntingtona używają się do przeróbki rud złota drobnowpryśniętych w ziarnach do 1″ (25 mm), przy znacznym stopniu rozdrabiania 25—50 czyli do 1—0,5 mm. Również mają zastosowanie do mielenia drobnych przejściowych produktów sortowania rud pirytowych w ziarnach od 12—5 mm, przy stopniu rozdrabiania 6—12.

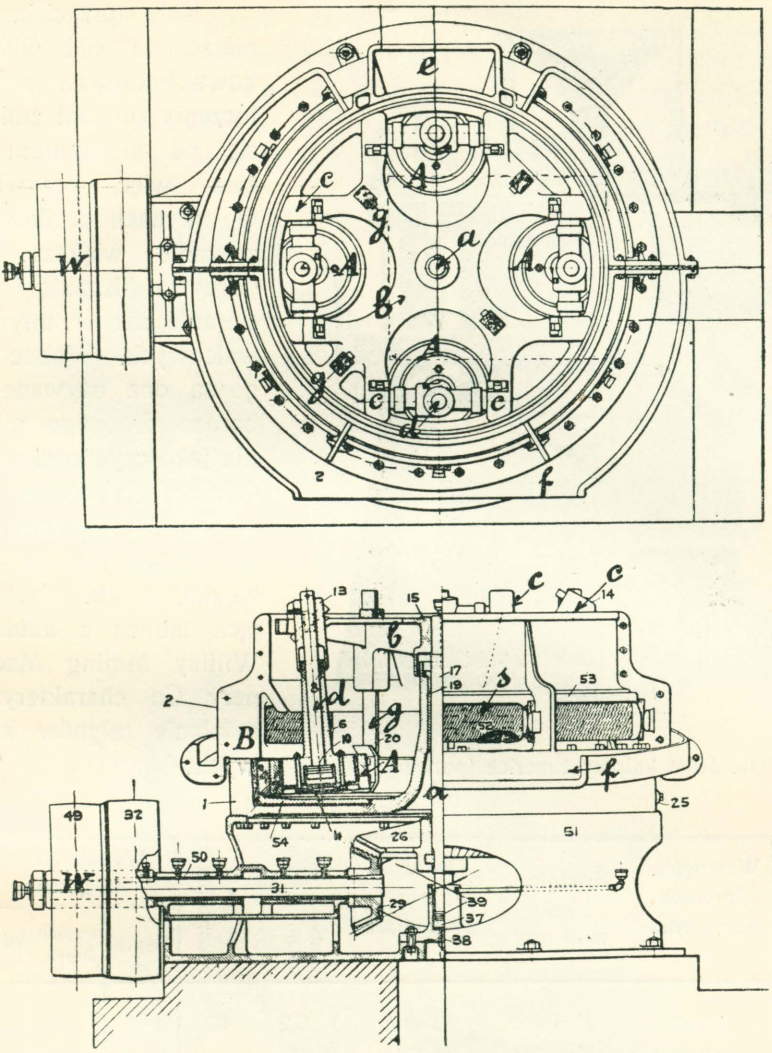
Niżej przytoczone dane z katalogu Power a Mining M. Co charakteryzują działanie młynów Huntingtona.

Nr	Średnica pierścienia		Przeciętn. średnica walców w mm	Ilość obrotów wału pionowego na min.	Grubość wsypywanych ziarn		Szerokość ziarn zmielonych		Stopień zmielenia $E = \frac{d}{s}$	Wydajność ton na 24 godziny	Praca KM
	zewn. w stopach	wewn. w metrach			w calach	w mm d	ilość otworów w calu	mm s			
1	3	1.016	374	90	1/4″—1/2″	6—12	100	0,2	36—5	5— 46	5
2	5	1.448	456	70	1/4″—3/4″	6—18	—		—	9 – 75	8
3	6	1.672	484	65	1/4″—1″	6—25	20	1,2	50—5	17—140	15

Istnieje kilka odmian młynów Huntington'a, niektóre z nich są używane do mielenia suchego i mają zastosowanie przy samodzielnem rozdrabianiu w cegielnictwie i na cementowniach. Przy mieleniu suchem robocza komora jest zamknięta i połączona z ekshaustorem, który wyciąga gotowy miał przez siatkę, otaczającą komorę ponad pierścieniem. Stopień rozdrabiania regulują zapomocą działania wentylatora i zapomocą gęstości siatki (młyn Bradley); jest on zawsze bardzo znaczny $E = 50$. Konstrukcja młynów, przeznaczonych do suchego mielenia, odznacza się zabezpieczeniem osi i łożysk mechanizmu od szkodliwego działania pyłu. Stosują się specjalne skrzynki od pyłu i płaszcze ochronne, lub też osie, na których są zawieszone walce; umieszcza się je na znacznej wysokości nad komorą roboczą, co nadaje młynom charakterystyczny kształt ostrosłupowy.

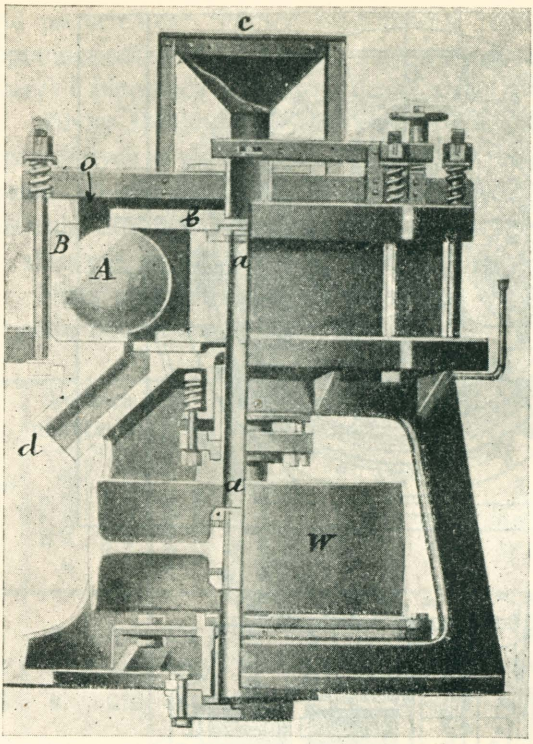
5) Młyn Griffina różni się od poprzedniego tem, że posiada jeden walec na długiej osi, zawieszonej na wale głównym zapomocą uniwersalnego czopu kulistego. Dzięki wysokiemu położeniu czopa; młyn ten nadaje się do suchego mielenia w cementowniach, na cegielniach, oraz do miałkiego mielenia na sucho rud złota, przy braku wody (Kalgoorli, Australja), chociaż jest używany z powodzeniem również przy mokrem wzbogacaniu rud.

6) Młyn kulowy pierścieniowy Emerick, jest to młyn pierścieniowy poziomy z walcami (wałkami) kulistemi (rys. 149).



Rys. 148. Młyn Huntington'a. Wymiar 5, rzut poziomy i przekrój (z katalogu Power & Mining M. Co). *f* — odpływ, *g* — łopatki, kierujące materjał pod walce.

Pionowy wał *a*, obracany zapomocą koła pasowego poziomego *W*, dźwiga w komorze roboczej piastę o pięciu sprychach, zaopatrzonych w drążki toczące 5 kul *A* po wewnętrznej kulistej powierzchni pierścienia *B*. Materjał, wsypywany przez lej *c*, pada na tarczę *b*, siła odśrodkowa rozrzuca go po tarczy, skąd przez otwory *O* trafia przed każdą kulę; do komory roboczej specjalne łopatki usuwają materjał zmielony przez otwór *d*. W niektórych przyrządach stosują usuwanie zmielonego materjału zapomocą ekshaustora. Stopień rozdrobienia regulują przesiewaniem kontrolującem przez przesiewacz wibrujący. Mielenie zawsze na sucho.



Rys. 149. Młyn kulowy Emerick (pulweryzator).

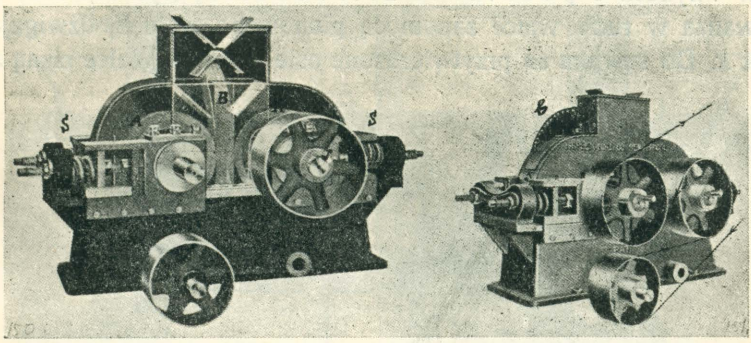
Kule przyciska do pierścienia siła odśrodkowa. Ponieważ promień toczenia się kuli zmienia się od maksymum do zera, więc, oczywiście w młynach kulkowych znacznie większą rolę odgrywa ślizganie i rozcieranie, niż w młynach walcowych. Wobec tego są one używane do bardzo drobnego mielenia jako czynności samodzielnej, jednak do skał miększych: wapienie, łupki, klinker cementowy, węgiel, grafit. Następująca tablica z katalogu Wilfley Mining Machenery Co charakteryzuje działanie młynów kulowych:

Nr	Wewnętrz. średnica pierścienia m	Średnica kul cale mm	Grubość wsypywanych ziarn d	Grubość ziarn zmielonych mm	Stopień rozdrobienia	Wydajność ton na godzinę		
						węgiel	wapień łupek	klinker
1	1,120	12″ = 305	12 mm = ½″	0,2	60	4—5		
2	1,320	14″ = 356		0,1	120	6—8	5,75	2,4

B. **Młyny tarczowe.** (Дисковыя мельницы) Podstawa młynów tarczowych ma postać ruchomej lub obracającej się tarczy. Walce w postaci ciężkich kół. W młynach o obracającej się tarczy walce obracają się na nieruchomych osiach i leżą w płaszczyznach prostopadłych do średnicy podstawy. W młynach o tarczy nieruchomej walce toczą się po niej, zakreślając koło dookoła środkowej osi prostopadłej do powierzchni tarczy. Oczywiście, w obu wypadkach walce nie mogą biec po kole bez ślizgania się, powodującego silne rozcieranie.

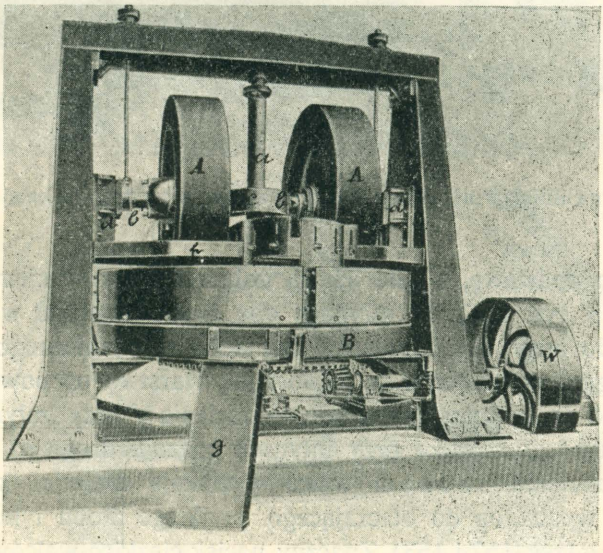
7. Walce potrójne. (The triplex rolls Тройные валки rys. 150 i 151). Jest to pionowy młyn tarczowy o dwóch komorach roboczych.

Młyn ma postać zwykłych walców rozdrabiających *A*, pomiędzy którymi na prostopadłej osi obraca się trzeci walec *B*, którego powierzchnie boczne zastępują obracające się podstawy tarczowe podwójnego młyna. Dwa inne walce są cylindryczne i obracają się na nieruchomych osiach. Walce naciskają na podstawę przy pomocy sprężyn.



Rys. 150. Walce potrójne.

Rys. 151. Ogólny widok zewnętrzny. *b* — płaszcz pokrywający walec.



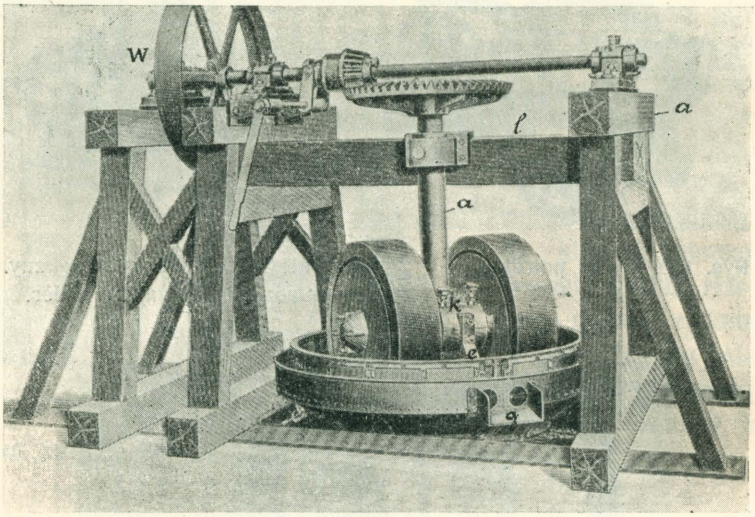
Rys. 152. Młyn chilijski o ruchomej misie do suchego mielenia w przemyśle ceramicznym (z katalogu Humboldt, Kalk b. Köln).

8) Młyny Chilijskie (Чилийские мельницы, бегуны) mają podstawę tarczową poziomą w kształcie dna misy (panwi), w której zawarta jest komora robocza.

U młynów z obracającą się podstawą (rys. 152) mechanizm napędowy *W* nadaje obrót pionowemu wałowi *a*, panwi *B* w części dolnej.

2 walce *A* spoczywają na nieruchomych poziomych osiach *b*, związanych zapomocą łęka *c*, przez który przechodzi środkowy wał; ruch podstawy wywołuje, wskutek tarcia, obrót walców. Walce całym swym ciężarem opierają się na podstawę, ponieważ osie ich poruszają się w kierownicach *d* u bocznych słupów stojaka.

W młynach o podstawie nieruchomej (rys. 154/155) napęd wprowadza w ruch walce zapomocą pionowego wału *E*, dźwigającego suwak *k*. Do suwaka są przytwierdzone osie walców. Walce cisną swym

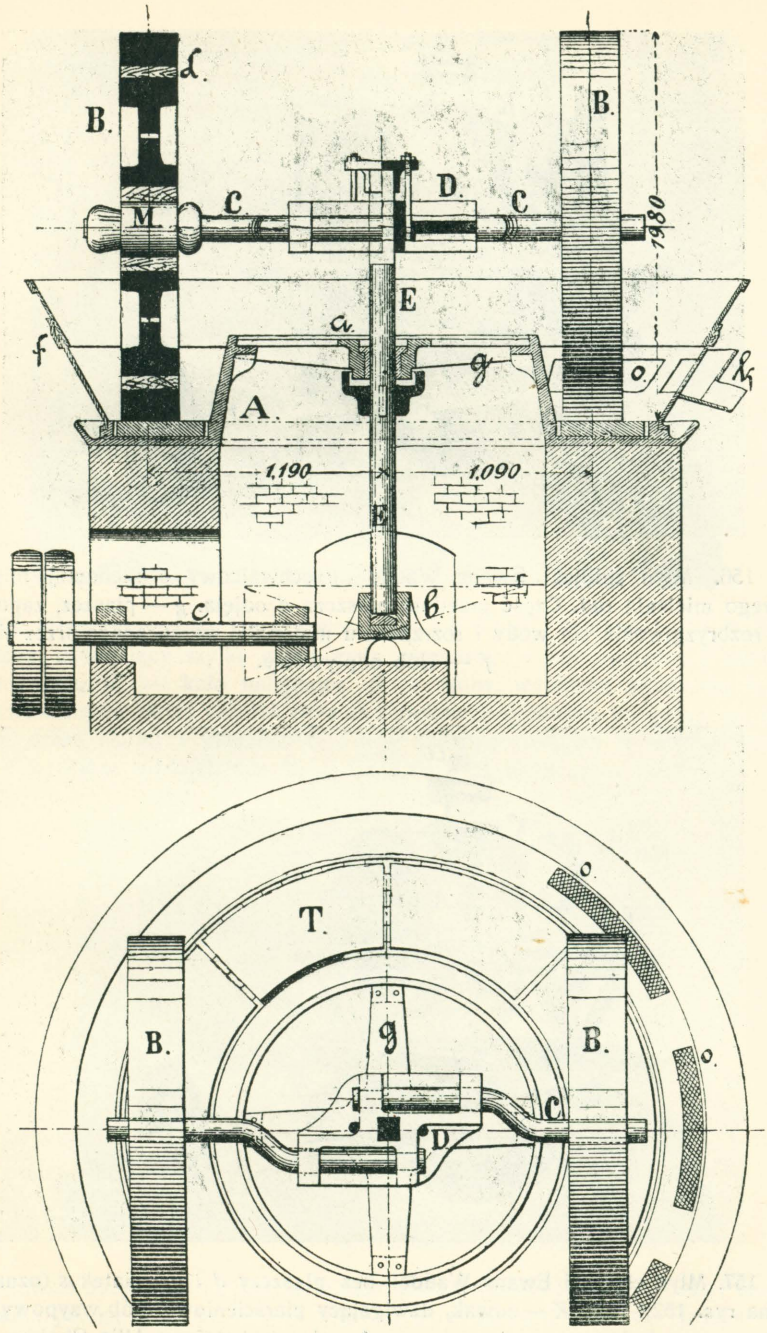


Rys. 153. Młyn chilijski z misą nieruchomą do mielenia suchego (z katalogu Krupp'a).

ciężarem na podstawę, a osie ich są połączone z suwakiem zapomocą zawiasów (p. rys. 155). W młynach obu typów materjał wsypują bezpośrednio do misy lub zapomocą zasilacza mechanicznego. Specjalne łopatki rozgarniają materjał w jednostajną warstwę po powierzchni tarczy. Łopatki te są umocowane do pierścienia *f* przy młynach pierwszego rodzaju i do suwaka przy młynach rodzaju drugiego.

Przy mieleniu suchem walce wyciskają materjał ku brzegowi tarcz, skąd wpada on do otaczającego płytkiego żłobu i jest usuwany przez kanał *g* (rys. 152 i 153). Znaczny nacisk ciężkich walców i ich działanie rozcierające dają wysoki stopień rozdrabiania i znaczny odsetek miału. Wskutek tego młyny chilijskie powyższych typów mają szerokie zastosowanie w przemyśle cementowym i ceglanym do mielenia wapienia, dolomitu, portland-cementu, do rozluzowania i mięszania ogniotrwałych glin i t. p. wypadkach, gdy mielenie nosi charakter operacji głównej.

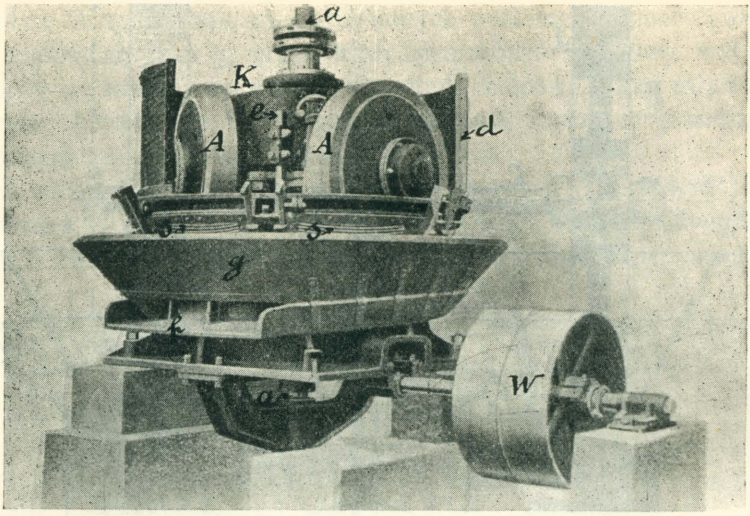
9) Chilijskie młyny (Chili Mills. Kollergänge, Moulins Chiliens Чилийские мельницы. Бегуны) do mielenia mokrego zna-



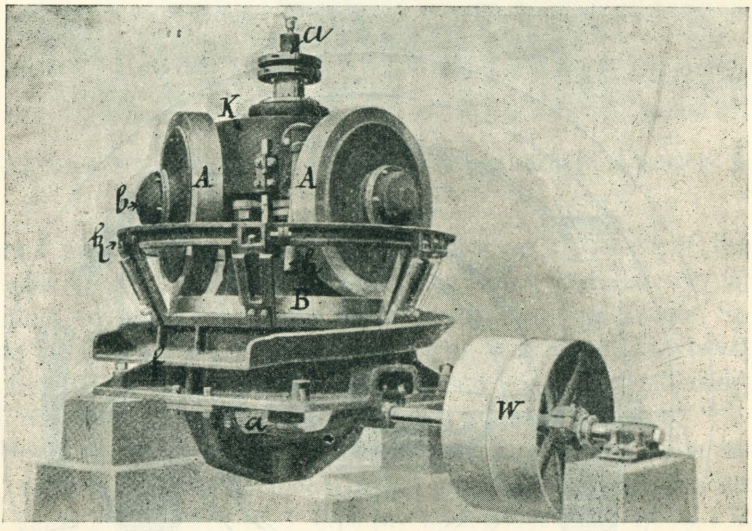
Rys. 154/155**. Młyn chilijski. *A* — misa z płaszczem zewnętrznym *f* i krzyżakiem *g*. *B* — walce w liczbie 2—3 (3–6 w Eur. i Amer). *D* — suwak, *C* — osie walców.

lazły zastosowanie przy wzbogacaniu rud, rys. 154—160). Mają one podstawę nieruchomą i toczące się walce.

Wyładowanie zmielonego materjału odbywa się, jak w młynach

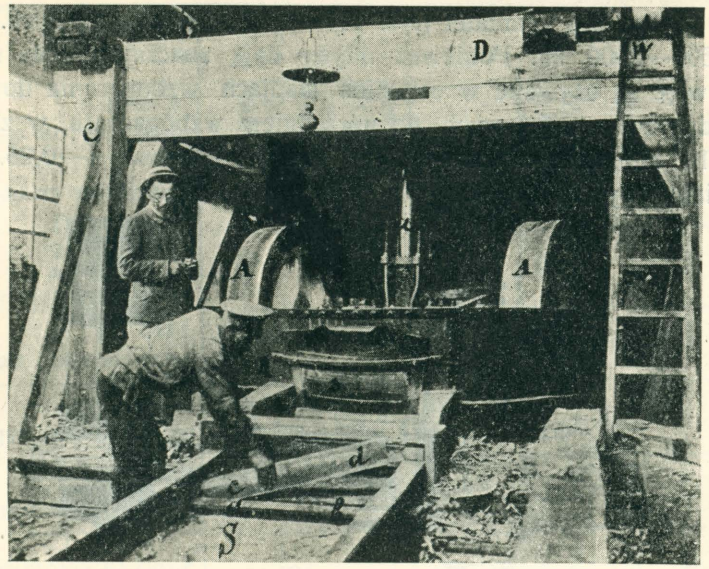


Rys. 156. Młyn chilijski Ewans Waddel trzechwalcowy o ruchomej misie do mokrego mielenia rud. Część przednia płaszcza *d* odjęta. *g* — płaszcz, zapobiegający rozbryzgiwaniu się wody i rozrzucaniu materjału, wyrzucanego przez siatkę *s*. *f* — żłób odpływowy.

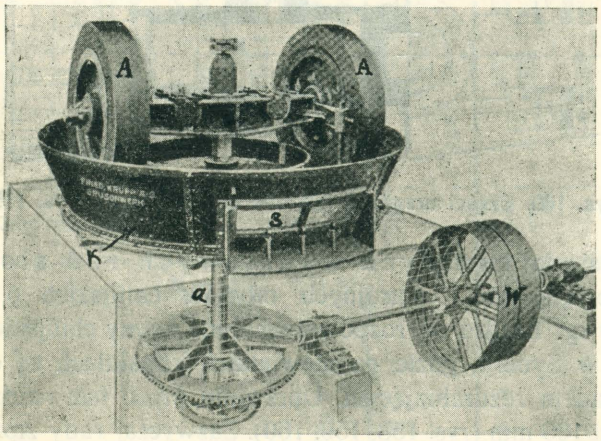


Rys. 157. Młyn chilijski Ewans Waddel bez płaszczy *d* i *g* i siatek *s* (oznaczenia jak na rys. 152 i 153). *K* — suwak, dźwigający pierścieniowy żłób wsypowy, z którego rury *h* doprowadzają rudę przed walce (z katalogu Allis Chalmers).

Huntingtona, zapomocą falowania wody, unoszącej materjał zmielony do pewnego stopnia przez siatki *s*, któremi są zamknięte otwory w zewnętrznej ścianie panwi *k*. Skalę rozdrabiania regulują, zmieniając ilość wody, wysokość progu i gęstość siatek. Przy mieleniu mokrem



Rys. 158. Młyn chilijski na kopalni złota „Daubaj" Tow. Semipałat. *C* i *D* stojak drewniany, dźwigający szyjkę górną wału pionowego i jego napędowe koła zębate stożkowe. *W* — koło napędowe. *S* — żłoby, wyłożone miedzianą blachą amalgamowaną do ujęcia cząstek złota ze zmielonego produktu, wyrzucanego razem z wodą przez siatkę *s* płaszcza *k*. *a b* — pułapka rtęciowa w postaci żłobka. *c d* — tarcza rozdzielająca, którą wstawiają po ukończeniu spłókiwania.

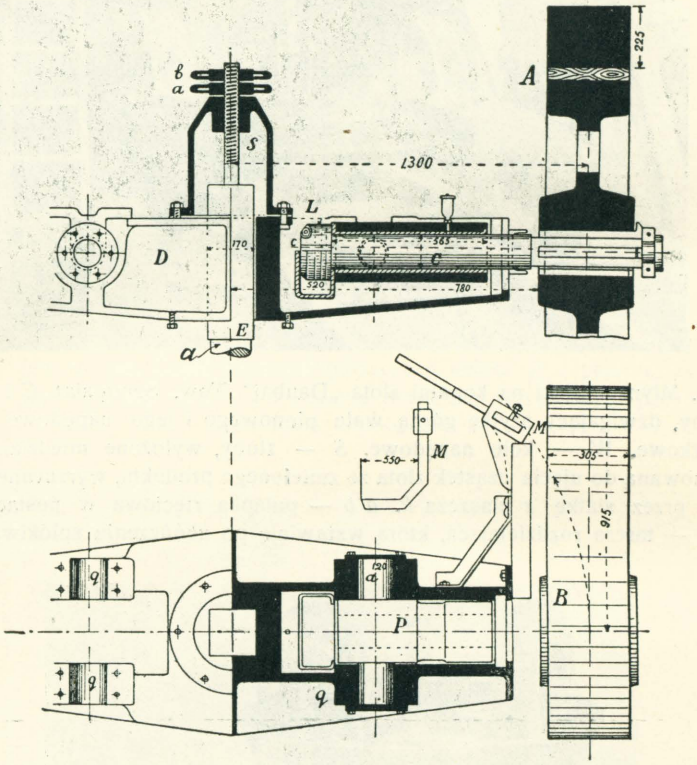


Rys. 159. Misa dużych wymiarów na kopalni złota Trojckiej (Koczkar, Ural Połudn.). Oznaczenia jak na rys. 158. Napęd dolny (z katalogu Krupp'a A. G. Grusonwerk).

regulowanie skali rozdrobienia daje się osiągnąć w znacznie szerszych granicach, niż przy mieleniu suchem. Dlatego mokre mielenie ma przeważnie zastosowanie przy przeróbce rud, gdzie dowolne regulowanie skali rozdrabiania odgrywa ważną rolę.

Przy przeróbce r u d p i r y t o w y c h używają lekkich p o t r ó j n y c h

młynów Ewans'a Wanddel (rys. 156 i 157), Bryan'a i innych. Walce ważą 1600—2000 kg. Ponieważ młyny dają znaczny stopień rozdrobienia, więc są używane w ostatnich stadjach wzbogacenia do mielenia produktów przejściowych, po uprzedniem wzbogaceniu, w ziarnach od 5—10 mm, czasem nawet 2—1 mm, do grubości 1—0,25. Skala rozdrabiania wynosi 10—4.



Rys. 160. Części urządzeń młynów chilijskich (do rys. 159).

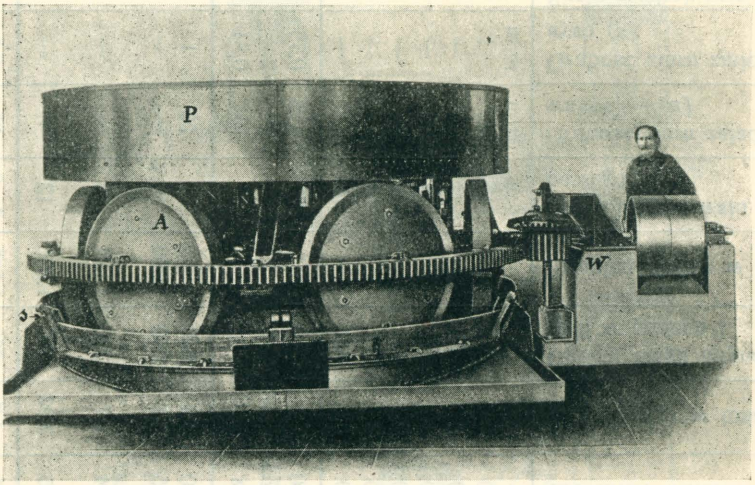
Do mielenia twardych kwarcowych rud złota używają ciężkich podwójnych i potrójnych młynów chilijskich o wadze po 3300—5000 kg. Bardzo są rozpowszechnione młyny chilijskie w Rosji — na Uralu i w Syberji, gdzie na niewielkich kopalniach są często jedynym przyrządem rozdrabiającym. Uprzednio, przed tem rozdrabiają rudę do wielkości 100 mm (rys. 158, 159, 160). Zazwyczaj rudy złota, wymagające znacznej skali rozdrabiania, załadowują się w kawałkach 50—25 mm i mielą się do 1—0,25. Skala rozdrabiania wynosi 50—100.

10) W ostatnich czasach na kopalniach złota w Ameryce ma zastosowanie wielowalcowy młyn Lane o 3—6 walcach. Cechę charakterystyczną stanowi zbiornik *P* (rys. 161) napełniany kamieniami, co pozwala regulować nacisk walców ua podstawę. Dane, charakteryzujące działanie młynów chilijskich rozmaitych systemów, przytoczone są w podanej obok tablicy. Należy podkreślić, że młyny chilijskie opisane

	Typ młynów chilijskich		Średnica misy	Ilość walców	Średnica walca	Szerokość walca	Waga walca w tonach	Ogólna waga młynów chil. w pudach [1])	Promień obrotu w m	Ilość obrotów wału pionowego na 1'	Grubość ziarn załadowanych — (*d*)	Grubość ziarn zmielonych (*s*)	Skala rozdrabiania $E = \frac{d}{s}$	Wydajność na dobę ton	Wydajność na dobę w pudach	Praca w K. M.
											m/m	m/m				
Rozdrabianie suche	Młyn chilijski	1	—	2	640	160	0,3	36	—	40	40	1	~40	2,6	156	$1^1/_2$
	fabryki	2	—	—	800	200	0,6	72	—	32	—	—	—	6	360	$2^1/_4$
	A. G. Humboldt	3	—	—	1.000	250	1,1	132	—	24	—	—	—	11	660	4
	Kalk bei Köln	4	—	—	1.250	320	2,5	300	—	21	—	—	—	24	1.440	$7^1/_2$
	o podstawie ruchomej	5	—	—	1.600	400	4,0	475	—	18	—	—	—	38,5	2.300	10
	podług rys. 152	6	—	—	1.800	400	5,0	600	—	16	—	—	—	48	2.880	12
Rozdrabianie mokre	Młyny chilijskie **Ewans Waddel** podług rys. 156, 157		1.839	3	1.490	200	2	360	815	37	6,25	0,75	8	100		8—10
					rudy miedziane kwarc.						5	2	2,5	160	—	
					rudy twarde z jez. Ontario						15	0,84	18	50		
	Młyny na rosyjskich kop. złota: **Bierozowskij Zawod** (Ural, Jekatierinburg)		2.540	2	1.980	350	4,8	600	1.090	11	50	1	50	18,2	1.000	10
			—	3	1.620	305	3,2	600	1.090	16	—	—	—	27	1.500	15
	Kopalnie **„Daubaj"** (Siemipałatińska Obłast (podług rys. 158)		—	2	1.320	254	1,7	220	1.127	12	—	—	—	14	800	8
	Trojckij Rudnik (kopalnia), Koczkar, na Uralu, podług rys. 159, 160		—	2	1.830	305	3,92	490	1.300	12	—	—	—	36	2.000	17
	Młyn **Lane** (Kalifornja) podług rys. 161		3.180	6	1.050	125	1,7	660	1.525	6—8	25	0,5	50	45—54	2.750	12
					Obciążenie dodatkowe *P* —			420								
							Razem	1.080								

[1]) Pud = 16,381 kg.

tutaj są oparte na zasadach, stowanych w rozmaitych krajach przez tubylców, którzy zwykle rozpoczynają eksploatować żyły u ich wychodni. Nie bez słuszności młyny chilijskie są uważane na Uralu za wynalazek czysto rosyjski, chociaż przyrządy, działające na tej zasadzie, są znane na całym świecie, pod nazwą młynów chilijskich. Pierwsze odkrycia wychodni żył złotodajnych na Uralu południowym były zrobione na traktach handlowych, gdzie zwietrzałe wychodnie żył były mielone kołami ciężkich wozów i oswobodzone w ten sposób złoto, zwra-

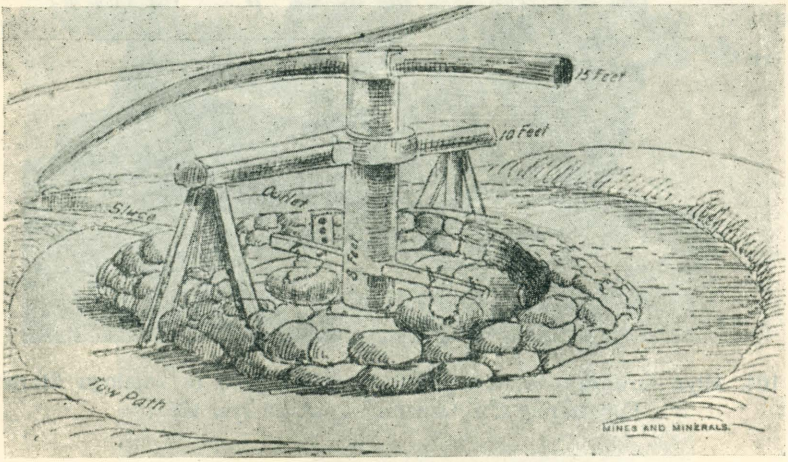


Rys. 161. Młyn sześciowalcowy Lane. Oznaczenia jak na poprzednich rys.

cało uwagę przejeżdżających. Następnie, zaczęto umyślnie zwozić rudy na drogi karawanowe, w celu ich zmielenia. Następnym krokiem w ewolucji mielenia rud złota były specjalne drogi bite, na które składano rudy, a ciężkie wozy, ciągnione końmi mełły ją. Na Uralu pozostały resztki dróg podobnych. Dalszym etapem było ustawienie osi poziomej o paru kamieniach młyńskich, zamiast kół, na wale pionowym. Środkowy wał drewniany, umocowany na stojaku, dźwigał krzyżulec, na którym były osadzone, jak na osiach, koła wyciosane z granitu; do wystających końców krzyżulca zaprzęgano konie. W taki sposób powstał typ młynów chilijskich. W innych krajach nie odrazu doszli do kół kamiennych. Prymitywniejszym typem młyna jest, tak zwana arastra (apacтpa) (rys. 162), różniąca się od poprzednio opisanego tem, że u poziomego drąga, umocowanego na pionowym wale, są zawieszone na łańcuchach ciężkie bryły skały, ciągnione podczas ruchu po rozesłanej rudzie. W Meksyku jeszcze i obecnie arastry są w użyciu na prymitywnych kopalniach (rys. 163). Arastry winny być uważane za prototyp obecnych młynów tarczowych, działających wyłącznie zapomocą rozcierania.

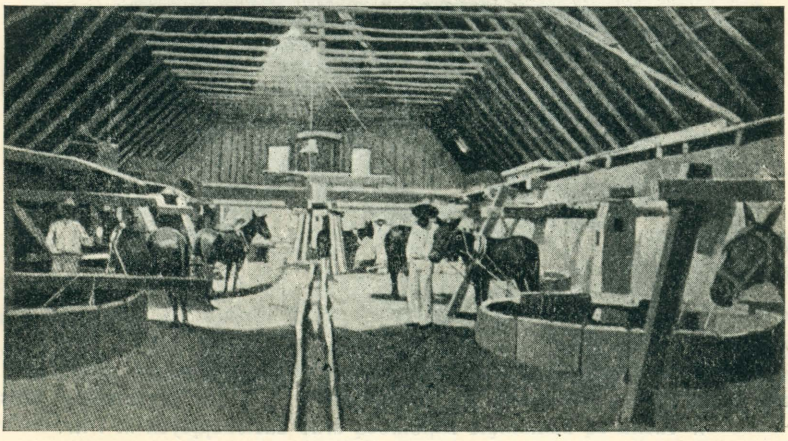
4. Rozcieranie.

Zasada wyłącznie rozcierania ma zastosowanie przy mieleniu drobnem produktów uprzedniego miałkiego rozdrobienia, czyli materjału w ziarnach od 1—2 mm, na mąkę 0,25—0,1 mm;



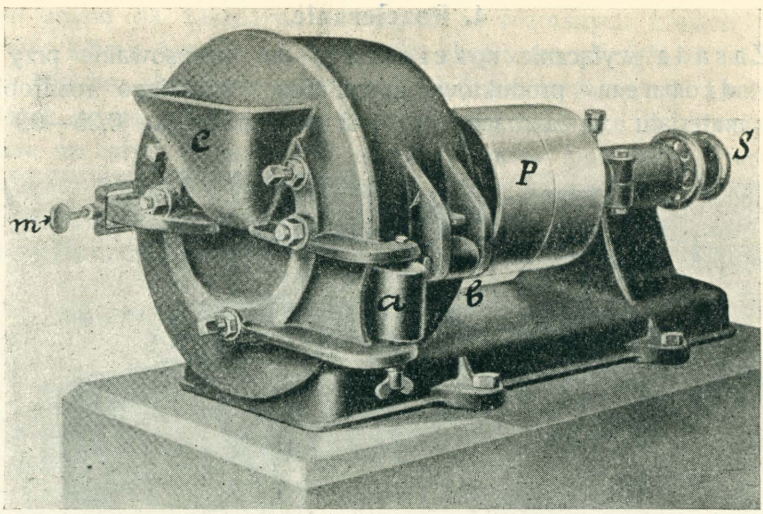
Rys. 162. Arastra.

skala rozdrabiania wynosi 4—20. Mielenie odbywa się pomiędzy dwiema trącemi się tarczami, z których jedna jest nieruchoma, a druga szybko się obraca do koła środkowej osi. Rozcieranie wymaga

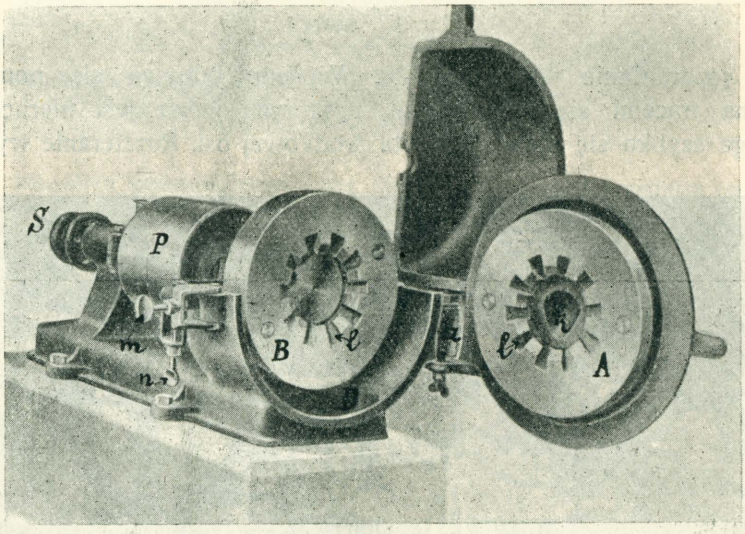


Rys. 163. Mielenie rud złota w arastrach w Meksyku.

bardzo znacznego zużycia energji, ponieważ oprócz pracy mielenia, energja zużywa się na pokonanie oporu tarcia. Z tego powodu, zastosowanie zasady wyłącznego rozcierania, do mielenia skał twardych, ogranicza się wogóle do przeróbki nieznacznych ilości, a w szczególności bardzo drobno-wpryśniętych rud złota i srebra. Przeważnie, zaś, rozcieranie ma



Rys. 164. Młyn tarczowy Sturtevanta do mielenia prób (z katalogu Sturtevant Engineering C°). Oznaczenia jak na rys. 165.



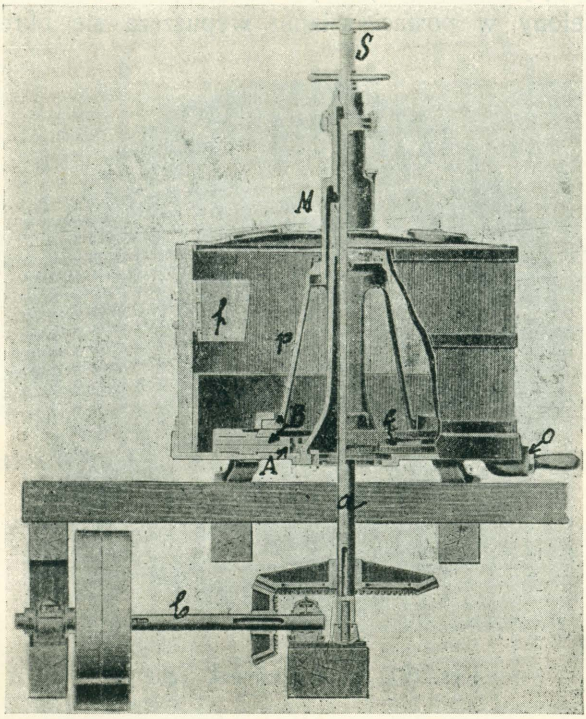
Rys. 165. Młyn tarczowy Sturtevanta. Ściana przednia komory roboczej i walcowata pokrywa są otwierane na zawiasach *a* i *b* dla czyszczenia maszyny. W ruchu są zamknięte zapomocą śrub zaciskających *m* i *n*.

zastosowanie do skał miększych, o twardości zwykłych wapieni, do produktów chemicznych, szczególnie zaś do płodów rolniczych, zboża i t. p. Przyrządy działające na tej zasadzie, w technice przeróbki rud, podług kształtu części roboczych, noszą nazwę kruszarek tarczowych (Grinders. Дисковые истиратели) Przyrządy służące do rozcierania miększych materjałów (do operacji głównej rozdrabiania) noszą nazwę

młynów lub żaren (kamieni młyńskich). Zależnie od położenia płaszczyzny tarcz, rozróżniają przyrządy poziome i pionowe.

A. Młyny tarczowe do skał twardych.

1. Młyn tarczowy Sturtevant'a do mielenia prób w laboratorjach i na fabrykach (Sample Grinder rys. 164 i 165) jest kruszarką pionową. Nieruchoma tarcza stalowa *A* jest umocowana u przed-



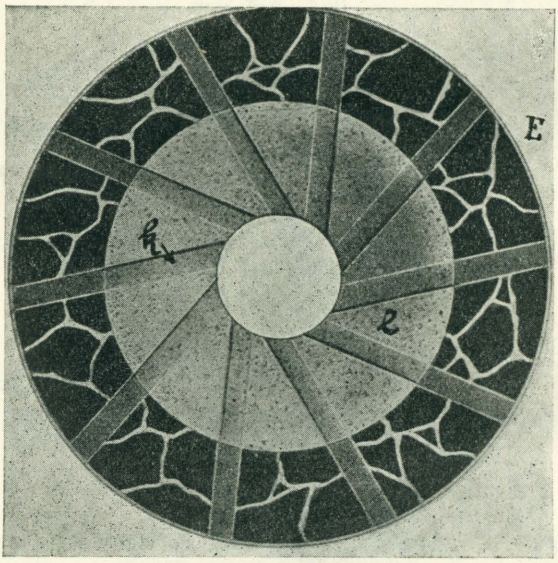
Rys. 166. Rozcierająca panew — amalgamator (z katalogu Humboldt).

niej ściany komory roboczej. Obracająca się tarcza *B* jest osadzona na poziomym wale o dwóch kołach pasowych (luźnem i napędowem). Śruba *S* reguluje nacisk tarcz. Materjał grubości do 2 mm wsypany przez lej *C*, trafia przez kanał *k* do komory środkowej pomiędzy tarczami, a siła odśrodkowa rozrzuca go po rowkach *l* w kierunku ku obwodowi. Materjał zmielony wychodzi przez otwór dolny do zbiornika pod przyrządem. Tarcza robi 800 obrotów na minutę. Zużycie energji — 3 KM. Średnica tarczy 200 mm. Mielenie suche.

2. Panew rozcierająca (Grinding pan. Истирательный чан, rys. 166) jest kruszarką poziomą, bardzo rozpowszechnioną przy przeróbce rud i używaną do mielenia mokrego.

Nieruchoma tarcza *A* jest umocowana na płaskiem dnie cylindrycznej panwi. Obracająca się tarcza *B* jest osadzona, zapomocą konstrukcji *p* —

M na wale pionowym *a*, który otrzymuje ruch od poziomego wału *b*. Śruba *S* reguluje nacisk tarcz. Tarcze są zaopatrzone w ukośne krzyżujące się rowki *k*, powodujące odśrodkowy ruch szlamu. Woda z zawieszonemi w niej cząstkami miałkiemi (męty), wskutek obrotów tarczy ruchomej, otrzymuje na powierzchni kształt leja. Męty napotykają spiralne przegrody *f* w górnej części przyrządu, kierują się ku środkowi znowu trafiają pod tarczę *B*, dzięki wciągającemu działaniu rowków *k*. Produkt zmielony w postaci szlamu wypuszcza się okresowo przez

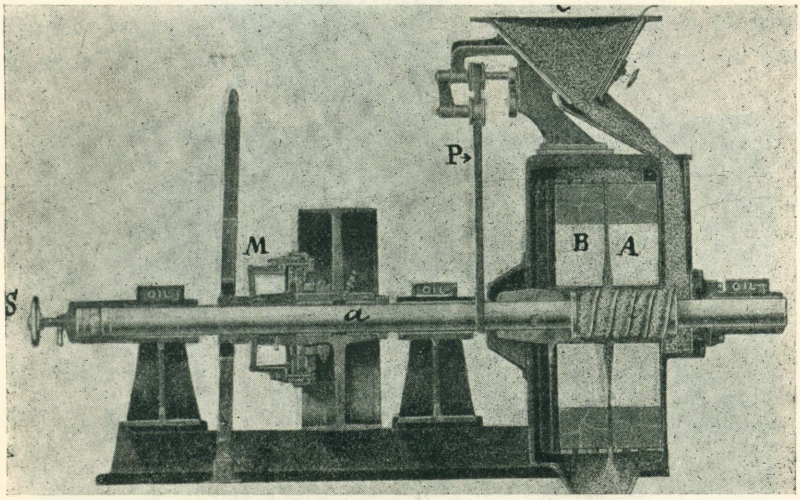


Rys. 167. Kamień młyński Emery.

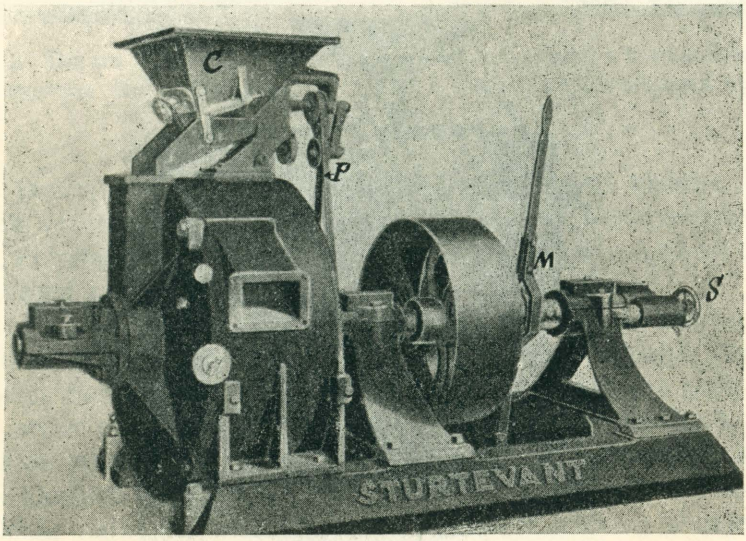
otwór *O*, zamykany korkiem. Średnica wewnętrzna panwi 1525, wysokość — 1000, ilość obrotów — 60, zużycie energji 4 KM. Panew rozcierająca stosowana jest w przemyśle złotym dla jednoczesnej amalgamacji niezmielonych resztek, pozostających zwykle w młynach chilijskich i innych przyrządach rozdrabiających o takim samym, jak w pierwszych, sposobie wyładowania, np., młynach Huntington'a, Griffin'a, tłuczkach i t. p. — lub też, resztek, gromadzących się w kanałach, odprowadzających materjał mielony z młynów chilijskich lub tłuczek na zwały. Mielenie tych resztek odbywa się w obecności rtęci, rozpuszczającej znajdujące się złoto. W panwiach, więc, jest przerabiana bardzo nieznaczna część materjału przerabianego w zakładach. Szersze zastosowanie mają panwie rozcierające przy algamacji rud srebra; wówczas, cała ilość materjału jest w nich mielona. Panwie, więc, mają przeznaczenie dwojakie: mielenie i amalgamację; konstrukcja ich jest w znacznej mierze uzależniona od warunków ostatniego procesu. Wskutek tego,

są one więcej znane pod nazwą amalgamatorów, niż przyrządów do rozdrabiania.

B. Żarna — kamienie młyńskie — do skał miękkich (Grist-, Buhrstone-, Emery-mills; Жернова для мягких пород). Kamienie



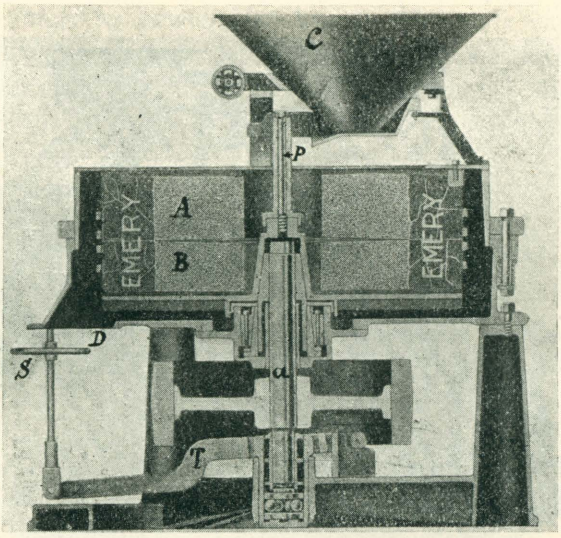
Rys. 168. Młyn pionowy Sturtevanta (przekrój) *M* — sprzęgło cierne.



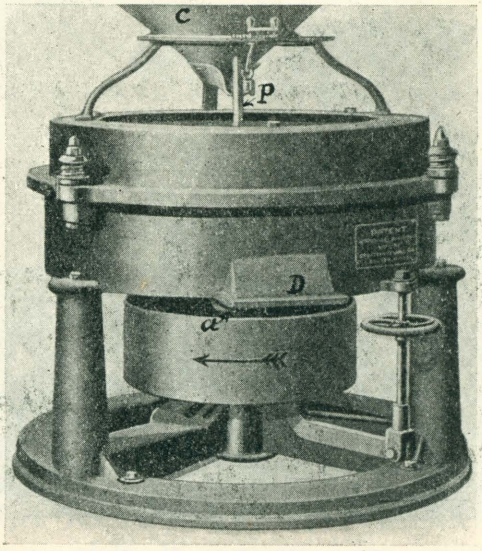
Rys. 169. Młyn pionowy Sturtevanta. *P* — napęd samoczynny do podawacza.

wyrabiają się z bardzo twardej kwarcytowej skały. Mało stosunkowo istnieje złóż skał, zdatnych do tego celu. Bardzo znane są złoża La Ferté sous Jouarres we Francji (Dep. Sekwany i Marny), Redlich, Ohrenstein & Spitzer w Neustadt na Węgrzech. Firma Sturtevant w Anglji

korzysta z kwarcytu z Azji Mniejszej i wysp Archipelagu Greckiego, znanego pod nazwą Emery. Zwykle zewnętrzna tylko część kamieni *E*, jako wykonywająca większą pracę, składa się z kawałków twardego



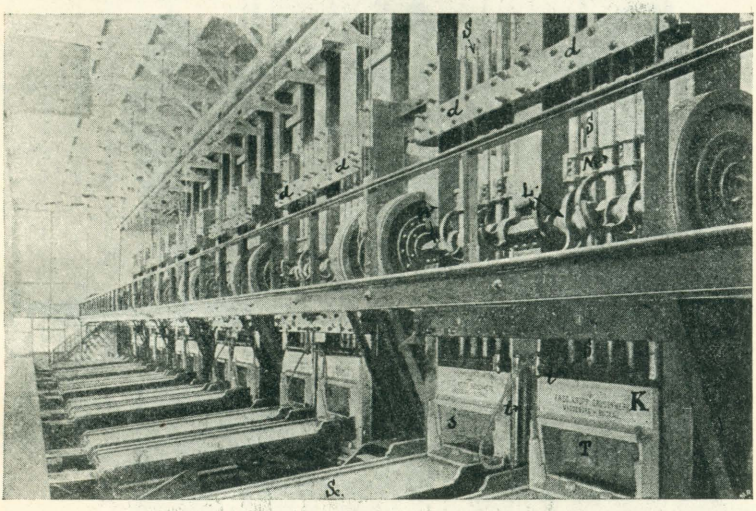
Rys. 170. Młyn poziomy Sturtevanta. Przekrój (rys. 168—171 z katalogu Sturtevant E. C°).



Rys. 171. Młyn poziomy Sturtevanta. *D* — odpływ.

kwarcytu, spojonych metalowym stopem (rys. 167). Część środkową robi się z materjału mniej twardego. Na powierzchni kamieni wycinają ukośne rowki *k* głębokości około 10 mm, szerokości 25 mm; głębo-

kość rowków zmniejsza się w kierunku obwodu i na obwodzie dochodzi do zera. Rowki przesuwają materjał od środka ku obwodowi, przy pewnym kierunku obrotów kamienia, a brzegi ich krają materjał. Temu działaniu krającemu pomaga złożenie zewnętrznej części kamienia z oddzielonych kawałków, a nie z jednej sztuki kwarcytu: łatwo topliwy stop metalowy pod działaniem tarcia i nagrzewania zużywa się prędzej, niż kwarcyt i ten ostatni kraje ostremi brzegami. Mielenie na kamie-



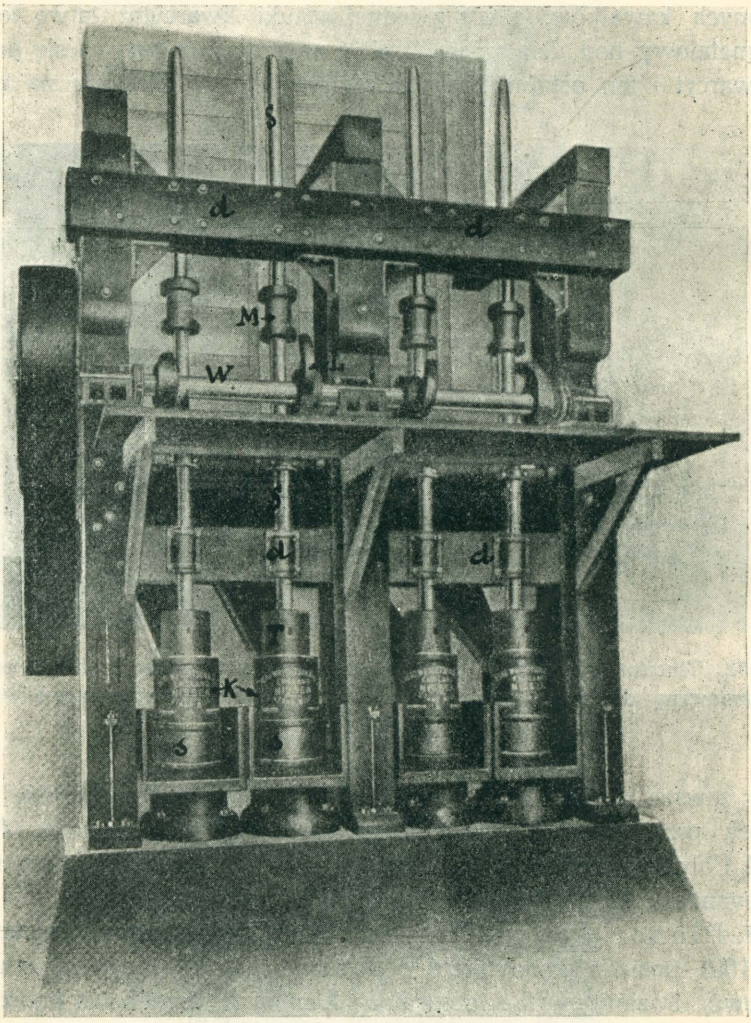
Rys. 172. Tłuczka dla otrzymywania złota. Żłoby wykładane blachą miedzianą, amalgamowaną dla ujęcia złota ze szlamu. *t* — rura doprowadzająca wodę do moździerza.

niach zawsze suche. Istnieje wiele typów młyńskich kamieni, budowanych przez różne firmy w Ameryce, Anglji i Niemczech (Amme, Nagel, Polysius, Ewans, Sturtevant etc.). Orjentacyjnie wskażemy młyny Sturtevant'a z kamieniami poziomemi i pionowemi.

1. Pionowy młyn Sturtevanta (Вертикальная мельница rys. 168, 169) posiada konstrukcję, podobną do wyżej opisanej kruszarki tarczowej. Poziomy wał *a*, obracający kamień *B*, przechodzi przez środkowy otwór nieruchomego kamienia *A*, niosąc rodzaj ślimaka *b*, podającego do mielenia materjał, wsypywany do leja *C*. Śruba *S* reguluje nacisk kamieni. Średnica kamienia 610—1064. Ilość obrotów 700—350; wydajność największej kruszarki 5—15 ton na godzinę, w zależności od twardości materjału i skali rozdrabiania. Zużycie energji 12—80 K.M.

2. Poziomy młyn Sturtevanta (Горизонтальная мельница rys. 170. 171). Różni się od wyżej opisanej panwi rozcierającej nieruchomym górnym kamieniem *A*, przymocowanym do pokrywy komory roboczej. Pionowy wał *a* obraca kamień dolny *B*. Śruba *S* i drąg *T* regulują przyciskanie kamienia dolnego do górnego. Średnica kamienia

D 1084. Ilość obrotów 300. Wydajność 1—3 ton na godzinę. Zużycie energji — 18 K. M. Pionowe młyny są uważane za wygodniejsze od poziomych.



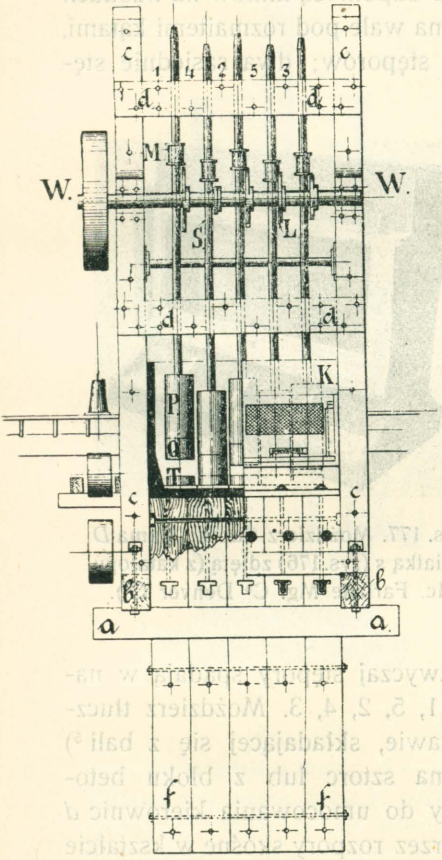
Rys. 173. Tłuczka jednostęporowa Nissen'a na fundamencie betonowym (z katalogu Hed-Wrighton Stockton-on-Tees, England).

5. Rozdrabianie przez uderzanie czyli tłuczenie.

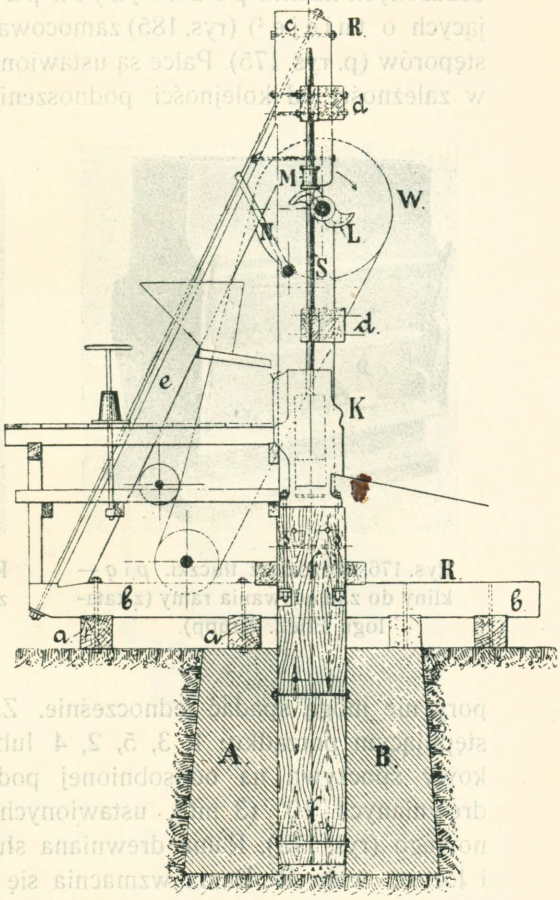
(Stamping. Zerstampfen. Bocardage.
Раздавливание путем удара или толчением).

Ma zastosowanie do drobnego i częściowo miałkiego rozdrabiania rud twardych w kawałkach nie większych 50 mm do grubości 5—10 mm, przy skali rozdrabiania 10—50 i jest wykonywane w tłuczkach.

Tłuczki (Stępy. Stamps, gravity stamps; Pochwerke (mit Fallgewichtsstempel); les pilons, bocards, moulins californiens Толчеи; rys. 172—175). Rozdrabianie odbywa się w moździerzu[1]) *K* (rys. 176



Rys. 174*.



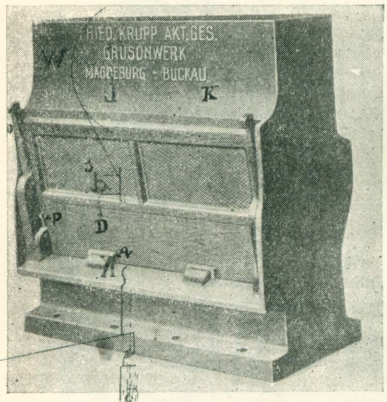
Rys. 175*.

Tłuczka typu kalifornijskiego. *K* — moździerz. *R* — rama. *W* — napęd. *P* — stępor (główka). *Q* — but. *T* — kowadło (spód). *L* — palce na wale tłuczki. *S* — trzon. *M* — tuleja, umocowana zapomocą klina na trzonie. *d* — łożyska kierownicze.

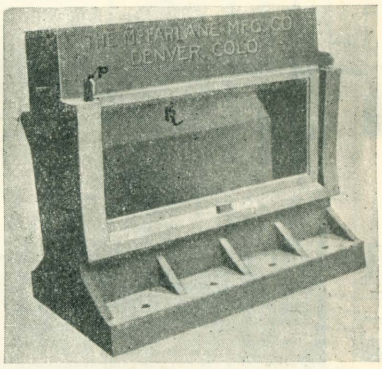
i 177) pomiędzy kowadłem[2]) *Q* (rys. 178—180) i luźno spadającym stęporem[3]), składającym się z buta *P*[4]) (rys. 178, 179 i 181), części roboczej, główki[5]) *T* (rys. 182), nadającej stęporom określoną wagę i trzona[6]), *S* (rys. 172, 173), poruszającego się w dwóch kierownicach *d*. W jed-

[1]) Mortar. Pochtrod. Mortier. Толчейное корыто.
[2]) Die Pochsohle. De. Стул.
[3]) Stamp. Stempel. (Flèche), pilon. Пест.
[4]) Shoe. Pochschuh. Sabot. Башмак.
[5]) Boss (stamp head). Beschwerer. Tête. Головка.
[6]) Stem. Stempelschaft. Flèche. Стержень.

nym moździerzu mieści się 5 stęporów, tworzących zespół stęporów [1]) (rys. 172). W tłuczkach Nissena każdy stępor ma osobny moździerz (rys. 173). Stępory są podnoszone przez wał W [2]) zapomocą osadzonych na nim podwójnych palców [3]) (rys, 183, 184), zaczepiających o tuleje [4]) (rys. 185) zamocowane zapomocą klinów na trzonach stęporów (p. rys. 175). Palce są ustawione na wale pod rozmaitemi kątami, w zależności od kolejności podnoszenia stęporów; dwa sąsiednie stę-



Rys. 176. Moździerz tłuczki. p i q — kliny do zamocowania ramy (z katalogu Fried. Krupp).



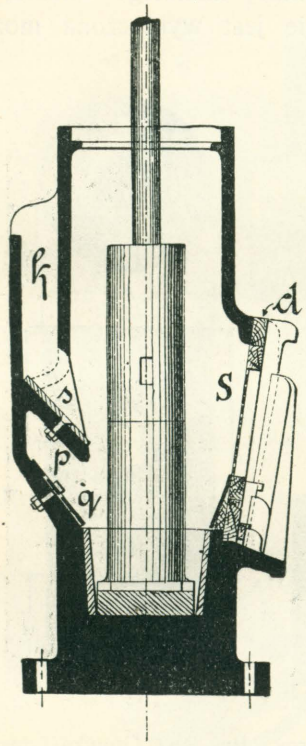
Rys. 177. Moździerz tłuczki. Rama D z siatką s (rys. 176) zdjętą (z katalogu Mc. Farlane Mg. C° Denver C°).

pory nie mogą spadać jednocześnie. Zazwyczaj stępory spadają w następującym porządku: 1, 3, 5, 2, 4 lub 1, 5, 2, 4, 3. Moździerz tłuczkowy spoczywa na odosobnionej podstawie, składającej się z bali [5]) drewnianych 10′ (3 mt.), ustawionych na sztorc lub z bloku betonowego (rys. 173). Rama drewniana służy do umocowania kierownic d i łożysk wału W. Rama wzmacnia się przez rozpory skośne w kształcie litery A lub E (rys. 173) ze skrzynią, mieszczącą zapasy rudy. Materjał ładują do moździerza z tyłu, zazwyczaj, zapomocą podawacza samoczynnego. Przez kanał k (rys. 177) pada on bezpośrednio pod stępory. Wyładowanie zmielonego materjału przy mieleniu suchem odbywa się w drodze wyciskania go stęporami przez siatkę (Screen Sieb. La grille, Tamis), zamykającą otwór w moździerzu od strony przedniej (rys. 176). Częściej tłuką na mokro, dodając wody, przyczem falowanie wody w moździerzu unosi zmielony produkt przez siatkę.

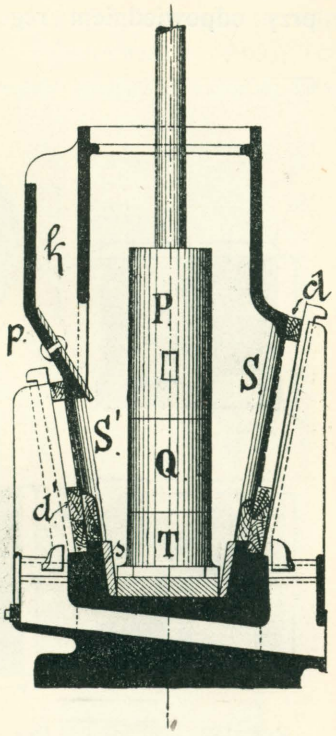
Skalę rozdrabiania regulują jak w młynach chilijskich, zapomocą

[1]) Stamp Battery. Pochsatz. Batterie de moulins, de bocards. Толчейный стан.
[2]) Camshaft. Daumenwelle. Arbre à came. Кулачный вал.
[3]) Cam. Hebedaum. Came. Кулак.
[4]) Tappet. Hebling. Taquet. Муфта.
[5]) Mortarblock. Block de charpente. Брусья.

zmiany ilości wody, wysokości progu (height of discharge) i gęstości siatki. Wobec znacznego stopnia zmielenia, osiąganego w tłuczkach, przyrządy te używają się wyłącznie do mielenia rud drobnowpryśniętych



Rys. 178*.



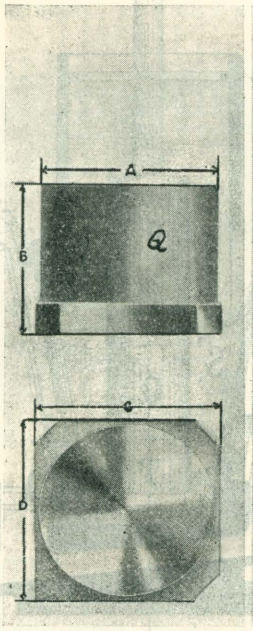
Rys. 179*.

Rys. 178. Moździerz tłuczki. *S* — sito ochronne. *K* — kanał i *p* — płyta, skierowująca materjał pod stępor; płyta *p*, pozatem ochrania amalgamowane arkusze miedziane *q* (dla złota). Wyładowanie przez sita *S* zapomocą wody przy mokrem lub wyciskania stęporem przy suchem tłuczeniu. *d* — rama drewniana w której umocowują sito *S*. *P* — główka. *Q* — but. *T* — kowadło.

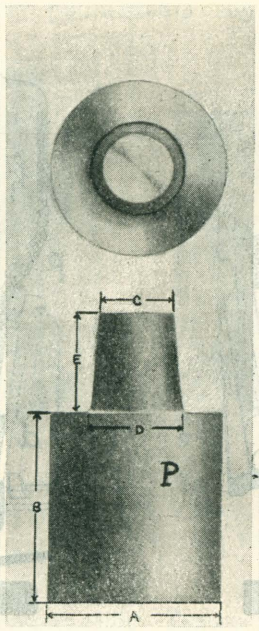
Rys. 179. Moździerz tłuczki. Oznaczenia jak na rys. 178. Dolny brzeg otworu tworzy próg *d*. Otwór odpływowy z obu stron moździerza *S* i *S'*.

w twarde skały. Np., rudy cynowo-wolframowe w Kornwallis niekiedy rozdrabiają w ostatniem stadjum zapomocą tłuczek. Drobnowpryśnięte cynkowo-ołowiane rudy złoża Tetiuché, w Primorskoj Obłasti, po wzbogacaniu w maszynach osadzających rozdrabiają, również, zapomocą tłuczek. Główne, jednak, zastosowanie znajdują w przeróbce rud złota. Prawie we wszystkich krajach, prócz Rosji, w Kalifornji, Kolorado, na Alasce w Australji i na kopalniach światowej sławy Transwaalu w Afryce, miałkie rozdrabianie rodzimych rud złota odbywa się w tłuczkach. Tłuczki są często olbrzymiemi budowlami, zawierającemi do 1000 i więcej stęporów (rys. 172), ustawionych w jeden szereg.

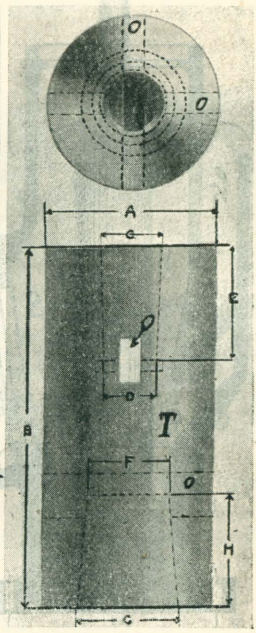
W Rosji, przeważnie, używają młynów chilijskich i znajdują, że młyny przy większym stopniu zmielenia odznaczają się większą wydajnością. W samej rzeczy, tłuczki, w myśl zasady działania, działają w mniejszym stopniu przez rozcieranie i dają mniej miałkiego szlamu, chociaż przy odpowiedniem regulowaniu nie jest wykluczona możność



Rys. 180. Kowadło.



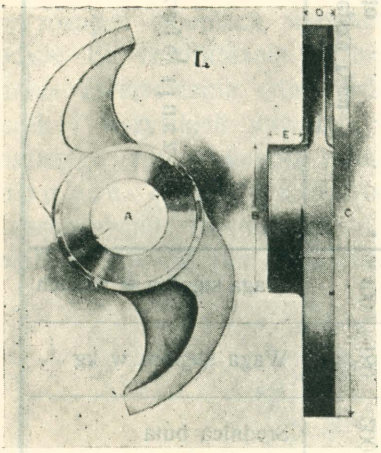
Rys. 181. Części robocze tłuczki. *P* — but.



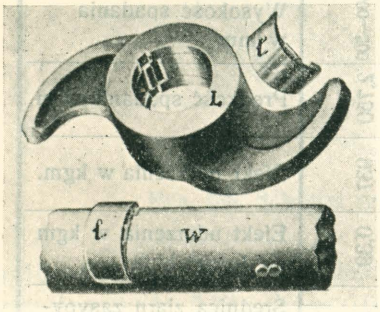
Rys. 182. Główka (ciężarnica). *o* — otwory do wbijania klinów w celu odjęcia główki od trzona i buta.

miałkiego mielenia w tłuczkach, co jednak znacznie obniża wydajność. Nie mniej jednak najnowsza technika przeróbki rud złota rzadko się ogranicza do jednego stadjum. Cały przebieg, zazwyczaj, dzieli się przynajmniej na 2 stadja, w których złoto otrzymują kolejno przy pomocy amalgamacji i cyjanizacji, co znacznie zwiększa odsetek otrzymywanego złota. Wówczas pierwsze stadjum nie wymaga wcale miałkiego rozdrobienia, gdyż nawet ogranicza się do grubości 7 mm (w Transwaalu), a zwykle do 3—2 mm. Tłuczki są odpowiedniejsze do otrzymywania podobnie grubego żwiru, aniżeli młyny, które, dzięki właściwemu im rozcieraniu, nie są w stanie dać produkt o ziarnie grubym. W Ameryce w ostatnich czasach na niektórych sortowniach młyny, typu Ewans Waddel, lub Lane, są uzupełnieniem tłuczek w drugiem stadjum przeróbki i są używane do miałkiego mielenia szlamu (mętów) z tłuczek, zgodnie z schematem rys. 106, str. 127.

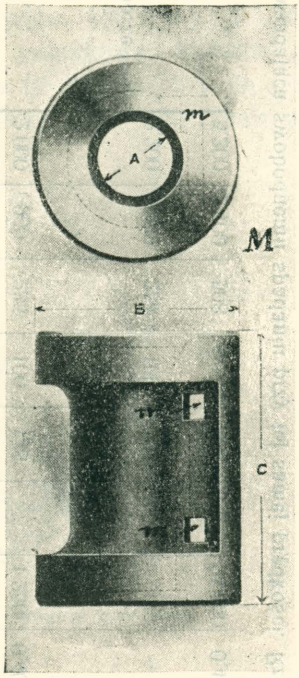
Oprócz tłuczek zwykłych ze stęporami wolnospadającemi, istnieją tłuczki z zastosowaniem siły mechanicznej do zwiększenia prędkości spadania stęporów. Takiemi są: tłuczka sprężynowa (Rapid economic stamps; Пружинная) pneumatyczna (Phoenik pneumatic stamps; Пневматическая) hydrauliczna (Denny hydraulic stamps; Гидравлическая) i parowa (Steam stamps: Nordenberg, Leavitt i t. d.; Паровая) Ostatnie mają szerokie zastosowanie do tłuczenia rud miedzi rodzimej na Jeziorze Górnem w Ameryce Północnej, zastępując średnie rozdrabiania w walcach. Materjał, uprzednio rozdrobiony w kruszarkach Blake do 90 mm, tłuczki rozdrabiają do grubości 5 mm. Walce do tych rud są mniej odpowiednie, ponieważ rozwalcowują ziarna rodzimej miedzi i znaczna jej część wychodzi w postaci płytek, nienadających się do dalszych czynności przeróbki. Tłuczki parowe przypominają swą konstrukcją młoty parowe i odznaczają się znaczną wydajnością. Skala rozdrabiania 7,5—20. Załączona tablica zawiera dane cyfrowe, charakteryzujące konstrukcję i wyniki działania tłuczek rozmaitych rodzajów (str. 182).



Rys. 183. Palce na wale tłuczki.



Rys. 184. Umocowanie palca zapomocą klina *l* na wale *W*.



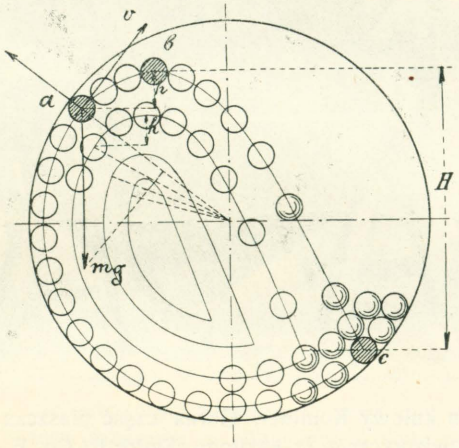
Rys. 185. Tuleja (żabka). *m* i *n* otwory do klinów (gib), przymocujących tuleję na trzonie.

Rodzaje tłuczek	Waga stępora w funtach	Waga stępora w kg	Średnica buta	Ilość uderzeń na minutę	Wysokość spadania w mm	Prędkość spadania w m	Efekt uderzenia w kgm.	Efekt uderzenia w kgm na 1 cm^2 buta	Średnica ziarn zasypywanych w mm	Średnica ziarn zmielonych w mm	Skala rozdrabiania	Wydajność 1 stępy w tonach na 24 godz.	Wydajność zespołu w ton. na 24 godzin	Zużycie energji na 1 stępor w K. M.	Wydajność na 1 K. M. ton/24 godz.
Tłuczki lżejsze typu **Colorado**	400	180	200	26—32	400—500	2,750	937	0,39	50	0,75	65	1,14	5,75	0,9	1,4
Tłuczki **kalifornijskie**	1.500	675	225	80—110	125—225	1.830	489	0,13	50	1	50	4,5	22,5	2	1,79
Tłuczki ciężkie, typu **afrykańskiego**	2.000	900	235	100	188	"	1.250	0,40	50	7	7	15	75	2,73	4,30
									50	2	25	10	50	"	2,80
									50	0,5	100	6	30	"	1,72
Tłuczka o jednym stęporze **Nissen**	2.200	1 000	254	100	188	"	~	~	50	0,5	100	8—9,5	45	2,87	2,76
Tłuczka parowa **Leavitt**	5.300	2 400	508	90—100	1.880[1])	6.100	24.600	0,40	90	4,75	20	260—300	—	180—150	1,745

[1]) Wysokość, odpowiadająca swobodnemu spadaniu przy tej samej prędkości. Rzeczywisty skok tłoka 610.

6. Rozdrabianie przez nacisk połączony z uderzeniem i rozcieraniem.

Rozdrabianie przez jednoczesny nacisk, uderzenia i rozcierania, przy różnych stopniach współdziałania tych trzech zasad, ma zastosowanie do rozdrabiania drobnego i miałkiego najtwardszych rud. Granica zastosowania odnośnych przyrządów odpowiada zastosowaniu tłuczek i wszystkich powyżej opisanych młynów. Takie rozdrabianie mieszanego typu wykonują zapomocą młynów kulowych i młynów rurowych. Zasada ich działania jest jednakowa. Różnica polega na zastosowaniu pierwszych do mielenia grubszego, t. j. do mielenia kawałków 50—25 mm w ziarna do grubości 2—1 mm (skala zmiele-



Rys. 186. Schemat ruchu kul w młynie rurowym.

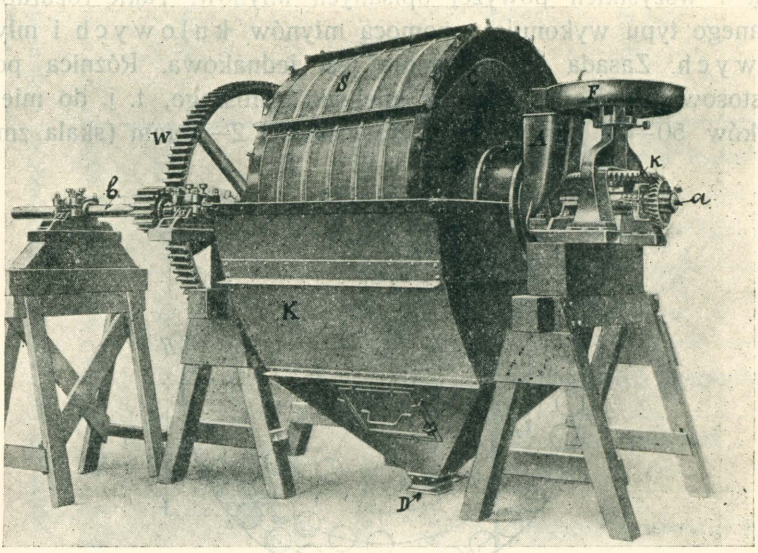
nia 10—50), i drugich do mielenia piasku (ziarn 2—1 mm) na drobniutki ił, grubości 0,25 i nawet 0,05 mm; skala rozdrabiania wynosi 5—50.

Rozdrabianie odbywa się wewnątrz bębnów, obracających się na poziomej osi, napełnionych kulami rozmaitej wielkości (125—25 mm) z bardzo twardego metalu lub krzemionkowej skały (otoczaki). Materjał postępuje do komory roboczej przez otwór środkowy w dnie bębna (np., przez otwór w panewce). Przy obrotach kule się przetaczają, naciskają się nawzajem, i miażdżą trafiającą pomiędzy nie rudę, częściowo, zaś, ześlizgują się i rozcierają rudę; wreszcie przy pewnej prędkości obrotów, pod działaniem siły tarcia i siły odśrodkowej, wznoszą się na pewną wysokość po ścianie wewnętrznej młyna i oddzielają się od niej, jednak, pod wpływem bezwładności, poruszają się dalej, zakreślając w przestrzeni drogę paraboliczną. Lecąc w górę do najwyższego punktu paraboli, kule stopniowo zwalniają swój bieg, zderzają się jedna z drugą i miażdżą rudę, spadając, zaś, z prędkością stopniowo wzrastającą, kule oddalają się jedna od drugiej i, dosięgając

powierzchni młyna, u d e r z a j ą, jak stępory tłuczki. Ruch kul wyobraża schematycznie rys. 186.

Wskutek znacznej ilości kul w młynie, ruchy te powtarzają się bardzo szybko we wszystkich punktach, wynikiem czego jest nader intensywne mielenie twardych skał.

Podrzucanie kul zależy od prędkości na obwodzie bębna, regulując, więc, prędkość obrotów można osiągnąć działanie, zapomocą ude-



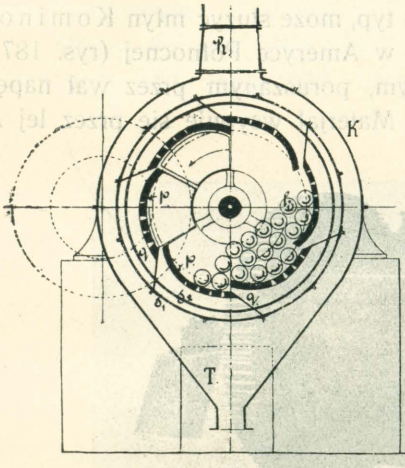
Rys. 187. Młyn kulowy Kominor. Górna część płaszcza zdjęta. Młyn ustawiony prowizorycznie (z katalogu Smith E. Co. E. W.) dla mielenia na sucho.

rzenia w mniejszym lub większym stopniu. Młyny obracające się wolno, o małej średnicy, działają zapomocą nacisku i rozcierania. Szybko, zaś, obracające się młyny, o dużej średnicy, działają przeważnie, zapomocą uderzenia.

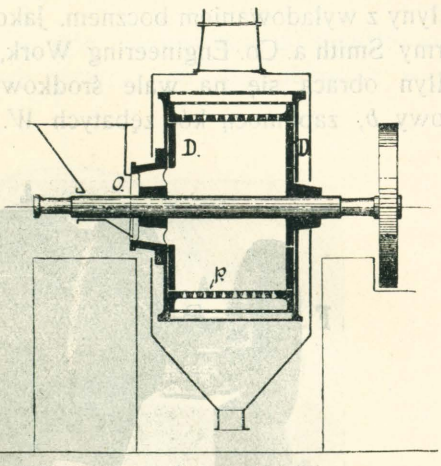
Mielenie może być suche i mokre. Przy suchem mieleniu wyładowanie materjału odbywa się przez dziurkowaną powierzchnię bębna, otoczonego z zewnątrz siatką, odgrywającą rolę sortowania poprawczego. Sortyment wyższy postępuje, zapomocą specjalnych przyrządów, z powrotem do młyna.

Przy mieleniu mokrem wyładowanie może się odbywać tym samym sposobem lub przez przednie dno bębna, w którym dziurki są ześrodkowane w pasie pierścieniowym lub też przez otwór środkowy w czopie czołowym. Jeśli wyładowanie odbywa się przez środkowy otwór, to średnica tego otworu musi być większą cokolwiek od średnicy otworu wpustowego, ażeby powstało przesuwanie się podłużne szlamu wewnątrz młyna. Różnica poziomów wpustu i wypustu nie jest niezbędnym wa-

runkiem ruchu tego materjału. Materjał, wchodzący do młyna pod działaniem miażdżącym kul, jest przez nie wyciskany we wszystkich kierunkach i, naturalnie, ma dążenie zapełnić przestrzeń pustą pomiędzy kulami, t. j. posuwa się naprzód. Kierunek ruchu — szlamu, powstały przy zapełnieniu młyna, trwa, niezależnie od różnicy poziomów wchodzącego i wychodzącego strumienia (potoku), nawet przy położeniu poziomem młyna.



Rys. 188**.



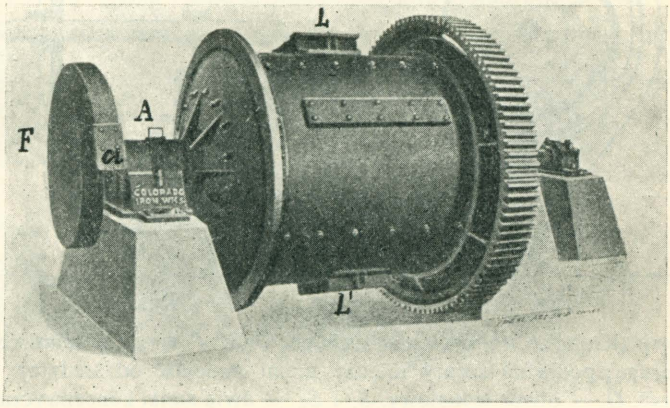
Rys. 189**.

Młyn kulowy (Krupp'a) do mielenia suchego. Płyty P wygięte spiralnie zachodzą jedna na drugą; podłużne szpary między niemi mniejsze od średnicy kul. D — boczne tarcze. O — otwór wpustowy. S_1 i S_2 — dwie siatki koncentryczne. q — łopatki kierujące ziarna niedostatecznie zmielone do wewnątrz młyna. K — płaszcz. T — odpływ. R — rura połączona z oddzielaniem pyłu (ekshaustorem).

Skala rozdrabiania zależy głównie od okresu pozostawania materjału w młynie. To też krótkie młyny odznaczają się mniejszą skalą rozdrobienia, niż długie. Mielenie miałkie może wymagać mniejszego stopnia zmielenia, niż mielenie drobne. Jednak prędkość mielenia jest w stosunku odwrotnym do absolutnego stopnia zmielenia (rozluzowania) i dlatego drobne mielenie grubszych kawałków wymaga krótszych młynów, aniżeli miałkie mielenie piasku, wymagające młynów długich. Lecz grube kawałki rudy wymagają większych kul, a te ostatnie większej średnicy młyna. Wskutek tego, młyny do drobnego mielenia grubszych materjałów odznaczają się niewielką długością, dużą średnicą i mają kule duże, zazwyczaj metalowe (z surowca lub stali) i stalowy pancerz wewnętrzny. Podobne młyny noszą nazwę młynów kulowych. (Ball mills. Kugelmühle. Moulins à boulets. (Шаровые мельницы) Do mielenia miałkiego używają młynów o mniejszej stosunkowo średnicy, lecz znacznej długości; — kule są mniejsze z otoczaków krzemionkowych (Pebbles; Flintsteine; Galets. Кремнистая галька). Wewnątrz młyny są wyłożone również otoczakami. Młyny te noszą nazwę otoczakowych

(Pebble mills; Галечныя мельницы) lub z powodu wydłużonego kształtu, w postaci rury, kształtu młynów rurowych (Tube-mills; Rohrmühle; les tube-mills; Трубныя мельницы).

1. Młyny kulowe różnych firm (rys. 187—191) różnią się, przedewszystkiem, sposobami wyładowania: 1) przez powierzchnię boczną, 2) przez dno, 3) przez otwór środkowy, oraz szczegółami konstrukcyjnymi urządzeń wypustowych. Najwięcej są rozpowszechnione młyny z wyładowaniem bocznem. Jako typ, może służyć młyn Kominor firmy Smith a. Co. Engineering Work, w Ameryce Północnej (rys. 187). Młyn obraca się na wale środkowym, poruszanym przez wał napędowy *b*, zapomocą kół zębatych *W*. Materjał wsypuje się przez lej *A*



Rys. 190. Młyn kulowy do mielenia mokrego (z katalogu Allis Chalmers). *L* i *L'* włazy do wyładowania kul lub remontu.

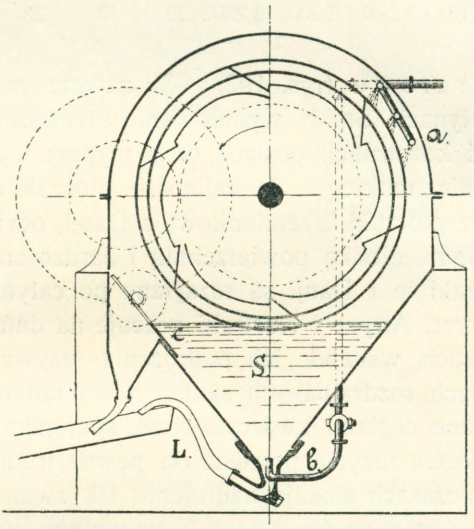
do otworu środkowego przy pomocy tarczowego zasilacza *F*, który otrzymuje ruch od wału środkowego, zapomocą kół zębatych stożkowych *K*.

Powierzchnia robocza bębna z otworami 5 mm w kształcie szpar jest otoczona zewnątrz podwójną siatką *S* w kształcie stożka. Siatka zewnętrzna gęstsza, określa skalę rozdrobienia i pełni funkcje sortowania poprawczego, wewnętrzna zaś koncentryczna o większych oczkach, zabezpiecza pierwszą przed zużyciem od uderzeń grubszych ziarn rudy. Stożki siatkowe są zwrócone szerszą stroną ku końcowi wpustowemu, dzięki czemu sortymenty grubsze, pozostające na siatkach, przesuwają się w kierunku dna *B* i po kanałach wężownicowych *C* dostają się z powrotem do wnętrza bębna. Młyn jest zawarty w płaszczu *K*, w którym gromadzi się zmielony materjał, odprowadzony przez dolny otwór *D* do zbiornika. Przy mieleniu mokrem dolna część płaszcza jest urządzona jako klasyfikator; jednocześnie, więc, odbywa się klasyfikacja zmielonego produktu; gruby żwir odchodzi z dołu po rurce

lewarowej, szlam przelewa się przez brzeg klasyfikatora. W wypadku dalszego mielenia piasku w młynie rurowym, powyższa klasyfikacja jest pomocniczą do mielenia miałkiego.

Młyn, pokazany na rys. 190, ma wyładowanie środkowe i jest używany do mielenia mokrego; *F*, zasilacz ślimakowy, biorący materjał z podstawionego naczynia, do którego materjał wsypują, i podający go przy obracaniu się młyna do czopa (wpustowego) *A* z otworem środkowym.

Młyny kulowe mają nader szerokie zastosowanie do suchego mielenia (rys. 188, 189), jako operacji głównej, są one używane w ce-



Rys. 191**. Młyn kulowy (Krupp'a) dla mielenia mokrego. Dolną część bębna pogrążają do skrzyni spiczastej *S*, napełnionej wodą. Wyładowanie szlamu — zapomocą rurki lewarowej *L*. *a* — wodotrysk ze świeżą wodą, prąd *b* reguluje gęstość szlamu. Tarcza *c* reguluje poziom wody w *S*.

mentowniach do mielenia portland-cementu, na fabrykach prochu i chemicznych do mielenia pirytów, w hutach metalurgicznych do mielenia szlaki, i t. d. Mielenie mokre ma częstsze zastosowanie na sortowniach. Szczególnie szerokie zastosowanie młyny kulowe mają na kopalniach rud żelaznych w Szwecji i Norwegji do przygotowania rud do wzbocania magnetycznego. Przy przeróbce rud złota młyny kulowe konkurują z tłuczkami. W kraju Zabajkalskim służą do mielenia rud wolframowych i t. d. Jednak, wogóle, zastosowanie młynów kulowych ogranicza się do twardych rud drobnowpryśniętych.

Niżej przytoczone dane z katalogu Smitha a. Co. E. W. charakteryzują młyny Kominor i t. p.

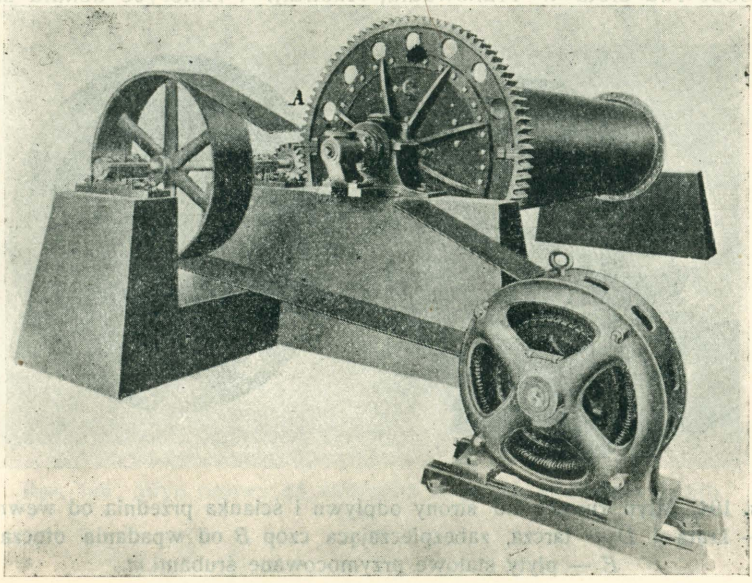
Nr	Wymiary młyna				Średnica mniejsza zewnętrznej siatki	Średnica większa zewnętrznej siatki	Waga w tonach z wewn. wyłożen.	Waga kul — ton	Ilość obrotów na minutę	Skala rozdrabiania	Wydajność ton na 24 godz.	Praca w KM
	w stopach		w metrach									
	D	L	D	L								
2	4′7″	3′2″	1,397	0,966	2,220	2,340	7,5	0,75	29	Przy zmieleniu do 1 mm Σ = 50 (rudy żelaznej).	27	10
3	5′5″	4′3″	1,651	1,295	2,340	2,540	10,9	1,6	26		36	25
4	6′	4′3″	1,830	1,295	2,540	2,780	14,8	2	25		45	33
5	7′	4′11″	2,134	1,500	2,900	3,230	22	3	23		68	55

2. Młyny rurowe (rys. 192, 193) zawsze mają wyładowanie końcowe. We młynach Smith wyładowanie przez dno przednie u obwodu. Większość konstrukcji posiada czop wypustowy pusty (rys. 194) i służy do mielenia mokrego. Za najlepsze otoczaki do młynów rurowych są uważane otoczaki krzemionkowe z Danji, odznaczające się prawidłowym kształtem, gładką powierzchnią i bardzo znaczną twardością (rys. 201). Otoczaki te z Danji są rozsyłane po całym świecie. Wiele młynów w Ameryce, Afryce i Australji pracuje na duńskich otoczakach. W ostatnich czasach, wskutek ich podrożenia, używają grubszych kawałków tych samych rozdrabianych skał (np. w Transwaalu). Młyny wewnątrz są wyłożone cegłami kwarcytowemi, spojonemi cementem. Wymiana cegieł, wskutek zużycia, przedstawia pewne trudności. W związku z tem, w ostatnich czasach stosują uzbrojenie, tak zwane, El-oro (rys. 195, 196). Składa się ono z pasów żelaza korytkowego, umocowanych śrubami. Pomiędzy wystające podłużne żebra, w czasie działania młyna, trafiają i wciskają się otoczaki, służące do mielenia, i tworzą wewnętrzne wyłożenie, odnawiające się samoczynnie, w miarę zużycia. Młyny rurowe budują rozmaitych wymiarów. Średnica ich zmienia się od 3′6″ do 6′ (1068—1830); długość od 10′ do 26″ (3000—8000).

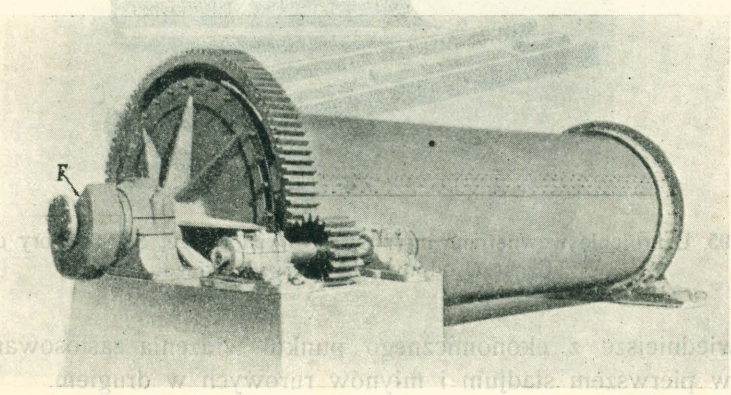
Ilość obrotów $n = 34 - 24$. Waga ogólna młyna z płaszczem wewnętrznym 4,5 — 22,5 ton. Ładunek otoczaków wynosi 1,5 do 10 ton. Zużycie energji 14—100 KM. Wydajność bardzo zmienna i zależy od skali rozdrobienia, uprzedniej klasyfikacji i twardości rudy. Np. przy mieleniu materjału nieklasyfikowanego w ziarnach < 8 mm do 0,06 skały kwarcowej w młynie $D = 5'$ (1,5 m), $L = 22'$ (6,7 m) wydajność wynosi 72 tony na 24 godzin; przy mieleniu materjału klasyfikowanego grubości 1,5 mm do 0,2 — 288 ton. Skalę rozdrabiania regulują zapomocą ilości wody. Im gęstszy jest szlam wchodzący do młyna, tem skala rozdrabiania jest większa; jednocześnie, jednak, obniża się wydajność.

Młyny rurowe są nowym wynalazkiem i rozpowszechniły się nader szybko po całym świecie. Używane są we wszystkich wypadkach,

gdy skały twarde trzeba zemleć na mąkę lub najdrobniejszy ił. Mielenie suche w młynach rurowych jest stosowane przy wytwarzaniu cementu do twardych krystalicznych odmian wapienia, w sortowniach



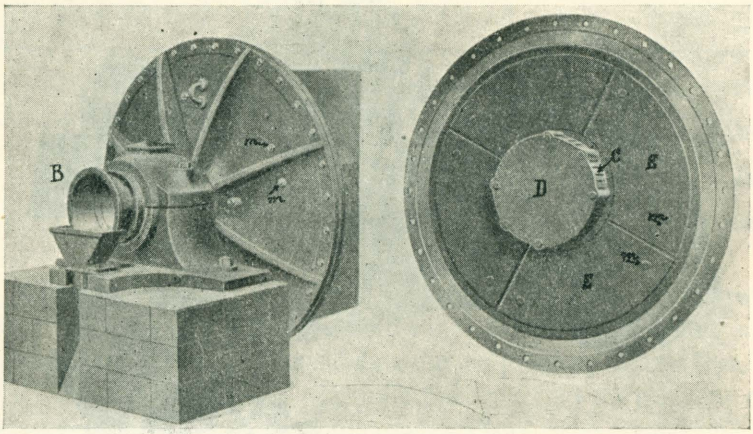
Rys. 192. Młyn rurowy do mokrego mielenia. Materjał ładują przez lej *A* do pustego czopa czołowego (z katalogu Allis Chalmers).



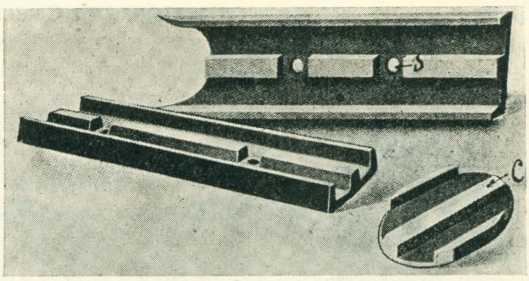
Rys. 193. Młyn rurowy z zasilaczem ślimakowym *F* dla mokrego mielenia (z katalogu Allis Chalmers).

węgla — do przygotowania paliwa sproszkowanego i t. d. Przy wzbogaceniu rud drobnowpryśniętych młyny rurowe są używane w ostatnich stadjach przeróbki. Szerokie zastosowanie młyny znajdują w wzbogacaniu magnetycznym rud żelaznych w Szwecji i Norwegji. Szczególnie, zaś, ważną rolę odgrywają w przeróbce rud złota, mianowicie, przy przygotowa-

niu rud do cyjanizacji, czyli, tak zwanym „procesie iłowym", w drugiem stadjum po amalgamacji, gdy całą ilość rudy trzeba zemleć na najdrobniejszy ił do 0,02 mm (rys. 197). Praktyka ostatnich czasów przy przeróbce rud złota w Transwaalu, Australji i Ameryce uznała za naj-



Rys. 194. Młyn rurowy od strony odpływu i ścianka przednia od wewnątrz. *C* — krata i *D* — tarcza, zabezpieczająca czop *B* od wpadania otoczaków. *E* — płyty stalowe przymocowane śrubami *m*.

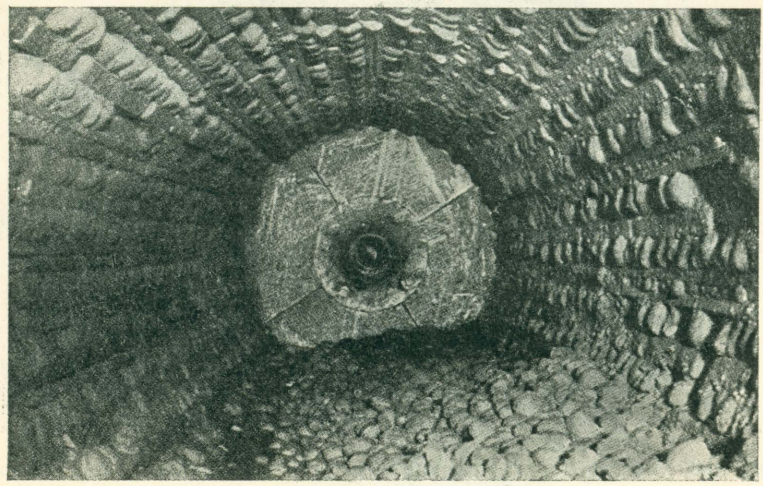


Rys. 195. Uzbrojenie wewnętrzne młynów rurowych El-oro. *S* — otwory dla śrub. Część *C* odpowiada pokrywie włazu.

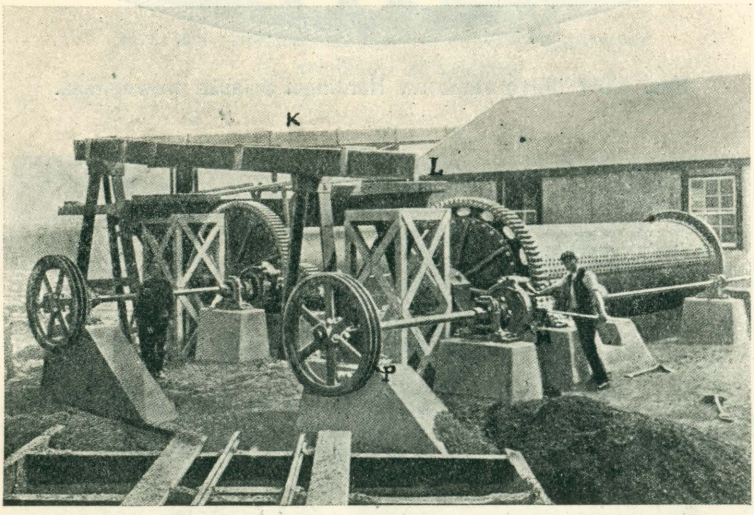
odpowiedniejsze z ekonomicznego punktu widzenia zastosowanie tłuczek w pierwszem stadjum i młynów rurowych w drugiem.

3. Młyny stożkowe Hardinge (Конические мельницы) mają kształt dwóch stożków zwróconych do siebie podstawami: krótkiego (rys. 198) K_1 ze strony wpustowej i długiego K_2 ze strony wypustowej. Część *C* w kształcie walca łączy stożki (rys. 198, 199, 200, 202, 203). Młyny te, pozatem, niczem się nie różnią od młynów walcowych o załadowaniu środkowym. Stożkowy kształt młyna, zwężający się ku wypustowemu końcowi, daje możność lepszego wykorzystania energji spadających kul, która ubywa ku przedniemu końcowi, w miarę osiągania

wymaganej skali rozdrabiania. Dzięki temu, zużycie siły na tonę zmielonej rudy jest cokolwiek niższe u młynów Hardinge'a, niż u walco-

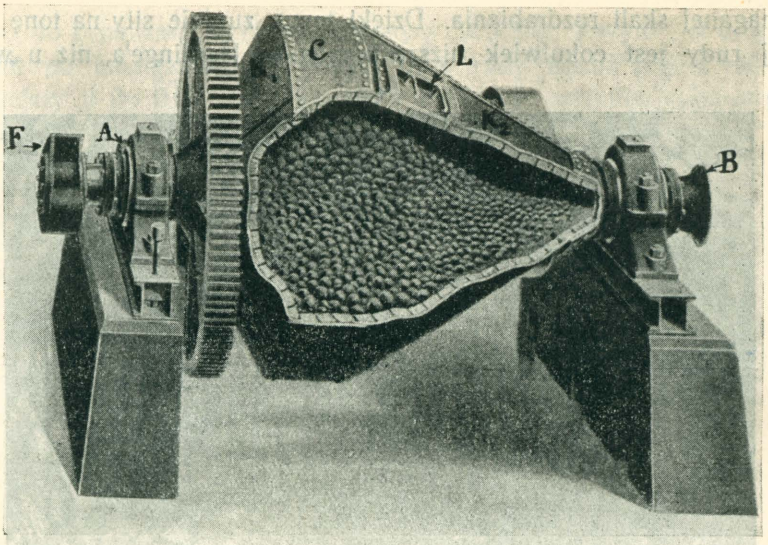


Rys. 196. Młyn rurowy od wewnątrz wyłożony sposobem El-oro.



Rys. 197. Młyny rurowe na kopalni złota w Transwaalu. *K* — żłób doprowadzający materjał do mielenia. *L* — klasyfikator Callow. Sortyment spodni idzie bezpośrednio do leja *A* i czopa wpustowego (rys. 192). *M* — sprzęgło cierne. *P* — linowa tarcza napędowa.

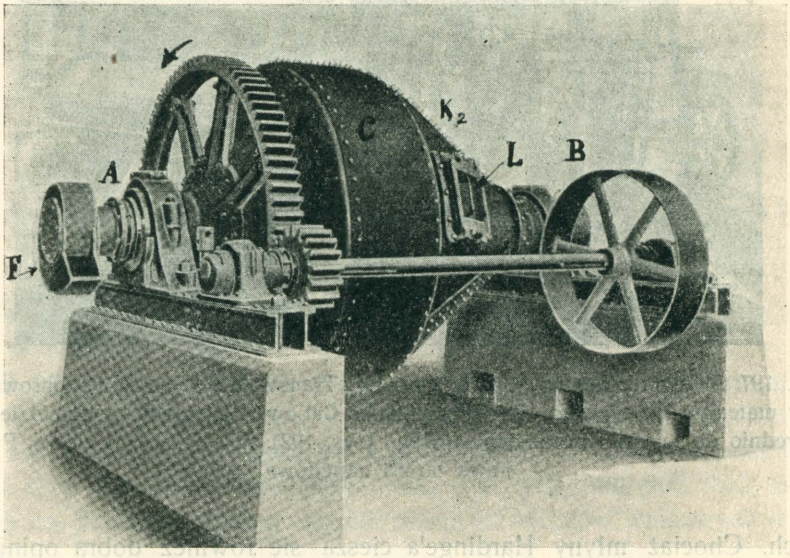
wych. Chociaż młyny Hardinge'a cieszą się również dobrą opinją co do osiąganych wyników, jak i walcowe, jednak ich zalety nie są tak oczywiste, aby wpłynęły ujemnie na popyt na walcowe. Młyny stoż-



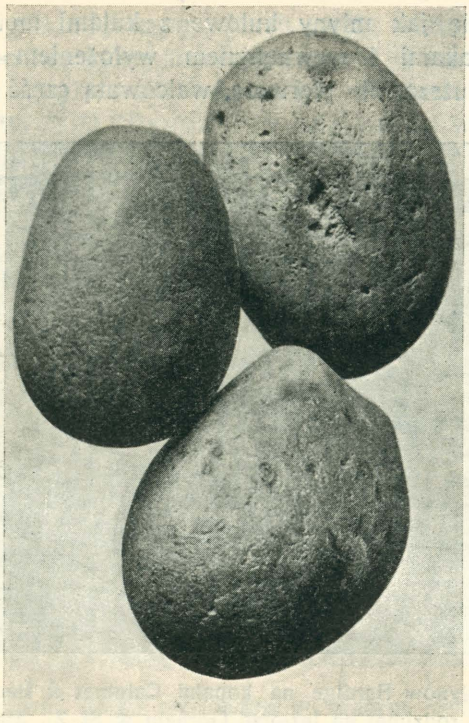
Rys. 198. Młyn stożkowy Hardinge wyłożony krzemieniami i otoczakami.



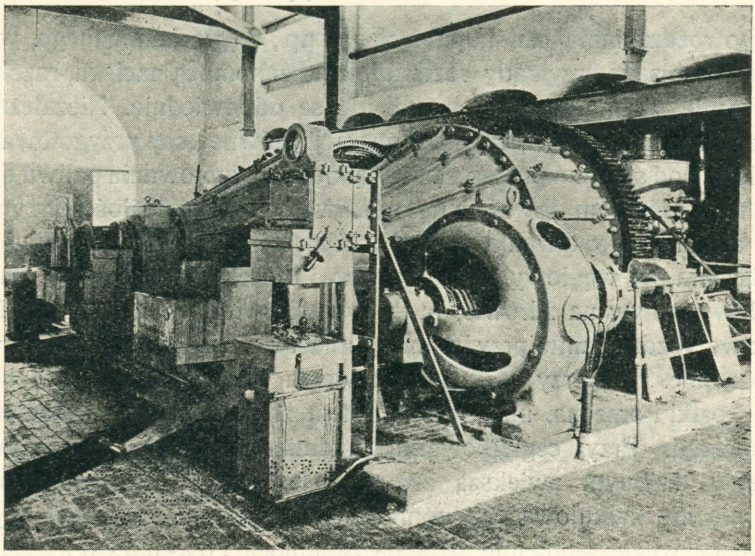
Rys. 199**. Młyn stożkowy Hardinge. Ścianka wewnętrzna.



Rys. 200. Młyn stożkowy Hardinge. *F* — zasilacz ślimakowy. *A* — czop wpustowy. *B* — wypustowy. *L* — właz.

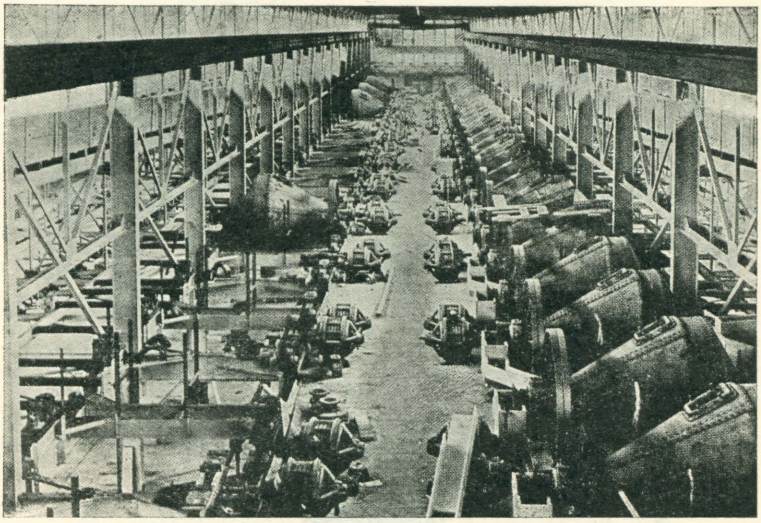


Rys. 201. Otoczaki duńskie do młynów rurowych ($^1/_2$ wielkości naturalnej).



Rys. 202. Młyn stożkowy Hardinge, konstrukcji firmy szwedzkiej Alians, w magnetyczno-wzbogacającym zakładzie przeróbczym.

kowe urządza się jak młyny kulowe z kulami metalowemi, lub jak rurowe z otoczakami i wewnętrznem wyłożeniem krzemionkowem. Ostatnie mają dłuższą, niż pierwsze, walcowatą część środkową.



Rys. 203. Zespół młynów Hardige na kopalni Calumet & Hecla dla mielenia rud miedzi rodzimej na Jeziorze Górnem w St. Zj. Am. Półn.

§ 7. Grupa II-ga. Kruszarki do skał kruchych i miękkich.

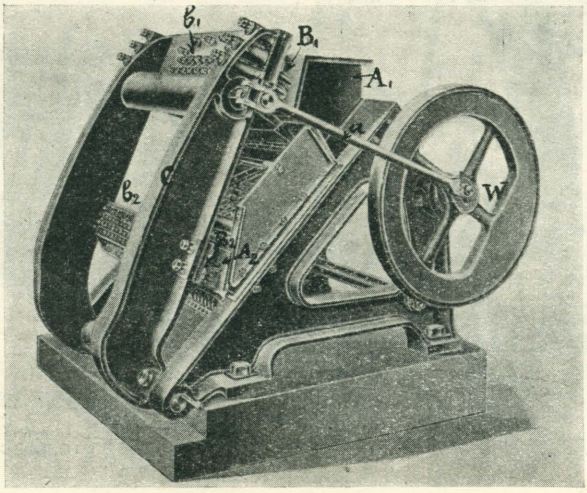
7. Kruszarki rozłupywające.

Do rozdrabiania ciał kopalnych, jak np., węgla kamiennego, wszystkie wyżej opisane przyrządy rozdrabiające, zapomocą nacisku, rozcierania i uderzenia, za małymi wyjątkami, nie są odpowiednie. Niezależnie od celu rozdrabiania węgla, czy jako operacji głównej, czy przygotowawczej, niezależnie od stadjum procesu, za wyjątkiem przygotowania paliwa sproszkowanego, głównem dążeniem jest możliwe ograniczenie ilości otrzymywanego miału i powstawania pyłu. Pomijając już niebezpieczeństwo, jakie przedstawia pył węglowy, łatwo zapalny i czasem wybuchający oraz jego szkodliwy wpływ na zdrowie, otrzymywanie wielkiej ilości miału i pyłu, właściwe rozdrabianiu przy pomocy miażdżenia i rozcierania, jest wielce niepożądane. Np., przy rozdrabianiu węgla grubego w celu zwiększenia ilości kostki i orzecha, miał jest balastem zbytecznym, obniżającym zysk tej operacji. Przy cegiełkowaniu nadmiar materjału proszkowatego w węglu drobnym zwiększa zużycie smoły wiążącej i cegiełkowanie może się nie kalkulować ekonomicznie. Z tego powodu przyrządy, rozdrabiające węgle kamienne, działają zapomocą r o z ł u p y w a n i a, r o z r y w a n i a i u d e r z e ń s w o b o d n y c h (luźnych).

Do rozdrabiania g r u b e g o, kawałków > 150 mm, do grubości

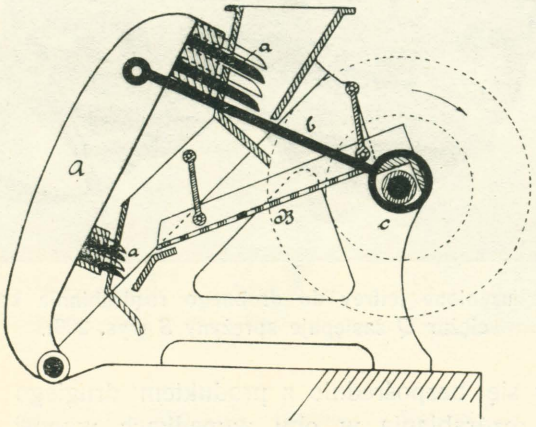
kostki i orzecha, dla miększych odmian węgla, stosujemy zasadę r o z ł u p y w a n i a, podług której działają kruszarki igłowe.

K r u s z a r k a i g ł o w a (Nadelbrecher. Игловая дробилка) H u m b o l d t'a (rys. 204, 205). Rozdrabianie odbywa się w komorach robo-



Rys. 204. Kruszarka igłowa Humboldt'a do grubego rozdrabiania węgla (z katalogu Humboldt).

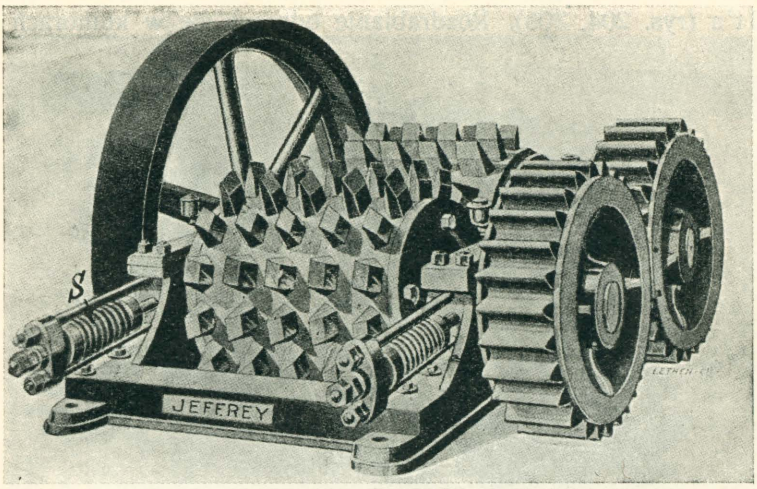
czych (rys. 204) A_1 i A_2 kolejno (czasami w 3 komorach kolejno), zapomocą dwóch zespołów iglic stalowych B_1 i B_2, wchodzących przez szpary



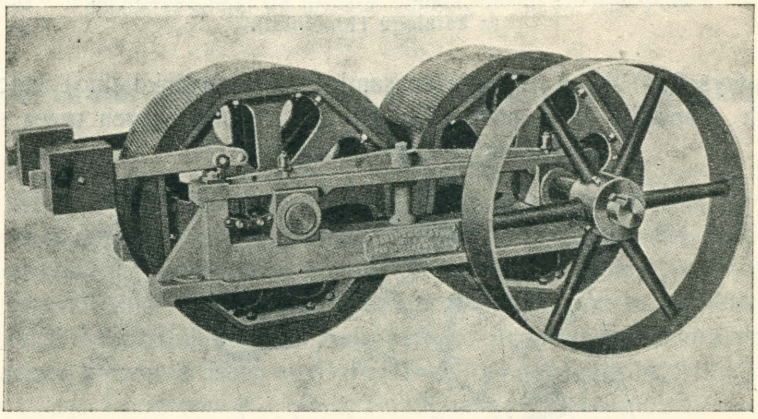
Rys. 205*. Kruszarka do węgla Humboldt'a *a* — igły. *b* — drążek z mimośrodem. *A* — szczęka. *B* — sito do sortowania poprawczego (ruch od *c*).

w ścianach komór, zwróconych ku iglicom. Iglice są umocowane do wahającej się szczęki *C*, poruszanej przez wał napędowy *W*, zapomocą korbowodu *a*. Pomiędzy komorami znajduje się płaskie sito *S*, otrzymujące ruch wahadłowy również od wału *W*, zapomocą mimośrodów. Sito

służy do przesiewania pomocniczego przed powtórnym rozdrabianiem w komorze A_2. Produkt górny przesiewania postępuje do komory A_2, spo-



Rys. 206. Walce uzębione Jeffrey do grubego i średniego rozdrabiania węgla (z katalogu Jeffrey).



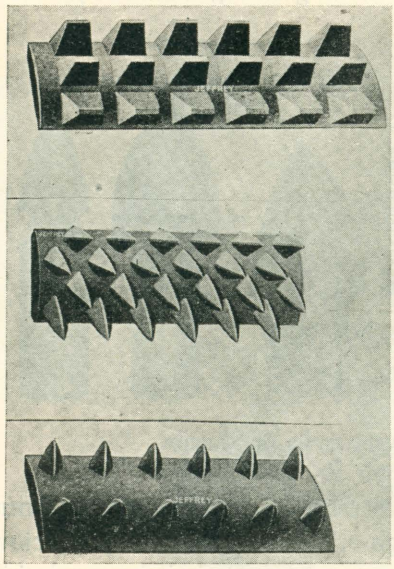
Rys. 207. Walce uzębione Jeffrey do drobnego rozdrabiania koksu i antracytu; ciężar Q zastępuje sprężyny S (rys. 206).

dni, zaś, łączy się bezpośrednio z produktem drugiego ujęcia rozdrabiania. Skala rozdrabiania w obu wypadkach wynosi 2. Wydajność kruszarki 15—30 ton na godzinę; zużycie energji 5 KM.

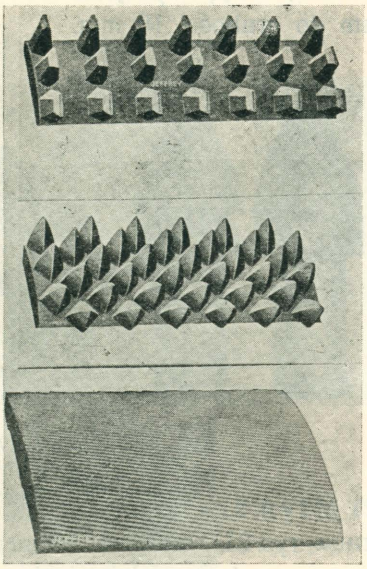
8. Kruszarki rozrywające.

Kruszarki tego typu są używane wogóle do rozdrabiania średniego i drobnego, t. j. do kostki i orzecha, oraz do grubego węgla twardszego, zwłaszcza antracytu i koksu.

1) Walce rozdrabiające o powierzchni uzębionej i brózdkowatej (rys. 206 i 207).

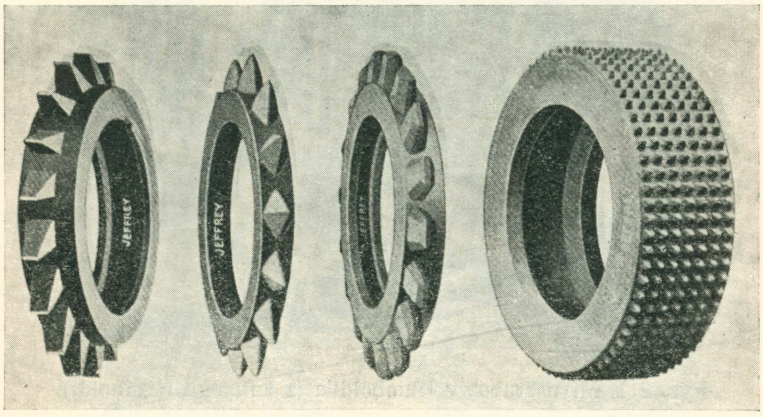


Rys. 208 a.



Rys. 208 b.

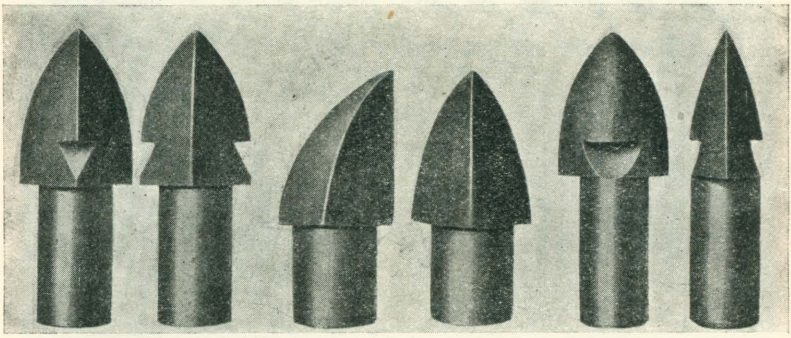
Tarcze stalowe uzębione do nakładania na walce.



Rys. 209. Pierścienie uzębione do walców.

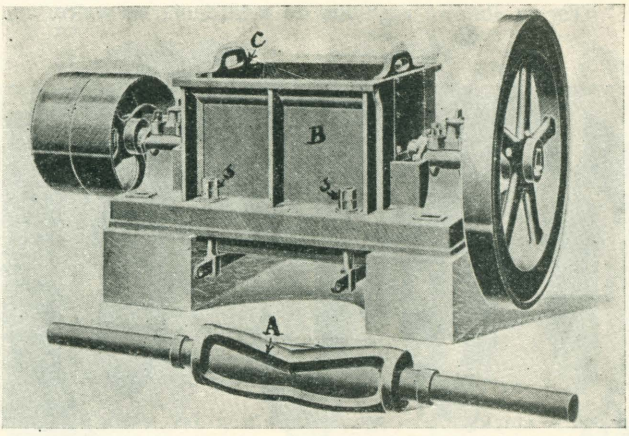
Mechanizm walców przypomina walce wyżej już opisane. Powierzchnia uzębiona składa się z nakładanych płyt lanych z zębami (rys. 208) lub też z pierścieni lanych, zaopatrzonych w zęby (rys. 209), lub też jest zaopatrzona w zęby wstawione różnej wielkości i kształtu, w zależności od właściwości i grubości rozdrabianego materjału (rys. 210). Zęby są wyrabiane z twardej stali, zazwyczaj manganowej.

Do rozdrabiania drobnego używają powierzchni drobnouzębionej (rys. 208 i 209). Podług katalogu Jeffrey, walce o średnicy 48 cali i długości 24 cali (1220—610) mają wydajność 60 ton na godzinę, rozdrabiając kawałki 450 mm do grubości 10 mm.



Rys. 210. Zęby do wstawiania do walców.

2) Młyn śrubowy Humboldt'a (Schraubenmühle; винтовая мельница; rys. 211) służy do drobnego mielenia produktów przejściowych, przy wzbogacaniu bardziej miękkiego węgla; posiada jeden rozdrabiający

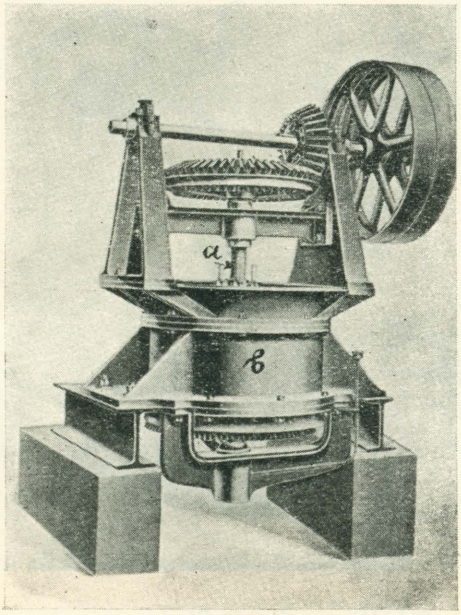


Rys. 211. Młyn śrubowy Humboldt'a (z katalogu Humboldt).

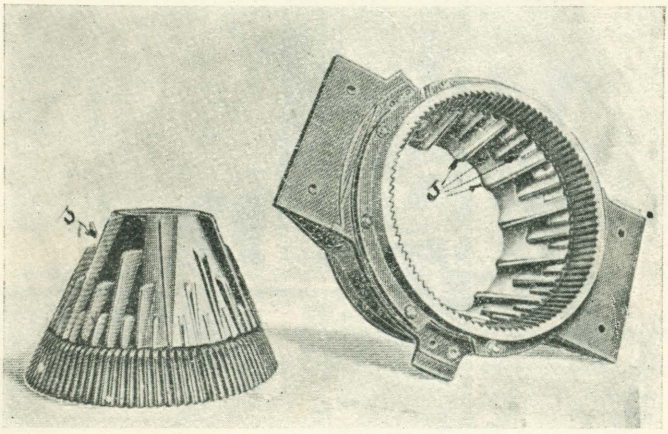
walec, zaopatrzony w zęby kształtu klinowego. Walec jest umieszczony w skrzyni *B*, której ściany wewnątrz są wyłożone stalowemi płytami *C*. Podstawę skrzyni stanowią ruszty, umocowane zapomocą śrub *s*. Średnica walca 185—300. Długość 400—900. Ilość obrotów 600—250. Zużycie energji 2—12 KM, wydajność na godzinę 2,5—8 ton.

3. Młyn stożkowy czyli dzwonowy (Glockenmühle; кофейная или колокольная мельница; rys. 212) jest to młyn podobny do kruszarki kołowrotowej Gates. Stożki robocze (rys. 213) zaopatrzone są

w noże *s* różnej długości i wymiarów. W części górnej noże są wyższe i rzadziej rozstawione. Ilość ich ku dołowi zwiększa się, a wysokość zmniejsza. Młyny te służą do rozdrabiania średniego i drobnego mięk-



Rys. 212. Młyn stożkowy lub dzwonowy.
Stożek wewnętrzny ruchomy na osi *a*. Stożek zewnętrzny nieruchomy *b*. Widok z dołu.

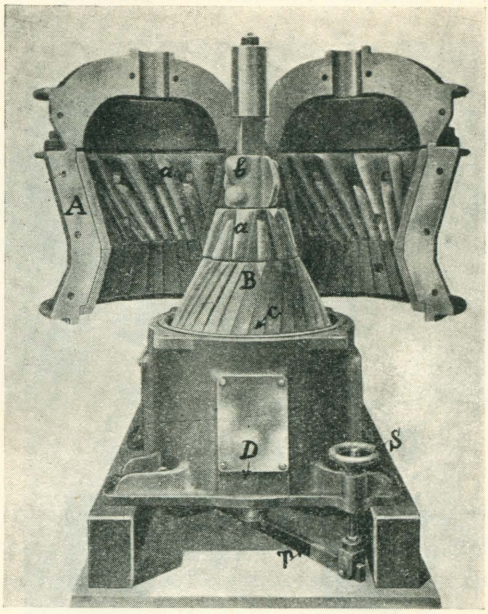


Rys. 213. Części robocze młyna stożkowego.

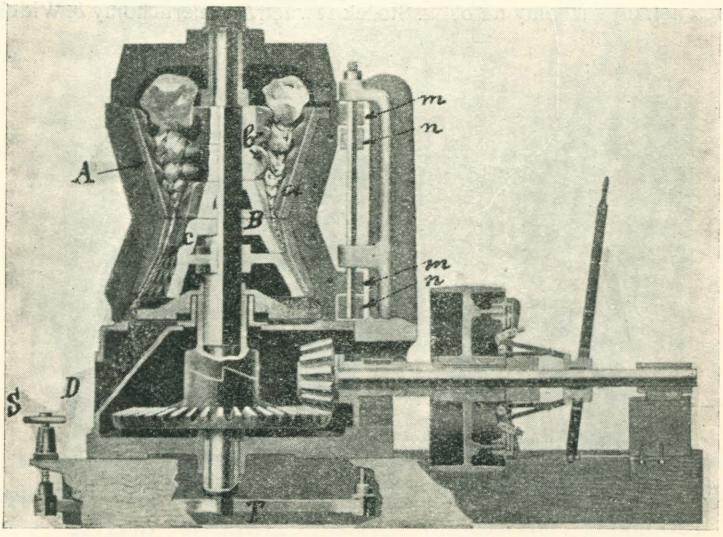
szych gatunków węgla i do mielenia soli kamiennej. $D = 650—1500$, $n = 200$. Zużycie energji 4—20 KM. Wydajność 3,5—12 ton na godzinę.

4. Młyny stożkowe Sturtevant'a (Конические мельницы)

służą do mielenia materjałów miękkich: wapieni, fosfatów, koksu, kamieni szamotowych i t. p. (rys. 214, 215 i 216). Zewnętrzny nieruchomy stożek *A*



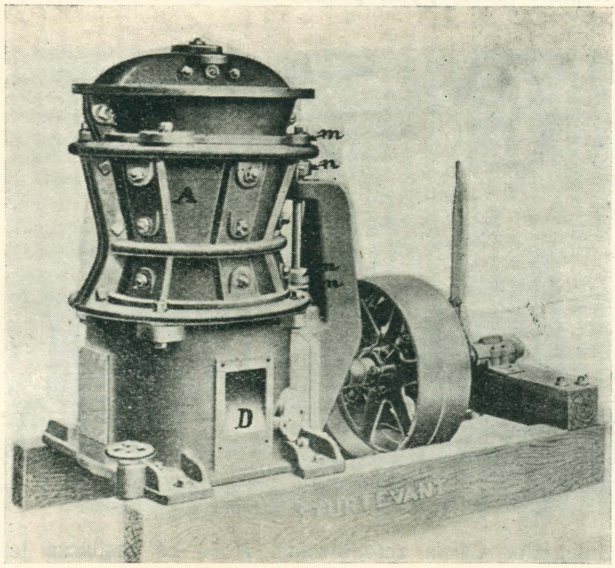
Rys. 214. Młyn stożkowy Sturtevanta, otwarty.



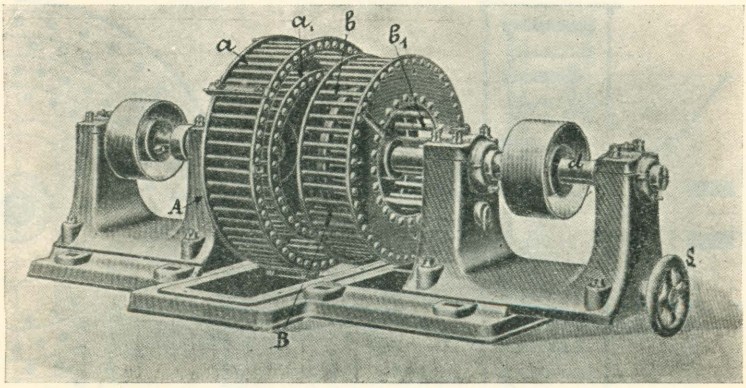
Rys. 215. Młyn stożkowy Sturtevanta. Przekrój.

składa się z dwóch części. Część górna zwęża się ku dołowi, część, zaś, dolna rozszerza się ku dołowi, równolegle do powierzchni dolnej części wewnętrznego, obracającego się, stożka *B*. W części górnej powierzchnie

robocze są grubo uzębione *a* i zaopatrzone w występy *b*, wykonywując rozdrabianie wstępne, w dolnej części ostre uzębienia *c* mielą na drobno.



Rys. 216. Młyn stożkowy Sturtevanta. Widok ogólny. *D* — wypust.



Rys. 217 Dezintegrator Carr'a. Tarcze *A* i *B* rozsunięte. Płaszcz *K* zdjęty.

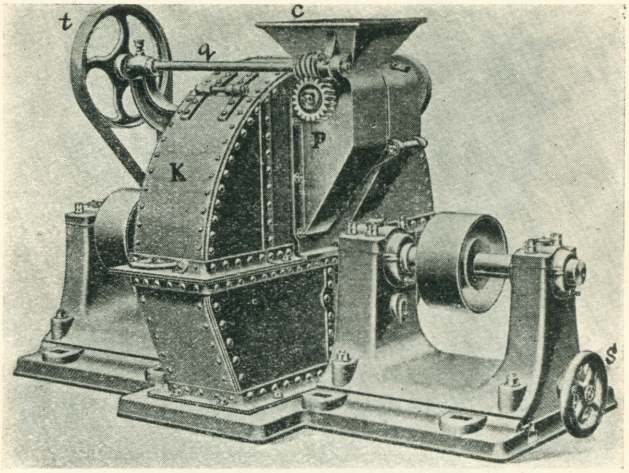
Skala rozdrabiania jest znaczna, odpowiednia do przeznaczenia młyna do rozdrabiania, jako operacji głównej. Stożek zewnętrzny składa się z dwóch części otwieranych, na zawiasach *m* i *n*. *S* — śruba regulująca, zapomocą drążka *T*, skalę rozdrabiania, działając na wał pionowy.

9. Kruszarki udarowe.

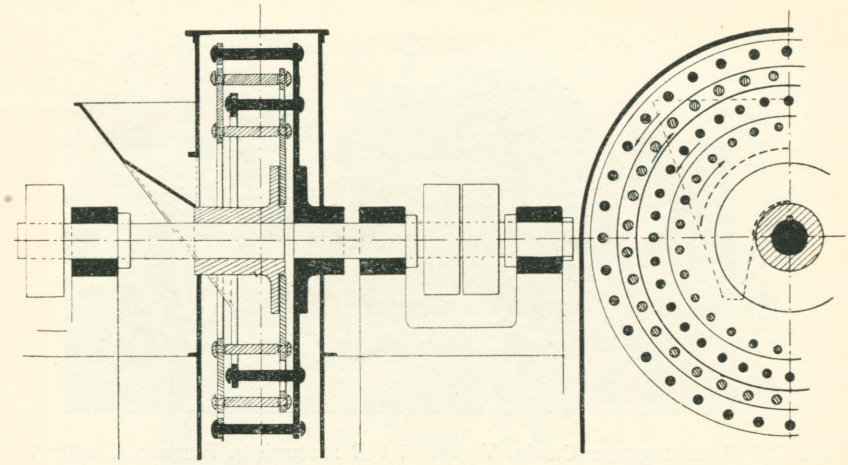
(Młyny odśrodkowe. Schlendermühle).

Swobodnem (luźnem) uderzeniem nazywamy takie uderzenie części roboczej o kawałek skały, przy którem ten ostatni nie spoczywa nie-

ruchomo, jak, np. w tłuczce, lecz jest w ruchu i posiada własną siłę żywą. Rozdrabianie, oparte na tej zasadzie, daje produkt więcej jednostajny i wytwarza mniej pyłu, ponieważ cząstki rozdrabiane nie ocie-



Rys. 218. Dezintegrator Carr'a zmontowany. *P* — oś zasilacza jest poruszana zapomocą ślimaka *q* i tarczy *t*. *S* — śruba do rozsuwania obu tarcz.

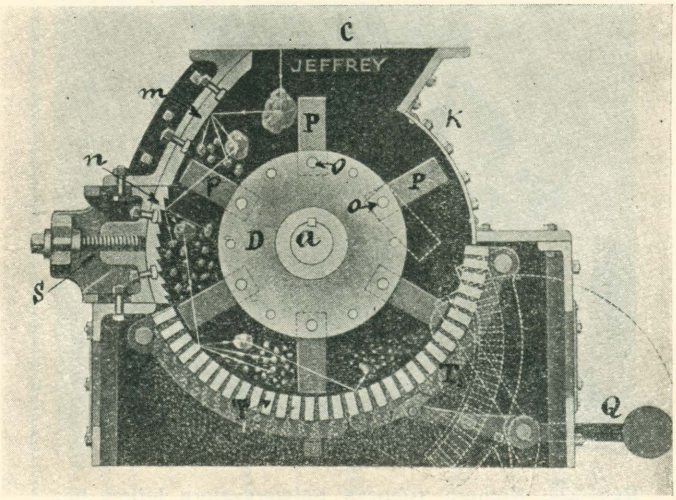


Rys. 219. Dezintegrator Carr'a. Schemat.

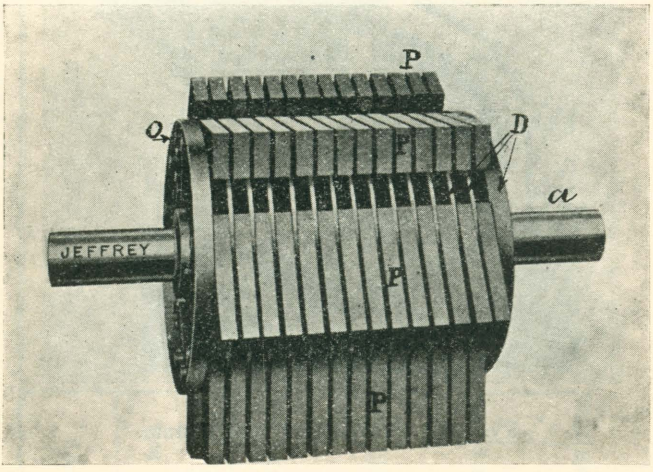
rają się nawzajem, dlatego też nadaje się zwłaszcza do materjałów kruchych.

1. Dezintegrator Carr'a (дезинтегратор rys. 217, 218, 219). Cztery koncentryczne szeregi prętów a, a_1, b, b_1, są umocowane do dwóch tarcz A i B, obracających się w odwrotnych kierunkach. Tarcze okrywa płaszcz K. Materjał zasypywany przez lej C postępuje do przestrzeni środkowej od strony tarczy B. Spadając pomiędzy prętami, szybko poruszającemi się w odwrotnych kierunkach, ulega rozdrabianiu. Dezintegratory

mają szerokie zastosowanie do przygotowania węgla do koksowania lub cegiełkowania. Są budowane rozmaitej wielkości przy D od 650—2000; $n = 1250—330$. $N = 2 - 45$ KM. Wydajność od 2 do 43 ton na godzinę.



Rys. 220. Pulweryzator Jeffrey. Przekrój. Śruba S — do ustawiania płyty n w dowolnej odległości od sztab udarowych. Drążek Q z przeciwwagą — otwiera część rusztów T, do oczyszczania przyrządu.

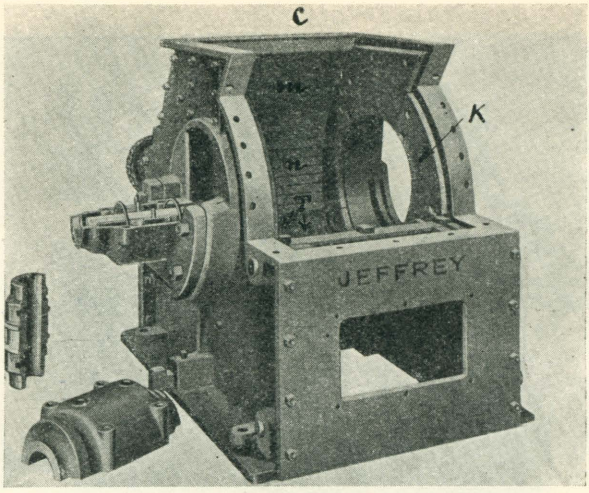


Rys. 221. Sztaby robocze pulweryzatora Jeffrey.

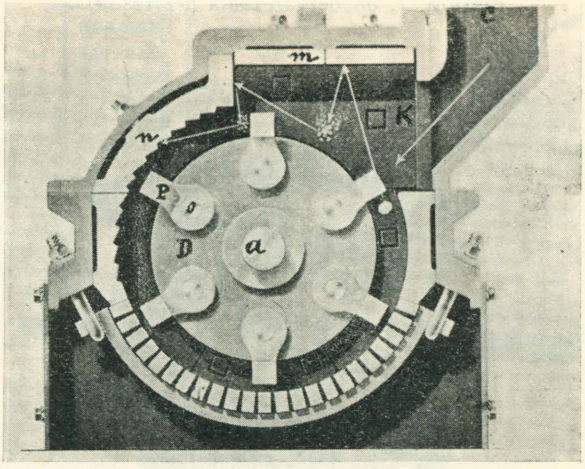
Niektóre odmiany dezintegratorów mają jedną ruchomą tarczę, a drugą stałą. Mają też rozmaitą ilość szeregów prętów poziomych (tak zwane, dyzmembratory, używane do mielenia soli).

2) Pulweryzatory (пульверизатор) są drugim typem przyrządów,

działających zapomocą uderzenia (rys. 220, 221, 222 i 223), bardzo rozpowszechnionym, zwłaszcza, w Ameryce. Na osi poziomej wewnątrz wal-



Rys. 222. Komora robocza pulweryzatora Jeffrey bez ścianki tylnej i bez wału ze sztabami.



Rys. 223. Pulweryzator Sturtevanta.

cowatej komory roboczej szybko się obraca zespół sztab udarowych *P*, umocowanych pomiędzy szeregiem równoległych tarcz *D* w punktach *O*, dokoła których sztaby udarowe mogą się obracać (rys. 221). W czasie ruchu pod działaniem siły odśrodkowej sztaby przyjmują położenie wzdłuż promieni koła. Ściany wewnętrzne komory roboczej są wyłożone stalowemi płytami; gładka płyta *m* leży bliżej do leja wsypowego; następna płyta

jest uzębiona. U spodu komorę zamykają ruszty *T*, określające skalę rozdrabiania i przyjmujące czynny udział w samem mieleniu.

Pulweryzatory Jeffrey.

	Wymiary				Węgiel drobny miękki do $^1/_{16}$″ – ~1,5 mm				Mieszanina niesortowana z węgla miękkiego do $^1/_4$″ – ~6,25 mm			Wapień w kawałkach 2″ – $^1/_8$″ – ~3 mm		
	cale		mm		paszcza	ilość obrotów *n*	KM	Qht	n	KM	Qht	n	KM	Qht
	D	B	D	B										
NºG 4	24″	20″	610	508	152 × 508	—	—	—	—	—	—	1200—1400	20—25	3—4
M 2					102 × 508	1500—1800	20—25	1—2						
H 2					308 × 508	—	—	—	1200—1400	15—18	8—10			
NºM 3	36″	24″	915	610	152 × 610	1000—1300	50—60	5—6						
G 6					178 × 610	—	—	—	—	—	—	1000—1200	60—75	15—20
H 3					560 × 610	—	—	—	900—1100	50—60	50—60			
M 4	36″	42″	915	1067	152×1067	900—1400	75—90	8—10						
G 9	″	″	″	″	178×1067	—	—	—	—	—	—	900—1000	100—125	20—25
H 6	″	″	″	″	560×1067	—	—	—	800—1000	90—100	90—100			
H 8	42″	60″	1067	1524	508×1524	—	—	—	700—900	225—250	250			

Materjał, wsypywany przez otwór *C*, otrzymuje uderzenia od szybko obracających się sztab udarowych, które go odrzucają ku płytom *m* i *n*; odbijając się od płyt, kawałki materjału trafiają znów pod sztaby i t. d., dopóki nie zostaną zmielone do tego stopnia, że wypadną pomiędzy rusztami. Pulweryzatory są używane do węgla w tych wypadkach, co i dezintegratory, ponadto w przemyśle ceramicznym, chemicznym i w rolnictwie.

Przytoczone na str. 205 dane charakteryzują działanie pulweryzatorów Jeffrey.

Pulweryzatory Jeffrey przy węglu miękkim mogą służyć również do średniego rozdrabiania kawałków grubości od 150 mm do 265 mm oraz do mielenia niesortowanej mieszaniny węgla do 6 mm (patrz rubr. 2), osiągając kolosalną wydajność 250 ton na godzinę. Dziedzina, więc, zastosowania pulweryzatorów jest szersza, niż dezintegratorów.

KONIEC TOMU I-GO.



OMYŁKI DRUKU.

Str.	*Wiersz*	*Zamiast*	*Winno być*
6	3 z dołu	geologi	geologji
13	1 „	ścieranie	przemywanie
17	19 z góry	Mamouth	Mammoth
19	2 odsyłacz z dołu	ziarn a podane	ziarn podane
20	2 z góry	Scizing	Sizing
25	7 „	uregulowaniu	uregulowania
25	10 „	Uberkorn	Ueberkorn
27	5 z dołu	wahadłowe wstrząsające obrotowe } Bębnowe	wahadłowe wstrząsające obrotowe } Bębnowe
29	7 „	(Колосниковые...	Колосниковые...
30	15 „	slę	się
35	2 „	η-współczynnik rozluzowania	η-współczynnik załadowania
36	1 „	$\eta <$	$\eta =$
48	5 z góry	poesuwania	przesuwania
54	2 z dołu	zadawalniającą	zadowalniającą
58	15 „	„beczka Perru“	„beczka Perré“
59	rys. 42	kąt CMR oznaczono literą Q	kąt CMR oznaczyć literą φ
59	17 z dołu	a_3 b_3 c_3	a_3 b_3 c_3 d_3
64	2 „	горохота	грохота
66	4 z góry	od koła napędowego	zapomocą koła napędowego
70	3 odsyłacz z dołu	Ore dressing	Ore Dressing
71	5 z góry	Stockes	Stokes'a
71	11 „	wykresem	na wykresie
71	14 „	Stockes'a	Stokes'a
72	rys. 53	Stockes	Stokes
73	18 z dołu	płuczce	płóczce
73	13 „	kofłami	kotłami
73	12 „	są o tyle	są tak
73	3 „	cyankiem	cyjankiem
79	9 z góry	w dolej	w dolnej
86	8 z dołu	na drągach	na dźwigniach
86	6 „	drągi	dźwignie
86	5 „	dwuramienny drąg	dwuramienna dźwignia
87	8 z góry	cyankiem	cyjankiem
87	8 „	cjanizacja	cyjanizacja
87	10 z dołu	że środowiskiem	że za środowisko
88	17 „	żelaża	żelaza



Str.	*Wiersz*	*Zamiast*	*Winno być*
88	4 z dołu	w charakterze	o charakterze
89	12 „	godz.). Klasyfikacja	godz.) klasyfikacja
89	4 „	kształtu	o kształcie
90	11 z góry	spadania	opadania
92	20 „	nad 5″—6″.	nad 5″—6″ (127—152 mm).
93	24 z dołu	ulego	ulega
93	9 „	Franklitu	franklinitu
99	12 „	d'ebourbage	debourbage
107	1 „	pasa	драга
108	15 „	$d = 6^{0}50'$	$\alpha = 6^{0}50'$
108	14 „	kola	koła
109	7 z góry	żłobu c	żłobu e
117	1 z dołu	niepłu-	niepłó-
118	1 z góry	płukany	płókany
122	4 „	Штуфы	Штуфы.)
122	13 „	омбросы, Эфеля	отбросы, эфеля
125	14 z dołu	cyankiem	cyjankiem
127	9 „	Überkern	Ueberkorn
129	10/11 z góry	wzbogacenia	wzbogacania
135	3 z góry	kulkowe	kulowe
135	21 z dołu	Дробилки	дробилки.)
135	19 „	Челюстныя	челюстные
135	16 „	Щеки	щеки
135	7 „	Дробилка	дробилка
136	1 z góry	klin	klin (m)
136	1 „	drugiego	drugiego (n)
136	2 z dołu	trzonu P	trzona P
137	2 „	napotyka	napotyka na
144	5 z góry	wymiar	wielkość
149	2 z dołu	stopniu	skali
149	2 „	do ziarn	na ziarna
153	7 z góry	Мельница	мельница
153	10 z dołu	кольцевыя	кольцевые
153	7 „	z wewnątrz	od wewnątrz
155	13 z góry	stopień	skala
155	15 „	E	Σ
158	5 „	znacznym stopniu	znacznej skali
158	8 „	stopniu	skali
158	7 z dołu	czopu;	czopa
160	7 z góry	kulkowych	kulowych
160	14 z dołu	stopień	skala
160	10 „	Дисковыя	Дисковые
162	8 z góry	suwak K	suwak D
166	1 „	Wanddel	Waddel
172	4 z dołu	algamacji	amalgamacji
175	4/5 z góry	oddzielonych	oddzielnych
177	1 z dołu	rys. 172, 173	rys. 174 i 175
179	7 z góry	przy mokrem lub	przy mokrem lub zapomocą
189	3 z dołu	zastosowane	zastosowanie



BIBLIOTEKA GŁÓWNA
AKADEMII GÓRNICZO HUTNICZEJ
4620

Nie
wypożycza się
NZB 4055