

P O L I T E C H N I K A W A R S Z A W S K A

Prof. STANISŁAW NIEWIADOMSKI

M A S Z Y N O Z N A W S T W O
C H E M I C Z N E

TRANSPORTERY, ROZDRABNIARKI I MIESZADŁA

WYDANIE TRZECIE

W A R S Z A W A 1 9 5 2

NAKŁADEM PAŃSTWOWEGO WYDAWNICTWA NAUKOWEGO

P O L I T E C H N I K A W A R S Z A W S K A

Prof. STANISŁAW NIEWIADOMSKI

M A S Z Y N O Z N A W S T W O
C H E M I C Z N E

TRANSPORTERY, ROZDRABNIARKI MIESZADŁA

WYDANIE TRZECIE

66.02/025.8)

WARSZAWA 1952

NAKŁADEM PAŃSTWOWEGO WYDAWNICTWA NAUKOWEGO



1002

Wydano za zgodą Delegata Komitetu Wydawnictw Naukowych i Podręczników dla Szkół Wyższych. Pismo nr 78/51 z dnia 18 grudnia 1951 r.

Oddano do druku 26. II. 1952 r.

3-B-50071

Nakład 1000 + 75 egz.

Arkuszy druku 8³/₄

Papier offsetowy V kl. 70 gr.

Zamówienie nr 115-5

Wykonano w Zakładzie Produkcji Skryptów P. W. N. Oddział w Warszawie.

1952 K 39/g

S P I S R Z E C Z Y

	strona
Rozdz. I. Urządzenia transportowe	
§ 1. Wiadomości wstępne	1
2. Przenośniki taśmowe	2
3. Przenośniki grabkowe	6
4. Przenośniki kubełkowe	9
5. Koła podnośne	13
6. Kolejki wiszące	15
7. Przenośniki ślimakowe	19
8. Przenośniki wahliwe	22
9. Przenośniki pneumatyczne	24
10. Przenośniki hydrauliczne	30
11. Koszt transportu	32
Rozdz. II. Rozdrabniarki	
§ 1. Wiadomości wstępne. Teorie Rittingera. Kicka.	35
2. Łamacze	44
3. Gniotowniki walcowe	51
4. Rozdrabniarki młotowe. Dezyntegratory	56
5. Gniotowniki obiegowe	60
6. Młyn żarnowy	64
7. Młyny walcowe i pierścieniowe	65
8. Młyny odśrodkowe	67
9. Młyny kulowe	69
10. Ogólne uwagi o rozdrabnianiu	79
11. Krajalnica. Rębak	81
12. Tarka do ziemniaków. Holender papierniczy. Szlifierka do drzewa	86
13. Młyny koloidalne	89
Rozdz. III. Mieszadła	
§ 1. Cele mieszania	94
2. Mieszadła łapowe	96
3. Obliczanie mieszadeł łapowych	106
4. Wyniki badań nad mieszadłami łapowymi	111
5. Mieszadła propelerowe i śrubowe	115
6. Mieszadła odśrodkowe	123
7. Mieszadło Krebsa	126

	strona
8. Mieszadło. Dorra	127
9. Mieszanie gazów z gazami, cieczeniami i ciałami sypkimi	128
10. Mieszarki	132
11. Zagniatarki	135

R o z d z i a ł I

URZĄDZENIA TRANSPORTOWE

§ 1. Wiadomości wstępne

Zagadnienie racjonalnego transportu różnego rodzaju materiałów zarówno wewnątrz budynków fabrycznych, jak też pomiędzy budynkami oraz na całym terenie fabrycznym jest ^{tak} ważne dla niektórych gałęzi przemysłu chemicznego, że od umiejętnego rozwiązania tego problemu zależy większa lub mniejsza wydajność procesów wytwórczych i rentowność przedsiębiorstwa.

Wybór odpowiedniego urządzenia do transportowania różnego rodzaju surowców, półfabrykatów, produktów i odpadków od jednego budynku fabrycznego do drugiego, od jednej maszyny do drugiej lub od jednego aparatu reakcyjnego do drugiego zależy przede wszystkim od rodzaju urządzeń fabrycznych, a ponadto od wielu innych czynników, m.in. od ilości przenoszonych materiałów, od wielkości poszczególnych kawałków, od odległości, od kierunku przenoszenia /poziomy, pochyły lub pionowy/, od stanu skupienia materiałów transportowanych oraz w wielu wypadkach od specjalnych miejscowych warunków.

Przy wyborze urządzeń transportowych trzeba pamiętać, że powinny być zharmonizowane w swoim działaniu i w swej wielkości z innymi urządzeniami fabrycznymi. Trzeba brać również pod uwagę sposoby ładowania i wyładowywania przenoszonych materiałów oraz czas potrzebny na te czynności oraz na sam transport.

Do przesyłania cieczy stosuje się zwykle przewody rurowe, przy czym do przetłaczania jej z niższego poziomu na wyższy stosowane są pompy tłokowe, odśrodkowe i inne lub /rzadziej/ pompa Mamut i przetłaczarka Montejus. Przesyłanie cieczy z górnego poziomu na dolny nie wymaga stosowania pomp i odbywa się w przewodach rurowych pod wpływem własnego ciężaru.

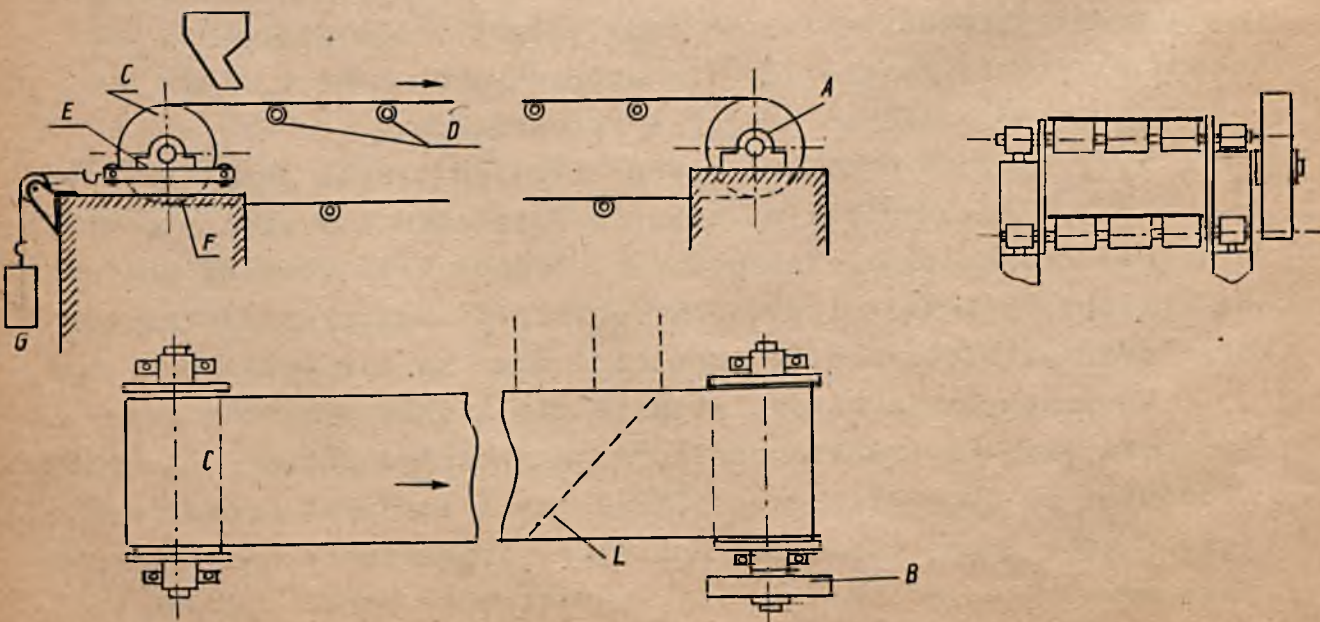
Gazy przesyłane są również przewodami rurowymi za pomocą tłoczenia lub ssania. Do tych celów służą sprężarki, wentylatory, dmuchawy, pompy gazowe, ekshaustory i inżektory.

Urządzenia do transportowania ciał stałych są bardziej różnorodne. Oprócz wózków, taczek, kolejek wąskotorowych i linowych stosowane są przenośniki taśmowe, grabkowe, kubekowe, ślimakowe, wahliwe, hydrauliczne i pneumatyczne. Kolejkami wąskotorowymi, taczkami i wózkami w kursie maszynoznawstwa chemicznego zajmować się nie będziemy, rozpatrzemy natomiast pozostałe z wymienionych poprzednio przenośników.

§ 2. Przenośniki taśmowe

Przenośniki taśmowe są to najstarsze i dziś jeszcze najczęściej używane urządzenia transportowe. Są one stosowane do przenoszenia różnego rodzaju materiałów sypkich lub oddzielnych przedmiotów ustawionych na taśmie w kierunku poziomym na odległość od kilku do 150 m. Można je stosować również do przenoszenia w kierunku pochyłym, ale pod kątem nie większym niż 20° .

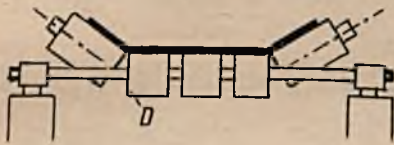
Głównymi częściami składowymi przenośników taśmowych są taśma bez końca i dwa poziome bębny, przez które jest ona przewrzucona /rys.1/. Bęben A otrzymuje napęd za pośrednictwem koła pasowego lub zębatego B umieszczonego na wspólnym wale. Drugi bęben C zaopatrzony jest w urządzenie do naciągania taśmy.



Rys. 1. Przenośnik taśmowy

Kierunek obrotu bębnow i ruchu taśmy jest taki, że materiał przenoszony przesuwa się w kierunku bębna otrzymującego napęd. Ażeby taśma pod ciężarem przenoszonych materiałów nie zwisała, opiera się ją na szeregu rolek D, ustawionych gęściej pod jej górną obciążoną częścią. Oprócz rolek podtrzymujących stosowane są przy długich taśmach rolki prowadzące umieszczone po obu stronach taśmy na osiach pionowych. Zadaniem ich jest uniemożliwienie zsuwania się taśmy na boki. Czasami rolki ustawiane bywa ją w taki sposób, że taśma tworzy rynnę /rys. 2/. Tego rodzaju transportery stosowane są przy dużych wydajnościach. Kształt rynny można oczywiście nadać taśmie tylko w pewnych odległościach od bębnow.

Ażeby nie było poślizgu pomiędzy bębniem napędzającym a taśmą, taśma powinna być zawsze dobrze naciągnięta.



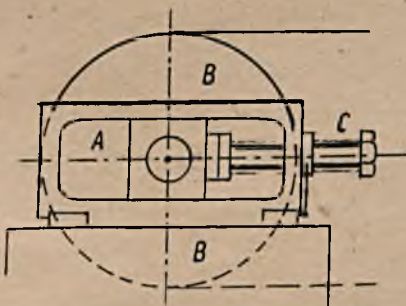
Rys. 2. Taśma korytkowa

Można to osiągnąć tylko wtedy gdy transporter ma odpowiednie urządzenie za którego pomocą można kompensować zmiany długości taśmy wywołane wahaniami temperatury i wilgotnością powietrza.

Taśma w transporterze przedstawionym na rys. 1 naprężona jest przez ciężar G odciągający wózki F, na których umieszczone są łożyska bębna E.

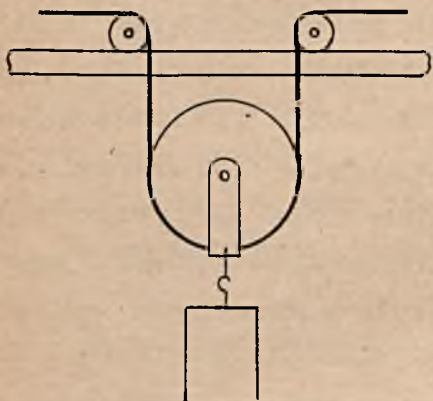
Taśma w transporterze przedstawionym na rys. 1 naprężona jest przez ciężar G odciągający wózki F, na których umieszczone są łożyska bębna E. Na rys. 3 przedstawiony jest naprężacz innej konstrukcji, w której łożyska A bębna jałowego umieszczone są w prowadnicach B i mogą być przesuwane za pomocą śruby C. Wadą tego naprężacza w porównaniu z poprzednim jest trudność uzyskania za pomocą śruby takiej siły naciągającej taśmę, która by nie była ani za duża, ani za mała. Zbyt duża siła ujemnie wpływa na trwałość taśmy, za mała zaś źle taśmę naciąga. Zaletą powyższego naprężacza jest prosta i zwarta konstrukcja nie wymagająca dużo miejsca.

Na rys. 3 przedstawiony jest naprężacz innej konstrukcji, w której łożyska A bębna jałowego umieszczone są w prowadnicach B i mogą być przesuwane za pomocą śruby C. Wadą tego naprężacza



Rys. 3. Naprężacz śrubowy

Urządzenie do naciągania taśmy pokazane na rys. 4 polega na tym, że taśma jest przerzucona przez specjalny bęben, który - obciążony odpowiednim ciężarem - wywołuje naciąg. Wyginanie się taśmy na rolkach A i B w kierunku przeciwnym niż na bębnach szkodliwie wpływa na jej wytrzymałość.



Rys. 4. Naprężacz ciężarowy

Ładowanie materiału na taśmę może zachodzić w każdym miejscu przenośnika i odbywa się przez lej zasilający pochylony w kierunku ruchu taśmy pod takim kątem, ażeby składowa pozioma prędkości materiału zsuwającego się tak z leja, jak i

z równi pochyłej była równa prędkości taśmy.

Wyładowywanie materiału przenoszonego może odbywać się w końcu taśmy, a także i w każdym innym miejscu. W pierwszym przypadku żadnych przyrządów do wyładowywania nie potrzeba, gdyż materiał sam spada z taśmy, w drugim zaś stosowane są specjalne urządzenia.

Najprostszym urządzeniem do wyładowywania materiału w odpowiednim miejscu jest zgartywacz w kształcie listwy drewnianej lub metalowej L ustawionej w poprzek taśmy /na rys. 1 listwa L pokazana jest linią przerywaną /. Listwa ta zatrzymuje i zrzuca materiał przenoszony przez transporter.

Przenośniki taśmowe używane bywają w wielu gałęziach przemysłu chemicznego, m.in. w cukrowniach do przenoszenia krajanki buraczanej na baterię dyfuzyjną, w fabrykach celulozy do przenoszenia wiórek z rębaków, w suszarniach taśmowych itd.

Taśmy są wykonane z kilku warstw tkaniny bawełnianej lub konopnej przesyconych, jak pasy Ballata, masą gumową. Jeżeli materiał transportowany ma temperaturę kilkudziesięciu lub więcej stopni, to stosuje się taśmy z gęsto tkanej siatki z drutów stalowych albo z płaskich płytek stalowych zachodzących jedna na drugą. Płytki te umocowane są do łańcuchów napędzanych przez koła łańcuchowe zamiast bębnów.

Wymiary przenośników taśmowych wahają się w dużych granicach: szerokość od 200 do 1500 mm, średnica bębnów od 800 do 1200 mm, prędkość zaś od 1 do 2,5 m/sek.

Wydajność przenośnika taśmowego zależy od jego prędkości oraz od szerokości taśmy i grubości warstwy pokrywającego ją materiału. Jak wykazywały obserwacje i badania, grubość warstwy materiału na taśmie nie jest wszędzie jednakowa. Pośrodku warstwa materiału jest najgrubsza, bliżej brzegów cieńsza. Przy spokojnym biegu i równomiernym ładowaniu średnia grubość warstwy materiału na taśmie wynosi ok., 5% jej szerokości. Materiał przenoszony zajmuje nie całą powierzchnię taśmy /przy brzegach materiału nie ma/, lecz tylko około 0,9 jej szerokości.

Uwzględniając powyższe dane możemy obliczyć wydajność transportera taśmowego w sposób następujący:

$$V = 0,9 B \cdot 0,05 B \cdot c \cdot 3600 = 162 B^2 \cdot c \left[\text{m}^3/\text{godz.} \right]$$

l u b

$$G = 162 B^2 \cdot c \cdot \gamma \left[\text{t}/\text{godz.} \right],$$

gdzie B jest to szerokość taśmy w metrach,

c - prędkość taśmy w metrach na sekundę,

γ - ciężar 1 m³ materiału w tonach.

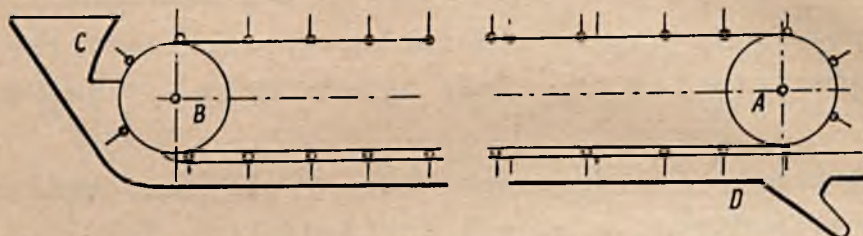
Moc dostarczana przez silnik zużywa się w transporterach taśmowych w sposób następujący:

- 1/ na nadanie energii kinetycznej materiałom przenoszonym;
- 2/ na pokonanie tarcia w rolkach podtrzymujących i w łożyskach bębnow;
- 3/ na napęd urządzeń pomocniczych przeznaczonych do równomiernego ładowania i rozładowywania przenośnika;
- 4/ w transporterach pochyłych na podnoszenie materiału transportowanego na wysokość $h = l \cdot \sin \alpha$, gdzie l jest długością podnośnika, a α jest kątem nachylenia jego do poziomu;
- 5/ na nadanie, podczas puszczenia w ruch, energii kinetycznej taśmie i innym ruchomym częściom przenośnika.

Dokładne obliczenie powyższych pozycji z powodu braku wielu danych nie jest możliwe. Konstruktorzy w fabrykach budujących przenośniki taśmowe opierają się na danych zebranych przez poszczególne firmy. W każdym bądź razie zużycie mocy w transporterach taśmowych jest mniejsze niż w przenośnikach innych typów i wynosi od 1/500 do 1/300 konia mechanicznego na 1 tonę materiału przeniesionego na godzinę na odległość 1 m.

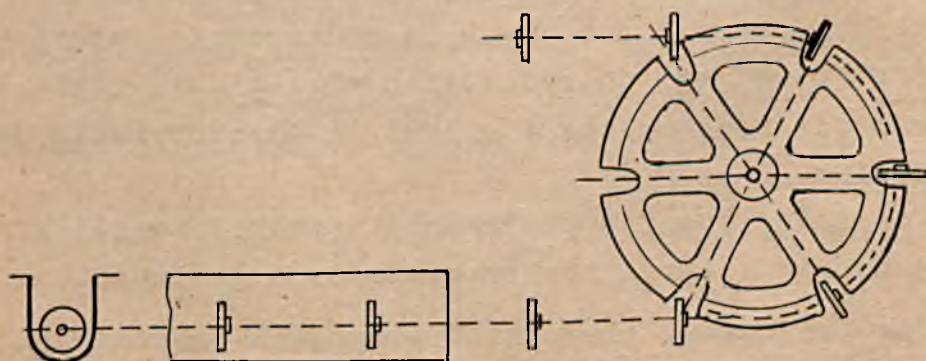
Transportery taśmowe przy małych kosztach utrzymania nie wymagają dużej obsługi, pracują bez hałasu, nie uszkadzają materiałów przenoszonych, są stosunkowo proste, dają możliwość otrzymania dużych wydajności, zużywają mało mocy i dlatego znalazły szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu.

§ 3. Przenośniki grabkowe



Rys. 5. Schemat przenośnika grabkowego

Przenośniki grabkowe przedstawione schematycznie na rys. 5 i 6 urządzone są w sposób następujący. Przez dwa koła /rys. 5/ robocze, A - otrzymujące napęd i jałowe B - zaopatrzone w urządzenie do naciągania, przerzucone są łańcuchy lub liny do których w jednakowych odległościach przymocowane są grabie lub skrobaczki w postaci listw żelaznych lub drewnianych. W czasie pracy poruszają się one wewnątrz długiej rynny w kierunku koła roboczego A, ciągnięte przez liny lub łańcuchy. Podczas tego ruchu zagarniają materiał doprowadzany do przenośnika w jednym jego końcu przez lej zasilający C i przesuwają go wzdłuż rynny do drugiego końca, gdzie następuje wyładowanie przez otwór w dnie rynny i lej D.



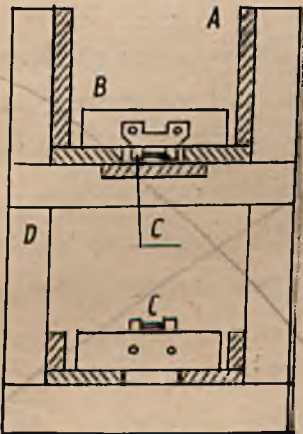
Rys. 6. Przenośnik grabkowy

Wyładować materiał z przenośnika grabkowego można w dowolnym miejscu przez otwór w dnie rynny, zamknięty zasuwą, gdy nie zachodzi potrzeba wyładowywania w tym punkcie.

Jeżeli otwór powyższy przykryty jest tylko na części szerokości rynny, pozostała zaś część jego jest otwarta, wyładowuje się w tym miejscu tylko część materiału, reszta zaś może być wyładowana w podobny sposób w innych punktach przenośnika. W ten sposób w transporterach grabkowych można wyładowywać materiał jednocześnie w kilku miejscach.

Na rys. 6 podany jest transporter grabkowy zainstalowany w jednej z polskich cukrowni, w którym grabie mają kształt tarcz przymocowanych do liny przechodzącej przez ich środek. Koła linowe w tym przenośniku dostosowane są do przepuszczania grabi i w tym celu mają odpowiednie wycięcia.

Transporter grabkowy przedstawiony w przekroju poprzecznym na rys. 7 składa się z drewnianej rynny A, grabi B w postaci drewnianych listewek przyczepionych dolnym swym kantem do łańcucha lub liny, prowadnic C i drewnianego rusztowania D. Przymocowanie listewek od dołu wpływa dodatnio na obciążenie łańcucha ciągnącego, ale naraża go na zanieczyszczenia. Wtedy, gdy należy unikać zetknięcia się łańcucha z przenoszonym materiałem, można rynnę A umieścić pod prowadnicami C, łańcuch będzie wówczas biegł nad materiałem w rynnie.

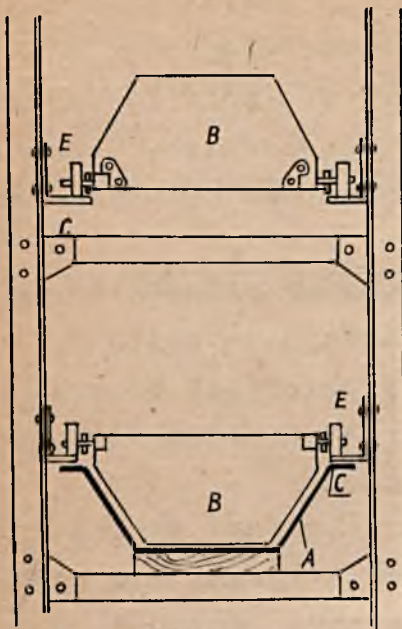


Rys. 7. Transporter grabkowy z drewna

Doskonalszy pod względem konstrukcyjnym i lepszy w działaniu, ale droższy jest transporter przedstawiony na rys. 8, wykonany ze stali. Grabie B nie dotykają w tym transporterze ścian rynny A, lecz za pomocą rolek E opierają się na prowadnicach C, wskutek czego opory tarcia są w nim mniejsze niż w innych transporterach grabkowych. Drugą dobrą stroną tego przenośnika jest przymocowanie grabi nie do jednego, lecz do dwóch łańcuchów

znajdujących się po obu stronach grabi i przyczepionych do prętów stanowiących osie rolek. Daje to możliwość przenoszenia cięższych materiałów niż w transporterach z jednym łańcuchem.

Jak poprzednio już było podane, grabie są przymocowywane zwykle do łańcuchów i lin.



Rys. 8. Transporter grabkowy z grabkami na rolkach

Łańcuchy są drogie i ciężkie, mało się natomiast wydłużają i łatwo je naprawiać, gdy ulegną rozerwaniu. Liny są tańsze, mniej się zużywają, gdyż nie mają połączeń zawieszonych jak łańcuchy; nie zagrażają niespodziewanym rozerwaniem, bo miejsca uszkodzone, w których lina może się rozerwać, łatwo wykryć podczas okresowego przeglądu; trudno je jednak naprawiać. Mechanizm poruszający przenośnik przy linach jest bardziej skomplikowany niż przy łańcuchach. Liny częściej niż łańcuchy są stosowane do transporterów bardzo długich, rzadziej do krótkich.

Do naciągania łańcuchów i lin w przenośnikach grabkowych stosowane są przeważnie naprężacze śrubowe przedstawione na rys. 3.

Przenośniki grabkowe są prostsze i tańsze od taśmowych, wymagają jednak częstych remontów, zużywają znacznie więcej energii do wykonania tej samej pracy niż taśmowe i dlatego są stosowane zamiast taśmowych przy pracy okresowej z większymi przerwami do przenoszenia stosunkowo lekkich materiałów na niewielkie odległości. Można je stosować do transportowania nie tylko w kierunku poziomym, ale również i nachylnym do poziomu pod kątem dochodzącym do 40° .

Prędkość transporterów grabkowych jest mniejsza niż taśmowych i waha się od 0,25 do 0,75 m/sek, odległość pomiędzy grabkami wynosi od 400 do 600 mm, wymiary zaś grabek od $100 \times 250 \text{ mm}^2$ do $250 \times 600 \text{ mm}^2$. Objętość materiału, którą zagarniają w poziomym transporterze grabkowym jedne grabie, zależy od ich wymiarów i wynosi, jak widać z podanej niżej tablicy, od 8 do 60 litrów.

Wymiary grabi w mm ²	100 x 250	100 x 300	125 x 300	125 x 375
Objętość ma- teriału w litrach	8	10,5	13	17

Wymiary grabi w mm ²	150 x 450	200 x 450	200 x 500	200x600	250x600
Objętość ma- teriału w litrach	22	33	40	50	60

Dla transporterów pochyłych liczby powyższe należy pomnożyć przy nachyleniu do poziomu pod kątem $\alpha = 20^\circ$ przez 0,75, przy $\alpha = 30^\circ$ przez 0,55, a przy $\alpha = 40^\circ$ przez 0,33.

Opierając się na powyższych danych wydajność poziomego transportera grabkowego można obliczyć ze wzoru

$$G = 3600 \cdot \frac{V}{1000} \cdot \delta \cdot \frac{c}{a} = 3,6 \cdot V \cdot \delta \cdot \frac{c}{a} \left[\text{ton/godz.} \right],$$

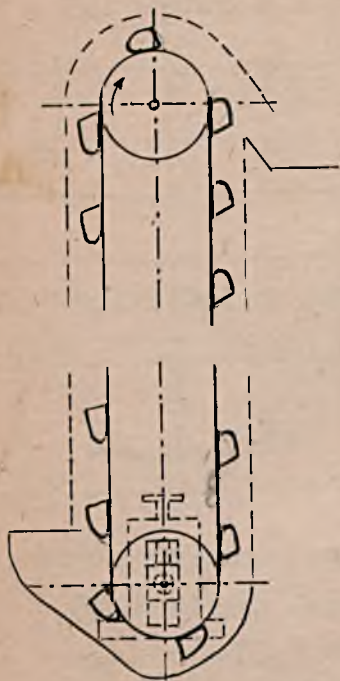
gdzie V jest to objętość materiału zagarniana przez jedne grabki, w metrach sześciennych; δ - ciężar 1 m³ materiału w tonach; c - prędkość transportera w metrach na sekundę; a - odległość pomiędzy grabkami.

Zużycie mocy w przenośnikach grabkowych jest przeszło dwukrotnie większe niż w taśmowych i waha się w granicach od 1/120 KM do 1/250 KM na 1 tonę materiału przeniesionego na godzinę na odległość 1 m.

§ 4. Przenośniki kubełkowe

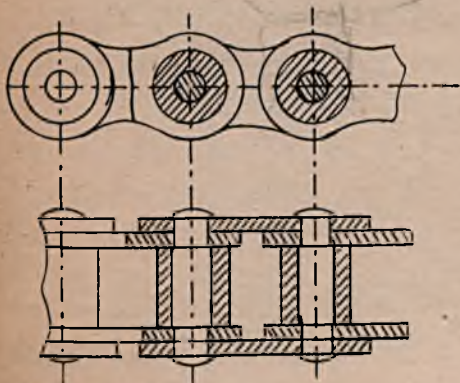
Transportery taśmowe podnoszą materiał do góry pod kątem najwyżej 20° do poziomu, grabkowe pod kątem 40° , przenośniki zaś kubełkowe stosowane są do przenoszenia materiałów w kierunku pionowym, pochyłym pod dowolnym kątem oraz w kierunku poziomym lub mieszanym. Podnośniki kubełkowe, które podnoszą materiał do góry, noszą nazwę elewatorów, te zaś, które przenoszą materiał w kierunku poziomym, nieco pochyłym lub mieszanym, nazywane bywają konwojerami.

Na rys. 9 podany jest schemat pionowego podnośnika kubełkowego. Jak i poprzednie przenośniki ma on dwa bębny, przez które przerzucona jest taśma bez końca z przyczepionymi do niej w jednakowych odstępach kubełkami. Górny bęben otrzymuje napęd, dolny zaś zawiera mechanizm do naciągania. W transporterach kubełkowych zamiast taśmy i bębnow znacznie częściej używane bywają łańcuchy i koła łańcuchowe, przy czym w transporterach małych kubełki są przymocowane do jednego, a w średnich i dużych - do dwóch łańcuchów.

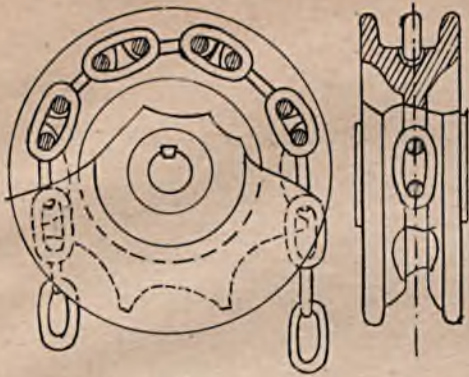


Rys. 9. Podnośnik kubełkowy

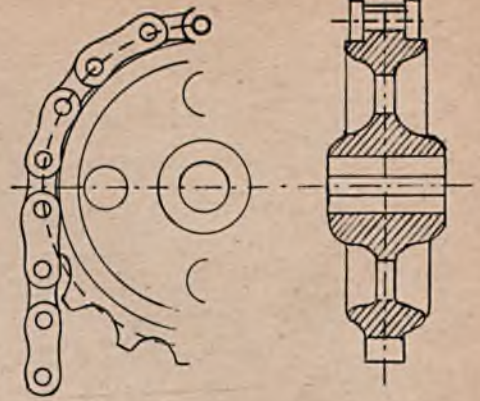
Do podnośników kubełkowych stosuje się albo zwykłe łańcuchy kalibrowane, t.j. mające ogniwa zupełnie jednakowych wymiarów, albo łańcuchy typu Galla przedstawione na rys. 10. Łańcuchy zwykłe są tańsze, zmniejszają natomiast znacznie sprawność podnośnika i dlatego są stosowane w podnośnikach pracujących z dużymi przerwami. Droższe łańcuchy Galla stosuje się przy podnośnikach większych, dłuższych i pracujących ciągle, gdyż oszczędność zużycia mocy w tych przypadkach ma większe znaczenie niż oszczędność na kosztach łańcucha. Koła łańcuchowe do łańcuchów zwykłych podane są na rys. 11, a do łańcuchów Galla na rys. 12. Kubełki przyłączane są do łańcuchów za pośrednictwem specjalnych ogniw, które są przymocowywane do kubełków przez nitowanie lub spawanie. Kształt i wymiary kubełków podnośnika stosowanego do podnoszenia buraków w jednej z cukrowni podane są na rysunku 13.



Rys. 10. Łańcuch Galla

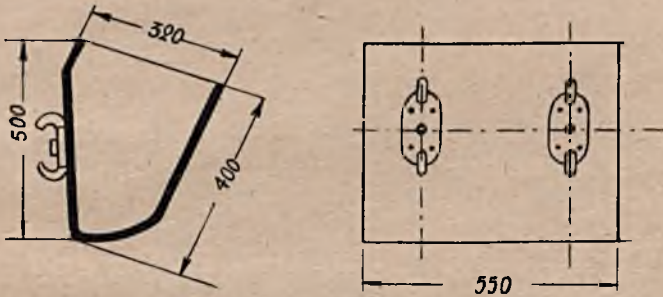


Rys. 11. Koło łańcuchowe



Rys. 12. Koło do łańcucha
Galla

Ładowanie odbywa się na dole przez lej zasilający /rys.9/, gdzie kubeczki nagarniają materiał i unoszą do góry. Wyładowywanie następuje samoczynnie pod działaniem siły odśrodkowej.

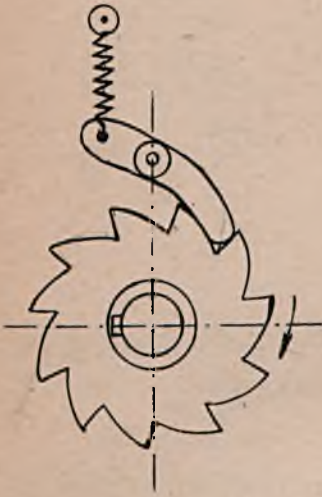


Rys. 13. Kubełek

Materiał wyrzucony z kubeczków trafia do rynny odbiorczej, a opróżnione kubeczki odchodzą na dół. Obciążenie podnośnika kubeczkowego, jak widzimy, jest jednostronne, gdyż tylko kubeczki idące do góry mają ładunek. W przypadku zatrzymania podnośnika, należy zapobiec opadaniu /pod wpływem siły ciężkości/ naładowanych kubeczków i ruchowi podnośnika w kierunku odwrotnym. Do tego celu służą hamulce, koła zapadkowe i zapadki.

Koła zapadkowe /rys. 14/ posiadają zęby specjalnego kształtu i osadzone na tym samym wale co i górne koła łańcuchowe, zapadka zaś, osadzona na nieruchomej osi, dociskana jest do koła zapadkowego za pomocą sprężyny. Podczas ruchu podnośnika koło zapadkowe obraca się w kierunku zgodnym z biegiem zegarka /rys. 14/, przy czym zapadka ślizga się po nim zeskakując z zębca na ząb.

Gdy elewator jest zatrzymany, zapadka uniemożliwia ruch w kierunku odwrotnym opierając się o najbliższy ząb koła zapadkowego.



Rys. 14. Zapadka

Koła łańcuchowe i bębny zaklinowane są na wałach. Górny wał otrzymuje napęd od silnika lub transmisji za pośrednictwem przekładni pasowej, zębatej lub ślimakowej, dolny zaś ma urządzenie do naciągania łańcucha lub taśmy, przy czym najczęściej stosowane są naprężacze śrubowe przedstawione na rys. 3.

Podnośniki kubełkowe w większości przypadków mają osłonę /pokazaną na rys. 9 linią przerywaną/ z blachy żelaznej lub z drzewa w celu zabezpieczenia robotników od nieszczęśliwych wypadków oraz ze względu na rozsypywanie się podnoszonych materiałów przy zbyt pełnym ładowaniu kubełków.

Podnośniki kubełkowe w większości przypadków mają osłonę /pokazaną na rys. 9 linią przerywaną/ z blachy żelaznej lub z drzewa w celu zabezpieczenia robotników od nieszczęśliwych

wypadków oraz ze względu na rozsypywanie się podnoszonych materiałów przy zbyt pełnym ładowaniu kubełków.

Pochyłe podnośniki kubełkowe stosuje się rzadziej od pionowych, bowiem przy jednakowej wysokości podnoszenia są dłuższe, mają więcej kubełków, zajmują więcej miejsca, kosztują drożej i mają mniejszą sprawność niż pionowe, większy natomiast współczynnik napełnienia. Są one stosowane głównie do podnoszenia materiałów płynnych i półpłynnych oraz do wyczerpywania ziemi lub innych ciał z kanałów, rzek i stawów. /W wypadku gdy chodzi o to, aby nie czerpać wody, używane są kubełki o dnie dziurkowanym/. Podnośniki kubełkowe pionowe, pochyłe i poziome stosowane są ponadto do podnoszenia i przenoszenia różnych materiałów sypkich, jak: zboże, cukier, kartofle, buraki, węgiel, popiół itd.

Prędkość poruszania się kubełków wynosi od 0,25 do 1,25 m/sek, wysokość podnoszenia dochodzi do 50 m, wydajność transportera zależy od wielkości kubełków, odległości między nimi i prędkości łańcucha. Pojemność kubełków waha się w bardzo dużych granicach od 0,25 litra dla małych do 100 litrów dla bardzo dużych przenośników.

Oznaczając przez V pojemność jednego kubełka w litrach, przez a - odległość między nimi w metrach, przez c - prędkość przenośnika w metrach na sekundę, przez δ - ciężar właściwy w tonach na metr sześcienny i przez φ - objętościowy współczyn-

$$G = 3600 \cdot \delta \cdot \frac{V}{1000} \cdot \varphi \cdot \frac{c}{a} = 3,6 \cdot \varphi \cdot v \cdot \delta \cdot \frac{c}{a} \left[\text{t/godz.} \right].$$

Współczynnik napełniania φ zależy od wielkości kawałków materiału transportowanego i waha się w granicach od 0,4 do 1.

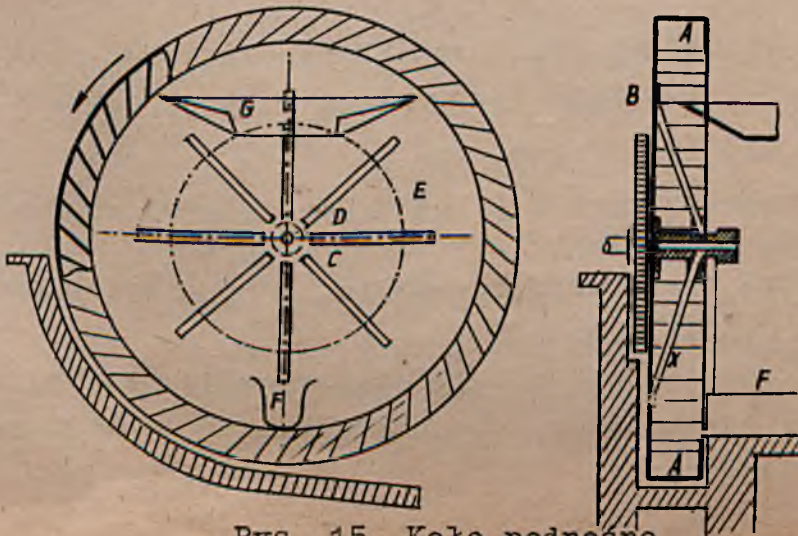
Zużycie mocy w transporterach kubełkowych zależy od tego, czy jest on pionowy, czy pochyły, czy ma łańcuch zwykły, czy systemu Galla oraz czy jest starannie wykonany i należycie utrzymany. Zużycie mocy w koniach mechanicznych obliczyć można ze wzoru

$$N = \eta \cdot G \cdot H \cdot \frac{1000}{3600 \cdot 75} = 0,0037 \eta \cdot G \cdot H \left[\text{KM} \right],$$

gdzie G jest to ilość podnoszonego materiału w ton/godz., H - wysokość podnoszenia w m, a η - sprawność podnośnika, wynosząca od 0,4 do 0,75, przy czym większe wartości odnoszą się do podnośników pionowych z łańcuchami Galla, starannie utrzymanych. Zużycie mocy obliczone z tego wzoru oraz stwierdzone w sposób doświadczalny wynosi od 1/100 do 1/200 konia mechanicznego na 1 tonę materiału podniesionego na godzinę na wysokość 1 m, czyli jest od 2,5 do 3 razy większe niż w przenośniku taśmowym.

§ 5. Koła podnośne

W cukrowniach i gorzelniach do podnoszenia buraków i kartofli ze spławiaków na płóczki często są stosowane koła podnośne o znacznie większej sprawności od podnośników kubełkowych i ślimakowych. Na rys. 15 przedstawione jest w sposób schematyczny koło podnośne stosowane w cukrowniach.



Rys. 15. Koło podnośne

Wieniec jego A, jak widać na rysunku, przedstawia rynną prostokątną, zwiniętą w koło dnem na zewnątrz. Rynna ta ma przegrody, które dzielą wieniec na kilkadziesiąt części zwanych czerpakami. Wieniec przymocowany jest do piasty D za pomocą tarczy B wzmocnionej ośmioma ramionami C i osadzony na wale spoczywającym w łożyskach. Wał otrzymuje napęd od silnika lub transmisji za pośrednictwem koła zębatego E i przekładni zębatych i pasowych nie pokazanych na rysunku. Buraki ze spławiaka F dostają się na czerpaki w dolnej części koła i podczas jego ruchu są podnoszone do góry i wyrzucane do rynny G, skąd spadają do płóczki. Buraki mogą być podnoszone albo razem z wodą spławiakową, albo bez niej, wtedy dno rynny /czerpaków/ musi mieć otwory, przez które woda spływa z koła.

Zaletą kół podnośnych jest ich duża sprawność i z tego powodu były one stosowane przed wojną w trzydziestu cukrowniach polskich /na ogólną liczbę około siedemdziesięciu/ pomimo szeregu wad, do których można zaliczyć m.in. dość dużą cenę i małą wysokość podnoszenia /największe z kół podnośnych w Polsce ma średnicę zewnętrzną równą 10 m, a wysokość podnoszenia około 9 m/.

Wymiary kół podnośnych są następujące: średnica od 4 do 10 m, szerokość od 300 do 800 mm, głębokość radialna czerpaków od 250 do 500 mm, prędkość obwodowa od 0,7 do 1,6 m/sek.

Oznaczając przez c prędkość obwodową koła w metrach na sekundę, przez a - szerokość koła w metrach, przez b - jego głębokość radialną w metrach oraz przez γ - ciężar właściwy materiału podnoszonego w tonach na metr sześcienny, można obliczyć wydajność koła podnośnego ze wzoru

$$G = 3600 \cdot \varphi \cdot a \cdot b \cdot c \cdot \gamma \text{ [ton/godz.]},$$

gdzie φ - objętościowy współczynnik napełnienia - zależy od rodzaju materiału podnoszonego i wynosi od 0,33 do 0,75.

Zużycie mocy wynosi

$$N = \frac{1000}{75 \cdot 3600} \cdot \eta \cdot G \cdot H = 0,0037 \eta \cdot G \cdot H,$$

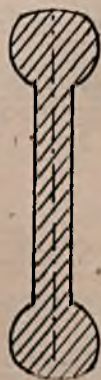
gdzie H jest to wysokość podnoszenia, a η - sprawność podnośnika wynosząca od 0,5 do 0,8.

Dawniej koła podnośne były stosowane do czerpania i podnoszenia na wyższy poziom wody. Obecnie w Polsce do tego celu kół podnośnych nie stosują.

§ 6. Kolejki wiszące

Kolejki wiszące są stosowane w niektórych gałęziach przemysłu chemicznego do transportowania materiałów sypkich, jak glina, piasek, żwir, rudy, węgiel, a w przemyśle ceramicznym również do przenoszenia wyrobów surowych i wypalonych, jak cegła, dachówki, hurdysy i dreny. Kolejki można podzielić na kolejki szynowe i kolejki linowe.

Wiszące kolejki szynowe budowane są głównie wewnątrz budynków fabrycznych i składów, na zewnątrz zaś tylko wtedy, gdy trzeba połączyć kolejki w sąsiednich budynkach lub przedłużyć na teren fabryczny wewnętrzną linię kolejki. Szyny kolejki opierają się na specjalnych wieszakach przymocowanych do belek stropowych budynków lub na wspornikach i konsolach przymocowanych do kolumn i słupów, gdy kolejka biegnie poza budynkiem. Odległość pomiędzy miejscami podparcia szyn zwykle nie przekracza 4 m, wysokość zaś zawieszenia ze względu na możliwość swobodnego poruszania się pod torem nie powinna być mniejsza od 2 m. Jako szyny używane bywają belki dwuteowe i ceowe małych wymiarów, kątowniki lub szyny o specjalnym profilu, przedstawione na rys. 16. Szyny o profilu zwykłym, stosowane normalnie do



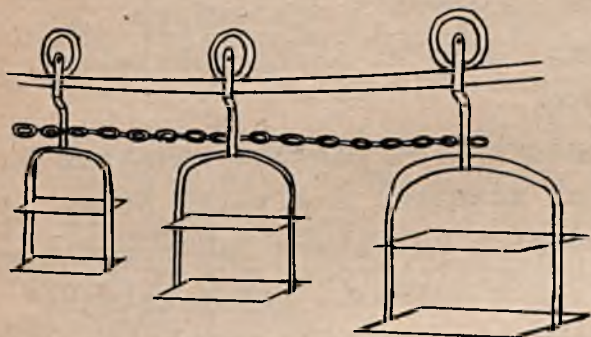
kolejek wąskotorowych jako zbyt ciężkie i drogie nie są używane w kolejkach wiszących.

Tor szynowej kolejki wiszącej jest zawsze pojedynczy. Przy napędzie ręcznym jest poziomy lub wyjątkowo, słabo nachylony, przy czym pochyłość nie przekracza 1%. Przy stosowaniu napędu mechanicznego nachylenie toru może być większe. W razie potrzeby tor można zakrzywić, promień krzywizny jednak powinien wynosić od 3 do 2 m i tylko wyjątkowo może dochodzić do 1,5 m. Rozgałęzienie toru osiąga się tak, jak na kolejkach na-

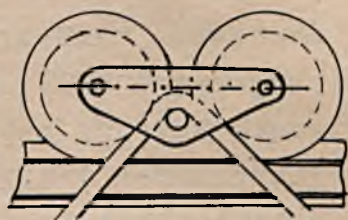
Rys. 16. Profil szyny kolejki wiszącej

ziemnych, za pomocą wekeli lub tarcz obrotowych.

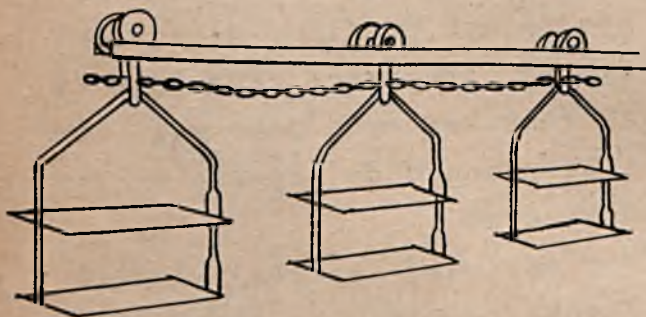
Wózek kolejki wiszącej jest to kosz przyczepiony przegubowo do nadwozia, które porusza się na kółkach po torze, jak to widać na rys. 17, 18, 19, 20. Nadwozie zaopatrzone jest w jedno, /rys. 17/ dwa /rys. 18 i 19/ lub więcej /rys. 20/ kółek stalowych,



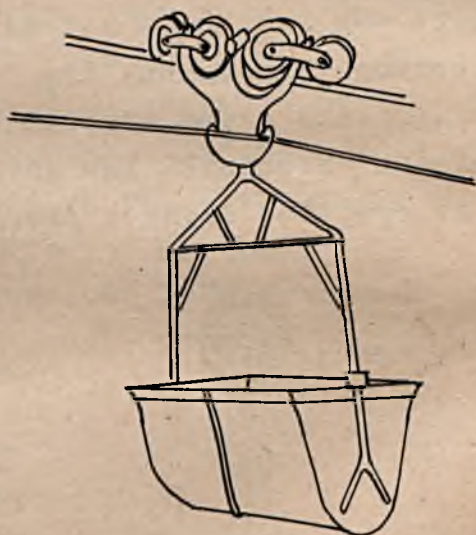
Rys. 17. Kolejka wisząca o pojedynczym torze



Rys. 19. Nadwozie o dwu kółkach



Rys. 18. Kolejka wisząca o podwójnym torze



Rys. 20. Wózek kolejki linowej

na których obwodzie są głębokie wyżłobienia o profilu dostosowanym do kształtu szyn. Średnica kół waha się w granicach od 120 do 300 mm, szerokość zaś od 50 do 110 mm. Pojemność wózków wynosi od 200 do 500 kg przy napędzie ręcznym i dochodzi do 1000 kg przy napędzie mechanicznym. Przesuwanie ręczne odbywa się w ten sposób, że robotnik popycha wiszący przed nim wózek, który wskutek tego toczy się po szynach.

Średnia prędkość wózków wynosi wówczas ok. 0,5 m/sek. Przy napędzie zaś mechanicznym szybkość w razie potrzeby może dochodzić do 3 m/sek. Wózki w kolejkach poruszanych mechanicznie przymocowane są do łańcucha bez końca /jak na rys. 17 i 18/, który przerzucony jest przez krążki łańcuchowe podobne do przedstawionego na rys. 9, lecz dużej średnicy. Krążki te obracając się w płaszczyźnie poziomej poruszają łańcuch ciągnący wózki. Zamiast napędu łańcuchowego stosowany bywa czasami przy krótkich kolejkach i małych wózkach napęd linowy.

Na rys. 17 i 18 pokazane są wiszące kolejki szynowe stosowane w przemyśle ceramicznym do przenoszenia cegły, dachówki i innych wyrobów. Wózki tych kolejek, dostosowane do wyrobów ceramicznych, są w ciągłym ruchu. Ładowanie i wyładowywanie odbywa się ręcznie, bez zatrzymywania kolejki, toteż prędkość jej nie jest zbyt wielka. Biegnie ona od pras, gdzie formują się wyroby surowe, do suszarni i pieców, przechodzi przez składy i wraca do pras. Droga, którą kolejka odbywa, zakrzywia się zależnie od warunków lokalnych, wznosi się i opada. Przy wyznaczaniu trasy kolejki trzeba uważać, aby wyroby nie odbywały zbędnej drogi.

Kolejka przedstawiona na rys. 18, której wózki poruszają się na dwóch kółkach po torze składającym się z dwóch kątowników, jest praktyczniejsza, chociaż droższa niż kolejka biegnąca po torze o jednej szynie /rys. 17/, gdyż zdarza się czasem, że wózki kolejki jednoszynowej /rys. 17/ wypadają na zakrętach z szyn, szczególnie gdy promień zakrzywienia toru jest mały, a prędkość duża. Powstają przez to przerwy w ruchu.

Do transportowania materiałów na dalsze odległości, gdy zachodzą trudności terenowe, jak rzeki, drogi, tory kolejowe, wąwozy itp., stosowane są wiszące kolejki linowe, które mają jeszcze i tę zaletę, że nie zależą ani od terenu, ani od warunków atmosferycznych i są tańsze od kolejek szynowych.

Kolejki linowe mogą być jednolinowe lub dwulinowe. Do kolejki jednolinowej stosuje się linę bez końca przerzuconą przez dwa koła linowe obracające się w płaszczyźnie poziomej; jedno z nich połączone jest z urządzeniem do naciągania, a drugie - za pomocą przekładni zębatej lub pasowej z silnikiem poruszającym całą kolejkę. Lina, do której odpowiednimi sprzęgaczami przyłączone są wózki, biegnie podtrzymywana przez łatwo obracające się krążki /bloki/ linowe.

Umieszczone są one na specjalnych wspornicach /słupach lub wieżach/ wykonanych w postaci kratownicy przestrzennej i ustawionych w jednakowej odległości wynoszącej od 50 do 75 m.

Jeżeli istnieją odpowiednie warunki terenowe, można zaoszczędzić pracy silnika wykorzystując ciężar napełnionych wózków - zmuszając je, gdy biegną z góry na dół, do ciągnięcia próżnych wózków do góry.

Wydajność jednolinowej kolejki nie jest wielka i z tego powodu do transportu większych mas materiału stosowane są zazwyczaj kolejki o dwu linach, z których jedna - większej średnicy, tak zwana torowa - pełni rolę szyny, po której toczą się wózki, a druga cieńsza jest liną ciągnącą.

Jeden koniec liny torowej umocowany jest nieruchomo, drugi zaś w celu wywołania silnego naciągu przerzucony jest przez krążki kierujące i obciążony odpowiednio dużym ciężarem, który utrzymuje w ten sposób linę stale w napięciu. Zwykle są dwie liny torowe, które tworzą po obu stronach wspornic /słupów, wież/ dwa równoległe tory, pierwszy do jazdy w jednym kierunku, drugi do jazdy powrotnej. Opierają się one, podobnie jak lina w kolejce jednolinowej, na krążkach luźno osadzonych na osi i umieszczonych na wspornicach lub wieżach /słupach/ wykonanych najczęściej w postaci kratownic przestrzennych.

Lina ciągnąca jest podobna do liny kolejki jednolinowej i umocowana jest na wspornikach w sposób analogiczny, cała jednak konstrukcja umocowania jest lżejsza, a sama lina cieńsza. Mechanizm poruszający ją jest identyczny z mechanizmem napędowym w kolejce jednolinowej. Biegnie ona pod lub nad liną torową i ciągnie wózki przyłączone do niej za pomocą odpowiednich sprzęgaczy. Przyczepianie i odczepianie wózków odbywa się automatycznie na obu końcach kolejki. Kolejka linowa na krańcach skombinowana jest z wiszącą kolejką szynową tak, że wózki z liny łatwo przechodzą na szyny i mogą być rozprowadzane w dowolnych kierunkach.

Wózki kolejek wiszących skonstruowane są w ten sposób, że środek ciężkości, tak obciążonego, jak i pustego wózka zawsze leży na płaszczyźnie pionowej przechodzącej przez oś, która znajduje się powyżej liny lub szyny, wskutek czego wózki utrzymują równowagę trwałą.

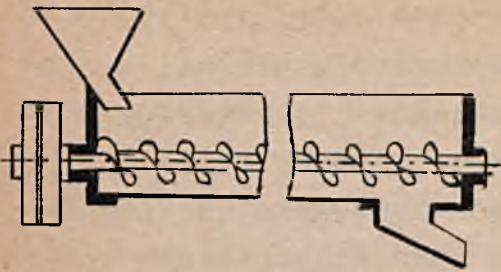
Wózek składa się z nadwozia, sprzęgacza, ramy i skrzyni.

Nadwozie ma dwa lub cztery /rys. 20/ kółka z głębokimi wyżłobieniami na obwodzie, aby wózek przy przechyleniu się nie spadł z liny. Rama połączona jest z kółkami wahadłowo, tak że wózek utrzymuje się pionowo nawet przy największych pochyłościach liny torowej /rys. 20/. Sprzęgacze służą do umocowania wózków do liny ciągnącej. Najczęściej stosowane są sprzęgacze automatyczne. Kształt skrzyni może być zawsze dostosowany do rodzaju materiału transportowanego, pojemność zaś jej w czynnych obecnie kolejkach wynosi od 200 do 1200 kg. Wózki kolejki linowej poruszają się z prędkością od 1,5 do 2,25 m/sek.

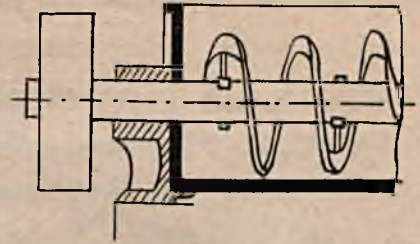
Wiszące kolejki linowe są jednym z najwięcej ekonomicznych środków transportowych, gdyż przy wielkiej wydajności zużywają bardzo mało energii. Na zupełnie równym np. terenie zużycie mocy wynosi tylko od 0,1 do 0,03 KM na 1 tonę materiału przeniesionego w przeciągu 1 godziny na odległość 1 km, czyli jest kilkadziesiąt razy mniejsze niż w transporterach taśmowych. Budowa jednak kolejek linowych jest droga i tym się tłumaczy, że stosowane są one tylko w dużych przedsiębiorstwach do transportowania z kopalni na fabrykę wielkich ilości takich surowców, jak: ruda, kamienie, żwir, piasek, glina i węgiel oraz do wnoszenia odpadków z fabryki na hałdy. Wydajność kolejek linowych waha się w granicach od 10 t/godz. dla małych do 100 t/godz. dla dużych kolejek; długość zaś ich w zależności od potrzeb przedsiębiorstwa wynosi od kilkuset metrów do kilku lub nawet kilkunastu kilometrów.

§ 7. Przenośniki ślimakowe

Przenośniki ślimakowe są stosowane do transportowania materiałów na niewielkie odległości zarówno w kierunku poziomym, jak i pochyłym. Głównymi częściami składowymi tego przenośnika są ślimak i rynna, w której ślimak się obraca. Ślimak albo spirala Archimedesowa jest to taśma nawinięta w postaci linii śrubowej na wał /rys. 21/, do którego jest przymocowana albo za pomocą spawania, jak na rys. 21, albo za pomocą ramion, jak na rys. 22.



Rys. 21. Przenośnik ślimakowy



Rys. 22. Taśmowy przenośnik ślimakowy

W przenośnikach poziomych ślimak otrzymuje ruch obrotowy od silnika lub pędni za pomocą przekładni pasowej lub rzadziej zębatej. Materiał doprowadzany przez lej zasilający /rys. 21/ tworzy w rynnie jak gdyby nakrętkę i przesuwają się w niej, gdy ślimak się obraca. Ładowanie materiału do rynny może zachodzić w dowolnym miejscu przenośnika, wyładowanie zaś - w końcu lub w dowolnym innym miejscu przez otwór w dnie rynny zamykany zasuwą.

Transporter ślimakowy przedstawiony na rys. 22 różni się od poprzedniego tylko konstrukcją ślimaka i służy do przesuwania ciał stałych w rynnie wypełnionej cieczą.

Wydajność transporterów ślimakowych można obliczyć ze wzoru

$$V = \varphi \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot s \cdot 60 \cdot n \left[\text{m}^3/\text{godz.} \right],$$

gdzie D jest to średnica zewnętrzna ślimaka w metrach, d - średnica wału w metrach, s - skok ślimaka w metrach, n - ilość obrotów ślimaka na minutę, φ - objętościowy współczynnik napełnienia wynoszący od 0,33 do 0,67.

Wzór powyższy dla przenośników, w których średnica wału d jest mała w porównaniu ze średnicą D , można uprościć w sposób następujący:

$$V = \varphi \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot s \cdot 60 \cdot n \left[\text{m}^3/\text{godz.} \right]$$

l u b

$$G = \varphi \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot s \cdot 60 \cdot n \cdot \delta \left[\text{ton/godz.} \right],$$

gdzie δ jest ciężarem 1 m^3 materiału przenoszonego.

Zużycie mocy w transporterach ślimakowych jest duże, albowiem podczas przesuwania materiału wzdłuż rynny trzeba pokonać nie tylko opór tarcia pomiędzy nim i rynną, ale również pomiędzy materiałem

i ślimakiem oraz opór tarcia wewnątrz przenoszonych materiału pomiędzy poszczególnymi jego kawałkami. Praktycznie zużycie mocy wynosi od 1/100 do 1/200 KM na 1 t materiału przenoszonego w ciągu godziny na odległość 1 m.

Wskutek ciągłego tarcia materiału przenoszonego wytwarza się dużo pyłu, gdyż materiał ściera się. Ażeby zabezpieczyć hale fabryczne od kurzu, rynny w tych wypadkach pokrywa się z wierzchu blachą lub deskami.

W przenośnikach pochyłych kąt nachylenia osi ślimaka do poziomu nie przekracza zwykle 40° . Zależy on od kąta nachylenia linii śrubowej, od kąta tarcia pomiędzy materiałem przenoszonym i ślimakiem oraz od naturalnego kąta zsypania materiału. Obserwując pracę pochyłego transportera ślimakowego możemy zauważyć, że podnoszony materiał zsuwa się częściowo z powierzchni śrubowej ślimaka, wskutek czego, chociaż dolne jego zwoje zagarniają duże ilości materiału, napełnienie górnych jest coraz mniejsze. Z tego powodu ślimaki pochyłe są zwykle krótkie i służą do podnoszenia materiału na stosunkowo niewielkie wysokości. Ślimak w transporterach pochyłych otrzymuje napęd za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej umieszczonej w górnym jej końcu. Dolny koniec wału ślimaka pochyłego opiera się o łożysko sztorcowe przyjmujące na siebie parcie poosiowe, które występuje w każdym przenośniku ślimakowym i skierowane jest w kierunku przeciwnym do ruchu przesuwanego materiału.

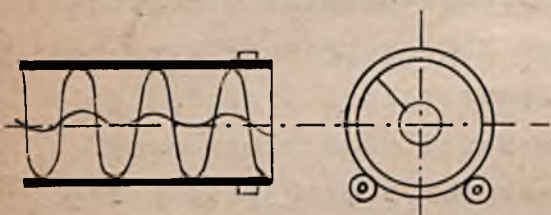
Transportery ślimakowe buduje się różnych wymiarów. Charakterystyczne dane dla przenośników wykonywanych przez jedną z firm zagranicznych podane są w tablicy.

Średnica zewnętrzna ślimaka w mm	100	120	160	200	250	300	400	600
Skok ślimaka w mm	80	95	125	150	180	210	280	400
Ilość obrotów na min. . .	100	90	80	70	65	60	55	45
Średnica wału w mm	35	40	50	55	60	70	80	100
Wydajność w m ³ /godz. . .	1,2	1,8	3,7	5,9	10	15	31	76

Pomimo szeregu wad omówionych poprzednio, jak duże zużycie mocy, powstawanie kurzu i kaleczenie transportowanego materiału, przenośniki ślimakowe są dość rozpowszechnione w przemyśle, są bowiem tanie, nie wymagają specjalnej obsługi, rzadko się psują oraz pozwalają na całkowite izolowanie przenoszonych materiału.

Przenośnik spiralny

Jeżeli taśmę zwiniętą w postaci spirali Archimedesesa przymocować do wewnętrznej powierzchni rury, otrzymamy transporter spiralny /rys. 23/. Rura transportująca obraca się na rolkach, przesuwanie zaś materiału następuje pod działaniem tych samych sił, pod których wpływem wysuwa się śruba z nakrętki obracającej się, lecz pozbawiczej ruchu postępowego, gdyż materiał pełni w tym przypadku rolę śruby, a rura - nakrętki.



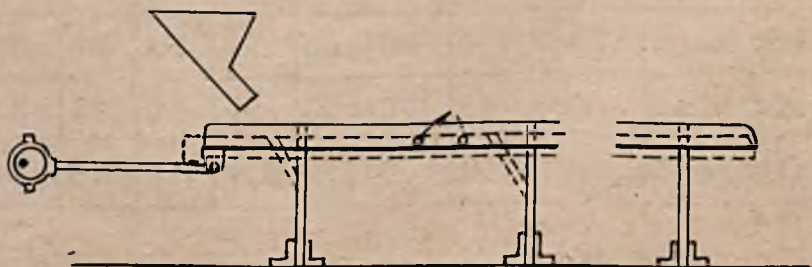
Rys. 23. Przenośnik spiralny

Ładowanie i wyładowywanie odbywa się w tym transporterze tylko na końcach przenośnika, co stanowi jego wadę w porównaniu z transporterem ślimakowym. Wadą również jest niewielka długość przenośnika oraz mniejsza wydajność, do zalet natomiast można zaliczyć większą sprawność, mniejszą ilość pyłu, mniejsze kaleczenie materiału przenoszonego oraz

pełną izolację materiału podczas transportu.

§ 8. Przenośniki wahliwe

Przenośniki wahliwe służą do transportowania materiałów sypkich w kierunku poziomym lub cokolwiek pochyłym. Kąt nachylenia do poziomu tego przenośnika nie powinien przekraczać 15° , albowiem przy większych kątach nachylenia wydajność transportera jest bardzo mała.



Rys. 24. Przenośnik wahliwy

Przenośniki wahliwe są to długie, przeważnie płaskie rynny /rys. 24/ przymocowane do końców pionowo ustawionych, stalowych albo drewnianych sprężynujących listew, których drugie końce przymocowane są nieruchomo do fundamentów lub podłogi. Czasami pręty są wykonane ze stali miękkiej nie sprężynującej, wtedy połączone są i z rynną i z belką fundamentową w sposób zawiasowy. Rynnie nadaje się za pomocą mechanizmu korbowego lub mimośrodowego ruch drgający, wskutek czego poruszając się od skrajnego dolnego położenia /na rys. 24 pokazanego linią przerywaną/ w kierunku skrajnego górnego /na rys. 24 przedstawionego linią ciągłą/ nadaje materiałowi przenoszonemu leżącemu na rynnie cienką warstwę przyspieszenie skierowane skośnie do góry. W momencie, gdy rynna po osiągnięciu najwyższego położenia cofa się, materiał transportowany odrywa się od niej i spada nieco dalej posuwając się w ten sposób naprzód.

Ładowanie i wyładowywanie materiału może zachodzić w dowolnym miejscu przenośnika, najczęściej jednak materiał doprowadzany jest przez lej zasilający na początku, a odprowadzany na końcu transportera.

Jeżeli dno rynny wykonane jest z blachy dziurkowanej, to przenośnik nie tylko transportuje, ale również segreguje i odsiewa materiał, gdyż drobniejszy spada pod rynnę, a grubszy posuwa się dalej.

Przenośniki wahliwe stosuje się do przenoszenia materiałów sypkich zawilgoconych, dla których pożądane jest podczas transportu częściowe lub całkowite wyschnięcie. Szczególnie nadają się one do przenoszenia materiałów, które mają tendencję do zbijania się w grudki, jak wszelkiego rodzaju drobne wilgotne kryształy bezpośrednio po wyjęciu z krystalizatorów. Materiały te wysychają podczas transportu na przenośnikach wahliwych, a grudki i zlepki rozpadają się wskutek ciągłego podrzucania i spadania na rynnę. Transportery wahliwe pracują z hałasem, należy ustawiać je na parterze ze względu na drgania szkodliwie oddziałujące na budynki fabryczne. Przenośniki wahliwe mogą przenosić materiał na stosunkowo duże odległości dochodzące do 100 lub więcej metrów, przy czym długie transportery składają się nie z jednej, lecz z kilku rynien ustawionych schodkowo, tak że materiał zsypuje się z rynny poprzedniej na następną. Rynny te długości do 15 m wprowadzane są w ruch drgający bądź za pomocą oddzielnych mechanizmów korbowych, bądź jednego wspólnego.

W tym ostatnim wypadku są połączone w odpowiedni sposób dźwigniami. Szerokość rynien wynosi od 400 do 1000 mm, ilość obrotów mechanizmu korbowego od 200 do 350 obr./min, skok rynny od 20 do 30 mm, prędkość posuwania się materiału przenoszonych od 0,15 do 0,25 m/sek, grubość zaś warstwy materiału na rynnie od 20 do 60 mm.

Oznaczając przez a szerokość rynny w metrach, przez c - prędkość przenoszenia w metrach na sekundę, przez b - grubość warstwy materiału na rynnie w metrach, przez δ - ciężar 1 m^3 materiału w tonach, możemy obliczyć wydajność przenośnika wahliwego ze wzoru

$$G = 3600 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot \delta \quad [\text{ton/godz.}] .$$

Zużycie mocy w przenośniku wahliwym jest duże, większe niż w innych przenośnikach i wynosi od $1/50$ do $1/200$ konia mechanicznego na 1 tonę materiału przeniesionego na odległość 1 m.

§ 9. Przenośniki pneumatyczne

Do celów transportowych jest wyzyskiwana w przenośnikach pneumatycznych i hydraulicznych energia kinetyczna gazów i cieczy. Przenośniki te są stosowane do transportowania drobnych i lekkich ciał w kierunku poziomym, pochyłym i pionowym. Ażeby strumień gazu lub cieczy mógł spełnić swoje zadanie, prędkość jego powinna być dostatecznie duża. Oznaczając przez c - prędkość strumienia gazu w metrach na sekundę, δ_1 - ciężar właściwy gazu w kilogramach na metr sześcienny, G - ciężar ciała transportowanego w kilogramach, F - powierzchnię rzutu ciała transportowanego na płaszczyznę prostopadłą do kierunku strumienia w metrach kwadratowych, P - parcie strumienia gazu na ciało transportowane w kilogramach, będziemy mogli obliczyć minimalną prędkość strumienia gazu potrzebną do uniesienia do góry zawieszzonego w nim ciała, przeprowadzając następujące rozważanie.

Parcie strumienia na ciało jest, jak wiadomo z hydrauliki, proporcjonalne do energii kinetycznej strumienia i do powierzchni rzutu ciała na płaszczyznę prostopadłą do kierunku strumienia oraz zależy od kształtu ciała. Parcie to można przedstawić wzorem

$$P = \varphi \cdot F \cdot \frac{\delta_1}{3} \cdot \frac{c^2}{2} ,$$

gdzie φ jest współczynnikiem oporu zależnym od kształtu ciała oraz od własności fizycznych strumienia.

Strumień gazu będzie mógł unieść ciało do góry, gdy parcie P będzie większe od ciężaru ciała G lub jemu równe, czyli gdy

$$F \cdot \varphi \cdot \delta_1 \cdot \frac{c^2}{2g} \geq G,$$

skąd

$$c \geq \sqrt{\frac{G \cdot 2g}{\varphi \cdot F \cdot \delta_1}} \quad [\text{m/sek}].$$

Jeżeli przyjąć, że ciała transportowane mają kształty kuliste /choć w większości wypadków kształty ich są nieregularne/, otrzymamy, że

$$c \geq \sqrt{\frac{\frac{\pi}{6} \cdot d^3 \cdot \delta_2 \cdot 2g}{\varphi \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \delta_1}} \quad [\text{m/sek}]$$

l u b

$$c \geq \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{\varphi} \cdot d \cdot \frac{\delta_2}{\delta_1}},$$

gdzie d jest średnicą w metrach największych kawałków podnoszonego materiału, a δ_2 - ciężarem właściwym tego materiału w kilogramach na metr sześcienny.

Dla małych ciał o nieregularnych kształtach można przyjąć, że $\varphi = 0,65$; wtedy

$$c \geq \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{9,81}{0,65} \cdot d \cdot \frac{\delta_2}{\delta_1}}$$

l u b

$$c \geq 4,5 \cdot \sqrt{\frac{\delta_2}{\delta_1} \cdot d} \quad [\text{m/sek}].$$

Z wzoru powyższego wynika, że prędkość strumienia gazu przy transportowaniu ciał o dużych wymiarach i większym ciężarze właściwym jest duża.

W większości wypadków gazem stosowanym w przenośnikach pneumatycznych jest powietrze. Prędkość jego waha się w granicach od 10 do 30 m/sek, zużycie zaś wynosi od 3 do 6 m³ na 1 kg materiału. Transportery krótkie przenoszące ciała lekkie zużywają mniej powietrza, przenośniki zaś długie transportujące ciała ciężkie - więcej.

W przenośnikach pneumatycznych ruch powietrza lub gazom nadają dmuchawy, wentylatory i ekshaustery.

Dmuchawa wywołuje ruch gazów sprężając je powyżej ciśnienia atmosferycznego i tłocząc do instalacji, w której wskutek tego panuje nadciśnienie. Ekshauster zaś przez ssanie wywołuje w instalacji rozrzedzenie gazów, a przez to i ruch ich w przenośniku pneumatycznym. Tłoczenie stosowane jest wtedy, gdy materiał należy przetransportować z jednego określonego miejsca w kilka innych, ssanie zaś wówczas, gdy materiał trzeba przetransportować z kilku lub więcej miejsc w jedno centralne.

Różnicę ciśnień przy tłoczeniu lub ssaniu pomiędzy ciśnieniem atmosferycznym a ciśnieniem panującym wewnątrz przenośników pneumatycznych można obliczyć ze znanego z hydrauliki wzoru

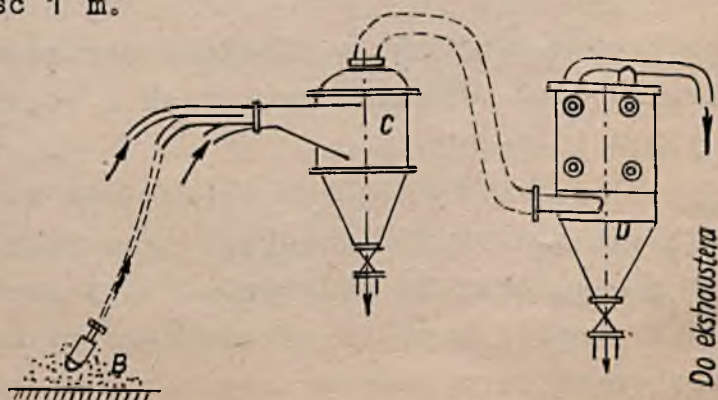
$$p = \frac{\xi_1 \cdot c^2}{2g} / 1 + \sum \xi / \left[\text{kg/m}^2 \right],$$

gdzie ξ jest współczynnikiem oporów hydraulicznych. Różnica ta zwykle waha się w granicach od 150 do 300 mm Hg.

Oznaczając przez V objętość powietrza w metrach sześciennych potrzebną do przeniesienia 1 kg materiału, przez G ciężar materiału przynoszonego w tonach na godzinę, a przez η sprawność wentylatora lub dmuchawy, obliczymy zużycie mocy w transporterach pneumatycznych ze wzoru

$$N = \frac{V \cdot G \cdot 1000}{3600} \cdot p \cdot \frac{1}{75 \cdot \eta} = \frac{V \cdot G \cdot p}{270 \cdot \eta}.$$

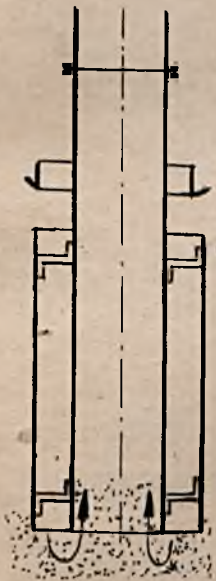
Zużycie mocy w transporterach tego rodzaju jest duże i wynosi od 1/6 do 1/8 KM na 1 t materiału przynoszonego w przeciągu godziny na odległość 1 m.



Rys. 25. Schemat instalacji transportera pneumatycznego

Na rys. 25 podany jest schemat instalacji transportera pneumatycznego. Ekshauster wytwarza w instalacji rozrzedzenie. Materiał zasysany jest przez dyszę B i dostaje się wraz ze strumieniem powietrza przewodami rurowymi do odpylacza C, którym może być albo komora pyłowa, albo jak na rys. 25 cyklon. Jeżeli materiał transportowany wydziela bardzo drobny pył, który trudno separuje się od powietrza w komorach pyłowych i cyklonach, należy pomiędzy odpylaczem a ekshausterem umieścić filtr powietrzny D w przeciwnym bowiem razie ekshauster będzie prędko zanieczyszczony.

Na rys. 26 podana jest dysza, przez którą strumień powietrza wciąga do instalacji materiał. Działanie jej jasne jest z rysunku. Konstrukcja i działanie różnego rodzaju rozpylaczy i filtrów powietrznych będzie omówiona w jednym z następných rozdziałów.



Rys. 26. Dysza

Przenośniki pneumatyczne są stosowane do przenoszenia na odległość dochodzącą do 300 m materiałów bardzo lekkich, jak wióry, trociny, wysuszone wysłodki buraczane, zboże oraz do materiałów sproszkowanych, jak pył węglowy, soda w proszku itd. Są one higieniczne, pewne w działaniu i dają możliwość zabierania materiału jednocześnie z kilku miejsc i przesyłania go również w kilka różnych miejsc.

§ 10. Przenośniki hydrauliczne

Przenośniki wodne są stosowane do transportowania takich ciał, dla których przebywanie w wodzie podczas trwania transportu nie jest szkodliwe. Są używane do transportowania buraków w cukrowniach i ziemniaków w gorzelniach i fabrykach krochmalu, gdyż i burakom i ziemniakom krótkotrwałe przebywanie w wodzie nie tylko nie szkodzi, lecz jest dla nich pożądane, opłukują się bowiem częściowo podczas transportu.

Przenośniki hydrauliczne są stosowane do transportowania odpowiednich materiałów również w kierunku pionowym /pompa Mamut/ i w kierunku poziomym /spławiaki/.

Aby strumień wody mógł unieść pionowo do góry ciało w niej zanurzone, prędkość jego powinna być dostatecznie duża. Prędkość tę można obliczyć ze wzoru

$$c \geq \sqrt{\frac{G \cdot 2g}{\varphi \cdot F \cdot \delta_1}}$$

wyprowadzonego w paragrafie poprzednim dla przenośników pneumatycznych. Stosując ten wzór do przenośników hydraulicznych trzeba pod G rozumieć ciężar ciała w wodzie /w kilogramach/, a pod δ_1 ciężar właściwy wody / $\delta_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$ /. Przyjmując, że ciało jest kulą o średnicy d metrów, będziemy mogli do powyższego wzoru zamiast G i F podstawić następujące ich wartości:

$$G = \frac{\pi}{6} \cdot d^3 \cdot (\delta_2 - 1000), \quad F = \frac{\pi d^2}{4}$$

i otrzymamy

$$c \geq \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{\varphi} \cdot \frac{d \cdot (\delta_2 - 1000)}{\delta_1}}$$

Podstawiając zaś $\varphi = 0,65$, $g = 9,81 \text{ m/sek}^2$ oraz $\delta_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$

otrzymamy ostatecznie, że

$$c \geq \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{9,81}{0,65} \cdot d \cdot \frac{(\delta_2 - 1000)}{1000}}$$

lub

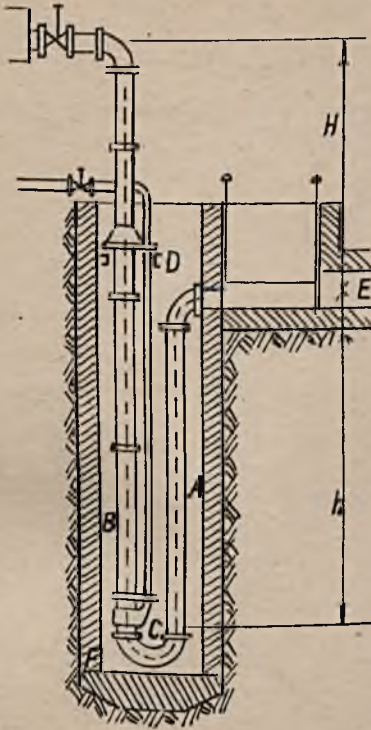
$$c \geq 0,142 \cdot \sqrt{d \cdot (\delta_2 - 1000)} \text{ m/sek.}$$

Jak i w transporterach pneumatycznych do przenoszenia ciał o dużych wymiarach i dużym ciężarze właściwym prędkość strumienia wody w przenośnikach hydraulicznych jest duża.

W transporterach poziomych prędkość strumienia jest mniejsza niż wynika z powyższego wzoru, który jest słuszny tylko dla przenośników pionowych.

Przenośnik hydrauliczny stosowany w niektórych cukrowniach do podnoszenia buraków, a w gorzelniach i krochmalniach do podnoszenia ziemniaków ze spławiaków na płóczki nosi nazwę pompy Mamut.

Na rys. 27 podany jest schematyczny rysunek pompy Mamut ustawionej w jednej z cukrowni polskich. Składa się ona ze



Rys. 27. Pompa Mamut

sprężarki /na rysunku nie pokazanej/ oraz dwóch rur dużej średnicy A i B połączonych ze sobą kolaniem C i z trzeciej rury powietrznej D mniejszej średnicy. Woda i buraki doprowadzone są do podnośnika ze spławika E. Gdy powietrze przewodem D nie dopływa, poziom wody w obu rurach jest na jednej wysokości z poziomem wody w spławiacu. Ażeby wywołać ruch wody w rurach A i B, należy wprowadzić do rury B sprężone powietrze, które wchodzi do niej przez smok F i tworząc w wodzie wielką ilość drobnych pęcherzyków dąży do góry.

Mieszanina wody i pęcherzyków powietrza w rurze B ma znacznie mniejszy ciężar właściwy niż woda w rurze A, wskutek czego, zgodnie z zasadą naczyń połączonych, mieszanina ta jest wypychana do góry i wylewa się z rury B do ryny umieszczonej na wysokości H od poziomu spławiaków. Na rys. 28 przedstawione jest kolanko C łączące rury A i B oraz smok F. Otwór w kolanku zamykany pokrywą G służy do oczyszczania kolanka. Na rys. 29 podany jest smok innej konstrukcji.

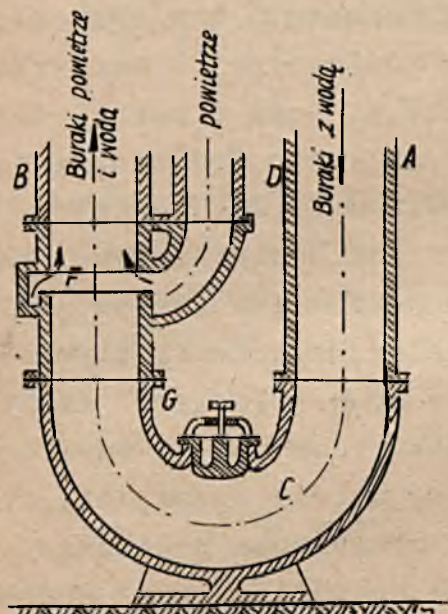
Oznaczając przez δ_0 średni ciężar właściwy mieszaniny wody i powietrza w rurze B, przez δ_1 ciężar właściwy wody w rurze A, a przez h tak zwaną głębokość zalewu, to jest głębokość miejsca, w którym doprowadzone jest powietrze do rury B, mierzoną od poziomu spławika - będziemy mogli napisać, że

$$/H + h/ \cdot \delta_0 = h \cdot \delta_1,$$

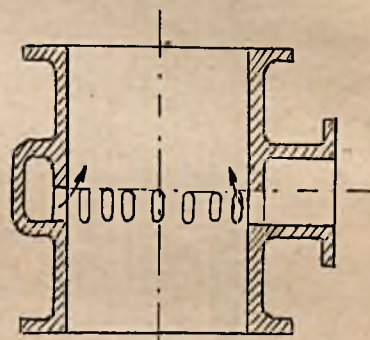
skąd

$$H = h \cdot \frac{\delta_1 - \delta_0}{\delta_0} = h \cdot \left/ \frac{\delta_1}{\delta_0} - 1/.$$

Ze wzoru tego widać, że wysokość podnoszenia jest proporcjonalna do głębokości zalewu oraz zależy od ciężaru właściwego σ_0 mieszaniny powietrza i wody. Gdy ciężar właściwy tej mieszaniny jest mniejszy, a więc gdy doprowadzana jest do pompy Mamut większa ilość powietrza, wysokość podnoszenia wzrasta.



Rys. 28. Kolanko i smok pompy Mamut



Rys. 29. Smok pompy Mamut

Z powyższego wynika, że dla osiągnięcia pożądanej wysokości podnoszenia można albo zastosować głęboki zalew, co związane jest ze zwiększeniem kosztów instalacyjnych, albo doprowadzać przy małym zalewie dużą ilość powietrza, co związane jest z większym zużyciem mocy na sprężarce oraz zmusza do postawienia większej sprężarki.

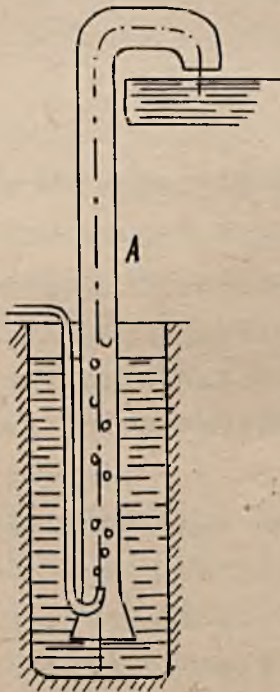
Pompy Mamut różnych wielkości pracowały przed wojną w kilkunastu cukrowniach polskich. Wysokość podnoszenia w tych pompach wynosiła w zaokrągleniu od 5,5 do 8,6 m, głębokość zalewu od 4,8 do 7,4 m, średnica rur od 275 do 400 mm, prędkość wypływu od 4 do 6,8 m/sek.

Zużycie mocy na sprężenie powietrza wynosi od 1/20 do 1/60 KM na 1 t buraków podniesionych na wysokość 1 m w przeciągu 1 godz., zużycie powietrza od 35 do 70 l na 1 kg podniesionych buraków, zużycie zaś wody około 8 l na 1 kg buraków. Sprawność pompy Mamut wraz ze sprężarką dochodzi do 0,30.

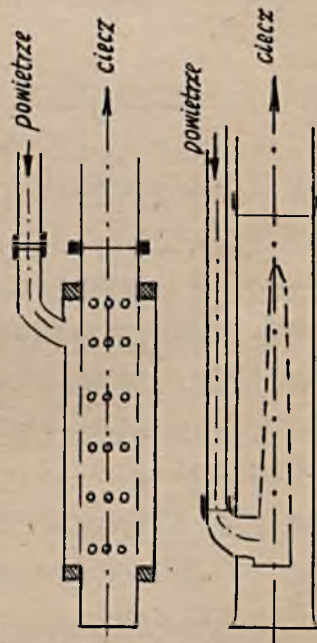
Znacznie częściej niż do podnoszenia ciał stałych stosowane są pompy Mamut do podnoszenia cieczy. Na rys. 30 podany jest schemat działania takiej pompy.

W studni z cieczą zanurzona jest prawie do samego dna rura A, do której wprowadzone jest pod ciśnieniem powietrze unoszące się pęcherzykami do góry i wywołujące w tym samym kierunku ruch cieczy w rurze. Na rys. 31 podane są konstrukcje dolnego końca rury, tzw. smoka, dla pompy Mamut omawianego typu.

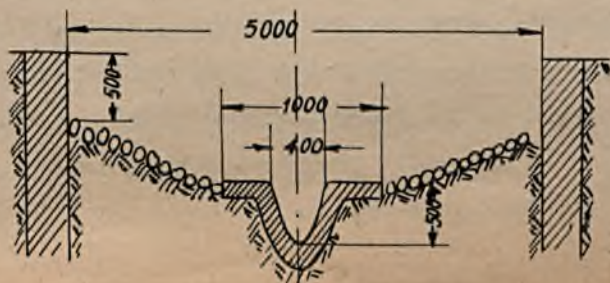
Przenośniki wodne do transportowania ciał stałych w kierunku poziomym nazywają się spławiakami. Na rys. 32 podany jest spławiak do buraków jednej z cukrowni polskich. Jest to rynna betonowa umieszczona na dnie rowu, w którym po przykryciu rynny deskami przechowuje się buraki. Woda płynąca rynną unosi buraki spadające do niej w miarę usuwania desek. Główne wymiary tego spławiaaka podane są na rysunku. Szerokość spławiaaków wynosi od 350 do 500 mm, głębokość około 600 mm, spadek poziomy wynosi od 8 do 12 mm na 1 m długości, przy czym większy spadek /od 10 do 12 mm/ jest stosowany na zakrętach, a mniejszy /od 8 do 10 mm/ na linii prostej. Zużycie wody w spławiaakach waha się od 7 do 10 l na 1 kg buraków.



Rys. 30. Schemat pompy Mamut do cieczy



Rys. 31. Schemat pompy Mamut do cieczy



Spławiaki do buraków i ziemniaków mają urządzenia do łapania kamieni, liści i słomy. Szczególnie ważne jest oddzielenie od buraków i ziemniaków kamieni, które mogą uszkodzić krajalnice w cukrowniach lub tarki w krochmalniach.



Rys. 33. Łapacz kamieni

nie cięższe pozostają w koszu i są co jakiś czas usuwane przez wyjęcie kosza z kamieniami ze studzienki.

Na rys. 33 podany jest łapacz kamieni i żwiru najprostszej konstrukcji. Jest to studzienka umieszczona na osi spławiaka, do której wstawiony jest kosz z cienkich prętów żelaznych. Z dołu do studzienki wprowadza się silny strumień wody lub sprężonego powietrza, który unosi z kosza buraki, gdyż one w wodzie bardzo mało ważą, kamienie zaś jako znacz-

§ 11. Koszt transportu

Transport surowców, półfabrykatów i produktów wewnątrz budynków fabrycznych i między nimi jest czynnością, która wpływa na powiększenie kosztów produkcji mało przyczyniając się do wzrostu wartości przenoszonych materiałów. Z tego powodu transport wewnętrzny wszelkiego rodzaju ciężarów powinien być możliwie zredukowany w każdej wytwórni, oczywiście bez uszczerbku dla procesu technologicznego.

Można to osiągnąć przez racjonalne rozplanowanie oddziałów wytwórczych na terenie przedsiębiorstwa oraz maszyn, aparatów i miejsc pracy wewnątrz budynków fabrycznych. Odpowiednie rozmieszczenie i zharmonizowanie ze sobą dwóch sąsiednich aparatów lub maszyn może w ogóle usunąć transport materiałów między nimi. W zakładach przemysłowych np. rozlokowanych na kilku piętrach należy rozplanowywać bieg procesu wytwórczego, jeżeli warunki technologiczne na to pozwalają, w ten sposób, aby początek miał miejsce na najwyższym piętrze a koniec na najniższym. Materiały przerabiane przechodzą wtedy stopniowo własnym spadkiem od aparatów i maszyn położonych wyżej do urządzeń znajdujących się na piętrach niższych.

Oczywiście, żeby można było obejść się bez transportu lub sprowadzić go do minimum, zdolność wytwórcza kolejno ustawionych maszyn i aparatów powinna być tak dobrana, aby mogły one przerobić każdą ilość materiałów wytworzonych przez poprzednią maszynę lub aparat bez gromadzenia się zapasów oraz bez postojów z powodu ich braku.

Ażebym koszt transportu wewnątrz gmachu był minimalny, należy dobrać odpowiedni dla danego procesu technologicznego rodzaj urządzenia transportowego oraz jego konstrukcję. Wielkość transportera powinna być dostosowana do zdolności produkcyjnej maszyn i aparatów, do których obsługi jest przeznaczony.

Koszt transportu w fabryce składa się z następujących pozycji:

- 1/ Koszt amortyzacji i urządzeń transportowych,
- 2/ " utrzymania i remontów,
- 3/ " napędu,
- 4/ " robocizny,
- 5/ oprocentowanie kapitału.

1. Urządzenie transportowe jak i każda maszyna ulega z biegiem czasu zużyciu, wskutek czego wartość jego zmniejsza się. W prowadzonym dobrze pod względem gospodarczym przedsiębiorstwie fabrycznym gromadzony jest kapitał na budowę nowego transportera, gdy dawny wskutek zużycia nie będzie mógł spełniać swego zadania. Kapitał ten zwany amortyzacyjnym powstaje przez doliczanie do kosztów związanych z transportem pewnych sum, które właśnie stanowią koszty amortyzacyjne.

2. Ażebym urządzenia transportowe mogły w każdej chwili należyście spełniać swoje zadanie, powinny być utrzymywane w dobrym stanie. Zepsucie się bowiem urządzenia transportowego wywołuje przerwę lub zahamowanie produkcji, co pociąga za sobą straty, czasem bardzo wysokie! Ażebym zabezpieczyć się od nich, należy transportery co jakiś czas kontrolować, oczyszczać, smarować i zabezpieczać od rdzewienia lub gnicia. Należy również wymieniać i naprawiać części zużyte. Wydatki z tym związane stanowią koszty utrzymania. Dochodzą do nich wydatki na bieżące niezbędne remonty.

3. Koszt napędu stanowią wydatki na energię elektryczną doprowadzaną do silników poruszających urządzenia transportowe lub koszt energii mechanicznej zużywanej przez transportery.

Koszt napędu jest tym większy, im więcej materiałów i na większą odległość przenosi urządzenie transportowe oraz im mniejszą ma sprawność. Dla zaoszczędzenia zużycia energii elektrycznej lub mechanicznej należy wykorzystywać przy projektowaniu urządzeń transportowych własny spadek materiałów przenoszonych.

4. Wynagrodzenie robotników zatrudnionych przy obsłudze urządzeń transportowych i utrzymywanie tych urządzeń w należytych stanie stanowi koszt robocizny. Koszt ten jest tym większy, im większa ilość pracowników zatrudniona jest przy transporcie. Urządzenia transportowe, w których ładowanie i wyładowywanie zachodzi samoczynnie, obsługiwane są przez mniejszą ilość ludzi niż przenośniki z ręcznym ładowaniem i wyładowywaniem. Koszt robocizny w pierwszym przypadku jest oczywiście mniejszy niż w drugim.

5. Koszt transportu obciążony jest w mniejszym lub większym stopniu oprocentowaniem kapitału zużytego na wybudowanie urządzenia transportowego. Koszt oprocentowania kapitału zależy zwykle od stopy procentowej pobieranej przez banki.

Dodając wszystkie koszty związane z transportem fabrycznym i dzieląc otrzymaną sumę przez ilość wyprodukowanego towaru otrzymamy koszt transportu fabrycznego przypadający na jednostkę produktu. Najczęściej koszt transportu oblicza się na 1 t produktu albo na 1 czy na 1000 sztuk wytworzonych przedmiotów.

Im koszt jednostkowy transportu jest mniejszy, tym oczywiście zagadnienie transportu na terenie przedsiębiorstwa fabrycznego rozwiązane jest lepiej.

R o z d z i a ł II

ROZDRABNIARKI

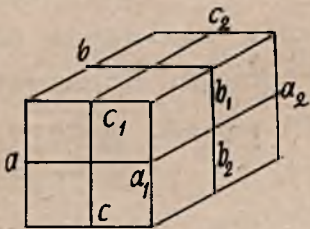
§ 1. Wiadomości wstępne. Teorie Rittingera i Kicka

Jedną z pierwszych operacji, przy pomocy których surowce dostarczane do fabryki są przygotowywane do dalszej przeróbki, jest rozdrabnianie. Rozdrabnianiu podlegają nie tylko surowce, ale również półprodukty i produkty. Stosowane jest ono w bardzo wielu gałęziach przemysłu, m.in. w cementowniach, cegielniach, w koksowniach, w kopalniach przy wzbogacaniu rud, w fabrykach nawozów sztucznych, w fabrykach celulozy i masy drzewnej i w szeregu innych zakładów przemysłowych. Na rozdrabnianie różnego rodzaju materiałów zużywa się ogromne ilości energii, dokładne więc zbadanie procesu rozdrabniania ma duże znaczenie dla przemysłu.

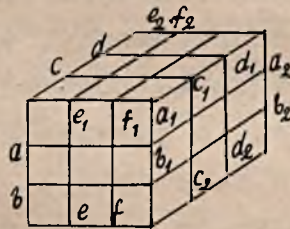
Teoria mechanicznego rozdrabniania, która by ujęła wszystkie zjawiska zachodzące podczas tego procesu, nie została dotychczas opracowana. A że rozdrabnianie jest operacją kosztowną, były czynione próby teoretycznego wyjaśnienia ilości pracy i mocy potrzebnej do rozdrabniania różnych ciał stałych w zależności od stopnia ich rozdrabniania. Z prac w tym celu wykonanych na uwagę zasługują dwie: wcześniejsza Rittingera i późniejsza Kicka.

Teoria Rittingera oparta jest na założeniu, że praca rozdrabniania jest wprost proporcjonalna do sumy powierzchni, po których następuje podział ciała większego na drobniejsze kawałki lub - co jest jednoznaczne - wprost proporcjonalna do kwadratu wymiarów liniowych ciała rozdrabnianego. Przedstawia się ona w skrócie w następujący sposób.

Jeżeli sześcian o krawędzi l trzeba podzielić na mniejsze o krawędzi $\frac{l}{2}$ dla otrzymania, jak widać z rys. 1, ośmiu małych sześcianów, to podział ten należy wykonać wzdłuż trzech płaszczyzn symetrii aa_1a_2 , bb_1b_2 i cc_1c_2 . Aby ten sam sześcian podzielić na mniejsze o krawędziach $\frac{l}{3}$, musimy wykonać podział /rys. 2/ wzdłuż 6 płaszczyzn aa_1a_2 , bb_1b_2 , cc_1c_2 , dd_1d_2 , ee_1e_2 i ff_1f_2 , równoległych do jego ścian. Analogicznie, jeżeli chcemy podzielić jakikolwiek sześcian na drobniejsze, których krawędzie byłyby n razy mniejsze od krawędzi sześcianu dużego, należy podział przeprowadzić wzdłuż $3/n-1/$ płaszczyzn równoległych do jego ścian. Otrzymamy przy tym n^3 małych sześcianów.



Rys. 1



Rys. 2

Niech do podziału sześcianu wzdłuż jednej płaszczyzny np. a_1a_2 /rys. 1/ należy zużyć $L \cdot l^2$ [Kgm] pracy, gdzie L jest to praca przypadająca na 1 m^2 powierzchni podziału; wtedy przy podziale tego sześcianu na osiem części wzdłuż 3 płaszczyzn należy zużyć $3 L \cdot l^2$, przy podziale wzdłuż 6 płaszczyzn - $6 L \cdot l^2$, a przy podziale wzdłuż $3/n-1/$ płaszczyzn praca zużyta wyniesie

$$L_n = 3/n-1/ \cdot L \cdot l^2 \text{ [Kgm]}.$$

Dzieląc ten sam sześcian na drobniejsze o krawędziach m razy mniejszych otrzymamy m^3 sześcianów drobniejszych i zużyjemy

$$L_m = 3/m-1/ \cdot L \cdot l^2 \text{ [Kgm]}.$$

Wobec tego z równań ostatnich otrzymamy

$$\frac{L_n}{L_m} = \frac{n-1}{m-1},$$

gdzie n i m są to liczby wskazujące, ile razy krawędź sześci-
anów drobnych jest mniejsza od sześcianu pierwotnego. W wypadku,
gdy stopień rozdrobnienia jest wielki liczby te są duże w porów-
naniu z 1 i równanie powyższe można zastąpić prostszym

$$\frac{L_n}{L_m} = \frac{n}{m}.$$

Uwzględniając, że długości krawędzi małych sześciątów odpowied-
nio wynoszą $l_n = \frac{l}{n}$ i $l_m = \frac{l}{m}$, otrzymamy

$$\frac{L_m}{L_n} = \frac{l_n}{l_m}.$$

Z równań powyższych wynika, że praca rozdrabniania tego sa-
meo ciała jest wprost proporcjonalna do stopnia rozdrabniania
lub, co jest jednoznaczne - odwrotnie proporcjonalna do wymia-
rów liniowych ziaren otrzymywanych przy rozdrabnianiu.

W rzeczywistości bryły rozdrabniane jak i kawałki lub ziar-
na otrzymywane przy rozdrabnianiu nie są prawidłowymi sześciana-
mi, stosunki jednak ich powierzchni do powierzchni prawidłowych
odpowiadających im sześciątów są na ogół dla wszystkich kawałków
jednakowe. Oznaczając te stosunki przez C_1 oraz wymiary liniowe
bryły rozdrobnionej i kawałków otrzymywanych odpowiednio przez
 D i d , przekonamy się, że stopień rozdrabniania n wynosi $n = \frac{D}{d}$.

Podstawiając powyższe wartości do równania /1/ otrzymamy

$$\begin{aligned} L_n &= 3D^2 \cdot C_1 \cdot L \cdot /n-1/ = 3D^2 \cdot C_1 \cdot L \cdot / \frac{D}{d} - 1/ = \\ &= 3D^2 \cdot C_1 \cdot L \cdot \frac{D-d}{d}. \end{aligned}$$

Można przyjąć, że objętość bryły rozdrabnianej wynosi

$$V = C_2 \cdot D^3 \text{ [m}^3\text{]}, \text{ gdzie } C_2 \text{ oznacza pewien współ-}$$

czynnik, wobec czego praca potrzebna do rozdrobnienia 1 m³ ma-
teriału, którego wymiar pierwotny wynosi D [m], a końcowy
 d [m], równa się

$$L_1 = \frac{L_n}{C_2 \cdot D^3} = 3 \frac{C_1}{C_2} \cdot L \cdot \frac{D-d}{Dd}.$$

Zastępując iloraz $\frac{C_1}{C_2}$ stałych współczynników przez C oraz

upraszczając powyższy wzór otrzymamy równanie Rittingera w postaci następującej:

$$L_1 = 3 C \cdot L \cdot \left/ \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right/ \quad /2/$$

Uwzględniając, że ciężar rozdrabnianej bryły wynosi $G = \rho \cdot V = \rho \cdot C_2 \cdot D^3$ [kg], możemy pracę potrzebną na rozdrobnienie tej bryły wyrazić w sposób następujący:

$$\begin{aligned} L_n &= 3 D^2 \cdot C_1 \cdot L \cdot \frac{D-d}{d} = 3 C_1 \cdot L \cdot D^3 \cdot \left/ \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right/ = \\ &= \frac{3}{\rho} \cdot \frac{C_1}{C_2} \cdot L \cdot G \cdot \left/ \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right/ . \end{aligned}$$

Oznaczając zaś iloczyn stałych wielkości

$$\frac{3}{\rho} \cdot \frac{C_1}{C_2} \cdot L$$

przez K otrzymamy wzór Hermana na pracę L_n potrzebną do rozdrobnienia bryły o ciężarze G przy stopniu rozdrobnienia $n = \frac{D}{d}$, który wygląda tak:

$$L_n = k \cdot G \cdot \left/ \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right/ \quad /3/$$

Gdy rozdrabniamy bryły dużych wymiarów na bardzo drobne cząstki, wielkość $\frac{1}{D}$ jest bardzo mała w porównaniu z $\frac{1}{d}$ i wobec tego można bez wielkiego błędu napisać, że

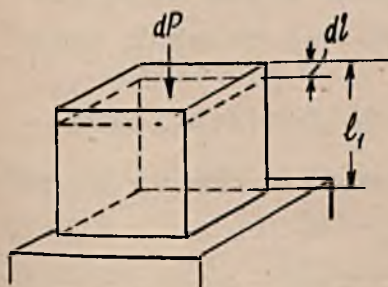
$$L = K \cdot G \cdot \frac{1}{d} \quad /4/$$

Ażeby można było korzystać ze wzorów /2/, /3/, /4/, należy wartość iloczynu stałych współczynników C · L oraz współczynnika K ustalić dla różnych materiałów na podstawie doświadczeń.

Teoria Kicka jest oparta na odkształceniach, które zachodzą przy ściskaniu. Jak wiadomo, ciało poddane działaniu sił ściskających kurczy się. Skurczenie sześcianu o krawędzi l_1 [cm] pod wpływem nieskończonej małej siły dP wywołującej w materiale sześcianu naprężenie $d\sigma = \frac{dP}{l_1^2}$ wyniesie wg prawa Hooke'a

$$dl = \frac{d\sigma}{E} l_1,$$

gdzie E jest współczynnikiem sprężystości /rys. 3/.



Rys. 3

Obserwując zachowanie się sześciangu z cementu, cegły, kredy, granitu, bazaltu lub z jakiegokolwiek innego ciała nieciągliwego, poddanego działaniu wzrastającej siły ściskającej zauważymy, że w miarę jak wzrasta naprężenie, powiększa się skurczenie badanego sześciangu, gdy zaś naprężenie osiągnie swoją wartość maksymalną równą granicy wytrzymałości materiału, sześciang, po

osiągnięciu najwyższego skurczenia, ulega zmiżdżeniu i rozpada się na bardzo drobne części /piasek, pył/.

Przyjmując, że prawo Hooke'a można stosować bez wielkiego błędu aż do granicy wytrzymałości /co jest słuszne dla kamieni, niektórych rud, cegły i cementu, a nie słuszne dla metali i ciał ciągliwych/ obliczymy skurczenie sześciangu całkując w granicach od 0 do σ_{max} równanie $dl = \frac{d\sigma}{E} \cdot l_1$:

$$\Delta l = \int_0^{\sigma_{max}} \frac{d\sigma}{E} \cdot l_1 = \frac{\sigma_{max} \cdot l_1}{E}.$$

Praca zużyta na odkształcenie powyższego sześciangu aż do momentu przekroczenia jego wytrzymałości wyniesie

$$\begin{aligned} L &= \int_0^{\sigma_{max}} \Delta l \cdot dP = \int_0^{\sigma_{max}} \frac{\sigma_{max}}{E} \cdot l_1^3 \cdot d\sigma = \\ &= \frac{\sigma_{max}^2 \cdot l_1^3}{2E} = \frac{\sigma_{max}^2 v}{2E}. \end{aligned} \quad /5/$$

Wzór powyższy wyprowadzony dla sześciangu, Kick stosuje do ciał dowolnego kształtu. Według więc równania Kicka /5/ praca zużyta na rozdrobnienie ciała na bardzo drobne części

jest proporcjonalna do jego objętości /albo ciężaru/ lub, co jest jednoznaczne, do trzeciej potęgi jego wymiarów liniowych.

Równanie Kicka uwzględnia rozdrabnianie ciała na części bardzo drobne, a więc może być stosowane, gdy stopień rozdrabniania jest bardzo duży. Jeżeli stopień rozdrabniania jest mały, kawałki, na które rozpada się rozdrabnianą bryła mają objętość v . Rozdrobnienie tych kawałków na pył lub proszek wymaga zużycia

$$L' = \frac{\sigma_{\max}^2 v}{2E}, \text{ wobec czego na rozdrobnienie}$$

bryły mającej objętość V na kawałki o objętości v trzeba zużyć

$$L = \frac{\sigma_{\max}^2}{2E} \cdot /V - v/.$$

Bryły rozdrabniane i kawałki materiału rozdrabnianego nie są na ogół prawidłowymi sześcianami, lecz mają kształty rozmaite. Oznaczając przez D i d ich charakterystyczny wymiar liniowy możemy napisać, że $V = C \cdot D^3$, a $v = C \cdot d^3$, gdzie C jest współczynnikiem zależnym od kształtu ciała; wobec tego równanie powyższe przekształci się w równanie

$$L = \frac{\sigma_{\max}^2}{2E} \cdot C \cdot /D^3 - d^3/. \quad /6/$$

Gdy stopień rozdrobnienia jest duży, tj. gdy d jest bardzo małe w porównaniu z D , wzór powyższy można uprościć:

$$L = \frac{\sigma_{\max}^2}{2E} \cdot C \cdot D^3. \quad /7/$$

Uwzględniając, że ciężar bryły równa się $G = \delta \cdot v = \delta \cdot C \cdot D^3$ [kg], otrzymamy, że praca rozdrabniania tej bryły na drobny proszek wynosi

$$L = \frac{\sigma_{\max}^2}{2E} \cdot \frac{G}{\delta} \text{ [kgcm]}. \quad /8/$$

Praca rozdrabniania przypadająca na 1 cm³ ciała rozdrabnianego, jak wynika ze wzoru /7/, wynosi

$$L = \frac{\sigma_{\max}^2}{2E} \text{ [kgcm/cm}^3\text{]}.$$

Ze wzoru tego widać, że praca zużyta przy rozdrabnianiu, jak wynika z teorii Kicka, jest proporcjonalna do wytrzymałości doraźnej na ściskanie rozdrabnianego materiału. W tablicy I podane są dla przykładu wytrzymałości różnych materiałów.

T a b l i c a I

Wytrzymałość doraźna na ściskanie w kg/cm^2

bazalt	2000 - 4000	rudy żelazne	250 - 800
granit	1200 - 3000	blendy	150 - 300
piaskowiec	300 - 2500	cegła zwykła	150 - 300
kamienie wapienne	400 - 2000	beton	100 - 400

Przyjmując, że współczynnik sprężystości dla ciał mineralnych i rud średniej twardości wynosi około $450\ 000\ \text{kg/cm}^2$, a granica wytrzymałości $\sigma_{\text{max}} = 1500\ \text{kg/cm}^2$, otrzymamy, że średnia praca potrzebna na rozdrobnienie ciał mineralnych średniej twardości wynosi

$$L = \frac{1500^2}{2 \cdot 450\ 000} = 2,5\ \text{kgcm/cm}^3.$$

Proces rozdrabniania jest dość skomplikowany. W zależności od charakteru sił działających, wytrzymałości, kruchości i innych własności fizycznych materiałów, rozdrabnianie może odbywać się w różny sposób. Jednocześnie np. pod wpływem sił ściskających ulega miażdżeniu, wskutek zaś tarcia o robocze części maszyny rozdrabniającej oraz pomiędzy poszczególnymi kawałkami zachodzi jego ścieranie. Powstaje wskutek tego miął i pył oraz zużywa się dużo pracy. Ani teoria Rittingera ani Kicka nie ujmują wszystkich zjawisk wpływających w mniejszym lub większym stopniu na zużycie energii przy tym procesie.

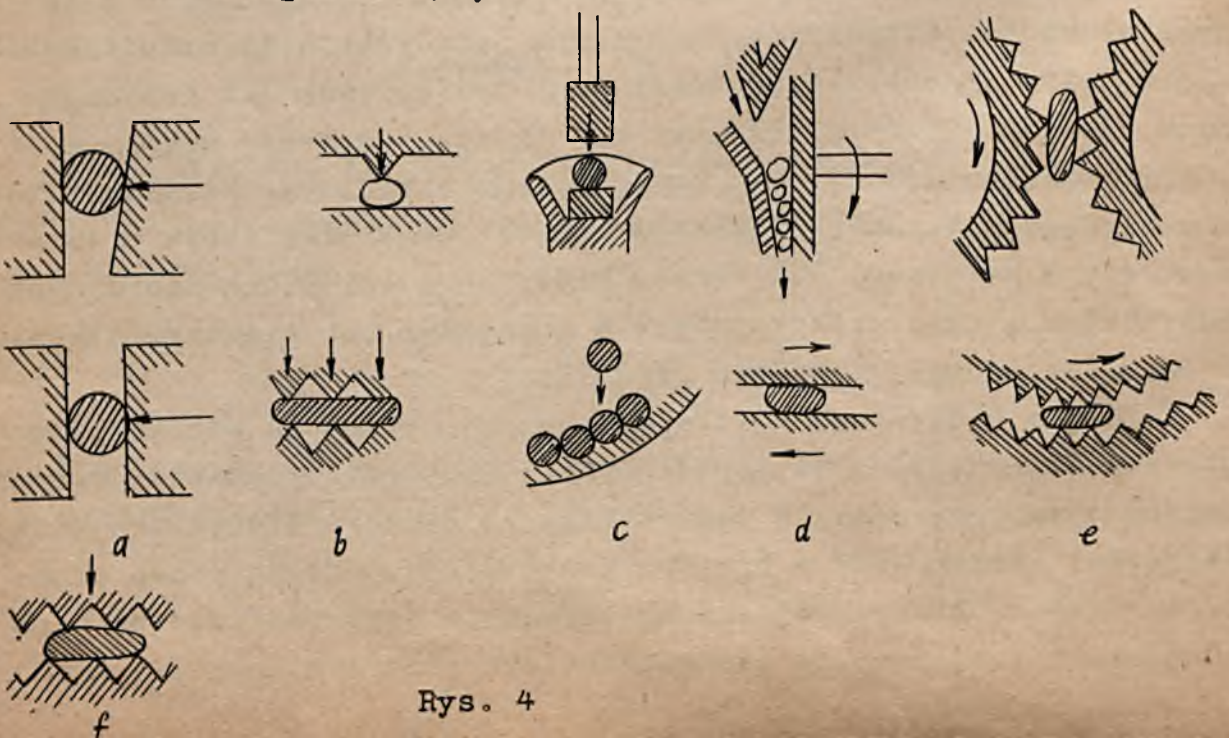
Teoria Rittingera opierająca zużycie pracy na wielkości powierzchni podziału daje lepsze wyniki przy rozdrabnianiu drobnym, zachodzącym przy udziale siły tarcia. Z ciała o stosunkowo dużej objętości otrzymujemy w tym przypadku bardzo wielką ilość drobnych cząstek, których ogólna powierzchnia jest bardzo duża w porównaniu z powierzchnią pierwotną ciała rozdrabnianego.

Maszyny przeznaczone do rozdrabniania drobnego zużywają w porównaniu z innymi rozdrabniarkami dużo energii, co potwierdza wzór Rittingera. Przy rozdrabnianiu natomiast grubym, gdy z jednej bryły otrzymujemy kilka dużych kawałków, równanie Rittingera /2/ daje wyniki mało dokładne.

Według teorii Kicka rozchód energii jest wprost proporcjonalny do objętości bryły rozdrabnianej. Obliczenia zużycia pracy wg wzoru Kicka /5/ przy rozdrabnianiu grubym dają wyniki bardziej zbliżone do rzeczywistości niż przy rozdrabnianiu drobnym. Obie teorie Rittingera i Kicka wzajemnie się uzupełniają i można je stosować do przybliżonego obliczania pracy potrzebnej na rozdrabnianie; pierwszą - przy rozdrabnianiu drobnym i przede wszystkim przez rozcieranie, a drugą - przy rozdrabnianiu grubym i średnim przez nacisk i uderzenie.

Brak teorii dostatecznie wyjaśniającej zjawiska zachodzące przy rozdrabnianiu jest jedną z przyczyn powstania wielkiej ilości różnego rodzaju maszyn rozdrabniających. W maszynach tych rozdrabnianie zachodzi różnymi sposobami, a mianowicie:

- 1/ przez rozgniatanie, jak to jest schematycznie przedstawione na rys. 4a;
- 2/ przez rozłupywanie /rys. 4b/;
- 3/ " uderzenie /rys. 4c/;
- 4/ " rozcieranie /rys. 4d/;
- 5/ " rozrywanie /rys. 4e/;
- 6/ " zginanie /rys. 4f/.



Rys. 4

W najczęściej stosowanych w przemyśle chemicznym rozdrabniarkach rozdrabnianie odbywa się głównie jednym z czterech pierwszych sposobów. Rozdrabnianie przez rozrywanie i zginanie zdarza się rzadziej.

Najekonomicznym sposobem rozdrabniania dla większości ciał mineralnych i kamieni, jak wykazała praktyka, jest rozdrabnianie przez zginiatanie, najdroższym zaś - przez rozcieranie. W tym przypadku bowiem potrzeba dużo energii mechanicznej, a przy tym silnie zużywają się części maszyny bezpośrednio stykające się z rozdrabnianym materiałem.

Wybór odpowiedniego sposobu rozdrabniania oraz zastosowanie tego czy innego typu maszyny zależy przede wszystkim od procesu technologicznego, następnie od własności fizycznych materiału i od stopnia potrzebnego rozdrobnienia, a ponadto opiera się na doświadczeniach i zwyczajach panujących w danej gałęzi przemysłu.

Wielka różnorodność maszyn przeznaczonych do łamania, rozcierania, rozbijania, rozcinania, rozgniatania i mielenia różnego rodzaju ciał mineralnych i roślinnych utrudnia ich klasyfikację. Przyjęto ogólnie dzielić maszyny rozdrabniające na 4 grupy: 1/ maszyny do rozdrabniania wstępnego, 2/ maszyny do rozdrabniania średniego, 3/ maszyny do rozdrabniania drobnego, 4/ rozdrabniarki do materiałów specjalnych.

Do pierwszej grupy należą przede wszystkim łamacze szczękowe, następnie łamacze stożkowe i walcowe.

Do drugiej grupy należą gniotowniki obiegowe i walcowe, młynny młotkowe i dezynTEGRATORY.

Do trzeciej grupy należą młyny żarnowe, odśrodkowe, pierścieniowe i kulowe.

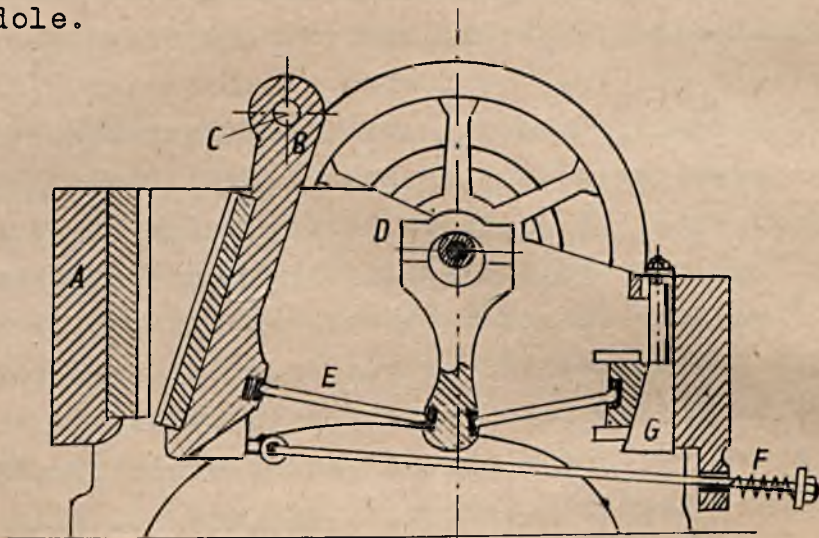
Do czwartej grupy należą rozdrabniarki dostosowane do rozdrabniania materiałów o specyficznych własnościach, a więc rębaki do drzewa w fabrykach celulozy, krajalnice do buraków i innych ziemiopłodów w cukrowniach i fabrykach spożywczych, tarka do kartofli w fabrykach krochmalu, tarka do drzewa w fabrykach masy drzewnej, holender do rozdrabniania materiałów włóknistych w papierniach, przecieraczki do owoców i jarzyn w fabrykach marmelady, sieczkarnie do krajania rabarbaru, ziół i słomy oraz szereg innych.

§ 2. Łamacze

Maszyny przeznaczone do rozdrabniania wstępnego noszą ogólną nazwę łamaczy. Zadaniem ich jest rozdrobnienie dużych brył na mniejsze kawałki wielkości pięści. Łamacze spotykane w przemyśle można podzielić na 3 różne typy:

- 1/ łamacze szczękowe,
- 2/ łamacze stożkowe,
- 3/ łamacze walcowe.

Łamacze szczękowe są najbardziej rozpowszechnionymi maszynami do wstępnego rozdrabniania dużych brył. W fabrykach spotkać można 2 zasadnicze typy tych maszyn. Łamacze ze szczęką ruchomą zawieszoną w górze oraz łamacze ze szczęką ruchomą zawieszoną w dole.

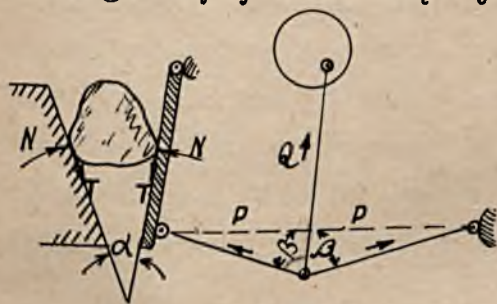


Rys. 5. Łamacz szczękowy Blake'a

Do pierwszego typu należy łamacz szczękowy Blake'a przedstawiony na rys. 5. Składa się on z prostokątnej mocnej budowy ramy żeliwnej lub stalowej, której boczna ściana A stanowi szczękę nieruchomą, oraz płyty stalowej B zawieszanej na osi C. Płyta powyższa będąca szczęką ruchomą otrzymuje ruch wahadłowy od mimośrodu D za pośrednictwem płyty rozporowej E. Sprężyna F służy do odciągania szczęki ruchomej, gdy mimośród porusza się na dół, klin zaś G przeznaczony jest do regulowania szczeliny pomiędzy szczękami, a więc służy do regulowania wielkości kawałków materiału rozdrabnianego. Obie szczęki są uzbrojone w płyty zębate ze stali manganowej lub z białego twardego żeliwa.

Na wale mimośrodowo osadzone są zwykle dwa koła zamachowe oraz koło pasowe, dzięki któremu łamacz otrzymuje napęd.

Ażebymy podczas nacisku szczęki ruchomej rozdrabniany materiał nie ulegał wyrzucaniu z łamacza do góry, co stanowiłoby niebezpieczeństwo dla personelu obsługującego i uniemożliwiłoby rozdrabnianie, kąt α pomiędzy szczękami powinien być dostatecznie mały. Największą wartość tego kąta można ustalić z warunków równowagi bryły zaciśniętej pomiędzy szczękami /rys. 6/.



Rys. 6

Szczęki cisną na bryłę siłami N , ponadto pomiędzy nią a szczękami działają siły tarcia T . Gdy układ tych sił jest w równowadze, suma ich rzutów na oś pionową jest równa 0, wobec tego

$$2 N \cdot \sin \frac{\alpha}{2} - 2 T \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 0.$$

Biorąc pod uwagę, że $T = N \cdot \operatorname{tg} \rho$, gdzie ρ jest kątem tarcia, otrzymamy z powyższego równania

$$\operatorname{tg} \cdot \frac{\alpha}{2} = \operatorname{tg} \rho, \text{ skąd } \alpha = 2\rho.$$

W rzeczywistości kąt pomiędzy szczękami powinien być mniejszy od wartości granicznej, a więc $\alpha < 2\rho$. Zwykle kąt chwytu α wynosi od 18 do 22° .

Siła nacisku szczęki ruchomej na materiał rozdrabniany zależy od siły nacisku wywieranego na szczękę przez płytę rozporową E . Jeżeli oznaczymy ten nacisk przez P , a siłę działającą wzdłuż goleni mimośrodowo przez Q , to, jak widać na rys. 6, z rozkładu siły Q na dwie składowe siły P otrzymamy, że

$$P = \frac{Q}{2 \cos \beta},$$

gdzie β jest kątem pomiędzy golenią mimośrodowo a płytami rozporowymi.

Podczas pracy łamacza kąt β ciągle zmienia swoją wielkość i osiąga maksymalną wartość w najwyższym położeniu mimośrodowo. Gdy kąt $\beta = 90^\circ$, nacisk płyty rozporowej na szczękę i szczęki na materiał rozdrabniany osiąga wartość nieskończenie wielką. Dobierając odpowiednio długość goleni mimośrodkowej podczas budowy łamacza można otrzymać dowolnie wielki nacisk na bryłę rozdrabnianą.

Gdy pomiędzy szczęki łamacza trafi wyjątkowo twarde ciało /np. młotek stalowy/, to w częściach składowych rozdrabniarki powstają bardzo wielkie naprężenia, które mogą spowodować uszkodzenia słabiej skonstruowanych części maszyny. Ażeby zabezpieczyć przed uszkodzeniem części droższe, jak wał mimośrodowy, szczęka ruchoma, rama lub mimośród, przeznaczają się na zniszczenie w razie powstania w łamaczu wielkich naprężeń jakąś tanią i łatwo wymienną część maszyny. W łamaczu Blake'a przewidziane są w takim wypadku płyty rozporowe, które konstruuje się z bardzo małym stopniem bezpieczeństwa, wobec czego ulegają one złamaniu wskutek wyboczenia. Niektóre firmy wykonują płyty rozporowe z dwóch części połączonych ze sobą śrubami lub nitami /rys. 7/, które ulegają ścinaniu, gdy w łamaczu powstają zbyt duże naprężenia.



Rys. 7. Płyta rozporowa

Rozdrabnianie w łamaczu szczękowym zachodzi tylko podczas ruchu roboczego, gdy szczęka ruchoma zbliża się do nieruchomej, wtedy właśnie zużywa się praca dostarczana przez silnik. Podczas powrotnego ruchu szczęki łamacz nie zużywa energii pobieranej. Praca dostarczana wtedy przez silnik zostaje przekształcona na energię kinetyczną koła zamachowego, które przyspiesza swój bieg. Podczas ruchu roboczego szczęki, koło zużywa nagromadzoną energię kinetyczną na pracę zmniejszając prędkość. Równomierność biegu łamacza zależy więc od koła zamachowego. Ażeby nierównomierność biegu zmniejszyć, średnie i duże łamacze szczękowe mają po dwa koła zamachowe. Wielkość tych kół dobierana jest w taki sposób, aby współczynnik nierównomierności biegu wahał się w granicach od $1/15$ do $1/25$.

Wydajność łamacza zależy od jego wymiarów i ilości obrotów. Oznaczając przez b długość szczeliny pomiędzy szczękami ruchomą i nieruchomą, przez a - największą jej szerokość, przez n - ilość obrotów na minutę oraz zakładając, że materiał rozdrobniony wysypuje się z łamacza tylko podczas powrotnego /jałowego/ ruchu szczęki ruchomej, obliczymy wydajność łamacza w następujący sposób.

Czas trwania ruchu powrotnego szczęki wynosi

$t = \frac{60}{2n}$ [sek]. W przeciągu tego czasu przez szczelinę pomiędzy szczękami przesypie się teoretycznie

$$V_1 = a \cdot b \cdot \frac{g \cdot t^2}{2} = a \cdot b \cdot \frac{g}{2} \cdot \left/ \frac{60}{2n} \right.^2 = 450 \cdot g \cdot \frac{a \cdot b}{n^2} \text{ [m}^3\text{]},$$

a na godzinę przyjmując, że $g = 10 \text{ m/sek}^2$

$$V = 4500 \frac{a \cdot b}{n^2} \cdot 60 n = 270\,000 \cdot \frac{a \cdot b}{n} \text{ [m}^3\text{]}$$

Praktycznie zaś znacznie mniej, a mianowicie

$$V = 270\,000 \cdot \eta \cdot \frac{a \cdot b}{n} \text{ [m}^3\text{/godz.]},$$

gdzie η oznacza objętościowy współczynnik wydajności wynoszący od 0,20 do 0,40.

Oznaczając przez ρ ciężar właściwy rozdrabnianego materiału w tonach na metr sześcienny otrzymamy, że wydajność rozdrabniarki wynosi

$$G = 270\,000 \cdot \eta \cdot \rho \cdot \frac{a \cdot b}{n} \text{ [t/godz.]}.$$

Zużycie mocy w łamaczu Blake'a obliczymy na podstawie następujących rozważań. Ilość brył kryształu kulistego o średnicy D , które jednocześnie mogą się zmieścić w paszczy łamacza, wynosi $\frac{b}{D}$, zużycie pracy na rozdrobnienie tych brył na kawałki o średnicy d wyniesie zgodnie z równaniem Kicka /6/

$$L = \frac{\sigma_{\max}^2}{2E} \cdot \frac{\pi}{6} \cdot \left/ D^3 - d^3 \right. \cdot \frac{b}{D} \text{ [Kgm]}.$$

Biorąc pod uwagę, że rozdrabnianie powyższych brył dokonywa się podczas jednego suwu roboczego szczęki oraz że na jedną sekundę przypada $\frac{n}{60}$ suwów roboczych obliczymy zużycie mocy z równania

$$N = \frac{L \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{\sigma_{\max}^2 \cdot \pi \cdot n \cdot b}{2E \cdot 60 \cdot 75 \cdot 6 \cdot D} \cdot \left/ D^3 - d^3 \right/ ,$$

skąd po uproszczeniu otrzymamy.

$$N = \frac{\sigma_{\max}^2 \cdot n \cdot b}{17\,200\,E} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D}$$

W łamaczach szczękowych stopień rozdrabniania $\frac{D}{d}$ zwykle jest większy od 5, wobec czego $D^3 > 125 d^3$. Jeżeli więc w powyższym równaniu odrzucimy d^3 , zrobimy błąd mniejszy od 1%, a w takim razie

$$N = \frac{\sigma_{\max}^2 \cdot n \cdot b}{17\,200\,E} \cdot D^2$$

W równaniu tym naprężenie σ_{\max} i współczynnik sprężystości E są wyrażone w kilogramach na metr kwadratowy, a długość szczeliny b i średnica kawałka D w metrach.

Biorąc σ_{\max} i E w kilogramach na centymetr kwadratowy, a długość b i średnicę D w centymetrach otrzymamy

$$N = \frac{\sigma_{\max}^2 \cdot n \cdot b \cdot D^2}{1\,720\,000\,E}$$

W łamaczach Blake'a w porównaniu z innymi częściami maszyny najbardziej narażone są na zużycie szczęki i dlatego mają wymienne płyty ze stali lub z białego twardego żeliwa.

W płytach powyższych najprędzej ścierają się ząbki w dolnej części płyty blisko szczeliny wylotowej, gdy w górze są one jeszcze mało zużyte. Można więc obrócić płytę, jeżeli konstrukcja jej na to pozwala, w ten sposób, żeby górna jej część poszła na dół, a dolna do góry.

Łamacze Blake'a różnych wielkości budowane są w Polsce i w innych krajach. Główne wymiary i charakterystyczne cechy najczęściej używanych łamaczy podane są w tabelicy II.

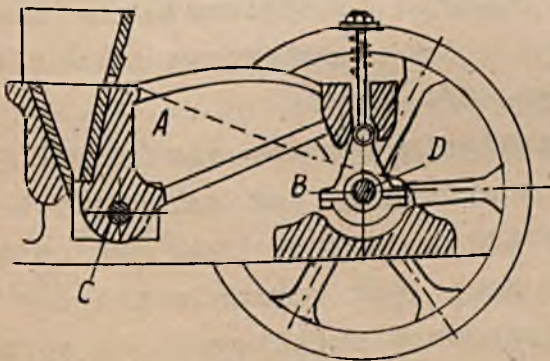
T a b l i c a II
Charakterystyka łamaczy Blake'a

Wymiary paszczy	250x175	375x225	500x250	600x300	750x450	900x600	1050x750
Długość łamacza	1022	1651	1854	2096	2717		
Szerokość łamacza	622	812	978	1130	1398		

Wymiary paszczy	250x175	375x225	500x250	600x300	750x450	900x600	1050x750
Ilość obrotów	275	275	275	275	266	231	225
M o c	7,5	12,5	16	22,5	47	72	104
Wydajność	2,2	7,4	11,7	22,4	37	67	117
Ciężar	3,26	6,75	8,77	10,80	21,70	33,50	52,40

Łamacze Dodge'a przedstawione na rys. 8 mają zastosowanie, wtedy, gdy rozdrabniane są bryły mniejszych wymiarów. Różnią się one od łamaczy Blake'a tym, że oś wahań szczęki ruchomej tych łamaczy znajduje się na dole /C/, wskutek czego w łamaczach Dodge'a największą amplitudę wahań ma górna część szczęki. Szczelina pomiędzy szczękami nie zmienia prawie swoich wymiarów podczas pracy łamacza, przez co materiał rozdrabnia się równomierniej niż w łamaczach Blake'a. Wadą ich jest zapychanie się szczeliny, przez którą odchodzi materiał rozdrobniony.

Jak w łamaczach Blake'a, szczeka ruchoma A w łamaczu Dodge'a otrzymuje ruch wahadłowy od mimośrodów B /rys. 8/. Na wale D mimośrodu osadzone są koła zamachowe i pasowe za pomocą specjalnego sprzęgła, które ulega zniszczeniu, gdy pomiędzy szczęki łamacza trafi bardzo twarde ciało.



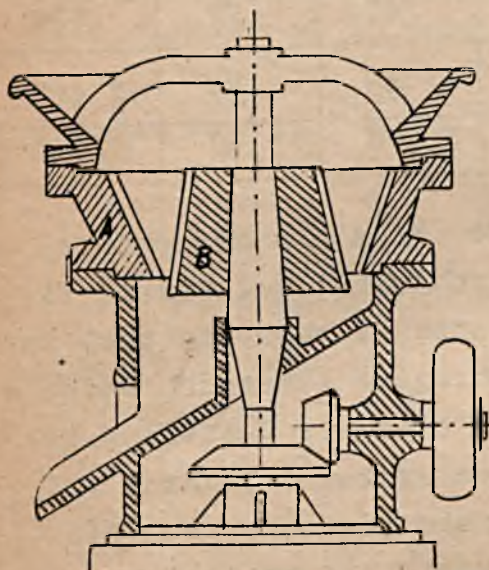
Rys. 8. Łamacz szczękowy Dodge'a

Łamacze szczękowe są stosowane do kruszenia materiałów różnej twardości, jak fosforyty, piryty, kamienie wapienne, karbid, koks, szlaka i inne. Główną ich wadą jest niejednostajne obciążenie silników oraz nierównomierna praca, podczas której powstają silne uderzenia źle wpływające na fundamenty budynków. Z tego powodu łamacze

szczękowe należy ustawiać na własnych, solidnie zbudowanych fundamentach, nie należy zaś umieszczać łamaczy nawet małych na piętrach budynków fabrycznych.

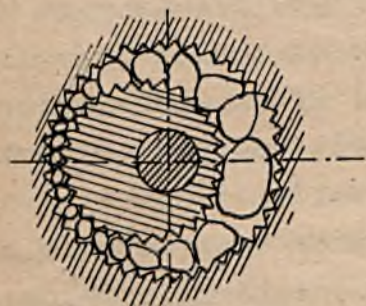
Wad powyższych, których przyczyną jest poruszanie łamaczy szczękowych przez mechanizmy mimośrodowe, nie mają łamacze stożkowe.

Jeden z takich łamaczy podany jest schematycznie na rys. 9. Składa się on z mocnej budowy pierścienia stożkowego A oraz ze stożka B osadzonego mimośrodowo na wale pionowym. Pierścień i stożek mają wymienne powierzchnie robocze ze stali manganowej lub z białego żeliwa. Powierzchnie te mają zęby, które



Rys. 9. Łamacz stożkowy

ułatwiają kruszenie. W niektórych konstrukcjach przewidziana jest możliwość regulowania szczeliny pomiędzy pierścieniem i stożkiem przez podniesienie lub opuszczenie wału, na którym osadzony jest stożek. Napęd koła pasowego na wał główny przenosi się za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej. Podczas ruchu obrotowego wału stożek wskutek swego ekscentrycznego położenia kruszy, jak przedstawiono schematycznie na rys. 10, bryły znajdujące się pomiędzy nim a pierścieniem.



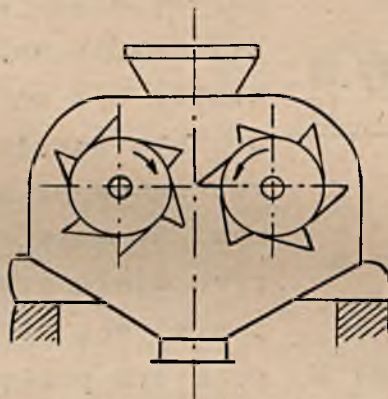
Rys. 10. Schemat działania łamacza stożkowego

Zasilanie odbywa się przez duży lej umieszczony nad pierścieniem, materiał rozdrobniony odprowadza się równią pochyłą zabezpieczającą koła zębate i łożysko sztorcowe od zasypywania /rys. 9/.

Działanie łamaczy stożkowych jest ciągłe i spokojne, bez szkodliwych periodycznych uderzeń, wskutek czego rozchód mocy jest równomierniejszy niż w łamaczach szczękowych, a sprawność i wydajność większa. Materiał rozdrobniony zawiera przy tym stosunkowo mało miazgi. Wadą ich w porównaniu z łamaczami szczękowymi są duże wymiary i wielki ciężar - łamacze Black'a i Dodge'a są przy tych samych wydajnościach lżejsze i mniejsze. Łamacze stożkowe używane są do kruszenia twardych i średnio twardych materiałów, jak kamienie wapienne, kreda itp. w niezbyt wielkich bryłach.

Łamacze walcowe są to walce zębate /rys. 11/ ustawione w pewnej odległości od siebie i obracające się w kierunkach przeciwnych.

Używane są do kruszenia materiałów średniej twardości i miękkich, jak koks, węgiel kamienny i inne. Stopień rozdrabniania mały, wskutek czego materiał rozdrobniony składa się z dość dużych kawałków o małej ilości miazgi i kurzu. Ilość obrotów stosunkowo niewielka, nie przekraczająca kilkudziesięciu obrotów na minutę.



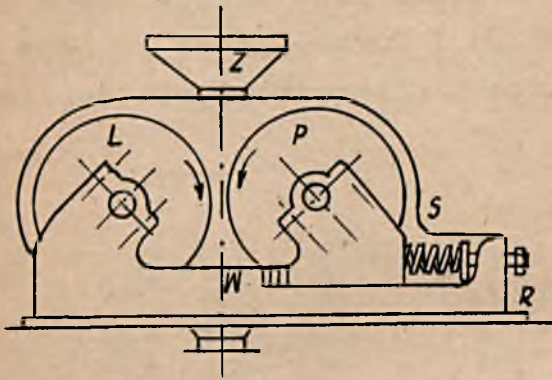
Rys. 11. Łamacz walcowy

§ 3. Gniotowniki walcowe

Maszyny przeznaczone do rozdrabniania średniego, jak gniotowniki, młyny młotowe, dezyntegratory i in. mają na celu rozdrabnianie kawałków wielkości pięści na ziarenka wielkości grochu lub śrutu. Rozdrabniają one albo przez spokojne rozgniatanie i rozcieranie, jak gniotowniki walcowe i obiegowe, albo przez silne uderzenia, jak młyny i dezyntegratory. Gniotowniki walcowe lub wprost walce są to maszyny bardzo rozpowszechnione. Używane bywają do rozdrabniania suchej gliny, kości, pirytów, szlaki i innych materiałów. Odznaczają się wśród rozdrabniarek tym, że zmniejszają tylko kilkakrotnie wielkość kawałków materiału rozgniatanego. Ażeby osiągnąć większy stopień rozdrobnienia, należy materiał przepuścić przez kilka kolejno następujących po sobie walców.

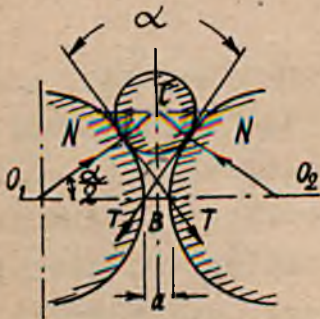
Rozdrabniarka przedstawiona schematycznie na rys. 12 składa się z dwóch walców jednakowej średnicy obracających się w przeciwnych kierunkach. Jeden z nich L osadzony jest na wale spoczywającym w łożyskach nieruchomych, drugi zaś F - w ruchomych. Gdy pomiędzy walce trafi jakieś wyjątkowo twarde ciało /np. kawał żeliwa, nakrętka itp./, walce ruchome odsuwają się od nieruchomych ściskając sprężynę S, normalnie zaś są dociskane przez nią w taki sposób, że pomiędzy walcami powstaje

szczelina pożądanej szerokości. Wielkość tej szczeliny można regulować za pomocą wkładek W i śruby naciskającej R.



Rys. 12. Walce

ciało rozdrabniane z siłami N, poza tym pomiędzy ciałem a walcami działają siły tarcia T, przy czym $T = \mu \cdot N = \operatorname{tg} \rho \cdot N$, gdzie μ jest współczynnikiem, a ρ - kątem tarcia. Jeżeli ciało jest wciągane przez obracające się walce, to składowa pionowa siły tarcia $T \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$ jest większa



Rys. 13

od pionowej składowej siły N, która równa się $N \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$, a więc $T \cdot \cos \frac{\alpha}{2} > N \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$ lub

$$N \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot \cos \frac{\alpha}{2} > N \cdot \sin \frac{\alpha}{2},$$

skąd

$$\operatorname{tg} \rho > \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

a więc

$$\alpha < 2 \rho.$$

Wielkość kąta α zależy od średnicy walców D, od szerokości szczeliny, a m.in. i od wymiarów rozdrabnianego ciała.

Z trójkąta O_1CB można napisać, że $\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{CB}{OC}$.

Oznaczając średnicę kawałka rozdrabnianego przez d otrzymamy,

że

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{D}{2} + \frac{a}{2}}{\frac{D}{2} + \frac{a}{2}} \quad \text{lub} \quad \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D + a}{D + d}.$$

Z równania tego po przekształceniu otrzymujemy

$$a = (D + d) \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - D, \quad /5/$$

$$d = \frac{D \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2}) + a}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad /6/$$

oraz

$$D = \frac{d \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - a}{1 - \cos \frac{\alpha}{2}} \quad /7/$$

Ze wzoru /5/ mając średnicę walców D oraz znając kąt tarcia pomiędzy materiałem rozdrabnianym i walcami, można obliczyć najmniejszą odległość a , na którą należy rozsunać walce, ażeby kawałki o średnicy d były przez nie wciągane. Ze wzoru /6/ obliczamy wymiary największych kawałków, które można rozdrabniać na walcach o danej średnicy, gdy ustalona jest odległość pomiędzy walcami a . Wzór /7/ daje możliwość obliczenia średnicy walców D , gdy znane są wymiary kawałków rozdrabnianych d oraz stopień rozdrobnienia $\frac{d}{a}$.

Kąt chwytu α , jak to było wyjaśnione poprzednio, jest mniejszy od podwojonego kąta tarcia pomiędzy materiałami rozdrabnianymi /minerały/ i walcami /stal/, który normalnie nie przekracza 32° . Stopień rozdrabniania walców $\frac{d}{a}$ zwykle wynosi około 4, wobec czego z równania /7/ wynika, że średnica walców D jest od 20 do 25 razy większa od średnicy kawałków rozdrabnianych d . Z tego wynika, że walce nie nadają się do rozdrabniania większych kawałków materiału, już bowiem przy średnicy kawałków wynoszącej około $d = 80$ mm walce wypadają bardzo duże, gdyż o średnicy od 1600 do 2000 mm.

Ażeby pomiędzy walce nie trafiały kawałki zbyt duże, które nie mogłyby być przez nie wciągnięte, otwór w leju zasilającym Z / rys. 12/ powinien mieć odpowiednie wymiary.

Ze wzoru /5/, /6/ i /7/ wynika, że ze wzrostem kąta α , tj. ze wzrostem tarcia pomiędzy ciałem rozdrabnianym i walcami maleje odległość pomiędzy walcami, a więc wzrasta stopień rozdrabniania, powiększa się wielkość kawałków wciąganych przez walce, zmniejsza się natomiast średnica walców.

Tym się tłumaczy, dlaczego firmy budujące gniotowniki walcowe starają się powiększyć tarcie i w tym celu nadają często walcem powierzchnię chropowatą.

Powierzchnia walców na skutek tarcia ulega szybkiemu zużyciu, wskutek czego zewnętrzna ich część, tzw. bandaż, jest wymienna. Bandaże są wykonywane ze stali węglistej, manganowej lub nawet chromowej, walce zaś zwykle z żeliwa szarego lub wyjątkowo z białego, a wtedy nie mają bandaży. Ze względów chemicznych bywają walce z porcelany lub z twardych minerałów górskich, jak porfir i inne.

Zasilanie walców materiałem rozdrabnianym powinno zachodzić równomiernie na całej ich długości, gdyż w przeciwnym przypadku zużywają się one nierównomiernie, wskutek czego otrzymuje się niejednostajny produkt. Najszybciej zużywa się wskutek tarcia środkowa część walców, przez co szczelina pomiędzy nimi przybiera kształt soczewkowaty, najszerszy w środku, a najwęższy po bokach. Ażeby zużycie powierzchni roboczej walców postępowało wolniej, zaopatrzone są w płaszcz z twardej stali pancерnej, który można wymienić, gdy zostanie zniszczony przez tarcie w takim stopniu, że odbija się to ujemnie na procesie rozdrabniania.

Walce obracane są w przeciwnych kierunkach przez koła zębate lub pasowe /nie pokazane na rys. 11/ osadzone na tych samych, co i one wałach.

Zwykle ilość obrotów obu walców jest jednakowa, stosowane są jednak rozdrabniarki i o walcach obracających się z różną ilością obrotów. W tym przypadku rozdrabnianie zachodzi nie tylko przez rozgniatanie, ale również i przez rozcieranie. Ilość obrotów walców wolnobieżnych wynosi około 20 obr./min., a walców szybkobieżnych dochodzi do 100 obr./min. Prędkość obwodowa walców waha się w granicach od 1,5 m/sek dla walców wolnobieżnych do 6 m/sek dla szybkobieżnych.

Wydajność walców jest proporcjonalna do objętości taśmy teoretycznej przechodzącej przez szczelinę pomiędzy walcami. Trzeba tylko pamiętać, że grubość S tej taśmy jest większa od szerokości szczeliny, walec ruchomy bowiem pod wpływem parcia materiału rozdrabnianego odsuwa się od nieruchomego na pewną odległość b , zależną od twardości sprężyny /rys. 12/, wynoszącą od ćwierci do kilkunastu milimetrów. Średnio można przyjąć, że $b = \frac{S}{4}$.

Oznaczając przez l długość walców, przez D średnicę, przez n ilość ich obrotów na minutę, przez δ ciężar 1 m^3 materiału rozdrabnianego, przez φ objętościowy współczynnik wydajności wynoszący od 0,3 do 0,5 i przez G_t wydajność teoretyczną w kilogramach na godzinę, będziemy mogli napisać, że

$$G_t = S \cdot l \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot 60 \cdot \eta \cdot \delta \text{ [kg/godz.]}$$

Przyjmując, że

$$S = a + b = a + \frac{a}{4} = \frac{5}{4} a$$

oraz że $\eta = 0,4$, otrzymamy

$$G_t = 94 \cdot D \cdot l \cdot a \cdot n \cdot \delta \text{ [kg/godz.]}$$

co wynosi

$$G_t = 0,094 \cdot D \cdot l \cdot a \cdot n \cdot \delta \text{ [t/godz.]}$$

albo

$$G_t = 0,1 \cdot D \cdot l \cdot a \cdot n \cdot \delta \text{ [t/godz.]}$$

Wydajność rzeczywista jest jednak mniejsza od teoretycznej i wynosi $G = \varphi \cdot G_t$, gdzie φ - współczynnik wahający się od 0,25 do 0,75, przy czym mniejsze wartości φ odnoszą się do grubszego, a większe do drobniejszego rozdrabniania.

Duże znaczenie dla prawidłowej pracy rozdrabniarek walcowych ma równomierne zasilanie na całej długości walców. Szczególnie źle wpływa zasilanie nadmierne, gdyż w tym przypadku nad walcami może powstać coś w rodzaju sklepienia z materiału, wskutek czego walce będą obracać się bez dostatecznego obciążenia.

W tablicy III podane są główne wymiary i charakterystyczne cechy najczęściej spotykanych gniotowników walcowych.

T a b l i c a III

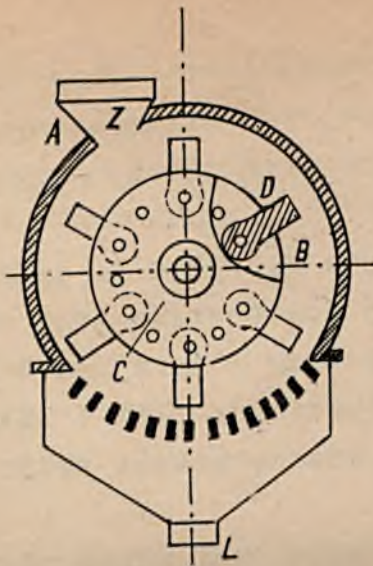
Charakterystyka walców

Średnica walców	mm	200	400	600	800	1000	1200	1500
Długość "	mm	125	250	300	350	400	400	600
Największe ciśnienie na materiał	kg/cm	15	15	25	30	30	40	40
Szer. szczeliny	mm	4	6	8	12	14	16	18
Ilość obrotów obr/min.		300	200	150	120	100	100	80
Wydajność	t/godz.	1,8	8,0	15,5	32,0	53,0	83,0	103,0
Moc	KW	3	6,5	10,3	20,5	30	51,5	59
Długość	mm	800	1800	2450	3400	3700	4000	5600
Szerokość	mm	800	1450	2100	2850	3200	3300	3300
Wysokość	mm	550	900	1300	1650	1900	2200	3000
Ciężar	t	2,0	3,0	6,5	14,5	28,0	32,5	35,0
Największa średnica kawałków	mm	10	20	30	40	50	60	75

§ 4. Rozdrabniarki młotkowe. Dezyntegratory

Do urządzeń stosowanych w przemyśle do rozdrabniania średniego należą również maszyny, które rozbijają większe kawałki na mniejsze przez wielokrotne uderzenia. Do rozdrabniarek tego typu zaliczyć można młyny młotkowe, dezyntegratory, dysmembratory i in.

Młyn młotkowy najprostszej konstrukcji przedstawiony jest schematycznie na rys. 14. Na wale poziomym C osadzone są dwie tarcze E, pomiędzy którymi zawieszono na osiach B ciężkie i grube płyty stalowe D, tzw. młotki. Gdy wał jest nieruchomy, płyty swobodnie zwisają, podczas ruchu zaś wskutek działania siły odśrodkowej ustawiają się wzdłuż promieni i wirując uderzają materiał doprowadzany przez górny lej Z. Rozbijany w ten sposób na mniejsze kawałki materiał odrzucany jest z wielką siłą na osłonę A maszyny, gdzie ulega wskutek uderzenia dalszemu rozbiciu.



Rys. 14. Młyn młotkowy



Rys. 14a

Materiał dostatecznie rozdrobniony przesiewa się przez ruszt znajdujący się w dolnej części osłony i odchodzi przez lej L, większe zaś kawałki pozostające w młynie są w dalszym ciągu rozdrabniane.

Rozbijanie w młynach młotkowych odbywa się kosztem energii kinetycznej wirujących młotków, która równa się

$$E_k = \frac{J \cdot \omega^2}{2} = \frac{J}{2} \cdot \left(\frac{2\pi \cdot n}{60} \right)^2,$$

gdzie J jest to moment bezwładności młotków względem osi obrotów; ω - prędkość kątowa młotków, n - ilość obrotów maszyny na minutę.

Ze wzoru tego wynika, że działanie rozdrabniające młotków jest tym większe, im większy jest ich moment bezwładności J , a więc im większa jest ich masa i długość oraz im prędzej one wirują.

Młyn młotkowy używany jest do rozdrabniania węgla, asfaltu, soli kamiennej, wapniaków i innych ciał kruchych oraz niektórych materiałów włóknistych, jak kora dębowa i kości, nie nadaje się natomiast do rozdrabniania materiałów ciągliwych. Materiały rozdrabniane w młynach młotkowych powinny być suche. gdy bowiem zawierają powyżej 15% wilgoci, młotki oblepiają się wilgotnym materiałem i przestają efektywnie pracować.

W maszynach przeznaczonych do rozdrabniania materiałów włóknistych używane są rusztowiny o ostrych krawędziach, które biorą udział w rozdrabnianiu. Dwa typy tego rodzaju rusztowin pokazane są na rys. 14a.

Prawidłowe i równomierne zasilanie ma wpływ na prace rozdrabniarki. Gdy materiał rozdrabniany dostarczany jest w nadmiernej ilości, rozdrabniarka zwalnia bieg i może nawet zupełnie się zatrzymać, albowiem energia kinetyczna płyt i innych wirujących części maszyny wystarcza na rozdrobnienie tylko określonej ilości surowca.

Najwięcej narażonymi na zużycie częściami młyna młotkowego są płyty D i osłona A. W niektórych konstrukcjach osłona wewnątrz wyłożona jest wymiennymi płytami stalowymi. Młotki D, gdy zużywają się z jednej strony, można obrócić o 180° tak, żeby pracowały drugą swą stroną, a gdy i ona ulegnie zniszczeniu, należy je wymienić.

Ilość obrotów młynów młotkowych jest duża i wynosi od 500 obr/min dla młynów większych do 2800 obr/min dla mniejszych.

W tablicy IV podane są główne wymiary i charakterystyczne cechy młynów młotkowych budowanych przez jedną z fabryk ZSRR.

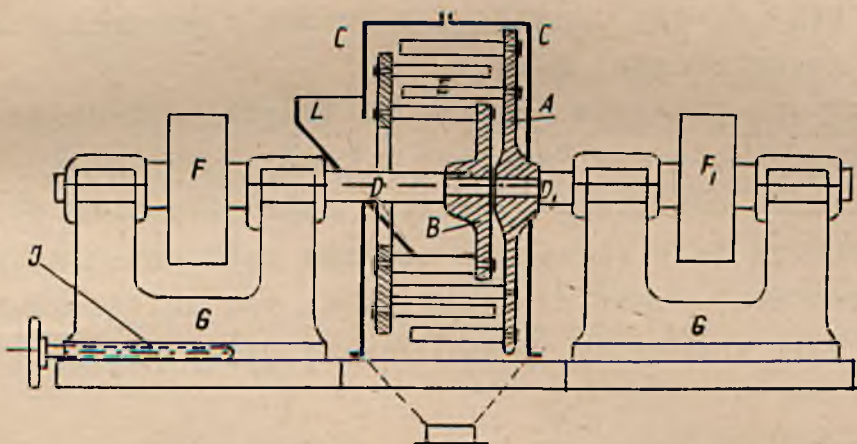
Dezyntegratory jak i młyny młotkowe rozdrabniają przez silne uderzenia. Na rys. 15 podana jest schematycznie najczęściej spotykana konstrukcja. Dwie tarcze A i B umieszczone w osłonie C osadzone są na wałach poziomych D i D₁. Do tarcz przymocowane są pręty E w ten sposób, że tworzą kilka koncentrycznych wieńców, przy czym pręty jednej tarczy otoczone są wieńcami prętów tarczy drugiej.

T a b l i c a IV

Charakterystyka młynów młotkowych

Srednica	mm	375	450	800	800	1000	1000	1300	1300
Długość	mm	200	600	600	900	800	1200	1200	1600
Szerokość otworu zasilającego	mm	150	200	400	400	500	500	650	650
Ilość obrotów obr/min	od	2800	2300	1300	1300	1000	1000	800	800
	do	1500	1250	1000	1000	800	800	600	600

Wydajność w tonach kamienia wap.	1,2	8	24	40	44	68	85	141
Wydajność w tonach węgla kamiennego	2,1	12,5	42	77	86	123	148	222
Moc KW	7-10	20-35	55-70	80-100	85-120	150-210	150-210	200-280
Ciężar t	0,5	1,6	38	4,7	7,9	11,7	16,5	19,0



Rys. 15

Wały, a więc i tarcze z prętami obracają się w kierunkach przeciwnych otrzymując napęd za pośrednictwem kół pasowych F i F₁. Materiał doprowadzany przez lej L do środka dezintegratora i uderzany przez prędko wirujące pręty wewnętrzne jest rozbijany na mniejsze kawałki oraz odrzucany na pręty drugiego wieńca, który obraca się w kierunku przeciwnym. Pręty te rozbijając w dalszym ciągu materiał odrzucają go na pręty następnego z kolei wieńca, gdzie zachodzi dalsze jego rozdrobnienie. Materiał więc podlegając w dezintegratorze wielokrotnym uderzeniom przez pręty każdego wieńca rozdrabnia się coraz więcej i po przejściu przez ostatni wieńiec prętów opuszcza maszynę spadając przez dolny lej.

Rozdrabniarka skonstruowana jest w ten sposób, że w razie potrzeby oczyszczenia maszyny lub wymiany prętów można lewą jej część, a więc koziół G, wał D z osadzoną na nim tarczą wewnętrzną B i lewą część osłony odsunąć od prawej części maszyny za pomocą śruby J.

Dyzmembratory są podobne do dezyntegratorów tak swoją budową, jak i działaniem. Różnią się od dezyntegratorów tylko tym, że mają jedną tarczę ruchomą, a druga jest nieruchoma, w dezyntegratorach zaś wirują obie tarcze.

Ilość obrotów dezyntegratorów jest bardzo duża i wynosi od 400 obr/min. dla maszyn większych do 1000 obr/min. dla małych. Dyzmembratory obracają się z prędkością dwukrotnie większą.

Tarcze dezyntegratorów i dyzmembratorów, tak jak wirniki maszyn mających duże prędkości obwodowe, należy wykonywać ze stali o wysokiej wytrzymałości na rozzerwanie, należy je również po osadzeniu na wale dobrze wyważyć, ażeby ich środek ciężkości leżał dokładnie na osi geometrycznej wału.

Dezyntegratory są znacznie lżejsze od innych rozdrabniarek o tej samej wydajności. Są one budowane w różnych wymiarach. Służą do rozdrabniania materiałów średniej twardości oraz włóknistej budowy. Stosują je w fabrykach nawozów sztucznych do rozdrabniania superfosfatu, kości i szlaku, poza tym są stosowane do rozdrabniania soli kuchennej, sody, suchej gliny, węgla i innych materiałów.

§ 5. Gniotowniki obiegowe

Głównymi częściami gniotowników obiegowych /rys. 16 i 17/ są dwa lub więcej ciężkie koła z twardego żeliwa, stali lub piaskowca oraz płaska misa pozioma z żeliwa lub odlewu stalowego, po której toczą się powyższe koła rozgniatając materiał leżący na misie. Koła obiegowe wykonują więc jednocześnie dwa ruchy obrotowe: pierwszy dookoła osi poziomej, gdy toczą się po misie, drugi - dookoła osi pionowej misy.

Prędkość obwodowa punktów leżących na krawędzi zewnętrznej koła obiegowego przy ruchu koła dookoła osi pionowej misy obliczyć można ze wzoru

$$v_1 = \frac{2 \pi \cdot R_1 \cdot n_1}{60},$$

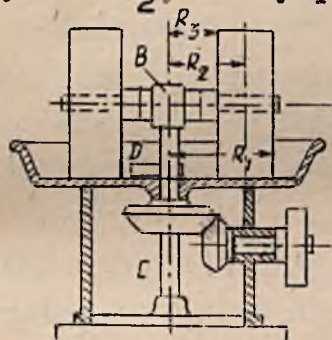
gdzie n_1 - ilość obrotów na minutę, a R_1 - odległość krawędzi zewnętrznej od osi obrotu. Oznaczając przez R_2 i R_3 odległość od osi obrotu punktów leżących na obwodzie środkowym koła i na krawędzi wewnętrznej /rys. 16/, obliczymy prędkości tych punktów przy ruchu obrotowym dookoła osi pionowej ze wzorów

$$v_2 = \frac{2\pi \cdot R_2 \cdot n_1}{60}, \quad v_3 = \frac{2\pi \cdot R_3 \cdot n_1}{60}.$$

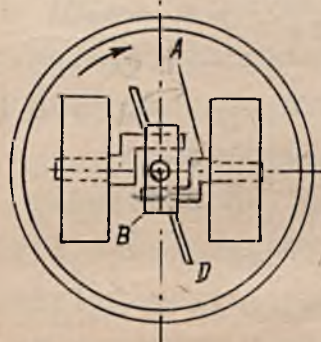
Prędkości obwodowe przy ruchu koła dookoła osi poziomej wynoszą

$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_2}{60}$, gdzie D jest średnicą kół obiegowych, a n_2 ich ilością obrotów dookoła osi poziomej.

Można tak dobrać wielkości wchodzące do powyższych wzorów, żeby $v = v_2$, wtedy punkty leżące na środkowym obwodzie kół obiegowych będą toczyć się po misie bez poślizgu. Co się zaś tyczy punktów leżących na krawędziach tych kół, to

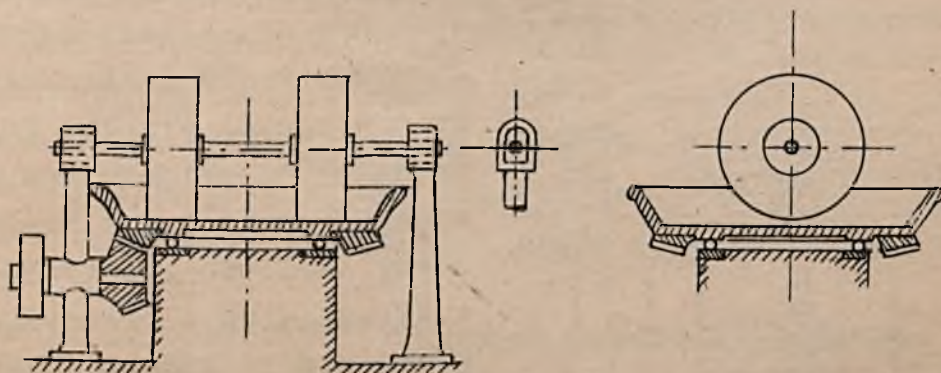


jak wynika z nierówności $v_1 > v_2 > v_3$, będą się one toczyć po misie z poślizgiem. Z tego powodu materiał ulega rozdrabnianiu w gniotowniku obiegowym nie tylko wskutek rozgniatań, ale również i przez rozcieranie.



Rys. 16. Gniotownik obiegowy

Koła obiegowe /rys. 16/ umieszczone są na osiach poziomych A , których końce wykorbione umocowane są w głowicy B osadzonej na wale pionowym C otrzymującym napęd za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej.



Rys. 17. Gniotownik obiegowy z ruchomą misą

Gdy jakieś twarde ciało /nakrętka, kawał stali/ trafi do misy, koła obiegowe przetaczają się po nim nie uszkadzając osi poziomej A , która podnosi się wtedy obracając się dookoła swego wykorbionego końca osadzonego w głowicy.

Koła obiegowe ustawiane bywają symetrycznie lub niesymetrycznie względem osi pionowej. W drugim przypadku działaniem kół objęta jest większa powierzchnia misy, siły odśrodkowe natomiast działające na koła obiegowe wskutek ich ruchu obrotowego dookoła osi pionowej nie są zrównoważone, co jest przyczyną, dla której niesymetryczne rozstawienie stosuje się tylko wtedy, gdy wymagają tego warunki technologiczne.

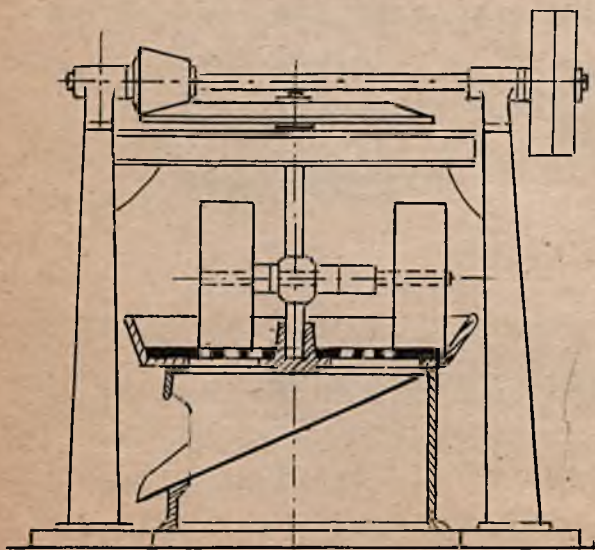
Dla przesuwania materiału z martwych miejsc misy pod koła gniotące, gniotowniki obiegowe mają specjalne grabie D /rys.16/ osadzone na wale głównym maszyny, które zgarniają materiał i podsuwają go równomiernie pod koła rozgniatające, a w gniotownikach o działaniu ciągłym, mających otwory sitowe w części dna misy, przesuwają rozdrobniony materiał przez powierzchnię sitową dna.

Na rys. 17 podany jest gniotownik obiegowy, w którym koła mogą się obracać tylko dookoła nieruchomej osi poziomej, misa natomiast obraca się dookoła osi pionowej otrzymując napęd od koła pasowego za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej. Oś pozioma spoczywa z pewnym luzem w głowicach nieruchomych kolumienek znajdujących się po obu bokach gniotownika.

Gniotownik obiegowy przedstawiony na rys. 18 stosowany jest dość często w przemyśle ceramicznym do rozgniataania i przerabiania gliny. Koła obiegowe rozstawione w tej rozdrabniarce niesymetrycznie, biegają po dnie misy, które jest wykonane ze stali manganowej w postaci wymiennych segmentów. W dnie tym są otwory sitowe rozmieszczone na tej części jego powierzchni, po której toczy się koło obiegowe znajdujące się bliżej osi obrotów.

Gniotownik ten jest maszyną pracującą w sposób ciągły. Koło położone dalej od osi obrotów wykonywa większą część pracy rozgniataania gliny, bliższe zaś tylko wykańcza rozdrabnianie i przeciska glinę przez otwory sitowe. Materiał przerobiony spada pod misę i odprowadzany jest równią pochyłą poza gniotowniki.

Otwory w dnie misy mogą mieć kształt wąskich szczelin, biegnących podłużnie, poprzecznie lub



Rys. 18. Gniotownik z górnym napędem

ukośnie do toru bliższego koła, dziur okrągłych, owalnych lub innych. Kształt otworów, jak wykazała praktyka, ma wpływ na wydajność gniotownika. Gлина najłatwiej przeciska się przez szczeliny podłużne, ale dno misy z takimi otworami łatwo pęka. Przy okrągłych otworach wydajność maszyny jest mniejsza, gdyż ogólna powierzchnia otworów jest mała, dno jednak jest wytrzymalsze.

Rozdrabniarki przedstawione na rys. 16 i 17 mają napęd dolny umieszczony pod misą, gniotownik zaś podany na rys. 18 napęd górny znajdujący się nad kołami obiegowymi i misą, jak to jest widoczne na tym rysunku.

Gniotowniki obiegowe dzielimy na wolnobieżne obracające się z prędkością od 8 do 20 obr/min. i szybkobieżne, których ilość obrotów wynosi od 30 - 40 obr/min., a czasami nawet do 60 obr/min. Koła obiegowe gniotowników wolnobieżnych są dużej średnicy dochodzącej do 3 m, koła gniotowników szybkobieżnych natomiast są mniejsze /do 1,5 m/, ale szersze.

Gniotowniki obiegowe stosowane już od kilku stuleci do rozgniatania różnych ciał służą obecnie do rozdrabniania materiałów średniej twardości. Używane bywają do rozdrabniania wapna, siarki, gliny oraz wskutek działania rozcierającego do rozdrabniania szmat, papieru, celulozy, suchej trawy i innych materiałów. Można je stosować do rozdrabniania ciał na sucho, a w niektórych wypadkach i na mokro, tj. z dodaniem dowolnej ilości wody lub innej cieczy.

Doprowadzanie do gniotowników obiegowych materiałów przeznaczonych do rozdrabniania odbywa się albo podczas ich postoju, albo w czasie biegu. Odprowadzanie zaś rozdrobnionych materiałów w gniotownikach pracujących w sposób periodyczny /rys. 16 i 17/ może zachodzić tylko wtedy, gdy maszyna jest nieruchoma, w gniotownikach zaś pracujących w sposób ciągły /rys. 18/ i doprowadzanie, i odprowadzanie materiałów zachodzi przez cały czas ich pracy bez zatrzymania maszyny.

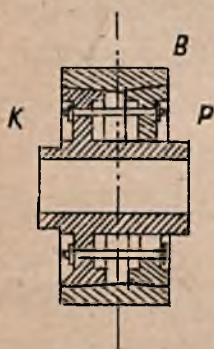
Wydajność gniotowników obiegowych zależy od twardości materiałów rozdrabnianych, ilości obrotów, stopnia rozdrabniania oraz głównie od ciężaru kół obiegowych, który dochodzi do 5000 kg.

Najwięcej narażonymi na zużycie częściami maszyny są koła obiegowe i dno misy. Stalowe i żeliwne koła mają z tego powodu wymienne bandaże ze stali manganowej, dno zaś misy można zrobić wymiennym lub wyłożyć wymiennymi płytami pancernymi.

Najczęściej stosowana konstrukcja umocowania bandaża na kole obiegowym przedstawiona jest na rys. 19. Powierzchnia wewnętrzna bandaża jest stożkowa, wskutek czego przy dokręcaniu nakrętek śruby mocno wciskają do bandaża B koło K i pierścień P, przez co połączenie bandaża z kołem jest dostatecznie mocne.

§ 6. Młyn żarnowy

Maszyny służące do rozdrabniania drobnego noszą ogólną nazwę młynów. Rozdrabnianie to jest na ogół trudniejsze od średniego i grubego. Młyny z tego powodu są maszynami więcej skomplikowanymi niż łamacze lub gniotowniki. Z dość dużej ilości różnego rodzaju młynów najstarszym i dotychczas jeszcze stosowanym, zwłaszcza do mielenia zboża, jest młyn żarnowy. W przemyśle chemicznym młyny żarnowe są używane do mielenia farb, gipsu, kredy, grafitu i innych niezbyt twardych materiałów.



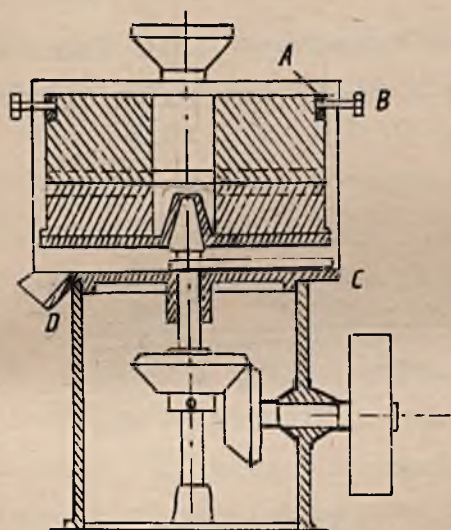
Rys. 19

Głównymi częściami młynów żarnowych są kamienie młyńskie, tzw. żarna. Mielenie w tych młynach odbywa się przez rozcieranie materiału pomiędzy żarnami, z których zwykle jedno ma ruch obrotowy. Najwięcej rozpowszechnione są młyny żarnowe o pionowej osi obrotów, jak przedstawiony na rys. 20. W młynie tym /rys. 20/ żarna umieszczone są w nieruchomej osłonie, przy czym górne przymocowane jest do osłony bandażem A i śrubami B; dolne zaś leży na tarczy osadzonej na wale pionowym, który otrzymuje napęd za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej.

Żarna są wykonywane z piaskowca, przy czym najlepsze są piaskowce francuskie, ponadto z kamieni pochodzenia wulkanicznego. Ostatnio coraz więcej wchodzi w życie żarna sztuczne robione z twardych naturalnych materiałów /np. karborund, szmergiel/ scementowanych magnezytem lub innymi zaprawami. Materiały służące do wykonywania kamieni młyńskich powinny być twarde, ciągliwe i porowate, w przeciwnym bowiem razie żarna prędko się polerują i przestają mleć materiał. Na powierzchniach kamieni młyńskich stykających się ze sobą wykute są rowki na obu żarnach jednakowe.

Kształt i wymiary rowków podane są na rys. 21 i 22. Gdy żarna są w położeniu normalnym, tj. są obrócone powierzchniami rowkowanymi do siebie, rowki obu kamieni przecinają się ze sobą pod ostrym kątem.

Podczas pracy maszyny ostre brzegi rowków działają jak nożyce rozcinając rozdrabniany materiał. Wskutek działania siły odśrodkowej materiał przesuwany od środka żaren do obwodu, rozciera się pomiędzy ich chropowatymi powierzchniami roboczymi i spada na dno osłony. Łapa C obracająca się wraz z wałem pionowym, na którym jest osadzona, zgarnia materiał zmielony i usuwa go przez lej D.



Rys. 20. Młyn żarnowy

Odległość pomiędzy żarnami można regulować przez podnoszenie lub opuszczanie wału pionowego z żarnem dolnym za pomocą mechanizmu nie pokazanego na rys. 20.

Nie we wszystkich konstrukcjach górne żarno jest nieruchome, a dolne ruchome nie mniej często można spotkać młyny żarnowe, w których nieruchomy jest dolny kamień, a ruchomy górny; budowane są również, co prawda rzadko, młyny, w których obracają się w przeciwnych kierunkach oba żarna.

Średnica żaren używanych w przemyśle waha się w granicach od 900 do 1500 mm, ilość obrotów od 100 do 190 na minutę, zużycie zaś mocy od 6 do 12 KM.

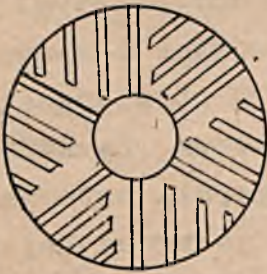
§ 7. Młyny walcowe i pierścieniowe

Młyny walcowe stosowane bywają do mielenia materiałów niezbyt twardych. Ze względu na niewielki stopień rozdrabniania, jaki można osiągnąć na walcach, młyny walcowe mają zwykle kilka par walców, przy czym materiał po przejściu przez pierwszą parę dostaje się na następną, gdzie ulega dalszemu rozdrobnieniu.

Walce w młynach walcowych mają na powierzchniach roboczych drobne rowki, które ułatwiają mielenie.

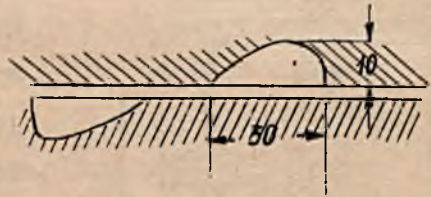
Ilość obrotów obu walców jest różna, wskutek czego materiał mielony rozdrabnia się nie tylko przez rozgniatanie, ale również i przez rozcieranie. Tak samo jak w gniotownikach walcowych jeden z walców młynów walcowych umieszczony jest w łożyskach nieruchomych, drugi w ruchomych, co daje możliwość regulowania szczeliny pomiędzy nimi.

Podobne w swoim działaniu do młynów walcowych, ale inaczej zbudowane są młyny pierścieniowe. Jedna z kilku konstrukcji tych maszyn przedstawiona jest na rys. 23.

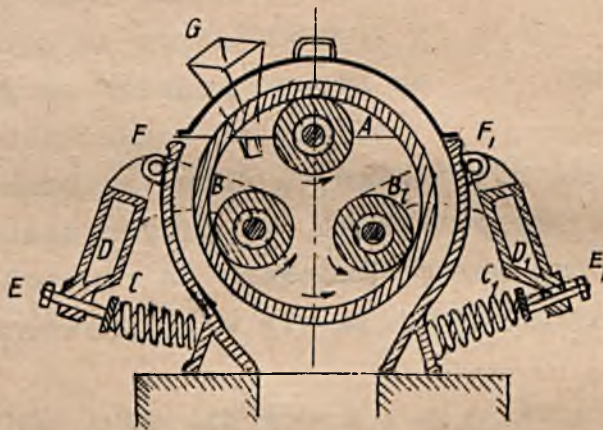


Rys. 21

Rowki na żarnach



Rys. 22



Rys. 23. Młyn pierścieniowy

Młyn pierścieniowy składa się z pierścienia i trzech walców na tej średnicy. Górny walec A leżący w nieruchomych łożyskach przymocowanych do osłony otrzymuje ruch obrotowy za pośrednictwem koła pasowego osadzonego na jego osi /nie pokazanego na rysunku/. Dwa pozostałe walce B i B₁ dociskane są do pierścienia przez twarde sprężyny C i C₁ za pośrednictwem dwuramiennych dźwigni D i D₁. Siłę docisku walców do wewnętrznej powierzchni pierścienia można regulować za pomocą śrub E i E₁. Czopy wałów, na których osadzone są walce B i B₁, spoczywają w łożyskach przymocowanych do widełkowych ramion dźwigni D i D₁, które oparte są na nieruchomych osiach F i F₁.

Gdy walec A otrzymuje napęd, pierścien i pozostałe walce poruszają się wskutek tarcia w tym samym kierunku oraz z taką samą prędkością liniową, materiał zaś rozdrabniany, który doprowadzany jest do młyna przez lej G, ulega wstępnemu rozgniataniu pomiędzy pierścieniem i walcem B. Następnie materiał wirujący pod wpływem siły odśrodkowej razem z pierścieniem dostaje się pod działanie walców B_1 i A_1 , wskutek czego zachodzi dalsze jego rozdrabnianie. Materiał zmielony przesypuje się przez szczelinę pomiędzy pierścieniem a osłoną i odchodzi na zewnątrz. Razem z drobno zmielonym materiałem przez tę szczelinę przesypuje się również materiał zmielony niedostatecznie, należy go wobec tego przesiać i część grubszą zawrócić do młyna.

Młyn pierścieniowy stosowany w przemyśle do mielenia materiałów miękkich i średniej twardości, jak fosforyty, węgiel i inne odznacza się spokojnym biegiem i w porównaniu z młynami innych typów pracuje tak samo, jak młyny walcowe ze stosunkowo małym hałasem.

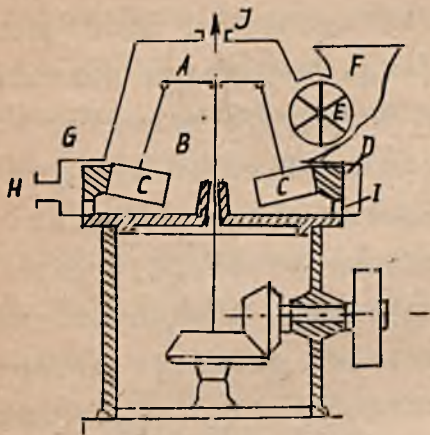
Najwięcej narażone na zużycie części młyna, a mianowicie pierścien i walce są wykonywane z twardej stali lub z białego twardego żeliwa. Wymiary pierścienia zależą od wielkości młyna. Średnica jego waha się od 600 do 1200 mm, szerokość od 160 do 220 mm. Ilość obrotów koła pasowego, a więc i walca A waha się od 300 do 180 obr/min., zużycie zaś mocy od 10 do 25 KM.

§ 8. Młyny odśrodkowe

Młyny odśrodkowe stosowane są do mielenia miękkich i średnio-twardych materiałów, jak węgiel, gips, fosforyty, cement i inne. Z kilku spotykanych w przemyśle typów tego rodzaju młynów na uwagę zasługują młyny wahadkowe i ruletowe.

Młyn wahadkowy przedstawiony schematycznie na rys. 24 zbudowany jest w sposób następujący. Na wale pionowym zawieszony są na zawiasach A w pewnej odległości od niego dwa lub kilka, w zależności od wielkości młyna, wałów bocznych B, na których są umieszczone ciężkie stalowe rolki C. Gdy wał centralny otrzymuje za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej ruch obrotowy, wałki boczne wirując dookoła osi pionowej zajmują położenie pochylone, gdyż rolki C odrzucane są przez siłę odśrodkową

na gruby stalowy pierścień D. Wskutek tarcia pomiędzy pierścieniem i rolkami otrzymują one ruch obrotowy dookoła wałków B.



Rys. 24. Młyn wahadłowy

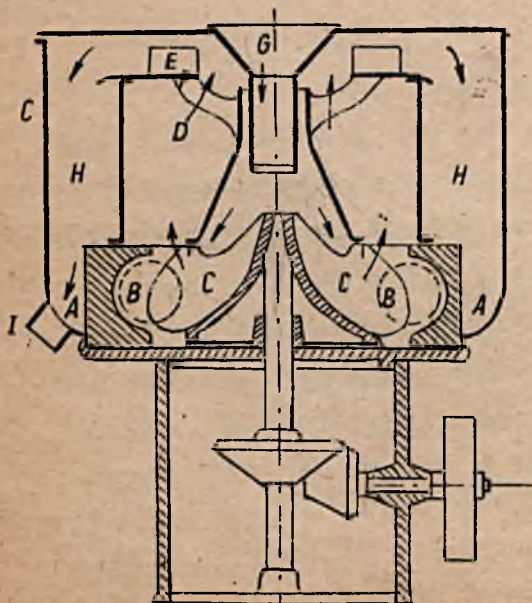
Rolki więc mają ruch planetarny, gdyż jednocześnie wirują dookoła centralnej osi pionowej i tocząc się po wewnętrznej powierzchni pierścienia D obracają się dookoła własnych osi. Materiał mielony doprowadzany równomiernie z kosa F przez gwiazdę rozdzielczą E dostaje się pomiędzy pierścień i rolki, gdzie jest rozgniatany wskutek działania

siły odśrodkowej, dociskającej rolki do pierścienia.

Zmielony materiał usuwa się przez wdmuchiwanie strumienia powietrza do skrzynki pierścieniowej G przez przewód H, skąd dostaje się ono do wnętrza młyna otworami I. Strumień powietrza porywa drobno zmielony materiał i unosi na zewnątrz przez przewód J.

Średnica pierścienia w młynach wahadłowych waha się w granicach od 500 do 1200 mm, zużycie mocy od 10 do 100 KM.

Młyn ruletowy podobny w swoim działaniu do młyna wahadłowego przedstawiony jest schematycznie na rys. 25. Wewnątrz pierścienia stalowego A wirują tocząc się po nim kule B popychane osadzonymi na pionowym wale łapami C. Razem z łapami wiruje przymocowany do



Rys. 25. Młyn ruletowy

nich stożek D i skrzydka wentylatora E połączone ze stożkiem ramionami F. Materiał mielony wchodzi do młyna przez nieruchomy lej G, dostaje się na pierścień i jest rozgniatany przez wirujące kule dociskane do pierścienia wskutek działania siły odśrodkowej.

Drobno zmielony materiał jest zabierany przez strumień powietrza płynący na skutek działania wentylatora E oraz łap C przez lej G i stożek D

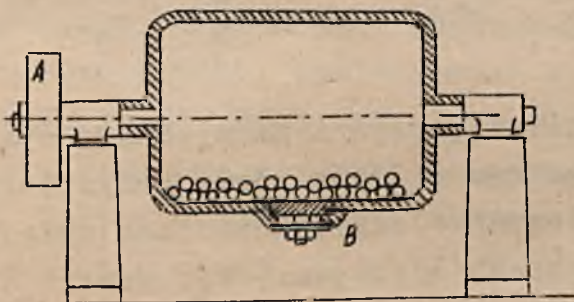
do środka młyna, gdzie przepływając obok pierścieni i kul porywa dostatecznie rozdrobniony produkt i unosi go przez pierścieniową komorę H i przewód I na zewnątrz.

Srednica pierścienia w młynach ruletowych waha się od 600 do 1400 mm, ilość obrotów od 300 do 130 obr/min., zużycie zaś mocy od 12 do 110 KM.

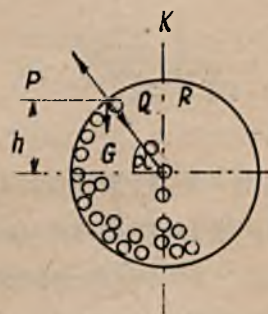
§ 9. Młyny kulowe

Młyny kulowe stanowią bardzo ważną i rozpowszechnioną grupę maszyn przeznaczonych do drobnego mielenia różnego rodzaju ciał mineralnych.

Najprostszy młyn kulowy /rys. 26 i 27/ jest to obracający się poziomy bęben, wewnątrz którego znajdują się kule zmieszane z rozdrabnianym materiałem. Podczas pracy młyna kule wraz z materiałem toczą się wewnątrz bębna, podnoszą się na pewną wysokość, spadają, uderzają o siebie i o mielony materiał i w ten sposób rozdrabniają go przez jednoczesne rozbijanie, rozgniatanie i rozcieranie. Głównym warunkiem dobrego działania młynów kulowych



Rys. 26. Młyn bębnowy



Rys. 27

jest podnoszenie na odpowiednią wysokość oraz spadanie kół rozdrabniających. Podczas ruchu młyna kule są pod działaniem dwóch sił: pod wpływem jednej z nich - siły ciężkości G kule dążą do zajmowania najniższego położenia w bębnie, druga zaś - siła odśrodkowa P dociska kule do wewnętrznej powierzchni bębna przeciwdziałając ich spadaniu.

Wskutek jednoczesnego działania obu sił kule dociśnięte do ścianek bębna podnoszą się na wysokość $h = R \cdot \sin \alpha$ i następnie spadają, gdy siła Q stanie się większa od siły odśrodkowej P /rys. 27/.

Wobec tego, że siła Q działająca wzdłuż promienia bębna jest składową siły ciężkości kul G , można napisać, że

$$Q = G \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha ,$$

a siła odśrodkowa

$$P = m \cdot \frac{v^2}{R} ,$$

gdzie m jest to masa kuli, v - prędkość obwodowa bębna, R - promień bębna,

Gdy kule spadają, $Q \geq P$, czyli

$$m \cdot g \cdot \sin \alpha \geq m \cdot \frac{v^2}{R} ,$$

wobec czego

$$\sin \alpha \geq \frac{v^2}{g \cdot R} .$$

Należy dążyć do tego, aby kule spadały z największej wysokości $h_1 = R$ /rys. 27/, a to jest możliwe tylko wtedy, gdy kąt $\alpha = 90^\circ$. Kule wtedy będą spadać w punkcie K , wobec czego

$$\sin 90^\circ \geq \frac{v^2}{g \cdot R} , \quad \text{skąd} \quad g \geq \frac{v^2}{R} = w_n .$$

Wynika z tego, że kule spadają z największej wysokości, gdy przyspieszenie odśrodkowe w_n jest równe przyspieszeniu ziemskiemu g . Jeżeli przyspieszenie odśrodkowe jest mniejsze od g , kule nie osiągając najwyższej wysokości, tj. punktu K /rys.25/, spadają wcześniej, gdy zaś przyspieszenie odśrodkowe jest większe od przyspieszenia ziemskiego, kule nie odrywają się od bębna, lecz wirują razem z nim, wskutek czego maszyna przestaje spełniać swoją czynność rozdrabniającą. Ilość obrotów bębna, przy której kule przestają spadać, nosi nazwę krytycznej. Młyny więc kulowe powinny mieć ilość obrotów mniejszą od krytycznej.

Oznaczając przez D średnicę bębna, a przez n_k krytyczną ilość obrotów na minutę obliczymy prędkość obwodową bębna ze wzoru

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_k}{60} ,$$

a przyspieszenie odśrodkowe

$$w_B = \sqrt{\frac{\pi \cdot D \cdot n_k^2}{60} \cdot \frac{2}{D}} = \frac{\pi \cdot n_k^2 \cdot D}{1800}$$

Wobec tego, że

$$w_n = g,$$

będziemy mogli napisać

$$g = \frac{\pi \cdot n_k^2 \cdot D}{1800},$$

skąd

$$n_k = \sqrt{\frac{g \cdot 1800}{\pi^2 \cdot D}}$$

lub

$$n_k = \frac{42,3}{\sqrt{D}}$$

W rzeczywistości zaś ilość obrotów jest mniejsza od krytycznej, zwykle wynosi od $\frac{23}{\sqrt{D}}$ do $\frac{28}{\sqrt{D}}$.

Młyny kulowe znalazły szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu chemicznego. Budowane są w różnych wymiarach od małych porcelanowych i kamionkowych spotykanych w przemyśle farmaceutycznym do wielkich stalowych o średnicy ponad 3 m stosowanych w górnictwie do rozdrabniania rud. Bębny i kule robione są ze stali, żeliwa, porcelany, kamionki i innych materiałów w zależności od różnych wymagań technologicznych. Dla dobrego działania młynów kulowych należy załadowywać je dostateczną ilością kul. Ładunek ich waha się od kilkunastu kilogramów w małych młynach laboratoryjnych do kilkudziesięciu tysięcy kilogramów w dużych młynach przemysłowych. Zwykle objętość ładunku kul stanowi od 25% do 40% objętości bębna.

Średnica kul ładowanych do młynów kulowych zależy od wielkości ziaren materiału surowego oraz od stopnia rozdrabniania. Gdy surowiec jest grubszy, kule są większej średnicy, gdy zaś chodzi o cieńszy pomiał, kule powinny być mniejsze. W tablicy V podana jest charakterystyka kul stalowych najczęściej stosowanych w młynach kulowych różnych typów.

Młyny kulowe można podzielić na dwie zasadnicze grupy, a mianowicie na młyny o działaniu periodycznym, których załadowanie i wyładowanie wymaga zatrzymania maszyny oraz młyny o działaniu ciągłym, do których materiał rozdrabniany jest doprowadzany, a zmielony odprowadzany przez cały czas pracy młyna. W zależności od konstrukcji młyny kulowe podzielić można na bębnowe, rurowe i stożkowe. Najprostszy młyn bębnowy podany jest na rys. 26. Jest to bęben poziomy obracany dookoła swej osi za pomocą koła pasowego A. Przez otwór zamykany pokrywą B ładuje się do bębna materiał przeznaczony do mielenia oraz kule. Po upływie pewnego czasu dostatecznego do zmielenia załadowanego materiału młyn po zatrzymaniu wyładowują, materiał zmielony po oddzieleniu od kul przesiewają, przy czym część niedostatecznie rozdrobnioną, która pozostaje na sicie, ładują znowu do młyna.

T a b l i c a V

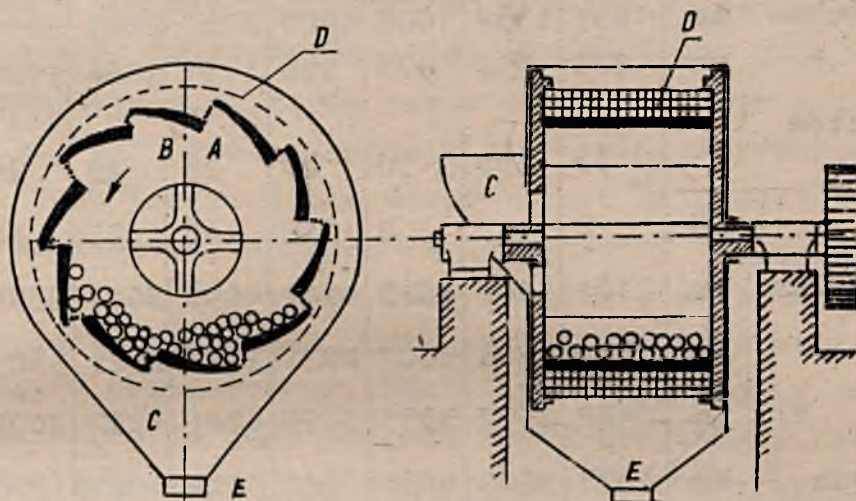
Charakterystyka kul stalowych

Srednica mm	Ciężar 1 kuli kg	Ciężar 1 m ³ ładunku kul	Ilość kul w 1 m ³ ładunku
30	0,12	4850 kg	9000
50	0,52	4708	1965
60	0,89	4660	1120
80	2,11	4620	400
100	4,11	4560	240
125	8,00	4526	120
150	14,50	4504	-

Rozdrabniarka ta, jak z powyższego wynika, pracuje periodycznie i z tego powodu jest stosowana tylko w urządzeniach małych, a że jest prosta, można ją więc używać i do celów laboratoryjnych.

Znacznie więcej rozpowszechnione są młyny bębnowe o działaniu ciągłym. Jeden z tego rodzaju młynów konstrukcji firmy Krupp przedstawiony jest na rys. 28. Bęben tego młyna umieszczony w osłonie składa się z szeregu płyt stalowych A umocowanych między denkami bębna w taki sposób, że pomiędzy płytami są duże szczeliny, w których znajdują się grube blachy dziurkowane.

Bęben otrzymuje napęd doczoła osi poziomej za pośrednictwem koła zębatego. Zasilanie odbywa się przez otwór w denku bębna i lej C. Podczas ruchu bębna kule działają w sposób identyczny jak w młynie kulowym pericydycznym /rys. 27/.



Rys. 28. Młyn kulowy Kruppa

Materiał rozdrobniony przesypuje się przez otwory w blachach dziurkowanych B, dostaje się na sito D obracające się wraz z bębniem, przesiewa się i odchodzi przez lej E, niedostatecznie zaś zmielony, który zostaje na sicie, wraca z powrotem do bębna i ulega dalszemu rozdrabnianiu.

Sita są słabą stroną tego rodzaju młynów, gdyż w przypadku bardzo drobnego mielenia muszą być wykonywane z cienkich metalowych włókien, wskutek czego, jako mało odporne na działania mechaniczne, prędko się zużywają, co nie tylko wpływa na koszt mielenia, ale również wywołuje przerwy w pracy maszyny.

Młyny kulowe opisanego wyżej typu /rys. 28/ budowane bywają w różnych wymiarach. Średnica bębna wynosi od 1000 do 3100 mm, długość bębna od 700 do 1400 mm, ilość obrotów od 35 do 2000 obr/min., zużycie zaś mocy od 2 do 50 KM.

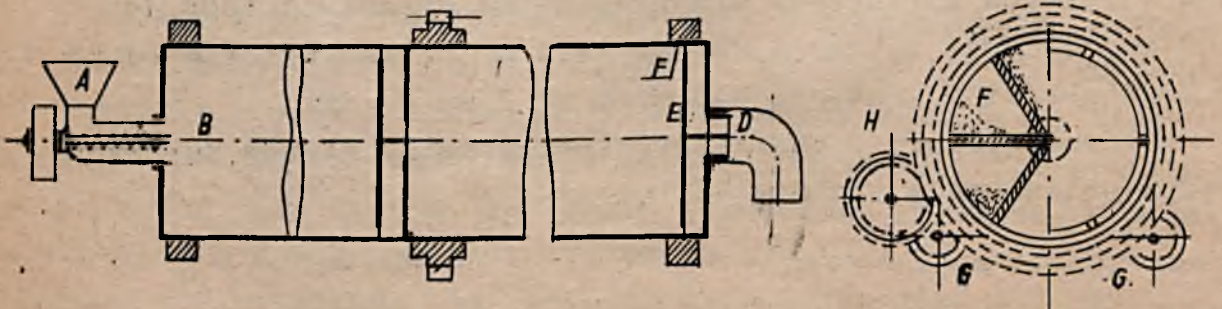
Główne wymiary i charakterystyczne cechy młynów kulowych Kruppa podane są w tablicy VI.

T a b l i c a VI

Charakterystyka młynów kulowych syst. Kruppa

Srednica bębna	mm	1051	1334	1600	1900	2261	2261	2698	2698
Szerokość *	mm	825	952	977	990	1181	1384	1181	1384
Ilość obrotów na minutę		35	33	30	27	25	25	21	21
Moc	KM	2	5	8	12	18	25	30	35
Długość ogólna	mm	2161	3607	4013	4241	4699	5004	5055	5258
Szerokość "	mm	1524	1803	2007	2921	2921	2921	3505	3760
Wysokość "	mm	2438	2997	3353	3658	4241	4292	5004	5004
Ciężar młyna	kg	1875	3800	4850	6960	10080	10820	12700	14600
Ciężar kul	kg	154	308	440	704	1100	1320	1540	1936

W wielkim przemyśle są w użyciu duże młyny kulowe, tzw. młyny rurowe, pracujące w sposób ciągły, jak i młyn poprzedni, lecz bez sit. Długość bębna młynów rurowych jest kilkakrotnie większa od jego średnicy, wskutek czego przypominają one swoim zewnętrznym wyglądem rury i z tego powodu otrzymały powyższą nazwę. Materiał mielony doprowadzany z jednego końca młyna, a odprowadzany z drugiego, podlega w młynie rurowym znacznie dłuższemu działaniu kul niż w bębnowym. Długie młyny rurowe są wewnątrz podzielone jedną lub dwiema przegrodami na dwie lub trzy komory, krótkie zaś mają tylko jedną komorę.



Rys. 29. Młyn rurowy

Młyn rurowy przedstawiony na rys. 29 przedzielony jest przegrodą na 2 części. W pierwszej, mającej kule większej średnicy odbywa się mielenie wstępne, w drugiej zaś zawierającej kule mniejsze zachodzi ostateczne, bardzo drobne mielenie materiału, który doprowadzany jest do młyna z kosza A przez ślimak zasilaający B. Zmielony materiał odprowadzany jest z drugiego końca rozpatrywanego młyna przez otwór D. W tym celu przed denkiem, w którego środku znajduje się otwór odprowadzający, umieszczona jest tarcza E o średnicy nieco mniejszej niż średnica wewnętrzna bębna, wskutek czego pomiędzy tarczą i bębniem powstała szczelina. Przez powyższą szczelinę przedostaje się za tarczę zmielony materiał, kule zaś, jako większe od szczeliny, pozostają przed tarczą. Pomiedzy tarczą a dnem bębna są żebra F podnoszące do góry podczas ruchu obrotowego bębna materiał, który przedostał się przez szczelinę. Następnie zsypuje się on z żeber, jak z równi pochyłej i przez otwór D opuszcza młyn. W podobny sposób przedostaje się mielony materiał z jednej części młyna do drugiej.

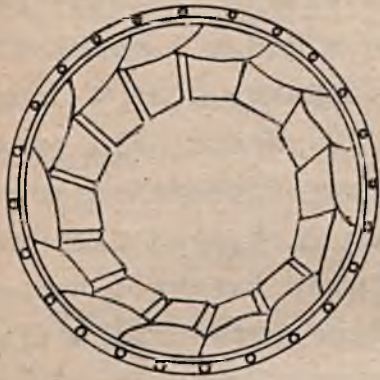
Bęben młyna obraca się na rolkach G wprowadzony w ruch przez przekładnię zębatą H /rys. 29/. Ilość obrotów młynów rurowych waha się od 20 do 30 obr/min., średnica od 1200 do 2200 mm, długość od 2000 do 12 000 mm, ładunek kul od 3000 do 35 000 kg, zużycie zaś mocy od 25 do 400 KW.

Bębny wykonywane są ze stali i wykładane wewnątrz płytami wymiennymi ze stali manganowej, kule zaś są stalowe lub żeliwne. Jeżeli mielony materiał ma być wolny od domieszek żelaza, kule są wykonywane z porcelany lub kamieni, młyn zaś wewnątrz wykładany jest płytami krzemionkowymi.

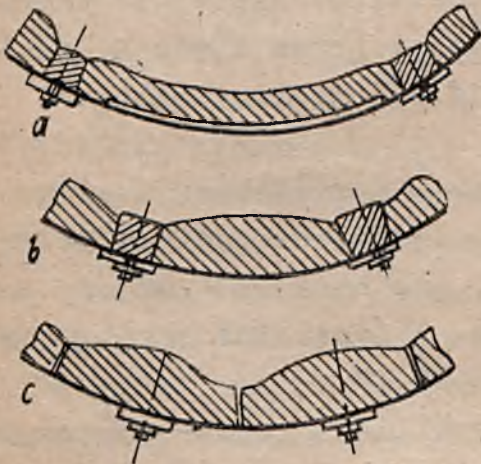
Na rys. 30 przedstawiony jest widok wewnętrznej powierzchni młyna rurowego wyłożonego płytami stalowymi, a na rys. 31 pokazane są sposoby przymocowania stalowych płyt pancernych do bębna. Jak widać z tych rysunków, główki śrub, którymi są przymocowane płyty ochronne do bębna, wpuszczone są w te płyty, nakrętki zaś znajdują się na zewnątrz bębna. Wyłożenie płytami tworzy wewnątrz bębna powierzchnię falistą /rys. 30 i 31b i c/, która ułatwia podnoszenie kul rozdrabniających na większą wysokość. Wyłożenie gładkie /rys. 31a/ stosowane jest wtedy, gdy zamiast kulami młyny rurowe napełniane są cylindrycznymi stalowymi prętami.

Na stopień rozdrabniania w młynach rurowych wpływa kilka czynników, a mianowicie: wymiary i ilość kul, ilość obrotów

i wydajność. Jak wykazały doświadczenia i praktyka fabryczna, ze wzrostem ładunku kul rozdrabnianie się polepsza, przy kulach mniejszych stopień rozdrabniania jest większy. Gdy ilość obrotów wzrasta, powiększa się zużycie energii, ale materiał wychodzi drobniejszy; gdy zaś powiększyć wydajność młyna przez wprowadzenie większej ilości materiału, rozdrabnianie się pogarsza.



Rys. 30. Przekrój młyna rurowego



Rys. 31. Płyty pancerne

Na prawidłowe działanie młynów rurowych ma wpływ równomierne zasilanie materiałem rozdrabnianym o jednakowej wielkości kawałków oraz równomierne usuwanie materiału zmielonego. Duże znaczenie ma również wielkość kul rozdrabniających, którymi młyn jest załadowany. Zgodnie z licznymi doświadczeniami i badaniami teoretycznymi dla prawidłowego działania młyn-

nów rurowych średnica kul d powinna być mniejsza od średnicy bębna D przynajmniej 24 razy, a większa od wymiarów liniowych /średnicy/ kawałków materiału rozdrabnianego d_0 przynajmniej 90 razy, czyli

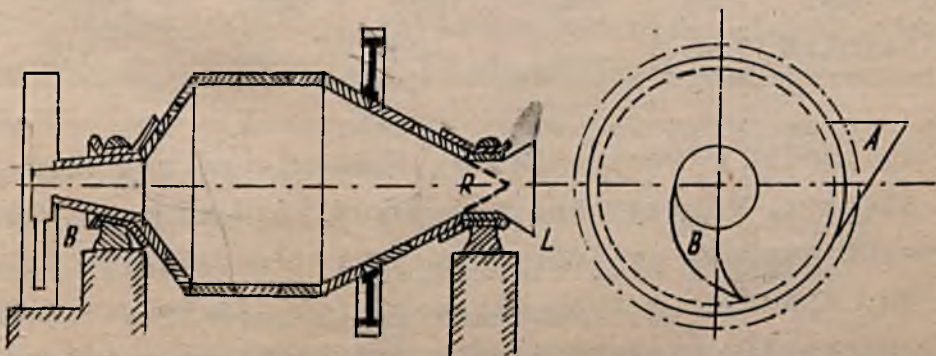
$$\frac{D}{24} > d > 90 d_0.$$

Młyny rurowe i bębnowe należy łaadować kulami jednakowej średnicy, w przeciwnym bowiem razie kule małej średnicy wypełniają przestrzeń pomiędzy dużymi, przeznaczoną dla kawałków rozdrabnianego materiału i przejmują uderzające i rozcierające działanie, co ujemnie wpływa na pracę młyna i powoduje zwiększone zużycie kul.

Wydajność młynów rurowych, jak w ogóle wszystkich młynów kulowych, zależy przede wszystkim od objętości młyna, a ponadto od twardości rozdrabnianego materiału, stopnia rozdrabniania i od innych czynników.

Młyny rurowe są stosowane do rozdrabniania materiałów twardych, jak: klinkier, żużle Thomasa, szlaka, szamota, szkło, kamień wapienny, azotniak i inne. Podczas pracy, na ogół wszystkie młyny kulowe sprawiają dużo hałasu.

Wysokość podnoszenia kul w młynach bębnowych i rurowych jest na całej ich długości jednakowa. Wewnątrz młynów rurowych im dalej od miejsca zasilania, tym materiał jest drobniejszy, wskutek czego na jego rozdrobnienie potrzebna jest coraz mniejsza praca. Kule jednak wszędzie w nich spadają z jednakowej wysokości, wobec czego w końcu młyna, z którego odchodzi zmielony materiał, energia kinetyczna kul nie jest dostatecznie wyzyskana. Znacznie lepiej pod tym względem pracuje młyn stożkowy. Na rys. 32 przedstawiony jest młyn stożkowy Hardinga. Bęben tego młyna składa się z części cylindrycznej oraz 2 stożków, przy czym stożek od strony czerpaka zasilającego ma kąt wierzchołkowy ok. 120° , stożek zaś drugi po stronie leja, przez który odchodzi materiał rozdrobniony, jest dłuższy i ma kąt wierzchołkowy ok. 60° . Drugą charakterystyczną cechą tego młyna jest to, że załadowany jest kulami różnych wymiarów. Podczas ruchu młyna kule dużej średnicy zajmują wskutek działania siły odśrodkowej cylindryczną część bębna wypychając do części stożkowej kule mniejsze, które pod wpływem tej siły układają się w części stożkowej bębna w ten sposób, że bliżej wierzchołka leżą coraz mniejsze kule.



Rys. 32. Młyn Hardinga

Wskutek tego energia kinetyczna kul spadających w miarę zbliżania się do końca wyjścia bębna jest coraz mniejsza, masa ich bowiem i wysokość, z której spadają, są mniejsze. Taki rozkład energii kul wewnątrz młyna Hardinga odpowiada wielkości kawałków materiału rozdrabnianego, który w miarę zbliżania się do końca wyjściowego jest coraz drobniejszy i wymaga na rozdrobnienie coraz mniej energii. Zużycie wskutek tego pracy w młynach stożkowych jest mniejsze niż w cylindrycznych.

Zasilanie młyna Hardinga zachodzi przez lej A za pomocą ślimakowego czerpaka B, który obraca się wraz z bębniem. Materiał zmielony odchodzi przez ruszt R i lej L. Przeznaczeniem rusztu jest zatrzymywanie kul oraz większych kawałków materiału rozdrabnianego.

Gdy mielenie jest drobne, zmielony materiał można usuwać z młynów stożkowych i rurowych przez wtłaczanie do młyna prądu powietrza. Oczywiście komplikuje to i podraża instalację i z tego powodu stosowane jest wtedy, gdy jest uzasadnione przeprowadzoną poprzednio kalkulacją.

Młyny stożkowe są różnych wymiarów. W tabelicy VII podane są charakterystyczne cechy i główne wymiary młynów systemu Hardinga.

T a b l i c a VII

Charakterystyka młynów stożkowych Hardinga

Wymiary	mm	915x200	137x400	1830x550	2115x900	2440x1200
Ciężar młyna	kg	1672	2904	5280	6600	12056
" pancerza	kg	616	2112	4400	7172	9944
Ciężar kul	kg	440	1980	5280	11880	16720
Moc silnika	KM	7	25	50	100	175

Gdy chodzi o rozdrabnianie równomierne pod względem wielkości cząstek, zamiast kul stosowane są w młynach bębnowych i rurowych stalowe cylindryczne pręty średnicy od 70 do 90 mm. Pręty te, spadając w tych młynach, tak jak kule, rozbijają przede wszystkim większe ziarna rozdrabnianego materiału, wskutek czego produkt opuszczający młyn jest rozdrobniony równomierniej niż w młynach kulowych i zawiera tylko mały procent materiału nadmiernie zmielonego.

Młyny kulowe wszystkich typów można stosować w razie potrzeby do rozdrabniania mokro osując wodę lub inne ciecze. Mieleniu mokremu poddawane bywają twarde rudy różnych metali. Woda zwilżając rozdrabniany materiał zapobiega powstawaniu kurzu. Mokre mielenie stosowane jest również w cementowniach przy przygotowywaniu masy z surowców do wypalania w piecach obrotowych. Ilość wody przy tym powinna być odpowiednio regulowana. Do rozdrabniania mokrego są stosowane również młyny walcowe, żarnowe oraz gniotowniki obiegowe. Młyny odśrodkowe, młotkowe i dezintegratory służą tylko do rozdrabniania suchego.

§ 9. Ogólne uwagi o rozdrabnianiu

Operacja rozdrabniania zużywająca na ogół dużo energii mechanicznej wywiera ujemny wpływ na maszyny rozdrabniające powodując silne ich zużycie. Najwięcej niszczą się przy tym te części maszyny, która bezpośrednio stykają się z przerabianym materiałem. Powoduje to częste naprawy i wymianę uszkodzonych części rozdrabniarek. Rozdrabnianie więc jest operacją drogą i z tego powodu należy ograniczyć ją w procesie technologicznym tylko do niezbędnych rozmiarów. Stałe przestrzeganie podstawowej zasady rozdrabniania "nie kruszyć nic zbytecznego", wypowiedzianej przez prof. Henryka Czeczotta, wpływa w dużym stopniu na zmniejszenie kosztów rozdrabniania. Nie kruszyć nic zbytecznego, tzn. nie rozdrabniać tego, co już jest dostatecznie rozdrobnione oraz nie rozdrabniać drobniej, niż to jest konieczne dla następnych operacji technologicznych. Rozdrabnianie nadające materiałom mniejsze wymiary niż to jest potrzebne, nie tylko jest bezcelowym zużyciem czasu, maszyn i energii, ale prowadzi również do nadmiernego sproszkowania materiałów, co może skomplikować w niektórych wypadkach dalsze operacje technologiczne. Korzyści wynikające ze stosowania w przedsiębiorstwie przemysłowym tej ważnej zasady są następujące:

- 1/ oszczędność w zużyciu energii;
- 2/ zmniejszenie strat materiału w pył i miale;
- 3/ zwiększenie wydajności rozdrabniarek;
- 4/ zmniejszenie zużywania się części roboczych maszyn rozdrabniających, a wskutek tego zmniejszenie kosztów związanych z ich naprawami i postojem.

Żeby zadość uczynić zasadzie "nie kruszyć nic zbytecznego", przed wszelkim rozdrabnianiem należy stosować sortowanie pomocnicze, które zwykle jest przeprowadzane albo na sicie, albo za pomocą prądu powietrza lub wody. Sortowanie ma na celu oddzielenie z całej masy surowego materiału tej jego części, która jest dostatecznie rozdrobniona. Na rozdrabniarkę zaś w celu dalszej przeróbki należy kierować tylko pozostały gruby materiał.

Gdy stopień potrzebnego rozdrobnienia jest duży, tj., gdy z wielkich kawałków materiału surowego trzeba otrzymać bardzo drobny produkt, rozdrabniania nie wykonywa się od razu w jednej maszynie, ale stopniowo w kilku następujących po sobie operacjach, przy czym przed każdym następnym rozdrabnianiem powinno być przeprowadzone sortowanie.

Ażeby obniżyć w zakładzie przemysłowym koszt rozdrabniania do minimum, rozdrabnianie i maszyny rozdrabniające powinny odpowiadać następującym warunkom.

1. Zarówno sama rozdrabniarka, jak i jej wymiary powinny być dostosowane do wielkości kawałków i własności rozdrabnianych materiałów. Otwór zasilający np. powinien mieć takie wymiary, aby mógł przepuścić kawałki tylko tej wielkości, jaka jest dopuszczalna dla danej rozdrabniarki.

2. Wydajność rozdrabniarki powinna być większa od przewidywanej normalnej produkcji o 15 do 25%, aby przy nadzwyczajnym wzroście obciążenia, mogła ona przerobić ilość materiału większą od normalnej. Taki wzrost obciążenia następuje często bezpośrednio po postojach rozdrabniarki wywołanym koniecznością przeprowadzenia krótkotrwałych napraw.

3. Zużycie energii powinno być małe, a sprawność rozdrabniarki duża.

4. Rozdrabnianie powinno być równomierne, tj. takie, aby różnica pomiędzy największym i najmniejszym ziarnkiem gotowego materiału była minimalna.

5. Powstawanie pyłu i kurzu, gdy rozdrabnianie nie ma na celu ich wytwarzania, powinno być bardzo małe. Pył i kurz nie tylko zanieczyszczają otoczenie, ujemnie wpływają na zdrowie robotników obsługujących rozdrabniarkę, ale zmniejszają także jej wydajność, gdyż znajdując się w przestrzeni pomiędzy kawałkami rozdrabnianego materiału pełnią rolę sprężystej poduszki zmniejszającej efektywność procesu rozdrabniania i powiększającej rozchód energii.

Pył jest ponadto przyczyną szybszego zużycia części roboczych maszyny.

6. Materiał rozdrobniony do potrzebnych wymiarów powinien być niezwłocznie usuwany z rozdrabniarki w sposób ciągły i automatyczny. Prędkość rozładowywania ma duże znaczenie, gdyż im dłużej materiał pozostaje w rozdrabniarce, tym dłużej działają na niego siły rozdrabniające. Powoduje to dalsze niepotrzebne rozdrabnianie, co pociąga za sobą zwiększenie zużycia energii i powstawanie większej ilości pyłu.

7. Zmiana odpowiednio do potrzeby, stopnia rozdrabniania powinna być łatwo osiągalna, bez konieczności przeprowadzania kosztowniejszych przeróbek rozdrabniarki. Możliwość tej zmiany należy przewidzieć w konstrukcji maszyny.

8. Rozdrabniarka powinna być tak zbudowana, aby łatwo można było wykonać wymianę części zużytych. Ilość części ulegających zużyciu powinna być mała, a konstrukcja ich powinna być taka, aby łatwo i tanio można było je wykonać.

9. W rozdrabniarce powinna być przynajmniej jedna prosta i tania część maszyny, obliczona z bardzo małym stopniem bezpieczeństwa, aby zabezpieczyć od uszkodzenia przy niespodziewanym wzroście naprężeń w maszynie inne, bardziej skomplikowane i drogie części rozdrabniarek. Część obliczona z małym stopniem bezpieczeństwa ulega wówczas uszkodzeniu i może być łatwo zastąpiona przez przygotowaną zapasową część wymienną.

10. Zasilanie rozdrabniarki materiałem surowym powinno być równomierne. Warunek ten ma tym większe znaczenie, im rozdrabniarka jest mniejsza; trzeba ponadto pamiętać, że wprowadzanie do rozdrabniarek zbyt wielkich kawałków zmniejsza wydajność maszyn rozdrabniających i wpływa ujemnie na ich wytrzymałość wywołując zbyt wielkie naprężenia w ich częściach roboczych.

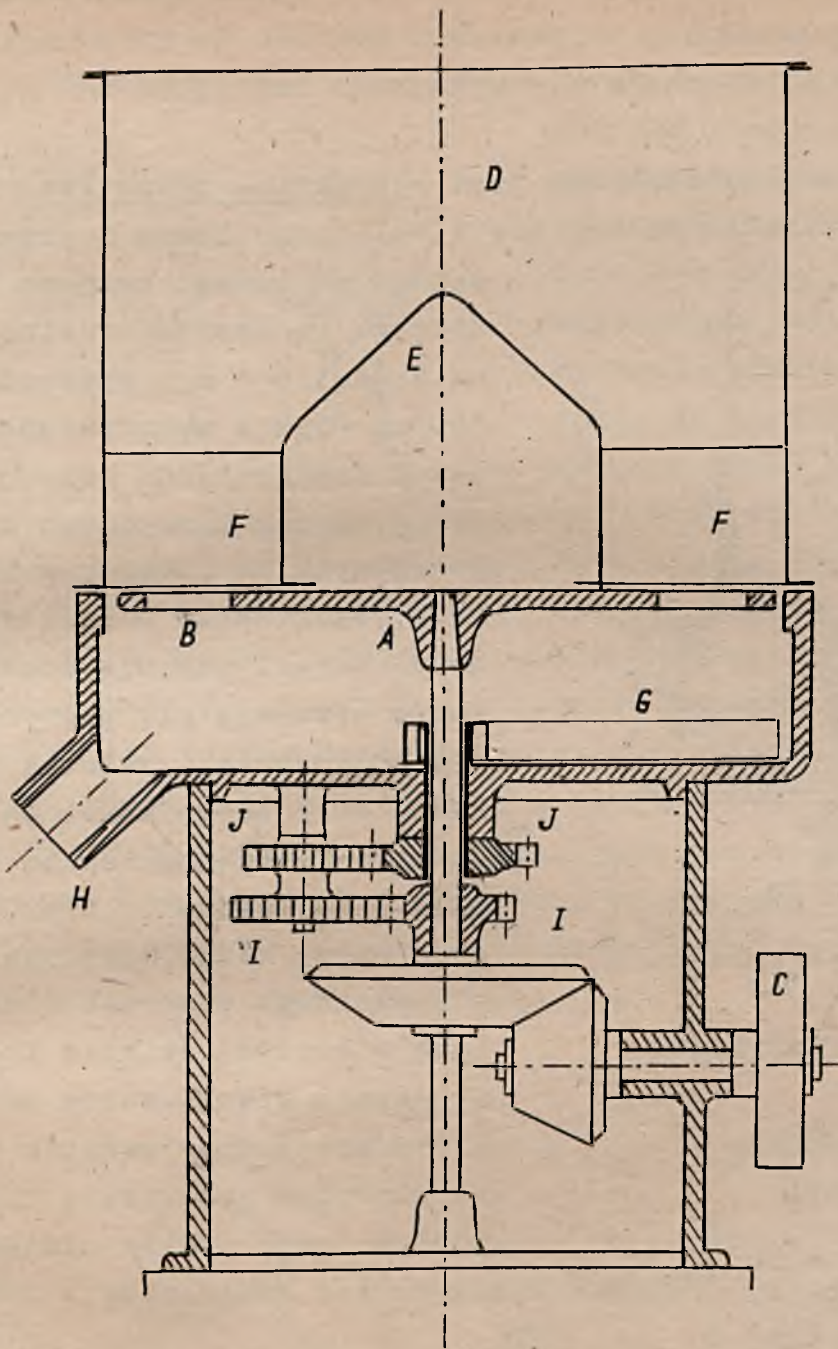
§ 10. Krajalnica. Rębak

W przemyśle cukrowniczym oraz w fabrykach konserwujących i suszących owoce i jarzyny istnieje potrzeba krajania przetwarzanych surowców. Do tego celu służą różnego rodzaju krajalnice, których działanie oparte jest na tej samej zasadzie co działanie struga stolarskiego. Posuwający się nóż trafiając na materiał oddziela cienką warstwę, która przechodzi przez szczelinę pomiędzy nożem a powierzchniami tarczy lub bębna, na których jest umieszczony.

Gdy ostrze noża jest płaskie, otrzymuje się krajanekę w postaci plasterków, których grubość można regulować przez odpowiednie nastawienie ostrza, jeżeli zaś nóż ma specjalny profil, to można otrzymać krajanekę o odpowiednim kształcie.

Krajalnice stosowane w przemyśle cukrowniczym do krajania buraków można podzielić na 3 grupy: a/ tarczowe, b/ odśrodkowe, c/ bębnowe.

Krajalnica tarczowa najczęściej stosowana w cukrowniach polskich przedstawiona jest schematycznie na rys. 33. Pozioma tarcza A osadzona na wale pionowym ma otwory B, do których są wstawione ramki z nożami. Tarcza otrzymuje napęd od koła pasowego C za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej. Buraki doprowadzane są do nieruchomego zbiornika D o wysokości ok. 1,5 m, który jest nimi stale napełniony, wskutek czego dolna warstwa buraków dociskana jest do tarczy z nożami ciężarem warstw górnych. Nieruchomy kołpak E przymocowany blachami F do ścianek zbiornika kieruje buraki na noże. Blachy te, nazywane zatrzymywaczami, uniemożliwiają burakom ruch obrotowy wewnątrz zbiornika. Odległość pomiędzy ich dolną krawędzią a tarczą jest mała, i wynosi kilka milimetrów, tak że zatrzymują one nie tylko buraki ale nawet i drobne obce ciała, jak kamienie, drzewo, kawałki żelaza itp., które przypadkowo mogą się dostać z burakami do krajalnicy. W ścianie bocznej zbiornika przed zatrzymywaczami są umieszczone małe drzwiczki, przez które niepożądane obce ciała mogą być usunięte. Krajanekę spada na dno zbiornika, skąd jest zgarniana przez łapę G i usuwana przez lej H. Aby nadać łapie wygarniającej krajanekę mniejszą ilość obrotów, niż wykonuje wrzeciono krajalnicy, osadza się ją na wale wydrążonym, przez który swobodnie przechodzi wrzeciono.



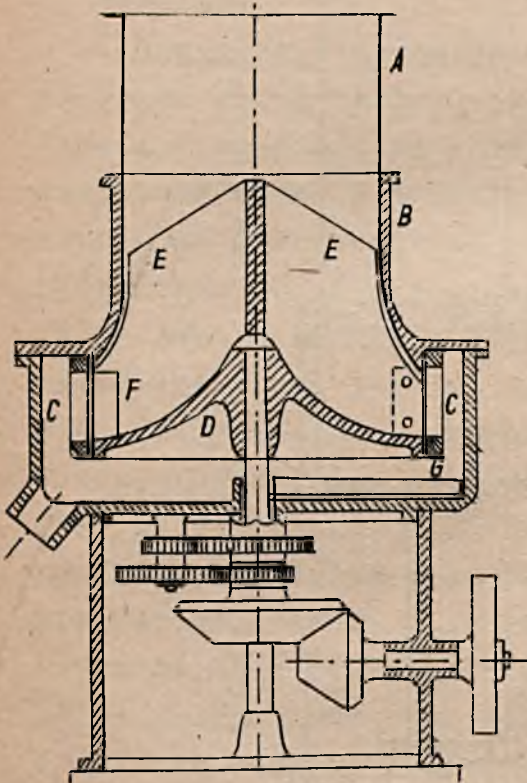
Rys. 33. Krajalnica tarczowa

Ruch obrotowy z wrzeciona na wał wydrążony ^{przenosi się} za pomocą podwójnej przekładni zębatej I i J. W ten sposób prędkość łapy jest kilkakrotnie mniejsza niż prędkość tarczy, dzięki czemu łapa wygarniając powoli krajankę nie łamie jej i nie rozgniata.

Ażeby krajanka była dobra, o brzegach równych a nie szarpanych i bez miazgi, prędkość skrawania nie powinna być mniejsza od 4 m/sek, a większa od 6 m/sek, gdyż przy prędkościach mniejszych od 4 m/sek noże nie tylko krają, ale i poruszają buraki, wskutek czego otrzymywana jest krajanka wadliwa, przy prędkościach

Krajalnice tarczowe są budowane w różnych wymiarach. Średnica ich tarczy waha się w granicach od 1200 do 2500 mm, ilość obrotów od 100 do 40 obr/min., wydajność zaś od 10 000 do 35 000 kg/h.

Na rys. 34 przedstawiona jest krajalnica odśrodkowa Rasmusa. Krajalnica ta składa się z żelaznego kosza A przymocowanego do lanego korpusu B,



Rys. 34. Krajalnica
Rasmusa

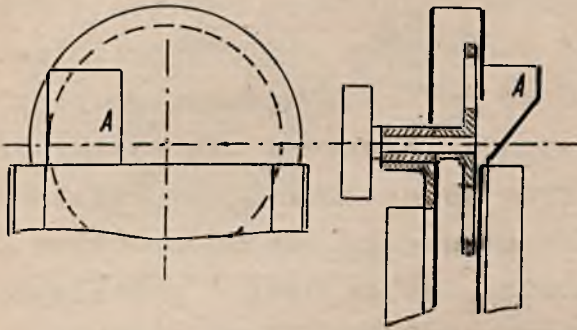
którego rozszerzona dolna część ma średnicę 1 m i wysokość 300 mm oraz z wykrzywionej tarczy D osadzonej na wale pionowym o trzech skrzydłach E zaopatrzonych na końcach w listwy F do regulowania odległości od noży. Buraki doprowadzone do kosza obracają się popychane przez skrzydła i wskutek działania siły odśrodkowej są odrzucane na ścianę boczną korpusu i dociskane do nieruchomych noży, które znajdują się w podłużnych otworach C zrobionych w bocznej ścianie korpusu. Skrawanie więc buraków zachodzi w tej krajalnicy wskutek tego, że skrzydła przesuwają buraki wzdłuż noży, a siła odśrodkowa dociska je do nich. Krajanka spada na dno krajalnicy i jest wygarniana przez łapę G.

Chociaż w krajalnicy powyższej prędkość skrawania jest we wszystkich punktach jednakowa, a docisk buraków do noży nie zależy od napełnienia kosza, jakość krajanki z tych krajalnic nie jest wcale lepsza niż z krajalnic tarczowych.

W krajalnicy bębnowej noże osadzone są na powierzchni poziomego cylindra. Buraki wprowadzane do wnętrza cylindra, pod wpływem siły odśrodkowej są dociskane do noży, które je krają.

Na rys. 35 przedstawiona jest schematycznie krajalnica o tarczy pionowej, przeznaczona do krajania jarzyn.

Na wale poziomym, obracającym za pomocą koła pasowego, osadzona jest pionowa tarcza przysunięta blisko do przedniej ściany osłony a odsunięta od tylnej. Jarzyny są doprowadzane do kosza A i dociskane do wirującej tarczy własnym ciężarem oraz wskutek klinowego kształtu kosza A. Tarcza zaopatrzona jest w noże, które krają jarzyny. Krajanka spada do skrzynek lub koszy umieszczonych pod maszyną.

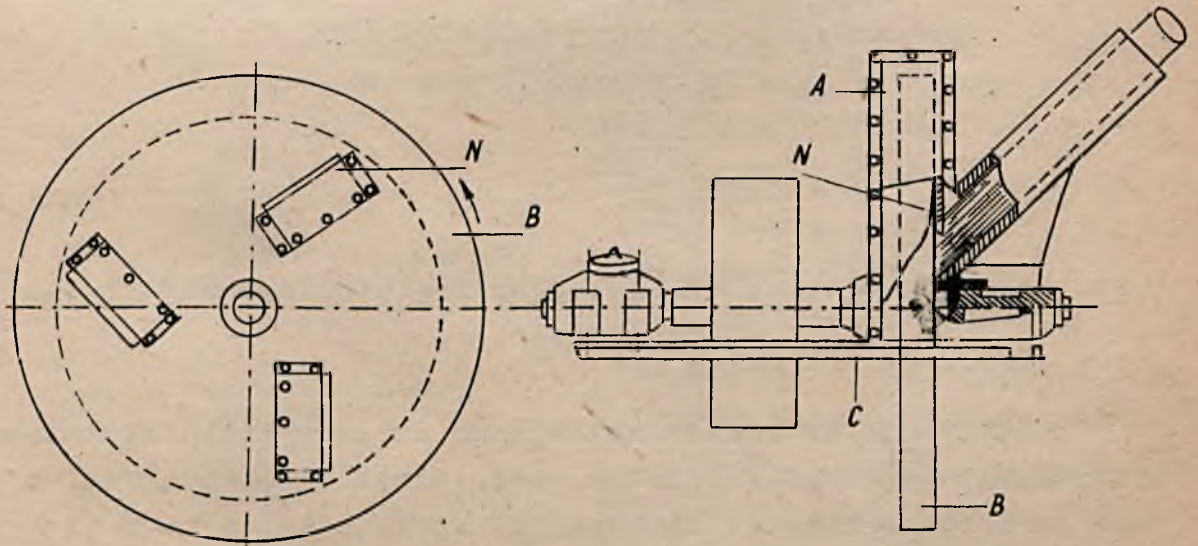


A i dociskane do wirującej tarczy własnym ciężarem oraz wskutek klinowego kształtu kosza A. Tarcza zaopatrzona jest w noże, które krają jarzyny. Krajanka spada do skrzynek lub koszy umieszczonych pod maszyną.

Rys. 35. Krajalnica z tarczą pionową

W fabrykach celulozy do krajania drewna na drobne wiórki stosują maszyny zwane

rębakami lub strugami, które są podobne tak swoją konstrukcją, jak i działaniem do krajalnicy z pionową tarczą /rys. 36/. Rębak różni się od powyższej krajalnicy większymi wymiarami oraz mocną budową. Na poziomym wale rębaka /rys. 36/, spoczywającym na dwóch łożyskach, osadzona jest wewnątrz osłony A maszynowa tarcza B o wadze od 3 do 4 ton, obracająca się z prędkością dochodzącą do 30 m/sek i wykonana z odlewu stalowego lub żeliwnego.

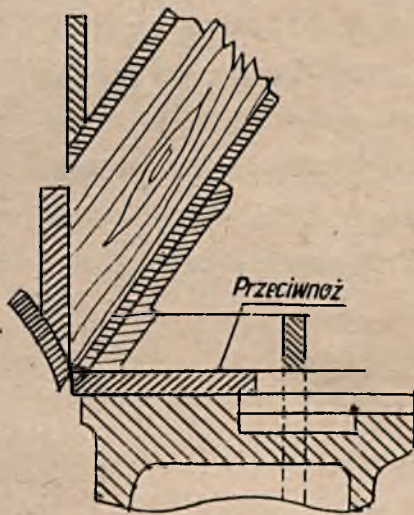


Rys. 36. Rębak

Tarcze żeliwne zwykle są wzmocniane na obwodzie stalowym pierścieniem osadzonym na gorąco.

Cały rębak zmontowany jest na bardzo silnej żeliwnej podstawie C i ustawiony na masywnym fundamencie.

Tarcze rębaka mają trzy lub więcej stalowych noży N ustawionych w sposób umożliwiający w razie potrzeby regulację grubości odcinanych wiórków. Drewno doprowadza się w prowadnicach pod kątem około 45° do tarczy. Noże odcinają kawałki grubości od 25 do 30 mm, które podczas krajania rozpadają się wzdłuż słoï drzewnych na drobne wiórki. Na rys. 37 pokazane jest działanie noża w momencie odcinania wiórków od drewna, które spoczywa na stalowej płytce zwanej przeciwnożem. Ostrza noża i przeciwnoża powinny być ostre, gdyż w przeciwnym wypadku drewno podczas krajania będzie ulegać częściowemu miażdżeniu, co ujemnie wpływa na jakość celulozy. Rębaki budowane są o średnicy tarczy od 2100 do 2800 mm i o ilości obrotów od 200 do 150 obr/min.



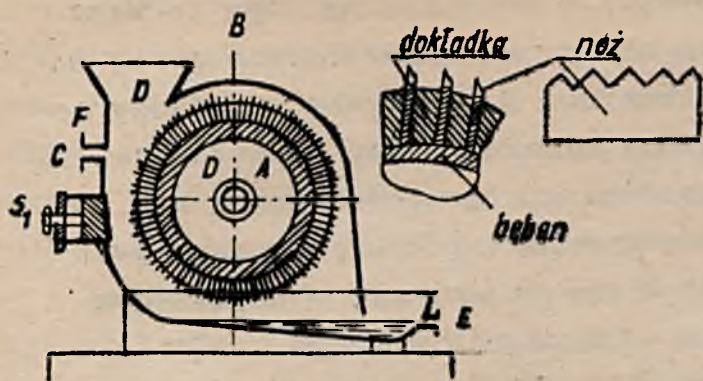
Rys. 37

§ 11. Tarka do ziemniaków. Holender papierniczy. Szlifierka do drzewa

W fabrykach krochmalu używają do rozdrabniania ziemniaków specjalnego typu rozdrabniarki, tzw. tarki, której zadaniem jest porozrywać komórki ziemniaków, ażeby można było z nich wypłukiwać ziarenka krochmalu.

Maszyna ta /rys. 38/ składa się z poziomego żeliwnego bębna A umieszczonego wewnątrz osłony B i drewnianego dociskacza C ze śrubą S_1 , którą można regulować szczelinę pomiędzy nim a bębniem.

Na powierzchni bębna osadzone są noże z trójkątnymi zębami podobnymi z wyglądu do piły stolarskiej /rys. 38a/. Odległość pomiędzy nożami utrzymywana jest za pomocą specjalnych dokładek.



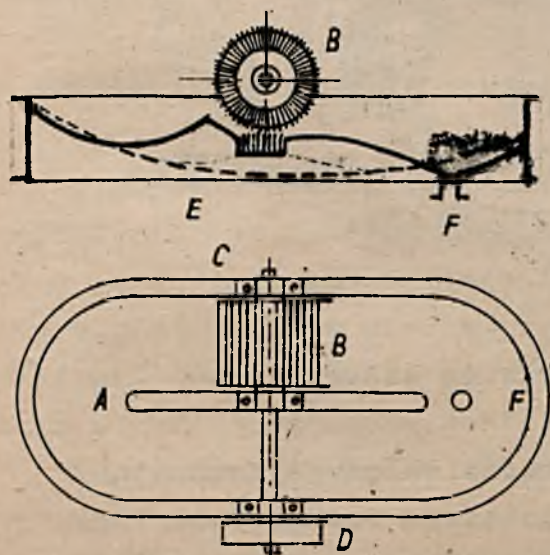
Rys. 38. Tarka do ziemniaków

przrzędu wodę przez rurę F. Noże można łatwo w razie potrzeby wyjmować z rowków bębna i ostrzyć, gdy stępieją.

W fabrykach papieru używane są podobne bębny do rozdrabniania materiałów włóknistych i szmat. Bębny takie, zaopatrzone w noże proste a nie zębate, rozdrabniają szmaty i inne materiały włókniste w holendrach specjalnie do tego celu dostosowanych.

Holender jest w przemyśle papierniczym i w fabrykach celulozy aparatem uniwersalnym. Oprócz rozdrabniania przeprowadzane w nim bywają jeszcze inne operacje technologiczne, jak mieszanie, bielenie, odwadnianie, farbowanie itp.

Na rys. 39 przedstawiony jest holender do rozdrabniania szmat. Jest to koryto z przegrodą A po środku, z dnem^o specjalnym



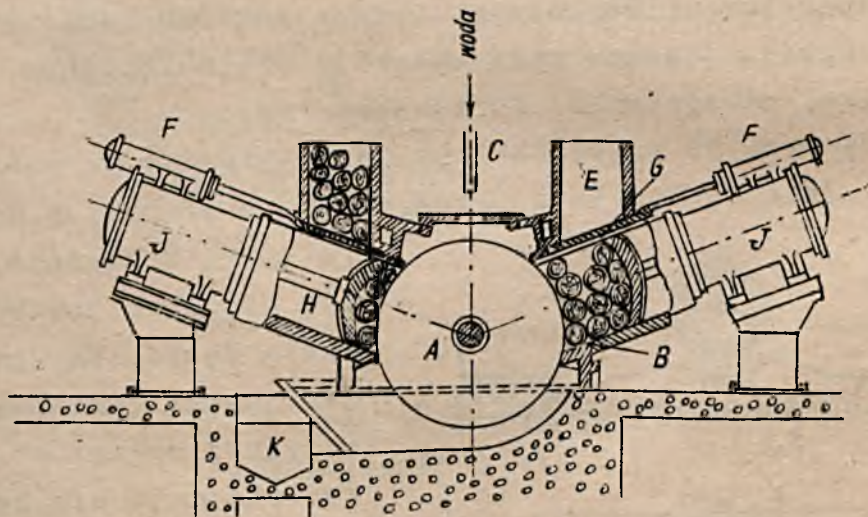
Rys. 39. Holender

falistym kształcie, które podnosi się siódlowo pod roboczą powierzchnią bębna. Na rys. 39 pokazany jest pełną linią kształt dna w tylnej części holendra, w której znajduje się bęben, linią zaś przerywaną - w części przedniej. Do holendra wstawiony jest bęben B, który obraca się na wale poziomym leżącym w łożyskach C i otrzymującym napęd za pośrednictwem koła pasowego D.

Pod bębnem w dnie holendra umieszczona jest ramka E z nożami. Podczas ruchu bębna woda ze szmatami poprzednio rozartymi na gniotownikach obiegowych przepływa w kierunku zgodnym ze wskazówką zegara pod bębmem, gdzie szmaty są rozdrabniane przez noże umieszczone na nim oraz w skrzynce E. Odległość pomiędzy nożami bębna i skrzynki może być regulowana przez podnoszenie lub opuszczanie bębna za pomocą mechanizmu nie podanego na rys. 39. Gdy szmaty są dostatecznie porczywane i pokrajane, masa jest usuwana z holendra przez otwór F znajdujący się w najniższym miejscu dna. Czas potrzebny na osiągnięcie dobrego rozdrobnienia jest dość duży i wynosi od kilku do kilkunastu godzin w zależności od pojemności holendra, przy prędkości obwodowej bębna wynoszącej od 6 do 8 m/sek.

W fabrykach masy drzewnej, zwykle budowanych przy fabrykach celulozy lub papieru, stosowane są do rozdrabniania drzewa świerkowego na miazgę maszyny rozdrabniające, które działają w podobny sposób jak szlifierki do metali i z tego powodu nazywane są również szlifierkami.

Rozdrabniarka przedstawiona na rys. 40 ma kamień szlifierski A o średnicy ok. 1600 mm¹ szerokości 1200 mm. Osadzony jest



Rys. 40. Szlifierka do drzewa

on na wale poziomym i obraca się wewnątrz osłony wytwarzając wskutek tarcia miazgę z dociśkanego do niego drzewa świerkowego B. Podczas pracy kamień szlifierski obficie zrasza się wodą doprowadzaną przewodem C, inaczej powstałoby niebezpieczeństwo

zapalenia się przerabianego materiału. Polana o długości nieco mniejszej od szerokości kamienia po odsunięciu za pomocą przesuwnic hydraulicznych zasuwek G spadają z koszy do skrzyń H. Dociskane są one do kamienia szlifierskiego prasami hydraulicznymi J. Położenie polan względem kamienia jest takie, że osie ich są równoległe, wskutek czego kamień szlifierski rozdrabnia drzewo na cienkie włókna. Masa drzewna mieszana z dużą ilością wody odchodzi kanałem K do dalszej przeróbki.

Kamienie szlifierskie są wykonywane albo z kamieni naturalnych, albo z twardych minerałów scementowanych odpowiednimi zaprawami.

Nowoczesne szlifierki do drzewa wytwarzają do 25 $\frac{\text{ton}}{\text{godz}}$ masy drzewnej zużywając dużo energii mechanicznej.

§ 12. Młyny koloidalne

Młynami koloidalnymi nazywamy maszyny, w których zachodzi tak cienkie rozdrabnianie, że dla niektórych materiałów wymiary cząstek mielonego produktu są mniejsze od 0,1 mikrona.

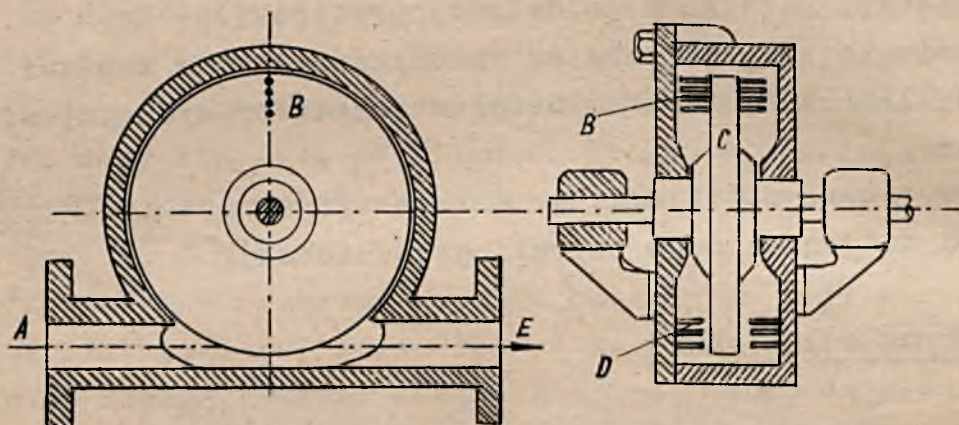
Młyny koloidalne mają obecnie coraz większe zastosowanie. Są one używane m.in. do robienia mieszanin, past i emulsji w przemyśle farmaceutycznym, do wyrobu farb drukarskich oraz farb olejnych i wodnych, do rozdrabniania domieszek obciążających surowy kauczuk itp. Można je również stosować do wytwarzania mleka i śmietanki z masła i sproszkowanego mleka oraz do wyrobu żółtka ze sproszkowanych jajek.

Nowoczesne młyny koloidalne można podzielić na 2 grupy: 1/ rozdrabniające przez uderzenie i 2/ rozdrabniające wskutek tarcia.

W młynach pierwszego rodzaju mielenie następuje wskutek wielkiej ilości silnych uderzeń po nieściśliwej cieczy /najczęściej po wodzie/ zawierającej rozdrabniany materiał. Wobec wielkiej w porównaniu z cieczą prędkości organu rozdrabniającego, działanie jego w młynie koloidalnym można porównać z działaniem młota uderzającego z dużą siłą i prędkością po kowadle.

Pierwszy młyn koloidalny rozdrabniający przez uderzenia i skonstruowany przez Plaussona nie znalazł zbyt wielkiego uznania w przemyśle, gdyż znaczną część doprowadzonej do niego

energii zużywał nie na pracę użyteczną, lecz na pokonanie nieużytecznych oporów tarcia. Nowoczesne młyny koloidalne pracujące w analogicznych warunkach zużywają 6 razy mniej energii niż młyn Plaussona. Jeden z takich młynów, skonstruowanych przez Oderbergera, przedstawiony jest na rys. 41. Materiał przeznaczony do mielenia wraz z cieczą, w której jest zawarty, dostaje



Rys. 41. Młyn koloidalny Oderbergera

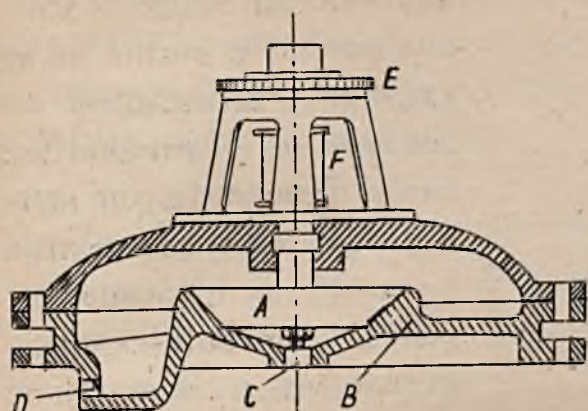
się do młyna przewodem A, przepływa przez młyn po stycznej do okręgu kół opisywanych przez palce B wirując wraz z tarczą C, do której są przymocowane. Dla wzmożenia skutku uderzeń palców ruchomych do ścian osłony przymocowane są palce nieruchome D.

Prędkość cieczy w młynie Oderberge^{ra} wynosi 0,7 m/sek, prędkość zaś obwodowa palców uderzających około 188 m/sek. Nic więc dziwnego, że wskutek bardzo wielkiej ilości uderzeń, które materiał otrzymuje przepływając przez młyn, stopień jego rozdrobnienia jest bardzo wielki, tak że gdy opuszcza maszynę przewodem E, wymiary jego cząstek odpowiadają wymiarom cząstek koloidalnych. Trzeba zaznaczyć, że młyn Oderbergera może pracować w zależności od potrzeby w sposób periodyczny lub ciągły.

Młyny rozdrabniające przez tarcie są dwóch rodzajów - takie, w których powierzchnie trące są gładkie, i takie, w których powierzchnie rozdrabniające są faliste. Do młynów pierwszego rodzaju można zaliczyć przedstawiony na rysunku 42 młyn koloidalny systemu "Premier - Mill".

Wirnik A tej rozdrabniarki obraca się z dużą prędkością dookoła osi pionowej w stożkowej nieruchomej misie B, która na schematycznym rys. 42 tworzy jedną całość z korpusem młyna.

Pomiędzy wirnikiem i stożkową powierzchnią miski jest bardzo cienka szczelina dochodząca do 0,05 mm. Ilość obrotów wirnika w za-



Rys. 42. Młyn koloidalny systemu "Premier - Mill"

ależności od wielkości młyna wynosi od 1000 do 20 000 obr/min., prędkość zaś obwodowa wynosi od 35 do 125 m/sek. Wirnik działa jak pompa odśrodkowa zasysając przez otwór zasilający C ciecz z materiałem przeznaczonym do rozdrobnienia i przepychając ją z dużą siłą i w sposób ciągły przez szczelinę pomiędzy stożkowymi powierzchniami, gdzie następuje mielenie przerabianego materiału. Praca rozdrabniająca

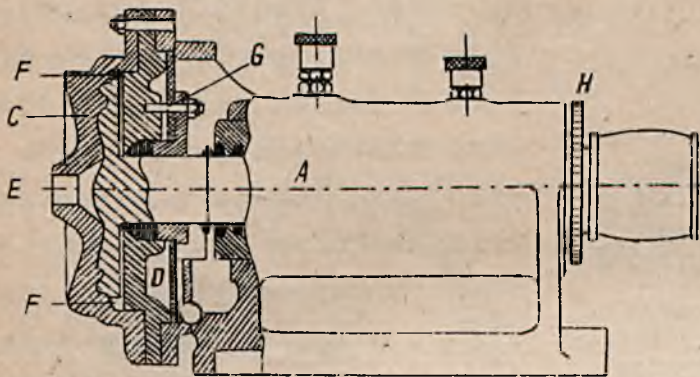
omawianego młyna oparta jest na hydraulicznych siłach ścinających, powstających w cienkiej warstwie cieczy pomiędzy powierzchniami stożkowymi przesuwającymi się względem siebie. Ciecz po przejściu przez szczelinę opuszcza młyn otworem D. Odległość pomiędzy wirnikiem a miską, a więc szerokość szczeliny można regulować gwintem mikrometrycznym E. Wirnik otrzymuje napęd albo od silnika elektrycznego połączonego bezpośrednio z jego wałem, albo za pomocą koła pasowego F.

Młyny "Premier - Mill" są budowane w różnych wymiarach. Normalnie średnice wirników tych młynów wynoszą 125 mm, 250 mm i 380 mm. Ilość obrotów młynów o średnicy 125 mm przy przerabianiu cieczy rzadkich wynosi 13 000 obr/min, a przy przecieraniu past 3600 obr/min. Zużycie mocy wynosi w pierwszym przypadku od 2 do 10 KM, a w drugim od 0,5 do 2 KM.

W młynach koloidalnych o falistej powierzchni roboczej do ścinającego działania sił hydraulicznych podczas przepływu cieczy między stożkowymi powierzchniami roboczymi dochodzi działanie rozdrabniające wywołane przez silne uderzenia i tarcie burzliwych strumieni cieczy pomiędzy ruchomymi powierzchniami. Schemat budowy tego rodzaju młyna podany jest na rys. 43.

Młyn składa się z korpusu A, w którym obraca się wirnik B o powierzchni falistej. Do korpusu przynocowana jest tarcza nieruchoma C, której powierzchnia ^{falista} dopasowana jest dokładnie do powierzchni wirnika B.

Za wirnikiem znajduje się nieruchoma płyta D. Podczas pracy z przerabianym materiałem stykają się tylko wirnik, tarcza i płyta, wskutek czego w razie potrzeby można je wy-



ta, wskutek czego w razie potrzeby można je wykonywać z materiałów odpornych na chemiczne działanie przerabianych substancji. Fale na wirniku i tarczy są wykonane w postaci koncentrycznych pierścieni i im dalej od środka, tym są bardziej strome. Grubość szczeliny pomiędzy falami zależy od kąta nachylenia ich do powierzchni tarczy. Wskutek tego, jeżeli odsunąć wirnik od tarczy, szczelina

Rys. 43. Młyn koloidalny o powierzchni falistej

między falami wirnika i tarczy będzie się zmniejszać w miarę oddalania się od środka. Gdy zaś chodzi o doprowadzenie szczeliny do zera, wystarczy dosunąć wirnik do tarczy.

Zasilanie młyna odbywa się przez środkowy otwór E, skąd materiał dostaje się na prędko wirujący wirnik /wirnik o średnicy 127 mm obliczony na 8000 obr/min/, gdzie odrzucany jest na powierzchnie faliste i przechodząc od środka na zewnątrz przez coraz cieńszą szczelinę stopniowo ulega coraz większemu rozdrobieniu. Gotowy, bardzo cienko zmielony produkt trafia do pierścieniowej przestrzeni F, skąd odchodzi przez specjalny przewód w korpusie, nie pokazany na rysunku. Odpływ gotowego produktu należy regulować w taki sposób, aby poziom cieczy w przestrzeni pierścieniowej F był niski, by nie mogła ona zanieczyścić dławicy G, która ze względu na dużą ilość obrotów powinna być starannie wykonana.

Wielkość osiowego przesunięcia wirnika można regulować za pomocą pierścieni H. Młyny koloidalne omazianego typu budowane są o średnicach wirników od 127 do 380 mm.

Młyny koloidalne, rozpatrywane poprzednio, rozdrabniają materiały w środowisku ciekłym. W niektórych przypadkach zachodzi potrzeba rozdrabniania koloidalnego na sucho, np. przy rozcieraniu domieszek obciążających mieszaniny kauczukowe.

Niestety zagadnienie powyższe konstrukcyjnie dotychczas jeszcze nie zostało rozwiązane. W przypadkach konieczności rozdrabniania koloidalnego na sucho stosują dezyntegratory i dysmembratory specjalnej konstrukcji oraz młyny z poziomymi mielącymi talerzami. Maszyny powyższe dają bardzo drobny przemiał, toteż zastępują od biedy młyny koloidalne.

R o z d z i a ł III

MIESZADŁA

§ 1. Cele mieszania

Mieszanie jest operacją spotykaną bardzo często w przemyśle chemicznym. Polega ono na przesuwaniu warstw bądź cząstek różnych ciał w taki sposób, aby można było otrzymać jednorodną mieszaninę z kilku niejednakowych składników.

Mieszanie stosujemy z rozmaitych powodów, przede wszystkim wtedy, gdy chodzi o przyspieszenie lub ułatwienie reakcji chemicznej. Prędkość reakcji chemicznych zależy nie tylko od temperatury, ciśnienia i stężenia reagentów, ale również od powierzchni zetknięcia się ich ze sobą. Rozwinięcie za pomocą mieszania dużej powierzchni zetknięcia się ciał reagujących przyspiesza reakcję chemiczną.

Mieszanie substancji reagujących ze sobą może następować albo podczas przebiegu reakcji chemicznej, wtedy aparat reakcyjny ma odpowiednie urządzenie albo przed reakcją, wtedy mieszanie reagentów jest wykonywane w specjalnie do tego celu przeznaczonych maszynach, a reakcja zaś chemiczna zachodzi w oddzielnym aparacie reakcyjnym, w którym są utrzymane warunki sprzyjające jej powstawaniu i przebiegu w odpowiednim kierunku.

Podczas biegu reakcji chemicznej mieszamy w wielu wypadkach w tym celu, aby w reakcji brała udział cała zawartość naczynia reakcyjnego. W czasie np. nitrowania lub sulfonowania węglowodórów mieszanie zabezpiecza od tworzenia się związków wielonitrowych lub wielosulfonowych oraz zapobiega ewentualnym wybuchom wskutek zetknięcia się w jednym miejscu większej ilości reagentów.

Mieszanie stosujemy również podczas ogrzewania lub chłodzenia różnych ciał, szczególnie gęstych cieczy lub nasyconych roztworów, ażeby przeszkodzić powstawaniu na powierzchniach ogrzewalnych

osadów, które zmniejszają przewodnictwo ^{cieplne}, lub aby zapobiec rozkładowi ogrzewanych związków organicznych wskutek nadmiernego przegrzewania się ich na powierzchni ogrzewalnej. Podczas gotowania marmelady i zagęszczania miąższów w fabrykach przetworów owocowych mieszamy, aby uniknąć przypalenia. Przy wyrobieniu lodów mieszamy w tym celu, aby zapobiec wytworzeniu się na powierzchni chłodzącej zamrożonej twardej skorupy, źle przewodzącej ciepło od pozostałej masy do czynnika chłodzącego.

Mieszanie w niektórych wypadkach stosuje się wtedy, gdy chodzi o utrzymanie zawiesin w cieczy, np. w fabrykach papieru i celulozy utrzymują masę papierniczą przez odpowiednie mieszanie w ciągłym ruchu, ażeby włókienka celulozy, masy drzewnej i szmat nie oddzieliły się przez dekantację od cieczy.

Bardzo często stosowane jest mieszanie w tym celu, aby z kilku składników o różnych własnościach otrzymać mieszaninę o własnościach pośrednich lub całkiem innych. Miesza się np. wosk i asfalt z talkiem, aby uzyskać materiały miększe, asfalt ze żwirem dla otrzymania materiału twardszego, ziemię formierską w odlewniach metali z pyłem węglowym dla nadania jej większej porowatości. Miesza się rozmaite barwniki ze sobą, aby uzyskać nową barwę, lub różnego rodzaju olejki pachnące w wytwórniach perfum dla otrzymania nowego zapachu.

Gdy chodzi o obniżenie ceny sprzedażnej towaru drogiego, miesza się go z takimi ciałami, które są tanie i mało wpływają na własności techniczne materiału głównego powiększają ciężar lub objętość mieszaniny. Bardzo silnie kryjące farby np. miesza się z drobno zmielonym gipsem lub barytem; w gazowniach gaz węglowy o dużej wartości opałowej miesza się z gazem wodnym i powietrznym i otrzymaną w ten sposób mieszaninę przesyła się odbiorcom jako gaz świetlny.

Niezależnie od tego, w jakim celu jest stosowane mieszanie, prawie zawsze chodzi o to, aby w jak najkrótszym czasie, przy minimalnym zużyciu energii otrzymać z kilku różnych składników mieszaninę tak jednorodną, aby najmniejsze nawet próbki pobrane z różnych miejsc mieszaniny zawierały poszczególne składniki w jednakowych stosunkach procentowych.

Mieszaninę jednorodną najłatwiej uzyskać przy mieszaniu gazów, ponieważ wskutek wielkiej ruchliwości cząsteczek mieszanie gazów odbywa się samorzutnie.

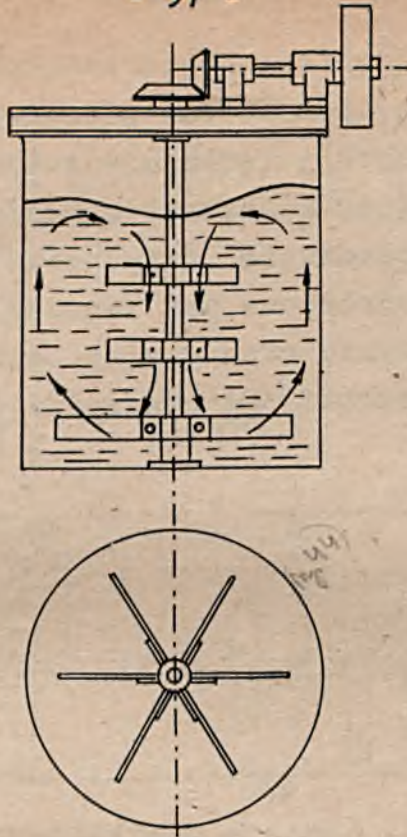
Różnego rodzaju urządzenia stosowane do mieszania ciał gazowych mają na celu tylko przyspieszenie procesu. Ciecze również łatwo mieszają się z sobą, mieszaniny ich jednak nie są trwałe i wkrótce po zakończeniu mieszania rozdzielają się przez dekantację. Ciała sypkie dają mieszaniny trwałe, lecz jednorodność ich jest ograniczona wielkością poszczególnych ziaren i bryłek. Mieszaniny substancji o różnych fazach są w większości wypadków nietrwałe, a jednorodność ich zależy od stopnia rozdrobnienia składników.

Mieszanie jest operacją bardzo często stosowaną, lecz teoretycznie dotychczas mało zbadaną. Brak uniwersalnej teorii wyjaśniającej istotę mieszania i rzucającej światło na zjawiska, które podczas tego procesu zachodzą, zmusza konstruktorów projektujących urządzenia do mieszania do opierania się na praktyce fabrycznej i na typach mieszadeł stosowanych w danej gałęzi przemysłu. Stwierdzone zostało, że im mniej jakiś proces technologiczny jest teoretycznie zbadany, tym więcej dla jego przeprowadzenia wymyślono różnego rodzaju maszyn i urządzeń. Nic więc dziwnego, że w przemyśle stosuje się bardzo wielką ilość różnorodnych maszyn do mieszania. Maszyny te można z grubsza podzielić na następujące cztery grupy:

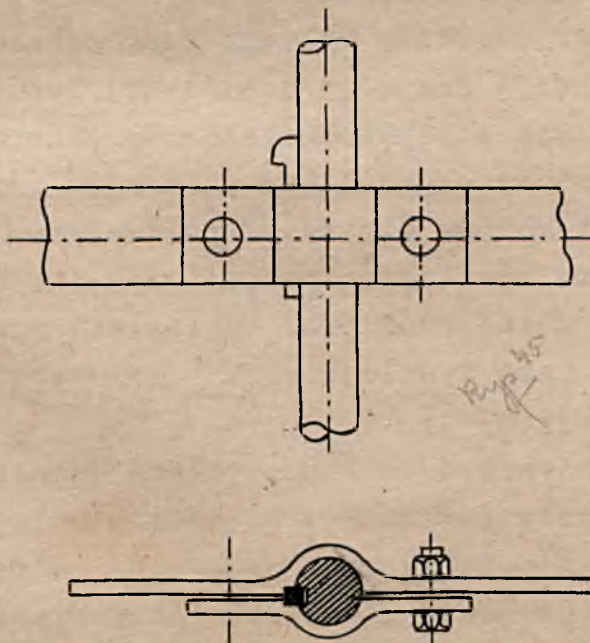
- 1/ m i e s z a d ł a służące do mieszania ciał ciekłych z ciekłymi lub ciekłych z niewielką ilością ciał stałych;
- 2/ m i e s z a d ł a do mieszania ciał ciekłych z gazowymi,
- 3/ m i e s z a r k i, w których zachodzi mieszanie ciał sypkich lub ciał sypkich z niewielką ilością cieczy;
- 4/ z a g n i a t a r k i, w których odbywa się mieszanie ciał ciastowatych i plastycznych.

§ 2. Mieszadła łapowe

Najprostszym mieszadłem do mieszania różnych cieczy lub do mieszania cieczy z niewielką ilością ciał stałych są mieszadła łapowe przedstawione na rys. 1 /mieszadło pionowe/ i na rys. 3 /mieszadło poziome/.



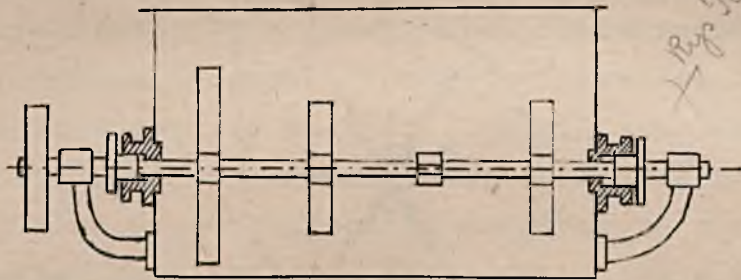
Rys. 1. Pionowe mieszadło łapowe



Rys. 2. Łapy

Na wale pionowego mieszadła /rys. 1/ za pośrednictwem przekładni pasowej oraz stożkowych kół zębatach są obsadzone

/rys. 1/ łapy z płaskowników stalowych lub z innego materiału. Łapy te obracając się dookoła osi pionowej popychają znajdujące się przed nimi cząstki cieczy mieszanych i odrzucają je pod wpływem siły odśrodkowej ku ściankom naczynia. Na miejsce odrzuconych w ten sposób cząstek przychodzą w środku naczynia inne, położone wyżej, odrzucone zaś wznoszą się do góry, wskutek czego powstaje w naczyniu ruch cieczy zaznaczony na rys. 1 strzałkami, na powierzchni zaś cieczy wytwarza się niegłęboki lej /rys. 1/.

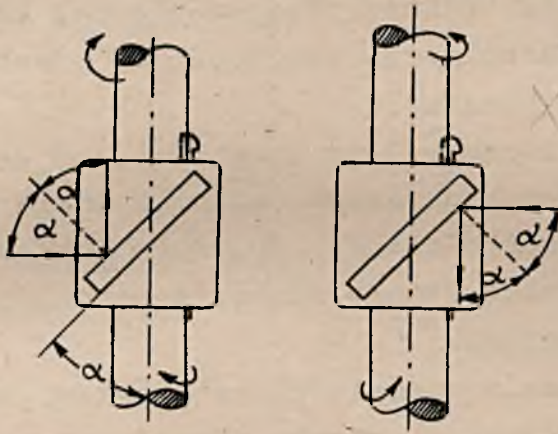


Rys. 3. Poziome mieszadła łapowe

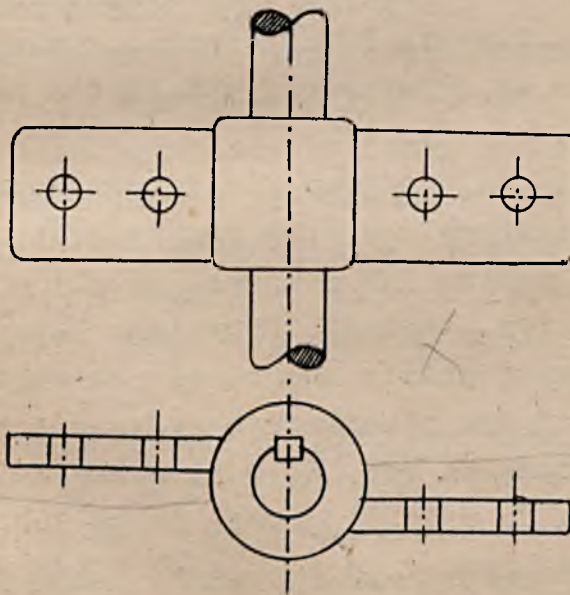
Łapa będąca w ruchu spotyka opór cieczy prostopadły do jej czołowej powierzchni i skierowany w kierunku przeciwnym do ruchu. Wskutek tego pod bezpośrednim wpływem łapy przesuwiają się tylko te części cieczy, które znajdują się na jej drodze. W ten sposób w cieczach gęstych i lepkich przestrzeń energicznego mieszania ograniczona jest wysokością łapy. Poza tą przestrzeń mieszanie jest słabe i odbywa się tylko pod wpływem wznoszących się i opadających prądów wywołanych ruchem łapy, które są tym słabsze, im ciecz jest mniej ruchliwa. W cieczach rzadkich natomiast i o małej lepkości łapy wywołują ruch burzliwy w całej objętości mieszanych substancji.

Znacznie intensywniej od łap zwykłych działają łapy skośne. Płaszczyzna ich tworzy pewien kąt α z osią wału, wobec czego podczas ruchu cząstki cieczy oraz zawiesiny, które łapy spotykają na swej drodze, uderzają o czołową ich powierzchnię pod kątem α i są odbijane pod tym samym kątem. W zależności od kierunku ruchu ciecz /i zawiesiny/ albo jest podrzucana do góry /rys. 4a/, albo kierowana na dół /rys. 4b/. Łapy skośne są stosowane do mieszania cieczy trudno mieszających się ze sobą, o znacznej różnicy ciężarów właściwych oraz do mieszania cieczy dających osady.

Jeżeli ciężar właściwy osadów jest większy od ciężaru właściwego cieczy, łapy skośne ustawia się blisko dna naczynia w taki sposób, aby podrzucały osady do góry, gdy zaś osady są lżejsze od cieczy i pływają po jej powierzchni, łapy są ustawione bezpośrednio pod powierzchnią cieczy, tak aby podczas ruchu kierowały ciecz z osadami na dół.



Rys. 4. Łapa skośna



Rys. 5



Rys. 6

W mieszadle przedstawionym na rys. 7 łapy górne przesuwają na dół ciecz lżejszą, dolne zaś podrzucają ciecz cięższą oraz osady do góry.

Pomimo swej bardzo prostej konstrukcji mieszadła łapowe, jak wykazały badania Badgera i Whitmora oraz praktyka fabryczna, dają zupełnie dobre wyniki przy mieszaniu cieczy ruchliwych, tj. rzadkich i o małej lepkości. Podczas tych badań dobre wymieszanie dwóch takich cieczy ogólnej objętości ponad 2200 litrów za pomocą łap skośnych nachylonych pod kątem 45° następowało w niespełna 1 minutę pracy mieszadła.

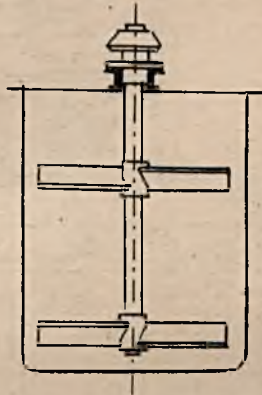
W mieszadłach poziomych łapy skośne mieszając materiał przesuwają go z jednego końca na drugi, wskutek czego tego rodzaju mieszadła pracują w sposób ciągły. W jednym ich końcu doprowadzane są materiały surowe, które należy wymieszać, w drugim zaś odchodzi gotowa mieszanina.

Łapy wykonywane są z rozmaitych materiałów. Decydująca jest ich odporność na działanie chemiczne mieszanych substancji. Najczęściej robią je ze zwykłej stali lub z żeliwa, rzadziej ze stali specjalnych, brązu i glinu. Bardzo rozpowszechnione są łapy drewniane, szczególnie w Stanach Zjednoczonych. Czasami łapy stalowe i żeliwne pokrywane są odpowiednią emalią dla ochrony ich od chemicznego działania cieczy.

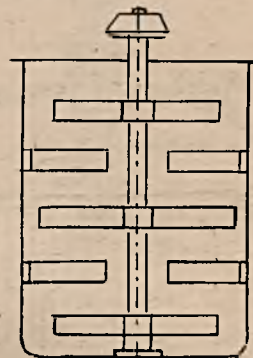
Przymocowanie łap do wału odbywa się w różny sposób; albo gdy są one wykonane z płaskowników - za pomocą śrub, jak na rys. 2 albo gdy są odlane z żeliwa lub z innych metali - za pomocą klinów, jak pokazano na rys. 4a i 4b. Drewniane łapy przymocowane bywają śrubami do ramion piasty osadzonej na wale /rys. 5/ lub łączone z wałem przez dwa odpowiednio wygięte i ześrubowane płaskowniki, jak pokazano na rys. 6. W stosunku do wału łapy są usytuowane dwojako: albo w taki sposób, że oś ich jest prostopadła do osi wału, jak na rys. 1, 3 i 7, albo w ten sposób, że ich oś jest równoległa do osi wału, jak na rys. 9 i 10.

Podczas pracy mieszadła wskutek ruchu obrotowego łap dookoła osi wału obraca się w tym samym kierunku, z mniejszą jednak prędkością niż łapy, cała zawartość naczynia, w którym odbywa się mieszanie, wskutek czego efekt mieszania zmniejsza się. Zjawisko powyższe intensywnie występuje wtedy, gdy mieszamy gęste i lepkie ciecze w pionowych naczyniach cylindrowych, których oś geometryczna odpowiada osi obrotu mieszadła.

Ażeby zapobiec krążeniu cieczy podczas mieszania, bezpośrednio do ścian naczynia, jak na rys. 8, przymocowane są łapy nieruchome, które przeszkadzając krążeniu wywołują wiry w cieczy i w ten sposób przyspieszają proces mieszania.



Rys. 7. Mieszadło z łapami skośnymi

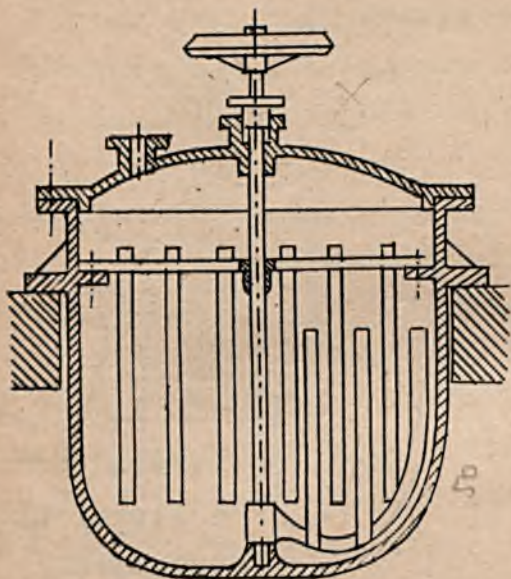


Rys. 8. Mieszadło z łapami nieruchomymi

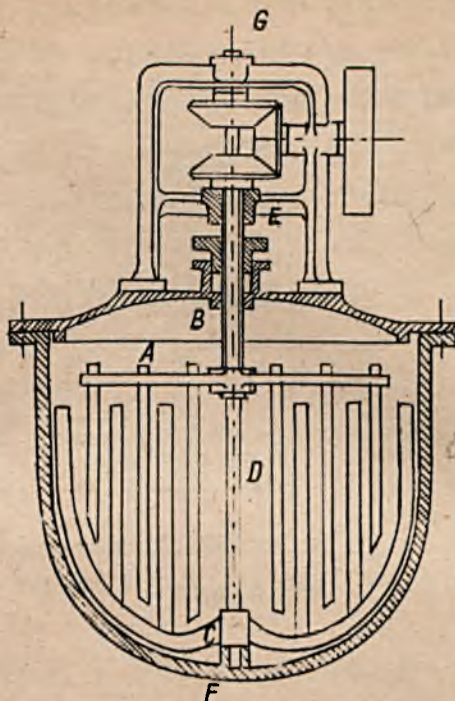
Sposób umocowania łap nieruchomych równoległych do osi obrotu podany ^{jest} na rys. 9.

Radykalniej niż łapy nieruchome zapobiegają krążeniu cieczy mieszadła podwójne. Jedno z takich mieszadeł przedstawione jest na rys. 10. W mieszadle tym są dwie grupy łap obracających się w kierunkach przeciwnych. Jedna z tych grup przymocowana jest do górnej beleczki poziomej A osadzonej na wale wydrążonym B, druga zaś do wygiętej beleczki dolnej C dostosowanej kształtem do naczynia i osadzonej na wałku pełnym D. Wał wydrążony zawieszony jest na łożysku górnym E, wał zaś pełny obraca się w łożyskach F i G.

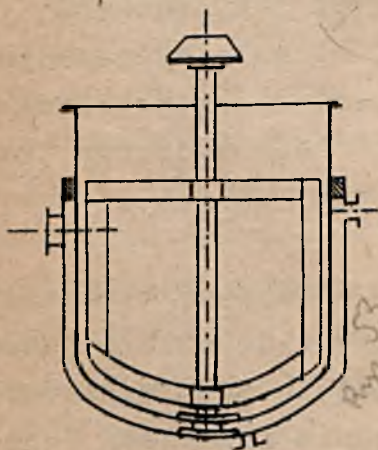
Jeżeli łapy połączymy płaskownikiem, to otrzymamy mieszadło ramowe /rys. 11/. Mieszadła takie, jak i podobne do nich mieszadła kotwiczne /rys. 12/ są często stosowane do mieszania cieczy ogrzewanych przeponowo, aby przyspieszyć ich ogrzanie lub ażeby uchronić je od miejscowego przegrzania. Mieszanie zapobiega ponadto zanieczyszczeniu powierzchni ogrzewalnej osadami. Odległość pomiędzy powierzchnią wewnętrzną ścianki kotła a krawędzią zewnętrzną mieszadła ramowego lub kotwicznego wynosi zwykle od 30 do 50 mm, a gdy chodzi o zapobieżenie powstawania osadów, odległość tę zmniejszają do 5 lub mniej milimetrów. Ilość obrotów mieszadeł kotwicznych i ramowych wynosi od 50 do 70 obr/min. przy małych średnicach kotłów i od 15 do 30 obr/min. dla kotłów dużych.



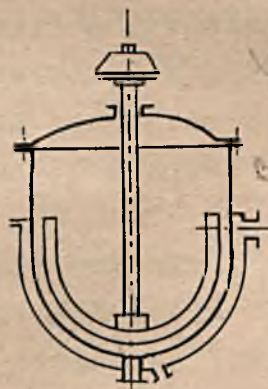
Rys. 9. Mieszadła z łopami pionowymi



Rys. 10. Mieszadło podwójne



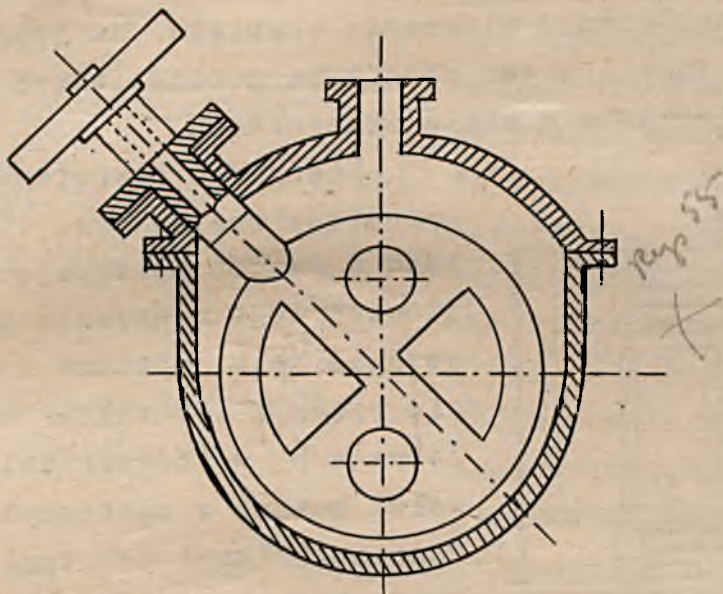
Rys. 11. Mieszadło ramowe



Rys. 12. Mieszadło kotwiczne

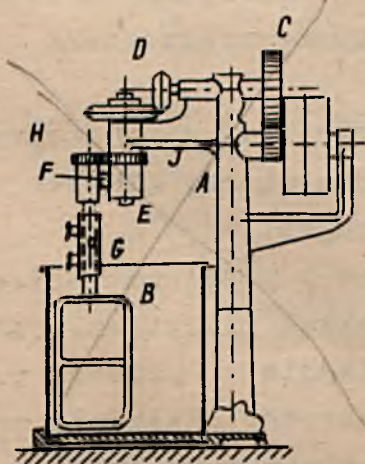
Jedną z odmian mieszadeł ramowych jest mieszadło tarczowe /rys. 13/, w którym na wale osadzona jest tarcza mająca

kilka otworów umieszczonych niesymetrycznie względem osi obrotów. Mieszadła tego typu zużywają stosunkowo dużo energii, wobec czego nie są używane do mieszania cieczy w naczyniach większych rozmiarów.



Rys. 13. Mieszadło tarczowe

Gdy chodzi o mieszanie ciał ciekłych w dużych naczyniach, stosowane są mieszadła planetarne. Na rys. 14 przedstawione

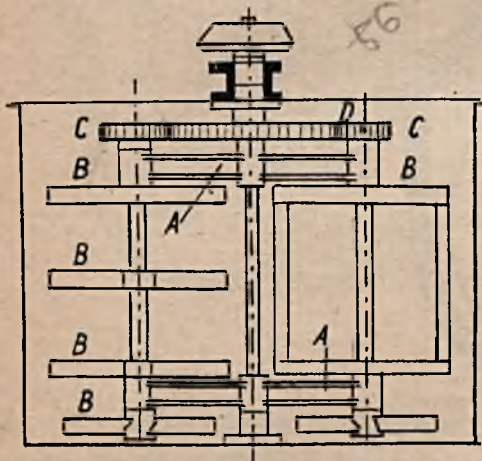


Rys. 14. Mieszadło planetarne pojedyncze

jest pojedyncze, a na rys. 15 podwójne mieszadło planetarne. Pierwsze z nich /rys. 14/ składa się z nieruchomego stojaka A mającego mechanizm napędowy i łapy lub ramy mieszające oraz ze zmienianego zbiornika B. Ruch obrotowy z koła pasowego za pośrednictwem cylindrycznej i stożkowej przekładni zębatej C i D przenosi się na wał główny E mieszadła. Na tym wale osadzone jest ramię F, a^w jego drugim końcu zawieszony jest w łożysku pionowym wałek boczny G zaopatrzone w łapy lub ramy mieszające.

Na górnym końcu tego wałka osadzone jest koło zębate H zazębiające się z nieruchomym kołem zębatym J.

Gdy ramię F obraca się dookoła osi głównej, kółko zębate H obraca wałek boczny wraz z łapami na nim osadzonymi. Łapy więc mieszające mają ruch złożony, gdyż obracają się dookoła osi bocznej, która sama jednocześnie obraca się dookoła osi głównej. Tego rodzaju ruch złożony nazywa się ruchem planetarnym. Od niego otrzymano swoją nazwę i samo mieszadło. Naczynie B może być po zakończeniu mieszania usunięte, na jego zaś miejsce wstawione inne i w ten sposób za pomocą jednej maszyny można wykonać mieszanie w wielu zbiornikach.



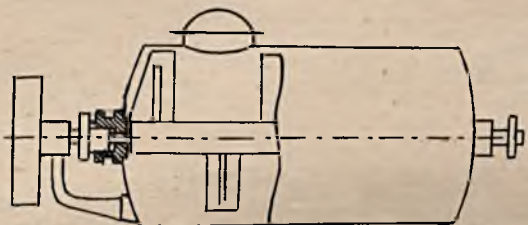
Rys. 15. Mieszadło planetarne podwójne

Mieszadło planetarne podwójne jest w sposób następujący: na wale głównym tego mieszadła umocowane są dwie belki poziome A obracające się razem z tym wałem. Belki mają łożyska B, w których umieszczone są wałki boczne z osadzonymi na ich końcach kółkami zębatymi C, zazębiającymi się ze środkowym nieruchomym kołem zębatym D. Gdy belki obracają się dookoła osi centralnej, boczne kółka zębate toczą się po kole nieruchomym, wskutek czego wałki boczne obracają się dookoła własnych osi geometrycznych razem z osadzonymi na nich łapami, ramami i innymi urządzeniami do mieszania.

Mieszadła planetarne różnych konstrukcji są dość rozpowszechnione w przemyśle, szczególnie do mieszania cieczy gęstych i lepkich w dużych kotłach i aparatach reakcyjnych.

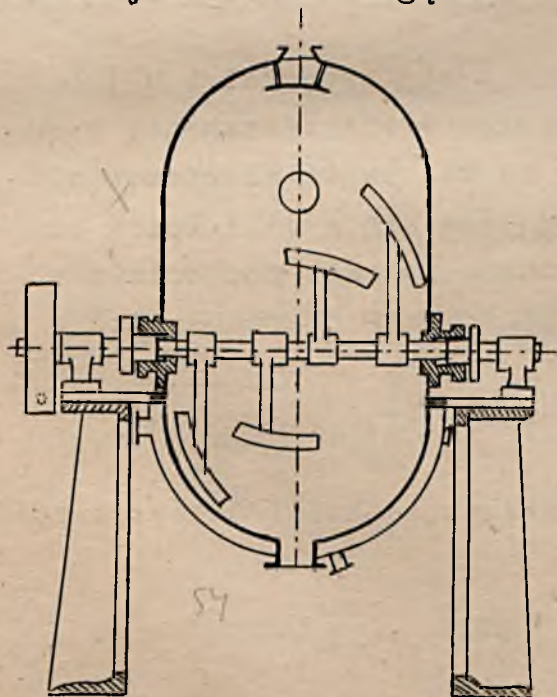
Łapowe mieszadła poziome stosowane są w poziomych zbiornikach i naczyniach reakcyjnych. W naczyniach odkrytych, jak na rys. 3, mieszadło ze względu na rozpryskiwanie cieczy podczas ruchu powinno wykonywać małą ilość obrotów. Znacznie prędej może się takie mieszadło obracać w zbiornikach zakrytych /rys.16/. Miejsca, gdzie wał mieszadła poziomego wychodzi na zewnątrz, należy uszczelniać za pomocą dławnic jak na rys. 16 i 17. Dławnice te są jednak słabą stroną mieszadeł poziomych, często bowiem przepuszczają, co jest szczególnie niepożądane wtedy, gdy mieszane są roztwory ciał stałych, trafiają one bowiem do dławnic, gdzie

powstają wskutek tego twarde osady, które doprowadzają często do zatarcia się wału. Mieszadła poziome stosowane są głównie do mieszania cieczy gęstych, zawierających wielkie ilości twardych osadów.



Rys. 16. Mieszadło poziome
zakryte

warstwę gęstej cieczy, łapy zaś obracające się dookoła osi pionowej nie wiele mogą im w tym pomóc; łapy natomiast, które



Rys. 17. Mieszadło w aparacie
wyparnym

Na rys. 17 przedstawione jest mieszadło poziome w aparacie wyparnym stosowanym do zagęszczania miąższów owocowych, gotowania marmelad i dżemów w fabrykach przetworów owocowych. Mieszadła pionowych, rozpatrywanych poprzednio /rys. 8-12/, nie można w tym przypadku stosować, albowiem pęcherzyki pary, które powstają na powierzchni ogrzewalnej aparatu, z trudem przedostają się przez grubą warstwę gęstej cieczy, łapy zaś obracające się dookoła osi pionowej nie wiele mogą im w tym pomóc; łapy natomiast, które obracają się dookoła osi poziomej jak na rys. 17, wyrzucają pęcherzyki pary wraz z masą zagęszczoną na powierzchni ogrzewalnej ponad poziom cieczy w aparacie. Natężenia powierzchni ogrzewalnej, a więc i wydajność aparatu wyparnego wskutek zastosowania mieszadła poziomego, jest większe niż w podobnych aparatach wyparnych z mieszadłem pionowym.

§ 3. Obliczanie mieszadeł łapowych

Gdy jakieś ciało porusza się w środowisku ciekłym lub gazowym, spotyka ze strony tego środowiska pewien opór. Siłę tego oporu obliczyć można z dokładnością dostateczną do celów technicznych ze wzoru

$$W = \varphi \cdot F \cdot \delta \cdot \frac{C^2}{2g}, \quad /1/$$

gdzie C jest to prędkość ciała w metrach na sekundę;
 F - powierzchnia rzutu ciała w metrach kwadratowych na płaszczyznę prostopadłą do kierunku ruchu; δ - ciężar właściwy cieczy lub gazu w kilogramach na metr sześcienny; g - przyspieszenie ziemskie w metrach na sekundę do kwadratu;
 φ - współczynnik zależny przede wszystkim od kształtu ciała, poza tym od własności fizycznych środowiska /głównie od lepkości/.

Opierając się na powyższym równaniu można przeprowadzić obliczenie mieszadła łapowego.

Niech łapa /rys. 17/ długości l [m], szerokości b [m] i grubości a [m] obraca się wewnątrz cieczy mieszanej z prędkością n [obr/min.]. Rozpatrzmy na tej łapie nieskończenie małą powierzchnię $dF = b \cdot dx$ znajdującą się w odległości x od osi obrotów. Na powyższą powierzchnię podczas ruchu działa siła oporu cieczy dW w kierunku przeciwnym do ruchu, która równa się

$$dW = \varphi \cdot dF \cdot \delta \cdot \frac{C^2}{2g}.$$

Podstawiając do tego równania zamiast prędkości C jej wartość z równania

$$C = \frac{2\pi \cdot x \cdot n}{60}$$

oraz $dF = b \cdot dx$ otrzymamy

$$dW = \frac{1}{2g} \cdot \varphi \cdot b \cdot \delta \cdot \left/ \frac{2\pi \cdot n}{60} \right/ ^2 \cdot x^2 \cdot dx \quad /2/$$

Całkując zaś w granicach od $x = r$ do $x = l$, gdzie r jest promieniem piasty łapy, będziemy mieli

$$W = \frac{1}{2g} \cdot \varphi \cdot b \cdot \rho \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} / 2 \cdot \int_r^l x^2 \cdot dx =$$
$$= \frac{1}{2g} \cdot \varphi \cdot b \cdot \rho \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} / 2 \cdot \frac{1}{3} (l^3 - r^3) \quad /3/$$

Jeżeli promień piasty r jest mały w porównaniu z jej długością l , to bez wielkiego błędu wzór ten można uprościć otrzymując ostatecznie, że

$$W = \varphi \cdot b \cdot \frac{\rho}{g} \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} / 2 \cdot \frac{l^3}{6} \text{ [kg]}. \quad /4/$$

Stosując uproszczony wzór /4/ zamiast dokładnego równania /3/ popełniamy błąd, który gdy r przynajmniej pięciokrotnie jest mniejszy od l , nie przekracza 0,8%.

Przy ruchu obrotowym większe znaczenie od siły oporu ma moment oporu M , który dla nieskończonej małej powierzchni dF wynosi

$$dM = dW \cdot x = \frac{1}{2g} \cdot \varphi \cdot b \cdot \rho \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} / 2 \cdot x^3 \cdot dx. \quad /5/$$

Całkując w granicach od $x = r$ do $x = l$ otrzymamy

$$M = \varphi \cdot b \cdot \frac{\rho}{2g} \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} / 2 \cdot \int_r^l x^3 \cdot dx =$$
$$= \varphi \cdot b \cdot \frac{\rho}{2g} \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} / 2 \cdot \frac{1}{4} (l^4 - r^4). \quad /6/$$

Przyjmując, że $\pi^2 = g$ oraz odrzucając r^4 jako wielkość bardzo małą w porównaniu z l^4 otrzymamy ostatecznie, że

$$M = \frac{1}{7200} \cdot \varphi \cdot b \cdot \rho \cdot n^2 \cdot l^4 \text{ [Kgm]}. \quad /7/$$

Moc użyteczna potrzebna na obracanie łapy wynosi

$$N_u = \frac{2\pi \cdot n}{60} \cdot M \cdot \frac{1}{75} = \frac{1}{75} \cdot \psi \cdot b \frac{\delta}{2g} \cdot \left(\frac{2\pi \cdot n}{60}\right)^3 \cdot (l^4 - r^4) / |KM| / 8 /$$

lub po uproszczeniu, przyjmując, że $g = \pi^2$ oraz odrzucając r ,

$$N_u = \frac{\pi}{16200000} \cdot \psi \cdot b \cdot \delta \cdot n^3 \cdot l^4 \cdot |KM|. \quad /9/$$

Uwzględniając sprawność mechanizmu mieszadła η otrzymano ostatecznie, że moc potrzebna na obracanie mieszadła zaopatrzonego tylko w jedną łapę wynosi

$$N = \frac{\pi}{16200000} \cdot \psi \cdot b \cdot \delta \cdot \frac{1}{\eta} \cdot n^3 \cdot l^4 \quad /10/$$

Oczywiście moc używana na obracanie mieszadła o kilku łapach równa się sumie mocy potrzebnych na obracanie każdej łapy.

Ze wzoru /10/ wynika, że moc zużywana na obracanie łapy jest proporcjonalna do trzeciej potęgi ilości obrotów i do czwartej potęgi długości łapy. Z tego też powodu długie łapy są niechętnie stosowane. Jako normę średnią dla długości łapy l przyjmują zwykle, że l wynosi od $0,20 \cdot D$ do $0,35 \cdot D$, gdzie D jest średnicą naczynia, w którym zachodzi mieszanie. Co się zaś tyczy szerokości łapy b , to najlepiej robić ją od $\frac{1}{16} D$ do $\frac{1}{12} D$.

W naczyniach wielkiej średnicy zwykle mieszadła łapowe są zastępowane przez więcej skomplikowane, ale zużywające mniej mocy mieszadła planetarne /rys. 15/.

Współczynnik oporu ψ dla łap płaskich zależy od stosunku $l : b$ /rys. 17/. Zależność ta podana jest dla wody w postaci tablicy I.

T a b l i c a I .

$l : b$	1	2	4	10	18	∞
ψ	1,1	1,15	1,19	1,29	1,40	2,00

Wzory /4/, /7/ i /10/ wyprowadzone dla łąpy zwykłej można stosować i do łąpy skośnej, nachylonej pod kątem α do osi wału /rys. 4/.

W takim razie należy wstawić do wszystkich wzorów wyprowadzonych poprzednio zamiast szerokości łąpy b rzut jej na płaszczyznę prostopadłą do kierunku ruchu, tj. $b \cdot \cos \alpha$. Wtedy dla łąpy skośnej otrzymamy wzory:

$$W = \varphi \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot \frac{r}{g} \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} \cdot \frac{l^3}{6} \text{ [kg]};$$

$$M = \frac{1}{7200} \cdot \varphi \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot r \cdot n^2 \cdot l^4 \text{ [Kgm]}; \quad /11/$$

$$N = \frac{\pi}{16200000} \cdot \varphi \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot r \cdot \frac{1}{\eta} \cdot n^3 \cdot l^4 \text{ [KM]}.$$

Z punktu widzenia wytrzymałości materiałów łąpa narażona jest na zginanie, przy czym największy moment zginający działa na przekrój łąpy najbliższy położony osi obrotu, a więc przy jej piąście. Równa się on w tym miejscu momentowi oporu M , czyli

$$M_g = M = \varphi \cdot b \cdot \frac{r}{2g} \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} \cdot \frac{1}{4} \cdot l^4 - r^4 = \frac{1}{7200} \cdot \varphi \cdot b \cdot r \cdot n^2 \cdot l^4 \quad /12/$$

Wobec tego, ^{że} wskaźnik wytrzymałości łąpy wynosi $\frac{r}{g} \cdot a^2$, otrzymamy

$$\frac{b}{6} \cdot a^2 \geq \frac{M_g}{K_g} \quad \text{oraz} \quad a \geq \sqrt{\frac{6 M_g}{b \cdot K_g}},$$

gdzie K_g dopuszczalne naprężenie na zginanie dla materiału, z którego wykonana jest łąpa.

Podstawiając do powyższego wzoru wartość na M_g z równania /12/ po uproszczeniu otrzymamy, że grubość łąpy a powinna być

$$a = \frac{n}{20} \cdot l^2 \cdot \sqrt{\frac{\varphi \cdot r}{3 K_g}} \text{ [m]}.$$

Obliczanie łąpy położonej równoległe do osi obrotów /rys. 18/ przeprowadza się w zupełnie podobny sposób jak łąpy prostopadłej do osi wału.

Przyjmując oznaczenia podane na rys. 18 obliczymy siłę oporu cieczy całkując wzór /2/ w granicach od $x = R_1$ do $x = R_2$:

$$W = \frac{1}{6} \cdot \varphi \cdot b \cdot \frac{\delta}{g} \cdot \left/ \frac{2\pi \cdot n}{60} \right/^2 \cdot /R_2^3 - R_1^3/ \text{ [m]}, \quad /13/$$

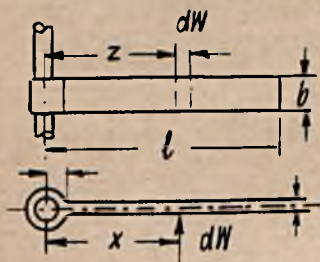
moment oporu, gdy scałkujemy w tych samych granicach wzór /5/,

$$M = \frac{1}{8} \cdot \varphi \cdot b \cdot \frac{\delta}{g} \cdot \left/ \frac{2\pi \cdot n}{60} \right/^2 \cdot /R_2^4 - R_1^4/ \text{ [kgm]}, \quad /14/$$

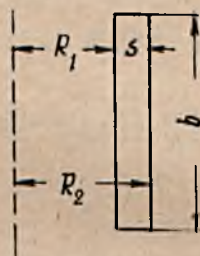
moc zaś potrzebna na obracanie tej łapy wyniesie

$$N = \frac{\pi}{16200000} \cdot \varphi \cdot b \cdot \delta \cdot n^3 \cdot /R_2^4 - R_1^4/ \cdot \frac{1}{\eta} \text{ [KM]}.$$

Trzeba zaznaczyć, że obliczone w sposób powyższy siła i moment oporu oraz zużycie mocy na poruszanie łapy są szkodliwe tylko w okresie początkowym pracy mieszadła /podczas puszczenia go w ruch/.



Rys. 18



Rys. 19

W okresie późniejszym wskutek krążenia cieczy w mieszadle zużycie mocy oraz moment oporu są mniejsze. Mogą się one zmniejszyć nawet o 60%, jeżeli mieszadło nie ma urządzeń przeciwdziałających krążeniu. Wskutek krążenia cieczy proces mieszania znacznie się przedłuża, tak że w ostatecznym rezultacie zużycie energii przy krążeniu cieczy jest większe niż mogło by być, gdyby krążenia nie było.







§ 4. Wyniki badań nad mieszadłami łapowymi

Mieszadła łapowe wszystkich typów są bardzo rozpowszechnione w przemyśle, jednak jak i mieszadła innych typów są dotychczas jeszcze mało zbadane. Poza Badgerem i Witmorem, którzy zapoczątkowali w r. 1922 badanie mieszadeł, prace eksperymentalne nad nimi prowadzili stosunkowo nieliczni badacze, głównie w Stanach Zjednoczonych. Badania ich, a m. in. i badania A. Hixona i J. Crowella rzuciły pewne światło na pracę mieszadeł.

A Hixon i J. Crowell badali intensywność mieszania kilku odmian mieszadełek łapowych w małym naczyniu laboratoryjnym średnicy 152,4 mm /6"/. Za miarę porównawczą intensywności mieszania przyjmowali oni czas rozpuszczania się pewnej substancji w mieszanej cieczy. Im czas ten jest krótszy, tym intensywność mieszania jest większa. W ten sposób zbadali oni 1/ zwykłe dwuramienne mieszadło łapowe o długości łapy = 50,4 mm, grubości $s = 1,24$ mm i szerokości $b = 25,4$ mm, 2/ dwa takie same mieszadła o tej samej długości i grubości ramion, lecz o szerokości $b_1 = 12,7$ mm i $b_2 = 38,1$ mm, 3/ czteroramienne mieszadło łapowe, 4/ dwuramienne mieszadło łapowe o łapach spiralnych i 5/ mieszadło śmigłowe. Mieszadła: czteroramienne, spiralne i śmigłowe miały ramiona o wymiarach identycznych z mieszadłem pierwszym uznanym przez A. Hixona i J. Crowella za wzorcowe.

Przyjmując czas rozpuszczania się jakiejś substancji przy mieszaniu jej mieszadłem wzorcowym za 1, można przedstawić, w celu porównania, wyniki badań Hixona i Crowella w postaci tablicy II.

T a b l i c a II

L.p.	Typ	Szerokość łap	Intensywność przy	
			$n=83$ obr/min	$n=240$ obr/min.
1		25,4	1	1,716
2		12,7	0,882	1,667
3		38,1	1,063	1,765
4		25,4	1,025	1,789
5		25,4	1,015	1,730
6		25,4	0,809	1,691

Z tablicy tej można wyciągnąć następujące wnioski:

1/ intensywność mieszania zwykłej łapy /1/ jest stosunkowo duża w porównaniu z więcej skomplikowanymi odmianami mieszadeł łapowych /4/, /5/ i /6/;

2/ szerokość łapy ma mały wpływ na intensywność mieszania, gdyż jak widać z tablicy, półtorakrotne powiększenie szerokości łapy zwiększa intensywność mieszania tylko o 6,3%, dwukrotne zaś zmniejszenie szerokości zmniejsza intensywność mieszania o 11,8%;

3/ intensywność mieszania znacznie się zwiększa przy powiększaniu ilości obrotów;

4/ powiększenie ilości łap wywiera mały wpływ na intensywność mieszania, gdyż dwukrotny wzrost ilości łap zwiększa intensywność mieszania tylko o 2,3%;

5/ powiększenie ilości obrotów mieszadła wywołuje znacznie większy wzrost intensywności mieszania dla mieszadeł śmigłowych niż dla innych odmian mieszadeł łapowych, gdy bowiem ilość obrotów powiększyła się z 83 obr/min. do 240 obr/min., intensywność mieszania przy mieszadle śmigłowym wzrosła

$\frac{1,691}{0,809} = 2,09$ razy, a przy mieszadle łapowym tylko 1,716 razy.

Dodatkowe badania A. Hixona i J. Crowella w celu wyjaśnienia wpływu ilości obrotów na intensywność mieszania potwierdziły, jak to widać z tablicy III, wnioski wyciągnięte poprzednio zarówno co do tego, że wzrost ilości obrotów zwiększa intensywność mieszania, jak i co do tego, że szerokość łapy ma mały wpływ na intensywność mieszania.

T a b l i c a III

Typ	Ilość obr. na minutę	Intensywność mieszania	
		b=25,4 mm	b ₁ =12,7 mm
—○—	83	1	0,882
—○—	122	1,211	1,147
—○—	153	1,378	1,275
—○—	181	1,554	1,442
—○—	240	1,716	1,667

Znacznie większy wpływ ma długość łapy l , jak wskazują inne badania A. Hixona i J. Crowella, których wyniki podane są w tablicy IV.

Z badań tych widać, że intensywność mieszania ze wzrostem długości łapy początkowo wzrasta osiągając przy pewnej optymalnej długości wartość największą, która następnie maleje. W przypadku przez nich badanym ta optymalna długość łapy wynosi około 0,35 D.

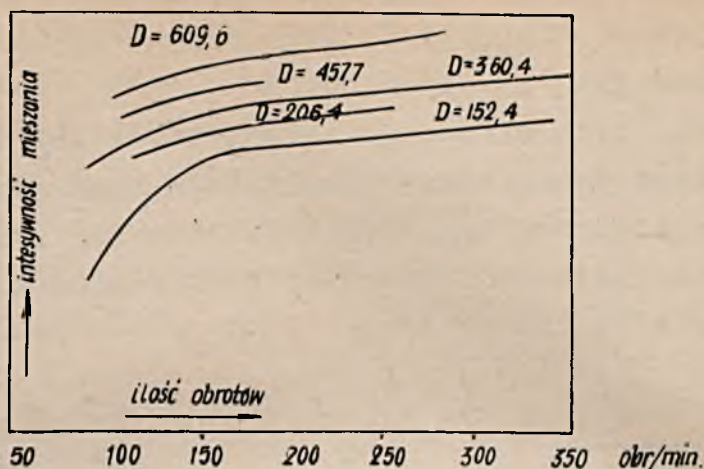
T a b l i c a IV

Długość łapy l mm	12,7	25,4	47,6	50,4	60,3	66,7
Intensywność mieszania	0,002	0,427	0,985	1	1	0,996

Chocież badania A. Hixona i J. Crowella rzuciły sporo światła na pracę mieszadeł łapowych, wyników tych badań jednak nie można z całą pewnością stosować do urządzeń fabrycznych, gdyż były one przeprowadzane w warunkach laboratoryjnych na bardzo małych przyrządach, a prawa podobieństwa hydrodynamicznego dla mieszadeł nie są znane. Zdawali sobie sprawę z tego i sami badacze, gdyż jeden z nich, a mianowicie Hixon, w parę lat później /w r. 1933/ przeprowadził podobne badania w towarzystwie Wilkensa na aparaturze znacznie większych rozmiarów.

Badania swoje uczeni ci przeprowadzili w naczyniach cylindrycznych o różnej średnicy w granicach $D = 150$ mm do $D = 1200$ mm. Długość łap ustawionych pod kątem 45° wynosiła $l = 0,167 \cdot D$, szerokość zaś $b = 0,083 D$. Wysokość poziomu cieczy od dna naczynia równała się albo średnicy D zbiornika, albo była dwa razy mniejsza, odległość zaś dolnej krawędzi łapy od dna naczynia wynosiła $0,167 D$.

Wyniki badań dla mieszadeł różnych wielkości przedstawione są na wykresie /rys. 20/. Z wykresów wynika, że intensywność mieszania wzrasta ze wzrostem ilości obrotów, co zgadza się z poprzednimi badaniami Hixona i Crowella, przy czym wzrost ten początkowo jest krzywoliniowy i szybki, a następnie prostoliniowy i wolniejszy. Intensywność mieszania wzrasta poza tym, jak widać z wykresu, ze wzrostem wielkości mieszadła.



Rys. 20.

Hixon i Wilkens przeprowadzili ponadto badania nad intensywnością mieszania różnych cieczy w celu wyjaśnienia wpływu lepkości i innych własności fizycznych mieszanych substancji na intensywność mieszania. Jak widać z tablicy V, przedstawiającej wyniki ich badań, które zostały przeprowadzone w mieszadle o średnicy $D = 457,2$ mm przy $n = 20$ obr/min., intensywność

T a b l i c a V

	Lepkość w centipauzach	Współczynnik dyfuzji	Gęstość przy 25°C	Intensywność mieszania
Woda	0,894	0,9950	1	1
Olej	26,59	0,0538	0,880	0,398
Olej bawełn.	47,93	0,0382	0,917	0,181
Olej	69,50	0,0256	0,910	0,070

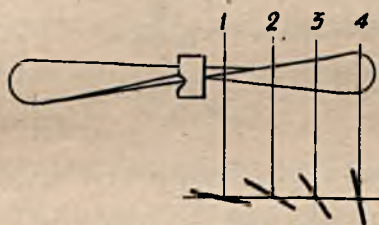
mieszania silnie spada ze wzrostem lepkości i ze spadkiem współczynnika dyfuzji.

Opierając się na badaniach Badgera i Whitmora, Hixona i Crowella, Hixona i Wilkensa i in. badaczy oraz obserwując pracę mieszadeł w zakładach przemysłowych przychodzimy do przekonania, że mieszadła łapowe szczególnie o łapach skośnych przy prawidłowo wybranych wymiarach i prędkościach są dość efektywnym urządzeniem do mieszania ruchliwych cieczy podczas przeprowadzania różnych operacji technologicznych, jak rozpuszczanie, ogrzewanie itp.

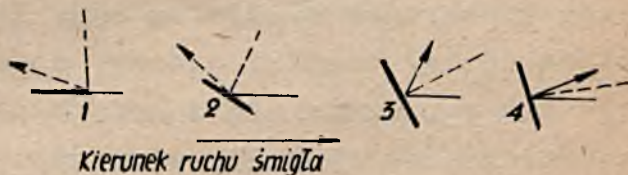
Co się zaś tyczy ilości obrotów mieszadeł łapowych, to trzeba pamiętać, że przy projektowaniu mieszadeł na wybór ilości obrotów ma wpływ nie tylko intensywność mieszania, ale również zużycie mocy na ich obracanie. Moc zaś potrzebna na poruszanie mieszadła jest proporcjonalna do trzeciej potęgi ilości obrotów, jak to widać z równania /10/. Wynika z tego, że przy dużej ilości obrotów czas potrzebny na mieszanie jest mały, bo intensywność mieszania jest duża, zużycie energii natomiast jest wielkie. Oczywiście, jeżeli względy technologiczne na to pozwalają, należy wybrać taką ilość obrotów, przy której koszt mieszania jest mniejszy.

§ 5. Mieszadła propelerowe i śrubowe

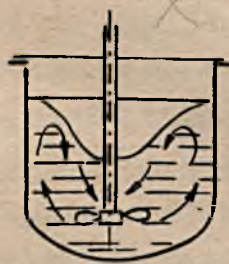
W łapach skośnych pochylenie na całej długości jest jednokowe. Jeżeli wykonamy łapę, w której nachylenie ciągle się zmienia od poziomego przy osi do pionowego na końcu, to otrzymamy łapę, którą nazywają śmigłem albo propelerem /rys. 21/.



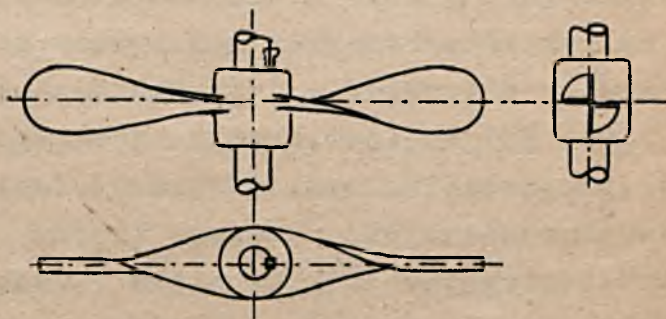
Rys. 21. Śmigło prawe



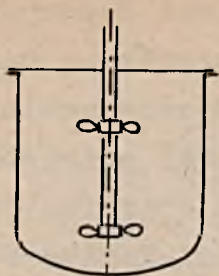
Rys. 22. Schemat działania śmigła



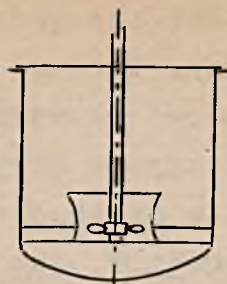
Rys. 23. Mieszadło śmigłowe



Rys. 24. Śmigło lewe



Rys. 25. Mieszadło śmigłowe podwójne

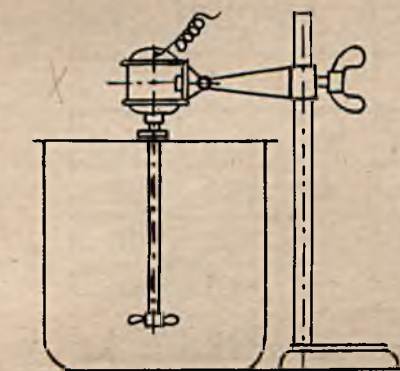


Rys. 26. Mieszadło śmigłowe z rurą cyrkulacyjną

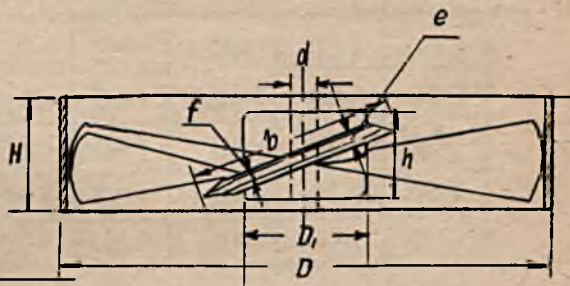
Śmigło jak i łapa skośna nadaje cząstkom cieczy oprócz słabego ruchu dookoła osi obrotu, ruch w dwóch dodatkowych kierunkach: od środka na zewnątrz wskutek siły odśrodkowej oraz do góry lub na dół /zależnie od kierunku ruchu/ wskutek zderzania się z cząsteczkami cieczy. Ruch do góry lub na dół skierowany jest w różnych przekrojach śmigła pod różnymi kątami, jak to widać na rys. 22, na którym poszczególne przekroje odpowiadają przekrojom śmigła na rys. 21. Oczywiście ruchy, w których biorą udział cząstki cieczy, dodają się do siebie i w rezultacie ciecz porusza się w sposób przedstawiony schematycznie strzałkami na rys. 23, w naczyniu zaś powstaje lej głębszy niż w mieszadle łapowym.

Śmigła bywają prawe i lewe. Prawym nazywamy takie śmigło, które przy ruchu obrotowym w kierunku zgodnym z biegiem wskazówki zegara nadaje cieczy ruch na dół, jak śmigło przedstawione na rys. 21. Propeler zaś podany na rys. 24 jest lewy, gdyż obracając się zgodnie z biegiem wskazówki zegara kieruje ciecz do góry. Śmigło lewe zwykle umieszczone bywa blisko dna naczynia, gdy chodzi o wymieszanie z cieczą ciężkich osadów, śmigło prawe natomiast pod poziomem cieczy, aby wciągnąć i wymieszać pianę i pływające lekkie ciała. Czasami, ażeby wzmocnić ruch pionowy cieczy do góry, śmigło umieszczają w najwęższym miejscu nieruchomej rury cyrkulacyjnej o kształcie ściętego stożka z kątem wierzchołkowym ok. 8° /rys. 26/. Na rys. 25 przedstawione jest mieszadło podwójne zaopatrzone w śmigło lewe u dołu i prawe na górze, wskutek czego powstają w cieczy prądy przeciwnie skierowane i mieszadło działa energiczniej.

Śmigła w porównaniu z łapami są krótkie i tylko czasem średnica ich dochodzi do 1000 mm. Zwykle jest ona od 4 do 5 razy mniejsza od średnicy naczynia, w którym następuje mieszanie. Skok śmigła równa się od 0,9 do 1,4 jego średnicy; obracają się śmigła natomiast bardzo prędko, gdyż ich szybkość obwodowa wynosi od 10 do 12 m/sek. Ilość obrotów mieszadeł propelerowych jest większa niż mieszadeł innych typów. Przy wielkiej ilości obrotów przekładnia zębata do przenoszenia ruchu obrotowego na wał propelera pracuje dość hałaśliwie i z tego powodu często stosowana jest przekładnia cierna lub wał śmigła łączony jest bezpośrednio z wałem silnika elektrycznego za pomocą sprzęgła, jak pokazano na rys. 27.



Rys. 27. Mieszadło śmigłowe laboratoryjne



Rys. 28. Śmigło czteroskrzydłowe

Śmigła są odlewane z żeliwa, brązu lub twardego ołowiu; mają one 2, jak na rys. 24, 3 lub nawet 4 skrzydła /rys. 28/. Małe śmigła można łączyć z wałem klinami /rys. 24/, większe zaś osadzać należy w taki sposób, ażeby ich oś geometryczna zgadzała się z osią obrotów. Na rys. 24 pokazane jest w trzech rzutach lewe śmigło dwuskrzydłowe odlane z żeliwa lub brązu i osadzone na wale za pomocą klina. Rys. 28 zaś przedstawia duże czteroskrzydłowe lewe śmigło brązowe lub żeliwne z niskim pierścieniem cyrkulacyjnym, ze znormalizowanymi przez jedną z fabryk ZSRR wymiarami, które są podane w tablicy VI.

Obliczanie śmigła jest bardziej skomplikowane niż łapy skośnej, bowiem kąt nachylenia do poziomu łapy skośnej jest na całej jej długości jednakowy, kąt nachylenia zaś śmigła, jak już było zaznaczone, zmienia się od 0° przy osi obrotu do 90° na końcu.

T a b l i c a VI

Śmigło	D	D ₁	d	H	h	e	f	b	b ₁
ze- liwne	500	130	40	120	95	20	10	220	80
	600	130	40	185	95	20	10	250	95
	700	130	40	210	120	25	11	300	115
	800	140	40	220	135	27	12	340	130
	900	160	40	230	160	30	15	380	145
	1000	170		250	190	30	15		190
bra- zo- we	500	130	40	160	85	15	8	215	80
	600	130	40	160	90	15	8	250	90
	700	130	40	170	110	16	9	290	110
	800	140	40	180	130	16	9	310	110
	900	160	40	195	160	18	10	310	160
z twar- dego oło- wiu	500	130	40	120	100	25	12	215	80
	600	140	40	160	110	25	12	250	90
	700	140	40	160	120	30	14	280	100
	800	150	40	180	140	30	14	310	110
	900	165	40	180	160	35	16	320	120

Dla nieskończonej małej powierzchni śmigła $dF = b \cdot dx$ wziętej w dowolnej odległości x /rys. 29/ od osi śmigła możemy napisać opierając się na wzorach /2/, /5/ i /11/, że

$$dW = \varphi \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot \frac{\rho}{2g} \cdot \left/ \frac{2\pi \cdot n}{60} \right/^2 \cdot x^2 \cdot dx,$$

$$dM = \varphi \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot \frac{\rho}{2g} \cdot \left/ \frac{2\pi \cdot n}{60} \right/^2 \cdot x^3 \cdot dx.$$

Przyjmując, że kąt α , który tworzy pochyła powierzchnia dF z osią śmigła, jest proporcjonalny do odległości tej powierzchni od końca śmigła /rys. 29/, tj., że

$$\alpha : \frac{\pi}{2} = /R - x/ : R,$$

skąd

$$\alpha = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot /R - x/}{R} = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{R},$$

oraz biorąc pod uwagę, że

$$\cos \alpha = \cos \left/ \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{R} \right/ = \sin \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{R} ;$$

Przekształcimy powyższe wzory następująco:

$$dW = \varphi \cdot b \cdot \frac{\delta}{2g} \cdot \left/ \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right/^2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{2R} \cdot x^2 \cdot dx, \quad /16/$$

$$dM = \varphi \cdot b \cdot \frac{\delta}{2g} \cdot \left/ \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right/^2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{2R} \cdot x^3 \cdot dx. \quad /17/$$

Całkując w granicach od $x = r$ do $x = R$ otrzymamy ostatecznie

$$W = \varphi \cdot b \cdot \frac{\delta}{2g} \cdot \left/ \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right/^2 \cdot \int_r^R x^2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{2R} \cdot dx, \quad /18/$$

$$M = \varphi \cdot b \cdot \frac{\delta}{2g} \cdot \left/ \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right/^2 \cdot \int_r^R x^3 \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{2R} \cdot dx \cdot \quad /19/$$

Moc potrzebna na obracanie jednego skrzydła śmigła wynosi w koniach mechanicznych

$$N = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot \frac{1}{75} \cdot M = \frac{1}{75} \cdot \varphi \cdot b \cdot \frac{\delta}{2g} \cdot \left/ \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right/^3 \cdot \int_r^R x^3 \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{2R} \cdot dx$$

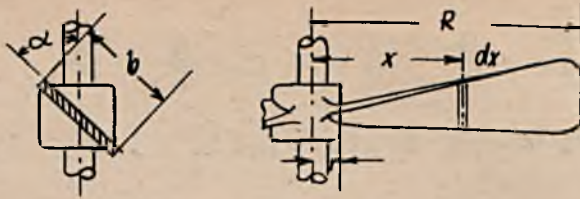
lub po uproszczeniu, przyjmując $g = \pi^2$,

$$N = \frac{\pi}{4050000} \cdot \varphi \cdot b \cdot \delta \cdot n^3 \cdot \int_r^R x^3 \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{2R} \cdot dx \cdot \quad /20/$$

P r z y k ł a d. Obliczyć zużycie mocy oraz moment obrotowy dla dwuskrzydłowego mieszadła śmigłowego średnicy $D = 500$ mm o stałej szerokości skrzydeł $b = 120$ mm. Śmigło ma piastę o średnicy $D_1 = 130$ mm i obraca się z prędkością 240 obr/min.

Mieszadło przeznaczone jest do mieszania roztworu o ciężarze właściwym $\delta = 1200$ kg/m³. Sprawność mechanizmu mieszadła

$\eta = 0,8$; $\varphi = 1,15$ /z tablicy I/.



Rys. 29. Śmigło prawe

Podstawiając odpowiednie dane do wzorów /19/ i /20/ otrzymamy

$$M = 1,15 \cdot 0,12 \cdot \frac{1200}{2 \cdot 9,81} \cdot \sqrt{\frac{2\pi \cdot 240}{60}} \cdot \int_{0,065}^{0,25} x^3 \cdot \sin 2\pi x \cdot dx,$$

$$N = \frac{\pi}{4050000} \cdot 1,5 \cdot 0,12 \cdot 1200 \cdot 240^3 \cdot \int_{0,065}^{0,25} x^3 \cdot \sin 2\pi x \cdot dx$$

lub

$$M = 5340 \cdot \int_{0,065}^{0,25} x^3 \cdot \sin 2\pi x \cdot dx,$$

$$N = 1775 \int_{0,065}^{0,25} x^3 \cdot \sin 2\pi x \cdot dx.$$

Całkę $\int_{0,065}^{0,25} x^3 \cdot \sin 2\pi x \cdot dx$ obliczamy albo analitycz-

nie, albo metodą graficzną.

Analityczny sposób obliczania powyższej całki opiera się na następującym znanym równaniu

$$\int u \cdot dv - u \cdot v = \int v \cdot du.$$

Stosując ten wzór kilkakrotnie otrzymamy, że

$$\int x^3 \cdot \sin 2\pi x \cdot dx = -x^3 \cdot \cos 2\pi x + 3x^2 \cdot \sin 2\pi x + 6x \cdot \cos 2\pi x - 6 \sin 2\pi x,$$

wobec czego

$$\int_{0,065}^{0,25} x^3 \cdot \sin 2\pi x \cdot dx = 0,000912.$$

Metoda graficzna obliczania całki $\int_{0,065}^{0,25} x^3 \cdot \sin 2\pi x \cdot dx$

jest mniej dokładna, ale prostsza i polega na przedstawianiu funkcji $y = x^3 \cdot \sin 2\pi x$ na wykresie /rys. 30/ za pomocą krzywej i splanimetrowaniu pola pod tą krzywą. Wyniki obliczeń pomocniczych najlepiej przedstawić w postaci tablicy VII.

T a b l i c a VII

x	0,065	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
x^3	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009	0,012	0,015
	275	729	331	197	375	917	859	261	167	625
$2\pi x$	0,408	0,565	0,692	0,817	0,942	1,068	1,195	1,321	1,448	1,571
$\sin 2\pi x$	0,397	0,533	0,640	0,731	0,799	0,893	0,930	0,969	0,992	1
y	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,012	0,015
	11	39	8	61	69	37	38	69	07	62

Po wykreśleniu krzywej $y = f/x/$ /rys. 28/ i splanimetrowaniu pola pod tą krzywą w granicach od $x = 0,65$ do $x = 0,25$ otrzymujemy

$$\int_{0,065}^{0,25} x^3 \cdot \sin \frac{2\pi \cdot x}{2 \cdot 0,28} \cdot dx = 0,000904.$$

Wobec tego moment potrzebny do obracania jednego skrzydła równa się $M_1 = 5340 \cdot 0,000904 = 4,82 \text{ Kgm}$, a moc $N_1 = 1775 \cdot 0,000904 = 1,62 \text{ KM}$. Na obracanie zaś śmigła dwuskrzydłowego potrzebny moment wynosi $M_2 = 964 \text{ Kgm}$, a moc $N_2 = 3,24 \text{ KM}$. Uwzględniając sprawność mechaniczną mieszadła obliczamy moc silnika $N = \frac{1}{\eta} N_2 = \frac{3,24}{0,8} = 4 \text{ KM}$.

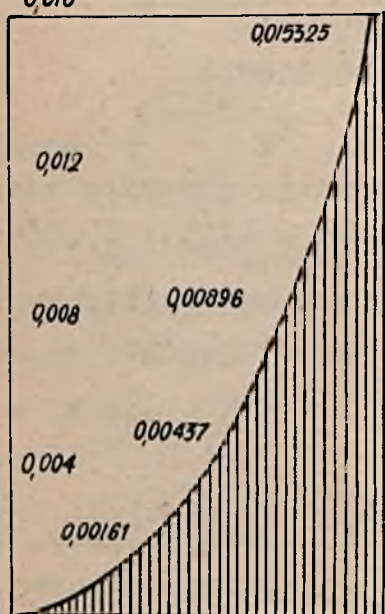
Przy wyprowadzaniu wzorów /18/, /19/ i /20/ przyjęliśmy, że szerokość b skrzydeł śmigła jest stała na całej ich długości. Bardzo często jednak skrzydła te rozszerzają się mając najmniejszą szerokość b_1 przy osi śmigła i największą b_2 na końcu. Bieg rozumowań wtedy będzie taki sam, jak poprzednio, wzory jednak

nieco się skomplikują przez wstawienie do równań /16/ i /17/ zamiast b szerokości śmigła w odległości x od osi, która równa się

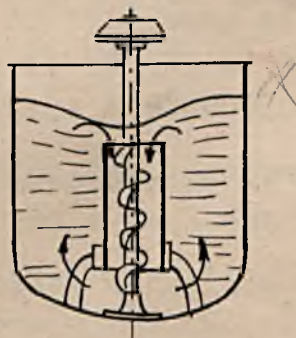
$$b = b_1 + \frac{x/b_2 - b_1}{R}$$

Mieszadła śmigłowe są stosowane do mieszania cieczy ruchliwych o małej lepkości. Oddają one duże usługi w tych przypadkach, gdy chodzi o bardzo prędkie mieszanie dolewanej substancji z cieczą znajdującą się w naczyniu reakcyjnym. Jest to potrzebne, gdy reakcja chemiczna zachodzi z jednoczesnym wydzieleniem dużych ilości ciepła, jak np. podczas nitrowania substancji organicznych. Są one również stosowane i wówczas, gdy chodzi o wytworzenie emulsji oraz wtedy, gdy należy zapobiec opadaniu zawieszin ciał stałych w cieczach. Nie należy ich jednak stosować do mieszania cieczy gęstych oraz lepkich. Do mieszania tego rodzaju ciał ciekłych są używane mieszadła, które przesuwają substancje mieszane w kierunku pionowym, jak omówione poprzednio poziome mieszadła łapowe, przedstawione na rys. 17 oraz mieszadła śrubowe.

Na rys. 31 przedstawione jest mieszadło śrubowe, w którym śruba umieszczona jest wewnątrz nieruchomej rury cyrkulacyjnej. 0,016



Rys. 30



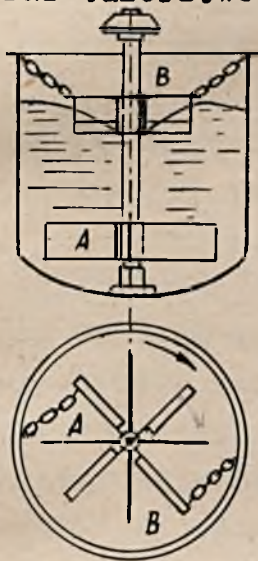
Rys. 31. Mieszadło śrubowe

Podczas pracy nadaje ona cieczom mieszanim ruch w zależności od kierunku swego obrotu albo na dół jak na rys.31, albo do góry.

W pierwszym przypadku na powierzchni cieczy wytwarza się lej przez który są wciągane w głąb mieszadła piana oraz pływające substancje, w drugim zaś strumień cieczy unosi do góry ciężkie osady z dna naczynia.

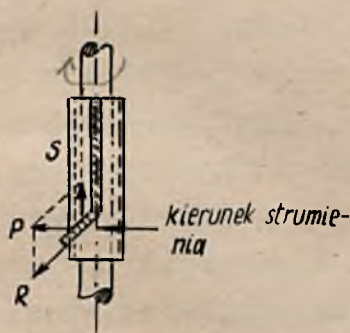
§ 6. Mieszadła odśrodkowe

Odśrodkowe mieszadła wywołują bardzo energiczne mieszanie. Z szeregu stosowanych w przemyśle konstrukcji tego typu mieszadeł na uwagę zasługują mieszadła "Tajfun", Furowicza, turbino-
we oraz talerzowe.



Rys. 32. Mieszadło "Tajfun"

Na wale mieszadła "Tajfun" /rys. 32/ są osadzone sztywno 4 skrzydła A, które podczas ruchu działają w ten sam sposób jak zwykłe łapy, tj. popychają ciecz przed sobą i odrzucają ją jednocześnie ku ściankom naczynia. Mieszadło ma ponadto skrzydła B zawieszane na łańcuszkach lub linkach w taki sposób, że mogą zajmować wyższe lub niższe położenie ślizgając się wzdłuż wału. Dolna część tych skrzydeł jest odgięta w kierunku ruchu cieczy, jak pokazano w większej skali na rys. 32a.

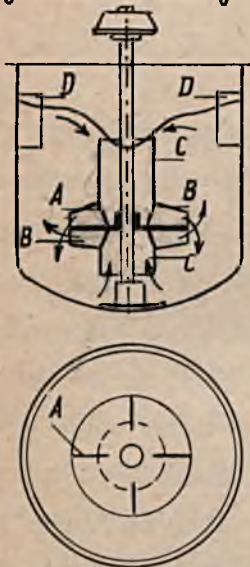


Rys. 32a

Podczas pracy ciecz krążąca w naczyniu wskutek działania dolnych skrzydeł A wywiera na odgiętą część skrzydeł B nacisk z pewną siłą P. Jeżeli składowa pionowa S tej siły /rys. 32a/ jest większa od ciężaru skrzydeł w cieczy, to podnoszą się one do góry i częściowo wynurzają się z cieczy. Wystające z powierzchni cieczy skrzydła B hamują jej ruch wirowy wytwarzając w cieczy silne zaburzenia przyspieszające mieszanie.

W mieszadle Furowicza /rys. 33/ na wale osadzona jest tarcza do której za pomocą skrzydeł A i stożkowych pierścieni B przymocowane są rury cyrkulacyjne C.

Skrzydła A wskutek działania siły odśrodkowej wyrzucają podczas ruchu ku ściankom naczynia ciecz znajdującą się pomiędzy pierścieniami. Na miejsce cieczy wyrzuconej zasysana jest rurami cyrkulacyjnymi C z dna naczynia oraz z powierzchni cieczy nowa porcja substancji mieszanych. Na powierzchni cieczy powstaje



głęboki lej, który ułatwia wciąganie i przerabianie piany oraz ciał pływających; z dna naczynia zaś zasysane są i przerabiane znajdujące się tam osady. Podczas pracy ciecz mieszana otrzymuje w naczyniu ruch pokazany na rys. 33 schematycznie strzałkami. Skrzydła nieruchome D przymocowane do ścianek kotła noszą nazwę łamaczy fal i przeciwstawiając się krążeniu cieczy dookoła osi mieszadła sprzyjają mieszaniu.

Rys. 33. Mieszadło Furowicza

Mieszadło Furowicza, jak wynika z powyższego opisu, nadaje się jak żadne inne do mieszania cieczy silnie pieniących się i dających jednocześnie osady,

jak np. sok buraczany w kotłach saturacyjnych w cukrowniach.

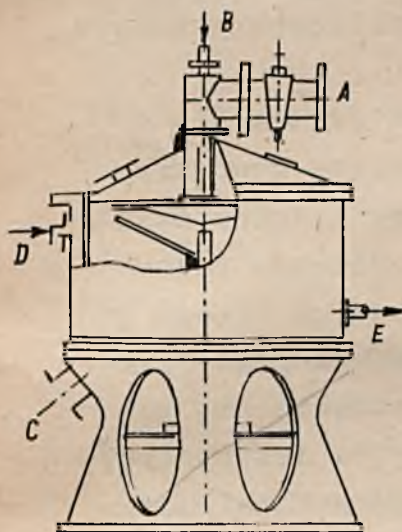
Mieszadła turbinowe stosowane są do mieszania cieczy lepkich. Mają one wirnik w postaci tarczy albo bębna, który wiruje z dużą ilością obrotów na minutę. Są w nim kanały i łopatkki podobne do kanałów i łopatek turbin wodnych. Wirnik jednego z takich mieszadeł przedstawiony jest w przekroju na rys. 34. Mieszadła turbinowe dobrze się nadają do mieszania cieczy lepkich o różnych ciężarach właściwych w celu otrzymania emulsji. Podczas pracy ciecz cięższa zasysana jest od dołu /rys. 34/ i pod działaniem siły odśrodkowej wyrzucana jest z dużą prędkością na zewnątrz, gdzie zderza się ze strumieniem cieczy lżejszej dostającej się w kanały pomiędzy łopatkami wirnika od góry. Strumienie obu cie-



Rys. 34

czy rozbijają się wzajemnie wytwarzając emulsję. Wymiary wirników tych mieszadeł na ogół są małe, ilość obrotów ich natomiast jest duża i wynosi od 200 do 1000 obr./min.

Na rys. 35 przedstawiony jest schemat mieszadła tarczowego. Do środka szybko wirującej tarczy, talerza lub misy doprowadzane są przeznaczone do zmieszania ciecze, które mieszają się z sobą już w chwili spadania na tarczę. Pod wpływem siły odśrodkowej



Rys. 35. Mieszadło tarczowe

ciecz płynąc cienką warstwą po powierzchni tarczy wylatuje z tarczy z dużą prędkością i rozpryskując się wachlarzowo wewnątrz naczynia zbiera się na jego dnie.

Mieszadło tarczowe konstrukcji Butza przedstawione na rys. 35 stosowane jest w przemyśle naftowym do mieszania olejów surowych z kwasem siarkowym. Oleje wchodzi przez zawór A, a kwas siarkowy w ilości dwudziestokrotnie mniejszej przez rurkę B, gotowa zaś mieszanina odchodzi przewodem C. Podczas mieszania zachodzi jednocześnie przeponowe ogrzewanie cieczy mieszanych do temperatury ok. 70°C . W tym celu w komorze suszarni umieszczony jest płaszcz ogrzewający, do którego doprowadzana jest para przewodem D, a rurą E odprowadzane są skropliny. Ogrzewana jest również tarcza wirująca opatrzona z tego powodu ściankami podwójnymi, pomiędzy które dopływa para grzejna.

Poza działaniem ciągłym, co jest dużą zaletą mieszadła Butza, zajmuje ono znacznie mniej miejsca niż mieszadła o działaniu periodycznym.

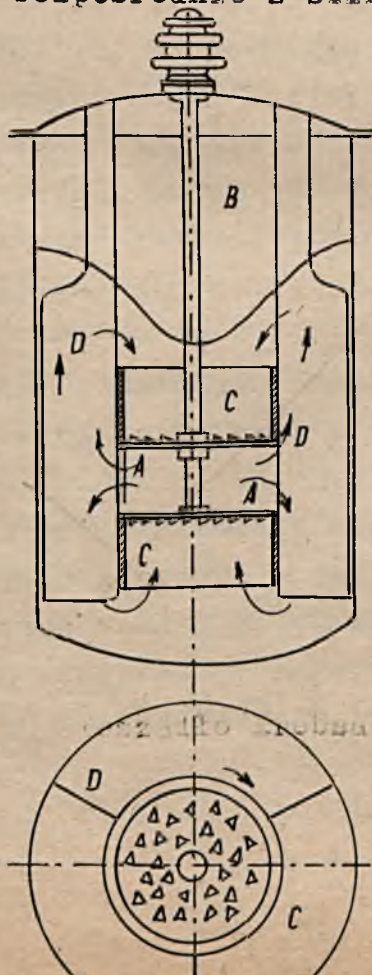
Jeżeli podczas mieszania ogrzewanie lub chłodzenie nie jest potrzebne, konstrukcja mieszadła tarczowego jest prostsza, a cena mniejsza.

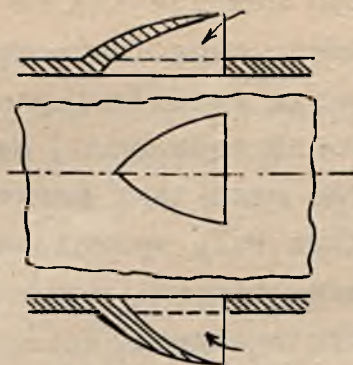
Do mieszania cieczy ze sproszkowanymi ciałami stałymi budowane są mieszadła tarczowe o dwóch tarczach wirujących w przeciwnych kierunkach. Na jedną z nich doprowadza się ciecz, na drugą zaś ciało sproszkowane. Mieszanie następuje wtedy, gdy obie substancje spływając wachlarzowo na tarczę spotykają się ze sobą.

§ 7. Mieszadło Krebsa

Do mieszania cieczy o różnych ciężarach właściwych trudno mieszających się ze sobą stosowane jest w Ameryce mieszadło Krebsa, które chociaż nie jest mieszadłem odśrodkowym wywołuje prądy cieczy takie, jak mieszadło Furowicza.

Mieszadło Krebsa przedstawione na rys. 36 składa się z dwóch tarcz A osadzonych na wale B i umieszczonych wewnątrz nieruchomych rur cyrkulacyjnych C. Tarcze górna i dolna mają wytłoczone otwory pokazane na rys. 36a i 36b. Podczas ruchu górna tarcza popycha ciecz mieszaną na dół, a dolna tłoczy ją do góry i w ten sposób wewnątrz mieszadła powstają prądy cieczy pokazane na rysunku strzałkami, a na jej powierzchni głęboki lej. Prądy cieczy z dołu do góry i z góry na dół spotykają się ze sobą w przestrzeni pomiędzy tarczami, wskutek czego powstają w tym miejscu zaburzenia i wiry sprzyjające mieszaniu. Skrzydła D przymocowane do nieruchomej pokrywy zabezpieczają ciecz od krążenia wewnątrz naczynia. Tarcze powinny obracać się z dużą ilością obrotów i z tego powodu wał mieszadła połączony jest sprzęgłem bezpośrednio z silnikiem elektrycznym.



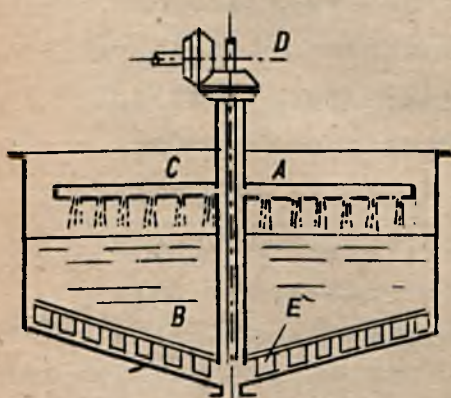


Rys. 36b

Konstrukcja mieszadła Krebsa, jak widać z powyższego, jest bardzo prosta. Brak przekładni zębatej pomiędzy silnikiem a wałem zmniejsza nieużyteczne straty energii. Mieszadło to jest stosowane w Ameryce, jak zaznaczyłem poprzednio, do mieszania cieczy o różnych ciężarach właściwych, można go z powodzeniem stosować również do mieszania cieczy gęstych.

§ 8. Mieszadło Dorra

Zupełnie na innych zasadach niż maszyny rozpatrywane poprzednio działa mieszadło Dorra /rys. 37/. Na wałe wydrążonym A tej maszyny osadzone są dwie grupy łap: dolne B o skrobaczkach skośnie ustawionych i górne C w postaci rynienek z drobnymi otworami w dnie. Wewnątrz wału A umieszczona jest rurka D, którą doprowadza się powietrze prawie do dna naczynia.



Rys. 37. Mieszadło Dorra

Powietrze wchodząc do cieczy znajdującej się wewnątrz wału wydrążonego unosi się w niej do góry w postaci wielkiej ilości pęcherzyków, wskutek czego ciężar właściwy cieczy zmieszanej wewnątrz wału wydrążonego z powietrzem jest znacznie mniejszy od ciężaru właściwego cieczy bez pęcherzyków powietrza. Z tego powodu ciecz wewnątrz wału jest wypierana do góry przez ciecz znajdującą się na zewnątrz.

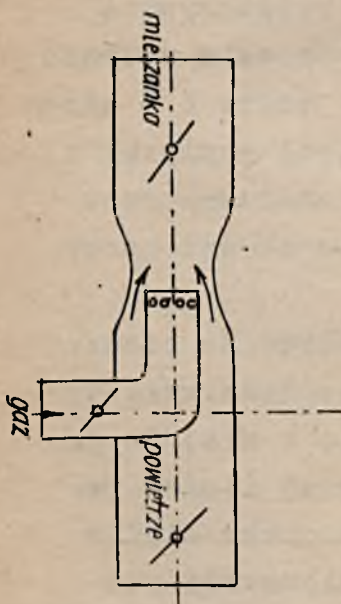
Wchodzi ona do rynienek C, z których wylewa się przez szereg otworków w ich dnie i znów dostaje się do zbiornika.

Wał mieszadła otrzymując napęd za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej obraca się razem z łopami, a skrobaczki E przymocowane są łop dolnych B zeskrobuja osad z dna naczynia i kierują go do środka. Tam osad jest porywany przez strumień cieczy i podnoszony wewnątrz wału wydrążonego do rynienek, skąd razem z cieczą wypływa przez otworki w ich dnie i w ten sposób następuje wymieszanie osadu z cieczą.

Mieszalniki Dorra są budowane w różnych wymiarach; średnica ich dochodzi do 10 m, ilość zaś obrotów jest mała i tylko rzadko, dla mieszadeł małej średnicy, przekracza 6 obr./min.

§ 9. Mieszanie gazów z gazami, cieczami i ciałami sypkimi

Gazy wskutek wielkiej ruchliwości swych cząsteczek mieszają się ze sobą bardzo łatwo. Urządzenia do mieszania gazów z gazami stosowane są rzadko i mają na celu raczej przyspieszenie procesu mieszania niż wywołanie go. Zwykle są to urządzenia bardzo proste. Jako przykład rozpatrzmy schemat urządzenia



Rys. 38. Mieszanie gazów

/rys. 38/ do sporządzania mieszanki paliwa gazowego i powietrza stosowanej w silnikach wybuchowych. Składa się ten przyrząd z dwóch rur: do paliwa - mniejszej średnicy i do powietrza - większej.

W każdej z nich znajdują się klapy, którymi można regulować ilość paliwa i powietrza doprowadzanych do przyrządu, a przez to wytwarzać mieszankę o pożądanym składzie. Koniec mniejszej rury jest zakryty, paliwo zaś wypływa z niej przez szereg małych otworów cienkimi strumieniami skierowanymi prostopadle do prądu powietrza.

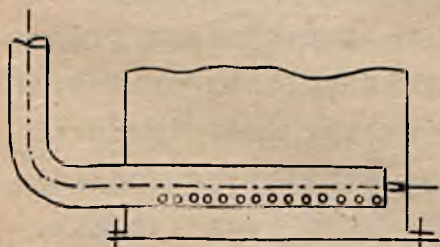
W ten sposób cząsteczki gazu palnego przenikają pomiędzy cząsteczki powietrza i wytwarzają mieszankę, która następnie przechodzi przez klapę mniej lub więcej otwartą wywołującą w strumieniu gazu zaburzenia i wiry wykańczające mieszanie.

Istnieje kilka konstrukcji przyrządów mieszających opartych na powyższej zasadzie.

Mieszanie gazów z cieczami osiąga się w przemyśle chemicznym różnymi sposobami w zależności przede wszystkim od charakteru reakcji chemicznych i fizycznych zachodzących pomiędzy fazą ciekłą i gazową oraz poza tym w zależności od objętości mieszanych ze sobą faz.

Gdy chodzi o zmieszanie dużej objętości gazu ze stosunkowo małą ilością cieczy, mieszanie następuje w wieżach reakcyjnych, których szczegółowy opis i zasady działania będą podane w jednym z następnych rozdziałów. Do aparatów tych faza gazowa wprowadza się od dołu, a ciecz rozpryskiwana jest jak najdrobniej w górnej części wieży. Dla powiększenia powierzchni zetknięcia się cieczy z gazem wieże często bywają wypełniane pierścieniami Raschiga, koksem, żwirem, materiałem ceramicznym lub deskami ustawionymi na kant.

Małe ilości gazu mieszamy z cieczami przy pomocy bełkotek. Najprostszą formą bełkotki jest rura ustawiona poziomo blisko dna naczynia i mająca niewielkie otwory w dolnej części /rys.39/, przez które gaz wchodzi do cieczy w postaci pęcherzyków. Wszystkie otwory powinny się znajdować w jednym poziomie /rys. 39a/ i mieć jednakową średnicę, w przeciwnym bowiem razie gaz przechodząc drogą najmniejszego oporu nie będzie równomiernie przepływać przez ciecz.



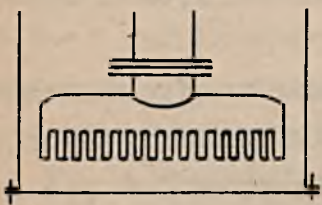
Rys. 39



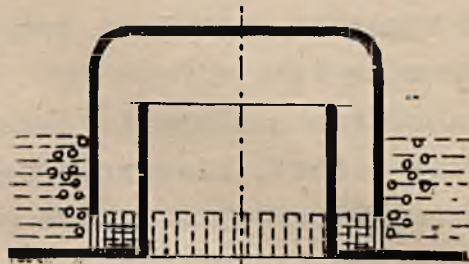
Rys. 39a

Otwory w bełkotkach rurkowych mają średnicę od 3 do 6 mm. Zupełnie zrozumiałe, że im mniejsze otworki ma bełkotka, tym drobniejsze powstają pęcherzyki gazu, a więc tym jest lepsze mieszanie gazu z cieczą, ale tym łatwiejsze jest zapychanie otworków, gdy ciecz pozostawia osady.

W cieczach mętnych dających osady otwory w bełkotce powyższej łatwo się zanieczyszczają. W tych przypadkach należy stosować bełkotki korytkowe z wycięciami w kształcie ząbków /rys. 40/.



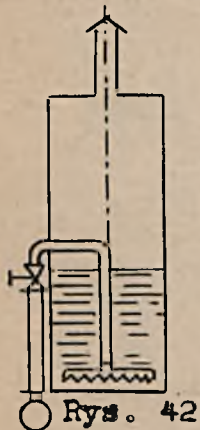
Rys. 40. Bełkotka korytkowa



Rys. 41. Bełkotka dzwonowa

Gaz wydostaje się przez górną część ząbków /jak pokazano na rys. 41 dla bełkotki dzwonowej/, w wypadku zaś zarastania otworków osadami poziom wypływu gazu odpowiednio się obniża.

Podobne do bełkotek korytkowych są bełkotki dzwonowe stosowane w kolumnach destylacyjnych i w niektórych płuczkach do gazów. Faza gazowa doprowadzana jest pod dzwon /rys. 41/ z dołu za pomocą rury, której górna krawędź powinna leżeć wyżej niż poziom cieczy poza dzwonem, aby ciecz nie mogła się przelewać przez tę rurę, gdy ciśnienie pod dzwonem spadnie. Z tego samego względu rury doprowadzające gaz do bełkotek rurowych i korytkowych /rys. 42/ powinny być wzniesione wyżej niż poziom cieczy w naczyniu.



Rys. 42

We wszystkich opisanych wyżej bełkotkach gaz powinien mieć taką prędkość, aby mógł przewyciężyć ciśnienie hydrostatyczne słupa cieczy nad otworkami bełkotki, pokonać wszelkiego rodzaju opory związane z przepływem i wypływem gazu oraz nadać strumieniowi gazu, który przepływa przez otworki bełkotki, odpowiednią energię kinetyczną.

Oznaczając przez H wysokość w metrach słupa cieczy nad otworkami bełkotki przez δ_1 i δ_2 ciężary właściwe w kilogramach na metr sześcienny gazu i cieczy, przez c prędkość w metrach na sekundę gazu, a przez ξ sumaryczny współczynnik oporów hydraulicznych obliczymy ciśnienie gazu

p w kilogramach na metr kwadratowy ze wzoru

$$p = \frac{\rho_1 \cdot c^2}{2g} \cdot \left(1 + \xi \right) + \rho_2 \cdot H.$$

Bełkotki są stosowane nie tylko wtedy, gdy chodzi o zmieszanie gazu z cieczą, ale czasem również i do mieszania dwu lub kilku cieczy ze sobą.

Mieszanie cieczy bełkotkami polega na tym, że przez warstwę mieszanych cieczy przepuszczamy za pomocą bełkotki strumień powietrza, pary lub jakiegoś gazu obojętnego, wskutek czego w naczyniu powstają prądy cieczy i wiry, które właśnie wywołują mieszanie.

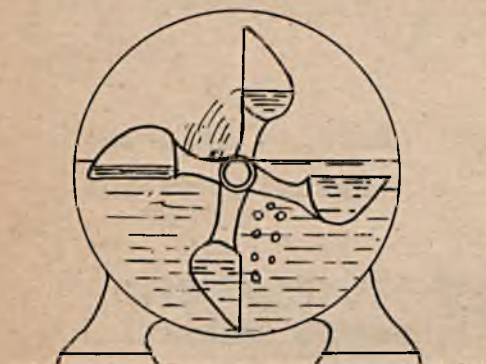
Mieszanie ciał ciekłych za pomocą bełkotek nie wymaga skomplikowanych urządzeń i jeżeli fabryka rozporządza sprężonym powietrzem, wystarczy doprowadzić go przewodami do bełkotek. Trzeba jednak pamiętać, że pęcherzyki powietrza przepływające przez ciecze nasycają się ich oparami powodując przez to niekiedy straty cennych substancji.

Mieszanie ciał ciekłych za pomocą bełkotek chętnie jest stosowane wtedy, gdy ciecze mieszane atakują chemicznie części metalowe mieszadeł mechanicznych.

Zużycie powietrza do mieszania cieczy zależy od intensywności mieszania i wynosi wg amerykańskiej firmy F.M. Rootw Co przy mieszaniu w przeciągu 1 godziny od 25 do 60 m³ na 1 m² swobodnej powierzchni cieczy w naczyniu.

Urządzenia mechaniczne do mieszania gazów z cieczami stosuje się rzadko. Jako przykład podaję na rys. 43 mieszadło przeznaczone wg patentu niemieckiego do mieszania gazów zawierających chlor z mlekiem wapiennym w celu oczyszczenia tych gazów i otrzymania wapna bielącego CaOCl₂. Mieszadło to ma szereg koryt obracających się dookoła osi poziomej. Zanurzając się w ciecz koryta powyższe zabierają ze sobą pewną objętość gazu, który następnie w postaci pęcherzyków przepływa przez ciecz do góry, wynurzając się zaś z cieczy koryta podnoszą pewną ilość cieczy do góry i następnie rozpryskują ją wskutek siły odśrodkowej. Pomimo że w mieszadle powyższym zastosowano obie zasady mieszania gazów z cieczami, a mianowicie rozpryskiwanie cieczy wśród gazu i rozpryskiwanie gazu

wśród cieczy, nie znalazło ono szerszego zastosowania w tej gałęzi przemysłu, dla której było przeznaczone.



Rys. 43. Mieszadło
korytkowe

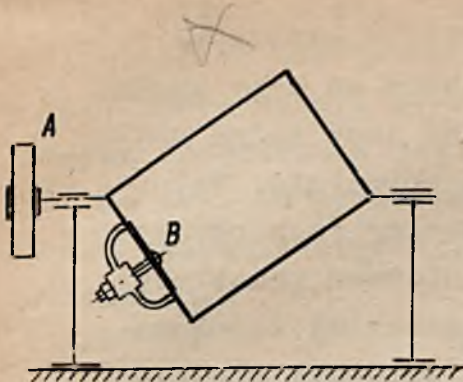
do wypalania cementu oraz w innych piecach.

Mieszanie gazów z ciałami stałymi możliwe jest tylko wtedy, gdy ciała stałe są dostatecznie rozdrobnione i zachodzi albo przez rozpylanie ciała stałego w ośrodku gazowym, jak np. w paleniskach do pyłu węglowego, albo przez wielokrotne rozrzucanie ciała sypkiego w środowisku gazowym, jak np. w suszarniach bębnowych, w piecach obrotowych

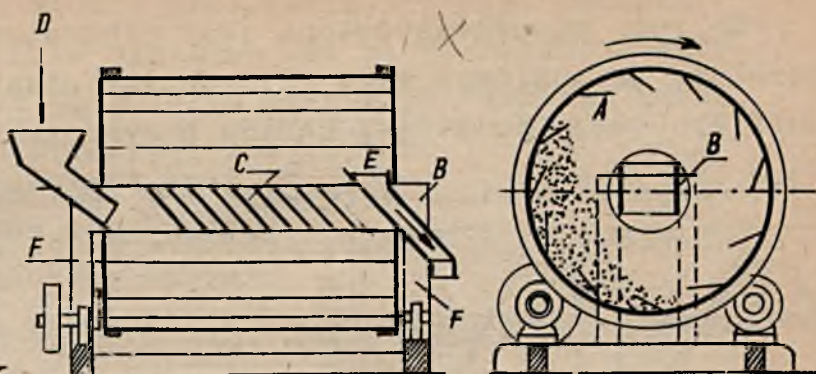
§ 10. Mieszarki

Mieszanie ciał sypkich odbywa się w mieszarkach. Otrzymanie jednorodnej mieszaniny tych ciał jest dość trudne i zależy od wielkości ziarn, ciężaru właściwego i wilgotności substancji mieszanych. Im składniki mieszaniny są drobniejsze, a ich ciężary właściwe i wymiary ziarn mniej różnią się od siebie, tym mieszanie jest łatwiejsze, wymaga mniej czasu i zużywa mniej energii mechanicznej. Ciała suche i nie zbijające się w grudki łatwiej mieszają się niż substancje wilgotne. Najprościej można wymieszać ciała sypkie przesypując je łopatami z miejsca na miejsce, jak to się robi przy przygotowaniu zaprawy murarskiej na małych budowach. W przemyśle jednak stosowane jest mieszanie maszynowe. Z maszyn różnych konstrukcji przeznaczonych do tego celu na uwagę zasługują mieszarki bębnowe, spiralne i talerzowe.

Najprostsza mieszarka bębnowa o działaniu periodycznym przedstawiona jest schematycznie na rys. 44. Bęben tej mieszarki osadzony jest ekscentrycznie na wale otrzymującym napęd za pomocą koła pasowego A. Ładowanie i opróżnianie następuje okresowo przez pokrywę B. Mieszarka powyższa dobrze miesza proszki i inne sypkie drobnoziarniste materiały o ciężarach właściwych mało różniących się od siebie.



Rys. 44. Mieszarka bębnowa



Rys. 45. Mieszarka o działaniu ciągłym

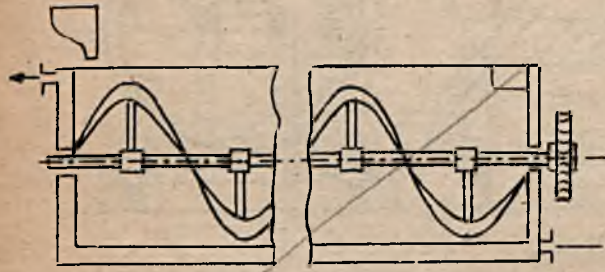
Wydajność jej jest niewielka i z tego powodu jest stosowana tylko wtedy, gdy chodzi o zmieszanie małych ilości substancji sypkich.

Mieszarka bębnowa o działaniu ciągłym podana jest schematycznie na rys. 45. Bęben tej mieszarki spoczywa na czterech rolkach, z których jedna para otrzymuje napęd za pośrednictwem przekładni zębatej lub pasowej. Wskutek tarcia ruch obrotowy z rolek przenosi się na bęben. Wewnątrz mieszczą się półki A nachylone w kierunku ruchu i obracające się wraz z bębniem oraz nieruchome listwy B przechodzące przez otwory w denkach bębna i przymocowane do nieruchomych słupków F. Pomiędzy listwami znajduje się szereg pochyłych przegród C.

Podczas ruchu bębna materiały mieszane są podnoszone przez półki do góry i rozsypywane wewnątrz bębna. Część materiałów spadając z półek trafia pomiędzy listwy B i zsuwa się na prawo na pochyłych przegrodach C. W ten sposób mieszanina przesuwa się od denka, w którym umieszczony jest lej zasilający D, w kierunku leja E, przez który odchodzi z mieszarki spadając w końcu bębna z półek A do leja E.

Mieszarki bębnowe o działaniu ciągłym mają znacznie większą wydajność niż okresowe i dlatego są używane wtedy, gdy chodzi o mieszanie większych ilości materiałów sypkich. Ilość obrotów ich ze względów wyjaśnionych w § 9 rozdziału I/Rozdrabniarki/ powinna być mniejsza od $\frac{42,3}{\sqrt{D}}$ obr/min. Zwykle wynosi ona od $n = \frac{30}{\sqrt{D}}$ do $\frac{35}{\sqrt{D}}$ obr/min.

Na rys. 46 przedstawiona jest schematycznie mieszarka spiralna. Na poziomym wale tej maszyny osadzone są łapy wzdłuż linii śrubowej, do której końców przymocowana jest taśma metalowa wygięta spiralnie. Wał otrzymuje powolny ruch obrotowy za pośrednictwem przekładni ślimakowej, materiał zaś znajdujący się w poziomym korycie mieszarki podlega jednoczesnemu mieszaniu i przesuwaniu z jednego końca koryta na drugi.



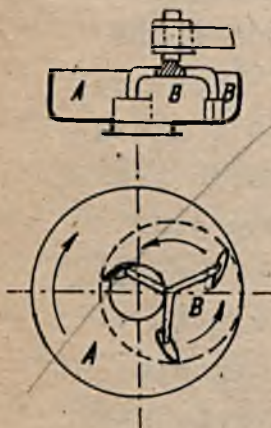
Rys. 46. Mieszarka spiralna

Mieszarki spiralne lekkiej konstrukcji używane bywają w suszarniach korytkowych do suszenia substancji sproszkowanych i w krystalizatorach.

W krystalizatorach koryto o podwójnych ściankach chłodzone jest wodą /rys. 46/, taśma zaś miesza i przesuwa z jednego jego końca na drugi kryształki substancji wypadających z nasyconego roztworu wskutek chłodzenia. W przemyśle cukrowniczym mieszadło spiralne jest stosowane w zbiornikach, w których stygnie i krystalizuje się cukier ugotowany w warnikach.

Taśma spiralna stosowana jest również do mieszania ciał plastycznych. Maszyna powinna wówczas być zbudowana bardzo mocno.

Do mieszania ciał sproszkowanych mają zastosowanie mieszarki talerzowe. Składają się one z poziomej nieruchomej lub obracającej się misy A /rys. 47/ i szeregu ruchomych szufelek, skrzydeł lub łap B, których zadaniem jest przegarnianie materiałów znajdujących się na dnie misy w stosunkowo niegrubej warstwie. Jednocześnie z mieszaniem łopatki B przesuwały mieszalinę od środka misy na zewnątrz i na odwrót. W jednym miejscu talerza /na rys. 47 w środku/ znajduje się otwór, przez który gotowa mieszanina opuszcza maszynę.



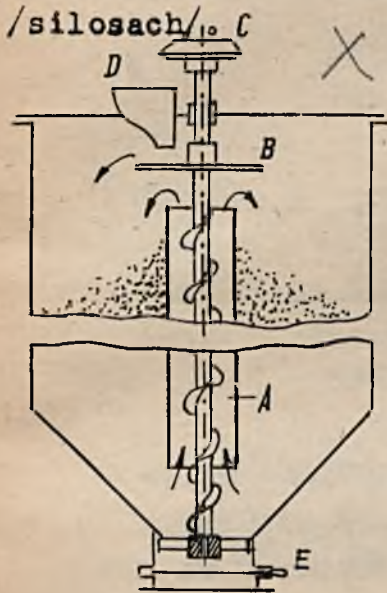
Rys. 47. Mieszarka talerzowa

W jednym miejscu talerza /na rys. 47 w środku/ znajduje się otwór, przez który gotowa mieszanina opuszcza maszynę.

opuszcza maszynę.

Łopatkę obracają się w kierunku przeciwnym niż miska dookoła osi położonej ekscentrycznie względem osi misy. Bardzo często w celu zmniejszenia strat materiałów mieszanych wskutek kurzu maszyna zaopatrzona jest w pokrywę lub kaptur.

Na rys. 48 przedstawiona jest mieszarka śrubowa stosowana do mieszania ciał sypkich w wielkich pionowych zbiornikach



Rys. 48. Mieszarka śrubowa

Urządzona jest ona w sposób następujący: w środku zbiornika umieszczony jest w nieruchomej rurze cyrkulacyjnej wał pionowy z nawiniętą na nim wzdłuż linii śrubowej taśmą, tak że całość tworzy pionowy podnośnik ślimakowy A. Na wale, który otrzymuje ruch obrotowy za pośrednictwem koła zębatego C, osadzona jest w górnej jego części pozioma tarcza B. Substancje sypkie, które należy ze sobą mieszać, dostają się przez lej D na tarczę wirującą albo jednocześnie - wówczas pod działaniem siły odśrodkowej rozsypują się wewnątrz zbiornika, razem albo kolejno - i wtedy roz-

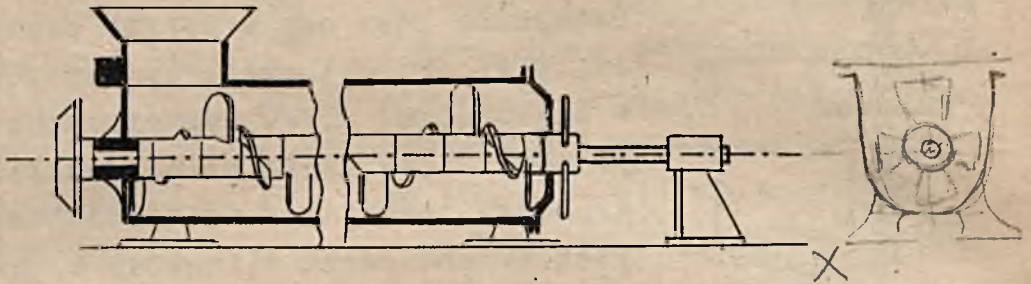
sypują się w zbiorniku warstwami. Dalsze mieszanie wykonuje ślimak podnosząc z dna zbiornika materiały sypkie i zsypując je w górnej części. Gdy mieszanie jest skończone, zbiornik można opróżnić przez wysunięcie zasuwę E, umieszczonej w dolnej jego części.

§ 11. Zagniataarki

Zagniataarki służą do mieszania ciał ciastowatych i plastycznych. Ciała te stawiają bardzo wielki opór przy mieszaniu i wymagają stosowania większych sił, a więc mocno zbudowanych urządzeń.

Na rys. 49 przedstawiona jest pozioma zagniataarka łopowa służąca do nawilżania i mieszania rozdrobnionej gliny w cegielniach i w innych fabrykach ceramicznych. Składa się ona z cylindra o średnicy od 300 do 600 mm, który w jednym końcu ma gardziel do zasilania A, w drugim zaś wylot stożkowy B.

Wewnątrz cylindra znajdują się łapy żeliwne C, które osadzone są na wale poziomym przechodzącym przez całą długość cylindra aż do stojaka oporowego D znajdującego się za nim. Łapy zagniatarki będąc z geometrycznego punktu widzenia częściami powierzchni śrubowej, ustawione są w taki sposób, że tworzą przerywany ślinak.



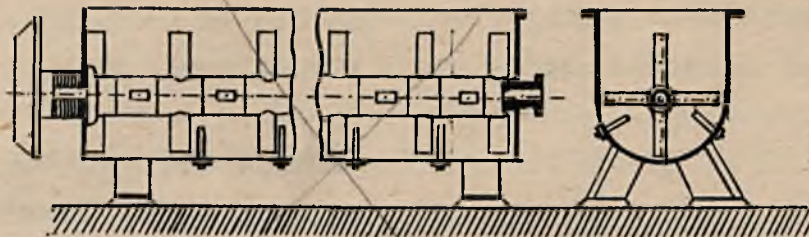
Rys. 49. Zagniatarka zamknięta do gliny

Za wylotem na przedłużonym wale znajduje się odpowiedni przyrząd do krajania wytłoczonej gliny. Może to być nóż stalowy, jak na rys. 49, zwany strychulcem albo kablak stalowy z naciągniętym drutem.

Gdy zagniatarka napędzana za pośrednictwem koła zębatego E jest w ruchu, łapy mieszają glinę i równocześnie popychają ją naprzód w kierunku wylotu, gdzie pokrajana strychulcem spada w celu dalszej przeróbki na walce.

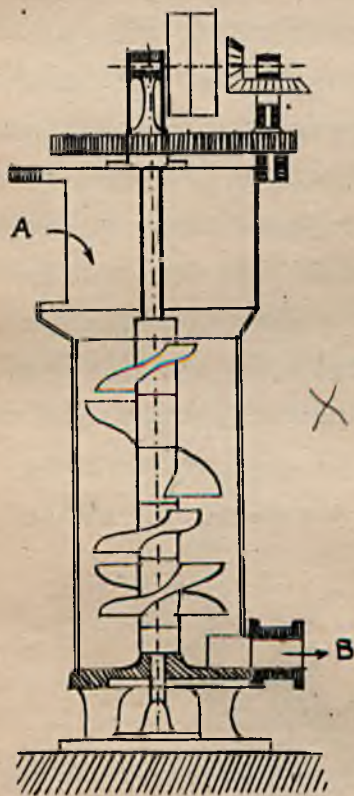
Zagniatarki tego typu zużywają dość dużo energii, np. zagniatarka przerabiająca glinę na 2000 cegieł na godzinę zużywa około 20 KM.

Znacznie mniej energii zużywa zagniatarka otwarta przedstawiona na rys. 50. Składa się ona z koryta, wewnątrz którego znajduje się wał z płaskimi łapani. W ścianach koryta unocowane są łapy nieruchome, których zadaniem jest zapobiegać obracaniu się gliny podczas mieszania. Konstrukcja tej zagniatarki jest bardzo prosta, a zużycie mocy mniejsze niż w zagniatarce poprzedniej, gdyż wynosi dla maszyny zagniatającej glinę na 2000 cegieł na godzinę tylko 12 KM, przy czym glina nie jest gorzej przerobiona niż w zagniatarce poprzedniej.



Rys. 50. Zagniatarka otwarta do gliny

Na rys. 51 przedstawiona jest pionowa zagniatarka śrubowa stosowana w przemyśle ceramicznym. Łapy, a właściwie skrzydła tej zagniatarki ustawione są w taki sposób, że tworzą z przerwaniami śrubę o zmiennym skoku. Wykonywane są one z odlewu żeliwnego lub stalowego. Surowy materiał



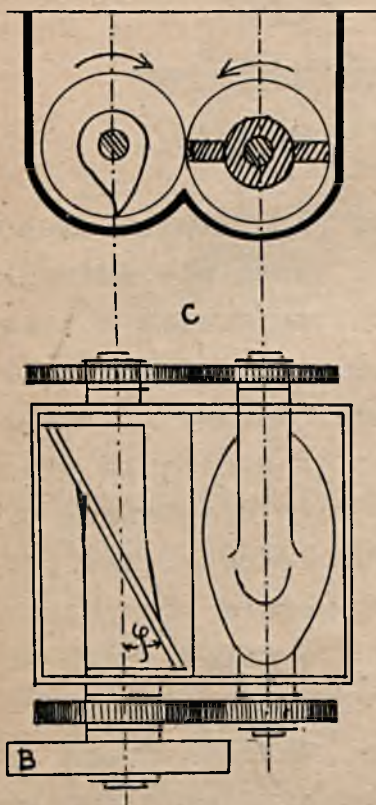
Rys. 51

doprowadzany jest do mieszadła przez górny otwór A, gotowa mieszanina odchodzi przez otwór dolny B. Wał pionowy z osadzonymi na nim skrzydłami powinien obracać się wolno, gdyż materiał ciastowaty stawia duży opór podczas mieszania, wskutek czego przy prędkim ruchu obrotowym powstałyby bardzo wielkie siły. Napęd otrzymuje zagniatarka za pośrednictwem przekładni pasowej oraz podwójnej przekładni zębatej.

Na rys. 52 przedstawiona jest schematycznie zagniatarka Freyburgera stosowana w różnych gałęziach przemysłu chemicznego do mieszania ciał plastycznych. Koryto tej zagniatarki składa się z dwóch zrośniętych z sobą bliźniaczych półcylindrycznych

koryt, w których obracają się w kierunkach przeciwnych dwie eliptyczne tarcze A /na rys. 52 w rzucie na płaszczyznę pionową lewa tarcza pokazana jest w widoku, prawa zaś - w przekroju/ ustawione pod kątem ψ do osi obrotu.

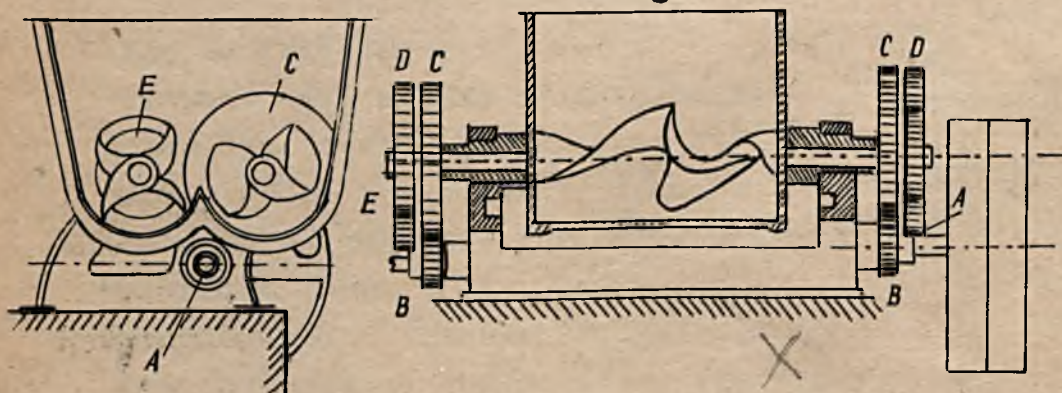
Ruch obrotowy otrzymuje jedna z tarcz od silnika lub pędni za pośrednictwem koła pasowego B i przekazuje go drugiej tarczy za pomocą przekładni zębatej składającej się w małych maszynach z jednej, a w dużych z dwóch par /jak na rys. 52/ kół zębatych C.



Rys. 52. Schemat zagniatarki Freyburgera

Ilości obrotów obu tarcz nie są jednakowe, lecz różnią się od siebie o 20 lub 25%. Zamiast tarcz eliptycznych stosują często skrzydła o różnych kształtach.

Na rys. 53 pokazana jest zagniatarka Freyburgera w wykonaniu firmy Werner i Pfleiderer, ze skrzydłami śrubowymi. Na wale A napędzanym za pomocą kół pasowych osadzone są kółka zębate B, które zazębiają się z kołami zębatymi C obracającymi prawe skrzydło mieszające. Ruch na lewe skrzydło przenosi się za pomocą kół zębatych D oraz E, z których pierwsze są osadzone na osi prawego skrzydła mieszającego jak i koła zębate C, a drugie mniejszej średnicy - na osi skrzydła lewego.



Rys. 53. Zagniatarka Freyburgera

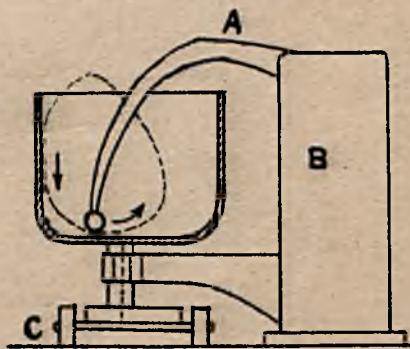
Zagniatarki Freyburgera pracują periodycznie. Koryta większych maszyn można podczas opróżniania wywracać obracając dookoła osi A /rys. 53/ za pomocą odpowiedniego mechanizmu, nie pokazanego na rys. 53. Koryta w tych zagniatarkach wykonywane są w razie potrzeby o podwójnych ścianach, aby można było jednocześnie z mieszaniem ogrzewać lub ochładzać znajdujące się w nich substancje.

Gdy materiały podlegające zmieszaniu są bardzo ciągliwe, jak np. przy przerobie kauczuku lub wyrobie niektórych mas plastycznych /celuloidu, galalitu i in./, są stosowane zagniatarki walcowe. Zagniatarki tego typu stosują również i wtedy, gdy należy wymieszać drobno sproszkowane materiały z niewielką ilością oleju lub z innymi gęstymi cieczami, jak to się dzieje w fabrykach czekolady, linoleum oraz farb olejnych i lakierów. Walce w zagniatarkach są wykonywane z żeliwa, z kamieni naturalnych /piaskowca/ lub ze sztucznych i obracają się z różną prędkością obwodową. Zagniatarka składa się z dwóch, trzech lub więcej walców umieszczonych albo na jednym poziomie, albo piętrowo. Przykład zagniatarki wielowalcowej z walcami umieszczonymi jeden nad drugim podany jest na schematycznym rys.54.

W piekarniach - do zagniatania ciasta oraz w innych przedsiębiorstwach stosowana jest zagniatarka ramieniowa przedstawiona schematycznie na rys.55.



Rys. 54. Zagniatarka walcowa



Rys. 55. Zagniatarka piekarska

Ramię tej zagniatarki poruszane jest za pomocą mechanizmu korbowego znajdującego się wewnątrz stojaka B, w taki sposób że koniec jego opisuje w przestrzeni w kierunku przeciwnym do biegu wskazówki zegara płaską krzywą oznaczoną na rys. 55 linią przerywaną.

Jednocześnie z ruchem ramienia obraca się dookoła osi pionowej kocioł z ciastem. Po pewnym czasie, gdy wskutek działania gnio-
tącego i rozciągającego ramienia, połączonego z ruchem obroto-
wym kotła ciasto jest dostatecznie dobrze wyrobione, kocioł
umieszczony na wózku C jest usuwany z pod mieszadła, a na jego
miejsce wprowadzany inny. Tak więc za pomocą jednej maszyny mo-
żna wymiesić ciasto w wielu kotłach.

---oo0oo---

