

Prof. STANISŁAW NIEWIADOMSKI



# MASZYNOZNAWSTWO CHEMICZNE

Rozdz. III, IV, V

**Transportery, Rozdrabniarki i Mieszadła**

**Wydanie II**



WARSZAWA

1 9 4 9

NAKŁADEM AKADEMICKIEJ SPÓŁDZIELNI WYDAWNICZEJ



Prof. STANISŁAW NIEWIADOMSKI

# MASZYNOZNAWSTWO CHEMICZNE

Rozdz. III, IV, V

Transportery, Rozdrabniarki i Mieszadła

Wydanie II



66.02(075.8)

WARSZAWA

1 9 4 9

NAKŁADEM AKADEMICKIEJ SPÓŁDZIELNI WYDAWNICZEJ

1950 K 12/1



963

1950 K 12/1

## S P I S R Z E C Z Y

---

	strona
Rozdz. III. Urządzenia transportowe	
§ 1. Wiadomości wstępne .....	1
2. Przenośniki taśmowe .....	2
3. Przenośniki grabkowe .....	7
4. Przenośniki kubełkowe .....	12
5. Koła podnosne .....	16
6. Kolejki wiszące .....	18
7. Przenośniki ślimakowe .....	25
8. Przenośniki wahliwe .....	29
9. Przenośniki pneumatyczne .....	31
10. Przenośniki hydrauliczne .....	35
11. Koszt transportu .....	41
 Rozdz. IV. Rozdrabniarki.	
§ 1. Wiadomości wstępne. Teorie Rittingera. Kioka .....	45
2. Łamacze .....	55
3. Gniotowniki walcowe .....	64
4. Rozdrabniarki młotowe. Dezyntegratory .....	70
5. Gniotowniki obiegowe .....	75
6. Młyn żarnowy .....	79
7. Młyny walcowe i pierścieniowe .....	81
8. Młyny odśrodkowe .....	83
9. Młyny kulowe .....	85
9. Ogólne uwagi o rozdrabnianiu .....	97
10. Krajalnica. Rębak .....	100
11. Tarka do ziemiaków. Holender papierniczy. ... Szlifierka do drzewa .....	106
12. Młyny koloidalne .....	109

§ 1.	Cele mieszania .....	115
2.	Mieszadła łapowe .....	118
3.	Obliczenia mieszadeł łapowych .....	127
4.	Wyniki badań nad mieszadłami łapowymi .....	132
5.	Mieszadła propelerowe i śrubowe ? .....	137
6.	Mieszadła odśrodkowe .....	145
7.	Mieszadło Krobs'a .....	148
8.	Mieszadło Dorra .....	149
9.	Mieszanie gazów z gazami, cieczami i ciałami sypkimi .....	151
10.	Mieszarki .....	155
11.	Zagniatarki .....	159

-----ooOoo-----

### R o z d z i a ł III

#### URZĄDZENIA TRANSPORTOWE.

##### § 1. Wiadomości wstępne.

Załadnienie racjonalnego transportowania różnego rodzaju materiałów, jak wewnątrz budynków fabrycznych, tak również pomiędzy nimi oraz na całym terenie fabrycznym, jest tak ważne dla niektórych gałęzi przemysłu chemicznego, że od umiejętności jego rozwiązania, 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 poza tym od wielu innych czynników. Między innymi zależy również od ilości przenoszonych materiałów, od wielkości poszczególnych kawałków, od odległości na którą trzeba transportować, od kierunku przenoszenia (poziomy, pochylony lub pionowy), od stanu skupienia materiałów transportowanych, oraz w wielu wypadkach od specjalnych miejscowych warunków.

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

Do przesyłania cieczy stosują się zwykle przewody rurowe przy czym do przetłaczania cieczy z niższego poziomu na wyższy

stosowane są pompy tłokowe, odśrodkowe i inne lub (rzadziej) przetłaczarka montejus. Przesyłanie cieczy z górnego poziomu na dolny nie wymaga stosowania pomp i odbywa się w przewodach rurowych pod wpływem własnego ciężaru.

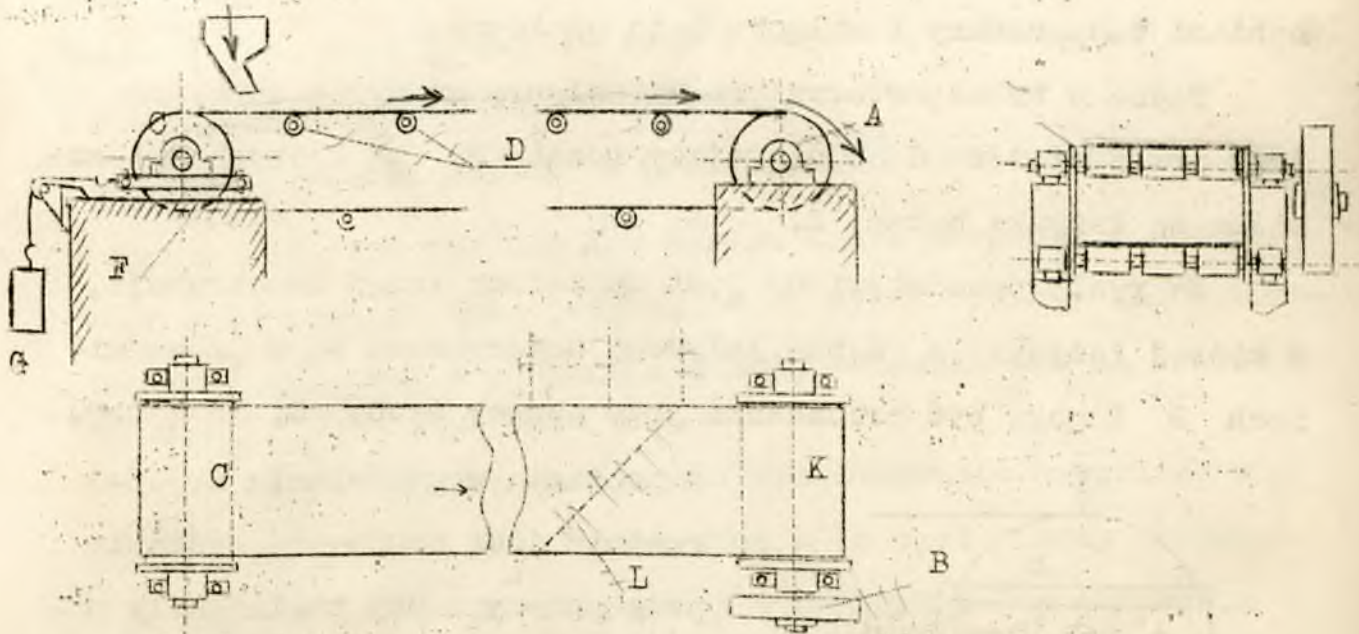
Gazy są przesyłane również przewodami rurowymi przy pomocy tłoczenia lub ssania. Do tych celów służą sprężarki, wentylatory, dmuchawy, pompy gazowe, ekshaustory i inżektory.

Urządzenia do transportowania ciał stałych są więcej różnorodne. Poza wózkami, taczkami, kolejkami wązkotorowymi i linowymi, stosowane są przenośniki taśmowe, grabłowe, kubelkowe, ślimakowe, wahliwe, hydrauliczne i pneumatyczne. Kolejkami wązkotorowymi, taczkami i wózkami w kursie maszynoznawstwa chemicznego zajmować się nie będziemy, natomiast rozpatrzmy wyszczególnione poprzednio przenośniki.

## § 2. Przenośniki taśmowe.

Przenośniki taśmowe są najstarszymi i dziś jeszcze najczęściej używanymi urządzeniami do transportu. Są one stosowane do przenoszenia w kierunku poziomym na odległość od kilku do 150 m różnego rodzaju materiałów sypkich lub oddzielnych przedmiotów, ustawionych na taśmie. Można je stosować również do przenoszenia i w kierunku pochyłym, ale pod kątem nie większym niż  $20^{\circ}$ .

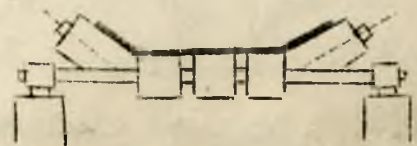
Głównymi częściami składowymi przenośników taśmowych są - taśma bez końca i dwa poziome bębny, przez które jest ona przesuwana. (rys.1). Bęben A otrzymuje napęd za pośrednictwem koła pasowego lub zębatego B, umieszczonego na wspólnym z nim wale. Drugi bęben C posiada urządzenie do naciągania taśmy.



Rys. 1. Przenośnik taśmowy.

Kierunek obrotu bębnow i ruchu taśmy jest taki, że materiał przenoszony przesuwają się w kierunku bębna otrzymującego napęd. Aby taśma pod ciężarem przenoszonych materiałów nie zwisała, opiera się ona na szeregu rolek D, ustawionych gęściej pod górną obciążoną jej częścią. Oprócz rolek podtrzymujących są stosowane przy długich taśmach rolki prowadzące, umieszczane po obu stronach taśmy na osiach pionowych. Zadaniem ich jest umożliwienie zsuwania się taśmy na boki. Czasami rolki ustawiane bywają 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.

Aby nie było poślizgu pomiędzy bębniem napędzającym i taśmą, powinna ona być zawsze dobrze naciągnięta, co można osiągnąć tylko wtedy



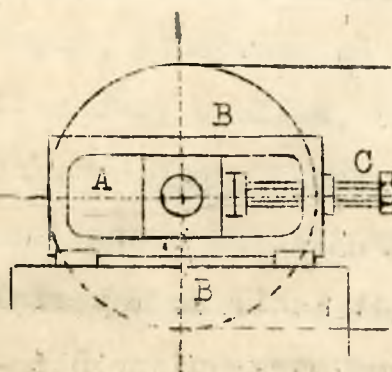
Rys. 2. Taśma korytkowa.



gdy transporter posiada odpowiednie urządzenie, przy pomocy którego można kompensować zmiany jej długości, wywołane wahaniami temperatury i wilgotnością powietrza.

Taśma w transporterze przedstawionym na rys.2 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 przy pomocy śruby C. Wadą tego

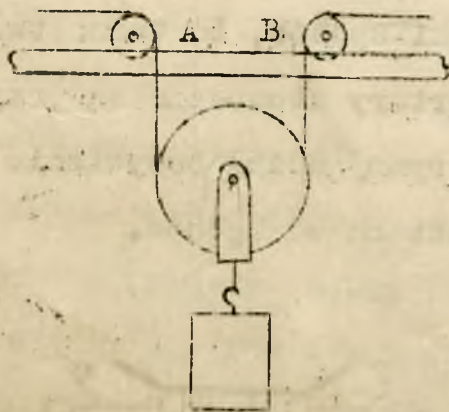


Rys.3. Naprężacz śrubowy.

naprężacza w porównaniu z poprzednim jest trudność uzyskania przy pomocy śruby takiej siły naciągającej taśmę, któraby nie była ani za dużą ani za małą. Zbyt duża siła ujemnie wpływa na długowieczność taśmy, za małą zaś źle

taśmę naciąga. Zaletą naprężacza powyższego jest prosta i zwarta, nie wymagająca dużo miejsca, konstrukcja.

Urządzenie do naciągania taśmy pokazane na rys.4 polega na tym, że taśma jest przerzucona przez specjalny bęben, który



Rys.4. Naprężacz ciężarowy.

obciążony odpowiednim ciężarem, wywołuje naciąg. Wyginanie się taśmy na rolkach A i B w kierunku przeciwnym niż na bębnach szkodliwie wpływa na jej wytrzymałość.

Ładowanie materiału na taśmę może zachodzić w każdym miejscu przenośnika i odbywa się przy pomocy leża zasilającego, pochylo-

nego w kierunku ruchu taśmy pod takim kątem, ażeby składowa pozioma prędkości materiału zsuwającego się z lejka, jak z równi pochyłej, była równa prędkości taśmy.

Wyładowywanie materiału przenoszonożę zachodzić jak w końcu taśmy tak również i w każdym innym miejscu. W pierwszym przypadku żadnych przyrządów do wyładowywania nie potrzeba, gdyż materiał sam spada z taśmy, w drugim zaś są stosowane specjalne do tego celu urządzenia.

Najprostszym urządzeniem do wyładowywania materiału w potrzebnym miejscu jest zgartywacz w postaci 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 przemyśle chemicznego, między innymi w cukrowniach do przeniesienia krajanki buraczanej na baterię dyfuzyjną, w fabrykach celulozy do przeniesienia 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 posiada temperaturę kilkudziesięciu lub wyższej stopni, są stosowane taśmy z gęsto tkanej siatki z drutów stalowych albo z płaskich płytek stalowych, zachodzących jedna na drugą. Płytki te unocowane są do łańcuchów, napędzanych przez koła łańcuchowe zamiast bębnow.

Wymiary przenośników taśmowych wahają się w dużych granicach szerokość od 200 do 1.500 mm, średnica bębnow od 800 do 1.200 mm, prędkość zaś od 1 do 2,5 m/sek.

Wydajność przenośnika taśmowego zależy od jego prędkości oraz od szerokości taśmy i grubości warstwy materiału na niej. Jak wykazywały obserwacje i badania grubość warstwy materiału na taśmie nie jest w różnych jej miejscach jednakowa. Po środku warstwa materiału jest najgrubsza, bliżej brzegów zaś cieńsza. Przy spokojnym biegu i równomiernym ładowaniu średnia grubość warstwy materiału na taśmie wynosi około 5% jej szerokości. Materiał przenoszony zajmuje nie całą powierzchnię taśmy (przy brzegach materiału nie ma), lecz tylko około 0,9 jej szerokości.

Uwzględniając powyższe możemy obliczyć wydajność transportera taśmowego w sposób następujący

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

$$\text{lub } G = 162 B^2 \cdot c \cdot \gamma \text{ ton/godz.}$$

gdzie  $B$  - szerokość taśmy

$c$  - prędkość jej w m/sek

$\gamma$  - ciężar 1 m<sup>3</sup> materiału w tonach.

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

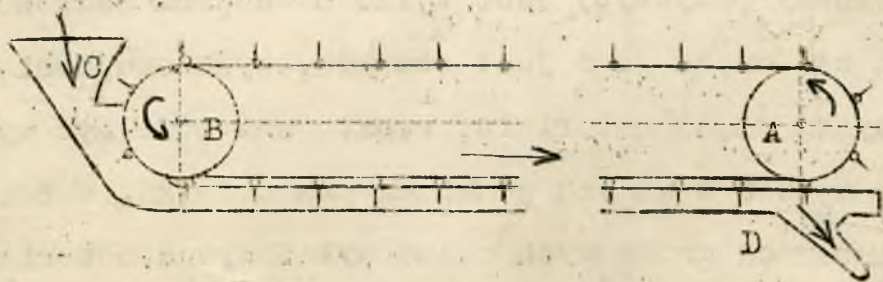
- 1) na nadanie energii kinetycznej materiałom przenoszonym,
- 2) na pokonanie tarcia w rolkach podtrzymujących i w łożyskach bębnow,
- 3) na napęd urządzeń pomocniczych przeznaczonych do równomiernego ładowania i rozładowywania przenośnika,
- 4) w transporterach pochyłych na podnoszenie materiału transportowanego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

5) na nadanie podczas puszczenia w ruch energii kinetycznej taśmnie 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 przemyśle.

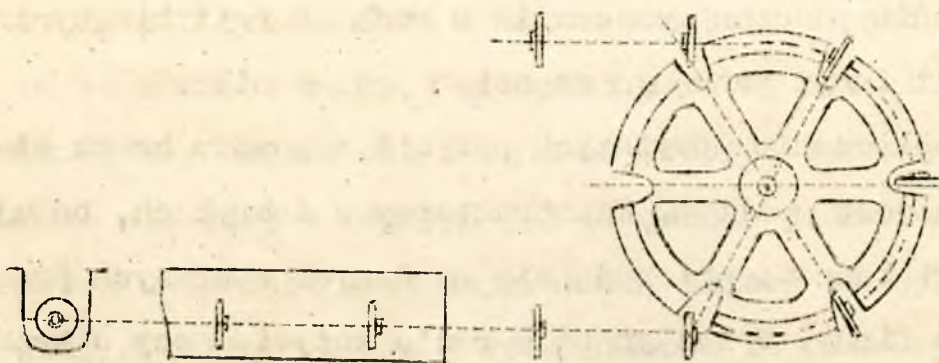
### § 3. Przenośniki grabkowe.



Rys. 5. Schemat przenośnika grabkowego.

Przenośniki grabkowe przedstawione schematycznie na rysunkach 5 i 6 urządzone są w sposób następujący. Przez dwa koła (rys. 5) robocze A, otrzymujące napęd i jałowe B, posiadające urządzenie do naciągania, przerzucone są łańcuchy lub liny, do których w jednakowych odległościach przynocowane są listwy żelazne lub drewniane, tak zwane grabki. W czasie pracy poruszają się one wewnątrz długiej rymy w kierunku

koła roboczego A, ciągnięte przez liny lub łańcuchy. Podczas



Rys. 6. Przenośnik grabkowy.

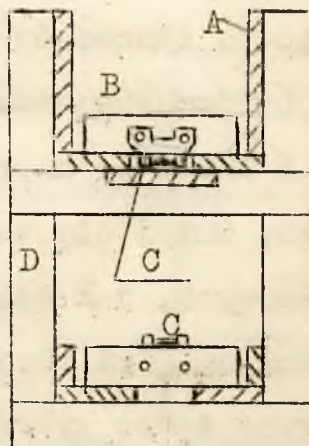
tego ruchu zagarniają one materiał doprowadzany do przenośnika w jednym jego końcu przez lej zasilający C i przesuwa- ją go wzdłuż rynny do drugiego końca, gdzie następuje wyłado- wanie przez otwór w dnie rynny i lej D.

Wyładować materiał z przenośnika grabkowego można w każ- dyn jego 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 jednocześ- nie w kilku miejscach.

Na rys. 6 podany jest transporter grabkowy, zainstalowa- ny w jednej z polskich cukrowni, w którym grabie posiadają kształt tarcz, przynocowanych do liny, przechodzącej przez ich środek. Koła linowe w tym przenośniku dostosowane są do prze- puszczenia grabi i w tym celu posiadają odpowiednie wycięcia.

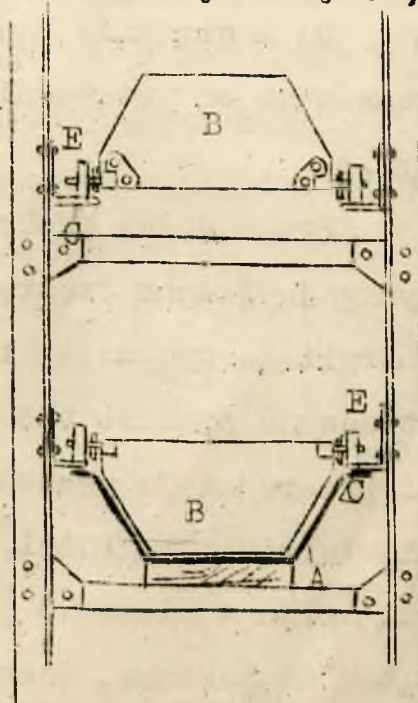
Transporter grabkowy przedstawiony w przekroju poprzecz-

ryn na rys.7 - składa się z drewnianej rymy A, grabi B w postaci drewnianych listewek, przyczepionych dokryn swym katem do łańcucha lub liny, przewodnic C i drewnianego rusztowania D. Przynocowanie listewek od dołu wpływa dodatnio na obciążenie łańcucha ciągnącego, ale naraża go na zanieczyszczenia. W wypadku, gdy należy unikać zetknięcia się łańcucha z przenoszonymi materiałami, można rymę A umieścić pod przewodnicami C, wtedy łańcuch będzie biegł nad materiałami w rymie.



Rys.7. Transporter grabkowy z drzewa.

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 rymy A lecz opierają się przy pomocy rolek E na przewodnicach C, wskutek czego opory tarcia są w nim mniejsze niż w innych transporterach grabkowych. Drugą dobrą stroną tego przenośnika jest przynocowanie grabi nie do jednego lecz do dwóch łańcuchów, znajdujących się po obu stronach grabi i przyczepionych



Rys.8. Transporter grabkowy z grabkami na rolkach.

do prętów, stanowiących osie rolek. Daje to możliwość przeniesienia cięższych materiałów niż w transporterach z jednym łańcuchem.

Grabie jak poprzednio było podane, są przynocowywane zwykle do łańcuchów i lin.

Łańcuchy są drogie i ciężkie, natomiast mało się wydłużają i łatwo je naprawiać, gdy ulegną rozerwaniu. Liny są tańsze, mniej się zużywają albowiem nie posiadają połączeń zawiasowych, jak łańcuchy, nie zagrażają niespodziewanym rozerwanien, gdyż niejsca uszkodzone, w których lina może się rozerwać łatwo wykryć podczas okresowego przeglądania, trudno je jednak naprawiać. Mechanizm poruszający przenośnik przy linach jest więcej skomplikowany niż przy łańcuchach. Liny częściej niż łańcuchy są stosowane do transporterów bardzo długich, rzadziej zaś 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 pochyłym pod kątem do poziomu, dochodzącym do  $40^{\circ}$ .

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 x 250 mm<sup>2</sup> do 250 x 600 mm<sup>2</sup>. Objętość materiału, którą zagarniają w poziomym transporterze grabkowym jedno grabie, zależy od ich wymiarów i wynosi jak widać z tabelki od 8 do 60 litrów.

Wymiary grabi w mm <sup>2</sup>	100 x 250	100 x 300	125 x 300	125 x 375
Objętość mater. w litrach	8	10,5	13	17

Wymiary grabi w mm <sup>2</sup>	150 x 450	200 x 450	200 x 500	200x600	250x600
Objętość mater. 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

$$G = 3600 \cdot \frac{V}{1000} \cdot \gamma \cdot \frac{c}{a} = 3,6 \cdot V \cdot \gamma \cdot \frac{c}{a} \text{ ton/godz}$$

gdzie  $V$  jest to objętość materiału zagarniana przez jedno grabki

$\gamma$  = ciężar 1 m<sup>3</sup> materiału w tonach

$c$  - prędkość transportera w m/sek

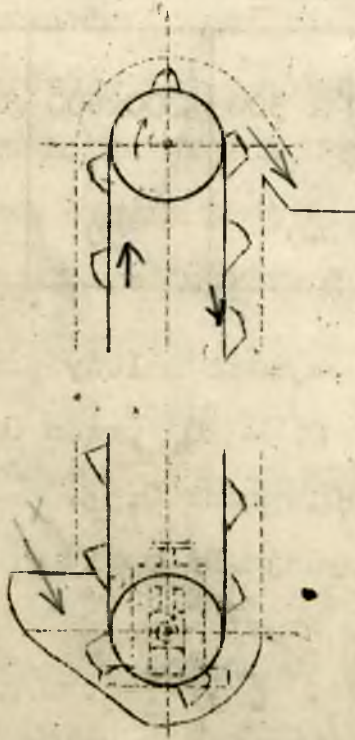
$a$  - odległość pomiędzy grabiami.

Zużycie mocy w przenośnikach grabkowych jest przesz ko 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.

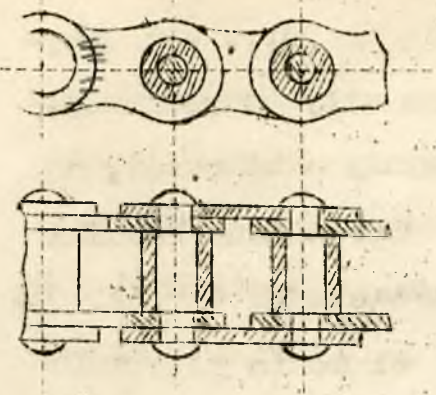
Transportery taśmowe podnoszą materiał do góry pod kątem najwyżej do  $20^{\circ}$  do poziomu, grabkowe pod kątem  $40^{\circ}$ , przenośniki zaś kubełkowe, stosowane są do przenoszenia materiałów w kierunku pionowym, pochyłym pod dowolnym kątem oraz w kierunku poziomym lub nieszarym. Podnośniki kubełkowe,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



Rys. 9.

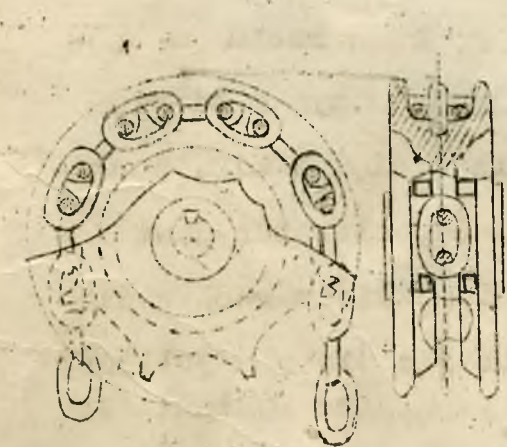
Podnośnik kubełkowy. Jak i poprzednio przenośniki, posiada on dwa bębny, przez które jest przeczucana taśma bez końca z przyczepionymi do niej w jednakowych odstępach kubełkami. Górny bęben otrzymuje napęd, dolny zaś posiada mechanizm do ściągnięcia. Zamiast taśmy i bębnow w transporterach kubełkowych znacznie częściej niż taśma używane bywają łańcuchy i koła łańcuchowe, przy czym w transporterach małych i średnich kubełki są przyspawane do jednego, a w dużych do dwóch łańcuchów.

Do podnośników kubełkowych stosują albo zwykłe łańcuchy kalibrowane, t.j. posiadające ogniwa zupełnie jednakowych wymiarów, albo łańcuchy typu Galla przedstawione na rys. 10. Łańcuchy zwykłe są tańsze natomiast zmniejszają znacznie

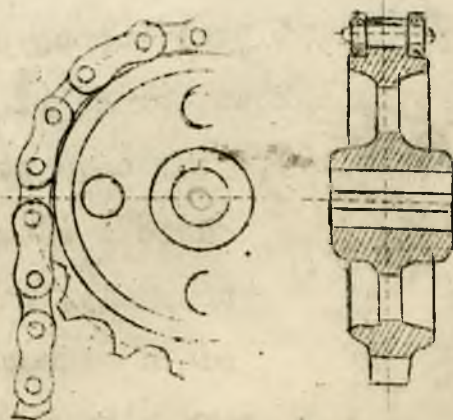


Rys.10.  
Łańcuch Gallia.

Łańcuchów zwykłych podane są na rys.11, a do łańcuchów Gallia na rys.12. Kubełki przyłączane są do łańcuchów za pośrednictwem specjalnych ogniw, które są do kubełków przynocowywane przy pomocy nitowania lub spawania. Kształt i wymiary kubełków podnośnika stosowanego do podnoszenia buraków w jednej z cukrowni podany jest na rysunku 13.



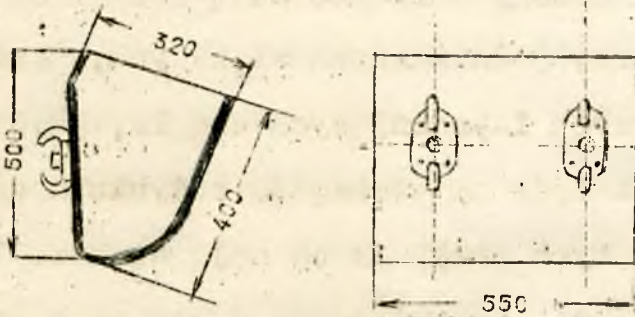
Rys.11.  
Koło łańcuchowe



Rys.12.  
Koło do łańcucha Gallia.

Ładowanie odbywa się na dole przez lej zasilający (rys.9), X

gdzie kubeczki nagarniają materiał i unoszą do góry. Wyładowanie następuje samoczynnie pod działaniem siły odśrodkowej. Materiał wyrzucony z kubeczków trafia do rynny odbiorczej, a opróżnione kubeczki odchodzą na dół. Obciążenia podnośnika kubeczkowego jak wiadziny jest jednostronne, gdyż tylko kubeczki idące do góry posiadają ładunek. W



Rys. 13  
Kubeczek.

przypadku zatrzymania podnośnika, należy zapobiec opadaniu naładowanych kubeczków, do czego służą koła zapadkowe i zapadki oraz hamulce.

Koła zapadkowe (rys. 14) posiadają zęby specjalnego kształtu i są osadzone na tym samym wale co i górne koła łańcuchowe, zapadka zaś, osadzona na nieruchomej osi, dociskana jest do koła zapadkowego przy pomocy sprężyny. Podczas ruchu podnośnika koło zapadkowe obraca się w kierunku zgodnym z biegiem zegarka (rys. 14), przy czym zapadka ślizga się po nim, zeskalując z zębu na zęb. Gdy elevator jest zatrzymany, zapadka uniemożliwia ruch w kierunku odwrotnym, opierając się o najbliższy zęb 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,

- 13 -

dolny zaś posiada urządzenie do naciągania łańcucha lub taśmy, przy czym najczęściej stosowane są naprężacze śrubowe przedstawione na rys. 3.

Podnośniki kubelkowe w większości przypadków posiadają 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 kubelków.

Pochyłe podnośniki kubelkowe stosują się rzadziej od pionowych, albowiem przy jednakowej wysokości podnoszenia są dłuższe, posiadają więcej kubelków, zajmują więcej miejsca, kosztują drożej i mają mniejszą niż pionowe sprawność, natomiast większy współczynnik napełnienia. Są one stosowane 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 są używane kubelki o dnie dziurkowanym). Podnośniki kubelkowe pionowe, pochyłe i poziome stosują poza tym do podnoszenia i przenoszenia różnych materiałów sypkich jak zboże, cukier, kartofle, buraki, węgiel, popiół itd.

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

Oznaczając przez  $V$  pojemność jednego kubelka w litrach, przez  $a$  - odległość między nimi w m, przez  $c$  - prędkość

przenośnika w m/sek, przez  $\gamma$  - ciężar właściwy w ton/m<sup>3</sup> i przez  $\varphi$  - objętościowy współczynnik napełnienia, będziemy mogli obliczyć wydajność wzoru.

$$G = 3600 \cdot \gamma \cdot \frac{V}{1000} \cdot \varphi \cdot \frac{c}{a} = 3,6 \cdot \varphi \cdot V \cdot \gamma \frac{c}{a} \frac{\text{ton}}{\text{godz}}$$

Współczynnik napełniania  $\varphi$  zależy od wielkości kawałków materiału transportowego i waha się w granicach od 0,4 do 1.

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

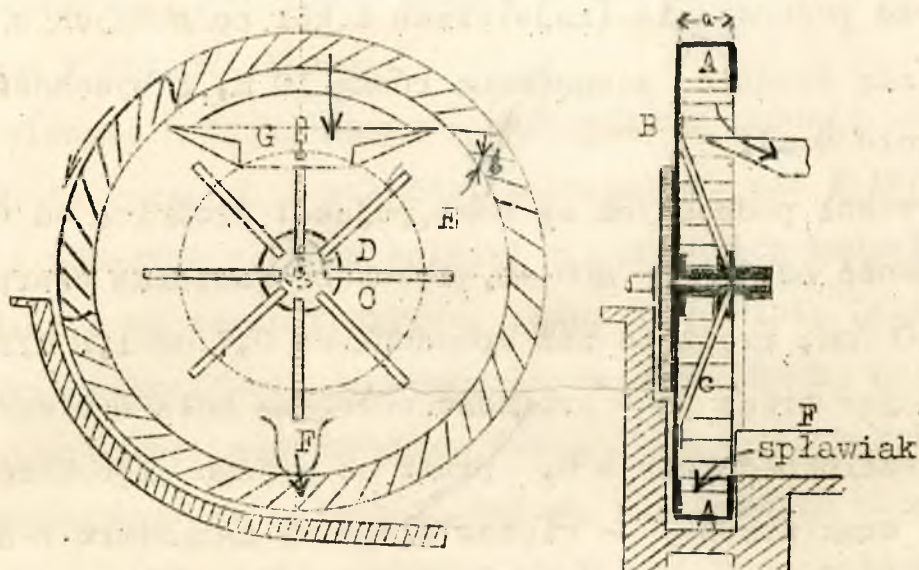
$$N = \eta \cdot G \cdot H \cdot \frac{1000}{3600 \cdot 75} = 0,0037 \eta \cdot G \cdot H \text{ KM}$$

gdzie  $G$  jest to ilość podnoszonego materiału w ton/godz,  $H$  - wysokość podnoszenia w m, a  $\eta$  - sprawność podnośnika, wynosząca od 0,4 do 0,75, przy czym większe wartości odnoszą się do podnośników pionowych z łańcuchami Galla, utrzymanych starannie. Obliczone z tego wzoru oraz stwierdzone w sposób doświadczalny zużycie mocy 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 splawiaków na płóczki często są stosowane koła podnośne, posiadające znacznie większą sprawność od podnośni-

ków kubelkowych i ślimakowych. Na rys.15 przedstawione jest w



Rys.15. Koło podnośne.

sposób schematyczny koło podnośne stosowane w cukrowniach.

Wieniec jego A, jak widać na rysunku, przedstawia sobą rynną prostokątną, zwiniętą w koło dnem na zewnątrz. Rynna ta posiada przegrody, które dzielą wieniec na kilkadziesiąt części, zwanych czerpakami. Wieniec przy pomocy tarczy B, wzmocnionej 8 ramionami C, przymocowany jest do piasty D i osadzony na wale spoczywającym w łożyskach. Wał otrzymuje napęd od silnika lub transmisji za pośrednictwem koła zębatego E i przekładni zębatach i pasowych nie pokazanych na rysunku. Buraki ze spławiaka F dostają się na czerpaki wienca w dolnej części koła i podczas ruchu jego w kierunku przeciwnym do biegu wskazówki zegara 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) posiada 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 dość dużą cenę i małą wysokość podnoszenia (największe z kół podnośnych w Polsce posiada 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 zaś obwodowa od 0,7 do 1,6 m/sek.

Oznaczając przez  $c$  - prędkość obwodową koła w m/sek, przez  $a$  - szerokość koła w m, przez  $b$  - jego głębokość radialną w m, oraz przez  $\gamma$  - ciężar właściwy materiału podnoszonego w ton/m<sup>3</sup>, można obliczyć wydajność koła podnośnego ze wzoru

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

gdzie  $\varphi$  objętościowy współczynnik napełnienia, zależy od rodzaju materiału podnoszonego i wynoszący od 0,3 do 0,75.

Zużycie mocy wynosi

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

gdzie  $H$  jest to wysokość podnoszenia, a  $\eta$  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

głina, piasek, żwir, rudy, węgiel, a w przemyśle ceramicznym również do przenoszenia wyrobów surowych i wypalonych jak cegła, dachówki, hurtysy i dreny. Można je 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 ze sobą kolejki w sąsiednich budynkach lub przedłużyć na teren fabryczny wewnętrzną linię kolejki. Szyny kolejki opierają się na specjalnych wieszakach, przynocowanych do belek stropowych budynków lub na wspornikach i konsolach przynocowanych 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 torami nie powinna być mniejsza od 2 m. Jako szyny używane bywają belki drewniane i ceowne małych wyniarów, kątowniki lub szyny o specjalnym profilu, przedstawione na rys.16. Szyny o profilu zwykłym, stosowane normalnie do kolejek wąskotorowych nie są, jako zbyt ciężkie i drogocenne, używane w kolejkach wiszących.



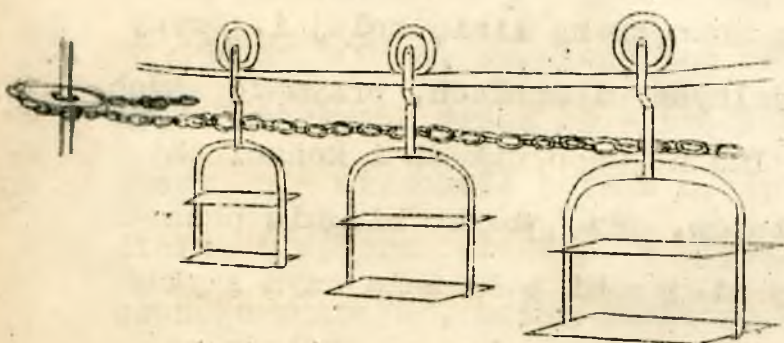
Rys.16.

Tor szynowej kolejki wiszącej jest zawsze pojedynczy. Przy napędzie ręcznym jest on poziomy, lub wyjątkowo słabo nachylony, przy czym pochyłość nie przekracza 1%. W przypadku stosowania 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.

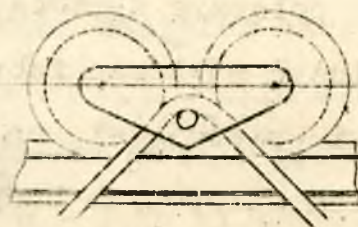


Rozgałęzienie toru osiąga się, jak na kolejkach naziemnych, przy pomocy wksli lub tarcz obrotowych.

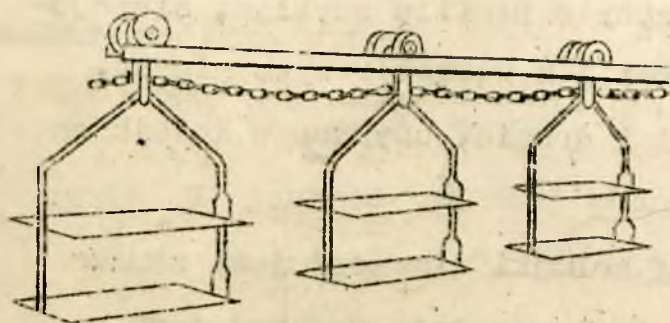
Wózek kolejki wiszącej przedstawia sobą kosz przyczepiony przegubowo do nadwozia, które porusza się na kółkach po torze, jak to widać na rysunkach 17,18,19,20. Nadwozie posiada jedno (rys.17) dwa (rys.18 i 19) lub więcej (rys.20) kółek stalowych,



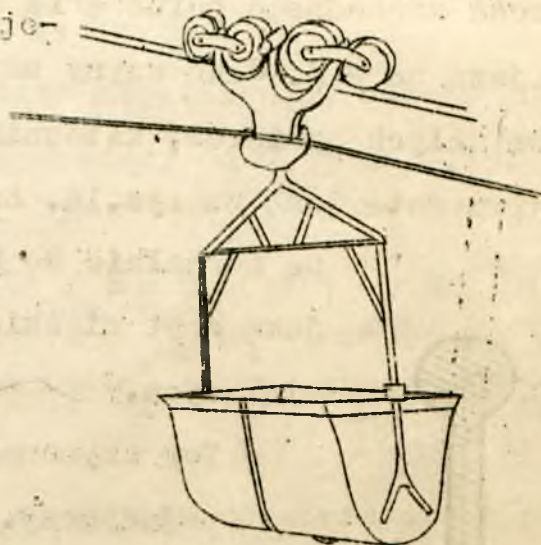
Rys.17. Kolejka wisząca o pojedynczym torze



Rys.19.



Rys.18. Kolejka wisząca o podwójnym torze.



Rys.20 .

Wózek kolejki linowej.

na obwodzie których 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 w tym przypadku, wynosi około 0,5 m/sek. Przy napędzie zaś mechanicznym może ona, w razie potrzeby, dochodzić do 3 m/sek. Wózki w kolejkach poruszanych mechanicznie przynocowane 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 rysunkach 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, to też 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 mieć na względzie, aby wyroby nie odbywały niepotrzebnie długiej 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<sup>gdy</sup> 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, gościnnie, koleje, 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 jedno lub dwu linowe. Kolejka jednolinowa posiada linę bez końca przerzuconą przez dwa, obracające się w płaszczyźnie poziomej koła linowe, z których jedno połączone jest z urządzeniem do naciągania, a drugie, przy pomocy przekładni zębatej lub pasowej, z silnikiem poruszającym całą kolejkę. Lina, do której przyczepione są przy pomocy odpowiednich sprzęgaczy 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 od siebie, wynoszącej od 50 do 75 m.

Jeżeli istnieją odpowiednie warunki terenowe, można zaoszczędzić pracę silnika, wykorzystując ciężar napełnionych wózków, zmuszając je<sup>aby</sup> ~~gdy~~<sup>tu</sup> biec 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, przetrzucony 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. Tam kolejka linowa 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 konstruowane są w ten sposób, że środek ciężkości, jak obciążonego takmi pustego wózka, zawsze leży na płaszczyźnie pionowej, przechodzącej przez oś znajdującą się wyżej liny lub szyny, wskutek czego wózki utrzymują równowagę trwałą.

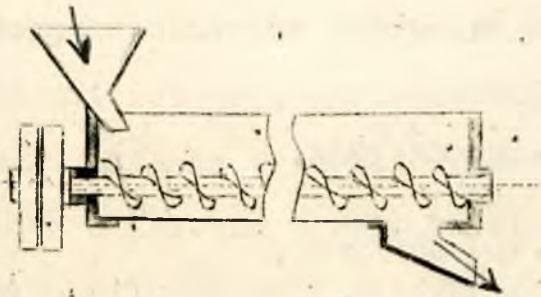
Wózek składa się z nadwozia, sprzęgacza, ramy i skrzyni.

Nadwozie posiada dwa lub cztery (rys. 20) kółka z głębokimi wylębieniami 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 w każdym wypadku 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.

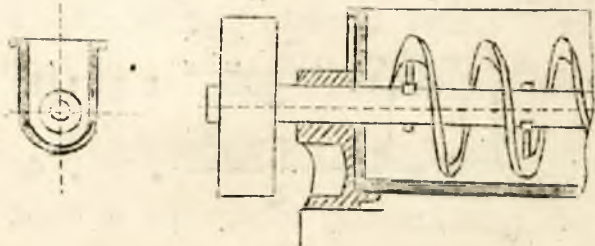
Wiszące kolejki linowe są jednym z najwięcej ekonomicznych środków transportowych, gdyż przy wielkiej wydajności, zużywają bardzo mało energii. Na zupełnie równym na przykład terenie zużycie mocy wynosi tylko od 0,1 do 0,03 KM na 1 tonę materiału przeniesionego w przeciągu 1 godziny na odległość 1 km., czyli jest kilkadziesiąt razy mniejsza 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 <sup>do</sup> na fabrykę wielkich ilości takich surowców jak, ruda, kamienie, żwir, piasek, glina i węgiel oraz do wynoszenia odpadków z fabryki na hałdy. Wydajność kolejek linowych waha się w granicach od 10 ton na godzinę dla małych do 100 t/h dla dużych kolejek, długość zaś ich w zależności od potrzeb przedsiębiorstwa, wynosi od kilkuset metrów do kilku lub nawet kilkunastu km.

## § 7. Przenośniki ślimakowe

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



Rys.21. Przenośnik ślimakowy



Rys.22. Taśmowy przenośnik ślimakowy.

W przenośnikach poziomych ślimak otrzymuje ruch obrotowy od silnika lub transmisji przez pomocy przekładni pasowej lub rzadziej zębatej. Materiał doprowadzony przez lej zasilający (rys.21) tworzy w rynnie jak gdyby nakrętkę i przesuwana 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, zamknięty zasuwą.

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

Wyraźność transporterów ślimakowych można obliczyć ze wzoru

$$V = \varphi \cdot \left( \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot s \cdot 60 \cdot n \cdot n^3 / \text{godz.}$$

gdzie  $D$  jest to średnica zewnętrzna ślimaka w m.

$d$  - średnica wału w m

$s$  - skok ślimaka w m

$n$  - ilość obrotów ślimaka na minutę

$\varphi$  - objętościowy współczynnik napchnięcia 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:

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

lub  $G = \varphi \frac{\pi D^2}{4} \cdot s \cdot 60 \cdot n \cdot \gamma \text{ ton/godz.}$

gdzie  $\gamma$  jest ciężarem 1 m<sup>3</sup> materiału przenoszonych.

Zużycie mocy w transporterach ślimakowych jest duże, albowiem podczas przesuwania materiału wzdłuż rynny trzeba pokonać nie tylko opór tarcia pomiędzy nią 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 koni mechanicznych na 1 tonę materiału przeniesionego w ciągu godziny na odległość 1 m.

Wskutek ciągłego tarcia materiału przenoszonych wytwarza się duże pyłu, gdyż materiał ściera się. Aby zabezpieczyć hale fabryczne od kurzu, rynny w tych wypadkach pokrywają z wierzchu blachą lub deskami.

W przenośnikach pochyłych kąt nachylenia osi ślimaka do

poziomu nie przekracza zwykle  $40^\circ$ . Zależy on od kąta nachylenia linii śrubowej, od kąta tarcia pomiędzy materiałem przenoszonym i ślinakiem oraz od naturalnego kąta zsypania materiału. Obserwując pracę pochyłego transportera ślinakowego możemy zauważyć, że materiał podnoszony zsuwa się częściowo z powierzchni śrubowej ślinaka, wskutek czego, gdy dolne jego zwoje zagarniają duże ilości materiału, napełnienie górnych jest coraz mniejsze. Z tego powodu ślinaki pochyłe są zwykle krótkie i służą do podnoszenia materiału na stosunkowo niewielkie wysokości. Ślinak w transporterach pochyłych otrzymuje napęd za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej, umieszczonej w górnym jej końcu. Dolny koniec wału ślinaka pochyłego opiera się o łożysko sztorcowe, przyjmujące na siebie parcie poosiowe, które występuje w każdym przemieszczaniu ślinakowym i skierowane jest w kierunku przeciwnym do ruchu przesuwanego materiału.

Transportery ślinakowe budują różnych wymiarów. Charakterystyczne dane dla przenośników wykonywanych przez jedną z firm zagranicznych podane są w tabelicy.

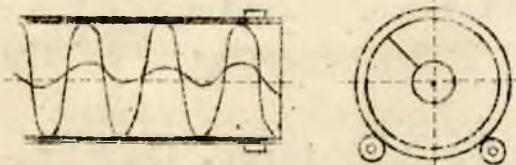
Srednica zewnętrzna ślinaka w mm . . . . .	100	120	160	200	250	300	400	600
Skok ślinaka w mm . . . . .	80	95	125	150	180	210	280	400
Ilość obrotów na min . . . . .	100	90	80	70	65	60	55	45
Srednica wału w mm . . . . .	35	40	50	55	60	70	80	100
Wydajność w m <sup>3</sup> /godz. . . . .	1,2	1,8	3,7	5,9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



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

### Przenośnik spiralny.

Jeżeli taśmę zwiniętą w postaci spirali Archimedesesa przytłoczyć do wewnętrznej powierzchni rury otrzymany transporter spiralny (rys.23). Rura transportująca obraca się na rolkach, przesuwanie zaś materiału zachodzi pod działaniem tych samych



Rys.23. Przenośnik spiralny.

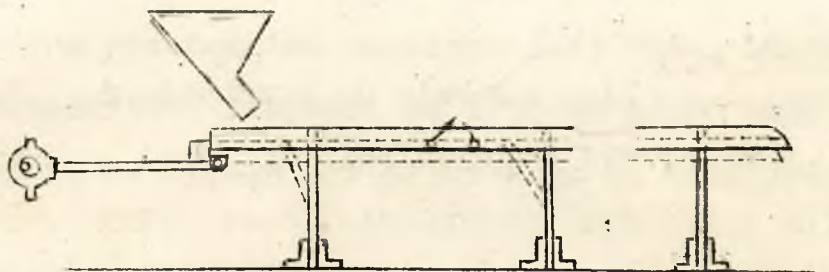
sił, pod wpływem których wysuwa się śruba z obracającej się, lecz nie posiadającej ruchu postępowego, nakrętki, albowiem materiał pełni w tym przypadku rolę śruby, a rura

nakrętki.

Ładowanie i wyładowanie 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, natomiast do zalet można zaliczyć większą sprawność, mniejszą ilość pyłu, mniejsze kaleczenie materiału przenoszonych 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  $15^{\circ}$ , albowiem przy większych kątach nachylenia wydajność transportera jest bardzo mała.



Rys. 24. Przenośnik wahliwy.

Przenośniki wahliwe są to długie przeważnie płaskie rynny (rys. 24) przynocowane do końców, pionowo ustawionych, stalowych albo drewnianych sprężynujących listew, których drugie końce przynocowane są nieruchomo do fundamentów lub podłogi. Czasami pręty są wykonane ze stali miękkiej nie sprężynującej, wtedy połączone są one i z rynną i z belką fundamentową w sposób zawiasowy. Rynna otrzymuje ruch drgający przy pomocy mechanizmu korbowego lub mimośrodowego i poruszając się od skrajnego dolnego położenia (na rysunku 24 pokazanego linią przerywaną) w kierunku skrajnego górnego (na rys. 24 przedstawionego linią ciągłą), nadaje materiałowi przenoszonemu, leżącemu na rynnie cionką 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 żelazkowej, to przenośnik nie tylko transportuje, ale również segreguje i odśiewa materiał, gdyż drobniejszy spada pod rynnę, a grubszy posuwa się dalej.

Przenośniki wahliwe stosują do przenoszenia materiałów sypkich zawilgoconych, dla których pożądaną 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 zlepekki rozpadają się wskutek ciągłego podrzucania i spadania na rynnę. Transportery wahliwe pracują z hałasem, należy ustawiać je na parterze ze względu na drgania, szkodliwie oddziaływające na budynki fabryczne. Przenośniki wahliwe mogą przynosić 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 albo przy pomocy oddzielnych mechanizmów korbowych, albo jednym wspólnym. W ostatnim wypadku są one połączone ze sobą 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 przenoszonego 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 m, przez  $c$  - prędkość przenoszenia w m/sek, oraz przez  $b$  - grubość warstwy materiału na rynnie w m, przez  $\gamma$  - ciężar 1 m<sup>3</sup> materiału w tonach możemy obliczyć wydajność przenośnika wahliwego ze wzoru

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

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 wykorzystywana 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. Aby strumień gazu lub cieczy mógł spełnić swoje zadanie prędkość jego powinna być dostatecznie duża. Oznaczając przez

$c$  - prędkość strumienia gazu w m/sek

$\gamma_1$  - ciężar właściwy gazu w kg/m<sup>3</sup>

$G$  - ciężar ciała transportowanego w kg

$F$  - powierzchnię rzutu ciała transportowanego na płaszczyznę prostopadłą do kierunku strumienia w m<sup>2</sup>

$P$  - parcie strumienia gazu na ciało transportowane w kg

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:

$$P = \varphi \cdot F \cdot \frac{\gamma_1}{g} \cdot \frac{c^2}{2} = \varphi \cdot F \cdot \gamma_1 \cdot \frac{c^2}{2g}$$

gdzie  $\varphi$  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

$$F \cdot \varphi \cdot \gamma_1 \cdot \frac{c^2}{2g} \geq G$$

skąd  $c \geq \sqrt{\frac{G \cdot 2g}{\varphi \cdot F \cdot \gamma_1}} \text{ m/sek.}$

Jeżeli przyjąć, że ciała transportowane posiadają kształty kuliste (choć w większości wypadków kształty ich są nieregularne), otrzymamy, że

$$c \geq \sqrt{\frac{\frac{\pi}{6} d^3 \cdot \gamma_2 \cdot 2g}{\varphi \frac{\pi d^2}{4} \gamma_1}} \text{ m/sek}$$

lub  $c \geq \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g}{\varphi} \cdot d \frac{\gamma_2}{\gamma_1}}$

Gdzie  $d$  jest średnicą w metrach, a  $\gamma_2$  - ciężarem właściwym ciał przenoszonych w  $\text{kg/m}^3$ .

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

$$c \geq \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{9,81}{0,65} \cdot d \cdot \frac{\gamma_2}{\gamma_1}}, \text{ lub } c \geq 4,5 \cdot \sqrt{\frac{d}{v_1}} \text{ m/sek}$$

Z wzoru tego 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 m<sup>3</sup> na 1 kg materiału. Mniejsze zużycie powietrza zachodzi w transportach krótkich, przenoszących ciała lekkie, większe zaś w przenośnikach długich, transportujących ciała ciężkie.

W przenośnikach pneumatycznych ruch powietrzu lub gazon nadają dmuchawy, wentylatory i exhaustery.

Dmuchawa wywołuje ruch gazów sprężając je powyżej ciśnienia atmosferycznego i tłocząc do instalacji, w której wskutek tego panuje nadciśnienie. Exhauster zaś przez ssanie wywołuje w instalacji rozrzedzenie gazów, a przez to i ruch ich w przenośniku pneumatycznym. Tłoczenie stosowane jest w tych przypadkach, gdy materiał należy przetransportować z jednego określonego miejsca w kilka innych, ssanie zaś wtedy, gdy materiał trzeba przemieszczać 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

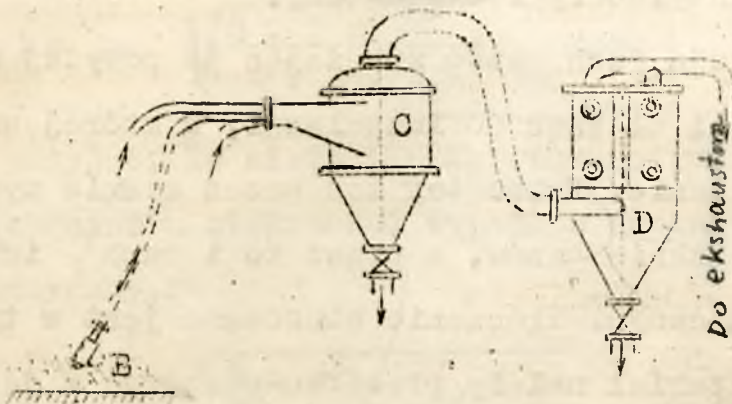
$$p = \frac{\gamma_1 \cdot c^2}{2g} (1 + \sum \xi) \text{ kg/m}^2$$

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

Oznaczając przez  $V$  objętość powietrza w m<sup>3</sup> potrzebną do przeniesienia 1 kg materiału, przez  $G$  ciężar materiału przenieszonego w tonach na godzinę, a przez  $\eta$  sprawność wentylatora lub dmuchawy, zużycie mocy w transporterach pneumatycznych obliczamy 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 1/3 konia mechanicznego na 1 tonę materiału przenieszonego w przeciągu godziny na odległość 1 m.

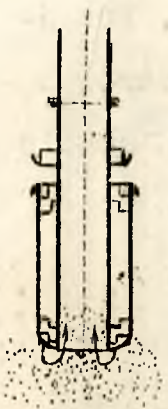


Rys. 25.

Na rysunku 25 podany jest schemat instalacji transportera pneumatycznego. Ekschauster wytwarza w instalacji rozrzedzenie. Materiał zasycany jest przez dyszę B i dostaje się wraz ze strumieniem powietrza przewodami rurowymi do odpylacza C, którym może być albo konora pyłowa, albo jak na rysunku 25 cyklon. Jeżeli materiał transportowany posiada bardzo drobny pył, który trudno oddzielić od powietrza w konorach pyłowych i cyklonach, należy pomiędzy odpylaczem, a ekschaustorem umieścić filtr

powietrzny D, albowiem w przeciwnym przypadku exhauster będzie prędko zanieczyszczony.

Na rysunku 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 możność 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 one używane do transportowania buraków w cukrowniach i ziemiaków w gorzelniach i fabrykach krochmalu, albowiem i burakom i ziemiakom krótkotrwałe przebywanie w wodzie nie tylko nie szkodzi, lecz jest dla nich pożądané, gdyż opłukują się one częściowo podczas transportu.

Przenośniki hydrauliczne są stosowane do transportowania odpowiednich materiałów i w kierunku pionowym (pompa Manut) i w kierunku poziomym (spławaki).



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

$$c \geq \sqrt{\frac{G \cdot 2g}{\varphi F \gamma_1}}$$

wyprowadzonego w paragrafie poprzednim dla przenośników pneumatycznych. Stosując ten wzór do przenośników hydraulicznych trzeba pod  $G$  rozumieć ciężar ciała w wodzie (w kg), a pod  $\gamma_1$  ciężar właściwy wody ( $\gamma_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$ ). Przyjmując, że kształt ciała jest kulą o średnicy  $d$  metrów będziemy mogli do powyższego wzoru zamiast  $G$  i  $F$  podstawić następujące ich wartości

$$G = \frac{\pi}{6} d^3 (\gamma_2 - 1000) \text{ i } F = \frac{\pi d^2}{4}$$

i otrzymamy

$$c \geq \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{\varphi} \cdot d \cdot \frac{\gamma_2 - 1000}{\gamma_1}}$$

Podstawiając zaś  $\varphi = 0,65$ ,  $g = 9,81 \text{ m/sek}^2$  oraz  $\gamma_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$  otrzymamy ostatecznie, że

$$c \geq \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{9,81}{0,65} \cdot d \cdot \frac{\gamma_2 - 1000}{1000}}$$

lub

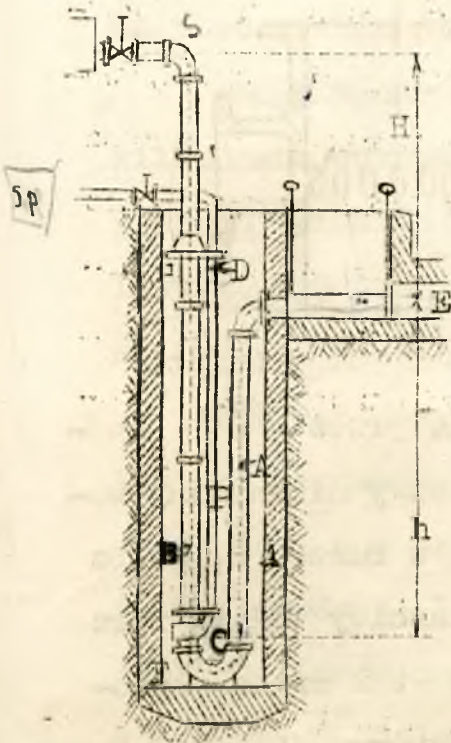
$$c \geq 0,142 \sqrt{d \gamma_2 - 1000} \frac{\text{m}}{\text{sek}}$$

Jak i w transporterach pneumatycznych do przenoszenia ciał o dużych wymiarach i dużej 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 ziemiaków ze spławiaków na płóeczki nosi nazwę pompy Manut.



Rys.27.

"Pompa Manut."

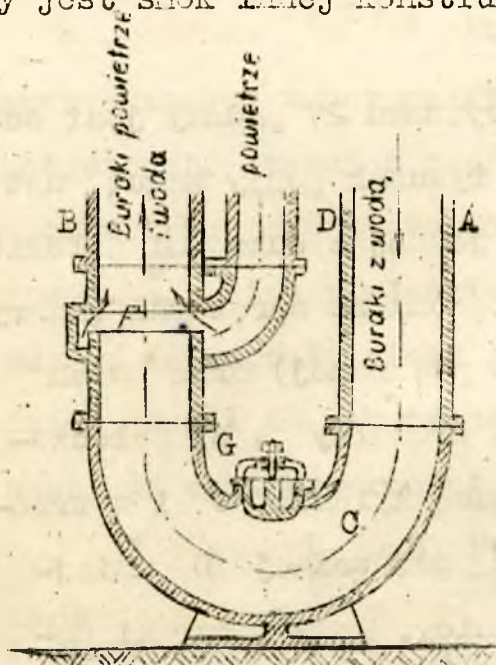
Na rysunku 27 podany jest schematyczny rysunek pompy Manut, ustalonej w jednej z cukrowni polskich. Składa się ona ze sprężarki (na rysunku nie pokazanej) oraz dwóch rur dużej średnicy A B, połączonych ze sobą kolaniem C i z trzecią rurą powietrzną D mniejszej średnicy. Woda i buraki doprowadzone są do przenośnika ze spławiaka E. Gdy powietrze przewodem D nie dopływa, poziom wody w obu rurach jest na jednej wysokości z poziomem wody w spławiaku.

Ażby wywołać ruch wody w rurach

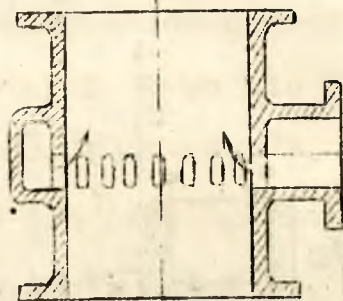
A i B, należy wprowadzić do rury B sprężone powietrze, które wchodzi do niej przez smok F i, tworząc w wodzie wielką ilość drobnych pęcherzyków, dąży do góry.

Mieszanka wody i pęcherzyków powietrza w rurze B posiada znacznie mniejszy ciężar właściwy niż woda w rurze A, wskutek czego, zgodnie z zasadą naczyń połączonych, mieszanka ta jest wypychana do góry i wylewa się z rury S do rynny unieszczonej na wysokości H od poziomu spławiaków. Na rysunku

28 przedstawione jest kolanko C, łączące rury A i B oraz smok F. Otwór w kolanku zamknięty pokrywą G służy do oczyszczania jego w wypadku zanieczyszczenia. Na rys.29 podany jest smok innej konstrukcji.



Rys.28. Kolanko i smok pompy Mamut.



Rys.29. Smok pompy Mamut.

Oznaczając przez  $\gamma$  średni ciężar właściwy mieszanki wody i powietrza w rurze B, przez  $\gamma_1$  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, mierzona od poziomu spławiaka będzieny mogli napisać, że

$$(H + h) \gamma_0 = h \cdot \gamma_1$$

skąd 
$$H = h \frac{\gamma_1 - \gamma_0}{\gamma_0} = h \left( \frac{\gamma_1}{\gamma_0} - 1 \right)$$

Zo wzoru tego widać, że wysokość podnoszenia jest proporcjonalna do głębokości zalewu oraz zależy od ciężaru właściwego  $\gamma_0$  mieszanki powietrza i wody. Gdy ciężar właściwy tej mieszanki jest mniejszy, a więc, gdy doprowadzana jest do pompy Mamut większa ilość powietrza, wysokość podnoszenia

wzrasta. Z powyższego wynika, że, dla osiągnięcia pożądaney 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.

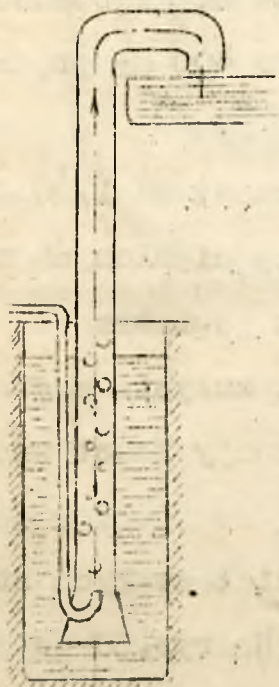
Pompy Manut różnych wielkości pracowały przed wojną w kilkunastu cukrowniach polskich. Wysokość podnoszenia w tych pompach wynosiła  $\sqrt{}$  zaokrągleniu od 5,5 do 8,6 m, głębokość zalewu od 4,8 do 7,4 m, średnica rur od 275 do 400 mm prędkość wypływu od 4 do 6,8 m/sok.

Zużycie mocy na sprężenie powietrza wynosi od 1/20 do 1/60 konia mechanicznego na 1 tonę buraków podniesionych na wysokość 1 m w przeciągu 1 godziny, zużycie powietrza od 35 do 70 litrów na 1 kg podniesionych buraków, zużycie zaś wody około 8 litrów na 1 kg buraków. Sprawność pompy Manut wraz ze sprężarką dochodzi do 0,30.

Znacznie częściej niż do podnoszenia ciał stałych stosowane są pompy Manut 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 rysunku 31 podane są konstrukcje dolnego końca rury, tak zwanego snoka, dla pompy Manut onawianego typu.

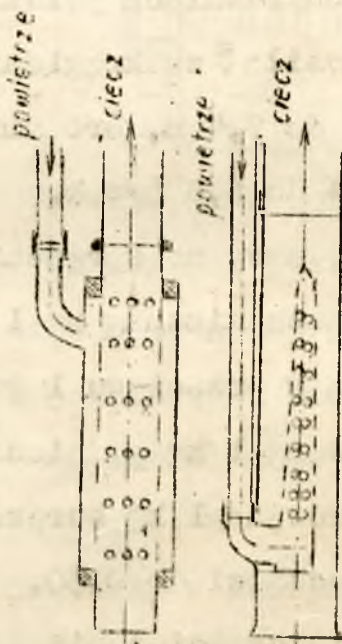
Przenośniki, wodne do transportowania ciał stałych w kierunku poziomym nazywają się spławiakami. Na rysunku 32 podany jest spławiak do buraków jednej z cukrowni polskich. Jest to

ryzna betonowa umieszczona na dnie rowu, w którym po przykryciu ryzny deskami przechowują się buraki. Woda płynąca ryzną unosi buraki, spadające do niej w miarę usuwania desek. Główne wyznaczniki tego spławiaka podane są na rysunku. Szerokość spławiaków wynosi od 350 do 500mm, głębokość około 600 mm, spadek poziomy wynosi od 8 do 12<sup>mm</sup> na 1 m długości, przy czym większy spadek (od 10 do 12 mm) jest stosowany na zakrętach, a mniejszy (od 8 do 10) na linii prostej. Zużycie wody w spławiakach waha się od 7 do 10 litrów na 1 kg buraków.



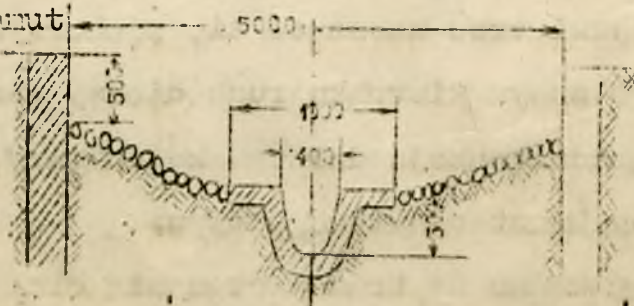
Rys. 30.

Schemat pompy Marut do cieczi.



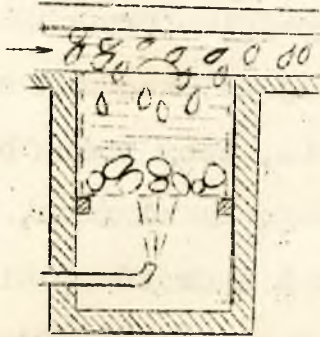
Rys. 31.

Schemat pompy Marut do cieczi.



Rys. 32. Spławiak.

Splawiaczki do buraków i ziemniaków posiadają 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.

Na rysunku 33 podany jest łapacz kamieni i żwiru najprostszej konstrukcji. Jest to studzienka umieszczona na osi splawiaczki, do której wstawiony jest kosz z cienkich prętów żelaznych. Z dołu do studzienki wprowadza się silny strumień wody, lub sprężonego powietrza, który

unoszą z kosza buraki, gdyż one w wodzie bardzo mało ważą, kamienie zaś jako znacznie cięższe pozostają w koszu i są co jakiś czas usuwane przez wyjęcie kosza z kamieniami ze studzienki.

### § 11. Koszt transportu.

Transport surowców, półfabrykatów i produktów wewnątrz budynków fabrycznych i między nimi jest czynnością, która wpływa na powiększenie kosztów produkcji, może przyczyniając się do wzrostu wartości przenoszonych materiałów. Z tego powodu transport wewnętrzny wszelkiego rodzaju ciężar powinien być zredukowany w każdej wytwórni do możliwych granic, 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 skoordynowanie ze sobą dwóch sąsiadnych

aparatów lub maszyn może wogóle usunąć transport materiałów między nimi. W zakładach przemysłowych na przykład 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 i koniec na najniższym. Materiały przerabiane stopniowo własnym spadkiem przechodzą wtedy 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.

Ażby koszt transportu wewnątrz gmachu był minimalny, należy dobrać odpowiedni dla danego procesu technologicznego rodzaj urządzenia transportowego, oraz jego konstrukcję. Wielkość zaś transportera powinna być dostosowana do zdolności produkcyjnej maszyn i aparatów, do obsługi których 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 dobrze pod względem gospolarczym prowadzonym przedsięwzięciu fabrycznym gromadzony jest kapitał na budowę nowego, gdy poprzedni transporter, wskutek zużycia nie będzie mógł spełnić swego zadania. Kapitał ten zwany amortyzacyjnym, powstaje przez doliczenie do kosztów związanych z transportem pewnych sum, które składają się na koszty amortyzacyjne.

2. Ażoby urządzenia transportowe mogły w każdej chwili należycie spełnić swoje zadanie powinny być utrzymywane w dobrym stanie. Zepsucie się bowiem urządzenia transportowego wywołuje przerwę lub zahamowanie produkcji, co pociąga za sobą straty, w niektórych wypadkach bardzo wysokie!

Ażoby 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. Dochożą do nich wydatki na bieżące niezbędne remonty.

3. Koszt napędu stanowią wydatki na energię elektryczną doprowadzoną do silników poruszających urządzenia transportowe lub koszt energii mechanicznej, używanej przez transportery. Koszt napędu jest tym większy, im więcej materiałów i na większą odległość przenosi urządzenie transportowe oraz im mniejszą sprawność posiada. 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 większy 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 tonę produktu na jednostkę, lub 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 IV.

R O Z D R A B N I A R K I.

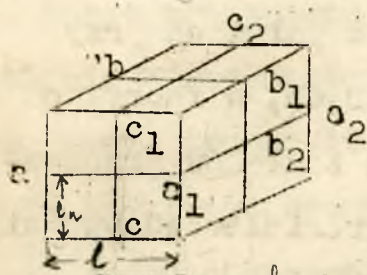
§ 1. Wiadomości wstępne. Teorie Rittingera i Kicka.

Jedną z pierwszych operacji, przy pomocy których surowce dostarczone 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, a między innymi 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.

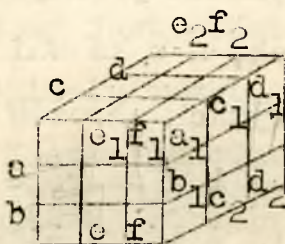
Teoria mechanicznego rozdrabniania, która by ujęła wszystkie zjawiska zachodzące podczas tego procesu, nie została dotychczas opracowana. A że rozdrabnianie jest operacją kosztowną, były czynione próby teoretycznego wyjaśnienia ilości pracy i mocy potrzebnej do rozdrabniania różnych ciał stałych w zależności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

Teoria Rittinger'a oparta jest na założeniu, że praca rozdrabniania jest wprost proporcjonalna do powierzchni, po których następuje podział ciała większe na drobniejsze kawałki lub co jest jednoznaczne, wprost proporcjonalna do kwadratu wymiarów liniowych ciała rozdrabnianego. Przedstawia się ona w skrócie w sposób następujący:

Jeżeli sześciąt o krawędzi  $l$  trzeba podzielić na mniejsze o krawędzi  $\frac{l}{2}$  dla otrzymania, jak widać z rys.1, ośmiu małych sześciątów, to podział ten należy wykonać wzdłuż trzech płaszczyzn symetrii  $a_1 a_2$ ,  $b_1 b_2$  i  $c_1 c_2$ . Aby ten sam sześciąt 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



Rys.1.  $\frac{l}{n} = \frac{l}{2}$



Rys.2.

jeżeli chcemy podzielić jakikolwiek sześciąt na drobniejsze, których krawędzie byłyby  $n$  razy mniejsze od krawędzi sześci-

ciatu dużego, należy podział przeprowadzić wzdłuż  $3(n-1)$  płaszczyzn równoległych do jego ścian. Otrzymany przy tym  $n^3$  małych sześciątów.

Niech to podziału sześciąt wzdłuż jednej płaszczyzny na przykład  $aa_1a_2$  (rys.1) należy zużyć  $L \cdot l^2$  KJm pracy, gdzie  $L$  jest to praca przypadająca na  $1 \text{ m}^2$  powierzchni podziału,  $l^2$  - powierzchnia przekroju. Wtedy przy podziale tego sześciatu na osiem części wzdłuż 3 płaszczyzn należy zużyć  $3 L \cdot l^2$ , przy podziale wzdłuż 6 płaszczyzn -  $6 L \cdot l^2$  KJm, a przy podziale wzdłuż  $3(n-1)$  płaszczyzn praca zużyta wyniesie:

$$W_1 = 3(n-1) L \cdot l^2 \text{ KJm} \quad (1)$$

Dzieląc ten sam sześciąt na drobniejsze o krawędziach  $n$  razy mniejszych otrzymamy  $n^3$  sześciątów drobniejszych i zużyjemy

$$L_{1n} = 3(n-1) L \cdot l^2 \text{ KJm}$$

Wobec tego z równań ostatnich otrzymamy

$$\frac{L_n}{L_m} = \frac{n-1}{m-1} \quad (2)$$

gdzie  $n$  i  $m$  są to liczby wskazujące ile razy krawędź sześciątów drobnych, jest mniejsza od sześciątu pierwotnego. W wypadku gdy stopień rozdrobnienia jest wielki, liczby te są duże, w porównaniu z 1 i równanie powyższe można zastąpić prostszym

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

Uwzględniając, że długości krawędzi małych sześciątów odpowiednio wynoszą  $l_n = \frac{1}{n}$  i  $l_m = \frac{1}{m}$  otrzymamy, że

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

Z równań powyższych wynika, że praca rozdrabniania tego samego ciała jest wprost proporcjonalna do stopnia rozdrabniania, lub, co jest jednoznaczne, odwrotnie proporcjonalna do wymiarów liniowych ziaren otrzymany przy rozdrabnianiu.

W rzeczywistości bryły rozdrabniane jak i kawałki lub ziarna otrzywane przy rozdrabnianiu nie są prawidłowymi sześciątami, stosunki jednak ich powierzchni do powierzchni prawidłowych odpowiadających im sześciątów są naogół dla wszystkich kawałków jednakowe. Oznaczając te stosunki przez  $C_1$  oraz wymiary liniowe bryły rozdrobnionej i kawałków otrzymany odpowiednio przez  $D$  i  $d$ , będziemy mieli, że stopień rozdrabniania  $n$  wynosi  $n = \frac{D}{d}$ . Podstawiając powyższe wartości do równania (1) otrzymamy

$$L_n = 3D^2 C_1 L (n-1) = 3D^2 C_1 L \left( \frac{D}{d} - 1 \right) = 3D^2 C_1 L \frac{D-d}{d}$$

Można przyjąć, że objętość bryły rozdrabnianej wynosi

$V = C_2 D^3 m^3$ , gdzie  $C_2$  pewien współczynnik, wobec czego praca potrzebna do rozdrobnienia  $1 m^3$  materiału, którego wymiar pierwotny wynosi  $D m$ , a końcowy  $d m$  równa się

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

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

upraszczając powyższy wzór otrzymamy równanie Rittingera w postaci następującej:

$$L_1 = 3 CL \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) \quad (2)$$

Uwzględniając, że ciężar rozdrabnianej bryły wynosi

$G = \gamma \cdot V = \gamma \cdot C_2 D^3 \text{ kg}$ , możemy pracę potrzebną na rozdrobnienie tej bryły wyrazić w sposób następujący

$$L_n = 3 D^2 C_1 L \frac{D-d}{d} = 3 C_1 L D^3 \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) = \frac{3}{\gamma} \cdot \frac{C_1}{C_2} L G \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right)$$

Oznaczając zaś iloczyn  $\frac{3}{\gamma} \cdot \frac{C_1}{C_2} \cdot L$  stałych wielkości 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

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

Kdy 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

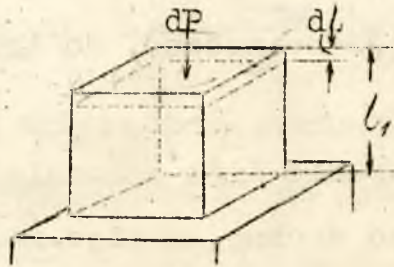
$$L = K G \cdot \frac{1}{d} \quad (4)$$

Ażeby można było korzystać ze wzorów (2), (3), (4) należy wartość iloczynu stałych współczynników  $CL$  oraz współczynnika  $k$  ustalić dla różnych materiałów na podstawie doświadczeń.

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

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

gdzie  $E$  jest współczynnikiem sprężystości (rys.3.)



Rys.3.

Obserwując zachowanie się sześciianu z cementu, cegły, kredy, granitu, bazaltu lub z jakiegokolwiek innego ciała nieciągłego, poddanego działaniu wzrastającej siły ściskającej zauwa-

żymy, że w miarę jak wzrasta naprężenie powiększa się skurczenie badanego sześciianu, gdy zaś naprężenie osiągnie swoją wartość maksymalną równą granicy wytrzymałości materiału, sześciian, 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 ciągłych) obliczymy skurczenie sześciianu cał-

kując w granicach od 0 do  $\sigma_{max}$  równanie  $dl = -\frac{d\sigma}{E} l_1$

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

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

- 50 -

$$L = \int_0^{\delta_{\max}} \Delta l \cdot dP = \int_0^{\delta_{\max}} \frac{\sigma_{\max}}{E} \cdot l^2 \cdot dG =$$

$$= \frac{\sigma_{\max}^2}{2E} \cdot l^3 = \frac{\sigma_{\max}^2 V}{2E} \quad (5)$$

$l^3 = V$

Wzór powyższy, wyprowadzony dla sześciianu, Kick stosuje do ciał dowolnego kształtu. Według więc równania Kick'a (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 Kick'a 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 bryła rozdrabnianiana, posiadają objętość  $v$ . Rozdrobnienie tych kawałków na pył lub proszek wymaga zużycia  $L' = \frac{\sigma_{\max}^2 v}{2E}$ , wobec czego na rozdrobnienie bryły posiadającej objętość  $V$  na kawałki o objętości  $v$  trzeba zużyć

$$L = \frac{\sigma_{\max}^2}{2E} (V - v)$$

Bryły rozdrabniane i kawałki materiału rozdrabnianego nie są naogół prawidłowymi sześcianami, lecz posiadają kształty rozmaite. Oznaczając przez  $D$  i  $d$  ich charakterystyczny wymiar liniowy możemy napisać, że  $V = CD^3$ , a  $v = Cd^3$ , gdzie  $C$  jest współczynnikiem zależnym od kształtu ciała, wobec czego równanie powyższe przekształci się w równanie

$$L = \frac{\sigma_{\max}^2}{2E} C (D^3 - d^3) \quad (6)$$

Gdy stopień rozdrobnienia jest duży, to jest gdy  $d$  jest bardzo małe w porównaniu z  $D$ , wzór powyższy można uprościć

$$L = \frac{\sigma_{mx}^2}{2E} \cdot C \cdot D^3 \quad (7)$$

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

$$L = \frac{\sigma_{mx}^2}{2E} \cdot \frac{G}{\gamma} \text{ kgcm} \quad (8)$$

Praca rozdrabniania przypadająca na 1 cm<sup>3</sup> ciała rozdrabnianego jak wynika ze wzoru (7) wynosi  $L = \frac{\sigma_{mx}^2}{2E} \text{ kgcm/cm}^3$

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

Tablica I.

Wytrzymałość doraźna na ściskanie.

bazalt	2000-4000 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	rudy żelazne	250 - 800 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
granit	1200-3000 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	blendy	150 - 300 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
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 450000 kg/cm<sup>2</sup>, a granica wytrzymałości  $\sigma_{mx} = 1500 \text{ kg/cm}^2$ , otrzymamy, że średnia praca potrzebna na rozdrobnienie ciał mineralnych średniej twardości wynosi

$$L = \frac{1500^2}{2 \cdot 450000} = 2,5 \text{ kgcm/cm}^3$$

Proces rozdrabniania jest dość skomplikowany. W zależności od charakteru sił działających, wytrzymałości, kruchości i innych własności fizycznych materiałów rozdrabnianie nie może za-



chodzić w różny sposób. Jednocześnie na przykład pod wpływem sił ściskających materiał ulega miażdżeniu, wskutek zaś tarcia o robocze części maszyny rozdrabniającej oraz pomiędzy poszczególnymi kawałkami zachodzi jego ścieranie. Powstaje wskutek tego miał i pył oraz zużywa się dużo pracy. Ani teoria Rittinger'a ani Kick'a nie ujmują wszystkich zjawisk wpływających w mniejszym lub większym stopniu na zużycie energii przy tym procesie.

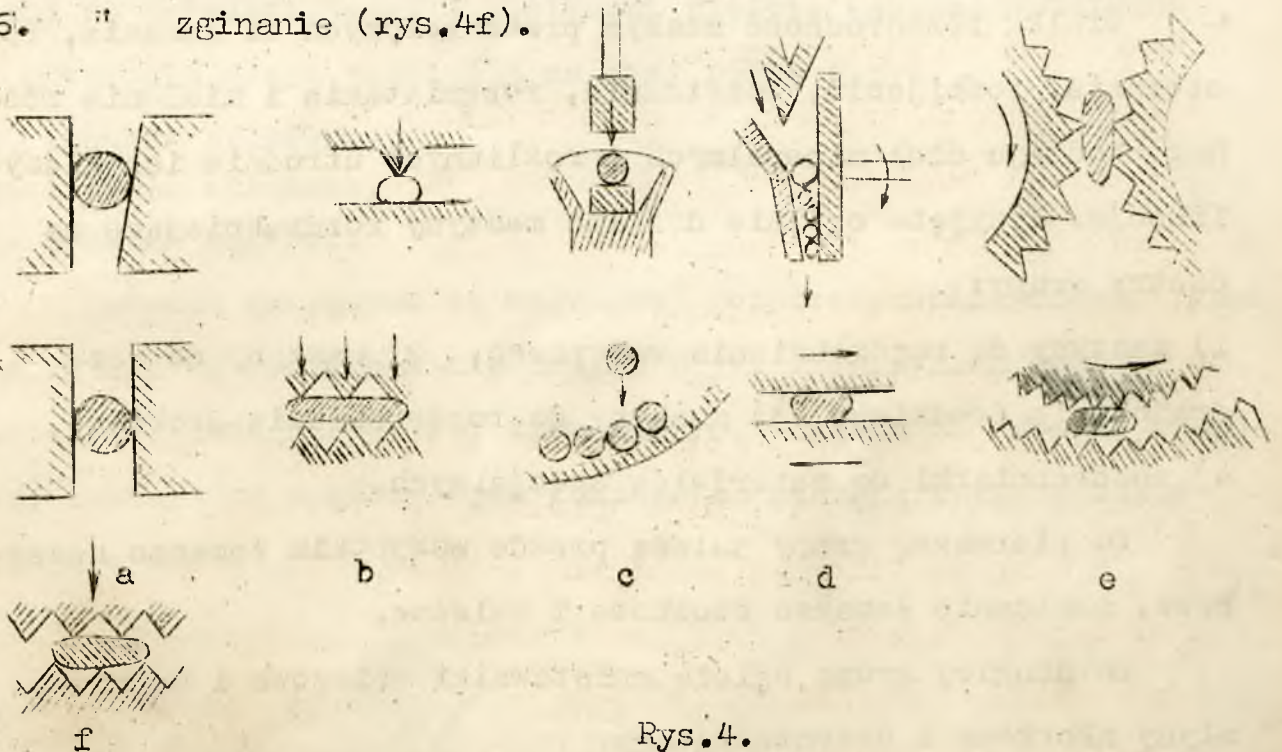
Teoria Rittingera, opierająca zużycie pracy na wielkości powierzchni podziału, daje lepsze wyniki przy rozdrabnianiu drobnym, zachodzącym przy udziale siły tarcia. Z ciała o stosunkowo dużej objętości otrzymujemy w tym przypadku bardzo wielką ilość drobnych cząstek, których ogólna powierzchnia jest bardzo duża w porównaniu z powierzchnią pierwotną ciała rozdrabnianego. Maszyny przeznaczone do rozdrabniania drobnego zużywają w porównaniu z innymi rozdrabniarkami dużo energii, co potwierdza wzór Rittinger'a. Natomiast przy rozdrabnianiu grubym, gdy z jednej bryły otrzymujemy kilka dużych kawałków równanie Rittingera (2) daje wyniki mało dokładne.

Według teorii Kick'a rozchód energii jest wprost proporcjonalny do objętości bryły rozdrabnianej. Obliczenia zużycia pracy według wzoru Kick'a (5) przy rozdrabnianiu grubym dają wyniki więcej zbliżone do rzeczywistości, niż przy rozdrabnianiu drobnym. Obie teorie Rittingera i Kick'a 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, jak i w innych przypadkach, 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 przy pomocy jednego z czterech pierwszych sposobów. Rozdrabnianie przez rozrywanie i zginanie zachodzi rzadko.

Najekonomiczniejszym sposobem rozdrabniania dla większości ciał mineralnych i kamieni, jak wykazała praktyka, jest roz-

drabnianie przez zgniatanie, najdroższym zaś przez rozcieranie, albowiem w tym przypadku potrzeba dużo energii mechanicznej oraz silnie się zużywają 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, a następnie od własności fizycznych materiału, od stopnia potrzebnego rozdrobnienia, poza tym opiera się na doświadczeniach i zwyczajach panujących w danej gałęzi przemysłu.

Wielka różnorodność maszyn przeznaczonych do łamania, rozcierania, rozbijania, rozcinań, rozgniatania i mielenia różnego rodzaju ciał mineralnych i roślinnych utrudnia ich klasyfikację. Przyjęto ogólnie dzielić maszyny rozdrabniające na cztery 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, młyny 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

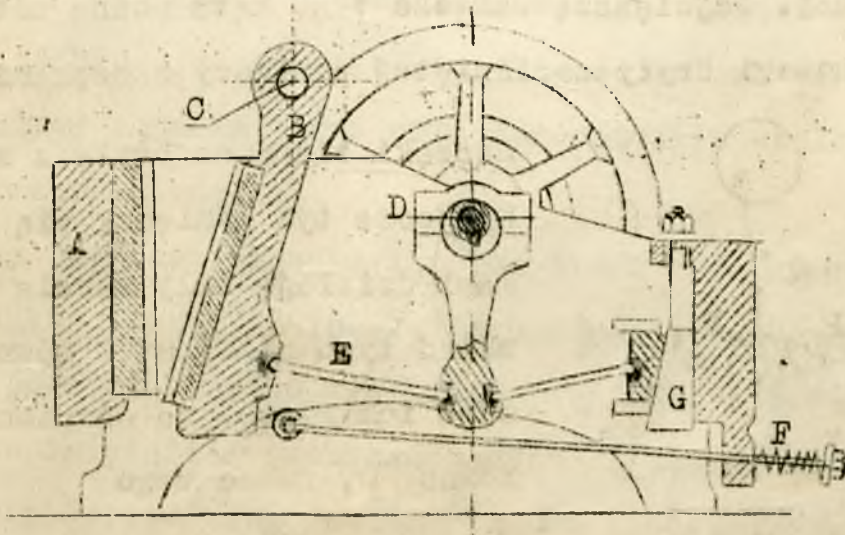
do kartofli w fabrykach krochmalu, tarka do drzewa w fabrykach masy drzewnej, holender do rozdrabniania materiałów włóknistych w papierniach, przecieraczki do owoców i jarzyn w fabrykach marmelady, sieczkarnie do krajania rabarbaru, ziół i słomy oraz szereg innych.

## § 2. Ł a m a c z e.

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 trzy różne typy:

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

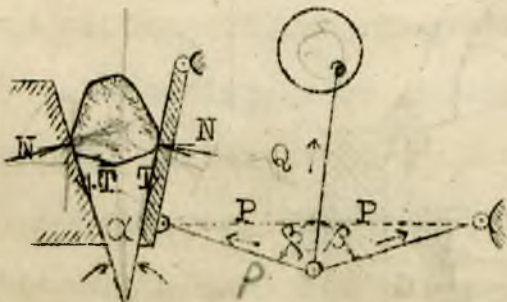
Łamacze szczękowe są najwięcej rozpowszechnionymi maszynami do wstępnego rozdrabniania dużych brył. W fabrykach spotkać można dwa zasadnicze typy tych maszyn. Łamacze ze szczęką ruchomą, zawieszoną w górze oraz łamacze ze szczęką ruchomą zawieszoną w dole.



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 żelaznej 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 mimośrod 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 mimośrod D osadzone są zwykle dwa koła zamachowe oraz koło pasowe, przy pomocy którego łamacz otrzymuje napęd.

Ażebym podczas nacisku szczęki ruchomej materiał rozdrabniany nie ulegał wyrzucaniu z łamacza do góry, co stanowiłoby niebezpieczeństwo dla personelu obsługującego i uniemożliwiłoby rozdrabnianie, kąt  $\alpha$  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 z siłami N, poza tym 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

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

$C = \frac{1}{\sqrt{5}}$   
1960

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\lambda}{2} = \operatorname{tg} \varphi \quad \text{skąd} \quad \alpha = 2\varphi$$

W rzeczywistości kąt pomiędzy szczękami powinien być mniejszy od wartości granicznej, a więc  $\alpha < 2\varphi$ . Zwykle kąt chwytu  $\alpha$  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 rysunku 6 z rozkładu siły Q na dwie składowe siły P otrzymamy, że

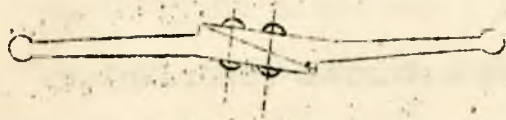
$$P = \frac{Q}{2 \cos \beta}$$

gdzie  $\beta$  jest kątem pomiędzy golenią mimośrodowo, a płytami rozporowymi.

Podczas pracy łamacz kąt  $\beta$  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 mimośrodowej podczas budowy łamacza można otrzymać dowolnie wielki nacisk na bryłę rozdrabnianą.

Gdy pomiędzy szczękami łamacza trafi wyjątkowo twarde ciało (na przykład kłutek stalowy), to w częściach składowych rozdrabniarki powstają bardzo wielkie naprężenia, które mogą wywołać uszkodzenia słabiej skonstruowanych części maszyny. Ażeby zabezpieczyć przed uszkodzeniem części droższe, jak wał mimośrodowy, szczęka ruchoma, rama lub mimośród, przeznacza się na znisz-

czeniu w razie powstania w łamaczu wielkich naprężeń, jakąś tanią i łatwo wymienną część maszyny. W łamaczu Blake'a przeznaczone są w tym wypadku płyty rozporowe, które konstruują się z bardzo małym stopniem bezpieczeństwa i wobec tego ulegają złamaniu wskutek wyboczenia. Niektóre firmy wykonywują płyty rozporowe z dwóch części połączonych ze sobą śrubami lub nitami (rys.7),



które ulegają ścinaniu, gdy w łamaczu powstają wielkie naprężenia.

#### Rozdrabnianie w łamaczu

Rys.7. Płyta rozporowa. 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 energii pobieranej nie zużywa. Praca dostarczana wtedy przez silnik zostaje przekształcona na energię kinetyczną koła zamachowego, które przyspiesza swój bieg. Podczas ruchu roboczego szczęki, koło, nagromadzoną energię kinetyczną zużywa na pracę, zmniejszając prędkość. Równomierność biegu łamacza zależy więc od koła zamachowego. Aby nierównomierność biegu zmniejszyć, średnie i duże łamacze szczękowe posiadają 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 wysypany się z łamacza tylko podczas powrotnego (jałowego) ruchu szczęki ruchomej, obliczymy wydajność łamacza w sposób następu-

pujący:

Czas trwania ruchu powrotnego szczęki wynosi  $t = \frac{60}{2n}$  sek.

W przeciągu tego czasu przez szczelinę pomiędzy szczękami przepłyje się teoretycznie

$$V_1 = a \cdot b \cdot \frac{g \cdot t^2}{2} = a \cdot b \cdot \frac{g}{2} \left( \frac{60}{2n} \right)^2 = 4500 \text{ g} \cdot \frac{ab}{n^2} \text{ m}^3$$

a na godzinę

$$V = 4500 \cdot \frac{ab}{n^2} \cdot 60 n = 270000 \cdot \frac{ab}{n} \text{ m}^3$$

Praktycznie zaś znacznie mniej, a mianowicie

$$V = 270000 \cdot \eta \cdot \frac{ab}{n} \text{ m}^3/\text{godz.}$$

gdzie  $\eta$  objętościowy współczynnik wydajności wynoszący od 0,20 do 0,40.

Oznaczając przez  $\gamma$  ciężar właściwy w ton/m<sup>3</sup> rozdrabnianego materiału otrzymamy, że wydajność rozdrabniarki wynosi

$$G = 270000 \cdot \eta \cdot \gamma \cdot \frac{ab}{n} \text{ ton/godz.}$$

Zużycie mocy w łamaczu Blackea obliczymy na podstawie następujących rozważań. Ilość brył kształtu 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 (4)

$$L = \frac{C_{\text{mx}}}{2E} \cdot \frac{\pi}{6} (D^3 - d^3) \cdot \frac{b}{D} \text{ kgm}$$

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

$$N = \frac{L \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{C_{\text{mx}} \cdot \pi \cdot n \cdot b}{2E \cdot 60 \cdot 75 \cdot 6 \cdot D} (D^3 - d^3)$$

skąd po uproszczeniu otrzymamy



$$N = \frac{\sigma^2 \cdot m \cdot n \cdot b}{17200 \cdot E} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D}$$

W łańcuchach szczegółowych 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

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot m \cdot n \cdot b}{17200 \cdot E} \cdot D^2$$

W równaniu tym naprężenie  $\sigma \cdot m$  i współczynnik sprężystości  $E$  są wyrażone w  $\text{kg/m}^2$ , a długość szczeliny  $b$  i średnica kawałka  $D$  w metrach.

Biorąc  $\sigma$  i  $E$  w  $\text{kg/cm}^2$ , a długość  $b$  i średnicę  $D$  w cm otrzymamy:

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot m \cdot n \cdot b \cdot D^2}{1720000 \cdot E}$$

W łańcuchach Blake'a najczęściej, w porównaniu z innymi częściami maszyny, narażone są na zużycie, szczęki i dlatego posiadają one 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.

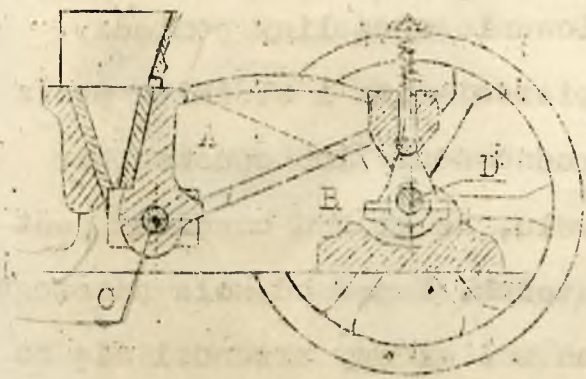
Łańcuchy Blake'a różnych wielkości budowane są w Polsce i innych krajach. Główne wymiary i charakterystyczne cechy najczęściej używanych łańcuchów podane są w tabelicy II.

Tablica II.

Charakterystyka łamaczy Blake'a

Wym. paszczy	250x175	375x225	500x250	600x300	750x450	900x600	1050x750
długość łamacza	1022	1651	1854	2096	2717		
szer.	622	812	978	1130	1398		
ilość obrotów	275	275	275	275	266	231	225
moc	9,5	12,5	16	22,5	47	72	104
wydajność	2,2	7,4	11,7	22,4	37	67	117
ciężar	3,6	6,75	8,77	10,80	21,70	33,50	52,40

Łamacze Dodge'a, przedstawione na rys. 8 mają zastosowanie w tych przypadkach, 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 posiada górna część szczęki. Szczelina pomiędzy szczękami nie zmienia prawie podczas pracy łamacza swoich wymiarów, przez co materiał rozdrabnia się równomierniej niż w łamaczach Blake'a. Wadą ich jest zapychanie się szczeliny, przez którą odchodzi materiał rozdrobniony.



Rys. 8. Łamacz szczękowy Dodge'a.

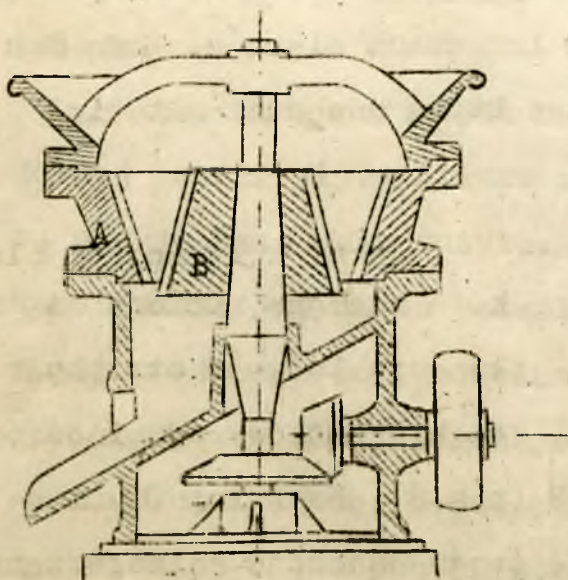
Jak i w łamaczach Blake'a szczęka ruchoma A w łamaczu Dodge'a otrzymuje ruch wahadłowy od minośrodu B (rys. 8). Na wale D minośrodu osadzone są koła zama-chowe i pasowe przy pomocy specjalnego sprzęgła, które

ulega zniszczeniu, gdy pomiędzy szczęki łamacza trafi bardzo twarde ciało.

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.

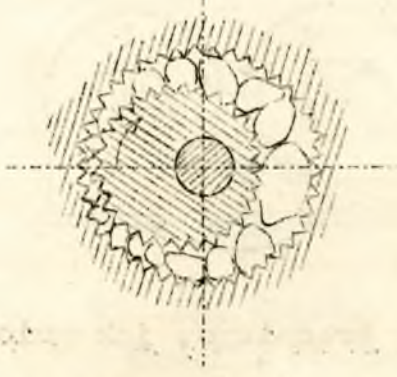
Wad powyższych, wynikających w łamaczach szczękowych na skutek poruszania ich przez mechanizmy nimośrodowe, nie posiadają łamacze stożkowe. Jeden z takich łamaczy podany jest schematycznie na rysunku 9. Składa się on z mocnej budowy pierścienia stożkowego A oraz ze stożka B, osadzonego nimośrodkowo na wale pionowym. Pierścień i stożek posiadają wyrzienne powierzchnie robocze ze stali manganowej lub z białego żeliwa.

Powierzchnie te posiadają zęby, które ułatwiają kruszenie. W niektórych konstrukcjach przewidziana jest możliwość regulowania szczeliny pomiędzy pierścieniem i stożkiem przez podnoszenie lub opuszczenie wału, na którym osadzony jest stożek. Napęd od koła pasowego na wał główny przenosi się za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej. Podczas ruchu



Rys. 9. Łamacz stożkowy.

obrotowego wału stożek wskutek swego ekscentrycznego położenia kruszy, jak przedstawiono schematycznie na rys.10, bryły, znajdujące się pomiędzy nim a pierścieniem.



Rys.10.

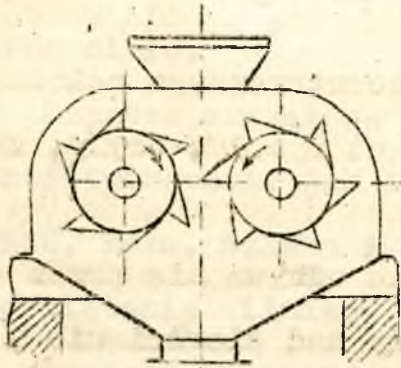
Schemat działania łańcucha stożkowego

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

Działanie łańcucha stożkowych jest ciągle i spokojne bez szkodliwych

periodycznych uderzeń, wskutek czego rozchód mocy jest równiejszy niż w łańcuchach szczękowych, a sprawność i wydajność większa. Materiał rozdrobniony zawiera przy tym mało stosunkowo niaku. Wadą ich w porównaniu z łańcuchami szczękowymi są duże wymiary i wielki ciężar, gdy łańcuchy Blacke'a i Dodge'a są przy tych samych wydajnościach lżejsze i mniejsze. Łańcuchy stożkowe używane są do kruszenia twardych i średnio twardych materiałów, jak kamienie wapienne, kreda itp. w niezbyt wielkich bryłkach.

Łańcuchy 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 niaku i kurzu. Ilość obrotów stosunkowo niewielka, nie przekraczająca kilkudziesięciu obrotów na minutę.

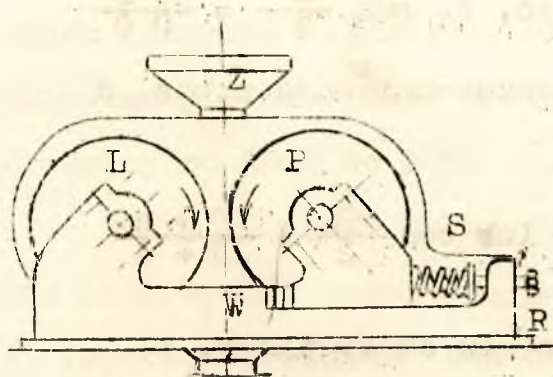


Rys. 11. Łamacz walcowy.

### § 3. Gniotowniki walcowe.

Maszyny przeznaczone do rozdrabniania średniego, jak gniotowniki, młyny młotowe, dezynTEGRATORY i inne 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 lub 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, szlaku i innych materiałów. Odznaczają się od innych rozdrabniarek tym, że zmniejszają tylko kilkukrotnie wielkość kawałków materiału rozgniatanego, Ażeby osiągnąć większy stopień rozdrobnienia należy materiał przepuścić przez kilka kolejno następujących par wałeczków.

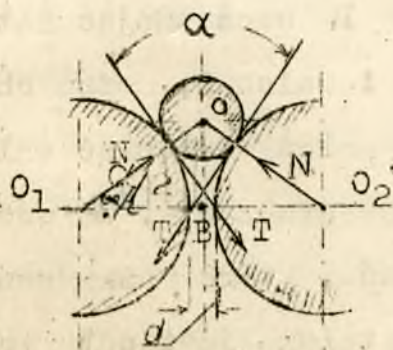
Rozdrabniarka przedstawiona schematycznie na rysunku 12 składa się z dwóch wałeczków jednakowej średnicy, obracających się w przeciwnych kierunkach. Jeden z nich L osadzony jest na wale spoczywającym w łożyskach nieruchomych, drugi zaś P w ruchomych. Gdy pomiędzy walce trafi jakieś wyjątkowo twarde ciało (na przykład kawał żelaza, nakrętka itp), walce ruchome



Rys.12. Walce.

odsuwają się od nieruchomych, ściskając sprężynę S, normalnie zaś są dociskane przez nią w taki sposób, że pomiędzy walcami powstaje szczelina pożądaney szerokości. Wielkość tej szczeliny można regulować przy pomocy wkładek W i śruby naciskającej R.

Kawałki rozdrabnianego materiału są wciągane przez walce wskutek tarcia pomiędzy nimi i walcami. Ażeby siły tarcia mogły wciągnąć ciało rozdrabniane kątem chwytu walca  $\alpha$  (rys.13) winien być mniejszy od połowionego kąta tarcia. Kątem chwytu walców nazywamy kąt pomiędzy stycznymi do walców w punktach,



Rys.13.

w których ciało rozdrabniane (rys.13) styka się z nimi. Walce ścisną na ciało rozdrabniane z siłami N poza tym pomiędzy ciałem a walcami działają siły tarcia T, przy czym  $T = \mu \cdot N = \operatorname{tg} \varphi \cdot N$ , gdzie  $\mu$  jest współczynnikiem, a  $\varphi$  kątem tarcia. Jeżeli ciało jest wciągane

przez obracające się walce, to

składowa pionowa siły tarcia  $T \cos \frac{\alpha}{2}$  jest większa od pionowej składowej siły N, która równa się  $N \sin \frac{\alpha}{2}$ , a więc  $T \cos \frac{\alpha}{2} > N \sin \frac{\alpha}{2}$  lub

$$N \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \frac{\alpha}{2} > N \sin \frac{\alpha}{2} \quad \text{skąd} \quad \operatorname{tg} \varphi > \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

a więc

$$\operatorname{tg} \alpha < 2 \operatorname{tg} \varphi$$

Wielkość kąta  $\alpha$  zależy od średnicy walców  $D$ , od szerokości szczeliny, a pomiędzy nimi i od wymiarów ciała rozdrabnianego.

Z trójkąta  $O_1CB$  można napisać, że  $\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{O_1B}{O_1C}$

Oznaczając średnicę kawałka rozdrabnianego przez  $d$  otrzymamy, że

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

Z równania tego po przekształceniu otrzymujemy, że

$$a = (D + d) \cos \frac{\alpha}{2} - D \dots \dots \dots (5)$$

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

oraz

$$D = \frac{d \cos \frac{\alpha}{2} - a}{1 - \cos \frac{\alpha}{2}} \dots \dots \dots (7)$$

Ze wzoru (5), mając średnicę walców  $D$  oraz znając kąt tarcia pomiędzy materiałem rozdrabnianym i walcami, można obliczyć najmniejszą odległość  $a$ , na którą należy rozsunąć walce, ażeby kawałki o średnicy  $d$  były wciągane przez nie. 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  $\alpha$ , jak to było wyjaśnione poprzednio, jest mniejszy od podwojonego kąta tarcia pomiędzy materiałami rozdrabnianymi (mieszanka) i walcami (stal), który normalnie nie przekracza  $32^\circ$ . 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, albowiem już 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  $\alpha$  to jest ze wzrostem tarcia pomiędzy ciałem rozdrabnianym i walcami, maleje odległość pomiędzy walcami, a więc wzrasta stopień rozdrabniania, powiększa się wielkość kawałków wciąganych przez walce, natomiast zmniejsza się 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, tak zwany bandaż, jest wymieniana. Bandaże są wykonywane ze stali węglistej, manganowej lub nawet chromowej, walce zaś zwykle z żeliwa szarego lub wyjątkowo z białego, a wtedy nie posiadają bandaży. Ze względów chemicznych wykonywane bywają walce z porcelany lub z twardych minerałów górskich jak porfir i inne.

Zasilanie walców materiałem rozdrabnianym powinno zachodzić równomiernie na całej ich długości, albowiem 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 soczewkowy, najszerszy w środku, a najwęższy po bokach. Ażeby zużycie powierzchni roboczej walców postępowoło wolniej, posiadają one płaszcz z twardej stali pancernej który można wymienić, gdy zostanie on zniszczony przez tarcie w takim stopniu, że odbija się to ujemnie na procesie rozdrabniania.

Walce obracane są w przeciwnych kierunkach przy pomocy kół zębatych lub pasowych (nie pokazanych na rys.11), osadzonych na tych samych osiach i one wałach.

Zwykle <sup>szybkość</sup> 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/sok dla walców wolnobieżnych do 6 m/sok 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, albowiem walec ruchomy pod wpływem parcia materiału rozdrabnianego odsuwa się od nieruchomego na pewną odległość  $b$ , zależną od twardości sprężyny (rys,12), wynoszącą od ćwierci mm do kilkunastu mm. Średnio można przyjąć że  $b = \frac{a}{4}$ .

Oznaczając przez  $l$  długość walców, przez  $D$  średnicę, przez  $n$  ilość ich obrotów na minutę, przez  $\gamma$  ciężar  $1 \text{ m}^3$  materiału rozdrabnianego, przez  $\rho$  objętościowy współczynnik

wydajności, wynoszący od 0,3 do 0,5 i przez  $G_t$  wydajność teoretyczną w kg na godzinę będziemy mogli napisać, że

$$G_t = S \cdot l \cdot \eta \cdot Dn \cdot 60 \cdot \eta \text{ kg/godz.}$$

Przyjmując, że

$$S = a + b = a + \frac{3}{4}a = \frac{5}{4}a$$

oraz, że  $\eta = 0,4$  otrzymamy, że

$$G_t = 94 D l a n \text{ kg/godz}$$

co wynosi

$$G_t = 0,094 D l a n \text{ ton/godz.}$$

albo

$$G_t = 0,1 D.l.a.n. \text{ ton/godz.}$$

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

Dużo 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 tabelicy III podane są główne wymiary i charakterystyczne cechy najczęściej spotykanych gniatowników walcowych.

T a b l i c a III.

Charakterystyka walców.

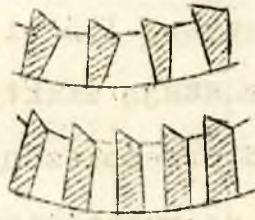
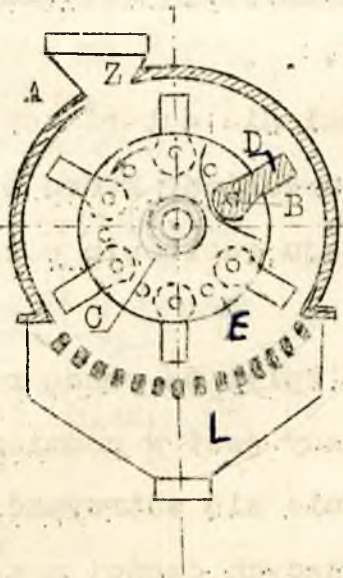
Srednica walców mm	200	400	600	800	1000	1200	1500
długość " mm	125	250	300	350	400	400	600
Największe ciśnienie na materiał kg/cm	15	15	25	30	30	40	40
Szer. Szczeliny mm	4	6	8	12	14	16	18
Ilość obrotów obr/min	300	200	150	120	100	100	80
Wydajność t/godz	1,8	8,0	15,5	32,0	53,0	83,0	103,0
Moc KW	3	6,5	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 ton	2,0	3,0	6,5	14,5	28,0	32,5	35,0
Największa średn. 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 inne.

Młyn młotkowy najprostszej konstrukcji przedstawiony jest schematycznie na rysunku 14. Na wale poziomym C, osadzone są dwie tarcze E, pomiędzy którymi zawieszono na osiach B ciężkie i grube płyty stalowe D, tak zwane 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, rozbijają go w ten sposób na mniejsze kawałki i odrzucają z wiel-

ką siłą na osłonę A maszyny, gdzie wskutek uderzenia ulega on dalszemu rozbięciu.



Rys.14a.

Materiał dostatecznie rozdrobniony przesiewa się przez ruszt, znajdujący się w dolnej części osłony i odchodzi przez lej

Rys.14. Młyn młotkowy. L, większe zaś kawałki, pozostające w młynie, są w dalszym ciągu rozdrabniane.

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

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

gdzie J - jest momentem bezwładności młotków względem osi obrotów,

W - prędkość kątowna 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 używa się do rozdrabniania węgla, asfaltu, soli kamiennej, wapniaków i innych ciał kruchych oraz niektórych materiałów włóknistych, jak kora dębowa i kości, natomiast

nie nadaje się do rozdrabniania materiałów ciągliwych. Materiały rozdrabniane w młynach młotkowych powinny być suche, albowiem, gdy 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 pracę rozdrabniarki. Gdy materiał rozdrabniany dostarczany jest w nadmiernej ilości zwalnia ona 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 zużyją się z jednej strony można obrócić o  $180^{\circ}$  tak, żeby pracowały one 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.

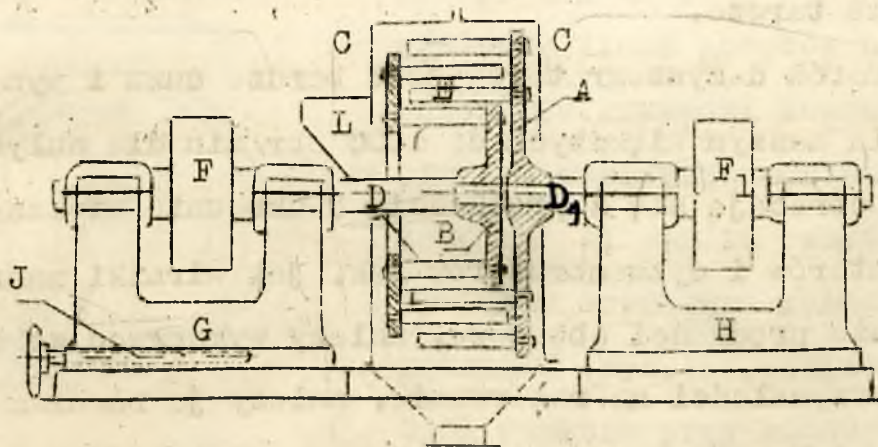
W tablicy IV podane są główne wymiary i charakterystyczne cechy młynów młotkowych budowanych przez jedną z fabryk ZSRR.

Dezyntegratory jak i młyny młotkowe rozdrabniają przez silne uderzenia. Na rysunku 15 podana jest schematycznie najczęściej spotykana konstrukcja. Dwie tarcze A i B, umieszczone w osłonie C, osadzone są na wałach poziomych D i D<sub>1</sub>. 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.

Tablica IV.

Charakterystyka młynów młotkowych.

średnica 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 obr. 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	212
Moc KW		7-10	20-35	55-70	80-100	85-120	150-210	150-210	200-280
Ciężar ton		0,5	1,6	3,8	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 F<sub>1</sub>. Materiał, doprowadzany przez lej L do środka dezintegratora i uderzany przez prędko wirujące pręty wewnętrzne, rozbija się na mniejsze kawałki oraz odrzucany jest na pręty wienca drugiego, który obraca się w kierunku przeciwnym. Pręty te, rozbijając w

dalszym ciągu materiał, odrzucają go na pręty następnego z kolei wienca, gdzie zachodzi dalsze jego rozdrobnienie. Materiał więc, podlegając w dezintegratorze wielokrotnym uderzeniom przez pręty każdego wienca, rozdrabnia się coraz więcej i, po przejściu przez ostatni wieniec, 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 C, wał D z osadzoną na nim tarczą wewnętrzną B i lewą część osłony odsunąć od prawej części maszyny przy pomocy śruby J.

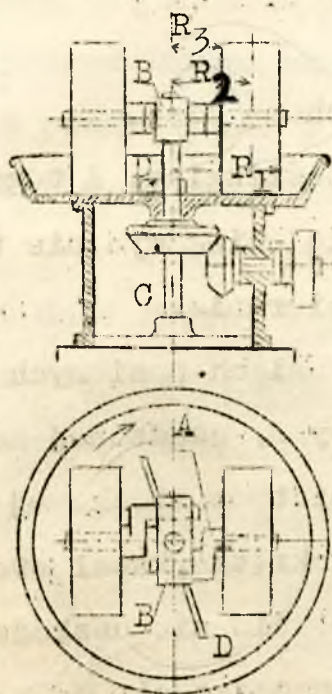
Dyzmembratory, podobne do dezintegratorów jak swoją budową tak i działaniem, różnią się od nich tym, że posiadają tylko jedną tarczę ruchomą, a druga jest nieruchoma, w dezintegratorach zaś wirują obie tarcze.

Ilość obrotów dezintegratorów 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 dezintegratorów i dyzmembratorów tak, jak wirniki maszyn, posiadających 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.

Dezintegratory są znacznie lżejsze od innych rozdrabniarek o tej samej wydajności. Są one budowane o różnych wymiarach. Służą one do rozdrabniania materiałów średniej twardości oraz włóknistej budowy. Stosują je w fabrykach nawozów sztucznych do rozdrabniania superfosfatu, kości i szlaki, 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 wykonywują więc jednocześnie dwa ruchy obrotowe: pierwszy dookoła osi poziomej, gdy toczą się po misie, oraz 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

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

gdzie  $n_1$  ilość obrotów na minutę,  $R_1$  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

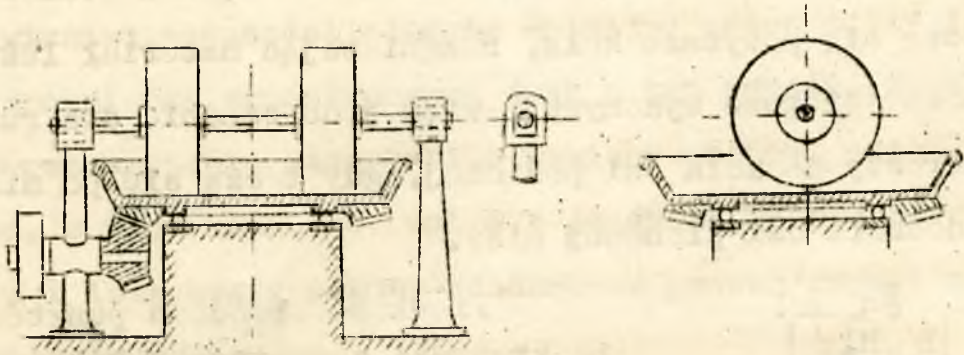
$$v_2 = \frac{2\pi R_2 n_1}{60} \quad \text{i} \quad v_3 = \frac{2\pi R_3 n_1}{60}$$

Prędkości obwodowe przy ruchu koła dookoła osi poziomej wynoszą  $v = \frac{\pi D n_2}{60}$ , gdzie  $D$  jest średnicą kół obiegowych, a  $n_2$  ich ilość 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



Rys.17. Gniotownik obiegowy z ruchomą misą.

$V_1 > V_2 > V_3$ , 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.

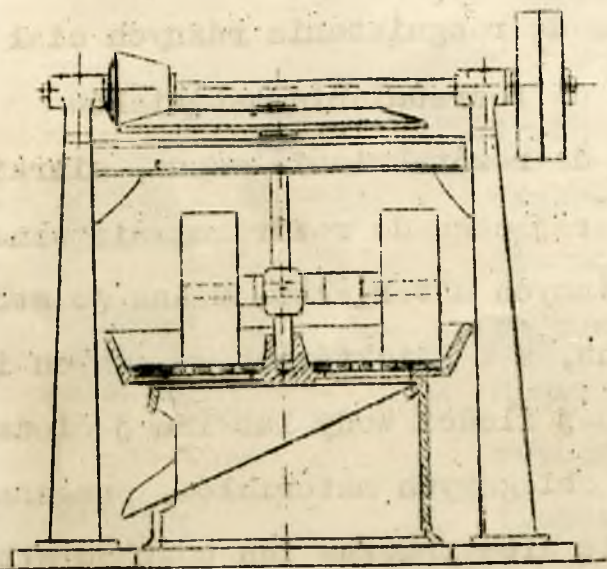
Koła obiegowe (rys.16) umieszczone są na osiach poziomych A, których konce wykorczone umocowane są w głowicy B, osadzonej na wale pionowym C, otrzymującym napęd za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej. Gdy jakieś twarde ciało (nakrętka, kawał stali) trafi do misy, koła obiegowe przetaczają się po nim nie uszkadzając osi poziomej A, która podnosi się wtedy obracając się dookoła swego wykorczonego końca osadzonego w głowicy.

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

Dla przesuwania materiału z martwych miejsc misy pod koła gniotące, gniotowniki obiegowe posiadają 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, posiadających otwory sitowe w części dna misy, przesuwają rozdrobniony materiał przez powierzchnię sitową dna.

Na rys.17 podany jest gniotownik obiegowy, w którym koło 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 kołmieniok, znajdujących się po obu bokach gniotownika.

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



Rys.18. Gniotownik z górnym napędem.

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 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 rysunkach 16 i 17 posiadają napęd dolny, umieszczony pod misą, gniotownik zaś podany na rysunku 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, natomiast koła gniotowników szybkobieżnych są mniejsze (do 1,5 m), ale szersze.

Gniotowniki obiegowe stosowane do rozgniatacia różnych ciał już od kilku stuleci 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, to jest z dodaniem dowolnej ilości wody lub innej cieczy.

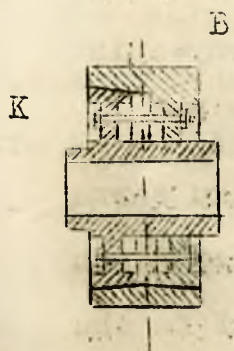
Doprowadzanie do gniotowników obiegowych materiałów, przeznaczonych do rozdrabniania, odbywa się albo podczas ich postoju albo

w czasie biegu. Odprowadzanie zaś rozdrobnionych materiałów w gniotownikach, pracujących w sposób periodyczny (rys.16 i 17) może zachodzić tylko, 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 posiadają 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 rysunku 19. Powierzchnia wewnętrzna bandaża jest stożkowa, wskutek czego przy dokręcaniu nakrętek, śruby mocno wciskają do bandaża B koła K i pierścień P, przez co połączenie bandaża z kołem jest, dostatecznie mocne.

### § 6. Młyn żarnowy.

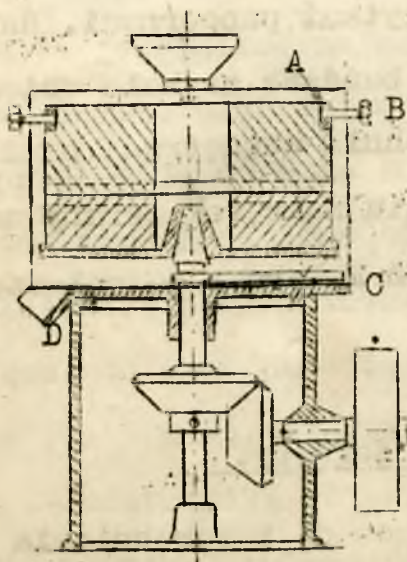


Rys.19.

Maszyny służące do rozdrabniania drobnego, noszą ogólną nazwę młynów. Rozdrabnianie to jest naogół 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.

Głównymi częściami młynów żarnowych są kamienie młyńskie tak zwane żarna. Mielenie w tych młynach zachodzi przez rozcieranie materiału pomiędzy żarnami, z których zwykle jedno posiada 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 jest do osłony przymocowane przy pomocy bandaża A i śrub B dolne zaś leży na tarczy, osadzonej na wale pionowym, który otrzymuje napęd za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej.



Rys.20. Młyn żarnowy.

Żarna są wykonywane z piaskowca, przy czym najlepsze są piaskowce francuskie, poza tym 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, albowiem w przeciwnym wypadku 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 rysunkach 21 i 22. Gdy żarna są w położeniu normalnym, to jest 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 przesuwa się od środka żaren do obwodu, rozciera się pomiędzy ich chropowatymi powierzchniami roboczymi i spada na dno osłony. Lapa C, obracająca się wraz z wałem pionowym, na którym jest osadzona, zgarnia materiał zmielony i usuwa go przez lej D.

Odległość pomiędzy żarnami można regulować przez podnoszenie lub opuszczanie wału pionowego z żarnem dolnym przy pomocy mechanizmu nie pokazanego na rysunku 20.

Nie we wszystkich konstrukcjach górne żarno jest nieruchome, a dolne ruchome, nie mniej często można spotkać młyny żarnowe, w których nieruchomym jest dolny kamień, a ruchomym 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 180 na minutę, zużycie zaś mocy od 6 do 12 KM.

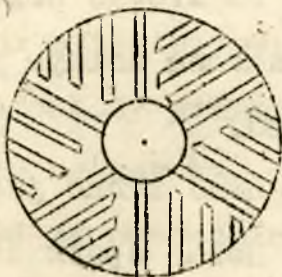
### § 7. Młyny walcowe i pierścieniowe.

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

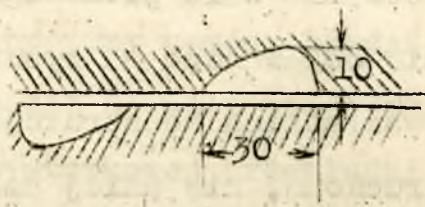
Walce w młynach walcowych posiadają na powierzchniach roboczych drobne rowki, które ułatwiają mielenie. Ilość obrotów obu walców jest różna, wskutek czego materiał mielony rozdrabnia się

nie tylko przez rozgniatanie, ale również i przez rozcieranie. Jak i w gniotownikach walcowych jeden z walców młynów walcowych unieszczyony jest w łożyskach nieruchomych, drugi w ruchomych, co daje możliwość regulowania szczeliny pomiędzy nimi.

Podobnie w swoim działaniu do młynów walcowych, ale inaczej zbudowane są młyny pierścieniowe. Jedną z kilku konstrukcji tych maszyn przedstawiona jest na rysunku 23.

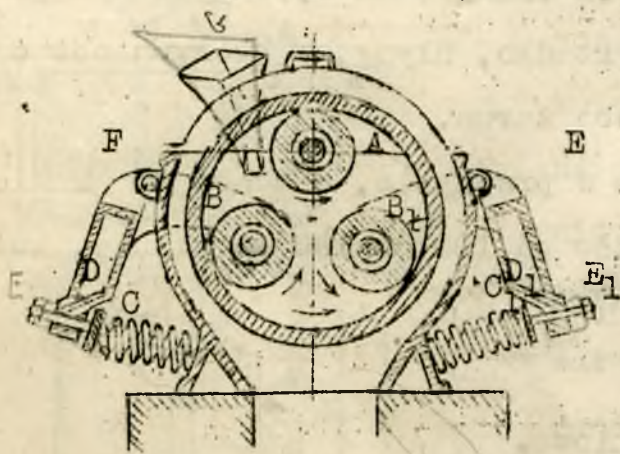


Rys. 21



Rys. 22

Rowki na żarnach



Rys. 23. Młyn pierścieniowy.

Młyn pierścieniowy składa się z pierścienia i trzech walców małej średnicy. Górny wałek A, leżący w nieruchomych łożyskach przynocowanych do osłony, otrzymuje ruch obrotowy za pośrednictwem koła pasowego osadzonego na jego osi (nie pokazanego na rysunku). Dwa pozostałe walce B i B<sub>1</sub> dociskane są do pierścienia przez twarde sprężyny C i C<sub>1</sub> za pośrednictwem dwuramiennych dźwigni D i D<sub>1</sub>. Siłę docisku walców do wewnętrznej powierzchni pierścienia można regulować przy pomocy śrub E i E<sub>1</sub>. Czopy wałów, na których osadzone są walce B i B<sub>1</sub> spoczywają w łożyskach przynocowanych do widelkowych ramion dźwigni D i D<sub>1</sub>, które oparte są na nieruchomych osiach F i F<sub>1</sub>.

Gdy wałek A otrzymuje napęd, poruszają się wskutek tarcia w tym samym kierunku oraz z taką samą prędkością liniową pierścieniec i pozostałe walce, materiał zaś rozdrabniany, który doprowadzany jest wewnątrz młyna przez otwór G, ulega rozgniataniu wstępnemu pomiędzy pierścieniem i wałcem B. Następnie, wirujący pod wpływem siły odśrodkowej razem z pierścieniem, materiał dostaje się pod działaniem 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.

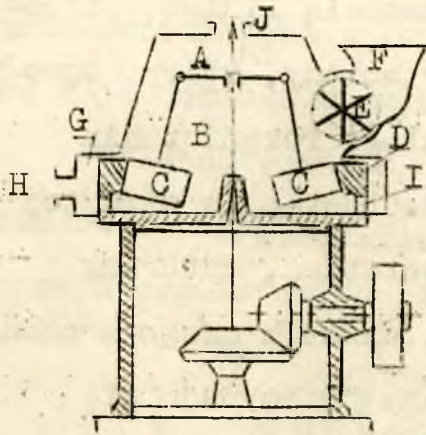
Młyn pierścieniowy, stosowany w przemyśle do mielenia materiałów miękkich i średnio twardości, jak fosforyty, węgiel i inne, odznacza się spokojnym biegiem i w porównaniu z młynami innymi tego typu pracuje, jak i młyny walcowe, ze stosunkowo małymi hałasami. Najwięcej narażone na zużycie części młyna, a mianowicie pierścieniec i walec, są wykonywane z twardej stali lub z białego twardego żeliwa. Wyniary pierścienienia 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 kW.

### § 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 wahadłowe i ruletowe.



Młyn wahadłowy, przedstawiony schematycznie na rys. 24, zbudowany jest w sposób następujący. Na wale pionowym zawieszono są na



Rys. 24. Młyn wahadłowy.

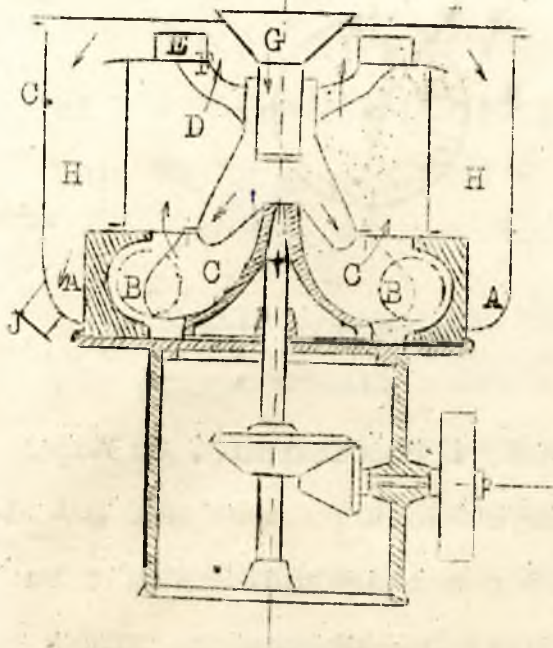
zawiasach A w pewnej odległości od niego dwa lub kilka w zależności od wielkości młyna, wały boczne B, na których są umieszczone ciężkie stalowe rolki C. Gdy wał centralny obrzuca za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej ruch obrotowy, wałki boczne, wirując dookoła osi pionowej, zajmują położenie pochyłe, gdyż rolki C odrzucają się przez siłę odśrodkową na gruby stalowy pierścień D. Wskutek tarcia pomiędzy pierścieniem i rolkami otrzymują one ruch obrotowy dookoła wałków B. Rolki więc posiadają ruch planetarny, gdyż jednocześnie wirują dookoła centralnej osi pionowej i tocząc się po wewnętrznej powierzchni pierścienia D, obracają się dookoła własnych osi. Materiał mielony, doprowadzony równomiernie z kosza F przez gwiazdę rozgwieżdżoną rozdzielczą E, dostaje się pomiędzy pierścień i rolki i jest rozgniatały przez siłę odśrodkową, dociskającą rolki do pierścienia.

Zmielony materiał usuwa się przy pomocy strunienia powietrza, wdmuchiwanego do skrzynki pierścieniowej G przez przewód H, skąd dostaje się ono do wnętrza młyna, otworami I. Strunienie 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 kW.

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, które popychane są



osadzonymi na pionowym wale łapani C. Rzeź z łapani wiruje przynocowany do nich stożek D i skrzydła wentylatora E, połączone ze stożkiem ramionami F. Materiał mielony wchodzi do rękawa przez nieruchomy lej G dostaje się na pierścieniu i jest rozgniatany przez wirujące kule, dociskane do pierścienia wskutek działania siły odśrodkowej.

Rys.25. Młyn ruletowy.

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 rękawa, gdzie, przepływając obok pierścieni i kul, perływa dostatecznie rozdrobniony produkt i unosi go przez pierścieniową komorę H i przewód I na zewnątrz.

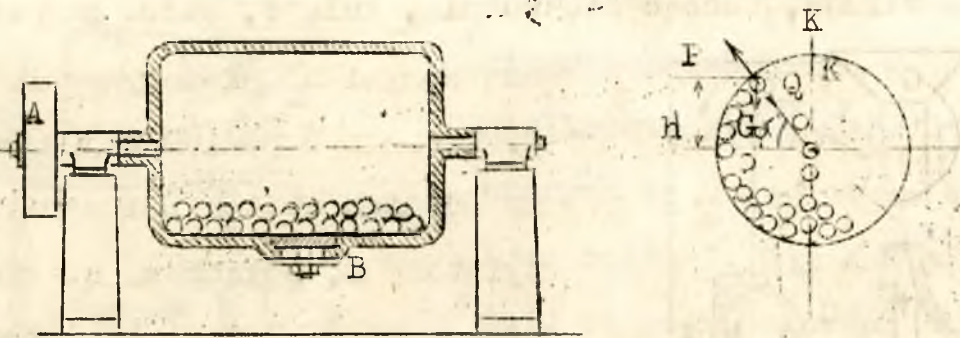
Srednica pierścienia w rękawach ruletowych waha się od 600 do 1400 mm, ilość obrotów od 300 do 130 obr/min, zużycie zaś mocy od 12 do 110 kW.

### § 9. Młyny kulowe.

Młyny kulowe stanowią bardzo ważną i rozpowszechnioną grupę młynów, przeznaczonych do drobnego mielenia różnego rodzaju ciek mineralnych.

Najprostszy młyn kulowy (rys.26 i 27) jest to obracający się poziomy bęben, wewnątrz którego znajdują się kule zmielone z rozdrabnianym materiałem. Podczas pracy młyna kule wraz z materiałem

toczą się wewnątrz bębna, podnoszą się na pewną wysokość, spadają, uderzają o siebie i mielony materiał i w ten sposób rozdrabniają go



Rys. 25 . Młyn bębnowy.

Rys. 27

przez jednoczesne rozbijanie, rozgniatanie i rozcieranie. Głównymi warunkami dobrego działania kół kulowych jest podniesienie na odpowiednią wysokość oraz spadanie kół rozdrabniających. Podczas ruchu młyn kule są pod działaniem dwóch sił: pod wpływem jednej z nich - siły ciężkości  $G$ , kule dążą do zajmowania najniższego położenia w bębnie, drugą zaś - siłą odśrodkową  $P$  dociska kule do wewnętrznej powierzchni bębna, przeciwdziałając ich spadaniu.

Wskutek jednoczesnego działania obu sił, kule, docisknięte do ścianek bębna, podnoszą się na wysokość  $H = R \sin \alpha$  i następnie spadają, gdy siła  $Q$  stanie się większą od siły odśrodkowej  $P$  (rys. 27).

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

$$Q = G \sin \alpha = mg \sin \alpha, \quad \text{a } P = m \frac{v^2}{R}$$

gdzie  $m$  = jest to masa kuli,

$v$  = prędkość obwodowa bębna,

$R$  = jest promieniem bębna.

Gdy kule spadają  $Q > P$ , czyli

$$mg \sin \alpha > m \frac{v^2}{R}$$

Wobec czego

$$\sin \alpha \geq \frac{v^2}{gR}$$

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

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

Wynika z tego, że kule będą spadały z największej wysokości  
gdy przyspieszenie odśrodkowe  $w_n$  jest równe przyspieszeniu ziem-  
skiemu  $g$ . Jeżeli przyspieszenie odśrodkowe jest mniejsze od  $g$ , ku-  
le, nie osiągając najwyższej wysokości, to jest punktu K (rys.25)  
spadają wcześniej, gdy zaś przyspieszenie odśrodkowe jest większe  
od przyspieszenia ziemskiego, kule nie będą się odrywać od bębna,  
lecz będą razem z nim wirować, wskutek czego maszyna przestanie  
spełniać swoją czynność rozdrabniająca. 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 obwodowa bębna ze wzoru

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

a przyspieszenie odśrodkowe

$$w_n = \left( \frac{\pi \cdot D \cdot n_k}{60} \right)^2 \cdot \frac{2}{D} = \frac{\pi^2 \cdot n_k^2 \cdot D}{1800}$$

Wobec tego, że

$$w_n = g$$

będziemy mogli napisać, że

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

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 przemyślu chemicznego. Budowane są różnych wymiarów 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 kg w małych młynach laboratoryjnych do kilkudziesięciu tysięcy kg 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 materiał, kule powinny być mniejsze. W tabelicy 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, załadowanie i wyładowanie których wymaga zatrzymania maszyny oraz na 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 stoż-

kowe. Najprostsz<sup>y</sup> młyn bębnowy podany jest na rys.26. Jest to bęben poziomy, obracany dookoła swej osi przy pomocy koła pasowego A. przez otwór zamknięty pokrywą B, ładuje się do bębna materiał, przeznaczony do mielenia oraz kule. Po upływie pewnego czasu, dostatecznego do zmielenia zakładanego materiału, młyn po zatrzymaniu, wyładowując materiał zmielony po oddzieleniu od kul przesiewają, przy czym część niedostatecznie rozdrobnioną, która pozostaje na sicie, ładują znowu do młyna.

Tablica V.

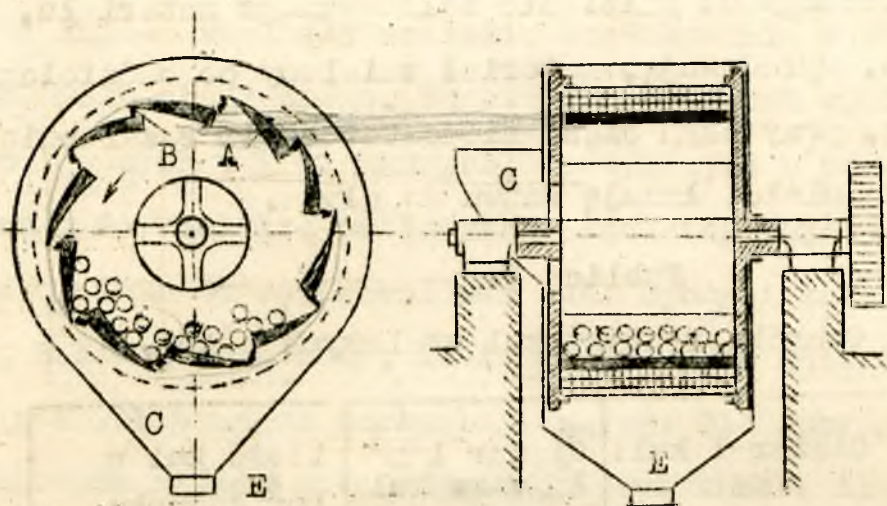
Charakterystyka kul stalowych

Srednica mm	Ciężar 1 kuli kg	Ciężar 1 m <sup>3</sup> ładunku kul	ilość kul w 1m <sup>3</sup> 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 młynach, 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 rysunku 28. Bęben tego młyna, umieszczony w osłonie, składa się z szeregu płyt stalowych A, umocowanych między donkami bębna w taki sposób, że pomiędzy płytami są duże szczeliny, w których znajdują się grube blachy dziurkowane. Bęben

otrzymuje napęd z koła osi poziomej za pośrednictwem koła zębatego. Zasilanie odbywa się przez otwór w donku bębna i lej C. Podczas ruchu bębna kule działają w sposób identyczny jak w młynie kulowym periodycznym (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 bęb-  
nem, przesiewa się i odchodzi przez lej E, niedostatecznie zaś  
zmielony, który zostaje na sicie, wraca z powrotem do bębna i ule-  
ga dalszemu rozdrabnianiu.

Sita są słabą stroną tego rodzaju młynów gdyż w przypadku  
bardzo drobnego mielenia muszą być wykonywane z cienkich metalo-  
wych włókien, wskutek czego, jako mało odporne na działania mecha-  
niczne, 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 róż-  
nych wymiarów. Średnica bębna wynosi od 1000 do 3100 mm, długość  
bębna od 700 do 1400 mm, ilość obrotów od 35 do 2000 obr/min, zuży-  
cie zaś mocy od 2 do 50 kW.

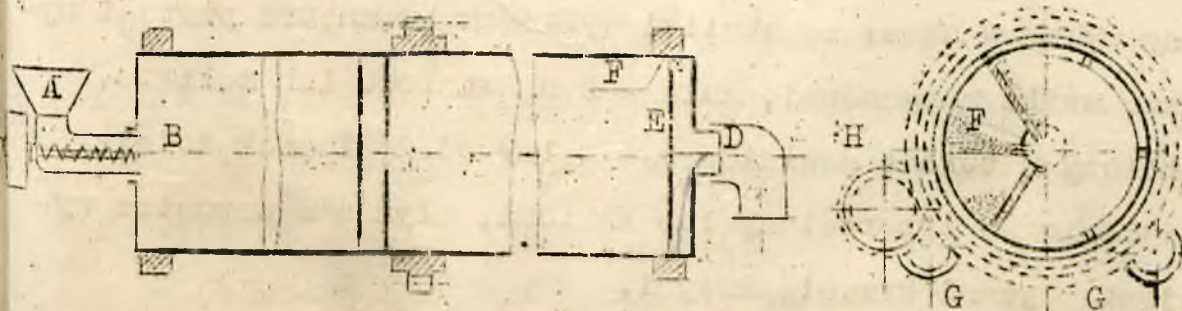
Główne wymiary i charakterystyczne cechy młynów kulowych  
Kruppa podane są w tabelicy VI.

Tablica VI

Charakterystyka młynów kulowych syst. Kruppa

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

W wielkim przemyśle są w użyciu duże młyny kulowe, tak zwane młyny rurowe pracujące w sposób ciągły, jak i młyn poprzeczni, lecz nie posiadające sit. Długość bębna młynów rurowych jest kilkakrotnie większa od jego średnicy, wskutek czego przypominają one swoim zewnętrznym wyglądem rury i z tego powodu otrzywały powyższą nazwę. Materiał mielony, doprowadzony 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 posiadają tylko jedną komorę.



Rys.29. Młyn rurowy

Młyn rurowy przedstawiony na rysunku 29 przedzielony jest



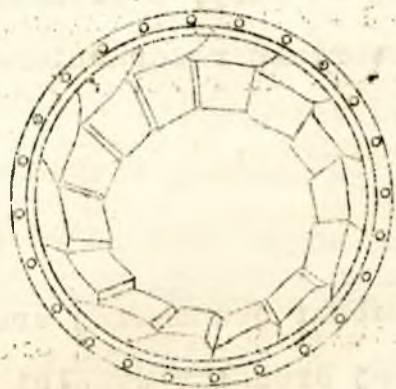
przegrodą na dwie części. W pierwszej, posiadającej kule większej średnicy, odbywa się mielenie wstępne, w drugiej zaś, zawierającej kule mniejsze, zachodzi ostateczne, bardzo drobne mielenie materiału, który doprowadzany jest do młyna z kosza A przez śli-  
nak zasilający B. Zmielony materiał odprowadzany jest z drugiego końca rozpatrywanego młyna przez otwór D. W tym celu przed donikiem w środku którego 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. Pomiędzy tarczą a dnem bębna są żebra F, pełnoszące do góry podczas ruchu obrotowego bębna materiał, który przedostał się przez szczelinę. Zsypuje się on następnie z żeber, jak z równi pochyłej, i przez otwór L opuszcza młyn. W podobny sposób przedostaje się zmielony materiał z jednej części młyna do drugiej.

Bęben młynowy obraca się na rolkach G (rys.29, wprowadzony w ruch przy pomocy przekładni zębatej H. Ilość obrotów młynów rurowych waha się od 20 do 30 obr/min, średnica od 1200 do 2200 mm, długość od 2000 do 12000 mm, ładunek kul od 3000 do 35000 kg, zużycie zaś mocy od 25 do 400 kW.

Bębny wykonywane są ze stali i wykładane wewnątrz płytami wy-  
niennymi ze stali manganowej, kule zaś są stalowe lub żeliwne. Jeżeli zmielony materiał powinien być wolny od donieszek żelaza, kule są wykonywane z porcelany lub kamieni, młyn zaś wewnątrz wy-  
kładany jest płytami krzemionkowymi.

Na rysunku 30 przedstawiony jest widok wewnętrznej powierzchni młyna rurowego, wyłożonego płytami stalowymi, a na rysunku 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 podniesienie kul rozdrabniających na większą wysokość. Wyłożenie gładkie (rys. 31a) stosowane jest w tych przypadkach, gdy zamiast kul młyny rurowe młeczniane są cylindrycznymi stalowymi prętami.



Rys. 30



Rys. 31

Rys. 31. Płyty pancerne.

materiał wychodzi drobniejszy; gdy zaś powiększyć wydajność młyna przez wprowadzenie większej ilości materiału, rozdrabnianie się pogarsza.

Na prawidłowe działanie młynów rurowych ma wpływ równomierne nasilenie materiałem rozdrabnianym o jednakowej wielkości kawałków, oraz równomierne usuwanie materiału zmielnego. Duże znaczenie ma

również wielkość kul rozdrabniających, którymi młyn jest załadowany. Zgodnie z licznymi doświadczeniami i badaniami teoretycznymi dla prawidłowego działania młynów 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

$$\frac{D}{24} \geq d \geq 90 d_0$$

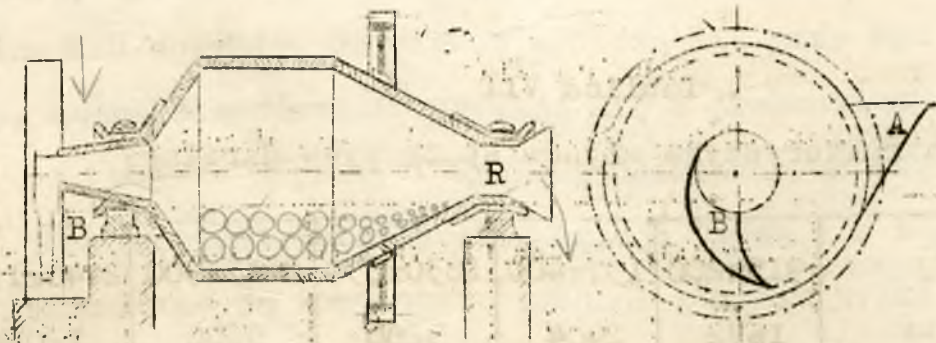
Młyny rurowe i bębnowe należy ładować kulami jednakowej średnicy, w przeciwnym wypadku, bowiem, kule małej średnicy wypełniają przestrzeń pomiędzy dużymi, przeznaczoną dla kawałków rozdrabnianego materiału i przyjmują na siebie uderzające i rozcierające działanie, co ujemnie wpływa na pracę młyna i powoduje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

Wydajność młynów rurowych, jak wogóle wszystkich młynów kulowych zależy przede wszystkim od objętości młyna, a poza tym od twardości rozdrabnianego materiału, stopnia rozdrabniania i od innych czynników.

Młyny rurowe są stosowane do rozdrabniania materiałów twardych, jak klinkier, żuźle Thomasa, szlaka, szamota, szkło, kamień wapienny, azotniak i inne. Podczas pracy robią, jak wogóle wszystkie młyny kulowe, dużo hałasu.

Wysokość podnoszenia kul w młynach bębnowych i rurowych jest na całej ich długości jednakowa. Wewnątrz młynów rurowych, im dalej od miejsca zasilania, 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 rysunku 32 przedstawiony jest młyn stożkowy Hardinga. Bęben tego młyna składa się z części cylindrycznej oraz dwóch stożków, przy czym stożek od strony czerpaka zasilającego posiada kąt wierzchołkowy około  $120^{\circ}$ , stożek zaś drugi po stronie leja, przez który odchodzi materiał rozdrobniony, jest dłuższy i posiada kąt wierzchołkowy około  $60^{\circ}$ . Drugą charakterystyczną cechą tego młyna jest to, że załadowany on jest kulami różnych wymiarów. Podczas ruchu młyna kule dużej średnicy zajmują wskutek działania siły odśrodkowej cylindryczną część bębna, wypychając mniejsze do części stożkowej. Mniejsze zaś pod wpływem tejże siły układają się w części stożkowej bębna w ten sposób, że bliżej wierzchołka stożka leżą coraz mniejsze kule.



Rys. 32. Młyn Hardinga.

Wskutek tego energia kinetyczna kul spadających w miarę zbliżania się do końca wyjściowego bębna jest coraz mniejsza, albowiem i masa ich 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 przy pomocy ślinakowego czerpaka B, który się obraca 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 przy pomocy wtłaczanego do młyna prądu powietrza. Oczywiście komplikuje to i podraża instalację i z tego powodu stosowane jest w tych przypadkach, gdy jest uszasdnione, przeprowadzoną poprzednio kalkulacją.

Młyny stożkowe budowane są różnych rozmiarów. W tablicy VII podane są charakterystyczne cechy i główne wymiary młynów systemu Hardinga.

Tablica VII

Charakterystyka młynów stożkowych Hardinga

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

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, jak kule rozbijają przede wszystkim większe ziarna rozdrabnianego materiału, wskutek czego produkt, opuszczając

cy młyn, jest rozdrobniony równomierniej niż w młynach kulowych i posiada mały tylko procent materiału nadmiernie zmielonego.

Młyny kulowe wszystkich typów można stosować w razie potrzeby do rozdrabniania mokrego w obecności wody lub innych cieczy. 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 wałkowe, żarnowe oraz galetowniki 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, które 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 Czeźzotta, wpływa w dużym stopniu na zmniejszenie kosztów rozdrabniania. Nie kruszyć nic zbytecznego to znaczy 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 nadmiernej 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 mialo.
3. Zwiększenie wydajności rozdrabniarek.
4. Zmniejszenie zużywania się części roboczych maszyn rozdrabniających, a wskutek tego zmniejszenie się kosztów związanych z ich naprawami i postojem.

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

Gdy stopień potrzebnego rozdrobnienia jest duży, to je- z wielkich kawałków materiału surowego trzeba otrzymać bardzo drobny produkt, rozdrabnianie 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.

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

1. Zarówno sama rozdrabniarka jak i jej wymiary winny być dostosowane do wielkości kawałków i własności rozdrabnianych materiałów. Otwór zasilający na przykład powinien posiadać takie wymiary,

aby przez niego mogły przejść tylko kawałki tej wielkości, jaka jest dopuszczalna dla danej rozdrabniarki.

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

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

4. Rozdrabnianie powinno być równomierne, to jest takie, aby różnica pomiędzy największym i najmniejszymi ziarnkami 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 szkodliwie oddziałują na środowisko, ale także wpływają na zdrowie robotników obsługujących rozdrabniarkę, ale zmniejszają 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 poza tym 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, albowiem im dłużej materiał pozostaje w rozdrabniarce, tym dłużej działają na niego siły rozdrabniające. Powoduje to dalsze niepotrzebne jego rozdrabnianie, co pociąga za sobą zwiększenie zużycia energii i powstawanie większej ilości pyłu.



7. Zmiana w razie potrzeby stopnia rozdrabniania powinna być łatwo osiągalna, bez konieczności przeprowadzania kosztowniejszych przeróbek rozdrabniarki. Możliwość tej zmiany powinna być przewidziana 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. Rozdrabniarka powinna posiadać przynajmniej jedną prostą i tanią część maszyny, obliczoną z bardzo małym stopniem bezpieczeństwa, aby zabezpieczyć od uszkodzenia przy niespodziewanym wzroście naprężeń w maszynie inne, więcej skomplikowane i drogie części rozdrabniarek. Część obliczona z małym stopniem bezpieczeństwa ulega przy tym uszkodzeniu i może być łatwo zastąpiona przez przygotowaną część wymienną.

10. Zasilanie rozdrabniarki materiałem surowym powinno być równomierne. Warunek ten ma tym większe znaczenie, im rozdrabniarka jest mniejsza, trzeba poza tym 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.

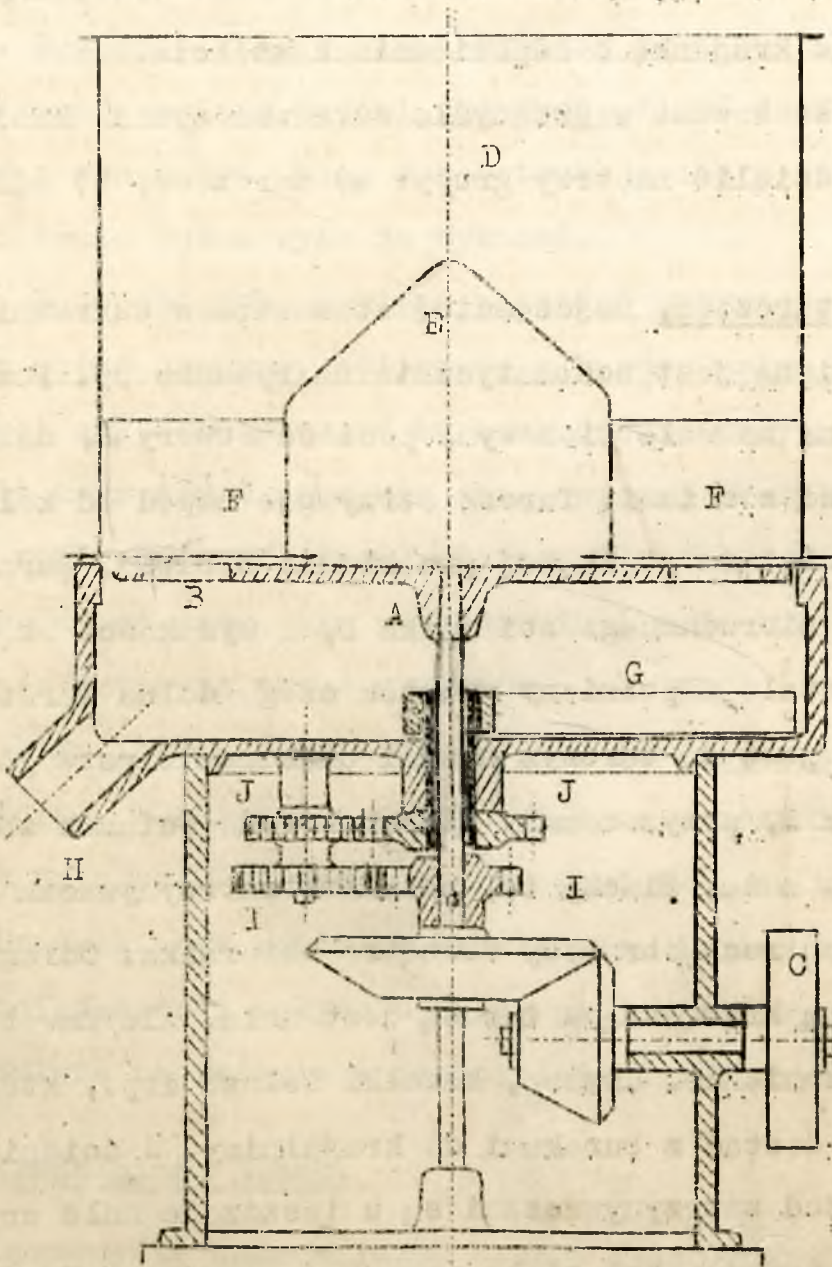
#### § 10. Krajalnica. Rębak.

W przemyśle cukrowniczym oraz w fabrykach konserwujących i suszących owoce i jarzyny zachodzi potrzeba krajania przerabianych surowców. Do tego celu służą różnego rodzaju krajalnice, których działanie oparte jest na tej samej zasadzie co i działanie struga stolarskiego. Posuwający się nóż, trafiając na materiał, oddziela od niego cienką warstwę, która przechodzi przez szczelinę pomiędzy

nożem, a powierzchniami tarczy lub bębna, na których on jest umieszczony. Gdy ostrze noża jest płaskie otrzymuje się krajankę w postaci plasterków, grubość których można regulować przez odpowiednie jego nastawienie, jeżeli zaś nóż posiada specjalny profil, to można otrzymać krajankę o odpowiednim kształcie.

Krajalnice stosowane w przemyśle cukrowniczym do krajania buraków można podzielić na trzy grupy: a) tarczowe, b) ośrodkowe, c) bębnowe.

Krajalnica tarczowa, najczęściej stosowana w cukrowniach polskich, przedstawiona jest schematycznie na rysunku 33. Pozioma tarcza A, osadzona na wale pionowym, posiada otwory B, do których są wstawione ranki z nożami. Tarcza otrzymuje napęd od koła pasowego C za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej. Buraki doprowadzane są do nieruchomego zbiornika D, o wysokości około 1,5 m, który jest nim stale napełniony wskutek czego dolna warstwa buraków, dociskana jest do tarczy nożami ciężarami warstw górnych. Nieruchomy kołpak E, przynocowany blachami F do ścianek zbiornika, kieruje buraki na noże. Blachy te, nazywane zatrzymywaczami, umożliwiają burakom ruch obrotowy wewnątrz zbiornika. Odległość pomiędzy ich dolną krawędzią a tarczą jest mała, 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. Krajanka spada na dno zbiornika, skąd jest zgarniana przez łapę G i usuwana przez lej H. Aby nadać łapie wygarniającej krajankę mniejszą ilość obrotów niż posiada wrzeciono krajalnicy, osadzona jest ona na wale wydrążonym, przez który swobodnie przechodzi wrzeciono



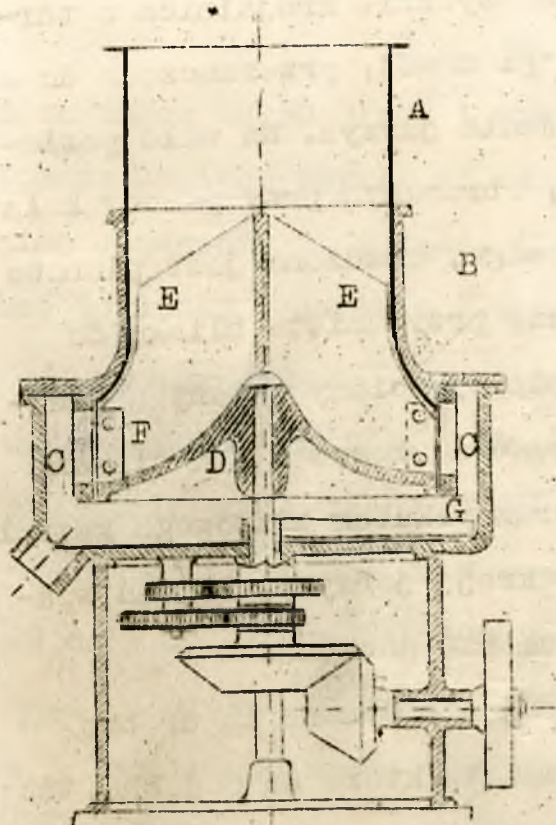
Rys. 35 Krajalnica tarczowa.

Ruch obrotowy z wrzeciona na ten wał przenosi się przy pomocy podwójnej przekładni zębatej I i J. W ten sposób prędkość łapy jest

kilkakrotnie mniejsza niż prędkość tarczy, dzięki czemu kapa, wygarniając powoli krajankę, nie łamie jej i nie rozgniata.

Ażoby krajanka była dobra, o brzegach równych a nie szarpanych i bez niazgi, prędkość skrawania nie powinna być mniejsza od 4 m/sek, a większa od 6 m/sek, albowiem przy prędkościach mniejszych od 4 m/sek noże nie tylko krają ale i poruszają buraki, wskutek czego otrzymywana jest krajanka wadliwa, przy prędkościach zaś większych od 6 m/sek powstaje krajanka szarpana.

Krajalnice tarczowe są budowane w różnych wymiarach. Średnica ich tarczy waha się w granicach od 1200 do 2500 mm, ilosc obrotów od 100 do 40 obr/min, wydajność zaś od 10000 do 35000 kg/h.



Rys. 34. Krajalnica Rasmusa.

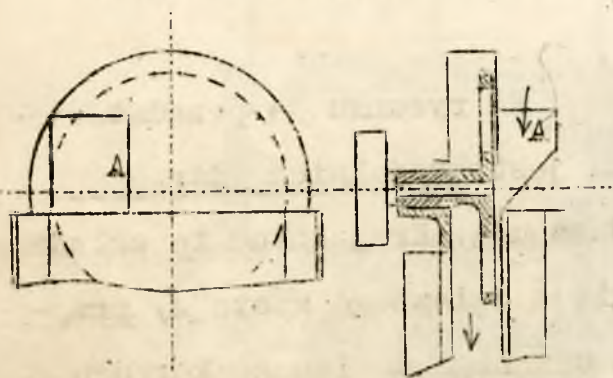
Na rysunku 34 przedstawiona jest krajalnica odśrodkowa Rasmusa. Krajalnica ta składa się z żelaznego kosza A, przytworzonego do lanego korpusu B, którego rozszerzona dolna część posiada średnicę 1 m i wysokość 300 mm, oraz z wykrzywionej tarczy D osadzonej na wale pionowym i posiadającej trzy skrajki E, zaopatrzone na końcach w listwy F do regulowania odległości od noży. Buraki, doprowadzone do kosza, obracają się, popychane przez skrajki i wskutek dzia-

łania siły odśrodkowej są odrzucane na ścianę boczną korpusu i

dociskane do nieruchomych noży, które znajdują się w podłużnych otworach G, 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 łopę 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.

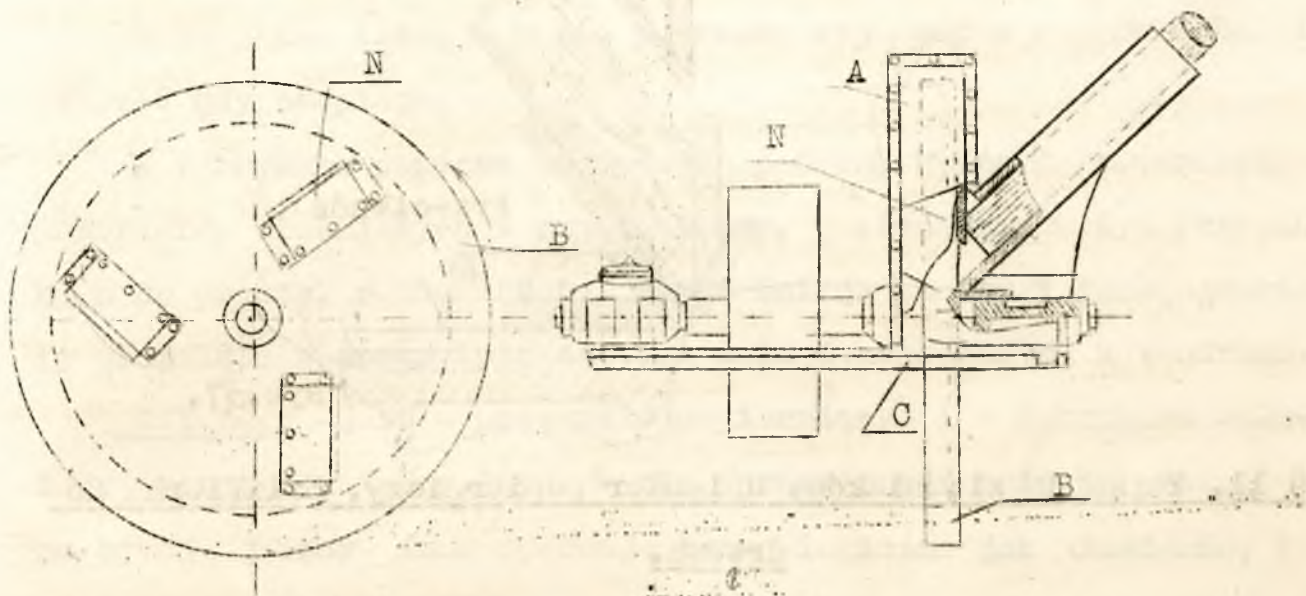


Rys. 35. Krajalnica z tarczą pionową.

Na rysunku 35 przedstawiona jest schematycznie krajalnica o tarczy pionowej, przeznaczona do krajania jarzyn. Na wale poziomym, obracanym przy pomocy 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 posiada noże, które krają jarzyny, te zaś spadają do skrzynek lub koszy umieszczonych pod maszyną.

W fabrykach celulozy stosują do krajania drewna na drobne wiórki 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 wymia-

rani raz mocną budową. Na poziomych wale rębaka (rys.36), spoczywających na dwóch łożyskach, osadzona jest wewnątrz osłony i masywna tarcza B o wadze od 3 do 4 ton, obracająca się z prędkością

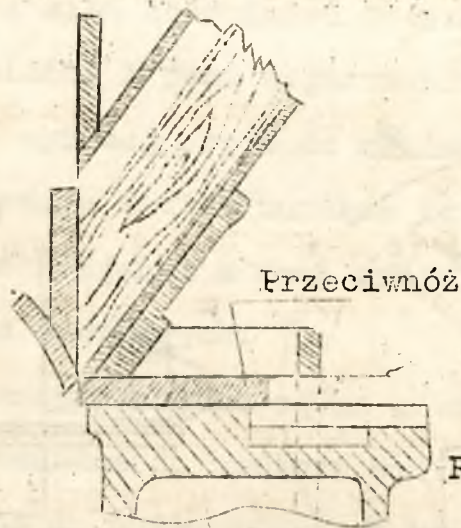


Rys. 36. Rębak.

dochodzącą do 30 m/sek i wykonana z odlewu stalowego lub żelaznego. Tarcze żelazne zwykle są wznaczniane na kółkach stalowych pierścieni osadzonych na gońca. Cały rębak zamontowany jest na bardzo silnej żelaznej podstawie C i ustawiony na masywnym fundamencie.

Tarcze rębaka posiadają 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  $45^{\circ}$  do tarczy. Noże odcinają kawałki grubości od 25 do 3 mm, które podczas krajania rozpadają się wzdłuż słoi drzewnych na drobne wiórki. Na rysunku 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 celulozę.

Rębaki budowane są o średnicy tarczy od 2100 do 2800 mm i o il. ś-  
ci obrotów od 200 do 150 obr/min.

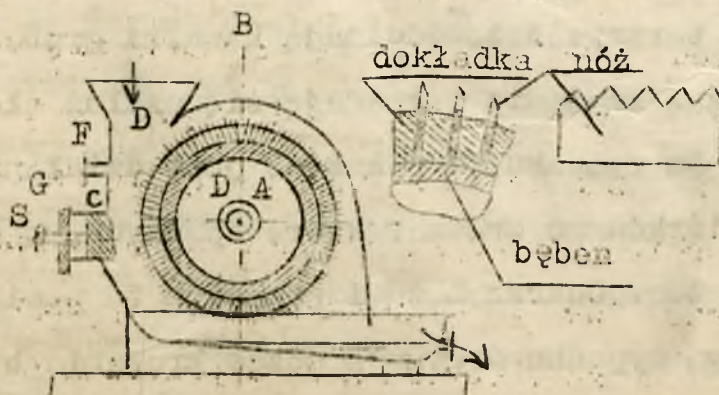


Rys.37.

§ 11. Tarka do ziemiaków. Molender papierniczy. Szlifierka do  
drzewa.

W fabrykach krochmalu używają do rozdrabniania ziemiaków  
specjalnego typu rozdrabniarkę, tak zwaną tarkę, której zadaniem  
jest porozrywać komórki ziemiaków, ażeby można było z nich wy-  
płukować ziarenka krochmalu.

Maszyna ta (rys.38) składa się z poziomego żeliwnego bębna  
A unieszczonego wewnątrz osłony B i drewnianego dociskacza C ze  
śrubą  $S_1$  przy pomocy której można regulować szczelinę pomiędzy  
nim a bębniem. Na powierzchni bębna osadzone są noże z trójkątnymi



zębami podobnymi z wy-  
glądu do piły stolars-  
kiej (rys.38a). Odleg-  
łość pomiędzy nożami  
utrzymywana jest przy  
pomocy specjalnych do-  
kładek.

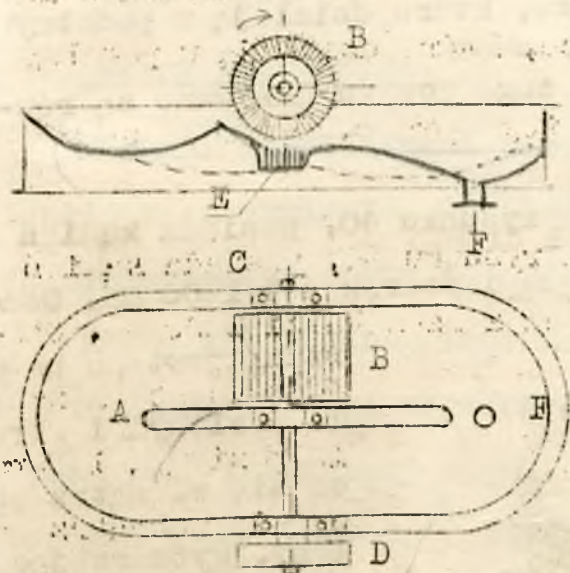
Rys.38. Tarka do ziemiaków.

Ziemiaki z kosza D trafiają pomiędzy bęben i dociskacz i są przez noże bębna rozdrabniane na miazgę, która odpływa przez przewód E. Ażeby ułatwić rozdrabnianie wprowadza się do przyrządu wodę przez rury 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 sznat. Bębny, posiadające w tym przypadku noże proste, a nie zębate, rozdrabniają sznaty i inne materiały włókniste w specjalnie do tego celu dostosowanych holendrach.

Holender jest w przemyśle papierniczym i w fabrykach celulozy aparatem uniwersalnym. W nim oprócz rozdrabniania przeprowadza ne bywają jeszcze inne operacje technologiczne jak mieszanie, kłólenie, odwadnianie, farbowanie itp.



Rys. 39: Holender.

Na rys. 39 przedstawiony jest holender do rozdrabniania sznat. Jest to koryto z przegrodą A po środku, posiadające dno o specjalnym falistym kształcie, które podnosi się siłkowo pod roboczą powierzchnią bębna. Na rys. 39 pełną linią pokazany jest 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.

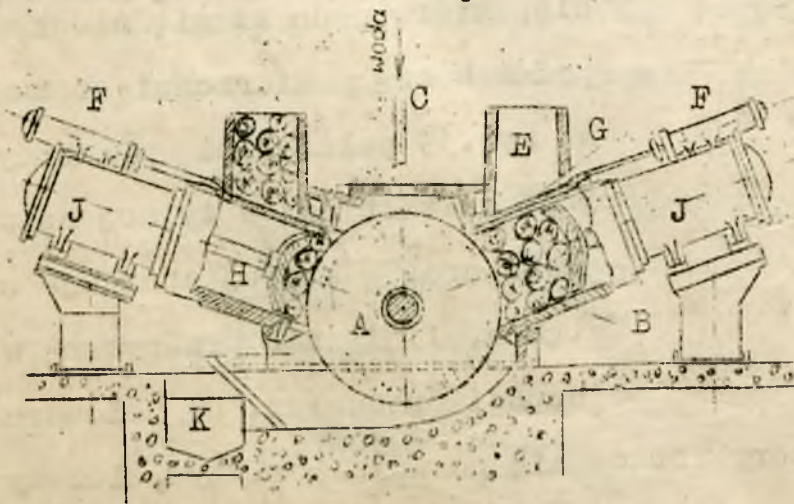


Pod bębnem w dnio holendra umieszczona jest ranka E z nożami. Podczas ruchu bębna w kierunku zgodnym ze wskazówką zegara woda ze sznataniami, poprzednio rozstartymi na gniotownikach obiegowych, przepływa pod bębniem, gdzie sznaty są rozdrabniane przez noże, umieszczone na nim oraz w skrzynce E. Odległość pomiędzy nożami bębna i skrzynki może być regulowana przez podnoszenie lub opuszczanie bębna przy pomocy mechanizmu nie podanego na rys.39. Gdy sznaty są dostatecznie porozrywane 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/sk.

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 rysunku 40, posiada kamień szlifierski A o średnicy około 1600 mm i szerokości 1200 mm. Osa-

dzony jest on na wał le poziomy i obraca się wewnątrz osłony, wytwarzając wskutek tarcia z dociskanego do niego drzewa świerkowego B miazgę. Podczas pracy kamień szlifiers-



Rys.40. Szlifierka do drzewa.

ki obficie zrasza się wodą, doprowadzaną przewodem C, inaczej powstałoby niebezpieczeństwo zapalenia się przerabianego materiału. Polana o długości nieco mniejszej od szerokości kamienia, spadają z koszy E po odsunięciu, przy pomocy przesuwnic hydraulicznych F, zasuwek G do skrzyń H. Dociskane są one do kamienia szlifierskiego przy pomocy pras hydraulicznych 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 zcementowanych odpowiednimi zaprawami.

Nowoczesne szlifierki do drzewa wytwarzają do 25 ton masy drzewnej, zużywając duże 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.

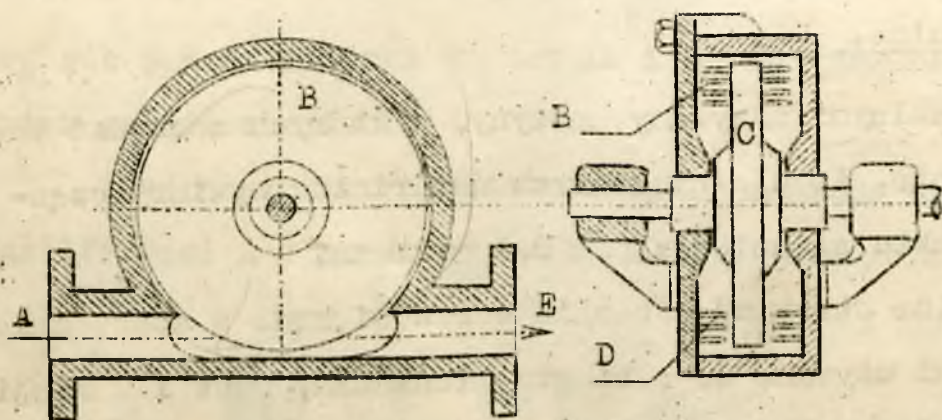
Młyny koloidalne otrzymują obecnie coraz większe zastosowanie. Są one między innymi używane do robienia mieszania, past i emulsji w przemyśle farmaceutycznym, do wyrobu farb drukarskich oraz farb olejnych i wodnych, do rozdrabniania domieszek obciążających surwy kauczuk itp. Można je również stosować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

Nowoczesne młyny koloidalne można podzielić na dwie grupy:

- 1) na rozdrabniające przez uderzenie i 2) na rozdrabniające wskutek tarcia.

W młynach pierwszego rodzaju mielenie zachodzi 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 kowadło.

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 on nie na pracę użyteczną, lecz na pokonanie nieużytecznych oporów tarcia. Nowoczesne młyny koloidalne, pracujące w analogicznych warunkach, zużywają sześć razy mniej energii niż młyn Plaussona. Jeden z takich młynów, skonstruowanych przez Oderbergera, przedstawiony jest na rys.41. Materiał przeznaczony



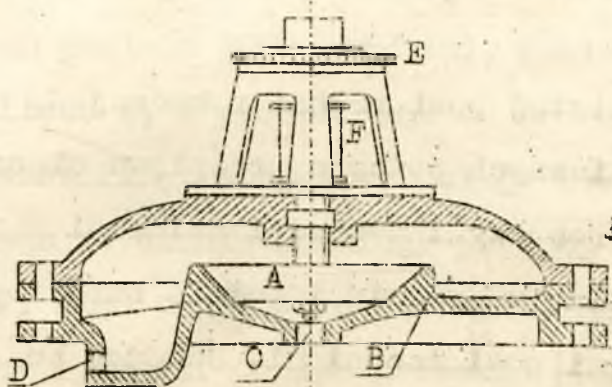
Rys.41 Młyn koloidalny Oderbergera.

do mielenia wraz z cieczą, w której jest zawarty, dostaje się do młyna przewodem A, przepływa on przez młyn po stycznej do okręgu kół opisywanych przez palce B, wirujące wraz z tarczą C, do której są przynocowane. Dla wzmożenia skutku uderzeń palców ruchomych do ścian osłony są przynocowane palce nieruchome D.

Prędkość cieczy w młynie Oderbergera wynosi 0,7 m/sek, prędkość zaś obwodowa palców uderzających około 188 m/sek. Nic więc dziwnego, że wskutek bardzo wielkiej ilości uderzeń, jakie mate-

riak otrzymuje, przepływając przez młyn, stopień jego rozdrobnienia jest bardzo wielki, tak że, gdy spuszcza naszyną przewo. a. E wymiary jego cząstek odpowiadają wymiarom cząstek koloidalnych. Trzeba zaznaczyć, że młyn Öderbergera może pracować w zależności od potrzeby w sposób periodyczny lub ciągły.

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



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

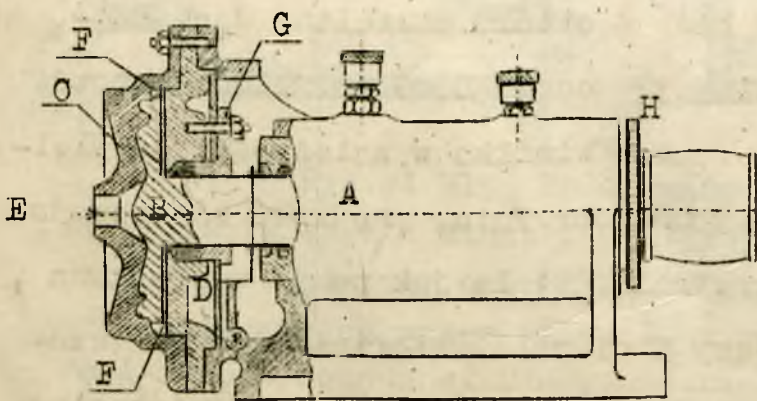
Wirnik A tej rozdrabniarki obraca się z dużą prędkością dookoła osi pionowej, w stożkowej nieruchomej nisze B, która na schematycznym rysunku 42 tworzy jedną całość z korpusem młyna. Pomiędzy wirnikiem i stożkową powierzchnią niszy jest bardzo cienka szczelina dochodząca do 0,05 mm. Ilość obrotów wirnika w zależności od wielkości młyna wynosi od 1000 do 20000 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 i następuje mielenie przetwarzanego materiału. Praca rozdrabniająca

Wirnik A tej rozdrabniarki obraca się z dużą prędkością dookoła osi pionowej, w stożkowej nieruchomej nisze B, która na schematycznym rysunku 42 tworzy jedną całość z korpusem młyna. Pomiędzy wirnikiem i stożkową powierzchnią niszy jest bardzo cienka szczelina dochodząca do 0,05 mm. Ilość obrotów wirnika w zależności od wiel-

omawianego młyna oparta jest na hydraulicznych siłach ścinających, powstających w cienkiej warstwie cieczy pomiędzy stożkowymi przesuwającymi się względem siebie powierzchniami. Ciecz po przejściu przez szczelinę opuszcza młyn otworem D. Odległość pomiędzy wirnikiem a misą, a więc szerokość szczeliny, można regulować przy pomocy gwintu mikrometrycznego E. Napęd wirnika otrzymuje albo od silnika elektrycznego, połączonego bezpośrednio z jego wałem, albo przy pomocy koła pasowego F.

Młyny "Premier - Mill" są budowane różnych wymiarów. 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 13000 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 rozdrabniająco, wywołane przez silne uderzenia i tarcie burzących strumieni cieczy pomiędzy ruchomymi powierzchniami. Schemat budowy tego rodzaju młyna podany jest na rysunku 43.



Rys.43. Młyn koloidalny o powierzchni falistej.

Młyn składa się z korpusu A, w którym obraca wirnik B, posiadający powierzchnię falistą. Do korpusu pracocowana jest tarcza nieruchoma C, której powierzchnia falista dokładnie jest dopasowana do powierzchni wirnika B. Za wirnikiem znajduje się nieruchoma płyta D.

Podczas pracy stykają się z przerabianym materiałem tylko wirnik, tarcza i płyta, 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 są coraz więcej stron. Grubość szczeliny pomiędzy falami zależy od kąta nachylenia ich do powierzchni tarczy. Wskutek tego, jeżeli odsunąć wirnik od tarczy, szczelina pomiędzy falami wirnika i tarczy będzie się zmniejszać w miarę oddalania się od środka. Gdy zaś chodzi o spowodowanie szczeliny do zera wystarczy dosunąć wirnik do tarczy.

Zasilanie młyna zachodzi przez środkowy otwór B, skąd materiał dostaje się na prędko wirujący wirnik (wirnik o średnicy 127 mm posiada 8000 obr/min), gdzie odrzucany jest na powierzchnie faliste i, przechodząc od środka na zewnątrz przez coraz cieńszą szczelinę, stopniowo ulega coraz większemu rozdrobnieniu. 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, żeby nie mogła ona zanieczyścić dławicy G, która powinna być, ze względu na dużą ilość obrotów starannie wykonana.

Wielkość osiowego przesunięcia wirnika można regulować przy pomocy pierścieni F. Młyny koloidalne omawianego typu budowane są o średnicach wirników od 127 do 380 mm.

Młyny koloidalne, rozpatrywane poprzednio, rozdrabniają materiały w środowisku ciekłym. Zachodzi w niektórych przypadkach potrzeba rozdrabniania koloidalnego na sucho, na przykład przy rozcieraniu donieszek obciążających mieszaniny kauczukowe. Niestety zagadnienie

powyższe konstrukcyjnie dotychczas jeszcze nie zostało rozwią-  
zane. W przypadkach konieczności rozdrabniania koloidalnego na  
sucho stosują dezintegratory i dysmembratory specjalnej konstrukcji  
oraz młyny z poziomymi mielącymi talerzami. Maszyny powyższe dają  
bardzo drobny przemiał, to też zastępują od biody młyny koloidalne.

ROZDZIAŁ V

MIESZANIE.

§ 1. Cel mieszania.

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

Mieszanie stosujemy w różnych przypadkach, przede wszystkim zaś gły 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, przy pomocy mieszania, dużej powierzchni zetknięcia się ciał reagujących przyspieszy reakcję chemiczną.

Mieszanie substancji reagujących ze sobą może zachodzić albo podczas przebiegu reakcji chemicznej; wtedy aparat reakcyjny posiada odpowiednie urządzenie, albo przed reakcją, wtedy mieszanie reagentów jest wykonywane w specjalnie do tego celu przeznaczonych naczyniach, reakcja zaś chemiczna zachodzi w oddzielnym aparacie reakcyjnym, w którym są utrzymywane 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 węglowodorów mieszanie zabezpiecza o utworzenia 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.



ażoby 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 mieszany, aby uniknąć przypalenia. Przy wyrobie lodów mieszany w tym celu aby zapobiec wytworzeniu się na powierzchni chłodzącej zamarznętej 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, na przykład w fabrykach papieru i celulozy utrzymują masę papierniczą przez odpowiednie mieszanie w ciągłym ruchu, ażoby 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. Na przykład miesza się wosk i asfalt z talkiem aby uzyskać materiały miększe, asfalt ze żwirkiem dla otrzymania materiału twardszego, ziemię fornierską 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 takimini ciałami, które są tanie i, mało wpływając na własności techniczne materiału głównego, powiększają ciężar lub objętość mieszaniny. Na przykład bardzo silnie kryjące farby miesza się z drobno zmielonym gipsem lub barytem, albo w gazowniach

gaz węglowy o dużej wartości opałowej miesza się z gazem wolnym i powietrzyną i otrzymaną w ten sposób mieszaninę, jako gaz świetlny przesyła się odbiorcom.

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 albowiem, wskutek wielkiej ruchliwości cząsteczek, mieszanie gazów zachodzi samorzutnie. Różnego rodzaju urządzenia stosowane do mieszania ciał gazowych mają na celu tylko przyspieszenie procesu. Ciecze również łatwo mieszają się ze 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 substancyjnie różnych fazach są w większości wypadków niestrawne, a jednorodność ich zależy od stopnia rozdrabniania składników.

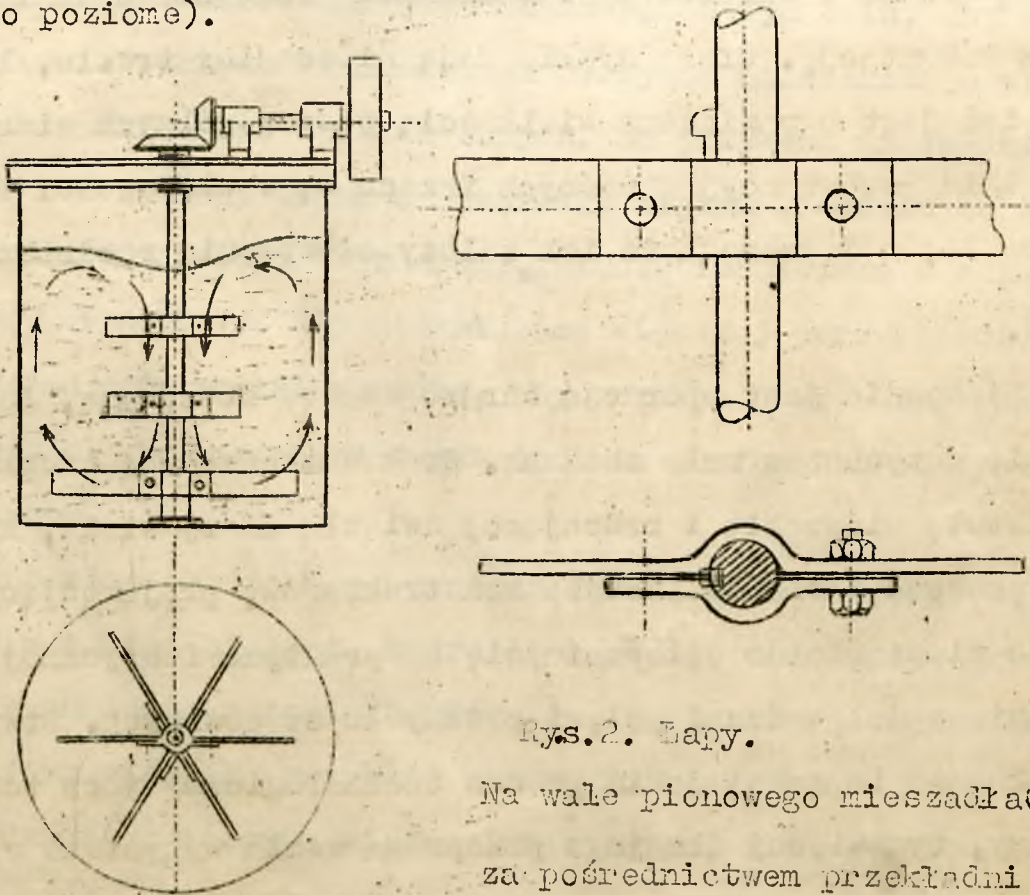
Mieszanie jest operacją bardzo często stosowaną, lecz teoretycznie dotychczas mało zbadaną. Brak uniwersalnej teorii wyjaśniającej istotę mieszania i rzucającej światło na zjawiska, które podczas tego procesu zachodzą, zmusza konstruktorów, projektujących urządzenia do mieszania do opierania się na praktyce fabrycznej i na typach mieszadeł w danej gałęzi przemysłu stosowanych. Stwierdzono zostało, że im mniej jakiś proces technologiczny jest teoretycznie zbadany, tym więcej dla jego przeprowadzenia wynisłono różnego ro-

dzaju maszyn i urządzeń. Nic więc dziwnego, że w przeszłości stosują bardzo wielką ilość różnorodnych maszyn do mieszania. Maszyny te można z grubsza podzielić na następujące cztery grupy:

1. mieszadła służące do mieszania ciał ciekłych z ciekłymi lub ciekłych z niewielką ilością ciał stałych.
2. mieszadła do mieszania ciał ciekłych z gazowymi.
3. Mieszarki w których zachodzi mieszanie ciał sypkich lub ciał sypkich z niewielką ilością cieczy.
4. zagłębki 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).

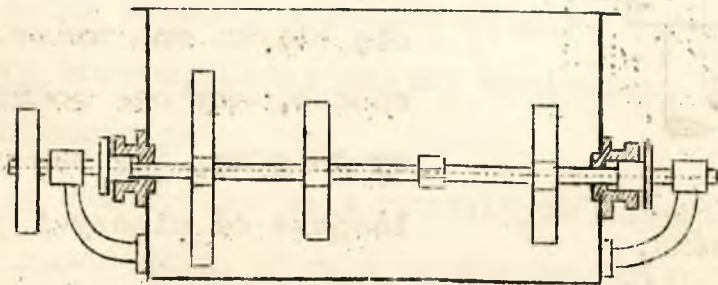


Rys.2. Łapy.

Na wał pionowego mieszadła (rys.1) za pośrednictwem przekładni pasowej oraz stożkowych kół zębatach,

Rys.1. Pionowe mieszadło łapowe.

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 ściągcom 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 nie głęboki lej (rys.1).



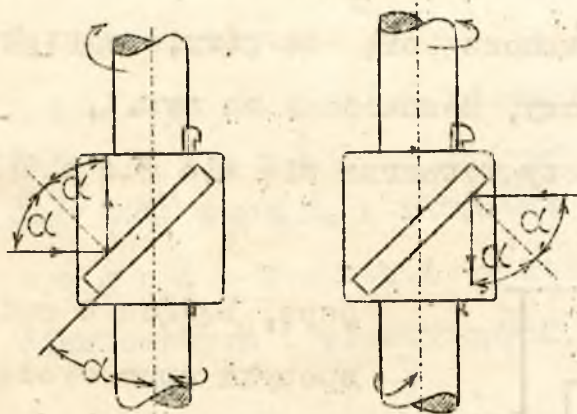
Rys.3. Poziome mieszadła łapowe

Wskutek tego, pod bezpośrednim wpływem łapy, przesuwa się tylko te części cieczy, które znajdują się na jej drodze. W ten sposób w cieczach gęstych i lepkich wysokością łapy ograniczona jest przestrzeń energicznego mieszania. Posa tą przestrzenią mieszanie jest słabe i zachodzi tylko pod wpływem wywołanych ruchem łapy wznoszących się i opadających prądów, 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  $\alpha$  z osią wału, wobec czego podczas ruchu cząstki cieczy oraz zawiesziny, które łapy spotykają na swej drodze uderzają o czołową ich powierzchnię pod kątem  $\alpha$

Łapa, będąca w ruchu spotyka opór cieczy prostopadły do jej czołowej powierzchni i skierowany w kierunku przeciwnym do ruchu

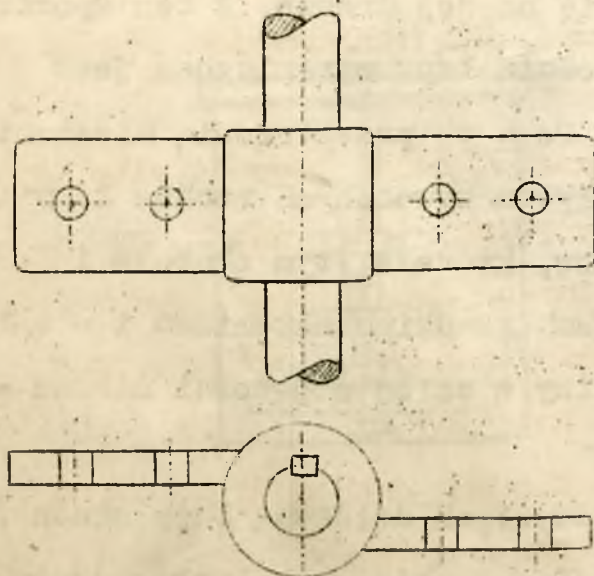
i są odbijane pod tym samym kątem. W zależności od kierunku ruchu cieczy (i zawiesiny) albo jest podrzucana do góry (rys.4a) albo kierowana na dół (rys.4b), łapy skośne są stosowane do mieszania cieczy trudno mieszających się ze sobą o znacznej różnicy ciężarów właściwych oraz do mieszania



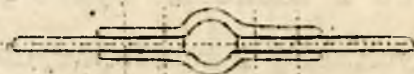
Rys.4. Łapy skośne.

po jej powierzchni, łapy są ustawione bezpośrednio pod powierzchnią cieczy, tak, aby podczas ruchu kierowały ciecz z osadami na dół.

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 one podrzucały osady do góry, gdy zaś osady są lżejsze od cieczy i pływają



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.

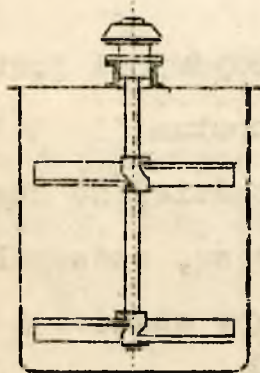
Pomimo swej bardzo prostej konstrukcji mieszadła łapowe, jak wykazały badania Badgera i Whitmora oraz praktyka fabryczna, dają zupełnie dobre wyniki przy mieszaniu cieczy ruchliwych, to jest rzadkich i posiadających małą lepkość. Podczas tych badań dobre mieszanie dwóch takich cieczy ogólnej objętości ponad 2200 litrów przy pomocy łap skośnych nachylonych pod kątem  $45^{\circ}$  następowało w niespełna 1 minutę pracy mieszadła.

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

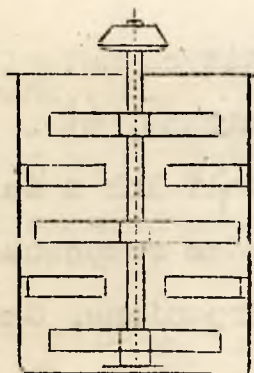
Łapy wykonywane są z rozmaitych materiałów. Decydującą jest ich odporność na działanie chemiczne, mieszanym substancjom. Najczęściej robią je ze zwykłej stali lub żeliwa, rzadziej ze stali specjalnych, brązu i glinu. Bardzo rozpowszechnione są, szczególnie w Stanach Zjednoczonych, łapy drewniane. Czasami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

Przymocowanie łap do wału zachodzi w różny sposób: albo, gdy są one wykonane z płaskowników, przy pomocy śrub, jak na rys.2, albo gdy są odlane z żeliwa, lub z innych metali przy pomocy 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 przy pomocy dwóch odpowiednio wygiętych i zesrubowanych płaskowników, jak pokazano na rys.6. W stosunku do wału łapy są usytuowane dwojako: albo w taki sposób, że osi ich jest prostopadła do osi wału, jak na rysunkach 1,3 i 7 albo w ten sposób, że ich osi jest równoległa do osi wału jak na rysunkach 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 zachodzi mieszanie, wskutek czego efekt mieszania zmniejsza się. Zjawisko powyższe intensywnie występuje, gdy mieszamy gęste i lepkie cieczki 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 łapani skośnymi.



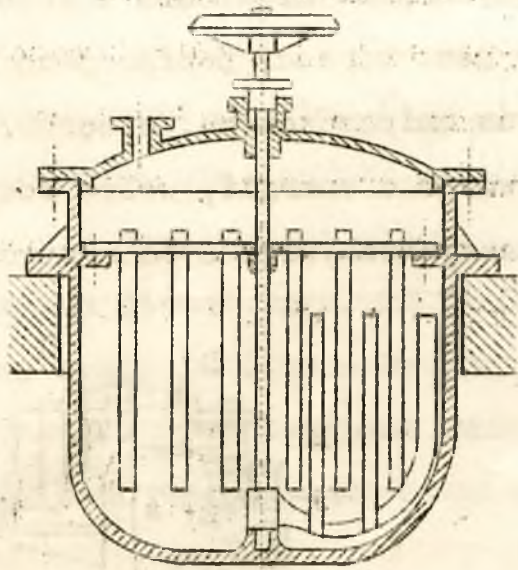
Rys.8. Mieszadło z łapani nieruchomymi.

Sposób umocowania łap nieruchomych, równoległych do osi obrotu, podany jest na rys.9.

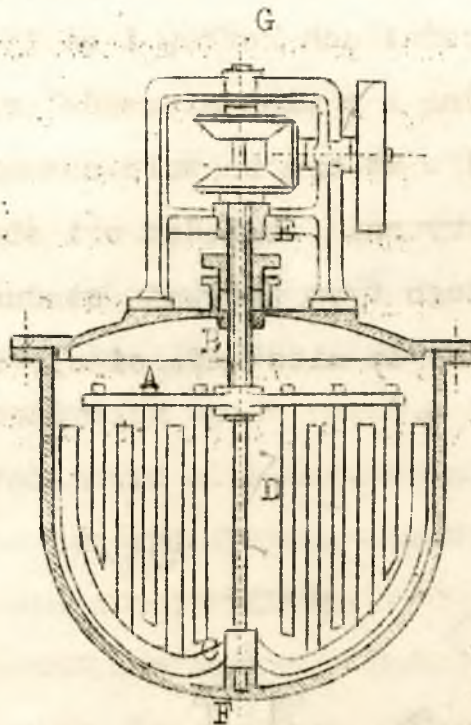
Radzykalniej niż łapy nieruchome zapobiegają krążeniu cieczy mieszadła podwójne. Jedno z takich mieszadek przedstawione jest na rys.10.

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.

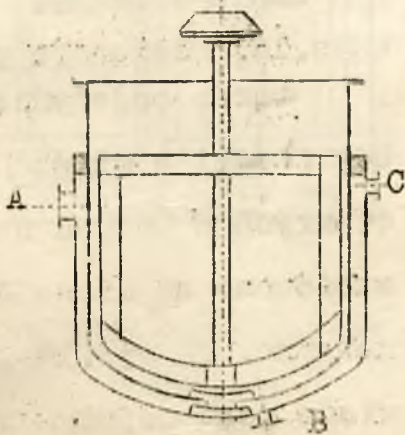
Jeżeli łapy połączymy płaskownikami to otrzymamy mieszadło ramowe (rys.11). Mieszadła takie jak i podobne do nich mieszadła kotwiczone (rys.12) są często stosowane do mieszania cieczy ogrzewanych przeponowo, aby przyspieszyć ich ogrzanie lub, ażeby uchronić



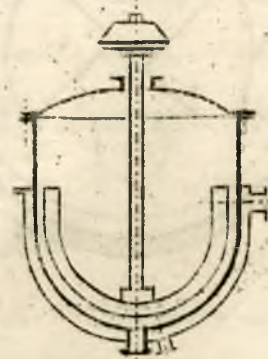
Rys.9. Mieszadka z łopatkami pionowymi



Rys.10. Mieszadko podwójne.



Rys.11. Mieszadko ramowe.



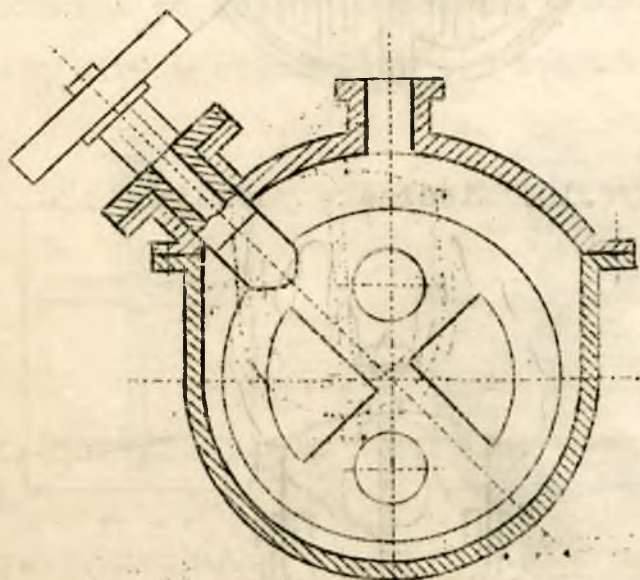
Rys.12. Mieszadko kotwiczne.

je od miejscowego przegrzania. Mieszanie przeszkadza poza tym zanieczyszczeniu powierzchni ogrzewalnej osadami. Odległość pomiędzy powierzchnią wewnętrzną ścianki kotła, a łopatką zewnętrzną mieszadka ramowego lub kotwicznego wynosi zwykle od 30 do 50 mm, a w przypadku gdy chodzi o zapobieżenie powstawania osadów odległość ta zmniejszają do 5 lub mniej milimetrów. Ilość obrotów mie-

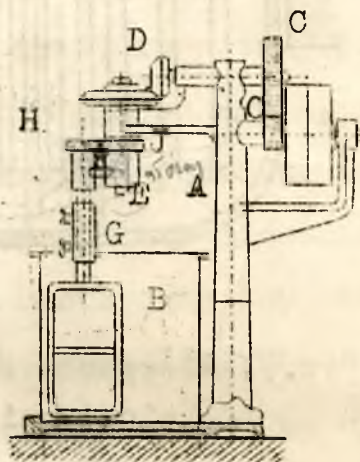


szadek kotwicznych i ramowych wynosi od 50 do 70 obr/min przy małych  $\phi$  rednicach kotków i od 15 do 20 dla kotków dużych.

Jedną z odmian mieszadek ramowych jest mieszadko tarczowe (rys.13) w którym na wale osadzona jest tarcza, posiadająca kilka, niesymetrycznie względem osi obrotów umieszczonych, otworów. Mieszadka tego typu zużywają stosunkowo dużo energii, wobec czego nie są używane do mieszania cieczy w naczyniach większych rozmiarów.



Rys.13. Mieszadko tarczowe.

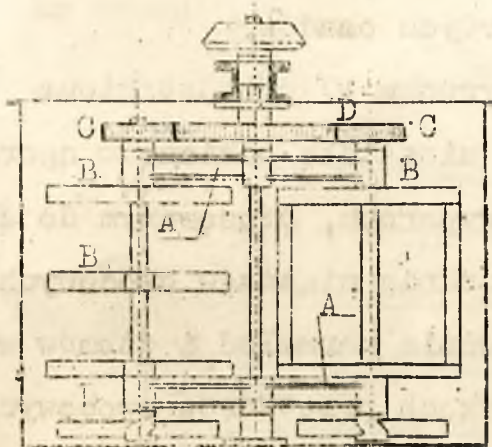


Rys.14. Mieszadko planetarne pojedyncze.

Gdy chodzi o mieszanie ciał ciekłych w dużych naczyniach stosowane są mieszadka planetarne. Na rys.14 przedstawione jest pojedyncze, a na rys.15 podwójne mieszadko

planetarne. Pierwsze z nich (rys.14) składa się z nieruchomego stojaka A, posiadającego mechanizm napędowy i łapy lub ramy mieszające, oraz ze zmieniającego zbiornika B. Ruch obrotowy z koła pasowego za pośrednictwem cylindrycznej i stożkowej przekładni zębatej C i D przenosi się na wał główny E mieszadka. Na tym wale osadzone jest ramię F, w drugim końcu którego zawieszony jest w kształtu pionowym wałek boczny G, posiadający łapy lub ramy mieszające.

jące. Na górnym końcu tego wałka osadzone jest koło zębate z zębującą się z nieruchomym kołem zębatym D. Gdy ramię F obraca się dookoła osi głównej, koło zębate H obraca wałek boczny wraz z łopami osadzonymi na nim. Łapy więc mieszające posiadają 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 otrzymało swoją nazwę i samo mieszadło. Naczynie B może być po zakończeniu mieszania usunięte, na jego zaś miejsce wstawione inne i w ten sposób przy pomocy jednej maszyny można wykonać mieszanie w wielu zbiornikach.



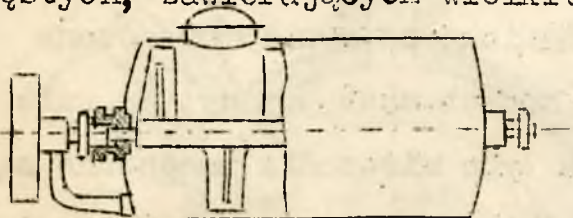
Rys.15. Mieszadło planetarne podwójne.

Mieszadło planetarne podwójne, przedstawione na rys.15 urządzone jest w sposób następujący: na wale głównym tego mieszadła umocowane są dwie belki poziome A obracające się razem z tym wałem. Belki posiadają łożyska B, w których umieszczone są wałki boczne z osadzonymi na ich końcach kołkami zębatymi C, zazębiającymi się ze środkowym kołem zębatym D. Gdy belki obracają się dookoła osi centralnej, boczne koła zębate toczą się po kole nieruchomym, wskutek czego wałki boczne obracają się dookoła własnych osi geometrycznych razem z osadzonymi na nich łopami, ramami i innymi urządzeniami do mieszania.

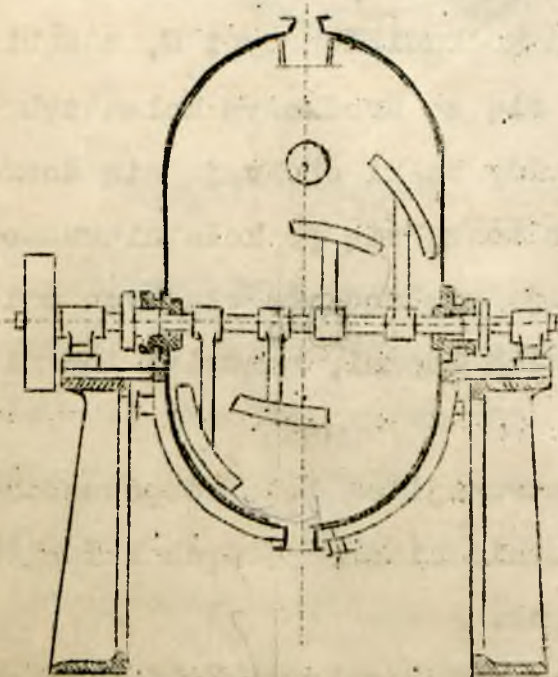
Mieszadła planetarne różnych konstrukcji są dość rozpowszechnione w przemyśle szczególnie do mieszania cieczy gęstych i lepkich w dużych korytach i aparatach reakcyjnych.

Łopowe 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 prędzej może się takie mieszadło obracać w zbiornikach zakrytych (rys.16). Miejsca gdzie wał mieszadła poziomego wychodzi na zewnątrz, należy uszczelniać przy pomocy dławnic jak na rysunkach 16 i 17. Dławnice te są jednak słabą stroną mieszadeł poziomych, albowiem często przepuszczają, co jest szczególnie niepożądane w tych przypadkach, gdy mieszane są roztwory ciał stałych, trafiają bowiem one do dławnic, gdzie powstają wskutek tego twarde osady, które doprowadzają często do zatarcia się wału. Mieszadła poziome są stosowane głównie do mieszania cieczy gęstych, zawierających wielkie ilości twardych osadów.



Rys.16. Mieszadło poziome zakryte.



Rys.17. Mieszadło w aparacie wyparnym.

Na rysunku 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, kapy zaś obracające się dookoła osi pionowej, nie wiele mogą im w tym pomóc, natomiast kapy, które obracają się dookoła osi poziomej, jak na rys.17, wyrzuca-

ją pęcherzyki pary wraz z zagęszczoną, na powierzchni ogrzewalnej masą 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 mieszadła łopowego.

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

$$W = \varphi \cdot F \cdot \gamma \cdot \frac{C^2}{2g} \quad (1)$$

gdzie :  $C$  jest prędkością ciała w m./sek

$F$  powierzchnia rzutu ciała w  $m^2$  na płaszczyznę prostopadłą do kierunku ruchu

$\gamma$  ciężar właściwy cieczy lub gazu w  $kg/m^3$

$g$  przyspieszenie ziemskie w  $m/sec^2$

$\varphi$  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 łopowego.

Niech łopa (rys. 18) długości  $l$  m, szerokości  $b$  m i grubości  $a$  m obraca się wewnątrz cieczy mieszanej z prędkością  $n$  obr/min. Rozpatrzmy na tej łopie nieznacznie 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

$$dW = \rho \cdot dF \cdot v \frac{c^2}{2g}$$

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

$$dW = \frac{1}{2g} \cdot \rho \cdot b \cdot v \left( \frac{2\pi}{60} \cdot n \right)^2 \cdot x^2 dx \quad (2)$$

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

$$W = \frac{1}{2g} \cdot \rho \cdot b \cdot v \left( \frac{2\pi}{60} \cdot n \right)^2 \cdot \int_r^l x^2 \cdot dx =$$

$$= \frac{1}{2g} \cdot \rho \cdot b \cdot v \left( \frac{2\pi}{60} \cdot n \right)^2 \cdot \frac{1}{3} (l^3 - r^3) \quad (3)$$

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

$$W = \rho \cdot b \cdot \frac{v}{g} \left( \frac{2\pi}{60} \cdot n \right)^2 \cdot \frac{l^3}{3} \text{ kg} \quad (4)$$

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

Przy ruchu obrotowym większe znaczenie od siły oporu posiada moment oporu  $M$ , który dla nieskończenie małej powierzchni  $dF$  wynosi

$$dM = dW \cdot x = \frac{1}{2g} \cdot \rho \cdot b \cdot v \left( \frac{2\pi}{60} \cdot n \right)^2 \cdot x^3 dx \quad (5)$$

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

$$M = \rho \cdot b \cdot \frac{v}{2g} \left( \frac{2\pi}{60} \cdot n \right)^2 \cdot \int_r^l x^3 \cdot dx = \rho \cdot b \cdot \frac{v}{2g} \left( \frac{2\pi}{60} \cdot n \right)^2 \cdot$$

$$\cdot \frac{1}{4} (l^4 - r^4) \quad (6)$$

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

$$M = \frac{1}{7200} \varphi \cdot b \cdot \sqrt[3]{n^2 l^4} \quad \text{Kgm} \quad (7)$$

Moc użyteczna na obracanie łapy wynosi

$$N_u = \frac{2\pi}{60} n \cdot M \cdot \frac{1}{75} = \frac{1}{75} \cdot \varphi \cdot b \cdot \sqrt[3]{\frac{2\pi}{60} n} \cdot (l^4 - r^4) \text{KM} \quad (8)$$

lub po uproszczeniu, przyjmując, że  $g = \tau^2$  oraz odrzucając  $r^4$

$$N_u = \frac{\pi}{16200000} \varphi \cdot b \cdot \sqrt[3]{n^3 l^4} \quad \text{KM} \quad (9)$$

Uwzględniając sprawność mechanizmu mieszadła  $\eta$ , otrzymamy ostatecznie, że moc potrzebna na obracanie mieszadła posiadającego tylko jedną łapę wynosi

$$N = \frac{\pi}{16200000} \varphi \cdot b \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{\eta} n^3 l^4} \quad \text{KM} \quad (10)$$

Oczywiście, moc używana na obracanie mieszadła posiadającego kilka łap 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. Długie łapy z tego powodu są niechętnie stosowane. Jako normę średnią dla długości łapy  $l$  przyjmują zwykle że  $l$  wynosi od 0,20 D do 0,35 D, gdzie D jest średnicą naczynia w którym zachodzi mieszanie. Co się zaś tyczy szerokości łapy  $b$ , to najlepiej robić ją od 1/16 D do 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  $\varphi$  dla łap płaskich zależy od stosunku  $l:b$  (rys.17). Zależność ta podana jest dla wody w postaci tabelicy I.

Tablica I

l : b	1	2	4	10	18	∞
φ	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  $\alpha$  do osi wału (rys.4).

W tym przypadku należy wstawić do wszystkich wzorów, wyprowadzonych poprzednio, zamiast szerokości łąpy  $b$ , rzut jej na płaszczyznę prostopadłą do kierunku ruchu, t.j.  $b \cos \alpha$ . Wtedy dla łąpy skośnej otrzymamy wzory:

$$W = \varphi \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot \frac{\gamma}{2g} \left( \frac{2\pi n}{60} \right)^2 \frac{1^3}{6} \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{7200} \varphi \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot \gamma \cdot n^2 \cdot 1^4 \text{ Kgm} \quad (11)$$

$$N = \frac{\pi}{16200000} \cdot \varphi \cdot b \cdot \cos \alpha \cdot \gamma \cdot \frac{1}{\eta} \cdot n^3 \cdot 1^4 \text{ KM}$$

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  $M$ , a więc

$$M_g = M = \varphi \cdot b \cdot \frac{\gamma}{2g} \left( \frac{2\pi n}{60} \right)^2 \frac{1}{4} (1^4 - r^4) = \frac{1}{7200} \varphi \cdot b \cdot \gamma \cdot n^2 \cdot 1^4 \quad (12)$$

Wobec tego, że wskaźnik wytrzymałości łąpy wynosi  $\frac{ba^2}{6}$  otrzymamy, że

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

gdzie  $k_g$  dopuszczalne naprężenie na zginanie dla materiału, z któ-

rego wykonana jest łapa.

Podstawiając do powyższego wzoru wartość na  $M_g$  z równania (12) po uproszczeniu otrzymany, że grubość łapy  $a$  powinna być

$$a = \frac{n}{20} l^2 \sqrt{\frac{\rho \gamma}{3 k_g}} \text{ m.}$$

Obliczanie łapy położonej równoległe do osi obrotów (rys. 18) przeprowadza się w zupełnie podobny sposób jak łapy prostopadkowej do osi wału. Przyjmując oznaczenia podane na rys. 18, siłę oporu cieczy obliczamy całkując wzór (2) w granicach od  $x=R_1$  do  $x=R_2$

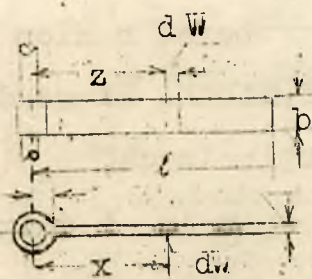
$$W = \frac{1}{6} \rho b \frac{\gamma}{g} \left( \frac{2\pi n}{60} \right)^2 (R_2^3 - R_1^3) \text{ m} \quad (13)$$

moment zaś oporu, gdy całkujemy w tych samych granicach wzór (5)

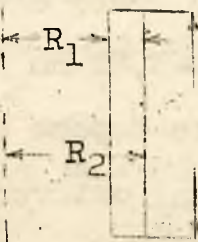
$$M = \frac{1}{8} \rho b \frac{\gamma}{g} \left( \frac{2\pi n}{60} \right)^2 (R_2^4 - R_1^4) \text{ Kgm} \quad (14)$$

moc zaś potrzebna na obracanie tej łapy wyniesie

$$N = \frac{1}{16200000} \cdot \rho b \cdot \gamma \cdot n^3 (R_2^4 - R_1^4) \cdot \frac{1}{\eta} \text{ Kw}$$



Rys. 18



Rys. 19.

Trzeba zaznaczyć, że obliczone w sposób powyższy siła i moment oporu oraz zużycie mocy na poruszanie łapy, są słuszne tylko w okresie początkowej pracy mieszadła (podczas puszczenia go w ruch). W okresie późniejszym,

wskutek krążenia cieczy w mieszadło, zużycie mocy oraz moment oporu są mniejsze. Mogą się one zmniejszyć nawet o 60%, jeżeli mieszadło nie posiada 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 być, gdyby krążenia nie było.

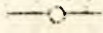
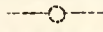
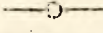

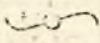
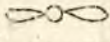
#### § 4. Wyniki badań nad mieszadłami łapowymi.

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 między innymi i badania A. Hixon'a i J. Crowell'a rzuciły pewne światło na pracę mieszadeł.

A. Hixon i J. Crowell badali intensywność mieszania kilku odmian mieszadeł łapowych w małym naczyniu laboratoryjnym średnicy 152,4 mm (6"). Za miarę porównawczą intensywności mieszania przyjmowali 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  $l=50,4$  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 szerokościach  $b_1=1,27$  mm i  $b_2=3,81$  mm 3) czteroramienne mieszadło łapowe 4) dwuramienne mieszadło łapowe o łapach spiralnych; i 5) mieszadło śmigłowe. Mieszadła: czteroramienne, spiralne i śmigłowe posiadały ramiona o wymiarach identycznych z mieszadłem pierwszym, uznanym przez A. Hixon'a i J. Crowell'a za wzorcowe.

Przyjmując czas rozpuszczania się jakiejś substancji przy mieszaniu jej przy pomocy mieszadła wzorcowego za 1, można przedstawić w celu porównania wyniki badań Hixona i Crowella w postaci następującej tablicy (tablica II).

Tablica II

L.p.	typ	szerokość łap	intensywność przy	
			$n=83 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$	$n=240 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$
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 następująco wnioski:

1. Intensywność mieszania zwykłej łapy (1) jest stosunkowo duża w porównaniu z więcej skomplikowanymi odmianami nieszadek łapowych (4), (5) i (6)
2. Szerokość łapy ma mały wpływ na intensywność mieszania, albowiem, jak widać z tablicy, pięciokrotne powiększenie szerokości łapy zwiększa intensywność mieszania tylko o 6,3%, dwukrotnie zaś zmniejszenie szerokości zmniejsza intensywność mieszania o 11,8 %
3. Intensywność mieszania znacznie się zwiększa przy powiększeniu ilości obrotów
4. Powiększenie ilości łap wywiera mały wpływ na intensywność mieszania, gdyż dwukrotny wzrost ilości łap zwiększa intensywność mieszania tylko o 2,5%
5. Powiększenie ilości obrotów nieszadka wywołuje znacznie większy wzrost intensywności mieszania dla nieszadek śmigłowych niż dla innych odmian nieszadek łapowych, albowiem gdy ilość obrotów

powiększyła się z 83 obr/min do 240 obr/min, to intensywność nieszania przy nieszadzie śmigłowym wzrosła  $\frac{1,691}{0,809} = 2,09$  razy, a przy nieszadzie łapowym tylko 1,716 razy.

Dodatkowe badania A.Hixoná i J.Crowellá w celu wyjaśnienia wpływu ilości obrotów na intensywność nieszania potwierdziły jak widać z tablicy III wnioski,

Tablica III

typ	ilość obr na minutę	intensywn.nieszania	
		b=25,4 mm	b <sub>1</sub> =12,7 mm
—o—	83	1	0,882
—o—	122	1,211	1,147
—o—	153	1,378	1,275
—o—	181	1,554	1,442
—o—	240	1,716	1,667

wyciągnięte poprzednio zarówno co do tego, że wzrost ilości obrotów powiększa intensywność nieszania jak i co do tego, że szerokość łapy ma mały wpływ na intensywność nieszania.

Znacznie większy wpływ jak wskazują inne badania A.Hixoná i J.Crowellá, wyniki których podane są w tablicy IV, posiada długość łapy l.

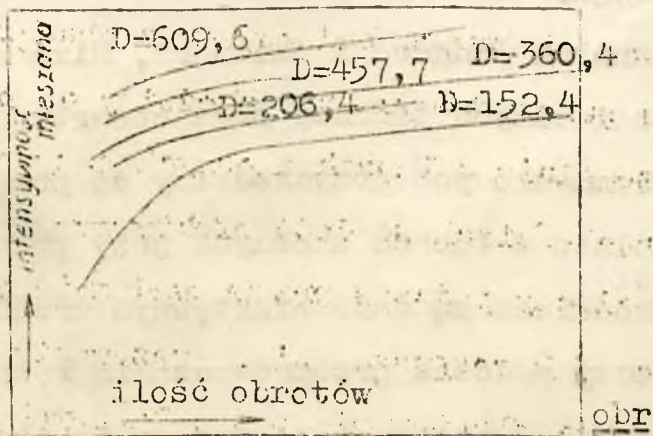
Z badań tych widać, że intensywność nieszania ze wzrostem długości łapy początkowo wzrasta, osiągając przy pewnej optymalnej długości następnie maleje. W przypadku przez nich badanych ta optymalna długość łapy wynosi około 0,35 D.

Tablica IV.

długość łapy w mm	12,7	25,4	47,6	50,4	60,3	66,7
intensywność nieszania	0,002	0,427	0,985	1	1	0,996

Chociaż badania A. Hixon'a i J. Crowell'a rzuciły spore światła na prace nieszażeń łapowych, wyników tych badań jednak nie można z całą pewnością stosować do urządzeń fabrycznych, albowiem były one przeprowadzane w warunkach laboratoryjnych na bardzo małych przypadkach, a prawa podobieństwa hydrodynamicznego dla nieszażeń nie są znane. Zdawali sobie sprawę z tego i sami badacze, gdyż jeden z nich, a mianowicie Hixon, w parę lat później (w roku 1933) przeprowadził podobne badania w towarzystwie Wilkensa na aparaturze znacznie większych rozmiarów.

Badania swoje przeprowadzili oni w naczyniach cylindrycznych o różnej średnicy w granicach  $D=150$  mm do  $D=1200$  mm. Długość łap ustawionych pod kątem  $45^\circ$  wynosiła  $l=0,167 D$ , szerokość zaś  $b=0,083D$ . 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  $0,167 D$ .



50 100 150 200 250 300 350  
Rys. 20.

Wyniki badań dla nieszażeń 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 Hixon'a i Crowell'a, przy czym wzrost ten początkowo jest krzywoliniowy i szybki, a następnie prostoliniowy i wolniejszy. Intensywność mieszania wzrasta poza tym, jak widac z wykresu, ze wzrostem wielkości nieszażenia.

Hixon i Wilkens przeprowadzili poza tym badania nad intensywnością mieszania w funkcji kąta ustawienia łap.

Hixon i Wilkens przeprowadzili poza tym badania nad intensywnością mieszania w funkcji kąta ustawienia łap.

nością mieszania różnych cieczy w celu wyjaśnienia wpływu lepkości i innych własności fizycznych mieszanych substancyj 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,

Tablica 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

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

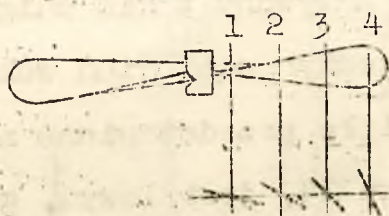
Opierając się na badaniach Badgera i Whitnora, Hixona i Crowella, Hixona i Wilkensa i innych badaczy oraz obserwując pracę mieszadeł w zakładach przemysłowych przychodziny do przekonania, że mieszadła łapowo szczególnie o łapach skośnych przy prawidłowo wybranych wymiarach i prędkościach są dość efektywnym 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 mają 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

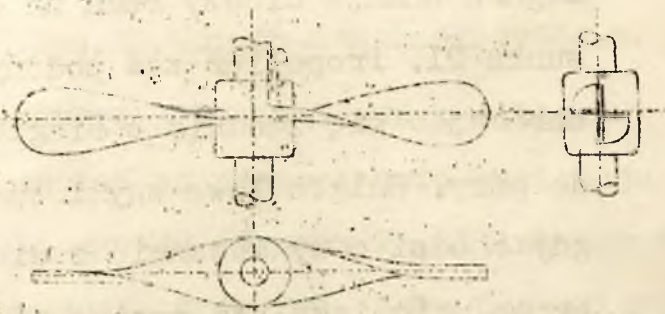
to widać z równania (10). Wynika z tego, że przy dużej ilości obrotów czas potrzebny na mieszanie jest mały, bo intensywność mieszania jest duża, natomiast zużycie energii jest wielkie. Oczywiście należy wybrać, jeżeli względy technologiczne na to pozwalają, taką ilość obrotów, przy której koszt mieszania jest mniejszy.

§ 5. Mieszadła propelerowe i śrubowe.

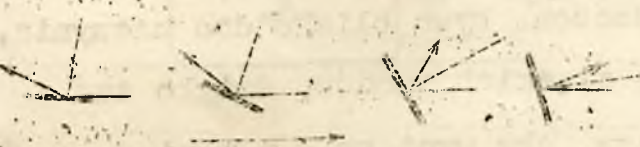
W łapach skośnych pochylenie na całej długości jest jednako-  
we. Jeżeli wykonamy łapę, w której nachylenie ciągle się zmienia od poziomego przy osi do pionowego na końcu, to otrzymamy łapę, którą nazywają śmigłem albo propelerem. (rys. 21)



Rys. 21. Śmigło prawe.

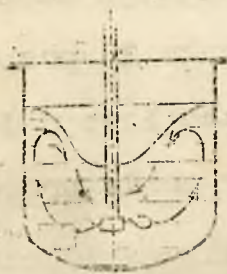


Rys. 24. Śmigło lewe.

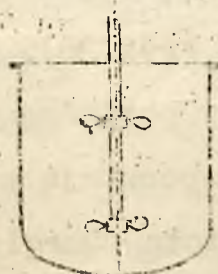


kierunek ruchu śmigła

Rys. 22.



Rys. 23. Mieszadło śmigłowe



Rys. 25. Miesz. śmigł. podwójne



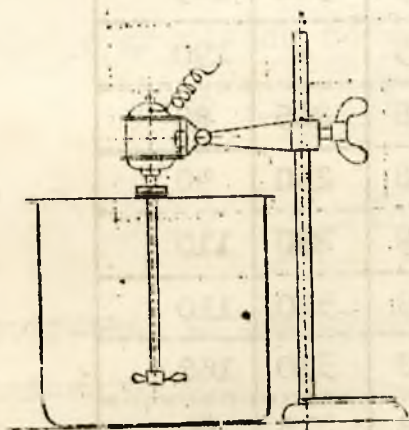
rys. 26 Miesz. śmigł. z rurą cyrkulacyjną

Śmigło jak i łapa skośna nadaje cząstkom cieczy, poza słabym ruchem 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 zderzenia się z cząsteczkami cieczy. Ruch do góry lub na dół skierowany, jest w różnych przekrojach śmigła pod różnymi kątami, jak to widać na rysunku 22, na którym poszczególne przekroje odpowiadają przekrojom śmigła na rysunku 21. Oczywiście, że ruchy, w których biorą udział cząstki cieczy, dodają się do siebie i w rezultacie ciecz porusza się w sposób przedstawiony schematycznie strzałkami na rysunku 23, w naczyniu zaś powstaje lej głębszy niż w nieszadło łapowym.

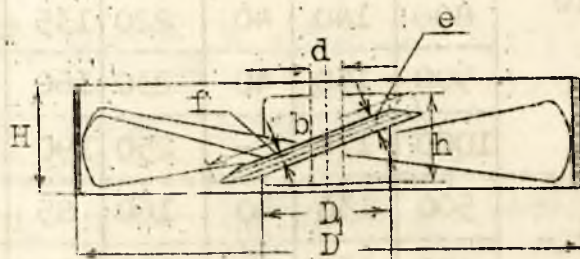
Śmigła bywają prawe i lewe. Prawym nazywany takie śmigło, które przy ruchu obrotowym w kierunku zgodnym z biegiem wskazówki zegara nadaje cieczy ruch na dół jak śmigło przedstawione na rysunku 21. Propeller zaś podany na rysunku 24, jest lewym, gdyż, obracając się zgodnie z biegiem wskazówki zegara, kieruje ciecz do góry. Śmigło lewe zwykle umieszczone bywa blisko dna naczynia, gdy chodzi o wynieszenie z cieczą ciężkich osadów, śmigło zaś prawe natomiast pod poziomą cieczy, aby wyciągnąć i wynieść pianę i pływające lekkie ciała. Aby wzmocnić ruch pionowy cieczy do góry, czasami śmigło umieszczają w najwęższym miejscu nie ruchomej rury cyrkulacyjnej, mającej kształt ściętego stożka z kątem wierzchołkowym około  $8^{\circ}$  (rys. 26). Na rysunku 25 przedstawione jest nieszadło podwójne, posiadające śmigło lewe u dołu i prawe na górze, wskutek czego powstają w cieczy prądy przeciwnie skierowane i nieszadło działa energiczniej.

Śmigła w porównaniu z łapani są krótkie i tylko w rzadkich wypadkach średnica ich dochodzi do 1000 mm. Zwykle jest ona od

czterech do pięciu razy mniejsza od średnicy naczynia w którym zachodzi mieszanie. Skok śmigła równa się od 0,9 do 1,4 jego średnicy, natomiast obracają się one bardzo prędko gdyż szybkość obwodowa ich wynosi od 10 do 12 m/sok. Ilość obrotów mieszadeł propellerowych jest większa niż mieszadeł innych typów. Przy wielkiej ilości obrotów przekładnia zębata do przenoszenia ruchu obrotowego na wał propellera pracuje dość hałaśliwie i z tego powodu często stosowana jest przekładnia cierna lub wał śmigła łączony jest bezpośrednio z wałem silnika elektrycznego przy pomocy sprzęgła, jak pokazano na rys.27.



Rys.27. Miesz. śmigł. laboratoryjne.



Rys.28. Śmigło czteroskrzydłowe.

Śmigła są odlewane z żeliwa, brązu lub twardego ołowiu posiadają one 2 jak na rysunku 24, 3 lub nawet 4 skrzydła (rys.28). Małe propellery można łączyć z wałami przy pomocy klinów (rys.24) większe zaś osadzać

należy w taki sposób, ażeby ich oś geometryczna zgadzała się z osią obrotów. Na rysunku 24 pokazany jest w trzech rzutach lwy propeller dwuskrzydłowy odlany z żeliwa lub brązu i osadzony na wale przy pomocy klina. Rysunek zaś.28 duży przedstawia czteroskrzydłowy lwy propeller brązowy lub żeliwny z niskim pierścieniem cyrkulacyjnym ze znormalizowanymi przez jedną z fabryk ZSER wyniarani, które są podane w poniższej tabelce VI.



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

Tablica VI.

	D	D <sub>1</sub>	d	H	h	o	f	b	b <sub>1</sub>
żca- liw- no	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	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
oło- wiu	800	150	40	180	140	30	14	310	110
	900	165	40	180	160	35	16	320	120

Dla nieskończenie małej powierzchni śmigła  $dW = b \cos \alpha$  wzię-  
 tej w dowolnej odległości  $x$  (rys. 29) od osi śmigła, możemy napi-  
 sać, opierając się na wzorach (2), (5) i (11) że

$$dW = \rho b \cos \alpha \frac{V}{2g} \left( \frac{2\pi n}{60} \right)^2 x^2 dx$$

$$dM = \rho b \cos \alpha \frac{V}{2g} \left( \frac{2\pi n}{60} \right)^2 x^3 dx$$

Przyjmując, że kąt  $\alpha$ , który tworzy pochyła powierzchnia  $dM$  z osią śmigła, jest proporcjonalny do odległości tej powierzchni od końca śmigła (rys.29), to jest, że:

$$\alpha : \frac{\pi}{2} = (R - x) : R \quad \text{skąd } \alpha = \frac{\pi}{2} \frac{(R-x)}{R} = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{R}$$

oraz biorąc pod uwagę, że

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

Powyższe wzory przekształcimy w

$$dW = \rho \cdot b \frac{\gamma}{2g} \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \cdot \sin \frac{\pi}{2R} x \cdot x^2 dx \quad (16)$$

$$dM = \rho \cdot b \frac{\gamma}{2g} \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \cdot \sin \frac{\pi}{2R} x \cdot x^3 dx \quad (17)$$

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

$$W = \rho \cdot b \frac{\gamma}{2g} \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \cdot \int_r^R x^2 \cdot \sin \frac{\pi}{2R} x \cdot dx \quad (18)$$

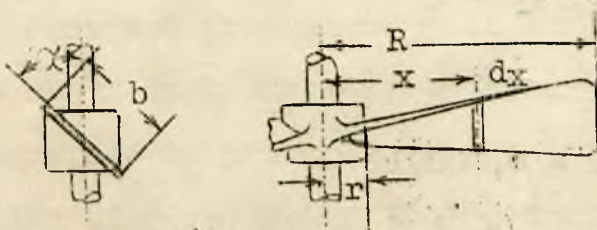
$$M = \rho \cdot b \frac{\gamma}{2g} \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \cdot \int_r^R x^3 \cdot \sin \frac{\pi}{2R} x \cdot dx \quad (19)$$

Moc potrzebna na obracanie jednego skrzydła śmigła wynosi w koniach mechanicznych

$$N = \frac{2\pi n}{60} \cdot \frac{1}{75} M = \frac{1}{75} \cdot \rho \cdot b \cdot \frac{\gamma}{2g} \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^3 \cdot \int_r^R x^3 \cdot \sin \frac{\pi}{2R} x \cdot dx$$

lub po uproszczeniu, przyjmując za  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  otrzymamy, że:

$$N = \frac{\pi}{4050000} \cdot \rho \cdot b \cdot \gamma \cdot n^3 \cdot \int_r^R x^3 \cdot \sin \frac{\pi}{2R} x \cdot dx \quad (20)$$



Rys.29. Śmigło prawo.

Przykład: obliczyć zużycie mocy oraz moment obrotowy dla dwuskrzydłowego niesządka propellerowego średnicy  $D=500$  mm o stałej szerokości skrzydeł  $b=120$  mm. Śmigło posiada piastę o średnicy

$D_1=130$  mm i obraca się z prędkością 240 obr./min. Niesządka przozna-

czono jest do mieszania roztworu, o ciężarze właściwym  $\gamma = 1200$  kg/m<sup>3</sup>: Sprawność mechanizmu mieszadła  $\eta = 0,8$   $\phi = 1,15$  (z tablicy I).

Podstawiając odpowiednio dane do wzorów (19) i (20) otrzymamy

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

$$N = \frac{\pi}{4050000} \cdot 1,15 \cdot 0,12 \cdot 1200 \cdot 240^3 \int_{0,065}^{0,25} x^3 \sin 2\pi x \cdot dx$$

lub

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

$$N = 1786,4 \int_{0,065}^{0,25} x^3 \sin 2\pi x \cdot dx$$

$$\text{Całkę } \int_{0,065}^{0,25} x^3 \sin 2\pi x \cdot dx$$

obliczamy albo analitycznie, 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

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

wobec czego

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

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

jest mniej dokładna ale prostsza i polega na przedstawianiu funkcji  $y = x^3 \sin 2\pi x$  na wykresie (rys.30) przy pomocy krzywej

i splanimetrowaniu pola pod tą krzywą. Wyniki obliczeń pomocniczych najlepiej przedstawić w postaci tabelki VII.

Tablica VII.

x	0,065	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
$x^3$	0,000 275	0,000 729	0,001 331	0,002 197	0,003 375	0,004 917	0,006 859	0,009 261	0,012 167	0,015 625
$2\pi x$	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 1	0,000 2	0,000 8	0,001 61	0,002 69	0,004 37	0,006 38	0,008 69	0,012 07	0,015 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, że 
$$\int_{0,065}^{0,25} x^3 \cdot \sin \frac{2\pi x}{2 \cdot 0,28} \cdot dx = 0,000904$$

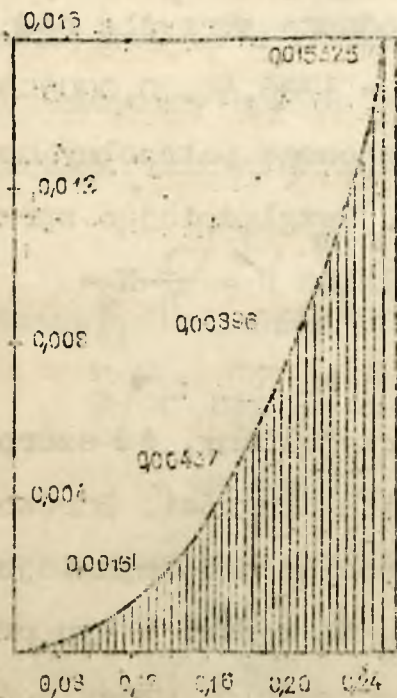
Wobec tego moment potrzebny do obracania jednego skrzydła równa się  $M_1 = 5340 \cdot 0,000904 = 4,82$  kgm, a moc  $N_1 = 1786,4 \cdot 0,000904 = 1,62$  KM. Na obracanie zaś skrzydła dwuśmigłowego potrzebny moment wynosi  $M_2 = 964$  kgm, a moc  $N_2 = 3,24$  KM. Uwzględniając sprawność mechaniczną niesządka obliczamy moc silnika  $N = \frac{1}{\eta} N_2 = \frac{3,24}{0,8} = 4$  KM.

Przy wprowadzaniu wzorów (18), (19) i (20) przyjęliśmy, że szerokość  $b$  skrzydeł propellera jest stała na całej ich długości. Bardzo często jednak skrzydła te rozszerzają się, posiadając najmniejszą szerokość  $b_1$  przy osi śmigła i największą  $b_2$  na końcu. W tym przypadku bieg rozumowań 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

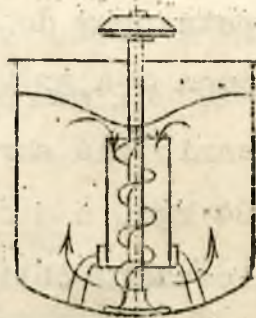
$$b = b_1 + \frac{x(b_2 - b_1)}{R}$$

Mieszadła śmigłowe są stosowane do mieszania cieczy ruchliwych o małej lepkości. Oddają one duże zasługi w tych przypadkach, gdy chodzi o bardzo prędkie mieszanie dolowanej substancji z cieczą znajdującą się w naczyniu reakcyjnym. Jest to potrzebne, gdy reakcja chemiczna zachodzi z jednoczesnym wydzieleniem dużych ilości ciepła, jak na przykład podczas nitrowania substancji organicznych. Są one również stosowane i w tych przypadkach, 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 ciękich są używane mieszadła, które przesuwiają substancje mieszane w kierunku pionowym, jak omówione poprzednio poziome mieszadła łopowate, przedstawione na rys. 17, oraz mieszadła śrubowe.

Na rysunku 31 przedstawione jest mieszadło śrubowe, w którym



Rys. 30.



Rys. 31.

Mieszadło śrubowe.

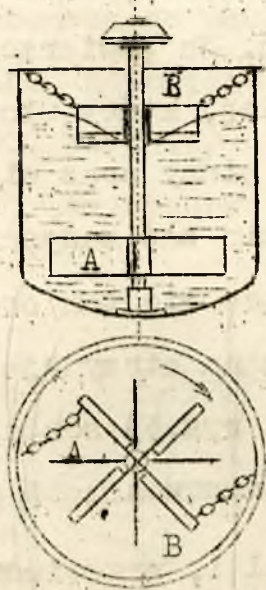
śruba umieszczona jest wewnątrz nieruchomej rury cyrkulacyjnej. Podczas pracy nadaje ona cieczom mieszanym ruch, w zależności od kierunku swego obrotu, albo na dół jak na rysunku 31, albo do góry.

W pierwszym przypadku na powierzchni cieczy wytwarza się lej, przez

który są wciągane w głąb nieszadka, piana oraz pływające substancje, w drugim zaś strumień cieczy unosi do góry z dna naczynia ciężkie osady.

### § 6. Mieszadła odśrodkowe.

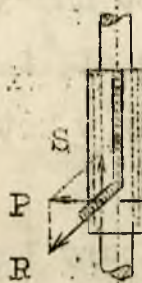
Odśrodkowe nieszadła wywołują bardzo energiczne mieszanie. Z szeregu stosowanych w przemyśle konstrukcji tego typu nieszadek na uwagę zasługują nieszadła "Tajfun", Furłowicza, turbinowe oraz talerzowe.



Na wale nieszadła "Tajfun" (rys.32) są osadzone sztywno 4 skrzydła A, które podczas ruchu działają w ten sam sposób jak zwykłe łapy. Popychając ciecz przed sobą i odrzucając ją jednocześnie ku ściankom naczynia. Mieszadło posiada poza tym 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 po-

Rys.32 Mieszadło pokazano w większej skali na rys.32a.

"Tajfun"

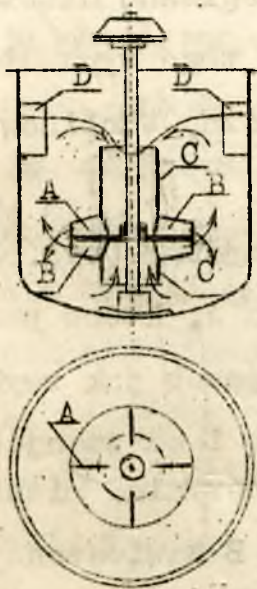


Rys.32a.

Podczas pracy ciecz, krążąca w naczyniu wskutek działania dolnych skrzydeł A, wywiera na odgiętą część skrzydeł B nacisk z pow. 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 wynurają 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 przynocowane są przy pomocy skrzydeł A i stożkowych pierścieni B rury cyrkulacyjne C. Skrzydła A podczas ruchu wyrzucają ku ściankom naczynia, wskutek działania siły odśrodkowej,



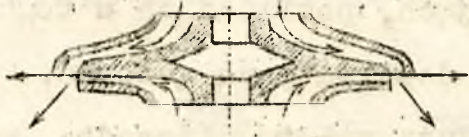
Rys.33.

Mieszadko Furowicza. nie strząkani. Skrzydła nieruchome D przynocowane do ścianek kotła noszą nazwę łamaczy fal i, przeciwdziałając się krążeniu cieczy dookoła osi mieszadła, sprzyjają mieszaniu.

Mieszadko Furowicza jak wynika z powyższego opisu macej jak żadne inne, do mieszania cieczy silnie pieniających się i dających jednocześnie osady, jak na przykład sok buraczany w kotłach saturacyjnych w cukrowniach.

Mieszadła turbinowe stosowane są do mieszania cieczy lepkiej. Posiadają one wirnik w postaci tarczy albo bębna, który wiruje z dużą ilością obrotów na minutę. Są w nim kanały i łopaty podobne do kanałów i łopatek turbin wodnych. Wirnik jednego z takich mieszadeł przedstawiony jest w przekroju na rysunku 34. Mieszadko

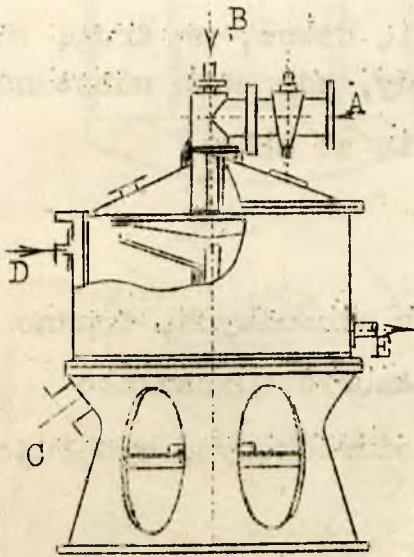
turbinowe dobrze się nadają do mieszania cieczy lepkich o różnych ciężarach właściwych w celu otrzymania emulsji. Podczas pracy ciecz cięższa zasysana jest od dołu (rys.34) i pod działaniem siły



Rys.34.

odśrodkowej wyrzucana jest z dużą prędkością na zewnątrz, gdzie zderza się ze strumieniem cieczy lżejszej, dostając się w kanały pomiędzy łopatkami wirnika od góry. Strumienie obu cieczy rozbijają się wzajemnie wytwarzając emulsję. Wyniary wirników tych mieszadeł naogół są małe, natomiast ilość obrotów ich jest duża i wynosi od 200 do 1000 obr/min.

Na rysunku 35 przedstawiony jest schemat mieszadła tarczowego.



Rys.35 Mieszadło tarczowe.

Do środka szybko wirującej tarczy, tarczy lub nisy doprowadzane są przeznaczone do zmieszania cieczy, które mieszają się ze sobą już w chwili spadania na tarczę. Pod wpływem siły odśrodkowej ciecz, płynąc po powierzchni tarczy cienką warstwą, wylatuje z tarczy z dużą prędkością i, rozpryskując się wachlarzowo wewnątrz naczynia, zbiera się na jego dnie.

Mieszadło tarczowe konstrukcji

Butz'a 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 prze-



ponowo ogrzewanie cieczy mieszanych do temperatury około  $70^{\circ}\text{C}$ . W tym celu komora suszarni posiada płaszczyz ogrzewający, do którego doprowadzona jest para przewodów D, a odprowadzone skropliny rurą E. Ogrzewana jest również tarcza wirująca, posiadająca z tego powodu ścianki podwójne, pomiędzy które dopływa para grzejna.

Poza działaniem ciągłym, co jest dużą zaletą mieszadła Butz'a zajmuje ono znacznie mniej miejsca niż mieszadła o działaniu pericyklicznym.

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 wirujących w przeciwnych kierunkach tarczach. Na jedną z nich doprowadza się ciecz, na drugą zaś ciekło sproszkowane. Mieszanie następuje wtedy, gdy obie substancje spływając wachlarzowo na tarczę spotykają się ze sobą.

### § 7. Mieszadło Krebs'a.

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

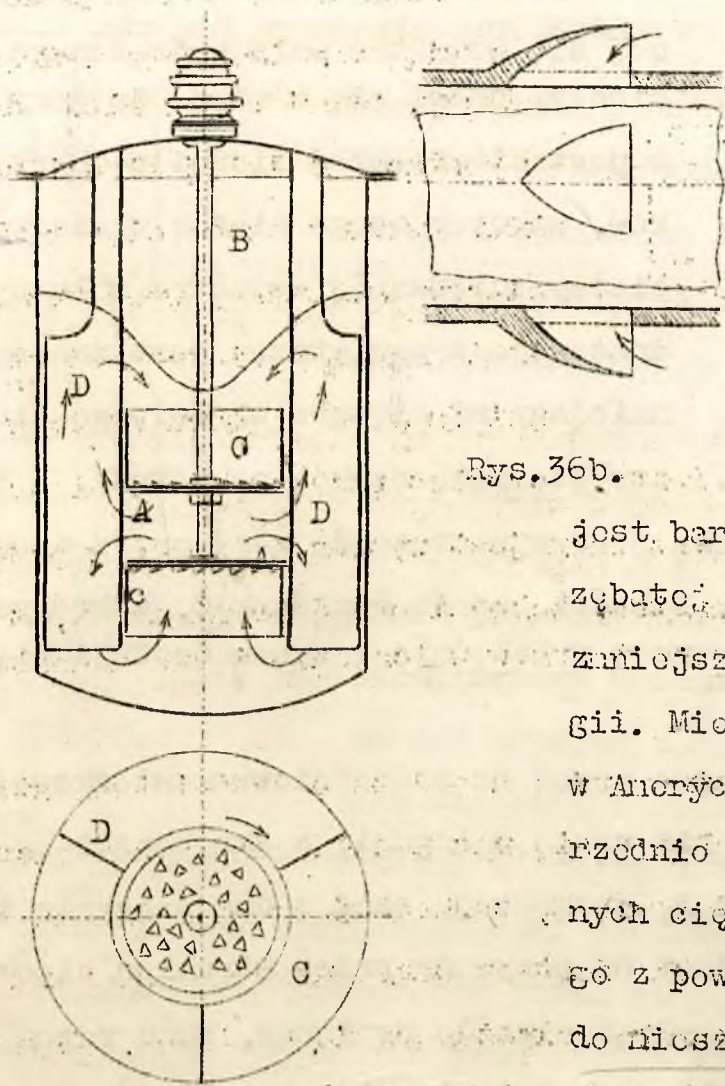
Mieszadło Krebs'a przedstawione na rys. 36 składa się z dwóch tarcz A, osadzonych na wale B i umieszczonych wewnątrz nieruchomych rur cyrkulacyjnych C. Tarcze górna i dolna posiadają wytłoczone otwory pokazane na rys. 36a i 36b. Podczas ruchu górna tarcza popycha ciecz mieszaną na dół, a dolna tłoczy 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

poniędzy tarczami, wskutek czego powstają w tym miejscu zaburzenia i wiry, sprzyjające mieszaniu. Skrzydka D przynocowane do nieruchomej pokrywy zabezpieczają ciecz od krącenia wewnątrz naczyń.

Tarcze powinny obracać się z dużą ilością obrotów i z tego powodu

wał mieszadła połączone jest przy pomocy sprzęgła bezpośrednio z silnikiem elektrycznym.

Konstrukcja mieszadła Krebs'a jak widać z powyższego



Rys.36b.

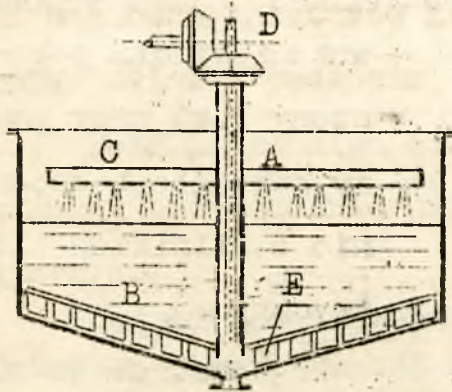
jest bardzo prosta. Brak przekładni zębatej pomiędzy silnikiem a wałem zmniejsza nieużyteczne straty energii. Mieszadło to jest stosowane w Ameryce jak szalniczek poprzednio do mieszania cieczy o różnych ciężarach właściwych, można go z powodzeniem stosować również do mieszania cieczy gęstych.

Rys.36. Mieszadko Krebsa.

### § 8. Mieszadko Dorra.

Zupełnie na innych zasadach niż maszyny, rozpatrywane poprzednio, działa mieszadko Dorra (rys.37). Na wale wydrążonym A tej maszyny osadzone są dwie grupy łap: dolna B, posiadające skrobacz-

ki skośnie ustawione i górno C w postaci rynienek z drobnymi otworami w dnie. Wewnątrz wału A, unieszczone jest rurka D, którą doprowadza się powietrze prawie do dna naczynia.



Powietrze, wchodząc do znajdującej się wewnątrz wału wydrążonego ciecchy, unosi się w niej do góry w postaci wielkiej ilości pęcherzyków, wskutek czego ciężar właściwy ciecchy znieszczonej wewnątrz wału wydrążonego z powietrzem jest znacznie mniejszy od ciężaru właściwego cie-

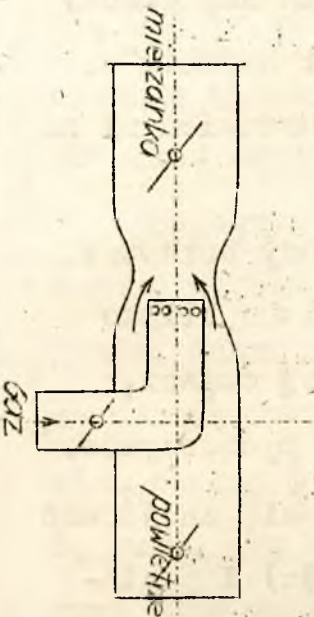
Rys. 37. Mieszadko Dorra. czy bez pęcherzyków powietrza. Z tego powodu ciecz wewnątrz wału jest wypierana do góry przez ciecz znajdującą się na zewnątrz. Wchodzi ona do rynienek C, z których wylewa się przez szereg otworków w ich dnie i znowu dostaje się do zbiornika.

Wał mieszadła, otrzymując napęd za pośrednictwem stożkowej przekładni zębatej, obraca się razem z łapani, a skrobaczki E, przynocowane do łap dolnych B, zeszkrobują osad z dna naczynia i kierują go do środka. Tam jest on porywany przez strumień ciecchy i podnoszony wewnątrz wału wydrążonego do rynienek, skąd razem z cieczą wypływa przez otworki w ich dnie i w ten sposób następuje wynieszczenie osadu z cieczą.

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

## § 9. Mieszanie gazów z gazami, cieczeniami 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) 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 kłapy, przy pomocy których 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 otwo-

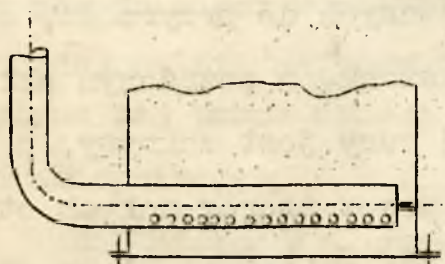
Rys. 38.  
Mieszanie gazów.

rów cienkimi strumieniami skierowanymi prostopadle do prądu powietrza. W ten sposób cząsteczki gazu palnego przenikają pomiędzy cząsteczki powietrza i wytwarzają mieszankę, która następnie przechodzi przez kłapę, mniej lub więcej otwartą, wywołującą w strumieniu gazu zaburzenia i wiry, wykańczające mieszanie. Istnieje kilka instrukcji przyrządów mieszających opartych na powyższej zasadzie.

Mieszanie gazów z cieczeniami 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 zmniejszenie dużej objętości gazu ze stosunkowo małą ilością cieczy, mieszanie następuje w wieżach reakcyjnych, których szczegółowy opis i zasady działania będą podane w jednym z następujących 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 Raschig'a, koksen, żwiren, materiałem ceramicznym lub deskami ustawionymi na kant.

Małe ilości gazu mieszany z cieczą przy pomocy bełkotki. Najprostszą formą bełkotki jest rura, ustawiona poziomo blisko dna naczynia i posiadająca niewielkie otwory w dolnej części, (rys. 39) przez które gaz wchodzi do cieczy w postaci pęcherzyków.



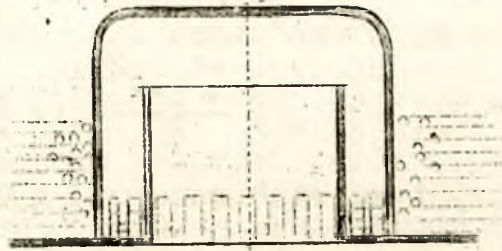
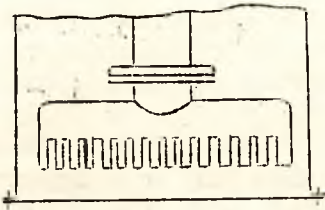
Rys. 39a.

Wszystkie otwory powinny się znajdować w jednym poziomie (rys. 39a) i posiadać jednakową średnicę, w przeciwnym bowiem razie gaz, przechodząc drogą najmniejszego oporu, nie będzie równomiernie przepływać przez ciecz. Otwory w bełkotkach rurkowych posiadają średnicę od 3 do 6 mm. Zupełnie zrozumiałe że im mniejsze otworki posiada bełkotka tym powstają drobniejsze pęcherzyki gazu a więc tym jest lepsze mieszanie gazu

z cieczą, ale tym łatwiejsze jest zapychanie się otworków, gdy ciecz posiada osady.

W cieczach mętnych, mających osady, otwory w bełkotce powyższej łatwo się zanieczyszczają. W tych przypadkach należy stosować beł-

kotki korytkowe z wycięciami w kształcie ząbków (rys.40).



Rys.40. Bełkotka korytkowa.

Rys.41. Bełkotka dzwonowa.

Gaz występuje się przez górną część ząbków (jak pokazano na rysunku 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 poza 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 posiadać taką prężność, aby mógł przezwyciężyć ciśnienie hydrostatyczne słupa cieczy nad otworkami bełkotki, pokonać wszelkiego rodzaju opory związane z przepływem i wypływem gazu, oraz mieć strumieniowi gazu, przepływającego przez otwórki bełkotki, odpowiednią energię kinetyczną.

Oznaczając przez  $H$  wysokość w m słupa cieczy nad otworkami bełkotki, przez  $\gamma_1$  i  $\gamma_2$  ciężary właściwe

w  $\text{kg/m}^3$  gazu i cieczy, przez  $c$  prędkość w m/sek gazu, a przez  $\xi$  sumaryczny współczynnik oporów hydraulicznych obliczamy ciśnienie

gazu  $p$  w  $\text{kg/m}^2$  ze wzoru

$$p = \frac{\gamma_1 \cdot c^2}{2g} (1 + \xi) + \gamma_2 \cdot H$$

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

Mieszanie cieczy przy pomocy bełkotek polega na tym, że przez warstwę mieszanych cieczy, przepuszczamy przy pomocy bełkotki strumień powietrza, pary lub jakiegos gazu obojętnego, wskutek czego w naczyniu powstają prądy cieczy, i wiry, które właśnie wywołują mieszanie.

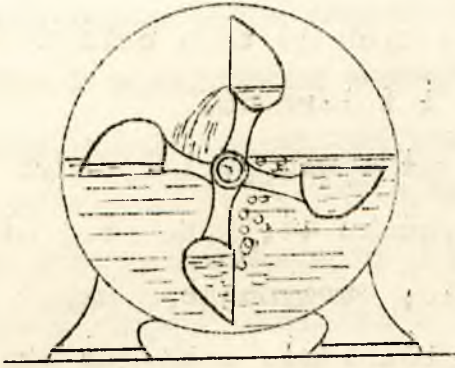
Mieszanie ciał ciekłych przy pomocy bełkotek nie wymaga skomplikowanych urządzeń i jeżeli fabryka rozporządza sprzężonym powietrzem wystarczy doprowadzić go przewodem do bełkotek. Trzeba jednak pamiętać, że pęcherzyki powietrza, przepływające przez ciecz, nasycają się ich oparami, powodując przez to, w niektórych przypadkach straty cennych substancji.

Mieszanie przy pomocy bełkotek ciał ciekłych chętnie jest stosowane w tych przypadkach, gdy ciecz mieszaną atakuje chemicznie części metalowe mieszadeł mechanicznych.

Zużycie powietrza do mieszania cieczy zależy od intensywności mieszania i wynosi według amerykańskiej firmy F.M. Root Co przy mieszaniu w przeciągu 1 godziny od 25 do 60  $\text{m}^3$  na 1  $\text{m}^2$  swobodnej powierzchni cieczy w naczyniu.

Urządzenia mechaniczne do mieszania gazów z cieczami stosują się rzadko. Jako przykład podaję na rysunku 33 mieszadło przeznaczone, według patentu niemieckiego, do mieszania gazów zawierających chlor z mlekiem wapiennym w celu oczyszczenia tych gazów i otrzymania wapna bielącego  $\text{CaOCl}_2$ . Mieszadło to posiada szeroki

koryt obracając się dookoła osi poziomej. Zanurzając się w cieczy, koryta powyższe zabierają ze sobą pewną objętość gazu, który następnie w postaci pęcherzyków przepływa przez ciecz do góry wyrzucając się zaś z cieczy koryta podnoszą pewną ilość cieczy do



góry i następnie rozpryskują ją wskutek siły odśrodkowej. Ponadto, że w mieszalno powyższym zastosowanie zasady mieszania gazów z cieczami, a mianowicie rozpryskiwanie cieczy wśród gazu i rozpryskiwanie gazu wśród cieczy, nie zna-

Rys.43. Mieszalno korytkowe. Iazko ono szerszego zastosowania w

tej gałęzi przemyślu, dla której było przeznaczone.

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 na przykład w paleniskach do pyłu węglowego, albo przez wielokrotne rozrzucanie ciała sypkiego w ośrodku gazowym, jak na przykład w suszarniach bębnowych, w piecach obrotowych do wypalania cementu oraz w innych piecach.

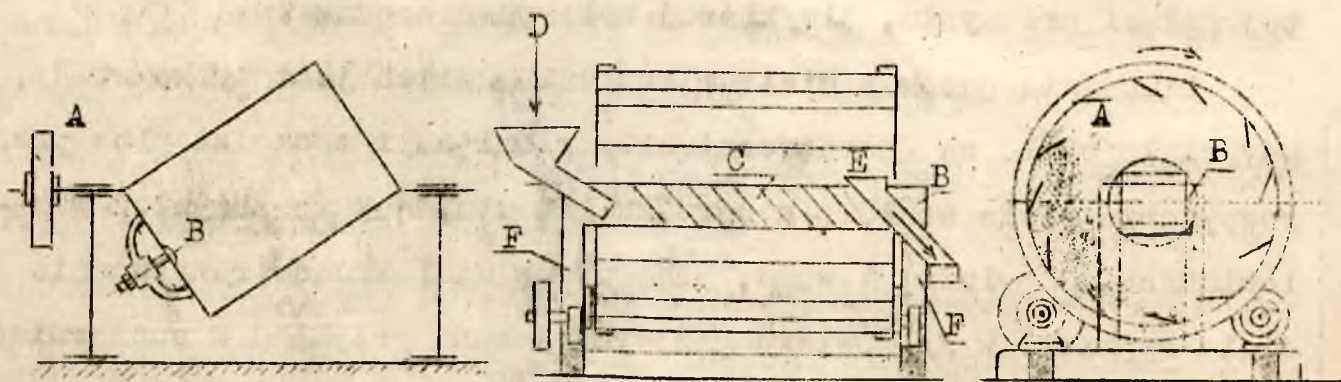
#### § 10. Mieszarki.

Mieszanie ciał sypkich zachodzi 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 niezbijające się w grudki łatwiej mieszają się ze sobą niż substancje wilgotne. Najprościej można wymieszać ze sobą ciała sypkie, przesypując je kopatami 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 rysunku 44. Bęben tej mieszarki osadzony jest ekscentrycznie na wale, otrzymującym napęd przy pomocy koła pasowego A. Ładowanie i opróżnianie zachodzi okresowo przez pokrywę B. Mieszarka powyższa dobrze miesza proszki i inne



Rys. 44. Mieszarka bębnowa

Rys. 45. Mieszarka o działaniu ciągłym

sypkie drobnoziarniste materiały o ciężarach właściwych mało różniących się od siebie, wydajność jej jest niewielka i z tego powodu jest stosowana tylko wtedy, gdy chodzi o zmieszanie małych ilości substancji sypkich.

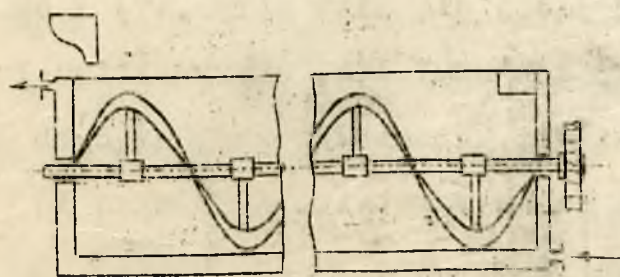
Mieszarka bębnowa o działaniu ciągłym połączona jest schematycznie na rysunku 45. Bęben tej mieszarki opiera się na czterech rolkach z których jedna para otrzymuje napęd za pośrednictwem przekładni

zębatej lub pasowej. Wskutek tarcia ruch obrotowy z rolek przenosi się na bęben. Wewnątrz posiada on półki A, nachylone w kierunku ruchu i obracające wraz z bębniem oraz nieruchome listwy B przechodzące przez otwory w denkach bębna i przynocowane do nieruchomych słupków F. Pomiędzy listwanami znajduje się szereg pochyłych przegród C.

Podczas ruchu bębna materiały nieszane 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 przegródach C. W ten sposób nieszanina przesuwa się od denka, w którym umieszczony jest lej zasilający D, w kierunku leja E, przez który odchodzi z nieszarki, spadając w końcu bębna z półek A do leja E.

Mieszarki bębnowe o działaniu ciągłym posiadają znacznie większą wydajność niż periodyczne i dlatego są używane w tych przypadkach gdy chodzi o nieszanie większych ilości materiałów sypkich. Ilość obrotów ich ze względów wyjaśnionych w § 9 rozdziału IV (Rozrabniarki) 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.



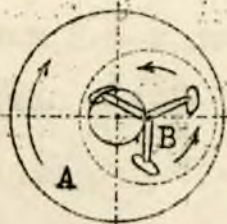
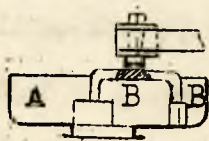
Rys. 46. Mieszarka spiralna.

Na rysunku 46 przedstawiona jest schematycznie mieszarka spiralna. Na poziomym wale tej maszyny osadzone są wzdłuż linii, śrubowej łapy, do końców której przynocowana jest taśma metalowa, wygięta

spiralnie. Wał otrzymuje powolny ruch obrotowy za pośrednictwem przekładni ślinakowej, materiał zaś, znajdujący się w poziomym korycie mieszarki, podlega jednocześnie nieszaniu i przesuwaniu z jednego końca koryta na drugi.

Mieszarki spiralne lekkiej konstrukcji używane bywają w suszarniach korytkowych do suszenia substancji sproszkowanej i w krystalizatorach. Korytko o podwójnych ściankach ogrzewane jest w suszarniach parą, taśma zaś niesze i przesuwa znajdujący się w nim proszek. Grubość warstwy proszku przy tym jest w przybliżeniu równa szerokości taśmy.

W krystalizatorach korytko o podwójnych ściankach chłodzone jest wodą (rys.46) taśma zaś niesze i przesuwa z jednego jej końca w drugi kryształy substancji wypadających wskutek chłodzenia z nasyczonego roztworu. W przemyśle cukrowniczym mieszarka spiralna jest stosowana w zbiornikach, w których stygnie i krystalizuje się cukier ugotowany w warkach.



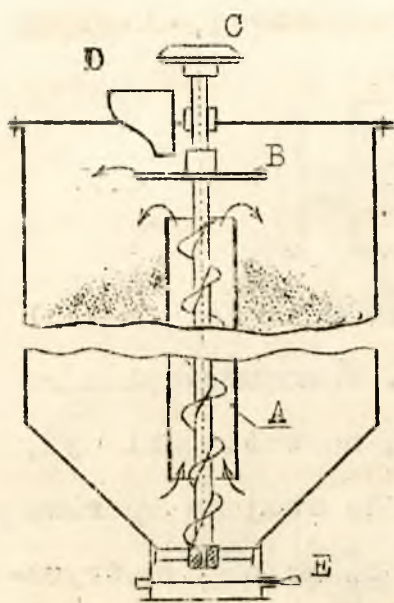
Rys.47. Mieszarka talerzowa.

Taśma spiralna stosowana jest również do mieszania ciał plastycznych. W tym przypadku maszyna powinna być zbudowana bardzo mocno.

Do mieszania ciał sproszkowanych mają zastosowanie mieszarki talerzowe. Składają się one z poziomej nieruchomej lub obracającej się nisy A (rys.47) i szeregu ruchomych szufelek, skrzydeł lub łop

B, których zadaniem jest przegarnianie materiałów znajdujących się na dnie nisy w stosunkowo niegrubej warstwie. Jednocześnie z mieszaniem łopatkami B, przesuwaną mieszaninę od środka nisy na zewnątrz i naodwrot. W jednym miejscu talerza (na rysunku 47 w środku) znajduje się otwór, przez który gotowa mieszanina opuszcza maszynę. Łopatki obracają się w kierunku przeciwnym niż nisa wokół osi położonej ekscentrycznie względem osi nisy. Bardzo często, w celu zmniejszenia strat materiałów mieszanych wskutek kurzu, maszyna posiada pokrywę lub kaptur.

Na rysunku 48 przedstawiona jest mieszarka śrubowa, stosowana do mieszania ciał sypkich w wielkich pionowych zbiornikach (silesach).



Rys. 48. Mieszarka śrubowa.

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

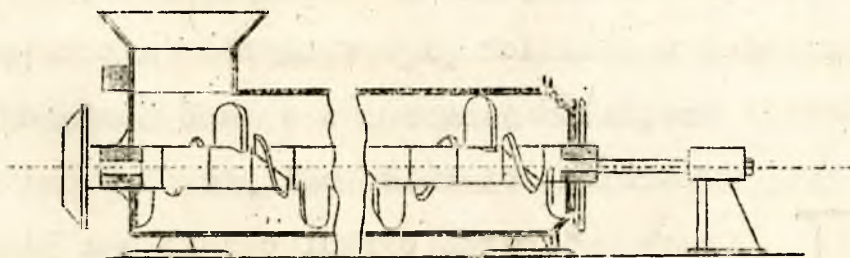
wykonuje ślimak, podnosząc z dna zbiornika materiały sypkie i zsypując je w górnej części. Gdy mieszanie skończone, zbiornik można opróżnić przez wysunięcie zasuw E, umieszczonej w dolnej jego części.

### § 11. Zagniataarki.

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

Na rysunku 49 przedstawiona jest pozioma zagniataarka kapowa służąca do nawilżania i mieszania rozdrobnionej gliny w cegielniach

i w innych fabrykach ceramicznych. Składa się ona z cylindra



Rys.49. Zagniatarka zamknięta do gliny.

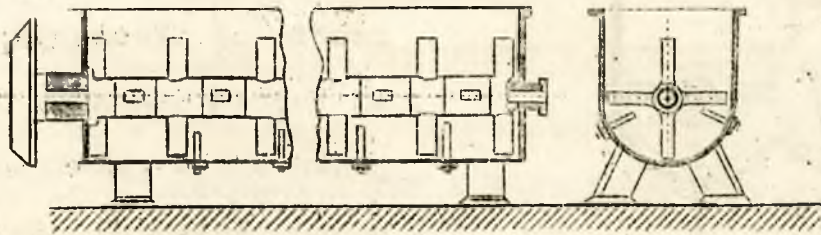
średnicy od 300 do 600 mm, który w jednym końcu posiada gaźnicę do zasilania A, w drugim zaś wylot stożkowy B. Wewnątrz cylindra znajdują się łapy żelwne C, które osadzone są na wale poziomym, przechodzącym przez całą długość cylindra, aż do stojaka oporowego D, znajdującego się za nim. Łapy zagniatarki, będąc z geometrycznego punktu widzenia częściami powierzchni śrubowej, ustawione są w taki sposób, że tworzą przerywany ślinak. Za wylotem na przedłużonym wale znajduje się odpowiedni przyrząd do krajania wytkoczony gliny. Może to być nóż stalowy, jak na rysunku 49, zwany strychulcem albo kabłak 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 walec.

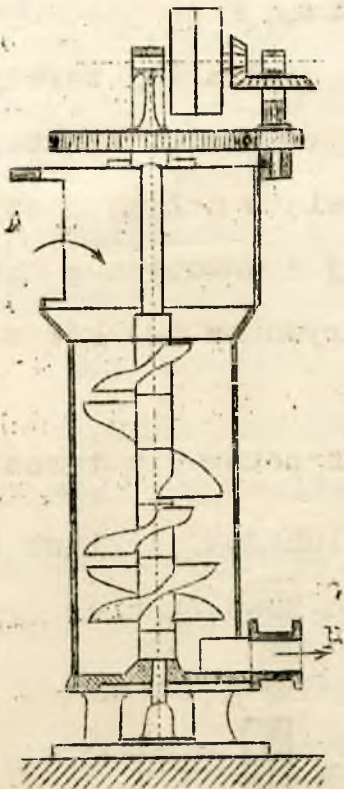
Zagniatarki tego typu zużywają dość dużo energii, na przykład zagniatarka przerabiająca glinę na 2000 cegieł na godzinę zużywa około 20 KM.

Znacznie mniej energii zużywa zagniatarka otwarta przedstawiona na rys.50. Składa się ona z koryta, wewnątrz którego znajduje się wał z płaskimi łopatkami. W ścianach koryta umocowane są łapy nieruchome, których zadaniem jest zapobiegać obracaniu się gliny w mieszadle. 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.



Rys. 51.

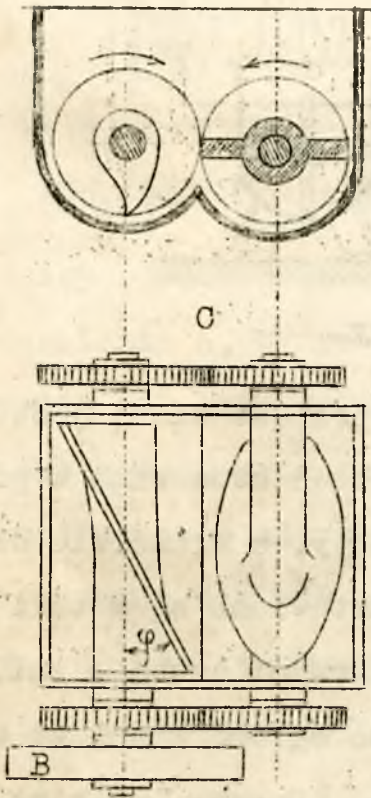
Na rysunku 51 przedstawiona jest pionowa zagniatarka śrubowa stosowana w przemyśle ceramicznym. Łapy, a właściwie skrzydła tej zagniatarki ustawione są w taki sposób, że tworzą z przerwaną śrubą o zmiennym skoku. Wykonywane są one z odlewu żeliwnego lub stalowego. Surowy materiał doprowadzany jest do mieszalnika przez górny otwór A i po wynieszeniu odchodzi przez otwór dolny B. Wał pionowy z oszalzonymi na nim skrzydłkami powinien obracać się wolno, albowiem materiał ciastowaty stawia duży opór podczas mieszania wskutek czego, przy przeklin ruchu obrotowym, powstawałyby

bardzo wielkie siły. Napęd otrzymuje zagniatarka za pośrednictwem przekładni pasowej oraz podwójnej przekładni zębatej.

Na rysunku 52 przedstawiona jest schematycznie zagniatarka Freyburgera stosowana w różnych gałęziach przemyśle chemicznego do mieszania ciekł plastycznych. Koryto tej zagniatarki składa się

z dwóch zrosniętych z sobą bliźniaczych koryt półcylicydrycznych,

w których obracają się w kierunku przeciwnych dwie eliptyczne tarcze A (na rys. 52 w rzucie na płaszczyznę pionową lewa tarcza, pokazana jest w widoku prawym zaś w przekroju), ustawione pod kątem  $\varphi$  do osi obrotu.



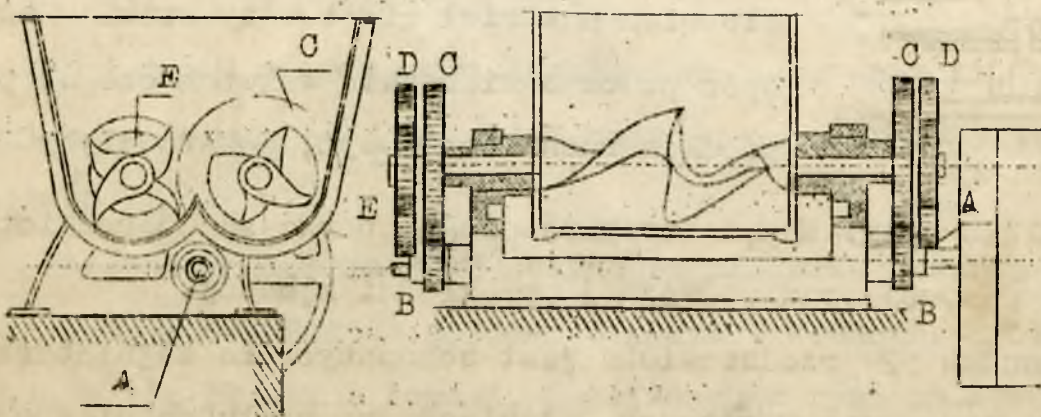
Rys. 52.

Ruch obrotowy otrzymuje jedna z tarcz od silnika lub pędzi za pośrednictwem koła pasowego B i przekazuje go drugiej tarczy przy pomocy przekładni zębatej, składającej się w małych maszynach z jednej a w dużych z dwóch par (jak na rysunku 52) kół zębatych. C.

Schemat zamiatarki 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.



Rys. 53. Zamiatarka Freyburgera.

Na rysunku 53 pokazana jest zagniatarka Freyburgera w wykonaniu firmy Woner i Pfeildorer ze skrzyłkami śrubowymi. Na wale A, napędzanym przy pomocy kół pasowych, osadzone są kółka zębate B, które zazębiają się z kołami zębatymi C, obracającymi prawe skrzyłko nieszące. Ruch na lewe skrzyłko przenosi się przy pomocy kół zębatych D oraz E, z których pierwsze są osadzone na osi prawego skrzyłka nieszącego jak i koła zębate C, a drugie mniejszej średnicy na osi skrzyłka lewego.

Zagniatarki Freyburgera pracują periodycznie. Koryta większych maszyn można podczas opróżniania wywracać obracając łokoła osi A (rys. 53) przy pomocy odpowiedniego mechanizmu, nie pokazanego na rysunku 53. Koryta w tych zagniatarkach wykonywane są w razie potrzeby o podwójnych ścianach aby można było jednocześnie z mieszaniną ogrzewać lub ochładzać znajdujące się w nich substancje.

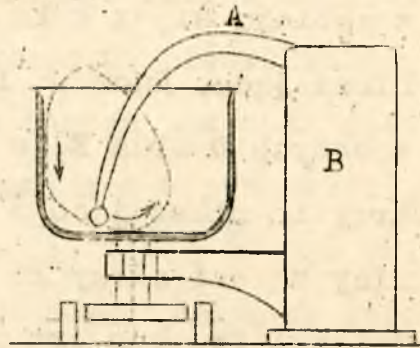
Gdy materiały podlegające zniszczeniu są bardzo ciągliwe jak na przykład przy przerobieniu kauczuku lub wyrobieniu niektórych mas plastycznych (celluloidu, gahalitu i innych) są stosowane zagniatarki walcowe. Zagniatarki tego typu stosują również i w tych przypadkach, gdy należy wynieść drobno sproszkowane materiały z niewielką ilością oleju lub z innymi gęstymi cieczami, jak to się dzieje w fabrykach czekolady, linsokun oraz farb olejnych i lakierów. Walce w zagniatarkach są wykonywane z żeliwa, z kamionami naturalnymi (piaskowca) lub ze sztucznych i obracają się z różną prędkością obrotową. 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 rysunku 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 przy pomocy 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 rysunku 55 linią przerywaną. Jednocześnie z ruchem tania obraca się dookoła osi pionowej kocioł z ciastem, po pewnym czasie, gdy wskutek zmiatającego i rozciągającego ramienia, połączonego z ruchem obrotowym kotła, ciasto jest dostatecznie dobrze wyrobione, kocioł, umieszczony na wózku C, jest usuwany z pod nieszadka, a na jego miejsce wprowadzany inny. Przy pomocy więc jednej maszyny można wynieść ciasto w wielu kociach.



B-99858 80 XII 49

---

Drukarnia Estetyczna, W-wa, ul. Niecała 3