

Publikacja ze zbiorów Biblioteki Głównej AGH w Krakowie

Digitalizacja dorobku naukowo-badawczego Profesorów AG w Krakowie w l. 1919–1945

projekt dofinansowany w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki „Społeczna Odpowiedzialność Nauki”

moduł: Wsparcie dla bibliotek naukowych



Biblioteka Główna
AGH w Krakowie



AGH



Biblioteka Główna
AGH w Krakowie

01.11.2022–31.07.2024
SONB/SP/548765/2022



Fundacja
Wspierania
Nauki



Ministerstwo
Edukacji i Nauki

TERMINATKI

7 KWI 1975

TERMINATKI

$$S = \frac{60W \cdot X}{K \cdot p} Q$$

$S(t_{\text{traj}})$ wydatek roczny
relinkeń



III. 41991

MS 12854

Ogólne uwagi.

Poza rtęcią wszystkie metale i ich stopy użytkowe w zwykłej temperaturze otoczenia istnieją w stanie stałym. Aby metale stałe przeprowadzić w stan płynny, ogrzać je należy do temperatury topienia. Dla celów odlewniczych nie wystarcza jednak zwykła temperatura topienia, należy metal przegrzać o 10 do 25% ponad punkt topienia, aby w stanie odpowiednio ciekłym mógł wypełniać dokładnie formę przed skrzepnięciem w jej najwęższych przekrojach. Zrozumiałe jest, że "stopień przegrzania" w praktyce odlewniczej zależy głównie od grubości ścianek odlewów.

Ilość zatem ogólna ciepła zużytego do ogrzania metalu, stopienia i przegrzania wyrazi się wzorem:

$$C = a + b + c \quad \text{gdzie:}$$

a - ilość ciepła zużytego do ogrzania metalu do temperatury topienia,

b - ilość ciepła zużytego na topienie /utajone ciepło topienia,

c - ilość ciepła zużytego na przegrzanie metalu o 10 do 25% ponad punkt topienia.

Ponieważ proces przetapiania połączony jest niestety z nieuniknionymi stratami względnie i innymi wydatkami ciepła, dlatego ogólna ilość ciepła przetapiania będzie daleko większa. Wydatki obejmują ciepło zużyte na ogrzanie naczynia względnie obmurza pieca, na stopienie żużla, odparowanie wilgoci wsadu, rozkład topników. Straty zaś obejmują ilość ciepła uchodzącego bezużytecznie ze spalinami a także ciepło chłodzenia i promieniowania.

Straty ciepła uchodzącego w spalinach są dwójakiego rodzaju:

- a/ straty ciepła z powodu wysokiej temperatury spalin,
- b/ straty ciepła z powodu zawartości składników palnych, pozostałych w gazach wskutek niedokładnego spalania.

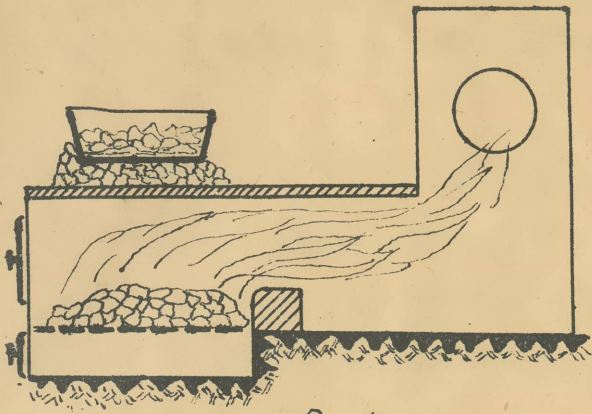
O wielkości strat ciepła daje nam obraz następujące zestawienie przyrządów względnie pieców, służących do przetapiania. Na żeliwnej płycie kuchennej /Rys. 1/ posypanej piaskiem lub wy-

łożonej asbestem ustawiamy naczynie napełnione lekkotopliwym stopem, ciepło wytwarzane przez spalanie węgla na ruszcie ogrzewa płytę żeliwną, następnie warstwę piasku, spód i ściany naczynia i ostatecznie metal w naczyniu; straty ciepła będą przy takim urządzeniu ogromne, obniżamy je przez nakrycie naczynia pokrywą albo ustawienie naczynia bezpośrednio na płycie żeliwnej /Rys.2/ o ile nie zachodzi obawa nadmiernego przegrzania metalu w naczyniu. Daleko szybciej uskuteczniemy przetopienie, jeżeli naczynie ustawimy w otworze płyty tak, aby gazy spalinowe bezpośrednio działały na spód naczynia /Rys.3/ albo na całe naczynie, umieszczone bezpośrednio na żarzącym się węglu /Rys.4/. Urządzenie ostatnie przypomina już bardzo "piec tyglowy", rozpowszechniony w metalowniach i służący do przetapiania brązu, mosiądzu itp. /Rys.5/. W trzech pierwszych wypadkach gazy spalania nie mogą być w styczności z metalem, podlegającym procesowi przetapiania; w czwartym i piątym wypadku nakrywamy naczynie pokrywą, aby gazy bezpośrednio nie działały na metal.

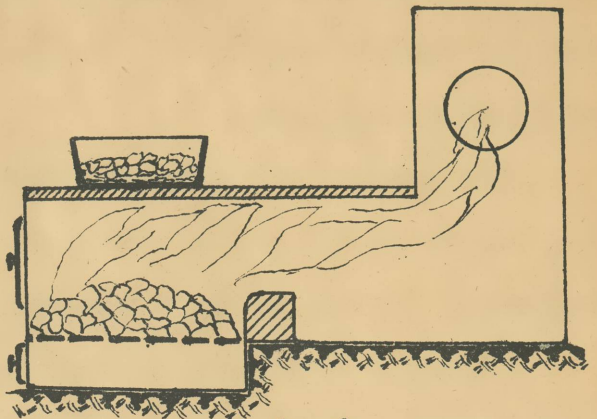
Piec typu 6-go nazywamy "piecem płomiennym" /płomieniakiem/. Wsad stapia się pod wpływem ciepła gazów spalinowych i w stanie płynnym gromadzi się na spodzie pieca, tworząc tzn. "kąpiel". W płomieniaku z metalem w stanie stałym nie styka się samo paliwo lecz tylko gazy. Gdy metal się stopi, to tworzący się równocześnie żużel z powodu swego mniejszego ciężaru właściwego gromadzi się na powierzchni kąpieli i chroni ją przed bezpośrednim działaniem gazów gorących. Piec typu 7-go nazywamy piecem kopulowym, kopulakiem, lepiej żeliwiakiem. W żeliwiaku wsad surowcowy jest w styczności i z paliwem jakoteż z gazami spalania. W celu przyspieszenia spalania stosuje się zawsze ciąg sztuczny. Ostatni typ pieca do przetapiania metali przedstawiony na szkicu 8-mym to piec elektryczny, w którym nie stosujemy paliwa ani w postaci węgla, ani w postaci koksu i dlatego nie mamy do czynienia ze spalinami; mówimy w tym wypadku tylko o "atmosferze pieca"

Zależnie od temperatury topienia metalu, jakoteż od wymaganej ilości stosujemy ten typ pieca, który daje najlepsze wyniki. Sprawność cieplna, tj. stosunek zużytej ilości ciepła na przetopienie metalu do ogólnie zużytej ilości ciepła, będzie w wypadku pierwszym najmniejsza /ułamek procentu/ w wypadku ósmym najwięk-

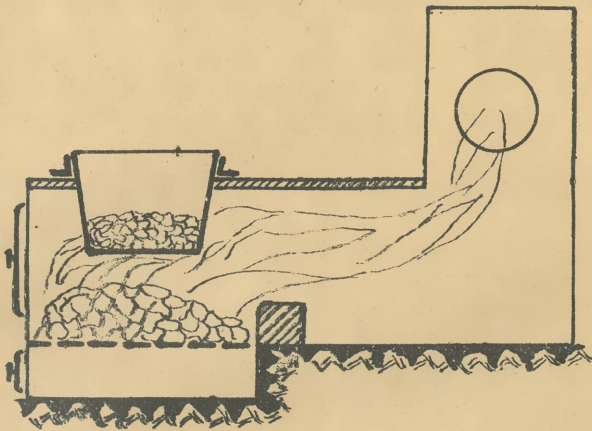
Schematy pieców.



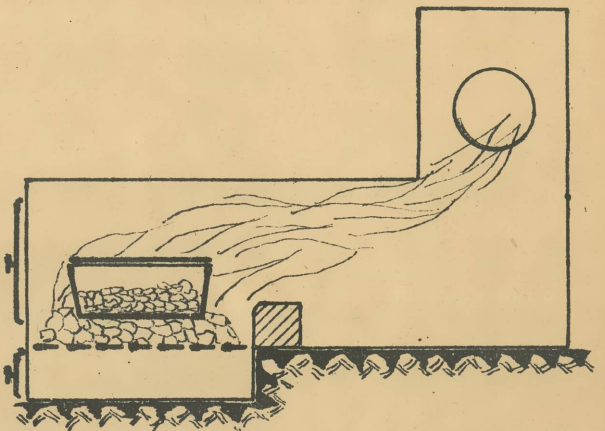
Rys. 1.



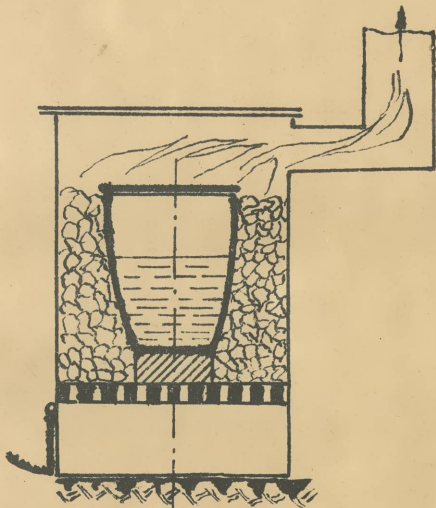
Rys. 2.



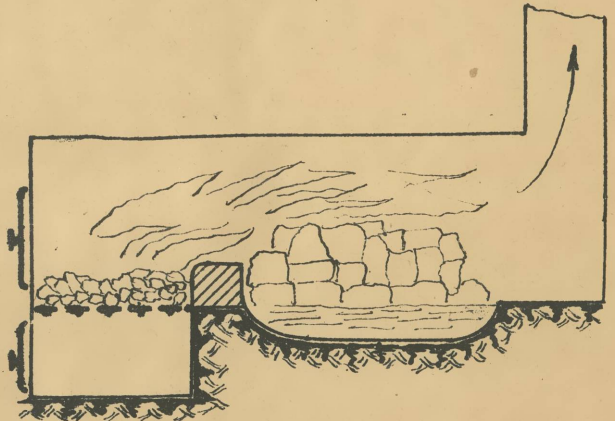
Rys. 3.



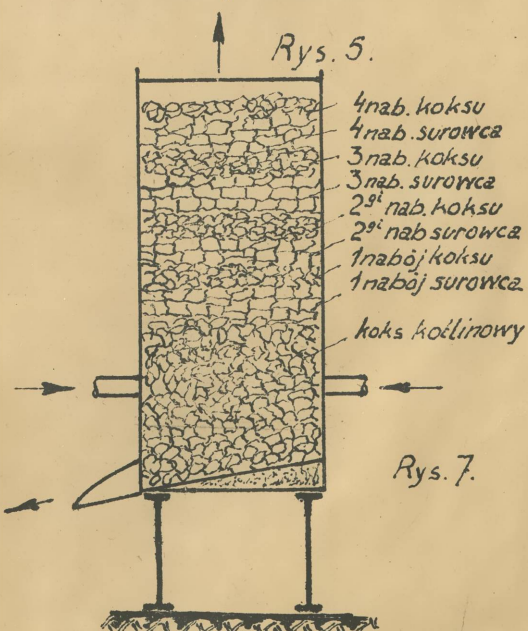
Rys. 4.



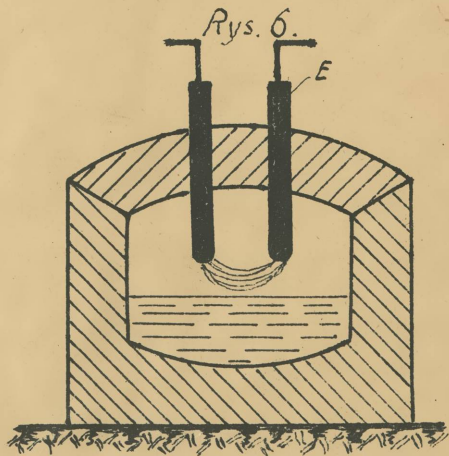
Rys. 5.



Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.

sza /60 - 80%/.

W odlewnictwie stosujemy obecnie w żeliwniach najczęściej żeliwiaki /piece kopulowe/, w staliwniach zaś marteniaki, w metaliw-
niach piece tyglowe.

Odlewanie form bezpośrednio z wielkiego pieca odbywa się dzi-
siał tylko wyjątkowo w zakładach hutniczych; u nas w bardzo małym
zakresie, jak to widać z następujących danych:

Odlewy z wielkiego pieca według sprawozdań P.H.Ż. w tonach i
w %% ogólnej wytwórczości surówki:

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 1926 | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 | 1931 |
| 1106 | 1206 | 1179 | 864 | 425 | 238 |
| 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Niektóre zagraniczne zakłady wielkopiecowe, u których w pro-
gram wytwórczości wchodzi masowa produkcja rur żeliwnych, stosują
do wyrobu rur zwykle 75% płynnego surowca z wielkiego pieca i 25%
przetopionego w żeliwiakach. W Polsce wszystkie odlewnie stosują
wyłącznie żeliwo wytapiane w żeliwiakach.

Żeliwiaki.

Każdy piec służący do przetapiania żeliwa nazywamy żeliwiakiem; ponieważ jednak piec kopułowy zdobył sobie w żeliwniach dominujące stanowisko a wyroby żeliwne wynoszą 90 - 95% ogólnej wytwórczości odlewni, słusznie poniekąd należy się mu nazwa żeliwiak, jako przodującemu reprezentantowi żeliwiaków. Całkowita nazwa powinna właściwie brzmieć "żeliwiak szybowy", w odróżnieniu do "żeliwiaka płomiennego", "żeliwiaka tyglowego", "żeliwiaka elektrycznego".

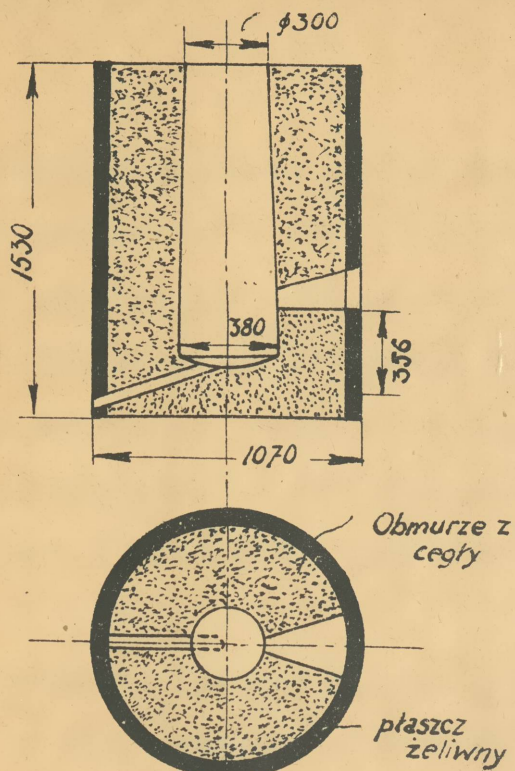
W innych językach żeliwiak oznacza piec z kopułą; tłumaczenie tej nazwy jest dwojakie. Osan - zdaje mi się niesłusznie - objaśnia ją w ten sposób, że pochodzi od kopuły sklepienia dawnych pieców płomiennych, które przez pomyłkę pomieszano z nowoczesnymi piecami szybowymi do przetapiania żeliwa. Prostsze tłumaczenie podaje Irresberger. Pierwotne piece szybowe o niedużej wysokości, stawiane po kilka w rzędzie wyposażone były we wspólny komin, który w dolnej swej części posiadał kształt kopuły.

Za wynalazcę żeliwiaka uważany jest słusznie hutnik angielski "Ironmaster" John Willkinson; w roku 1794 otrzymał on patent angielski na piec do wytapiania z rudy surowca i do przetapiania samego surowca i złomu. Piece te podobne do wielkich pieców na węglu drzewnym nazywano pierwotnie piecami Willkinsona, później cupola furnaces.

Nie należy się dziwić, że pierwotne żeliwiaki pędzone były na sposób wielkich pieców ze stosunkowo małą ilością powietrza o dużym ciśnieniu do 2000mm słupa wody. Piece Willkinsona były pierwotnie żeliwiakami ze stałym trzonem, zaopatrzonym w otwór spustowy.

Tymczasem już przedtem za czasów Reaumura /1722/ były znane małe piecyki do przetapiania żeliwa. Z temi piecykami wędrowali od miasta do miasta odlewnicy i na zamówienie odlewali ze złomu żeliwnego kociołki itp. Francuz Daubisson opisuje piec kopułowy odlewni w Gliwicach wedle wzoru Reaumura /Rys.9/. Piec kopułowy w Gliwicach pędzony był na koksie, dmuchawa dawała 11,28 $\frac{m^3}{min}$

powietrza, które doprowadzane było jedną dyszą do wnętrza pieca.



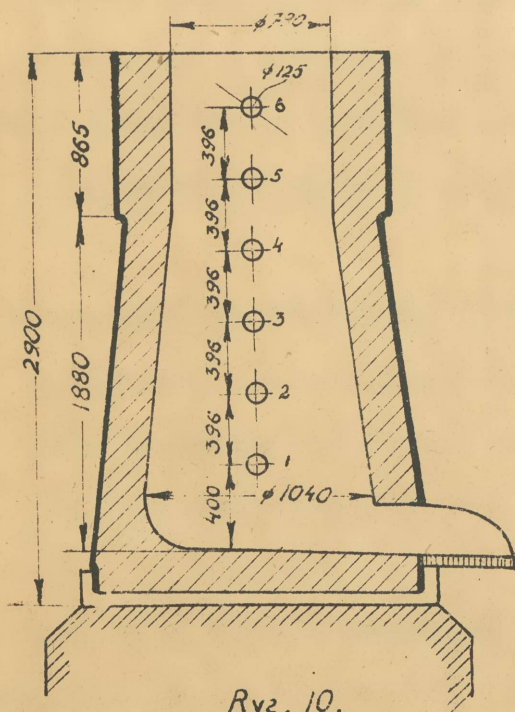
Rys. 9.

Przekrój pieca w poziomie dysz wynosił $0,11\text{m}^2$, ilość zaś powietrza 100m^3 na lm^2 i minutę.

Okolo 1810 roku tak w Angji, jakoteż na Śląsku stosowane były zwykle dwie dysze, ułożone naprzeciwko siebie; mówiono zaś, że cypolo są to wielkie piece en miniature.

Te małe żeliwiaki nie były pędzone ciągle, jak obecnie; na rozżarzony węgiel dodawano potrosze żeliwo w drobnych kawałkach tak długo, aż się węgiel spalił a na

spedzie zebrało się płynne żeliwo. Spalanie węgla przy jednej lub dwóch ciasnych dyszach odbywało się - rzecz prosta - powoli; w celu przyspieszenia spalania węgla a wskutek tego także przetapiania żeliwa z czasem powiększono ilość dysz, rozmieszczonych parami prawie na całej wysokości szybu, jak to widać z rysunku 10.



Rys. 10.

W miarę napełniania się pieca płynnym żeliwem zamykano dysze 1 do 5. Pojemność pieca do poziomu 5-go rzędu dysz wynosiła około 6 ton. Ponieważ nie stosowano żadnych topników i nie spuszczano żużla, dlatego obmurze po jednym wytopie było zwykle całkiem zniszczone. Piece tego typu budowano w Seraing nawet jeszcze w roku 1850.

Zużycie paliwa
w pierwotnych żeliwiakach.

W roku 1804 używano w Antonienhütte 76kg koksu na 100kg żeliwa, później w roku 1835 obniżyło się zużycie do około 48%; w roku 1855 spalano 30kg koksu.

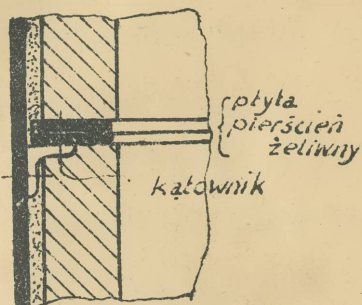
Ponieważ żeliwiak uważany był za wielki piec en miniature, a ten ostatni zużywał do wytopienia z rudy 100kg żelaza 800kg koksu, więc tak stosunkowo wysoki rozchód koksu w żeliwiaku nikogo nie raził; skoro jednak Neilson w roku 1829 zastosował pierwszy raz ogrzewanie powietrza do pędzenia wielkich pieców, żeliwiakowcy skwapliwie wynalazek ten u siebie zaprowadzali w celu wyzyskania ciepła, zawartego w gazach wylotowych, do podgrzewania powietrza dmuchu. Stosowanie powietrza ogrzanego w nagrzewnicach żeliwnych /ca 150°C/ pociągnęło za sobą obniżenie zużycia koksu z 46% na 23%; był to sukces duży, ale niekoniecznie tylko z powodu ogrzanego powietrza. Nagrzewnice żeliwne wymagały ustawicznie reparatur i były z powodu tego kosztowne. To też kiedy około roku 1860 przebłyskiwać zaczęło przekonanie, że żeliwiak to nie jest wielki piec, że należy go pędzić na sposób odmienny z dużą ilością powietrza o stosunkowo niskim ciśnieniu, kiedy żeliwiaki w ten sposób pędzone dawały daleko lepsze wyniki, zaniechano ogrzewania powietrza. I dzisiaj obowiązuje zasada, że w normalnych warunkach /dobry koks/ należy do pędzenia żeliwiaków stosować powietrze zimne.

W jednej odlewni małopolskiej jeszcze w latach 1846-1852 pędzono żeliwiaki wyłącznie na węglu drzewnym, przeważnie miękkim i zużycie wynosiło 38-48%; od roku 1853 stosowano do podpałki węgiel drzewny a do pojedynczych nabojów mieszankę koksu i węgla drzewnego w stosunku wagowym 80:20%. Oszczędność wynosiła 23kg, tj. około 50% dawniej używanej wagi węgla drzewnego i wynosiła przy cenie węgla drzewnego 3,42 i 6,92 koksu około 25% dawnego wydatku na paliwo. Ostatecznie w roku 1876-1885 zastąpiono węgiel drzewny prawie zupełnie koksem; zużycie koksu było 11,5 do 9,2kg, a zatem stosunkowo bardzo niskie. Piece kopulowe pędzono już wówczas w zupełnie odpowiedni sposób.

Nowoczesny żeliwiak "normalny" /bez zbiornika/.

Na 4 słupkach żeliwnych ustawiamy płaszcz z grubej blachy - nitowany lub spawany, o wysokości H + 150 względnie 200mm, zaopatrzone w otwory dla dysz, spustowy dla żużla i żeliwa; tz. skrzynię wiatrową przymocujemy do płaszcza zapomocą nitów. Na osobnych dźwigarach stawiamy komin z blachy żelaznej, zaopatrzone

w górnej części zaś przede wszystkim na ucisk i tarcie opadającego słupa przetworowego. Ponieważ zwykle po kilkugodzinnem topieniu przerywamy ruch pieca i chłodzimy go niekiedy szybko w celu umożliwienia dokonania naprawy, obmurze całe narażone jest na ciągłe zmiany temperatury. Dlatego tworzywo stosowane do wymurowania że-

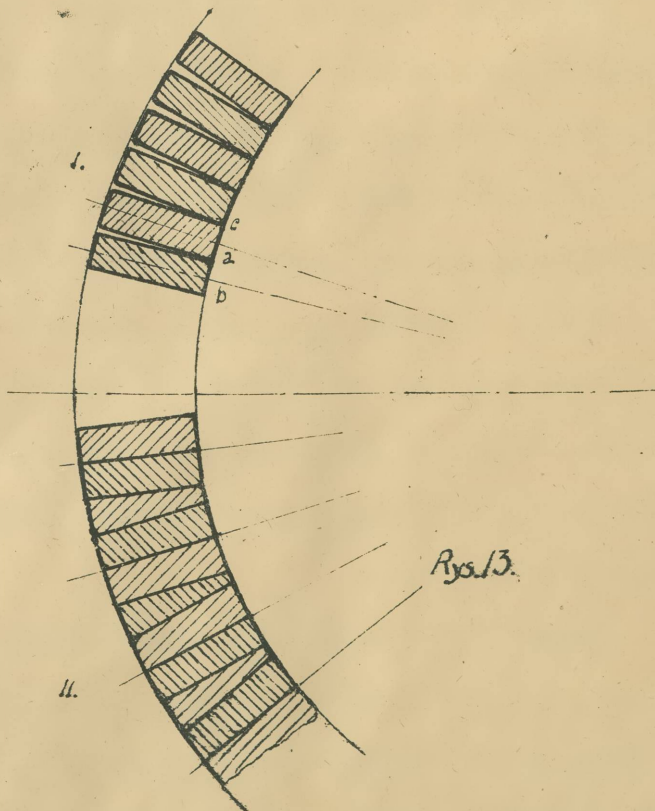


Rys. 12.

liwiaka powinno być odporne na zmiany temperatury, nie powinno pęcznieć przy ogrzewaniu a pękać podczas chłodzenia; w dolnej części pieca wyłożenie winno być odporne na działanie żużla, w strefie spalania zaś wytrzymywać winno wpływ wysokiej temperatury; w górnej części pieca cegły muszą być przede wszystkim bardzo dobrze wypalone i

twarde. Wykonanie obmurzy wymaga dużej staranności. Szczeliny pomiędzy pojedynczymi cegłami powinny być jaknajmniejsze /1mm/; w tym celu nie nakładamy na pojedyncze cegły zaprawy w tak grubych warstwach, jak to czynią murarze przy wykonywaniu murów z cegieł zwyczajnych /czerwonych/, lecz zaprawę ogniotrwałą nakładamy w małej ilości i docieramy cegłą, która ma spocząć na powierzchni cegły dolnej.

Wykonując obmurze szybu z cegieł formatu normalnego, więc wównoległościanu prostokątnego, otrzymalibyśmy układając cegły wzdłuż obwodu koła wewnętrzne- go duże klinowe szczeliny /I/, któreby w miarę niszczenia się obmurzą coraz bardziej się rozszerzały; aby tego uniknąć co 3 lub 4-tą cegłę normalną ścinamy w klin /II/.

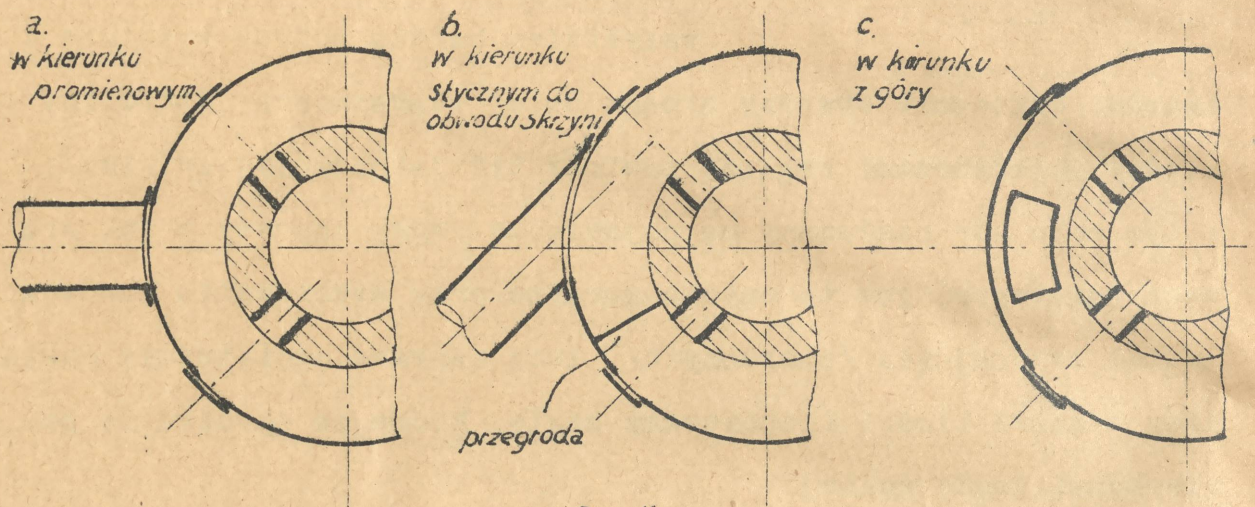


Rys. 13.

Spód pieca ubijamy przez dwie robocze na domkniętej pokrywie dwudzielnej /z/ po każdym topieniu o płasku formierskiego o grubości 150 da

200 mm zależnie od średnicy żeliwiaka; w kierunku spustu spód pieca jest nachylony.

Skrzynia wiatrowa /Sk/ składa się z blachy żelaznej, nitowanej. Zwykle przyjmuje się jej wymiary tak duże, aby jej objętość równała się conajmniej ilości dmuchu na sekundę. Szerokość skrzyni wiatrowej równa się lub większa od 150mm. Naprzeciwko każdej dyszy urządza się w skrzyni wiatrowej otwór, zamykany żeliwnymi drzwiczkami z okienkiem z lupku przezroczystego, służący do kontrolowania dyszy i do jej czyszczenia za pomocą drąga żelaznego. Przy żeliwiakach małych skrzynia wiatrowa odlana jest z żeliwa. Do skrzyni wiatrowej doprowadzamy powietrze w ten sposób, by otwór wpustowy znajdował się pomiędzy dwoma dyszami. Wykonanie może być trojaki:

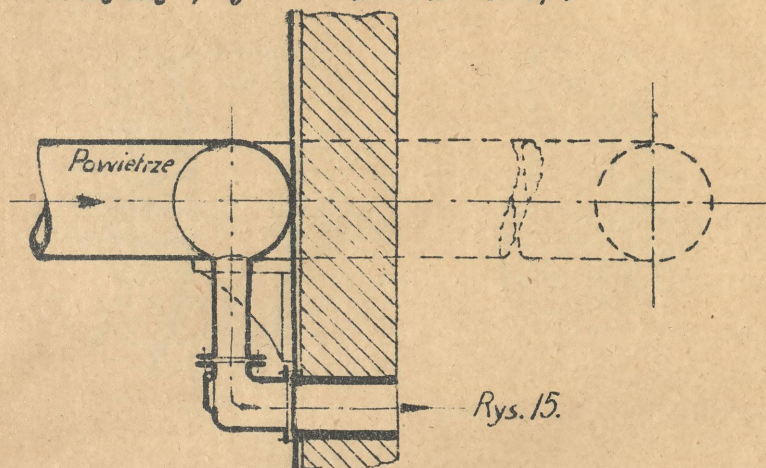


Rys. 14.

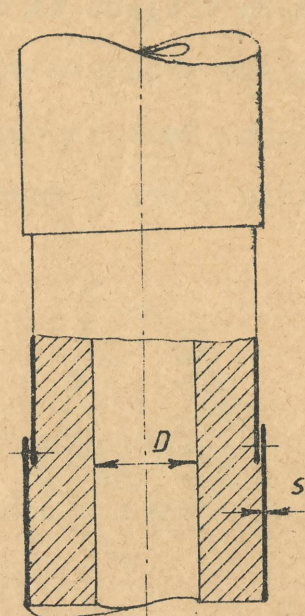
Skrzynię wiatrową umieszczamy zwykle w okolicy dysz w celu chłodzenia pieca w strefie najbardziej gorącej; rzadko spotyka się skrzynię wiatrową otaczającą prawie cały sztyb pieca, jest to konstrukcja dosyć droga, uzasadniana wyzyskiwaniem promieniującego przez płaszcz ciepła dla podgrzania powietrza \approx /ca 50 - 70°C/. Często spotykamy zamiast skrzyni wiatrowej osobny pierścień rurowy, z którego do każdej dyszy wprowadzamy dmuch osobno. W tym wypadku rezygnujemy zupełnie z zamiaru chłodzenia pieca w strefie spalania, jakoteż podgrzewania powietrza - bez żadnego uszczerbku.

Płaszcz pieca składa się z części blaszanych, połączonych nitami. Grubość blachy wynosi zależnie od wielkości pieca 7,5 do 22,5 mm, w dolnej części dajemy zwykle blachę grubszą. Na ogół grubość bierzemy wedle wzoru: $s = 15D$ w którym D oznacza wewnętrzną średnicę żeliwiaka w metrach, a grubość blachy w mm.

Dysze, przez które przechodzi powietrze do wnętrza żeliwiaka, są to rurki żeliwne o różnym kształcie i różnym przekroju. Przekrój dysz jest albo okrągły albo prostokątny, kwadratowy, eliptyczny lub trójkątny. Przekrój dysz często nie jest równy na całej długości dyszy; przechodzi z przekroju okrągłego w przekrój owalny albo z kwadratowego w przekrój prostokątny /dysze wachlarzowe/.

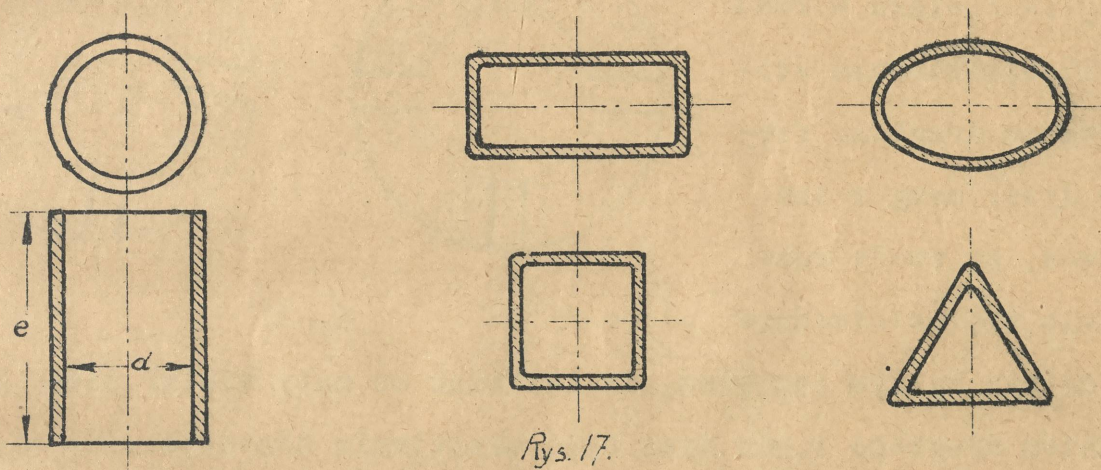


Rys. 15.



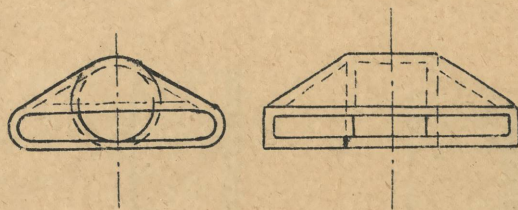
Rys. 16.

Wymienione wyżej dysze są typu pojedynczego; istnieją także dysze złożone, jak np. Dysze Lawrence'a lub dysze żeliwiaka



Rys. 17.

Newtona, złożone właściwie z 3 dyszy; 2 dysze zewnętrzne /a/ rozszerzają się w kierunku wnętrza żeliwiaka, trzecia środkowa /b/ zwęża się.

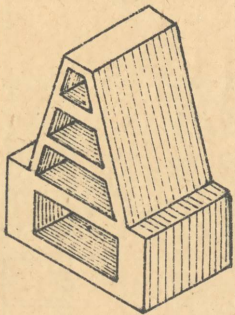


Rys. 18.

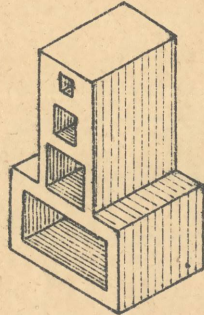
Ułożenie dysz może być a/ poziome w kierunku promienia

lub w kierunku stycznej do koła o średnicy d , b/ skośne, c/ prostopadłe /Krigar/ i d/ środkowe. Ułożenie skośne i prostopadłe ma na celu obniżenie strefy spalania i zmniejszenie nasutek tego zgaru żeliwa. Przy żeliwiakach o dużych średnicach powietrze nie dochodzi do środka i wydajność na godzinę jest

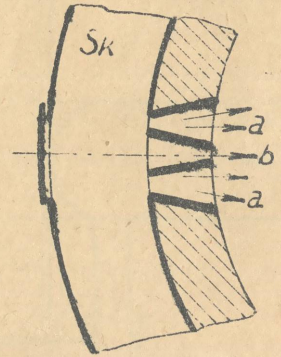
stosunkowo mała. Z tego powodu zastosował Amerykanin West prócz dysz bocznych także jedną dyszę środkową, umieszczoną na końcu rury doprowadzającej powietrze. Przy małych żeliwiakach jest za mało miejsca na dwudzielną pokrywę na spodzie pieca, dlatego dysze środkowe można stosować przy żeliwiakach o dużych średnicach. West twierdzi, że dysza wbudowana w roku 1901 była jeszcze dobra w roku 1908.



Geiger. III.



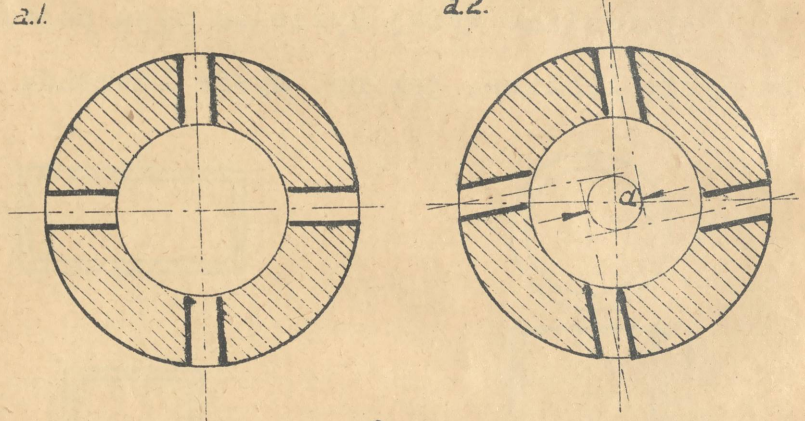
Rys. 19.



Żeliwiaki

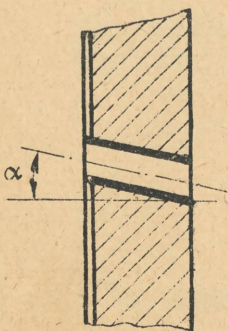
z dwoma rzędami dysz. a.1.

Anglik Ireland w roku 1858 opatentował stosowanie drugiego rzędu dysz; mamy w tym dowód, że wtedy rozstano się ostatecznie

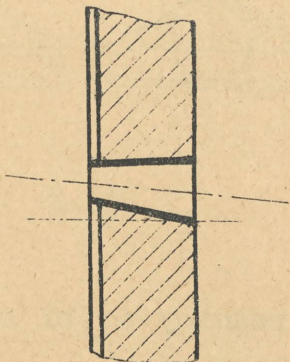


Rys. 20.

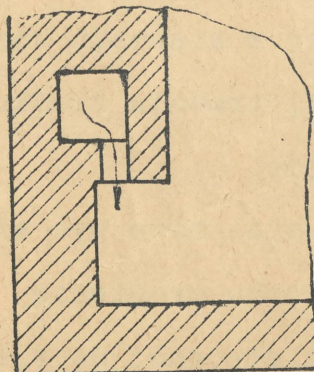
z dawnym mylnym poglądem, iż żeliwiak to mały wielki piec. Zadaniem drugiego rzędu dysz było ułatwienie doprowadzania większej ilości powietrza do pieca. Dolny rząd składał się zwykle



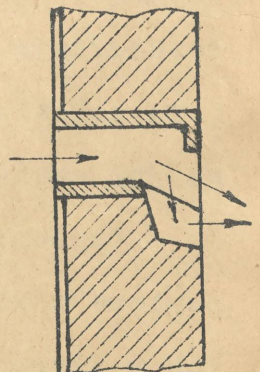
Geiger. III.



Rys. 21.



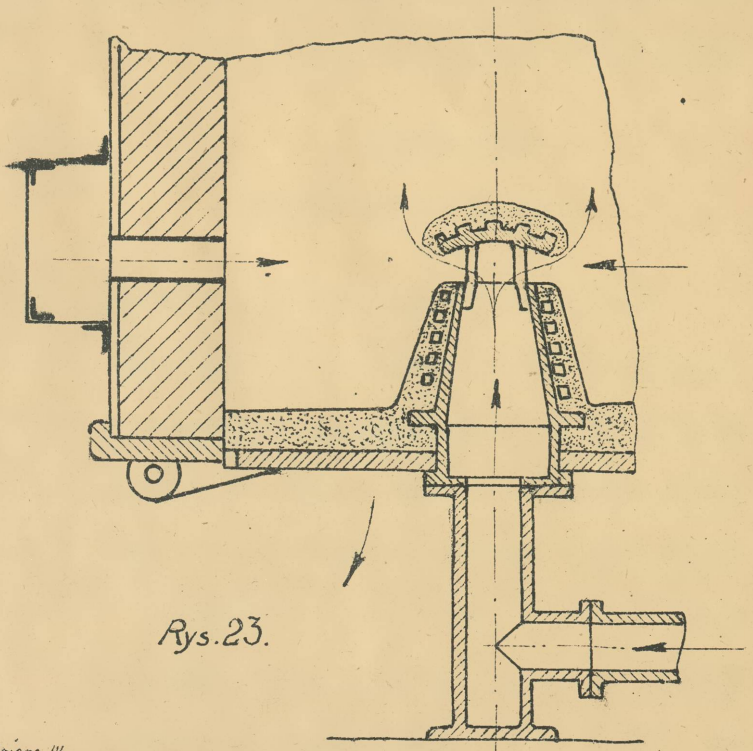
Geiger. III.



Rys. 22

większych, górny rząd z ośmiu dysz mniejszych puszcanych w ruch po rozpoczęciu się topienia. Pierwotne żeliwiaki tego typu były

w strefie dysz zwężone; średnica szybu i trzonu pieca były natomiast równe. Zużycie koksu wynosiło 13,5% łącznie z koksem kotlinowym. Wynik tak dobry spowodował, że Ireland znalazł dużo naśladowców. Żeliwiaki z dwoma rzędami dysz stały się modne. Tymczasem te dobre wyniki nie zależały tak bardzo od drugiego rzędu



dysz, lecz od większej ilości powietrza, wprowadzanego do pieca w jednostce czasu. Niestety nikt wówczas nie mierzył ilości powietrza; charakterystykę żeliwiaka określano wówczas, podając tylko ilość i wymiary dolnych i górnych dysz, jakoteż ciśnienie powietrza i średnicę pieca. Żeliwiak Ireland-Gerhardi miał średnicę trzonu 960mm, średnicę zaś przestrzeni spalania połowę poprzedniej, przekrój dysz wynosił $q=4 \cdot 1,3 + 8 \cdot 0,68 = 10,64 \text{ dm}^2$. Produkcja wynosiła 2,25 do 2,6t płynnego żeliwa na godzinę, przy ciśnieniu 400mm słupa wody. Nabój składał się z 250kg żeliwa i 25kg koksu. Przy przekroju żeliwiaka w strefie spalania 18 dm^2 stosunek przekroju dysz do przekroju pieca na poziomie dysz równał się $10,64 : 18 = 1 : 1,7$ a na jeden metr kwadratowy przekroju żeliwiaka na tym samym poziomie wypada około 13000kg płynnego żeliwa w godzinie, co osiągnąć można było tylko przy stosunkowo bardzo dużej ilości powietrza. Nie należy się także dziwić, że do drugiego rzędu dysz przyglnął pogląd, iż zgań jest większy, niż w żeliwiakach o jednym rzędzie dysz.

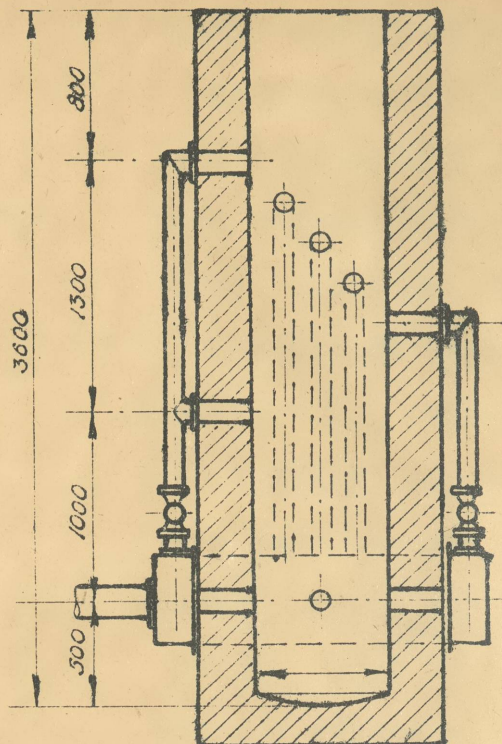
Jeżeli odstęp górnego rzędu dysz od dolnego wynosi mniej niż połowę średnicy, to ostatecznie obydwa rzędy razem nie rozszerzają znacznie strefy spalania i właściwie w tym wypadku nie powinno się mówić o drugim rzędzie dysz - dopiero wtedy należy tak mówić, gdy odstęp jest większy od połowy średnicy.

W każdym razie dysze w górnym rzędzie układamy nie nad dyszami dolnymi, lecz pomiędzy nimi.

Żeliwiaki

z pomocniczymi dyszami.

Żeliwiak firmy Greiner i Erpf, puszczony jako pierwszy w odlewni Ganz i Co w Budapeszcie w roku 1885, narobił swego czasu w odlewniach dużo hałasu przeważnie z powodu niskich cyfr zużycia koksu, które to cyfry jednak były fałszywe. Ze skrzyni wiatrowej prowadzo-



Rys. 24.

no powietrze osobnymi rurkami do dysz rozmieszczonych na całej wysokości szybu w celu spalania uchodzącego tlenku węgla na CO_2 . Głoszono, że przy próbnym topieniu zużyto raz 3,88kg, drugi raz 3,95kg koksu wsadowego na 100kg żeliwa i że w pierwszym wypadku całkowite zużycie koksu wynosiło 6,68%, w drugim 5,94%. Żeliwiak ten o średnicy 700mm przetapiał 4t wsadu na godzinę, tj. 10,39t na godzinę 1 m².

Przypuśćmy, że ilość koksu kotlinowego wynosiła w obydwu wypadkach 160kg, wtedy ilość wsadu przetopionego jednorazowo możemy obliczyć:

$$\text{w pierwszym wypadku: } /6,68x - 3,88/ : 100 = 160$$

$$x = 5700\text{kg.}$$

$$\text{w drugim wypadku: } /5,94x - 3,95/ : 100 = 160$$

$$x = 8000\text{kg.}$$

Przyjęcie 160kg koksu kotlinowego jest uzasadnione następującym rozumowaniem. Woksy kotlinowy sięga około $D/2$ ponad dysze główne, a zatem: $0,35^2 \cdot \pi / (0,5 + 0,35) \cdot 480 = 162 \text{ kg}$.

Jeżeli na godzinę żeliwiak dawał 4t żeliwa, to czas trwania przetopu wynosił w pierwszym wypadku około 1,5^h, w drugim 2 godziny. Teoretyczna ilość koksu wsadowego na 100kg wsadu wynosi: $/320 \cdot 100/ : 7500 = 4,3$; cyfry 3,88 i 3,95kg są więc fałszywe. Oszustwo przy takich próbnym wytopach polegało na tem, że niby przy "suszeniu naprawionej wyprawy" rozpalano silnie całe

obmurze, którego ciepło przez 1,5 do 2 godzin wystarczało do podtrzymywania wysokiej temperatury w kotłobie i strefie spalania. Gdyby topienie trwało 3 lub 4 godziny, napewno żeliwo byłoby niezdatne do użytku

Żeliwiaki ze zbiornikiem.

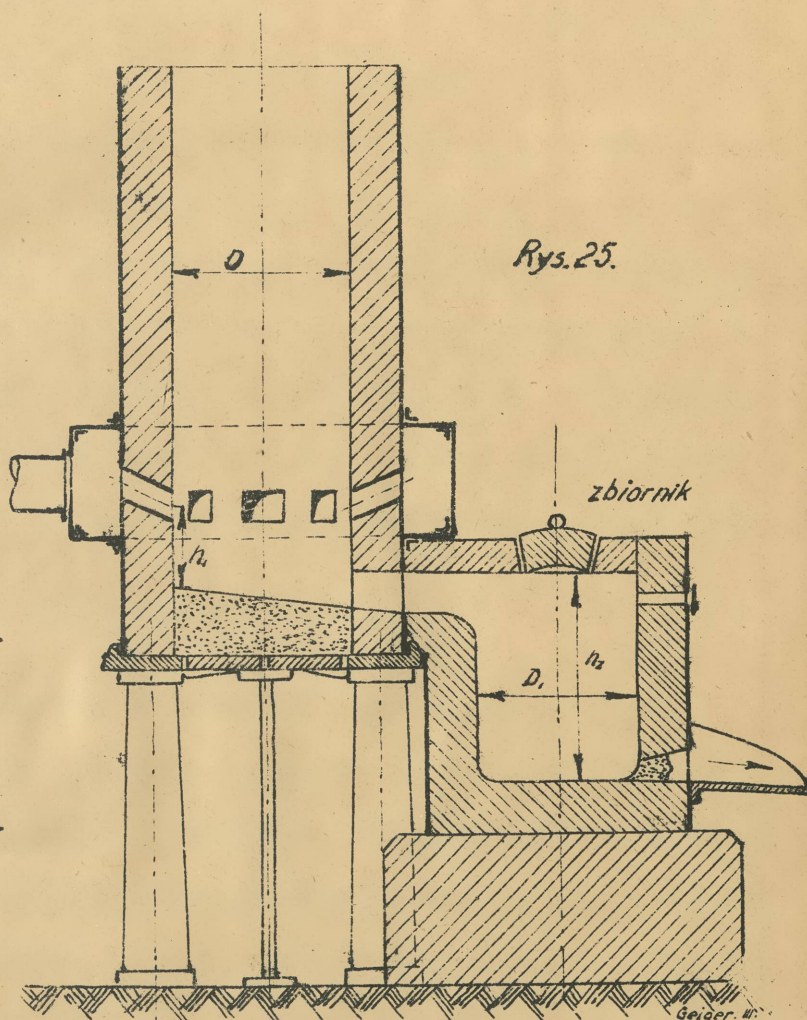
Zbiornikom przypisujemy dwojaką korzyść: 1/ gromadzenie większej ilości płynnego żeliwa do wykonania dużego odlewu, 2/ usuwanie wpływu węgla i siarki, zawartych w koksie, na skład chemiczny żeliwa płynnego. Te same korzyści możemy mieć, stosując "stałą kadź", do której stale bez przerwy ścieka płynne żeliwo, aż się napełni. Stała kadź zaopatrzona jest w spust tak, jak zbiornik. W

zbiorniku jednak trzyma się dłużej ciepło.

Przy żeliwiakach ze zbiornikiem względnie z ciągłym wyciekaniem płynnego żeliwa do stałej kadzi dysze układamy niżej, mniej więcej na wysokości równej lub mniejszej od połowy średnicy nad spodem pieca.

Średnica zbiornika równa się zwykle średnicy wewnętrznej żeliwiaka albo jest 15 do

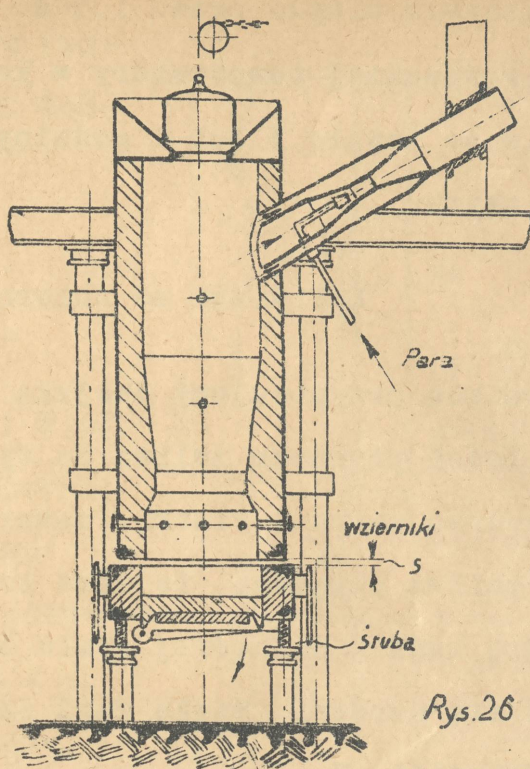
25% większa; wysokość zbiornika $/h_2/$ równa się mniej więcej średnicy żeliwiaka. Pojemność zbiornika jest co najmniej dwa razy tak duża, jak pojemność kotliny żeliwiaka, napełnionej kawałkami koksu.



Żeliwiaki pędzone powietrzem ssanem.

Próby dokonane w roku 1853 przez Zintgrafa, w roku 1857 przez Anglika Claya i w 1865 przez Canhama i Hiltona, jakoteż Wood-

warda niedawa-
 ły zadawalają-
 cych wyników.
 Dopiero w roku
 1883 inż. Sah-
 ler i konsul
 Herbertz pu-
 ścił w ruch że-
 liwiak tego ty-
 pu, co było na-
 stępstwem zaka-
 zu budowania że-
 liwiaków pędzo-



nych dmuchem w miastach. Prąd pary o 4,5 atmosfery w rurce o średnicy 9mm wytwarzał na wysokości 1m ponad szczeliną s depresję 40 do 60 mm słupa wody. Spalanie koksu odbywało się wskutek tego powoli i wydajność na godzinę była bardzo mała. Piece takie nie mogą konkurować z żeliwiakami pędzonymi dmuchem /powietrzem sprężonym o ciśnieniu 300 do 1200 mm słupa wody/ i nie są stosowane. Swego czasu - jak twierdzi Hurst - żeliwiaki Herbertza były bardzo rozpowszechnione w miastach angielskich.

Szczegóły konstrukcji żeliwiaków.

Profil wewnętrzny obmurza przez całe dziesiątki lat był wzorowany na profilu wielkich pieców z małymi zmianami: szyb szeroki, cylindryczny, zwężenie w strefie spalania - kotlina rozszerzona w celu zwiększenia pojemności płynnego żeliwa. Zwężenie w strefie dysz miało na celu ułatwienie przenikania powietrza do środka żeliwiaka - było to prawie konieczne z powodu słabych wentylatorów. Dzisiaj możemy stosować dowolne ilości powietrza o dowolnie wysokim ciśnieniu, dlatego zwężenie prześwitu pieca w strefie spalania jest zupełnie zbyteczne.

Jak później zobaczymy, wydajność żeliwiaka względnie ilość wprowadzanego powietrza na jednostkę czasu zależy przede wszystkim od średnicy żeliwiaka w strefie spalania i od jego wysokości H a raczej od wysokości szybu napełnionego warstwami wsadu h_3 . Jeżeli stosunki lokalne nie zezwalają na zachowanie wyso-

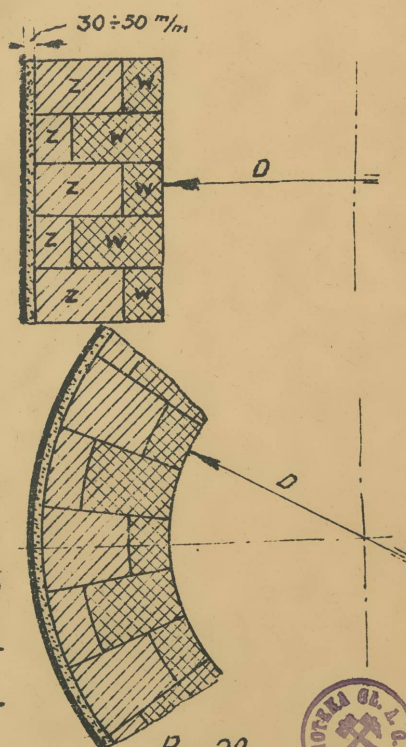
kości h_3 przy średnicy D , wówczas nie pozostaje nic innego, jak powiększyć średnicę szybu D_1 , aby pojemność wsadu była większa.

Dzisiaj wszystkie normalnie budowane żeliwiaki posiadają profil jednolity - cylindryczny - na całej wysokości albo trochę rozszerzający się w kierunku zgóry nadół; w ostatnim wypadku zawieszanie się naboju jest utrudnione, jakoteż tarcie słupa przetworowego o ściany obmurza zmniejszone. Przekrój profilu na całej wysokości jest kolisty.

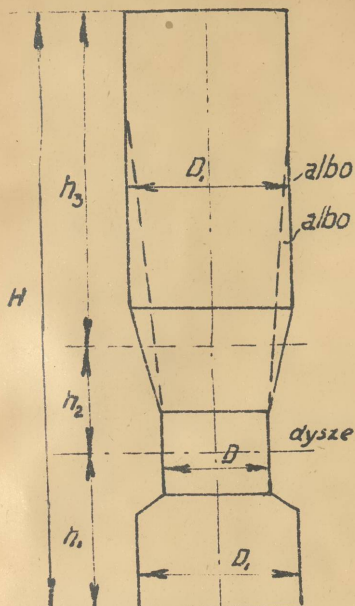
Grubość ścian obmurza waha się pomiędzy 150 mm przy żeliwiakach o średnicy 600mm a 300mm przy średnicy żeliwiaka 1250mm i więcej. W żeliwiakach stalownianych o dużych średnicach /2 do 3m/ grubość obmurza jest zwykła większa,

choć w ostatnim czasie często stosuje się mniejsze grubości, niż dawniej.

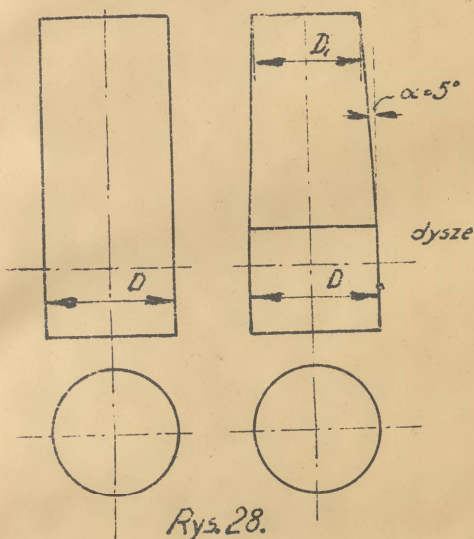
Zwykle układamy dwie warstwy cegieł /Rys.29/. Warstwę wewnętrzną wykonujemy z lepszych, droższych cegieł, zewnętrzną z tańszych. Obydwie warstwy składają się z długich /Z,W/ i krótkich cegieł /z,w/. Należy uważać, by zniszczenie nie sięgało aż do warstwy zewnętrznej; wymieniamy tylko warstwę wewnętrzną w momencie kiedy jeszcze nie jest zupełnie zniszczona; małe cegły zastępujemy połowami pozostałymi z dużych, a nowe duże wkładamy. Jest to robota dosyć uciążliwa, dlatego stosujemy ten sposób wykonania obmurza tylko w strefie wysokiej temperatury.



Rys.29.



Rys.27.

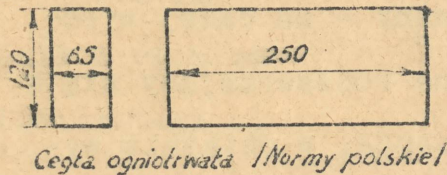


Rys.28.

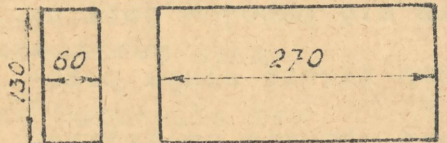
Pomiędzy płaszczyzną a zewnętrzną ścianą obmurza pozostawiamy wolną przestrzeń 30 do 50mm.

Aby szwy były jaknajcieńsze stosować należy zaprawę ciekłą, składającą się z 33% mączki szamotowej i 67% drobnego piasku kwarcowego z niewielkim dodatkiem ogniotrwałej gliny.

Cegły normalne są - jak wiadomo - znormalizowane, nato-



Cegła ogniotrwała /Normy polskie/

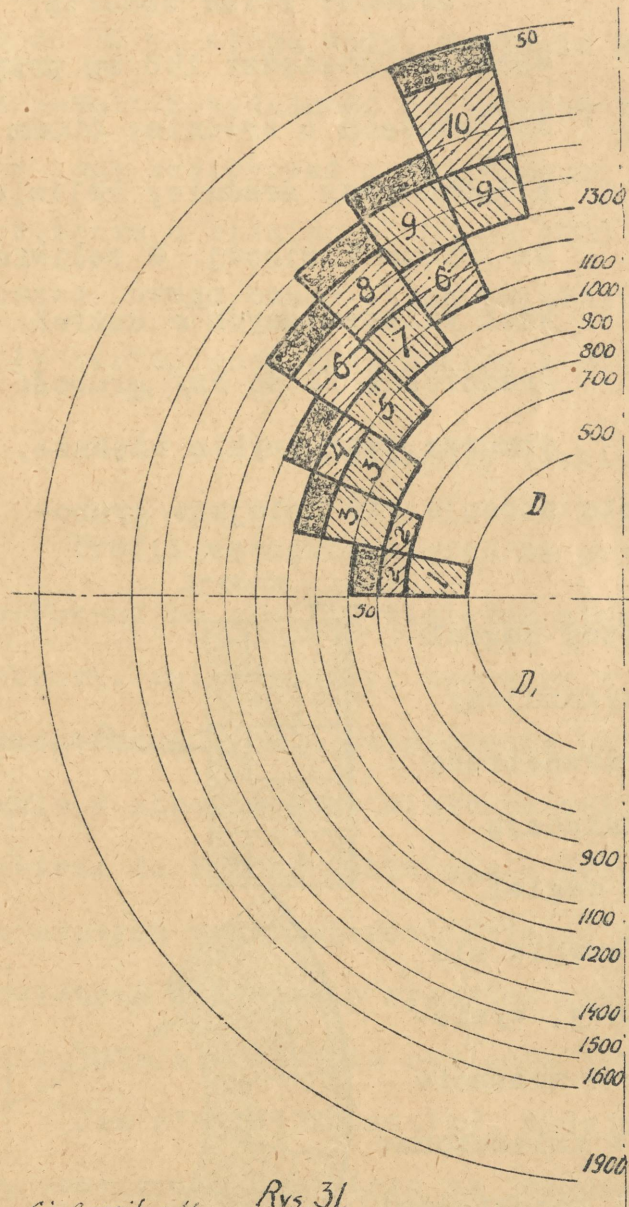


Cegła czerwona /Normy polskie/

Rys. 30.

miast sprawa normalizacji cegieł żeliwowych nie wyszła jeszcze z okresu debat. Nad tą kwestją pracowało Koło Odlewników w Warszawie.

Dla orientacji podaję poniżej projekt normalizacji cegieł żeliwowych i średnic wewnętrznych żeliwów wedle danych niemieckich.



Gießereihandbuch. Rys. 31.

a więc przy 26 stożku Segera.

Dla całości i orientacji podaję poniżej skalę stożków Segera:

| D | D ₁ | s | S |
|------|----------------|----|-----|
| 500 | 900 | 50 | 150 |
| 700 | 1100 | 50 | 150 |
| 800 | 1200 | 50 | 150 |
| 900 | 1400 | 50 | 200 |
| 1000 | 1500 | 50 | 200 |
| 1100 | 1600 | 50 | 200 |
| 1300 | 1900 | 50 | 250 |

Wysokość cegieł ustalono na 250mm.

Normalne kształtki szamotowe niemieckie projektowano:

250.123.65

253.123.72

230.115.65

Jak wiadomo materiałem ogniotrwałym nazywamy materiał, który topi się około 1580°

| | | | |
|-------------------|-----------|----------|-------------------------------|
| N ^o 26 | odpowiada | 1580° C. | |
| " 27 | " | 1610 " | |
| " 28 | " | 1630 " | słabo ogniotrwały materiał. |
| " 29 | " | 1650 " | |
| ----- | | | |
| " 30 | " | 1670 " | |
| " 31 | " | 1690 " | |
| " 32 | " | 1710 " | średnio ogniotrwały materiał. |
| " 33 | " | 1730 " | |
| ----- | | | |
| " 34 | " | 1750 " | |
| " 35 | " | 1770 " | wysoko ogniotrwały materiał. |
| " 36 | " | 1790 " | |
| ----- | | | |

Zasadniczym materiałem wyłożenia kopulaków jest szamota, były jednak próby stosowania innych materiałów.

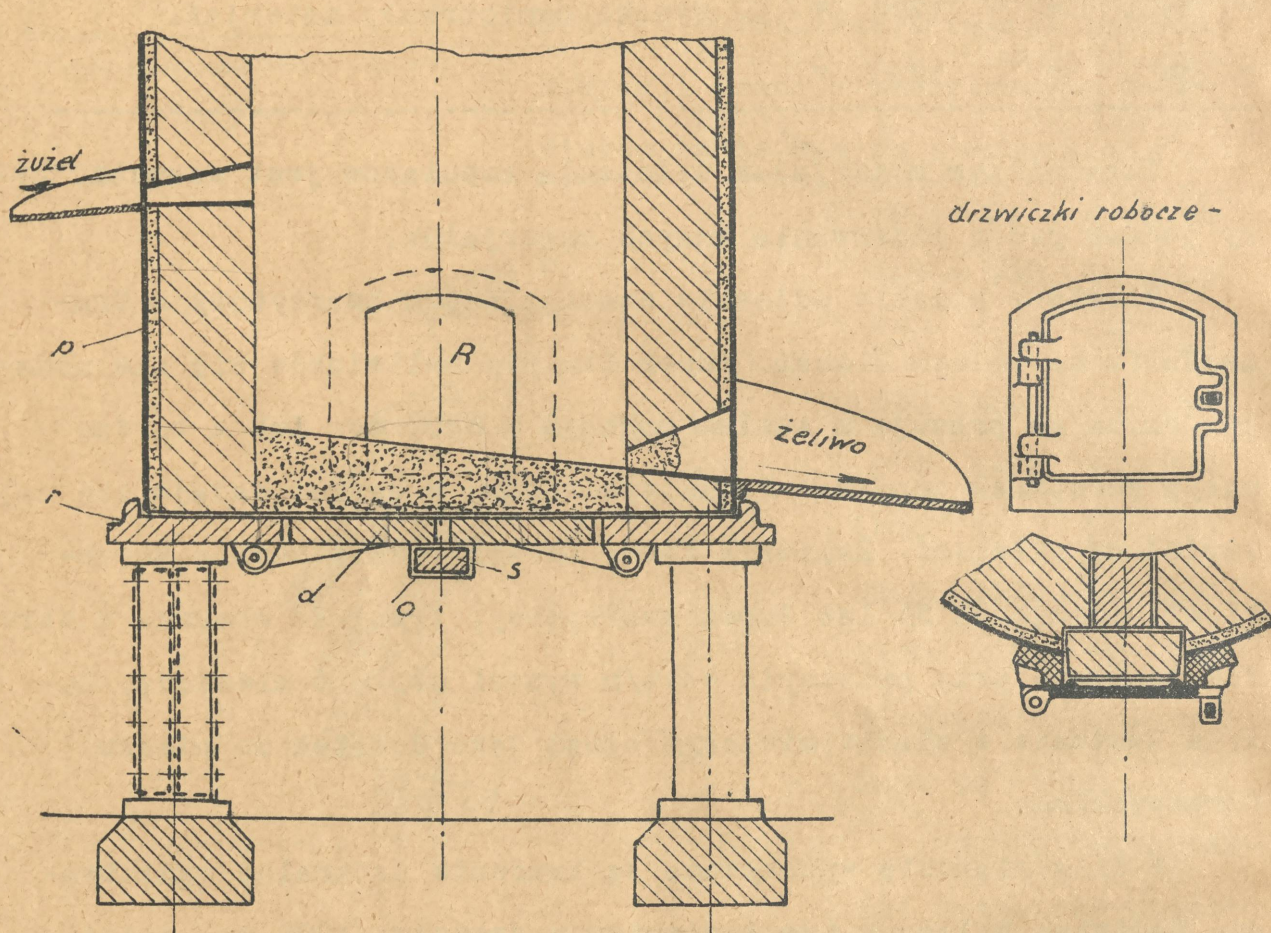
Niektóre polskie odlewnie stosują łupek kwarcytowy z Crumendorfu na Dolnym Śląsku. Łupek ten dla żeliwiaków się nie nadaje, chyba że pracują z żuzłem bogatym w SiO_2 bez lub z bardzo małym dodatkiem topnika. Pęcznieje bardzo w ogniu; nadaje się najlepiej do sklepień. Żeliwnia firmy "Bracia Uxa w Bernie Morawskim" stosuje od 35 lat łupek kwarcytowy; trwałość obmurza w strefie topienia przy przetopie 4-5t/h wynosi około 6 miesięcy. Zużyte kamienie w stanie mielonym służą jako dodatek do piasku formierskiego.

W Siegerlandzie wydobywane są kamienie naturalne ogniotrwałe. Żeliwiak wyłożony tym kamieniem o średnicy 1000 mm, wydajności 6,5-7,2 t/h wymagał wymiany obmurza dopiero po 12-13 miesiącach. Drugi żeliwiak o średnicy 800mm, wydajności 5 t/h wykazał, że na 50t przetopionego żeliwa rozszerzała się średnica o 20mm; zużycie kamienia naturalnego 2 kg/t żeliwa.

Niektóre odlewnie stosują zamiast cegieł masę plastyczną rodzaj tłustego piasku ogniotrwałego o zawartości 90% SiO_2 i 8% Al_2O_3 , który pod niewłaściwą nazwą "kaolinu surowego" znajduje często zastosowanie do wykonywania obmurza żeliwiaków w okolicach, w których znachodzi się ten piasek w dużych ilościach. Trwałość obmurza z lepkiego piasku kwarcytowego jest dobra z powodu braku szczelin; całe obmurze stanowi jednolitą masę. Ubi-

ianie z masy nie wymaga kwalifikowanych robotników a trzeba - jak twierdzi reklama - tylko połowę czasu, który potrzebny jest do wymurowania obmurza z cegieł normalnych.

Na żeliwnych słupkach, chronionych przy większych żeliwiakach osłoną z blachy, spoczywa pierścień żeliwny /r/, na którym stawiamy żeliwiak. W celu łatwiejszego wypróżniania po ukończeniu topienia urządzamy denko żeliwne albo blaszane a przy dużych żeliwiakach dwudzielne, zawieszane na zawiasach. Dwudzielne denko podpieramy albo osobnym słupkiem albo sztabą żelaza /s/, włożoną do z boku umieszczonych uszu /o/.



Rys. 32.

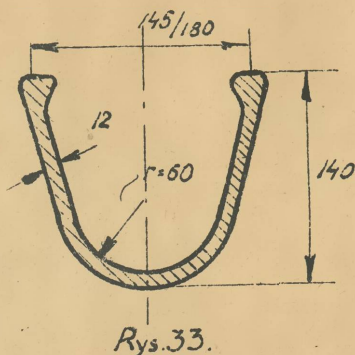
W dolnej części płaszczą znajduje się otwór spustowy i rynna spustowa; prócz tego otwór roboczy /R/, zamykany drzwiczkami żeliwnymi. Nieco wyżej tuż pod dyszami znajduje się otwór żuźlowy. Przy małych żeliwiakach otwór roboczy urządzamy w tem samym miejscu, co otwór spustowy dla żeliwa, w tym wypadku rynnę otworu spustowego przymocowujemy do drzwiczek otworu roboczego, w których umieszczony jest także otwór spustowy. Rynnę spustową wykonuje się albo z żeliwa albo z blachy, długość około 1 metra.

Majster odlewniczy pewnej żelwni nad Renem skonstruował przyrząd do zatykania otworu spustowego żeliwiaka. Przyrząd ten jak słyhać - jest w praktyce zupełnie poręczny.

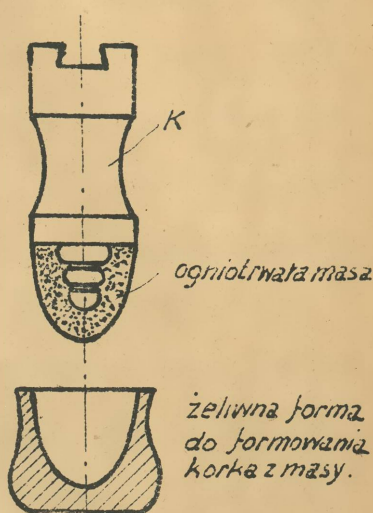
Na osi b przymocowana jest nad spustem sztaba żelazna zakończona korkiem k, którego koniec oblepiony jest masą ogniotrwałą. W odległości około 700mm na bok od otworu spustowego na osi umocowana jest ramię z rączką tak, że robotnik jest tu zawsze zabezpieczony przed wypadkiem z powodu rozpryskiwania kropli płynnego żeliwa. Sam otwór spustowy wynosi 30mm średnicy.

Jeżeli piecowy przez nieuwagę nie wypuści na czas żużła, to dysze zalewają się żużlem; dzieje się to także przez żu-

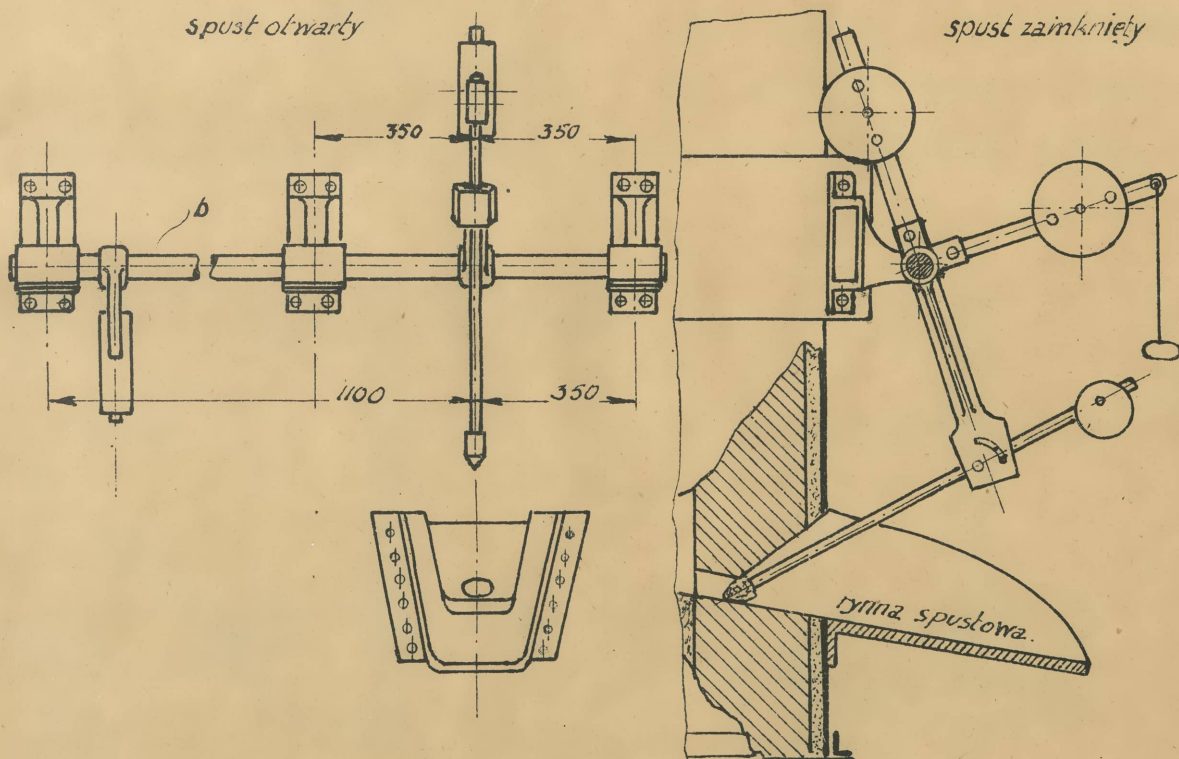
żel spływający z góry wzdłuż obmurza. Dysze zalane częściowo lub całkiem żużlem mają za mały przekrój; jeżeli pędzimy żeliwiak wentylatorem zwykłym, wtedy wskutek zmniejszonego przekroju ilość powietrza maleje, topienie opóźnia się i tempera-



Rys. 33.



Rys. 34.



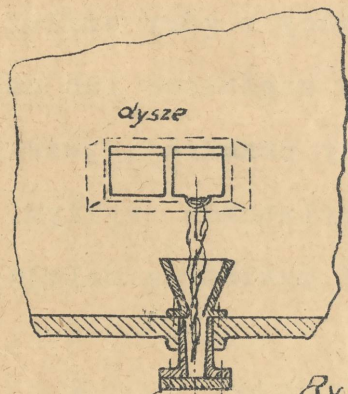
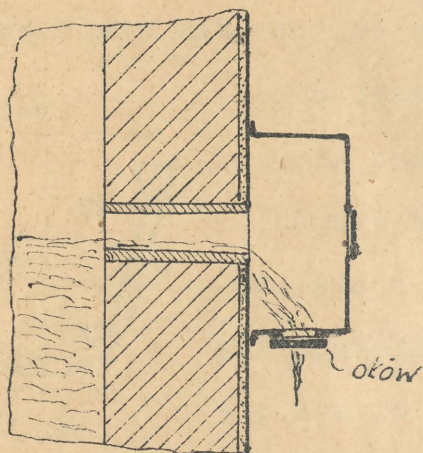
Rys. 35.

Os 27

tura żeliwa się zmniejsza; jeżeli żeliwiak pędzony jest dmuchawą, wtedy ciśnienie powietrza się powiększa i motor niekiedy narażony jest na spalanie. Dmuchawą wprowadzie doprowadza z początku tę samą ilość powietrza do żeliwiaka, ale topienie odby-

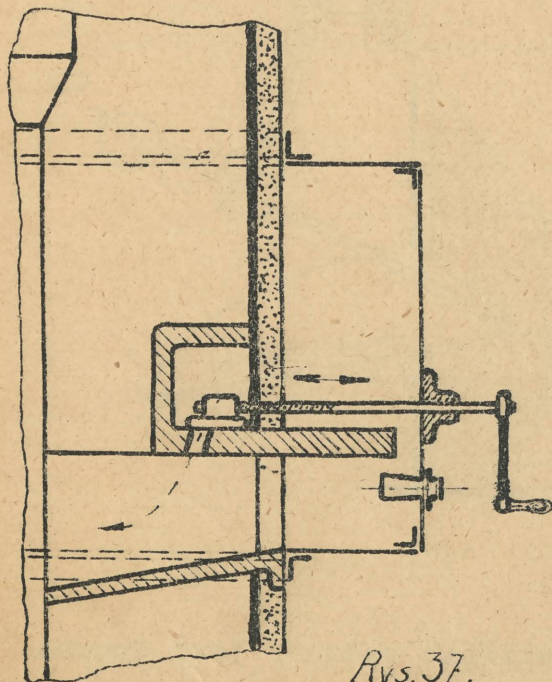
wa się nie na całym przekroju. Piec zaczyna iść "bokiem" w wskutek za dużego ciśnienia zgar żeliwa jest niepomierne duży. Dmuchawa jest o tyle lepsza, że wskazuje wzrost ciśnienia na manometrze i przypomina piecowemu o potrzebie oczyszczenia dysz. Wentylator przy zażużlonej dyszy nie wykazuje znacniejszego powiększenia ciśnienia, biegnie lżej i zużywa mniej kilowatów. Naturalnie ze znacznego zmniejszenia amperażu możnaby wnioskować, że jedna lub więcej dysz jest zalanych.

W Ameryce stosują żeliwnie następujący sposób sygnalizowania ściekania żużla lub żeliwa płynnego do skrzyni wiatrowej. W dolnej ścianie skrzyni wiatrowej sporządza się otwór, zamykany płytą ołowianą. Skoro tylko przez dysza przecieknie trochę żużla lub żeliwa, płyta ołowiana topnieje i żużel czy też żeliwo wycieka na zewnątrz, co natychmiast spostrzega piecownik.



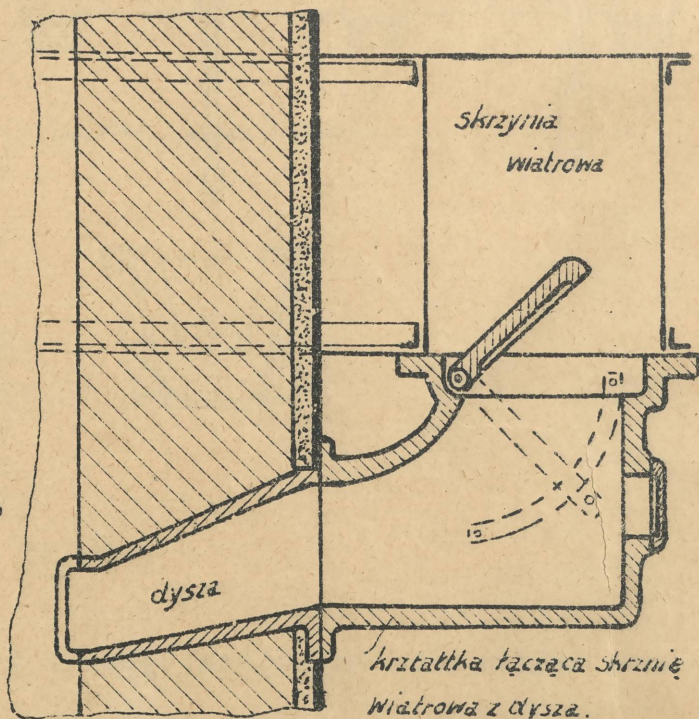
płyta ołowiana
Geiger, III.

Rys. 36.



Rys. 37.

Gierdziejewski, I.

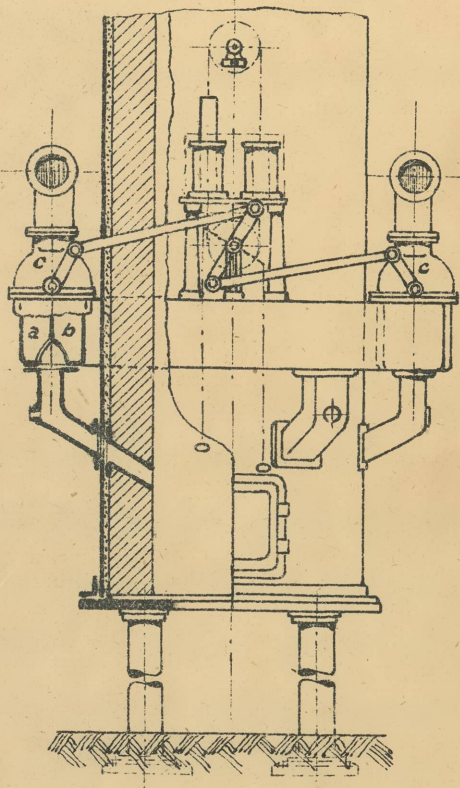


krzatka łącząca skrzynię wiatrową z dyszą.

W celu uniezależnienia się od robotnika urządzamy podwójną

ilość dysz, z których zawsze pracuje tylko połowa, podczas gdy druga połowa jest zamknięta. Dysza zatkana żużłem przy zamkniętym dopływie powietrza pod wpływem silnego promieniowania ciepła z wewnątrz żeliwiaka "odtapia się". Jeżeli więc piecowy co kwadrans zamknie połowę dysz a drugą połowę otworzy, możemy być pewni, że żadna z dysz nie zamarznie. To przełączanie dysz uskuteczniamy albo ręcznie albo mechanicznie. Ręczne przełączanie uwidacznia rysunek 37. Mechaniczne sposoby znane są dwa: sposób Bestenbostela i sposób Grocholla. /Rys. 38 i 39/.

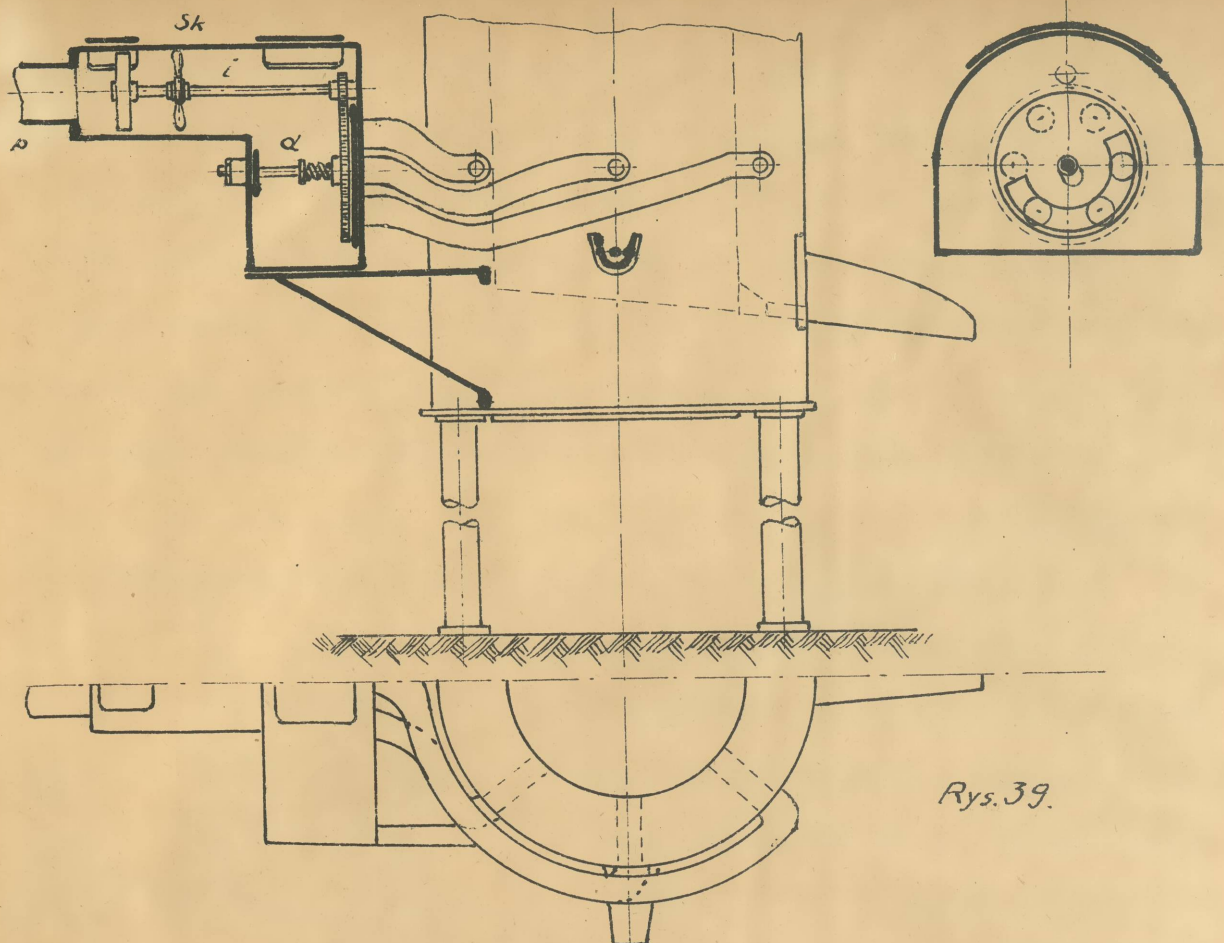
W sposobie Bestenbostela skrzynia wiatrowa przedzielona jest na dwie części a i b, z których każda połączona jest z czterema dyszami, naprzemian pracującymi. Co 15 do 20 minut przekłada piecowy klapy c. Przy takiej pracy dysze w czasie topienia zawsze są czyste. Ponieważ i tu wpływ na przełączanie ma sumienność robotnika, dlatego dla zapewnienia sobie regularności w przełączaniu zastosował Neufang przełączanie automatyczne za pomocą dwóch elektromagnesów, kierowanych przez zegar elektryczny. *Stal und Eisen 1911.*



Rys. 38.

Stosowano także dla przełączania dysz sprężone powietrze.

Zmienne dysze Grocholla są w następujący sposób zaopatrywane w powietrze. Przewód powietrza /p/ prowadzi do skrzyni /sk/. W tylnej ścianie skrzynki wiatrowej jest tyle otworów, ile dysz. Do każdej dyszy prowadzi osobna rurka, przymocowana do tylnej ściany z zewnątrz. Przed tylną ścianą skrzyni od wewnątrz w odległości 0,5mm umieszczona jest płyta rozdzielcza na osi d. Płyta rozdzielcza zaopatrzona jest na obwodzie w zęby i poruszana jest przez kółko zębate k na osi i. Oś i obraca albo samo powietrze zdążające do skrzyni albo osobny mały motorek. Płyta rozdzielcza porusza się tak prędko, że każda dysza jest czynna tylko kilka sekund. O wynikach pracy tego urządzenia niczego jeszcze nie wiadomo.



Komory iskrowe i uławiacze iskier.

Żeliwiaki pędzone dmuchawami zużywają na minutę na lm^2 przekroju pieca normalnie około 100m^3 powietrza, tyle też mniej więcej tworzy się gazów; jeżeli gazy uchodzą do komina o temperaturze 273°C , to ich objętość wynosi już $200 \text{ m}^3/\text{min.m}^2$. A zatem chyżość gazów ze względu na to, że połowę przekroju zajmuje słup przetworowy, wynosi $200 : /0,5 \cdot 60/ = 6,7 \text{ m/sek}$; po przebyciu zaś ostatniego naboju obniża się do połowy $3,35\text{m/sek}$. Na końcu topienia gazy uchodzą jednak o temperaturze dochodzącej do 1000°C . Objętość posiadają 4,66-krotną a chyżość ich wynosi: $466 : 60 = 7,8 \text{ m/sek}$.

Według Sokołowa unosi wiatr o chyżości:

| | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|--------|---|------|----|-----------|
| 4,5 - 6,7 | m/sek | ziarna | piasku | o | 0,25 | mm | średnicy, |
| 6,7 - 8,4 | " | " | " | " | 0,50 | " | " |
| 9,8 - 11,4 | " | " | " | " | 1,00 | " | " |
| 11,4 - 13,0 | " | " | " | " | 1,50 | " | " |

Ponieważ koks jest 2,5krotnie lżejszy od piasku, to przy chyżości około 8 m/sek unoszą gazy ziarna koksu o średnicy co najmniej $1,25 \text{ mm}$. Z powodu nacisku ciężkich kawałków surowca na stosunkowo kruchy koks koks się ściera; również przez tarcie kawałków surowca i nadlewów pokrytych mniej lub więcej grubą warstwą piasku ten się ściera i drobniejsze ziarka unoszą

gazy w górę. według Hurst'a pył wyrzucany składa się:

C.....47,44%

SiO₂...37,75%

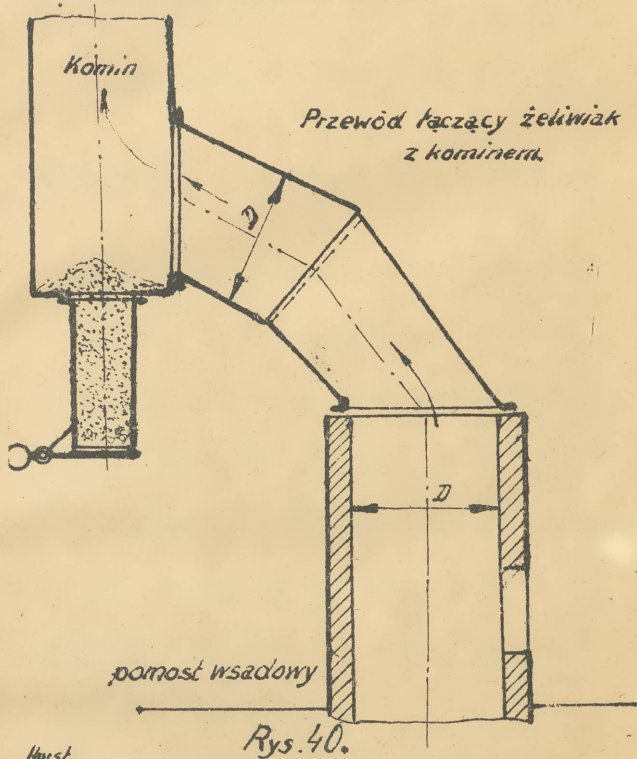
Fe₂O₃..12,25%

CaO..... 2,--%

MgO..... 0,56%

Pył ten rozżarzony spada w postaci iskier na dachy budynków i grozi im zapaleniem.

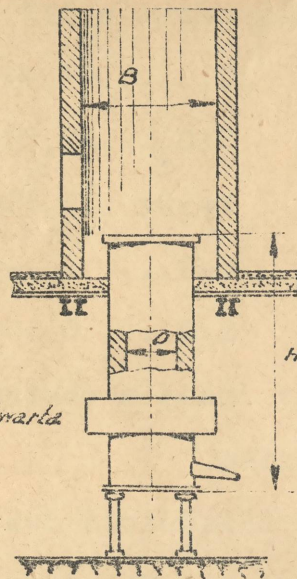
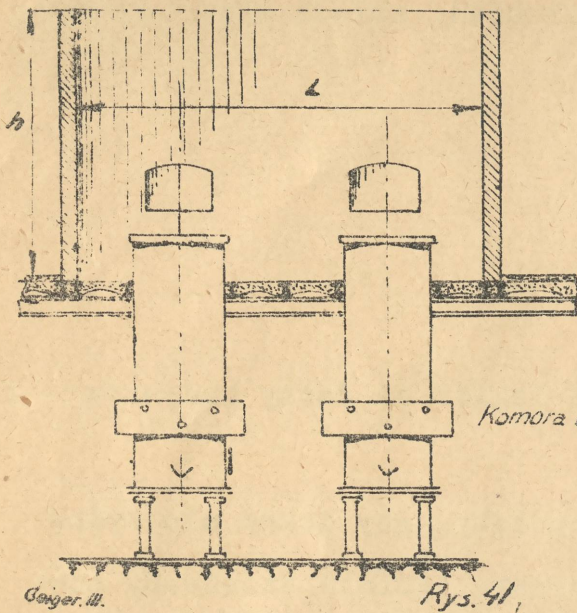
Stosowane są zasadniczo dwa sposoby, aby iskry nie wydobywały się z żeliwiaka. Pierwszy prawie ogólnie stosowany polega na zmniejszeniu chyżości gazów przez znaczne rozszerzenie przekroju komina lub przez ustawienie obszernej komory iskrowej nad wylotem żeliwiaka.



Komin jeżeli ma stosunkowo sprawnie działać winien mieć przekrój conajmniej trzy razy tak duży, jak przekrój wewnętrzny żeliwiaka i powinien być zależnie od warunków miejscowych 4 - 5 m wysoki; w dolnej części na wysokości 3 - 5 m komin winien być wymurowany ogniotrwałymi cegłami lub wyłożony masą ogniotrwałą.

W Anglii rozpowszechniony jest "Osborn spark arrester" dla pojedynczych żeliwiaków. Działanie jego polega na zmianie kierunku gazów.

Komory iskrowe stosowane są dwojakie: albo "otwarte" albo "zamknięte". Komory otwarte działają wtedy sprawnie, jeżeli ich przekrój jest 5 razy tak duży jak przekrój wewnętrzny żeliwiaka względnie żeliwiaków. Wysokość całkowita komory równa się lub jest mniejsza od wysokości żeliwiaka $/h = H/$. Komory zamknięte budowane są dla jednego, dwóch lub nawet 6 żeliwiaków. Komora dla 2 żeliwiaków /Rys. 42/ połączona jest na spodzie ze zbiornikiem pyłu i posiada jeden komin. Komorę wspólną dla 6 żeliwiaków wyposaża się w 3 kominy.

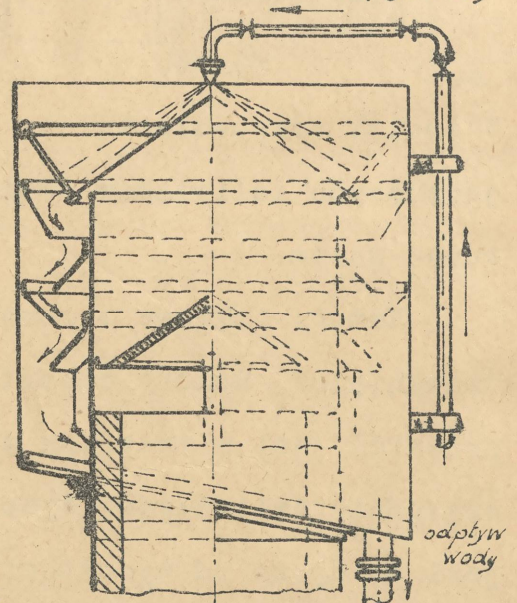
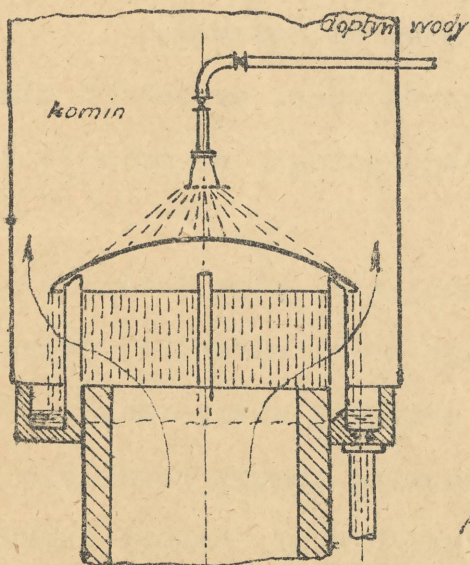
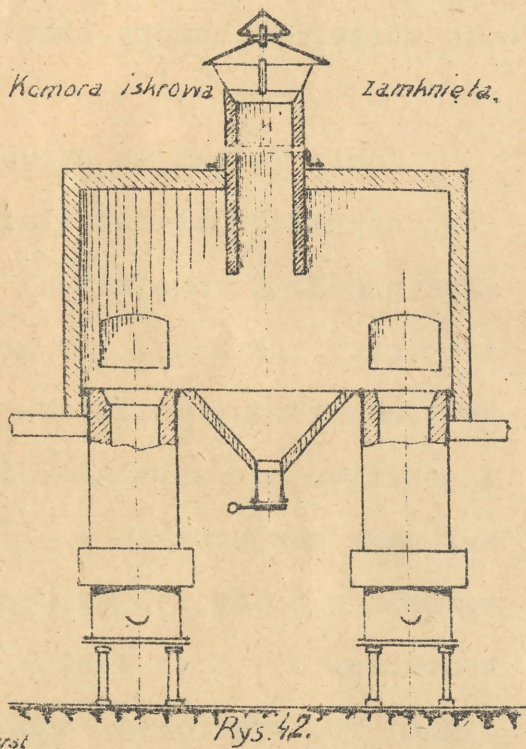


Należy uważać aby w komorach zamkniętych nigdzie nie gromadził się gaz palny; gdyż może wytworzyć się z powietrzem wchodzącym przez otwór naboju mieszanka eksplozująca.

Drugi sposób unieszkodliwienia /gaszenia/ iskier polega na gaszeniu iskier prądem wody.

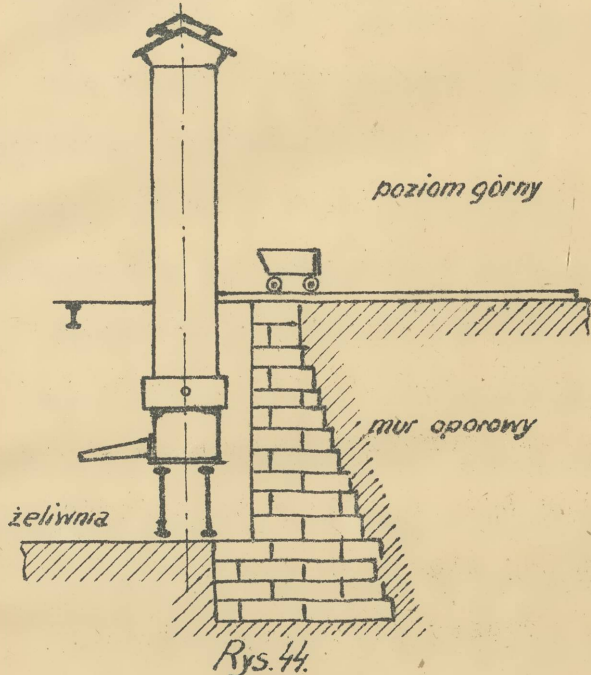
Sposoby załadowania żeliwiaków.

Pierwotne żeliwiaki Willkinson'a o wysokości 1,5 - 2 m ładowane były ręcznie, na rozpalony węgiel dzewny, później koks, wypełniający prawie cały sztyb pieca wrzucano drobne kawałki żelaza, które w miarę *odpływu wody*

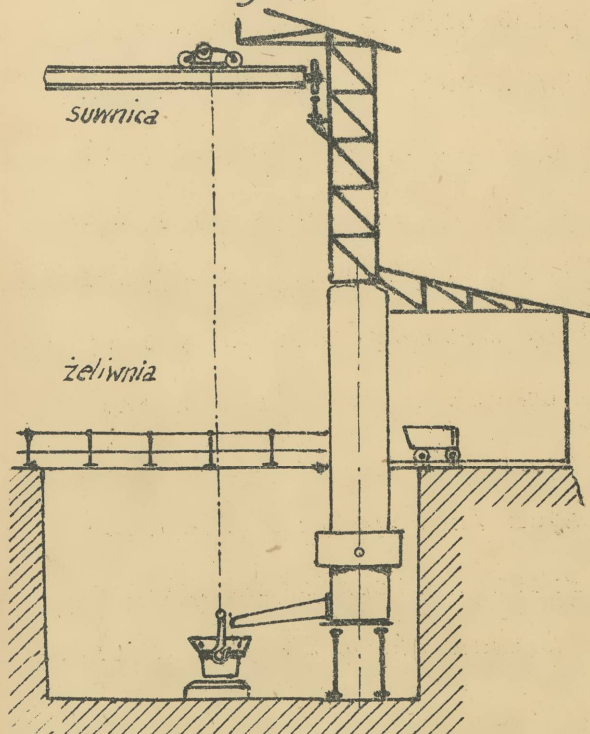


spalania się węgla. opadały w dolną część pieca, topniały i w stanie płynnym wypełniały trzon pieca. Według Hurst'a Anglik John White i Th. Sowerby opatentowali sobie w r. 1824 sposób ładowania żeliwiaka osobnymi nabojami koksu i surowca naprzemian,

sposób ten stosowany jest do dziś. Wysokość większa żeliwniaków nie zezwalała już na ładowanie ręczne wprost z poziomu, na którym ustawiony był piec. Aby zaoszczędzić sobie drogiego urządzenia dźwigowego, stawiano często żeliwniaki pod pagórkiem stromym z jednej strony, teren żeliwni w takich wypadkach miał dwa poziomy: na poziomie dolnym ustawiony był żeliwniak i żeliwnia, na poziomie górnym był skład surowca i złomu, jakoteż koksu i to-
pników. W ten sam sposób zakładane były wielkie piece z żeliwnia-
mi. Dzieje się to nawet dzisiaj. W Polsce np. żeliwnia w Węg.
Górcie, która po zbudowaniu zakładu wielkopiecowego r. 1905,
ustawiła żeliwniaki w miejscu wielkich pieców, które były pierwotnie załadowywane bezpośrednio z poziomu górnego, tak samo dzisiaj żeliwniaki, generatory i kotły zasilane są wprost z poziomu górnego. Dźwigów żadnych nie stosuje się do ładowania.



Rys. 44.



Rys. 45.

Jeżeli sytuacja terenu zezwala na założenie toru przemysłowego dla surowców i koksu, jakoteż drugiego toru przemysłowego dla odwożenia /wywóz odlewów/ na poziomie dolnym, wtedy warunki lokalne żeliwni są wprost idealne; jeżeli zaś istnieć może jeden tor przem. na poziomie górnym, to odlewy wykonane w żeliwni muszą być podnoszone za pomocą dźwigu na poziom górny. Budując żeliwnię na terenie płaskim i równym możemy obejść się bez ładowniczego dźwigu żeliwniakowego w ten sposób, że ustawiamy żeliwniak w głębokim dole; płynne żeliwo podnosimy w tym wypadku za pomocą suwnicy elektrycznej na poziom formiarni. Urządzenie takie miałoby sens tylko tam, gdzie żeliwniak puszczany bywa w ruch tylko

rzadko, jako pomocnicza instalacja, w żeliwniach większych urządzenie takie nie daje żadnych korzyści, tu bez dźwigu obejść się nie można.

Rozróżniamy dwa rodzaje dźwigów:

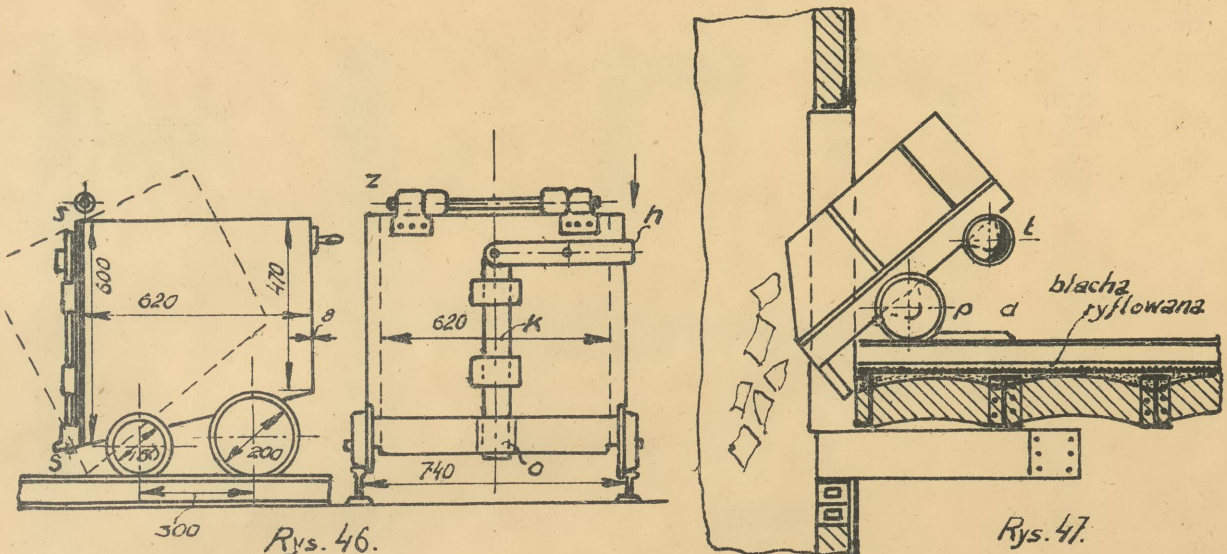
Dźwigi podnoszące surowiec, złom, topniki i koks do poziomu pomostu naboju, na którym w osobnym miejscu składamy różne gatunki surowca złomu i osobno koks. Mieszaninę zestawiamy na pomoście naboju posługując się wagą zwykłą lub automatyczną. Ładowanie żeliwiaka odbywa się w sposób dwójaki: albo wrzucamy pojedyncze kawałki surowca i złomu wprost z wagi do pieca, albo mieszaninę całą jednego naboju sporządzoną w wózku na wadze wypróżniamy naraz przez nachylenie wózka do pieca. Koks i wapień mierzymy na kosze lub niecki. W tym wypadku mówimy o pół mechanicznym ładowaniu żeliwiaka.

Do podnoszenia służą tu dźwigi pionowe, poruszane wodą, parą lub prądem elektrycznym; dzisiaj w większych odlewniach stosujemy wyłącznie dźwigi elektryczne, pojedyncze lub podwójne. Jeżeli sporządzanie mieszanin z zapasów surowców i złomu jakoteż ważenie nabojów odbywa się na pomoście ładowczym, to powierzchnia tego podjum musi być stosunkowo duża. Konstrukcja zaś samego podjum powinna odpowiadać nośności zależnie od wielkości zapasów surowca. Gęsi surowca ułożone luźno ważą około 3,6 tony na 1 m. objętościowy. Jeżeli byśmy chcieli surowiec układać w stosach o wysokości 1 m., to pomost powinien być zbudowany na nośność $3,6 \text{ t/m}^2$, zwykle ograniczamy się mniej więcej do połowy ale i w tym razie koszt budowy takiego pomostu jest duży. Dlatego zawsze tam, gdzie tylko warunki lokalne czynią to możliwym, sporządzamy mieszaninę wsadu i ważymy naboje w wózkach na wadze ustawionej na poziomie żeliwni. Wózki z nabojami podnosimy na poziom ładowczy, gdzie robotnik je z dźwigu przesuwając na podjum prowadzi do żeliwiaka i przez nachylenie wózka cały nabój wrzuca do pieca. W tym wypadku pomost wsadowy może być nie duży i wystarczy mała nośność, gdyż chodzi o umieszczenie tylko kilku nabojów koksu i małej ilości topnika.

Kształt i budowa wózków ładowczych /nabojowych/ widoczna z Rys. 46. dla naboju 600 - 700 kg. Przez uderzenie młotkiem na rączkę h, klin k wychodzi z oka O i ściana wózka SS pod naporem

naboju odchyła się i nabój spada do pieca, przyczem podnosimy wózek, spoczywający luźno na tylnych łożyskach kół. Nieco odmienną konstrukcję wózka ładowniczego podaje Hurst jest to wózek wywrotowy zbalansowany.

Pomost wsadowy /podjum nabojowe/ składa się z kraty dźwi-garów I wypełnionych betonem. Pomost pokrywany blachą ryflowaną przymocowaną śróbkami do belek żelaznych. Nośność obliczamy na $2^t/m^2$ do $3^t/m^2$.



W celu zaoszczędzenia kosztów budowy pomostu i zaoszczędzenia na robociźnie stosujemy dzisiaj dźwigi z automatycznym /samoczynnym/ ładowaniem żeliwiaka.

Rozróżniamy tu dwa rodzaje dźwigów:

a/ poziome

b/ pionowe, budowane w sposób dwojaki:

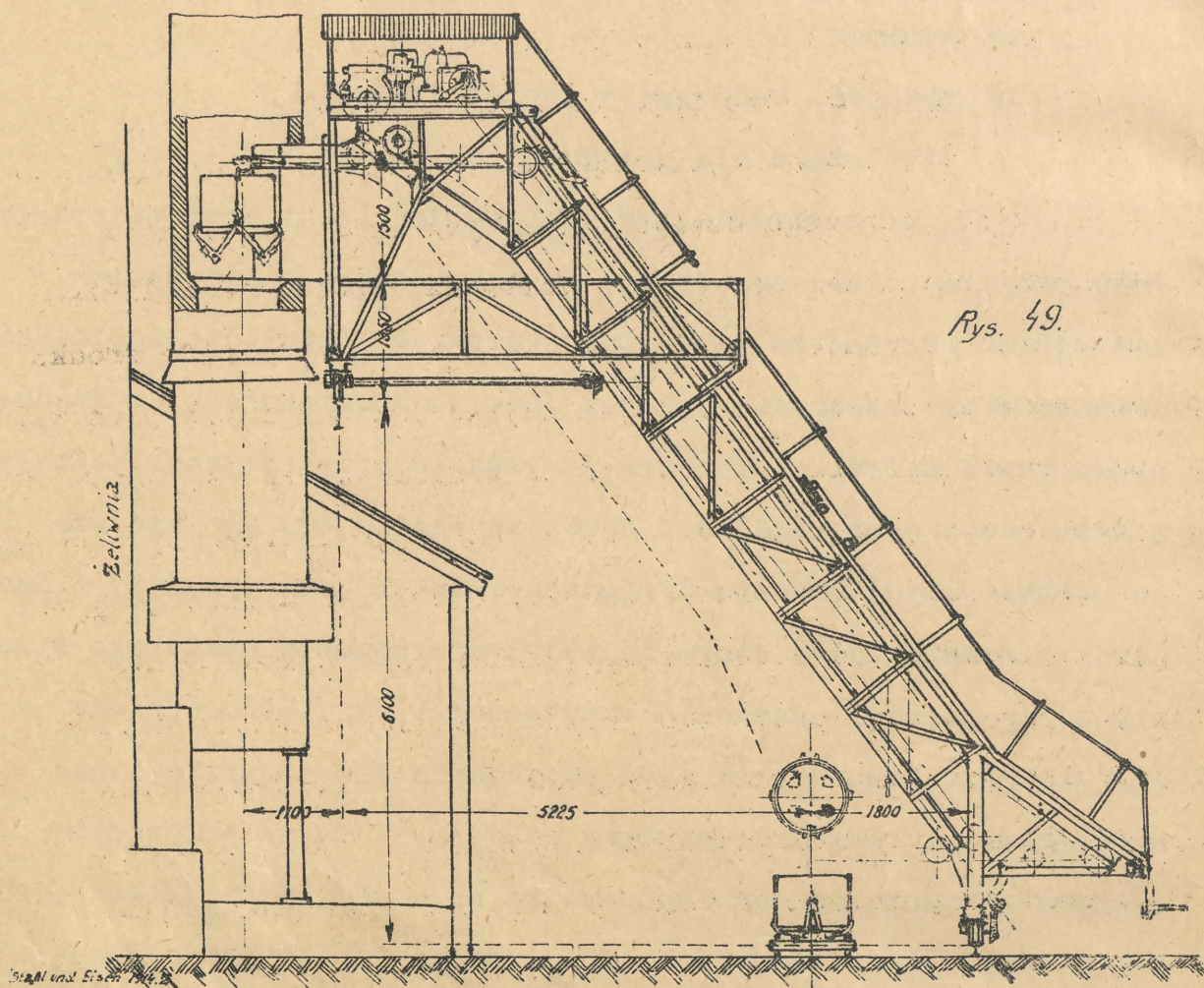
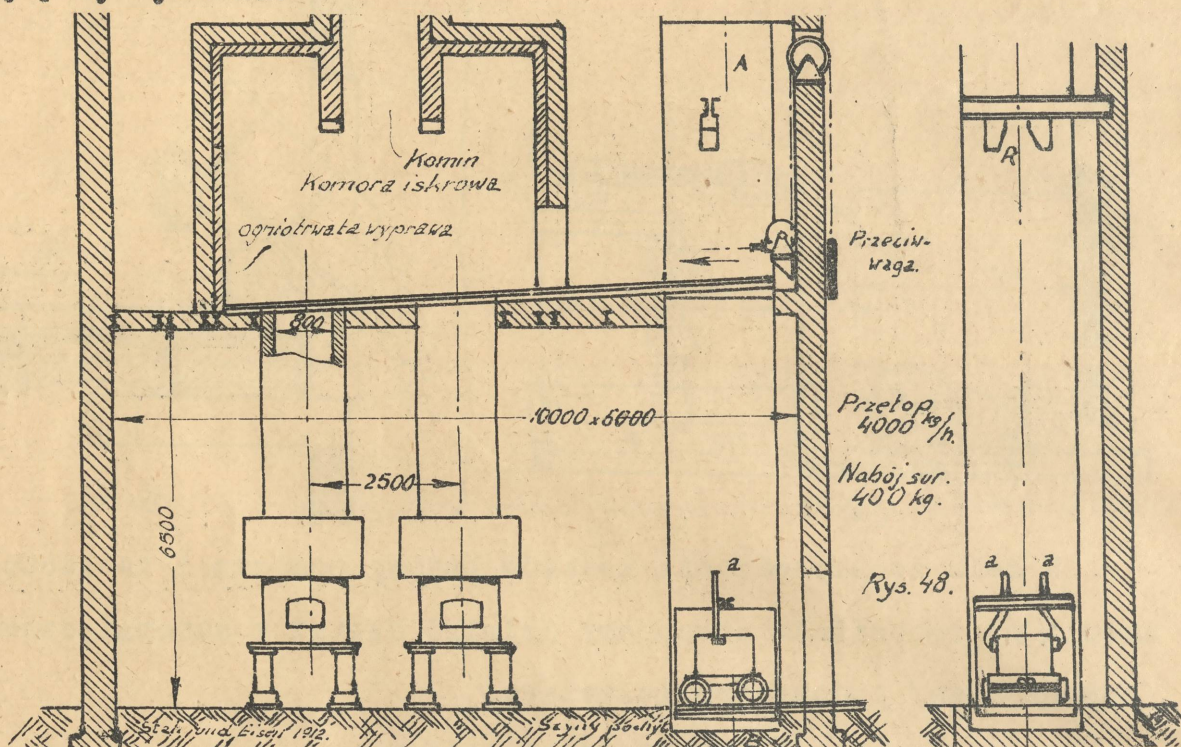
1/ stałe dla pojedynczych żeliwiaków

2/ przesówne, obsługujące dwa lub więcej żeliwiaków.

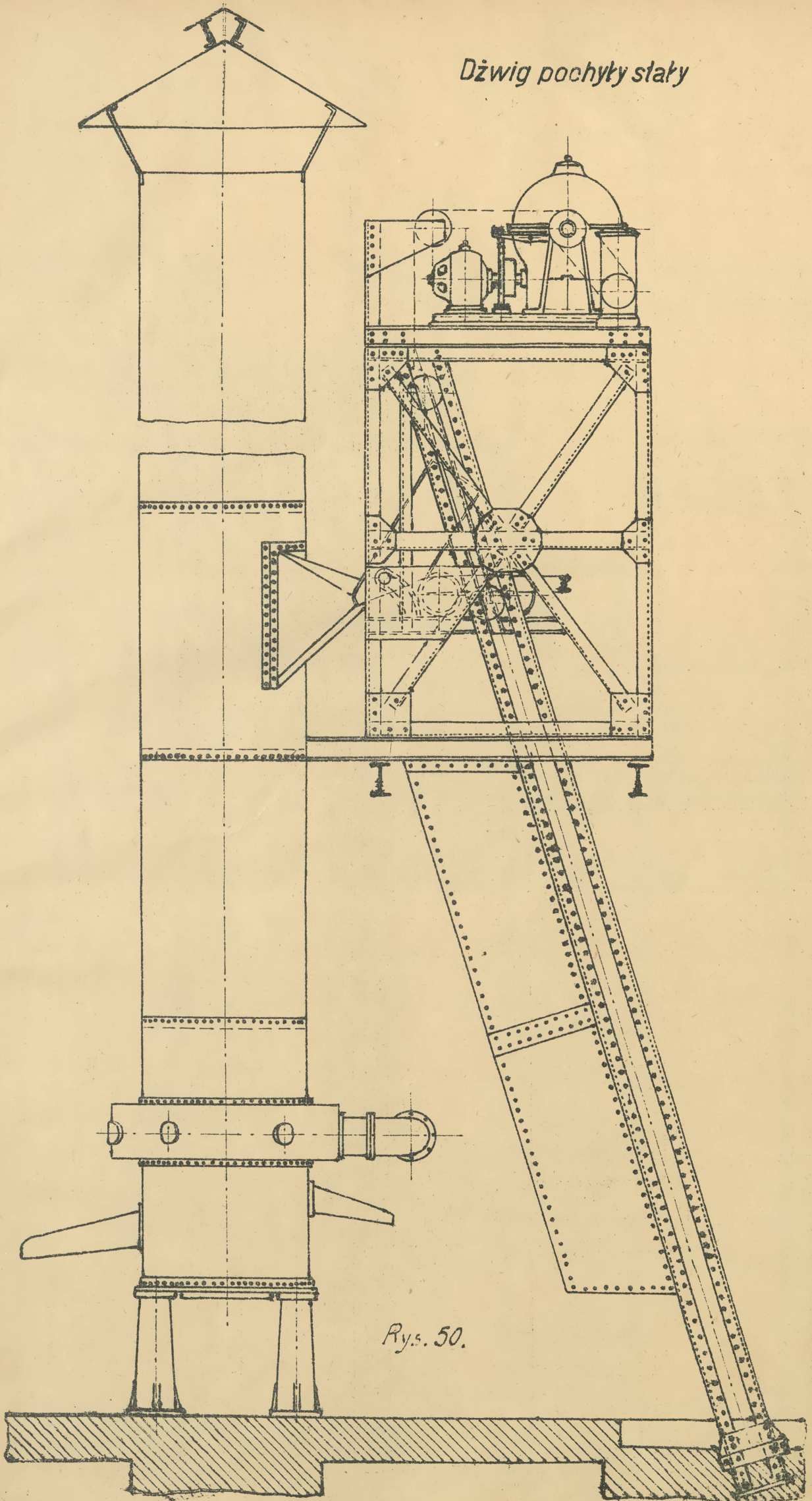
Jako przykład pionowego dźwigu automatycznego z ładowaniem centralnym przytaczam dźwig inż. Vorbacha. Ładowanie żeliwiaka uskuteczniane za pomocą wózków z dnem ruchomem wprost do środka pieca przez wylot, a więc nie jak zwykle przy dźwigach pochyłych z boku przez okno wsadowe. Wózek ze wsadem 400 kg. wjeżdża na pochyłe szyny pomostu dźwigowego /sz/ i jest trzymany z dwóch stron ramionami /a/, które na wysokości pomostu wsadowego wyłącza się wskutek uderzenia w wyłączniki /R/. Równocześnie czy już parę sekund przed tem przyczepia się do wózka linka z przeciwwagą. Wózek naładowany /400 kg. + tara/ samoczynnie zjeżdża po pochyłych szynach, zatrzymuje się nad wylotem pieców, denko spodu się otwiera i wsad wprost do środka pieca spada.

Przeciwwaga ciągnie próżny wózek na pomost dźwigu, załącza winde i zjeżdża na dół.

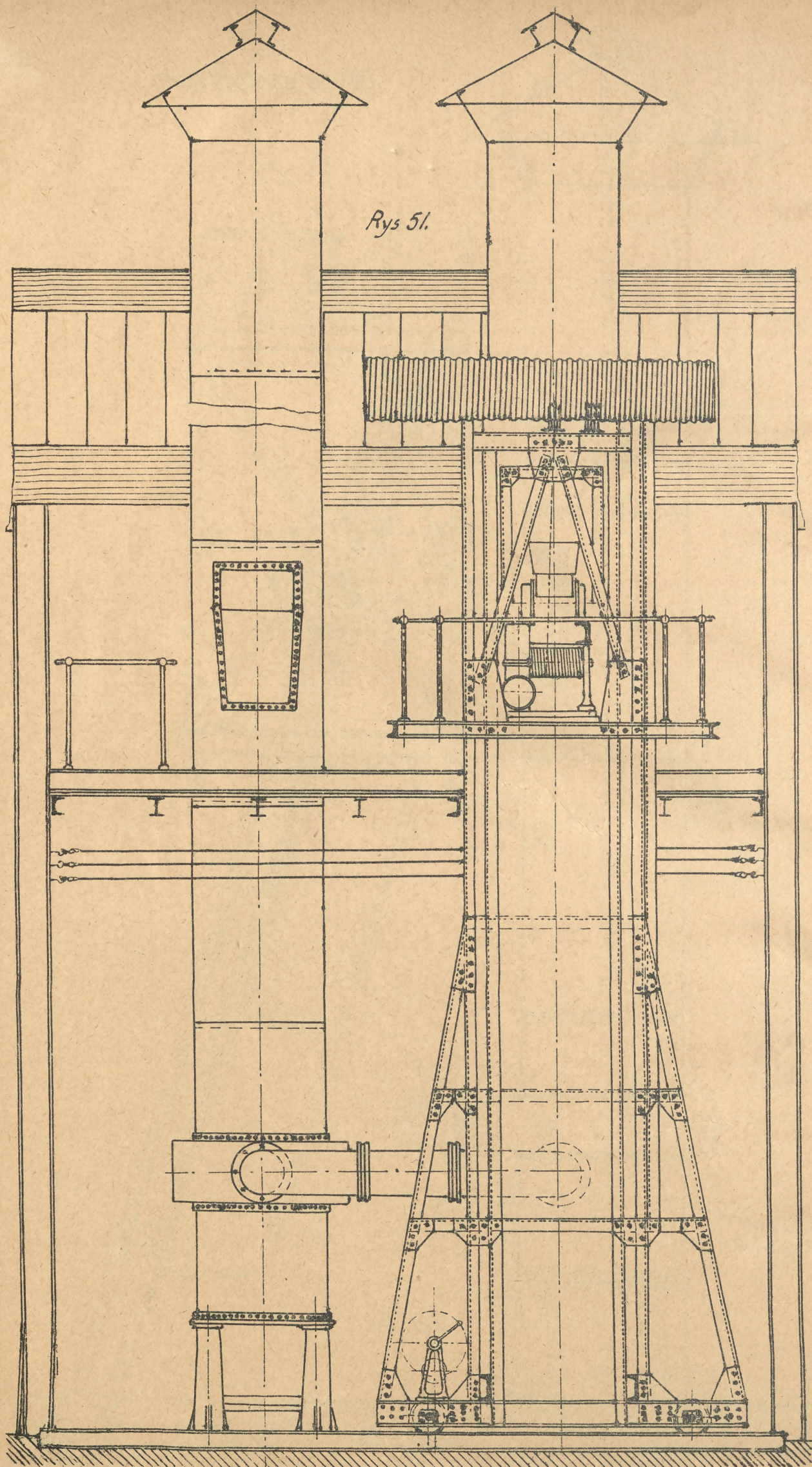
Dźwigi pochyłe buduje się z ładowaniem centralnym lub bocznym. Obsługują albo jeden /stałe/ lub dwa żeliwiaki naprzemian /posuwne/. W ostatnim wypadku gdy obydwaj żeliwiaki są równocześnie w ruchu należy urządzić drugi dźwig /ewentualnie jako rezerwę/. W tekście podane są przykłady kilku sposobów ładowania - odnośnie bliższych szczegółów w literaturze cytowanej przy rysunku.



Dźwig pochyły stały

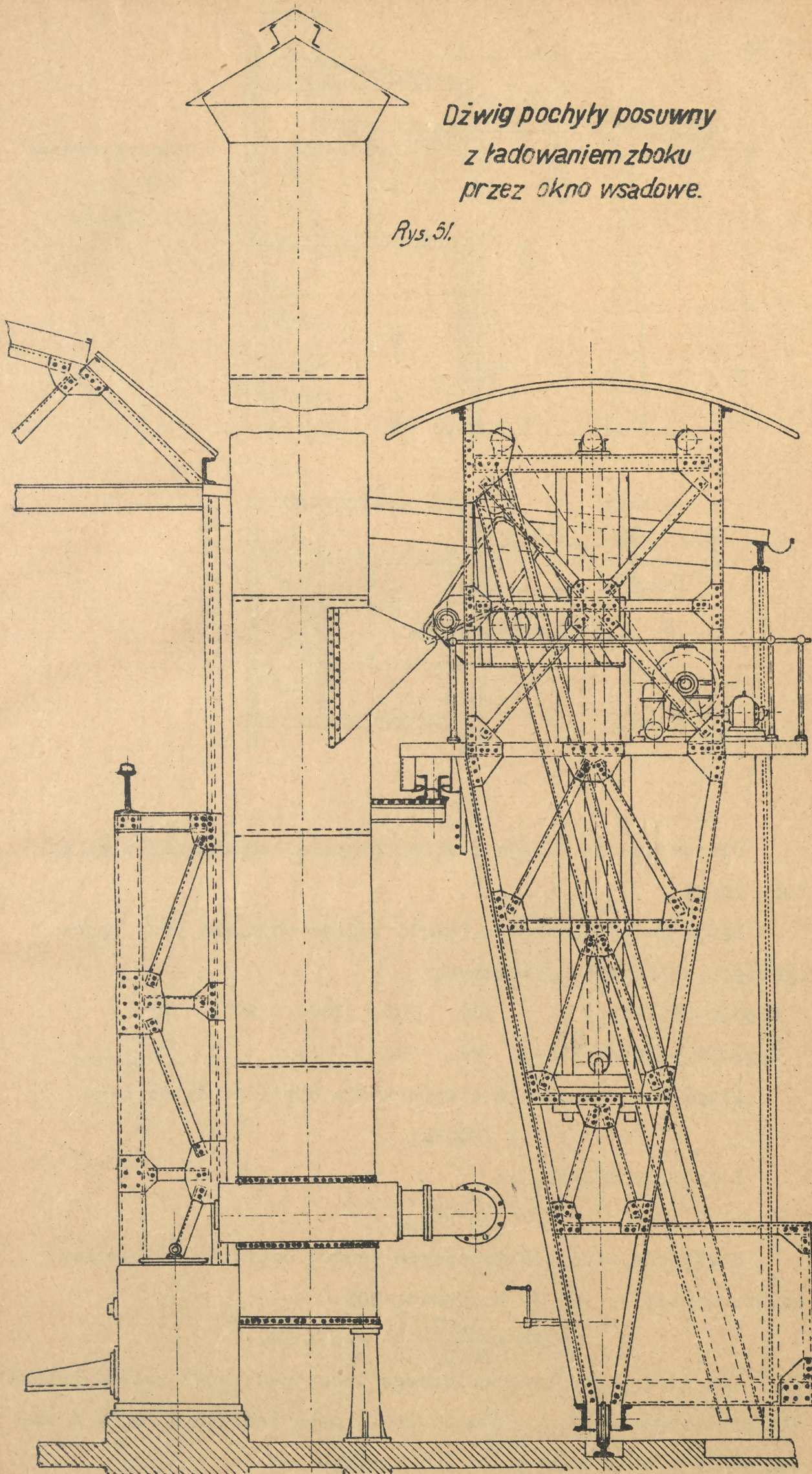


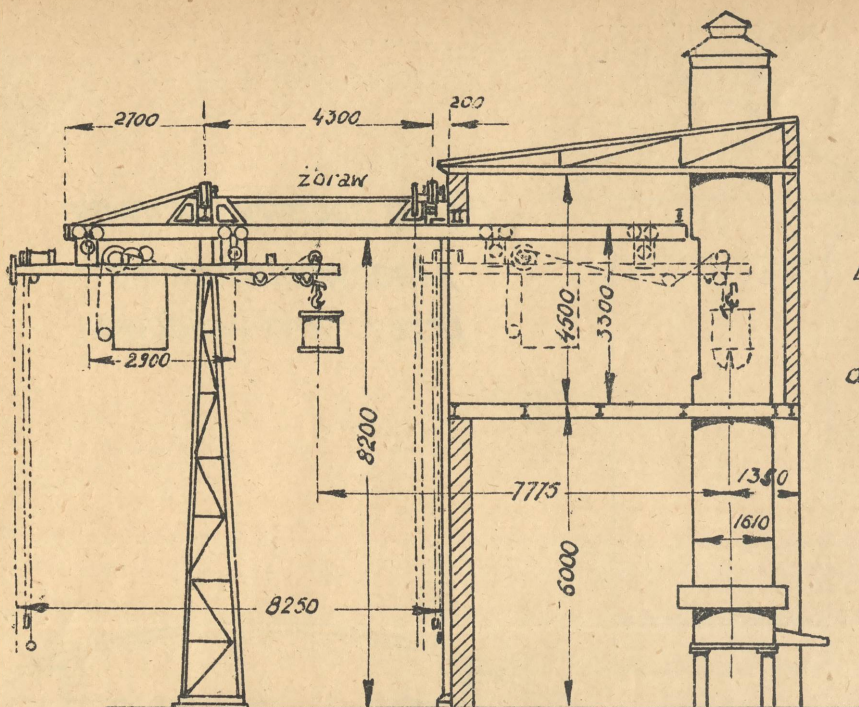
Rys 51.



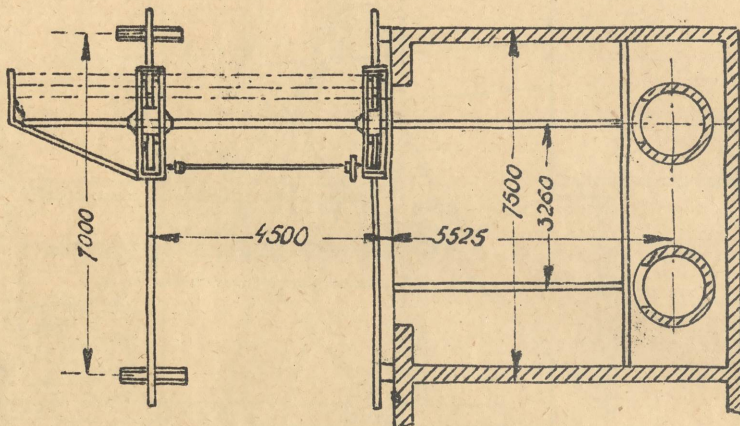
*Dźwig pochyły posuwny
z ładowaniem z boku
przez okno wsadowe.*

Rys. 51.





Ładowanie centralne
zapomocą
dźwigu Shepard'a



Rys. 52.

Geiger III. en

Dla oryentacji podaje poniżej przykład obliczania mocy motoru windy.

Firma Beck i Hankel u Cassel podaje chyżości przy pojedynczych ciężarach użytecznych:

| | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|------|------|-----------|
| Ciężar użyteczny P | 300 | 500 | 1000 | 2000 | kg. |
| Chyżość podnoszenia C | 24 | 21 | 15 | 10 | m/minuta. |

Przykład: Obliczyć moc motoru dla ciężaru użytecznego

$$P = 1000 \text{ kg.}$$

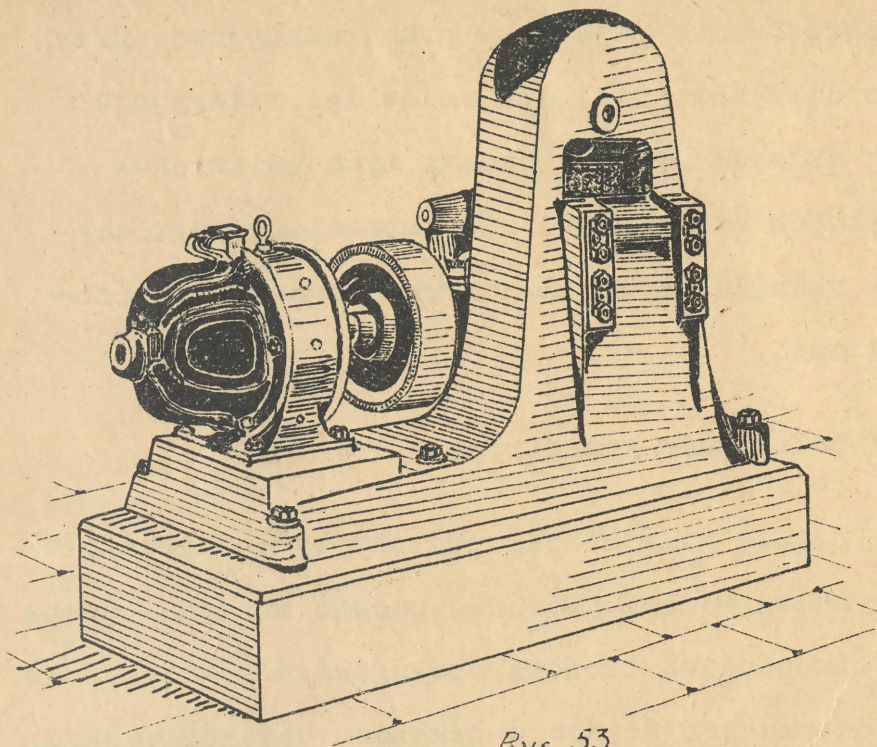
Z tablicy odczytuje:

$$c = 15 \text{ m/min.}$$

Sprawność wind elektrycznych według odczytów na tablicy motoru wynosi 45 - 50 %. Przyjmuje 50%.

$$KM = \frac{1000 \cdot 15}{60 \cdot 75 \cdot 50} = 6,7 \text{ KM.}$$

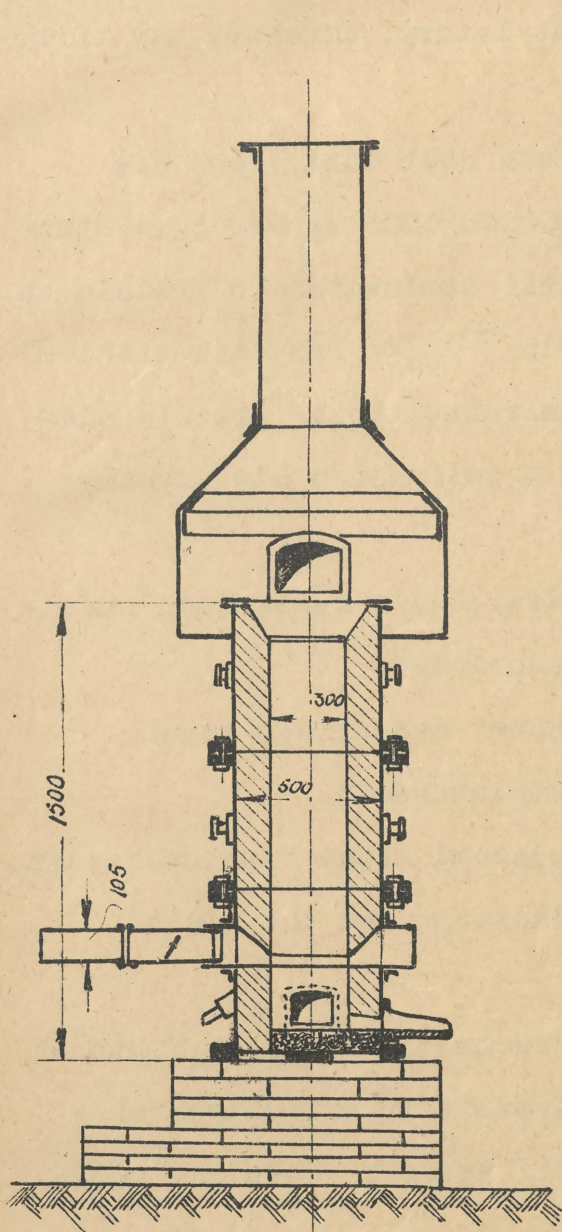
Dla dźwigu zaś hydraulicznego liczy państwowy zakład hutniczy Wasseraifingen 15^m/sek. dla 25 atm., czas ładowania /1,5/ i wyładowania wózków więcej niż 2,5 minuty.



Rys. 53.

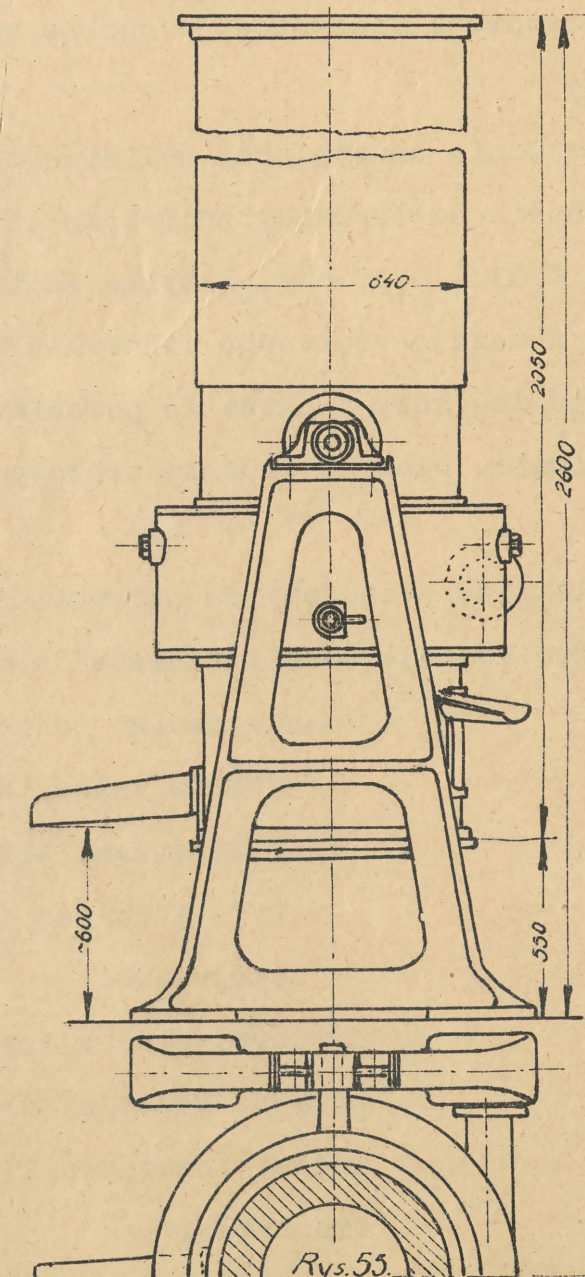
Większe odlewnie, które oprócz gęsi surowcowych, mają do czynienia z grubymi wlewami /koki- le duże, walce itp/ używają do łamania t. zw. łamaczy gęsi czy "gasek". Buduje się łamacze hydrauliczne, elektryczne i z napędem pasowym. Zwykle dla przekrojów do 120 x 120mm.

max. przy łamaniu kawałków o długości 150 mm. W jednej minucie dokonują one 10 - 12 łomów; wydajność 10 - 15^t/h.



Rys. 54.

Geiger. III.



Rys. 55.

Żeliwiaki o produkcji bieżącej poniżej 500 kg/godzinę określamy jako małe żeliwiaki. Zastosowanie mają przy pracy okazyjnej, przy odlewach przeznaczonych do wyżarzania, dla celów laboratoryjnych i badawczych. Ze względu na małe wymiary budowa tych żeliwiaków jest odmienna niż normalnych żeliwiaków. Dla łatwiejszej wymiany wyłożenia buduje się je składane z pojedynczych pierścieni łączonych na śruby względnie haki.

Zasilanie żeliwiaków powietrzem.

Pierwsze żeliwiaki /piece Wilkinsona/ pędzone były "miechami" poruszaniem ręcznie lub kołem wodnym. Później często maszyna parowa poruszająca dmuchawę wielkopieczową tłokową obsługiwała równocześnie żeliwiak w odlewniach połączonych ściśle z zakładem wielkopieczowym. Żeliwiak pędzono wówczas na sposób wielkiego pieca z małą stosunkowo ilością powietrza na jednostkę czasu i dużym ciśnieniem. Dzisiaj żadna odlewnia hutnicza nie pędzi żeliwiaków powietrzem z dmuchawy wielkopieczowej, lecz stosuje osobne wentylatory, dmuchawy czy turbo-dmuchawy.

Ciśnienie dmuchu przy żeliwiakach nie jest duże, waha się w zależności od średnicy żeliwiaka od 300 do 1000 mm SW. tj. w atmosferach $0,03 - 0,12 \text{ kg/cm}^2$ tylko żeliwiaki stalowniane o średnicach 2 - 3 m wymagają większego ciśnienia $0,15 \text{ kg/cm}^2$. Przy tak niskim ciśnieniu dmuchawy tłokowe /o posuwistym ruchu tłoka/ pracują nie-ekonomicznie. Dlatego dmuchaw tłokowych w żeliwniach nie używamy wcale.

Dzisiaj stosujemy do pędzenia żeliwiaków w żeliwniach zasadniczo dwa rodzaje "nawietrzników" a mianowicie:

a/ "nawietrzniki odśrodkowe" dwójakiego typu:

1/ zwykle zwane "wentylatorami"

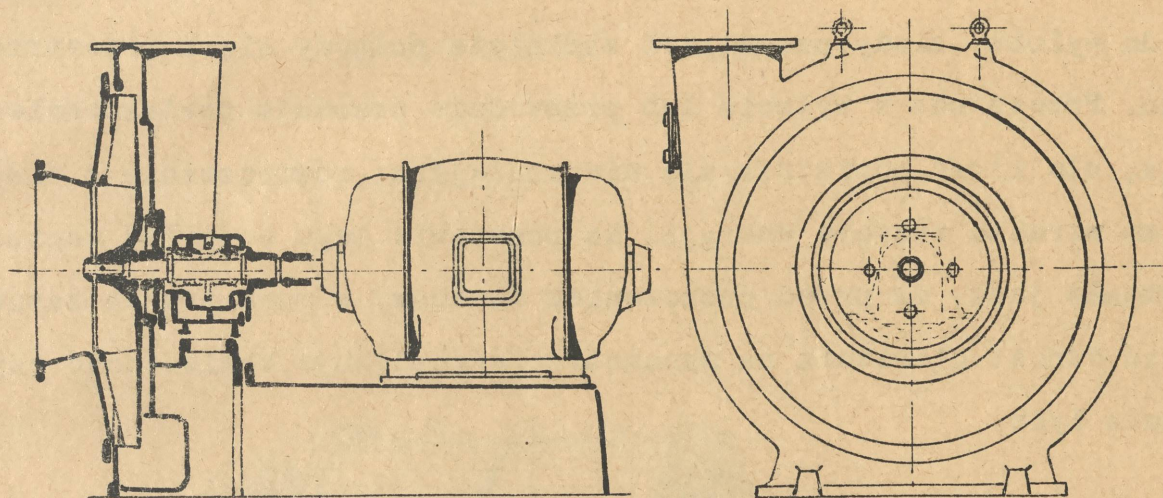
2/ z łopatkami kierującymi zwane "turbowentylatory", które są jednostopniowe lub wielostopniowe.

b/ dmuchawy o wirującym ruchu tłoka /miechy/, które nazywać będziemy w odróżnieniu od wentylatorów krótko "dmuchawami" dla wyższych ciśnień "turbo-dmuchawami".

Charakterystyczną cechą wiatrownic odśrodkowych jest to, że

przestrzeń ssąca nie jest oddzielona od przestrzeni tłoczenia powietrza ; jeżeli otwór wylotowy zamkniemy, to ssanie ustanie, chociaż łopatki obracają się bardzo szybko; wentylator nie zużywa dużo energii, bo nie tłoczy powietrza do przewodu, tłoczy tylko powietrze zawarte w płaszczu i oprócz tego ma do pokonania opór tarcia. Z firm produkujących wentylatory znane są: Rateau, Schile, w Polsce Waberski - sp. w Warszawie.

W nowszym czasie dokonane zostały w budowie wentylatorów znaczne ulepszenia. Firma Kühnle - Kausch - Kopp we Frankenthalu buduje ulepszone wentylatory typu Rateau. Wentylatory te wykonane są jako jednostopniowe na ciśnienie do 1200 mm SW, co dla żeliwników wystarcza. Mają duże zalety, bo sprawność dochodzi do 85%; niepotrzeba żadnego fundamentu i zajmują mało miejsca. Jako przykład podaję charakterystykę turbowentylatora, znajdującego się w Węgierskiej Górcie.

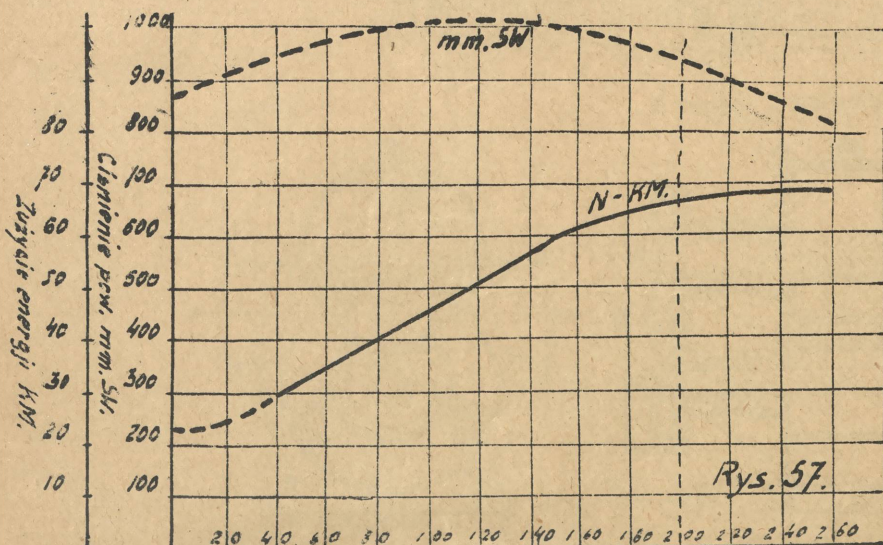


Rys. 56.

Geiger. III.

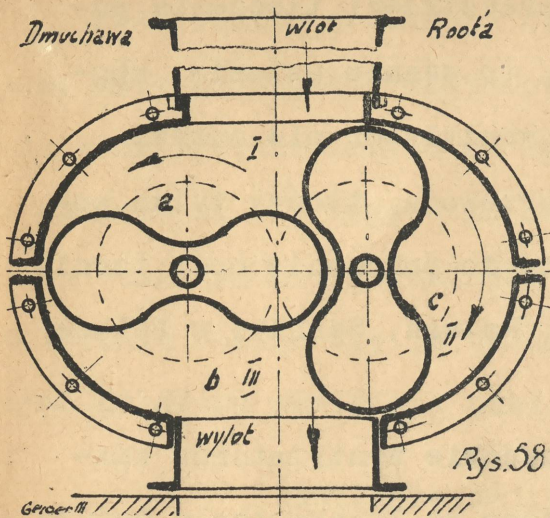
Wykres ciśnień powietrza i zużycia energii dmuchawy średniego ciśnienia typu "Trzy Ka" przy stałej ilości obrotów /200 m³/min. 950mm SW:

54 KW. obr. 2940/min./



Rys. 57.

Cechą charakterystyczną dmuchawy z tłokiem wirującym jest, przestrzeń ssania szczelnie oddzielona od przestrzeni tłoczenia w przeciwstawieniu do wiatrownie odśrodkowych.

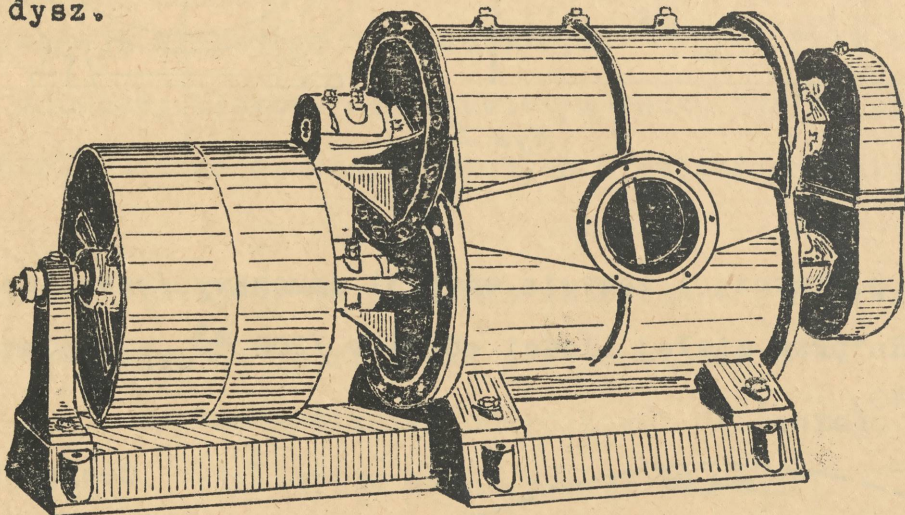


Przy tych dmuchawach w każdej pozycji tłoków mamy trzy przestrzenie:

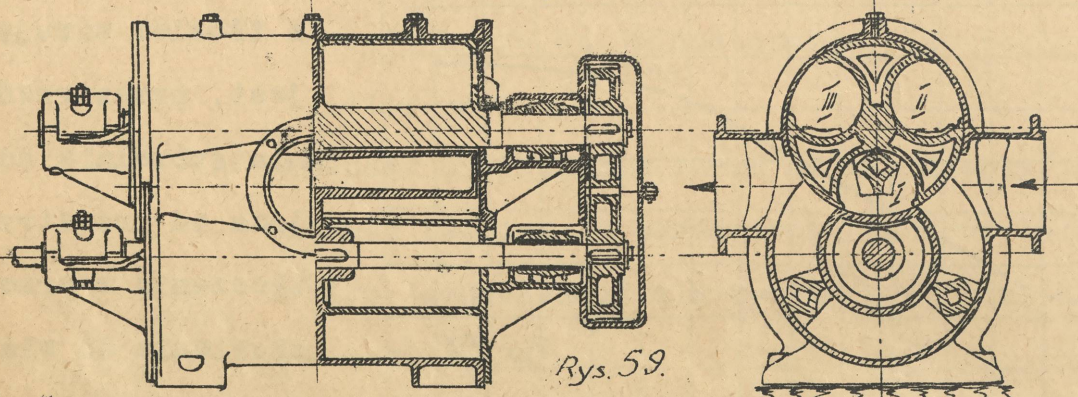
- 1/ połączoną z wlotem
- 2/ zamkniętą
- 3/ połączoną z wylotem.

Dmuchawa Root'a jest trudna do wykonania tłoków nie można obrobić na tokarce.

Tłoki nie domykają szczelnie ani do siebie, ani do płaszcza; uszczelnianie uskuteczniamy mieszanką łożu /3/ z grafitem /1/. Tę niedogodność usunęła firma Jäger w Leipzig - Plagwitz. Tak płaszcz jakoteż tłoki same można dokładnie obrobić na tokarce. Te dmuchawy nazywamy "dmuchawami precyzyjnymi" /Präcisionskapelgebläse/. Ilość powietrza jest tu w prostym stosunku do ilości obrotów. Powietrze raz zamknięte pomiędzy tłokiem a płaszczem, musi być wyrzucone do wylotu, kiedy przestrzeń zamknięta połączy się z przestrzenią wylotu. Przeszkoda w wylocie lub przewodzie powoduje powiększenie ciśnienia, ale ilość powietrza się nie zmniejsza; równocześnie z ciśnieniem wzrasta zużycie energii. Na podstawie tego co wyżej napisane zrozumiałe jest, że przed puszczeniem dmuchawy w ruch trzeba zasuwę otwożyć. Wzrost ciśnienia na manometrze sygnalizuje konieczność czyszczenia dysz.

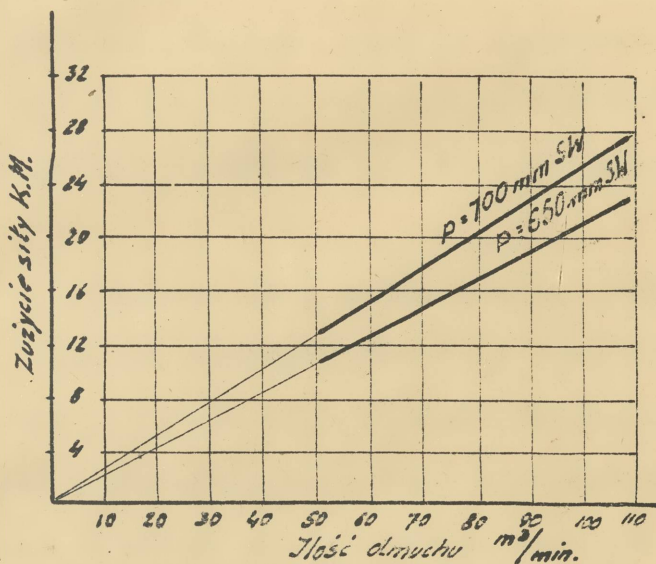
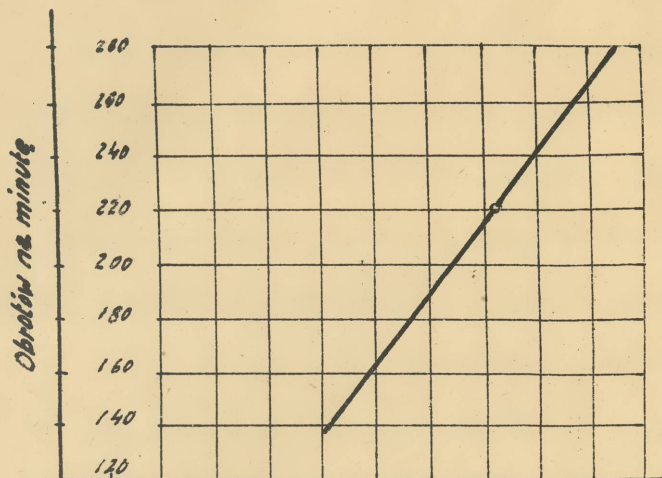


Dmuchawa Jäger'a.



Dla przykładu podaję dane dmuchawy w Węgierskiej Górze:

Wykres zużycia energii, ilość obrotów w stosunku do
ilości powietrza w $\text{m}^3/\text{minutę}$.



Rys. 60.

Wentylatory /wiatrownice/

i dmuchawy żeliwiakowe zgęszczają powietrze za pomocą wirnika o dużej ilości obrotów, wentylatory posiadają wirnik łopatkowy, dmuchawy zaś "wirnik tłokowy", dla tej samej wydajności powietrza przy tym samym ciśnieniu, ilość obrotów "wirników łopatkowych" jest znacznie większa od ilości obrotów "wirników tłokowych".

Według danych wentylatory wysokopięzne firmy Schiele małe obracają się przy wydajności powietrza $25 \text{ m}^3/\text{min}$ $p = 400 \text{ mm SW}$. 3150 razy na minutę, duże przy wydajności powietrza $183 \text{ m}^3/\text{min}$ $p = 600 \text{ mm SW}$. 1500 razy na minutę, przy turbowentylatorach /turbo-

dmuchawach/ firmy Kühnle - Kopp - Kausch 3350 / $25 \text{ m}^3/\text{min}$ $p = 450 \text{ mm SW}$. / do 2920 / $152 \text{ m}^3/\text{min}$ $p = 900 \text{ mm SW}$ /. Tymczasem ilość obrotów dmuchaw z wirnikiem tłokowym /Jäger - Root/ wynosi 370 obr./min / $26 \text{ m}^3/\text{min}$ $p = 650 \text{ mm SW}$. / do 240 obr./min / $300 \text{ m}^3/\text{min}$ $p = 900 \text{ mm SW}$./

Przy wentylatorach z wirnikiem łopatkowym powietrze pomiędzy łopatkami jest zawsze połączone z powietrzem poza wentylatorem, natomiast przy dmuchawach powietrze zabrane i znajdujące się w komorze tłoka odcięte jest zupełnie od wlotu i musi zostać wtłoczone do przewodu, chociażby niezupełnie otwartego, wzrasta tylko ciśnienie, ale ilość powietrza na jednostkę czasu prawie się nie zmienia, podczas gdy "wirnik łopatkowy" wentylatora lub turbowentylatora przy zmniejszonym przekroju przewodu wylotowego nie zasysa normalnej, lecz zna-

enie mniejszą ilość powietrza, przyczem ciśnienie nie zmienia się znacznie, przy zupełnie zamkniętym przewodzie wirnik łopatkowy obraca się dalej, natomiast wirnik tłokowy przestaje się obracać, jeżeli nie pęknie przedtem płaszcz albo przewód.

Zaletą dmuchaw z wirnikiem polega więc przedewszystkiem na zdolności dostarczania niezmiennej ilości powietrza na jednostkę czasu do wnętrza żeliwiaka, jeżeli jedna dysza się zażużli, to przez trzy inne dysze, względnie przez resztę dysz ta sama ilość powietrza wchodzi do pieca, tylko z większą chyżością względnie z większą chyżością i równocześnie większem ciśnieniem.

Wadą dmuchaw jest natomiast ta okoliczność, że pracują ekonomicznie, więc z normalną sprawnością tylko wtedy, jeżeli są pędzone w sposób odpowiadający ich największej wydajności przy największem ciśnieniu, więc z normalną ilością obrotów, na jaką są budowane: jeślibyśmy z jakiegokolwiek powodów zmniejszyli wydajność przez zmniejszenie ilości obrotów, to sprawność ich spada natychmiast znacznie.

TO, co jest zaletą względnie wadą dmuchaw jest naodwrot wadą względnie zaletą wentylatorów i turbowentylatorów /turbo-dmucha/, jest jednak co do sprawności bardzo duża różnica między zwyczajnymi wentylatorami a nowoczesnymi turbowentylatorami i także wysokoprężnymi wentylatorami. Podczas gdy sprawność zwykłych wentylatorów nie wiele jest większa niż 50%, to sprawność objętościowa turbowentylatorów wynosi prawie 100%, sprawność dmuchaw z wirnikiem tłokowym wynosi natomiast 85%. Wielką zaletą turbowentylatorów jest ich prawie stała sprawność przy wachającej się wydajności pomiędzy 50 - 100%.

Przy żeliwiakach podajemy u nas w Europie poza Anglią ciśnienie w milimetrach słupa wody /SW w mm/. W Anglii i Ameryce ciśnienie podawane jest w funtach na cal kwadratowy. Do przeliczenia funtów na cal kwadratowy na mm SW służą następujące dane:

1 funt/ cal kwadratowy = 51,7 mm słupa rtęci

1 mm słupa rtęci = 13,59 mm słupa wody

1 funt/cal kwadratowy = 710 mm słupa wody /SW/

Ciśnienia stosowane w żeliwiakach, wielkich piecach i piecach Bessemera /Thomasa/ podaje następująca tabelka:

| | mm SW | 41 atm. | mm SHg. | f/cal kw. |
|----------------|-------------|------------|----------------|------------|
| Żeliwiaki: | 200- 1500 | 0,02-0,15 | 14,7- 110,25 | 0,28- 2,13 |
| Wielkie piece: | 200-10000 | 0,2 -1 | 147,0 - 735,3 | 2,8 -14,2 |
| Besseмеры: | 20000-24000 | 2,0 -2,4 | 1470,0 -1988,0 | 28,0 -38,0 |

Ż:Wp:B = 1:10:100 do 1:5:12,5

Surowce żeliwiakowe.

Surowce żeliwiakowe są następujące: powietrze, koks, surowce żelaza, stopy żelaza, złom. Kolejno omówimy te surowce.

Powietrze.

W ruchu tworzyw żeliwiakowych poza samym wsadem żelaza powietrze-co do ilości- jest na pierwszym miejscu. Na jedną tonę wsadu zużywamy bowiem zależnie od natężenia ruchu żeliwiaka 100 do 150kg. koksu /łącznie z koksem kotłowym/, powietrza zaś 800 do 1200 m³ to jest 1034 do 1552 kg; ciężar powietrza przekracza nawet wagę samego wsadu żelaza. Przyroda dostarcza powietrze zadarmo; ale w stanie nie sprężonym; sprężanie zaś, czy zgęszczanie powietrza pociąga za sobą dość duże koszty i wymaga stosunkowo dużo energii, z tego powodu dbać należy, aby zgęszczanie odbywało się najtaniej i aby straty zgęszczonego, więc drogiego powietrza były jak najmniejsze. Przedtem zapoznaliśmy się z wentylatorami i dmuchawami. Teraz zastanówić się należy bliżej nad kosztem zgęszczenia powietrza na tonę wsadu, co uskuteczniemy na przykładzie:

Przyjmijmy, że zużycie powietrza na jedną tonę wsadu wynosi okragło 1000 m³ przy stanie barometru 760 mm S Hg i temperaturze 0 C. Żeliwiak o przekroju w strefie dysz 1 m² zużywa na jedną godzinę 7500 m³ powietrza przy nadciśnieniu 800 mm SW łącznie ze stratami w przewodach i tp. przetapia w godzinie 7,5 t wsadu. Dmuchawa zużywa energii w wysokości 30 KM czyli 22 KW; ze względu na straty prądu elektrycznego w przewodach zużycie energii wynosić będzie w centrali na tablicy rozdzielczej około 25 KW. Ponieważ w jednej godzinie przetapiamy 7,5 t, to zużycie prądu na jedną tonę wynosi 3,333 KWh; licząc 20 gr na jedną KWh otrzymamy koszt napędu w wysokości 67 gr/t. W odlewniach na ogół prąd elektryczny wypada drożej niż w innych zakładach z powodu małego cosφ/0,4 - 0,6/.

Do tych kosztów doliczyć należy wydatki na smary, robocizne, reparatury i amortyzację dmuchawy. Przy dobrym stopniu zatrudnienia i reparatur dmuchaw, motorów, przewodów etc. wynosił w dwu latach 1 zł/t.

Koszt instalacji i amortyzacji:

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Dmuchawa Jägerá Nr 9 | 5500 Kr |
| Motory A EG loko W. Górka..... | 4000 " |
| Manometr | 153 " |
| Zawory do przewodów | 1050 " |
| Transmisja | 700 " |
| Przewody | 1200 " |
| Rzemienie | 650 " |
| Przewoźne dwu dmuchaw | 1430 " |
| Montowanie | 500 " |
| Rury żeliwne | 1000 " |
| Pomost dmuchaw | 2000 " |
| Razem | 18183 Kr |
| po przeliczeniu to jest razy 1,82.... | 33093 zł |
| + 20 % | 6907 " |
| Suma | 40000 zł |

Amortyzacja roczna wyniesie zatem 4000 zł to jest na jedną tonę wsadu przy prawie pełnym ruchu /20000 t produkcji/ 20 groszy/t wsadu.

Zestawienie: Koszt energii 3,33 kWh/t

| | |
|-------------------------|-------|
| 67 gr/t | |
| Utrzymanie maszyn | 100 " |
| Amortyzacja | 20 " |

Razem

187 gr/t wsadu
względnie na 1000 m³ powietrza 760 mm Hg 0 C to jest około 10%
całych kosztów przetopu.

| Skład powietrza | wagowy | objętościowy |
|------------------------------|---------|--------------|
| Tlen O ₂ | 23,10% | 20,90% |
| Azot N ₂ | 75,55% | 78,13% |
| Argon A ₂ | 1,30% | 0,94% |
| Kwas węglowy CO ₂ | 0,05% | 0,03% |
| | 100,00% | 100,00% |

W obliczeniach technicznych nie uwzględniamy zawartości argonu i kwasu węglowego i przyjmujemy wagowy skład powietrza 23% O + 77% N, objętościowy zaś 21% O + 79% N.

Wpływ temperatury i ciśnienia zaznacza się w pracy dmuchaw.

Dmuchawa tłokowa obliczona na pewną ilość objętościową powietrza dostarcza w zimie więcej kilogramów powietrza niż w lecie, tem przedewszystkiem tłumaczy się twierdzenie żeliwiakowców względnie wielkopięcowniców, że żeliwiak względnie wielki piec "idzie" lepiej w zimie niż w lecie; dla chyżości i dokładności spalania koksu miarodajną jest ilość wagowa tlenu wprowadzana z powietrzem do pieca, ale nie objętość, tak bardzo zależna od temperatury.

Ciężar właściwy powietrza:

| Temp. C | -50 | -40 | -30 | -20 | -10 | 0 | +10 | +20 | +30 | +40 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kg/m ³ | 1,583 | 1,515 | 1,452 | 1,395 | 1,342 | 1,293 | 1,247 | 1,205 | 1,165 | 1,128 |

Dmuchawa o stałej wydajności objętościowej naprzykład 100 m³/minutę

wprowadza do żeliwiaka przy temperaturze -20 C 139,5 Kg powietrza

"- " " 0 C 129,3-"- "-

"- " " +30 C 116,5-"- "-

Licząc na jeden kilogram koksu 10 kilogramów powietrza, potrzebnego do spalania na CO₂, żeliwiak otrzymujący w zimie 139,5 kilogramów powietrza na minutę spali 13,95 kilogramów koksu, podczas gdy w lecie przy temperaturze +30 spala tylko 11,65 kilogramów koksu na minutę; od chyżości spalania koksu zależy chyżść topienia; w zimie więc żeliwiak daje na jednostkę czasu więcej płynnego żeliwa, niż w lecie. Oprócz temperatury mamy jeszcze do czynienia ze zmiennem ciśnieniem, to je st ze zmiennym stanem barometru.

Sredni stan barometru przy 0 C.

| Wysokość nad poziom morza m | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 1000 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Stan barometru mm Hg. | 760,- | 750,5 | 741,2 | 732,- | 722,9 | 713,9 | 670,6 |

Zużycie powietrza obliczamy zawsze dla 0 C i 760 mm Hg. Jeżeli chodzi

jednak w danych warunkach /temperatura otoczenia i stan barometru/

o obliczenie wydajności wymaganej dmuchawy albo wyjaśnienie wyników

ruchu danego pieca wtedy przeliczamy ilość powietrza przy 0 C 760 Hg.

na ilość odpowiadającą danej temperaturze i ciśnieniu atmosferycznemu.

Ze wzoru
$$v = v_0 \frac{273 + t}{273} \cdot \frac{760}{p}$$

widzimy, że v będzie tem większe potrzebne, im większą jest tempera-

tura otoczenia i im niższy jest stan barometru przeciętny dla danej

okolicy p. Obliczając wydajność dmuchawy należy uwzględnić najwyższą

temperaturę /gorące lato/ i najniższy stan barometru.

Przy uwzględnianiu tego nie należy jednak brać danych szczytowych

bo byłoby to ze względu na krótki okres trwania tego stanu nieekonomiczne. I tak np. wystarczy dla letniej temperatury uwzględnić 30°C.

Poniżej podaje tabelkę objętości wtłaczanych przy różnych stanach atmosferycznych przy założeniu, że dostarczamy 100 m³ przy 0°C i 760mm słuca rtęci.

| | 0°C | temperatura powietrza 30°C. | | | | | |
|---------------------------|-----|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Wzniesienie | 0 | 0 | 100 m | 200 m | 300 m | 400 m | 500 m |
| ciśnienie p | 760 | 760 | 750,5 | 741,2 | 732,0 | 723,0 | 714,0 |
| 760 : p | 1 | 1 | 1,0127 | 1,0258 | 1,0383 | 1,0541 | 1,064 |
| objętość w m ³ | 100 | 111 | 112,4 | 113,9 | 115,3 | 117,- | 118,2 |

Dotąd rozpatrywaliśmy wyłącznie powietrze suche. Tymczasem powietrze atmosferyczne zawiera zawsze zależnie od temperatury mniejsze lub większe ilości wody w postaci pary; ilość wilgoci w powietrzu mierzymy "higrometrem" albo "psychrometrem". Zupełnie suche powietrze nie istnieje w przyrodzie.

Hygrometry podają stopień nasycenia w odsetkach zupełnego nasycenia przy danej temperaturze; ilość zatem gramów w metrze sześciennym trzeba dopiero obliczać, uwzględniając, ile pary wodnej przy danej temperaturze nasycza powietrze.

U nas stopień nasycenia powietrza parą wodną wynosi 74 - 75%, w grudniu najwyższy dochodzi 86%, w sierpniu spada nawet do 61%.

Wpływ wilgoci powietrza zaznaczy się we wzorze gazu przez zmniejszenie ciśnienia powietrza:

$$v = v_0 \cdot \frac{273 + t}{273} \cdot \frac{760}{p - p_2}$$

przezem p - wilgotność względna razy prężność pary przy t° C dzielona przez sto.

Ciekawą jest rzeczą, który z rozpatrywanych czynników najsilniej oddziałuje na odchylenie ciężaru objętościowego powietrza od 1,293 kg/m³ przy 0°C, 760mm słuca rtęci i 0% wilgoci w naszych warunkach, to znaczy, gdy temperatura wrośnie do 30°C, ciśnienie opadnie do 730mm słuca rtęci a wilgotność osiągnie 80% nasycenia.

Kolejno na przykładzie przejdziemy wpływ wspomnianych czynników, określając ich oddziaływanie w procentach i posługując się wzorem:

$$\gamma = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + t} \cdot \frac{p - p_2}{760}$$

1. Pierwszy czynnik:

$$t = 30^\circ\text{C}, p = 760\text{mm Hg}, p_2 = 0.$$

$$\gamma = 1,293 \cdot \frac{273}{303} = 1,164 \text{ kg/m}^3$$

Procentowe zmniejszenie ciężaru właściwego:

$$100./1,293 - 1,164/ : 1,293 = 10,+\%$$

2/ Drugi czynnik:

$$t = 30 \text{ C}, p = 730 \text{ mm Hg}, p_z = 0.$$

$$\gamma = 1,293 \cdot \frac{273}{303} \cdot \frac{730}{760} = 1,118 \text{ kg/m}^3$$

Procentowe zmniejszenie ciężaru właściwego:

$$100./1,293 - 1,118/ : 1,293 = 13,5\%$$

$$13,5 - 10,- = 3,5\%$$

3/ Trzeci czynnik:

$$t = 30^\circ\text{C}, p = 730 \text{ mm Hg}, p_z = 25 \text{ mm Hg}.$$

$$\gamma = 1,293 \cdot \frac{273}{303} \cdot \frac{730 - 25}{730} = 1,080 \text{ kg/m}^3$$

Procentowe zmniejszenie ciężaru właściwego:

$$100./1,293 - 1,080/ : 1,293 = 16,5\%$$

$$16,5 - 13,5 = 3\%$$

Widzimy, że największy wpływ wywiera temperatura, średni ciśnienie a najmniejszy wilgoć. Do tych samych wniosków dojdziemy, gdy będziemy obliczać absolutny wpływ tych czynników, to znaczy wpływ tylko jednego czynnika przy zachowaniu normalnych wielkości pozostałych.

Powyższe rozważania dadzą się ująć w następujące wnioski:

- 1/ Dmuchawa żeliwiakowa zasysa zawsze powietrze w jednostce czasu o prawie jednakowej objętości, posiadającej jednak z powodu omawianych czynników zmienny ciężar. Przy zamawianiu zatem dmuchawy należy wydajność objętościową obliczyć na najwyższą temperaturę i wilgotność względną a najmniejsze ciśnienie atmosferyczne.
- 2/ Dmuchawy ustawiane są zwykle w pobliżu samego żeliwiaka w celu uniknięcia strat ciśnienia w przewodach. Panuje tam stosunkowo duża temperatura, prócz tego powietrze zanieczyszczone jest kurzem; aby do żeliwia doprowadzać czyste powietrze i o zwykłej temperaturze stosujemy przewód ssący odpowiednio długi.

Dłuższe przewody powietrzne wykonuje się z blach spawanych lub nitowanych, krótkie z rur żeliwnych. Zupełna szczelność połączeń jest konieczna. Stosowanie kanałów murowanych nie jest wskazane właśnie na niezupelną szczelność, a ułożenie ich po ziemię uniemożliwia wszelką kontrolę.

Chyżość powietrza dla żeliwiaków stalownianych przyjmujemy

22 m/sek, dla żeliwiaków odlewniczych 10 - 15 m/sek, średnio 12,5.

Gdzie tylko możliwe przewody powinny być proste bez kolan i odgałęzień, jeżeli kolana są nieuniknione należy średnicę ich nieco zwiększyć. Hurst zaleca zwiększenie średnicy przewodu krótkiego o 25%, długiego o 50% w stosunku do teoretycznie obliczonej względnie średnicy wylotu dmuchawy.

Paliwo.

Żeliwiaki pędzone są dzisiaj wyłącznie na koksie, niekiedy wprowadzamy w celu podwyższenia temperatury w strefie spalania dodatkowo olej, w ostatnim czasie także pył węglowy.

Poniżej podaję normy jakościowe koksu:

| A/ Koks odlewniczy: | Klasa I | Klasa II |
|---|----------------------------|------------------|
| 1. Zawartość popiołu /max/ | 8 % | 9 % |
| 2. " wody /max/ | /5 "/ | /5 "/ obecnie 3% |
| 3. " siarki /max/ | 1 " | 1,25 % |
| 4. Miał w miejscu odbioru | 6 " | 6 % |
| 5. Porowatość | 40 " | 40 " |
| 6. Wytrzymałość na zgniatanie /min/ | 100 kg/cm ² | |
| 7. Wielkość kawałków | 80 do 120 mm | |
| 8. Rozkruszość wg. metody amerykańskiej | 25 % kawałków poniżej 50mm | |
| 9. Temperatura prażenia | wyżej 1000°C. | |

B/ Koks wielkopiecowy:

Podaję tu tylko te pozycje, które różnią się od norm dla koksu odlewniczego.

| | |
|--------------------------------------|---------------------|
| 5. Porowatość | 50 % |
| 7. Wielkość kawałków | nie ponad 120 mm |
| 9. Temperatura prażenia | 650 do 800° C. |
| 10. Rozkruszość metodą bebnową | 80 % powyżej 40 mm. |

Ciężar właściwy koksu hutniczego wynosi 450 - 550 kg/m³.

Wsad żeliwiakowy.

Wsad składa się rzadko z samych gęsi surowca względnie z kawałków tego samego kształtu i wagi. Najbardziej jednolity wsad spotykamy w stalowniach, gdzie w dużych żeliwiakach przetapiany jest przeważnie surowiec żelaza w gęsiach.

Zwykle z żeliwiniach mamy do czynienia ze wsadem składającym

| | | | |
|--------------------------|-----|---------|---------------|
| się z gęsi surowca | 0,- | do 80 % | normalnie 50% |
| złomu maszyn | 20 | " 100 " | " 15" |
| " handlowego | 20 | " 100 " | " 10" |
| własnych odpadków | 20 | " 50 " | " 25" |

Odlewnie dbające o swą dobrą opinię stosują zależnie od gatunku odlewów conajmniej 60% surowca, całą ilość własnych odpadków 20 - 25%, a resztę uzupełniają złomem zakupionym od obcych 20 - 15%. U nas niestety mamy dużo odlewni przetwarzających prawie wyłącznie tylko złom.

Gęsi surowca są dwojakiego rodzaju albo płaskie 250.60.250 albo o przekroju prawie kwadratowym 70.70.200 i 100.100.200.

Wlewy i leje okrągłe mają wymiary 10 - 100 mm średnicy.

Złom maszynowy o różnym kształcie, płyty, pręty, bryły stosuje się od 5 do 150 kg.

Złom handlowy cienkościenny przetwarzamy w formie płyt 4 do 7 mm grubości, rusztów 15.15, garnków o ściankach grubych 3 do 5mm.

Nie wchodząc w zagadnienia składu chemicznego wsadu zajmmy się narazie wpływem, jaki wywierają własności fizyczne wsadu: wielkość, kształt, zanieczyszczenia powierzchni rdzą, piaskiem lub gliną itp.

Wsad wrzucony do żeliwiaka powinien się ogrzyć do temperatury topienia /1050-1250°C/ na drodze od wylotu do strefy topienia. Wsąd w strefie topienia przechodzi w stan płynny i w postaci kropeł lub małych strumyków ścieka pomiędzy rozżarzonemi kawałkami koksu na spód pieca. Chyżość ogrzewania się wsadu powinna iść w parze z szybkością spalania koksu i wytwarzania ciepła. Gazy spalania unoszą duże ilości ciepła ze strefy spalania w górę; ciepło to przenika do pojedynczych kawałków wsadu i rozchodzi się z powodu dobrego przewodnictwa dosyć szybko w całej masie kawałka. Ilość przenikającego i przewodzonego ciepła w jednostkę czasu zależy od różnicy temperatury gazów w danej strefie i temperatury wsadu, jakoteż od wielkości powierzchni wsadu i grubości kawałków.

Duże, ciężkie kawałki mogą być tylko przetwarzane w stosunkowo dużych żeliwiakach, których średnica jest conajmniej 2,5 razy tak duża, jak największy wymiar kawałka przetwarzanego; np. kawałki o wadze 145kg i długości 500mm możemy przetapiać w żeliwiakach o średnicy 1250mm. W mniejszych żeliwiakach powstałoby

niebezpieczeństwo zawieszania się naboju.

Z drugiej strony wydaje się rzeczą łatwo zrozumiałą, że drobne, lekkie kawałki o małym stosunku objętości do powierzchni $\frac{V}{P}$ / prędzej się ogrzeją do temperatury topienia, mniej więc wymagają koksu i przy danej ilości powietrza wdmuchiwanego do żeliwiaka warunkują dużą wydajność żeliwiaka.

Różnica pomiędzy pojedynczymi gatunkami składników wsadu występuje także w ich ciężarach objętościowych. Dla przykładu podaje trochę danych:

| | |
|--|---------|
| 1m ³ żeliwa waży | 7300 kg |
| " gęsi długich 250 mm waży | 3100 " |
| " " " 400 - 500 mm waży | 2700 " |
| " " " 700 - 800 " " | 2040 " |
| " złomu kokilowego i cylindrowego | 2100 " |
| " " maszynowego o wadze sztuki około 11 kg | 2600 " |
| " " " średniego waży | 1220 " |
| " " " lekkiego i drobnego | 920 " |
| " garnków i piecyków waży | 600 " |
| " złomu radiatorów waży | 600 " |

Te własności fizyczne pojedynczych składników wsadu same przez się w warunkach zresztą równych /ta sama ilość koksu, ta sama ilość powietrza itd./ wywierają tak duży wpływ na przebieg i wynik topienia, że bez uwzględnienia ich nie możemy porównać pracy jednego żeliwiaka z drugim; jeżeli jeszcze dodamy, że szybkość spalania koksu przy tej samej ilości powietrza na jednostkę czasu zależy od wielkości pojedynczych kawałków koksu, że waga powietrza zależy od temperatury, stanu barometrycznego i wilgoci, łatwo zrozumiemy, że badając bieg żeliwiaka przede wszystkim te czynniki powinniśmy uwzględnić, inaczej bowiem dochodzimy do mylnej oceny biegu żeliwiaka.

Przy opadaniu słupa przetworowego zmienia się ciągle układ pojedynczych kawałków wsadu zwykle w ten sposób, że pojedyncze kawałki układają się gęściej i wzajemnie powierzchnie ich się nakrywają. Np. płyty pierwotnie prostopadle ustawione stopniowo zesuwać się do położenia równoległego. W ten sposób zmienia się stale stosunek V/P a z nim szybkość ogrzewania. Ponieważ jednak podczas ruchu wsadu pomiędzy pojedyncze kawałki żeliwa wpadają

drobne kawałki koksu i wapienia, przyjęc należy, że rzadko złom układa się obok siebie szczelnie i że jednak stosunek pierowtny V/P pozostaje miarodajny dla szybkości przenikania ciepła z gazów do żeliwa. Stosunek V/P możemy dokładnie obliczyć tylko dla kawałków o kształcie geometrycznym: np. dla kostek, kul, płyt, walców, rur itd.

Stosunek V/P dla kostki o boku a równa się: $a/6$

" " " kuli o średnicy d równa się: $d/6$

" " płyt o małej grubości równa się około: $s/2$

" " walców długich w stosunku do średnicy: $d/4$

" " prętów kwadratowych długich równa się: $a/4$

" " rur o stosunkowo cienkich ściankach, gdzie s oznacza grubość ścianki, równa się: $s/2$

Jeżeli kształt kawałków złomu jest zupełnie nieregularny musimy się zadowolić przybliżonym stosunkiem V/P , który obliczamy z przeciętnej wagi kawałka G w sposób następujący: objętość kawałka obliczamy z wagi $V_d = G:7,3$, następnie wypośrokowujemy t.zw. grubość ścianki zredukowaną, wyobrażając sobie kawałek złomu w postaci płyty $s = 2V:P$ a dalej na podstawie wyżej wypisanego wzoru określamy V/P jako $s/2$.

Teoretycznie biorąc ta sama masa żeliwa nagrzej się prędzej wtedy, gdy jej stosunek V/P jest mniejszy, i to tem prędzej ile razy zmniejszymy stosunek V/P . Najlepiej objaśnić to można na przykładzie. Weźniemy kostkę o boku a , powierzchnia jej równa się $6a^2$. Gdy kostkę tę pokrajemy na płytki np. o grubości $a/10$, to powierzchnia wzrośnie do wartości około $20a^2$. Ile razy wzrośnie powierzchnia, tyle razy wzrośnie i szybkość nagrzania a stosunek V/P zmaleje też tę samą ilość razy.

Dla wsadu surowcowego możemy już teraz ustalić następujące warunki:

- 1/ Ponieważ piasek jest złym przewodnikiem ciepła, gęsi surowcowe powinny być odlewane nie do piasku lecz do kokili żeliwnej.
- 2/ Przy tej samej wadze kawałka gęsi przenoszenie ciepła odbywa się szybciej przy kawałkach płaskich, niż przy kawałkach o przekroju kwadratowym. Surowiec winien być przy wielkich piecach odlewany w postaci płyt o grubości ca 30mm; płyty winny być zaopatrzone w dwa podłużne żebra, aby się w żeliwiaku po-

wierzchnie ich nie stykały.

3/ Złom winien być w kawałkach równej wagi i grubości ścianki, niezardzewiały i niezanieczyszczony piaskiem lub gliną.

Idealny ruch żeliwiaka mamy wtedy, jeżeli kawałki wsadu są zupełnie równe albo conajmniej wykazują ten sam stosunek V/P. Do tak idealnie złożonego wsadu dostosowany koks w odpowiedniej wielkości kawałków i odpowiedniej jakości warunkuje najlepszy przebieg topienia. W praktyce zaś odlewniczej zwykle o idealnym ruchu żeliwiaka myśleć nie możemy. Jeszcze najbardziej do idealnego zbliżony jest ruch żeliwiaków stalownianych, przetapiających gęsi surowcowe prawie tej samej wielkości i o tym samym kształcie.

W żeliwniach innych mieszanina wsadu składa się po części z gęsi surowca, ze złomu maszynowego o bardzo różnej wielkości i o różnym kształcie kawałków, po części z drobnych przeważnie nadlewów i wlewów, a niekiedy z cienkościennego złomu handlowego.

Wsad w postaci płaskich płyt prędzej się nagrzewa, niż w postaci kostek lub nieregularnych brył a to z następującego powodu: płyty dążą podczas opadania w żeliwiaku do układania się pionowo, dlatego obydwie powierzchnie ścian są przy ogrzewaniu w prądzie silnym gazów gorących równomiernie czynne, podczas gdy np. przy kostce górna powierzchnia jest mało czynna.

Różnorodność składu wsadu pociąga za sobą ten skutek, że chyżość topienia a więc ilość koksu przy danej ilości powietrza na jednostkę czasu uwarunkowana jest wymaganiami najgrubszych kawałków wsadu. Wynika z tego wniosek, że porównywanie wyników badań biegu wytapiania różnych żeliwiaków jest tylko możliwe wtedy, jeżeli przy próbach stosowano wsad z tych samych kawałków, tej samej wielkości, o tym samym kształcie /np. gęsi surowca bez żadnego innego dodatku/.

Z powyższych wywodów wynika też, że nie zawsze lżejsze kawałki szybciej się topią, niż kawałki o większej wadze; np. płyta kwadratowa o boku 2,5dm i grubości 0,2dm, ważąca 9,13kg szybciej topi się, niż kostka żeliwna o boku 1dm, ważąca tylko 7,3kg, w pierwszym bowiem wypadku V/P wynosi 0,1, w drugim 0,167.

Stosując wsad składający się z brył i cienkościennych kawałków, wskazane jest ładować do pieca najpierw bryły a potem ko-

lejno coraz cieńsze kawałki. Ponieważ jednak bryły dążą w kierunku środka pieca i przebijają się przez lżejsze kawałki, ładowanie brył na końcu wsadu nie jest niekorzystne także i z tego powodu, że ładując na nabój koksu najprzód lekki żłom nie narażamy koksu na znaczniejsze kruszenie się.

Teoretyczne zasady budowy i pędzenia żeliwiaków.

Teorja żeliwiakowa, jak każda inna teorja, ma na celu przedstawienie wzajemnej zależności i wzajemnego oddziaływania możliwie wszystkich czynników, biorących udział w przebiegu jakiegoś procesu, w naszym wypadku w przebiegu procesu przetapiania surowca i żłomu w żeliwiaku. Jak długo tej wzajemnej zależności nie ustalimy, tak długo nie pozostaje nam nic innego, jak wzorować się na "dobrze idących żeliwiakach" według metody głoszonej stale przez Osanna i stosowanej w praktyce przez firmy, budujące żeliwiaki "własnego systemu" i przez praktyków różnego autoramentu. Jeżeli zaś żeliwiak budowany na wzór "dobrze idącego pieca" pracuje gorzej, to szuka się dopiero przyczyn i znajduje się je zawsze: albo koks jest niedobry, albo wentylator zasłabł lub zasilny, albo wsad składa się z za bardzo grubych kawałków itd.

W roku 1910 ogłosiłem w Stahl u. Eisen artykuł pt. Die Luftmenge und ihre Bedeutung für den Bau und Betrieb der Kupolöfen, który w nieco odmiennym tekście ukazał się w zbiorowym dziele Geigera "Handbuch der Eisen und Stahlgießerei" p.t. Die Theorie des Kupolofenbetriebes. Przez prawie 20 lat te moje prace stanowiły temat dyskusyj czy na zebraniach odlewników czy też w czasopiśmie zawodowych. Dzisiaj sprawę mierzenia ilości powietrza, wdmuchiwanego do żeliwiaka na jednostkę czasu, uważa się za rzecz naturalną jakoteż inne dane wykazane przezemnie przed 20 laty. Przedstawię pokrótce główne zasady ogłoszone dawniej i uzupełnię obliczenie wysokości żeliwiaka nowymi danymi.

Ciepło i wysoką temperaturę, potrzebne do przetapiania wsadu w żeliwiaku wytwarzamy przez spalanie intensywne koksu za pomocą powietrza, wdmuchiwanego do pieca przez dysze.

Dla danego gatunku koksu istnieje przy normalnym biegu pieca pewna normalna ilość powietrza zależna od przekroju pieca w strefie dysz. Normalną ilość powietrza na 1 minutę i na 1 m^2 prze-

kroju żeliwiaka ustalamy w sposób następujący: przyjmujemy, że chyżość gazów gorących w strefie spalania wynosi 30 m/sek; jeżeli wolny przekrój strefy spalania wynosi $q \text{ m}^2$, wtedy ilość gazów na 1 minutę będzie:

$$G = q \cdot v \cdot 60 \text{ m}^3/\text{min}$$

Wolny przekrój wynosi 40% ogólnego przekroju Q a zatem dla $v = 30 \text{ m/sek}$ i $q = 0,4Q$ ilość gazów w minucie wynosi:

$$G_t = 0,4Q \cdot 30 \cdot 60 = 720Q \text{ m}^3/\text{min}$$

Ilość gazów objętościowa równa się prawie zupełnie ilości powietrza:

$$G_t = W_t$$

Ponieważ w strefie spalania panuje temperatura 1700°C , więc 720 m^3 gazu będzie miało przy temperaturze 0°C objętość:

$$720 \cdot \frac{T}{273} = 720 \cdot \frac{1973}{273} = 100 \text{ m}^3$$

$$v_t = v_0 \frac{T}{273}$$

$$v_0 = \frac{720 \text{ m}^3}{1973} = 1 \text{ m}^3$$

Normalna ilość powietrza wynosi więc $100 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ dla kawałków koksu $100 \cdot 100 \cdot 100 \text{ mm}$.

$$W_0 = 100 \cdot Q \text{ m}^3/\text{min} \text{ przy } 0^\circ\text{C} \text{ i } 760 \text{ mm Hg.}$$

Następnie ustalić mamy wielkość przekroju wszystkich dysz, którą przez całe dziesiątki lat uważano za alfe i omegę całego procesu żeliwiakowego i dla której przepisano 50% całego przekroju żeliwiaka:

$$q_d = 0,5Q$$

Tymczasem sprawa przedstawia się inaczej. Jeżeli chyżość gazów w strefie spalania w wysokości 30 m/sek, to chyżość zimnego powietrza w ilości $100:60 = 1,67 \text{ m}^3/\text{sek}$ niekoniecznie musi być większa lub mniejsza w dyszach:

$$q \cdot 30 = 1,67Q$$

$$q_d = \frac{1,67}{30} \cdot Q = \frac{1}{18} \cdot Q$$

Ogólny przekrój dysz wynosić ma teoretycznie $1/18$ część przekroju żeliwiaka w strefie spalania tj, 5,5% Q a nie jak żądano 50%. Z powodu tarcia w dyszach i zalewania częściowego dysz należy w praktyce stosować:

$$q_d = \frac{1}{10} \cdot Q$$

Na podstawie poprzednich rozważań ustalimy wzór na wydajność żeliwiaka $/S_g/$ o danym przekroju na jedną godzinę.

Jeżeli zużywamy na 100 kg wsadu $K \text{ kg}$ koksu wsadowego i koks ten spalamy z $p \text{ m}^3$ powietrza na 1kg koksu, to ilość po-

wietrza zużytego do przetapiania na 1 godzinę wynosi:

$$W = S \cdot K \cdot p \text{ m}^3 \text{ w temperaturze } 0^\circ\text{C i } 760\text{mm Hg.}$$

Normalna ilość powietrza na minutę na 1 m^2 powierzchni przekroju obliczyliśmy w wysokości: $w = 100 \text{ m}^3$, tj, na 1 godzinę wprowadzamy do żeliwiaka:

$$W = 60w = 6000Q$$

Równanie powietrza:

$$S \cdot K \cdot p = 6000Q$$

$$S = \frac{6000}{Kp} \cdot Q$$

Jeżeli na spalenie 1kg koksu zużywamy 8 m^3 powietrza, to z równania:

$$S = \frac{6000}{8K} \cdot Q = \frac{750}{K} \cdot Q$$

widzimy, że w danych warunkach wydajność żeliwiaka na 1 godzinę zależy wyłącznie od wysokości koksu wsadowego K i od Q .

Dla $Q = 1 \text{ m}^2$ wydajność równa się $\frac{750}{K}$.

Koks wsadowy: 6 8 10 12kg

Wydajność żel.: 125 93,7 75 62,5q

Trzecie zagadnienie dotąd nierozwiązane należy jest zagadnienie obliczania wysokości żeliwiaka. Osann wychodzi z założenia, że pobyt gazów w szybie żeliwiaka ponad dyszami aż do wylotu ma wynosić zależnie od wielkości pieców 6,5 do 3,1 sekund względnie zależnie od jakości odlewów:

| | |
|------------------------------|----------|
| żeliwiaki stalowniane | 6,5 sek. |
| " ciężkich odlewów masz..... | 4,1 " |
| " średnich " " | 3,7 " |
| " lekkich " " | 3,3 " |
| " piecowych " | 3,1 " |

Druga serja zestawionych przez Osanna danych odnosi się do wymaganej powierzchni przekroju pieca na 1 tonę godzinowego przetopu:

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| S_g w t/h | 15 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 0,25 |
| q w dm^2 na 1t/h | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 20 | 23 | 29 | 33 |
| Q w dm^2 | 180 | 130 | 112 | 90 | 64 | 40 | 23 | 14,5 | 8,25 |
| Srednica D | 15,2 | 12,9 | 12,0 | 10,7 | 9,04 | 7,14 | 5,42 | 4,29 | 3,33 |

Po trzecie przyjmuje Osann ilość gazów / 0°C , 760 mm Hg/ na 1kg spalane go koksu $6,5 \text{ m}^3$.

Na podstawie tych trzech danych: 1/ czas pobytu gazów w pie-

cu, 2/ przekrój żeliwiaka na 1 t/h i 3/ ilość gazów 6,5 m³/kg
 koksu przeprowadza Osanna obliczenie wysokości żeliwiaka w pro-
 sty bardzo sposób:

$$V = Q.H$$

$$H = \frac{V}{Q} \quad \text{gdzie:}$$

V - objętość żeliwiaka ponad dyszami w m³,

Q - powierzchnia przekroju żeliwiaka w m²,

H - wysokość żeliwiaka.

$$V = G.Z \quad \text{gdzie:}$$

G - ilość gazów w m³/sek,

z - czas pobytu gazów w piecu w sekundach.

$$H = \frac{G.Z}{Q}$$

Przykład: Żeliwiak przetapia dla średniego odlewu maszynowego
 10 t/h przy zużyciu koksu 9%; jak duża jest jego wysokość? Ilość
 gazów na sekundę:

$$G = \frac{10 \cdot 1000}{100} \cdot \frac{9 \cdot 6 \cdot 5}{60 \cdot 60} = 1,62 \text{ m}^3/\text{sek}$$

Czas przebywania gazów odczytuje 3,7 sekund, przekrój 1,3 m².

$$H = \frac{1,62 \cdot 3,7}{1,3} = 4,61 \text{ m}$$

Drugi taki "praktyczny" sposób obliczania wysokości żeliwia-
 ka węglug Osanna jest następujący: objętość żeliwiaka /V m³/ obli-
 cza się tutaj nie z ilości gazów na sekundę i czasu przebywania
 ich w piecu, lecz z wielkości zajmowanej przestrzeni przez słu-
 przetworowy /surowiec, złom, wlewy - koks, wapień/ na 1 t płynne-
 go żeliwa względnie wsadu i z czasu pobytu słupa przetworowego
 w szybie pieca.

$$V = S.x.z$$

$$H = \frac{V}{Q} = \frac{S.x.z}{Q} \quad \text{gdzie:}$$

S - objętość słupa przetworowego w stanie luźnym,

x - współczynnik zgęszczenia słupa podczas biegu pieca,

z - czas pobytu słupa w godzinach.

Do obliczenia objętości słupa przetworowego na 1 t wsadu służy
 następująca tabela, podająca ciężary przestrzenne i objętości
 właściwe w kg/m³ i m³/t.

| | | m ³ /t |
|--|------------|-------------------|
| 1m ³ gęsi surowcowych 40-50 cm długich waży | 2700 | 0,370 |
| " złomu kokilowego i cylindrowego waży | 2100 | 0,476 |
| " średniego złomu maszynowego waży | 1220 | 0,820 |
| " drobnego złomu maszynowego i wlewów waży | ... 920 | 1,090 |

| | | |
|--|------|-------|
| 1m ³ złomu piecowego, garnków i radjatorów waży ... | 600 | 1,667 |
| " koksu odlewniczego | 450 | 2,222 |
| " wapienia waży | 1450 | 0,690 |
| " fluorytu waży | 1300 | 0,770 |

| | | |
|---|-----|------|
| Spółczynnik zgęszczenia skłupa przyjmujemy dla: | | x |
| mieszanki wsadu ciężkiej | 6% | 0,94 |
| " " średniej | 16" | 0,84 |
| " " lekkiej | 28" | 0,72 |

Czas pobytu wsadu w piecu w godzinach przyjmuje Osann według ilości zużytego koksu na 100kg wsadu skombinowany w dziwny sposób z wielkości naboju koksu i ilości powietrza w m³/kg koksu. Założenie jest następujące, że czas pobytu przy 12% koksu i zużyciu powietrza 6,9 m³/kg koksu wynosi 50 min czyli 0,83 godziny. Dla innych ilości zużycia koksu i ilości powietrza czas pobytu przelicza się proporcjonalnie do podanych wartości.

| | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|-------------------------|
| Zużycie koksu: | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 % |
| Ilość powietrza | 8 | 7,3 | 6,9 | 6,6 | 6,3 | 6,15 m ³ /kg |
| Czas pobytu: | 39 | 44 | 50 | 56 | 61 | 67 minut |
| " " | 0,65 | 0,73 | 0,83 | 0,93 | 1,02 | 1,12 godzin |

Przykład: Obliczyć wysokość żeliwiaka o godzinnej wydajności 4,5 t przy zużyciu koksu 12%.

1/ Objętość skłupa przetworowego na 1t wsadu surowca i złomu obliczamy z następującej tabelki:

| | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 400kg gęsi surowca /40-50 cm/ | 0,4.0,370 = 0,148 m ³ |
| " " średniego złomu maszynowego | 0,4.0,820 = 0,328 " |
| 200 " nadlewów itd | 0,2.1,090 = 0,217 " |
| 120 " koksu wsadowego | 0,12.2,222 = 0,267 " |
| 30 " wapienia | 0,03.0,690 = 0,021 " |
| <u>1150 kg</u> | <u>0,981 m³</u> |

Ponieważ nasz żeliwiak ma przetapiać 4,5 t/h, więc skłup przetworowy godzinny zajmuje: 4,5.0,981 = 4,4145 m³.

Spółczynnik zgęszczenia dla mieszanki średniej 16%, więc rzeczywista objętość skłupa godzinnego będzie:

$$V_g = 4,4145 \cdot 0,84 = 3,7 \text{ m}^3$$

Ponieważ wsad przebywa w szybie żeliwiaka niecałą godzinę, bo wedle tabelki tylko 50 min /0,83 godz/, więc rzeczywista objętość żeliwiaka wymagana w danych warunkach będzie:

$$V = 3,7 \cdot 0,83 = 3,07 \text{ m}^3$$

$$H = \frac{V}{Q} = \frac{3,07}{Q}$$

Z tablicy ze strony 53 przez interpolację odczytamy powierzchnię na 1 t/h w wysokości 1580 cm², a zatem:

$$Q = 0,158 \cdot 4,5 = 0,71 \text{ m}^2$$

$$H = \frac{3,07}{0,71} = 4,33 \text{ m}$$

Jeszcze bardziej dziwny jest sposób obliczania wysokości z ciśnienia powietrza, przeliczonego z mm słupa wody na m słupa powietrza, na podstawie twierdzenia, że wysokości są w prostym stosunku do chyżości wypływu powietrza, wyliczonego ze wzoru:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{gdzie}$$

g - przyspieszenie ziemskie 9,81,

h - ciśnienie w m słupa powietrza.

Wzór na obliczenie wysokości otrzymamy z proporcji:

$$H : H_w = v : v_w$$

$$H = H_w \cdot \frac{v}{v_w} \quad \text{gdzie}$$

H - wysokość szukana żeliwiaka,

H - wysokość wzorcowa żeliwiaka,

v - chyżość w obliczanym żeliwiaku,

v - chyżość we wzorcowym żeliwiaku.

Żeliwiak wzorcowy cechują następujące dane: ciśnienie 43 cm SW, wysokość 3,7 m, wydajność 5 t/h.

Przykład: Jak wysoki jest żeliwiak o wydajności 10 t/h, jeżeli ciśnienie równa się 61 cmSW.

Ciśnienie w m słupa powietrza:

$$\text{dla żeliwiaka wzorcowego} \quad 0,43 : 0,0013 = 332 \text{ m}$$

$$\text{" " liczonego} \quad 0,61 : 0,0013 = 472 \text{ "}$$

Chyżość wypływu powietrza:

$$\text{dla żeliwiaka wzorcowego} \quad v_w = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 332} = 80,6 \text{ m}$$

$$\text{" " liczonego} \quad v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 472} = 96,1 \text{ m}$$

$$H = 3,7 \cdot \frac{96,1}{80,6} = 4,4 \text{ m}$$

Sposób autora obliczania wysokości żeliwiaka jest następujący:

Jeżeli S_g oznacza rzeczywisty przetop na godzinę w 100 kg i m czas pobytu wsadu w szybie pieca ponad koksem kotlinowym w minutach, to waga wsadu /N/, znajdującego się w szybie pieca będzie:

$$N = m \cdot \frac{S_g}{60}$$

/1/

Wydajność na godzinę obliczamy z równania:

$$S_g = \frac{W \cdot 60}{K \cdot p} \cdot Q \quad \text{gdzie} \quad /2/$$

W - ilość powietrza $m^3/\text{min}/m^2$

K - ilość koksu wsadowego w kg na 100kg wsadu,

p - ilość powietrza na 1kg koksu wsadu.

wobec tego: $N = m \cdot K \cdot \frac{W}{p} \cdot Q \quad /3/$

a przy $W = 100 m^3/\text{min}/m^2$

$$N = m \cdot \frac{100 \cdot Q}{K \cdot p} \quad \text{w 100 kg} \quad /4/$$

Gdy przyjmiemy następujące założenia:

h_e - wysokość wsadów żelaza,

h_k - wysokość naboju koksu odnosząca się do N wsadu,

h_w - wysokość naboju topnika,

e - waga $1m^3$ wsadu żelaza w 100 kg,

k - " " koksu w kg,

to $N = h_e \cdot Q \cdot e \quad /5/$

a ilość koksu na N wsadów:

$$N \cdot K = h_k \cdot Q \cdot k \quad /6/$$

$$N = h_k \cdot Q \cdot \frac{k}{K} \quad /7/$$

$$h_e \cdot Q \cdot e = h_k \cdot Q \cdot \frac{k}{K} \quad /8/$$

$$h_k = h_e \cdot e \cdot \frac{K}{k} \quad /9/$$

$$m \cdot \frac{100 \cdot Q}{K \cdot p} = h_e \cdot Q \cdot e \quad /10/$$

$$h_e = m \cdot \frac{100}{e \cdot K \cdot p} \quad /11/$$

$$h_z = h_e + h_k \quad \text{gdzie} \quad /12/$$

h_z - wysokość żeliwiaka nad koksem kotlinowym.

$$h_z = h_e + h_e \cdot e \cdot \frac{K}{k} \quad /13/$$

$$h_z = h_e / 1 + e \cdot \frac{K}{k} \quad /14/$$

Po wstawieniu za h_e wartości ze wzoru 11 otrzymamy ogólny wzór na wysokość żeliwiaka nad koksem kotlinowym.

$$h_z = \frac{m \cdot 100}{e \cdot K \cdot p} / 1 + e \cdot \frac{K}{k} \quad /15/$$

Wzór 15 wykazuje nam wyraźnie zależność wysokości żeliwiaka od pięciu czynników, którymi są:

- 1/ czas pobytu wsadu w piecu m w minutach,
- 2/ ciężar przestrzenny wsadu e w 100kg,
- 3/ koks wsadowy na 100kg wsadu K w kg,
- 4/ powietrze na spalenie 1kg koksu p w m^3/kg ,
- 5/ ciężar przestrzenny koksu k w kg/m^3 .

$$\text{Przyjmujemy} \quad m = K \cdot p \cdot \sqrt{Q} \quad /16/$$

$$h_z = \frac{K \cdot p \cdot \sqrt{Q}}{e} \cdot \frac{100}{K_p} / 1 + e \cdot \frac{K}{k}$$

$$\text{po uproszczeniu:} \quad h_z = 100 \cdot \sqrt{Q} / \frac{1}{e} + \frac{K}{k} \quad /17/$$

dla danego $e = 25q$ i $k = 500 \text{ kg/m}^3$

$$h_z = \frac{1}{5} \cdot \sqrt{Q} / 20 + K / = 4 \cdot \sqrt{Q} / 1 + \frac{K}{20} \quad /18/$$

Wysokość żeliwiaka nad koksem kotlinowym zależna jest, jak widać z równania 18, przy danem e i k wyłącznie od wielkości naboju koksu K na 100 kg wsadu i od pierwiastka kwadratowego z przekroju. Jeżeli zamiast przekroju wprowadzimy do wzoru średnicę, to zależność omawiana przedstawi się w następujący sposób:

$$h_z = 3,54 \cdot D / 1 + \frac{K}{20} \quad /19/$$

Przykład: Obliczyć wysokość żeliwiaka dla $K = 10$ i $D = 1\text{m}$.

$$h = 3,54 \cdot 1 / 1 + \frac{10}{20} = 5,31\text{m}$$

Jak widać ze wzoru 18 czy 19, bardzo ważną jest znajomość rozchodu koksu na 100 kg wsadu. Aby obliczyć tę wielkość trzeba uwzględnić kilka czynników.

Przedewszystkiem nie wszystek węgiel zawarty w koksie spala się na CO_2 . Stosunek ilości węgla spalającego się na CO_2 do ilości węgla spalającego się na CO nazywamy wedle wyrażenia autora "stosunkiem spalania". Uwzględniając pewien stosunek spalania $\frac{50}{50}$ do $\frac{80}{20}$ jakoteż straty ciepłe w gazie na 1kg spalającego się węgla $/g.t.c/$, następnie zawartość węgla w koksie $/C/$ i pewien $/0,95/$ współczynnik zużytkowania ciepła ze spalającego się węgla, obliczamy zużycie koksu na 100 kg żeliwa łącznie z żużlem ze wzoru:

$$K = \frac{100 \cdot E}{/0,95 \cdot K_w - g.t.c/C} \quad /20/$$

Dla wyjaśnienia poszczególnych oznaczeń podaję poniżej przykład obliczenia zużycia koksu.

1/ E oznacza użytą ilość ciepła do ogrzania, topienia i przegrzania 1kg żeliwa $/x/$ i 5% żużla $/y/$ jakoteż CO_2 z wapienia i H_2O ze wsadu całego. Poszczególne wartości określam na podstawie następujących danych:

| | |
|--|-------------|
| Wartość opałowa normalnego koksu | 7000 Kal/kg |
| Ciepło właściwe żeliwa przeciętne ze względu na piaszczystą powierzchnię | 0,21 |
| Ciepło utajone topienia żeliwa szarego | 25 Kal/kg |
| " " " " białego | 33 " " |

Temperatura topienia żeliwa szarego zależnie od procentowej zawartości krzemu 1150 - 11250°C

Temperatura topienia żeliwa białego 1050°C

Stopień przegrzania ponad temperaturę topienia 10 - 30%

żeliwo szare łatwo topliwe 15 - 20%

" " trudno " 10 - 15"

" białe 30 %

Przeciętna temperatura spustu żeliwa:

żeliwo szare 1300°C

" białe 1400°C

Ciepło właściwe żużla 0,35

Ciepło topienia żużla 50 kal/kg

Ilość żużla na 100kg wsadu 5 - 8 kg /normalnie 5kg/

Na podstawie powyższych liczb otrzymamy:

$$E = x + y = /0,21t + 0,25/.1 + /0,35t + 50/.0,05$$

$$t = 1300^{\circ}\text{C}$$

$$E = /0,21.1300 + 25/.1 + /0,35.1300 + 50/.0,05$$

$$= 313,25 \text{ Kal/kg.}$$

2/ K_w oznacza ilość ciepła wytworzoną przez spalanie 1kg węgla zawartego w koksie przy danym "stosunku spalania". Założymy stosunek 70/30 i otrzymamy:

$$K_w = 0,7.8100 + 0,3.2440 = 6402 \text{ Kal/kg.}$$

3/ Spółczynnik zużytkowania ciepła obliczamy na podstawie bilansu cieplnego.

Przykład bilansu cieplnego żeliwiaka:

Nabój koksu 8% a zawartość węgla 80%.

Dochód ciepła:

| | | |
|---|--------|-------|
| 70% C na CO ₂ : 4,48kg czystego węgla .. | 8100.. | 36288 |
| 30% " na CO: 1,92" " " | 2440 | 4685 |
| ciepło ze spalania węgla | 6402 | 40973 |
| ciepło siarki - woda | 176 | 1408 |
| całe ciepło z koksu | 5298 | 42381 |
| 0,25 kg Si na SiO ₂ | 7830 | 1957 |
| 0,35 " Mn na MnO | 1723 | 603 |
| 0,20 " Fe na FeO | 1352 | 270 |
| 0,10 " C na CO | 2440 | 245 |
| ciepło ze wsadu | | 3075 |

Cały dochód ciepła wynosi 45456

Rozchód ciepła.

| | | |
|--|-----|-------|
| Topienie 99kg żelaza przy 1300°C ... | 300 | 29700 |
| " 5 " żuźla przy temp. 1300° | 505 | 2525 |
| 0,35 % H ₂ O | 636 | 223 |
| 0,8 kg CO ₂ z wapienia | 943 | 754 |
| do procesu topienia zużyto | | 33202 |
| 64m ³ gazów o temp. 300°C przy c=0,33 | | 6336 |
| reszta przypada na promieniowanie .. | | 5918 |
| Cały rozchód ciepła wynosi | | 45456 |

Ciepło ze wsadu wynosi łącznie z ciepłem ze siarki 4483 Kal tj. około 10%, podczas gdy straty na promieniowanie wynoszą 13% ogólnej ilości ciepła; różnica wynosi na niekorzyść zużycowania ciepła 3,0% ogólnej ilości ciepła. Obliczona różnica w procentach ciepła wytworzonego przez spalanie węgla wyniesie:

$$\frac{5918}{40973} - \frac{4483}{40973} = 3,5\%$$

Wartość otrzymaną zaokrąglam do 5%.

4/ Przy "stosunku spalania" 70/30 ilość gazów na lkg C zawartym w koksie wynosi 8,45 m³. Ponieważ 8 kg koksu zawierają 6,4 kg C, więc ilość spalin na 100 kg wsadu wynosi 6,4.8,45 = 54,08 m³.

Ciepło właściwe gazów /15,5% CO₂, 6,6% CO, 78% N₂/ przy temperaturze 300°C wynosi 0,33.

$$g.t.c = 8,45 \cdot 300 \cdot 0,33 = 837 \text{ Kal.}$$

Mamy więc wszystkie dane, aby ze wzoru obliczyć zużycie koksu na 100 kg wsadu:

$$K = \frac{100 \cdot 332}{0,95 \cdot 6402 - 837 / 0,8} = 8 \text{ kg.}$$

Wszystkie trzy sposoby Osanna i innych, jakoteż mój sposób z roku 1910 obliczania wysokości żeliwiaka nie są teoretycznie uzasadnione. Sam ciężar właściwy materiałów przetworowych nie może jeszcze decydować o wymaganej wysokości żeliwiaka. Obliczenie wysokości powinno wychodzić z zasady, że szybkość wytwarzania ciepła przez spalanie koksu a więc sama chyżość spalania koksu danego gatunku odpowiadać winna szybkości wchłaniania ciepła przez wsad i koks. Dalej ekonomiczne zużycie koksu jest tylko wtedy możliwe, jeżeli przetwarzany wsad, składający się z kawałków tej samej wielkości i tego samego kształtu, ma stosunek V/P ten sam.

W tym celu należa ustalić a/ sposób obliczania szybkości spalania koksu na podstawie licznych doświadczeń z koksem o różnej wielkości kawałków i to z różnemi gatunkami koksu; następnie należy ustalić b/ sposoby obliczania szybkości ogrzewania się pojedynczych kawałków wsadu o danej wielkości i danym kształcie.

Ponieważ jednak w praktyce nie mamy do czynienia ani z koksem w kawałkach tej samej wielkości i tego samego kształtu, /choćbyśmy do pieca załadowali równe zupełnie kawałki, to p przy opadaniu słupa przetworowego mniejsza lub większa ilość kawałków rozbija się tak, że do strefy spalania przychodzi koks o różnej wielkości kawałków/ ani ze wsadem, składającym się z tych samych kawałków, należałoby ustalić szybkości spalania koksu o mieszanej wielkości kawałków i szybkości ogrzewania się wsadu, składającego się z kawałków różnej wielkości i różnych kształtów. Co do wsadu samego szybkość ogrzewania dużych kawałków byłaby w każdym razie w praktyce dla zużycia koksu miarodajna; przyczem rzecz prosta zużywać się musi stosunkowo duża ilość koksu.

Niedawno /1931/ przeprowadzał Osann /jun/ doświadczenia nad szybkością ogrzewania się kawałków wsadu. /listopad 1931/ Kawałek gęsi surowca 80/80, 200 mm długi zaopatrzony w środku w termoelement z żelazo-konstantanu, który w miarę podnoszenia się temperatury podczas opadania wsadu w piecu wskazywał temperaturę, w momencie stopienia przestawał działać. Kawałek gęsi osiągnął po 23 minutach temperaturę 1100°C i począł topnieć. Początek topienia przy dalszych próbach był po 17, 27, 29, 20, 25 minutach. Średni czas ogrzewania i topienia oblicza Osann, dodając do powyższych wyników 12,5% i otrzymuje: 26, 19, 30, 33, 23 i 28 minut.

Bardzo znamienne jest, że Osann nie podaje temperatury gazów; ze względu na stosunkowo dużą ilość stosowanego koksu wsadowego temperatura gazów była wysoka, dlatego ogrzanie wsadu mogło się odbywać szybko. Z tego powodu wyniki należy podwyższyć i zamiast około 26-33 minut liczyć 40 minut, jeżeli temperatura ma wynosić tylko około 300°C.

Stosunek V/F badanych kawałków surowca 80.80.200 był:

$$\frac{0,8 \cdot 0,8 \cdot 2}{4 \cdot 0,8 \cdot 2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 0,166 \text{ i czas trwania topienia } 40 \text{ minut.}$$

Dla stosunku $V/P = 1$ czas trwania topienia będzie $\frac{40}{0,166}$ czyli 240 minut, to znaczy, że kostkę o boku $a = 6$ dm można by w tych samych warunkach przetopić w przeciągu 240 minut czyli 4 godzin. Czas topienia zatem:

$$m = 240 \cdot \frac{V}{P}$$

Ustalenie tej zależności czasu topienia od V/P umożliwi nam określenie, dla jakich kawałków wsadu obowiązuje obliczona wysokość moją metodą, przy której przyjąłem:

$$m = K \cdot p \cdot \sqrt{Q}$$

albo po wstawieniu: $Q = \frac{D^2 \pi}{4}$.

$$m = 0,886 \cdot K \cdot p \cdot D$$

gdzie wymiar średnicy ~~Q~~ mierzymy w metrach.

$$240 \cdot \frac{V}{P} = 0,886 \cdot K \cdot p \cdot D$$

$$\frac{V}{P} = \frac{0,886}{240} \cdot K \cdot p \cdot D$$

dla $K = 10\%$ i $p = 8 \text{ m}^3/\text{kg}$ koksu wsadu,

$$\frac{V}{P} = 0,295 \cdot D$$

dla $D = 1\text{m}$,

$$\frac{V}{P} = 0,295; \text{ to znaczy w żeliwiaku o średnicy}$$

1m i o wysokości ponad koksem kotlinowym 5,31m /str. 58/ możemy przetapiać wsad, składający się z kawałków o stosunku $V/P = 0,295$ więc np. kostki o boku $a = 6 \cdot 0,295 = 1,77$ dm ważące 40,5 kg, albo płyty o grubości $2 \cdot 0,295 = 0,59$ dm / $V/P = s/2$ / Dla płyt kwadratowych obliczenie przedstawiałoby się następująco:

$$\frac{V}{P} = \frac{2 \cdot \frac{a^2}{2} \cdot \frac{s}{4as}}{2 \cdot \frac{a^2}{2} + 4as} = \frac{2 \cdot s}{2a + 4s} \text{ i dla omawianego żeliwiaka ta wartość ma wynosić } 0,295. \text{ W ten sposób otrzymujemy zależność między bokiem a grubością:}$$

$$a = \frac{1,18s}{s - 0,59}$$

np. dla $s = 0,8$, $a = 4,5$ dm i waga płyty wynosi 118kg.

Jeżeli we wzorze 15 /str. 57/ zamiast m wstawimy $240V/P$, otrzymamy równanie:

$$h_z = \frac{V}{P} \cdot \frac{240}{e} \cdot \frac{100}{K \cdot p} / l + e \cdot \frac{K}{k}$$

Pomiędzy stosunkiem V/P a ciężarem objętościowym wsadu w 100kg istnieje niewątpliwie pewna zależność, którą by należało ustalić przez liczne ważenia próbne.

Według tego wzoru otrzymane h_z jest tem mniejsze, im większy jest koks wsadowy. Jest to sprzeczne z równaniem 18 /str.58/

Sprzeczność jest jednak tylko pozorna; koks wsadowy powiększamy tutaj w celu umożliwienia przetapiania grubszych kawałków, zmieniamy więc stosunek V/P, który według ostatniego naszego wzoru /str. 62/ przyjęty jest jako stały; następnie podwyższając tutaj wsad podnosimy poziom górny koksu kotlinowego na koszt wysokości h_z pierwotnej /p. Osann/. Do danego V/P i e przynależna jest też pewna ilość koksu wsadowego a więc także pewna wysokość h.

Wzór ze strony 62 możemy także napisać:

$$h_z = a \cdot b \cdot c \quad \text{gdzie:}$$

$a = \frac{V}{P} \cdot 240$ oznacza czas pobytu wsadu w piecu w minutach,

$b = \frac{100}{K \cdot p}$ oznacza ilość przetopionego wsadu w 1 minucie na $1m^2$ powierzchni przekroju żeliwiaka,

$c = \frac{1}{e} + \frac{K}{k}$ oznacza współczynnik zależny od objętości przestrzennej 100 kg wsadu i od objętości koksu wsadowego na 100 kg wsadu.

Widzimy, że zagadnienie obliczenia wysokości żeliwiaka zależy od tak dużej ilości czynników w praktyce nieuchwytnych i tak różnych, że już z tego powodu nie można jednego "dobrze idącego" żeliwiaka brać na wzór dla innych, pracujących w odmiennych warunkach.

Już V/P wyraz określający objętość, więc także i wagę i kształt kawałków wsadu waha się w praktyce w dużych granicach /0,3 - 0,02/; tu uprościć możemy sobie wybór V/P w ten sposób, że uwzględniamy najgrubsze - wchodzące normalnie w rachubę - kawałki, wykazujące największe V/P - więc kawałki gęsi surowca 100.100.200 z $V/P = 0,2$.

a/ Jeżeli teraz przy stosunku spalania 70/30 zużywamy na 100 kg wsadu 10 kg koksu z 80% C i odpowiednią ilością powietrza 0,8.8,33 = 6,66 m^3/kg , jeżeli $1m^3$ gęsi waży 25q i $1m^3$ koksu 500 kg, to otrzymamy:

$$h_z = a \cdot b \cdot c = 48 \cdot 1,5 \cdot 0,06 = 4,32 \text{ m}$$

b/ Jeżelibyśmy przetapiali wsad o jednolitym ale mniejszym stosunku V/P = 0,15 przy zresztą tych samych warunkach, uwzględniając tylko mniejsze e = 20q, to otrzymamy:

$$h = a \cdot b \cdot c = 36 \cdot 1,5 \cdot 0,07 = 3,78 \text{ m}$$

Strefa topienia zagęszcza się więc o 4,32 - 3,78 = 0,54 m.

c/ Dla $V/P = 0,1$, przy którym to stosunku $e = 17,5q$ otrzymamy:

$$h_z = a.b.c = 24.1,5.0,0771 = 2,78 \text{ m}$$

to znaczy, że przy przetapianiu wsadu tak lekkiego z 10% koksu w tym samym żeliwiaku strefa topienia przesuwa się do góry o $4,32 - 2,78 = 1,54\text{m}$ i koks sam wypełnia całą dolną przestrzeń. Temperatura żeliwa wzrośnie.

d/ Dla $V/P = 0,02$ i dla $e = 5q$ otrzymamy:

$$h_z = a.b.c = 4,8.1,5.0,22 = 1,69 \text{ m}$$

Jeżeli mamy łatwo palny koks z popiołem łatwotopliwym, to w takim wypadku żużel pod wpływem dmuchu występuje u wylotu żeliwiaka.

Rzecz prosta, że przy tak grubej warstwie koksu kotlinowego stosunek spalania będzie inny, niż przyjęty. Zamiast 70/30 będziemy mieli może 40/60, gdzie $p = 6,86.0,8 = 5,48$ i w tym wypadku:

$$h_z = a.b.c = 4,8.1,82.0,0771 = 1,93 \text{ m}$$

zamiast 1,69 m.

Aby otrzymać dla wsadu o różnym V/P i e normalne warunki pędzenia żeliwiaka powinniśmy w celu zachowania tej samej temperatury płynnego żeliwa /1300°/ dostosować nabój koksu danego gatunku. Przyjmując przy rozważaniu niniejszem dobry koks odlewniczy /w dużych kawałkach dla dużego V/P i e , w drobniejszych dla małego V/P i e /. Wpływu kawałkowatości koksu wzór nie uwzględnia. Zmiana ilości koksu wsadowego pociąga za sobą zmianę stosunku spalania przy tej samej ilości powietrza, wdmuchiwanego do żeliwiaka na minutę / m^2 /, który także należy dostosować. Będziemy więc mieli cztery zmienne zależne od siebie i to: V/P , e , K , p . Stałą pozostaje $k = 500 \text{ kg}/\text{m}^3$ i temperatura żeliwa, natomiast temperatura gazów będzie się z K nieco zmieniać.

Na końcu skryptu w formie tabeli zestawione są przeliczenia.

Wysokość użyteczna szybu żeliwiaka /prześczeń wsadowa/ nie jest zależna od średnicy wewnętrznej pieca, ale tylko teoretycznie. W praktyce tak się składają stosunki, że duże odlewnie przetapiające w 60% gęsi surowcowe i grube bryły złomu stosują żeliwiaki o dużej średnicy i dużej wysokości, wymaganej właśnie przez gruby gatunek wsadu. Z drugiej strony nikt w żeliwiakach małych o średnicy 400 lub 300mm nie będzie przetapiać grubych brył złomu i grubych gęsi.

Srednie ciepło właściwe dla 1m^3 gazów $[\text{C}_p]_0^t$ przy stałym ciśnieniu.

| Temperatura t°C. | CO_2 (SO_2) | H_2O | $\text{O}_2, \text{H}_2, \text{N}_2, \text{CO}$ i powietrze | CH_4 | C_2H_4 |
|---------------------|---------------------------------|----------------------|--|---------------|------------------------|
| 0 | 0,380 | 0,361 | 0,305 | 0,436 | 0,456 |
| 100 | 0,397 | 0,374 | 0,3075 | 0,463 | 0,486 |
| 200 | 0,413 | 0,387 | 0,310 | 0,490 | 0,517 |
| 300 | 0,430 | 0,400 | 0,313 | 0,517 | 0,547 |
| 400 | 0,446 | 0,413 | 0,3155 | 0,544 | 0,577 |
| 500 | 0,463 | 0,426 | 0,318 | 0,570 | 0,608 |
| 600 | 0,479 | 0,439 | 0,321 | 0,597 | 0,638 |
| 700 | 0,496 | 0,4515 | 0,3235 | 0,624 | 0,668 |
| 800 | 0,5125 | 0,464 | 0,326 | 0,651 | 0,699 |
| 900 | 0,529 | 0,477 | 0,329 | 0,678 | 0,729 |
| 1000 | 0,546 | 0,490 | 0,3315 | 0,704 | 0,759 |
| 1100 | 0,562 | 0,503 | 0,334 | 0,731 | 0,790 |
| 1200 | 0,579 | 0,516 | 0,337 | 0,758 | 0,820 |
| 1300 | 0,595 | 0,529 | 0,340 | 0,785 | 0,851 |
| 1400 | 0,612 | 0,542 | 0,342 | 0,811 | 0,881 |
| 1500 | 0,628 | 0,555 | 0,345 | 0,838 | 0,911 |
| 1600 | 0,645 | 0,568 | 0,348 | | |
| 1700 | 0,661 | 0,581 | 0,350 | | |
| 1800 | 0,678 | 0,594 | 0,353 | | |
| 1900 | 0,694 | 0,607 | 0,356 | | |
| 2000 | 0,711 | 0,620 | 0,3584 | | |
| 2100 | 0,727 | 0,633 | 0,361 | | |
| 2200 | 0,744 | 0,646 | 0,364 | | |
| 2300 | 0,760 | 0,659 | 0,3664 | | |
| 2400 | 0,777 | 0,672 | 0,369 | | |
| 2500 | 0,793 | 0,6845 | 0,372 | | |
| 2600 | 0,810 | 0,6975 | 0,3744 | | |
| 2700 | 0,826 | 0,710 | 0,377 | | |
| 2800 | 0,843 | 0,723 | 0,380 | | |
| 2900 | 0,859 | 0,736 | 0,3825 | | |
| 3000 | 0,876 | 0,749 | 0,385 | | |

Wilgotność powietrza /nasyconego/.

| Temperatura C°. | Prężność pary w mm. Hg. | Zawartość pary wodn. gr. w /m ³ . | Temperatura C°. | Prężność pary w mm. Hg. | Zawartość pary wodn. gr. w /m ³ . |
|--------------------|----------------------------|---|--------------------|----------------------------|---|
| -30 | 0,4 | — | + 16 | 13,54 | 13,54 |
| -25 | 0,6 | — | + 17 | 14,42 | 14,38 |
| -20 | 0,9 | — | + 18 | 15,36 | 15,26 |
| -15 | 1,4 | — | + 19 | 16,35 | 16,18 |
| -10 | 2,1 | 2,4 | + 20 | 17,39 | 17,16 |
| - 9 | 2,27 | 2,48 | + 21 | 18,49 | 18,19 |
| - 8 | 2,46 | 2,68 | + 22 | 19,66 | 19,27 |
| - 7 | 2,66 | 2,89 | + 23 | 20,89 | 20,40 |
| - 6 | 2,88 | 3,11 | + 24 | 22,18 | 21,59 |
| - 5 | 3,11 | 3,36 | + 25 | 23,55 | 22,85 |
| - 4 | 3,37 | 3,62 | + 26 | 24,99 | 24,16 |
| - 3 | 3,64 | 3,90 | + 27 | 26,50 | 25,54 |
| - 2 | 3,94 | 4,20 | + 28 | 28,10 | 26,99 |
| - 1 | 4,26 | 4,53 | + 29 | 29,78 | 28,51 |
| 0 | 4,60 | 4,87 | + 30 | 31,55 | 30,10 |
| + 1 | 4,94 | 5,21 | + 31 | 33,40 | 31,77 |
| + 2 | 5,30 | 5,57 | + 32 | 35,36 | 33,52 |
| + 3 | 5,69 | 5,96 | + 33 | — | — |
| + 4 | 6,10 | 6,36 | + 34 | — | — |
| + 5 | 6,53 | 6,79 | + 35 | — | 39,0 |
| + 6 | 7,00 | 7,25 | + 40 | — | 51,0 |
| + 7 | 7,49 | 7,74 | + 45 | — | 65,0 |
| + 8 | 8,01 | 8,25 | + 50 | — | 83,0 |
| + 9 | 8,57 | 8,79 | + 55 | — | 105,0 |
| +10 | 9,16 | 8,36 | + 60 | — | 131,0 |
| +11 | 9,79 | 9,97 | + 70 | — | 199,0 |
| +12 | 10,46 | 10,61 | + 80 | — | 296,0 |
| +13 | 11,16 | 11,28 | + 90 | — | 428,0 |
| +14 | 11,91 | 11,99 | +100 | — | 606,0 |
| +15 | 12,70 | 12,75 | +150 | — | 2590,0 |

Tablica II.

Ciężar $1m^3$ i objętość 1kg gazów przy $0^\circ C$ i $760mm Hg$.

| Rodzaj gazu. | Dane dokładne | | | Dane skrócone | | |
|--------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | Ciężar drobinowy m | Ciężar $1m^3$ $\frac{m}{22,4}$ | Objętość 1kg $\frac{22,4}{m}$ | Ciężar drobinowy m | Ciężar $1m^3$ $\frac{m}{22,4}$ | Objętość 1kg $\frac{22,4}{m}$ |
| O_2 | 32 | 1,429 | 0,700 | 32 | 1,429 | 0,7 |
| N_2 | 28,02 | 1,251 | 0,799 | 28 | 1,25 | 0,8 |
| H_2 | 2,016 | 0,090 | 11,111 | 2 | 0,089 | 11,2 |
| CO | 28 | 1,250 | 0,800 | 28 | 1,25 | 0,8 |
| CO_2 | 44 | 1,964 | 0,509 | 44 | 1,964 | 0,509 |
| SO_2 | 64,06 | 2,860 | 0,350 | 64 | 2,857 | 0,35 |
| H_2O | 18,016 | 0,804 | 1,243 | 18 | 0,804 | 1,244 |
| CH_4 | 16,032 | 0,716 | 1,397 | 16 | 0,714 | 1,4 |
| C_2H_4 | 28,032 | 1,251 | 0,799 | 28 | 1,25 | 0,8 |
| Powietrze | 28,97 | 1,293 | 0,733 | 28,97 | 1,293 | 0,773 |
| A_z | 28,16 | 1,257 | 0,795 | 28,16 | 1,257 | 0,795 |

Tablica IV.

Wartość opałowa dolna p/g danych średnich przy stałym ciśnieniu.

| Rodzaj paliwa | m Waga drobinowa | Spala się na | Ciepło spalania /w dużych ciepłostkach/ | | | | |
|---------------|---------------------|-----------------|---|--------------------------------|--------------------------|---------------|---------|
| | | | Dane dokładne | | | Dane skrócone | |
| | | | dla 1 drobin $m = 22,4$ | dla $1m^3$ $\frac{Q}{22,4}$ | dla 1kg $\frac{Q}{m}$ | dla $1m^3$ | dla 1kg |
| C | 12 | CO_2 | 97,6 | — | 8133 | — | 8130 |
| C | 12 | CO | 29,4 | — | 2450 | — | 2450 |
| CO | 28 | CO_2 | 68,2 | 3045 | 2435 | 3040 | 2440 |
| H_2 | 2 | H_2O | 58,2 | 2598 | 29100 | 2600 | 29100 |
| CH_4 | 16 | $CO_2 + 2H_2O$ | 192,0 | 8571 | 12000 | 8570 | 12000 |
| C_2H_4 | 28 | $2CO_2 + 2H_2O$ | 319,0 | 14241 | 11391 | 14240 | 11400 |

Ilość tlenu i produktów spalania dla $1m^3$ paliwa $10^\circ C$ i $760Hg$.

Tablica V

| Paliwo | $1m^3$ | | | Spalanie w m^3 | | | Spalanie w kg. | | |
|----------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| | Waga drobinowa m | Waga $1m^3$ kg | Spala się na | Potrzebuje O_2 m^3 | daje spalin | | Potrzebuje O_2 kg | daje spalin | |
| | | | | | CO_2 m^3 | H_2O m^3 | | CO_2 m^3 | H_2O m^3 |
| CO | 28 | 1,25 | CO_2 | 0,5 | 1 | — | 0,714 | 1,964 | — |
| H_2 | 2 | 0,09 | H_2O | 0,5 | — | 1 | 0,714 | — | 0,804 |
| CH_4 | 16 | 0,714 | $CO_2 + 2H_2O$ | 2 | 1 | 2 | 2,857 | 1,964 | 1,608 |
| C_2H_2 | 28 | 1,25 | $2CO_2 + 2H_2O$ | 3 | 2 | 2 | 4,287 | 3,928 | 1,608 |

Tabl. ciepł. wt. Inż. A. Ludkiewicz.

Jakość tlenu i produktów spalania dla 1 kg paliwa
10°C i 760 Hg

Tablica VI.

| Paliwo | Waga dro- binowa m | 1 kg | | Spalanie w kg. | | | | Spalanie w m ³ | | | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------------|
| | | Objętość 1 kg $\frac{22,4}{m}$ | Spala- sie na: | Potrzebu- je O ₂ | daje spalin: | | | Potrzebu- je O ₂ | daje spalin: | | |
| | | | | | C ₂ O | H ₂ O | CO/ SO ₂ | | C ₂ O | H ₂ O | CO/ SO ₂ |
| | | m ³ | | kg. | kg | kg | kg | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ |
| C | 12 | 1,866 | CO | 1,333 | — | — | 2,333 | 0,933 | — | — | 1,866 |
| C | 12 | 1,866 | CO ₂ | 2,666 | 3,666 | — | — | 1,866 | 1,866 | — | — |
| CO | 28 | 0,8 | CO ₂ | 0,571 | 1,571 | — | — | 0,4 | 0,8 | — | — |
| H ₂ | 2 | 11,2 | H ₂ O | 8 | — | 9 | — | 5,6 | — | 11,2 | — |
| CH ₄ | 16 | 1,4 | CO ₂ +2H ₂ O | 4 | 2,75 | 2,25 | — | 2,8 | 1,4 | 2,8 | — |
| C ₂ H ₆ | 28 | 0,8 | 2CO ₂ +2H ₂ O | 3,428 | 3,143 | 1,285 | — | 2,4 | 1,6 | 1,6 | — |
| S | 32 | 0,7 | SO ₂ | 1 | — | — | 2 | 0,7 | — | — | 0,7 |
| S jako FeS ₂ | 32 | 0,7 | SO ₂ | 1,25 | — | — | 2 | $\frac{7}{8}$ | — | — | 0,7 |

Tabl. czepl. wt. Inz. A. Ludkiewicz.

Tablica VII.

Ciężar właściwy wsadu, grubości ścianki i stosunek $\frac{V}{P}$.

| Ciężar właściwy kg/m ³ | Objętość właściwa m ³ /t | Objętość żeliwa V dm ³ | Wolna przeźren- ność % | Bok kos- tłki wsadu d | Grubość ścianki poz. kan.s. | $\frac{V}{P} \frac{dm^3}{dm^2}$ |
|---|---|--|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| kg | m ³ | dm ³ | | dm | dm | |
| 7300 | 0,137 | 1000 | 0- | 10 | — | 1,670 |
| 3650 | 0,274 | 500 | 50- | 7,937 | 60 | 0,300 |
| 3000 | 0,333 | 410 | 59- | 7,429 | 50 | 0,250 |
| 2500 | 0,400 | 342 | 65,8 | 6,993 | 40 | 0,200 |
| 2000 | 0,500 | 274 | 72,6 | 6,495 | 30 | 0,150 |
| 1750 | 0,571 | 240 | 76- | 6,215 | 20 | 0,100 |
| 1500 | 0,666 | 205 | 79,5 | 5,896 | 15 | 0,075 |
| 1250 | 0,800 | 171 | 82,9 | 5,550 | 10 | 0,050 |
| 1000 | 1,000 | 137 | 86,3 | 5,155 | 8 | 0,040 |
| 750 | 1,333 | 103 | 89,7 | 4,687 | 6 | 0,030 |
| 500 | 2,000 | 69 | 93,1 | 4,100 | 4 | 0,020 |

Tablica VIII.

Stosunek N₂:O₂ / składu powietrza.

| Powietrze składu: | teoretycznego /O ₂ +N ₂ / | rzeczywistego /O ₂ +N ₂ / |
|--------------------------------|--|--|
| Stosunek objętościowy. | | |
| N ₂ /O ₂ | N ₂ /O ₂ = $\frac{79}{21}$ = 3,762 | N ₂ /O ₂ = $\frac{79}{21}$ = 3,762 |
| O ₂ /N ₂ | O ₂ /N ₂ = $\frac{21}{79}$ = 0,266 | O ₂ /N ₂ = $\frac{21}{79}$ = 0,266 |
| Stosunek wagowy. | | |
| N ₂ /O ₂ | N ₂ /O ₂ = $\frac{76,7}{23,3}$ = 3,292 | N ₂ /O ₂ = $\frac{76,8}{23,2}$ = 3,31 |
| O ₂ /N ₂ | O ₂ /N ₂ = $\frac{23,3}{76,7}$ = 0,304 | O ₂ /N ₂ = $\frac{23,2}{76,8}$ = 0,302 |

Tabl. czepl. wt. Inz. A. Ludkiewicz.

Tablica IX.

Stopień spalania, ilość wytworzonego ciepła,
ilość gazów i powietrza na 1kg C.

| Stosunek spalania V | Na 1kg C przy 10% nad. pow.* | | | CO ₂ % obj. | CO % obj. | N ₂ % obj. |
|---------------------------|------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------|--------------|--------------------------|
| | Ciepło Kw wytworzone | Ilość po- wietrza | Ilość gazów - | | | |
| | Kalorji - | m ³ | m ³ | | | |
| 100:0 | 8137 | 9,8019 | 9,6152 | 19,4 | | 80,6 |
| 90:10 | 7568 | 9,317 | 9,2275 | 18,2 | 2,0 | 79,8 |
| 80:20 | 6999 | 8,8215 | 8,8402 | 16,9 | 4,2 | 78,9 |
| 70:30 | 6430 | 8,3314 | 8,4526 | 15,5 | 6,6 | 77,9 |
| 60:40 | 5861 | 7,8412 | 8,0653 | 13,9 | 9,3 | 76,8 |
| 50:50 | 5293 | 7,3510 | 7,6779 | 12,2 | 12,2 | 75,6 |
| 40:60 | 4724 | 6,8614 | 7,2908 | 10,2 | 15,4 | 74,4 |
| 30:70 | 4155 | 6,3712 | 6,9035 | 8,1 | 18,9 | 73,0 |
| 20:80 | 3586 | 5,8805 | 6,5154 | 5,7 | 22,9 | 71,4 |
| 10:90 | 3017 | 5,3909 | 6,1285 | 3,0 | 24,4 | 69,6 |
| 0:100 | 2448 | 4,9007 | 5,7413 | 0,0 | 32,53 | 67,47 |

* nadmiar powietrza 10%, którego tlen zużyty jest na utlenienie składników
wsadu Si, Mn, C i S koksu.

Tablica X.

Geiger. I. t. 2 w. str. 460.

Wysokość użyteczna żeliwniaka, przy stałych: $k = 500 \text{ kg/m}^2$, temp. żeliwa 1320°C
temp. gazów $\sim 300^\circ\text{C}$ i ilości powietrza $\mu = 100 \text{ m}^3/\text{minut}/\text{m}^2$.

$$h_z = 240 \frac{V}{P} \cdot \frac{100}{K \cdot P} \cdot \left| \frac{1}{e} + \frac{K}{k} \right|$$

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\frac{V}{P}$ | $\frac{\text{dm}^3}{\text{dm}^2}$ | 0,5 | 0,3 | 0,25 | 0,2 | 10,15 | 0,1 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,02 |
| L | %/m ² | 40 | 36,5 | 30 | 25 | 20 | 16 | 13 | 10 | 8 | 5 |
| K/80%CO | % | 16 | 14 | 12 | 10 | 8 | 7 | 6,5 | 6 | 6 | 6 |
| Stosunek spalania | $\sim \frac{30}{70}$ | $\frac{30}{70}$ | $\frac{30}{70}$ | $\frac{40}{60}$ | $\frac{50}{50}$ | $\frac{70}{30}$ | $\frac{80}{20}$ | $\frac{80}{20}$ | $\frac{90}{10}$ | $\frac{90}{10}$ | $\frac{90}{10}$ |
| p | m ³ | 5 | 5,2 | 5,6 | 6 | 6,6 | 7 | 7,2 | 7,4 | 7,4 | 7,4 |
| a | min. | 120 | 72 | 60 | 48 | 36 | 24 | 19,2 | 14,4 | 9,6 | 4,8 |
| b | %/min. | 1,25 | 1,37 | 1,49 | 1,66 | 1,9 | 2,04 | 2,1 | 2,25 | 2,25 | 2,25 |
| b' | %/godz. | 75 | 82,2 | 89,4 | 99,6 | 114 | 122,4 | 126 | 135 | 135 | 135 |
| c | | 9,057 | 9,054 | 9,053 | 9,06 | 9,066 | 9,0765 | 9,09 | 9,12 | 9,137 | 9,212 |
| $h_z = a \cdot b \cdot c$ | m | 8,55 | 5,82 | 5,12 | 4,8 | 4,51 | 3,67 | 3,63 | 3,6 | 2,96 | 2,29 |
| Żeliwniki | Skaliw- niane. | Odlewnicze. | | | | | | | | | |
| | | duże | | | | średnie | | | małe | | |
| D | m/m | 1600 | 1200 | 1000 | 960 | 900 | 700 | 700 | 700 | 600 | 400 |
| $v = b \cdot c$ | Chyżość opadania naboju podczas przetopu | | | | | | | | | | |
| $v = b \cdot c$ | m/min. | 0,071 | 0,076 | 0,085 | 0,100 | 0,125 | 0,153 | 0,189 | 0,252 | 0,308 | 0,477 |

Wysokość użyteczna żeliwiaka, przy stałych: $\frac{V}{P} = 0,5$; $e = 40 \frac{\%}{m^3}$
 $k = 500 \frac{kg}{m^3}$; $\mu = 100 \frac{m^3}{min/m^2}$
 $h_z = \frac{1}{K_D} | 300 + 24 K |$

| | | | | | | | |
|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| K | % | 16 | 14 | 12 | 10 | 8 | 6 |
| Stosunek spalania | | $\frac{30}{70}$ | $\frac{35}{65}$ | $\frac{40}{60}$ | $\frac{50}{50}$ | $\frac{70}{30}$ | $\frac{90}{10}$ |
| p | m ³ | 5 | 5,3 | 5,6 | 6 | 6,6 | 7,4 |
| b | %/godz. | 75 | 81 | 90 | 100 | 113 | 135 |
| h _z | m | 8,55 | 8,60 | 8,72 | 9,0 | 9,3 | 10, |

przy stałych: $\frac{V}{P} = 0,2$; $e = 25 \frac{\%}{m^3}$; $k = 500 \frac{kg}{m^3}$; $\mu = 100 \frac{m^3}{min/m^2}$
 $h_z = \frac{0,384}{K_D} \cdot | 500 + 25 K |$

| | | | | | | | |
|----------------|---|------|------|------|-----|------|------|
| h _z | m | 3,84 | 4,41 | 4,59 | 4,8 | 5,07 | 5,62 |
|----------------|---|------|------|------|-----|------|------|

S p i s t a b l i c .

1. Średnie ciepło właściwe dla 1m³ gazów przy stałym ciśnieniu.
2. Wilgotność powietrza /nasyconego/.
3. Ciężar 1m³ i objętość 1kg gazów przy 0°C i 760 mm Hg.
4. Wartość opałowa dolna.
5. Ilość tlenu i produktów spalania dla 1m³ paliwa.
6. Ilość tlenu i produktów spalania dla 1 kg paliwa.
7. Ciężar właściwy wsadu, grubość ścianki i stosunek V/P.
8. Stosunek /N₂:O₂/ składu powietrza.
9. Stopień spalania, ilość wytworzonego ciepła, ilość gazów i powietrza na 1 kg C.
10. Wysokość użyteczna żeliwiaka.
11. Wysokość użyteczna żeliwiaka.



S p i s r z e c z y.

| | |
|---|--------|
| Ogólne uwagi | 1 str. |
| Żeliwiaki | 5 " |
| Zużycie paliwa w pierwotnych żeliwiakach | 6 " |
| Nowoczesny żeliwiak "normalny" | 7 " |
| Żeliwiaki z dwoma rzędami dysz | 12 " |
| Żeliwiaki z pomocniczymi dyszami | 14 " |
| Żeliwiaki ze zbiornikiem | 15 " |
| Żeliwiaki pędzone powietrzem ssanym | 15 " |
| Szczegóły konstrukcji żeliwiaków | 16 " |
| Komory iskrowe i uławiacze iskier | 24 " |
| Sposoby ładowania żeliwiaków | 26 " |
| Zasilanie żeliwiaków powietrzem | 36 " |
| Surowce żeliwiakowe | 41 " |
| a/ Powietrze | 41 " |
| b/ Paliwo | 46 " |
| c/ Wsad żeliwiakowy | 46 " |
| Teoretyczne zasady budowy i pędzenia żeliwiaków | 51 " |

-----" " " " " " " "-----

