

HENRYK CZECZOTT

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

PRZERÓBKA MECHANICZNA
UŻYTECZNYCH CIAŁ KOPALNYCH

CZEŚĆ I-SZA

TOM I.

SORTOWANIE I ROZLUZOWANIE

K R A K Ó W

NAKŁADEM KOMITETU WYDAWNICZEGO DZIEŁ ŚP. PROF. HENRYKA CZECZOTTA

1930



Egz. Archiwalny

OD KOMITETU WYDAWNICZEGO.

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

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

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

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

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

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

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

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

W imieniu Komitetu Wydawniczego:

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

OD REDAKCJI.

Praca prof. Czczotta „Przeróbka mechaniczna użytecznych ciał kopalnych“¹⁾ powstała, jak nadmieniam o tym sam autor, jako wynik 10-letniego badania zagadnień przeróbki użytecznych ciał kopalnych.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Z tego okresu pochodzi szereg prac prof. Czeczotta.

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

Biuro wykonało następujące prace:

1. Projekt zakładu przemysłowego aluwjalnej rudy żelaznej na górze „Błagodat” na Uralu.
2. Projekt zakładu magnetycznego wzbogacania rudy żelaznej w tejszej miejscowości.
3. Projekt zakładu aglomeracji miazła rudy żelaznej otrzymanego z dwóch poprzednich zakładów.
4. Projekt zakładu wzbogacania rudy wolframowej w pobliżu Jekaterynburga na Uralu.
5. Projekt zakładu otrzymywania złota, zapomocą amalgamowania i cyjanizacji z rud turmalinowych w Syberji wschodniej.

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

6. Projekt zakładu sortowania rudy miedzianej na kopalni „Pyszmiensko-Kluczewskiej” koła Jekaterynburga.
7. Projekt sortowni i stacji załadunkowej dla pirytu na kopalni „Kałata” na Uralu.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Po powrocie do Polski i objęciu katedry górnictwa I-go i przeróbki mechanicznej na Akademii Górniczej w Krakowie, ś. p. prof. Czczott

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

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

* * *

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

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

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

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

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

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

SPIS PRAC NAUKOWYCH

Ś. P. PROF. H. CZECZOTTA

Z DZIEDZINY PRZERÓBKI MECHANICZNEJ UŻYTECZNYCH CIAŁ KOPALNYCH.

W języku polskim.

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

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

W języku rosyjskim.

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

1. Wzbogacanie magnetyczne. (Magnitnoje obogaszczenje), str. 47, rękopis z roku 1908/13.
2. Wyniki wzbogacania na separatorach magnetycznych. (Riezultaty diejstwija magnitnych separatorow), str. 30, rękopis z r. 1908.
32. Kurs teoretyczny przeróbki mechanicznej (ciąg dalszy). (Kurs tieoreticzeskij obogaszczenja).
 1. Teorja flotacji. (Tieorja flotacjonnago procesa), str. 40, rękopis z r. 1922.
 2. Technika flotacji. (Tiechnika flotacji), str. 15, rękopis z r. 1922.
33. Kurs teoretyczny przeróbki mechanicznej (ciąg dalszy). (Kurs tieoreticzeskij obogaszczenja). Przyrządy pomocnicze. (Wspomagateln. aparaty), str. 322, rękopis z r. 1909/17.
34. Urządzenie najprostszych sortowni dla węgla kamiennych. (Projektirowanije i ustrojstwo prostiejszych sortirowocznych dla obogaszczenja kamiennych uglej), str. 66, rys. 120, druk. wyd. Gosud. Techniczesk. Izdat. Moskwa, r. 1923.
35. Brykietowanie węgla kamiennych. (Brikietirowanije kamiennych uglej. 1. Brykietowanie (brikietirowanije), 2. Osuszanie (suszka), 3. Prasy (prasy), str. 128, rękopis z r. 1923.
36. Kurs wzbogacania rud Cu, Pb, Zn i Fe. (Kurs obogaszczenja rud Cu, Pb, Zn i Fe), str. 76, rękopis z r. 1920.
37. Zakłady dla wzbogacania rud złota. (Fabriki dla obrabotki rud Au), str. 28, rękopis z r. 1917
38. Wzbogacanie. (Obogaszczenje i mechaniczeskaja obrabotka poleznych iskopajemych), str. 123, druk. w kalendarzu technicznym dla przemysłowców złota i platyny, rok 1911. Petersburg.
39. Kurs eksploatacji kopalń złota. (Kurs „Zołotoje dieło“).
 - a) Razsypnoje zołoto.
 1. Wwiedienje. Fizikochim. swojstwa Au, str. 32, rękopis z r. 1915/17.
 2. Razwiedki, str. 42, rękopis z r. 1914/19.
 3. Wodnoje choziajstwo, str. 20. rękopis z r. 1914/19.
 4. Gornija roboty w tałom gruntie, rękopis z r. 1914/19.
 5. „ „ w wiecznoj mierzłotie, str. 43, ręk. z r. 1914/19.
 6. Sistiemy razrabotok. Otkatka i dostawka, str. 43, ręk. z r. 1914/19.
 7. Gidrawliczeskaja razrabotka, str. 115, ręk. z r. 1913.
40. Kurs eksploatacji kopalń złota. (Kurs „Zołotoje dieło“). Przemywanie piasków złotonośnych w zakładach typu stałego (a. razsypnoje zołoto. Promywka na postojannyh fabrikach), str. 67, rękopis z r. 1914/17.
41. Kurs eksploatacji kopalń złota. (Kurs „Zołotoje dieło“). Eksploatacja zapomocą czerpaków (a. razsypnoje zołoto. Razrabotka zołotyh rozsypiej dragami), str. 287, rękopis z r. 1915/17.
42. Kurs eksploatacji kopalń złota. (Kurs „Zołotoje dieło“). Mechaniczne i chemiczne sposoby otrzymywania złota (b. obrabotka rudnago zołota). I. Amalgamacja, str. 159, II. Koncentracja, Obżog. Chłorin, str. 63, III. Cyjanizacja, str. 179. Atlas do I cz. Amalgamacja, tabl. 43, wyd. litografowane, stud. Inst. Górnicz. w Petersburgu z r. 1913.
43. Notatki z podróży p. t. „Zołotyje rudniki w Juneau Gold-Belt, Alaska“, str. 152, rękopis z r. 1915.
44. Szacowanie złóż (branie prób i ich badanie) (Oprobowanije i ispytanje), str. 272, rys. 6+60, rękopis z r. 1921/22.
45. Ekspertyzy. Przyczynek do kwestji oddzielania wody i osuszenia sapropelu. (K woprosu obiezwoziwania sapropela), notatka z r. 1920.
46. Ekspertyzy. Badania (izsledowanija) Sadonskich rud, rękopis z r. 1922.

CZĘŚĆ I-SZA

OPERACJE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

A. OPERACJE ZASADNICZE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

I. ROZDZIELANIE PODŁUG WIELKOŚCI

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

II. ROZLUZOWANIE

- A. PRZEMYWANIE
 - B. ROZDRABIANIE.
-

PRZEDMOWA DO TOMU PIERWSZEGO.

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

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

2. Dodano szereg rysunków, wziętych z prac autora: „Skrót kursu przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych. Węgiel“ str. 88, tabl. 49 wyd. litogr. w jęz. ros. stud. Inst. Górniczego w Petersburgu z r. 1909;²⁾ i „Przeróbka mechaniczna użytecznych ciał kopalnych“, skrót str. 215, tabl. 72 wyd. litogr. w języku ros. stud. Inst. Górniczego w Petersburgu z r. 1911³⁾.

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

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

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

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

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

Redakcja.

SPIS RZECZY.

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

CZEŚĆ I.

Operacje przeróbki mechanicznej.

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

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

| | |
|---|------|
| 3. <i>Proces mokrej klasyfikacji:</i> | Str. |
| ugrupowanie przyrządów; porządek otrzymywania produktów | 74 |
| Sposób I-szy (najpierw klasy wyższe grubsze) | 75 |
| Sposób II-gi („ klasy drobniejsze) | 76 |
| Sposób mieszany | 77 |
| 4. <i>Przyrządy</i> | 77 |
| I. Klasyfikatory hydrauliczne | 77 |
| 1. Klasyfikator Richards'a | 77 |
| 2. „ Rittinger'a | 78 |
| 3. „ stożkowy Callow | 79 |
| 4. „ skrępowany Richards'a | 80 |
| II. Klasyfikatory proste czyli skrzynie zaostrome (szpiczaste) | 82 |
| 1. Skrzynie Rittinger'a | 82 |
| 2. Skrzynie amerykańskie | 83 |
| 3. Nowsze skrzynie szpiczaste firm niemieckich | 84 |
| 4. Stożek Callow | 84 |
| 5. Zbiorniki do klarowania wód | 85 |
| 6. Klasyfikatory mechaniczne | 85 |
| Klasyfikator Dorr'a | 86 |
| § 3. Osadzanie w powietrzu, czyli sortowanie powietrzne. | |
| 1. <i>Zasady osadzenia w powietrzu</i> | 87 |
| 2. <i>Zastosowanie:</i> jako operacja główna | 88 |
| jako operacja przygotowawcza | 88 |
| jako operacja uzupełniająca | 88 |
| 3. <i>Przyrządy</i> | 88 |
| A. Separatory powietrzne | 89 |
| Separator Edison'a | 89 |
| Separator Mumford & Moodie | 89 |
| B. Separatory odśrodkowe (wirujące) | 90 |
| Separator Pape-Hennberg | 90 |
| Rozdział II. Nadanie materiałom surowym charakteru masy luźnej, czyli rozluźowanie | 91 |
| § 1. Wypadki zastosowania i sposoby rozluźowania. | |
| 1. <i>Określenia</i> | 91 |
| 2. <i>Zastosowanie</i> | 92 |
| A. jako operacja główna | 92 |
| B. jako operacja przygotowawcza | 93 |
| Różnorodność składu ciała kopalnego, stan zupełnego rozluźo- wania i sposoby dla doprowadzenia ciał kopalnych do stanu rozluźowania | 93 |
| § 2. A. <i>Przemywanie.</i> | |
| 1. <i>Zasady przemywania</i> | 99 |
| 2. <i>Przyrządy:</i> | |
| I. w których przemywanie nie łączy się z przesiewaniem | 100 |
| 1. Żłoby czyli szluzy, amerykanki | 101 |
| 2. Monitor | 103 |
| 3. Log washer czyli żłoby z obracającym się wewnątrz gwintem | 104 |
| 4. Log washer firmy Allis Chalmers | 104 |
| II. w których przemywanie jest połączone z przesiewaniem | 105 |
| 1. Żłoby-amerykanki z przesiewaczem | 105 |
| 2. Kulibinka | 106 |

| | Str. |
|--|------|
| 3. Przemycacz Kamarnickiego | 106 |
| 4. „Beczka złoto-przemycająca“ | 107 |
| 5. Bębny przemycające Humboldt'a | 108 |
| 6. Bębny z obracającymi się nożami Humboldt'a | 109 |
| B. Rozdrabianie. | |
| § 3. Zasady ogólne. | |
| 1. <i>Określenia:</i> | |
| Określenie podług terminologii polskiej | 109 |
| Odmiany rozdrabiania | 112 |
| 2. <i>Główna zasada rozdrabiania:</i> „nie kruszyć nic zbytecznego“ | 112 |
| 3. <i>Sortowanie pomocnicze</i> (klasyfikacja poprzedzające rozdrabianie) | 118 |
| 4. Podział procesu rozdrabiania <i>na stadja</i> | 120 |
| 5. Podział procesu rozdrabiania <i>na ujęcia</i> | 123 |
| 6. Przedstawienie graficzne procesu rozdrabiania przygotowawczego do wzbogacania | 125 |
| 7. Różnica procesów rozdrabiania głównego i przygotowawczego | 125 |
| § 4. Rozdrabianie ręczne. | |
| Praca w przodku | 128 |
| Praca ręczna na powierzchni | 129 |
| Narzędzia do rozdrabiania ręcznego | 130 |
| A. Młoty: | |
| 1) Młoty do rozdrabiania grubego | 131 |
| 2) Młoty do rozdrabiania średniego | 132 |
| 3) Młoty do sortowania rudy | 132 |
| B. Baby | 133 |
| § 5. Rozdrabianie maszynowe: | |
| Klasyfikacja kruszarek | 133 |
| 1) Kruszkarki dla skał twardych | 134 |
| 2) Kruszkarki dla skał kruchych i miękkich | 135 |
| § 6. Grupa I. Kruszkarki do skał twardych | 135 |
| 1. <i>Rozdrabianie przez nacisk przerywany i powtarzający się:</i> | |
| a) <i>Kruszkarki szczękowe</i> | 135 |
| A) <i>Kruszkarki o prostych wahaniami szczęki.</i> | 135 |
| 1) kruszarka Blake | 135 |
| 2) kruszarka Dodge | 137 |
| B) <i>Kruszkarki o ruchach złożonych.</i> | 140 |
| kruszarka Samson | 140 |
| b) <i>Kruszkarki kołowrotowe typu Gates</i> | 142 |
| 2. <i>Rozdrabianie przez nacisk ciągły</i> | 144 |
| Walce rozdrabiające (kruszkarki walcowe) | 144 |
| Olbrzymie walce Edisona | 152 |
| 3. <i>Rozdrabianie połączone z rozcieraniem</i> | 152 |
| Klasyfikacja młynów | 152 |
| A) <i>Młyny pierścieniowe walcowe</i> | 153 |
| a) pionowe: | |
| 1) Młyn Sturtevant'a | 153 |
| 2) Młyn Kent'a | 155 |
| 3) Młyn Frisbee Lucop | 155 |
| b) poziome: | |
| 4) Młyn Huntington'a | 155 |
| 5) Młyn Griffina | 158 |

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

PRZEDMOWA AUTORA.

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

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

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

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

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

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

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

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

chowego i srebra sposobami chemicznymi i mechanicznymi¹⁾ i o przeróbce soli. W rozdziale o brykietowaniu (cegiełkowaniu), brykietowanie węgla i rud jest traktowane równolegle z ceglarstwem i fabrykacją cementu. Wreszcie koksownictwo²⁾ jest traktowane, jako aglomeracja paliwa na równi z aglomeracją innych kopalni i jest zaliczone (razem z wykorzystaniem produktów ubocznych suchej destylacji) do ogólnego cyklu czynności, którym ulega węgiel na kopalniach obok sortowania, płókania i cegiełkowania.

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

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

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

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

¹⁾ Zazwyczaj te działy są traktowane osobno.

²⁾ Stanowiące odrębną gałąź przemysłu.

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

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

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

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

¹⁾ Instytut ten był przed rewolucją prywatnym biurem technicznym w zakresie projektowania sortowni pod kierownictwem autora.

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

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

Dlatego laboratorja odpowiednio urządzone¹⁾ są niezbędne nie tylko dla pogłębienia wiedzy studjujących, lecz również dla wyrobienia przeświadczenia, że bez prób uprzednich jest niemożliwe jakiegokolwiek projektowanie, ani rozwiązanie jakiegokolwiek zadania z dziedziny przeróbki.

Piotrogród, 3 maja 1922 r.

(—) *Prof. Henryk Czczott.*

¹⁾ Podobne laboratorjum, mające charakter stacji doświadczalnej, istnieje w Instytucie Górniczym w Piotrogradzie.

WSTĘP.

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

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

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

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

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

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

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

Na Górnem Jeziorze w Ameryce Północnej, złoża miedzi metalicznej w okresach początkowych ich eksploatacji dostarczały hutom olbrzymich brył czystej miedzi, ważących po kilkanaście ton, z łatwością wydobywanych przez proste roboty górnicze na wychodach zwietrzałych skał, zawierających ten kruszec. Dziś wszechświatowo znane kopalnie Górnego Jeziora odbudowują te same pokłady na głębokości miejscami przekraczającej 1500 m. Olbrzymie bryły miedzi pozostały tylko w podaniach i wspomnieniach weteranów górniczych, główna zaś masa miedzi rozszana jest w skale nadzwyczaj drobnymi, ledwie dostrzegalnymi ziarnkami, w ilości nieprzekraczającej $\frac{1}{2}$ —1%. I pomimo to pokłady, zawierające miedź na Górnem Jeziorze, jeszcze i dziś stanowią olbrzymie zapasy przemysłowe tego minerału użytecznego, kopalnie zaś swój rozkwit współczesny zawdzięczają jedynie wysokiemu rozwojowi techniki przeróbki mechanicznej.

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

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

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

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

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

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

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

W ten sposób przeróbka przygotowawcza produktów surowych stosuje się:

- 1) przy wyczerpaniu naturalnych bogatych złóż minerałów użytecznych,

2) przy zwiększonym popycie na produkty surowe, o ile bogate złoża naturalne minerałów użytecznych nie są w stanie ilościowo zadowolnić popyt¹⁾,

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

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

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

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

Wymownym dowodem tego twierdzenia mogą być następujące fakta:

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

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

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

2) przygotować określoną ilość każdego sortymentu,

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

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

Operacje przeróbki mechanicznej. Dla wykonania wyliczonych zadań materiały surowe¹⁾ ulegają pewnym operacjom, zespół których stanowi przeróbkę przygotowawczą.

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

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

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

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

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

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

Na tej zasadzie terminem równoznacznym z „przeróbką przygotowawczą“ lub „mechaniczną“ jest termin „sortownictwo“ dla oznaczenia całokształtu operacji sortowania, czyli przerabiania materiałów surowych w produkty rynkowe: „gatunki“, „sortymenty“, bez względu na ilość tych produktów, jeden czy więcej, oraz bez względu na charakter operacji, osnutych bądź na własnościach fizycznych, bądź chemicznych¹⁾.

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

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

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

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

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

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

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

I. Operacje zasadnicze.

(Operacje sortownicze).

1) Rozdzielanie (sortowanie) podług wielkości:

- a) suche — przesiewanie na sitach,
- b) mokre — osadzanie w wodzie,
- c) powietrzne — odwiewanie w powietrzu.

2) Rozluźnianie, czyli nadanie materiałom związanym charakteru masy luźnej:

- a) ścieranie,

- b) nagrzewanie i ochładzanie,
- c) zwietrzanie,
- d) rozdrabianie.
- 3) Wzbogacanie (sortowanie podług składu):
 - a) mechaniczne (i fizyko-chemiczne),
 - b) chemiczne 1) mokre — ługowanie,
 - 2) suche — prażenie, destylacja.
- 4) Oddzielanie cieczy od ciał stałych:
 - a) odwadnianie,
 - b) zgęszczanie, klarowanie (oświetlanie wód),
 - c) osuszanie.
- 5) Oddzielanie pyłu.
- 6) Mieszanie:
 - a) materiałów sypkich między sobą,
 - b) materiałów sypkich z cieczami.
- 7) Kawałkowanie czyli złączenie ziarn mniejszych w kawałki większe:
 - a) brykietowanie (cegiełkowanie),
 - b) aglomerowanie.

II. Operacje pomocnicze.

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

III. Operacje obsługujące.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CZĘŚĆ PIERWSZA.
OPERACJE PRZERÓBKI MECHANICZNEJ.
A. Operacje zasadnicze.

ROZDZIAŁ I.

Rozdzielanie podług wielkości.

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

Rozdzielanie podług wielkości może być wykonane trzema sposobami:

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

Stosownie do tego odróżniamy:

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

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

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

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

(Scizing, screening. Klassierung, Klassierung durch Siebe. Criblage tromlage.

Грохочение, сухая сортировка, сухая классификация).

1. Zastosowanie. Sortowanie suche może mieć charakter operacji:

a) głównej, *b)* pomocniczej i *c)* uzupełniającej.

A. Jako operacja główna sortowanie suche znajduje zastosowanie w wielu przypadkach przeróbki mechanicznej. Rudy żelaza sortują zwykle na rudę grubą (kostkę) i drobną lub miał, przyczem miał niewygodny do przetapiania w wielkich piecach, stanowi odpady lub ulega cegiełkowaniu. Rudy miedzi, stosownie do sposobów przetapiania w piecach szybowych i sklepieniowatych (regeneratywnych) sortują zwykle na dwa sortymenty: kostkę (rudę szybową) 250—50 i rudę drobną (regeneratywną) 25—0; czasami od tej ostatniej od-siewają (jeszcze) miał 5—0, który cegiełkują lub spiekają w kawałki niekształtne dla zużycia w piecach szybowych.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

W Pensylwanji na kopalni antrycytu Nanticoke przygotowują 14 następujących sortymentów:

| | | |
|--|---|----------|
| I. Gruby (lump) | > 7" | > 178 . |
| II. Okrętowy (steamboat) | 7"—3 ¹ / ₂ " | 178—89 |
| III. Kostka (brocken) | 3 ¹ / ₂ "—2 ³ / ₄ " | 89—70 |
| IV. Jajko (egg) | 2 ³ / ₄ "—2" | 70—51 |
| V. Piecowy (stove) | 2"—1 ³ / ₈ " | 51—35 |
| VI. Pospółka | 2 ³ / ₄ "— ³ / ₄ " | 70—19 |
| VII. Orzech (chestnut) | 1 ³ / ₈ "— ³ / ₄ " | 35—19 |
| VIII. Groszek (pea) | ³ / ₄ "—1 ¹ / ₂ " | 19—13 |
| IX. Grysik w I (bucwheat I) | 1 ¹ / ₂ "—1 ¹ / ₄ " | 13—6,5 |
| X. Oczko ptasie (birdseye) | 1 ¹ / ₄ "— ³ / ₁₆ " | 6,5—4,75 |
| XI. Grysik II (buckwheat II) | ³ / ₁₆ "—1 ¹ / ₈ " | 4,75—3,2 |
| XII. Grysik III („ III) | 1 ¹ / ₈ "— ³ / ₃₂ " | 3,2—2,4 |
| XIII. Ryż (rice) | otw. okr. ³ / ₁₆ "—kwadr. ¹ / ₈ " | 4,75—3,2 |
| XIV. Pył (culm) | ³ / ₃₂ "—0 | 2,4—0. |

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

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

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

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

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

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

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

i t. d., zanim w ostatnim ujęciu rozdrabiania nie zostanie otrzymany materiał w ziarnkach 0,4—0, który łączy się z wszystkimi niższymi klasami poprzednich klasyfikacyj w jeden wspólny produkt ostateczny 0,4—0.

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

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

$$\begin{array}{l} \text{średnice} \quad 100:20:2:0,1 \\ \text{skala} \quad \quad \quad \underline{5} \quad \underline{10} \quad \underline{20}. \end{array}$$

Najbardziej typowym przykładem zastosowania klasyfikacji suchej jest sortowanie przygotowawcze dla operacji wzbogacania podług różnicy w ciężarach gatunkowych, czyli płókania. Często też nazwa klasyfikacja sucha oznacza właśnie sortowanie przygotowawcze na sitach, poprzedzające płókanie kruszców i węgla. Skala klasyfikacji w przypadku tym na zasadzie rozumowań teoretycznych winna być liczbą stałą¹⁾, a zatem średnice otworów kolejnych sit winny tworzyć ubywający szereg geometryczny. Dla zwykłych rud PbS, ZnS, CuFeS₂ z kwarcem Rittinger przyjmuje skalę klasyfikacji równą $\sqrt{2}=1,4$. Średnice otworów sit podług Rittingera winny być zatem, na przykład, następujące: 64:45,2:32:22,6:16:11,3:8:5,7:4:2,8:2:1,4:1:0,71:0,50 mm. Dla węgla kamiennych skala klasyfikacji zwykle jest 2, i średnice otworów są: 80:40:20:10:5:2,5. Jednakże w praktyce skala klasyfikacji nie zawsze jest liczbą stałą i często spotykamy odchylenia od wymagań teoretycznych. Odchylenia te mogą być powodowane: dążeniem do zaokrąglenia średnicy otworów z uwagą na istniejące kalibry (typy) sit, koniecznością równomiernego rozdzielania materiału na przyrządy płóczkowe; dążeniem do uproszczenia przebiegu ogólnego przeróbki; bezcelowością dokładnej klasyfikacji materiałów kruchych (np. miękkich węgla kamiennych); lub wreszcie dążeniem do zmniejszenia tworzenia się szlamów wskutek nieuniknionego przecierania się rudy na sitach i przez to — do zmniejszenia strat, połączonych z płókaniami kruchych, lecz wartościowych minerałów, jak np. chalkopirytu ze złotem błyszczu molibdenu i t. p.

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

¹⁾ Patrz Rozdział III, § 6, t. II-gi.

przykład, na Górnym Śląsku na kopalni „Wilhelmsglück-Grube“ dla płókania rudy PbS/ZnS (Ca, Mg) CO₃, przyrządzają 11 klas:

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

} < $\sqrt{2}$

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

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

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

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

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

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

} > $\sqrt{2}$

} = $\sqrt{2}$

} > $\sqrt{2}$

} = $\sqrt{2}$

} < $\sqrt{2}$

} > $\sqrt{2}$

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

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

Porządek wielokrotnego przesiewania może być dwojaki:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Sito może mieć postać:

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

2) blachy dziurkowanej,

3) siatki splecionej z drutów.

Sito może mieć kształt:

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

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

3) taśmy bez końca, obejmującej dwa walce poziome.

Z tabelki tej wynika, że przesiewacze nieruchome mogą być tylko płaskie, podczas gdy przesiewacze ruchome — typów dowolnych¹⁾.

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

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

Przesiewacze ruchome dzielą się przedewszystkiem podług kształtu sita na trzy grupy: 1) p ł a s k i e, 2) b ę b n o w e i 3) t a ś m o w e.

I. Przesiewacze ruchome płaskie. (Screens. Plansiebe. Crible) mogą być przedewszystkiem podzielone na pochyłe z kątem nachylenia 4—18° oraz poziome. Materiał załadowuje się na górną stronę sita z jednej krawędzi, następnie w czasie procesu przesiewania stopniowo posuwa się w kierunku do krawędzi przeciwległej, skąd wychodzi już jako sortyment grubszy. Kierunek w którym materiał posuwa się na sicie, nazywa się p o d ł u ż n y m (lub długością), kierunek prostopadły do niego nazywa się p o p r z e c z n y m (lub szerokością sita). Ta krawędź sita, przy której materiał załadowuje się, nazywa się t y ł n ą, przeciwległa zaś do niej, z której usuwa się grubszy sortyment, nazywa się p r z e d n i ą. W sitach pochyłych, długość sita (albo kierunek podłużny) odpowiada kierunkowi największego pochylenia, tylną krawędzią jest górna, przednią zaś dolna.

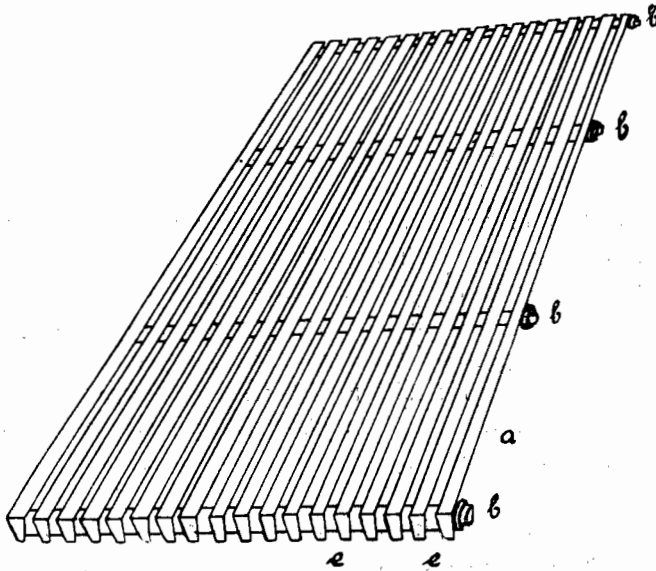
¹⁾ Terminologia:

| | | |
|-----------|--------------|--|
| polska | Przesiewacze | Sito |
| angielska | Screens | Sieve ¹⁾ , perforated plate ²⁾ |
| francuska | Cribles | Tôle perforé, tamis à mailles ²⁾ |
| niemiecka | Rätter | Sieb |
| rosyjska | Трехота | Решето. |

¹⁾ Nazwa ogólna.

²⁾ Nazwa specjalna.

W przesiewaczach pochyłych kąt nachylenia sit jest wszakże za małym, żeby materiał załadowany mógł samoczynnie przesunąć się po jego powierzchni. Zadanie to wykonywa mechanizm poruszający, nachylenie zaś sita tylko ułatwia posuwanie się w kierunku podłużnym (naprzód). W przesiewaczach poziomych zadanie to całkowicie przypada na mechanizm poruszający, wskutek czego jest on bardziej skompliko-



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

wany. Pomimo to przesiewacze poziome, zajmując na wysokość mniej miejsca, znajdują czasami dobre zastosowanie w niskich pomieszczeniach lub gdy przy projektowaniu rozchodzi się o możliwe zmniejszenie całej wysokości budynku sortowni.

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

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

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

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

Ruszta poprzeczne mają kształt:

3) sztab postawionych na kant z bocznymi przegródkami, nadającymi powierzchni rusztów wygląd kraty, albo

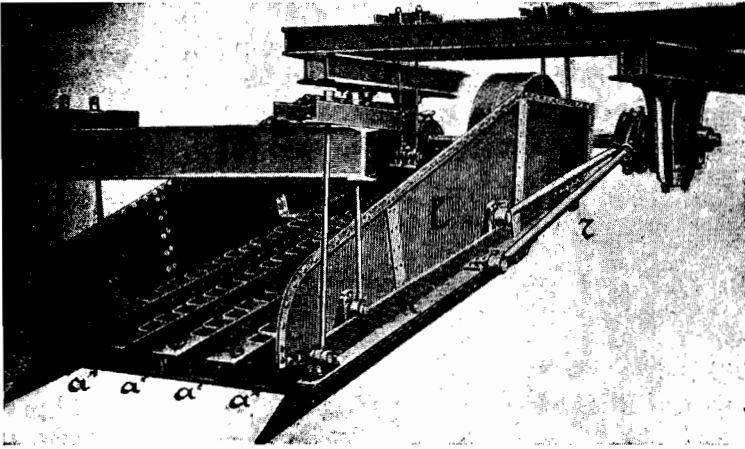
4) wałków z kołnierzami lub występami.

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

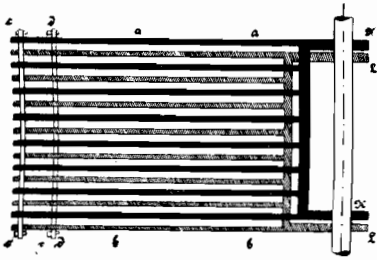
Każdy zespół rusztów ma ruch albo prosty podłużny, albo kołowrotowy podłużny w płaszczyźnie pionowej. W pierwszym przypadku posuwanie się materiału następuje wskutek zmniejszenia się tarcia w chwili cofania w tył zespołu rusztów, wysuniętych naprzód: powodują więc one pewne ścieranie materiału grubszego.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

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

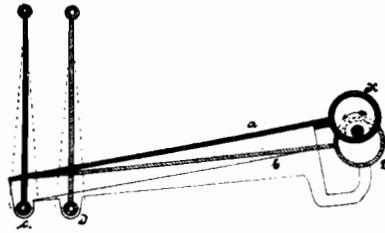
Ruszta wałkowe poprzeczne mają ruch obrotowy dookoła swych osi, powodując posuwanie się materiału zapomocą kołnierzy lub różnych występów na swojej powierzchni, które nadają powierzchni po-



Rys. 2. Przesiewacz rusztowy podłużny, odmiana typu Briart'a. Rusztą z żelaza U-owego z kwadratowymi otworami. Rusztą *a* łączy rama *k*. Wahania nadają mimośrodó *r*. Rusztą *b* są połączone zapomocą rami *l* i otrzymują ruch od mimośródo *s* (z katalogu Krupp'a).

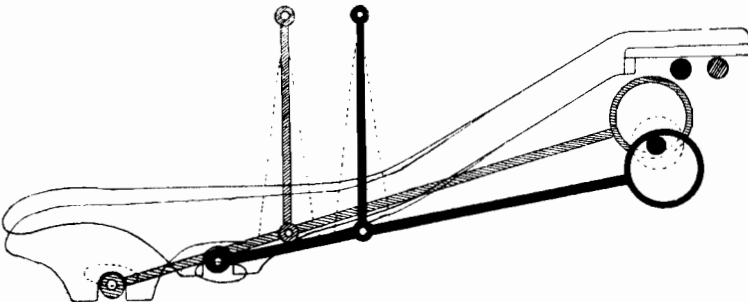


Rys. 3*.



Rys. 4*.

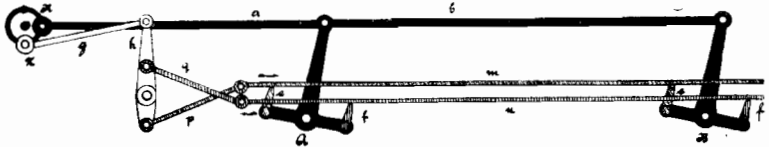
Rusztą podłużne Briart'a, nach. 8° – 14° , I zespół rusztów *acK*, II zespół rusztów *bdL*. Mimośródo *K* i *L* połączone są z rusztami nieruchomo i umieszczone z tyłu przesiewacza. Przedni koniec rusztów zawieszony jest na prętach *c* (I zespół) i *d* (II zespół).



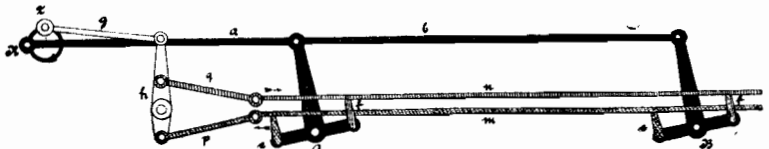
Rys. 5*. Rusztą podłużne Briart'a.

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

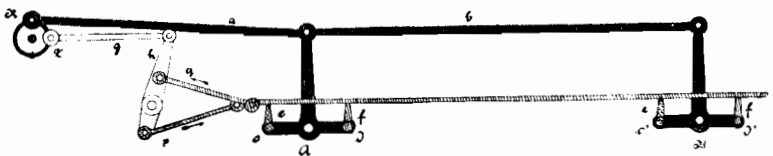
Ruszta ruchome zwykle urządzą się jako przesiewacze proste, na których otrzymują się tylko dwa sortymenty. Dla przesiewania wielokrotnego kilka przesiewaczy prostych tworzą ugrupowania zwykle



Rys. 6*.



Rys. 7*.



Rys. 8*.

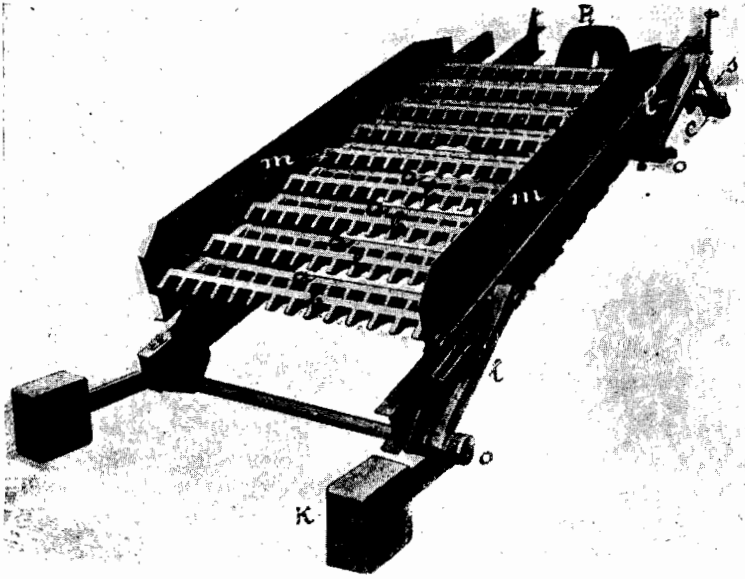
Angielskie ruszta poziome Chambers'a, ruch kołwrotowy (pionowy i podłużny). Pionowy otrzymuje się zapomocą mimośrodów R i układu a — ścięgna, b — drążka, A i B dwóch krzyżaków połączonych zapomocą osi c i d (c i d) występami e i f idącymi naprzemiennie do rusztów 2-ch zespołów m i n . Podłużny otrzymuje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

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

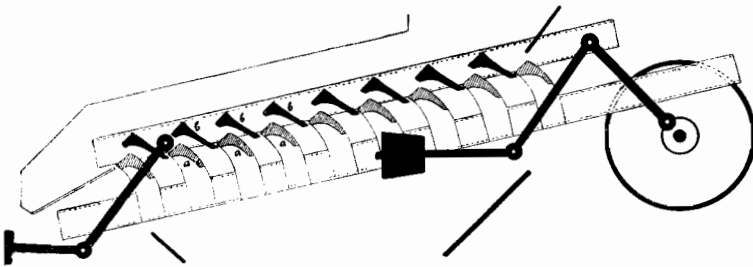
Ruszta ruchome są bardzo dogodnie dla sortowania wogóle sortymentów grubych, gdyż odznaczają się spokojnym ruchem, niewymagającym wielkiej pracy oraz niewywołującym kruszenia materiału, zwłaszcza te, które posuwają materiał grubszy zapomocą sposobu przekładania z jednego zespołu na drugi, jak ruszta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

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

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



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



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

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

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

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

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

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

zwykle 0,25—0,5 m/sek.

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

Cała długość powierzchni rusztów w kierunku nachylenia:

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

Czas zaś sortowania:

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

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

$$t_n = 12''-15'' \text{ lepiej: } 10''-12'' \text{ (z pewną nadwyżką)}$$

i nie powinien być też krótszym.

Stąd, prędkość podłużna normalna:

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

oraz normalna liczba obrotów z wzoru (1):

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

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

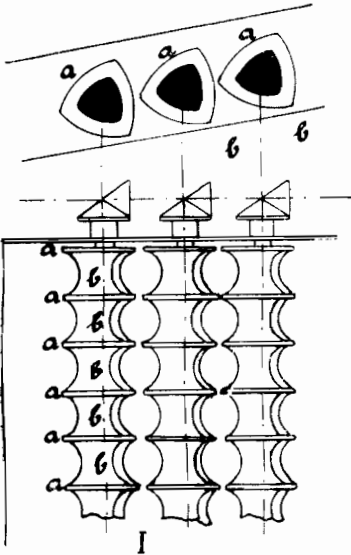
Dokładność sortowania zależy od wydajności, przypadającej na 1 m^2 powierzchni rusztów:

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

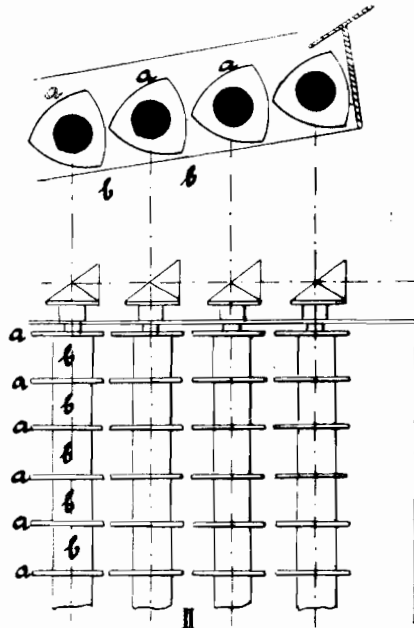
oraz pośrednio zależy: 1) od wydajności, przypadającej na 1 m szerokości:

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

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



Rys. 11*.



Rys. 12*.

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

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

$$Q_h = B \cdot h \cdot v \cdot (\delta k) \eta \cdot 60 \cdot 60 \dots \dots \dots (2)$$

gdzie: *B* — szerokość powierzchni rusztów,

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

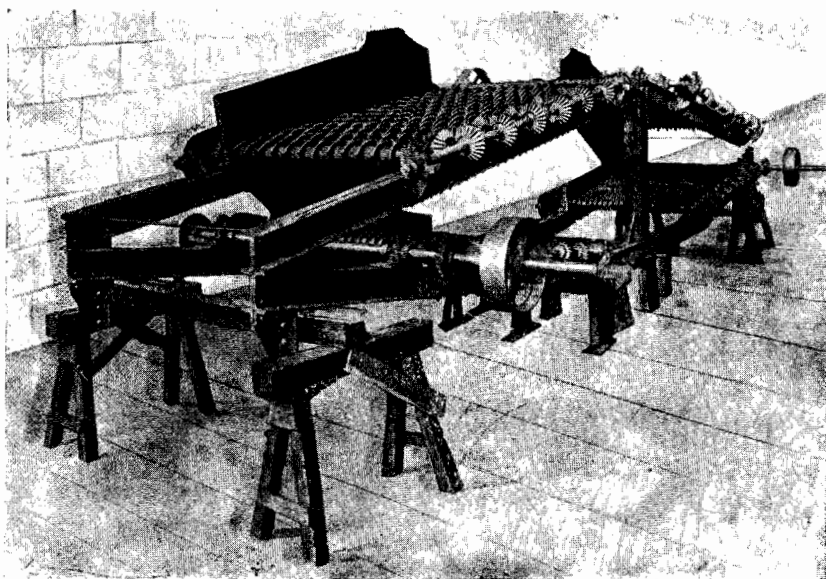
v — prędkość posuwania się podłużnego m/sek.,

δ — ciężar gatunkowy materiału dla węgla 1,3,

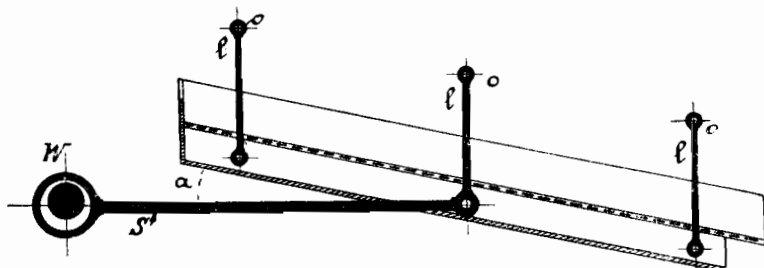
k — współczynnik rozluźnienia materiału urobionego 0,56—0,7,

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

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



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



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

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

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

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

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

$$v = \frac{n \cdot 3l}{60} = \frac{n \cdot l}{20} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{albo } n = \frac{20 \cdot v}{l}$$

Dla kostki I, zwykle $l_1 = 0,160$ m

„ „ II, „ „ $l_2 = 0,100$ m

Jeżeli przyjąć $v = 0,25$, wówczas

dla kostki I, podług (3) $n_1 = 30$,

„ „ II, „ „ $n_2 = 50$.

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

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

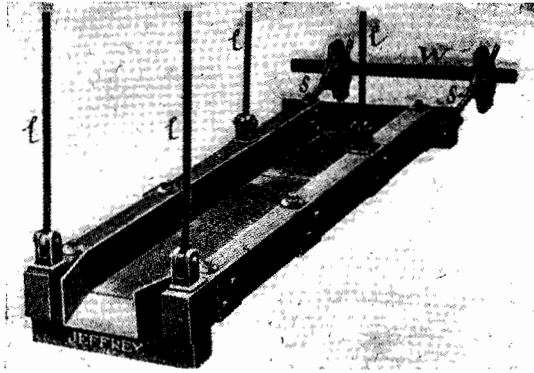
B. Przesiewacze ruchome płaskie dziurkowane. W sitach wykonanych z blachy dziurkowanej zwykle ściankom bocznym w otworach nadają lekkie rozszerzenie ku dołowi celem zapobieżenia zatkania się tych otworów. Otwory sit mogą mieć kształt okrągły, kwadratowy lub prostokątny. Grubość blach zależy od wielkości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

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



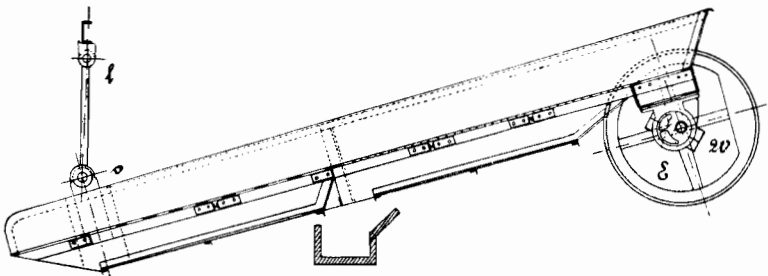
Rys. 15*. Schemat przesiewacza podłużnego (angielskiego). Przekrój poprzeczny.

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



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

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



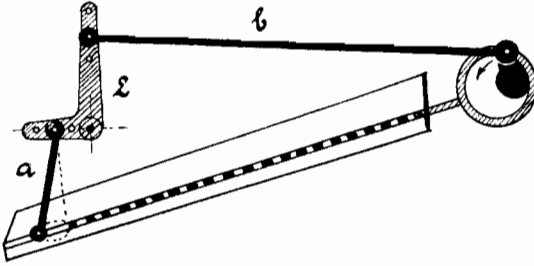
Rys. 17. Przesiewacz podłużny kołowrotowy w płaszczyźnie pionowej. Rama przesiewacza połączona na stałe z mimośrodem E , osadzonym na wale W . Dolny brzeg przesiewacza wisi na pręcie I na nieruchomej osi O . System Baum (z katalogu Schichtermann & Kremer).

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

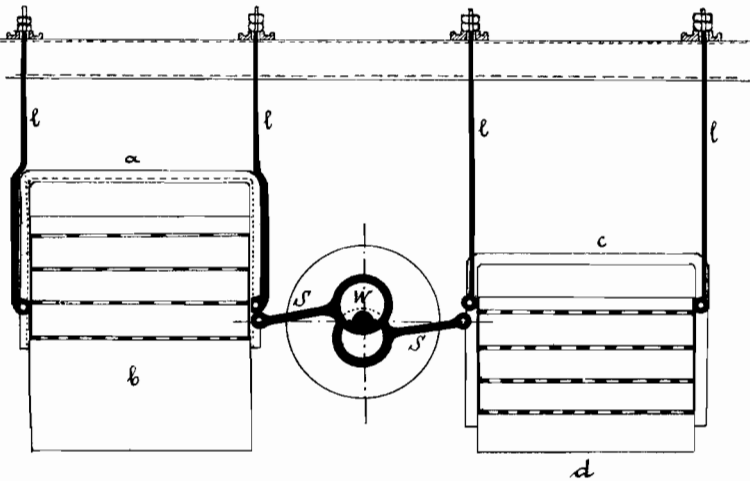
Podług rodzaju ruchu odróżniają przesiewacze płaskie dziurkowane *a) wahadłowe* i *b) drgające*.

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

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



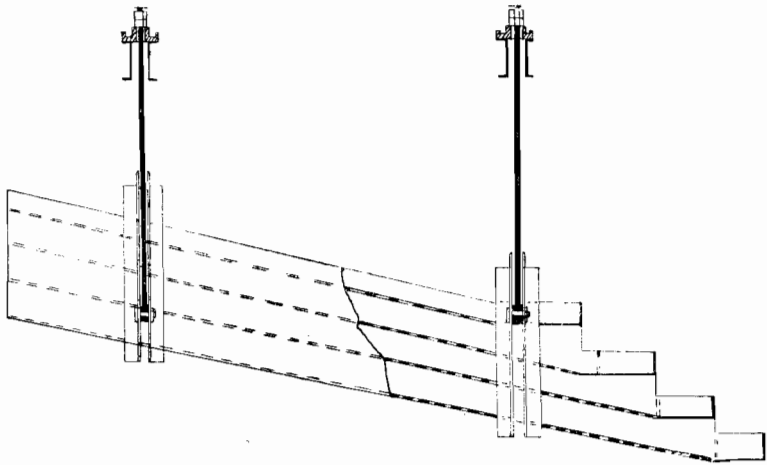
Rys 18*. Przesiewacz podłużny kołowrotowy w płaszczyźnie pionowej. Pręty a umocowane są do drążka dwuramiennego L , wahającego się na nieruchomej osi. Drugie ramię drążka za pomocą b połączone jest z korbą. Na wał nasadzone są mimośrodowo, połączone nieruchomo z przesiewaczem. System Laue (z katalogu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



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

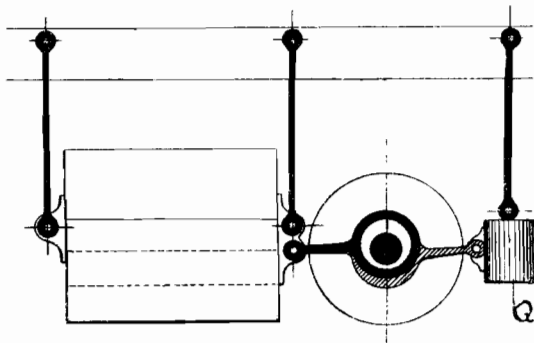
- 1) składowej ciężaru materiału, skierowanej zawsze w kierunku największego nachylenia sita,
- 2) siły żywej, przeniesionej na ziarno przez ruch sita w kierunku posunięcia się tegoż, wreszcie
- 3) siły tarcia, która działa zawsze w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu względnie na powierzchni sita.

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



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

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

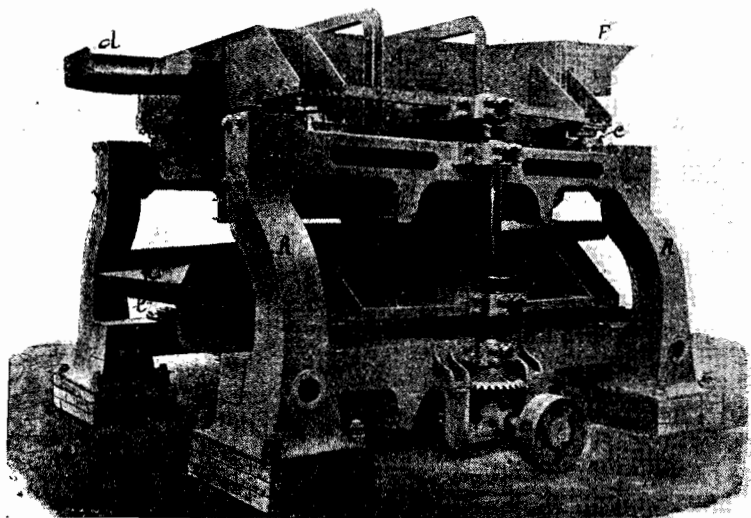


Rys. 21**. Przesiewacz wahadłowy poprzeczny (niemiecki) systemu Humboldt o jednym zespole sit i z przeciwwagą Q. Przekrój poprzeczny.

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

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

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



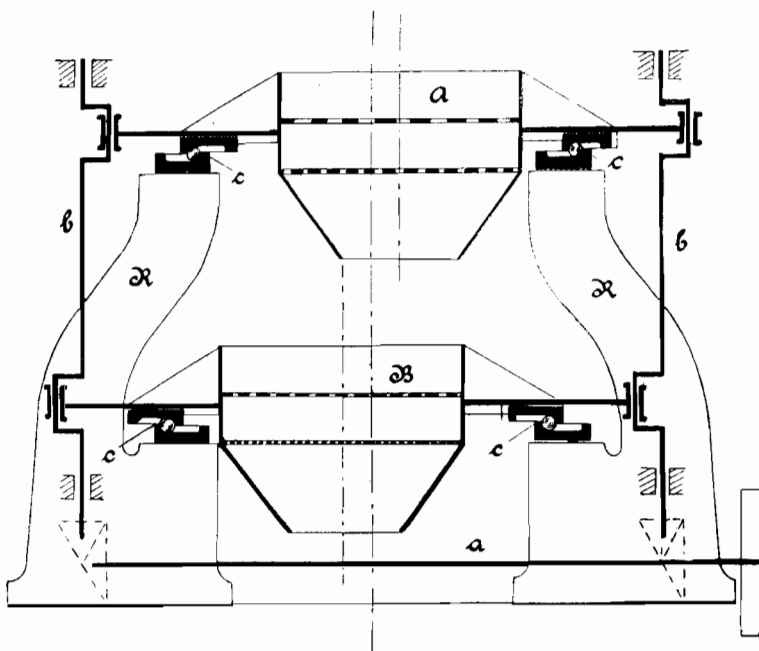
Rys. 22. Przesiewacz wahadłowy poprzeczny kołowrotowy w płaszczyźnie poziomej systemu Seltner'a. Poziomy wał napędowy *a* obraca 2-pionowe kolankowate wały *b* i *b* (*b*, z drugiej strony przesiewacza). Wały te nadają ruch dwóm zespołom sit w odwrotnych kierunkach. Górny zespół *A* i dolny *B*. Każdy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

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

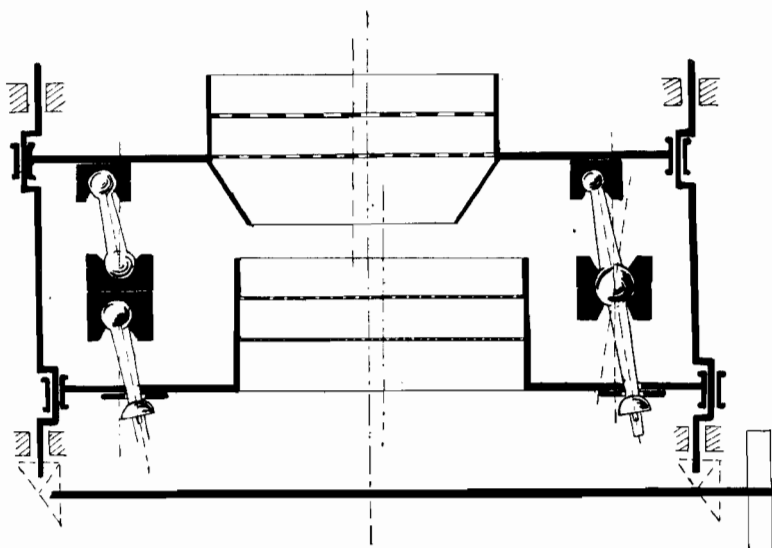
2) Podłużny ruch wahadłowy kołowrotowy w płaszczyźnie pionowej (rys. 17, 18) powstaje przez połączenie prostego wahadłowego ruchu podłużnego i pionowego, wobec czego posuwanie się materiału jest spowodowane jako skutek przewyciężenia siły tarcia w płaszczyźnie sita, oraz jako skutek bezwładności ruchu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

We wszystkich sitach podłużnych materiał przesuwany się naprzód zawsze po linii prostej.

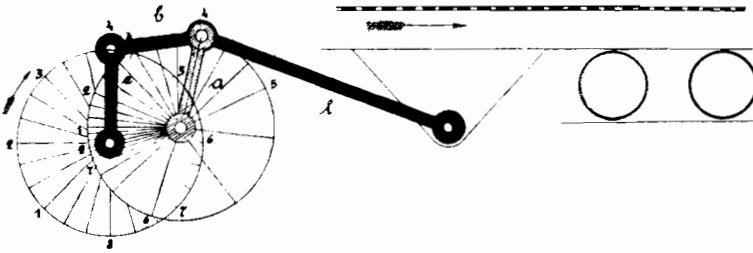
3) Poprzeczny ruch wahadłowy prosty (rys. 19, 20, 21) powoduje przy każdym posunięciu się sita w prawo i w lewo posu-



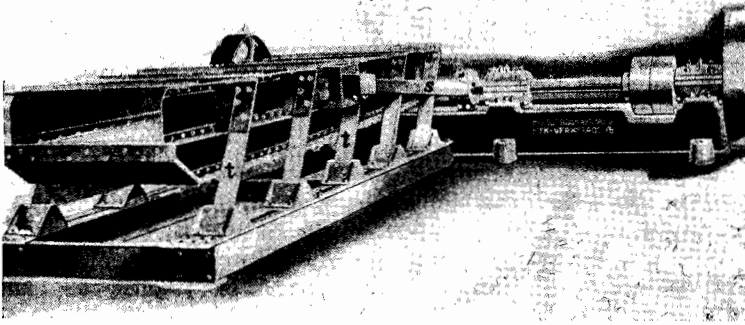
Rys. 23*. Przesiewacz wahadłowy poprzeczny kołowrotowy w płaszczyźnie poziomej systemu Seltner'a (schemat). Oznaczenia jak na rys. 22.



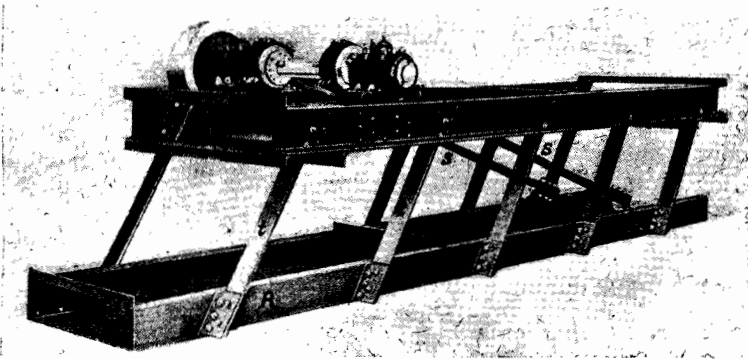
Rys. 24*. Przesiewacz wahadłowy poprzeczny kołowrotowy w płaszczyźnie poziomej systemu Schwidtal (schemat). W systemie Seltner'a oba zespoły sit spoczywają na swych podporach *R* (rys. 23) w sposób jednakowy. W syst. Schwidtal górny zespół ma oparcie dolne, dolny zespół — oparcie górne (zawieszony, patrz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



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



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

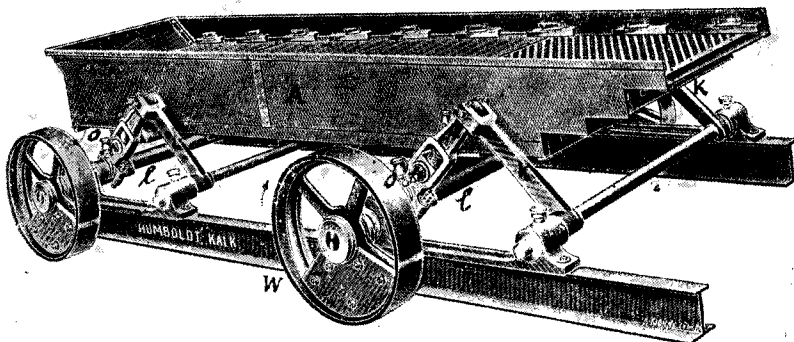


Rys. 27. Poziomy przesiewacz systemu Ferraris zawieszony u góry. 2 drążki mimośrodowe *S* wahają przesiewacz *R* do góry i naprzód. Przesiewacz jest zawieszony na elastycznych drewnianych prętach (*t*).

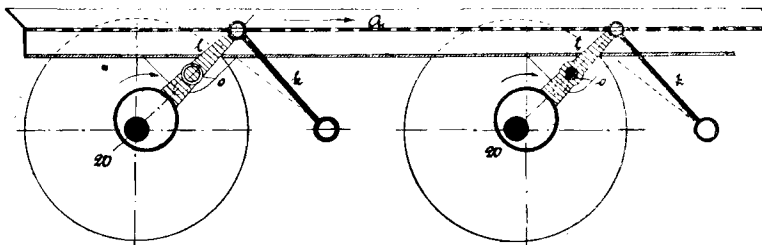
wanie się ziarn na dół w kierunku skośnym w stronę przeciwną do ruchu sita. Ziarna posuwają się w dół po linii zygzakowatej.

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

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



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



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

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

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

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

się ziarn i zwolnionym w kierunku odwrotnym (syst. przesiewaczy Marcusa; rys. 25).

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

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

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

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

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

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

Tak więc, w przesiewaczach podłużnych jeżeli ziarna mają po-

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

$$n_{\min.} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varphi - \gamma)}} \dots \dots \dots (4)$$

gdzie: φ — kąt tarcia, zwykle — 35°

α — „ nachylenia sit $0-18^\circ$

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

r — „ promień korby (mimośrod) = $0,02-0,05$ m.

$g^1) = 9,81$.

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

$$n_{\max.} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\cos(\varphi - \gamma)}} \dots \dots \dots (5)$$

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

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

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos \varphi}} \dots \dots \dots (6)$$

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

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)} \dots \dots \dots (7)$$

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

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\sin \varphi}} \dots \dots \dots (8)$$

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

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos(\varphi - \gamma)}} \dots \dots \dots (9)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Od ilości obrotów zależy praca nad uruchomieniem przesiewaczy:

$$N = 0,000331 (P + p) r \cdot n^3 \quad \dots \quad (14)$$

gdzie P — ciężar części ruchomych przesiewacza (rzeszota),

p — „ masy materiału znajdującego się na sicie.

W warunkach normalnych:

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

gdzie B — szerokość sita w m,

L — długość „ „ „

h — grubość warstwy załadowanej = największym kawałkom materiału,

δ — ciężar gatunkowy,

k — współczynnik rozluźnienia (0,56—0,7),

η — współczynnik załadowania (0,5—1),

β — stosunek ilości materiału pozostającego na sicie (grubszego) do całej ilości materiału surowego (wychód sortymentu grubszego).

Zwykle $N = 0,2-10$ K. M.

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

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

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

$$v_1 = \frac{r \cdot n}{30} \cdot \frac{\cos(\alpha - \gamma) \cdot \sin \varphi^1}{\sin(\varphi - \alpha)} \dots \dots \dots (16)$$

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

$$v_1 = \frac{r \cdot n}{30} \cdot \frac{\cos \alpha \cdot \sin \varphi}{\sin(\varphi - \alpha)} \dots \dots \dots (17)$$

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

$$v_1 = \frac{r \cdot n}{30} \cdot \frac{\sin \varphi}{\sin(\varphi - \alpha)} \dots \dots \dots (18)$$

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

$$v_1 = \frac{r \cdot n}{30} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \sin \varphi}{\sin(\varphi - \alpha)} \dots \dots \dots (19)$$

w sitach poziomych Ferraris: $\alpha = 0$

$$v_1 = \frac{r \cdot n}{30} \cdot \cos \gamma \dots \dots \dots (20)$$

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

$$v_1 = \frac{r \cdot n}{30} \cdot \cos(\alpha - \gamma) \cdot \sin \varphi \left[\frac{1}{\sin(\varphi - \alpha)} - \frac{1}{\sin(\varphi + \alpha)} \right] \dots \dots (21)$$

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

$$v_2 = 2 \cdot \frac{r \cdot n}{30} \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin \alpha}{\sin(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi + \alpha)} \dots \dots (22)$$

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

¹⁾ Wzór przybliżony.

$$v_3 = \frac{r \cdot n}{30} \sin \varphi \left[\frac{1}{\sin(\varphi - \alpha)} - \frac{1}{\sin(\varphi + \alpha)} \right] + 2 \frac{r \cdot n}{30} \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin \alpha}{\sqrt{\sin(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi + \alpha)}} \dots \dots \dots (23)$$

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

Wydajność:

$$Q = B \cdot h \cdot v (\delta k) \cdot \eta \cdot 60 \cdot 60 \dots \dots \dots (\text{p. wzór 2})$$

gdzie $h = d \max.$

$$k = 0,56 - 0,7$$

$$\eta = 0,5 - 1.$$

Zwykle w przesiewaczach podłużnych $v_1 = 0,2 - 0,3$, w poprzecznych zaś $v_2 = 0,08 - 0,15$. Przy szerokości $B = 0,3 - 2,5$ m. prędkości te odpowiadają wydajnościom na godzinę $Q_h = 50 - 150$ ton, przytem

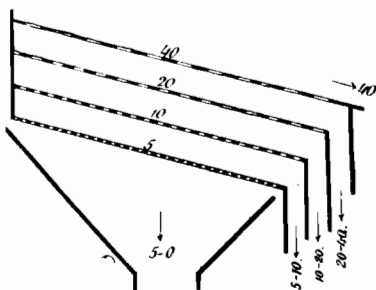
na 1 m. szerokości przypada $\frac{Q}{B} = 30 - 60$ ton.

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

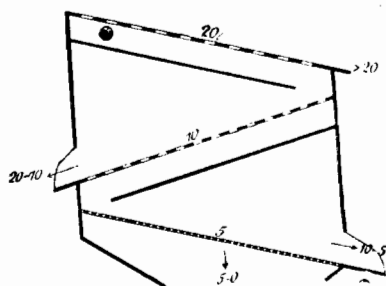
Przesiewaczom podłużnym, w celu zwiększenia dokładności sortowania, można nadawać ilość obrotów $n > n \max.$, lecz w takim razie bardzo znacznie zmniejszy się wydajność. Lepiej jest w przesiewaczach podłużnych, w celu zwiększenia ich dokładności sortowania, stosować ruch kołowrotowy w płaszczyźnie podłużnej,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

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

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



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



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

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

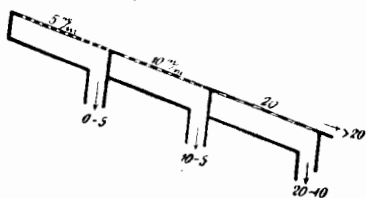
$$\frac{Q}{B \cdot L} = 2-20 \text{ ton/godz.}$$

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

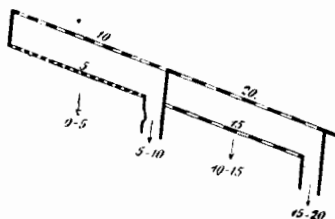
Urządzenie rzeszot. Rzeszota przesiewaczy wahadłowych mogą być proste i złożone — do sortowania wielokrotnego. W rzeszotach złożonych przy sortowaniu podług pierwszego sposobu (rys. 30) sита o stopniowo zmniejszających się otworach umieszczają się jedno pod drugim równoległe do siebie, przytem, w celu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

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

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



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



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

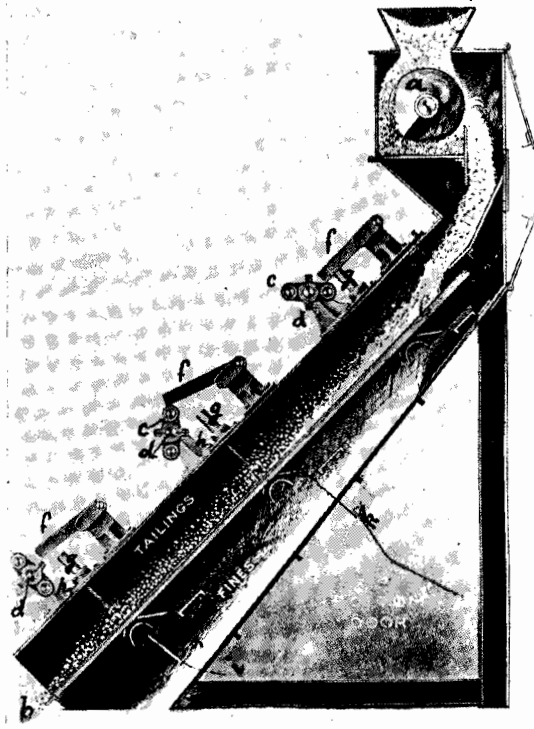
całym grupom, umieszczając blachy kierujące tylko pomiędzy grupami sit.

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

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

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

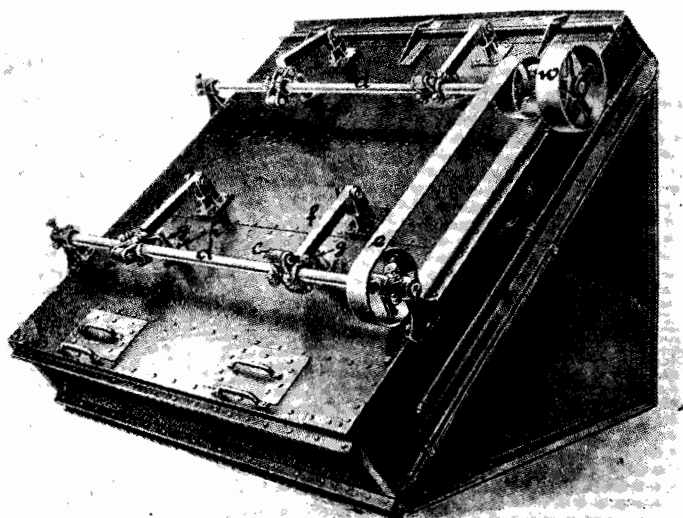
b) Przesiewacze płaskie drgające, czyli wibratory (Vibrating screens) (rys. 34, 35) składają się z sita drucianego, zawsze ze stromym nachyleniem pod kątem 40—45°, przymocowanego do ramy nie-



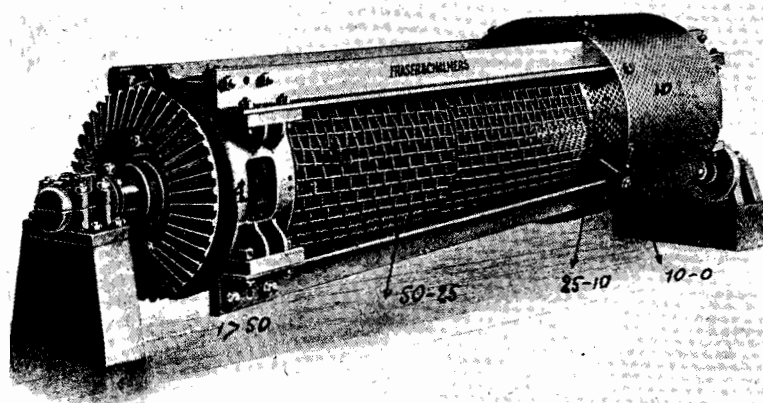
Rys. 34. Przesiewacz płaski drgający syst. Nevay'go (wibrator): *a* — podawacz, *b* — sito, *c* — zaczepki, obracające się na wałeczkach *d* zapomocą napędu *e* rys. 35, unoszą w górę młotki *f*, które zapomocą kołków *g*, luźno umieszczonych w kierownicach *h* i *i*, wprawiają sito w drgania; *k*, —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

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

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



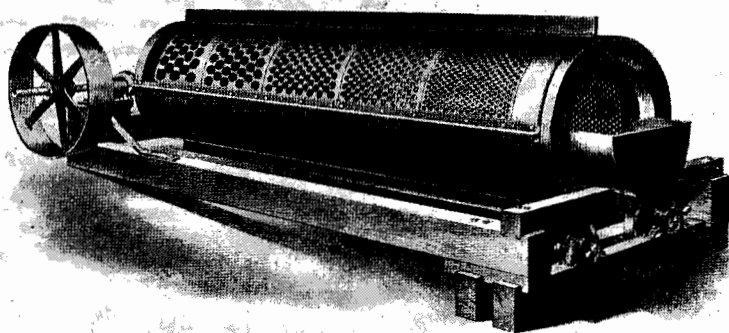
Rys. 35. Przesiewacz drgający (wibrator) Nevaygo. Przesiewacz umieszczony w skrzyni w celu zabezpieczenia przed wydzieleniem się pyłu. Oznaczenia patrz rys. 34 (z katalogu Sturtevant).



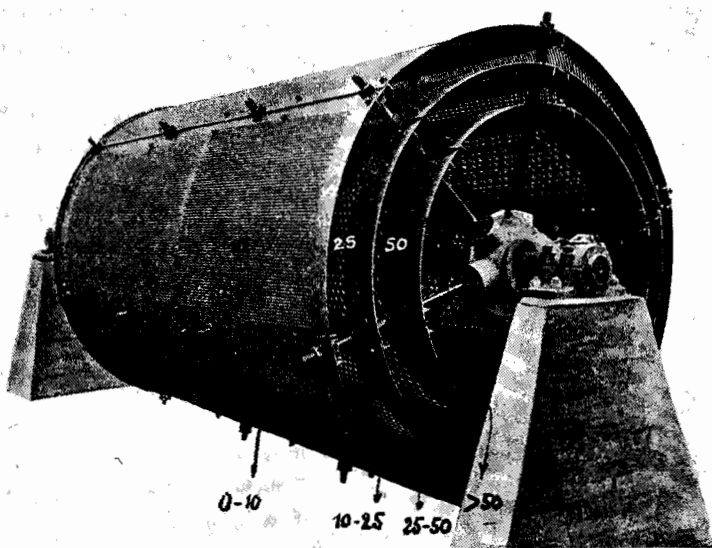
Rys. 36. Przesiewacz obrotowy walcowy złożony. Ugrupowanie sit podług sposobu mieszanego (I i II spos.). A — otwory wypustowe dla najgrubszego sortymentu. Dla sortymentów grubszych sito plecione z drutu (z katalogu Allis Chalmers).

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

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



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



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

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

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

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

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

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

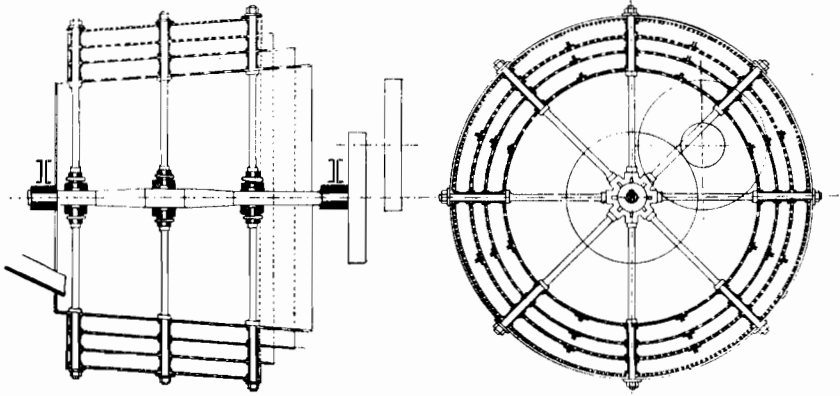
Długością przesiewaczy bębnowych nazywa się kierunek równoległy do osi geometrycznej sit. W sitach walcowych długość bębna jest równa długości twornicy, w sitach stożkowych jest ona mniejszą od twornicy i równa się wysokości stożka ściętego.

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

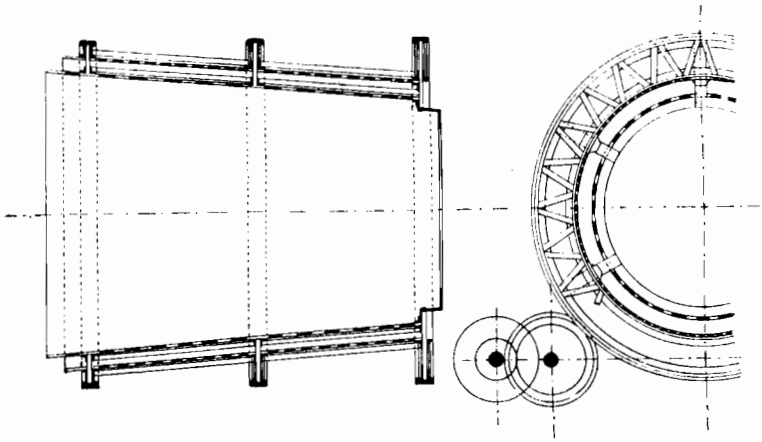
W przesiewaczach stożkowych zwykle otwór o mniejszej średnicy jest tylnym (lub górnym), o większej zaś — przednim (lub dolnym). Jednak w wypadkach wyjątkowych oś stożka umieszcza się nie poziomo, lecz z nachyleniem w kierunku od większego do mniejszego otworu pod takim kątem, żeby dolna twornica stożka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

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

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



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



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

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

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

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

W porównaniu z bębnami całkowitemi przesiewacze Lecnique odróżniają się tą zaletą, że sita ich, posiadając mniejszą powierzchnię, są lżejsze i lepiej wyzyskane, podczas gdy w sitach bębnowych całkowitych materiał załadowany zajmuje jednocześnie nie więcej $\frac{1}{6}$ całej powierzchni, pozostałe zaś $\frac{5}{6}$ są nieużyteczne. Lecz sita całkowite o stałym ruchu obrotowym, odbywającym się ze stałą prędkością, nie posiadają skomplikowanego mechanizmu sit wahadłowych; nie mając punktów martwych w swym ruchu, podają produkty rozsortowane w strumieniach równomiernych, co ważnem jest, jeżeli postępują one do jakichkolwiek bądź innych przyrządów sortowniczych, maszyn płóczkowych i t. p.; wreszcie ta okoliczność, że niecała powierzchnia sit pełnych jest jednocześnie wyzyskana, przedłuża okres ich służby i zmniejsza koszt utrzymania. Tak samo te okoliczności wyzyskania i zużycia sit mogą być podniesione przy porównaniu pomiędzy sobą przesiewaczy bębnowych i płaskich.

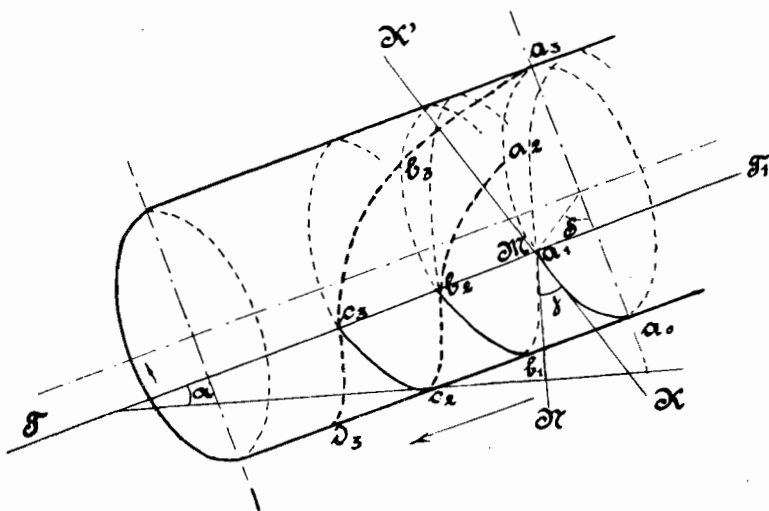
Sita używane w przesiewaczach bębnowych mogą być wszystkich trzech typów: rusztowe, dziurkowane i plecione. Jednakże ruszta używają się rzadko i w każdym bądź razie jedynie w przesiewaczach walcowych i stożkowych.

Przesiewacze bębnowe możemy rozklasyfikować według następującej tablicy:

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

W tych warunkach ilość obrotów:

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

| | | | |
|---------------------|--------------|---------|--------|
| jeżeli więc $D=1$; | $n = 16,5$ | \dots | 24 |
| | $1,5 = 13,5$ | \dots | 19 |
| | $2 = 11,5$ | \dots | $16,5$ |
| | $3 = 9,5$ | \dots | $13,5$ |
| | $4 = 8$ | \dots | $11,5$ |

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

Jeżeli przyjmą, że $s = 40^\circ$, otrzymamy:

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

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

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

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

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

$$\text{przy sitach walcowych: } \nu = \frac{\pi}{60} \cdot n \cdot D \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin s} \dots \dots \dots (28)$$

$$\text{przy sitach stożkowych: } \nu = \frac{\pi}{60} \cdot n \cdot D \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} s} \dots \dots \dots (29)$$

lub w zwykłych przypadkach przy $s = 40^\circ$:

$$\text{przy sitach walcowych: } \nu = 0,082 \cdot n \cdot D \cdot \sin \alpha \dots \dots \dots (30)$$

$$\text{przy sitach stożkowych: } \nu = 0,064 \cdot n \cdot D \cdot \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots (31)$$

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

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

Wreszcie, jako kryterjum dokładności sortowania może służyć, jak i w sitach płaskich, współczynnik załadowania, który nie powinien przekraczać tych samych wartości; maximum 1 — przeciętnie 0,5 i może być określony w danym bębnie ze wzoru ogólnego dla wydajności:

$$Q = S \cdot h \cdot \nu \cdot (\delta \cdot k) \cdot \eta \cdot 60 \cdot 60 \dots \dots \dots (32)$$

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

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

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

$$Q = 1256 \cdot h \cdot D \cdot \nu \cdot (\delta \cdot k) \cdot \eta \dots \dots \dots (33)$$

albo wstawiając (30) i (31):

dla bębnowych walcowych:

$$Q = 103 \cdot h \cdot D^2 \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot (\delta \cdot k) \cdot \eta \dots \dots \dots (34)$$

oraz dla bębnowych stożkowych:

$$Q = 80 \cdot h \cdot D^2 \cdot n \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (\delta \cdot k) \cdot \eta \dots \dots \dots (35)$$

Wzory te wskazują, że wydajność bębnowych przy jednostajnych warunkach załadowania ($h \cdot k \cdot \eta$) jest w stosunku prostym do ilości obrotów, kątów nachylenia (przy α — małym) oraz do kwadratu średnicy (mniejszej w stożkowych). Wzory te służą do

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

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

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

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

średnice $D = 0,8-2,2$ max. 4 m

długości $L = 1-4$ „ 16 m

kąt nach. $\alpha = 2^\circ-14^\circ$

liczba obrot. na minutę $n = 8-24$

wydajność abs. $Q_h = 1-150$ ton max. 800/godz.

„ stosunkowa $\frac{Q}{\pi D \cdot L} = 2,5-6,5$

Praca: $N = 0,5-20$ max. 150 K. M.

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Podług (36)} \quad \frac{\pi \cdot D \cdot s \cdot h}{360} \leq \frac{2}{3} l \cdot h'$$

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

skąd $h \leq 0,037$.

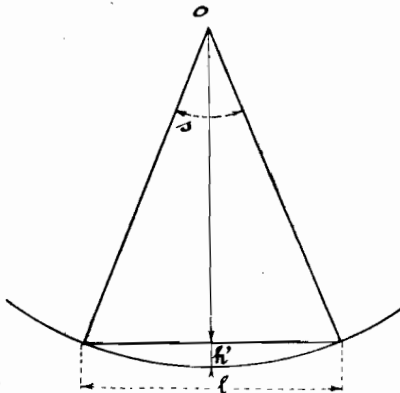
Materiał nie może być grubszym od 0,037 m.

W sortowniach węgla kamiennego przesiewacze bębnowe znajdują

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

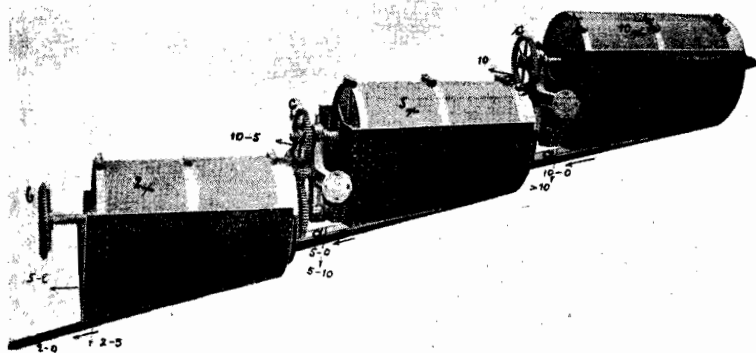
Przesiewacze bębnowe używają się dla sortowania prostego i wielokrotnego.

Dla sortowania wielokrotnego podług pierwszego sposobu, przy oddzieleniu najpierw sortymentów grubszych, bębny łączą się ze sobą w ugrupowaniach koncentrycznych lub schodowych. W ugrupowaniach koncentrycznych (rys. 38) sita umieszczają się jedno w drugim na wspólnej osi, przy-



Rys. 43**.

tem sito wewnętrzne posiada otwory największe, następne — coraz mniejsze i sito zewnętrzne ma otwory najmniejsze. W ugrupowaniach schodowych (rys. 44) bębny two-



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

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

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

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

Stąd ugrupowania koncentryczne wogóle są używane w wypadkach, gdy

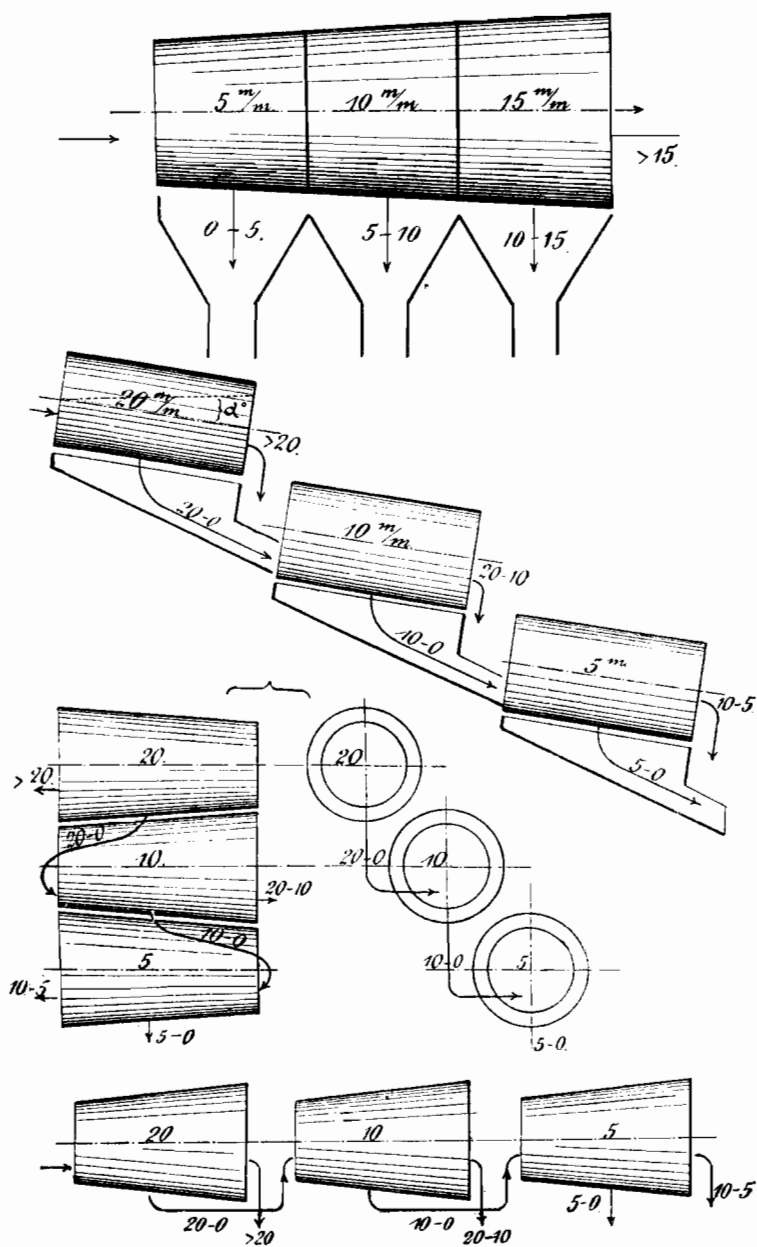
1) dokładność sortowania nie jest wymaganą lub jest bezcelową (jeżeli materiał jest bardzo kruchy),

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

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

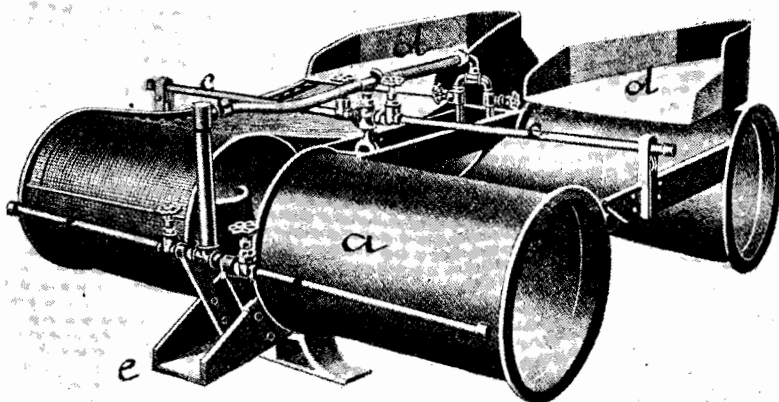
Przy zastosowaniu drugiego sposobu sortowania wielokrotnego, oddziela się najpierw sortymenty drobniejsze, sita zaś o otworach stopniowo zwiększających się stanowią kolejne ogniwa wspólnej powierzchni walcowej lub stożkowej w kierunku od tyłu ku przodowi. Sposób ten, jak i w przesiewaczach płaskich,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

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



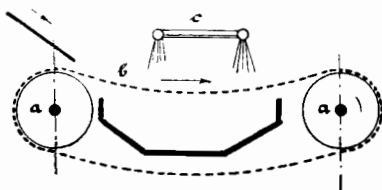
Rys. 45—48**. Układ przesiewaczy bębnowych.

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

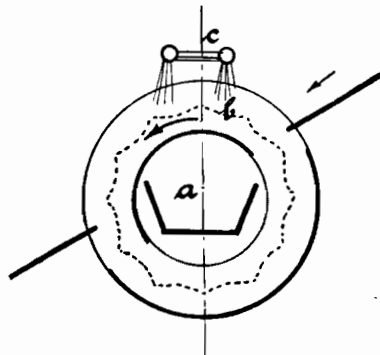


Rys. 49. Podwójny przesiewacz taśmowy Callow. *a* — bębny obrotowe, poruszane od koła napędowego, znajdującego się na wspólnej osi obu tylnych bębnow (na rysunku niewidocznej). *b* — siatka taśmowa, *c* — wodotryski, *d* — lej załadunkowy, *e* — rynna wypustowa dla dolnego sortymentu (z katalogu Wilfley'a).

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



Rys. 50**.



Rys. 51**.

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

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

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

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

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

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

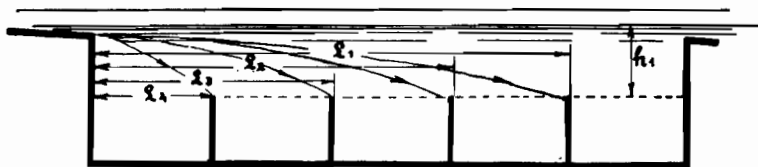
§ 2. Osadzanie w wodzie czyli sortowanie mokre (klasyfikacja mokra).

(Classifying. Sortierung¹⁾, das Klassieren nach der Gleichfälligkeit²⁾. Classement. Мокрая сортировка — классификация).

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Rittinger¹⁾ dowiódł, że opadanie ziarn minerałów w wodzie można przyjąć z dostateczną dla celów praktycznych ścisłością, jako zachodzące podług prawa ruchu równomiernego o stałej prędkości:

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

gdzie: d — średnica ziarna w częściach metra

δ — ciężar gatunkowy danego minerału

k — współczynnik stały, zależny od rodzaju ciała i jego kształtu, przeciętnie — 2,44.

Podług doświadczeń Richards'a²⁾

$$\text{dla SiO}_2 \quad . . . \quad k = 87$$

$$\text{„ PbS} \quad . . . \quad k = 100$$

jeżeli v i d wyrażone są w milimetrach.

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

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

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

gdzie współczynniki a i b mają wartości:

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

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

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

| | | | | |
|--------------------|---------|------------|----------|---------------------------------------|
| dla SiO_2 | | $a = 133,$ | $b = 36$ | } jeżeli v i d wy- rażone w mm |
| „ PbS | | $= 322,$ | $= 57$ | |
| „ FeS_2 | | $= 250,$ | $= 49$ | |

Drobniejsze ziarnka, if ($< 0,2$ mm) podług doświadczeń Richards'a ulegają prawu Stokes.

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

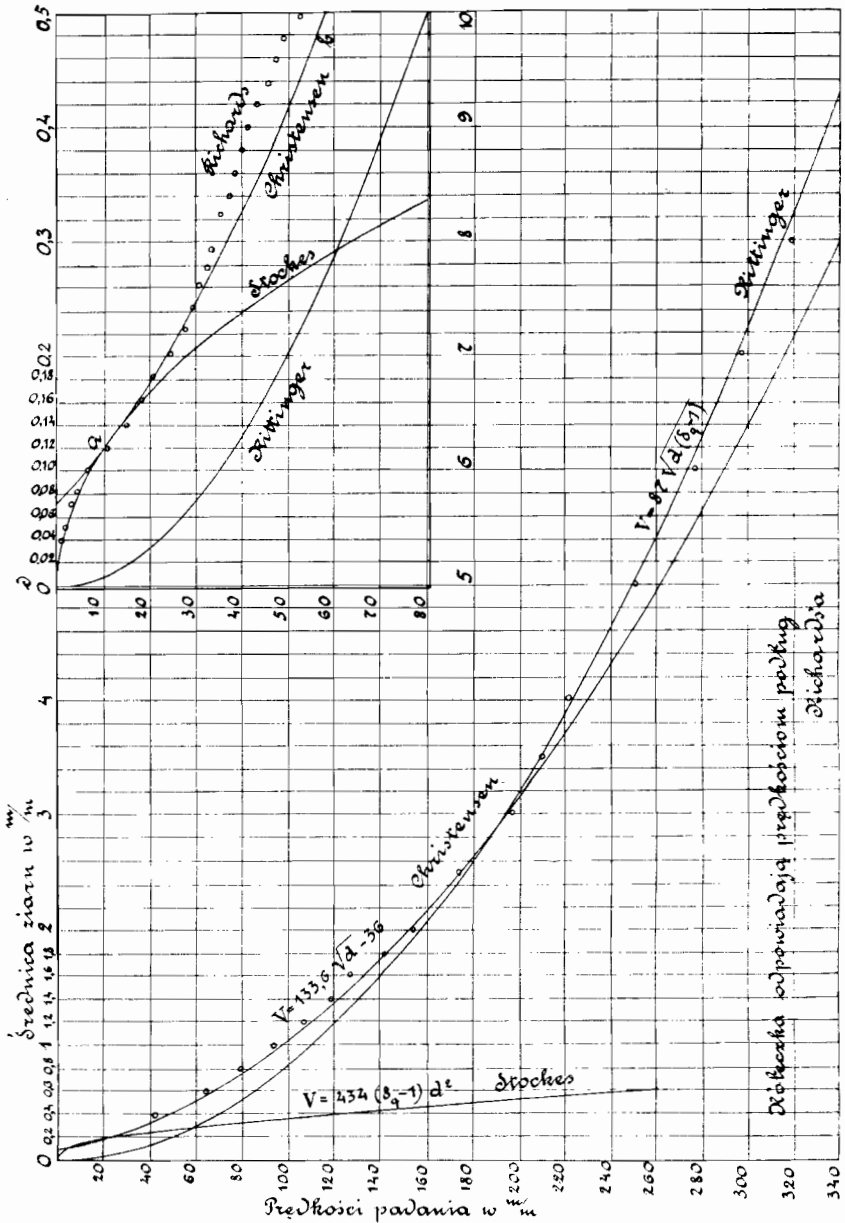
| | | | |
|--------------------------|---------|-----------|---------------------------------------|
| gdzie dla SiO_2 | | $k = 424$ | } jeżeli v i d — w milimetrach |
| „ PbS | | $= 631$ | |
| przeciętnie | | $= 545$ | |

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

Znacznie częściej osadzanie w wodzie znajduje zastosowanie w operacjach przygotowawczych przed różnymi późniejszymi operacjami głównymi, czyli jako klasyfikacja mokra.

Naprzykład, przy wzbogacaniu kruszców wprysniętych w skalę bardzo drobnymi ziarnkami (rudy złota w procesie ługowania cyankiem potasu, rudy Zn i Cu w procesach „flotacji“), gdy cała masa musi być zmieloną do stanu iltu, klasyfikacja mokra następuje bezpośrednio po

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

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

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

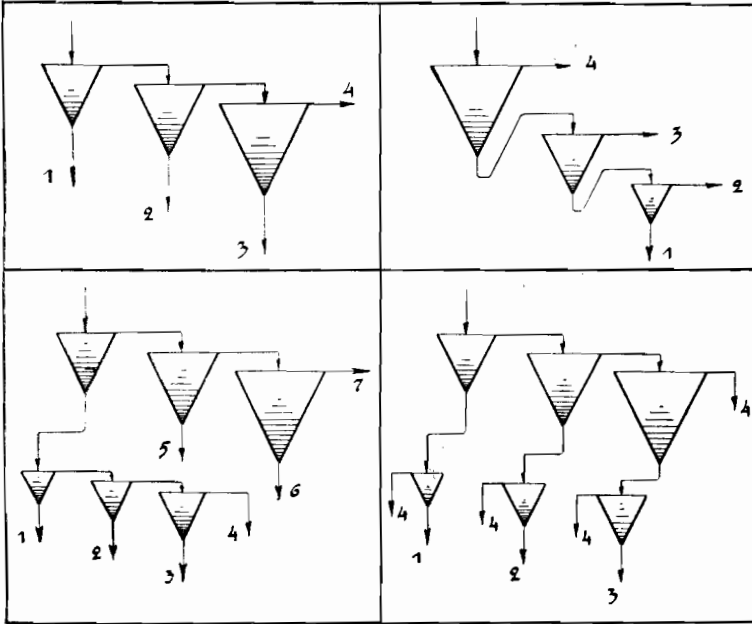
Również przy wzbogacaniu rud podług ciężarów gatunkowych za pomocą płókania, klasyfikację suchą doprowadza się zwykle do otrzymania klasy najniższej (1—0 w Europie, oraz 3—0, i nawet 5—0 w Ameryce), poczem dalszą klasyfikację wykonywa się drogą moką. Aczkolwiek najnowsze sita taśmowe Callow pozwalają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

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

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

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

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



Rys. 54—57. Układ klasyfikatorów.

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

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

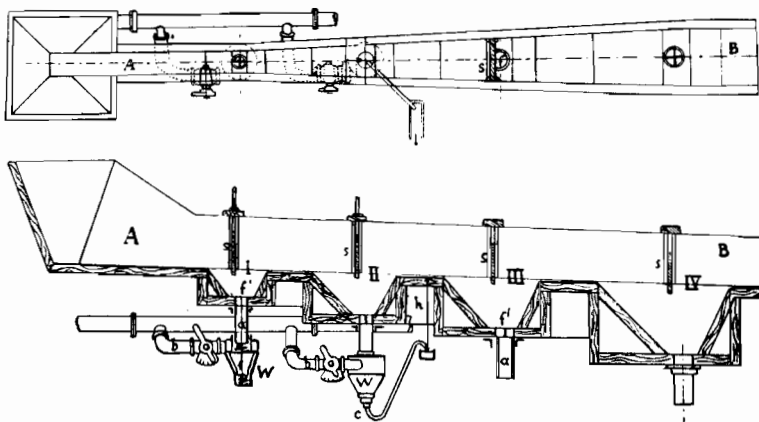
1) najpierw otrzymuje się klasy wyższe (grubsze), później drobniejsze;

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

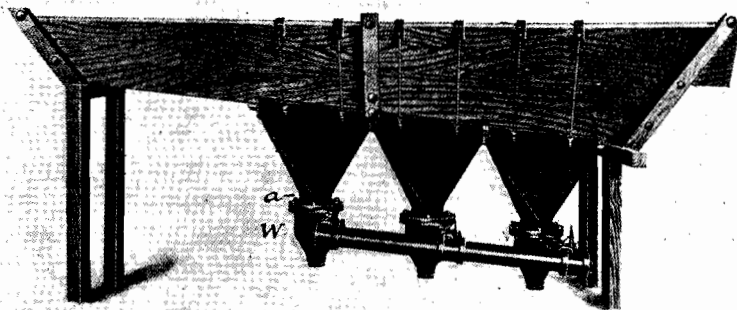
W pierwszym przypadku w każdym klasyfikatorze pojedynczym (lub przedziale) przyrządu złożonego jako produkt gotowy otrzymuje się dolny (grubszy), spływ zaś, zawierając mieszaninę wszystkich klas pozostałych, drobniejszych, stanowi produkt przejściowy i skierowuje się do przyrządu następnego, w którym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

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

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



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



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

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

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

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

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

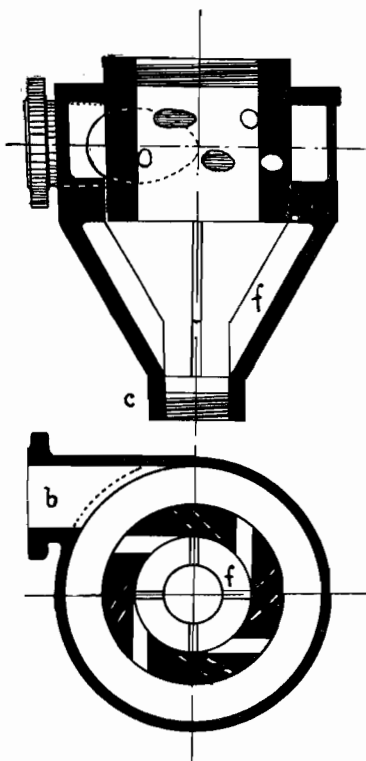
I. Klasyfikatory hydrauliczne.

II. Klasyfikatory proste czyli skrzynie zaostrome.

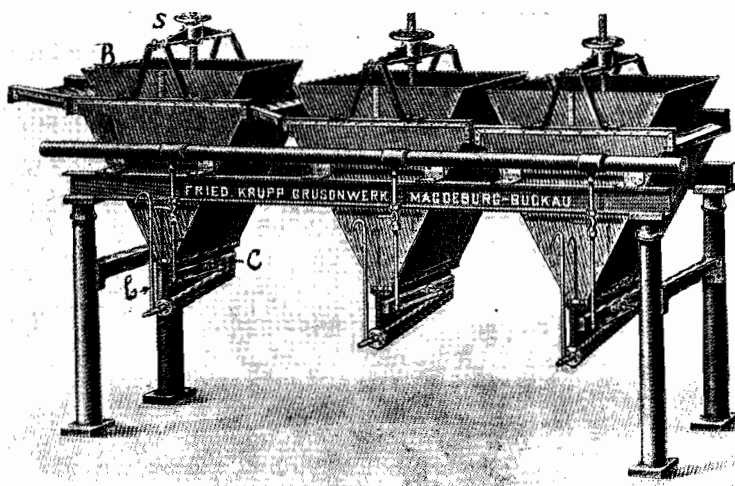
I. Klasyfikatory hydrauliczne (Hydraulic classifiers; Spitzlутten; Classeurs; Гидравлические классификаторы, шпизлутты) służą dla klasyfikacji piasków, t. j. ziarn 2—0,5 mm. Sortowanie zachodzi we wznoszącym się prądzie wody. Dla przykładu podamy następujące typowe przyrządy:

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

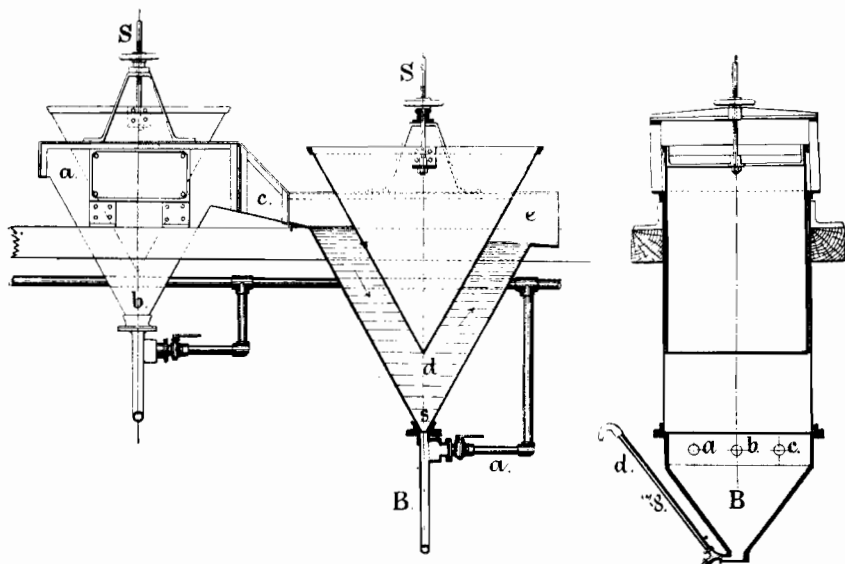
Prądy schodzące i wznoszące wywołują się przez przegródkę pionową *s*, nie sięgającą dna. Na dole zapomocą rurki sortującej *a* (sorting column), doprowadza się wodę dodatkową przez boczną rurkę *b* w nakrętce ślimaczej *W* (Vortex, rys. 60); woda przechodząc przez skośne kanały nadaje ruch wirujący strumieniowi podnoszącemu się w rurce sortującej. Materiał odsortowany trafia do dolnej stożkowej komórki nakrętki, skąd odchodzi przez rurkę lewarową *c*. Prąd wirujący w rurce *a* ujednostajnia prędkość podnoszącego się strumienia na całym przekroju, uniemożliwiając drobniejszym ziarnkom nienależącym do tej klasy opuszczać się na dół wzdłuż ścianek. U wylotu rurki w skrzyni *B* poprzeczne przegródkki *f* zatrzymują ten ruch wirowy. Kilka skrzyń *B*, o⁴stopniowo zwiększających się wymiarach łączy się zapomocą wspólnego żłobu *A* podług sposobu 1-go. Żłoby pomiędzy



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



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



Rys. 62**.

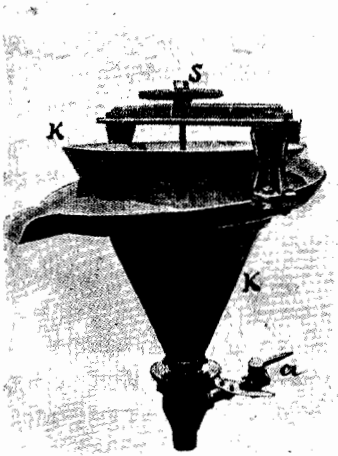
Rys. 63**.

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

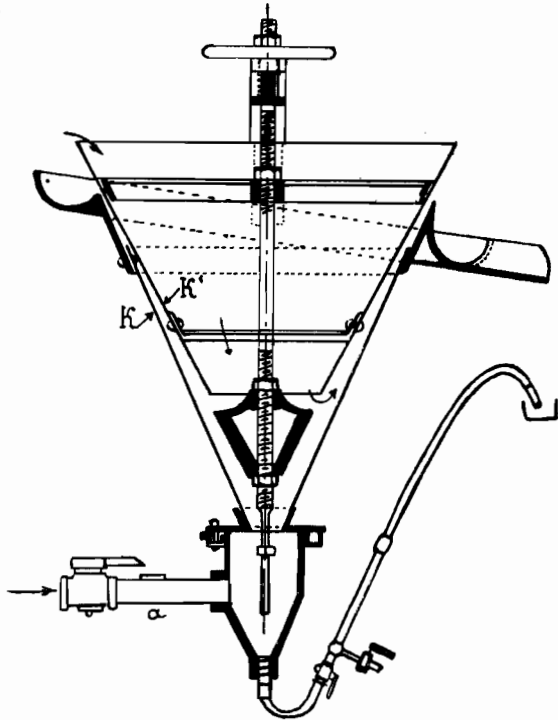
skrzynkami mogą mieć dowolną długość, tak, że klasyfikatory mogą być ustawione w zakładzie w miejscach dla nich najdogodniejszych.

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

noległymi trójkątnymi ściankami pionowymi podobnie jak w kierownikach, przez co kanał załamany zygzakowaty, jaki się tworzy pomiędzy równoległymi do siebie ściankami pochyłymi obydwu skrzyń, może otrzymywać dowolny przekrój poprzeczny, a to w celu dostosowania się do żądanych prędkości strumienia w kolanie wznoszącym się i dowolnie regulować wielkość osadzających się ziarn. Kanał sortujący w postaci wąskiej szpary (s) urządzony jest w dolnej części przyrządu c . Przez tę szparę osadzający się materiał postępuje do trójkątnej przestrzeni w dolej części przyrządu, a stamtąd usuwa się zapomocą odpływowej rurki lewiarowej (b).



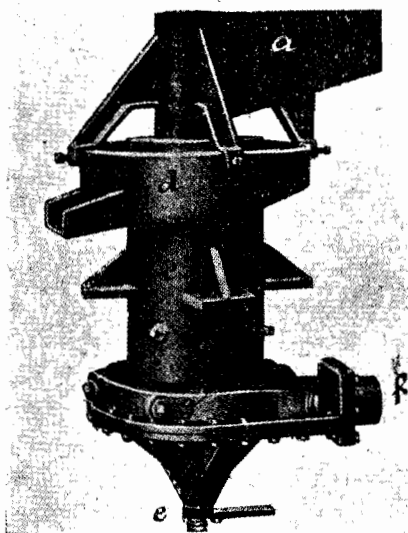
Rys. 64. Klasyfikator stożkowy Callow, widok zewnętrzny (z katalogu Colorado Iron Works).



Rys. 65. Przekrój klasyfikatora Callow.

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

nemu nadają większą rozwartość aniżeli zewnętrznemu, wskutek czego kanał pierścieniowy na każdym poziomie otrzymuje stałą wielkość płaszczyzny przekroju. Materiał odsortowany (klasa wyższa) opada w wierzchołku stożka zewnętrznego, skąd zostaje odprowadzony przez



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

rurkę sortującą z nakrętką ślimaczą (Vortex), doprowadzającą dopływ wody dodatkowej zupełnie tak samo jak w klasyfikatorze Richards'a. Spływ zaś, wyładowuje się w górze stożka zewnętrznego na całym jego obwodzie do żłobu okalającego go pochyłym pierścieniem, który następnie przez żłób, odpływowy odprowadza materiał dalej według przeznaczenia. Klasyfikatory Callow mogą być połączone w grupy podług 1-go lub 2-go sposobu ($D = 0,4$ do $1,8$ m). Klasyfikator pierścieniowy (rys. 66) różni się od poprzedniego szczegółami konstrukcyjnymi w dostosowaniu przyrządu dla klasyfikacji grubszych piasków (5–10 mm).

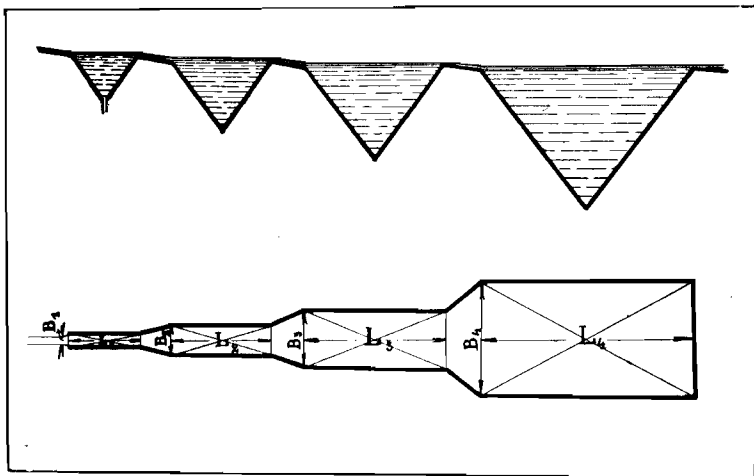
4. Klasyfikator skrępowany Richards'a. W wymienionych typach klasyfikatorów zwykle stosunek piasku do wody wynosi 1:4–1:6. W takich warunkach wolne opadanie ziarn nie jest niemal niczem skrępowane i zachodzi dodatkowo z prędkością teoretyczną podług wzorów podanych.

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

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

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

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

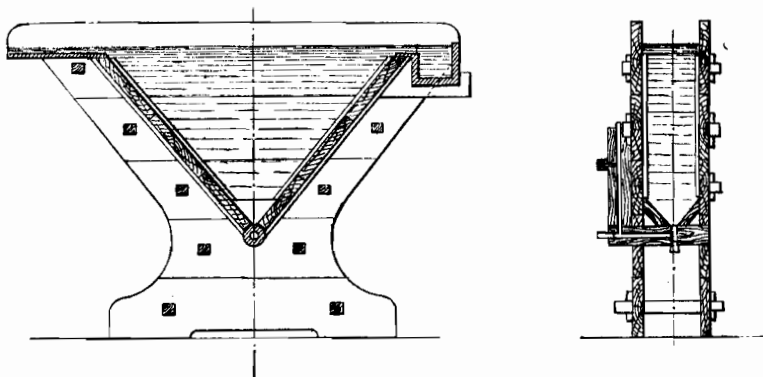


Rys. 67. Skrzynie szpiczaste (szpickasteny) Rittinger'a.

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

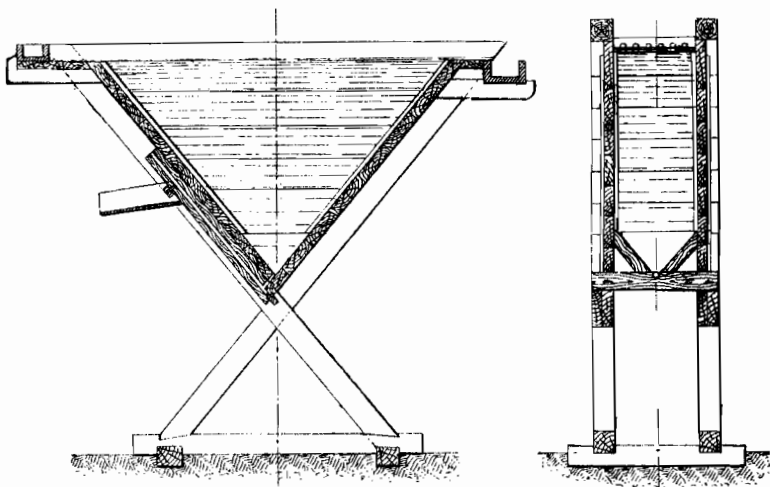
W ten sposób ziarnka danej klasy, zanim przedostaną się do rurki a , muszą przejść przez komorę, gdzie automatycznie ustalają się warunki opadania skrępowanego, i, wskutek tego, zostają odsortowane w stosunkowo szerszych granicach wielkości średnic dwóch minerałów przy jednostajnej prędkości opadania.

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



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

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



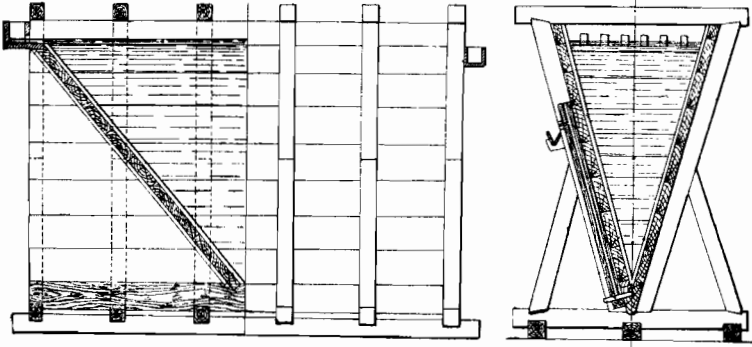
Rys. 69**. Klasyfikator prosty (szpickasten) Rittinger'a: skrzynia 2-ga.

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

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

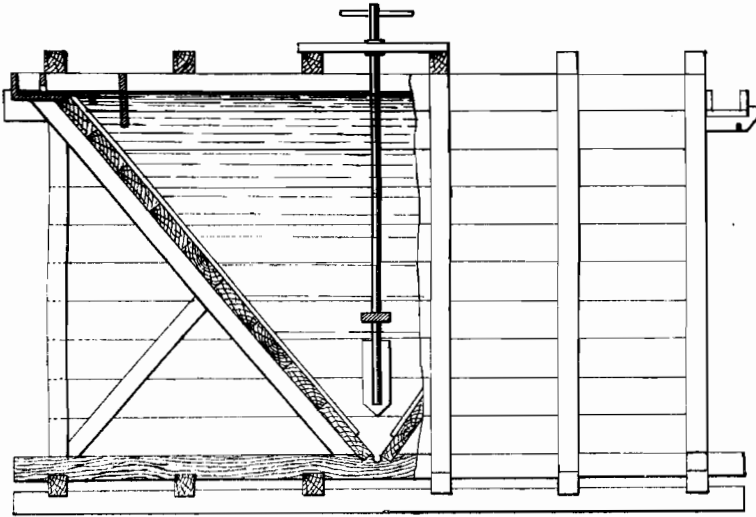
1. Skrzynie Rittinger'a (typ europejski) (rys. 67, 68, 69, 70, 71)

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



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

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



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

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

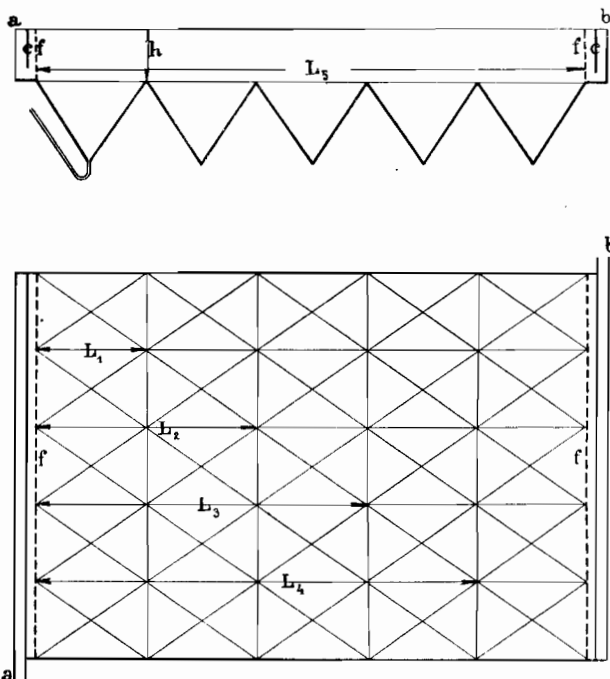
$$B_1 : B_2 : B_3 : B_4 = 1 : 2 : 4 : 8.$$

Długości zaś:

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

2. Skrzynie amerykańskie (rys. 72) przedstawiają zbiorniki

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

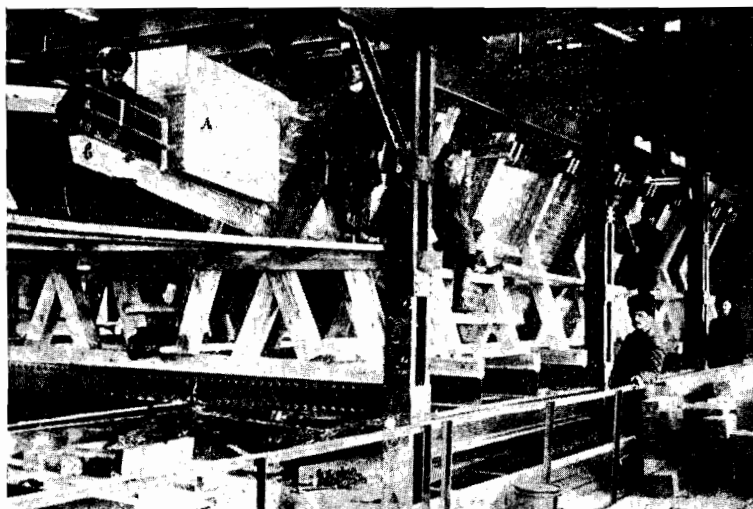


Rys. 72. Skrzynie amerykańskie. Szlam płynie w kierunku poziomym przez całą długość zbiornika z jednostajną prędkością. Równomierny dopływ i odpływ wody uskutecznią się podłużnymi kanałami *a* i *b*, przegódką pionową *C* i kratą *f*.

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

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

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

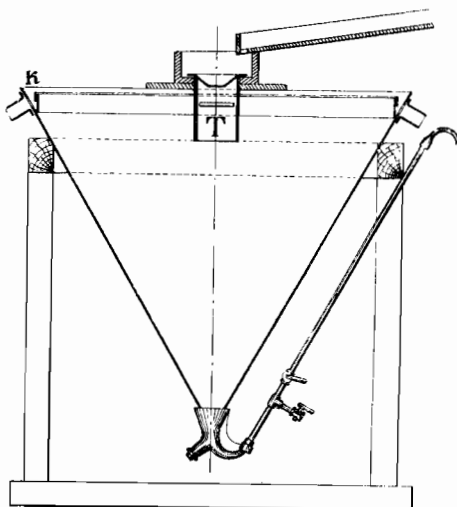


Rys. 73. Skrzynie szpiczaste (szpickasteny) na płócznie rud żelaznych otoczkowych na Górze Błagodat' na Uralu w czasie budowy; do ramy *a* — wewnętrzne leje ostrosłupowe zwiększają się. Poza ramą mają one przekrój jednakowy i pomiędzy dwiema sąsiednimi ramami mieści się jeden lej. Skrzynia *A* przed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

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

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

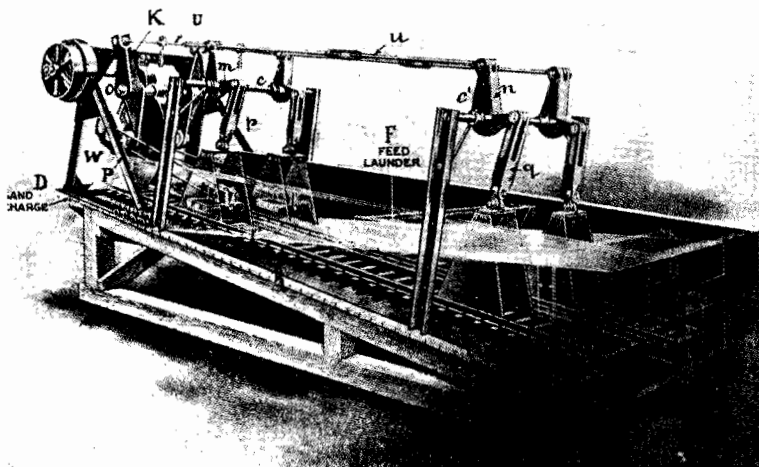
(Dorr—clasifier). Klasyfikatory tego rodzaju odmywiają nader starannie gruby piasek od iłu, gdyż wskutek ciągłego ruchu części transportujących ił, a nawet i piasek drobniejszy, nie osiadają wcale. Przyrządów tych często używa się dla klasyfikacji pomocniczej lub poprawczej przy młynach, wykonywujących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



Rys. 74. Stożek Callow.

Najwięcej rozpowszechniony jest klasyfikator Dorr'a. Składa się on z długiej prostokątnej skrzyni z pionowymi bocznymi ściankami i dnem zlekka pochyłym (rys. 75), *F* zółb załadowujący, *S* rura odprowadzająca ił. Piasek osiada w najgłębszej części skrzyni. Przyrząd do usuwania piasku składa się z szeregu gracek z kąowego żelaza *k*, zmontowanych podłużnymi belkami *l*. Ruchy tego przyrządu są następujące: zespół gracek posuwa się od skrajnej najniższej pozycji po dnie skrzyni na pewną odległość (15"); następnie unosi się również na pewną wysokość (6") i cofa się, pozostając na tej wysokości; po osiągnięciu skrajnej pozycji opuszcza się i powtarza ruch poprzedni. Piasek wyładowuje się przy *D* przez tylny brzeg skrzyni. Ił zaś wyładowuje się przy przedniej ścianie. Dla nadania tego ruchu cały zespół gracek jest zawieszony zapomocą łączników *p* i *q* na drągach kolankowych *m* i *n*, wahających się na osiach *c* i *c'*. Ruch podłużny nadaje wodzik *L* od wału napędowego *W*. Ruch pionowy przez łączniki *p* i *q*, drągi *m* i *n* oraz pręty *u* i *U* nadaje dwuramienny drąg *k*, wahający się dokoła osi *O*, pod działaniem tarczy *P*. Ta ostatnia jest zakreślona dwoma promieniami: większy odpowiada podnoszeniu się gracek, mniejszy ich opuszczaniu. Wał czyni 12,5 obrotów na minutę. Zużycie siły wynosi $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ K. M. Zalety mechaniczne klasyfikatora Dorr'a polegają na zbędności

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



Rys. 75. Klasyfikator podwójny Dorr'a.

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

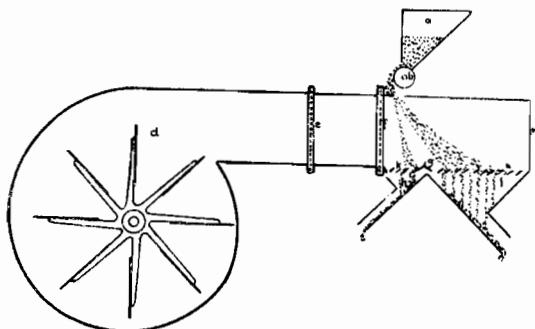
§ 3. Osadzanie w powietrzu, czyli sortowanie powietrzne (klasyfikacja powietrzna).

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

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

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

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



Rys. 76. Powietrzny separator Edisona

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

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

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

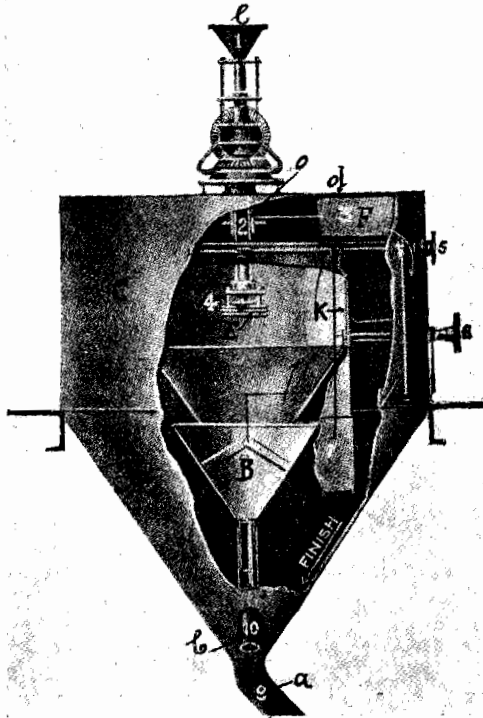
3. Przyrządy do sortowania powietrznego dzielą się na dwie grupy.

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

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

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

1. Separator Edisona (rys. 76). Sortowanie w prądzie poziomym. Materiał postępuje do leja *a*, i zapomocą walca *b* przez szczelinę *c* dostaje się do skrzyni *m*, o przekroju kwadratowym, połączonej z kanałem wentylatora. Trafiając do poziomej strugi powietrza, pędzonego przez wentylator przez siatki *e* i *f*, ziarenka materiału odchylają się od linii pionowej pod rozmaitemi kątami, w zależności od szybkości opadania. Tarcze *k* i *g* dają możliwość otrzymywania rozmaitej ilości sortymentów podług wielkości. Przyrząd ten był wypróbowany przy przygotowywaniu do sortowania magnetycznego suchego piasku złotonośnego z „Gold Mountains“, w pobliżu Santa Fé (New Mexico) w r. 1899. Na sor-



Rys. 77. Seperator Mumford & Moodie.

towni magnetycznej N. Jersey & Pensylwania Concentrating Co (Edison N. J.) (4000 ton na 24 godz.). Klasyfikacja powietrzna ma zastosowanie jako wstępna, do suchego sortowania magnetycznego sposobem Edisona (patrz sortowanie magnetyczne). Podobne urządzenia spotykają się również przy sortowaniu węgla kamiennego i azbestu.

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

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

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

B. Separatory odśrodkowe (wirujące).

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

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

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

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

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

- 1) mieszaniny niesortowanej produktów surowych, oraz
- 2) produktów rozsortowanych podług wielkości.

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

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

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

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

Naprzykład, w Pensylwanii na kopalniach antracytu największym popytem cieszą się sortymenty IV—VIII. (Rozdz. I, pgf. 1. l. A) w granicach $2\frac{3}{4}''-1\frac{1}{2}''$, z tych sortymenty V, VI i VII ($2''-3\frac{1}{4}''$) mają najwyższą cenę rynkową (4,5 \$ tona, loco kopalnia, 1905), podczas gdy węgiel gruby I ($> 7''$) ceni się na równi z drobnymi sortymentami X—XIII ($< 1\frac{1}{4}''$) — 1 \$. Tutaj naturalna wydajność różnych sortymentów nie odpowiada zapotrzebowaniu, a jednocześnie wymiary sortymentów są ściśle określone przez normy państwowe. Dlatego więc część sortymentów grubszych $> 3\frac{1}{2}''$ i nawet $> 2''$ ulega rozluźnianiu za pomocą mechanicznego rozkruszania i rozdrabiania. Produkty w ten sposób rozluźnione sortują się nadal razem z pozostałą częścią sortymentów drobniejszych, przyczem ogólny wychód sortymentów średnich powiększa się z 50% do $70\%-80\%$, grubych zaś zostaje nie więcej jak $5\%-7\%$.

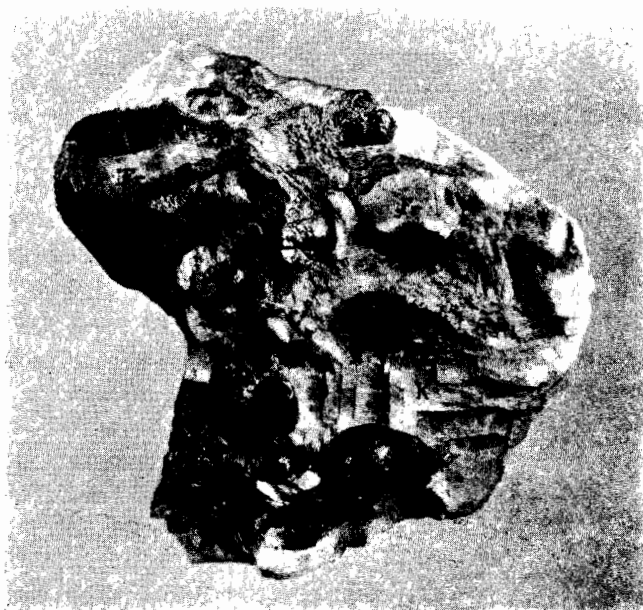
B. W charakterze operacji przygotowawczej rozluźnianie materiałów surowych poprzedza operacje wzbogacania, czyli sortowanie podług składu.

Warunkiem zasadniczym możliwości sortowania podług składu jest:

- 1) Różnorodność składu ciała kopalnego.
- 2) Stan zupełnego rozluźnienia.

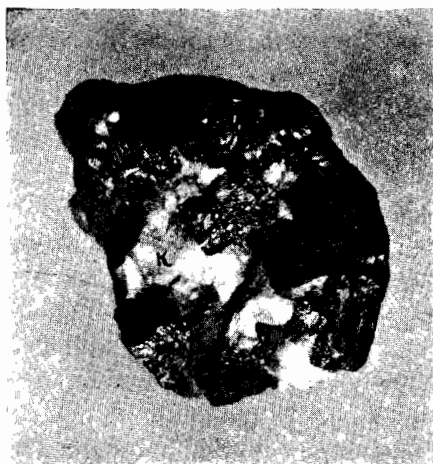
Warunek różnorodności składu polega na tem, że części składowe ciała kopalnego powinny stanowić mieszaninę fizyczną. Minerale o składzie izomorficznym kilku metali lub ich związków, nie mogą być rozdzielane na części składowe. Okazy Franklitu [(Mn, Zn, Fe) O, Fe₂ O₃] nie mogą być rozdzielone na produkty żelazne i cynkowe; Tetraedryty [(Cu, Ag) S + Sb₂ S₃] nie mogą być rozdzielone na produkty miedziane, srebrne lub antymonowe; złoto chemicznie związane w pirytach, lub srebro w błyszczu ołowiu nie mogą być wydzielone za pomocą sortowania. Wreszcie z węgli kamiennych jednolitej budowy nie mogą być otrzymane oddzielnie część organiczna i mineralna.

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



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

w Zn, Mn, i Fe i ubogie odpady kalcytu. Ruda srebrzystego błyszczu ołowiu w kwarcu może być rozdzielona na bogate w Ag i Pb koncentraty oraz puste odpady kwarcu. Ruda kwarcowa, zawierająca piryty ze złotem, może być rozdzielona na produkt pirytowy obfitujący w złoto i odpady kwarcowe (rys. 79).



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

W węglach kamiennych, zawierających domieszki ciał obcych, przerosły łupku, piaskowca, wtrącenia pirytów lub gipsu (rys. 80), może być zmniejszona zawartość popiołu przez wydalanie owych domieszek.

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

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

Złoża aluwjalne, utworzone przy udziale wody a przeniesione przez potok od skał macierzystych na tak znaczną odległość, że wszystkie cząstki gliniaste zostały w czasie przenoszenia całkowicie rozmyte, stanowią nader luźny piasek, zupełnie pozbawiony wiążącej gliny, a składający się z zupełnie rozłączonych czystych ziarenek metali szlachetnych i ciężkich minerałów (magnetytu, chromitu, granatów). Taki charakter posiadają złoża na ławicach wybrzeży dużych rzek w dolnym ich biegu oraz morskie przybrzeżne złoża

okruczowe złota, platyny, magnetytu, granatu i innych minerałów ciężkich na pobrzeżu Oceanu Wielkiego (w stanach Oregon, Washington), Alaski (w pobliżu Nome), Ziemi Ognistej i Nowej Zelandji.

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



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

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

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

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

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

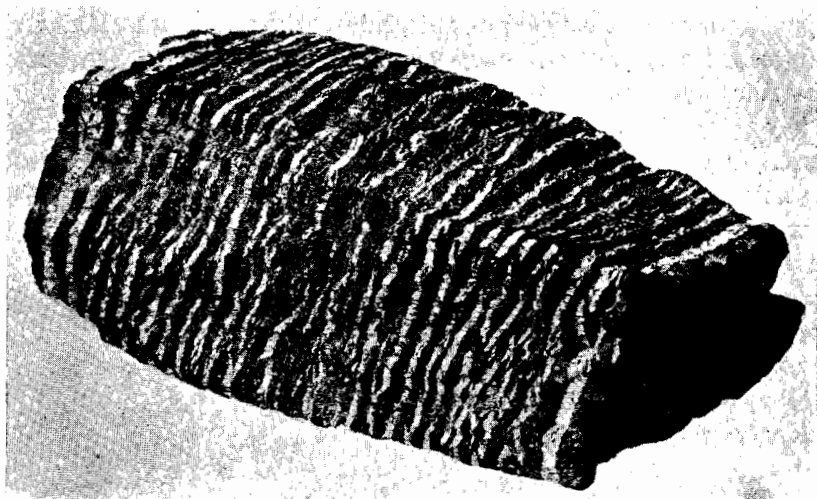
Przy odbudowie pokładów węgla zupełnie czystych, pozbawionych wszelakich przerostów, domieszki obce trafiają do urobku ze skał bocznych lub z podsadzki i węgiel wydobyty istotnie znajduje się w stanie zupełnego rozluźowania. W podobnych wypadkach urabianie skał w kopalni przez roboty górnicze może być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

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

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



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



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

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



Rys. 83. Okaz czystego antracytu (Pensylwanja).

Operacja rozluźwania, rozłączenia zrośniętych ze sobą ziarenek minerałów, wykonywa się przez rozdrabianie — operację, mającą charakter przygotowawczy. Operacja skupiania ziarenek składu jednolitego, stanowi sortowanie podług składu, czyli wzbogacanie.

Jeżeli wszystkie poprzednie typy ciał kopalnych będziemy rozpatrywali jako przypadki poszczególne, w których rozluźwanie przygotowawcze wykonane zostało bądź przez naturę, bądź przez pracę górników, wówczas będziemy mogli określić ogólnie, że każdy proces wzbogacania ciał kopalnych zawsze składa się z dwu momentów głównych: 1) rozdrabiania i 2) sortowania.

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

- A) Przemycwania, oraz
- B) Rozdrabiania.

§ 2. A. Przemycwanie.

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

1. Zasady przemycwania. Przemycwanie ma na celu uwolnić twarde kawałki ciała kopalnego od wiążącej je gliny i ziemi i wykonywa się w maszynach przemycwających.

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



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

коватые« породы) przemywanie uzupełnia się przecieraniem zapomocą mieszadeł mechanicznych. W ten sposób, celem rozluźnienia skał lepisztych, używa się następujących zasad:

1. Rozluźnianie, zapomocą szybko płynącej wody.

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

3. Rozluźnianie, zapomocą mieszadeł mechanicznych.

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

Ponadto, wszelkie przemywanie łączy się zwykle z sortowaniem materiału rozluźnianego na gruby (> 20 mm) i drobny (< 20)¹⁾ sortyment, podług zasady klasyfikacji mokrej lub suchej, t. j. przez wpływ sortujący wody, użytej do przemywania, lub zapomocą sił, przytem, jeśli jeden z otrzymanych sortymentów stanowi produkt końcowy, sortowanie nabiera cechy wzbogacenia. Naprzykład, przy przemywaniu piasków złoto- lub platynonośnych, gruby żwir (> 20 mm) stanowi odpady, czyli produkt końcowy, materiał drobniejszy zaś, zawierający minerały ciężkie i kruszce szlachetne, jest produktem wzbogaconym. Przy przemywaniu żelaznej rudy okruczowej na górze „Благodat“, na Uralu, sortyment gruby stanowi czystą odmytą rudę, w drobnym zaś sortymencie skupiają się, obok miazła kruszcowego, piasek kwarcu oraz nierozłożone ziarna skalenia, stanowiące produkt przejściowy, ulegający dalszym procesom wzbogacenia.

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

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

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

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

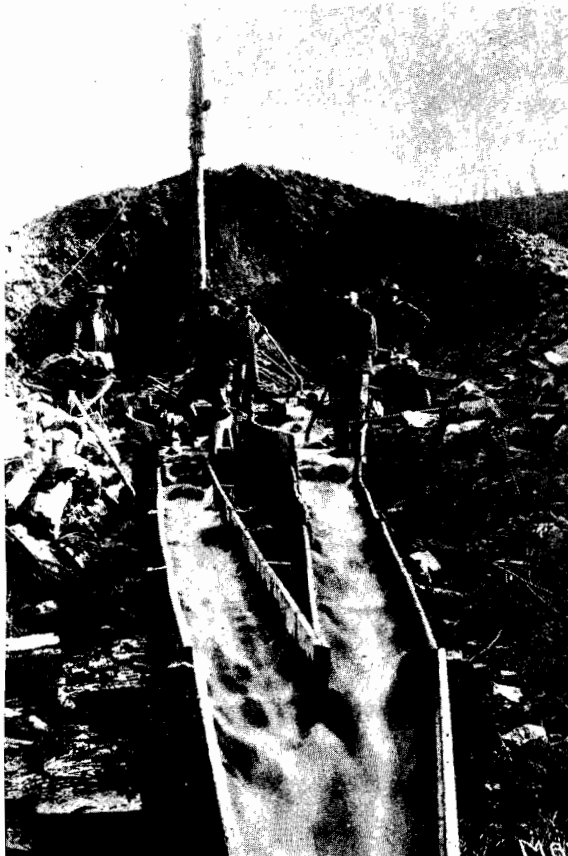
I. W przyrządach pierwszej grupy przemywanie jest połączone z sortowaniem mokrem. Sortowanie to, jednak, nieco różni się od opisanego w pgf. 2 rozdz. I. i dlatego właśnie lepiej jest określić te

¹⁾ Orjentacyjnie.

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

Do przyrządów tych należą:

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



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

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

W miarę nagromadzenia się materiału w trafaretach wykonywuje

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



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

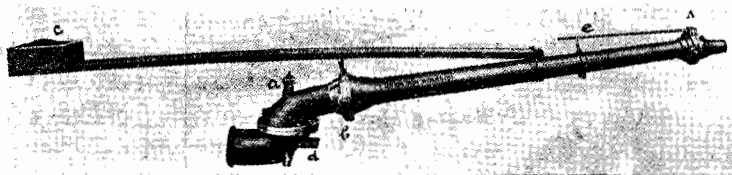
Żłoby stanowią najbardziej rozpowszechniony przyrząd przemylawajacy na kopalniach złota okrucowego w Ameryce Północnej, gdzie im nadają 12" (305 mm) głębokości 16" (406 mm), szerokości, przy całkowitej długości 20—30 metrów (rys. 85). Największego rozwoju żłoby osiągają przy hydraulicznem urabianiu;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



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

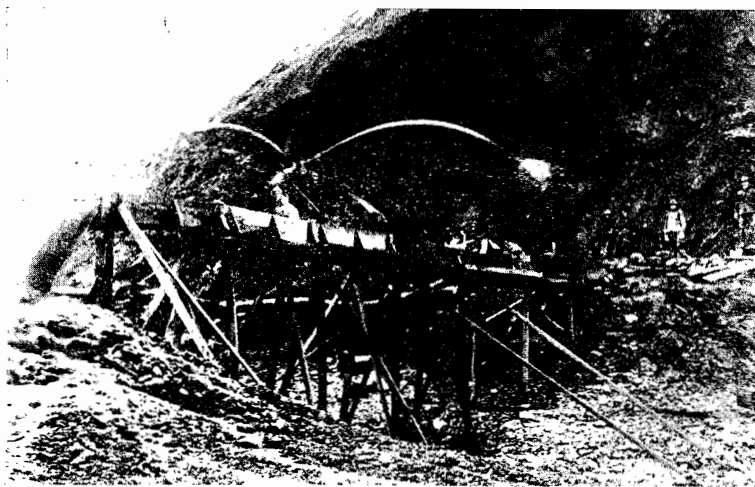
rzędem przemywającym dla piasków złotonośnych, i często jedynym, przeto w Syberji i na Uralu złoby często noszą nazwę „amerykankę“.

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



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

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



Rys. 89. Instalacja hydrauliczna do przemywania na Alasce.

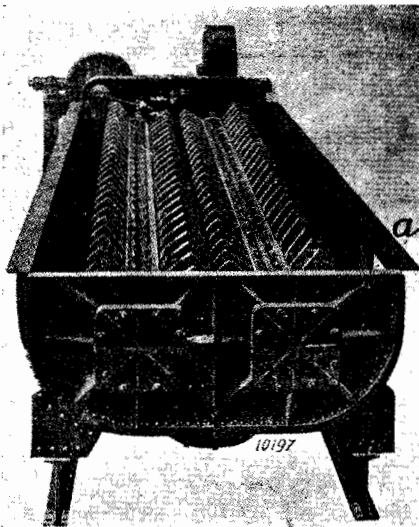
2. Monitor (Giant; Monitor; Ajutage; Водобой, брызгало) (rys. 88) przy hydraulicznem urabianiu złóż, skierowuje do przodka strumień wody pod wielkiem ciśnieniem, jednocześnie z urabianiem, wykonywa rolę przyrządu do przemywania i rozluzowania piasków w miejscu ich zalegania w złożu (hydraulicking). Na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

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

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

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

4. Przyrządy tegoż typu w postaci udoskonalonej (firmy Allis

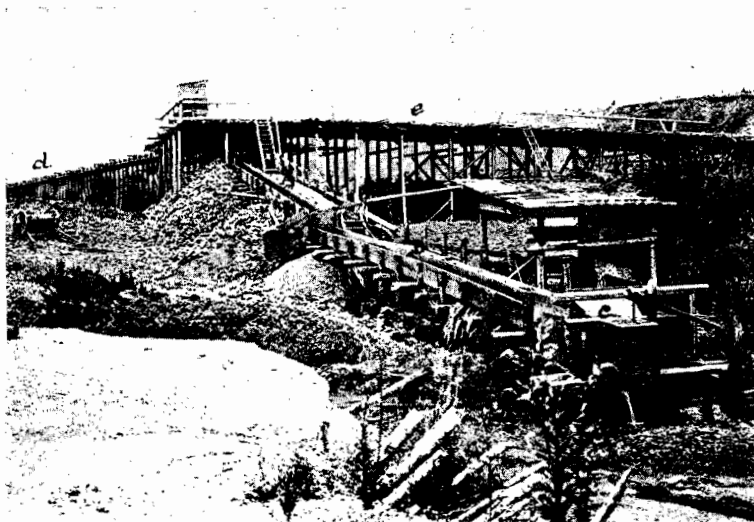


Rys. 90. Log washers firmy Allis Chalmers do przemywania ilastych rud żelaznych. (Z katal. Allis Chalmers). a — próg spustowy.

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

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

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



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

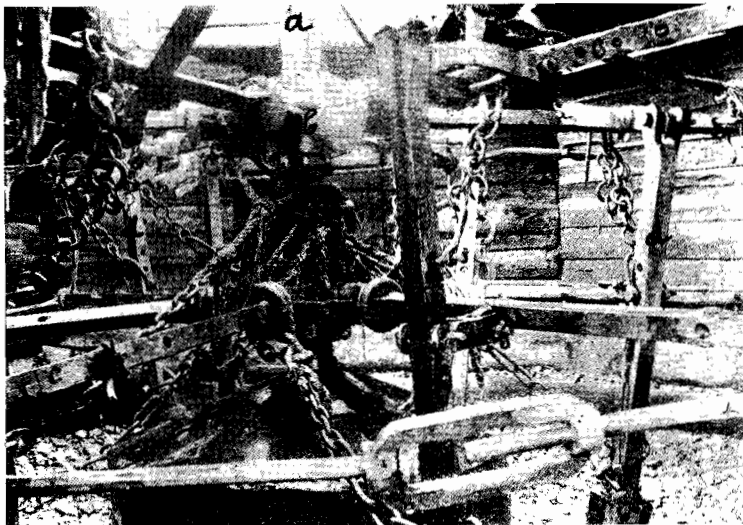
w czołowej lub końcowej części, czasami zaś pośrodku. Rys. 91 przedstawia amerykankę kopalni Kazańskiej Astaszewa w południowo Jenisiejskim okręgu ze środkowym i końcowym nieruchomym przesiewaczem rusztowym.

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

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

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

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



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

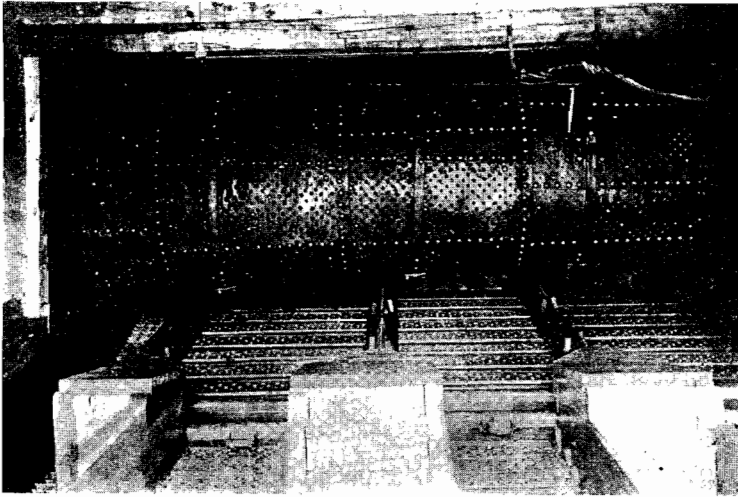
nazwą „Kulibinki“, łączą dwie role: przyrządu przemywającego oraz koncentratora złota.

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

wypuszcza się okresowo przez otwór w jednym wycinku sita, zwykle zamkniętym. Pionowy wał robi 20 obrotów na minutę, wydajność 340 do 380 m³ na dobę, rozchód energii 8 KM.

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

4. „Beczka złoto-przemywająca“; przemywacz w postaci przesiewacza bębnowego (Washtrommel, Trommel d'Ébourbeur, »Бытара«)



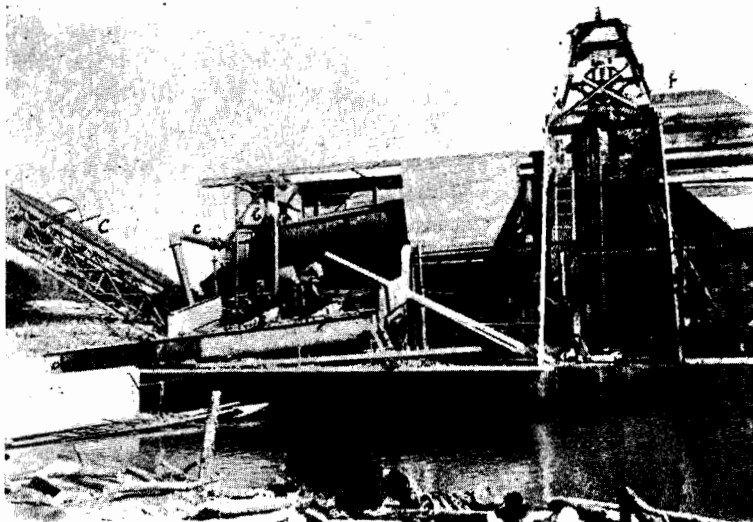
Rys. 93. Przemywacz bębnowy (beczka złoto-przemywająca) na kopalniach Leńskich (ze spraw. stud. Silina).

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

Rys. 93 przedstawia stożkową beczkę, przemywającą piaski złoto-nośne na kopalniach Leńskich ($D_1 = 1,15$ m; $D_2 = 1,85$ m; $L = 4,97$ m; $\alpha = 3^\circ 20'$; $n = 18$ i wydajność 1300 m³ na 20 godzin). Materiał drobny przechodzi łącznie z szlamem do żłobów, umieszczonych pod bębniem dla dalszej koncentracji złota, a grube otoczaki i głazy wydalają się z szerokiego otworu beczki i skierowują na zwal.

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

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

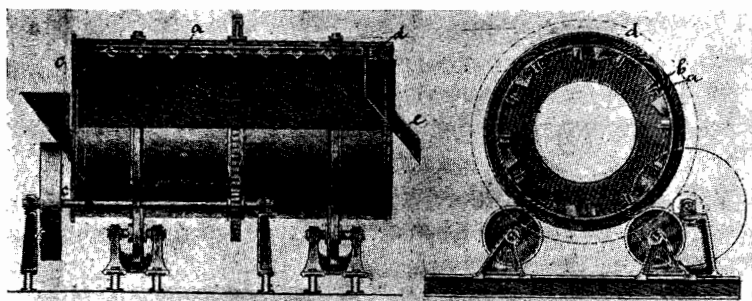


Rys. 94. Draga w Niżnie Tagilsku (Szulpichinski priisk) z przemylaczem bębnowym (beczką) *A*. Budynek *D* zawiera mechanizm czerpakowy. Na rysunku widoczny jest jeden czerpak *f* obok górnego bębna, obracającego się około osi *e*, skąd piasek ładują do beczki złoto-przemylającej.

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

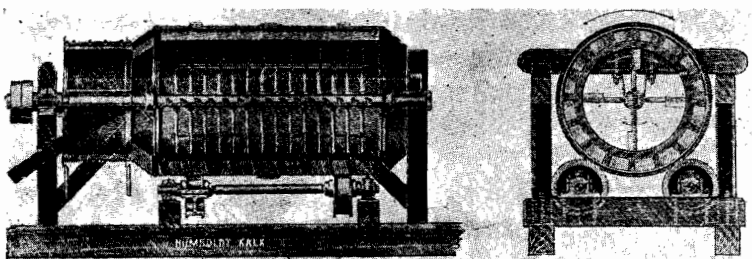
5. Dla przemylania rudy żelaznej ze złóż aluwjalnych (jak też wogóle dla wszelkich rud z domieszką gliny) służą bębny przemylające (Washtrommel, Läutertrommel, Рудопрывочные барабаны), umieszczone na osi poziomej z całkowitą powierzchnią walcową z blachy kotłowej bez otworów. Wewnątrz przyrząd uzbrojony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

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



Rys. 95. Bęben przemywający dla kruszców systemu Humboldt.

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



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

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

§ 3. B. Rozdrabianie.

(Crushing. Zerkleinerung. Broyage. Дробление).

Zasady ogólne.

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

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

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

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

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

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

Operacja rozdrabiania może się przejawiać w wielu różnych postaciach zależnie od charakteru ciała, ulegającego rozdrabianiu, wielkości jego kawałków, skali rozdrabiania, wreszcie od sposobu jej wykonania. Wyraz rozdrabiać, (jak też pochodne: rozdrabiacz, rozdrabiak i rozdrabiarka, rozdrabiarnia, — oznaczające robotnika, przyrząd i miejsce rozdrabiania) jest ogólnym dla oznaczenia rozdzielania kawałków większych na kilka mniejszych, bez ściślejszego określenia sposobu ani też wyników rozdrabiania¹⁾.

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

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

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

2) Ł a m a ć (łamanie) oraz pochodne: ł a m a c z (robotnik i przyrząd), ł a m a k (przyrząd). (Dla oznaczenia miejsca — wyrazu pochodnego niema; mogą być użyte te same wyrazy, albo, np., ł o m). Wyraz obejmuje pojęcie kruszenia największych brył, stopniowo zachodzące, prawie przez podwojenie ilości kawałków, bez otrzymywania znacznej ilości mąki.

3) G n i e ś ć, r o z g n i a t a ć (gniecenie, rozgniatanie) oraz pochodne: g n i o t o w n i k, g n i e c a r k a, r o z g n i a t a c z — dla oznaczenia przyrządu (dla zakładu być może, również, g n i e c a r n i a). Oznacza kruszenie przez naciskanie ciągłe lub powtarzające się, połączone ze ścieraniem. Stosuje się do kawałków większych i średnich, i zawiera w swoim pojęciu, jako wynik kruszenia, uzyskanie masy kawałków drobniejszych rozmaitych wielkości, jednakże niezbyt drobnych.

4) D r o b i ć (drobienie) oraz pochodne: d r o b i a r z, d r o b i a r k a (przyrząd), d r o b i a r n i a (miejsce). Wyraz obejmuje pojęcie rozdrabiania przez kruszenie kawałków mniejszych, niż w poprzednich wyrazach, z otrzymaniem również ziarek drobniejszych, o wielkości bardziej jednostajnej.

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

5) T ł u c (tłuczenie) oraz pochodne: t ł u c z k a, s t ę p a (przyrząd) i t ł u c z a r n i a, t ł u c z n i a (miejsce; zakład). Oznacza rozdrabianie zapomocą powtarzających się uderzeń, to znaczy, zapomocą naciskania raptownego, ale nie stopniowego, jak w przykładach poprzednich. W wyniku tej czynności otrzymujemy ziarna bardzo drobne o charakterze, przeważnie, piasku.

6) M i a ż d ż y ć (miażdżenie) i pochodne: m o ź d z i e r z, m i a ż d ż a r k a (przyrząd), m i a ż d ż a r n i a (miejsce). Oznacza także same rozdrabianie zapomocą raptownego uderzania, lecz w połączeniu ze ścieraniem, wskutek czego powstają bardzo drobne ziarnka.

7) M l e ć (mielenie) i pochodne: m ł y n (przyrząd i zakład). Mieści pojęcie rozdrabiania niewielkich kawałków do bardzo drobnych ziarek, które tworzą masę o charakterze mąki, przez połączone działania: gniecenia, uderzenia i ścierania.

8) Ś c i e r a ć, r o z c i e r a ć, p r z e c i e r a ć (-anie) i pochodne: m ł y n c i e r n y (przyrząd), c i e r n i a (miejsce) również t r z e ć (trac i tralnia) oznaczają mielenie, przeważnie, przez ścieranie do otrzymania drobnej mączki, o charakterze pyłu lub iłu w stanie zwilżonym.

9) P r o s z k o w a ć (-anie) albo r o z p y l a ć (-anie) oraz pochodne: r o z p y l a c z (obce: pulweryzator, dezintegrator lub dysmembrator),

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

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

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

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

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

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

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

W ten sposób możemy ustalić następujące odmiany rozdrabiania:

| | | | | |
|------------------|---|--------------------------|--|---------------------|
| | I. Urabianie skał w przodkach, | | | |
| | II. Rozdrabianie mechaniczne | } ręczne i maszynowe: | | |
| Skał twardych | 1. Kruszenie. a) łamanie b) gniecienie c) drobienie | } grube średnie | | |
| | | | 2. Tłuczenie. 3. Miażdżenie. 4. Mielenie. 5. Ścieranie i tarcie. 6. Proszkowanie i rozpylanie. | } drobne miałkie |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Skał kruchych | | | |

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

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

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

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

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

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

1) Oszczędności w zużyciu energii.

2) Zmniejszenia strat minerału użytecznego w odpadach, pyłe i muły.

3) Zwiększenia wydajności kruszarni (ew. sortowni).

4) Zmniejszenia zużywania się części roboczych maszyn rozdrabiających.

Idealne byłoby takie rozdrabianie, przy którym płaszczyzny rozłamywania się kawałków przypadłyby na płaszczyznach stycznych między minerałami użytecznymi i bezużytecznymi, t. j. przy którym nie zachodziłoby kruszenie minerałów, lecz ich rozłączenie. Wówczas, bowiem, osiągnęłoby się maximum pracy użytecznej i minimum zużycia energii. Lecz takie idealne rozdrabianie w rzeczywistości nigdy nie może być osiągnięte. Najbardziej zbliżone do idealnego można uważać rozdrabianie w takim wypadku, kiedy rozkruszeniu mogą ulec przeważnie ziarna tylko jednej części składowej rudy, mianowicie płonnej, lub mniej wartościowej, ponieważ, wówczas, przynajmniej część bardziej wartościowa zostaje zabezpieczona od zbytecznego rozdrabiania i połączonych z tem strat.

Często się zdarza, że drobno wprysnięte minerały rozsiane są wzdłuż płaszczyzn szczelinowatości skały żyłnej, stawiających najmniej opór rozdrabianiu. Skała, wówczas, przy rozdrabianiu rozłamuje się właśnie wzdłuż tych płaszczyzn szczelinowatości, drobne zaś kryształki minerałów użytecznych, wskutek wzajemnego tarcia, łatwo odłączają się przy stosunkowo nieznacznym ogólnym stopniu rozluźniania. Oczywiście, gdy taki stopień rozluźniania zostanie osiągnięty, celem zachowania zasady „nie kruszyć nic zbytecznego“, rozdrabianie powinno być natychmiast przerwane, gdyż można wówczas wybrać te odłączone drobne ziarenka minerałów z masy grubo rozluźnionej rudy, Taką własnością odznaczają się czasami niektóre rudy złota, zawierające kruszec szlachetny w nader drobnych, rozsianych wzdłuż szczelinowatości kwarcu, kryształach pirytu i teluridów. Wystarcza, na przykład, do-

prowadzić rozdrabianie do otrzymania kawałków 50—0, przyczem w masie tej przeważna część minerałów złotonośnych w bardzo drobnych kryształach będzie się znajdowała już w stanie rozluźnienia zupełnego, dopuszczającym ich odłączenie w jakikolwiek bądź sposób.

W innych przypadkach rozdrabianie, zbliżające się do idealnego,



Rys. 97. Piryt (zawierający złoto) w łupku chlorytowym (złoże Kopotiańskie, Ural).

udaje się przeprowadzić dlatego, że różnorodne części składowe rudy posiadają różną twardość, kruchość oraz strukturę (łupliwość, kształt krystaliczny). Jeżeli różnice tych własności są znaczne, to mogą one wywrzeć wpływ bardzo wyraźny na dostateczny stopień, rozluźnienia. Im kruksza jest skała płonna, im wyraźniejsza łupliwość i szczelinowatość, tem mniejszy może być dostateczny stopień rozluźnienia, naprzykład, przy rudach, których część płonna składa się ze skał łupliwych — łupków krystalicznych talku, miki, chlorytu (łożo Kapotiańskie, Wierch—Issetsk na Uralu) (rys. 97). Przy rozdrabianiu takich rud osiąga się różny stopień rozluźnienia ich części składowych i często przez rozdrobienie części płonnej można doprowadzić do zupełnego odłączenia się części użytecznej, zanim ta ostatnia zacznie ulegać widocznemu rozdrobieniu. W tym celu używają czasami specjalnych przyrządów, w których rozdrobieniu ulega tylko część bardziej kruksza ciała kopalnego, podczas gdy ziarna i kawałki twardsze nie tylko nie kruszą się, lecz same przyjmują udział w rozdrabianiu części krukszych. W ten sposób mogą być odłączone konkracje sferysyderytu z otaczającej je skały gliniastej, marglowej; — pirytu — z węgla kamiennego i t. p. Przyrządy te mają wygląd walców szybko obracających się na osiach poziomych, w których masa załadowana zostaje podnoszoną siłą odśro-

kową nieomal do ich górnej twornicy, skąd, opadając, ulega rozkruszeniu, przyczem twarde konkracje sferosyderytów lub pirytów miazdzą kruche łupki, margle lub węgle kamienne.

W niektórych wypadkach różnica w twardości i kruchości części składowych rudy może być zwiększona przez uprzednie ogrzewanie. Różnorodne części składowe rudy reagują w różnym stopniu na podniesienie temperatury: jedne — mogą się, przytem, rozłupać mniej, niż drugie, albo pozostają zupełnie bez zmiany, podczas gdy inne rozłupują się na drobne listewki. To rozłupywanie się, wskutek ogrzania, w przeważnej części wypadków, postępuje wzdłuż naturalnych płaszczyzn, rozgraniczających różne minerały. Ruda, tak przygotowana, wymaga znacznie mniejszego rozchodu energii mechanicznej dla jej rozdrobienia, pozatem, prędzej zostanie doprowadzona do stanu zupełnego rozluzowania. Naprzykład, sprażone sferosyderyty w Alleward (Francja) łatwiej oddzielają się od przerostów kwarcytu, aniżeli nieprażone; w Annaberg (Szwecja) sprażona w specjalnych piecach ruda, zawierająca blendę, wymagała mniej pracy rozdrabiania, niż ruda surowa. W tym samym celu w stanie Karolina Północna (Am. Półn.), w kopalniach korundu, prażenie rudy wykonywa się w przodkach zapomocą umiejętnie rozkładanych stosów.

Prażenie, jednakże, może wywołać zmiany w składzie chemicznym: np., Fe S_2 pozbawia się części swej S i, jeśli obok innych minerałów w rudzie (ZnS) piryty znajdują się w ilości dostatecznej dla przeróbki na H_2SO_4 , to okoliczność ta musi być uwzględniona w ogólnem obliczeniu ekonomicznem procesu.

Jeżeli po sprażeniu rudę zanurzyć do zimnej wody, wówczas wpływ nagłych zmian temperatury może jeszcze bardziej rudę rozluzować i zmniejszyć zużycie energii mechanicznej rozdrabiania. Raptowne zmiany temperatury wpływają najbardziej na minerały o bardzo wyraźnej łupliwości, naprzykład: na kalcyty lub baryty. Na tej własności osnute jest oddzielanie fluorytu od barytu. Lecz szybkie ochładzanie uprzednio nagrzaną rudę może wywołać w swym skutku nadmierne sproszkowanie, nawet użytecznej części rudy i wtedy oszczędności osiągnięte na energii rozdrabiania, mogą nie zrównoważyć powstających skutkiem sproszkowania strat w pyle i w szlamach. W Annaberg z tego powodu ochładzanie rudy sprażonej nie dało wyników dodatnich.

Taki sam wpływ na rozdrabianie może mieć zwietrzanie. Węgle kamienne, łupki gliniaste, cienko uwarstwione, zawierające w stanie surowym znaczny procent wilgotności, zostając przez czas dłuższy na powietrzu, wietrzeją i rozsypują się w cienkie płytki i listewki, uwolniając konkracje FeS_2 i FeCO_3 . Skały gliniaste, zawierające ziarna minerałów użytecznych, wysychają i łatwo ścierają się w proszek bez żadnego rozgniatania minerałów. Rozluzowanie tym sposobem nie może być wszakże wykonane na wielką skalę, i dlatego też częściej stosują

go drobni przedsiębiorcy. Jedynym przykładem zastosowania zwietrzenia na wielką skalę jest przygotowanie skał, zawierających djamenty, w Kimberley (w Afryce Połudn.). Kosztowność tego sposobu polega na konieczności rozporządzania wielką powierzchnią, na której mogą być ułożone znaczne ilości skały w niegrubą warstwę; jest to wywo-



Rys. 98. Franklinit (*a, b*) w kalcycie (Franklin Furnace, New Jersey, St. Zj. Am. Półn.). Wtrącenia grube.

lane dążnością do zabezpieczenia djamentów od ścierania się, nieuniknionego przy rozdrabianiu.

Częściej, jednak zwykle rury Cu, Pb, Zn, Fe i wielu innych metali, celem osiągnięcia stanu zupełnego rozluźnienia, wymagają rozdrabiania całej swej masy. Przytem stopień rozluźnienia winien być taki, żeby w ostatecznie rozdrobionej mieszaninie wszystkie jej ziarna były nie większe od najmniejszych ziarn minerałów użytecznych, wpryśniętych w pierwotnych kawałkach (rudy nierozdrobionej). Innymi słowami, stopień rozluźnienia zależy od charakteru mineralizacji rudy. Rudy grubo wtrącone (naprzykład, błyszcz ołowiu w kwarcu z Freiberga; chalkopiryty w kwarcu z kopalń Kozieli-Poklewskiego na Uralu i rys. 98, 101) wymagają mniejszego stopnia rozluźnienia, aniżeli rudy drobno wpryśnięte (naprzykład, rudy błyszczu ołowiu i blendy

cynkowej na Górnym Śląsku, Elbrus na Kaukazie, Tetiuche, Primorskaja Obłast', Syberja wschodnia, franklinity ze złoża Franklin Furnace, New Jersey St. Zjed. (rys. 99, 100, 102, 103). Wreszcie, rudy złota, którego wtrącenia mogą być spostrzeżone zaledwie pod mikroskopem, wymagają mielenia całej masy do stanu drobnego piasku lub nawet mąki (rys. 104).



Rys. 99. Franklinit w kalcycie (Franklin Furnace, New Jersey, St. Zj. Am. Półn.). Wtrącenia średnie.



Rys. 100. Franklinit w kalcycie (Franklin Furnace, New Jersey, St. Zj. Am. Półn.). Wtrącenia drobne.

Nie zawsze, jednakże, bywa wymagane doprowadzanie rudy do stanu zupełnego rozluźnienia. Niektóre rudy Fe, Cu i innych metali zawierają w swej części płonnej ciała, które mogą grać rolę topników w procesie wytapiania metali w piecach hutniczych i, zależnie od stanu techniki metalurgji, domieszka w rudzie takich ciał w odsetce określonej może być pożądana. Kawałki takich produktów mogą przedstawiać zrosty minerałów użytecznych i skały, jedynie pod warunkiem, aby zawierały w całej swej masie określony procent metalu. Łatwo więc może się zdarzyć, że, np., przy rozdrabnianiu do 75 mm, przy największych wprysniętych ziarnach minerałów użytecznych 25 mm, osiągnie się już dostateczny stopień rozluźnienia.

Wreszcie, w tych przypadkach, gdy ceny produktów sortowanych są stałe i nie są uzależnione od zawartości tego, lub innego pierwiastka, z ekonomicznego punktu widzenia, w interesie kopalni, bynajmniej nie leży doprowadzenie wzbogacenia produktów surowych do najwyższego stopnia możliwego, lecz tylko do dopuszczalnego stopnia najmniejszego, przy którym wymagania rynku mogą być zadośćuczynione. Naprzykład, zwykle ustalają się stałe ceny na węgiel surowy i sortowany, niepeł-

kany i płukany, przyczem ustalają się również najwyższe granice, dla zawartości popiołu (naprzykład $\leq 7\%$) i siarki (naprzykład $\leq 1\%$). We wszystkich podobnych przypadkach doprowadzenie rozdrabniania do osiągnięcia stanu zupełnego rozluźnienia, któreby dało możliwość wybrać węgiel o zawartości, naprz. 2% popiołu i $0,02$ S (odpowiednio



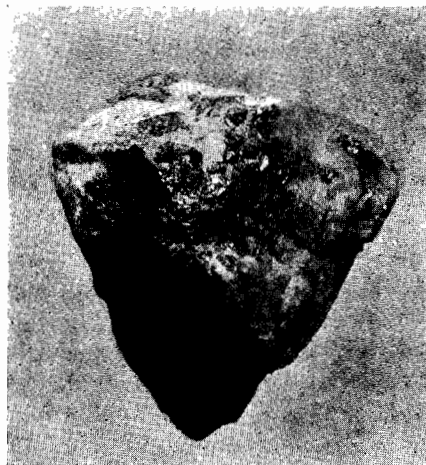
Rys. 101. Wtrącenia grube chalkopirytu w kwarcu (Kopalnia Błagodat', Ural).

do składu organicznej części węgla), byłoby bezcelowem zużyciem energii. Wszystkie te okoliczności muszą być, zatem, nader starannie uwzględnione przy ustaleniu ostatecznego stopnia rozluźnienia, który ma być osiągnięty przez rozdrabnianie maszynowe.

3. Sortowanie pomocnicze (klasyfikacja) poprzedzające rozdrabnianie. Wszelki materiał surowy niesortowany, ulegający rozdrabnianiu w operacji głównej lub przygotowawczej, zawsze składa się z mieszaniny kawałków i ziarn wszelkich wielkości — od największych, odpowiadających jego stopniowi rozluźnienia, do najdrobniejszych o charakterze pyłu. Zawiera, zatem, w sobie zawsze część produktu w stanie gotowym, t. j. w takim stanie rozluźnienia, jaki ma być nadany przez rozdrabnianie, całej masie materiału surowego. Oczywiście, ten produkt gotowy, składający się z ziarn drobniejszych, w procesie

rozdrabiania będzie się przecierał i kruszył pośród większych kawałków najzupełniej niepotrzebnie, zużywając bezużytecznie nadmiar pracy.

Dlatego więc, żeby zadość uczynić zasadzie „nie kruszyć nic zbytecznego“, przed wszelkim rozdrabianiem winno być zastosowane sortowanie pomocnicze (przygotowawcze) na sicie, czyli klasyfikacja sucha (przy nieznacznym stopniu rozluźniania, osiąganym przez rozdrabianie) lub klasyfikacja mokra, ewent. powietrzna (przy znacznym stopniu rozluźniania ostatecznego), w celu oddzielenia z całej masy materiału surowego, zawartego w nim, już w stanie gotowym, produktu o żądanym stopniu rozluźniania. Produkt ten otrzymujemy, jako sortyment dolny przy klasyfikacji suchej (na sicie), lub jako sortyment górny (spływ), przy klasyfikacji mokrej; następnie rozdrobieniu ulega jedynie sortyment grubszy; górny — przy klasyfikacji suchej, dolny — przy mokrej, i produkt rozdrobiony łączy się z odsianym na sicie lub z odmytym w klasyfikatorze bardziej drobnym sortymentem klasyfikacji przygotowawczej w jeden ostateczny produkt gotowy.



Rys. 102. Wtrącenia drobne chalkopirytu w kwarcu (Kopalnia Błagodaf' Ural).

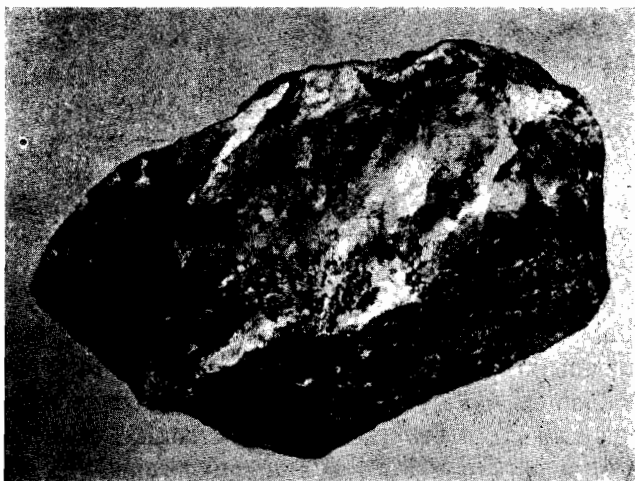
Sito do sortowania pomocniczego powinno mieć otwory o średnicy, odpowiadającej żądanemu stopniowi rozluźniania, jaki ma być nadany produktowi przez rozdrabianie. Jeżeli, więc, materiał surowy skierowuje się do rozdrabiania w kawałkach do 200 mm średnicy, przyczem zależy na otrzymaniu kawałków nieprzekraczających 50 mm, wówczas, przed rozdrabianiem należy najpierw, przez zastosowanie sortowania pomocniczego na sicie o otworach 50 mm średnicy, odsiać gotowy już w materiale surowym produkt 50—0, a tylko sortyment grubszy, 200—50, skierować do rozdrabiania, przez co, oczywiście, będzie w pełni zachowana zasada „nie kruszyć nic zbytecznego“.

Przy zastowaniu mokrej klasyfikacji, jako operacji pomocniczej dla rozdrabiania, oczywiście, materiału drobnego, naprzykład, w granicach 2—0, który winien być sfluczony do wielkości ziarn, przypuścmy, nie grubszych od 0,5 mm, odpowiedni klasyfikator hydrauliczny musi być tak uregulowany, ażeby strumień wznoszący się płynął w nim z prędkością równą prędkości opadania ziarn o średnicy 0,5 mm. Wówczas

wszystkie ziarna mniejsze od 0,5 mm do 0, zostaną odmyte, jako produkt gotowy, i rozdrabianiu ulegną tylko grubsze ziarna w granicach 2—0,5, otrzymane jako dolny produkt klasyfikacji mokrej.



Rys. 103. Wtrącenia miazki franklinitu w kalcycie (Franklin Furnace, New Jersey, St. Zj. Am. Półn.).



Rys. 104. Wtrącenia miazki złota w kwarcu (Kopalnia Daubaj, Obszar Siemipalińska).

4. Podział procesu rozdrabniania na stadja stanowi dalszy ciąg środków, mających wciąż ten sam cel — przestrzeganie zasady „nie kruszyć nic zbytecznego“, w przypadku, gdy rozdrabianie ma charakter przygotowawczy do wzbogacania.

Widzieliśmy, że celem rozdrabniania przygotowawczego jest osią-

gnięcie stanu zupełnego rozluźnienia minerałów, przytem stopień rozluźnienia winien być takim, by największe ziarna mieszaniny rozluźnianej były nie większe od najmniejszych ziarn minerałów użytecznych, wprysniętych w pierwotnych kawałkach rudy; wtedy, bowiem, jedynie może być pomyślane przeprowadzenie wzbogacenia, czyli rozsortowania materiału podług ziarn o składzie jednolitym. Jednakże, jeżeli ruda zawiera wprysnięte ziarna minerałów użytecznych różnej wielkości tak, że obok bardzo drobno wprysniętych, istnieją ziarna grubo wprysnięte, to takie ziarna, całkiem naturalnie, w procesie rozdrabiania zostaną bezcelowo rozkruszone w ziarna drobniejsze. Naprzykład, jeżeli celem uwolnienia ziarna *a* (rys. 98) wielkości 10 mm, należy rozdrobić ten kawałek rudy na kawałki nie większe od 10 mm, to przez to zostanie zupełnie bezcelowo rozkruszone ziarno *b* wielkości 40 mm, na co też zostanie zużyta bezużytecznie pewna praca.

Dlatego więc, w celu uniknięcia podobnego bezcelowego rozdrabiania ziarn większych, przedewszystkiem operacja rozdrabiania rudy do ostatecznego stanu rozluźnienia nie wykonywa się jednorazowo i bezpośrednio, lecz zwykle rozczłonkowuje się na kilka stadjów, i ostateczny stopień rozluźnienia osiąga się stopniowo. Naprzykład, z początku wielkie bryły rudy łamają na kawałki do 200 mm, później otrzymane kawałki gniotą do rozmiarów 50 mm, te ostatnie kruszą do 10 mm, następnie tłuką do 2 mm, wreszcie mielą do 0,25 mm. Osobne stadja rozdrabiania rozróżniają się nazwami:

1) Rozdrabianie grube, albo łamanie (do 200 mm), gniecenie, kruszenie (do 50) (Preliminary Crushing, breacking; Vorzerkleinerung; Крупное, грубое, предварительное дробление)

2) Rozdrabianie średnie — kruszenie do 10 mm (Intermediate crushing, breacking. Grobzerkleinerung; Среднее дробление)

3) Rozdrabianie drobne — drobne kruszenie, tłuczenie do 2 mm. (Fine crushing. Feinzerkleinerung, Мелкое дробление)

4) Rozdrabianie miłkie — mielenie do 0,1 mm (Grinding, sliming, Mahlen; Тонкое дробление) podane granice, dzielące różne stadja, są tylko przykładem.

Przez rozczłonkowanie rozdrabiania na stadja umożliwiające jest wykonanie po każdym stadjum operacji wzbogacania (sortowanie podług składu. Separating, concentrating, Anreicherung. Enrichissement. Обогащение), gdy, przy osiągniętym stopniu rozluźnienia w każdym stadjum, odpowiedniej wielkości ziarna, bądź czystej rudy, bądź skały płonnej, uwalniają się ze zrostów i mogą być już odebrane. W ten sposób, przez wzbogacanie materiału rozdrobionego w każdym stadjum odbiera się:

1) Zupełnie czyste ziarna rudy — produkty gotowe, sortowane, koncentraty (Concentrates. Konzentrate. Concentrés, Кон-

центраты), które zależnie od stadjum, w którym otrzymują się, mają różne nazwy:

a) Ruda gruba, lita, jędrna, zbita, sztufowa, kawałkowa (Lumpore. Stufferze, Derbeserz. Штуфы).

b) Ruda średnia, kostka, orzech, grusty, grąpie (Coarse concentrates. Graupen. Подрудок).

c) Ruda drobna, piasek, gruby piasek (Coarse sands. Sand-schliche. Песок).

d) Ruda miałka, miał, ił, mączka, szlich (Fine concentrates. Schliche. Шлиха).

2. Zupełnie czyste ziarna skały płonnej, niezawierające wcale minerałów użytecznych — odpady (Tailings. Abgänge, Abfälle. Les steriles, les tailings, омбросы, Эфеля¹⁾ хвосты), po odebraniu koncentratów i odpadów pozostają:

3. Kawałki, przedstawiające zrosty nierozłączonych ziarn mniejszych minerałów użytecznych i skały płonnej. Są to tak zwane: produkty przejściowe, pośrednie, „międzyprodukty“, zrosty, „miksty“ (mieszane) Middlings. Zwischenprodukte. Les mixtes. Промежуточный продукт, сростки).

Ten produkt przejściowy postępuje w następne stadjum rozdrabiania, po którym ten sam proces wzbogacania powtarza się i t. d., zanim po ostatnim stadjum rozdrabiania, w którym osiąga się stan zupełnego lub dostatecznego rozluźnienia, nie zostaną w operacji wzbogacania otrzymane tylko dwa produkty końcowe: koncentraty i odpady.

W ten sposób zwolnione ze zrostów, w miarę rozdrabiania, jednolite ziarna czystej rudy i skały płonnej wydalają się z procesu rozdrabiania stopniowo w kolejnych stadjach i nie ulegają bezcelowemu rozdrabianiu, jednocześnie zmniejsza się stopniowo ilość ogólna materiału, podlegająca rozkruszeniu.

Ponieważ produkty rozdrabiania każdego stadjum przedstawiają mieszaninę ziarn wszelkich wymiarów — od największych, odpowiadających stopniowi rozluźnienia, osiąganemu w danym stadjum, do zera, przeto, naturalnie, wskazana wyżej operacja sortowania pomocniczego na sicie, lub w klasyfikatorze hydraulicznym, winna poprzedzać każde stadjum rozdrabiania.

W ten sposób, dla zachowania zasady „nie kruszyć nic zbytecznego“:

1) Cała operacja rozdrabiania przygotowawczego dzieli się na kilka kolejno po sobie następujących stadjów.

2) Przed każdym stadjum rozdrabiania stosuje się sortowanie pomocnicze (klasyfikacja) suche (w stadjach po-

¹⁾ Z niemieckiego „Abfälle“.

czątkowych i środkowych) lub mokre (w stadjach końcowych), przytem, niższe produkty tego sortowania łączą się z produktem rozdrobionym w tem stadjum.

3) Po każdym stadjum rozdrabiania stosuje się operację wzbogacania (włącznie z klasyfikacją przygotowawczą, o ile zachodzi potrzeba), która wytwarza koncentraty, odpady, oraz produkty przejściowe.

Te ostatnie postępują do następnego stadjum, w którym ten sam cykl operacyj powtarza się w tymże porządku.

Połączenie trzech operacyj: sortowania (klasyfikacji) rozdrabiania i wzbogacania — tworzy jedno stadjum ogólnego procesu wzbogacania.

Stosunek stopni rozluźnienia, osiąganych w dwóch kolejnych stadjach, czyli stosunek średnicy największych ziarn przed procesem rozdrabiania do średnicy największych ziarn, wychodzących z rozdrabiania w jednym stadjum, nazywa się skalą rozdrabiania danego stadjum. Skalą ogólną rozdrabiania będzie stosunek średnicy największych kawałków (ziarn) materiału surowego do ostatecznego produktu rozdrobionego w ostatnim stadjum; czyli — iloczyn skal rozdrabiania wszystkich stadjów poszczególnych.

Ilość stadjów, oraz skala rozdrabiania każdego stadjum, zależy od charakteru mineralizacji rudy. Im grubiej jest ruda wprysnięta, im różnorodniejsza jest wielkość ziarn minerałów, tem więcej winno być stadjów i tem mniejszą winna być skala rozdrabiania w każdym stadjum. Na przykład, przy rozdrabianiu rud grubo wprysniętych błyszczu ołowiu, chalkopirytu i innych, proces rozdrabiania dzielą na 5 do 8 stadjów, rozgraniczonych średnicami ziarn: 50—25—12—6—3—1,5—0,75 przy skali rozdrabiania w każdym stadjum 2. Przy wzbogacaniu rud drobno wprysniętych ilość stadjów zmniejsza się, skala zaś rozdrabiania zwiększa się. W Tetiuche (w pobliży Władiwostoku), dla przeróbki drobno wprysniętej rudy ołowiu i cynku, stosują rozdrabianie w dwóch stadjach, przedzielone granicami 3—0,5 mm, przy skali rozdrabiania w pierwszym stadjum — 50, a w drugim — 6. Wreszcie, przy przeróbce rud złota kruszcowego, rozsianego w kwarcu, w ziarnkach niewidocznych gołem okiem, rozdrabianie wykonywa się w jednym stadjum przy największej możliwej skali.

5. Podział procesu rozdrabiania na ujęcia. Gdy rozdrabianie przy znacznej skali ma charakter operacji głównej (np. rozdrabianie soli kamiennej, węgla brunatnego), również, gdy w procesie rozdrabiania przygotowawczego skale rozdrabiania poszczególnych stadjów wypadają zbyt wielkie, wówczas rozdrabianie również rzadko wykonywa się za jednym razem. Częściowo jest to uwarunkowane właściwościami konstrukcyjnymi rozdrabiarek, przystosowanych w większości

wypadków do rozdrabiania kawałków określonej wielkości w określonych granicach skali rozdrabiania, lecz przeważnie — temi samemi względami: „nie kruszyć nic zbytecznego“.

W procesie rozdrabiania we wszystkich stadjach nigdy kawałki skały nie rozłamują się na kawałki jednostajnej wielkości, lecz zawsze obok kawałków większych znajdują się mniejsze, aż do wielkości pyłu. Ziarna drobniejsze i najdrobniejsze zapełniają wnętrze komory roboczej kruszarek i puste przestrzenie pomiędzy kawałkami większemi, chroniąc te ostatnie od bezpośredniego wpływu części roboczych (rozdrabiających) maszyny; same, zaś, ulegają zbytecznemu rozgniataniu i rozcieraniu. W produktach rozdrobionych ziarna mają, wówczas, nader różnolitą wielkość z nadmiarem ziarn drobniejszych, nieodpowiadających pożądanemu stopniowi rozluźnienia. Wskutek tego, otrzymują się straty, wywołane przez tworzenie się znacznej ilości pyłu oraz zupełnie niepotrzebne zużycie energii dla tych ziarn, które już osiągnęły swojej wielkości żądanej, a więc również i straty — przez zbędną stratę czasu.

Dlatego więc, wszelkie rozdrabianie, mające charakter operacji głównej, jak również — każde stadium przy charakterze pomocniczym dla wzbogacania w tych przypadkach, gdy pożądana skala rozdrabiania jest zbyt wielka, — wykonywa się stopniowo, przez rozczłonkowanie na poszczególne ujęcia, z zastosowaniem sortowania pomocniczego (klasyfikacji), poprzedzającego każde ujęcie rozdrabiania, w celu wydzielenia tego materiału, który już się utworzył w poprzednim ujęciu, od takiego, który powinien dopiero się wytworzyć w ujęciach następnych. Drobniejszy produkt odsortowany łączy się bezpośrednio z produktem rozdrabiania następującym w ślad za tym, poczem operacja powtarza się w tym samym porządku w następnym ujęciu, i tak samo powtarza się dalej, zanim w ostatnim ujęciu nie zostanie wykonaną żądana skala rozdrabiania. Na tej zasadzie, w przykładzie wyżej przytoczonym rudy drobno-wprysniętej złoża Tetiuche, pierwsze stadium rozdrabiania, w którym skala rozdrabiania — 50 może się wydać zbyt wielka, może być rozczłonkowane na 3 ujęcia ze skalą rozdrabiania 4,4 i 3,1, tak iż, jeśli materiał surowy występuje w kawałkach 150, będziemy w kolejnych ujęciach kruszyli go do 37,5 — 10 i 3 mm, stosując dla pomocniczego sortowania w każdym ujęciu odpowiednie sita. Tak więc, przed pierwszym ujęciem na sicie 37,5 otrzymamy dwa sortymenty 150 — 37,5 i 37,5 — 0; tylko pierwszy z nich zostanie rozkruszony do 37,5 — 0, a po połączeniu z odsianym sortymentem drobniejszym, identycznych wymiarów, przed drugim ujęciem kruszenia oddzielimy go znowu, i na sicie pomocniczem 10 mm otrzymamy 2 sortymenty: 37,5 — 10

i 10—0; z tych pierwszy zostanie rozkruszony w drugim ujęciu do 10—0 i po połączeniu z drugim sortymentem, identycznych wymiarów, przed trzecim ujęciem ulegnie, zapewne, klasyfikacji hydraulicznej, celem oddzielenia sortymentu 3—0; do trzeciego ujęcia rozdrabiania pójdzie jedynie sortyment 10—3, który się ostatecznie rozdrobi do 3—0 i połączy się z sortymentem odmytym w jeden wspólny sortyment 3—0.

Skala rozdrabiania jednego ujęcia zwykle nie przekracza 4—5, lecz przy przejściu do produktów drobniejszych skala często się rozszerza do 10—20 i więcej.

6. Przedstawienie graficzne procesu rozdrabiania przygotowawczego do wzbogacania. W procesie, zatem, rozdrabiania przygotowawczego do wzbogacania odróżniamy stadja i ujęcia. Cały proces rozczłonkowuje się na stadja, stadja, zaś, na ujęcia. Kolejne stadja rozgraniczają się operacjami wzbogacania; kolejne ujęcia zaś w granicach jednego stadjum — operacjami sortowania pomocniczego (klasyfikacji).

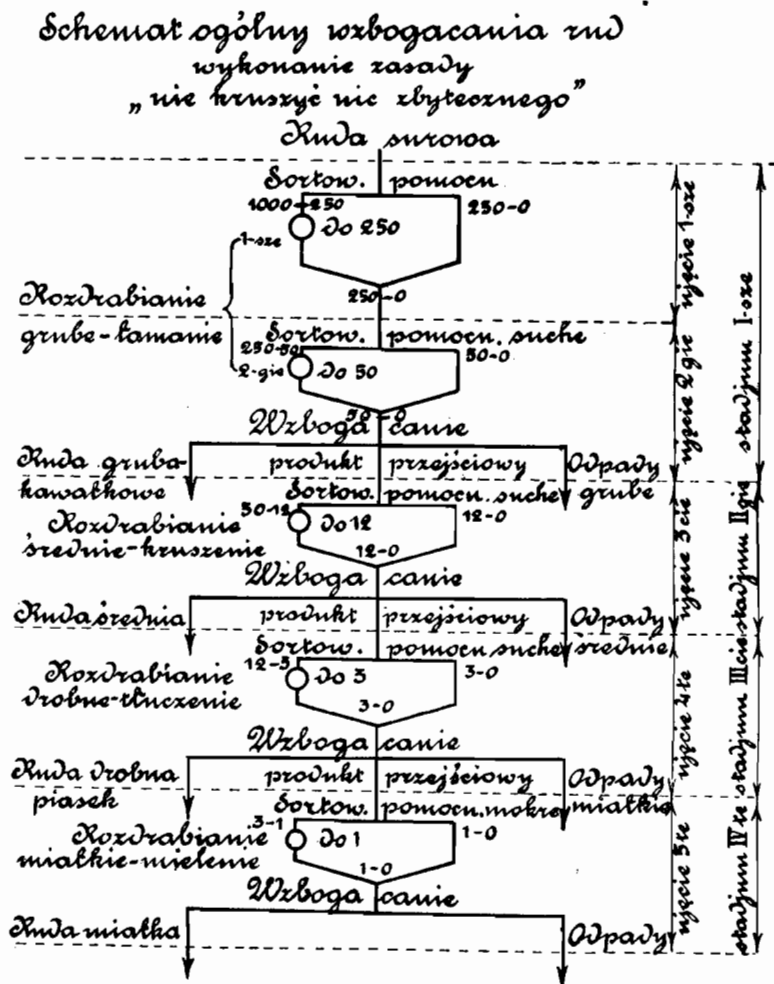
Cały ten proces rozczłonkowania na stadja i ujęcia najwygodniej jest przedstawić graficznie, zapomocą schematów (rys. 105 i 106). Pierwszy schemat ilustruje wypadek rozczłonkowania rozdrabiania na cztery stadja, z których pierwsze stadjum, ponadto, dzieli się na ujęcia, czyli wszystkich ujęć rozdrabiania jest 5. Skala rozdrabiania w kolejnych ujęciach i stadjach jest: 4, 5, 4, 4, 3. Przykład odpowiada wzbogacaniu rudy grubo wprysniętej, wszakże, w ziarnach nieprzekraczających 50 mm (rys. 101).

Przy mieleniu rudy złota, zawierającej tak zwane „grube“ złoto, to znaczy — ziarna widoczne gołym okiem, (rys. 104), obok złota „drobnego“, t. j. „niewidzialnego“, rozdrabianie zwykle rozpada się na dwa stadja (rys. 106), przytem, w stadjum pierwszym rozdrabianie doprowadza się do wielkości ziarn 1 mm i kończy się wydzielaniem złota zapomocą rtęci, czyli amalgamowaniem. W drugim stadjum zmielenie dochodzi do 0,05 mm i kończy się ługowaniem cyankiem potasu (cyanizacja). Jeżeli ruda surowa postępuje z kopalni w kawałkach do 300 mm, wówczas stadjum pierwsze dzieli się na kilka ujęć. W danym przypadku na schemacie: pierwsze ujęcie stanowi kruszenie do 60, drugie ujęcie — kruszenie do 10, trzecie — tłuczenia do 1 mm, przy skali rozdrabiania odpowiednio: 5, 6, 10. Drugie stadjum wykonywa się w jednym ujęciu przy skali rozdrabiania 20.

7. Różnica procesów rozdrabiania głównego i przygotowawczego. Rozdrabianie przygotowawcze do wzbogacania i rozdrabianie samoistne w charakterze operacji głównej różnią się między sobą, zwykle, ogólną ilością ujęć i skalą rozdrabiania w każdym ujęciu, względnie stadjum. Gdy rozdrabianie ma na celu przygotowanie rudy do wzbogacania, odznacza się, wówczas, większą ostrożnością, co ujawnia się w powiększaniu liczby stadjów i ujęć w stadjach poszcze-

gólnych. Szczególnie chodzi o to, by się tworzyło możliwie najmniej pyłu i szlamów, celem uniknięcia strat minerałów użytecznych.

Z tego powodu, skala rozdrabniania przygotowawczego w poszczególnych ujęciach, względnie stadjach, nie powinna przekraczać 5, lepiej 4 —



Rys. 105.

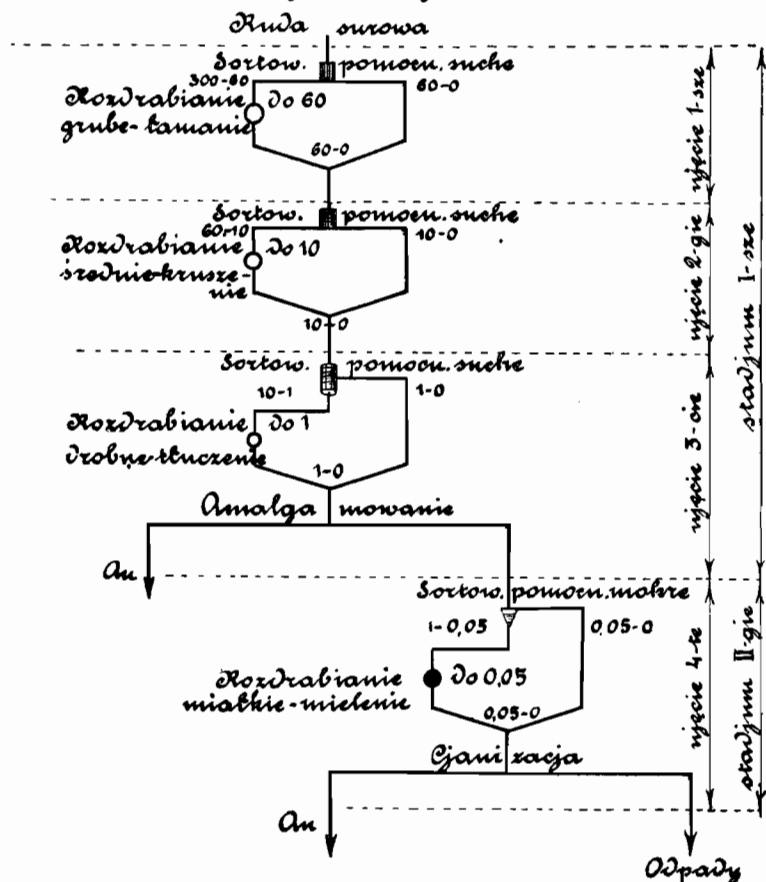
zwykle, zaś, bywa 3—2. Przy samoistnem rozdrabnianiu skał te względy odsuwają się na drugi plan i celem uproszczenia procesu ogólnego, liczbę ujęć wybiera się najmniejszą, przy skali rozdrabniania w poszczególnych ujęciach — możliwie większej, niemniej 5, lecz bardzo często 10—20. Często taki sam charakter nosi pierwsze stadjum rozdrabniania przygotowawczego, przy przeróbce rud bardzo drobno wprysniętych, naprzykład, złota, kiedy skala rozdrabniania winna być bardzo znaczna.

W przykładzie przytoczonym na schemacie (rys. 106) ogólna skala

rozdrabiania pierwszego stadium wynosi 300, skala zaś trzech ujęć, na które rozczłonkowano stadium, wynoszą: 5, 6 i 10.

Ostrożność, cechująca rozdrabianie przygotowawcze, ujawnia się, ponadto, w częstym stosowaniu rozdrabiania z utworzeniem, tak zwa-

Schemat przeróbki rud złota w 2 stadjach i 4 ujęciach



Rys. 106.

nego, „n a d z i a r n a“ (ovez-size, Überkern), oddzielanego przez sortowanie (suche, mokre), poprawcze, uzupełniające. Podczas rozdrabiania w jakimkolwiek bądź przyrządzie zawsze pewna ilość bardziej twardych kawałków, jak również ziarn płaskich, nie rozdrabia się całkowicie do wielkości pożądanej, lecz, stawiając większy opór częściom wykonawczym rozdrabiarek, wychodzi w ziarnach większej wielkości, niż cała masa rudy, dzięki urządzeniom ochronnym, które chronią kruszarki i zwłaszcza ich części robocze od połamania się i nadmiernego zużycia. Przy samoistnym charakterze rozdrabiania przez sortowanie poprawcze

oddziela się to „naturalne nadziarno“ i postępuje z powrotem do tegoż samego rozdrabiania dopóty, zanim nie zostanie natyle, przez wielokrotne przechodzenie przez kruszarkę, rozdrobione, że całkowicie przejdzie przez sito poprawcze.

Przy charakterze przygotowawczym rozdrabiania, niezależnie od powyższego, maszyny rozdrabiające często umyślnie reguluje się w ten sposób, żeby „nadziarno“ tworzyły się w określonej ilości, naprzykład 20—30%. Przytem, jak wskazuje doświadczenie, produkty rozdrobione wychodzą bardziej równomierne to znaczy, zawierają w sobie więcej ziarn największych, odpowiadających skali rozdrabiania, oraz zmniejsza się ilość pyłu i miazgu, zawsze niepożądanych dla operacji wzbogacania.

§ 4. Rozdrabianie ręczne.

Praca w przodku może być uważana za pierwsze stadium przeróbki mechanicznej użytecznych ciał kopalnych. Występują tu te same trzy operacje zasadnicze: sortowanie, rozdrabianie i wzbogacanie, zespół których określiliśmy jako jedno stadium wzbogacania (uszlachetniania). Przystępując do urabiania, górnicy, najpierw, zapomocą kilofa i łomu odbijają najszabsze, odstające części skał, obruszone poprzednio strzelaniem tak, aby przodek wykazywał caliznę nienaruszoną, a to w celu uzyskania największego efektu przy strzelaniu następnem. Bez tej wstępnej czynności uporządkowania przodka, przy strzelaniu następnem gazy wytwarzające się przy spalaniu materiałów wybuchowych uchodziłyby również szczelinami, przez co osłabiłby się efekt wybuchu. Przytem, jeśli przodek zawiera szczeliny, a otwory strzałowe załadować większą ilością materiału wybuchowego, wówczas, część tegoż będzie zużyta bezcelowo na odstrzelenie części skały, która może być urobiona zapomocą kilofa, a bryły już oddzielone niepotrzebnie będą kruszone na drobne kawałki. Wstępne to odbijanie odpowiada *przesiewaniu pomocniczemu* przed rozdrabianiem, w danym wypadku przed strzelaniem, i ma na celu oddzielenie gotowych brył skały od przodka.

Następna robota górników polega na urabianiu skały zapomocą materiałów wybuchowych, klinów, kilofów i t. p., co odpowiada *rozdrabianiu*. Produkty urabiania mieszają się z odbitemi, również jak produkty rozdrabiania mieszają się z produktem dolnym przy przesiewaniu pomocniczym.

Następnie, odbywa się ładowanie skały urobionej do wózków¹⁾

¹⁾ W praktyce, celem zachowania warunków bezpieczeństwa, obrywanie brył, zwisających w przodku i rozłupanych na skutek strzałów, odbywa się przed załadowaniem, bezpośrednio po odpaleniu. W myśli, jednak, możemy rozgraniczyć te operacje, według przyjętego tutaj porządku, odpowiednio do celowości opisanych robót.

przyczem robotnicy wybierają rudę kawałkową zupełnie czystą i ładują ją osobno. Wózki z rudą, po wydaniu na powierzchnię, idą bezpośrednio do huty, jako produkt gotowy. Również, w przodku wybiera się kawały skały płonnej, trafiające ze spągu lub stropu, które pozostają, jako podsadzka, lub są ładowane do osobnych wózków i, po wydaniu na powierzchnię, idą na zwał. Wreszcie rudę z przerostami lub składającą się z rozmaitych kawałków, którą nie można rozsortować pod ziemią, ładują do wózków jako produkt przejściowy i, po wydaniu na powierzchnię, kierują do sortowni dla dalszych manipulacji. Cała ta robota ładowaczy w przodku jest typową operacją wzbogacenia. Kolejność jej w zupełności odpowiada zasadzie „nie rozdrabiać nic zbytecznego“.

Praca ręczna na powierzchni, jeśli jest stosowana, odpowiada drugiemu stadium przeróbki. Zaczyna się od odsiewania miálu na pochylonych nieruchomych przesiewaczach przy pomocy łopat, a kończy ręcznym sortowaniem pozostałej części, polegającym na oddzielaniu bogatej rudy od skały płonnej. Sortowaniu towarzyszy kruszenie grubszych kawałków młotkami, czasem zaś odbijanie wyraźnie widocznych — rudnych agregatów i t. p. Chociaż obie czynności wykonywane są jednocześnie, jednak, w myśli możemy uważać za odbywające się kolejno: każda poszczególna bryła rudy musi być przedtem rozbita, a następnie otrzymane kawałki posegregowane. Kolejność, więc, trzech momentów, określających stadium przesiewania, rozdrabiania i wzbogacania jest ściśle przestrzegane również i przy ręcznej robocie na powierzchni, z zachowaniem zasady „nie kruszyć nic zbytecznego“. Sortowanie pomocnicze czasem zastępuje ładowanie rudy grubszej i drobniejszej w przodku.

Rozdrabianie ręczne w opisanym przypadku jest typowym pomocniczym rozdrabianiem do wzbogacania. Czasem rozdrabianie ręczne ma charakter odrębnego procesu rozdrabiania, np. wielkie bryły rudy, nie mieszczące się w paszczy przyrządu rozdrabiającego, rozbija się młotami, i w tym przypadku rozdrabianiu ręcznemu towarzyszy sortowanie, ponieważ robotnik z masy ogólnej skały wybiera kawały najgrubsze, co możnaby skutecznie zapomocą przesiewacza. Wreszcie, rozdrabianie ręczne może mieć i charakter główny. Jako najprostszymi przykładem, weźmy przygotowanie żwiru do dróg bitych. I w tym przypadku można stwierdzić podział czynności na poszczególne procesy. Ponieważ rozdrabianie grubego i drobnego żwiru jest wykonywane zapomocą młotów rozmaitej wagi, dogodniej, więc, najpierw rozsortować materiał surowy na kilka sortymentów, rozdrabianych potem oddzielnie; przytem miał odsiewa się przez sito.

W górnictwie ręczne rozdrabianie jako samodzielne, ma zastosowanie do przygotowania pirytu (FeS_2) do prażenia. Z mechanicznego punktu widzenia rozdrabianie ręczne jest bardzo niedoskonałe, ma więc

największe zastosowanie na prymitywnych kopalniach. Jednak ma ono, poza tym, nader ważne zalety, dzięki którym stosują je również na wzorowo i doskonale urządzonych sortowniach rud; zupełne zastąpienie w sortownictwie pracy ręcznej — maszynową w czasie najbliższym jest nie do urzeczywistnienia. Bez względu na rzekomą droższą roboty ręcznej, wykonanie niektórych czynności może w rezultacie wypaść taniej przy robocie ręcznej, niż maszynowej. Należy, bowiem, pamiętać, że, oprócz siły mięśni robotnika, czynny udział w pracy biorą jego sprawność i inteligencja. Podczas gdy mechanizm rozdrabia podawany materiał bez wyboru i tylko odpowiednio przygotowanie może, poniekąd, ograniczyć to ślepe jego działanie, robota ręczna, wykonywana świadomie przez doświadczonego robotnika, jest w stanie podołać zadaniom, którym mechanizm zadość uczynić nie może. Np., wyłącznie ręcznie można od kawałków skały płonnej odbić rudy pewnych sortymentów i otrzymać od razu czyste kawałki bez domieszki innych minerałów, a przez to uprościć dalsze stadja przeróbki. Również tylko sposobem ręcznym można oddzielić kawałki grubo wprysnięte od drobno wprysniętych i kawałki bogatsze od uboższych. Mechanizm rozdrabia wszystkie kawałki do jednakowego stopnia rozluźnienia i, zaledwie, rozdrabianie stopniowe, podług stadjów, wymagające skomplikowanych urządzeń mechanicznych, wnosi pewne ograniczenia w tym kierunku, sposób, zaś, ręczny daje możliwość rozdrabiania każdego poszczególnego kawałka indywidualnie, oddzielając tylko użyteczne cząstki. Oprócz tego, przy rozdrabianiu ręcznym minerał użyteczny ulega najmniej rozkruszaniu i daje minimum miazgi i pyłu, czasem, przeto, ręczny sposób jest wyłącznie wskazany, np., dla minerałów bardzo kruchych lub bardzo drogiech, gdy mniej kosztowne rozdrabianie mechaniczne daje większe straty, wskutek wytwarzania się znacznej ilości pyłu. Wreszcie, w przypadku, gdy w rudzie często się trafiają piękne skupienia minerałów, mające wartość muzealną, jedynie przy rozdrabianiu ręcznym można uniknąć zniszczenia tych okazów (Franklin Furnace, New Jersey). Doświadczenia, przeprowadzone na kopalniach miedzi Jeziora Górnego w Ameryce Północnej, wykazały, że rozdrabianie ręczne do 64 m/m dało 9,31% miazgi < 6 m/m, podczas gdy rozdrabianie mechaniczne do tego samego stopnia dało miazgi 17,32%, czyli prawie podwójnie. Ponadto, w pierwszym wypadku otrzymano 49% produktu czystego — miedzi rodzimej, w drugim, zaś, zaledwie 17%. Zastosowanie, więc, rozdrabiania ręcznego i granice tego zastosowania zależą w każdym poszczególnym przypadku od ogólnej kalkulacji i warunków miejscowych.

Narzędzia do rozdrabiania ręcznego. Do rozdrabiania ręcznego służą młoty i „baby“.

A) Młoty odróżnia się podług wagi i kształtu, w zależności od grubości kawałków skały, osiąganego stopnia rozdrabiania i od

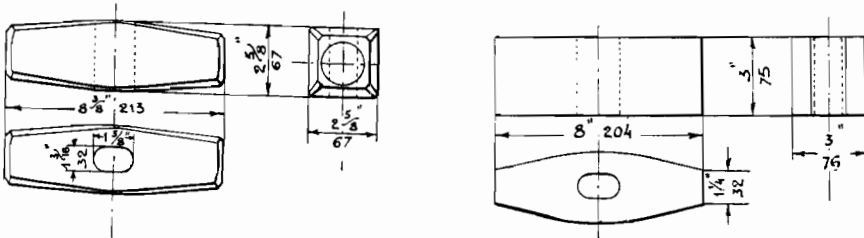
celu rozdrabiania. Widzieliśmy wyżej, że rozdrabianie ręczne może mieć na celu:

1) Rozdrabianie pomocnicze do wzbogacania:

a) jako odrębne ujęcie rozdrabiania, poprzedzające, zazwyczaj, rozdrabianie mechaniczne: rozdrabianie ręczne grubych brył, nie mieszczących się w paszczy kruszarki,

b) jako czynność w związku ze wzbogacaniem i sortowaniem ręcznym: — odbijanie od brył minerału użytecznego większych kawałków o składzie jednolitym, oraz cząstek grubo wprysniętych i bogatych od drobno wprysniętych i ubogich.

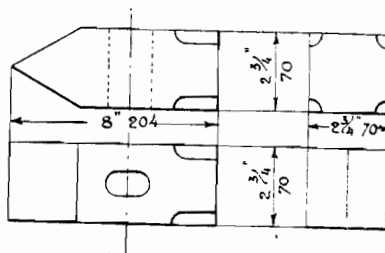
2) Rozdrabianie główne: w celu otrzymania kawałków jednakowej wielkości, np., żwiru do dróg bitych, pirytu do prażenia i t. p.



Rys. 107 i 108. Młotki do rozdrabiania grubego.

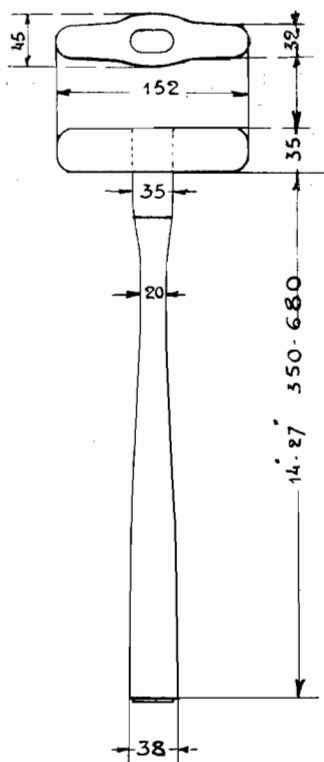
Celom tym odpowiada, zazwyczaj, określona grubość rozdrabiania lub skala (stopień) rozluźniania. Najgrubsze rozdrabianie odpowiada celowi 1 a), t. j. rozdrabianiu pomocniczemu, jako odrębnemu ujęciu rozdrabiania. Rozdrabianie średnie odpowiada celowi 2) — samodzielnemu. Wreszcie cel 1 b) — rozdrabianie połączone z sortowaniem rudy, wzbogacaniem ręcznym, może mieć nawet cechy rozdrabiania drobnego, lecz zwykle — typu mieszanego, bez określonej skali rozluźniania — i wymaga wyłącznej ostrożności i uwagi ze strony robotnika. Odpowiednio do celu stosują: najcięższe młoty do rozdrabiania grubego, poprzedzającego mechaniczne rozdrabianie; młotki wagi średniej, — do operacji głównej rozdrabiania średniego, a do wzbogacania używają młotków najlżejszych, podobnych do „żelazka“.

1) Młoty do grubego rozdrabiania (Handsledges, Балды). Młoty tego typu posiadają wagę 4 do 6,5 kg. Pracuje się młotami oburącz. Rys. 107 i 108 wyobrażają kształty zwykle tych młotów. Młoty typu rys. 109 są z jednego końca zaostrome na klin i mogą służyć do odbijania cząstek płonnych od rudy. Lecz,



Rys. 109. Młotek do rozdrabiania grubego.

jeśli podobna czynność nie jest przewidziana, to młoty, kształtu jak na rys. 107 i 108 o dwóch płaskich główkach mają zalety dłuższej służby. Stylisko ma 28—36 cali (ok. 70—91 cm.) długości. Do rud twardych używają najcięższych młotów 5,7—6,5 kg; do rud mniej twardych do 5 kg. Młoty najlżejsze około 4 kg spotykał Richards na kopalniach w Colorado, leżących na wysokości 12.000 stóp (3650 m) nad poziomem morza, gdzie wskutek rozrzedzonego powietrza praca cięższymi młotami byłaby zbyt nużąca.



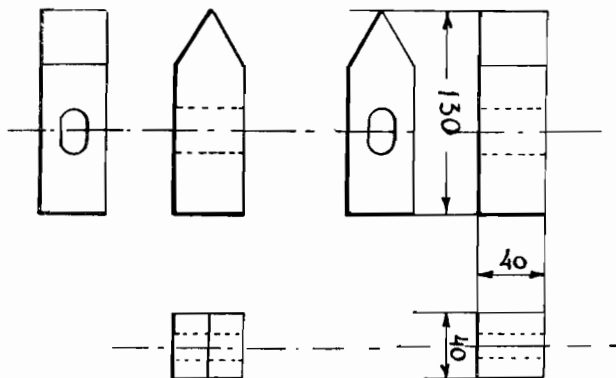
Rys. 110. Młotek do rozdrabiania średniego.

2) Młoty do rozdrabiania średniego (Spalling hammers) również do pracy oburącz, znacznie lżejsze — 0,81—3,3 kg (rys. 110), mają oba końce zaokrąglone dla zmniejszenia ilości pyłu i ześrodkowania uderzenia w jednym miejscu. Zasługuje na uwagę kształt styliska, cieńszego pośrodku. Podobne stylisko jest elastyczne i może wytrzymać znacznie dłużej, około 5 miesięcy; podczas gdy styliska proste rozłupują się nieraz po kilku dniach. Ponadto stylisko elastyczne czyni pracę mniej uciążliwą, łagodząc uderzenie w dłoniach robotnika. — Wydajność jednego robotnika Rittinger określa od 2 do 6 stóp sześciennych czyli od 250 do 625 funtów (100—250 kg) rudy średnio-trwardej na godzinę przy rozdrabianiu do grubości $2\frac{1}{2}$ cala (64 mm).

Linkenbach określa wydajność jednego robotnika na godzinę 1450 funtów (580 kg) rudy zwykłej przy grubości do 150 mm.

3) Młotki do sortowania rudy (Cobbing hammers) są lekkie, do pracy jedną ręką o wadze 0,6—1,6 kg; jeden koniec mają zastrzony na klin, drugi płaski. Ostrze klina jest równoległe do styliska lub skierowane do niego pod kątem prostym (rys. 111 i 112). Koniec płaski służy do rozbijania rudy, zastrzony — do oczyszczania rudy i odbijania minerałów. Długość styliska od 10—12 cali (25—30 cm). Robotnik, zazwyczaj, pracuje siedząc, czasem ma przed sobą pewien rodzaj kowadła. Ostrze poprzeczne (rys. 111) jest odpowiedniejsze do oczyszczenia rudy, lecz przy ostrzu równoległym (rys. 112) odbijane kawałki rozpryskują się na lewo i prawo, zaś przy poprzecznym — w górę i na dół, z pewnym niebezpieczeństwem dla robotnika.

B) B a b y (Drop-hammers. Бабы) przypominają kafary, używane w budownictwie do wbijania pali. Ciężar, poruszający się w kierownicach, podciągają zapomocą liny, przerzuconej przez blok, który, spadając z pewnej wysokości, rozbija skałę, leżącą na kowadle. Baby mają ograniczone zastosowanie. Bodaj że wyjątkowo są używane na kopalniach miedzi na Jeziorze Górnem (Ameryka Półn.), gdzie praca niemi ma charakter oczyszczania miedzi rodzimej, do wzbogacania,



Rys. 111 i 112. Młotki do sortowania rudy.

i uzależniona od właściwości miedzi. Wielkie bryły miedzi z przyrośniętą skałą płonną nie mogą iść do przyrządów rozdrabiających, ponieważ, wskutek kujności miedzi, ta ostatnia walcuje się w kruszarkach i, wypełniając przestrzeń roboczą, powoduje zatrzymania i uszkodzenie przyrządu. Przy użyciu „bab“ o najprostszej konstrukcji, ta właściwość miedzi nie przeszkadza, a przyrośnięte cząstki skały płonnej odbijają się łatwo jak i od uderzeń baby, tak i wskutek deformacji miedzi rodzimej. Używane, niegdyś, do tej roboty młoty parowe obecnie wyszły z użycia. Wymiary „bab“ są: 7 stóp długości (2,1 m), 12 cali średnica (30,5 cm), waga od 2000—3000 funtów (820—1230 kg). Wysokość spadania wynosi od 6—20 stóp (1,8—6 m).

§ 5. Rozdrabianie maszynowe.

Klasyfikacja kruszarek. Istnieje bardzo wiele rozmaitych typów przyrządów rozdrabiających, w zależności od stadium lub ujęcia rozdrabiania, skali rozdrobienia, zasady działania i właściwości rozdrabianej skały. Chociaż rozróżniają tak, jak uwidocznione w tabelce na str. 134, lecz żadna z powyższych zasad nie jest absolutna. Te stąd ja kolejne często bywają wykonywane na kruszarkach jednakowego typu. W szczególności walce kruszące mają przeważnie zastosowanie do rozdrabiania średniego, chociaż często obejmują szerszy zakres, poczynając od rozdrabiania grubego do drobnego, a nawet miałkiego. Również zakres

| I. Podług stadjum i ujęcia rozdrabiania | | II. Podług skali rozdrabiania | III. Podług zasady działania | IV. Podług twardości materiału |
|---|-------------------------------|---|---|--------------------------------|
| Kruszarki do | Kawałków ¹⁾ m/m | Kruszarki o | Kruszarki działające zapomocą | Kruszarki do |
| 1. Rozdrabiania grubego . | 1000—100 | Nieżnaczej skali rozdrobienia $\Sigma = 2-5^1$). | 1. Miażdżenia przez nacisk przerywany 2. Rozłupywania 3. Miażdżenia przez nacisk ciągły | Skał twardych |
| 2. Rozdrabiania średniego . | 120—25 | | | „ kruchych „ twardych |
| 3. Rozdrabiania drobnego . | 50—5 | Średniej skali rozdrobienia $\Sigma = 5-10$. | 4. Rozrywania 5. Uderzenia | „ kruchych „ twardych |
| 4. Rozdrabiania miałkiego | 10—1 | Znacznej skali rozdrobienia $\Sigma = 10-20$. | | 6. Rozcierania |

i granice zastosowania kruszarek do drobnego i miałkiego rozdrabiania bywają identyczne, przytem, tylko graniczne końcowe liczby podane w rubryce I-szej nie będą identyczne. Klasyfikacja kruszarek, podług skali rozdrabiania, jest jeszcze mniej ścisła, ponieważ skala rozdrobienia kruszarek poszczególnych stadjów może być regulowana w szerokich granicach, wychodzących poza ramy podane powyżej.

Co się tyczy zasady rozdrabiania, to nader rzadko można obserwować wyłączone zastosowanie jednego z sześciu wskazanych sposobów rozdrabiania w danym przyrządzie. W najlepszym przypadku można zauważyć tylko przewagę tego lub innego sposobu, w innych przypadkach — jednoczesne zastosowanie dwóch lub trzech sposobów, np., miażdżenia i rozcierania, rozkruszania przez uderzenie i rozcierania.

Podział kruszarek, podług cech materiałów, jest dokładniejszy, lecz daje dwie tylko duże grupy, do których można stosować inne zasady dla ich dalszego podziału.

Wobec tego, nadal będziemy się trzymać następującej, cokolwiek sztucznej klasyfikacji, najdogodniejszej w praktyce, opartej na właściwościach rozdrabiania skał i zasadzie działania kruszarek.

I. Kruszarki dla skał twardych.

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Rozkruszające skałę przez nacisk przerywany i powtarzający się | Typy: Blake i Gates. |
| 2. Rozkruszające skałę przez nacisk ciągły | walce kruszące. |
| 3. „ „ „ „ „ „ połączone z rozcieraniem | młyny Huntington i chilijskie. |

¹⁾ Wzięto orientacyjnie.

- | | |
|--|-------------------------------|
| 4. Rozkruszające skałę przez rozcierania . . . | młyny tarczowe. |
| 5. " " " uderzenia . . . | tłuczki. |
| 6. " " " nacisk, połączony z uderzeniem i rozcieraniem | { młyny kulkowe. " rurowe. |

II. Kruszarki dla skał kruchych i miękkich.

Typy:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Rozkruszające skałę przez rozłupywanie . . | kruszarki igłowe. |
| 2. " " " rozrywanie . . . | { walce uzębione. młyny stożkowe. |
| 3. " " " luźne uderzenia . | { dezintegratory. pulweryzatory. |
| 4. " " " rozcieranie . . . | { żarna (kamienie młyńskie). |

W powyższej klasyfikacji kolejne typy kruszarek w każdej grupie odpowiadają mniej więcej poszczególnym stadiom od grubego do miękiego rozdrabiania.

§ 6. Grupa I-sza. Kruszarki do skał twardych.

1. Rozdrabianie przez nacisk przerywany i powtarzający się.
(Rozdrabiacze, łamacze, kruszarki, gniotowniki; Rock breakers, Steinbrecher, Concasseurs, Дробилки .

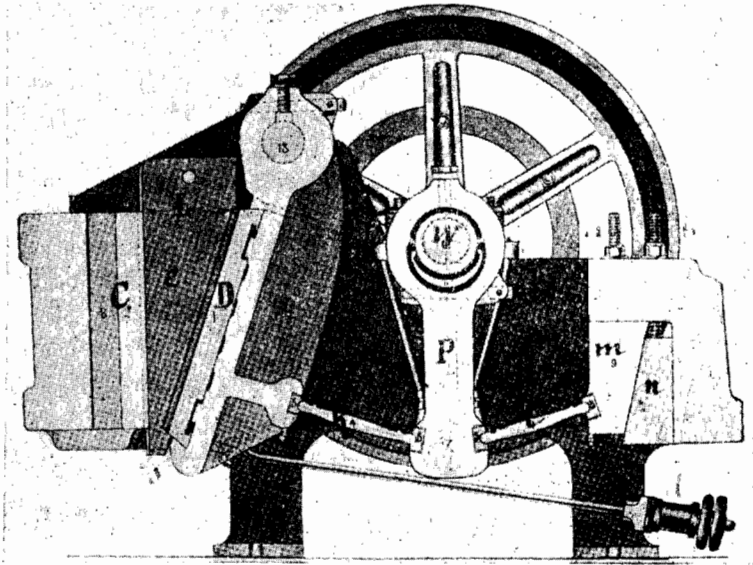
Kruszarki szczękowe (Jaw breakers, Backenbrecher, Steinbrecher, Concasseurs a mâchoires, Челюстные дробилки) odznaczają się klinowato zwężającą się ku dołowi komorą roboczą (rys. 113, CsD 115—121); kruszenie dokonywa się pomiędzy ruchomą (C), a nieruchomą (D) szczęką (Jaws, Backen, Nachoires, Щеки, челюсти.)

Mechanizm napędowy wprawia szczękę ruchomą w szybki ruch wahadłowy. Podług rodzaju wahań, rozróżniamy kruszarki o wahaniami prostych i złożonych.

A. Kruszarki o prostych wahaniami szczęki.

Rozróżniamy kruszarki, w których szczęka ruchoma zawieszona: 1) na osi górnej — kruszarka Blake i 2) na osi dolnej — kruszarka Dodge.

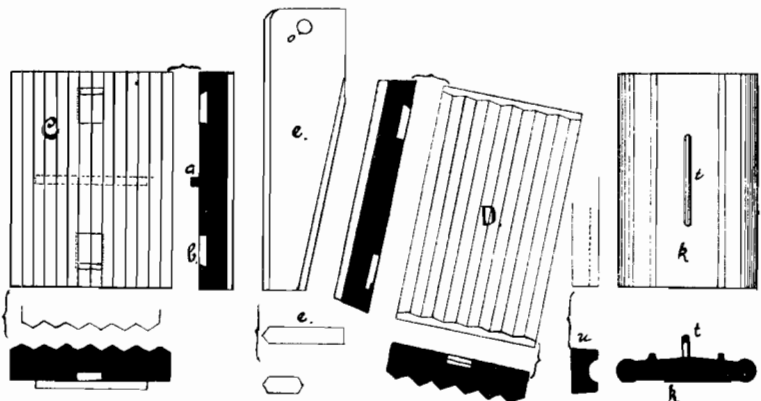
1. Kruszarka (łamacz) Blake (Blake breakers, Steinbrecher, Concasseur Blake, Дробилка Blake; rys. 113, 115, 116 i 117). Ruchoma szczęka *D* otrzymuje wahanie od wału napędowego *W* zapomocą trzonu (korbowego) *P* i dwóch płaskich drążków *k i l*, tworzących kąt mocno rozwarty. Sprężyna *d* powoduje ruchy wsteczne szczęki i utrzymuje cały zespół części ruchomych w równowadze. Szerokość szczeliny wypustowej *s* i skałę rozdrobienia, uwarunkowaną stosunkiem $\left(\frac{L}{s}\right)$ można regulować zapomocą klinów *m* i *n*, przestawianych przy pomocy bolców



Rys. 113. Kruszarka Blake. Przekrój (z katalog. Traylor Eng. & M-g. Co).

a i *b*: po zluźnieniu śruby (*a*) pierwszy klin przy podnoszeniu drugiego, za pomocą śruby (*b*) posuwa się w kierunku poziomym, wskutek czego przesuwa się punkt oparcia dźwaka *l*. Szczęki są uzbrojone w płyty, nakładane z hartowanego surowca lub specjalnych gatunków stali (chromowej, manganowej) i odpowiednio karbowane (rys. 114). Tarcze *e* (rys. 113 i 114) okrywają boczne ścianki komory roboczej.

Kruszarki Blake używane są przeważnie do rozdrabniania grubego, częściowo, zaś, do średniego. Skala rozdrobienia 4–5. Najczęściej roz-



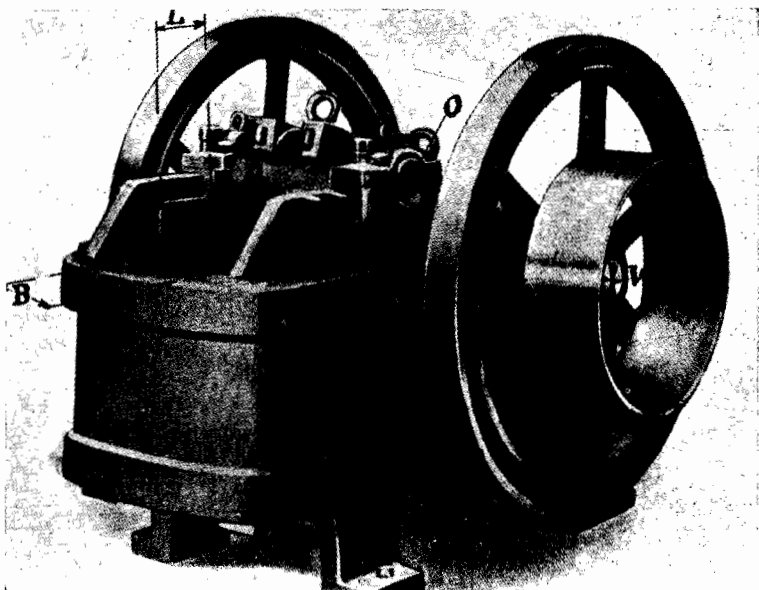
Rys. 114. *C* i *D* płyty robocze szczęk nieruchomej i ruchomej; występy *a* i wcięcia *b* służą do połączenia płyt ze szczęką; *e* — wyłożenie ścianek bocznych paszczy; *o* — uchwyty do wyciągania płytek; *k* — jeden z dźwzków, nadający wahanie za pomocą trzonu *P*; szczęce *D*; *t* — rękojeść do wkładania dźwózka na miejsce; *u* — gniazda do dźwzków *k* i *l*.

drabiają kawałki 250—300 m/m do grubości 50—60 m/m. Lecz kruszarki Blake są używane również do miążdzenia olbrzymich brył powyżej 1 m średnicy. To też kruszarki mają rozmaite wymiary (kalibry). Wielkość kruszarki określają wymiary otworu do zasypywania — paszczy. Wymiary te określają również największy wymiar rozdrabianych brył i wydajność kruszarki. Niżej przytaczamy dane z katalogu amerykańskiej firmy Tylor Engineering a. M. Co, cechujące wymiary i działanie niektórych kalibrów kruszarek.

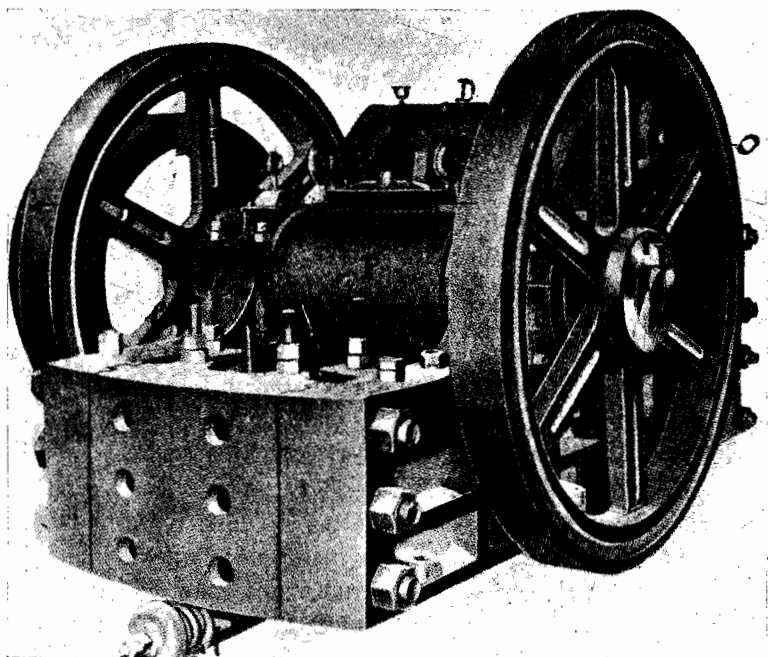
| Nr | Wymiary paszczy | | Szerokość szpary s | | Skala rozdrobienia $\Sigma \frac{L}{s}$ | Wydajność ton na godzinę Q_h | Ilość obrotów na minutę — n | Praca w KM | Waga w tonach w przybliżeniu | U w a g i |
|----|-----------------|--------------------|--------------------|-----|---|--------------------------------|-----------------------------|------------|------------------------------|---|
| | cale B × L | milimetry B × L | cale | mm | | | | | | |
| 1 | 10 × 7 | 254 × 178 | 2 | 51 | 3,5 | 6 | 300 | 8 | 4 | } Rama A cała z jednej sztuki, odlew z surowca (r. 115) |
| 4 | 20 × 10 | 508 × 254 | 2½ | 64 | 4 | 20 | 300 | 20 | 10 | |
| 6 | 24 × 15 | 610 × 380 | 3½ | 89 | 4,25 | 32 | 300 | 30 | 15 | |
| 10 | 36 × 24 | 914 × 610 | 6 | 152 | 4 | 90 | 300 | 75 | 40 | |
| 11 | 48 × 42 | 1219 × 1067 | 9 | 229 | 4,65 | 255 | 175 | 150 | 80 | } Rama składowana stalowa (rys. 116) |
| 19 | 86 × 66 | 2184 × 1676 | 12 | 305 | 5,5 | 495 | 80 | 275 | 340 | |

Nr 1 przedstawia wymiar najmniejszy, Nr 4—6 są najczęściej używane, Nr 1—10 mają ramę z jednej sztuki (rys. 115). Nr 11—19 są to najcięższe kruszarki dla sortowni o wielkiej wydajności, do których materiał skierowuje się w bryłach powyżej metra średnicy (na wielkich kopalniach rud żelaznych, kamieniołomach wapienia krystalicznego, kopalniach azbestu i t. p.). Rama główna tych kruszarek składa się z płyt stalowych, łączonych bolcami, podług rys. 116. Największy numer 19 o wymiarze paszczy 2184 × 1676 (rys. 117) jest olbrzymią maszyną, wysokości 4,5 m i długości 8,3 m, koło zamachowe ma średnicę 4,8 m, a grubość obwodu 920 m/m. Całość waży 340 ton. Wydajność na godzinę wynosi 500 ton (10.000 ton na 20 godzin.). Miązdy bryły 1,5 metrowe na kawałki do 300 m/m.

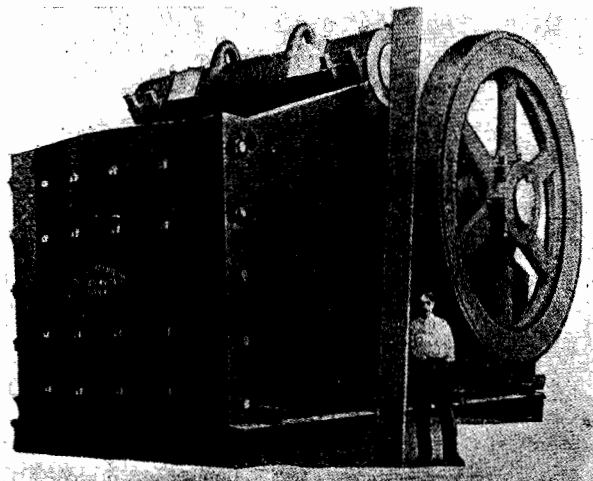
2) K r u s z a r k a (łamacz) D o d g e (rys. 118 i 119). Wahania ruchomej szczęce D około punktu środkowego O nadaje wał napędowy W zapomocą trzona mimośrodowego P . Dwa bolce a regulują szerokość szpary wypustowej s . Odwrotnie, niż w maszynie Blake, dolna krawędź szczęki posiada najmniejszy skok, a górna największy. Dzięki temu, największy wymiar ziarn rozdrobionych można ustalić z większą dokładnością i produkt otrzymujemy bardziej równomierny. Lecz górna krawędź szczęki napotyka bardzo znaczny opór i szybko się zużywa, a przy znacznym skoku, napotykając nienaruszone, całe bryły skały, wytwarza dużo pyłu.



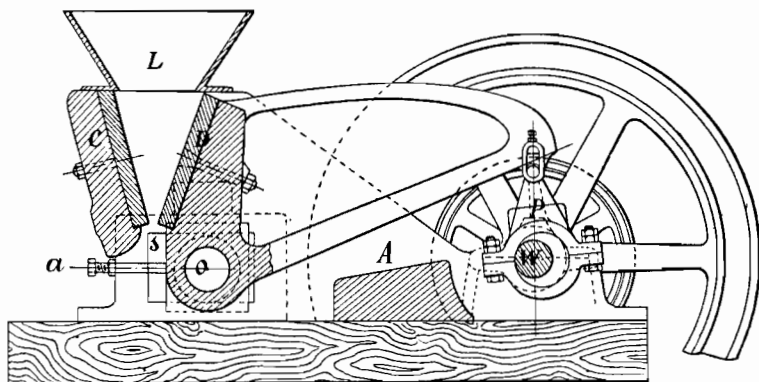
Rys. 115. Kruszarka Blake od strony przedniej (z katalogu Colorado Iron Works Co. Denver). Wielkość 16" \times 10" (406 \times 254 mm). Rama żelazna z jednej sztuki, waga 8 ton. *O* — oś wahania szczęki ruchomej *D*; *L* — długość paszczy, *B* — szerokość paszczy.



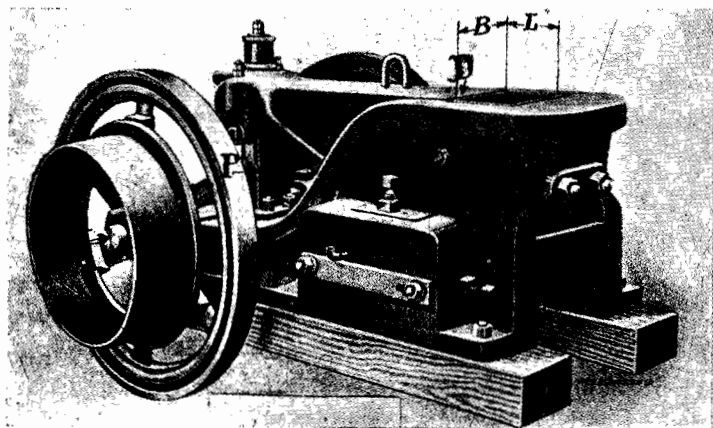
Rys. 116. Kruszarka Blake od strony tylnej (z katalogu Trylor E. & M. Co. Allentown, Pa). Nr 11. Rama stalowa — składana.



Rys. 117. Kruszarka Blake 86" \times 66" (2,184 \times 1,676 m). Wymiar największy (z katal. Tylor E. & M. Co). Maszyna pracuje na kopal. azbestu w Danvil, Quebec, Kanada.



Rys. 118. Kruszarka Dodge. Przekrój.



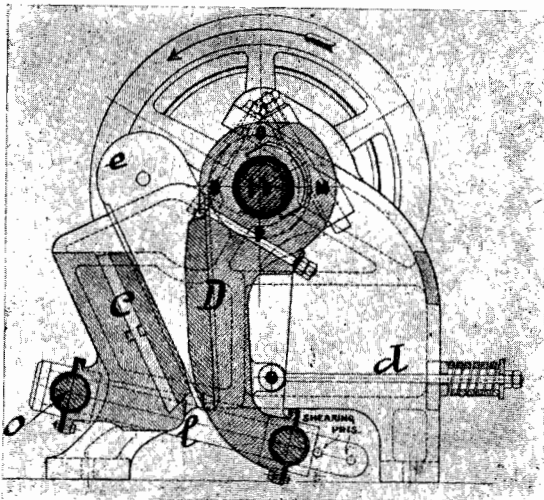
Rys. 119. Kruszarka Dodge (z katalogu Colorado Iron Works, Denver).

Wskutek tego, kruszarki Dodge są używane do rozdrabniania materiału mniej grubego, najczęściej średniego, zwłaszcza w stadjach i ujęciach drugich rozdrabniania maszynowego.

Firma Traylor E. a. M. Co buduje kruszarki Dodge następujących wymiarów:

| Nr | Wymiar paszczy | | Szerokość szpary S | Skala rozdrobienia $\frac{L}{s} = \frac{L}{s}$ | Wydajność ton na godzinę | Ilość obrotów na minutę | Praca KM | Waga w tonach w przybliżeniu |
|----|----------------|-----------------|--------------------|--|--------------------------|-------------------------|----------|------------------------------|
| | cale B × L | milimetry B × L | | | | | | |
| 1 | 9 × 6 | 229 × 152 | 1" = 25 m/m | 4 | 3—5 | 250—300 | 4 | 1,6 |
| 2 | 11 × 7 | 280 × 178 | 1½" = 38 " | 4,65 | 6—8 | 250—300 | 7 | 2,75 |
| 3 | 15 × 11 | 381 × 280 | 2" = 51 " | 5,1 | 10—20 | 250—300 | 15 | 7 |

B. Kruszarki o ruchach złożonych odznaczają się tem, że szczęka ruchoma prócz ruchu wahadłowego w kierunku prostopadłym do swej płaszczyzny, posiada jeszcze oscylacje podłużne w różnym stopniu na swojej długości, powodując oprócz nagniatania również rozcieranie materiału, dzięki czemu można osiągnąć większy stopień rozdrobienia rud twardych. Używa się ich w tych samych warunkach, co

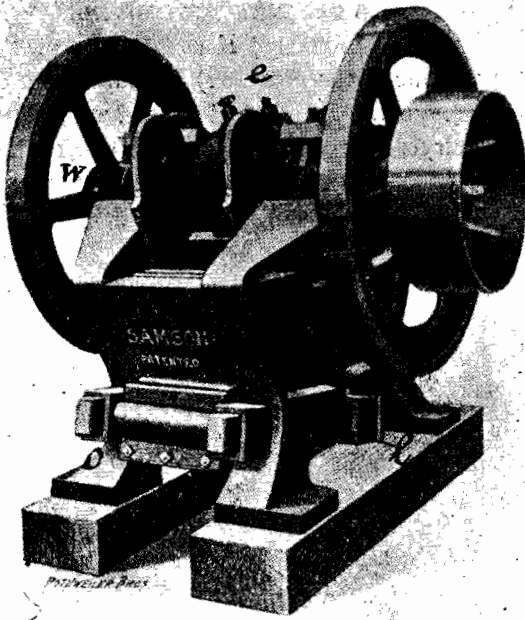


Rys. 120. Kruszarka Samson. Przekrój.

i kruszarki Dodge, t. j. w drugim lub trzecim stadjum. Dzięki temu również nadają się one do rozdrabniania skał nieco lepistych, łatwo zapelniających komorę roboczą w maszynach typu zwykłego. Istnieje kilka odmian kruszarek o ruchach złożonych. Przykładem charakterystycznym może być:

3) Kruszarka Samson (rys. 120 i 121). Szczęka ruchoma *D* w kształcie trzonu mimośrodowego jest osadzona bezpośrednio na wale napędowym *W*.

Dolna część szczęki jest ruchomo połączona z dwoma drążkami *l* wahającymi się dokoła osi *O*. Szczęka w górnej części posiada ruchy obrotowe o znacznym skoku poprzecznym, podobnie jak kruszarka Dodge. W kierunku ku dołowi ruch obrotowy stopniowo



Rys. 121. Kruszarka Samson (z katalogu Elspass E. a. M. Co. Denver, Col.).

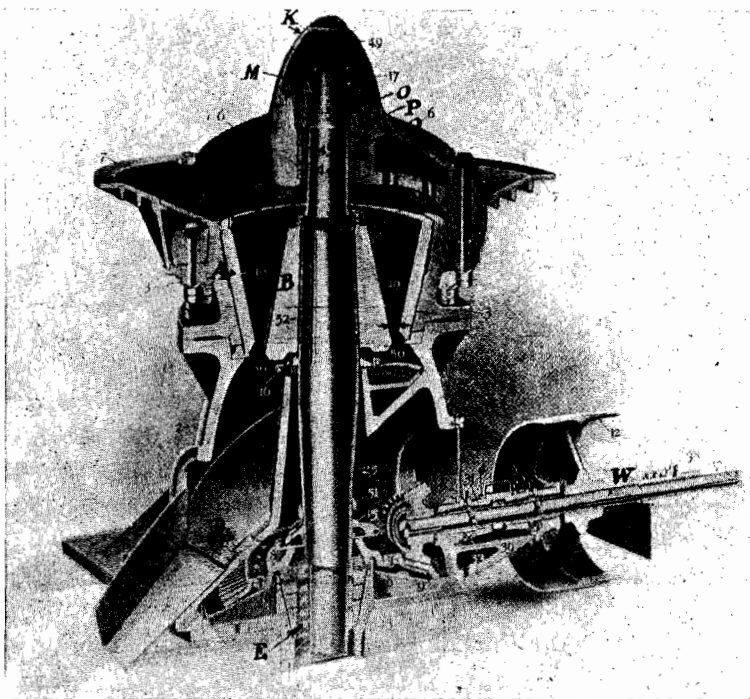
zmienia się w eliptyczny. Dłuższa oś elipsy jest skierowana wzdłuż szczęki. Punkty szczęki, znajdujące się w pobliżu szpary wypustowej, mają nieznaczne ruchy poprzeczne, a znacznie większe podłużne (z góry na dół), podobnie jak u kruszarek Dodge. Firma Elspass E. a. M. M. Co w Denver, w Kolorado, buduje kruszarki Samson czterech wymiarów.

| Nr | Wymiary paszczy | | Wydajność ton na go- dzinę Qh | Ilość obro- tów na mi- nutę n | Praca KM | Waga w tonach |
|----|-----------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|------------------|
| | cale B×L | milimetry B×L | | | | |
| 1 | 6×4 | 152×102 | 1—1½ | 300 | 2 | 1,08 |
| 2 | 9×5 | 229×127 | 2—4 | 300 | 3 | 1,25 |
| 3 | 11×7 | 280×178 | 5—7 | 250 | 5 | 3,6 |
| 4 | 16×8 | 406×203 | 10—15 | 250 | 7 | 5,5 |

Widzimy w tej tablicy, że granice zastosowania kruszarek Samson i Dodge są jednakowe.

Stosunkowa lekkość maszyny czyni ją odpowiednią do transportu jucznego w miejscowościach górzystych, jak w Kolorado, gdzie właśnie typ ten został dostosowany do warunków miejscowych. Podobne warunki można spotkać na Kaukazie, w Turkiestanie, na Pamirze i t. p. miejscowościach.

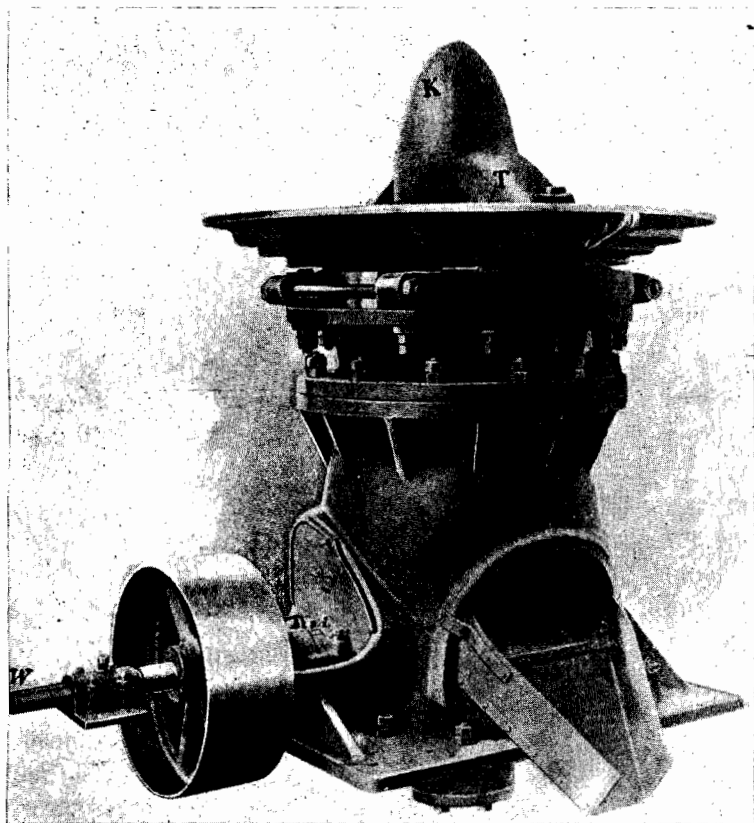
Kruszarki kołowrotowe typu Gates (stożkowe; Spindle breakers, gyrating crushers, — breakers; Конические дробилки; Kreisalbrecher, Rundbrecher. Concasseur giratoire) odznaczają się komorą roboczą w kształcie zwięzającego się ku dołowi pierścienia, który tworzą dwa ścięte stożki koncentryczne (rys. 122 i 123). Rozdrabianie odbywa się pomiędzy nieruchomym stożkiem zewnętrznym *A* i ruchomym



Rys. 122. Kruszarka Gates systemu Allis Chalmers. *D* — wypust dla produktu rozdrobnionego; *k* i *l* — płaszczyzny, chroniące mechanizm napędowy od kurzu; *K* — dzwon, chroniący piastę górną od uderzeń brył wsypywanych.

wewnętrzny *B*. Oś wewnętrznej stożka, w czasie działania maszyny, wykreśla bardzo zaostroszoną powierzchnię stożkową dokoła osi środkowej przyrządu. Wierzchołek stożka leży w punkcie zawieszenia pionowego wału *O*. Wskutek tego, działanie kruszarki Gates w każdym pionowym przekroju przez oś przyrządu podobne jest do działania podwójnej kruszarki Blake. W nowszych i wszystkich kruszarkach typu większego pionowy wał jest zawsze zawieszony na czopie kulistym wypukłym (system Austin), wklęsłym (system Allis Chalmers, rys. 122), lub poziomym kołnierzu (syst. Mac. Cully) *P*, panewce *Q*, umieszczonej w krzyżownicy *T*. Wał pionowy otrzymuje obroty od poziomego wału *W* z kołem napędowym, za pomocą stożkowych kół zębatach, z których koło wału pionowego mieści w sobie

łożysko mimośrodowe E dla jego czopu dolnego. Przy działaniu maszyny, wskutek tarcia pomiędzy kawałkami rudy i roboczymi stożkami, wał pionowy obraca się swoim dolnym czopem wewnątrz łożyska mimośrodowego w stronę odwrotną do kierunku obrotów koła zębatego, a więc i osi, do-



Rys. 123. Kruszarka Gates systemu Allis Chalmers (z katal. Allis Chalmers).

okoła której obraca się opisując stożek zaostrzony. Skalę rozdrobienia reguluje nakrętka M , przesuwaną wał w kierunku pionowym.

Kruszarki stożkowe odznaczają się ruchem spokojnym (równym), dzięki temu, że rozdrabianie odbywa się bez przerw w jakimkolwiek pionowym przekroju środkowym, odrębnie, niż w kruszarkach Blake ¹⁾. Pozwala to nadawać większą ilość obrotów pionowemu wałowi, t. j., wahań stożkowi B , niż ruchomej szczękę kruszarki Blake przy mniejszych wymiarach koła zamachowego. Podczas gdy maszyny Blake, wskutek znacznych drgań, wymagają odrębnych fundamentów, kruszarki Gates, mimo swego ciężaru, mogą stać na belkach sortowni, a nawet w wieży nadszybia, na górnych piętrach (Grängesberg w Szwecji). Oprócz tego, wytwarzają

¹⁾ W kruszarkach szczękowych rozdrabianie następuje w całej masie okresowo i jednocześnie.

one mniej pyłu, ponieważ nacisk na kawałki skały wywierany jest w jednym punkcie, dzięki wypukłemu i wklęsłemu kształtowi roboczych stożków (w przekrojach poziomych). Dwie powyższe zalety zdobyły dla kruszarki Gates nader szerokie zastosowanie przy rozdrabianiu grubem. Wymiar rozdrabiania określają: szerokość L płaszczyzny pierścieniowej otworu wpustowego i długość jej B po obwodzie, czyli odległość pomiędzy sąsiednimi ramionami dwu lub trzyramiennej krzyżownicy T . Nizej przytoczone dane z katalogu firmy Power a. Mining Machinery Co, Milwaukee, cechują wymiary i wyniki działania kruszarek systemu Mc. Cully.

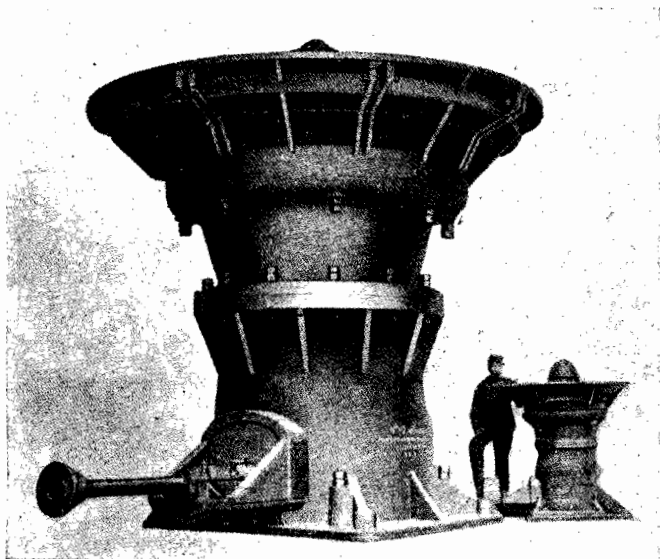
| Nr | Wymiary paszczy przy dwuramienniej krzyżownicy | | Przy największej skali rozdrobienia | | | | Przy najmniejszej skali rozdrobienia | | | | Ilość obrotów na minutę n | Praca KM | Średnica lejki wysypowego dm | Wysokość ogólna | Waga w tonach |
|---------|--|---------------------------|-------------------------------------|-----|---------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----|---------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------|------------------------------|-----------------|---------------|
| | cale $L \times B$ | milimetry $L \times B$ | szerokość szpary s | | $\frac{L}{s}$ | Wydajność w tonach na godz. Q_h | szerokość szpary s | | $\frac{L}{s}$ | Wydajność w tonach na godz. Q_h | | | | | |
| | | | cale | mm | | | cale | mm | | | | | | | |
| 1 | 5 × 20 | 127 × 508 | $\frac{7}{8}$ | 22 | 5,8 | 4,5 | $1\frac{7}{8}$ | 48 | 2,65 | 8,5 | 600 | 4—6 | 1.380 | 1.320 | 3,5 |
| 4 | 8 × 34 | 203 × 864 | $1\frac{1}{2}$ | 38 | 5,4 | 20 | $3\frac{1}{2}$ | 89 | 2,30 | 48 | 475 | 12—20 | 2.040 | 1.900 | 11,5 |
| 6 | 12 × 44 | 305 × 1118 | 2 | 51 | 6 | 50 | $4\frac{1}{2}$ | 114 | 2,45 | 120 | 425 | 25—40 | 2.700 | 2.480 | 24 |
| 8 | 18 × 68 | 457 × 1727 | $2\frac{3}{4}$ | 70 | 6,5 | 110 | $5\frac{1}{2}$ | 140 | 3,25 | 250 | 375 | 65—100 | 3.500 | 3.080 | 55 |
| 10 | 24 × 84 | 610 × 2134 | $3\frac{1}{2}$ | 89 | 6,85 | 210 | $6\frac{1}{2}$ | 165 | 3,70 | 450 | 350 | 115—160 | 4.600 | 4.100 | 85 |
| Mammoth | I 36 × 130 | 914 × 3302 | 5 | 127 | 7,2 | 600 | 8 | 203 | 4,5 | 1100 | 300 | 200—250 | — | — | 202,4 |
| | II 42 × 136 | 1067 × 3454 | $5\frac{1}{2}$ | 140 | 7,65 | 700 | 9 | 229 | 4,7 | 1300 | 300 | 225—280 | 8.200 | 7.600 | 212,5 |

Rys. 124 wyobraża kruszarki Mc. Cully Nr. 1 i 10 w skali porównawczej, dającej pojęcie o wymiarach mechanizmu. Kolosalne kruszarki Mammoth wysokości około 8,5 metrów odznaczają się rekordową wydajnością 24.000 ton na 20 godzin. Wał pionowy tych maszyn około metra średnicy jest ze stali niklowej. Podobna kruszarka pracuje na kopalni rudy żelaznej Süd—Waranger, w Kirkanes, w Norwegii. Roczna wydajność kopalni 1,800.000 ton. Zazwyczaj, te kolosalne kruszarki są używane przy robotach odkrywkowych na kopalniach rud żelaznych, twardego wapienia i t. p., przy zastosowaniu głębokiego mechanicznego wiercenia otworów strzałowych do silnych ładunków, oraz czerpaków mechanicznych (ekskawatorów) do usuwania skał, gdy materiał surowy otrzymują w grubych bryłach. Rozdrabianie brył w maszynach typu Mammoth daje znaczną oszczędność materiałów wybuchowych przy robotach górniczych.

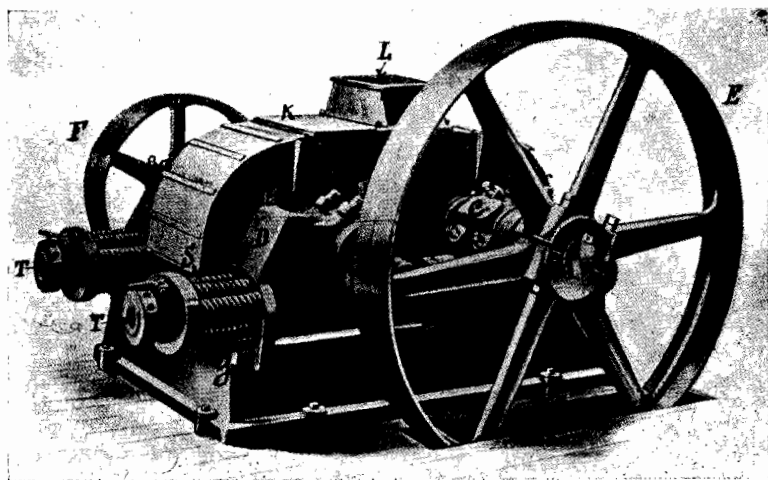
2. Rozdrabianie przez nacisk ciągły.

Walce rozdrabiające (kruszarki walcowe), (Rolls; Walzenwerke, Walzenmühlen, Walzenstühle; Cylindres Broyeurs. Дробильные валки rys. 125—132). Na część wykonawczą składają się dwa walce A i B ,

obracające się na poziomych równoległych osiach, w odwrotnych kierunkach ku sobie (gdy patrzeć na nie z góry). Ściany boczne komory roboczej tworzą ściany płaszcz *K*, przykrywającego walce z góry. Na

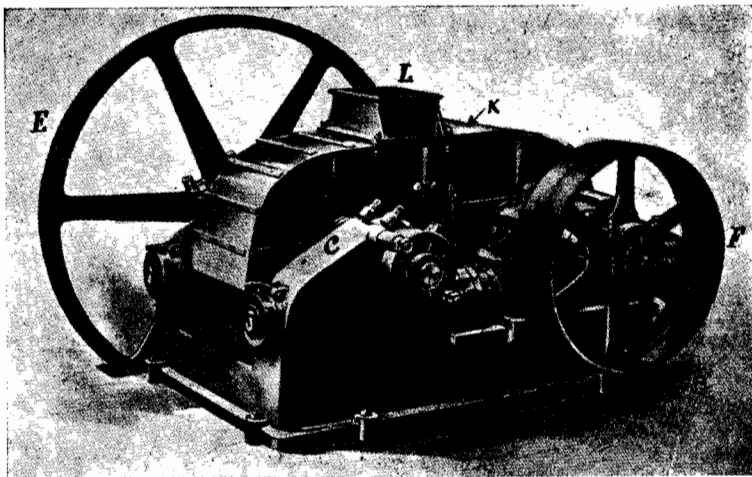


Rys. 124. Kruszarka Gates syst. Mc. Cully Nr. 10 i Nr. 1 (z katalogu Power & Mining M. Co Milwaukee).

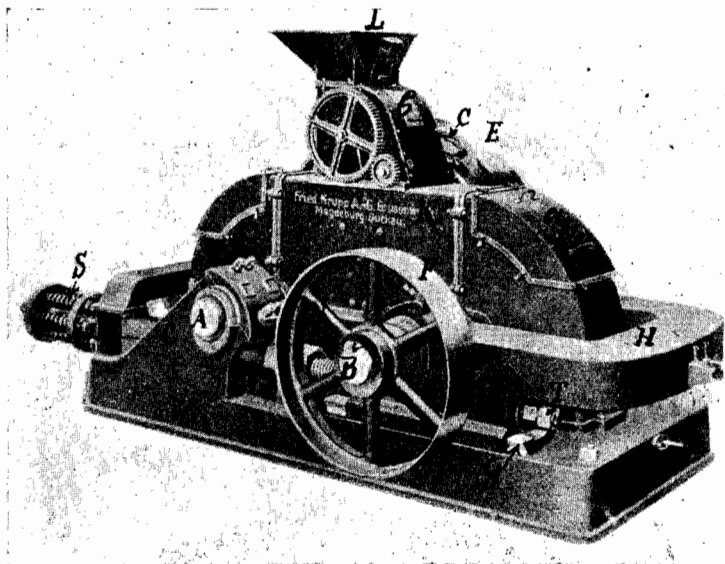


Rys. 125. Walce rozdrabiające (kruszarka walcowa) od strony łożysk nieruchomych.

płaszczu mieści się lej wpustowy *L*. Pomędzy walcami pozostawiają szparę odpowiednio do wymaganego stopnia rozdrobienia. Końce osi jednego walca *A* spoczywają w stałych łożyskach, a drugi *B* ma łożyska ruchome, przesuwające się wzdłuż poziomych kierownic *G* ramy



Rys. 126. Walce rozdrabiające (kruszarka walcowa). Od strony walców ruchomych (z katalogu Power & M. M. Co).

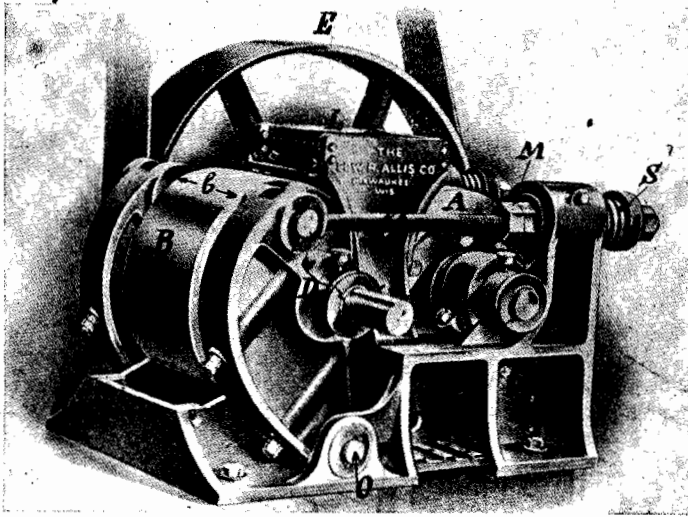


Rys. 127. Walce rozdrabiające (kruszarka walcowa), (z katalogu Fr. Krupp'a A. G. Grusonwerk). *a* — części płaszczki odejmowane w celu doglądu nad stanem walców. *b* — skrzynia z podawaczem, rozdzielającym materiał równomiernie na całą szerokość walców. Oś podawacza otrzymuje ruch od jednego z walców zapomocą kół zębatych i tarczy *C*.

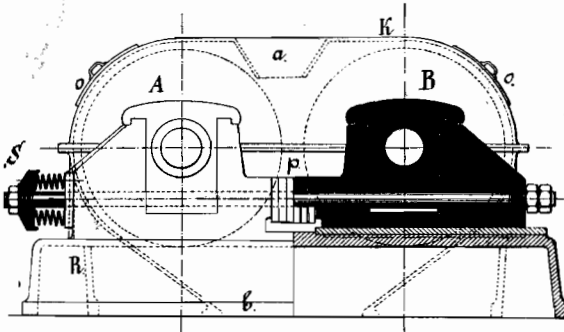
główniej (rys. 126, 127, 132), lub obracające się około osi *O* (rys. 128). Niekiedy, dla zapewnienia równoległego przesuwania się walca, oba łożyska są połączone ramą *H* w kształcie podkowy (rys. 127). Walce wywierają nacisk pod działaniem bolców ściągających *T*, zaopatrzonych

w silne sprężyny *S*. Szerokość szpary regulują za pomocą zespołu płyt metalowych *P*, rozmaitej grubości, wstawianych pomiędzy łożyska stałe i ruchome (rys. 125, 126 i 129) lub za pomocą nakrętek *M* na bolcach *T* (rys. 127, 128 i 130).

Walce otrzymują ruch od wspólnego wału napędowego za pomocą



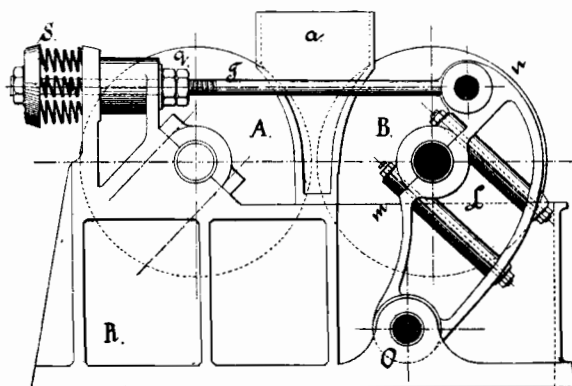
Rys. 128. Walce rozdrabniające bez płaszczu. Koło *F* zdjęte dla lepszego zorientowania się w szczegółach (z katalogu Allis Chalmers).



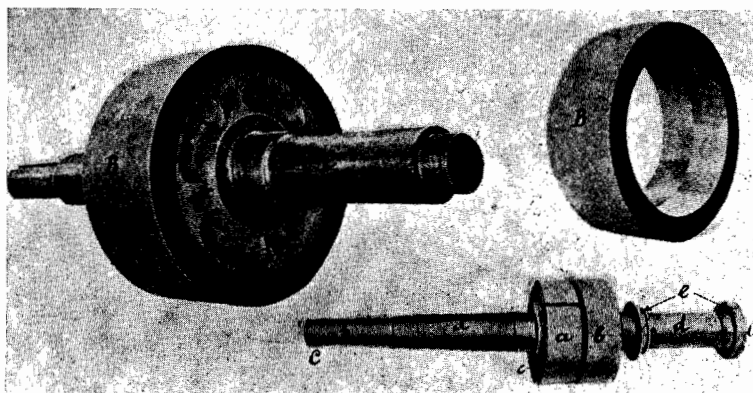
Rys. 129**. Walce rozdrabniające (kruszarka walcowa). *A* — łożysko nieruchome. *B* — łożysko ruchome; *p* — zespół płyt dla zachowania szpary pomiędzy walcami. *p* — otwory do obserwacji nad stanem walców. Oznaczenia jak na rys. 130.

kół pasowych, osadzonych na przeciwnych końcach osi walców (rys. 134 — 140 i poprzednie). Zazwyczaj walec *A* o łożyskach stałych ma większe koło pasowe *E* z pasem otwartym, a walec *B* o łożyskach stałych ruchomych ma mniejsze koło *F* z pasem skrzyżowanym. Pierwsze jest właściwie kołem napędowym. Walec drugi obraca się w czasie rozdrabniania wskutek tarcia. Koło *F* podtrzymuje

tylko ruch wtedy, gdy walce idą bez materiału. Niewielka jego średnica ułatwia dostęp do lejka wysypowego.



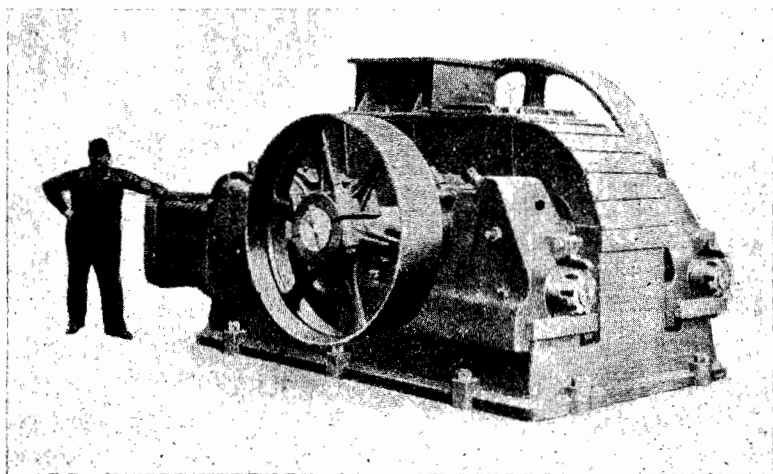
Rys. 130**. Walce rozdrabiające (kruszarka walcowa). *A* — łożysko nieruchome. *B* — łożysko ruchome. *T* — trzon i *S* — sprężyna powodują nacisk walca w łożysku ruchomem na walec w łożysku nieruchomem. Szpara zachowuje stałą wielkość zapomocą 1) zespołu płyt *p* wstawianych pomiędzy łożyska (patrz rys. 129) lub 2) specjalnymi zaczepkami *q* na trzonach naciskających. *R* — rama, *K* — płaszcz, *a* — wpust, *b* — wypust.



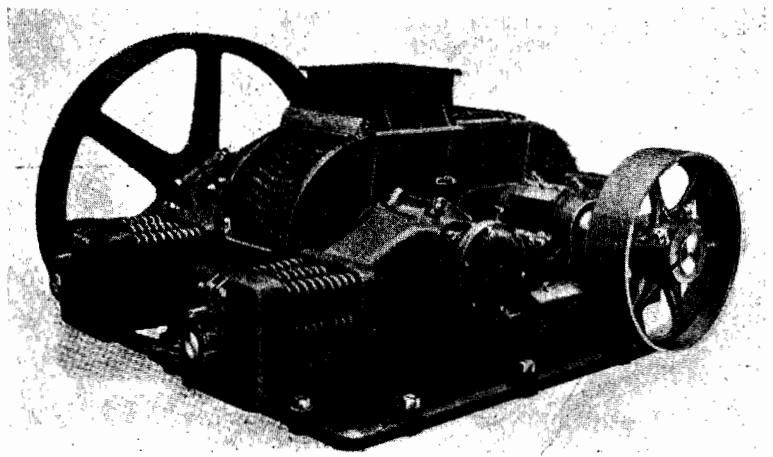
Rys. 131. Walec i jego części składowe. *A* — trzon walca (serce) nasadzony na wał na gorąco — składa się z dwóch pierścieni zlekką stożkowych *a* i *b*, ściągniętych bolcami *c*. *B* — obręcz robocza (Walzenring, Tyre, Meule) żelazna hartowana, kuta ze stali specjalnych gatunków, wewnętrzna powierzchnia wytoczona w kształcie podwójnego stożka stosownie do stożkowatości pierścieni *a* i *b*. *C* — os o sztykach łożyskowych *d*; *e* — pierścienie do ustawiania i do ochrony od pyłu, *f* — sztyka do nasadzenia tarczy napędowej.

Materiał wsypywany chwytają walce, a siła tarcia wciąga go do szpary. Miażdżenie odbywa się bez przerwy przez stopniowy i ciągły nacisk. Podobne działanie walców wytwarza minimum pyłu, wskutek czego walce nadają się, zwłaszcza, do rozdrabiania pomocniczego przy przeróbce rud gruboziarnistych (grubowtraconych) i wogóle we

wszystkich wypadkach, gdy zadanie przeróbki polega na możliwym zmniejszeniu ilości wytwarzanego szlamu.



Rys. 132. Walce rozdrabiające Nr. 17 (kruszarka walcowa, Power & Mining Co) wymiar największy $54 \times 18''$ czyli 1372×457 mm.



Rys. 133. Walce Nr. 17 o powierzchni brózdkowej (ryflowane, Power & Mining Co). a — płaszcz chroniący od pyłu.

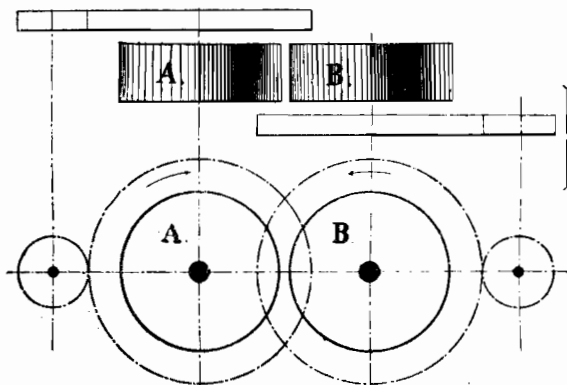
Niżej przytoczone dane z katalogu Power a. Mining Machinery Co. Milwaukee Wisconsin cechują wymiary najwięcej używanych walców (rys. 125, 126) i wyniki ich działania (superior Crushingsrolls).

Z powyższej tablicy wynika, że walce zazwyczaj są używane do rozdrabiania średniego dla ziarn od $1\frac{1}{8}''$ do $2\frac{1}{2}''$ (28—64), przy stopniu rozdrobienia 4, do ziarn 7—10 m/m. Najczęściej rozdrabiają ziarna 24—40 m/m do 6—10 m/m. Niekiedy, jednak, używają walców do roz-

| Nr | Wymiary walców | | Wymiary najgrubszych | | Szerokość szpary S — d przy E = 5 = 4 w m/m | Ilość obrotów na minutę n | Praca KM | Wydajność ton na godzinę Q h | Waga w tonach |
|----|--|---|-------------------------------|------|---|---------------------------|----------|------------------------------|---------------|
| | cale średnica szerokość D × b | milimetry średnica szerokość D × b | cale | m/m | | | | | |
| 3 | 24 × 14 | 610 × 356 | 1 ¹ / ₈ | 28,6 | 7,2 | 90 | 11 | 15,4 | 5,6 |
| 6 | 30 × 14 | 762 × 356 | 1 ¹ / ₂ | 38,1 | 9,5 | 66 | 15 | 18,2 | 8,75 |
| 9 | 36 × 16 | 915 × 406 | 1 ³ / ₄ | 44,5 | 11,5 | 51 | 18 | 22,4 | 12,25 |
| 15 | 48 × 18 | 1224 × 457 | 2 ¹ / ₄ | 57,1 | 14,2 | 33 | 23 | 28,8 | 30 |
| 17 | 54 × 18 | 1372 × 457 | 2 ¹ / ₂ | 64 | 16 | 28 ¹⁾ | 25 | 30,6 | 50 |
| 19 | 42 × 16 | 1067 × 406 | 2 | 51 | 12,8 | 41 | 20 | 24 | 18,5 |

drabiania miałkowego (mielenia) od 6 do 1,5; od 2 do 0,5 i od 1 do 0,25 m/m (walce zupełnie dociśnięte), lub do rozdrabiania grubego. Jednak to ostatnie zastosowanie jest ograniczone wobec ciężaru i wymiarów, jakie trzeba nadać walcom.

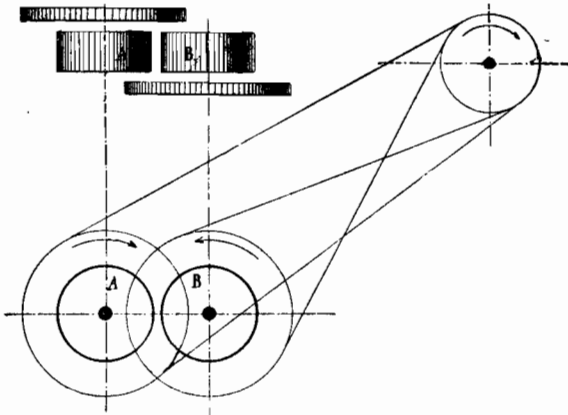
Ażeby walce chwyciły przy pomocy siły tarcia wsypywane kawałki rudy niezbędnym jest, aby średnica walców była przynajmniej



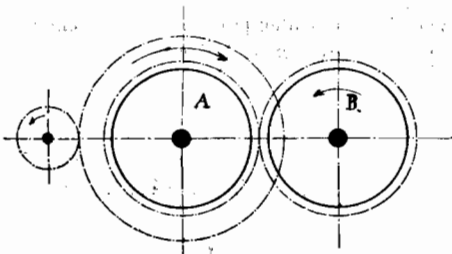
Rys. 134**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd za pomocą kół zębatych (przy małych prędkościach również rys. 138 i 139) przy obu walcach z przeciwnych stron.

20 razy większa od średnicy największych kawałków rudy. A więc, już dla kawałków grubości 2¹/₂ cala (64 mm), średnica walców musi wynosić 50 cali (1275 mm). Walce Nr. 17 podług tablicy są największe. Średnica ich 1380, długość ogólna 4280, szerokość 3800 mm. Średnica dużego koła pasowego 2750, małego — 1375, szerokość obwodu pierwszego 430, drugiego 330. Waga 52 tony. Rys. 132 daje pojęcie o stosunkowych wymiarach maszyny. Dla rozdrabiania materiału grubszego walce mają powierzch-

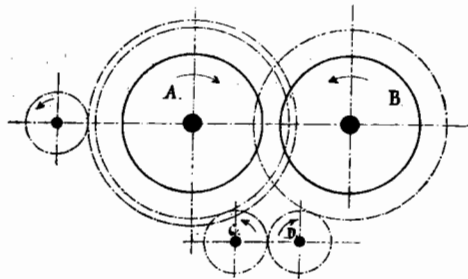
¹⁾ Walce innych firm robią do 150 i więcej obrotów na minutę.



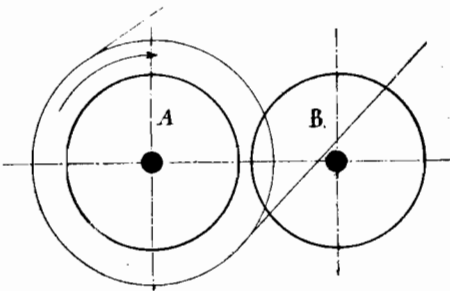
Rys. 135**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd zapomocą pasów (przy dużych prędkościach również rys. 138 i 139) przy obu walcach z przeciwnych stron.



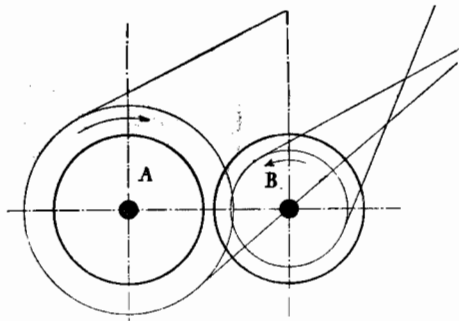
Rys. 136**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd zapomocą kół zębatach. Napęd przy jednym walcu. Walec B otrzymuje ruch od walca A.



Rys. 137**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd zapomocą kół zębatach. Napęd przy jednym walcu. Walec B otrzymuje ruch za pośrednictwem kół D i C od walca A.

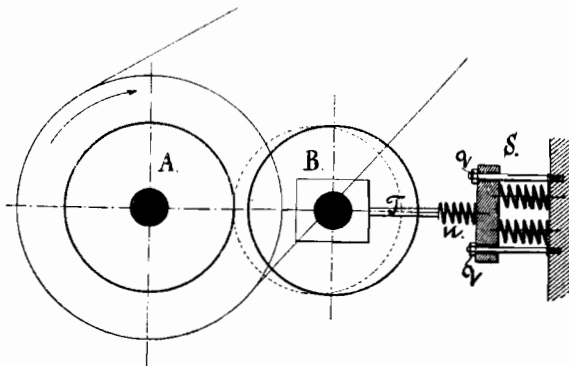


Rys. 138**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd pasowy — przy jednym walcu. Ruch drugiego zapomocą tarcia.



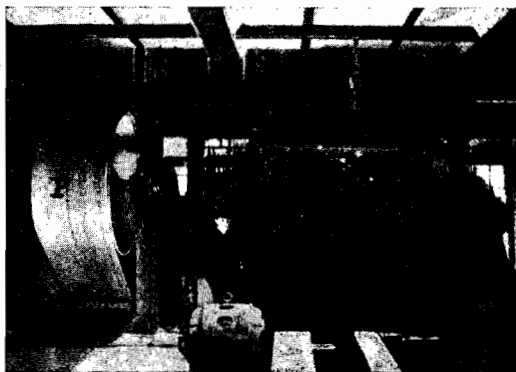
Rys. 139**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd pasowy — przy jednym walcu. Ruch drugiego zapomocą tarcia. Dodatkowe koło pasowe przy B podtrzymuje ruch przy biegu luźnym.

nie brózdkowate. Rys. 133 wyobraża walce Nr. 17 o powierzchni brózd-
kowanej do rozdrabniania kawałków 75 m/m. Ołbrzymie walce
Edisona przy średnicy 1500—2150 i tejże szerokości mają powierzch-



Rys. 140**. Napęd przy walcach rozdrabiających (kruszarkach walcowych). Napęd pasowy syst. Vezin. Ruch drugiego walca zapomocą tarcia. Trzon ściągający T posiada dodatkowe sprężyny u bardziej słabe, dociskające do samego końca walec do drugiego walca, podczas kruszenia, i przyciskające walec podczas biegu luźnego do walca A . S — sprężyny podstawowe. q — bolce

nię chropowatą i służą do miążdżenia brył do 1 m średnicy w cementowniach w St. Zjednoczonych i na kopalni rud żelaznych Dun-
Derland w Norwegji. Zużycie siły wynosi 150 KM (Rys. 141, 142).



Ryc. 141. Ołbrzymie walce Edisona. $D = 7'$ (2,1 m), $B = 6'$ (1,8 m) na fabryce cementu Tomkins Cove. Napęd zapomocą jednego pasa. (P — koło pomocnicze, jak na rys. 151).

3. Rozdrabianie połączone z rozcieraniem.

Klasyfikacja młynów. Do rozdrabniania bardziej drobnego i miążkiego sam nacisk nie wystarcza i niezbędne jest połączenie go z pewnym rozcieraniem. Również, jeśli stopień rozdrobienia, w związku z jego ostatecznym celem, ma być w któremkolwiek począt-

kowem lub końcowem stadium bardzo znaczny, to dla uproszczenia czynności i wykonania jej w jednej kruszarce, rozdrabianie musi być wykonywane zapomocą miążdżenia, połączonego z rozcieraniem.

Istnieje bardzo wiele typów kruszarek, działających na tej podwójnej zasadzie, w których rozcieranie gra większą lub mniejszą rolę. Kruszarki te noszą ogólną nazwę młynów (Mills, Grinders, Mühle, Moulins, Мельница). Wszystkie posiadają charakterystyczną cechę wspólną, mianowicie rozdrabianie odbywa się pomiędzy dwiema powierzchniami części wykonawczych przyrządu, które się toczą jedna po drugiej. Jedna z nich przynajmniej jest powierzchnią obrotową (walec) o takim kształcie, że toczeniu się jej po drugiej (podstawa) w określonym kierunku towarzyszy jednoczesne ślizganie. Toczenie się powoduje miążdżenie zapomocą nacisku stałego jak w walcach, a ślizganie — dodatkowe rozcieranie. Wielokrotne powtarzanie tego działania jest reprodukcją miążdżenia przerywanego, jak w kruszarce Blake.

Różne młyny mogą być podzielone na następujące grupy i kategorie:

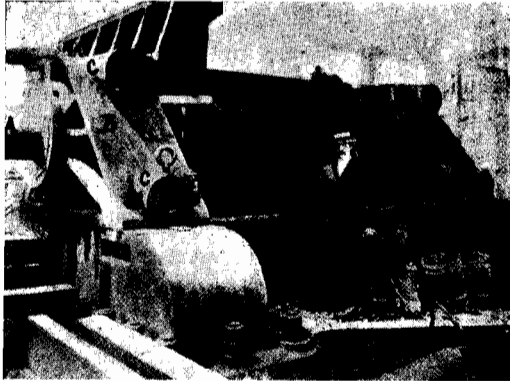
| Podług kształtu podstawy | | Podług kształtu rolek (walców) | | Podług położenia podstawy | | Podług ruchu podstawy | | Typy młynów | | |
|--------------------------|---------------|--------------------------------|---------|---------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|-------------|----------------------------|--------------------|
| A. | Pierścieniowe | I. | Walcowe | a. | pionowe | 1. | Z ruchomym pierścieniem | 1. | Sturtevant | |
| | | | | b. | poziome | | 2. | | Z nieruchomym pierścieniem | 2. |
| | | | II. | Kulowe | a. | poziome | 1. | " " | 3. | Frisbee Lucop |
| | | | | | a. | pionowe | | " " | | 4. |
| B. | Tarczowe | Walcowe | a. | poziome | 1. | " " | Z tarczą obracającą się | 5. | Griffin | |
| | | | | b. | | poziome | | | 2. | " " |
| | | | b. | Z tarczą nieruchomą | 1. | 2. | Z tarczą nieruchomą | 7. | Walce potrójne | 8.) Młyny chijskie |
| | | | | | | | | | | |

A. Młyny pierścieniowe (кольцевые мельницы) a) pionowe.

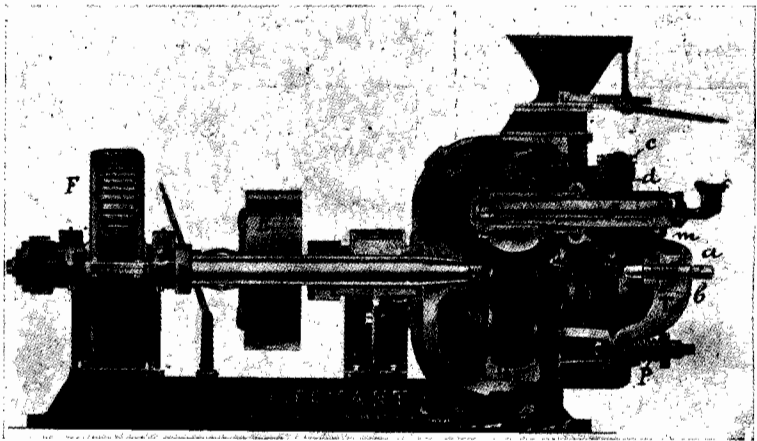
1. Młyn Sturtevant'a — jest to młyn pierścieniowy walcowy, o pionowym pierścieniu obracającym się — *B* (Ring Moll) (rys. 143 do 146) i trzech rolkach (walcach) *A*, dotykających pierścienia z wewnątrz.

Mechanizm napędowy obraca pierścień *B*. Walce *A* obracają się dzięki tarcu. Silne sprężyny *P* przyciskają walce do pierścienia zapomocą ramienia *T* i przyciskającej śruby z nakrętką *m*. Śruba naciska na tarczę *b*, przenosząc nacisk na mufy *M* przez łożyska kulkowe. Mufy są umocowane przy pomocy bolców *d* na nieruchomych osiach *O* walców *A*, lecz mogą się obracać około punktów *C*. Materiał postępuje

do leja *H* i przez kanał *S* do walca *A*. Siła odśrodkowa przyciska materiał do wewnętrznej powierzchni pierścienia. Materiał przechodzi kilkakrotnie pomiędzy wałcami a pierścieniami, aż wreszcie będzie zmielony do tego



Rys. 142. Olbrzymie walce Edisona w montażu. *A* — wał, *B* — łożysko, *C* — otwór do trzonów ściągających, *D* — trzon walca (serce). Części robocze zdjęte.



Rys. 143. Młyn pierścieniowy Sturtevanta. Przekrój podłużny. Rozdrabianie regulują zapomocą nacisku sprężyn i zapomocą sortowania zwykle na sitach drgających. (Rozdrabianie suche).

stopnia, ze walce wycisną go na bok. Wyciskanie gotowego materiału ma miejsce u każdego walca. Jest to sortowanie pomocnicze w stosunku do następnego walca, w myśl zasady „nie kruszyć nic zbyt mocno“.

Walce mają powierzchnię kulistą a wewnętrzna powierzchnia pierścienia jest odpowiednio wklęsła (rys. 143). Ponieważ stosunek największego do najmniejszego promienia obrotu pierścienia i wałców nie jest jednakowy, więc tylko środkowe punkty powierzchni wałców

toczą się po powierzchni pierścienia bez ślizgania. Wszystkie inne punkty powierzchni walców ślizgają się po powierzchni pierścienia i ślizganie się wzrasta ku brzegom walców.

Niżej przytoczone dane z katalogu Sturtevant Engineering Co charakteryzują działanie młynów pierścieniowych.

| Nr | Wymiary pierścienia | | Wymiary walców $D \times b$ m/m | Ilość obrotów pierścienia na minutę n | Praca KM |
|----|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|----------|
| | D (wewn.) $\times b$ cale | D (wewn.) $\times b$ milimetry | | | |
| 0 | 24×7 | 610×178 | 356×178 ¹⁾ | 125 | 8 — 12 |
| 1 | 33×7 | 838×178 | 356×178 ²⁾ | 80 | 15 — 20 |
| 2 | 44×12 | 1118×305 | 458×254 | 63 | 35 — 45 |

Wydajność młyna Nr 2 na godzinę (w tonach):

| Grubość wspywanego ziarna d | Grubość zmielonych ziarn s | | Stopień zmielenia $E = \frac{d}{s}$ | Kwarzec | Cementowy klinker | Wapień |
|-------------------------------|------------------------------|------|--|----------|-------------------|---------|
| | Ilość otwor. sita na 1 cal | m/m | | | | |
| 1" } 25 m/m } | 20 | 1,2 | 20 | 7,5 — 10 | 8 — 13 | 12 — 16 |
| | 40 | 0,5 | 50 | 5 — 6 | 6 — 8 | 8 — 10 |
| | 80 | 0,25 | 100 | 3 — 5 | 4 — 6 | 5 — 7,5 |

Wskutek tak znacznego stopnia zmielenia, młyny Sturtevant'a najczęściej są używane do rozdrabniania samodzielnego w cementowniach i cegielniach. Przy przeróbce rud mogą mieć zastosowanie wyłącznie do rud drobno wprysniętych, np. złotych.

2. Młyn Kent'a różni się od poprzedniego tylko mechanizmem napędowym nadającym ruch jednemu walcowi, który, dzięki sile tarcia, porusza pierścień i inne walce.

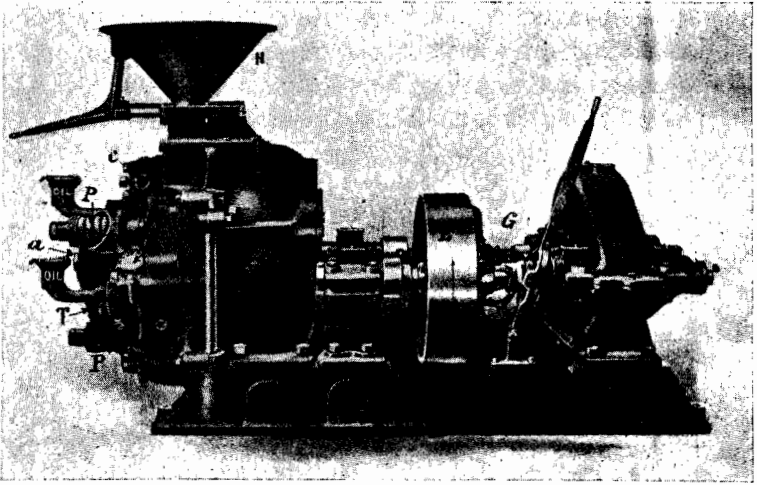
3. Młyn Frisbee Lucop odznacza się nieruchomym pierścieniem i dwoma luźnymi walcami, toczącymi się po wewnętrznej powierzchni pierścienia przez mechanizm podobny do opisanego poniżej pod punktem 6.

b) Poziome.

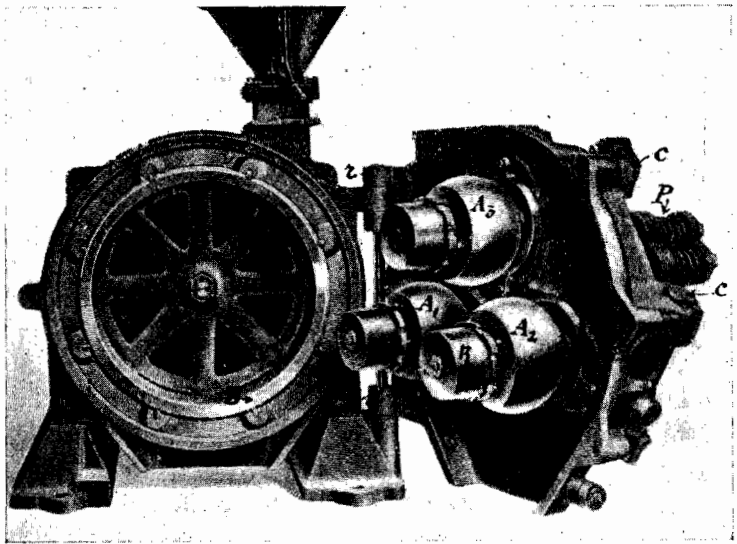
4. Młyn (wahadłowy) Huntington'a (Pendelmühle, Broyeurs à pendules) jest to młyn pierścieniowy z walcami (wałkami, rolkami) o poziomym nieruchomym pierścieniem B i czterech walcach A , dotykających pierścienia z wewnątrz (rys. 147 i 148).

¹⁾ Jeden walec.

²⁾ Trzy walce.



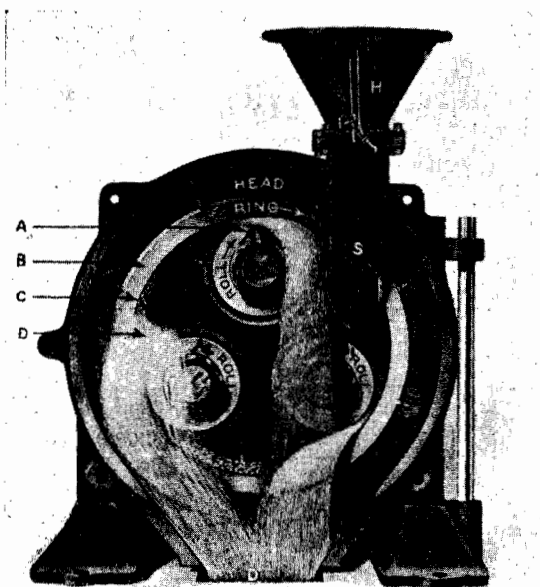
Rys. 144. Młyn pierścieniowy Sturtevanta. Z zewnątrz od strony wału napędowego. *E* — koło napędowe. *F* — skrzynka zawierająca koła zębate, poruszające wał środkowy. *G* — sprzęgło cierne.



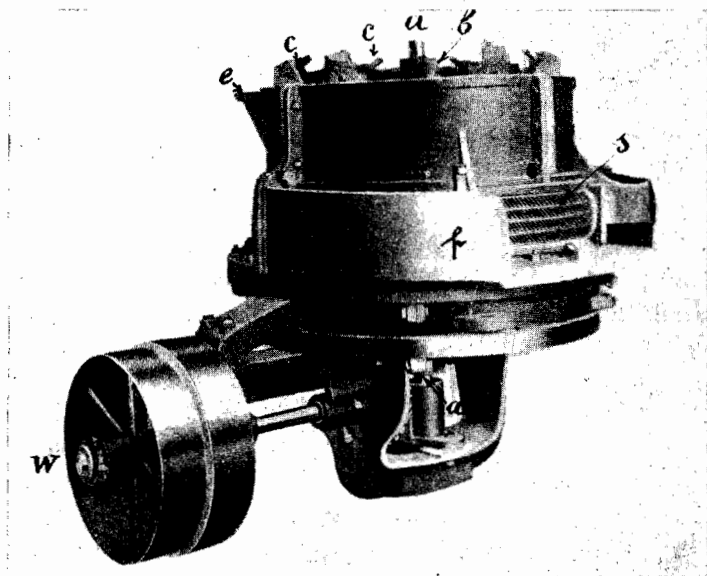
Rys. 145. Młyn pierścieniowy Sturtevanta. Pokrywa przednia otwiera się razem z wałcami (rolkami) na zawiasach *s*, *r*. *k* — pierścień ochronny od pyłu.

Koło napędowe *w* obraca pionowy wał *a*. Na tym wale umocowany jest powyżej pierścienia krzyżulec *b*, na którym są zawieszane na czopach *C* krótkie osie *d* wałców *A*. Siła odśrodkowa przyciska walce do pierścienia. Walce mają kształt ściętego stożka, i nie mogą się toczyć po cylindrycznej powierzchni pierścienia bez ślizgania.

Młyn jest dostosowany do mielenia mokrego. Materiał, wsypywany



Rys. 146. Działanie młyna Sturtevanta (rys. 143—146 z katalogu Sturtevant Eng. Co London).



Rys. 147. Młyn Huntington'a. Wymiar $3\frac{1}{2}$, (z katalogu Power & Mining M. Co).

przez lej *e*, pozostaje w przyrządzie tak długo, aż osiągnie taki stopień rozdrobienia, przy którym falowanie wody, doprowadzanej specjalną rurą, uniesie go w postaci szlamu przez siatkę *S*, otaczającą komorę roboczą

nad pierścieniem. Stopień rozdrobienia regulują zapomocą ilości wody, zapomocą odległości dolnego brzegu siatki (progu) od dna komory roboczej (misy) i zapomocą wymiarów oczek siatki, zastępującej sito kontrolujące.

Młyny Huntingtona używają się do przeróbki rud złota drobno-wprysniętych w ziarnach do 1" (25 mm), przy znacznym stopniu rozdrabiania 25—50 czyli do 1—0,5 mm. Również mają zastosowanie do mielenia drobnych przejściowych produktów sortowania rud piritowych w ziarnach od 12—5 mm, przy stopniu rozdrabiania 6—12.

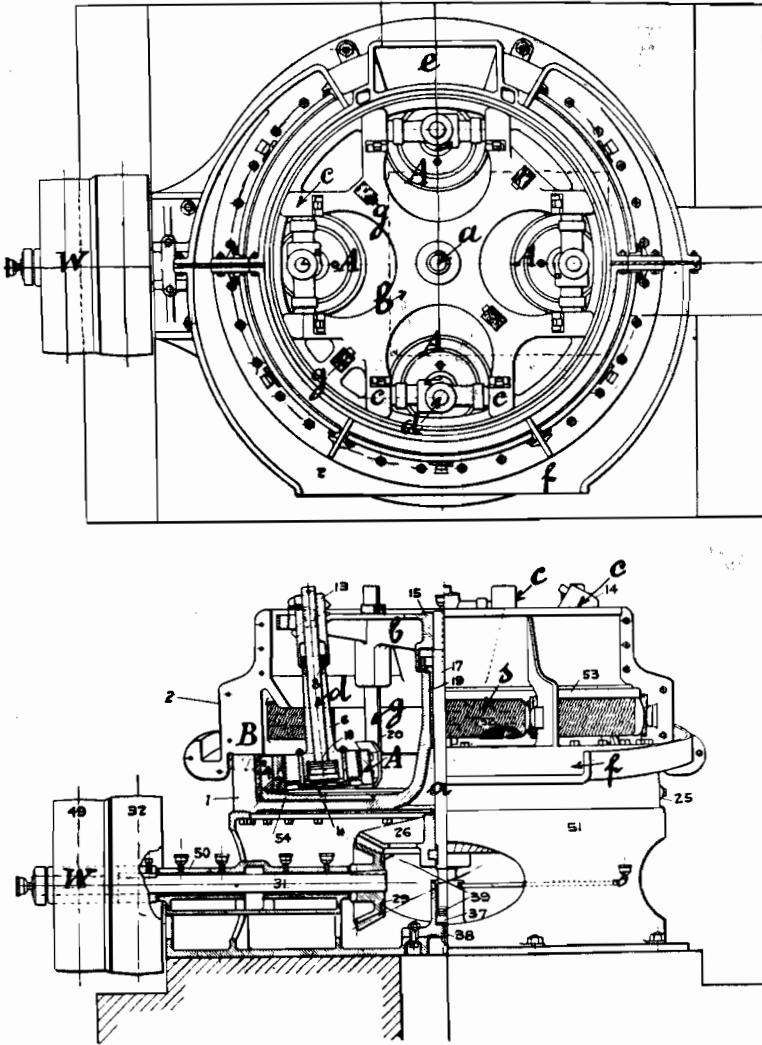
Niżej przytoczone dane z katalogu Power a Mining M. Co charakteryzują działanie młynów Huntingtona.

| Nr | Średnica pierścienia | | Prześn. średnica walców w mm | Ilość obrotów wału pionowego na min. | Grubość wsypowanych ziarn | | Szerokość ziarn zmielonych | | Stopień zmielenia $E = \frac{d}{s}$ | Wydajność ton na 24 godziny | Praca KM |
|----|----------------------|-----------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------|----------------------------|------|-------------------------------------|-----------------------------|----------|
| | zewn. w stopach | wewn. w metrach | | | w calach | w mm | ilość otworów w calu | mm s | | | |
| 1 | 3 | 1.016 | 374 | 90 | $\frac{1}{4}$ "— $\frac{1}{2}$ " | 6—12 | 100 | 0,2 | 36—5 | 5—46 | 5 |
| 2 | 5 | 1.448 | 456 | 70 | $\frac{1}{4}$ "— $\frac{3}{4}$ " | 6—18 | — | — | — | 9—75 | 8 |
| 3 | 6 | 1.672 | 484 | 65 | $\frac{1}{4}$ "—1" | 6—25 | 20 | 1,2 | 50—5 | 17—140 | 15 |

Istnieje kilka odmian młynów Huntington'a, niektóre z nich są używane do mielenia suchego i mają zastosowanie przy samodzielnym rozdrabianiu w cegielnictwie i na cementowniach. Przy mieleniu suchym robocza komora jest zamknięta i połączona z ekshaustorem, który wyciąga gotowy miął przez siatkę, otaczającą komorę ponad pierścieniem. Stopień rozdrabiania regulują zapomocą działania wentylatora i zapomocą gęstości siatki (młyn Bradley); jest on zawsze bardzo znaczny $E = 50$. Konstrukcja młynów, przeznaczonych do suchego mielenia, odznacza się zabezpieczeniem osi i łożysk mechanizmu od szkodliwego działania pyłu. Stosują się specjalne skrzynki od pyłu i płaszcze ochronne, lub też osie, na których są zawieszony walec; umieszcza się je na znacznej wysokości nad komorą roboczą, co nadaje młynom charakterystyczny kształt ostrosłupowy.

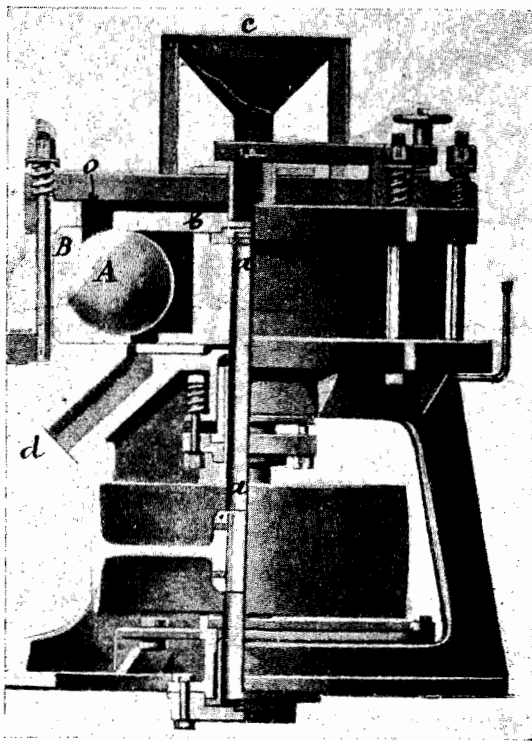
5) Młyn Griffina różni się od poprzedniego tem, że posiada jeden walec na długiej osi, zawieszony na wale głównym zapomocą uniwersalnego czopu kulistego. Dzięki wysokiemu położeniu czopa; młyn ten nadaje się do suchego mielenia w cementowniach, na cegielniach, oraz do miąłkiego mielenia na sucho rud złota, przy braku wody (Kalgoorli, Australja), chociaż jest używany z powodzeniem również przy mokrem wzbogacaniu rud.

6) Młyn kulowy pierścieniowy Emerick, jest to młyn pierścieniowy poziomy z walcami (wałkami) kulistymi (rys. 149).



Rys. 148. Młyn Huntington'a. Wymiar 5, rzut poziomy i przekrój (z katalogu Power & Mining M. Co). *f* — odpływ, *g* — łopatki, kierujące materiał pod walce.

Pionowy wał *a*, obracany zapomocą koła pasowego poziomego *W*, dźwiga w komorze roboczej piastę o pięciu sprychach, zaopatrzoną w drążki toczące 5 kul *A* po wewnętrznej kulistej powierzchni pierścienia *B*. Materiał, wsypywany przez lej *c*, pada na tarczę *b*, siła odśrodkowa rozrzuca go po tarczy, skąd przez otwory *O* trafia przed każdą kulę; do komory roboczej specjalne łopatki usuwają materiał zmielony przez otwór *d*. W niektórych przyrządach stosują usuwanie zmielonego materiału zapomocą ekshaustora. Stopień rozdrobienia regulują przesiewaniem kontrolującym przez przesiewacz wibrujący. Mielenie zawsze na sucho.



Rys. 149. Młyn kulowy Emerick (pulweryzator).

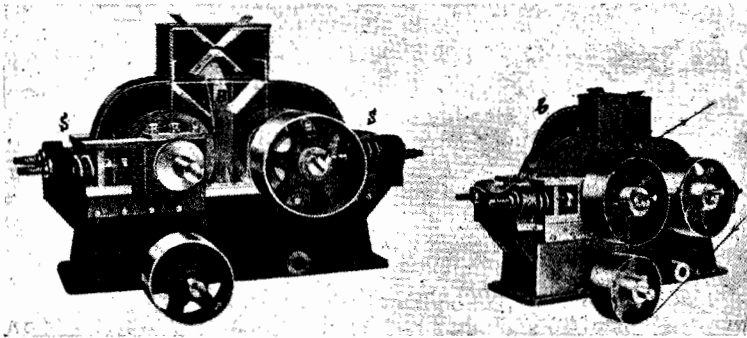
Kule przyciska do pierścienia siła odśrodkowa. Ponieważ promień toczenia się kuli zmienia się od maksimum do zera, więc, oczywiście w młynach kulowych znacznie większą rolę odgrywa ślizganie i rozcieranie, niż w młynach walcowych. Wobec tego są one używane do bardzo drobnego mieleńia jako czynności samodzielnej, jednak do skał miększych: wapień, łupki, klinker cementowy, węgiel, grafit. Następująca tablica z katalogu Wilfley Mining Machinery Co charakteryzuje działanie młynów kulowych:

| Nr | Wewnętrz. średnica pierścienia m | Średnica kul cale mm | Grubość wsypywanych ziarn d | Grubość ziarn zmietonych mm | Stopień rozdrobienia | Wydajność ton na godzinę | | |
|----|----------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|--------------|---------|
| | | | | | | węgiel | wapień łupek | klinker |
| 1 | 1,120 | 12" = 305 | } 12 mm } = 1/2" | } 0,2 | 60 | 4—5 | | |
| 2 | 1,320 | 14" = 356 | | | | 0,1 | 120 | 6—8 |

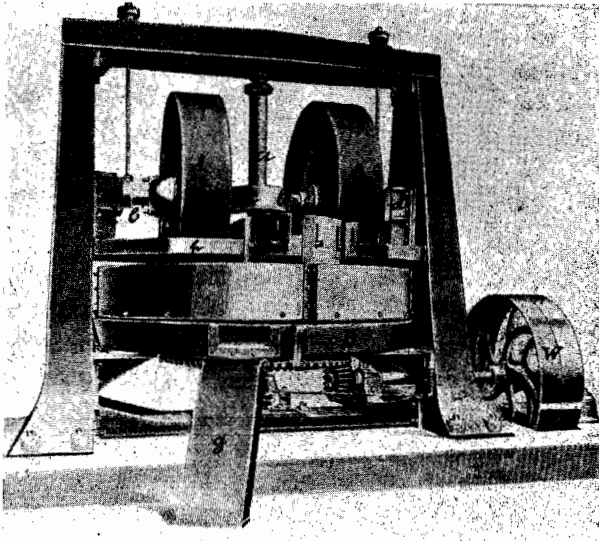
B. Młyny tarczowe. (Дисковые мельницы) Podstawa młynów tarczowych ma postać ruchomej lub obracającej się tarczy. Walce w postaci ciężkich kół. W młynach o obracającej się tarczy walce obracają się na nieruchomych osiach i leżą w płaszczyznach prostopadłych do średnicy podstawy. W młynach o tarczy nieruchomej walce toczą się po niej, zakreślając koło dookoła środkowej osi prostopadłej do powierzchni tarczy. Oczywiście, w obu wypadkach walce nie mogą biec po kole bez ślizgania się, powodującego silne rozcieranie.

7. Walce potrójne. (The triplex rolls Тройные валки rys. 150 i 151). Jest to pionowy młyn tarczowy o dwóch komorach roboczych.

Młyn ma postać zwykłych wałców rozdrabiających *A*, pomiędzy którymi na prostopadłej osi obraca się trzeci wałek *B*, którego powierzchnie boczne zastępują obracającą się podstawę tarczową podwójnego młyna. Dwa inne walce są cylindryczne i obracają się na nieruchomych osiach. Walce naciskają na podstawę przy pomocy sprężyn.



Rys. 150. Walce potrójne.

Rys. 151. Ogólny widok zewnętrzny.
b — płaszcz pokrywający wałek.

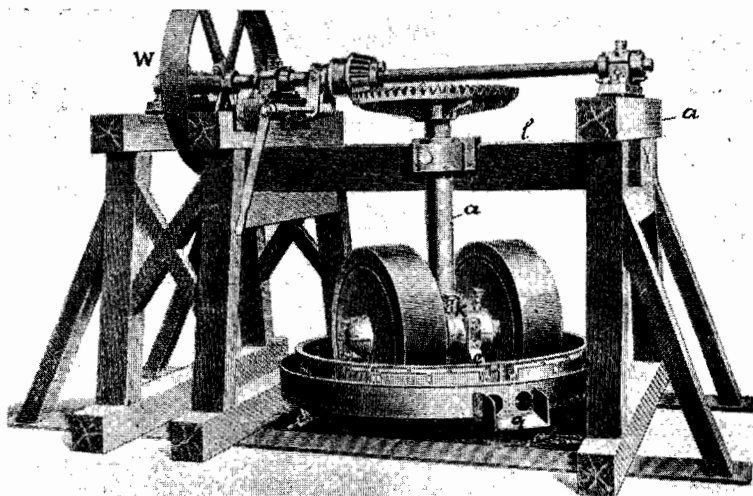
Rys. 152. Młyn chilijski o ruchomej misie do suchego mielenia w przemyśle ceramicznym (z katalogu Humboldt, Kalk b. Köln).

8) Młyny Chilijskie (Чилийские мельницы, бегуны) mają podstawę tarczową poziomą w kształcie dna miski (panwi), w której zawarta jest komora robocza.

U młynów z obracającą się podstawą (rys. 152) mechanizm napędowy *W* nadaje obrót pionowemu wałowi *a*, panwi *B* w części dolnej.

2 walce *A* spoczywają na nieruchomych poziomych osiach *b*, związanych zapomocą łąka *c*, przez który przechodzi środkowy wał; ruch podstawy wywołuje, wskutek tarcia, obrót walców. Walce całym swym ciężarem opierają się na podstawę, ponieważ osie ich poruszają się w kierownicach *d* u bocznych słupów stojaka.

W młynach o podstawie nieruchomej (rys. 154/155) napęd wprowadza w ruch walce zapomocą pionowego wału *E*, dźwigającego suwak *k*. Do suwaka są przytwierdzone osie walców. Walce cisną swym

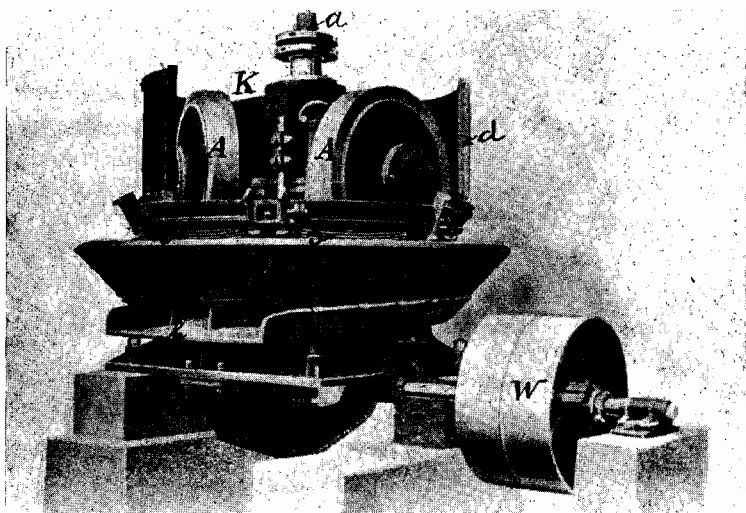


Rys. 153. Młyn chilijski z misą nieruchomą do mielenia suchego (z katalogu Krupp'a).

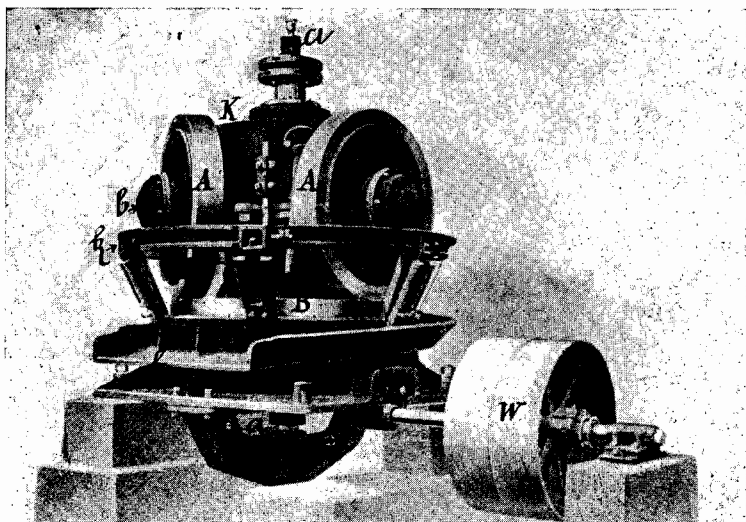
ciężarem na podstawę, a osie ich są połączone z suwakiem zapomocą zawiasów (p. rys. 155). W młynach obu typów materiał wsypują bezpośrednio do misy lub zapomocą zasilacza mechanicznego. Specjalne łopatki rozgarniają materiał w jednostajną warstwę po powierzchni tarczy. Łopatki te są umocowane do pierścienia *f* przy młynach pierwszego rodzaju i do suwaka przy młynach rodzaju drugiego.

Przy mieleniu suchym walce wyciskają materiał ku brzegowi tarcz, skąd wpada on do otaczającego płytkiego żłobu i jest usuwany przez kanał *g* (rys. 152 i 153). Znaczny nacisk ciężkich walców i ich działanie rozcierające dają wysoki stopień rozdrabniania i znaczny odsetek mąta. Wskutek tego młyny chilijskie powyższych typów mają szerokie zastosowanie w przemyśle cementowym i ceglany do mielenia wapienia, dolomitu, portland-cementu, do rozluźniania i mieszania ogniotrwałych glin i t. p. wypadkach, gdy mielenie nosi charakter operacji głównej.

9) Chilijskie młyny (Chili Mills. Kollergänge, Moulins Chi-liens Чилийские мельницы. Бегуны) do mielenia mokrego zna-

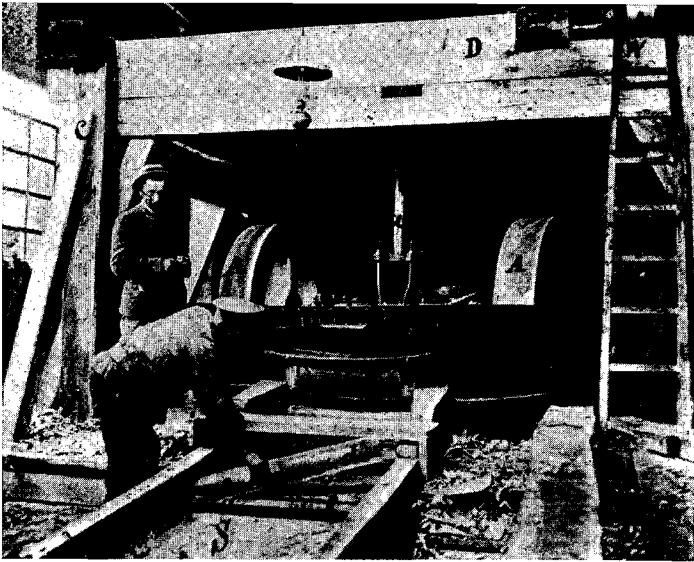


Rys. 156. Młyn chilijski Ewans Waddel trzechwalcowy o ruchomej misie do mokrego mielenia rud. Część przednia płaszcz *d* odjęta. *g* — płaszcz, zapobiegający rozbrzydzeniu się wody i rozrzucaniu materiału, wyrzucanego przez siatkę *s*.
f — żłób odpływowy.

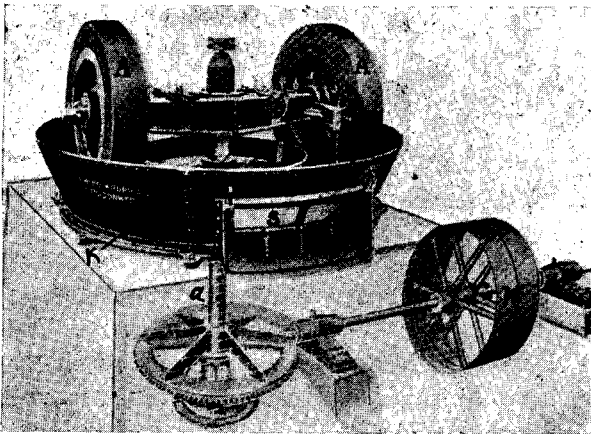


Rys. 157. Młyn chilijski Ewans Waddel bez płaszczy *d* i *g* i siatek *s* (oznaczenia jak na rys. 152 i 153). *K* — suwak, dźwigający pierścieniowy żłób wyspowy, z którego rury *h* doprowadzają rudę przed walce (z katalogu Allis Chalmers).

Huntingtona, zapomoćą falowania wody, unoszącej materiał zmielony do pewnego stopnia przez siatki *s*, którymi są zamknięte otwory w zewnętrznej ścianie panwi *k*. Skalę rozdrabiania regulują, zmieniając ilość wody, wysokość progę i gęstość siatek. Przy mieleniu mokrem



Rys. 158. Młyn chilijski na kopalni złota „Daubaj“ Tow. Semipałat. *C* i *D* stojak drewniany, dźwigający szyjkę górną wału pionowego i jego napędowe koła zębate stożkowe. *W* — koło napędowe. *S* — żłoby, wyłożone miedzianą blachą amalgamowaną do ujęcia cząstek złota ze zmielonego produktu, wyrzucanego razem z wodą przez siatkę *s* płaszcza *k*. *a b* — pułapka rtęciowa w postaci żłobka. *cd* — tarcza rozdzielająca, którą wstawiają po ukończeniu spłókiwania.

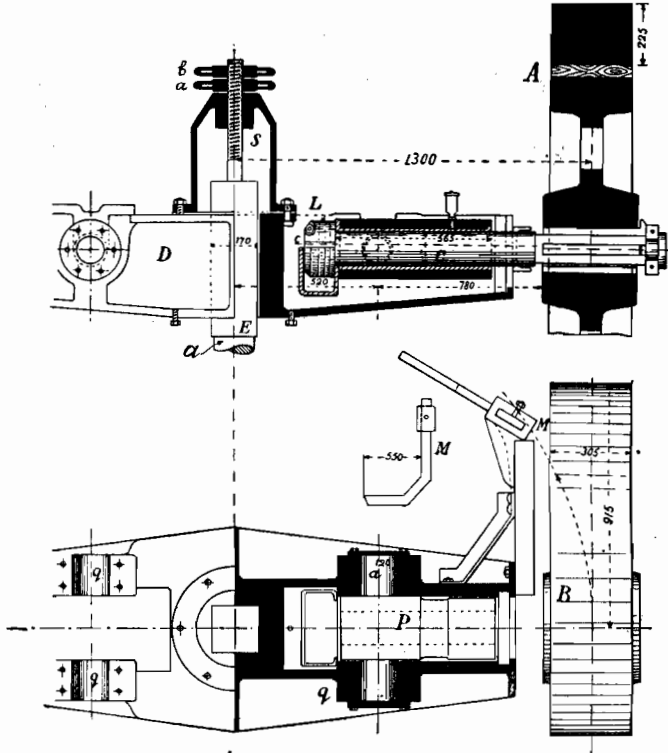


Rys. 159. Misa dużych wymiarów na kopalni złota Trojckiej (Koczkar, Ural Połudn.). Oznaczenia jak na rys. 158. Napęd dolny (z katalogu Krupp'a A. G. Grusonwerk).

regulowanie skali rozdrobienia daje się osiągnąć w znacznie szerszych granicach, niż przy mieleniu suchem. Dlatego mokre mielenie ma przeważnie zastosowanie przy przeróbce rud, gdzie dowolne regulowanie skali rozdrabiania odgrywa ważną rolę.

Przy przeróbce rud pirytowych używają lekkich potrójnych

młynów Ewans'a Wanddel (rys. 156 i 157), Bryan'a i innych. Walce ważą 1600—2000 kg. Ponieważ młyny dają znaczny stopień rozdrobienia, więc są używane w ostatnich stadiach wzbogacenia do mielenia produktów przejściowych, po uprzednim wzbogaceniu, w ziarnach od 5—10 mm, czasem nawet 2—1 mm, do grubości 1—0,25. Skala rozdrabiania wynosi 10—4.



Rys. 160. Części urządzeń młynów chilijskich (do rys. 159).

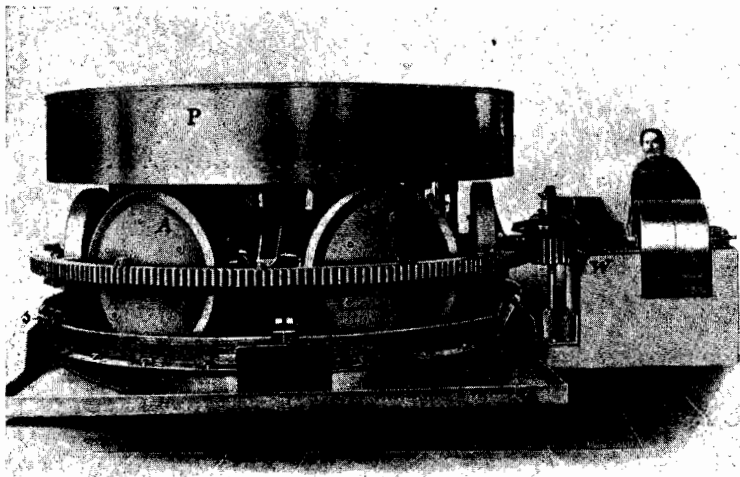
Do mielenia twardych kwarcowych rud złota używają ciężkich podwójnych i potrójnych młynów chilijskich o wadze po 3300—5000 kg. Bardzo są rozpowszechnione młyny chilijskie w Rosji — na Uralu i w Syberji, gdzie na niewielkich kopalniach są często jedynym przyrządem rozdrabiającym. Uprzednio, przed tem rozdrabiają rudę do wielkości 100 mm (rys. 158, 159, 160). Zazwyczaj rudy złota, wymagające znacznej skali rozdrabiania, załadowują się w kawałkach 50—25 mm i miela się do 1—0,25. Skala rozdrabiania wynosi 50—100.

10) W ostatnich czasach na kopalniach złota w Ameryce ma zastosowanie wielowalcowy młyn Lane o 3—6 walcach. Cechę charakterystyczną stanowi zbiornik *P* (rys. 161) napełniany kamieniami, co pozwala regulować nacisk walców na podstawę. Dane, charakteryzujące działanie młynów chilijskich rozmaitych systemów, przytoczone są w podanej obok tablicy. Należy podkreślić, że młyny chilijskie opisane

| Typ młynów chilijskich | | Srednica misy | Ilość walców | Srednica walca | Szerokość walca | Waga walca w tonach | Ogólna waga młynów chl. w pudach ¹⁾ | Promień obrotu w m | Ilość obrotów wału piono- wego na 1' | Grubość ziarn załado- wanych — (d) | Grubość ziarn zmieło- nych (s) | Skala rozdrabniania $F = \frac{d}{s}$ | Wydatność na dobę ton | Wydatność na dobę w pudach | Praca w K. M. | | |
|--|--|--------------------------|--------------|----------------|-----------------|---------------------|---|--------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------|-------------------------------|---------------|-------|--|
| Rozdrabianie suche | Młyn chilijski fabryki A. G. Humboldt Kalk bei Köln o podstawie ruchomej podług rys. 152 | Nr. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 640 | 160 | 0,3 | 36 | — | 40 | 40 | 1 | 40 | 2,6 | 156 | 1 1/2 | | |
| | | 2 | — | 800 | 200 | 0,6 | 72 | — | 32 | — | — | — | — | 6 | 360 | 2 1/4 | |
| | | 3 | — | 1.000 | 250 | 1,1 | 132 | — | 24 | — | — | — | — | 11 | 660 | 4 | |
| | | 4 | — | 1.250 | 320 | 2,5 | 300 | — | 21 | — | — | — | — | 24 | 1.440 | 7 1/2 | |
| | | 5 | — | 1.600 | 400 | 4,0 | 475 | — | 18 | — | — | — | — | 38,5 | 2.300 | 10 | |
| 6 | — | 1.800 | 400 | 5,0 | 600 | — | 16 | — | — | — | — | 48 | 2.880 | 12 | | | |
| Rozdrabianie mokre | Młyny chilijskie Ewans Waddei podług rys. 156, 157 | 1.839 | 3 | 1.490 | 200 | 2 | 360 | 815 | 37 | { 6,25 5 | { 0,75 2 | { 8 2,5 | 100 | — | 8—10 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rozdrabianie mokre | Młyny na rzyckich kop. zła Bierozowskij Zawod (Ural, Je- katierinburg) Kopalnie „Daubaj“ (Siempala- tińska Oblast (podług rys. 158) Trojektij Rudnik (kopalnia), Kocz- kar, na Uralu, podług rys. 159, 160 | 2.540 | 2 | 1.980 | 350 | 4,8 | 600 | 1.090 | 11 | 50 | 1 | 50 | 18,2 | 1.000 | 10 | | |
| | | | 3 | 1.620 | 305 | 3,2 | 600 | 1.090 | 16 | — | — | — | 27 | 1.500 | 15 | | |
| | | | 2 | 1.320 | 254 | 1,7 | 220 | 1.127 | 12 | — | — | — | — | 14 | 800 | 8 | |
| | | | 2 | 1.830 | 305 | 3,92 | 490 | 1.300 | 12 | — | — | — | — | 36 | 2.000 | 17 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Młyn Lane (Kalifornia) podług rys. 161 | | 3.180 | 6 | 1.050 | 125 | 1,7 | 660 | 1.525 | 6—8 | 25 | 0,5 | 50 | 45—54 | 2.750 | 12 | | |
| | | Obciążenie dodatkowe P — | | Razem | | 1.080 | | | | | | | | | | | |

1) Pud = 16,381 kg.

tutaj są oparte na zasadach, stowanych w rozmaitych krajach przez tubylców, którzy zwykle rozpoczynają eksploatację żyły u ich wschodni. Nie bez słuszności młyny chilijskie są uważane na Uralu za wynalazek czysto rosyjski, chociaż przyrządy, działające na tej zasadzie, są znane na całym świecie, pod nazwą młynów chilijskich. Pierwsze odkrycia wschodni żył złotodajnych na Uralu południowym były zrobione na traktach handlowych, gdzie zwierzałe wschodnie żył były mielone kołami ciężkich wozów i oswobodzone w ten sposób złoto, zwraca-

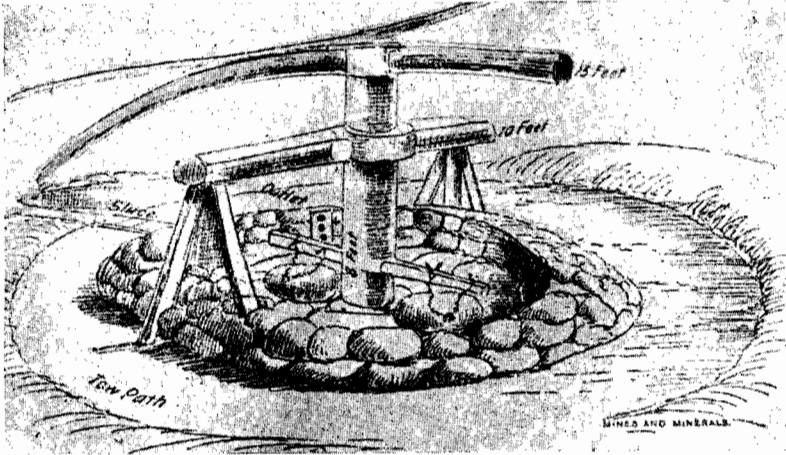


Rys. 161. Młyn sześciowalcowy Lane. Oznaczenia jak na poprzednich rys.

cało uwagę przejeżdżających. Następnie, zaczęto umyślnie zwozić rudy na drogi karawanowe, w celu ich zmielenia. Następnym krokiem w ewolucji mielenia rud złota były specjalne drogi bite, na które składano rudy, a ciężkie wozy, ciągnięte końmi mełły ją. Na Uralu pozostały resztki dróg podobnych. Dalszym etapem było ustawienie osi poziomej o paru kamieniach młyńskich, zamiast kół, na wale pionowym. Środkowy wał drewniany, umocowany na stojaku, dźwigał krzyżulec, na którym były osadzone, jak na osiach, koła wyciosane z granitu; do wystających końców krzyżulca zaprzęgano konie. W taki sposób powstał typ młynów chilijskich. W innych krajach nie od razu doszli do kół kamiennych. Prymitywniejszym typem młyna jest, tak zwana arastra (аpастpa) (rys. 162), różniąca się od poprzednio opisanego tem, że u poziomego drąga, umocowanego na pionowym wale, są zawieszane na łańcuchach ciężkie bryły skały, ciągnięte podczas ruchu po rozestanej rudzie. W Meksyku jeszcze i obecnie arastry są w użyciu na prymitywnych kopalniach (rys. 163). Arastry winny być uważane za prototyp obecnych młynów tarczowych, działających wyłączenie zapomocą rozcierania.

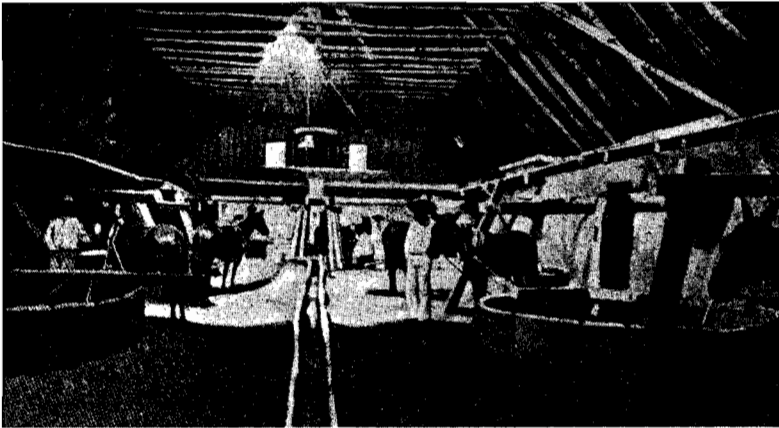
4. Rozcieranie.

Zasada wyłącznie rozcierania ma zastosowanie przy mieleniu drobnem produktów uprzedniego miękkiego rozdrobienia, czyli materiału w ziarnach od 1—2 mm, na mąkę 0,25—0,1 mm;



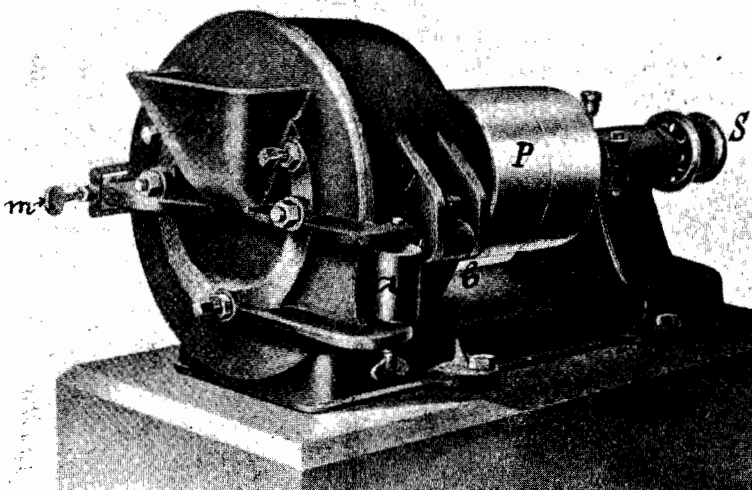
Rys. 162. Arastra.

skala rozdrabiania wynosi 4—20. Mielenie odbywa się pomiędzy dwiema trącami się tarczami, z których jedna jest nieruchoma, a druga szybko się obraca do koła środkowej osi. Rozcieranie wymaga

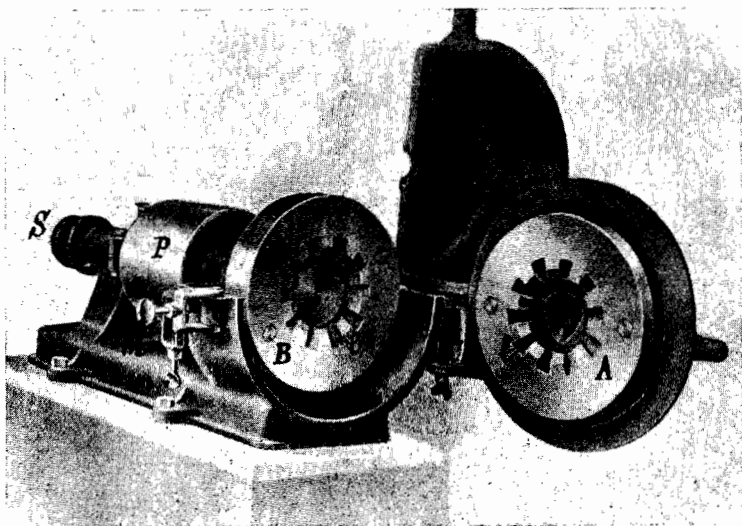


Rys. 163. Mielenie rud złota w arastrach w Meksyku.

bardzo znacznego zużycia energii, ponieważ oprócz pracy mielenia, energia zużywa się na pokonanie oporu tarcia. Z tego powodu, zastosowanie zasady wyłącznego rozcierania, do mielenia skał twardych, ogranicza się wogóle do przeróbki nieznacznych ilości, a w szczególności bardzo drobno-wprysniętych rud złota i srebra. Przeważnie, zaś, rozcieranie ma



Rys. 164. Młyn tarczowy Sturtevanta do mielenia prób (z katalogu Sturtevant Engineering C^o). Oznaczenia jak na rys. 165.



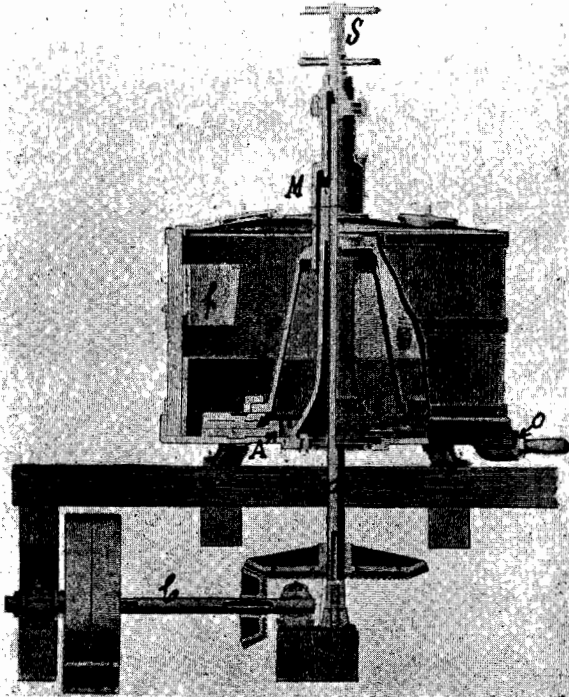
Rys. 165. Młyn tarczowy Sturtevanta. Ściana przednia komory roboczej i walcowata pokrywa są otwierane na zawiasach *a* i *b* dla czyszczenia maszyny. W ruchu są zamknięte zapomocą śrub zaciskających *m* i *n*.

zastosowanie do skał miększych, o twardości zwykłych wapieni, do produktów chemicznych, szczególnie zaś do produktów rolniczych, zboża i t. p. Przyrządy działające na tej zasadzie, w technice przeróbki rud, podług kształtu części roboczych, noszą nazwę kruszarek tarczowych (Grinders. Дискowe истиратели) Przyrządy służące do rozcierania miększych materiałów (do operacji głównej rozdrabniania) noszą nazwę

młynów lub żaren (kamieni młyńskich). Zależnie od położenia płaszczyzny tarcz, rozróżniają przyrządy poziome i pionowe.

A. Młyny tarczowe do skał twardych.

1. Młyn tarczowy Sturtevant'a do mielenia prób w laboratorjach i na fabrykach (Sample Grinder rys. 164 i 165) jest kruszarką pionową. Nieruchoma tarcza stalowa *A* jest umocowana u przed-



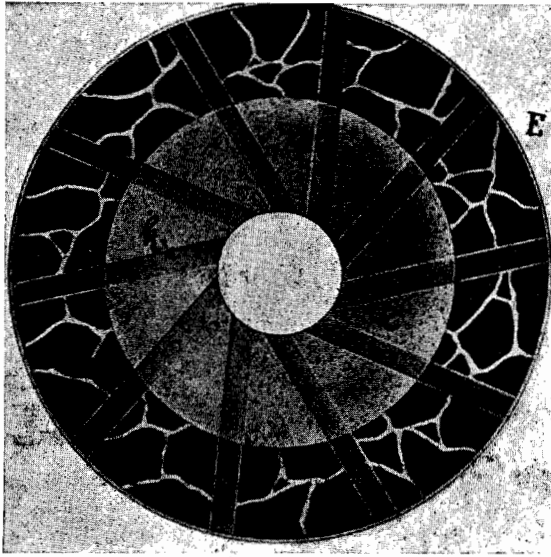
Rys. 166. Rozcierająca panew — amalgamator (z katalogu Humboldt).

niej ściany komory roboczej. Obracająca się tarcza *B* jest osadzona na poziomym wale o dwóch kołach pasowych (luźnym i napędowym). Śruba *S* reguluje nacisk tarcz. Materiał grubości do 2 mm wsypany przez lej *C*, trafia przez kanał *k* do komory środkowej pomiędzy tarczami, a siła odśrodkowa rozrzuca go po rowkach *l* w kierunku ku obwodowi. Materiał zmielony wychodzi przez otwór dolny do zbiornika pod przyrządem. Tarcza robi 800 obrotów na minutę. Zużycie energii — 3 KM. Średnica tarczy 200 mm. Mielenie suche.

2. Panew rozcierająca (Grinding pan. Истирательный чан, rys. 166) jest kruszarką poziomą, bardzo rozpowszechnioną przy przeróbce rud i używaną do mielenia mokrego.

Nieruchoma tarcza *A* jest umocowana na płaskim dnie cylindrycznej panwi. Obracająca się tarcza *B* jest osadzona, zapomocą konstrukcji *p* —

M na wale pionowym a , który otrzymuje ruch od poziomego wału b . Śruba S reguluje nacisk tarcz. Tarcze są zaopatrzone w ukośne krzyżujące się rowki k , powodujące odśrodkowy ruch szlamu. Woda z zawieszonymi w niej cząstkami miałkami (męty), wskutek obrotów tarczy ruchomej, otrzymuje na powierzchni kształt leja. Męty napotyka spiralne przegrody f w górnej części przyrządu, kierują się ku środkowi znowu trafiają pod tarczę B , dzięki wciągającemu działaniu rowków k . Produkt zmielony w postaci szlamu wypuszcza się okresowo przez

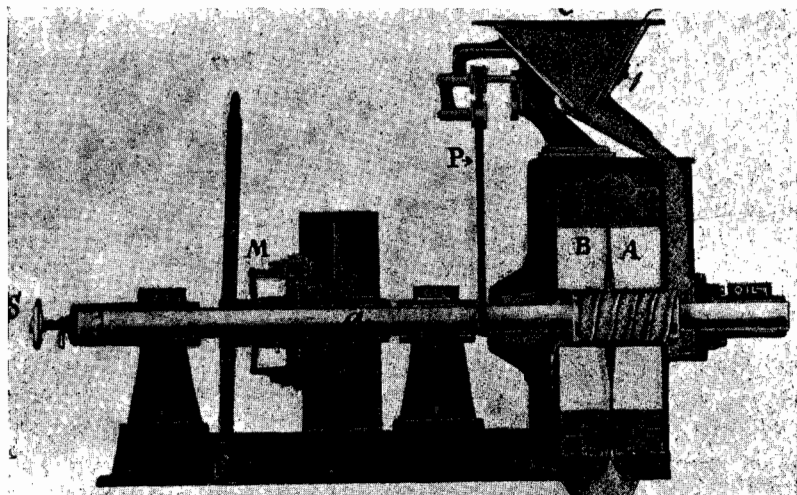


Rys. 167. Kamień młyński Emery,

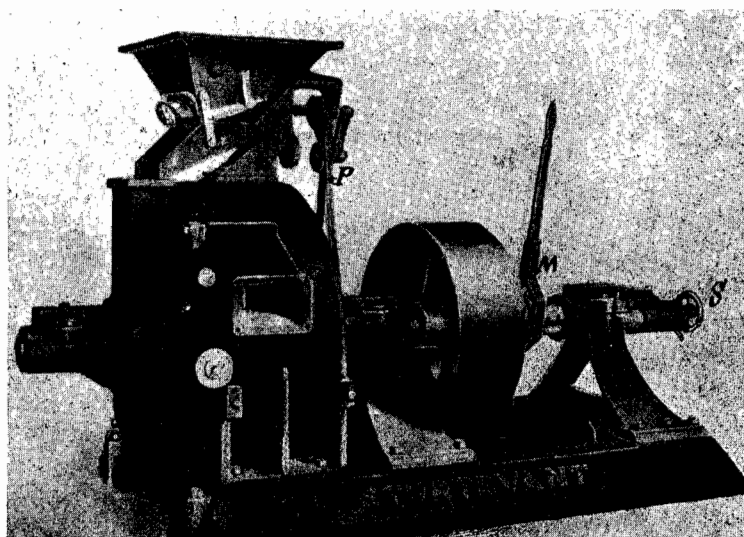
otwór O , zamykany korkiem. Średnica wewnętrzna panwi 1525, wysokość — 1000, ilość obrotów — 60, zużycie energii 4 KM. Panew rozcierająca stosowana jest w przemyśle złotym dla jednoczesnej amalgamacji niezmielonych resztek, pozostających zwykle w młynach chilijskich i innych przyrządach rozdrabiających o takim samym, jak w pierwszych, sposobie wyładowania, np., młynach Huntington'a, Griffin'a, tłuczkach i t. p. — lub też, resztek, gromadzących się w kanałach, odprowadzających materiał mielony z młynów chilijskich lub tłuczek na zwały. Mielenie tych resztek odbywa się w obecności rtęci, rozpuszczającej znajdujące się złoto. W panwiach, więc, jest przerabiana bardzo nieznaczna część materiału przerabianego w zakładach. Szersze zastosowanie mają panwie rozcierające przy algamacji rud srebra; wówczas, cała ilość materiału jest w nich mielona. Panwie, więc, mają przeznaczenie dwojakie: mielenie i amalgamację; konstrukcja ich jest w znacznej mierze uzależniona od warunków ostatniego procesu. Wskutek tego,

są one więcej znane pod nazwą amalgamatorów, niż przyrządów do rozdrabiania.

B. Żarna — kamienie młyńskie — do skał miękkich (Crist-, Buhrstone-, Emery-mills; Жернова для мягких пород). Kamienie



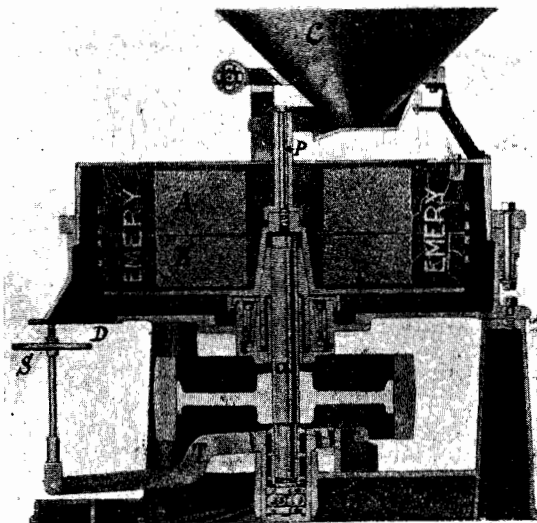
Rys. 168. Młyn pionowy Sturtevanta (przekrój) M — sprzęgło cierne.



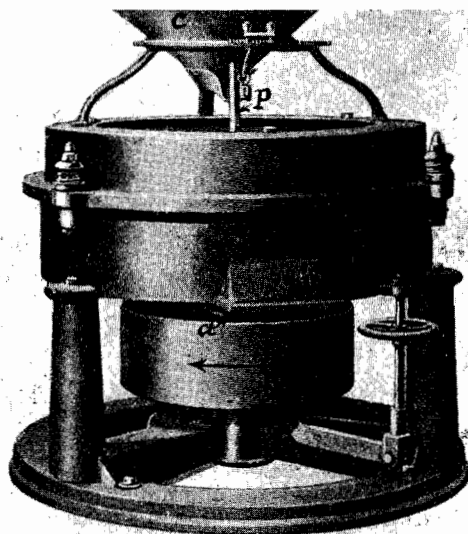
Rys. 169. Młyn pionowy Sturtevanta. P — napęd samoczynny do podawacza.

wyrabiają się z bardzo twardej kwarcytowej skały. Mało stosunkowo istnieje złóż skał, zdalnych do tego celu. Bardzo znane są złoża La Ferté sous Jouarres we Francji (Dep. Sekwany i Marny), Redlich, Ohrenstein & Spitzer w Neustadt na Węgrzech. Firma Sturtevant w Anglii

korzysta z kwarcytu z Azji Mniejszej i wysp Archipelagu Greckiego, znanego pod nazwą Emery. Zwykle zewnętrzna tylko część kamieni *E*, jako wykonywająca większą pracę, składa się z kawałków twardego



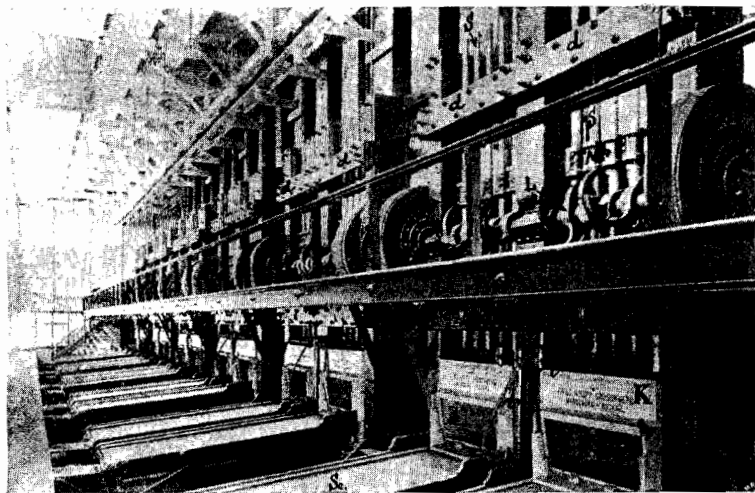
Rys. 170. Młyn poziomy Sturtevanta. Przekrój (rys. 168—171 z katalogu Sturtevant E. C^o).



Rys. 171. Młyn poziomy Sturtevanta. *D* — odpływ.

kwarcytu, spojenych metalowym stopem (rys. 167). Część środkową robi się z materiału mniej twardego. Na powierzchni kamieni wycinają ukośne rowki *k* głębokości około 10 mm, szerokości 25 mm; głębo-

kość rowków zmniejsza się w kierunku obwodu i na obwodzie dochodzi do zera. Rowki przesuwają materiał od środka ku obwodowi, przy pewnym kierunku obrotów kamienia, a brzegi ich krają materiał. Temu działaniu krającemu pomaga złożenie zewnętrznej części kamienia z oddzielonych kawałków, a nie z jednej sztuki kwarcytu: łatwo topliwy stop metalowy pod działaniem tarcia i nagrzewania zużywa się prędzej, niż kwarcyt i ten ostatni kraje ostreimi brzegami. Mielenie na kamie-



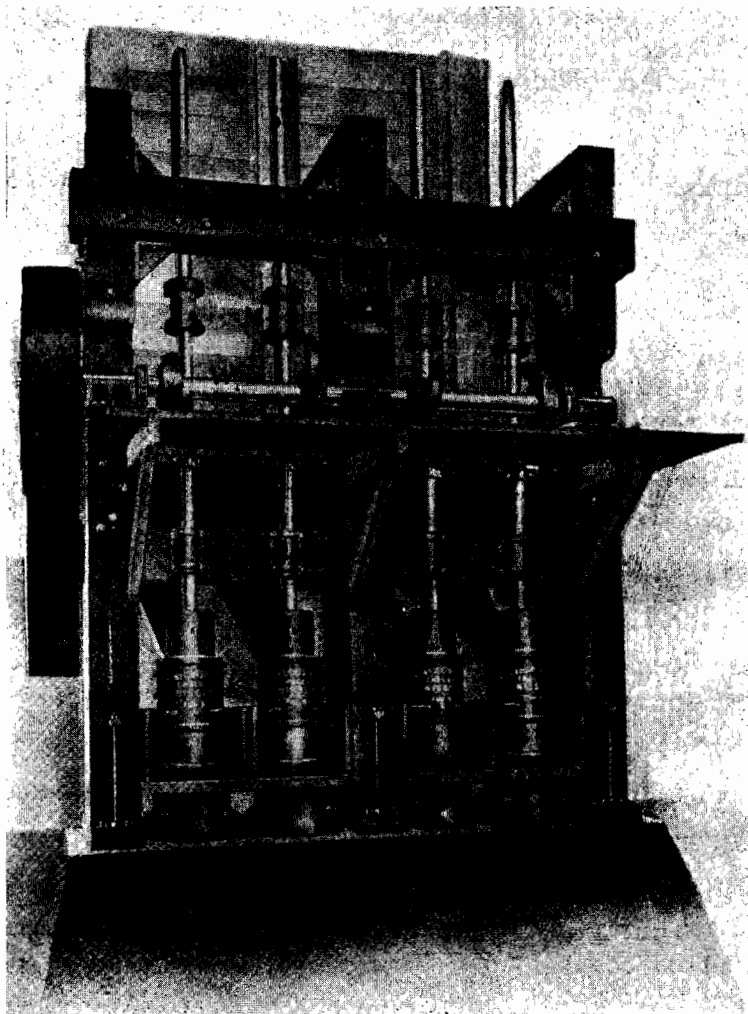
Rys. 172. Tłuczka dla otrzymywania złota. Żłoby wykładane blachą miedzianą, amalgamowaną dla ujęcia złota ze szlamu. *t* — rura doprowadzająca wodę do móżdżierza.

niach zawsze suche. Istnieje wiele typów młyńskich kamieni, budowanych przez różne firmy w Ameryce, Anglii i Niemczech (Amme, Nagel, Polysius, Ewans, Sturtevant etc.). Orientacyjnie wskażemy młyny Sturtevant'a z kamieniami poziomymi i pionowymi.

1. Pionowy młyn Sturtevant'a (Вертикальная мельница rys. 168, 169) posiada konstrukcję, podobną do wyżej opisanej kruszarki tarczowej. Poziomy wał *a*, obracający kamień *B*, przechodzi przez środkowy otwór nieruchomego kamienia *A*, niosąc rodzaj ślimaka *b*, podającego do mielenia materiał, wsypywany do leja *C*. Śruba *S* reguluje nacisk kamieni. Średnica kamienia 610—1064. Ilość obrotów 700—350; wydajność największej kruszarki 5—15 ton na godzinę, w zależności od twardości materiału i skali rozdrabniania. Zużycie energii 12—80 K.M.

2. Poziomy młyn Sturtevant'a (Горизонтальная мельница rys. 170, 171). Różni się od wyżej opisanej parą rozciągającą nieruchomym górnym kamieniem *A*, przymocowanym do pokrywy komory roboczej. Pionowy wał *a* obraca kamień dolny *B*. Śruba *S* i drąg *T* regulują przyciskanie kamienia dolnego do górnego. Średnica kamienia

D 1084. Ilość obrotów 300. Wydajność 1—3 ton na godzinę. Zużycie energii — 18 K. M. Pionowe młyny są uważane za wygodniejsze od poziomych.



Rys. 173. Tłuczka jednostęporowa Nissen'a na fundamencie betonowym (z katalogu Hed-Wrighton Stockton-on-Tees, England).

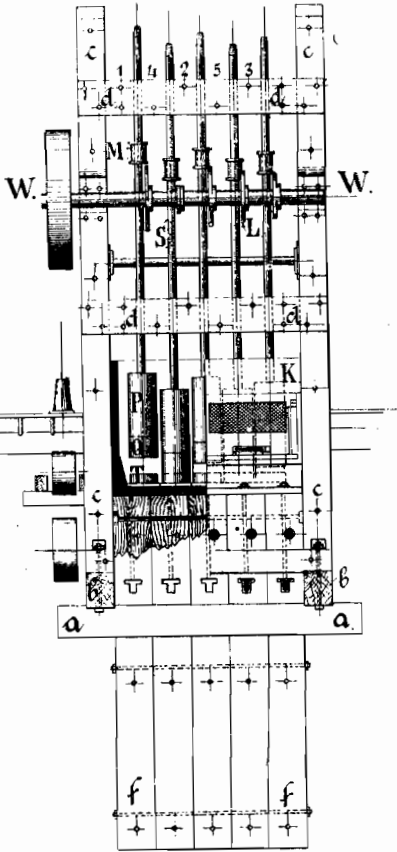
5. Rozdrabianie przez uderzenie czyli tłuczenie.

(Stamping. Zerstampfen. Bocardage.

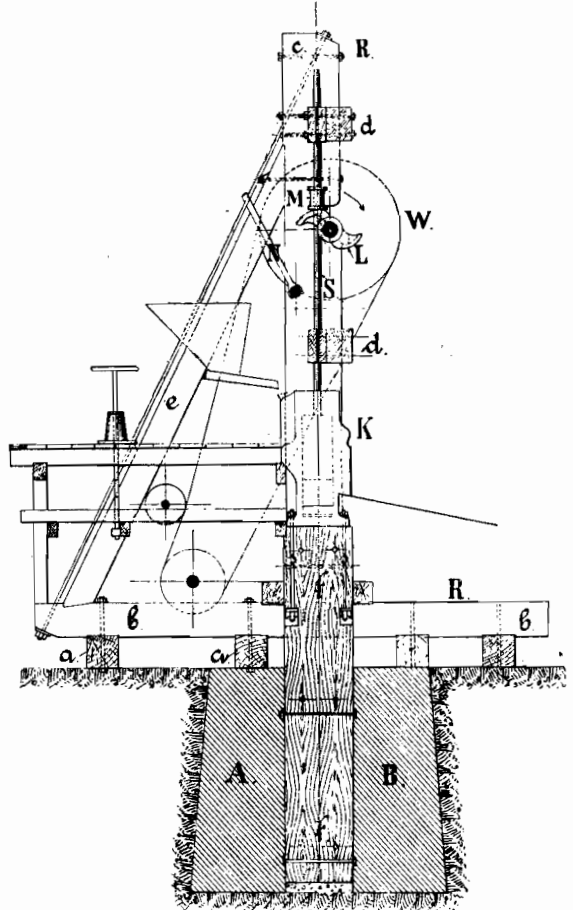
Раздавливание путем удара или толчением).

Ma zastosowanie do drobnego i częściowo miękiego rozdrabiania rud twardych w kawałkach nie większych 50 mm do grubości 5—10 mm, przy skali rozdrabiania 10—50 i jest wykonywane w tłczkach.

Tłuczki (Stępy. Stamps, gravity stamps; Pochwerke (mit Fallgewichtsstempel); les pilons, bocards, moulins californiens Толчеи; rys. 172—175). Rozdrabianie odbywa się w moździerz¹⁾ *K* (rys. 176



Rys. 174*.



Rys. 175*.

Tłuczka typu kalifornijskiego. *K* — moździerz. *R* — rama. *W* — napęd. *P* — stępor (główka). *Q* — but. *T* — kowadło (spód). *L* — palce na wale tłuczki. *S* — trzon. *M* — tuleja, umocowana zapomocą klina na trzonie. *d* — łożyska kierownicze.

i 177) pomiędzy kowadłem²⁾ *Q* (rys. 178—180) i luźno spadającym stępor³⁾, składającym się z buta *P*⁴⁾ (rys. 178, 179 i 181), części roboczej, główki⁵⁾ *T* (rys. 182), nadającej stęporom określoną wagę i trzona⁶⁾, *S* (rys. 172, 173), poruszającego się w dwóch kierownicach *d*. W jed-

¹⁾ Mortar. Pochtrod. Mortier. Толчейное корыто.

²⁾ Die Pochsohle. De. Стул.

³⁾ Stamp. Stempel. (Flèche), pilon. Пест.

⁴⁾ Shoe. Pochschuh. Sabot. Башмак.

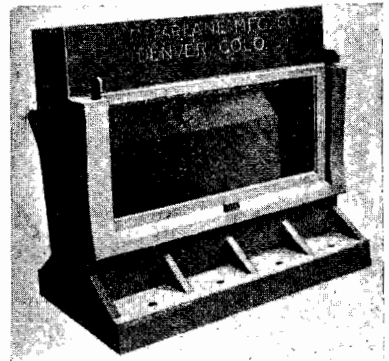
⁵⁾ Boss (stamp head). Beschwerer. Tête. Головка.

⁶⁾ Stem. Stempelschaft. Flèche. Стержень.

nym moździerz mieści się 5 stęporów, tworzących zespół stęporów¹⁾ (rys. 172). W tłuczkiach Nissena każdy stępor ma osobny moździerz (rys. 173). Stępory są podnoszone przez wał W ²⁾ zapomocą osadzonych na nim podwójnych palców³⁾ (rys. 183, 184), zaczepiających o tuleje⁴⁾ (rys. 185) zamocowane zapomocą klinów na trzonach stęporów (p. rys. 175). Palce są ustawione na wale pod rozmaitemi kątami, w zależności od kolejności podnoszenia stęporów; dwa sąsiednie stę-



Rys. 176. Moździerz tłuczki. p i q — kliny do zamocowania ramy (z katalogu Fried. Krupp).



Rys. 177. Moździerz tłuczki. Rama D z siatką s (rys. 176) zdjętą (z katalogu Mc. Farlane Mg. C^o Denver C^o).

pory nie mogą spadać jednocześnie. Zazwyczaj stępory spadają w następującym porządku: 1, 3, 5, 2, 4 lub 1, 5, 2, 4, 3. Moździerz tłuczkowy spoczywa na odosobnionej podstawie, składającej się z bali⁵⁾ drewnianych 10' (3 mt.), ustawionych na sztorc lub z bloku betonowego (rys. 173). Rama drewniana służy do umocowania kierownic d i łożysk wału W . Rama wzmacnia się przez rozpory skośne w kształcie litery A lub E (rys. 173) ze skrzynią, mieszczącą zapasy rudy. Materiał ładują do moździerza z tyłu, zazwyczaj, zapomocą podawacza samoczynnego. Przez kanał k (rys. 177) pada on bezpośrednio pod stępory. Wyładowanie zmielonego materiału przy mieleniu suchem odbywa się w drodze wyciskania go stęporami przez siatkę (Screen Sieb. La grille, Tamis), zamykającą otwór w moździerzu od strony przedniej (rys. 176). Częściej tłuką na mokro, dodając wody, przyczem falowanie wody w moździerzu unosi zmielony produkt przez siatkę.

Skalę rozdrabniania regulują jak w młynach chilijskich, zapomocą

¹⁾ Stamp Battery. Pochsatz. Batterie de moulins, de bocards. Толчейный стан.

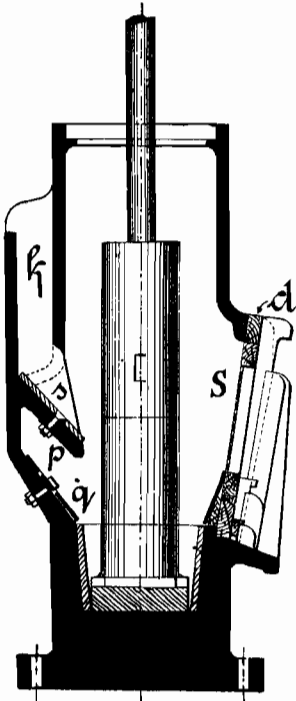
²⁾ Camshaft. Daumenwelle. Arbre à came. Кулачный вал.

³⁾ Cam. Hebedaum. Came. Кулак.

⁴⁾ Tappet. Hebling. Taquet. Муфта.

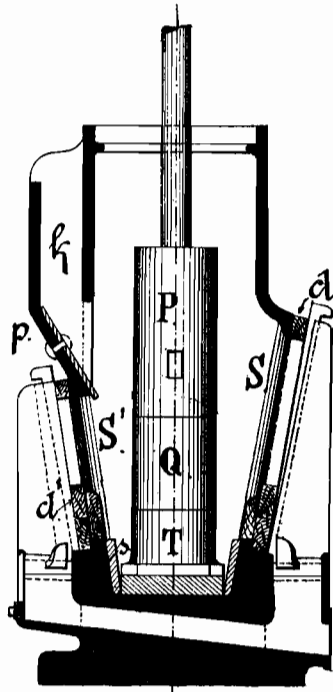
⁵⁾ Mortarblock. Bloc de charpente. Брусья.

zmiany ilości wody, wysokości prog u (height of discharge) i gęstości siatki. Wobec znacznego stopnia zmielenia, osiąganego w tłuczkiach, przyrządy te używają się wyłącznie do mielenia rud drobnowpryśniętych



Rys. 178*.

Rys. 178. Moździerz tłuczki. *S* — sito ochronne. *K* — kanał i *p* — płyta, skierowująca materiał pod stępor; płyta *p*, pozatem ochrania amalgamowane arkusze miedziane *q* (dla złota). Wyładowanie przez sita *S* zapomocą wody przy mokrem lub wyciskania stęporom przy suchem tłuczeniu. *d* — rama drewniana w której umocowują sito *S*. *P* — główka. *Q* — but. *T* — kowadło.

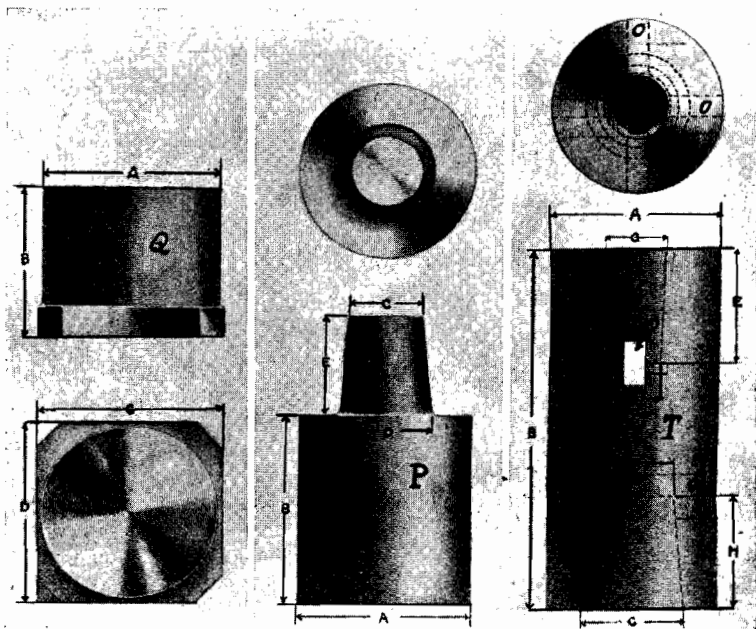


Rys. 179*.

Rys. 179. Moździerz tłuczki. Oznaczenia jak na rys. 178. Dolny brzeg otworu tworzy próg *d*. Otwór odpływowy z obu stron moździerza *S* i *S'*.

w twarde skały. Np., rudy cynowo-wolframowe w Kornwallis niekiedy rozdrabiają w ostatniem stadium zapomocą tłuczek. Drobnowpryśnięte cynkowo-ołowiane rudy złoża Tetiuché, w Primorskiej Obłasti, po wzbogacaniu w maszynach osadzających rozdrabiają, również, zapomocą tłuczek. Główne, jednak, zastosowanie znajdują w przeróbce rud złota. Prawie we wszystkich krajach, prócz Rosji, w Kaliforniji, Kolorado, na Alasce w Australiji i na kopalniach światowej sławy Transwaalu w Afryce, mialkie rozdrabianie rodzimych rud złota odbywa się w tłuczkiach. Tłuczki są często olbrzymimi budowlami, zawierającemi do 1000 i więcej stęporów (rys. 172), ustawionych w jeden szereg.

W Rosji, przeważnie, używają młynów chilijskich i znajdują, że młyny przy większym stopniu zmielenia odznaczają się większą wydajnością. W samej rzeczy, tłuczki, w myśl zasady działania, działają w mniejszym stopniu przez rozcieranie i dają mniej miążkiego szlamu, chociaż przy odpowiednim regulowaniu nie jest wykluczona możliwość



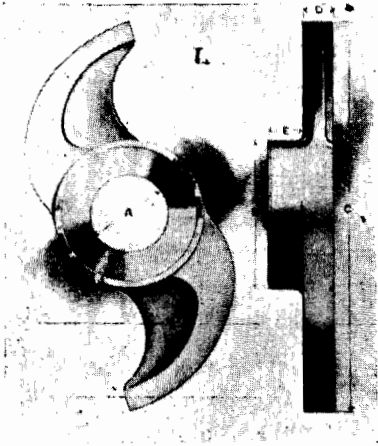
Rys. 180. Kowadło.

Rys. 181. Części robocze tłuczki.
P — but.

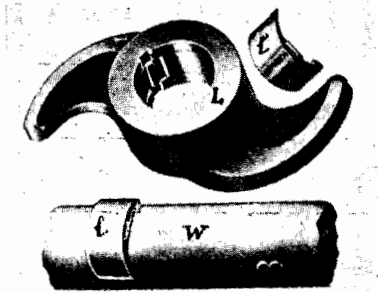
Rys. 182. Główna (ciężarnica). o — otwory do wbijania klinów w celu odjęcia główki od trzona i buta.

miążkiego mielenia w tłuczkiach, co jednak znacznie obniża wydajność. Nie mniej jednak najnowsza technika przeróbki rud złota rzadko się ogranicza do jednego stadjum. Cały przebieg, zazwyczaj, dzieli się przynajmniej na 2 stadja, w których złoto otrzymują kolejno przy pomocy amalgamacji i cyjanizacji, co znacznie zwiększa odsetek otrzymywanego złota. Wówczas pierwsze stadjum nie wymaga wcale miążkiego rozdrobienia, gdyż nawet ogranicza się do grubości 7 mm (w Transwaalu), a zwykle do 3—2 mm. Tłuczki są odpowiedniejsze do otrzymywania podobnie grubego żwiru, aniżeli młyny, które, dzięki właściwemu im rozcieraniu, nie są w stanie dać produkt o ziarnie grubym. W Ameryce w ostatnich czasach na niektórych sortowniach młyny, typu Ewans Waddel, lub Lane, są uzupełnieniem tłuczek w drugim stadjum przeróbki i są używane do miążkiego mielenia szlamu (mętów) z tłuczek, zgodnie z schematem rys. 106, str. 127.

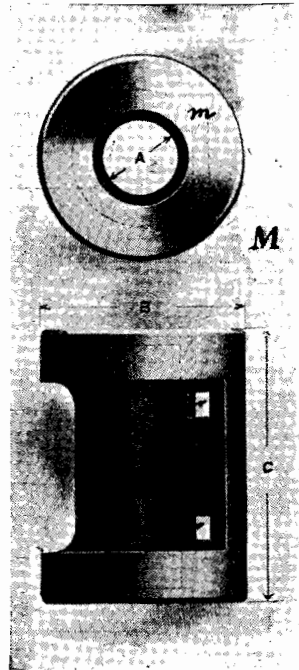
Oprócz tłuczek zwykłych ze stęporami wolnospadającymi, istnieją tłuczki z zastosowaniem siły mechanicznej do zwiększenia prędkości spadania stęporów. Takimi są: tłuczka sprężynowa (Rapid economic stamps; Пружинная) pneumatyczna (Phoenix pneumatic stamps; Пневматическая) hydrauliczna (Denny hydraulic stamps; Гидрав-



Rys. 183. Palce na wale tłuczki.



Rys. 184. Umocowanie palca zapomocą klina I na wale W.



Rys. 185. Tuleja (żabka). *m* i *n* otwory do klinów (gib), przymocujących tuleję na trzonie.

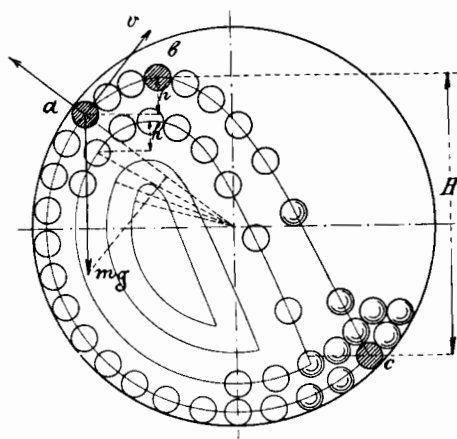
лическая) i parowa (Steam stamps: Nordenberg, Leavitt i t. d.; Паровая) Ostatnie mają szerokie zastosowanie do tłuczenia rud miedzi rodzimej na Jeziorze Górnem w Ameryce Północnej, zastępując średnie rozdrabniania w walcach. Materiał, uprzednio rozdrobiony w kruszarkach Blake do 90 mm, tłuczki rozdrabiają do grubości 5 mm. Walce do tych rud są mniej odpowiednie, ponieważ rozwałcowują ziarna rodzimej miedzi i znaczna jej część wychodzi w postaci płytek, nienadających się do dalszych czynności przeróbki. Tłuczki parowe przypominają swą konstrukcją młoty parowe i odznaczają się znaczną wydajnością. Skala rozdrabniania 7,5—20. Załączona tablica zawiera dane cyfrowe, charakteryzujące konstrukcję i wyniki działania tłuczek rozmaitych rodzajów (str. 182).

| Rodzaje tłuczek | Waga stępora w funtach | Waga stępora w kg | Średnica buta | Ilość uderzeń na minutę | Wysokość spadania w mm | Prędkość spadania w m | Efekt uderzenia w kgm. | Efekt uderzenia w kgm na 1 cm ² buta | Średnica ziarn zasypywanych w mm | Średnica ziarn zmielonych w mm | Skala rozdrabniania | Wydajność 1 stępy w tonach na 24 godz. | Wydajność zespołu w ton. na 24 godzin | Zużycie energii na 1 stępor w K. M. | Wydajność na 1 K. M. ton/24 godz. |
|---|------------------------|-------------------|---------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Tłuczki lżejsze typu Colorado | 400 | 180 | 200 | 26—32 | 400—500 | 2,750 | 937 | 0,39 | 50 | 0,75 | 65 | 1,14 | 5,75 | 0,9 | 1,4 |
| Tłuczki kalifornijskie | 1.500 | 675 | 225 | 80—110 | 125—225 | 1.830 | 489 | 0,13 | 50 | 1 | 50 | 4,5 | 22,5 | 2 | 1,79 |
| Tłuczki ciężkie, typu afrykańskiego | 2.000 | 900 | 235 | 100 | 188 | " | 1.250 | 0,40 | 50 | 7 | 7 | 15 | 75 | 2,73 | 4,30 |
| Tłuczka o jednym stęporze Nissen | 2.200 | 1.000 | 254 | 100 | 188 | " | ~ | ~ | 50 | 2 | 25 | 10 | 50 | " | 2,80 |
| Tłuczka parowa Leavitt | 5.300 | 2.400 | 508 | 90—100 | 1.880 ¹⁾ | 6.100 | 24.600 | 0,40 | 90 | 4,75 | 20 | 290—300 | — | 2,87 | 1,745 |

¹⁾ Wysokość, odpowiadająca swobodnemu spadaniu przy tej samej prędkości. Rzeczywisty skok tłoka 610.

6. Rozdrabianie przez nacisk połączony z uderzeniem i rozcieraniem.

Rozdrabianie przez jednoczesny nacisk, uderzenia i rozcierania, przy różnych stopniach współdziałania tych trzech zasad, ma zastosowanie do rozdrabiania drobnego i miękkiego najtwardszych rud. Granica zastosowania odnośnych przyrządów odpowiada zastosowaniu tłuczek i wszystkich powyżej opisanych młynów. Takie rozdrabianie mieszanego typu wykonują za pomocą młynów kulowych i młynów rurowych. Zasada ich działania jest jednakowa. Różnica polega na zastosowaniu pierwszych do mielenia grubszego, t. j. do mielenia kawałków 50—25 mm w ziarna do grubości 2—1 mm (skala zmiele-



Rys. 186. Schemat ruchu kul w młynie rurowym.

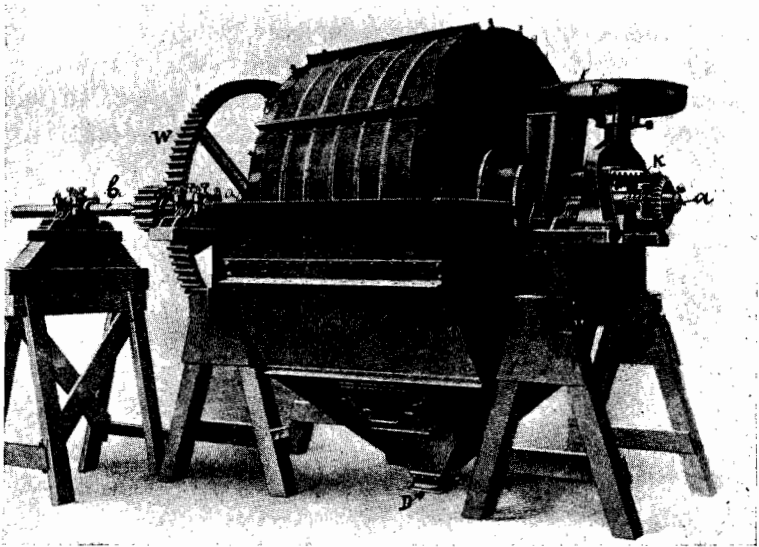
nia 10—50), i drugich do mielenia piasku (ziarn 2—1 mm) na drobninki ił, grubości 0,25 i nawet 0,05 mm; skala rozdrabiania wynosi 5—50.

Rozdrabianie odbywa się wewnątrz bębnow, obracających się w poziomej osi, napełnionych kulami rozmaitej wielkości (125—25 mm) z bardzo twardego metalu lub krzemionkowej skały (otoczaki). Materiał postępuje do komory roboczej przez otwór środkowy w dnie bębna (np., przez otwór w panewce). Przy obrotach kule się przetaczają, naciskają się nawzajem, i miążdżą trafiającą pomiędzy nie rudę, częściowo, zaś, ześlizgują się i rozcierają rudę; wreszcie przy pewnej prędkości obrotów, pod działaniem siły tarcia i siły odśrodkowej, wznoszą się na pewną wysokość po ścianie wewnętrznej młyna i oddzielają się od niej, jednak, pod wpływem bezwładności, poruszają się dalej, zakreślając w przestrzeni drogę paraboliczną. Lecąc w górę do najwyższego punktu paraboli, kule stopniowo zwalniają swój bieg, zderzają się jedna z drugą i miążdżą rudę, spadając, zaś, z prędkością stopniowo wzrastającą, kule oddalają się jedna od drugiej i, dosięgając

powierzchni młyna, uderzają, jak stęporę tłuczki. Ruch kul wyobraza schematycznie rys. 186.

Wskutek znacznej ilości kul w młynie, ruchy te powtarzają się bardzo szybko we wszystkich punktach, wynikiem czego jest nader intensywne mielenie twardych skał.

Podrzucanie kul zależy od prędkości na obwodzie bębna, regulując, więc, prędkość obrotów można osiągnąć działanie, zapomocą ude-



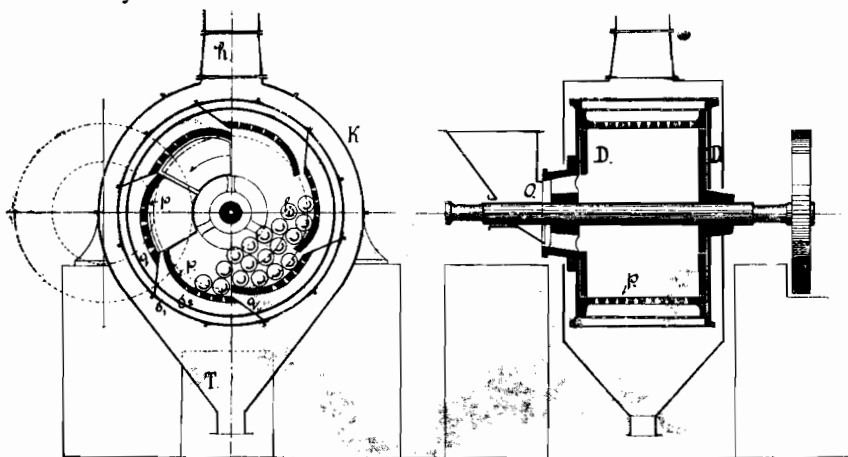
Rys. 187. Młyn kulowy Kominor. Górna część płaszcza zdjęta. Młyn ustawiony prowizorycznie (z katalogu Smith E. Co. E. W.) dla mielenia na sucho.

żenia w mniejszym lub większym stopniu. Młyny obracające się wolno, o małej średnicy, działają zapomocą nacisku i rozcierania. Szybko, zaś, obracające się młyny, o dużej średnicy, działają przeważnie, zapomocą uderzenia.

Mielenie może być suche i mokre. Przy suchem mieleniu wyładowanie materiału odbywa się przez dziurkowaną powierzchnię bębna, otoczonego z zewnątrz siatką, odgrywającą rolę sortowania poprawczego. Sortyment wyższy postępuje, zapomocą specjalnych przyrządów, z powrotem do młyna.

Przy mieleniu mokrem wyładowanie może się odbywać tym samym sposobem lub przez przednie dno bębna, w którym dziurki są ześrodkowane w pasie pierścieniowym lub też przez otwór środkowy w czopie czołowym. Jeśli wyładowanie odbywa się przez środkowy otwór, to średnica tego otworu musi być większą cokolwiek od średnicy otworu wpustowego, ażeby powstało przesuwanie się podłużne szlamu wewnątrz młyna. Różnica poziomów wpustu i wypustu nie jest niezbędnym wa-

runkiem ruchu tego materiału. Materiał, wchodzący do młyna pod działaniem miążdżącym kul, jest przez nie wyciskany we wszystkich kierunkach i, naturalnie, ma dążenie zapełnić przestrzeń pustą pomiędzy kulami, t. j. posuwa się naprzód. Kierunek ruchu — szlamu, powstały przy zapełnieniu młyna, trwa, niezależnie od różnicy poziomów wchodzącego i wychodzącego strumienia (potoku), nawet przy położeniu poziomem młyna.



Rys. 188**.

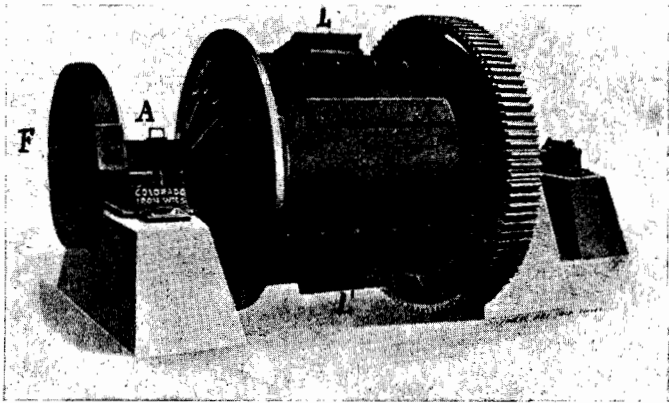
Rys. 189**.

Młyn kulowy (Krupp'a) do mielenia suchego. Płyty P wygięte spiralnie zachodzą jedna na drugą; podłużne szpary między nimi mniejsze od średnicy kul. D — boczne tarcze. O — otwór wpustowy. S_1 i S_2 — dwie siatki koncentryczne. q — łopatkki kierujące ziarna niedostatecznie zmielone do wewnątrz młyna. K — płaszcz. T — odpływ. R — rura połączona z oddzielaniem pyłu (ekshaustorem).

Skala rozdrabiania zależy głównie od okresu pozostawiania materiału w młynie. To też krótkie młyny odznaczają się mniejszą skalą rozdrobienia, niż długie. Mielenie miążkie może wymagać mniejszego stopnia zmielenia, niż mielenie drobne. Jednak prędkość mielenia jest w stosunku odwrotnym do absolutnego stopnia zmielenia (rozluźowania) i dlatego drobne mielenie grubszych kawałków wymaga krótszych młynów, aniżeli miążkie mielenie piasku, wymagające młynów długich. Lecz grube kawałki rudy wymagają większych kul, a te ostatnie większej średnicy młyna. Wskutek tego, młyny do drobnego mielenia grubszych materiałów odznaczają się niewielką długością, dużą średnicą i mają kule duże, zazwyczaj metalowe (z surowca lub stali) i stalowy pancierz wewnętrzny. Podobne młyny noszą nazwę młynów kulowych. (Ball mills. Kugelmühle. Moulins à boulets. Шаровые мельницы) Do mielenia miążkiego używają młynów o mniejszej stosunkowo średnicy, lecz znacznej długości; — kule są mniejsze z otoczków krzemionkowych (Pebbles; Flintsteine; Galets. Кремнистая галька). Wewnątrz młyny są wyłożone również otoczakami. Młyny te noszą nazwę otoczakowych

(Pebble mills; Галечные мельницы) lub z powodu wydłużonego kształtu, w postaci rury, kształtu młyna w rurach (Tube-mills; Rohrmühle; les tube-mills; Трубные мельницы).

1. Młyny kulowe różnych firm (rys. 187—191) różnią się, przede wszystkim, sposobami wyładowania: 1) przez powierzchnię boczną, 2) przez dno, 3) przez otwór środkowy, oraz szczegółami konstrukcyjnymi urządzeń wypustowych. Najwięcej są rozpowszechnione młyny z wyładowaniem bocznym. Jako typ, może służyć młyn Kominaor firmy Smith a. Co. Engineering Work, w Ameryce Północnej (rys. 187). Młyn obraca się na wale środkowym, poruszany przez wał napędowy *b*, zapomocą kół zębatach *W*. Materiał wsypuje się przez lej *A*



Rys. 190. Młyn kulowy do mielenia mokrego (z katalogu Allis Chalmers).
L i *L'* włązy do wyładowania kul lub remontu.

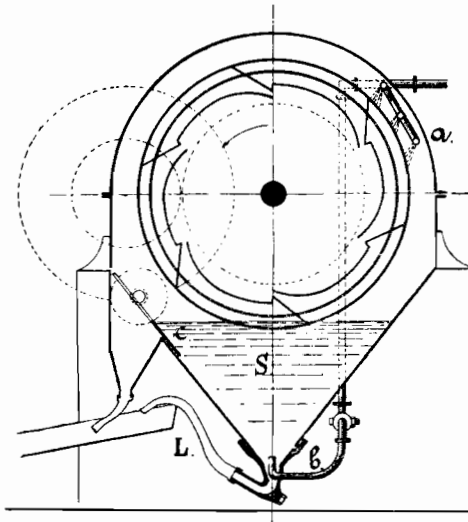
do otworu środkowego przy pomocy tarczowego zasilacza *F*, który otrzymuje ruch od wału środkowego, zapomocą kół zębatach stożkowych *K*.

Powierzchnia robocza bębna z otworami 5 mm w kształcie szpar jest otoczona zewnątrz podwójną siatką *S* w kształcie stożka. Siatka zewnętrzna gęstsza, określa skalę rozdrobienia i pełni funkcje sortowania poprawczego, wewnętrzna zaś koncentryczna o większych oczkach, zabezpiecza pierwszą przed zużyciem od uderzeń grubszych ziarn rudy. Stożki siatkowe są zwrócone szerszą stroną ku końcowi wpustowemu, dzięki czemu sortymenty grubsze, pozostające na siatkach, przesuują się w kierunku dna *B* i po kanałach węzownicowych *C* dostają się z powrotem do wnętrza bębna. Młyn jest zawarty w płaszczu *K*, w którym gromadzi się zmielony materiał, odprowadzony przez dolny otwór *D* do zbiornika. Przy mieleniu mokrem dolna część płaszczu jest urządzona jako klasyfikator; jednocześnie, więc, odbywa się klasyfikacja zmielonego produktu; gruby zwir odchodzi z dołu po rurce

lewarowej, szlam przelewa się przez brzeg klasyfikatora. W wypadku dalszego mielenia piasku w młynie rurowym, powyższa klasyfikacja jest pomocniczą do mielenia miążkiego.

Młyn, pokazany na rys. 190, ma wyładowanie środkowe i jest używany do mielenia mokrego; *F*, zasilacz ślimakowy, biorący materiał z podstawionego naczynia, do którego materiał wsypują, i podając go przy obracaniu się młyna do czopa (wpustowego) *A* z otworem środkowym.

Młyny kulowe mają nader szerokie zastosowanie do suchego mielenia (rys. 188, 189), jako operacji głównej, są one używane w ce-



Rys. 191**. Młyn kulowy (Krupp'a) dla mielenia mokrego. Dolną część bębna погруżają do skrzyni spiczastej *S*, napełnionej wodą. Wyładowanie szlamu — zapomocą rurki lewarowej *L*. *a* — wodotrysk ze świeżą wodą, prąd *b* reguluje gęstość szlamu. Tarcza *c* reguluje poziom wody w *S*.

mentowniach do mielenia portland-cementu, na fabrykach prochu i chemicznych do mielenia piritów, w hutach metalurgicznych do mielenia szlaki, i t. d. Mielenie mokre ma częstsze zastosowanie na sortowniach. Szczególnie szerokie zastosowanie młyny kulowe mają na kopalniach rud żelaznych w Szwecji i Norwegii do przygotowania rud do wzbocenia magnetycznego. Przy przeróbce rud złota młyny kulowe konkurują z tłuczkami. W kraju Zabajkalskim służą do mielenia rud wolframowych i t. d. Jednak, wogóle, zastosowanie młynów kulowych ogranicza się do twardych rud drobnopryśniętych.

Niżej przytoczone dane z katalogu Smitha a. Co. E. W. charakteryzują młyny Kominor i t. p.

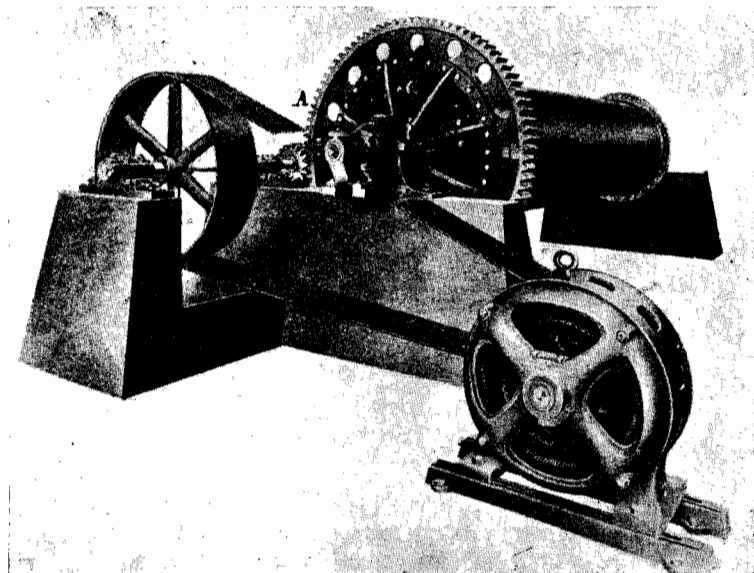
| Nr | Wymiary młyna | | | | Średnica mniejsza zewnętrznej siatki | Średnica większa zewnętrznej siatki | Waga w tonach z wewn. wyłożen. | Waga kul — ton | Ilość obrotów na minutę | Skala rozdrabiania | Wydajność ton na 24 godz. | Praca w KM |
|----|---------------|-------|-----------|-------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------|---|---------------------------|------------|
| | w stopach | | w metrach | | | | | | | | | |
| | D | L | D | L | | | | | | | | |
| 2 | 4'7" | 3'2" | 1,397 | 0,966 | 2,220 | 2,340 | 7,5 | 0,75 | 29 | Przy zmieleniu do 1 mm Σ = 50 (rudy żelaznej). | 27 | 10 |
| 3 | 5'5" | 4'3" | 1,651 | 1,295 | 2,340 | 2,540 | 10,9 | 1,6 | 26 | | 36 | 25 |
| 4 | 6' | 4'3" | 1,830 | 1,295 | 2,540 | 2,780 | 14,8 | 2 | 25 | | 45 | 33 |
| 5 | 7' | 4'11" | 2,134 | 1,500 | 2,900 | 3,230 | 22 | 3 | 23 | | 68 | 55 |

2. Młyny rurowe (rys. 192, 193) zawsze mają wyładowanie końcowe. We młynach Smith wyładowanie przez dno przednie u obwodu. Większość konstrukcji posiada czop wypustowy pusty (rys. 194) i służy do mielenia mokrego. Za najlepsze otoczaki do młynów rurowych są uważane otoczaki krzemionkowe z Danji, odznaczające się prawidłowym kształtem, gładką powierzchnią i bardzo znaczną twardością (rys. 201). Otoczaki te z Danji są rozsyłane po całym świecie. Wiele młynów w Ameryce, Afryce i Australji pracuje na duńskich otoczakach. W ostatnich czasach, wskutek ich podrożenia, używają grubszych kawałków tych samych rozdrabianych skał (np. w Transwaalu). Młyny wewnątrz są wyłożone cegłami kwarcytowymi, spojonymi cementem. Wymiana cegieł, wskutek zużycia, przedstawia pewne trudności. W związku z tem, w ostatnich czasach stosują uzbrojenie, tak zwane, El-oro (rys. 195, 196). Składa się ono z pasów żelaza korytkowego, umocowanych śrubami. Pomiedzy wystające podłużne żebra, w czasie działania młyna, trafiają i wciskają się otoczaki, służące do mielenia, i tworzą wewnętrzne wyłożenie, odnawiające się samoczynnie, w miarę zużycia. Młyny rurowe budują rozmaitych wymiarów. Średnica ich zmienia się od 3'6" do 6' (1068—1830); długość od 10' do 26" (3000—8000).

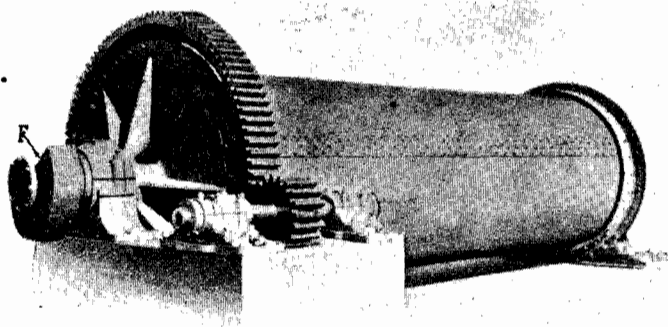
Ilość obrotów $n = 34 - 24$. Waga ogólna młyna z płaszczem wewnętrznym 4,5 — 22,5 ton. Ładunek otoczaków wynosi 1,5 do 10 ton. Zużycie energii 14—100 KM. Wydajność bardzo zmienna i zależy od skały rozdrobienia, uprzedniej klasyfikacji i twardości rudy. Np. przy mieleniu materiału nieklasyfikowanego w ziarnach < 8 mm do 0,06 skały kwarcowej w młynie $D = 5'$ (1,5 m), $L = 22'$ (6,7 m) wydajność wynosi 72 tony na 24 godzin; przy mieleniu materiału klasyfikowanego grubości 1,5 mm do 0,2 — 288 ton. Skalę rozdrabiania regulują zapomocą ilości wody. Im gęstszy jest szlam wchodzący do młyna, tem skala rozdrabiania jest większa; jednocześnie, jednak, obniża się wydajność.

Młyny rurowe są nowym wynalazkiem i rozpowszechniły się nader szybko po całym świecie. Używane są we wszystkich wypadkach,

gdy skały twarde trzeba zemleć na mąkę lub najdrobniejszy ił. Miele-
nie suche w młynach rurowych jest stosowane przy wytwarzaniu ce-
mentu do twardych krystalicznych odmian wapienia, w sortowniach



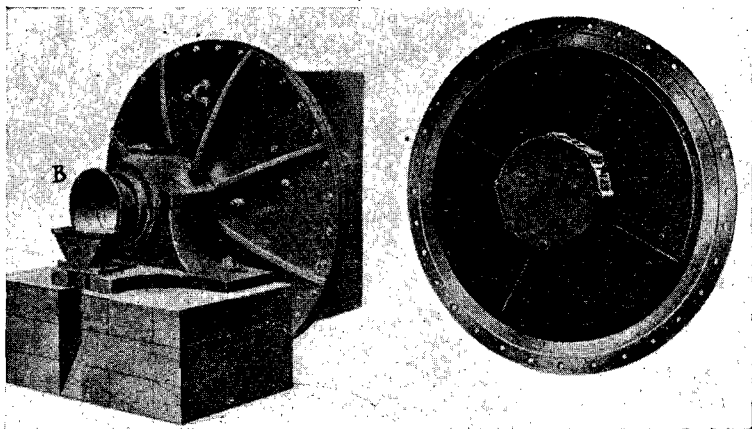
Rys. 192. Młyn rurowy do mokrego mielenia. Materiał ładują przez lej *A*
do pustego czopa czolowego (z katalogu Allis Chalmers).



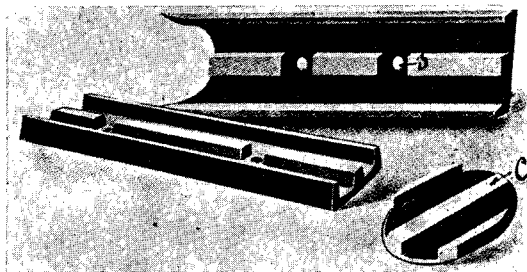
Rys. 193. Młyn rurowy z zasilaczem ślimakowym *F* dla mokrego mielenia
(z katalogu Allis Chalmers).

węgla — do przygotowania paliwa sproszkowanego i t. d. Przy wzbo-
gaceniu rud drobnowprysniętych młyny rurowe są używane w ostatnich
stadiach przeróbki. Szerokie zastosowane młyny znajdują w wzbogacaniu
magnetycznym rud żelaznych w Szwecji i Norwegji. Szczególnie, zaś,
ważną rolę odgrywają w przeróbce rud złota, mianowicie, przy przygotowa-

niu rud do cyjanizacji, czyli, tak zwanym „procesie iłowym“, w drugim stadium po amalgamacji, gdy całą ilość rudy trzeba zemleć na najdrobniejszy ił do 0,02 mm (rys. 197). Praktyka ostatnich czasów przy przeróbce rud złota w Transwaalu, Australji i Ameryce uznała za naj-



Rys. 194. Młyn rurowy od strony odpływu i ścianka przednia od wewnątrz. C — krata i D — tarcza, zabezpieczająca czop B od wpadania otoczków. E — płyty stalowe przymocowane śrubami m.

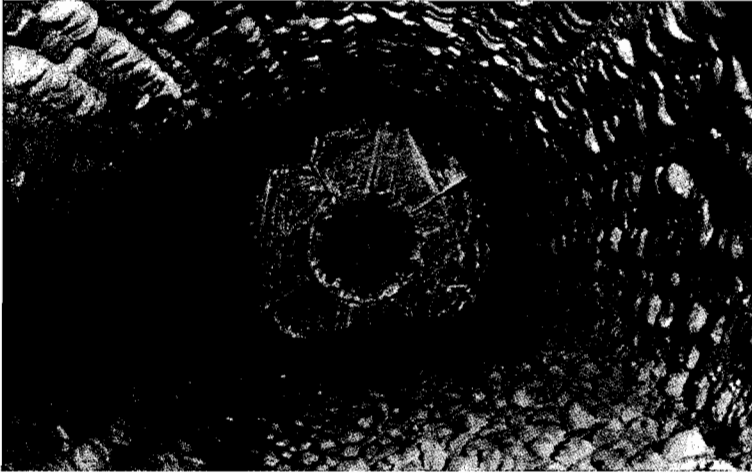


Rys. 195. Uzbrojenie wewnętrzne młynów rurowych El-oro. S — otwory dla śrub. Część C odpowiada pokrywie włazu.

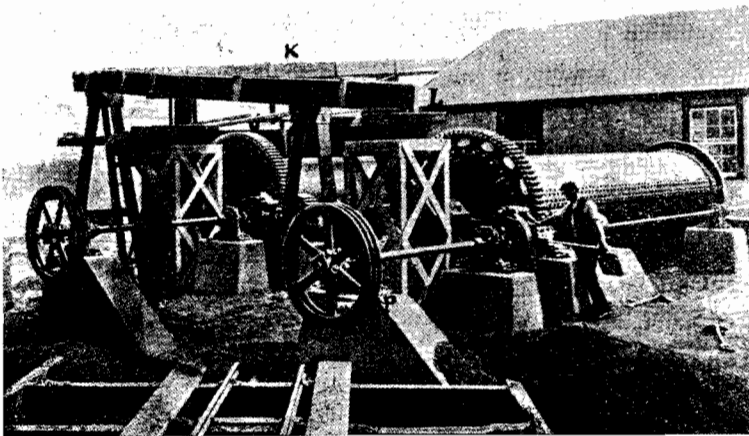
odpowiedniejsze z ekonomicznego punktu widzenia zastosowanie tłuczek w pierwszym stadium i młynów rurowych w drugim.

3. Młyny stożkowe Hardinge (Конические мельницы) mają kształt dwóch stożków zwróconych do siebie podstawami: krótkiego (rys. 198) K_1 ze strony wpustowej i długiego K_2 ze strony wypustowej. Część C w kształcie walca łączy stożki (rys. 198, 199, 200, 202, 203). Młyny te, pozatem, niczem się nie różnią od młynów walcowych o załadowaniu środkowym. Stożkowy kształt młyna, zwężający się ku wypustowemu końcowi, daje możliwość lepszego wykorzystania energii spadających kul, która ubywa ku przedniemu końcowi, w miarę osiągnięcia

wymaganej skali rozdrabniania. Dzięki temu, zużycie siły na tonę zmielonej rudy jest cokolwiek niższe u młynów Hardinge'a, niż u walco-

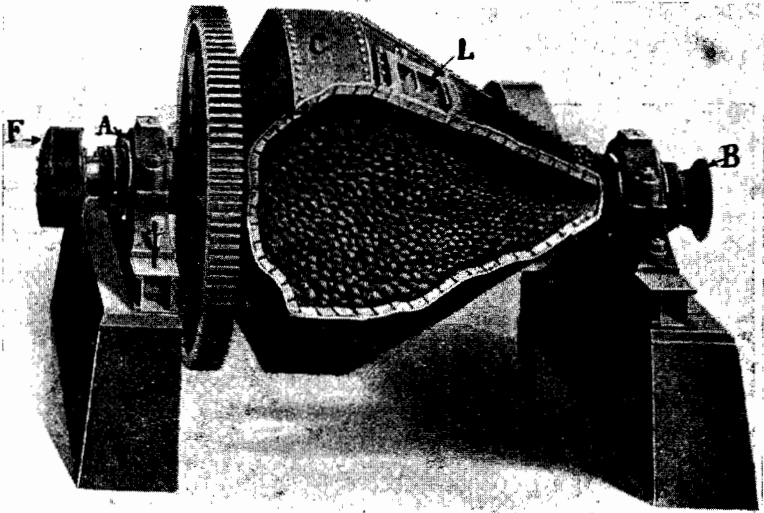


Rys. 196. Młyn rurowy od wewnątrz wyłożony sposobem El-oro.



Rys. 197. Młyny rurowe na kopalni złota w Transwaalu. *K* — żłób doprowadzający materiał do mielenia. *L* — klasyfikator Callow. Sortyment spodni idzie bezpośrednio do leja *A* i czopa wpustowego (rys. 192). *M* — sprzęgło cierne. *P* — lino-
nowa tarcza napędowa.

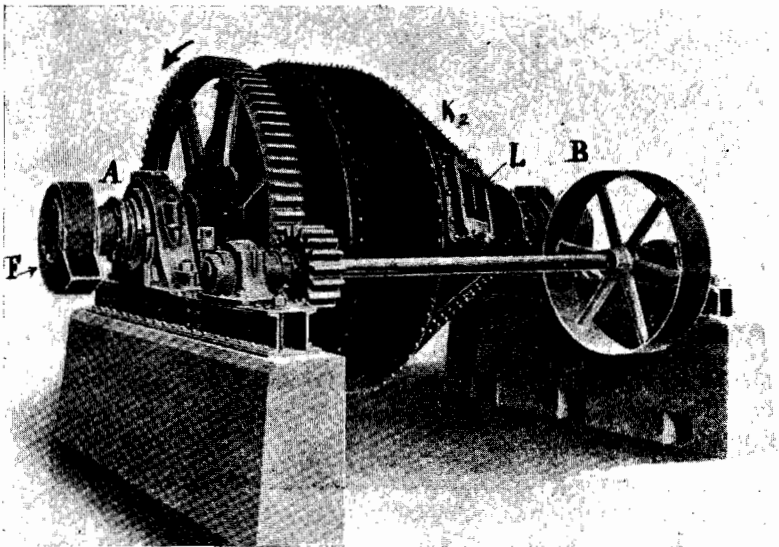
wych. Choć młyny Hardinge'a cieszą się również dobrą opinią co do osiąganych wyników, jak i walcowe, jednak ich zalety nie są tak oczywiste, aby wpłynęły ujemnie na popyt na walcowe. Młyny stoż-



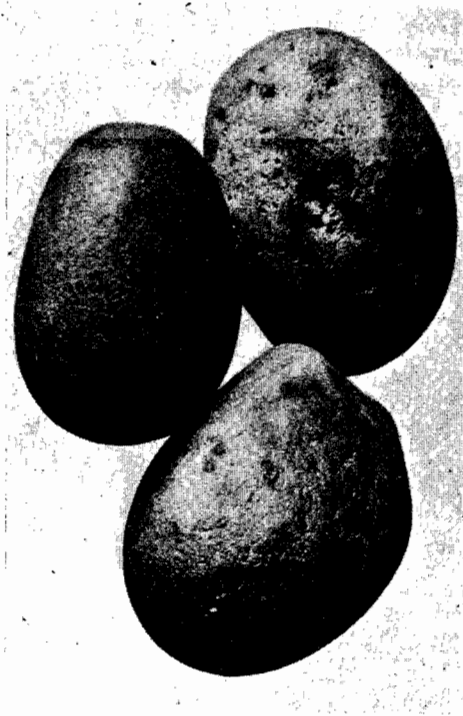
Rys. 198. Młyn stożkowy Hardinge wyłożony krzemieniami i otczakami.



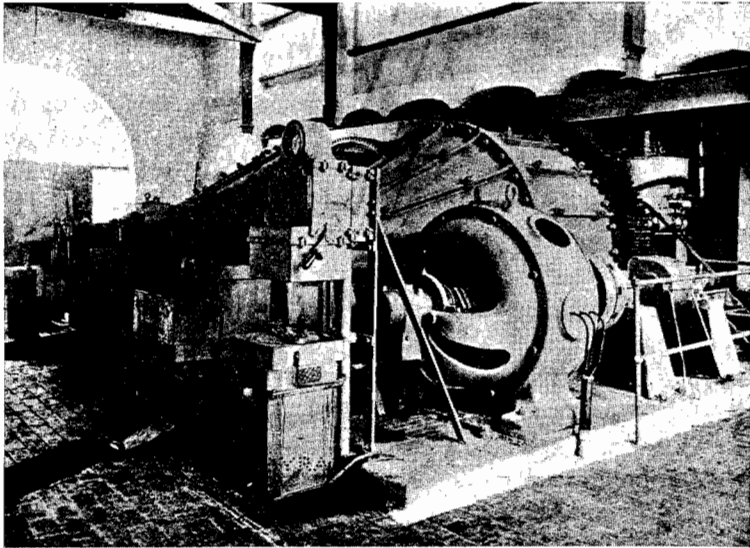
Rys. 199**. Młyn stożkowy Hardinge. Ścianka wewnętrzna.



Rys. 200. Młyn stożkowy Hardinge. *F* — zasilacz ślimakowy. *A* — czop wpustowy. *B* — wypustowy. *L* — włącz.



Rys. 201. Otoczaki duńskie do młynów rurowych
($\frac{1}{2}$ wielkości naturalnej).



Rys. 202. Młyn stożkowy Hardinge, konstrukcji firmy szwedzkiej Alians,
w magnetyczno-wzbogacającym zakładzie przerobczym.

kowe urządza się jak młyny kulowe z kulami metalowymi, lub jak rurowe z otoczkami i wewnętrznym wyłożeniem krzemionkowym. Ostatnie mają dłuższą, niż pierwsze, walcową część środkową.



Rys. 203. Zespół młynów Hardige na kopalni Calumet & Hecla dla mielenia rud miedzi rodzimej na Jeziorze Górnem w St. Zj. Am. Pótn.

§ 7. Grupa II-ga. Kruszarki do skał kruchych i miękkich.

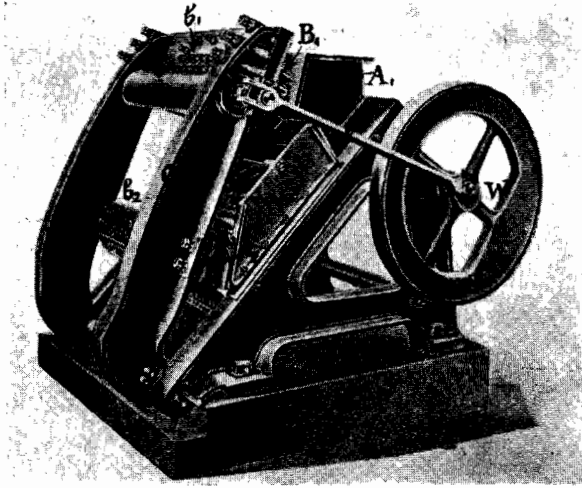
7. Kruszarki rozłupywające.

Do rozdrabniania ciał kopalnych, jak np., węgla kamiennego, wszystkie wyżej opisane przyrządy rozdrabiające, zapomocą nacisku, rozcierania i uderzenia, za małymi wyjątkami, nie są odpowiednie. Niezależnie od celu rozdrabniania węgla, czy jako operacji głównej, czy przygotowawczej, niezależnie od stadjum procesu, za wyjątkiem przygotowania paliwa sproszkowanego, głównym dążeniem jest możliwe ograniczenie ilości otrzymywanego miazgi i powstawania pyłu. Pomijając już niebezpieczeństwo, jakie przedstawia pył węglowy, łatwo zapalny i czasem wybuchający oraz jego szkodliwy wpływ na zdrowie, otrzymywanie wielkiej ilości miazgi i pyłu, właściwe rozdrabnianiu przy pomocy miażdżenia i rozcierania, jest wielce niepożądane. Np., przy rozdrabnianiu węgla grubego w celu zwiększenia ilości kostki i orzecha, miazg jest balastem zbytecznym, obniżającym zysk tej operacji. Przy cegiełkowaniu nadmiar materiału proszkowanego w węglu drobnym zwiększa zużycie smoły wiążącej i cegiełkowanie może się nie kalkułować ekonomicznie. Z tego powodu przyrządy, rozdrabiające węgle kamienne, działają zapomocą rozłupywania, rozrywania i uderzeń swobodnych (luźnych).

Do rozdrabniania grubego, kawałków > 150 mm, do grubości

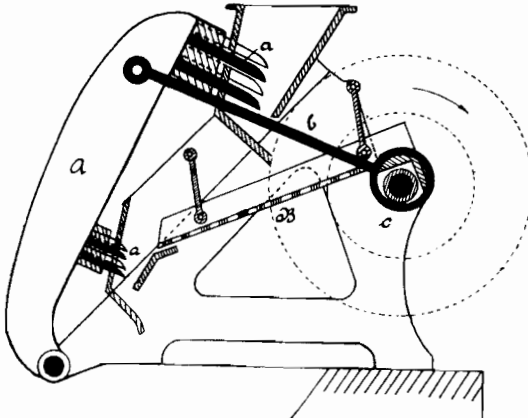
kości i orzecha, dla miększych odmian węgla, stosujemy zasadę rozłupywania, podług której działają kruszarki igłowe.

Kruszarka igłowa (Nadelbrecher. Игловая дробилка) Humboldt'a (rys. 204, 205). Rozdrabianie odbywa się w komorach robo-



Rys. 204. Kruszarka igłowa Humboldt'a do grubego rozdrabiania węgla (z katalogu Humboldt).

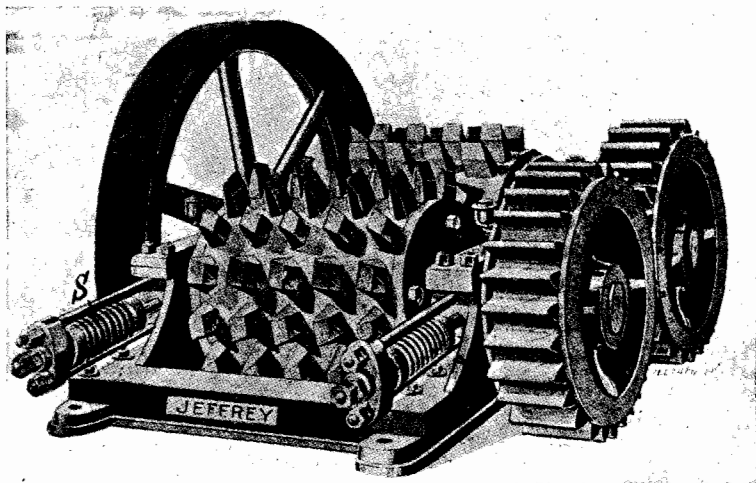
czych (rys. 204) A_1 i A_2 kolejno (czasami w 3 komorach kolejno), zapomocą dwóch zespołów iglic stalowych B_1 i B_2 , wchodzących przez szpary



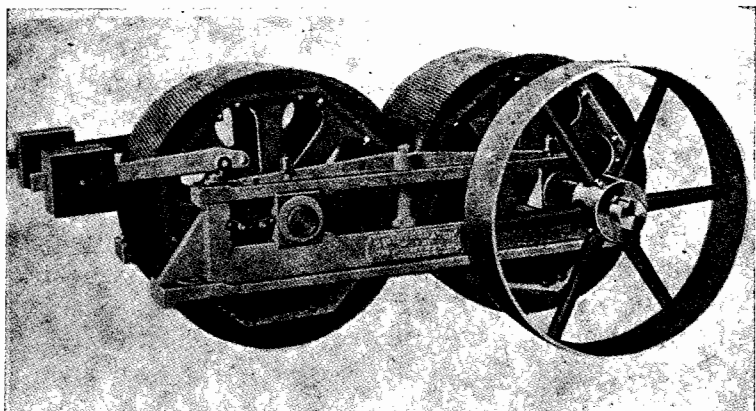
Rys. 205*. Kruszarka do węgla Humboldt'a a — igły. b — drążek z mimośrodem. A — szczęka. B — sito do sortowania poprawczego (ruch od c).

w ścianach komór, zwróconych ku iglicom. Iglice są umocowane do wahającej się szczęki C , poruszanej przez wał napędowy W , zapomocą korbowodu a . Pomiędzy komorami znajduje się płaskie sito S , otrzymujące ruch wahadłowy również od wału W , zapomocą mimośrodków. Sito

służy do przesiewania pomocniczego przed powtórным rozdrabianiem w komorze A_2 . Produkt górny przesiewania postępuje do komory A_2 , spo-



Rys. 206. Walce uzębione Jeffrey do grubego i średniego rozdrabiania węgla (z katalogu Jeffrey).



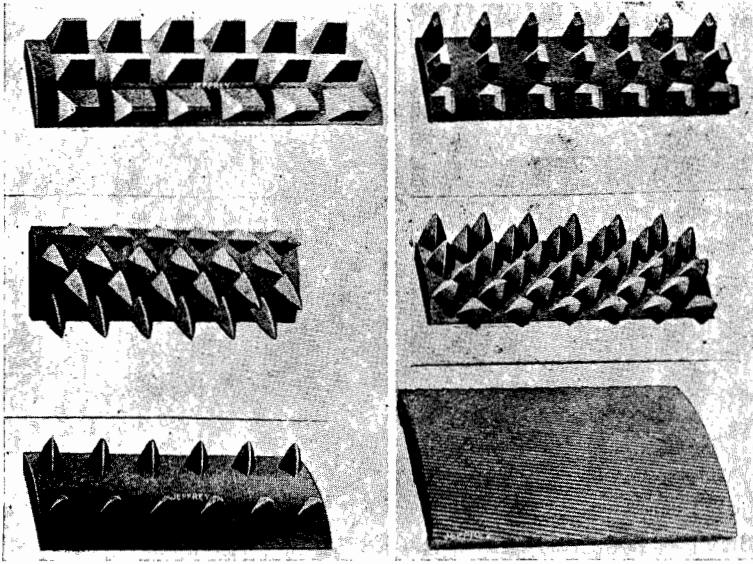
Rys. 207. Walce uzębione Jeffrey do drobnego rozdrabiania koksu i antracytu; ciężar Q zastępuje sprężyny S (rys. 206).

dni, zaś, łączy się bezpośrednio z produktem drugiego ujęcia rozdrabiania. Skala rozdrabiania w obu wypadkach wynosi 2. Wydajność kruszarki 15—30 ton na godzinę; zużycie energii 5 KM.

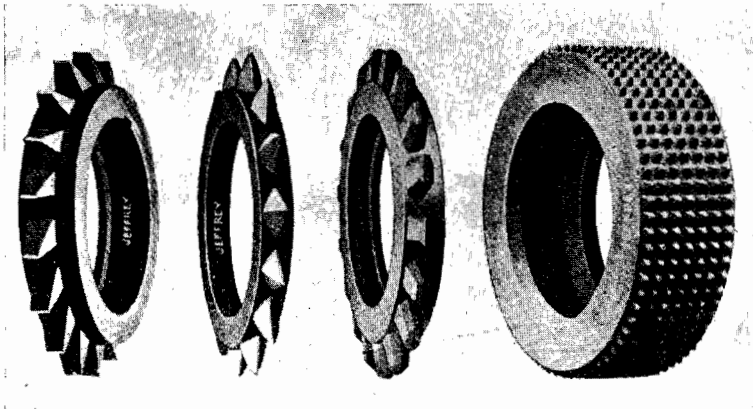
8. Kruszarki rozrywające.

Kruszarki tego typu są używane wogóle do rozdrabiania średniego i drobnego, t. j. do kostki i orzecha, oraz do grubego węgla twardszego, zwłaszcza antracytu i koksu.

1) Walce rozdrabiające o powierzchni uzębionej i bródkowatej (rys. 206 i 207).



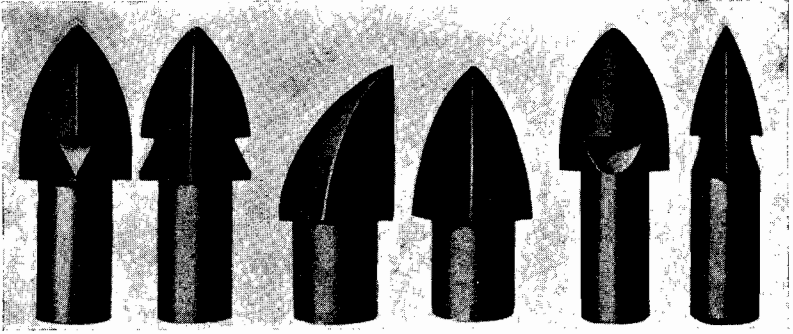
Rys. 208 a. Rys. 208 b.
Tarcze stalowe uzębione do nakładania na walce.



Rys. 209. Pierścienie uzębione do walców.

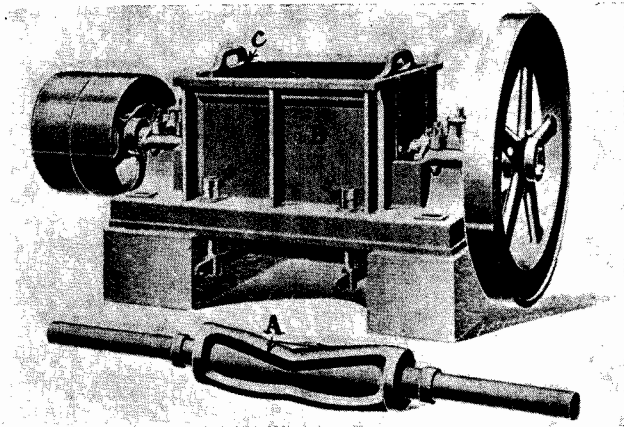
Mechanizm walców przypomina walce wyżej już opisane. Powierzchnia uzębiona składa się z nakładanych płyt lanych z zębami (rys. 208) lub też z pierścieni lanych, zaopatrzonych w zęby (rys. 209), lub też jest zaopatrzona w zęby wstawione różnej wielkości i kształtu, w zależności od właściwości i grubości rozdrabnianego materiału (rys. 210). Zęby są wyrabiane z twardej stali, zazwyczaj manganowej.

Do rozdrabniania drobnego używają powierzchni drobnouzębionej (rys. 208 i 209). Podług katalogu Jeffrey, walce o średnicy 48 cali i długości 24 cali (1220—610) mają wydajność 60 ton na godzinę, rozdrabiając kawałki 450 mm do grubości 10 mm.



Rys. 210. Zęby do wstawiania do walców.

2) Młyn śrubowy Humboldt'a (Schraubenmühle; винтовая мельница; rys. 211) służy do drobnego mielenia produktów przejściowych, przy wzbogacaniu bardziej miękkiego węgla; posiada jeden rozdrabiający

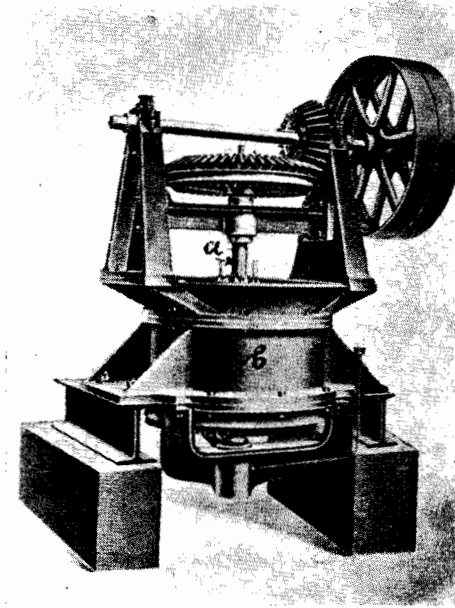


Rys. 211. Młyn śrubowy Humboldt'a (z katalogu Humboldt).

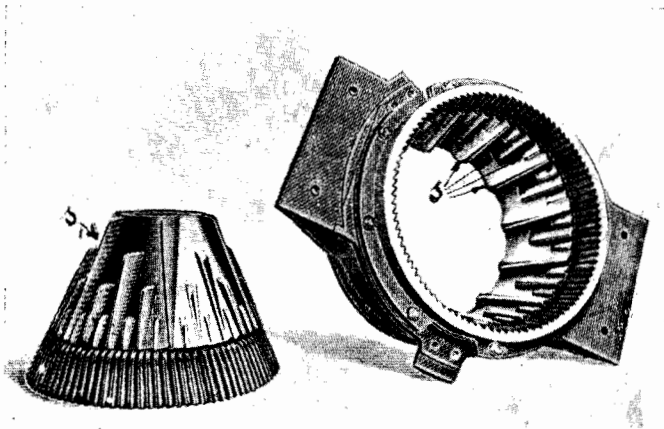
walec, zaopatrzony w zęby kształtu klinowego. Walec jest umieszczony w skrzyni *B*, której ściany wewnątrz są wyłożone stalowymi płytami *C*. Podstawę skrzyni stanowią ruszty, umocowane zapomocą śrub *s*. Średnica walca 185—300. Długość 400—900. Ilość obrotów 600—250. Zużycie energii 2—12 KM, wydajność na godzinę 2,5—8 ton.

3. Młyn stożkowy czyli dzwonowy (Glockenmühle; кофейная или колокольная мельница; rys. 212) jest to młyn podobny do kruszarki kołowrotowej Gates. Stożki robocze (rys. 213) zaopatrzone są

w noże s różnej długości i wymiarów. W części górnej noże są wyższe i rzadziej rozstawione. Ilość ich ku dołowi zwiększa się, a wysokość zmniejsza. Młyny te służą do rozdrabniania średniego i drobnego mięk-



Rys. 212. Młyn stożkowy lub dzwonowy. Stożek wewnętrzny ruchomy na osi *a*. Stożek zewnętrzny nieruchomy *b*. Widok z dołu.

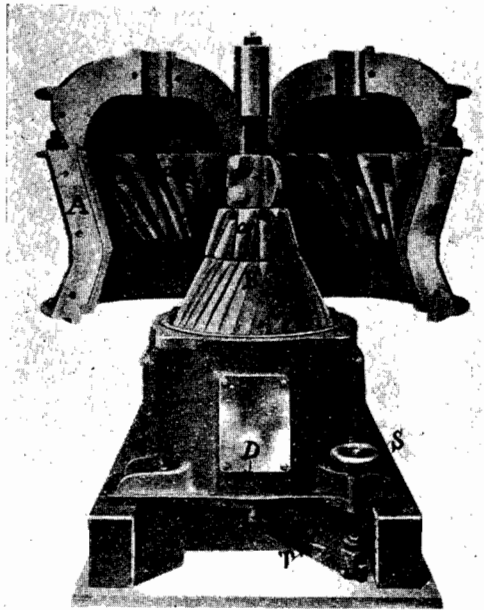


Rys. 213. Części robocze młyna stożkowego.

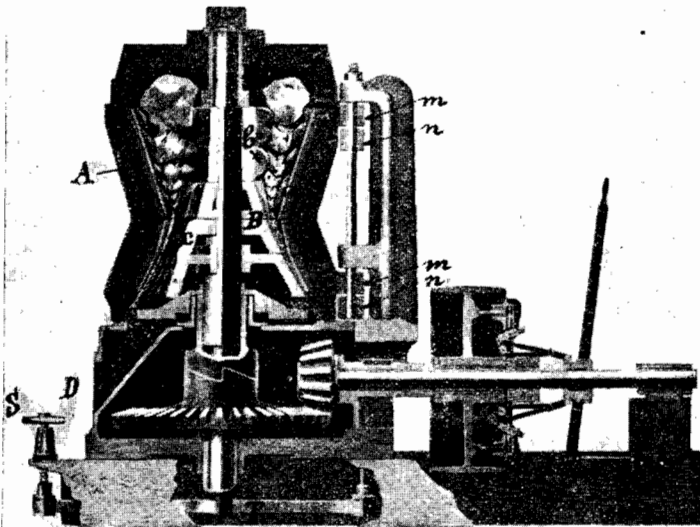
szych gatunków węgla i do mielenia soli kamiennej. $D = 650-1500$, $n = 200$. Zużycie energii 4—20 KM. Wydajność 3,5—12 ton na godzinę.

4. Młyny stożkowe Sturtevant'a (Конические мельницы)

służą do mielenia materiałów miękkich: wapieni, fosfatów, koksu, kamieni szamotowych i t. p. (rys. 214, 215 i 216). Zewnętrzny nieruchomy stożek *A*



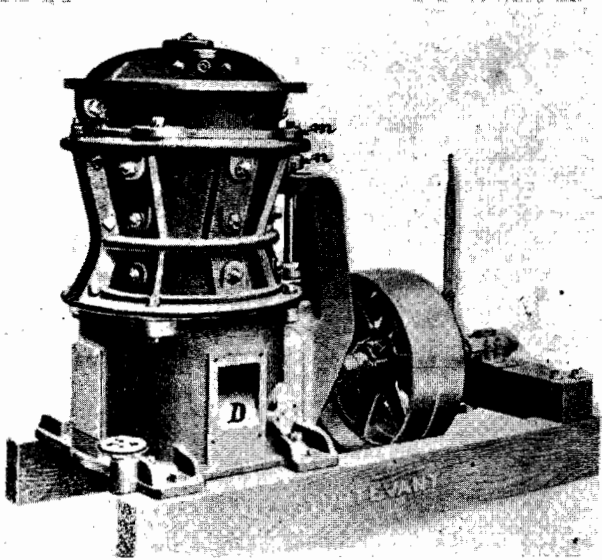
Rys. 214. Młyn stożkowy Sturtevant, otwarty.



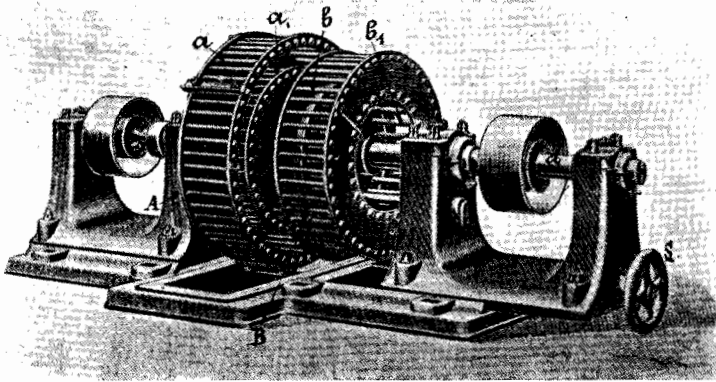
Rys. 215. Młyn stożkowy Sturtevant. Przekrój.

składa się z dwóch części. Część górna zwęża się ku dołowi, część, zaś, dolna rozszerza się ku dołowi, równoległe do powierzchni dolnej części wewnętrznego, obracającego się, stożka *B*. W części górnej powierzchnie

robocze są grubo uzębione *a* i zaopatrzone w występy *b*, wykonywując rozdrabianie wstępne, w dolnej części ostre uzębienia *c* mielą na drobno.



Rys. 216. Młyn stożkowy Sturtevanta. Widok ogólny. *D* — wypust.



Rys. 217. Dezintegrator Carr'a. Tarcze *A* i *B* rozsunięte. Płaszcz *K* zdjęty.

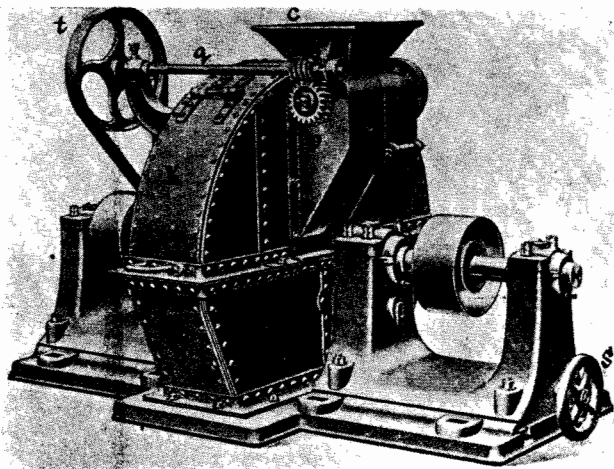
Skala rozdrabiania jest znaczna, odpowiednia do przeznaczenia młyna do rozdrabiania, jako operacji głównej. Stożek zewnętrzny składa się z dwóch części otwieranych, na zawiasach *m* i *n*. *S* — śruba regulująca, zapomocą drążka *T*, skalę rozdrabiania, działającą na wał pionowy.

9. Kruszarki udarowe.

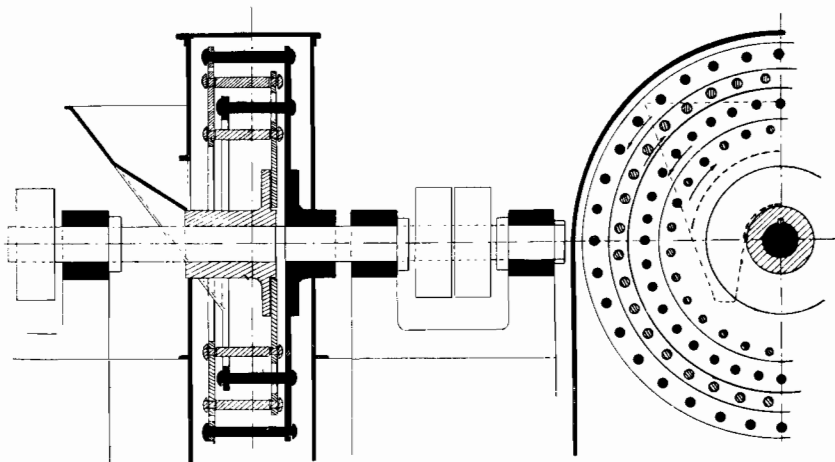
(Młyny odśrodkowe. Schlendermühle).

Swobodnem (luźnem) uderzeniem nazywamy takie uderzenie części roboczej o kawałek skały, przy którym ten ostatni nie spoczywa nie-

ruchomo, jak, np. w tłuczce, lecz jest w ruchu i posiada własną siłę żywą. Rozdrabianie, oparte na tej zasadzie, daje produkt więcej jednostajny i wytwarza mniej pyłu, ponieważ cząstki rozdrabiane nie ocie-



Rys. 218. Dezintegrator Carr'a zmontowany. *P* — oś zasilacza jest poruszana za pomocą ślimaka *q* i tarczy *t*. *S* — śruba do rozsuwania obu tarcz.

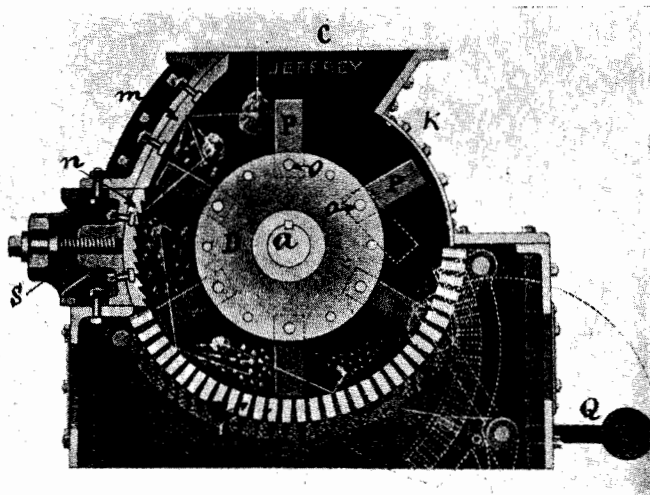


Rys. 219. Dezintegrator Carr'a. Schemat.

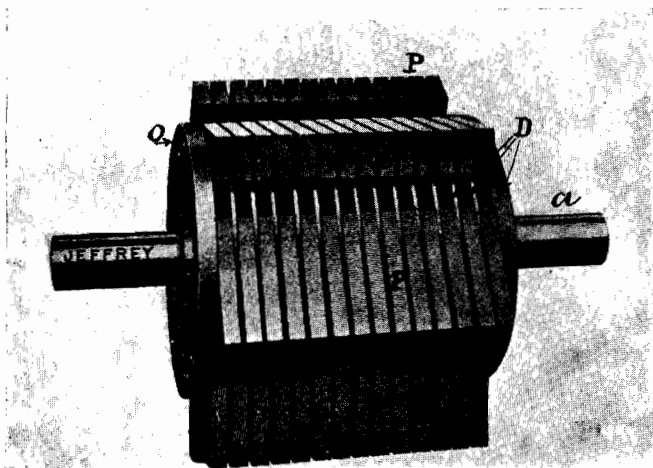
rają się nawzajem, dlatego też nadaje się zwłaszcza do materiałów kruchych.

1. Dezintegrator Carr'a (дезинтегратор rys. 217, 218, 219). Cztery koncentryczne szeregi prętów *a*, *a*₁, *b*, *b*₁, są umocowane do dwóch tarcz *A* i *B*, obracających się w odwrotnych kierunkach. Tarcze okrywa płaszcz *K*. Materiał zasypywany przez lej *C* postępuje do przestrzeni środkowej od strony tarczy *B*. Spadając pomiędzy prętami, szybko poruszającymi się w odwrotnych kierunkach, ulega rozdrabianiu. Dezintegratory

mają szerokie zastosowanie do przygotowania węgla do koksowania lub cegielkowania. Są budowane rozmaitej wielkości przy D od 650—2000; $n = 1250$ —330. $N = 2$ —45 KM. Wydajność od 2 do 43 ton na godzinę.



Rys. 220. Pulweryzator Jeffrey. Przekrój. Śruba S — do ustawiania płyty n w dowolnej odległości od sztab udarowych. Drażek Q z przeciwwagą — otwiera część rusztów T , do oczyszczania przyrządu.

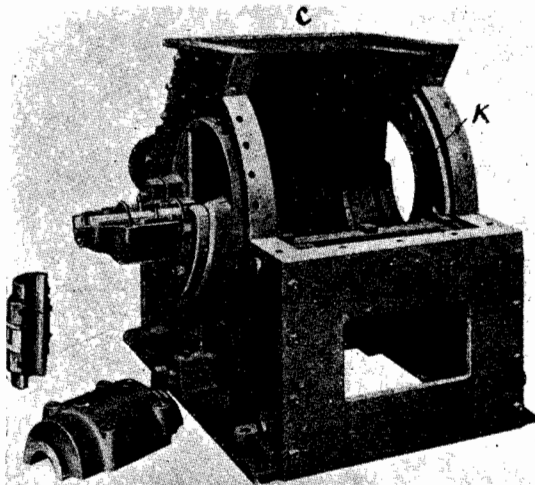


Rys. 221. Sztaby robocze pulweryzatora Jeffrey.

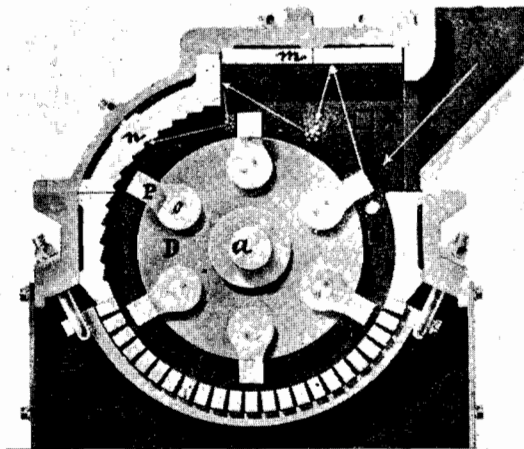
Niektóre odmiany dezintegratorów mają jedną ruchomą tarczę, a drugą stałą. Mają też rozmaity ilość szeregów prętów poziomych (tak zwane, dyzmembratory, używane do mielenia soli).

2) Pulweryzatory (пудльверизатор) są drugim typem przyrządów,

działających zapomocą uderzenia (rys. 220, 221, 222 i 223), bardzo rozpowszechnionym, zwłaszcza, w Ameryce. Na osi poziomej wewnątrz wal-



Rys. 222. Komora robocza pulweryzatora Jeffrey bez ścianki tylnej i bez wału ze sztabami.



Rys. 223. Pulweryzator Sturtevanta.

cowatej komory roboczej szybko się obraca zespół sztab uderowych *P*, umocowanych pomiędzy szeregiem równoległych tarcz *D* w punktach *O*, dokoła których sztaby uderowe mogą się obracać (rys. 221). W czasie ruchu pod działaniem siły odśrodkowej sztaby przyjmują położenie wzdłuż promieni koła. Ściany wewnętrzne komory roboczej są wyłożone stalowymi płytami; gładka płyta *m* leży bliżej do leja wsiypowego; następną płytą

jest uzębiona. U spodu komorę zamykają ruszty *T*, określające skalę rozdrabniania i przyjmujące czynny udział w samym mieleniu.

Pulweryzatory Jeffrey.

| | Wymiary | | | Węgiel drobny miękki do $\frac{1}{16}$ " \sim 1,5 mm | | | | Mieszanka niesortowana z węgla miękkiego do $\frac{1}{4}$ " \sim 6,25 mm | | | | Wapień w kawałkach $2'' \sim \frac{1}{8}'' \sim 3$ mm | | |
|-------|---------|-----|------|---|------------|-----------|---------|--|-----------|---------|----------|--|-------|----------|
| | | | | cale | mm | | paszcza | ilość obrotów <i>n</i> | KM | Qht | <i>n</i> | KM | Qht | <i>n</i> |
| | D | B | D | | B | | | | | | | | | |
| N°G 4 | 24" | 20" | 610 | 508 | 152 × 508 | — | — | — | — | — | — | 1200—1400 | 20—25 | 3—4 |
| M 2 | | | | | 102 × 508 | 1500—1800 | 20—25 | 1—2 | | | | | | |
| H 2 | | | | | 308 × 508 | — | — | — | 1200—1400 | 15—18 | 8—10 | | | |
| N°M 3 | 36" | 24" | 915 | 610 | 152 × 610 | 1000—1300 | 50—60 | 5—6 | | | | | | |
| G 6 | | | | | 178 × 610 | — | — | — | 900—1100 | 50—60 | 50—60 | | | |
| H 3 | | | | | 560 × 610 | — | — | — | | | | | | |
| M 4 | 36" | 42" | 915 | 1067 | 152 × 1067 | 900—1400 | 75—90 | 8—10 | | | | | | |
| G 9 | " | " | " | " | 178 × 1067 | — | — | — | | | | | | |
| H 6 | " | " | " | " | 560 × 1067 | — | — | — | 800—1000 | 90—100 | 90—100 | | | |
| H 8 | 42" | 60" | 1067 | 1524 | 508 × 1524 | — | — | — | 700—900 | 225—250 | 250 | | | |

Materiał, wsypywany przez otwór *C*, otrzymuje uderzenia od szybko obracających się sztab udarowych, które go odrzucają ku płytom *m* i *n*; odbijając się od płyt, kawałki materiału trafiają znów pod sztaby i t. d., dopóki nie zostaną zmielone do tego stopnia, że wypadną pomiędzy rusztami. Pulweryzatory są używane do węgla w tych wypadkach, co i dezintegratory, ponadto w przemyśle ceramicznym, chemicznym i w rolnictwie.

Przytoczone na str. 205 dane charakteryzują działanie pulweryzatorów Jeffrey.

Pulweryzatory Jeffrey przy węglu miękkim mogą służyć również do średniego rozdrabiania kawałków grubości od 150 mm do 265 mm oraz do mielenia niesortowanej mieszanki węgla do 6 mm (patrz rubr. 2), osiągając kolosalną wydajność 250 ton na godzinę. Dziedzina, więc, zastosowania pulweryzatorów jest szersza, niż dezintegratorów.

KONIEC TOMU I-GO.

OMYŁKI DRUKU.

| <i>Str.</i> | <i>Wiersz</i> | <i>Zamiast</i> | <i>Winno być</i> |
|-------------|-------------------|--|---|
| 6 | 3 z dołu | geologi | geologii |
| 13 | 1 „ | ścieranie | przemywanie |
| 17 | 19 z góry | Mamouth | Mammoth |
| 19 | 2 odsyłacz z dołu | ziarn a podane | ziarn podane |
| 20 | 2 z góry | Scizing | Sizing |
| 25 | 7 „ | uregulowaniu | uregulowania |
| 25 | 10 „ | Uberkorn | Ueberkorn |
| 27 | 5 z dołu | wahadłowe | wahadłowe |
| | | wstrząsające } Bębnowe | wstrząsające } Bębnowe |
| | | obrotowe | obrotowe |
| 29 | 7 „ | (Колосниковые... | Колосниковые... |
| 30 | 15 „ | się | się |
| 35 | 2 „ | η -współczynnik rozluźwania | η -współczynnik załadowania |
| 36 | 1 „ | $\eta <$ | $\eta =$ |
| 48 | 5 z góry | poesuwania | przesuwania |
| 54 | 2 z dołu | zadawalniająca | zadowalniająca |
| 58 | 15 „ | „beczka Perru“ | „beczka Perré“ |
| 59 | rys. 42 | kąt CMR oznaczono literą Q | kąt CMR oznaczyć literą φ |
| 59 | 17 z dołu | a ₃ b ₃ c ₃ | a ₃ b ₃ c ₃ d ₃ |
| 64 | 2 „ | грохота | грохота |
| 66 | 4 z góry | od koła napędowego | zapomocą koła napędowego |
| 70 | 3 odsyłacz z dołu | Ore dressing | Ore Dressing |
| 71 | 5 z góry | Stokes | Stokes'a |
| 71 | 11 „ | wykresem | na wykresie |
| 71 | 14 „ | Stokes'a | Stokes'a |
| 72 | rys. 53 | Stokes | Stokes |
| 73 | 18 z dołu | płatce | płatce |
| 73 | 13 „ | kofłami | kołtami |
| 73 | 12 „ | są o tyle | są tak |
| 73 | 3 „ | cyankiem | cyjankiem |
| 79 | 9 z góry | w dalej | w dolnej |
| 86 | 8 z dołu | na drągach | na dźwigniach |
| 86 | 6 „ | drągi | dźwignie |
| 86 | 5 „ | dwuramienny drąg | dwuramienna dźwignia |
| 87 | 8 z góry | cyankiem | cyjankiem |
| 87 | 8 „ | cjanizacja | cyjanizacja |
| 87 | 10 z dołu | że środowiskiem | że za środowisko |
| 88 | 17 „ | żelaza | żelaza |

| <i>Str.</i> | <i>Wiersz</i> | <i>Zamiast</i> | <i>Winno być</i> |
|-------------|---------------|----------------------|--------------------------|
| 88 | 4 z dołu | w charakterze | o charakterze |
| 89 | 12 „ | godz.). Klasyfikacja | godz.) klasyfikacja |
| 89 | 4 „ | kształtu | o kształcie |
| 90 | 11 z góry | spadania | opadania |
| 92 | 20 „ | nad 5"–6". | nad 5"–6" (127–152 mm). |
| 93 | 24 z dołu | ulego | ulega |
| 93 | 9 „ | Franklitu | franklinitu |
| 99 | 12 „ | d'ebourbage | debourbage |
| 107 | 1 „ | pasa | драга |
| 108 | 15 „ | $d = 6^{\circ}50'$ | $\alpha = 6^{\circ}50'$ |
| 108 | 14 „ | kola | koła |
| 109 | 7 z góry | żłobu c | żłobu e |
| 117 | 1 z dołu | niepłu- | niepłó- |
| 118 | 1 z góry | rukany | rukany |
| 122 | 4 „ | Штуфы | Штуфы.) |
| 122 | 13 „ | омбросы, Эфеля | отбросы, эфеля |
| 125 | 14 z dołu | cyankiem | cyjankiem |
| 127 | 9 „ | Überkern | Ueberkorn |
| 129 | 10/11 z góry | wzbogacenia | wzbogacania |
| 135 | 3 z góry | kulkowe | kulowe |
| 135 | 21 z dołu | Дробилки | дробилки.) |
| 135 | 19 „ | Челюстные | челюстные |
| 135 | 16 „ | Щеки | щеки |
| 135 | 7 „ | Дробилка | дробилка |
| 136 | 1 z góry | klin | klin (m) |
| 136 | 1 „ | drugiego | drugiego (n) |
| 136 | 2 z dołu | trzonu P | trzona P |
| 137 | 2 „ | napotyka | napotyka na |
| 144 | 5 z góry | wymiar | wielkość |
| 149 | 2 z dołu | stopniu | skali |
| 149 | 2 „ | do ziarn | na ziarna |
| 153 | 7 z góry | Мельница | мельница |
| 153 | 10 z dołu | кольцевые | кольцевые |
| 153 | 7 „ | z wewnątrz | od wewnątrz |
| 155 | 13 z góry | stopień | skala |
| 155 | 15 „ | E | Σ |
| 158 | 5 „ | znacznym stopniu | znacznej skali |
| 158 | 8 „ | stopniu | skali |
| 158 | 7 z dołu | czopu; | czopa |
| 160 | 7 z góry | kulkowych | kulowych |
| 160 | 14 z dołu | stopień | skala |
| 160 | 10 „ | Дисковые | Дисковые |
| 162 | 8 z góry | suwak K | suwak D |
| 166 | 1 „ | Wanddel | Waddel |
| 172 | 4 z dołu | algamacji | amalgamacji |
| 175 | 4/5 z góry | oddzielonych | oddzielnych |
| 177 | 1 z dołu | rys. 172, 173 | rys. 174 i 175 |
| 179 | 7 z góry | przy mokrem lub | przy mokrem lub zapomocą |
| 189 | 3 z dołu | zastosowane | zastosowanie |

