

BIBLIOTEKA ŻOŁNIERSKA  
PODRĘCZNIKI DLA DOKSZTAŁCAJĄCYCH SZKÓŁ ZAWODOWYCH

Nr 13

80/43

Inż. ZYGMUNT PYSZEL

# MASZYNOZNAWSTWO

Wydanie drugie



WSZECHŚWIATOWY KOMITET  
ZWIĄZKÓW MŁODZIEŻY  
CHRZEŚCIJAŃSKIEJ W GENEWIE  
S Z W A J C A R I A

Pod redakcją Komitetu Kulturalno-Oświatowego 2. DSP, nakładem YMCA i drukiem pisma żołnierskich internowanych w Szwajcarii „Goniec Obozowy”, ukazały się dotąd następujące wydawnictwa:

#### I. PODRĘCZNIKI DLA ŻOŁNIERSKICH SZKÓŁ Powszechnych

- Nr 1. Bronisław LISTWAN, Wypisy polskie, str. 300 i 8 tabl.
- Nr 2. Adam SANOCKI, Dzieje Polski w zwięzłym zarysie str. 266 + XII i 16 tabl.
- Nr 3. Inż. Bohdan JASTRZĘBIEC, Chemia, str. 40 i 13 rys. w tekście
- Nr 4. Krzysztof GRODECKI, Geografia, str. 354, Mapa Polski i 249 rys. w tekście
- Nr 5. Ignacy J. KLIMASZEWSKI, Rachunki, str. 268 i 161 rys.
- Nr 6. J. ŁODYGO i F. NADWÓRNIAK, Przyroda, str. 122 i 53 rys.
- Nr 7. L. EBERMAN i T. WRÓBLEWSKI, Fizyka, str. 60 i 80 rys.
- Nr 8. Adam BRZOZA, Państwo i obywatel, str. 84
- Nr 9. Dr Karol MITKIEWICZ, Nauka o zdrowiu, str. 84 i 65 rys.

#### II. PODRĘCZNIKI DLA DOKSZTAŁCAJĄCYCH SZKÓŁ Zawodowych

- Nr 1. Mgr Wincenty WOJTKIEWICZ, Materiałoznawstwo ogólne, str. 126 i 5 rys. w tekście
- Nr 2. Inż. Antoni BUKOWIECKI, Metaloznawstwo, str. 63 + III i 34 rys. w tekście
- Nr 3. Tng Kazimierz DONIMIRSKI, Kuźnictwo, str. 39 + III i 16 tablic z 101 rys.
- Nr 4. Mirosław MOSIŃSKI, Obróbka cieplna metali, str. 43 + III, 11 tabel i 13 tablic z 53 rys.
- Nr 5. Inż. Zbigniew KOPCZYŃSKI, Odlewnictwo, str. 32 z 33 rys. w tekście
- Nr 6. Inż. Antoni MICHALIK, Obróbka metali przez skrawanie, str. 129 + VII, 5 tabel i 56 tablic z 256 rys.
- Nr 7. Inż. Stanisław KUBASZEWSKI, Instalacje elektryczne, str. 141 + III, 61 tablic z 280 rys.
- Nr 8. Jerzy BORKOWSKI i Jerzy BUCZKIEWICZ, Podstawy elektrotechniki, str. 161 + 6 tabel i atlas (56 tablic) z 214 rys.
- Nr 9. Marcin PRUGAR i Andrzej OLSZOWSKI, Stolarstwo, str. 122 i atlas (60 tablic) z 222 rys.
- Nr 10. Inż. Maciej MISCHKE, Budownictwo wodne, str. 38 + IV i 44 tablic z 82 rys.
- Nr 11. Inż. Czesław KAMELA, Miernictwo, str. 117 + II i atlas (77 tablic) z 229 rys.
- Nr 12. Inż. Mieczysław ŚWIBA, Roboty ziemne, str. 128 + IV i atlas (41 tabl.) z 132 rys.
- Nr 13. Inż. Rudolf MOLISZ, Budowa i utrzymanie dróg, str. 181 + III + 2 tabele i atlas (53 tablice) z 170 rys.
- Nr 14. Inż. Zygmunt PYSZEL, Maszynoznawstwo, str. 72 i atlas z 171 rys.

#### III. ŻOŁNIERSKIE KURSY POCZĄTKOWE

- Nr 1. St. SERB i J. ŚLĄSKI, Podręcznik do nauki czytania i pisania, str. 99.

Nadto nakładem YMCA i drukiem pisma „Goniec Obozowy“:

#### IV. PRZYJACIEL OBOZOWY

- Nr 1. Wypisy, część I-III (str. 123) i część IV-VIII (str. 173). Wydawnictwo przeznaczone dla Polaków, przebywających w obozach jenieckich.
- Nr 2. Inż. Stanisław JARZĘBIŃSKI, Silniki spalinowe na paliwo płynne i gazowe oraz urządzenia w pojazdach mechanicznych, str. 433 + VIII z 125 rys. i 1 tablicą barwną.

Inż. ZYGMUNT PYSZEL

# MASZYNOZNAWSTWO

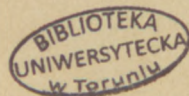
Wydanie drugie

BIBLIOTEKA  
CML 80/43  
Nr. inw 456/24  
Dział .....  
Data .....



Pod redakcją Komitetu Kulturalno-Oświatowego 2 DSP.  
Drukarnia Vogt-Schild AG. Solothurn

PODRĘCZNIK DLA RZEMIEŚLNIKÓW



Copyright:  
WORLD'S ALLIANCE OF THE  
YOUNG MEN'S CHRISTIAN ASSOCIATION  
(Y. M. C. A.)  
Geneva 1945  
Printed in Switzerland

## ROZDZIAŁ I

### CZĘŚCI MASZYN DO ZAMIANY RUCHU PROSTOLINIJNEGO NA RUCH OBROTOWY

#### 1. Mechanizm korbowy

Zadaniem mechanizmu korbowego jest przemiana ruchu prostoliniowego na ruch obrotowy (np. w maszynie parowej) i odwrotnie (np. w pompie tłokowej, gdzie ruch obrotowy zamieniany jest na ruch prostoliniowy). Mechanizm korbowy (rys. 1) składa się: z wodzika (krzyżulca)  $a$ , który wykonuje ruch prostoliniowy tam i z powrotem, z korby  $r$  osadzonej na wale, otrzymującej ruch obrotowy i łącznika albo korbowodu, który łączy wodzik z korbą i przenosi ruch z wadzika na korbę. Siła działająca na wodzik wyraża się wzorem

$$P = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \quad \text{przy czym} \quad \begin{array}{l} D = \text{średnica cylindra} \\ p = \text{ciśnienie w cylindrze (kg/cm}^2\text{)} \end{array}$$

Siła  $P$  rozkłada się na dwie składowe, z których jedna  $L$  ma kierunek korbowodu, druga  $N$  przyciska wodzik do prowadnicy, po której się posuwa. Wartość tych składowych dla każdego położenia korby możemy obliczyć na zasadzie równoległoboku sił. Jeżeli siła wywierana na wodzik jest wielkością stałą, to obie składowe  $L$  i  $N$  osiągają największą wartość, gdy ramię korby  $r$  stoi prostopadle do korbowodu. Siła w korbowodzie  $L$  przechodzi na czop korbowy i rozkłada się tutaj na 2 siły: składową  $T$  styczną do koła, po którym porusza się czop korby, wywołując ruch obrotowy i składową  $K$  działającą w kierunku korby, która zgina wał korbowy i przyciska czopy wału korbowego do łożysk.

W chwili kiedy korba i korbowód są do siebie prostopadle, to siła styczna  $T = L$ , zaś  $K = \text{zero}$ , tzn. że całkowita siła w korbowodzie jest zużyta na wywołanie ruchu obrotowego. Gdy korbowód i kierunek korby tworzą linię prostą, to  $K = L$  i  $L = P$ , wobec czego siła styczna  $T$  nie jest w stanie spowodować ruchu obrotowego, gdyż równa się zero. Ten punkt nazywamy punktem martwym. Ten wypadek zachodzi w drugim położeniu, przesuniętym o  $180^\circ$  (pół obrotu) od pierwszego; w układzie korbowym mamy zatem dwa punkty martwe.

#### 2. Korba

Korba, część mechanizmu korbowego, jest połączona stale z obracającym się wałem lub nawet stanowi z nim jedną całość (wał wykorzystany). Korba na rys. 2 nazywa się korbą czołową i składa się z czopa

korby (jest to ta jej część, z którą łączy się łącznikiem), z ramienia korby i z piasty korby, która służy do osadzenia korby na wale. Czop może stanowić całość z ramieniem korby przy małych korbach, albo część osobną, zamocowaną na korbie za pomocą klina, nakrętki lub nasadzony na gorąco. Ramię korby jest narażone na ściskanie i zginanie w martwym punkcie pod wpływem siły  $R$ , zaś w położeniu gdy korba z korbowodem tworzą kąt prosty zachodzi zginanie i skręcanie. Korba jest nasadzona na wał na gorąco względnie na zimno przy pomocy prasy hydraulicznej. Korby są przeważnie ze stali kutej albo z odlewu stalowego. Są jeszcze korby z przeciwwagą; są one stosowane tam, gdzie chcemy wyrównać siłę odśrodkową, powstającą przy obrocie mas. Rys. 3 przedstawia tarczę korbową, którą stosuje się tam, gdzie promień wykorzystania jest niewielki.

Rys. 4 przedstawia nam korbę ręczną.

Wały wykorbione mogą być zrobione z jednej części (rys. 5) lub złożone, tzn. że czopy i ramiona są wykonane oddzielnie, a później łączone na gorąco lub na zimno (rys. 6).

Jeżeli promień koła jest tak mały, że nie można zastosować opisanej wyżej korby łączonej, to nasadza się na wał tarczę z otworem wywierconym mimośrodowo. Tarczę tę obejmuje część kształtu pierścieniowego połączona z drążkiem korbowodu. Mechanizm taki nazywa się mimośrodem i zastępuje korbę o promieniu  $r$  równym odległości mimośrodowej (odległości od środka otworu na wał do środka tej tarczy — rys. 7).

Mimośród zamienia ruch obrotowy na ruch prostoliniowy jak zwykły układ korbowy. Ma on zastosowanie przy maszynach parowych do poruszania suwaka. Tarcze wykonuje się z żeliwa, pierścienie ze stali i przy dużych ilościach obrotów wylewa się je białym metalem, czyli stopem do powlekania powierzchni łożysk.

### 3. Korbowody

Łączniki albo korbowody mają za zadanie przenoszenie ruchu między czopami, które wykonują ruch obrotowy albo wahadłowy. Łącznik składa się z drążka o przekroju okrągłym lub dwuteowym, opatrzonego na swych końcach dwoma łbami (dla wozzika lub tłoka i dla korby). Łby mogą być zbudowane w kształcie łożysk, obejmujących czop, albo same mogą być zaopatrzone w czop. Przy wałach wykorbionych łeb łącznika robi się z dwóch części; przy wielkich maszynach oba łby są przy mocowane do drążka za pomocą śrub.

Rys. 8 i 9 przedstawiają nam rozmaite kształty korbowodów. Rys. 8 przedstawia korbowód ( $a$  = trzon albo drąg,  $b$  = pokrywa,  $c$  = panewki) zakończony od strony korby łbem otwartym, który składa się z dwóch części. Jedna z tych części, stanowiąca pokrywę otwartego łba ( $b$ ) jest przymocowana za pomocą śrub, które muszą być zabezpieczone. Z drugiej strony mamy łeb zamknięty, w którym panewki są nastawialne za pomocą klina. W małych łącznikach można regulować panewki śrubami zamiast klinami. Celem regulowania jest utrzymanie między osiami łbów łącznika stałej odległości, która pod wpływem zużycia się panewek może ulegać zmianie.

Rys. 9 przedstawia nam łącznik, którego jeden koniec jest rozwidlony i w którym pokazane jest doprowadzanie oliwy dla smarowania czopów.

### 4. Wozzik (krzyżulec)

Jeżeli pewna część maszyny porusza się prostolinijnie (np. tłok — rys. 1), a jakakolwiek siła dąży do zepchnięcia tej części z jej drogi, to dla utrzymania jej we właściwym kierunku służą wozziki albo łożyska. Wozzik składa się z kadłuba i powierzchni (jedna lub dwie) ślizgających się, zwanych trzewikami. Wozzik (krzyżulec) może być prowadzony jednostronnie tzn. posiada jeden trzewik  $a$  lub dwustronnie i wtedy posiada dwa trzewiki  $a, a_1$ . Rys. 10 przedstawia układ, w którym trzewiki stanowią oddzielną część. Trzewiki mogą mieć formę płaską albo cylindryczną i mogą być nastawiane za pomocą klinów. Przy małych wozzikach kadłub wraz z trzewikami jest wykonany jako jedna całość.

Kadłub wozzika wyrabia się z żeliwa, odlewu stalowego lub stali kutej. Trzewiki, których długość jest od 2—3,5 razy większa od szerokości krzyżulca, wyrabia się z żeliwa i wylewa się białym metalem. Czopy względnie łożyska krzyżulca powinny być smarowane i dokładnie dopasowane. W maszynach jednostronnie działających, gdzie tłoki są dość długie w stosunku do swego skoku jak np. w silnikach spalinowych, prowadzenie odbywa się bez wozzika, sam tłok służy jako prowadnica. W maszynach obustronnie działających wozzik jest niezbędny.

## ROZDZIAŁ II

## CZĘŚCI MASZYN RUCHU PROSTOLINIJNEGO

## 1. Tłoki

Tłoki mają za zadanie przynieść siłę wywołaną przez ciśnienie gazów lub cieczy znajdujących się w cylindrze na maszynę, lub też odwrotnie — siła lub ruch maszyny przez tłoki przynosi się na ciecze lub gazy.

Tłoki dzielimy na tłoki tarczowe, umocowane na tłoczysku i tłoki nurowe, gdzie nie ma tłoczyska. Tłok nurowy połączony jest przez czop tłokowy z korbowodem.

Oba rodzaje tłoków (tłoki tarczowe i nurowe) posiadają na korpusie tłoka materiał, zwany szczeliwem, który uszczelnia luz znajdujący się między tłokiem a cylindrem.

## a) Tłoki tarczowe

Kadłub tłoka tarczowego wykonuje się zazwyczaj z żeliwa albo z odlewu stalowego. Tłoki, dla motorów szybkoobrotowych wyrabia się ze stali kutej, zaś gdy zachodzi możliwość chemicznego oddziaływania cieczy, używa się znacznie droższego od stali brązu. Tłoki bywają jednościankowe lub dwuściankowe. Tłok tarczowy dwuściankowy jest wewnątrz pusty zaś ścianki ma wzmocnione żebrami.

Rys. 11 przedstawia nam tłok tarczowy jednościankowy dla maszyny parowej, szybkoobrotowej, jednostronnie działającej. Tłok nieraz jest osadzany na tłoczysko na gorąco i zabezpieczany nakrętką.

Rys. 12 przedstawia nam tłok tarczowy dwuściankowy, w którym rdzeń odlewniczy został usunięty przez otwór w piaście. Korpus tłoka powinien być dostatecznie wytrzymały na ściskanie, a co do kształtu to trzeba go wykonać możliwie jak najłżejszy i taki, aby przestrzeń szkodliwa w cylindrze była jak najmniejsza to znaczy, że tłok powinien posiadać jak najmniej części wystających, gdyż każda wystająca część wymaga odpowiedniego wgłębienia w pokrywie cylindra. Tłoki o dużych średnicach mogą być wykonane z jednej części, względnie składać się z dwóch albo i trzech części. Tłoki tarczowe stosujemy w maszynach parowych, w pompach, kompresorach i dużych silnikach spalinowych.

## b) Tłoki nurowe

Tłoki nurowe używane są przeważnie w silnikach spalinowych i pompach. Tłok nurowy składa się z dwóch części, jedna część — cylin-

dryczna — służy do uszczelnienia, druga część — denko — opiera się naciskowi gazów. Ponieważ denko tłoka nurowego styka się z gazami o wysokiej temperaturze i na skutek tego rozgrzewa się, stąd duże tłoki są chłodzone oliwą lub wodą. Chłodzenie oliwą jest dogodniejsze, gdyż oliwa wydostająca się szczelinami z przewodów doprowadzających i odprowadzających nie jest szkodliwa dla silnika.

W małych tłokach odprowadzanie ciepła odbywa się przez żebra i przez sam korpus tłoka, który pierścieniami styka się z cylindrem. Denka tłoków nurowych mogą być płaskie, wklęsłe lub wypukłe; dla określonych celów nadaje się im specjalne kształty. Na ściankach części cylindrycznych tłoka znajdują się rowki dla pierścieni uszczelniających i dwa otwory dla czopa. Tłoki nurowe są wyrabiane z żeliwa; tłoki o dużych średnicach i szybko poruszające się wykonuje się z odlewu stalowego lub stali kutej i te koniecznie muszą być chłodzone. Dla silników szybkoobrotowych w samochodach i samolotach tłoki nurowe wykonywane są z żeliwa lub ze stopów metali lekkich. Tłoki nurowe wykonuje się tylko do średnicy 600 mm, gdyż większe trzeba już prowadzić za pomocą wodzika, ponieważ samoprowadzenie tłoka jest nie wystarczające dla jego ruchu posuwistego, powodującego występowanie siły poprzecznej N (rys. 1). Rys. 13 przedstawia nam tłok nurowy chłodzony dla dużego silnika Diesel'a.

## c) Uszczelnianie

Tłoki mogą być uszczelniane za pomocą sznurów konopnych (stosuje się je do wody, do innych cieczy np. oliwy). Uszczelnianie za pomocą krążków skórzanych stosowane jest do płynów i gazów, których temperatura nie przewyższa 40°. Najczęściej używane jest uszczelnianie za pomocą pierścieni metalowych. Pierścienie uszczelniające do tłoków wyrabiane są z żeliwa albo z brązu, jeżeli tego wymaga oddziaływanie chemiczne cieczy. Materiał używany na pierścienie nie powinien być zbyt miękki, ażeby nie zużywał się prędko przez wycieranie. W silnikach parowych stosuje się od 2—5 pierścieni; w silnikach spalinowych od 4—8. Aby pierścień uszczelniający przylegał całą powierzchnią do cylindra winien być elastyczny. W tym celu obtacza się go na średnicę większą niż cylinder, przecina się go skośnie lub w formie stopnia, (rys. 14) ścisną, a następnie obtacza się dokładnie na średnicę cylindra. Druga metoda wyrobu pierścieni polega na tym, że obtoczony dokładnie pierścień napręża się przez młotkowanie, tzn. przez uderzenia pierścienia młotkiem od wewnątrz co powiększy średnicę.

Pierścienie uszczelniające powinny być nadzwyczaj starannie wykonane i dobrze dopasowane do rowków tłoka. Gdy są za luźne, następuje tzw. wybijanie się rowków w cylindrze; gdy są za ciasno osadzone, może nastąpić tzw. zatarcie. Pierścienie są wyrabiane niskie i wysokie. Dawniej mniemano, że wysokich pierścieni trzeba używać do tłoków dla maszyn parowych a niskich do tłoków silników spalinowych. Lepiej używać w obu wypadkach pierścieni niskich, gdyż lepiej przylegają do cylindra. W tłokach silników spalinowych stosuje się często jeden lub dwa pierście-

nie specjalne zwane zbierającymi. Zadaniem ich jest zbieranie oliwy z gładzi cylindra podczas przesuwania się tłoka.

Nieraz szczeliwo znajduje się w cylindrze w tak zwanym dławiku. Takie tłoki nazywamy nurami. Nury są stosowane przeważnie w pompach i prasach hydraulicznych. W dławiku (C) znajduje się szczeliwo z wkładkami ze skóry, konopi lub gumy; dla bardzo dużych ciśnień używa się jako szczeliwa stopów różnych metali. Rys. 15 przedstawia nur z uszczelnieniem ze skóry (b), która uszczelnia przeciw ciśnieniu zarówno wewnątrz jak i zewnątrz — stosowany przy pompach ssąco-tłoczących.

Nury bywają odlewane, albo też kute ze stali, a jeżeli mamy do czynienia z cieczą, chemicznie działającą na żelazo, wyrabia się je z brązu, a w pewnych wypadkach nawet z masy krzemionkowej lub ze szkła.

## 2. Tłoczysko

Pod nazwą tłoczyska rozumiemy trzon tłoka czyli tę część maszyny, która przenosi siłę i ruch tłoka tarczowego na inne części maszyny. Tłoczysko służy także do prowadzenia tłoka. Tłoczyska narażone są przede wszystkim na wyboczenie; dlatego, żeby otrzymać dużą wytrzymałość, wyrabia się je ze stali; w pewnych wypadkach jak w maszynach dwustronnie działających w silnikach dwutaktowych stosuje się stal z domieszką chromu i niklu. Tłok (rys. 16) jest umieszczony na części *a* tłoczyska i zamocowany za pomocą nakrętki *b*, która musi być zabezpieczona od odkręcania się.

## 3. Dławik

Dławiki służą do uszczelniania trzonów, drążków lub wrzecion, mających ruch prostoliniowy lub obrotowy i przechodzących z przestrzeni zamkniętej napełnionej cieczą lub gazem do innej przestrzeni.

Zasadniczymi częściami dławika (rys. 17) są: *a*) dławnia, *b*) tulejka dławikowa, *c*) dławik z tulejką dławikową, *d*) szczeliwo, *e*) śruby, które przez dławik ściskają szczeliwo. Dławnia występuje jako nadlewek na korpusie. Dławik robi się całkowicie z brązu albo z żeliwa lub ze stali, w której znajduje się tulejka z brązu. Kryza dławika może mieć rozmaite formy; bywa okrągła, owalna i trójkątna. Szczeliwo miękkie przygotowuje się ze sznura konopnego, bawełnianego lub azbestowego napełnionego łożem z grafitem. Dla nafty i benzyny szczeliwo smaruje się mydłem. Jako szczeliwa miękkiego używa się również skóry i gumy. Szczeliwo twarde wytwarza się z siatek druczianych lub pierścieni z różnych stopów. W innych konstrukcjach dławik jest nagwintowany. Wkręcając go, dociskamy szczeliwo. Pod nazwą uszczelnienia labiryntowego (rys. 18 i 19) rozumiemy szeregi rowków wyrobionych na drążku lub w tulei.

Gdy ciecz przepływa przez nie, wytwarzają się wiry, hamując ten przepływ. Jeżeli rowki te napełni się olejem lub wodą, to przepływ jest

jeszcze bardziej zahamowany. Zapełnienie rowków cieczą gęstszą niż uszczelniana ciecz daje jeszcze większą szczelność. Na tej samej zasadzie oparte są uszczelnienia dławikowe, przy których szereg pierścieni umieszczonych jest w następujących po sobie rowkach. Inna konstrukcja składa się z oddzielnych pierścieni węglowych, ściskanych sprężynkami. W wypadkach kiedy ilość smaru przylegającego do tłoczyska, trzonu lub drążka okazuje się niedostateczna, zastosować należy smarowanie dodatkowe za pomocą oliwiarek, a przy stojących dławikach umieszcza się na dławiku odpowiednie zagłębienie na smar lub też stosuje się smarownice „Staufera“, z których wtłacza się gęsty smar do wnętrza dławika.

## ROZDZIAŁ III

CZĘŚCI MASZYN DO PRZYJMOWANIA I ODPROWADZANIA  
CIECZY I GAZÓW

## 1. Cylinder

Pod nazwą cylindra rozumie się tę część maszyny, w której porusza się tłok. Jako materiał do wyrobu cylindrów służy żeliwo, a przy znacznych ciśnieniach odlew stalowy. Stal kuta ma rzadkie zastosowanie. Jeżeli zaś chemiczne własności cieczy tego wymagają używa się brązu lub innych stopów. Cylindry stosuje się w maszynach parowych, pompach, kompresorach i silnikach spalinowych.

a) Cylinder maszyny parowej (rys. 20). Cylindry te wyrabiane są przeważnie z żeliwa, które powinno być dość twarde ze względu na zabezpieczenie przed zużyciem przy ruchu tłoka i suwaka. Cylinder składa się: a) z korpusu cylindrycznego, który z jednej strony zakończony jest dnem, a z drugiej posiada jeden kołnierz do umocowania pokrywy, a jeżeli cylinder jest otwarty ma dwa kołnierze z obydwóch stron, b) ze skrzynki suwakowej, która jest płaska dla suwaka płaskiego, zaś cylindryczna, gdy suwak jest walcowy. Zamiast skrzynki suwakowej może cylinder posiadać kanały i otwory dla wentyli, gdy sterowanie jest wentylowe. Do zamykania cylindrów służą pokrywy. Pokrywa powinna być dokładnie doszlifowana w miejscu styku z kołnierzem cylindra jako też trzeba ją uszczelniać za pomocą uszczelki. Ażeby zmniejszyć straty ciepła, pokrywa się zazwyczaj cylindry parowe izolacją i płaszczami z blachy polerowanej. W cylindrach parowych spotykamy również ogrzewanie ścianek cylindra parą od strony zewnętrznej, w tym celu cylinder jest otoczony tzw. płaszczem parowym.

b) Cylinder silników spalinowych. Cylindry silników spalinowych są chłodzone powietrzem lub wodą. Cylinder silników chłodzonych powietrzem posiada na stronie zewnętrznej swego korpusu żeberka, przez co otrzymuje się większą powierzchnię. Cylindry te mogą składać się z jednej części cylindrycznej lub z dwu jak na rysunku 21. Cylinder składa się z części cylindrycznej i nakrywy zwanej głowicą. Głowica cylindra, w której znajdują się otwory i siedzenia dla zaworów, jest umocowana do korpusu za pomocą śrub. Cylinder silników chłodzonych wodą otoczony jest osłoną czyli płaszczem wodnym, w którym krąży woda. Jeżeli mamy wiele cylindrów ustawionych obok siebie w jednym silniku, to tworzą one wraz z osłoną blok cylindrowy, a nakrywa czyli głowica stanowi osobną część, która też jest

chłodzona wodą. Głowica z blokiem cylindrowym jest przymocowana śrubami do ramy silnika. Cylindry mogą też być wykonane w ten sposób, że jedną część stanowi blok cylindrowy, druga zaś część z innego metalu tzw. gładz cylindrowa, w której porusza się tłok, jest wsadzona w otwory wykonane w bloku. Cylindry są wykonane z żeliwa lub odlewu stalowego; w samochodach lub samolotach wykonuje się je ze stopów lekkich a nawet mogą być wykonane z dwu różnych materiałów np. część cylindryczna ze stali a głowica ze stopu lekkiego (rys. 22).

## 2. Zawory, zasuwki, kurki

Zaworami albo wentylami są takie mechanizmy, które zamykają przepływ cieczy lub gazów przez podnoszenie lub odchylenie części zamykającej. Jeżeli otwieranie lub zamykanie przepływu gazów czy cieczy dokonywa się przez przesuwanie części zamykającej, takie urządzenia nazywamy zasuwkami, jeżeli zaś część zamykająca ma ruch obrotowy, urządzenia takie nazywamy kurkami.

a) Zawór (wentyl). Rozróżniamy zawory nastawne poruszane ręcznie, zawory zwrotne poruszane przez ciśnienie cieczy lub gazu, zawory bezpieczeństwa i zawory redukcyjne. Zawór nastawny (rys. 23) składa się z korpusu, w którym znajduje się siedzisko albo gniazdo z powierzchnią dla tzw. grzybka zaworowego, zazwyczaj włożone w kadłub zaworu a czasem wkręczone na gwint. Powierzchnia dla grzybka jest tłoczona i szlifowana. Ruch grzybka uskutecznia się za pomocą kółka ręcznego nasadzonego na wrzeciono, które posiada gwint. Połączenie wrzeciona z grzybkiem powinno być wykonane z pewnym luzem a to w tym celu, ażeby grzybek mógł siadać prosto na powierzchnię siedziska i ażeby nacisk był wywierany na grzybek nie przez połączenie, ale bezpośrednio przez wrzeciono. Spód grzybka posiada zwykle żeberka prowadzące (rys. 23). Żeberka mają na celu wzmocnienie grzybka przeciw odkształcaniu się i zakleszczaniu się w gnieździe. Często jednak stosuje się grzybki bez żeberek. Rys. 24 przedstawia konstrukcję gdzie grzybek nie posiada żeberka, lecz prowadzony jest przez trzon, poruszający się w tulejce stanowiącej jedną całość z siedziskiem.

Powierzchnie uszczelniające miały dawniej zawsze kształt stożkowy, a same gniazda były z brązu, obecnie wyrabia się również zawory z płaskimi siedziskami uszczelniającymi i są one wykonane z niklu; stosuje się także siedziska przy parze przegrzanej. Uszczelnienia płaskie są lepsze, gdyż siedzisko niekoniecznie musi być ściśle współśrodkowe z grzybkiem. W tym przypadku zamocowanie na wrzeciono nie wymaga luzu. Przy jednakowym podnoszeniu grzybka w wypadku płaskiej powierzchni przekrój przepływu jest większy niż w wypadku stożkowej powierzchni uszczelniającej. Nakrętka dla gwintu naciętego na wrzeciono umieszczona jest na zewnątrz (patrz rys. 23) albo bezpośrednio w pokrywie. Przeważnie podnoszenie i opuszczanie grzybka uskutecznia się przez obracanie wrzeciona, a nakrętka jest nieruchoma. Jeżeli ciśnienie gazu lub cieczy przepływającej nie przekracza 15 at. (15 kg/cm<sup>2</sup>) to kadłub i pokrywę wyrabia się z żeliwa, przy większych ciśnieniach jak również dla pary przegrzanej

wyrabia się z odlewu stalowego, jeżeli są zawory o dużej średnicy, a przy małych średnicach z brązu. W zaworach czyli wentylach zwrotnych (rys. 25) przyrządy zamykające podnoszone są przez nacisk cieczy i utrzymane w stanie otwartym przez przepływający strumień. Zamykanie wentyla dokonuje się pod działaniem ciężaru własnego albo skutkiem nacisku sprężyny, jak również skutkiem łącznego działania sprężyny i ciężaru własnego z chwilą kiedy zmniejsza się prędkość przepływającej cieczy lub gazu. Wogóle zawór jest tak zbudowany, ażeby grzybek zaczął się opuszczać już przy zmniejszeniu się prędkości przepływu cieczy lub gazu i ażeby opadał na siedzisko z chwilą kiedy prędkość przepływu równa się zero. Układ zaworów czyli wentyli samoczynnych jest ściśle dostosowany do właściwości cieczy lub gazów i do rodzaju ruchu maszyn, np. wentyle ograniczające przepływ, które zamykają się przy zwiększonej szybkości przepływu (pęknięcie rury). Powierzchnie uszczelniania zaworu muszą być tak dostatecznie duże, ażeby docisk powierzchniowy nie był zbyt wielki. Rys. 26 przedstawia nam zawór silnika spalinowego. Grzybek nie powinien być za ciężki przy silnikach spalinowych i dlatego w silnikach szybkoobrotowych ciężar grzybka jest bardzo mały (grzybek wydrążony) a zamykanie uskutecznia się przeważnie przez sprężynę. Grzybek musi tu być dokładnie prowadzony ale tarcie w prowadnicach winno być nieznaczne. Kierunek doprowadzenia i odprowadzenia cieczy lub gazu nie powinien przeszkadzać działaniu zaworu. Zawory z klapą skórzaną lub gumową stosuje się tam jedynie, gdzie nie ma działania chemicznego (zimna woda, powietrze) ani wysokiej temperatury, gdyż przy wyższych temperaturach skóra i guma stają się zbyt miękkie. Również w razie stosowania gumy i skóry siedziska nie powinny mieć ostrych krawędzi. Przy wyższych temperaturach stosuje się różne kłapy i krążki metalowe, które są odpowiednie do rodzaju cieczy i gazów.

b) Zasuwa. Zasuwa składa się z korpusu i trzona nagwintowanego, który posiada dwie powierzchnie zamykające kształtu płaskiego lub stożkowego. Zamykanie przepływu dokonywa się przez przesuwanie powierzchni zamykającej.

W przeciwieństwie do zaworów zasuwa po otwarciu nie zmusza strumienia płynu do zmiany kierunku. W przewodach do wody tak pierścienie uszczelniające jak i siedziska zasuwy są wykonane z brązu, w przewodach zaś do gazów i pary z żeliwa. Na rysunku 27 przedstawiona jest zasuwa dla wody.

Przy zastosowaniu zasuwy do przewodów parowych można za jej zaletę uważać prędkie jej zamykanie w przewodach. Dla wody takie prędkie zamykanie jest szkodliwe, a szczególnie w długich przewodach. Ażeby uniknąć uderzeń wody, w takich przewodach należy dodać powietrznik (patrz strona 30). Zasuwa klinowa (rys. 27) używana jest tylko dla najwyższej temperatury 300° C i małych ciśnień, gdyż jest trudno utrzymać uszczelnienie przy większych ciśnieniach.

c) Kurek (rys. 28). W kurkach, których działanie polega na obracaniu powierzchni zamykającej, szczelność jest trudna do osiągnięcia.

Kurek składa się z korpusu i stożka wewnętrznego zwanego kluczem. Dla ułatwienia docierania, zewnętrzna powierzchnia klucza i wewnętrzna powierzchnia gniazda jest stożkowa tylko w tych miejscach, gdzie się stykają ze sobą. Pozostałe części są cylindryczne. Docieranie jest ułatwione, jeżeli klucz jest wykonany z materiału twardszego niż gniazdo kurka. Kurki wykonuje się z brązu albo z żeliwa. Istnieją także tzw. kurki trójdrogowe, w których korpus i klucz mają otwory (rys. 29) i służą do przepuszczania strumienia cieczy lub gazu w rozmaitych kierunkach. Kurki mają tę wadę, że albo zwężają przekrój przepływu albo go odkształcają, nie nadają się do cieczy zanieczyszczonych, także trudne są do utrzymania szczelności przy większych ciśnieniach.

### 3. Jednostki techniczne

Jednostką długości jest 1 metr. Jednostką siły jest 1 kilogram, zaś jednostką czasu jedna sekunda. Szybkość jest to droga przebyta w ciągu jednej sekundy. Szybkość obwodową korby albo koła pasowego (rys. 30) obliczamy przy pomocy następującego wzoru:

$$r = \text{promień w metrach}$$

$$n = \text{ilość obrotów/min.}$$

$$V = \frac{2\pi \cdot rn}{60} \text{ m/sek.}$$

Średnią szybkość tłoka lub pompy obliczamy:

$$C = \frac{2sn}{60} = \frac{sn}{30} \text{ m/sek.}$$

$$s = \text{skok tłoka w metrach}$$

Praca równa się iloczynowi siły i drogi. Praca = P · S  
Moc jest to praca wykonana w jednostce czasu.

$$\text{Moc} = P \cdot S \text{ w jednej sekundzie} = P \cdot C \text{ kgm/sek.}$$

Praktyczną jednostką mocy jest KM = koń mechaniczny

$$1 \text{ KM} = 75 \text{ kgm/sek.}$$

Pracę 1 konia mech. wykonaną w ciągu 1 godziny oznaczamy KMh  
KMh = 75 kgm/sek. h = 75 kgm/sek. 3600 sek = 270000 kgm.

Moment obrotowy korby koła pasowego:

$$M_d = P \cdot r \text{ kgm.}$$

$$\text{Szybkość obwodowa: } v = \frac{2r\pi n}{60} \quad \text{Moc: } N = \frac{Pv}{75}$$

Wstawiając szybkość obwodową v do wzoru na moc, otrzymamy:

$$N = \frac{Pv}{75} = \frac{P \cdot 2\pi rn}{75 \cdot 60} = \frac{P \cdot r \cdot n}{716,2} \text{ w KM.}$$



$$N = \frac{P \cdot r \cdot n}{716,2} = M_d \cdot \frac{n}{716,2}; P \cdot r = M_d$$

$$\text{Moment obrotowy } M_d = P \cdot r = 716,2 \cdot \frac{N}{n} \text{ kgm}$$

jeżeli  $N = w$  KM      zaś       $n =$  ilość obrotów na minutę.

$$\text{Moc } N = \frac{P \cdot v}{75} \text{ KM}$$

Kilowat = 1000 Wat, jest to moc 102 kgm/sek zatem

$$\text{Kilowat} = \frac{102}{75} = 1,36 \text{ KM}$$

$$1 \text{ KM} \frac{75}{102} = \frac{1}{1,36} = 0,736 \text{ KW} = 736 \text{ Wat}$$

Sprawność albo współczynnik skutku użytecznego  $\eta$  jest to stosunek mocy otrzymanej  $N_o$  do mocy włożonej  $N_w = \eta$ ;  $\eta = \frac{N_o}{N_w}$   
np.  $N_o =$  praca pompy,  $N_w =$  praca silnika napędzającego.

Ponieważ moc otrzymana z maszyny jest zawsze mniejsza od mocy włożonej, przeto sprawność musi być zawsze mniejsza od jedności.

## ROZDZIAŁ IV

### MASZYNY ROBOCZE

Przyrządy, w których zmianę energii ruchu lub pracy zamieniamy na inną formę energii nazywamy maszynami.

Maszyny dzielą się na maszyny robocze i silniki (motory).

Maszynami roboczymi nazywamy takie maszyny, które wykonują przedmioty (produkty) np. strugarka, tokarka, wiertarka i inne, jak również inne maszyny, które wprowadzają w ruch ciała stałe, płynne i gazowe lub przesuwają je względnie podnoszą. Tu należą żurawie, suwnice, pompy, kompresory itp.

Do napędu maszyn roboczych używamy silników.

#### 1. Części i urządzenia pomocnicze

##### a) Liny

Liny są używane w dźwignicach do przenoszenia sił i ruchu. Dzielą się one na konopne, bawełniane i stalowe (rys. 31 — a). Liny konopne składają się zwykle z trzech splotów, z których każdy składa się z większych ilości włókien skręconych. Najlepsze są liny twardo splecione. Wprawdzie liny luźno splecione są giętsze a więc odpowiedniejsze dla małych i średnich kół i przy tym są lżejsze a więc tańsze, ale natomiast podczas ruchu średnica ich bardzo się zmniejsza. Najczęściej stosuje się liny o przekroju okrągłym, ale wyrabiane są również o przekroju kwadratowym, trójkątnym lub płaskim. Liny kwadratowe powstają przez skręcenie większej ilości splotów, podczas pracy są one giętsze, mocniejsze od okrągłych i wydłużają się bardziej jednostajnie.

Liny konopne przed użyciem powinny być starannie wysuszone, wyciągnięte i po założeniu na koło dokładnie wysmarowane roztopionym łojem albo olejem mineralnym. Smarowanie to powinno się powtarzać co jakieś trzy miesiące, jeżeli liny pracują na otwartym powietrzu. Liny pracujące na otwartym powietrzu dobrze jest smolić przez co stają się one odporniejsze na zmiany atmosferyczne ale natomiast stają się one cięższe i mniej giętkie. Przy starannym obchodzeniu się z linami konopnymi mogą one służyć do 5 lat a nawet dłużej. Naprężenie dopuszczalne w linach konopnych wynosi  $\Sigma_r = 12$  do  $16 \text{ kg/cm}^2$  (przekroju liny).

Liny bawełniane są droższe ale zato bardziej giętkie niż liny konopne i z tego względu mogą być stosowane dla kół o małych średnicach (najmniejsza średnica koła może być równa 20-krotnej średnicy liny) i dla małych odległości między osiami. Liny bawełniane przeważnie są stosowane wtedy, gdy ruch nie jest wolny od szarpnięć. Dla napędu suwnic

pomostowych są stosowane liny bawełniane, przy czym naprężenie występujące w nich dochodzi do 20 kg/cm<sup>2</sup>.

#### b) Liny stalowe

Jako materiał do wyrobu drutów linowych służy czysta stal martenowska, w pewnych wypadkach stal tygłowa. Ażeby utworzyć linę należy owijać druty o średnicy 0,4 do 2 mm w/g linii śrubowej dookoła rdzenia konopnego, tworząc splot. Kilka takich splotów owijać około wspólnego rdzenia konopnego. Zamiast rdzenia konopnego można użyć wyżarzonego drutu lecz takie liny są mniej sprężyste i dlatego rzadko używane (rys. 31 — b). Liny stalowe są wykonywane w trzech rodzajach: pierwszy rodzaj od średnicy 6,5 do 22 mm o sześciu splotach a każdy splot po 19 drutów razem 114 drutów. Drugi rodzaj od średnicy 9 do 44 mm o sześciu splotach a każdy splot po 37 drutów razem 222 druty. Trzeci rodzaj od średnicy 20 do 56 mm, o sześciu splotach a każdy splot po 61 drutów razem 336 drutów. Dla ochrony od rdzy druty podlegają często cynkowaniu. Podczas ruchu należy co jakieś trzy do sześciu tygodni smarować w ten sposób, ażeby smar przeniknął do wnętrza linek. Do smarowania liny poleca się gotowany olej lniany albo roztopiony łój zmieszany z grafitem. Najmniejsza średnica koła na jakie można nawinąć linę musi wynosić 20-krotną średnicę liny. Liny torowe po których poruszają się rolki do kolejki linowej (rys. 31 — c) mają powierzchnię zewnętrzną gładką. Liny druciane o ile pracują w dobrych warunkach wytrzymują 2—3 lat.

#### c) Łańcuchy

Łańcuchy służą podobnie jak liny do przenoszenia ruchu i siły. Wyrabiane są przeważnie ze stali. Łańcuchy dzielimy na składające się z ogniów krótkich, długich i o ogniwach specjalnych (rys. 32 — a, b).

Ogniwa wyrabia się metodą spawania lub odkuwania. Łańcuchy o krótkich ogniwach mogą być kalibrowane, gdyż przeważnie są używane w windach i ciągnikach, gdzie przechodzą przez koła łańcuchowe i dlatego muszą mieć równą długość i szerokość. Łańcuchy o długich ogniwach przeważnie są używane do umocowywania. Rys. 32 — c przedstawia nam łańcuch, używany do zakotwiczenia okrętu. Rzadko stosuje się łańcuchy o przekroju okrągłym do przenoszenia ruchu. Łańcuchy płytkowe służą do przenoszenia siły i ruchu. Łańcuchy płytkowe składają się z płytek o rozmaitych formach połączonych ze sobą za pomocą sworzni, które są przeważnie zanitowane na końcach. Rys. 33 — a, b, c wskazuje rozmaity sposób zakończenia sworzni.

Płytki są wyrabiane ze stali miękkiej a sworznie ze stali twardej. Rys. 34 przedstawia nam łańcuch napędowy Renault, w którym szybkość łańcucha może dochodzić do 7 m/sek. Łańcuchy te mają tę zaletę, że pracują bez hałasu. Liny i łańcuchy są nawijane lub w ruch wprowadzane przez koła, rolki, cylindry lub tarcze, które to części dla małych sił i dla małych szybkości są wyrabiane z żeliwa. Dla dużych sił i du-

żych szybkości wyrabiane są te części maszyn z odlewu stalowego lub stali zwykłej (blachy) przy pomocy spawania. Rys. 35 przedstawia nam koło łańcuchowe z żeliwa dla łańcucha kalibrowanego. Rys. 36 przedstawia nam koło zębate dla łańcucha płytkowego, gdzie tarcza koła zębatego jest połączona z wałkiem przez spawanie.

#### d) Haki i chwytaki

Haki i chwytaki są to przyrządy, które służą do zaczepienia przy podnoszeniu lub przesuwaniu rozmaitych ciężkich przedmiotów. Haki są wykonywane w różnych wielkościach i formach w zależności od tego, do jak wielkiej siły służą i do jakiego przedmiotu. Małe haki robi się z odlewu stalowego, a większe przeważnie z kutej stali. Rys. 37 przedstawia hak dla wielkości ciężaru około 5 ton, w którym widzimy dwa rozwiązania umocowania haka, w jednym przez nakrętkę, która jest zabezpieczona przed odkręcaniem się, a w drugim w głowie haka jest wykonany otwór, w którym chodzi ogniwo łańcucha. Rys. 38 przedstawia hak dla większych sił około 10 ton. Ażeby zmniejszyć tarcie przy obracaniu haka, stosuje się łożysko kulkowe między nakrętką a uchwytem haka.

Najprostszym mechanizmem dla zabezpieczenia ruchu obrotowego w raz nadanym kierunku jest tzw. zapadka, która zapobiega ruchom obrotowym w kierunku przeciwnym. Zapadka składa się z koła zapadkowego *a* (rys. 39), które jest umocowane na obracającej się części maszyny np. na bębnie dla liny stalowej i z zapadki *b*, która jest umocowana na nieobracającej się części danej maszyny np. na stojaku. Jeżeli obracamy bęben w kierunku strzałki, to koło zapadkowe swoją formą zęba odchyła zapadkę i może się obrócić dokoła swej osi w kierunku strzałki. W kierunku odwrotnym zapadka zakleszcza się na zębie koła zapadkowego i uniemożliwia obrót danej części. Koła zapadkowe są wykonane z żeliwa, odlewu stalowego lub stali kutej. Koła zapadkowe mają od 8 do 12 zębów.

e) Hamulec taśmowy albo szczękowy jest używany przy windach lub żurawiach, jeżeli chcemy zatrzymać natychmiast ruch lub przyhamować, aby otrzymać żadaną szybkość. Hamulec działa przez tarcie między powierzchniami szczęki i tarczy, wywołując moment tarcia, który przeciwstawia się momentowi obrotowemu maszyny roboczej. Potrzebna siła hamowania jest tym mniejsza im mniejszy jest moment obrotowy danego wałka. Rys. 40 przedstawia nam szczękowy hamulec do hamowania w obu kierunkach ruchu obrotowego tarczy. Szczęki, które są wykonane z drzewa, są umocowane na ramionach dźwigni prostopadle do tarczy. Naciskając na ramiona, przyciskamy szczęki do tarczy i wywołujemy tarcie, które przeciwstawia się obrotowi. Taśmowy hamulec (rys. 41) jest skuteczniejszy niż szczękowy, stalowa taśma, która otacza zewnętrzny obwód wieńca przylega na większej powierzchni niż szczęki, przez co wywołuje większą siłę tarcia. Taśma może być wyłożona drzewem topolo-

wym, które przez rozgrzanie nie zapala się, tylko się zwęglą lub może być wyłożona materiałem powiększającym współczynnik tarcia jak np. „Ferrodo“. Stosuje się to w tym celu, aby otrzymać powierzchnię styków mniej gładką a zatem zwiększyć tarcie. Powierzchnie trące mogą być płaskie lub stożkowe. W zależności od sposobów wprawiania w ruch hamulca są hamulce ręczne, samoczynne, elektromagnetyczne i hydrauliczne.

#### f) Dźwignia

Każda duża maszyna składa się z elementów. W maszynach dźwigowych zasadnicze elementy stanowią: dźwignia i równia pochyła. Dźwignia ma za cel zmianę wielkości siły albo kierunku względnie te dwie zmiany razem. Przeważnie dźwignie stosujemy w celu powiększenia siły. W dźwigni (rys. 42) mamy punkt podparcia albo obrotu C, punkt działania ciężaru A i punkt działania siły B. Odległość między punktem podparcia a punktem działania sił czyli ciężaru nazywa się ramieniem dźwigni, a więc mamy ramię siły  $b$  i ramię ciężaru  $a$ . Jeżeli punkt podparcia leży między punktem działania  $a$  i  $b$  to dźwignia jest dwuramienna, jeżeli dwa ramiona są równe ( $a = b$ ) to dźwignia jest równoramienna. Jeżeli w punkcie A zaczepimy ciężar 100 kg, to musimy wywołać siłę 100 kg w punkcie B, aby otrzymać równowagę. Stąd wniosek, że w dźwigni równoramiennej, żeby otrzymać równowagę, ciężar i siła muszą być sobie równe. Dla równowagi iloczyn ciężaru  $L$  przez ramię  $a$  równa się iloczynowi siły  $K$  przez ramię  $b$ .

$$\begin{aligned} L \cdot K &= K \cdot b \quad \text{ponieważ } a = b \quad \text{stąd } L = K \\ L &= 750 \text{ kg}, \quad K = 750 \text{ kg}, \\ a &= 100 \text{ cm}, \quad b = 100 \text{ cm}, \quad 100 \cdot 750 = 100 \cdot 750 \end{aligned}$$

Na rysunku 43 dźwignia nie jest równoramienna, ponieważ ramię  $a$  nie jest równe ramieniu  $b$ . Jeżeli mamy w punkcie A 100 kg, to w punkcie B musimy działać siłą 50 kg, aby była równowaga. Gdyby ramię  $b$  było 3 lub 4 razy większe niż  $a$  to siła w punkcie B musi być 3 do 4 razy mniejsza niż ciężar znajdujący się w punkcie A. Stąd wniosek, że w dźwigni nierównoramiennej jest wtedy równowaga, gdy iloczyn ciężaru  $L$  przez ramię ciężaru  $a$  równa się iloczynowi siły  $K$  przez ramię siły  $b$ .

$$\begin{aligned} L \cdot a &= K \cdot b, \\ L &= 100 \text{ kg}, \quad a = 500 \text{ mm}, \quad K = 50 \text{ kg}, \quad b = 1000 \text{ mm}, \\ 100 \cdot 500 &= 50 \cdot 1000. \end{aligned}$$

Rys. 43 — a, przedstawia dźwignię, gdzie punkt zaczepienia C jest na końcu dźwigni. Siła i ciężar działają więc z tej samej strony punktu zaczepienia. Jest to dźwignia jednoramienna. Ramię ciężaru jest  $a$ , ramię siły jest  $b$ . Jeżeli w punkcie A zawiesimy ciężar  $L$  równy 100 kg, to jeżeli ramię  $b$  jest dwa razy większe niż ramię  $a$ , to siła  $K$  równająca się 50 kg w punkcie B zrównoważy ciężar  $L = 100$  kg. Stąd wniosek,

że w dźwigni jednoramiennej jest równowaga wtedy, gdy iloczyn siły przez ramię siły równy jest iloczynowi ciężaru przez ramię ciężaru.

$$\begin{aligned} K \cdot b &= L \cdot a \\ b &= 1500 \text{ mm}, \quad a = 750 \text{ mm}, \quad K = 50 \text{ kg}, \quad L = 100 \text{ kg} \\ 50 \cdot 1500 &= 100 \cdot 750 \end{aligned}$$

#### g) Równia pochyła

Równią pochyłą nazywamy płaszczyznę nachyloną do poziomu pod pewnym kątem (rys. 44). Równia podobnie jak dźwignia służy do zmiany wielkości siły. Na zasadzie równi pochyłej działają takie części maszyny jak kliny i śruby.

## ROZDZIAŁ V

### MASZYNY DŹWIGOWE (DŹWIGNICE)

Dźwignice służą do podnoszenia lub opuszczania przedmiotu w kierunku pionowym lub przesuwania w poziomym. Ruchy te zwykle są połączone z ruchem obrotowym. Dźwignice do podnoszenia i opuszczania w kierunku pionowym nazywają się drażki, krążki, windy i podnośniki.

Dźwignice do podnoszenia i opuszczania w kierunku pionowym przy udziale ruchu obrotowego danej maszyny nazywają się żurawiami.

Dźwignice do podnoszenia i opuszczania w kierunku pionowym przy udziale ruchu obrotowego danej maszyny i równoczesnym przesuwaniu się tej maszyny w dwóch kierunkach nazywamy suwnicami.

#### 1. Drażek

Drażek jest najprostszym przyrządem do podnoszenia ciężaru, działającym na zasadzie dźwigni. Rys. 45 przedstawia drażek jako dźwignię dwuramienną, rys. 46 jako dźwignię jednoramienną. Drażkiem można podnieść ciężar na bardzo małą wysokość, raczej posługujemy się nim do podważenia przedmiotu, aby go móc uchwycić lub przesunąć.

#### 2. Krążek

Krążek stały jest przyrządem do podnoszenia ciężaru na większą wysokość. Krążek jest to tarcza na obwodzie której jest zrobiony rowek dla liny lub łańcucha. Działanie krążka jest oparte na zasadzie dźwigni równoramiennej (rys. 47). Punkt działania ciężaru jest tutaj A, punkt działania siły jest B, punkt obrotu jest to oś krążka, zaś ramię siły i ramię ciężaru równają się promieniowi  $r$ . Stąd wniosek  $a \cdot r = b \cdot r$ , czyli w krążku stałym ciężar równa się sile, a więc nie zyskujemy nic na sile. Krążek tylko ułatwia nam pracę, zmieniając kierunek siły na dogodniejszy. (Sprawność jest około 80%).

Na rysunku 48 obok krążka stałego jest drugi krążek luźno powieszony. Lina jest umocowana w punkcie C. Ciężar jest przyczepiony na luźnym krążku. Ciężar 100 kg rozkłada się po połowie czyli 50 kg na części liny ( $a$  i  $b$ ), które dźwigają krążek luźny. Żeby zrównoważyć siłę B występującą w linie  $b$  przechodzącą przez krążek stały, trzeba wywołać w linie  $c$  siłę 50 kg, skutkiem czego w krążku luźnym siła podnoszenia równa się połowie ciężaru.

#### 3. Wielokrążek

Wielokrążek (rys. 49) składa się z górnego zespołu krążków zawieszonych w punkcie C i z dolnego zespołu, który posiada hak do dźwigania

ciężaru. Te dwa zespoły krążków są połączone liną w ten sposób, że lina, która jest przyczepiona do oprawy górnej krążków, otacza dwa odpowiadające sobie krążki — luźny i stały. Jeżeli przyczepimy do haka ciężar  $L = 300$  kg, to potrzebna będzie siła  $K = 50$  kg, żeby zrównoważyć ten ciężar. Objasnić to można, że gdybyśmy przecięli wielokrążek wzdłuż linii A—B to będziemy mieli sześć lin przeciętych, czyli ciężar rozkłada się na sześć lin, każda lina bierze na siebie jedną szóstą ciężaru  $300 : 6 = 50$ . Koniec liny, do której zaczepiona jest siła  $K$ , jest przedłużeniem szóstego odcinka liny, która przechodzi przez krążek stały, a wiemy, że w krążku stałym napięcie w linie jest to samo i stąd  $K = 50$  kg. (Sprawność wielokrążka jest około 80%).

Dla lepszego zrozumienia w jaki sposób lina otacza krążki, są przedstawione na rysunku krążki o rozmaitych średnicach. W rzeczywistości krążki są tej samej średnicy i na jednej osi osadzone. Niewygodą wielokrążków jest to, że gdy robotnik, podnosząc ciężar, zwolni koniec liny, to ciężar nie zawisnie, tylko spadnie. Żeby zapobiec temu, wykonuje się wielokrążki różnicowe, przy których ciężar nie spada po ustaniu siły ciągnącej. Rys. 51 przedstawia nam najprostszymi wielokrążek różnicowy. Składa się on z oprawy A, na której są osadzone dwa krążki o różnych średnicach, które są ze sobą połączone lub na jednej osi zaklinowane, przy czym oprawa A jest zawieszona w punkcie C, zaś dolna oprawa B posiada luźny krążek. Przez krążki obu opraw przeprowadza się linę lub łańcuch zamknięty tzw. bez końca. Na haku w dolnej oprawie zawieszony jest ciężar L. Żeby podnieść ten ciężar należy wywrzeć pewną siłę K na linę 4, aby go zaś opuścić to na linę 1. Wyobraźmy sobie, że przetniemy połączenie między krążkiem dolnym i górnymi krążkami wzdłuż  $a-b$ , to otrzymamy cztery części liny lub łańcucha, które przenoszą następujące siły: pierwsza i trzecia część siły równe połowie ciężaru L, a w czwartej części siła ciągnąca K, druga część jest nieobciążona. Żeby dźwignia A, B, C, była w równowadze, to musi być

$$\frac{L}{2} \cdot R = \frac{L}{2} \cdot r + K \cdot R$$

$$R = \text{promień dużego krążka}$$
$$r = \text{promień małego krążka}$$

Stąd wynika, że siła K jest tym mniejsza im mniejsza jest różnica między promieniem R a promieniem r. Jeżeli siła K nie będzie działać, to w równaniu  $\frac{L}{2} \cdot R = \frac{L}{2} \cdot r + K \cdot R = 0$ .

Ponieważ R mało różni się co do wielkości od r, stąd różnica momentów  $\frac{L}{2} \cdot R - \frac{L}{2} \cdot r$  jest za mała, żeby pokonać moment powstający od siły tarcia występującej między liną a krążkami, czyli nie powstanie ruch i lina jest w spoczynku, wielokrążek różnicowy jest zatem zahamowany. (Sprawność wielokrążka różnicowego jest około 45%). Krążki wyrabia się dla lin i łańcuchów dla małych ciężarów z żeliwa, a dla dużych ciężarów z odlewu stalowego.

#### 4. Ciągnik ślimakowy

Używa się go do podnoszenia ciężarów od 500—1000 kg. Posiada on ślimak samohamowany lub specjalne urządzenia hamujące, umocowane na wałku ślimaka. Ślimak przeważnie jest dwuzwojowy i zrobiony ze stali, ślimacznica zaś z brązu, koło łańcuchowe dla małych sił z żelaza dla dużych z odlewu stalowego. Rys. 52 przedstawia ciągnik ślimakowy: A ślimak, B ślimacznica, C koło łańcuchowe, które obracane jest za pomocą łańcucha. Obracając koło łańcuchowe, obracamy ślimak a ten obraca ślimacznice, do której jest przymocowane drugie koło łańcuchowe D. Koło D, obracając się, skraca albo wydłuża łańcuch, opasujący krążek E, do którego oprawy jest przymocowany ciężar L.

#### 5. Podnośnik

a) Podnośnik zębatkowy (rys. 53) składa się z zębatki umieszczonej w obudowie podnośnika. Zębatka na jednym swym końcu posiada głowę rozwidloną, na której opiera się ciężar. Zębatka zazębia się z kołem zębatym C, które jest obracane za pomocą korby D. Obracając korbę, można podnosić albo opuszczać ciężar znajdujący się na zębatce. Na osi koła zębatego jest umieszczona zapadka, aby zapobiec ruchowi odwrotnemu. Działanie podnośnika jest oparte na zasadzie dźwigni, gdzie punkt podparcia  $a$  znajduje się na osi koła zębatego, ramię ciężaru = promieniowi koła zębatego  $r$ , a ramię siły = długości  $R$  korby. Żeby zmniejszyć siłę  $K$ , przy dużych podnośnikach daje się kilka kół zębatych, tworząc przekładnię. Podnośniki są stosowane do podnoszenia ciężarów od 500—25.000 kg na wysokość do 400 mm. Koła zębate są wyrabiane ze stali, zęby są frezowane i hartowane, korpus jest z blachy stalowej prasowanej. Zastosowuje się je do podnoszenia rozmaitych ciężkich przedmiotów w warsztatach.

b) Podnośnik śrubowy jest przedstawiony na rysunku 54. Ciężar do podnoszenia opiera się na głowie, która jest umocowana na sworzniu A. Kręcąc nakrętkę B za pomocą drążka C, przesuwamy sworznie A do góry lub na dół. Żeby sworznie ten nie obracał się tylko przesuwał, na jego dolnej części zrobiony jest rowek, a w nim osadzony klin. Gwinty na sworzniu są przeważnie formy prostokątnej lub trapezowej, skok gwintu jest tak dobrany, aby gwint był samohamowany (tzn. kąt podniesienia równa się od 4—6 stopni). Głowa podnośnika może mieć formę korony lub tarczy okrągłej albo prostokątnej. Głowa jest osadzona luźno na sworzniu, a przy bardzo wielkich ciężarach jest ona umieszczona na łożyskach kulkowych. Głowa i sworznie są wykonane ze stali, nakrętka przeważnie z brązu i jest umieszczona w tulejce stalowej. Korpus podnośnika jest przeważnie z odlewu stalowego. Za pomocą drążka lub drąga z zapadką można obracać nakrętkę B. Podnośnik śrubowy jak i podnośnik zębatkowy służy do podnoszenia przedmiotu o ciężarze dochodzącym do 40.000 kg. Bardzo często stosuje się podnośnik śrubowy przy montażach maszyn, a także do podnoszenia samochodów przy nakładaniu opon itp.

#### 6. Windy

Winda ręczna składa się z wałka A (rys. 55) na nim jest zamocowany bęben D, na który nawija się lina lub łańcuch. Na tym wałku zaklinowana jest również korba B. Wałek A jest osadzony w łożyskach na dwóch stojakach C.

Na końcu liny jest zawieszony ciężar L. Siła działająca na korbę obraca ją, a tym samym obraca bęben i nawija linę lub łańcuch. W ten sposób podnosi się ciężar L. Działanie windy opiera się na zasadzie dźwigni. Punktem podparcia jest środek wałka A, ramię siły równa się promieniowi korby  $R$ , ramię ciężaru promieniowi  $r$  bębna D. Na zasadzie wzoru równowagi dźwigni  $K \cdot R = L \cdot r$  można obliczyć siłę  $K = \frac{L \cdot r}{R}$ . Windy ręczne są używane przy budowach, studniach i przy innych urządzeniach dla niedużych sił.

#### 7. Windy o przekładni zębatej

Najprostszą konstrukcją takiej windy przedstawia rys. 56. Składa się ona z dwóch stojaków połączonych za pomocą drążków B, nagwintowanych na obu końcach. Na tych stojakach jest osadzony wałek C, zaś na wałku jest zaklinowane małe kółko zębate E oraz zwykle korba D, jeżeli obracać będziemy ręcznie. Jeżeli natomiast zastosujemy napęd motorem elektrycznym lub spalinowym, to na miejscu korby będzie koło pasowe lub koło zębate. Dobierając koło pasowe lub koło zębate, uważać trzeba, aby ilość obrotów wałka nie była za duża. Pod tym wałkiem znajduje się drugi wałek łożyskowy, a na nim zaklinowany jest bęben G dla liny albo łańcucha. Na tym samym wałku F obok bębna G znajduje się zaklinowane koło zębate H, które zazębia się z kołem zębatym E. Zapadką J i hamulcem M posługujemy się, żeby zatrzymać ciężar L w dowolnym położeniu. Przy opuszczaniu ciężaru A postępujemy w następujący sposób: wałek C z korbą przesuwamy poziomo aż do części ustalającej N, wskutek czego koło zębate E nie będzie już zazębione z kołem zębatym H i można swobodnie przy pomocy hamulca M opuszczać ciężar. Zazębiając koło E z kołem H i kręcąc korbą, podnosimy ciężar. Winda służąca do podnoszenia dużych ciężarów posiada zespół kilku par kół zębatych zamiast jednej pary. Jeżeli siła ludzka jest niewystarczająca do obracania wałka C, to obracamy go za pomocą silnika elektrycznego, spalinowego lub maszyny parowej. Windę stosujemy w fabrykach maszyn, stoczniach, kopalniach i przy budowach. Przy ręcznych windach wystarczają koła zębate z żeliwa i nieobrabbiane, gdyż stosunkowo powoli obracają się. Przy windach o napędach silnikowych muszą być koła zębate ze stali i bardzo dokładnie obrabbiane, a przy bardzo dużych obrotach zęby kół są nawet szlifowane.

#### 8. Ręczne poruszanie korby

Przy ciągłej pracy robotnik może naciskać na korbę siłą od 15—20 kg. Szybkość obrotowa korby może być od 0,5 do 1 m na

sekundę. Stąd można obliczyć w przybliżeniu moc jednego robotnika. Przyjmując siłę 20 kg, szybkość obrotową 0,9 m/sek, dostaniemy 18 kgm/sek, co równa się w przybliżeniu 1/4 KM.

Długość ramienia korby jest około 400 mm, chwyt korby dla jednego robotnika jest 300 mm, a dla dwóch 500 mm długi (rys. 4).

### 9. Bęben pionowy (kabestan)

Do przeciągania wagonów na kolejach lub do przyciągania statków używa się bębna pionowego (kabestan) (rys. 57). To urządzenie składa się z motoru (przeważnie elektrycznego) A, sprzęgła elastycznego B, ślimaka i ślimacznicy C, wału pionowego D i bębna E, osadzonego na tym wale pionowym. Ślimak i ślimacznica służą do napędu wału pionowego D, który, obracając się wraz z bębniem, nawija lub odwija linę lub łańcuch.

### 10. Żurawie

Żurawie dzielimy na żurawie o stałym wycięgu czyli o stałym ramieniu i o zmiennym wycięgu (ramieniu). Wycięg (ramię) żurawia jest to odległość osi obrotu żurawia do punktu zaczepienia siły. Każdy żuraw do podnoszenia ciężarów posiada windę albo wielokrążek. Urządzenia te są umieszczone na konstrukcji metalowej samego żurawia. Szybkość podnoszenia ciężaru wynosi:

przy 1000 kg od 0,5 do 1 m/sek,  
przy 10000 kg od 0,2 do 0,5 m/sek.

Dla większych ciężarów ponad 10000 kg szybkość wynosi 0,1 do 0,2 m/sek. Żuraw o stałym wycięgu obracający się dokoła swej osi przedstawia rys. 58. Składa się on ze słupa A, który jest umocowany na łożysku górnym C i dolnym B, ramienia D. Na końcu ramienia D jest krążek F do prowadzenia łańcucha lub liny. Lina albo łańcuch zamocowany w punkcie J przechodzi przez luźny krążek G, do którego oprawy jest przyczepiony ciężar L. Następnie lina przechodzi przez krążek F i F<sub>1</sub> aż do bębna windy H. Zastrzał albo podpórka E usztywnia ramię D. Takim żurawiem można wykonać ruch podnoszenia i opuszczania przy stałym wycięgu. Rys. 59 przedstawia żuraw, którego wycięg jest zmienny.

Na ramieniu D porusza się wózek F. Przesunięcie wózka F odbywa się za pomocą zespołu N składającego się z dwóch kół zębatach, z koła łańcuchowego oraz liny W przesuwającej wózek. Do podnoszenia ciężaru służy krążek ruchomy G i winda H. Tego rodzaju żurawie znajdują się w warsztatach, w odlewniach i garażach. Rys. 60 przedstawia ruchomy żuraw o zmiennym wycięgu tzn., że całą maszynę można przesunąć z miejsca na miejsca. Jest on napędzany przez maszynę parową. Żurawie takie mają zastosowanie przy budowlach, przy ładowaniu i wyładowywaniu okrętów i wagonów itd. Są one wyrabiane w rozmaitych wielkościach i na rozmaitych podwoziach, o różnych napędach jak silniki spalinowe, elektryczne i parowe. Przy posługiwaniu się żurawiami należy pamiętać, że każdy żuraw posiada swoją maksymalną nośność,

która jest zależna od długości ramienia (wycięgu). Długie ramię przeznaczone jest do dźwigania mniejszych ciężarów, zaś przy dużych ciężarach ramię musi być skrócone.

### 11. Suwnice

Suwnic używamy przeważnie w warsztatach do przenoszenia ciężkich przedmiotów z jednej obrabiarki na drugą, względnie do montażu. Suwnica składa się z dwu belek kratowych, które są zrobione z kształtowników. Belki połączone są ze sobą za pomocą pomostu, który posuwa się na kołach po szynach. Szyny są umieszczone przeważnie na występach w murach warsztatu. W halach o konstrukcji żelaznej szyny są umieszczone na specjalnych słupach. Wózek na którym jest umieszczone urządzenie windowe razem z krążkiem ruchomym do zaczepienia ciężaru porusza się po pomoście suwnicy. Za pomocą tego urządzenia windowego można podnosić albo opuszczać ciężary, wózek zaś może wykonać z ciężarem ruch poprzeczny. Przesuwając suwnice po szynach, wykonujemy ruch wzdłuż hali warsztatowej. Te dwa ruchy umożliwiają nam dostęp do każdego miejsca w warsztacie. Dla małych suwnic ruch opuszczania, podnoszenia a także ruch wózka oraz suwnicy uskuteczony jest ręcznie za pomocą kół łańcuchowych i łańcucha. Przy dużych suwnicach te ruchy wywoływane są silnikami elektrycznymi. Na rysunku 61 widzimy rozmieszczenie na suwnicy trzech silników elektrycznych: A silnik do podnoszenia, B silnik do przesuwania wózka, C silnik do przesuwania suwnicy. Każdy silnik może oddzielnie pracować. Te silniki są wprowadzane w ruch przez robotnika znajdującego się w kabynie D przymocowanej do belki kratowej.

## MASZYNY TRANSPORTOWE (PRZENOSZĄCE)

## 1. Przenośnik ślimakowy

Przenośnik ślimakowy służy do przesunięcia materiałów sypkich i plastycznych na pewną odległość. Składa się on z obudowy blaszanej A, w formie rynny zamkniętej nakrywą, z wału B, na którym są osadzone zwoje ślimakowe C, a na końcu wału jest zamocowane koło zębate lub pasowe. Wał jest co dwa albo trzy metry podparty na łożyskach. Zwoje ślimakowe mogą być odlane z żeliwa lub z blachy (rys. 62 — b) i nasadzone na wał. Zwoje ślimaka wykonane z blachy mogą być odcinkami na wale spawane lub za pomocą sworzni zamocowane, tworząc powierzchnię śrubową (rys. 62 — c). Sprawność przenośnika ślimakowego zależy od średnicy B ślimaka, od skoku S ślimaka i od ilości obrotów. Ilość obrotów w przenośniku wynosi od 50—120 na minutę.

## 2. Przenośnik taśmowy.

Przenośnik taśmowy przedstawiony na rysunku 64 składa się z taśmy A, która jest naciągnięta przez dwa walce B i C. Taśma co pewien odstęp opiera się na rolkach. Taśmy wyrabiane są ze skóry, wełny, gumy, bawełny lub ze stali. Szerokość taśmy jest od 300 do 1000 mm. Szybkość posuwania się taśmy od 1,5 do 3 m/sek.

Jeden z dwóch walców służy do przesuwania taśmy i na osi tego walca jest zaklinowane koło zębate lub pasowe potrzebne do napędu. Drugi walec jako walec naciągający taśmę, jest zaklinowany na osi. Oś tę osadzono w łożyskach, które można przesuwac i przez to naciągać taśmę. Urządzenie E służy do zrzucania przenoszonego materiału w dowolnym miejscu.

Rolki (wałki), na których opiera się taśma, mają formę małych walców osadzonych na osiach przymocowanych do konstrukcji żelaznej (rys. 65). Taśmy z bawełny lub skóry używa się do suchych materiałów, do mokrych materiałów używamy taśmy z gumy. Zaletami przenoszenia taśmowego są: cicha praca, konstrukcja bardzo prosta i możliwość naprawy. Wadami są: szybkie zużycie się taśmy oraz powstawanie kurzu przy przenoszeniu sypkich, suchych materiałów.

## 3. Elewator

Elewator służy do podnoszenia ruchem jednostajnym różnych materiałów na dużą wysokość. Składa się on z pasa, na którym są umoco-

wane naczynia w formie kubeków lub o innych formach w zależności do jakiego materiału mają być użyte. Pas jest osadzony na dwóch bębnach. Jeden bęben wprawia w ruch pas a drugi naciąga go. Pas może mieć rozmaite formy i może być wykonany z rozmaitych materiałów. Rysunek 63 przedstawia elewator, którego pas jest w formie łańcucha płytkowego, do którego są przymocowane kubki. Elewatory mogą być używane do wysokości 25 metrów. Szybkość pasa wynosi od 0,4 m/sek do 2,5 m/sek i zależy od wielkości kubeków. Kubki nie tylko mogą przenosić materiał, ale także mogą wykonywać pracę jak np. przy kopcach ziemnych („bagrach“).

## 4. Kolejki linowe

Przenoszenie materiałów lub przedmiotów na bardzo dużą odległość odbywa się za pomocą kolejki linowej. Mogą być kolejki jednolinowe lub dwulinowe. Jednolinowa kolejka posiada linę stalową, która jest nośna i zarazem poruszająca się. Na linie są umocowane czerpaki, kubły lub haki, które wraz z liną przesuwają się. Kolejka dwulinowa (rys. 66) ma dwie liny stalowe, z których jedna lina A nośna lub torowa (patrz przekrój liny rys. 32 — c) jest umocowana na słupach i po niej poruszają się rolki z wózkami. Wózki C są ciągnięte przez drugą cieńszą linę stalową B.

Wszystkie maszyny dźwigowe muszą służyć tylko do takich ciężarów, do jakich są wyznaczone, na każdej maszynie powinien być wypisany ciężar jaki jest dozwolony do podnoszenia. Części składowe jak: liny, łańcuchy, haki, hamulce i inne, często powinny być oglądane i smarowane, a uszkodzenia natychmiast naprawiane.

## MASZYNY ROBOCZE HYDRAULICZNE

## 1. Pompy

Pompy przedstawiają odmianę maszyn dźwigowych. Podczas gdy w maszynach dźwigowych podnosimy różne ciała, w pompach podnosimy tylko ciała płynne jak olej, benzynę, naftę, kwasy itp. W przeważnej większości wypadków pompy służą i są stosowane do wody. Specjalnie zbudowane pompy wytwarzają duże ciśnienie dochodzące do 500 at. Ciśnienie to jest stosowane jak ciśnienie pary lub powietrza do maszyn roboczych np. prasy hydrauliczne.

## 2. Rodzaje pomp

Pompy są rozmaitych rodzajów i dzielimy je tak ze względu na ciecz do których są używane, a więc wodne, benzynowe, oliwne, jak też ze względu na budowę, a więc pompy tłokowe, odśrodkowe, zębate, membranowe, injektorowe.

## 3. Działanie pompy

Działanie pompy objaśnia nam rys. 67.

W rurze A znajduje się tłok B. Kiedy rura A jednym końcem jest zanurzona w wodzie, tłok B opuszczamy do takiego punktu, aby w rurze i na zewnątrz rury woda była na jednym poziomie. Ażeby to uzyskać tłok nie powinien dochodzić do samej powierzchni wody, lecz między tłokiem a poziomem wody zostaje pewna, bardzo mała reszta ilości powietrza C. Poruszając tłok B do góry, powiększamy przestrzeń pomiędzy wodą a tłokiem, powietrze się rozrzedza i ciśnienie w tej przestrzeni staje się mniejsze. Na poziom wody zewnątrz rury działa ciśnienie powietrza, które jest większe od ciśnienia panującego w rurze a zatem ciśnienie powietrza na zewnątrz wypcha wodę do rury do wysokości  $h$ . Ciśnienie powietrza zewnętrznego może zrównoważyć tylko pewien określony ciężar wody. Ciśnienie powietrza równe 1 at. jest to w przybliżeniu ciśnienie 1 kg/cm<sup>2</sup> (dokładnie 1,033 kg). To ciśnienie zrównoważy słup wody o przekroju 1 cm<sup>2</sup> o wysokości 10 m, ponieważ taki słup waży jeden kg czyli wywiera ciśnienie 1 at., oczywiście gdy przestrzeń nad tym słupem jest bez powietrza (próżnia). Gdyby przestrzeń C pod tłokiem była bez powietrza tj. gdyby była zupełna próżnia, woda podniosłaby się na największą wysokość 10 m w rurze. W rzeczywistości tak nie jest, nie można otrzymać zupełnej próżni pod tłokiem, tłok nie jest szczelny, ponieważ między tło-

kiem a ścianą cylindra jest pewien luz, z drugiej strony występuje tarcie pomiędzy wodą a ścianą rury oraz istnieje ciśnienie pary tej cieczy pod tłokiem, tak że woda podniesie się na wysokość około 8 m. Wysokość pomiędzy poziomem zewnętrznym wody a poziomem w rurze nazywamy wysokością ssania ( $h$ ).

## 4. Pompa tłokowa

Jednostronnie działająca pompa tłokowa jest przedstawiona na rysunkach 68, 69, 70.

W tej pompie podnoszenie i przenoszenie cieczy odbywa się przy pomocy tarczowego tłoka. Pompa ta składa się z cylindra A, który się kończy rurą ssącą B, zanurzoną w wodzie. Między rurą B a cylindrem znajduje się zawór S, który otwiera się tylko do góry.

Tłok C poruszający się w cylindrze posiada zawór D, który otwiera się do góry. Rys. 68 przedstawia tłok w najniższym swym położeniu. Zawór S i zawór D są zamknięte. Wysokość wody w rurze jest na tym samym poziomie co poziom wody na zewnątrz. Gdy tłok podniesiemy do góry (rys. 69), powietrze pod cylindrem zostanie rozrzedzone. Przez ciśnienie powietrza zewnętrznego woda zostanie wtłoczona do rury B, zawór S otworzony i woda wejdzie do cylindra A na pewną wysokość. Przy opuszczaniu tłoka na dół (rys. 70) nacisk wywarty zamknie zawór S, ciśnienie wody otworzy zawór w cylindrze D i woda przedostanie się ponad tłok. Przy podnoszeniu tłoka do góry ciężar wody zamknie zawór D, woda znajdująca się ponad zaworem D podniesie się i wylewa się będzie przez rurę E. Tym samym ruchem tłoka otworzony zostanie zawór S i woda znowu napełni cylinder A. Jak widzimy przy podnoszeniu się tłoka woda jest ssana i w tym samym czasie woda znajdująca się ponad tłokiem jest wypychana. Opuszczając tłok woda znajdująca się w cylindrze przedostaje się tylko ponad tłok, czyli tylko podczas jednego ruchu podnoszenie tłoka do góry pompujemy wodę. Taką pompę nazywamy jednostronnie działającą.

## 5. Pompy nurowe

Pompa nurowa zamiast tłoka tarczowego posiada nur (zobacz rys. 15). Rys. 71 przedstawia schematycznie taką pompę. Składa się ona z cylindra A, w którym porusza się nur B, który jest uszczelniany dławikiem D. Korpus pompy posiada zawór ssący S i zawór tłoczący D. Praca pompy jest następująca: Wysuwając nur B z cylindra, wywołujemy ssanie, woda wchodzi przez zawór S do cylindra A. Nur poruszony w odwrotnym kierunku, naciskając na wodę zamyka zawór S, otwierając jednocześnie zawór D. W tym momencie woda przedostaje się do rury odprowadzającej.

Przy powtórnym wysuwaniu nura z cylindra następuje znowu ssanie i napełnienie objętości cylindra A. Jednocześnie wentyl D zamyka się pod wpływem własnego ciężaru, tak że woda, która znajduje się w rurze E nie może przedostać się z powrotem do cylindra A. Pompa jest



jednostronnie działająca, gdyż na jeden ruch nura mamy ssanie albo tłoczenie wody. Przez rurę E strumień wody płynie nierównomiernie i w chwili zamknięcia zaworu D przepływ wody w rurze E zostanie przerwany i to przerwanie przepływu wywołuje tak zwane uderzenie wodne, które jest szkodliwe dla pompy. Ażeby temu zapobiec dodajemy tzw. powietrznik, w formie zbiornika F, w którym znajduje się zamknięte powietrze. Powietrze w zbiorniku F, będąc pod ciśnieniem wysokości słupa wody, działa na wodę jak sprężyna tzn. tłumi uderzenie wody przy zamykaniu się zaworu D. Podobnie robimy w rurze ssania, aby stłumić wywołane uderzenie przy zamykaniu się wentyla S. Żeby otrzymać strumień wody mniej więcej ciągły, używa się pompy nrurowej dwustronnie działającej (rys. 72). Korpus tej pompy składa się z dwóch cylindrów A, z nura B, który porusza się w cylindrze prawym i lewym. W każdym cylindrze znajduje się zawór ssący S i zawór tłoczący D. Doły cylindrów A są połączone rurą ssącą C, w górnej części cylindry A łączą się w jedną rurę E odprowadzającą wodę. Nur wykonuje ruch w lewo lub w prawo. Gdy nur porusza się w lewo otwiera zawór S prawy i woda jest ssana do cylindra A prawego, przy tym ruchu nur ciśnie na wodę i otwiera zawór D w lewym cylindrze, wpychając wodę do rury E. Dochodząc do końca swego kursu, nur chwilę stoi bez ruchu, wentyl S i D zamykają się. Przy przesuwaniu nura w drugą stronę otwiera się zawór S lewy ssący i prawy D tłoczący, woda ssana jest przez lewy cylinder a tłoczona do rury E przez prawy cylinder. W tym układzie na każdy skok nura mamy równocześnie ssanie i tłoczenie, czyli pompa jest dwustronnie działająca. Pompy te mogą być napędzane ręcznie, przy pomocy silników elektrycznych, spalinowych i maszyn parowych.

#### 6. Pompa membranowa

Pompy membranowej używa się do wody zanieczyszczonej. Rys. 73 przedstawia taką pompę w przekroju. Zamiast tłoka poruszającego się tam i spowrotem, który pod wpływem piasku znajdującego się w wodzie w krótkim czasie stałby się nieuszczelny, jest zastosowana talerzykowata membrana ze skóry albo z gumy. Ta membrana jest umieszczona na obwodzie dwudzielnego korpusu. W środku tej membrany znajduje się zawór tłoczący, który prowadzi za pomocą trzpienia zawór ssący w formie kuli zrobionej z gumy. Ten składany zawór działa jak zawór ssący i tłoczący równocześnie. Właściwością tej pompy jest bardzo prosta konstrukcja i łatwość obsługi. Rys. 74 przedstawia tzw. pompę skrzydełkową, która posiada zawory w formie kłapek, zaś tłok ma kształt płaskiej tarczy obracającej się w cylindrze.

#### 7. Pompa mamut

Do pompowania wody z dużej głębokości nie można użyć pompy tłokowej. W tym wypadku używa się pompy zwanej „mamut” (rys. 75). Pompa ta składa się z jednej rury A na wodę i drugiej rury B o małej średnicy przez którą przechodzi sprężone powietrze. Obie te rury umocowane są w korpusie C. Powietrze sprężone wpuszczone do rury B

przechodzi do korpusu C, który jest zanurzony w wodzie a następnie do rury A, skąd porywa wodę i unosi ją do góry. Woda wypływa wraz z powietrzem przez rurę A. Tego rodzaju pompy przy odpowiednim ciśnieniu sprężonego powietrza można użyć do głębokości 300 m. Pomp typu mamut używa się również do pompowania płynów o lepkości większej od wody jak asfalt, olej ziemny itp.

#### 8. Pompy injektorowe (smoczki)

W pompach injektorowych ssanie i prowadzenie płynu odbywa się za pomocą wody lub pary. Przeważnie są używane injektorowe pompy parowe. Rys. 76 przedstawia dyszę A umocowaną w korpusie B współśrodkowo. Między dyszą a ścianką wewnętrzną korpusu musi zostać wolna przestrzeń. Przepuszczona z dużą szybkością przez dyszę A para zabiera ze sobą powietrze, znajdujące się w korpusie B, przez co zostaje rozrzedzone powietrze, znajdujące się w rurze C, co znów powoduje ssanie wody i wypłynięcie jej przez wolną przestrzeń do rury prowadzącej D. Takie pompy służą na przykład do zasilania kotłów parowych.

#### 9. Pompa zębata

W pompie zębatej (rys. 77) podnoszenie cieczy i jej prowadzenie odbywa się za pomocą kół zębatach. Pompa zębata składa się z korpusu A, w którym są umieszczone dwa koła zębata B. Koła zębata są bardzo dokładnie dopasowane swymi głowami i zazębiając się zamykają połowę obwodu korpusu. Napęd kół B może być pasowy lub zębaty. Przez obracanie zębów kół B w kierunku strzałki następuje ssanie płynu w przestrzeni S, płyn wypełnia luki zębów, które obracając się podnoszą go i wypychają do przewodu D. Pompy zębate mają zastosowanie jako pompki oliwne w silniku Diesel'a, doprowadzające paliwo do cylindra, jako pompki oliwne do smarowania części maszyn pod ciśnieniem itp.

## SPRĘŻARKI — KOMPRESORY

Sprężarki albo kompresory są to maszyny, które sprężają gazy. Sprężarka do powietrza spręża powietrze, które jest potrzebne do rozmaitych maszyn roboczych jak maszyny do nitowania, wiertarki, czy młoty pneumatyczne. Rozróżniamy sprężarki tłokowe i wirnikowe. Sprężarki tłokowe dla powietrza mogą być jedno- lub dwustopniowe zależnie od ciśnienia. Przeważnie używa się powietrza sprężonego o ciśnieniu od 5—7 at. Jednostopniowe sprężarki używane są dla małych ciśnień sprężonego powietrza. Są one napędzane silnikami spalinowymi lub motorami elektrycznymi i są przeważnie przenośne. Mają zastosowanie przy budowie dróg, mostów, a także w rozmaitych warsztatach. Jeżeli chcemy otrzymać sprężone powietrze o dużym ciśnieniu (ponad 7 at.) wtedy używa się 2 stopniowych sprężarek. Dwustopniowe sprężarki są korzystniejsze. Podczas sprężania między 1-szym a 2-gim stopniem powietrze zostaje wprowadzone do chłodnicy. W chłodnicy zostaje oddzielona woda znajdująca się w powietrzu oraz następuje ochłodzenie sprężonego powietrza. Przez ochłodzenie powietrza sprężarka otrzymuje większą sprawność, ponieważ ochłodzone powietrze ma mniejszą objętość, zatem można go więcej zassać w drugim stopniu.

Rys. 78 przedstawia sprężarkę 2-stopniową. W cylindrze A w przestrzeni (I) i (II) powietrze będzie ssane przez zawory *a* i sprężane przez tłok B do ciśnienia dwóch atmosfer. Sprężone powietrze pierwszego stopnia doprowadzone jest do chłodnicy C przez rurę D.

Chłodnica C posiada szereg rurek z miedzi, w których przepływa zimna woda. Powietrze, przechodząc pomiędzy rurkami oddaje ciepło, które zostało wytworzone przy sprężaniu go. Po ochłodzeniu powietrze jest doprowadzone do zaworu ssącego *b* przez rurę E. W przestrzeni III cylindra A powietrze jest dalej sprężane przez tłok B do określonego ciśnienia końcowego, jakie mamy w zbiorniku. Sprężone powietrze przedostaje się przez zawór *d* do zbiornika.

Przy bardzo wysokich ciśnieniach używa się prawie wyłącznie sprężarek tłokowych.

## MASZYNY WIRNIKOWE

## 1. Pompa odśrodkowa

Jeżeli w pompach tłokowych podnosimy ciecz przez przesuwanie tłoka tam i z powrotem, to w pompach odśrodkowych ciecz jest podnoszona siłą odśrodkową, wywołaną przez obracające się łopatki. Rys. 79 przedstawia schemat pompy odśrodkowej. Składa się ona z korpusu spiralnego A zakończonego rurą C z kołnierzem. Do tej rury jest przymocowana rura D odprowadzająca ciecz. W korpusie jest koło z łopatkami B, zwane wirnikiem. Wirnik osadzony jest w łożyskach. Woda zostaje doprowadzona do środka wirnika B przez rurę ssącą S. Przez obracanie wirnika w kierunku strzałki, woda znajdująca się w łopatkach otrzymuje dużą szybkość odśrodkową. Z tą szybkością wpływa ona do rury C i dalej przez rurę D odprowadzającą wypływa na zewnątrz. W pompach tłokowych, jak wiemy, zaczynając pompować, otrzymujemy ssanie przez rozrzedzenie powietrza znajdującego się pod tłokiem. W pompie odśrodkowej nie możemy otrzymać takiego rozrzedzenia powietrza, gdyż nie mamy szczelności między wirnikiem a korpusem, dlatego też przy wprowadzaniu pompy odśrodkowej w ruch, należy napełnić wodą pompę i rurę ssącą. Żeby woda nie wyciekła, na dole w rurze C znajduje się zawór E.

Napęd takich pomp jest dokonywany za pomocą kół pasowych, lub też bezpośrednio przez sprzęgło z silnika spalinowego, elektrycznego, lub turbiny parowej. Rys. 80 przedstawia przekrój pompy odśrodkowej jednostopniowej tzn. pompy o jednym kole wirnikowym. Takich kół wirnikowych może być więcej i wtedy woda przechodzi z jednego koła na drugie, otrzymując coraz to wyższe ciśnienie. Takie pompy nazywają się wielostopniowe. Obecnie pompy wirnikowe są w powszechnym użyciu, zastępując pompy tłokowe ze względu na dogodny napęd silnikiem elektrycznym oraz dużą wydajność (w kopalniach).

## 2. Sprężarki

Sprężarki wirnikowe mają tę zaletę, że nie posiadają zaworów ssących ani tłoczących i przez to samo mają prostszą konstrukcję. Te sprężarki mają przeważnie napęd za pomocą silnika elektrycznego.

Sprężarka skrzydełkowa (rys. 81) posiada korpus dwuściankowy A, który jest chłodzony wodą. Wewnątrz korpusu znajduje się tarcza B osadzona na wale. Tarcza ta posiada wiele wycięć promieniowych *a*, w których są luźno osadzone blaszki C, wykonane ze stali. Forma

wewnętrzna korpusu przedstawia się jako przestrzeń wolna między ścianką korpusu a tarczą promieniowo zmniejszającą się. Jeżeli obracamy tarczę w kierunku strzałki, to powietrze zassane między dwiema ruchomymi blaszkami, które na początku są wysunięte, przechodzi przez zwężający się kanał, zmniejszając swą objętość czyli spręża się, zaś blaszki wchodzą w głąb swoich wycięć. Sprężone powietrze wychodzi przez wylot kanału zwężającego się. Sprężarki wirnikowe stosuje się do niewysokich ciśnień i do dużych ilości sprężonego gazu.

Sprężarki wirnikowe można podzielić na: 1) sprężarki promieniowe (konstrukcja podobna jak przy pompach odśrodkowych), tzn., że przepływ powietrza i sprężanie odbywa się wzdłuż promienia wirnika, 1) sprężarki osiowe, w których przepływ i sprężanie odbywa się równolegle do osi wirnika (wentylatory) oraz 3) sprężarki o konstrukcjach specjalnych (skrzydełkowe i Roots'a).

## ROZDZIAŁ X

### ŹRÓDŁA ENERGII

#### 1. Para

Do otrzymania pary, jako źródła energii, służą nam kotły parowe. W kotle woda pod wpływem ciepła wytworzonego przez spalanie się węgla, drzewa lub ropy ogrzewa się, wrze i zamienia się w parę. Temperatura przy jakiej woda wrze zależy od ciśnienia pod jakim znajduje się woda. Przy ciśnieniu atmosferycznym 1 at. woda wrze przy temperaturze 100° C i dalsze dostarczanie ciepła nie podnosi temperatury wody tylko zamienia ją w parę. Jeżeli woda znajduje się w zamkniętym naczyniu np. kotle, to wytworzona para nie może ujsć, ciśnienie na wodę, a zatem zwiększa ciśnienie wody. W ten sposób podwyższa się temperatura wrzenia wody do żądanej wysokości zależnej od ciśnienia (ciśnienie robocze kotła). Temperatura wrzenia wody przy 10 at. wynosi około 180° C. Objętość pary wodnej jest większa niż wody tak, że gdybyśmy wyparowali jeden litr wody w otwartym naczyniu czyli pod ciśnieniem 1 at. to para zajmie przestrzeń o objętości 1700 litrów. Para wytworzona z jednego litra wody pod ciśnieniem 10 at. zajmie objętość 200 litrów. Para powstająca w chwili wrzenia nazywa się parą nasyconą, tzn., że przy stałym ciśnieniu, przy stałej temperaturze i stałej objętości więcej pary ze znajdującej się cieczy nie może powstać. Jeżeli taką parę nasyconą przeprowadzimy przez rurę do cylindra maszyny to, przechodząc przez nią para oziębi się, część pary skropli się i zamieni w wodę. Żeby tego uniknąć, parę nasyconą ogrzewamy w przegrzewaczu bez zmiany ciśnienia czyli wytwarzamy tzw. parę przegrzaną. Para przegrzana jest to para, która zawiera więcej ciepła niż byłoby to potrzebne do jej wytworzenia tzn. niż para nasycona. Para przegrzana posiada wyższą temperaturę niż para nasycona o tym samym ciśnieniu, a zatem może ochłodzić się do niższej temperatury (aż do temperatury nasycenia) bez obawy częściowego skroplenia się. Prócz pary nasyconej i przegrzanej możemy mieć parę mokrą. Para mokra jest to para nasycona, która zawiera pewien, nieduży procent wody w postaci małych kropelek (para nasycona wytworzona w kotle zawiera zwykle kilka % wody czyli jest parą mokrą).

Tabela temperatury wrzenia wody w zależności od ciśnienia:

Ciśnienie	1	2	3	4	5	6	7	8 atm.
Temp. wrzenia:	100°	120°	133°	143°	151°	158°	164°	170°

Wodę do kotła oczyszczamy mechanicznie i chemicznie w urządzeniach oczyszczających a następnie podgrzewamy ją w tzw. podgrzewaczach, które są ogrzewane przez odlotowe spaliny lub parę odlotową.

## 2. Paliwa

Paliwa używane do wytworzenia pary dzielą się na: stałe (węgiel, drzewo, torf), płynne (ropa, nafta, benzyna) i gazowe (gaz świetlny, gaz wielkopieczowy, ziemny). Paliwa stałe spalają się na ruszcie, który jest albo stały (rys. 82) albo ruchomy (rys. 84). Narzut na ruszt paliwa może być ręczny lub mechaniczny (rys. 83).

Przy narzucaniu ręcznym należy uważać aby warstwa paliwa była jednostajna przez co umożliwiała się dokładne spalanie. Przy ruchomym ruszcie tzw. łańcuchowym (rys. 84) paliwo spada na ruszt, tworząc określonej grubości warstwę i spala się stopniowo na przesuwającym się z pewną szybkością ruszcie. Paliwo stałe może być też spalane w postaci pyłu. Pył, np. węglowy, jest przez powietrze sprężone palnikami wdmuchiwany do komory paleniskowej, gdzie spala się z powietrzem osobno doprowadzonym. Coraz częściej zastępowane jest paliwo stałe przez paliwo płynne. Paliwo płynne jest wtryskiwane w postaci rozpylonej pod ciśnieniem od 4 do 10 at. do przestrzeni paleniskowej, w której spala się. To paliwo jest rozpylane za pomocą sprężonego powietrza lub pary. Paliwo płynne jest używane do ogrzewania nowoczesnych kotłów wysokopiętnych o dużej wydajności pary. Paliwo gazowe jest doprowadzane do komór za pomocą rozmaitych rodzaj palników w zależności czy gaz i powietrze są zmieszane przed komorą spalania czy w samej komorze.

## 3. Kotły

Do wytwarzania pary potrzebnej do maszyn parowych, turbin itp. służy nam kocioł. W kotle mamy przestrzeń wodną i przestrzeń parową. Kotły o dużej przestrzeni wodnej są używane przy dużej niejednostajności poboru pary. W niektórych wypadkach potrzebujemy naprzemian bardzo dużej ilości pary i bardzo małej, jak np. w młotach parowych, czy też w maszynach podnoszących. Kotły o małej przestrzeni wodnej są szybsze w rozruchu. Powierzchnię kotła, która styka się z jednej strony z gorącymi gazami, a z drugiej strony z wodą nazywamy powierzchnią ogrzewalną. Zasadnicze części kotła są: palenisko wraz z kanałami gazowymi, walczak i urządzenia kominowe. Kocioł ma armaturę ciężką, do której należy: ruszt, drzwiczki do zasilania ognia i popielnik, zasuwa kominowa, która się podnosi za pomocą łańcucha i właz (potrzebny do czyszczenia i naprawek kotła). Do armatury lekkiej należą dwa wentyle bezpieczeństwa, wentyl odbioru pary, wentyl spustowy, wentyl zasilający, dwa wodowskazy (szkło między dwoma kurkami) i manometr do mierzenia ciśnienia pary.

### Podział kotłów

Kotły parowe dzielimy według budowy na:

- a) kotły walczakowe,
- b) kotły płomienicowe (jedno- i wielopłomienicowe),
- c) kotły ogniorurkowe poziomo i pionowo stojące,
- d)  $\frac{1}{2}$  kotły wodnorurkowe słabopochyłe i stromopochyłe).

### a) Kocioł walczakowy

Kocioł walczakowy jest najprostszym kotłem parowym. Składa się on z walca *a* (rys. 85), który jest zamknięty przez dwa dna wypukłe *b* i *c* z obu końców. Walec składa się z członów z blachy stalowej, które są ze sobą nitowane albo spawane. W górnej części znajduje się zbiornik pary, zwany niekiedy kopulakiem, z włazem. Oprócz tego znajdują się po bokach zbiornika dwa zawory bezpieczeństwa i zawór odprowadzający parę. Część walcowa znajduje się przeważnie w obmurowaniu. Gazy gojące opływają powierzchnię ogrzewalną wzdłuż kanałów gazowych. Kotły te posiadają dużą przestrzeń wodną. Konstrukcja ich jest prosta, ale posiadają małą powierzchnię ogrzewalną co powoduje niedużą produkcję pary (przez produkcję pary rozumiemy ilość wytworzonej pary w kilogramach na jeden m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewalnej). Te rodzaje kotłów są mało ekonomiczne, gdyż przez swą konstrukcję zużywają poważną ilość ciepła na ogrzanie murów otaczających kocioł, zamiast zużyć je do wytworzenia pary. Aby uzyskać niższe straty ciepła, kotły te buduje się systemem 3-ch walczaków ze sobą połączonych. Obecnie kotły te mają coraz mniejsze zastosowanie.

### b) Kotły płomienicowe

Kotły płomienicowe składają się z walczaka, w środku którego są umocowane jedna, dwie lub trzy rury zwane płomienicami, w których spala się paliwo. Rys. 86 przedstawia kocioł dwupłomienicowy. Cylinder *A* jest zamknięty nakrywami *B*, w których są umocowane dwie płomienice *C*. Płomienice *C* mogą być w postaci rur gładkich lub falistych. Faliste płomienice posiadają większą powierzchnię ogrzewania, są odporniejsze na zgniecenie i elastyczniejsze (tzn. przy rozgrzaniu faldy wydłużają się, pozostawiając długość rury niezmienną). W płomienicach *C* znajdują się ruszty *E*. Walczak *A* jest umieszczony na podstawach *D* i omurowany. Gorące gazy wychodzące z płomienic kierowane są kanałami 1, 2, 3, na zewnętrzną stronę walczaka, stąd wychodzą kanałem 4 do komina. W górnej części walczaka znajduje się zbiornik pary jak przy kotle walczakowym. Kotły płomienicowe mają większą produkcję pary, gdyż powierzchnia ogrzewalna jest większa niż przy walczakowych kotłach. Trzeba tylko uważać, aby była zawsze dostateczna ilość wody, gdyż płomienice łatwo przepalają się, co może spowodować wybuch kotła. Kocioł płomienicowy zaliczamy do kotłów o dużej pojemności wodnej. Do kotłów płomienicowych zaliczamy również kotły stojące o konstrukcji uwidocznionej na rys. 87, stosowane w przypadkach, gdy idzie o zaoszczędzenie miejsca, np. przy żurawiach.

### c) Kotły ognio-rurkowe

W kotłach ognio-rurkowych gazy powstające w przestrzeni paleniskowej przechodzą przez szereg rurek umieszczonych wewnątrz walczaka. Rurki te są otoczone wodą. Jako przykład takich kotłów jest kocioł lokomobilowy (rys. 88). Do kotła lokomobilowego jest podobny kocioł

lokomotywy, różni się tylko budową skrzyni paleniskowej i tym, że ściana zwana sitową (w której są umieszczone rurki) wykonywana jest z miedzi.

Kotły ogniowo-rurkowe mają bardzo dużą powierzchnię ogrzewania i dużą produkcję pary. Wadą ich jest tylko to, że rurki umocowane w ścianie sitowej stają się nieszczelne i dosyć często trzeba je naprawiać. Odmianą kotła ogniowo-rurkowego jest nowoczesny kocioł „Velox“ dający dotychczas maksymalną produkcję pary.

#### d) Kotły wodno-rurkowe

Rys. 89 przedstawia nam kocioł wodno-rurkowy słabopochyły. Kocioł ten składa się z walczaka i z dwóch skrzyń wodnych A i B połączonych między sobą rurami C. Woda wypełnia część walczaka oraz skrzynie A i B i rurki wodne C. Gazy gorące wytworzone w palenisku D, ogrzewające rurki wodne C i walczak, są kierowane za pomocą ścianek  $P_1$  i  $P_2$ , a następnie odprowadzane do komina. Gorące gazy ogrzewają wodę w rurkach, powodują jej krążenie wzdłuż rurek do skrzyni A, a następnie z walczaka skrzyni B do rurek C. Przez to krążenie zyskujemy większe przejście ciepła z gazów do wody a zatem większą produkcję pary. Zaletą tych kotłów jest duża powierzchnia ogrzewalna, szybki rozruch i duża produkcja pary. Wadą ich jest to, że z biegiem czasu rurki tych kotłów stają się nieszczelne i czyszczenie ich jest uciążliwe. Rys. 90 przedstawia nam kocioł wodno-rurkowy zwany stromo-rurkowym.

Kocioł taki składa się z wielu walczaków, które połączone są ze sobą za pomocą rurek wodnych. Rurki są mało nachylone lub całkiem pionowe. Do tego rodzaju kotłów zaliczamy tzw. jednorurkowe tzn., cały kocioł składa się z jednej długiej rury odpowiednio uformowanej bez walczaka, w której woda ma obieg wymuszony (np. kocioł Sulzer).

#### 4. Prądnic

Prądnic napędzane silnikami mechanicznymi wytwarzają prąd elektryczny. Biegun magnetyczny wytwarza pole magnetyczne w otaczającej go przestrzeni. Pole magnetyczne jest to przestrzeń, w której zachodzą działania sił magnetycznych odpychających lub przyciągających. Pole magnetyczne wytworzone przez biegun północny odpycha biegun tego samego znaku, to jest biegun magnetyczny północny, a przyciąga biegun południowy. Dwa magnesy działają na siebie z siły dlatego, że one wytwarzają pola magnetyczne i każdy z nich jest w polu magnetycznym drugiego magnesu. Pole magnetyczne jest więc tym łącznikiem, który przenosi siły (podobnie jak lina lub pas itp. w urządzeniach mechanicznych).

Pojęcie pola jest nam potrzebne do zrozumienia działania zjawisk magnetycznych w wypadkach, gdzie nie ma stałych magnesów, a pole magnetyczne jest wywołane prądem elektrycznym. Pole magnetyczne przedstawiamy za pomocą linii magnetycznych; gęstość tych linii obra-

zuje wielkość siły pola czyli natężenia pola (rys. 105—*a*). W maszynach elektrycznych pole magnetyczne wytwarzamy za pomocą zwojów drutu z przepływającym prądem elektrycznym (rys. 105—*b*). Zwoje te są nawinięte na rdzeń z żelaza, który ma własność skupiania w sobie linii magnetycznych, gdyż jest dobrym przewodnikiem magnetycznym (rys. 105—*c*). Obraz pola magnetycznego przyjmuje wtedy kształt strumienia linii magnetycznych, który ma kierunek od północnego N (dodatni) do bieguna południowego S (ujemny).

Jeżeli strumień magnetyczny jest przecinany przewodnikiem elektrycznym, to w przewodniku tym powstaje prąd elektryczny, który jest tym większy im więcej linii przecina w danej chwili. Zjawisko to nazywamy indukcją elektromagnetyczną.

Na rdzenie magnesu używa się żelaza, które z chwilą przepływania prądu jest silnym magnesem, a po przerwaniu prądu traci własności magnetyczne, pozostawiając tylko bardzo słaby magnetyzm zwany szczątkowym.

Rys. 105 — *b* przedstawia pole magnetyczne, wytworzone przez zwoje bez rdzenia żelaznego.

#### Zasada działania prądnicy

Weźmy silny magnes stalowy (rys. 91), w którym strumień linii magnetycznych idzie od bieguna północnego N do bieguna południowego S. W przestrzeni między biegunami N i S mamy pole magnetyczne. Między biegunami tego magnesu znajduje się bęben żelazny z nawiniętą ramką *c* z przewodnika miedzianego izolowanego, zakończoną pierścieniami *a*. Po pierścieniach ślizgają się klocki węglowe *b* zwane szczotkami. Do szczotek przyłączony jest wskaźnik prądu (żarówka, amperomierz lub galvanoskop), który występując w roli odbiornika, tworzy z ramką obwód zamknięty.

Gdy ramkę zaczniemy obracać (rys. 92) boki jej przecinają linie magnetyczne magnesu i w obwodzie zamkniętym przewodnika ramki powstanie prąd elektryczny, który powoduje wychylenie się wskazówki wskaźnika prądu z położenia zerowego. Im silniejsze pole magnetyczne, dłuższy przewodnik i większa szybkość poruszania się jego w polu magnetycznym, tym większa siła elektromotoryczna wytwarza się w przewodniku i tym większe napięcie na pierścieniach.

Kierunek siły elektromotorycznej i wywołanego przez nią prądu w bokach ramki określamy za pomocą prawej ręki; gdy ułożymy prawą rękę na boku ramki tak, aby snop linii magnetycznych wychodzący z bieguna północnego N do południowego S przechodził dłoń w kierunku od wewnątrz, a odstawiony kciuk wskazywał kierunek ruchu boku ramki względem biegunów, to palce pokazują kierunek prądu (rys. 92—*b*).

Gdy ramka obraca się w kierunku pokazanym na rys. 92—*b* i gdy jej bok 1—2 przecina linie magnetyczne pod biegunem N, to prąd płynie w kierunku strzałki od pierścienia. Gdy ten sam bok znajduje się pod biegunem S, to prąd płynie w nim teraz w kierunku przeciwnym (rys. 92—*d*). To samo można powiedzieć o drugim boku ramki. Ponieważ

w tym samym czasie boki ramki znajdują się pod różnymi biegunami, więc kierunki prądu są przeciwne w bokach i dlatego prąd może krążyć w obwodzie zamkniętym. Gdy ramka wykonuje 1/4 obrotu z położenia na rys. 92—a do położenia na rys. 92—b, wskazówka wychyla się od zera do największego wychylenia w położeniu b, w którym najczęściej linii magnetycznych przecina bok ramki. Skutkiem tego indukująca się w nich siła elektromotoryczna i prąd osiągają wartość największą.

Przy dalszym obrocie ramki boki przecinają coraz mniej linii magnetycznych, a więc siła elektromotoryczna i prąd wywołany maleją aż do zera. Wskazówka wskaźnika prądu stoi na zerze i boki ramki nie przecinają linii magnetycznych czyli ramka stoi w pasie obojętnym. Przy dalszym obrocie do położenia rys. 92—d, ramka przecina linie magnetyczne; wytworzona siła elektromotoryczna i prąd zmieniają swój kierunek, bok 1—2 jest pod S a bok 3—4 pod N. Wskaźnik prądu wychyla się teraz w lewo od zera. Siła elektromotoryczna i prąd przez nią wywołany osiągają znowu wartość największą w położeniu 92—d, aby następnie zmaleć w położeniu 92—a do zera. W czasie każdego pełnego obrotu ramki siła elektromotoryczna i wywołany przez nią prąd zmieniają swoją wielkość i kierunek i dlatego nazywamy taki prąd zmiennym. Aby z ramki pobierać prąd płynący tylko w jednym kierunku, musimy go doprowadzić do komutatora, z którego odbieramy prąd za pomocą szczotek.

Najprostszy komutator składa się z dwóch półpierścieni osadzonych na osi i odizolowanych od niej. Rys. 94—a, b, przedstawiają półpierścienie komutatora, łączące szczotkę I zawsze z bokiem ramki, przechodzącym pod biegunem N, a następnie szczotkę II z bokiem ramki, znajdującym się pod biegunem S. Przez szczotkę I prąd wpływa do ramki z obwodu zewnętrznego i oznaczamy go znakiem minus, nazywając tę szczotkę szczotką ujemną. Ze szczotki II prąd dopływa do obwodu zewnętrznego, oznaczamy go znakiem plus a szczotkę nazywamy dodatnią. Kierunek prądu płynącego ze szczotek do obwodu zewnętrznego jest niezależny od położenia ramki i taki prąd nazywamy prądem o stałym kierunku. Prąd ten zwany jest pulsującym (rys. 93—a).

Działki komutatora nazywamy wycinkami komutatora, zaś ramkę połączoną z półpierścieniem nazywamy zwojem (cewką). Bęben żelazny z ramką nazywamy twornikiem (rotorem). Magnes wraz z korpusem nazywamy stojanem (statorem). Natężenie prądu jest zmienne w czasie jednego obrotu zwoju. Prąd osiąga dwa razy wartość zerową a mianowicie w położeniu 92—b, 92 d. Celem uzyskania siły elektromotorycznej pozbawionej wahań, a więc prądu o możliwie równym natężeniu, umieszczamy na bębnie zamiast jednego wiele zwojów, a komutatorowi dajemy tyle wycinków, ażeby każdy zwój mógł być połączony swoimi końcami z dwoma przeciwnymi wycinkami komutatora.

Ponieważ wielkość siły elektromotorycznej powstałej przez indukcję zależy od długości cewki, poruszającej się w polu magnetycznym, zastępujemy pojedyncze ramki cewkami wielozwojowymi. Cewka (zwój) musi tak leżeć na tworniku, aby jej boki znajdowały się zawsze pod różnymi biegunami lub w strefie obojętnej. Poszczególne zwoje składane są na

obwodzie twornika w wycięte rowki (rys. 95), zwane żłobkami. Wycinków komutatora jest tyle ile jest cewek, zaś prąd pobieramy przy pomocy szczotek ślizgających się po komutatorze, ustawionych w pasie obojętnym. W praktyce zamiast magnesów stałych stosujemy elektromagnes. Jeżeli na ich z miękkiego żelaza rdzenie, umieszczone w żelaznej ramie (rys. 96), nawiniemy drut i przepuścimy przez nich prąd, to rdzenie nabiorą własności magnetycznych; jeden będzie biegunem N a drugi S (rys. 96).

Bieguny maszyny jak wogóle elektromagnes są silnymi magnesami dopóty, dopóki przez ich cewki płynie prąd. Gdy prąd w cewce bieguna przerwiemy, to biegun prądnicy przestanie być magnesem. Utrata własności magnetycznej nie jest zupełna. Pozostanie tam ślad własności magnetycznych zwanych magnetyzmem szczątkowym, wystarczającym żeby w chwili ponownego puszczenia prądnicy w ruch wytworzyć w niej słaby prąd elektryczny, który przesyłamy do magnesów w celu silniejszego wzbudzenia ich. Na rys. 96 przedstawiony mamy przekrój prądnicy. Na wale A umieszczonym w łożyskach B i C jest zaklinowany twornik D, składający się z tulei, na której jest umieszczony zespół blach 0,5 mm grubych, sprasowanych i ściśniętych z obu stron tarczowymi pierścieniami. W zespole blach są wycięte żłobki, w których są umieszczone uzwojenia (rys. 95). Końce uzwojeń doprowadzone są do komutatora, który jest również osadzony na wale i obraca się wraz z nim. Twornik poruszany jest przez koło pasowe.

## 5. Rodzaje prądnic prądu stałego

### a) Prądnica o wzbudzeniu obcym

Prąd do zasilania elektromagnesu możemy pobierać z obcego źródła np. z sieci prądu stałego lub akumulatorów. Prądnica o tak wzbudzonych elektromagnesach nazywa się obcowzbudna. Napięcie prądnicy zmieniamy, regulując natężenie prądu w uzwojeniach elektromagnesu. Im większy prąd w elektromagnesach tym większe uzyskujemy napięcie. Taką prądnicę widzimy na rys. 97. Prądnice te mają zastosowanie w przemyśle chemicznym i tam, gdzie napięcie zmienia się w dużych granicach.

### b) Prądnica bocznikowa

Jeżeli końce drutu nawiniętego na rdzeniu elektromagnesu przyłączymy do szczotek prądnicy (jeden koniec do plusa a drugi do minusa) i gdy będziemy obracać twornik, wtedy otrzymamy prąd. W chwili puszczenia maszyny w ruch nie odbiera się z niej prądu na zewnątrz, lecz cały wytwarzający się prąd puszcza się przez magnesy, przez co powiększa się magnetyzm biegunów, co znowu powoduje wzrost napięcia maszyny i prąd twornika. Gdy maszyna osiągnie już normalne napięcie, wtedy zostaje obciążona tj. załączona na sieć i oddaje prąd użytkowy (światło i silniki elektryczne). Aby przez uzwojenie elektromagnesów płynął niewielki prąd, stosujemy dużą ilość zwojów z cienkiego drutu. Napięcie tej prądnicy regulujemy opornikiem włączonym w obwód uzwojenia elektromagnesów, który zmienia natężenie prądu w elektromagnesach, a tym samym wysokość napięcia prądnicy (rys. 98).

## c) Prądnica szeregową

W prądnicę szeregową (rys. 99) całkowity prąd wytwarzany przez twornik przepływa przez uzwojenie elektromagnesów. Jeden koniec uzwojenia elektromagnesów przyłączamy do szczotki, a drugi wyprowadzamy na sieć. Prądnica ta wzbudza się tylko przy obciążeniu, to znaczy, gdy do szczotek jest załączony jakiś odbiornik, bo inaczej obwód elektromagnesów jest przerwany. Ponieważ cały prąd obciążenia płynie przez uzwojenia elektromagnesów, robimy je z grubego drutu, dając małą ilość zwojów. Napięcie tej prądnicy zmienia się pod wpływem obciążenia bardzo silnie, czego nie możemy regulować jak przy prądnicę bocznikowej.

## d) Prądnica szeregowo-bocznikowa

W prądnicę tej są dwa uzwojenia elektromagnesu, jedno składa się z cienkiego a drugie z grubego drutu. Uzwojenie z cienkiego drutu jest załączone jak w prądnicę bocznikowej, a uzwojenie z grubego drutu jak w prądnicę szeregową. Pole magnetyczne, wywołane przez prąd w uzwojeniu bocznikowym, będzie pod wpływem prądu obciążenia, przepływającego przez uzwojenia szeregową, odpowiednio wzrastało, zależnie od obciążenia prądnicy. To spowoduje zwiększenie siły elektromotorycznej twornika, a więc i napięcia na zaciskach prądnicy. Napięcie w takiej prądnicę jest stałe i mało zależne od wahań obciążenia.

## 6. Prądnice prądu zmiennego

Prąd zmienny. Prąd zmienny zmienia swoją wielkość i kierunek. Przedstawiamy go za pomocą linii krzywej. Prąd zmienny stosowany w praktyce możemy przedstawić w postaci linii zwanej sinusoidą (rys. 101—a). Jeżeli na linii prostej poziomej oznaczymy czas począwszy od punktu 0 a mianowicie  $1/4$ ,  $2/4$ ,  $3/4$  i 1 sek., to wielkość prądu w tym samym czasie przedstawiają kreski pionowe. Przypuśćmy, że prąd płynie od A do B (rys. 101—a). Na początku prąd wynosi zero (rys. 101—a pkt. 1), w miarę upływu czasu prąd wzrasta i osiąga swoją największą wartość po upływie  $1/4$  sek. (pkt. 2), potem prąd zmniejsza się i po upływie  $1/2$  sek. (pkt. 3) spada do zera. W miarę dalszego upływu czasu prąd wzrasta, krzywa wykresu znajduje się po przeciwnej stronie linii poziomej. To odpowiada przeciwnemu kierunkowi prądu. Teraz więc prąd płynie od B do A, osiągając swoją największą wartość po  $3/4$  sek. i zmniejszając się do zera po upływie jednej sekundy. Dalszy przebieg prądu jest powtórzeniem pierwszego.

Czas w którym odbył się przebieg prądu w obydwie strony od pkt. 1 do 5 nazywa się okresem zmiany prądu. W przypadku podanym na przykładzie okres wynosi jedną sekundę. W prądach silnych stosowanych do oświetlenia i napędu motorów, okres wynosi zwykle jedną pięćdziesiątą część sekundy, a więc w ciągu jednej sekundy prąd sto razy zmienia swój kierunek. Wykres napięcia względnie siły elektromotorycznej jest taki sam, jak wykres prądu na rys. 101—a.

Prądnice (generatory) prądu zmiennego (zwane też alternatorami) nie mają komutatora. Składają się z dwóch głównych części: wirującej magnesnicy i części stojącej zwanej stojanem. Na rys. 102 widzimy prądnice sześć biegunową. Magnesnica zawierająca sześć magnesów, umieszczonych w kolejności N, S, N, S, . . . jest umocowana na wale i obraca się razem z nim. Magnesy są zasilane prądem stałym, doprowadzanym do maszyny z obcego źródła, gdyż maszyna wytwarza prąd zmienny i nie może zasilać własnych magnesów.

Prąd stały doprowadzany jest za pomocą dwóch przewodów połączonych z szczotkami ślizgającymi się po pierścieniach, które są umocowane na wale i połączone izolowanymi przewodami z uzwojeniem magnesów. Stojan jest właściwym twornikiem, w którym wytwarza się prąd elektryczny i podobnie jak twornik maszyny prądu stałego składa się z zespołu blach, żelazo z wyciętymi żłobkami. W żłobkach znajduje się uzwojenie z drutów lub prętów miedzianych, których końce doprowadzone są do zacisków maszyny, skąd odbiera się prąd zmienny. Do wytwarzania prądu w uzwojeniu potrzeba, żeby pręty uzwojenia twornika przecinały pole magnetyczne.

Pole magnetyczne między biegunami N i S można sobie przedstawić dla lepszego zrozumienia za pomocą strumienia magnetycznego, który tworzy obwód zamknięty w podobieństwie do prądu elektrycznego. Strumień magnetyczny między biegunami N i S jest zakończony liniami kreskowanymi. Strumień ten tworzy obwód zamknięty przechodząc przez żelazo magnesów, magnesnicy i żelazo stojana. Zależnie od stopnia nasycenia magnetycznego, żelazo jest przeciętnie kilkaset do kilku tysięcy razy lepszym przewodnikiem dla strumienia magnetycznego niż powietrze, miedź i inne ciała, dlatego też strumień magnetyczny szuka sobie drogi przez żelazo.

Ponieważ tutaj uzwojenie twornika jest w spoczynku, więc przecięcie pola magnetycznego zachodzi dzięki temu, że magnesy wirują, a razem z nimi wiruje pole. Prąd taki jest narysowany na rysunku 101—a. Nazywa się on prądem jednofazowym. Obwód tego prądu niczym nie różni się od obwodu prądu stałego. Musi być jeden przewód, którym prąd dopływa od prądnicy do odbiorników (rys. 103) i drugi przewód, którym prąd wraca. Podwójne strzałki zaznaczone na rysunku oznaczają, że prąd co chwila zmienia swój kierunek.

Prąd jednofazowy może być wytwarzany przez prądnice przedstawioną na rys. 102, jeżeli uzwojenie stojana będzie odpowiednio połączone w jedną całość. W praktyce do poruszania silników stosuje się zwykle prądy trójfazowe (rys. 101—c), w których, jak wiemy, fazy są przesunięte o  $120^\circ$ , dlatego generatory prądu zmiennego buduje się na prąd trójfazowy. Rys. 104 przedstawia schemat prądnicy trójfazowej.

Linia pojedyncza łamana wirnika obrazuje uzwojenie magnesów, zaś układ trzech linii łamanych przedstawia uzwojenie twornika prądnicy trójfazowej. Gdyby w prądnicę przedstawioną na rys. 102 nawinąć stojan trzema oddzielnymi uzwojeniami, to z jednej prądnicy otrzymalibyśmy trzy różne prądy zmienne jednofazowe. Te trzy uzwojenia można na

jednym końcu połączyć i stąd wyprowadzić przewód środkowy. Na rys. 104 widać trzy przewody skrajne i jeden przewód środkowy, który jest przewodem wspólnym dla każdego z tych trzech prądów. Te trzy uzwojenia stojana nazywa się zwykle fazami maszyny.

Prądy każdej fazy nie idą równocześnie w tym samym kierunku i nie mają równocześnie tej samej wielkości, bo obracający się biegun wirnika nie zachodzi równocześnie na wszystkie trzy fazy. I dlatego w przewodzie środkowym może prąd jednej fazy płynąć w jednym kierunku, a prąd drugiej fazy w drugim, przez co one wzajemnie się znoszą. Uzwojenie trzech faz jest tak rozmieszczone na obwodzie stojana, żeby przy jednakowym obciążeniu wszystkich trzech faz, to jest gdy każda z nich daje jednakowy prąd, prądy te w przewodzie środkowym całkowicie się znosiły. Przewód środkowy nazywamy dlatego przewodem zerowym.

Jeżeli na każdą fazę załączyć równą ilość jednakowych żarówek, jak to widać na rys. 104, to prąd w przewodzie zerowym znosi się między żarówkami i do prądnicy nie płynie. Gdyby obciążenie każdej z faz nie było równe, to przez przewód zerowy płynąłby do prądnicy prąd wyrównawczy. Napięcie między dwoma przewodami skrajnymi w zwykłych sieciach miejskich wynosi 380 Volt, zaś między przewodem skrajnym i zerowym 220 V. Silniki trzyczasowe załącza się na trzy przewody skrajne, żarówki natomiast, które są zbudowane na 220 V na jeden z przewodów skrajnych i przewód zerowy.

## 7. Sprężone powietrze

Powietrze sprężone stosujemy podobnie jak parę wodną do napędu silników skonstruowanych na powietrze sprężone jak np. w torpedach i lokomotywach, (w kopalniach i w prochniach tj. tam, gdzie zachodzi niebezpieczeństwo zapalania się) oraz do różnych maszyn roboczych jak młotki, świdry, obrabiarki i przenośniki pneumatyczne.

## 8. Ciecze

Ciecze pod ciśnieniem mogą wykonywać pracę i mają zastosowanie w prasach hydraulicznych i w serwowmotorach tj. urządzeniach, które służą do wykonania prac pomocniczych, jak zamykanie i otwieranie zaworów. Serwowmotory mają formę cylindrów, w których ciecz pod ciśnieniem przesuwa tłok w jedną lub drugą stronę, zaś tłok wykonuje pracę, przestawiając stawidła np. regulacji turbin parowych, wodnych i innych urządzeniach.

## 9. Generatory gazowe

W generatorach otrzymujemy gaz czadowy, który służy nam jako paliwo. Zasada działania generatora jest następująca: mamy urządzenie podobne do zwykłego pieca szybowego, zamkniętego od spodu rusztem *a*, generator jest wypełniony paliwem (koksem), które musi się tam znajdować w takiej ilości, aby powietrze wdmuchiwane od spodu przez ruszt

nie wystarczało do zupełnego spalania węgla na dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ), ale żebyśmy w rezultacie otrzymywali tlenek węgla (CO) oraz azot z powietrza. Tak powstała mieszaninę gazów nazywamy gazem czadowym. Z powodu zawartości tlenu węgla gaz ten jest palny. Średnia wartość opałowa gazu czadowego wynosi  $4800 \text{ Kcal/m}^3$ .

Znacznie wyższą wartość opałową posiada gaz wodno-czadowy, który otrzymujemy w takich samych generatorach, stosując kolejno dmuch powietrza i pary wodnej przez ruszt. Przez dmuch powietrza otrzymujemy tak jak przy zwykłym generatorze rozżarzanie się warstwy paliwa i jako produkt gaz czadowy, następnie jednak zamykamy powietrze i wdmuchujemy parę wodną, która, trafiając na rozżarzoną warstwę paliwa, rozkłada się na wodór (H) i tlenek węgla (CO). W rezultacie mamy produkt — gaz wodno-czadowy — tj. mieszaninę wodoru i tlenu węgla. Jego wartość opałowa jest znacznie wyższa. Wobec tego, że dmuchanie parą wodną gasi żarzące się paliwo w generatorze, nie możemy ciągle wdmuchiwać pary, natomiast co pewien czas wdmuchujemy zamiast pary wodnej powietrze w celu ponownego rozżarzenia paliwa.

Generatory buduje się obecnie najczęściej jako generatory z rusztem obrotowym (rys. 107). Generator taki wykonany jest jako szyb z blachy stalowej, wymurowanej wewnątrz ogniotrwałym materiałem. Średnica wewnętrzna 2—3 m, wysokość 4—4,5 m. Szyb jest zakończony na dole miską z blachy, napełnioną wodą. Miska ta jest obracana przekładnią ślimakową i dźwiga na sobie dwudzielny rzut, przez którego szczelinę wdmuchiwane jest do generatora powietrze i para wodna. Na górze w przykrywie jest otwór do uzupełniania generatora paliwem, przy czym dla uniknięcia strat gazu, jest kłapa z podwójnym dzwonem. Gaz odprowadza się z boku.

Obecnie bardzo często spotyka się generatory, produkujące gaz do napędu samochodów. Jest to tylko odmiana powyżej opisanego urządzenia, pracującego podobnie; mamy tutaj jednak powietrze nie wdmuchiwane, lecz silnik będąc w ruchu ssie gaz z generatora przez cały generator, powodując tym samym potrzebny ciąg. Jako paliwa używa się tu drzewa, węgla drzewnego, torfu, węgla i koksu.

Generatory wyróżniają się lekką budową. Wobec tego, że silniki samochodowe wymagają gazu możliwie czystego, stosowane są tutaj specjalne urządzenia oczyszczające, tak że gaz po opuszczeniu właściwego generatora przechodzi jeszcze przez szereg specjalnych filtrów. Rozpalanie generatorów dokonuje się przy pomocy wentylatorów, które początkowo zastępują ciąg powietrza (rys. 107).

## 10. Gaźniki

Gaźniki mają za zadanie rozpylić doprowadzone w formie cieczy paliwo, a następnie wymieszać to rozpylone paliwo z potrzebną do spalania ilością tlenu (powietrza). Tak powstała mieszanina rozpylonego paliwa i powietrza dostaje się przez zawór ssący do cylindra, gdzie następnie zapala się od iskry. W chwili, gdy tłok idzie w cylindrze na dół (silnik 4-taktowy) powietrze jest zasysane przez zawór ssący i rurę ssącą.



To powietrze, przepływając koło dyszy gaźnika, ma większą szybkość przepływu na skutek zmniejszenia w tym miejscu przekroju rury ssącej i porzywa z sobą pewną ilość paliwa, które przytem zostaje rozpylone (rys. 108). Regulacja dopływu mieszanki do cylindra, a co za tym idzie regulacja obrotów silnika, odbywa się przez przemykanie kłapy umieszczonej zaraz za dyszą tzw. przepustnicy.

Aby paliwo zostało utrzymane w dyszy na stałym poziomie, mamy w komorze pływakowej pływak, który przy zbyt obfitym dopływie paliwa podnosi się i zamyka za pomocą iglicy dopływ paliwa. Dopiero gdy poziom paliwa obniży się znowu w komorze pływakowej, mamy zjawisko odwrotne: pływak opada i podnosi iglicę, otwierając dopływ paliwa. W ten sposób mamy w dyszy stały poziom paliwa niezależnie od warunków pracy. Gaźnik z jedną tylko dyszą dawałby przy wolnych obrotach tzw. ubogą mieszankę tzn. zbyt mało paliwa byłoby rozpylonego, ponieważ szybkość powietrza ssanego a za tym i działanie ssące byłoby znacznie mniejsze. Tak samo gaźnik ten dawałby na wielkich obrotach zbyt bogatą mieszankę. Aby uniknąć tego, stosujemy większą ilość dysz, które wyrównują nam działanie zmniejszonego lub zwiększonego ssania i w rezultacie otrzymujemy mieszankę o właściwym stosunku powietrza i paliwa.

Jako przykład służy nam dysza wyrównawcza gaźnika Zenith (rys. 109). Działanie tej dyszy jest takie, że przy wolnych obrotach ssie ona paliwo, uzupełniając niedomiar paliwa ssanego przez dyszę główną. Przy szybkich obrotach przez dyszę wyrównawczą zasysane jest powietrze, które się tam dostaje z góry przez otwór C. Potem są jeszcze stosowane dysze biegu luzem, umożliwiające dopływ mieszanki przy zamkniętej przepustnicy.

## ROZDZIAŁ XI

### SILNIKI TŁOKOWE

#### 1. Maszyna parowa

Maszyna parowa jest silnikiem, w którym ciśnienie i ciepło pary zamienia się na pracę mechaniczną. Maszyny parowe dzielą się na: stałe, jakich używamy w fabrykach, do napędów elektrowni i ruchome: to jest lokomotywy, lokomobile itp.

Pierwsza maszyna parowa została zbudowana w roku 1703 przez Anglika Newcomen'a. Później w r. 1782 Anglik Watt zbudował maszynę znacznie doskonalszą i dlatego uważamy go za wynalazcę maszyny parowej.

#### a) Opis maszyny parowej tłokowej

Para jest doprowadzana z kotła przez rurę do maszyny (rys. 110). W maszynie para wchodzi najpierw do komory suwakowej A, gdzie przez kanał  $a_1$  albo  $a_2$  dostaje się do cylindra B. W cylindrze B znajduje się tłok C. Gdy para zostanie wpuszczona przez kanał  $a_1$  wtedy posuwa ona tłok na prawo, gdy wpuścimy parę przez kanał  $a_2$  para posuwa tłok w lewo. W tłoku jest osadzone tłoczysko, które wykonuje te same ruchy co tłok.

Tłoczysko wychodzi przez dławik E na zewnątrz cylindra. Jak wiadomo dławik służy do uszczelnienia tłoczyska tak, aby w tym miejscu para nie wychodziła z cylindra. Na drugim końcu tłoczyska osadzony jest wodzik F, który jest prowadzony w prowadnicy. W wodziku osadzony jest na czopie korbówód, zaś drugi koniec korbowodu umieszczony jest na czopie korby. Korba jest na stałe zamocowana na wale korbowym, na którym jest też zamocowane koło zamachowe L, mogące służyć również jako koło transmisyjne (linowe lub pasowe). Zwykle obok koła zamachowego znajduje się drugie koło N, które przenosi ruch obrotowy z maszyny parowej na maszynę roboczą. Na rys. 110 widzimy maszynę obustronnie działającą, albowiem para działa raz z jednej a raz z drugiej strony tłoka. Maszyna, w której para działa tylko z jednej i tej samej strony tłoka nazywa się jednostronnie działającą. W takiej maszynie ruch powrotny tłoka odbywa się przy pomocy siły obrotowej koła zamachowego.

#### b) Sterowanie

Ażeby tłok poruszał się tam i z powrotem musi być para wpuszczana raz z jednej raz z drugiej strony tłoka. To odbywa się przy pomocy stawidła, które może być suwakowe lub zaworowe.

Na rys. 110 jest przedstawione stawidło suwakowe, które składa się z suwaka muszlowego N, drążka suwakowego O, drążka mimośrodowego P

i mimośrod  $Q$ . Suwak posuwa się po gładzi, w której są wycięte otwory prostokątne, przez które wchodzi para do kanału  $a_1$  i  $a_2$ . Przez obrót wału korbowego maszyny obraca się mimośród, przez obrót mimośrodu przesuwają się suwaki, który zamyka lub otwiera kanały  $a_1$  i  $a_2$ .

Na rys. 110 tłok znajduje się w środku cylindra  $B$ , suwak otworzył kanał  $a_1$ , para wpływa do cylindra z lewej strony, z prawej strony przez kanał  $a_2$  para wychodzi do kanału wylotowego  $b$ . Para znajdująca się z lewej strony, rozprężając się, przesuwa tłok w prawo, zaś w tym samym czasie suwak przesuwa się w lewo, otwierając kanał  $a_2$ . Teraz para wchodzi z prawej strony do cylindra. Podczas tego ruchu kanał  $a_1$  zostaje połączony z kanałem wylotowym  $b$  tzn. para znajdująca się z lewej strony tłoka, może uchodzić na zewnątrz cylindra. W pierwszych maszynach suwak był przrzuwany ręcznie, obecnie maszyna sama przez mimośród porusza suwak. Taki suwak płaski stosuje się coraz rzadziej. Obecnie stosuje się przeważnie suwaki cylindryczne czyli tłokowe. Są one lepsze od płaskich ze względu na większą szczelność, mniejsze zużycie i prawie całkowite usunięcie stukania.

Sterowanie zaworowe polega na zamykaniu i otwieraniu zaworów, przez które para wpływa lub wypływa z cylindra. Rys. 111 przedstawia przekrój maszyny parowej ze sterowaniem zaworowym. Dla maszyny obustronnie działającej potrzebne są cztery zawory, dla wpływu dwa i dla wypływu pary dwa. Wlotowe wentyle znajdują się u góry cylindra a wylotowe na dole cylindra. Zamykanie lub otwieranie zaworu uzyskuje się przez dźwignię  $a$ , która jest połączona drążkiem z mimośrodem, osadzonym na wale stawidłowym. Wał stawidłowy jest napędzany kołami zębatymi umieszczonymi na wale korbowym.

#### c) Przebieg pracy w cylindrze

Rys. od 112 do 118 ilustrują przebieg pracy w cylindrze maszyny dwustronnie działającej o sterowaniu suwakowym. Na rys. 112 tłok znajduje się na końcu swego skoku z lewej strony w tak zwanym punkcie martwym. Suwak swoją zewnętrzną stroną otworzył nieco otwór  $a_1$  i para wpływa do cylindra z lewej strony. Równocześnie kanał  $a_2$  jest otwarty tak, że para może wypływać przez kanał na zewnątrz. Mimośród  $E$  suwaka jest o mały kąt  $\delta$  ze swego środkowego położenia odchylony. (Korba  $k$  tworzy kąt  $90^\circ + \delta$ . Kąt  $\delta$  nazywamy kątem wyprzedzenia). Rys. 113: para wypływająca przez otwór  $a_1$  napełnia cylinder i przesuwa tłok w prawo, kanał  $a_1$  jest całkowicie otwarty.

Mimośród  $E$  znajduje się w punkcie swego największego odchylenia, a tym samym suwak jest przesunięty najdalej w prawo. Rys. 114: tłok przesuwa się dalej w prawo. W tym samym czasie suwak przesuwał się w lewo zamknął kanał  $a_1$ , dopływ pary został przerwany, czyli zakończyło się napełnianie cylindra parą. Teraz zaczyna się ekspansja czyli rozprężanie pary po lewej stronie tłoka. Tłok posuwa się dalej w prawo, zaś z prawej strony cylindra para wypływa przez kanał  $a_2$ . Rys. 115: tłok posuwa się jeszcze na prawo, gdy tymczasem suwak posuwa się w lewo i zamyka kanał  $a_2$ , przez co wypływ pary z prawej

strony cylindra został przerwany, pozostała para zostaje sprężona, czyli następuje sprężanie lub kompresja z prawej strony tłoka. Rys. 116: tłok posuwa się dalej w tym samym kierunku, suwak posuwa się w lewo, otwierając wewnętrzną swoją stroną kanał  $a_1$ , tak że para może wypływać z lewej strony cylindra na zewnątrz. (Ten moment nazywamy przedwczesnym wylotem pary). Rys. 117: tłok znajduje się krótko przed swoim najdalszym położeniem w prawo (przed końcem swego skoku). Suwak przesunął się i otworzył trochę kanał  $a_2$  swoją częścią zewnętrzną, tzn. para wpływa do cylindra z prawej strony tłoka. (Ten moment nazywamy przedwczesnym wlotem pary). Rys. 118: tłok jest na końcu swego skoku w prawo tzn. jest w prawym martwym położeniu. Suwak otworzył kanał  $a_2$  ale jeszcze nie zupełnie. Para, wpływając z prawej strony, przesuwa tłok w lewo, a równocześnie przez kanał  $a_1$  wypływa para na zewnątrz. Następnie tłok przesuwa się w lewo i powtarza się poprzedni przebieg.

#### d) Przebieg pracy w maszynie o sterowaniu zaworowym (wentylowym)

Pracę w maszynie o sterowaniu zaworowym mamy uwidocznioną na rysunkach od 119 do 125. Rys. 119: Tłok znajduje się w lewym martwym położeniu. Lewy górny zawór nieco otwarty. Para wpływa przez ten zawór (wlotowy) do cylindra z lewej strony tłoka, dolny zawór (wylotowy) z prawej strony tłoka jest otwarty i para wypływa na zewnątrz. Rys. 120: tłok pod naciskiem wpływającej pary przesunął się w prawo, zawór wlotowy lewy jest całkowicie otwarty, zawór wylotowy prawy jest też otwarty. Rys. 121: Tłok przesunął się dalej w prawo i w tym samym czasie lewy zawór wlotowy został całkowicie zamknięty, czyli dopływ pary do cylindra został przerwany. Ten stan nazywamy końcem napełnienia. Po zamknięciu zaworu para rozprężając się przesuwa nadal tłok w prawo. Rys. 122: Prawy zawór wylotowy został zamknięty, pozostała mała ilość pary zostaje sprężona, czyli otrzymujemy kompresję z prawej strony tłoka. Rys. 123: Lewy zawór wylotowy został otwarty, para zaczyna wypływać czyli następuje przedwczesny wylot pary. Rys. 124: Tłok znajduje się przed końcem swego skoku, zawór wlotowy prawy otwiera się, para wpływa do cylindra z prawej strony tłoka, czyli następuje przedwczesny wlot pary. Rys. 125: tłok znajduje się w prawym martwym położeniu (koniec skoku), zawór wlotowy jest podniesiony lecz jeszcze nie zupełnie. Para wpływa do cylindra z prawej strony tłoka i zaczyna go przesuwać w lewo. Przez zupełnie otwarty zawór wylotowy wypływa para. Tłok przesuwa się w lewo i powtarza się poprzedni przebieg.

#### e) Wykres ciśnienia pary (diagram)

Wykres ten przedstawia nam zmianę ciśnienia pary znajdującej się w cylindrze w zależności od położenia tłoka (rys. 126). Na linii pionowej nanosimy ciśnienie w at. Para wpływa do cylindra pod ciśnieniem 8 at. Pod tym samym ciśnieniem przesuwa się tłok od położenia martwego  $a$  w prawo aż do punktu  $b$  tj. do końca napełnienia. Linia  $a-b$

przedstawia napełnienie. W punkcie *b* następuje przerwanie dopływu pary. Od punktu *b* para rozpręża się aż do punktu *c*. Linia *b—c* przedstawia nam ekspansję czyli rozprężanie się pary. W tym okresie ciśnienie pary maleje od punktu *b* do punktu *c*. W pkt. *c* następuje wypływ pary czyli ciśnienie szybko spada aż do punktu *e*. W punkcie *d* tłok znajduje się w prawym martwym położeniu, a następnie poruszając się w lewo wypycha parę przez otwarty kanał wylotowy na zewnątrz. To przedstawia linia *d—e*. Ciśnienie w cylindrze jest cokolwiek większe niż ciśnienie atmosferyczne na zewnątrz cylindra (o 0,2 at.), dlatego krzywa *d—e* leży ponad linią ciśnienia atmosferycznego. W punkcie *e* następuje zamknięcie wylotu pary, co wywołuje kompresję przez dalsze posuwanie się tłoka czyli mamy sprężanie pary aż do punktu wlotu *f*. W punkcie *f* otwiera się zawór wlotowy skutkiem czego ciśnienie pary w cylindrze szybko wzrasta do 8 at. Przebieg ten przedstawia linia *f—a*.

Powyższy wykres ciśnień pary można otrzymać na przyrządzie zwanym indykatozem, który dla kontroli zamocowuje się na maszynie.

#### Ekspansja, kompresja, przedwczesny wlot i wylot pary

Gdybyśmy napełniali cylinder parą podczas całego skoku tłoka, to wysokie ciśnienie w cylindrze byłoby jednakowe podczas całej drogi tłoka. Jak wiemy w martwym punkcie tłoka trzeba parę wypuścić na zewnątrz aby tłok mógł przesunąć się z powrotem, dlatego wypuszczalibyśmy parę o wysokim ciśnieniu, a zatem tracilibyśmy dużą część siły, znajdującej się w tej parze. Zapobiegamy tej stracie przez ekspansję, która polega na tym, że cylinder jest napełniany parą podczas części swego skoku (*a, b* — rys. 126), potem dopływ jest zamknięty, para powiększa swą objętość, czyli następuje ekspansja pary i chociaż ciśnienie spada, para wykonuje pracę (przesuwając tłok). Po wykonaniu pracy parę usuwamy z cylindra pod niskim ciśnieniem, a zatem wykorzystanie pary jest lepsze.

Podczas kompresji podnosi się w cylindrze ciśnienie, które będzie hamowało tłok w jego ruchu powrotnym, a zatem ruch maszyny parowej będzie równiejszy. Dawniej używano w tym celu świeżej pary, obecnie przez kompresję zużytkowujemy parę, która już wykonała pracę.

Przez przedwczesny wylot pary zaoszczędzamy na czasie, który jest potrzebny do usunięcia pary z cylindra, a zatem ciśnienie pary wylotowej może być mniejsze (szybkość pary zależy od ciśnienia — im większe ciśnienie tym większa szybkość).

Para potrzebuje pewnego czasu, żeby wypełnić przestrzeń między tłokiem a cylindrem, gdy tłok będzie w martwym punkcie. Przez przedwczesny wlot pary zyskujemy na czasie potrzebnym do wypełnienia tej przestrzeni i równocześnie uzyskujemy pożądane ciśnienie pary, potrzebne do poruszenia tłoka już w tym momencie, gdy znajdzie się on w swoim martwym punkcie.

#### f) Koło zamachowe i regulator

Jak wiadomo tłok nie otrzymuje podczas całego swego ruchu jednakowego ciśnienia pary, a zatem korba i przekazywane przez nią ciśnienie

nie jest takie same w pobliżu martwego punktu, jak w połowie drogi tłoka. Koło zamachowe w maszynie parowej wyrównuje tę różnicę. Koło zamachowe nie tylko ułatwia tłokowi przejście przez moment martwego położenia, ale także powoduje równomierny ruch maszyny. Czym większą chcemy uzyskać równomierność, tym większe musimy dać koło zamachowe.

Inne zadanie ma regulator. Maszyna parowa nie jest stale jednakowo obciążona. Jeżeli obciążenie spadnie, gdy np. wyłączymy na pewien czas jakąś maszynę roboczą, to ciśnienie pary będąc takie same jak przedtem nada maszynie większą szybkość. Odwrotnie jeżeli maszynę obciążymy jeszcze znacznie, to zacznie ona wolniej chodzić. Aby temu zapobiec musimy w pierwszym wypadku mniej pary wpuścić do cylindra względnie zdławić ciśnienie pary, a w drugim zwiększyć ilość pary. Taką zmianę uzyskujemy samoczynnie za pośrednictwem regulatora. Rys. 127 przedstawia nam schematyczne działanie najprostszego regulatora. Wał *A* jest napędzany przez wał korbowy maszyny parowej. Z wału *A* za pomocą kół zębatach *B* i *C* przenosi się ruch obrotowy na wał pionowy *D*. Do wału *D* zaczepione są dwie kule *G*. Na te kule działa siła odśrodkowa i podnosi je do góry oraz siła ciężkości, która stara się ściągnąć je na dół. Równowaga zachodzi tylko przy określonej ilości obrotów. Ruch podnoszenia i opadania tych kul przenosi się na pierścień *H* i przy pomocy drążków *J* i *A* przenosi się na klapę *L*. Kłapa *L* jest umieszczona w rurze i przez jej obrót zmieniamy ilość przepływającej pary.

## 2. Rodzaje maszyn

Maszyny parowe według ich budowy możemy podzielić na leżące i stojące. Według przebiegu pracy możemy maszyny podzielić na pracujące ze stałym ciśnieniem w cylindrze, co jest nieekonomiczne i dlatego są one prawie nie używane oraz maszyny ekspansyjne jedno- lub wielocylindrowe. Dla lepszego zużycia pary są maszyny, gdzie para przechodzi po wykonaniu pracy z cylindra wysokoprężnego do drugiego cylindra niskoprężnego. Na rys. 128 widzimy maszynę o połączeniu równoległym (kompundy). Składa się ona z dwu cylindrów umieszczonych jeden obok drugiego, jeden cylinder mniejszy do wysokiego ciśnienia i drugi większy do niskiego ciśnienia. Każdy z tych cylindrów posiada swoje osobne sterowanie. Para, wpływając do cylindra wysokoprężnego, wykonuje pracę czyli rozpręża się, ale posiada jeszcze dość duże ciśnienie przy wylocie. Ta para wylotowa przechodzi przez zbiornik *A* i wpływa do drugiego cylindra niskoprężnego, gdzie rozprężając się w dalszym ciągu wykonuje pracę. Korby osadzone są na jednym wale korbowym. Rys. 129 przedstawia dwucylindrową maszynę ekspansywną, gdzie cylinder niskoprężny leży na jednej osi z cylindrem wysokoprężnym. Takie połączenie nazywamy szeregowym (tandem).

Stosuje się również maszyny o potrójnej ekspansji (rys. 130), gdzie cylinder wysokoprężny *A* i cylinder średnioprężny *B* są ze sobą połączone szeregowo, a do nich dołączony równolegle cylinder niskoprężny *C*. Zbiorniki na parę (*D<sub>1</sub>* i *D<sub>2</sub>*) rozdzielają ją do cylindrów.

Według wylotu pary dzielimy maszyny na:

- a) maszyny z wolnym wydmuchem, gdzie para zużyta uchodzi w powietrze. Ta para wylotowa musi mieć ciśnienie trochę większe od atmosferycznego (o 0,2 at.),
- b) maszyny z pobieraniem pary, która nie uchodzi na zewnątrz, ale odprowadza się ją do rozmaitych urządzeń jak ogrzewanie budynków, wody itp.,
- c) maszyny z kondensacją tzn., że para wylotowa jest wprowadzona do zbiornika. W zbiorniku tym czyli skraplaczu (kondensatorze) para zamienia się na wodę i zostaje przepompowana do kotła. W skraplaczu utrzymywane jest stale jednakowe podciśnienie, przy pomocy pompy powietrznej. Wykorzystanie pary jest 20—30% lepsze w maszynach z kondensacją, niż w maszynach z wolnym wydmuchem.

### 3. Silniki spalinowe

Przy zastosowaniu pary do silników tłokowych ciepło otrzymywane przez spalanie materiałów palnych jest wyzyskane z bardzo dużymi stratami. W celu ich uniknięcia buduje się takie silniki, w których spalanie i wytwarzanie się ciepła przeprowadza się w miejscu działania, co jest możliwe w tzw. silnikach spalinowych. Paliwo i materiały pędne, których używa się do silników spalinowych są: a) gazowe (jak gaz ziemny, gaz świetlny), b) płynne (jak benzyna, alkohol, nafta, benzol, oleje ciężkie), c) stałe (jak węgiel rozpylony; mało używane). Silniki spalinowe dzielimy ze względu na sposób spalania na: silniki wybuchowe i silniki wstrzykowe Diesel'a. Silniki wybuchowe dzielimy na gazowe i benzynowe. Silniki Diesel'a dzielimy na silniki kompresorowe i bez kompresora. Ze względu na budowę rozróżniamy silniki leżące i stojące. Wszystkie silniki dzielimy jeszcze na jednostronnie działające, dwustronnie działające, jedno- i wielocylindrowe, silniki czterotaktowe i dwutaktowe.

#### a) Działanie silnika wybuchowego

Do cylindra silnika wybuchowego jest doprowadzona mieszanka gazu i powietrza. Mieszanka jest sprężana przez tłok a następnie zapalana przez prąd elektryczny. Podczas spalania mieszanki powstaje duże ciśnienie w bardzo krótkim czasie. To zwiększenie się ciśnienia i rozprężanie spalonych gazów działa na tłok i wykonuje pracę.

W silniku Diesel'a doprowadzane jest tylko czyste powietrze do cylindra, a następnie sprężane od 30 do 40 atmosfer. Przez to sprężanie temperatura powietrza dochodzi do 500°C. Paliwo wstrzyknięte przez dyszę zapala się przy zetknięciu z gorącym powietrzem. Na wstrzykiwanie i zapalenie potrzeba pewnego czasu tak, że nie ma natychmiastowej eksplozji i spalanie odbywa się tu wolniej niż w silnikach wybuchowych. Rys. 131 przedstawia nam 4-taktowy silnik gazowy leżący. Cylinder A ma podwójne ściany. Umieszczony w nim tłok nurowy B, z pierścieniami

uszczelniającymi, którego ruch przenosi się przez korbowód C i korbę D na wał korbowy E, a następnie na koło zamachowe F. Cylinder z tyłu jest zamknięty nakrywą, w której znajdują się kanały, a w nich osadzone są zawory wlotowy i wylotowy. Zamykanie i otwieranie zaworów jest uskuteczniane za pomocą wału rozdzielczego, dźwigni i krzywek. Wał rozdzielczy otrzymuje napęd od wału korbowego, ale wykonuje połowę obrotów tego wału. Podobnie jak przy maszynie parowej ruch silnika jest tu regulowany przy pomocy regulatora, który zwiększa lub zmniejsza ilość dopływającego gazu. Mieszanek zapala iskra elektryczna. Cylinder i nakrywa cylindra (głowica) są rozgrzewane przez powtarzające się eksplozje i dlatego muszą być chłodzone wodą. Woda wchodzi przez otwór a obok zaworu wylotowego, obiega głowicę, cylinder i wychodzi przez otwór b.

Przebieg pracy tłoka. Przesunięcie się tłoka od jednego położenia skrajnego czyli martwego do drugiego martwego nazywamy skokiem. Tłok porusza się w prawo (rys. 132), zawór wlotowy A jest otwarty, zawór wylotowy B jest zamknięty. Przez cały skok tłoka mieszanka jest zasysana przez zawór wlotowy do cylindra. Ten ruch (takt) tłoka nazywamy ssaniem. Tłok po dojściu do martwego punktu prawego porusza się w lewo (rys. 133), zawór wlotowy A i wylotowy B jest zamknięty, mieszanka jest sprężana. Ten ruch (takt) nazywamy kompresją. W lewym martwym położeniu tłoka mieszanka będąca w tzw. przestrzeni kompresyjnej zostaje zapalona przez iskrę elektryczną przez co następuje eksplozja i ekspansja. Tłok przesuwa się w prawo (rys. 134) i oddaje pracę ekspansji gazów na wał korbowy. Ten ruch tłoka nazywamy skokiem pracy, przy czym zawór wylotowy B i wlotowy A są zamknięte.

W dalszym ciągu tłok przesuwa się w lewo (rys. 135). Wówczas zawór wylotowy otwiera się, wlotowy pozostaje zamknięty i następuje usunięcie gazów przez wentyl wylotowy. Ten ruch tłoka nazywa się wylotem (wydechem). Każdy ruch względnie skok tłoka nazywamy taktem. W pierwszym takcie ma miejsce ssanie mieszanki, w drugim sprężanie jej (kompresja), w trzecim takcie pod wpływem zapalenia się gazów następuje wybuch (eksplozja), powodujący rozprężenie (ekspansję) i wykonanie pracy. W czwartym takcie następuje usunięcie spalonych gazów zwane wylotem (wydechem).

Jak więc widzimy w czterotaktowym silniku tylko jeden takt spośród czterech taktów wykonuje pracę.

Rysunek 136 przedstawia nam wykres przebiegu ciśnień w 4-taktowym silniku gazowym. W pierwszym takcie ssania tłok od swego martwego położenia posuwa się w prawo, wywołując podciśnienie w cylindrze. a tym samym wsysając mieszankę do cylindra (linia a—b). W drugim takcie tłok, przesuwał się z prawego martwego położenia w lewo, spręża mieszankę (linia b—c). Trzeci takt następuje wówczas, kiedy w punkcie c mieszanka zostaje zapalona, występuje wzrost ciśnienia (linia c—d), a następnie ekspansja czyli spadek ciśnienia (linia d—e). Tłok jest tu przez ciśnienie gazów przesunięty do prawego martwego położenia. Tłok, wracając do lewego martwego położenia, wykonuje czwarty tak, w którym

wypycha na zewnątrz spalone gazy o ciśnieniu większym od ciśnienia atmosferycznego (linia  $e-a$ ).

#### b) Silniki wybuchowe z gaźnikiem

W silnikach z gaźnikiem używa się paliwa płynnego przeważnie benzyny, lub mieszanki benzyny z innymi płynnymi materiałami palnymi (nafta, spirytus itp.). Rysunek 137 przedstawia schematycznie przekrój silnika wybuchowego z gaźnikiem. Paliwo jest tu rozpylane w aparacie zwanym gaźnikiem i razem z powietrzem zasysane jest do cylindra przez rurę ssącą i zawór wlotowy. W cylindrze mieszanka zostaje sprężona i zapala się od iskry elektrycznej, która powstaje w tzw. świecy.

Po zapaleniu się mieszanki powstaje szybki wzrost ciśnienia, przynoszący się na tłok a dalej na wał korbowy. Spalone gazy wychodzą następnie przez zawór wylotowy. Zamykanie i otwieranie zaworów wlotowego i wylotowego odbywa się za pomocą dźwign, które są poruszane przez krzywki, osadzone na wałku rozdzielczym  $a$ .

Na rysunkach od 138 do 141 pokazany jest przebieg pracy 4-taktowego silnika wybuchowego z gaźnikiem. Tłok od górnego martwego położenia przesuwa się w dół (rys. 138), zawór wlotowy jest otwarty, wylotowy zamknięty. Przez cały ten skok następuje ssanie mieszanki, jest to pierwszy takt. Tłok przesuwa się do góry (rys. 139), zawór wlotowy i wylotowy są zamknięte, następuje sprężanie mieszanki, jest to drugi takt czyli sprężanie (kompresja). Gdy tłok znajduje się w górnym martwym położeniu (rys. 140), następuje zapłon mieszanki przez iskrę elektryczną, powstaje wybuch i rozprężanie, które przesuwa tłok w dół. Jest to trzeci takt, dający pracę. Potem tłok z powrotem przesuwa się do góry (rys. 141), zawór wylotowy jest otwarty, spalone gazy uchodzą na zewnątrz cylindra. Jest to czwarty takt-wylot (wydech). Tak jak w silnikach gazowych mamy tu również na cztery skoki tylko jeden skok pracy. Wykres ciśnień jest taki sam jak dla silników gazowych.

#### c) Dwutaktowy silnik wybuchowy

Rys. 142 przedstawia nam schemat dwutaktowego silnika wybuchowego. Silnik składa się z cylindra A, który posiada trzy kanały  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Kanał  $a$ , jest kanałem ssącym, połączonym z gaźnikiem, kanał  $b$  jest wylotowy, kanał  $c$  łączy cylinder z obudową G, w której znajduje się wał wykorbiony. W omówionym cylindrze A porusza się tłok B, którego denko ma kształt ułatwiający usuwanie resztek spalonych gazów.

Przebieg pracy w dwutaktowym silniku wybuchowym: w pierwszym takcie tłok przesuwa się z dolnego martwego położenia do góry (rys. 143), kanał  $c$  jest otwarty, mieszanka przedostaje się do cylindra, a przez kanał  $b$  resztki spalin wychodzą na zewnątrz cylindra, kanał  $a$  jest zamknięty. Przesuwając się, tłok zamyka kanał  $a$ , trochę później zaś kanał  $b$ . Następnie tłok komprimuje mieszankę i otwiera otwór kanału  $a$ , (rys. 144) przez który wchodzi mieszanka pod tłokiem do komory korbowej. Drugi takt: tłok będąc w górnym martwym położeniu, spręża

mieszankę w przestrzeni kompresyjnej, tak że teraz może nastąpić zapalenie iskrą elektryczną. Po zapaleniu następuje wybuch (rys. 145), tłok posuwa się w dół i wykonuje pracę, która przenosi się na wał korbowy. Tłok przesuując się zamyka kanał  $a$  (rys. 146), komprimuje mieszankę znajdującą się w obudowie G i otwiera kanał  $b$ , przez który wychodzą spaliny. W dalszym ciągu dochodząc do martwego dolnego położenia, tłok otwiera kanał  $c$ , przez który sprężona mieszanka przedostaje się z komory korbowej do cylindra. Na dwa takty mamy jeden takt pracy.

Silniki czterotaktowe i dwutaktowe wybuchowe są jedno lub wielocylindrowe. W zależności jak te cylindry są ustawione mamy silniki o cylindrach stojących lub leżących w formie V lub gwiazdy.

#### 4. Silniki Diesel'a

Do napędu silnika Diesel'a służą rozmaite oleje ciężkie. Rys. 147 przedstawia schematycznie silnik czterotaktowy Diesel'a, który pracuje w następujący sposób. Pierwszy takt: tłok przesuując się w dół (rys. 148) ssie do cylindra czyste powietrze przez wentyl wlotowy E. Drugi takt: oba zawory są zamknięte (rys. 149), tłok podnosząc się do góry spręża powietrze w granicach od 30 do 40 at. przy czym temperatura powietrza podnosi się od 500 do 700° C. Trzeci takt: (rys. 150) w górnym, martwym położeniu tłoka zostaje doprowadzone paliwo do dyszy B przez nią wstrzyknięte do cylindra. Paliwo w cylindrze, stykając się z powietrzem o wysokiej temperaturze, zapala się i wytwarza ciśnienie działające na tłok. Czwarty takt: (rys. 151) tłok podnosi się do góry, zawór wylotowy A jest otwarty, spaliny zostają usunięte na zewnątrz. Na cztery takty mamy tylko jeden takt pracy.

Wykres ciśnień 4-taktowego silnika Diesel'a jest przedstawiony na rys. 152.

Paliwo płynne jest wstrzykiwane przez pompkę paliwową, która przechodzi przez dyszę o wielu małych otworkach pod dużym ciśnieniem, wynoszącym kilkaset atmosfer. Takie silniki Diesel'a nazywamy bezkompresorowe.

Wstrzykiwanie paliwa może odbywać się za pomocą sprężonego powietrza i wtedy potrzebny jest kompresor, który da sprężenie powietrza do kilkudziesięciu atmosfer. Taki silnik nazywamy Diesel z kompresorem.

#### Dwutaktowy silnik Diesel'a

Dwutaktowy silnik Diesel'a przedstawiony na rys. 153 jest bez kompresora. Powietrze doprowadzone do cylindra jest sprężane przez pompę A. Tłok pompy B ssie powietrze przez wentyl  $c$  i pod ciśnieniem gazów dochodzi do otworu wylotowego G i odsłania go tak, że gazy spalinowe uchodzą przez ten otwór na zewnątrz. Tenże tłok, przesuując się dalej w dół, odsłania otwór wlotowy F. Powietrze, które znajduje się pod ciśnieniem w kanale D, wchodzi przez ten otwór F do

cylindra. Tłok doszedłszy do dolnego martwego punktu podnosi się i zamyka najpierw otwór wlotowy F, trochę później zaś otwór wylotowy G. Po zamknięciu otworu G tłok spręża powietrze do wysokiego ciśnienia 30 do 40 at. przy wzroście temperatury od 500 do 700° C. Zanim tłok dojdzie do martwego górnego położenia, pompka wstrzykuje paliwo do przestrzeni między tłokiem a cylindrem.

Pod wpływem wysokiej temperatury sprężonego powietrza paliwo zapala się, wywołując ciśnienie, które przenosi się na tłok i wykonuje pracę. Na dwa skoki tłoka mamy jeden skok pracy. Do pierwszego taktu należy wlot i kompresja powietrza — a do drugiego praca i wylot spalin. Dwutaktowe silniki Diesel'a o takiej konstrukcji są łatwiejsze do obsługi, gdyż nie posiadają zaworów, mają więc mniej części, które mogą wywołać uszkodzenie silnika.

Silnikiem pośrednim między silnikiem Diesel'a a wybuchowym są silniki z tzw. głowicą żarową (rys. 154). Takie silniki są budowane jako silniki dwutaktowe. Gdy tłok znajduje się w górnym położeniu, paliwo zostaje wstrzyknięte przez dyszę A na rozżarzoną część głowicy.

Przy zapuszczaniu silnika głowicę rozżarza się za pomocą specjalnego palnika, o konstrukcji podobnej do palników do lutowania, po czym w czasie ruchu głowica jest już stale rozżarzona przez ciepło powstające przy spalaniu paliwa. Silniki te mają bardzo prostą konstrukcję i łatwość obsługi. Jako paliwa używa się tu olei ciężkich. Zastosowanie mają w małych młynach, warsztatach, a także na statkach rybackich.

## ROZDZIAŁ XII

### SILNIKI WIRNIKOWE

#### 1. Koła wodne

Do najprostszych silników wirnikowych zaliczamy między innymi koła wodne. Ciśnienie wody płynącej albo jej ciężar są wyzyskiwane jako siła obracająca koło wodne. Koło składa się z piasty, która jest zamocowana na wale, z wieńca, na którym są łopatki rozmaitych form i z ramion, które łączą piastę z wieńcem. Dawniej całe koła były z drzewa, obecnie koła wodne są najczęściej wykonane z żelaza.

Rozróżniamy trzy rodzaje kół wodnych:

koła podsiębierne,

koła nasiębierne,

połączenie kół podsiębiernych z nasiębiernymi.

a) Koła podsiębierne są to koła, w których siła strumienia wody płynącej naciska na dolne płaskie łopatki koła i przez to obraca je (rys. 155). Obrót koła następuje więc pod wpływem nacisku strumienia płynącej wody. Takie koła podsiębierne stosuje się dla dużej ilości wody o bardzo małym spadku. Przy tych kołach wielkość średnicy dochodzi do sześciu metrów.

b) Koła nasiębierne: Woda jest doprowadzana kanałem do górnych, wklęsłych łopatek koła (rys. 156), wypełnia je i powoduje obrót koła, które następuje pod wpływem działania ciężaru wody.

c) Połączenie kół podsiębiernych z nasiębiernymi. Woda jest doprowadzona do łopatek mniej więcej w połowie wysokości koła i napełniając częściowo łopatki, działa swoim ciężarem na nie, a ponieważ są one zanurzone w strumieniu, przeto są równocześnie naciskane przez prąd wody płynącej (rys. 157). Jak widzimy więc, obrót następuje tu pod wpływem ciężaru, jak też i siły prądu wody.

Koła te są używane przy dużej ilości wody o niedużym spadku.

Koła wodne mają zastosowanie w młynach i tartakach.

#### 2. Turbiny wodne

Koła wodne poruszają się bardzo powoli, co pozwala nam na wykorzystanie energii wody tylko w małym procencie. Turbiny wodne pozwalają nam na wykorzystanie energii wodnej w dużo większym stopniu, gdyż poruszają się o wiele szybciej od kół wodnych. Są one przy tym ekonomiczniejsze, gdyż mała turbina wodna daje moc równą dostarczanej przez olbrzymie koło wodne.

Turbiny mają przeważnie zastosowanie jako silniki napędowe do generatorów elektrycznych.

Przy małym spadku i dużej ilości wody buduje się turbinę Francisca albo też turbinę Kaplana; natomiast przy małej ilości wody o dużym spadku używa się turbiny Peltona, zwanej inaczej kołem Peltona.

Turbina Francisca (rys. 158) składa się z obudowy nieruchomej i wirnika. Wodę przepływającą przez kanały poziome *a*, które są w obudowie, skierowują osadzone w obudowie ruchome łopatki *b* na łopatki ruchomego wirnika *c*. Strumień wody, wpływając na łopatki wirnika, naciska na nie, obracając je wraz z wirnikiem dookoła osi. Łopatki *b*, obracając się w obudowie, regulują ilościowo przepływ wody i nastawiają kąt wypływu strumienia. W zależności od tego wirnik obraca się wolniej lub szybciej.

Turbiny Francisca budowane są jako wolnoobrotowe (od 60 do 125 obrotów na minutę), jako średnioobrotowe (od 125 do 225 obrotów) i jako szybkoobrotowe (od 225 do 450 obrotów).

Wysokość spadku wody dla tych turbin wynosi od 30 do 300 m.

Dla spadku wody od 7 do 30 m są wykonywane turbiny Kaplana, które mają od 450 do 1000 obrotów na minutę (rys. 159).

Wirnik turbinowy Kaplan jest zbudowany na zasadzie śruby okrętowej, składa się z czterech do sześciu łopatek nastawialnych, tak że w turbinie Kaplana ilość obrotów wirnika można regulować przez nastawianie łopatek do wylotu strumienia wody z obudowy turbiny.

Dla bardzo wysokich spadków wody dochodzących nawet do 2.000 m przy małej ilości wody są używane turbiny Peltona. Przy turbinie Peltona (rys. 160) na wieńcu koła znajdują się wklęsłe łopatki *a*, na które jest skierowany strumień wody za pomocą dyszy *b*. Przy małych turbinach jest tylko jedna dysza, przy większych dwie lub więcej dysz. Dla małych turbin koło odlewa się wraz z łopatkami, zaś przy dużych turbinach osobno wykonane łopatki są przymocowane do wieńca śrubami. Powierzchnie tych łopatek muszą być bardzo starannie obrabiane.

Dysza (rys. 161) ma postać rury z nakrywą półkulistą, w której znajduje się otwór. Otwór ten zamykamy lub otwieramy iglicą *c*. Żeby otrzymać większy lub mniejszy strumień wody, nastawia się iglicę ręcznie lub za pomocą samoczynnego regulatora. Obrót koła turbiny będzie tym szybszy im większy będzie strumień wody, wypływającej z dyszy. Dysze wykonuje się ze stali, a iglice ze stali nierdzewnej.

Do obracania turbin i kół wodnych jest zastosowana siła wodna, którą zbieramy w jeziorach, zbiornikach i zaporach, aby potem kanałami lub rurami doprowadzić do turbin lub kół wodnych. Wodę nazywamy wówczas białym węglem.

### 3. Wiatraki

Nie tylko siła wody, ale także siła wiatru od dawna jest wykorzystywana jako źródło energii. Ujemną stroną wiatraków jest to, że siła

wiatru nie jest jednakowa, a tym samym nacisk, jaki wiatr wywiera na powierzchnię prostopadle do swego kierunku, jest zmienny. Poniżej podana jest tabela wiatru jako nacisk na jeden metr kwadratowy w zależności od szybkości wiatru.

Tabela I

Siła wiatru	Szybkość m/s	Określenie	Działanie	Szybkość	Nacisk wiatru kg/m <sup>2</sup>
1	1—2	b. słaby wiatr	drżenie liści	piechura	1
2	4—5	słaby wiatr	poruszanie liści	cyklisty	4
3	7—8	średni	uginanie gałęzi	tramwaju	8
4	10	silny	uginanie konar.	pociągu tow.	12
5	13	bardzo silny	uginanie drzew	samochodu ciężarowego	20
6	15	b. słaba burza	zrywanie liści	pociągu osob.	28
7	18	słaba burza	łamanie m. gałęzi	pociągu posp.	40
8	21	burza	łamanie gałęzi	pociągu mot.	54
9	25	silna burza	łamanie konar.	samochodu	76
10	29	b. silna burza	łamanie drzew	samochodu wyścigowego	103
11	34	orkan	zrywanie dachów	sterowca	141
12	40	silny orkan	niszczenie bud.	samolotu	196

Najpowszechniej znaną maszyną napędzaną przez wiatr jest wiatrak, który na swoim wale posiada osadzone skrzydła zazwyczaj cztery, umieszczone na krzyż. Dawniej skrzydła posiadały obudowę drewnianą, na

którą naciągano płótno żaglowe. Później zastąpiono płótno żaglowe szeregiem płytek drewnianych umocowanych na zawiasach. Płytki te pod wpływem bardzo dużego wiatru obracają się i układają się równolegle do kierunku wiatru. Konstrukcja ta usunęła kłopotliwe ściąganie płótna żaglowego ze skrzydeł wiatraka, co było konieczne, aby uchronić je przed zniszczeniem przy zbyt silnym wietrze. Skrzydła wraz z wałem są obracane poziomo, aby móc nastawić je w zależności od kierunku wiatru. Są urządzenia specjalne, które same nastawiają skrzydła do kierunku wiatru.

Obroty wału wiatraka przenosi się za pomocą zębatej przekładni na maszyny robocze. Przeważnie wiatraki służą do napędu młynów w szczególności w krajach nizinnych. Jeżeli zamiast skrzydeł umieścimy na wale łopatki o specjalnej formie i połączymy je koroną zewnętrzną, to otrzymamy turbiny powietrzne. Takie turbiny są wykonywane ze stali i używane są przeważnie do pomp wodnych, rzadko do napędu generatorów elektrycznych lub transmisji.

#### 4. Turbina parowa

Gdy w maszynie parowej tłok poruszany jest prostolinijnie przez ciśnienie pary w zamkniętym cylindrze, to w turbinie para o wielkiej szybkości przepływu jest skierowana na łopatki, które są zamocowane na tarczy lub bębnie. Para ta, zmieniając na łopatkach kierunek przepływu, oddaje energię kinetyczną, obracając tarczę dookoła osi. Wszystkie części składowe turbiny jak obudowa, w której znajdują się łopatki kierujące, łożyska, wał, tarcza z łopatkami i inne części, które są wysoko natężane i pracują w wysokiej temperaturze, muszą być dokładnie obliczone i wykonane z odpowiednich materiałów. W tabeli Nr. II podano pod jakim ciśnieniem i w jakiej temperaturze znajdują się części składowe turbiny.

Tabela Nr. II

Ciśnienie ata.	Temperatura C <sup>0</sup>
15— 20	320—380
30	370—425
40	400—450
50— 70	450—480
100—120	470—500

Turbiny parowe są jednostopniowe i wielostopniowe. W jednostopniowej turbinie para wychodząc z dyszy z dużą szybkością (kilkaset metrów na sekundę) działa tylko na jeden wieniec łopatek zamocowanych na tarczy, która jest przytwierdzona do wału. Tarcza ta czyli wirnik obraca się z bardzo dużą szybkością od 10.000 do 30.000 obrotów na minutę. Tak wysoka ilość obrotów nie może być bezpośrednio wyzyskana, trzeba tę ilość obrotów przez odpowiednią przekładnię zębatą

zmniejszyć. Przy tej zamianie traci się wiele energii. Żeby temu zapobiec, wykonuje się przeważnie turbiny wielostopniowe, tzn. że na wale zamocowanych jest wiele tarcz z łopatkami, tworząc turbinę wielostopniową. W obudowie między tarczami jest zamocowany wieniec łopatek nie obracających się, zwanych kierownicami. Para jest kierowana w ten sposób, że przechodzi z jednych łopatek tarczy na drugie przez łopatki kierujące, stąd na każdą tarczę działa część szybkości pary. W ten sposób można otrzymać żadaną ilość obrotów przeważnie do 3000 na minutę.

Stopniem turbiny nazywamy zespół składający się z jednej tarczy wirnika i z jednego odpowiadającego wieńca łopatek kierujących.

Pod względem działania pary dzielimy turbiny na: akcyjne czyli stałociśnieniowe i reakcyjne czyli zmiennociśnieniowe.

Turbina akcyjna (rys. 162) jest to taka turbina, w której para rozpręża się tylko na wieńcu łopatek nieruchomych. Następnie para ta przechodzi z wielką szybkością na łopatki wirnika danego stopnia bez rozprężania się. Turbina reakcyjna jest to turbina, w której para rozpręża się zarówno w łopatkach kierujących jak i w łopatkach wirnika. Rys. 163 przedstawia nam łopatki turbiny reakcyjnej. Na rys. 164 przedstawiona jest schematycznie turbina złożona z części akcyjnej i części reakcyjnej. W zależności od tego, czy pary wylotowej z turbiny używamy do celów ogrzewania lub też odprowadzamy ją do kondensatora, mamy turbiny przeciwpiężne i kondensacyjne.

Obudowa turbiny jest zrobiona przeważnie z odlewu stalowego lub żeliwa i ma bardzo skomplikowane formy. Tarcze i wał, tworzą wirnik i mogą być w rozmaity sposób ze sobą składane. Uszczelnienie wału w obudowie jest przeważnie labiryntowe. Łopatki i tarcze wyrabia się ze stali specjalnej. Wał z tarczami po zmontowaniu jest dokładnie wyważony. Zastosowanie turbin jest bardzo duże jak np. do generatorów, pomp odśrodkowych, kompresorów itp. Turbina ma więcej zalet niż maszyna parowa, ponieważ ma mniejsze straty na tarcie z powodu braku układu korbowego. Dla tej samej mocy turbina jest lżejsza od maszyny parowej. Turbina nie może być w ruch wprowadzona pod obciążeniem. Podobnie jak maszynę parową, trzeba również turbinę przed puszczeniem w ruch ogrzać parą.

#### 5. Turbina gazowa

W ostatnich czasach zaczęto stosować turbiny gazowe. Turbina gazowa jest silnikiem bardzo podobnym do turbiny parowej, przy czym tutaj do poruszania łopatek jest użyta energia gorących gazów, powstałych ze spalania jakiegoś paliwa. Paliwo zostaje spalane w specjalnej komorze spalania przy pomocy palników. Do rozpylania paliwa i utworzenia mieszanek palnej używa się powietrza o ciśnieniu kilku at., którego dostarcza nam sprężarka sprzęgnięta zazwyczaj bezpośrednio z turbiną gazową.

Gazy powstałe po spalaniu mają prężność kilkudziesięciu at. i dość znaczną temperaturę około 1500<sup>0</sup>. Dla zmniejszenia tej temperatury



mieszamy te gazy z powietrzem przed doprowadzeniem do turbiny, bo inaczej zaszłoby przepalenie łopatek turbiny. Temperatura mieszaniny gazów przy wejściu do turbiny wynosi około  $500^{\circ}$  i prężność kilku at. Zaletą turbiny gazowej jest całkowite ominięcie dość dużej instalacji kotła do otrzymywania pary. Jednakowoż wskutek ograniczenia temperatury gazów doprowadzonych do turbiny ze względu na wytrzymałość łopatek, turbiny gazowe są narazie na początku swego rozwoju.

## ROZDZIAŁ XIII

### SILNIKI ELEKTRYCZNE

(Ogólne wiadomości)

#### 1. Silniki na prąd stały

W budowie swojej silnik prądu stałego nie różni się niczym od prądnicy. Jest jednak między nimi zasadnicza różnica w pracy. Prądnica bowiem uzyskaną od silnika pracę mechaniczną zamienia na prąd elektryczny, silnik elektryczny zaś przeciwnie pobiera prąd elektryczny a oddaje pracę mechaniczną maszynie roboczej.

Rys. 165 przedstawia silnik cztero-biegunowy. Prąd sieci elektrycznej dochodzi do zacisków silnika A, B, skąd płynie do komutatora K przez szczotki i idzie dalej do uzwojenia wirnika W. Prąd obiegając uzwojenie wytwarza w nim pole magnetyczne, podobnie jak prąd, który obiega uzwojenie magnesu. Pola magnetyczne biegunów i wirnika działają na siebie z siłą, która powoduje obrót wirnika i wydanie przez niego pracy. Kierunek obrotu silnika zależy od załączenia prądu do biegunów i do wirnika. Jeżeli przyłączymy między sobą końcówki doprowadzające prąd do wirnika, to silnik będzie się obracał w odwrotną stronę. Kierunek obrotu zmieni się również, jeżeli zamienimy ze sobą końcówki przewodów, doprowadzających prąd do magnesów.

Bezpieczniki chronią silnik przed zbyt wielkim prądem, który mógłby silnik uszkodzić. Wylącznik służy do ręcznego załączania i wyłączania prądu. Może nim być też wylącznik automatyczny, który w razie zbyt dużego prądu wyłącza samoczynnie. Żeby silnik puścić w ruch, musi się w obwód prądu włączyć opór zwany rozrusznikiem. Bez niego silnik jeszcze nie będący w ruchu pobrałby zbyt wielki prąd i mógłby ulec uszkodzeniu. Rozrusznik jest to opór ograniczający prąd. W miarę jak silnik nabiera coraz większych obrotów prąd jego maleje i w miarę tego i jego siła. Wtedy przez pokręcenie korbą rozrusznika zmniejszamy jego opór, przez co prąd i siła silnika wzrastają, a wyłączamy go zupełnie gdy silnik osiągnie ilość obrotów niewiele mniejszą od normalnych. Zwykle rozrusznika nie można zbyt długo trzymać pod prądem, gdyż jest on obliczony na prąd krótko trwający i po dłuższym czasie mógłby się przepalić.

Silniki prądu stałego, podobnie jak i prądnice, dzielą się na silniki bocznikowe, szeregowo i szeregowo-bocznikowe, zwane również dozwojonymi.

##### a) Silnik bocznikowy

Silnik bocznikowy przedstawiony na rys. 165. Ma on odgałęzienia prądu magnesów oznaczone literami C i D wzięte z zacisków głównych

przewodzących prąd do szczotek. Te zaciski oznacza się zwykle na silniku literami A i B.

W obwód prądu magnesów włączony jest jeszcze opornik korbkowy oznaczony literami *t*, *s*. Służy on do regulacji ilości obrotów silnika. Jeżeli korbkę *s* pokreślić w prawo (według rys. 165) to zmniejsza się opór, a powiększy się prąd w obwodzie magnesów. To zaś sprawia zmniejszenie się obrotów silnika. Gdy przeciwnie zmniejszamy prąd przez obracanie korbką *s* w lewo, to obroty wzrastają. Gdyby korbkę *s* przesunąć w lewo poza opór tak, aby nastąpiła przerwa w obwodzie magnesów, to prąd przestalby płynąć i nastąpiłby niebezpieczny dla silnika wzrost ilości obrotów. Dlatego przy regulatorze obrotów silnika tego typu na końcu opornika znajduje się kołek ograniczający ruch korby.

Schemat silnika bocznikowego (rys. 166) nie wymaga specjalnego objaśnienia (patrz rys. 165).

Korba rozrusznika L na rys. 166 odpowiada pozycji dla silnika będącego w ruchu. Po zatrzymaniu silnika korba musi być przesunięta w lewo i w dół do pozycji na rozruch, ażeby przy następnym puszczeniu silnika w ruch, cały opór rozrusznika był załączony w szereg z wirnikiem.

## b) Silnik szeregowy

Uzwojenie magnesów w silniku szeregowym (rys. 167) jest połączone w szereg z uzwojeniem wirnika, więc cały prąd pobierany przez motor przechodzi przez magnesy, dlatego wzrost prądu pobieranego przez silnik jest równocześnie wzrostem prądu w uzwojeniach magnesów, co jak wiadomo powoduje spadek ilości obrotów. Jeżeli obciążenie silnika jest małe to pobiera on mały prąd, zaś mały prąd magnesów sprawia, że ilość obrotów silnika jest duża. Dlatego też silnika tego nie można puszczać luzem, bo się rozbiegnie i może ulec uszkodzeniu. Przy zastosowaniu go do napędu za pośrednictwem koła pasowego, pas musi być całkowicie zabezpieczony przed spadnięciem.

Przedtem opisany silnik bocznikowy cechował się tym, że jego obroty raz nastawione niewiele się zmniejszały pod wpływem wzrostu obciążenia. Silnik szeregowy natomiast zwalnia bardzo silnie, gdy jego obciążenie, więc i prąd pobierany rośnie. Typowym przeto silnikiem dla warsztatów i napędu transmisji będzie silnik bocznikowy.

Natomiast silnik szeregowy znajduje zastosowanie do napędu maszyn takich, gdzie nie szkodzi zwalnianie biegu silnika, jak to ma miejsce przy lokomotywach elektrycznych czy tramwajach, gdzie samoczynne zwalnianie ma miejsce przy jeździe pod górę. Zwalnianie biegu silnika wpływa tutaj korzystnie, gdyż moc silnika przy jeździe pod górę nie wzrasta nadmiernie, co sprawiłoby jego nadmierne przeciążenie i rozgrzanie. Duży prąd silnika przy jeździe pod górę wywołuje w magnesach silny strumień magnetyczny. Siła zaś motoru zależy nie tylko od prądu w wirniku, lecz i od wielkości strumienia magnetycznego. Ponieważ przy zmniejszaniu się ilości obrotów, obie te wielkości wzrastają, więc silnik ten wykazuje bardzo dużą siłę zarówno przy małych obrotach jak również i przy rozruchu, gdzie chodzi o szybkie prześpieszenie jazdy.

W poprzednio rozpatrywanym silniku bocznikowym, prąd w magnesach, a więc i strumień jest naogół stały, a zatem wzrost siły motoru zależał tylko od wzrostu prądu w wirniku. Do nastawiania ilości obrotów służą regulatory. Stosuje się dwa sposoby regulacji obrotów silnika szeregowego, a mianowicie regulację obrotów w dół i w górę.

Regulacja obrotów w dół dokonywana jest za pomocą opornika włączonego w szereg z wirnikiem i rozrusznikiem. Druty tego opornika są grubsze od drutów rozrusznika, ażeby ten opór mógł stale wytrzymać prąd. Przez włączanie oporu zmniejsza się ilość obrotów silnika.

Regulacja obrotów w górę odbywa się przez włączenie opornika równoległe do uzwojenia magnesów, czyli tzw. upustu, co przedstawia rys. 168. Na końcówki magnesów załączony jest upust, który odgałęzia od magnesów część prądu głównego. Im więcej zmniejsza się opór upustu przez przesuwanie korbki, tym większy prąd płynie przez upust, a tym mniejszy przez magnesy, co powoduje wzrost obrotów.

Istnieją jeszcze motory tzw. dozwojone, w których uzwojenie magnesów jest złożone z uzwojenia szeregowego i bocznikowego. Uzwojenie bocznikowe zawiera wiele zwojów cienkich drutów, zaś uzwojenie szeregowie ma niewiele zwojów z drutu grubego, bo prowadzi cały prąd główny. Zależnie od stosunku tych dwu uzwojeń do siebie obroty tego silnika mogą przy wzroście obciążenia maleć, być zupełnie stałymi, lub wreszcie mogą rosnać. Silnik ten ma zastosowanie do specjalnych celów.

## 2. Silniki na prąd zmienny

### a) Silniki jedno- i trójfazowe

Silniki jedno-fazowe zwykle są rzadko używane, bo przy załączeniu prądu nie ruszają same i trzeba je wpięć obrócić. Wyrabia się je tylko do małych mocy. Przy większych silnikach jedno-fazowych daje się fazę pomocniczą, która umożliwia puszczenie silnika w bieg. Po rozruchu fazę pomocniczą wyłącza się.

Największe zastosowanie mają silniki trójfazowe. Prąd doprowadza się trzema przewodami do uzwojeń fazowych stojana (rys. 169). Prąd ten wytwarza obrotowe pole magnetyczne, które indukuje prąd w uzwojeniu wirnika. Wirnik posiada uzwojenie podobne do uzwojenia stojana. Prąd wirnika wytwarza swoje pole magnetyczne. Działanie na siebie tych dwóch pól daje siłę obracającą silnik. Jak widać z rys. 169, jedno końce uzwojeń wirnika są połączone ze sobą, drugie zaś końce są doprowadzone do pierścieni, a z nich za pośrednictwem szczotek do trójfazowego rozrusznika. Prądy każdej fazy po przejściu przez ramiona korby schodzą się w jednym punkcie i znoszą się zupełnie, gdyż każda faza silnika pobiera jednakowy prąd.

Gdyby nie było rozrusznika, a końce uzwojeń wirnika były spięte, na krótko, to przy puszczeniu w ruch, gdy silnik jeszcze stoi, lub zaczyna ruszać, stojan pobierałby z siebie prąd kilka razy większy od normalnego i silnik miałby małą siłę. Przez włączenie oporu nie tylko że

prąd pobierany zmniejsza się, ale również zwiększa się siła z jaką silnik rusza. W miarę zwiększania się ilości obrotów silnika, opór rozrusznika wyłącza się stopniowo przez pokręcenie korwą rozrusznika. Po zupełnym wyłączeniu oporu, obróceniem korby znajdującej się przy pierścieniach zwraca się je na krótko, przy równoczesnym podniesieniu szczotek, żeby niepotrzebnie nie tarły o pierścienie. Dalej silnik biegnie już z uzwojeniem wirnika zwartym. Opisany silnik nazywa się silnikiem pierścieniowym, w odróżnieniu od innego silnika trójfazowego, zwanego krótkozwartym.

#### b) Silnik asynchroniczny

Silnik krótkozwarty różni się tylko tym od poprzedniego, że jego wirnik nie ma pierścieni, jest zwarty i dlatego jest bardzo prosty. W żłobkach pakietu blach siedzą izolowane pręty miedziane, które na obu końcach są przylutowane do obręczy miedzianych. Wytwarzający się w wirniku prąd płynie tylko przez pręty od jednej do drugiej obręczy. Z powodu swej prostoty silnik krótkozwarty jest tani, ale ma tę wadę, że w chwili rozruchu pobiera prąd 6 razy większy od normalnego. To powoduje miganie światła w pobliskiej sieci elektrycznej, dlatego przepisy zabraniają załączenia wprost na sieć silników o większej mocy niż kilka koni mechanicznych, bez specjalnych dodatkowych urządzeń.

Silniki trójfazowe są tanie w porównaniu do silników prądu stałego, są łatwe w obsłudze, mogą być szczelnie zamknięte, gdy mają pracować w kurzu lub wilgoci, nie można tylko regulować ich obrotów, w sposób wygodny i tani, tak jak przy motorach prądu stałego. Kierunek obrotów silnika trójfazowego można zmienić przez przełączenie którychkolwiek dwóch doprowadzeń prądu. Pod wpływem obciążenia obroty tych silników nieco maleją i przy normalnym obciążeniu są o kilka % niższe od obrotów przy biegu luzem. Z powodu tego spadku obrotów, zwanego poślizgiem, przy obciążeniu silniki prądu zmiennego dotychczas opisane nie obracają się z tą samą ilością obrotów co pole obrotowe prądu trójfazowego. Innymi słowy nie obracają się synchronicznie z polem, dlatego nazywają się silnikami asynchronicznymi.

#### c) Silnik synchroniczny

Przeciwieństwem tych silników jest silnik synchroniczny na prąd zmienny. Obroty tego silnika są stałe i niezależne od obciążenia, a nawet przy przeciążeniu. Jeżeli go zbyt mocno przeciążymy i obroty zaczną maleć, to silnik stanie i trzeba go na nowo puścić w ruch. Silnik ten ma magnesy zasilane prądem stałym i w budowie swej nie różni się niczym od prądnicy. Obroty silnika synchronicznego są określone częstotliwością zmian prądu i ilością posiadanych biegunów. Silnik ten jest droższy niż silnik asynchroniczny, do swego ruchu wymaga dwóch prądów, zmiennego i stałego, oraz jest kłopotliwy w obsłudze, zwłaszcza przy puszczeniu w ruch. Buduje się go tylko do wielkich mocy i stosuje tam, gdzie zachodzi potrzeba zupełnie stałych obrotów.

#### d) Silniki kolektorowe (komutatorowe)

W wielu wypadkach jak w kolejnictwie elektrycznym, przy napędzie wind, dźwignic fabrycznych i portowych, oraz wyciągów kopalnianych i innych maszyn, potrzeba silników o dużej i dogodnej zmianie obrotów. Nie zawsze możemy stosować silniki na prąd stały, bo w sieciach publicznych mamy prawie wyłącznie prąd zmienny, który się lepiej nadaje do przesyłania niż prąd stały. W tych wypadkach stosuje się silniki kolektorowe. Silnik kolektorowy ma wirnik podobny do wirnika silnika prądu stałego. Stojan tego silnika nie posiada magnesów, lecz jest tak zbudowany, jak stojan silnika jedno- lub trójfazowego asynchronicznego; stąd też silniki kolektorowe są jedno- i trójfazowe.

Rys. 170 przedstawia najprostszy silnik kolektorowy, szeregowy, jednofazowy, bo uzwojenie stojana jest połączone w szereg z uzwojeniem wirnika. Zachowuje on się podobnie jak silnik szeregowy prądu stałego; a więc obroty jego również silnie maleją ze wzrostem obciążenia. Przy rozruchu pobiera zbyt duży prąd, dlatego puszcza go się w ruch przy pomocy transformatora rozruchowego. Podobnie jak przy silniku szeregowym prądu stałego, tak i tutaj przez wirnik przechodzi ten sam prąd co i przez magnesy, wytwarzając w magnesach i wirniku strumienie magnetyczne, dające siłę obracającą silnik. A że zmiany prądu zarówno w magnesach, jak i w wirniku odbywają się równocześnie, więc nie wpływa to zupełnie na kierunek obrotów silnika. Znalazł on duże zastosowanie w kolejach elektrycznych, bo ma tę zaletę w stosunku do silników trójfazowych, że doprowadzenie prądu odbywa się przy pomocy tylko jednego przewodu napowietrznego, drugim natomiast przewodem są szyny.

Innym typem silnika kolektorowego jest silnik repulsyjny (rys. 171). Prądem zmiennym jednofazowym zasila się tu tylko stojan. W wirniku prąd wytwarza się pod wpływem indukcji elektromagnetycznej i jest zwracany na krótko przez szczotki na komutatorze. Kierunek obrotów można zmieniać przez przesunięcie szczotek.

Obsługa silników kolektorowych, podobnie jak i silników prądu stałego jest trudniejsza, niż silników asynchronicznych. Trudność tę powoduje komutator i szczotki wywołujące iskrzenie, głównie przy rozruchu i przy przeciążeniu. Iskrzenie powstaje również, gdy szczotki są niedotarte lub komutator wytarty i nierówny, lub gdy szczotki są z nieodpowiedniego gatunku węgla. Iskrzenie może występować z innych jeszcze powodów.

Celem zmniejszenia iskrzenia daje się w maszynach prądu stałego bieguny pomocnicze. Są to małe bieguny znajdujące się pomiędzy biegunami głównymi. W silnikach kolektorowych daje się w tym celu dodatkowe uzwojenie.

# S P I S R Z E C Z Y

str.

## Rozdział I

Części maszyn do zamiany ruchu prostoliniowego na ruch obrotowy	3
1. Mechanizm korbowy . . . . .	3
2. Korba . . . . .	3
3. Korbowody . . . . .	4
4. Wodzik (krzyżulec) . . . . .	5

## Rozdział II

Części maszyn ruchu prostoliniowego	6
1. Tłoki . . . . .	6
a) Tłoki tarczowe . . . . .	6
b) Tłoki rurowe . . . . .	6
c) Uszczelnianie . . . . .	7
2. Tłoczysko . . . . .	8
3. Dławik . . . . .	8

## Rozdział III

Części maszyn do przyjmowania i odprowadzania cieczy i gazów	10
1. Cylinder . . . . .	10
a) Cylinder maszyny parowej . . . . .	10
b) Cylinder silników spalinowych . . . . .	10
2. Zawory, zasuwy i kurki . . . . .	11
a) Zawór . . . . .	11
b) Zasuwa . . . . .	12
c) Kurek . . . . .	12
3. Jednostki techniczne . . . . .	13

## Rozdział IV

Maszyny robocze . . . . .	15
1. Części i urządzenia pomocnicze . . . . .	15
a) Liny . . . . .	15
b) Liny stalowe . . . . .	16
c) Łańcuchy . . . . .	16
d) Haki i chwytaki . . . . .	17
e) Hamulec taśmowy albo szczękowy . . . . .	17
f) Dźwignia . . . . .	18
g) Równia pochyła . . . . .	19

## II

Rozdział V		str.
Maszyny dźwigowe (dźwignice)		20
1. Drażek		20
2. Krażek stały		20
3. Wielokrażek		20
4. Ciągnik ślimakowy		22
5. Podnośnik		22
a) Podnośnik zębatkowy		22
b) Podnośnik śrubowy		22
6. Windy		23
7. Windy o przekładni zębatej		23
8. Ręczne poruszanie korby		23
9. Bęben pionowy		24
10. Żurawie		24
11. Suwnice		25

## Rozdział VI

Maszyny transportowe (przenoszące)	26
1. Przenośnik ślimakowy	26
2. Przenośnik taśmowy	26
3. Elewator	27
4. Kolejki linowe	27

## Rozdział VII

Maszyny robocze hydrauliczne	28
1. Pompy	28
2. Rodzaje pomp	28
3. Działanie pompy	28
4. Pompa tłokowa	29
5. Pompy nurowe	29
6. Pompa membranowa	30
7. Pompa mamut	30
8. Pompy injektorowe (smoczki)	31
9. Pompa zębata	31

## Rozdział VIII

Sprężarki — Kompresory	32
------------------------	----

## Rozdział IX

Maszyny wirnikowe	33
1. Pompa odśrodkowa	33
2. Sprężarki	33

## Rozdział X

Źródła energii	35
----------------	----

## III

	str.
1. Para	35
2. Paliwa	36
3. Kotły	36
a) Kocioł walczakowy	37
b) Kotły płomienicowe	37
c) Kotły ognio-rurkowe	37
d) Kotły wodno-rurkowe	38
4. Prądnice	38
5. Rodzaje prądnic prądu stałego	41
a) Prądnica o wzbudzeniu obcym	41
b) Prądnica bocznikowa	41
c) Prądnica szeregową	42
d) Prądnica szeregowo-bocznikowa	42
6. Prądnice prądu zmiennego	42
7. Sprężone powietrze	44
8. Ciecze	44
9. Generatory gazowe	44
10. Gaźniki	45

## Rozdział XI

Silniki tłokowe	47
1. Maszyna parowa	47
a) Opis maszyny parowej tłokowej	47
b) Sterowanie	47
c) Przebieg pracy w cylindrze	48
d) Przebieg pracy w maszynie o sterowaniu zaworowym (wentylowym)	49
e) Wykres ciśnienia pary (diagram)	49
f) Koło zamachowe i regulator	50
2. Rodzaje maszyn	51
3. Silniki spalinowe	52
a) Działanie silnika wybuchowego	52
b) Silniki wybuchowe z gaźnikiem	54
c) Dwutaktowy silnik wybuchowy	54
4. Silnik Diesel'a	55

## Rozdział XII

Silniki wirnikowe	57
1. Koła wodne	57
a) Koła podsiębierne	57
b) Koła nadsiębierne	57
c) Połączenie kół podsiębiernych z nadsiębiernymi	57
2. Turbiny wodne	57
3. Wiatraki	58
4. Turbina parowa	60
5. Turbina gazowa	61

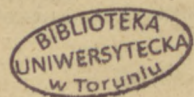
## Rozdział XIII

	str.
Silniki elektryczne . . . . .	63
1. Silniki na prąd stały . . . . .	63
a) Silnik bocznikowy . . . . .	63
b) Silnik szeregowy . . . . .	64
2. Silniki na prąd zmienny . . . . .	65
a) Silniki jedno- i trójfazowe . . . . .	65
b) Silnik asynchroniczny . . . . .	66
c) Silnik synchroniczny . . . . .	66
d) Silniki kolektorowe . . . . .	66
Spis rzeczy . . . . .	I-IV

PODRECZNIKI DLA

MASZY

Z



BIBLIOTEKA ŻOŁNIERSKA  
PODRECZNIKI DLA DOKSZTAŁCAJĄCYCH SZKÓŁ ZAWODOWYCH  
Nr 13

Inż. ZYGMUNT PYSZEL

# MASZYNOZNAWSTWO

Wydanie drugie

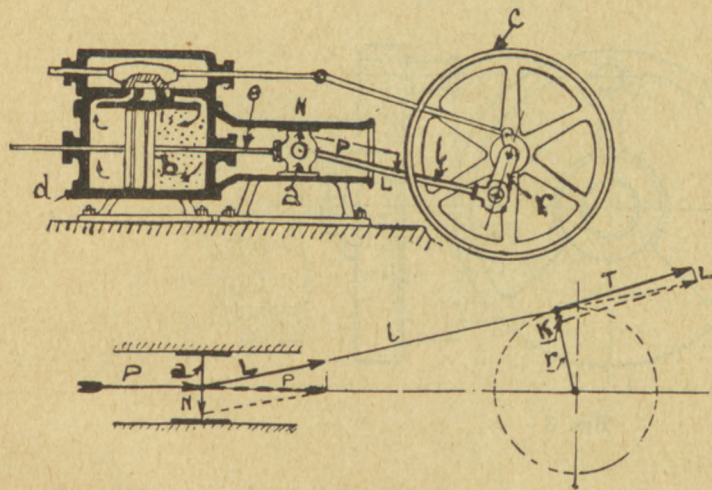
ZBIÓR RYSUNKÓW



WSZECHŚWIATOWY KOMITET  
ZWIĄZKÓW MŁODZIEŻY  
CHRZEŚCIJAŃSKIEJ W GENEWIE  
S Z W A J C A R I A

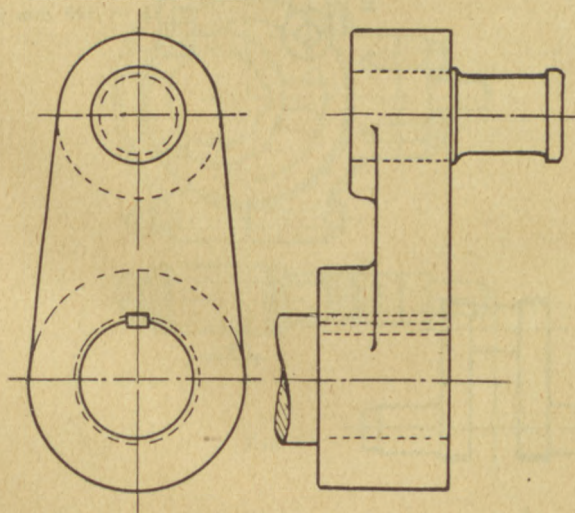
ZBIÓR RYSUNKÓW



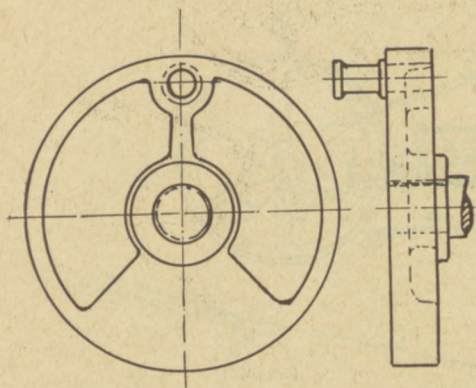


Rys. 1 Układ korbowy maszyny parowej

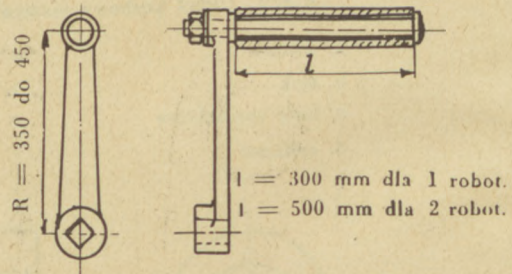
- |                   |             |
|-------------------|-------------|
| a. wozik          | e. tłoczyko |
| b. tłok           | l. korbowód |
| c. koło zamachowe | r. korba    |
| d. cylinder       |             |



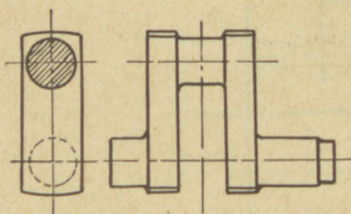
Rys. 2



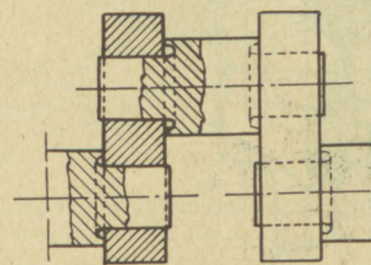
Rys. 3



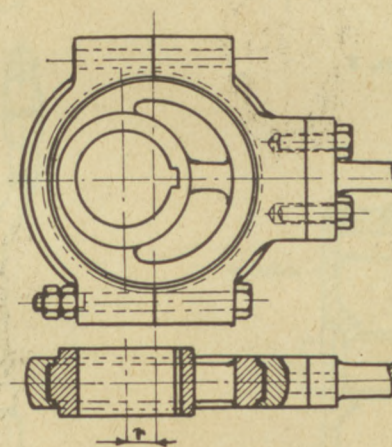
Rys. 4



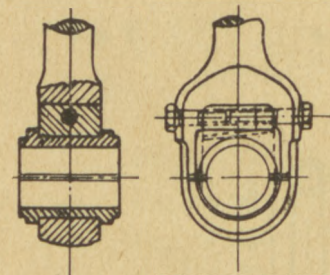
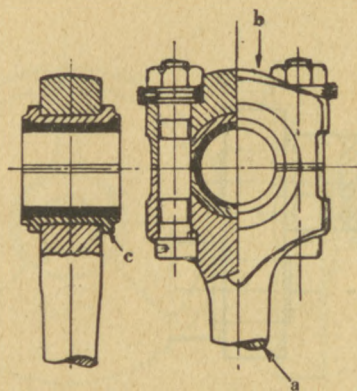
Rys. 5



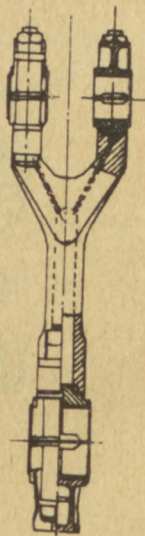
Rys. 6



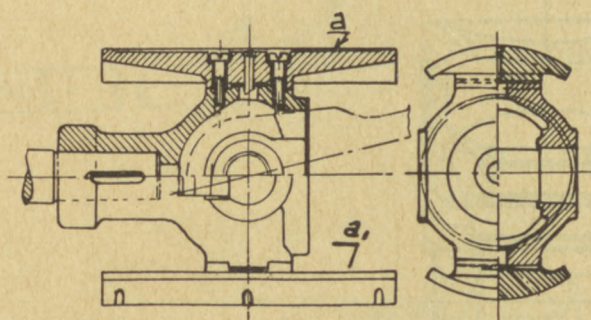
Rys. 7



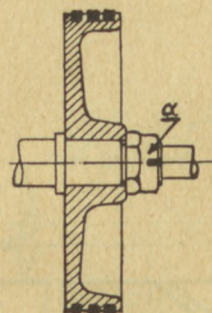
Rys. 8



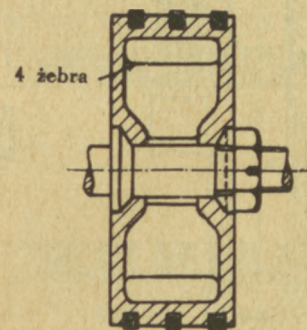
Rys. 9



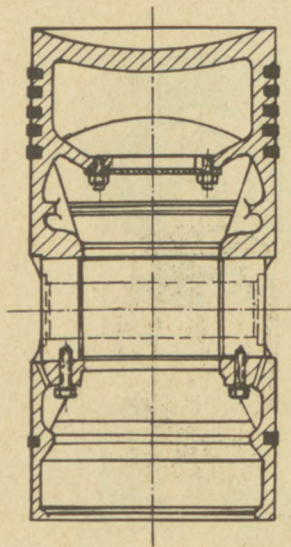
Rys. 10



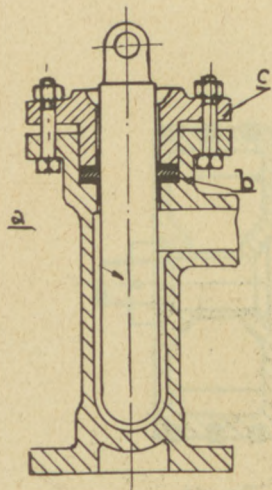
Rys. 11



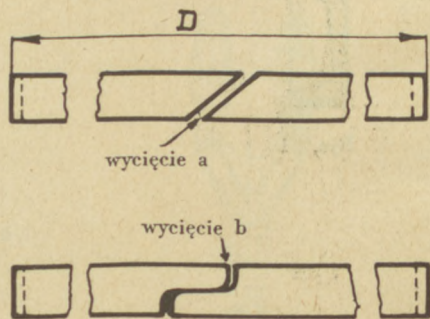
Rys. 12



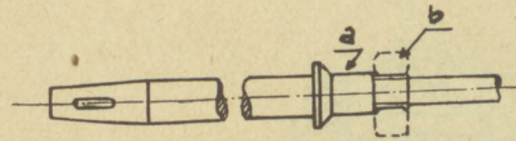
Rys. 13



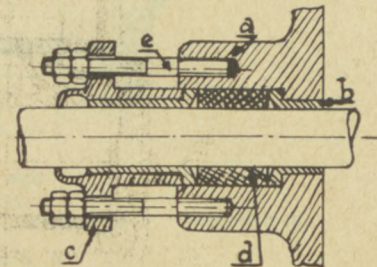
Rys. 15



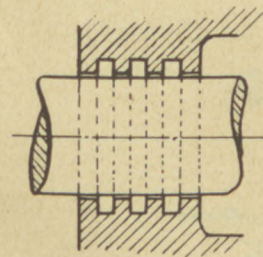
Rys. 14



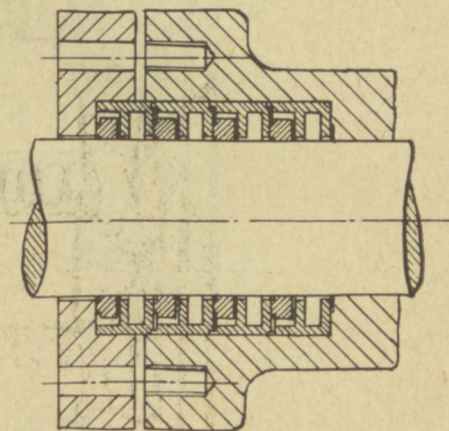
Rys. 16



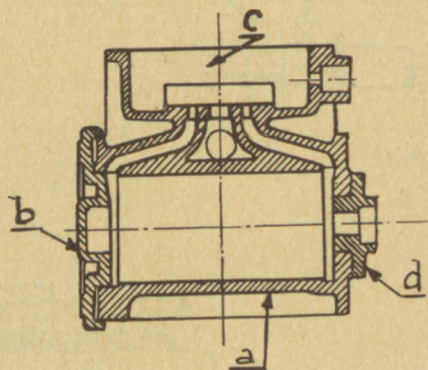
Rys. 17



Rys. 18

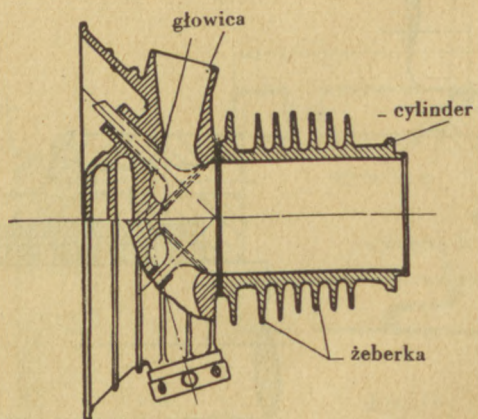


Rys. 19

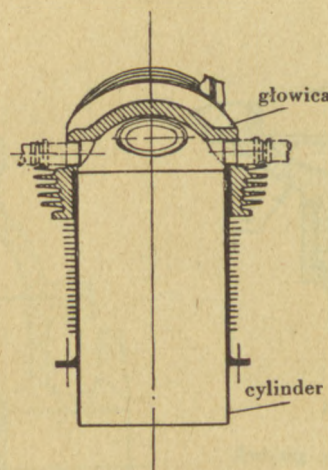


Rys. 20

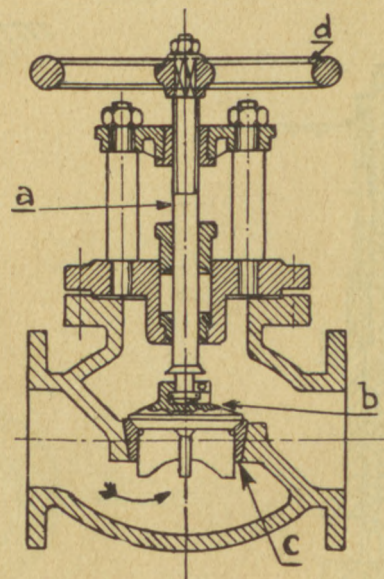
a. cylinder    b. pokrywa    c. skrzynka suwakowa  
d. dławik



Rys. 21

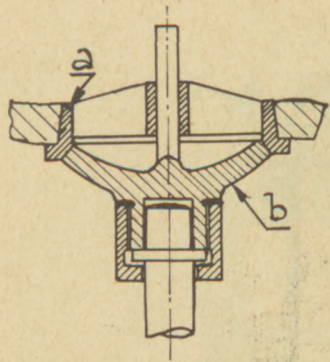


Rys. 22



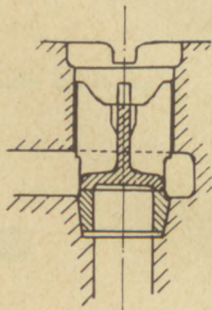
Rys. 23

a. wrzeciono    b. grzybek    c. siedzisko    d. kółka

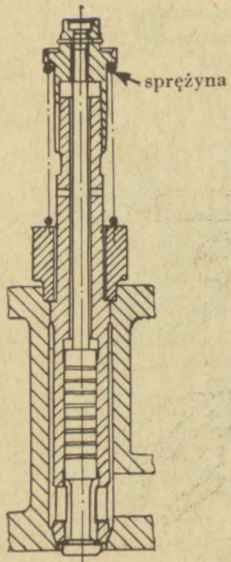


Rys. 24

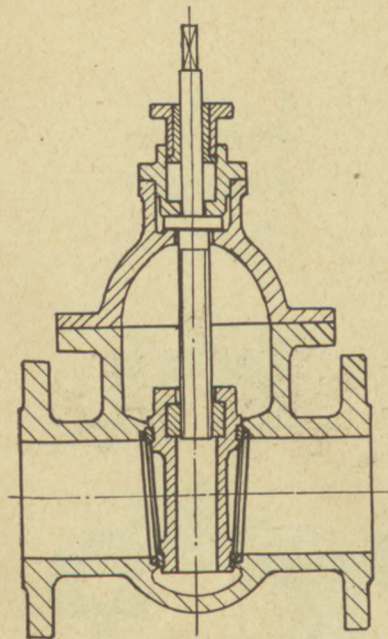
a. siedzisko b. grzybek



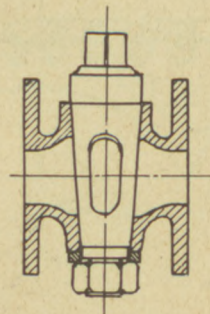
Rys. 25



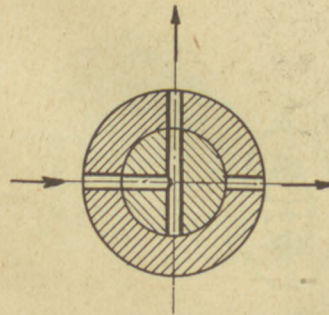
Rys. 26



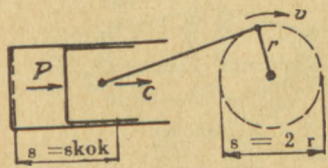
Rys. 27



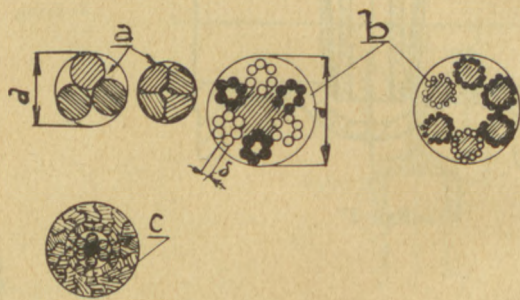
Rys. 28



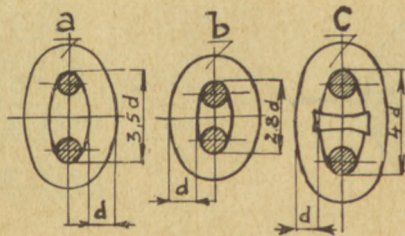
Rys. 29



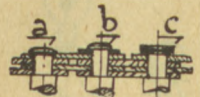
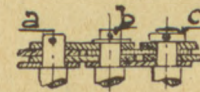
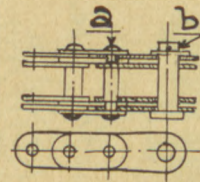
Rys. 30



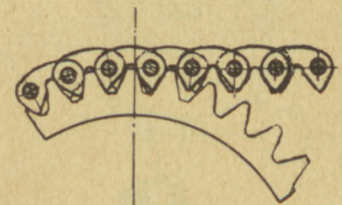
Rys. 31



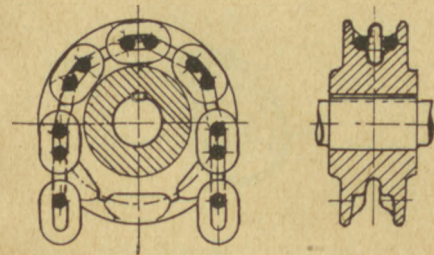
Rys. 32



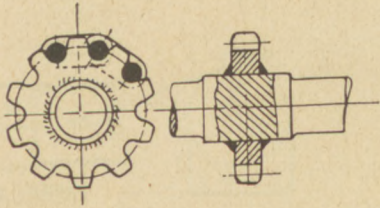
Rys. 33



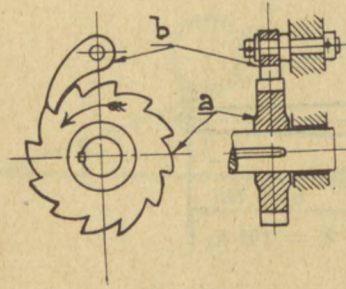
Rys. 34



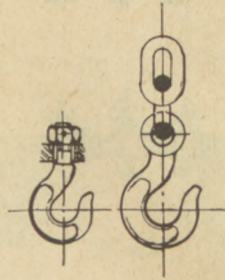
Rys. 35



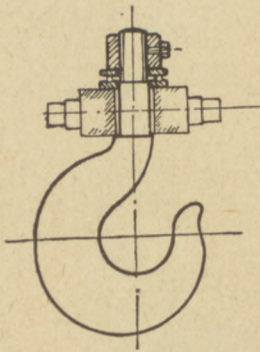
Rys. 36



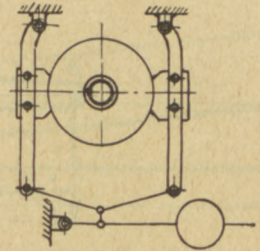
Rys. 39



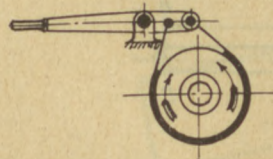
Rys. 37



Rys. 38

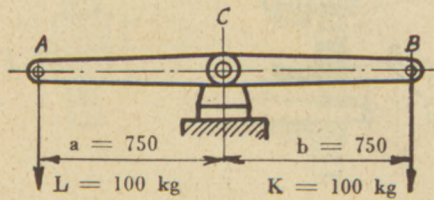


Rys. 40

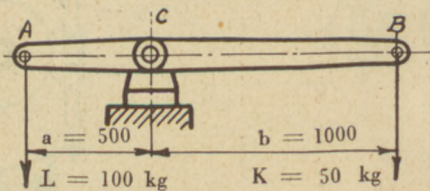


Rys. 41

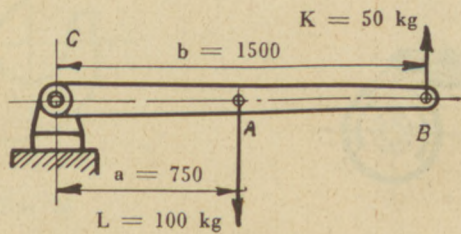




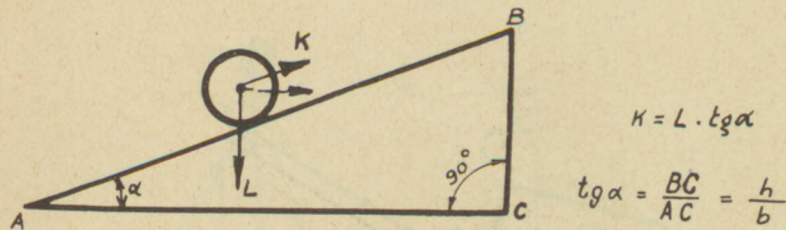
Rys. 42



Rys. 43

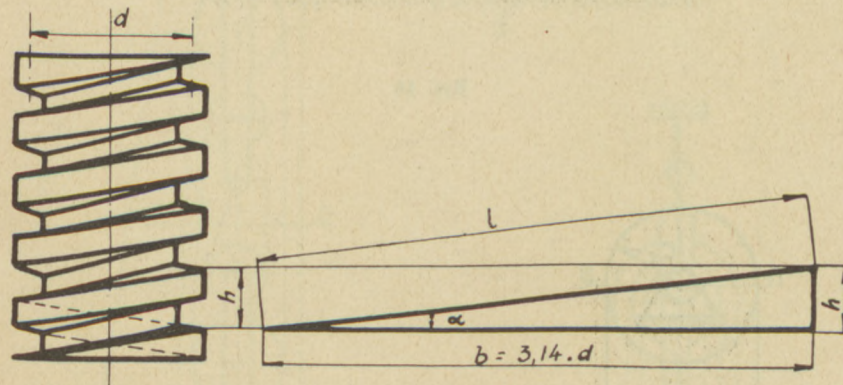


Rys. 43 a

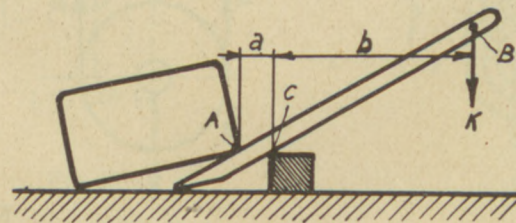


$$K = L \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

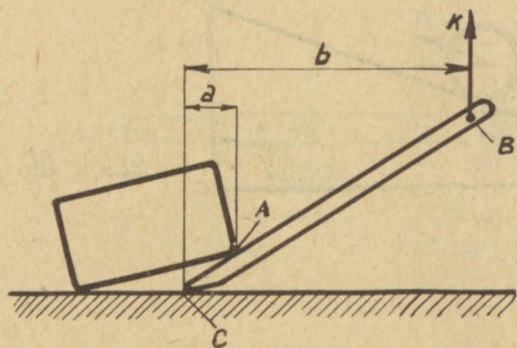
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BC}{AC} = \frac{h}{b}$$



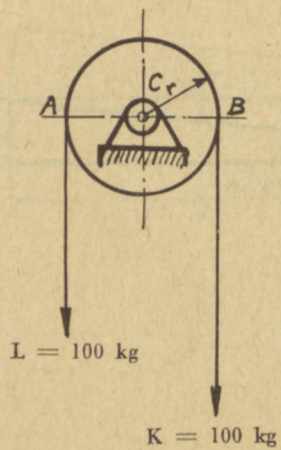
Rys. 44



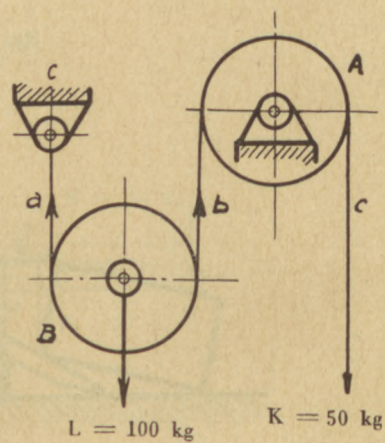
Rys. 45



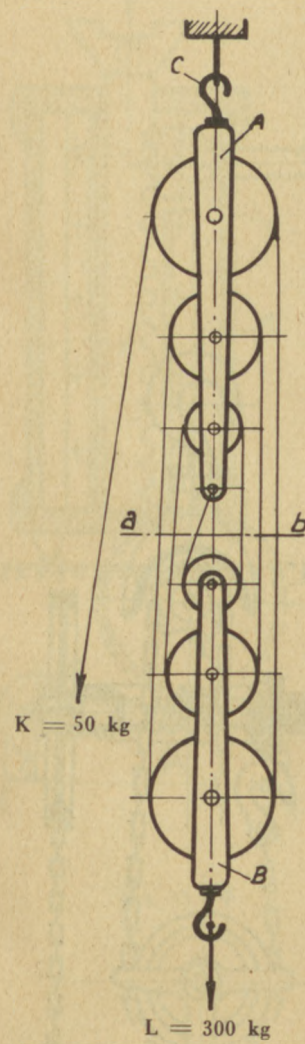
Rys. 46



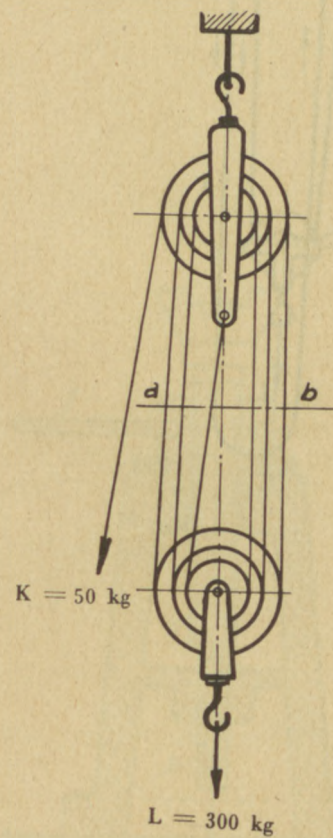
Rys. 47



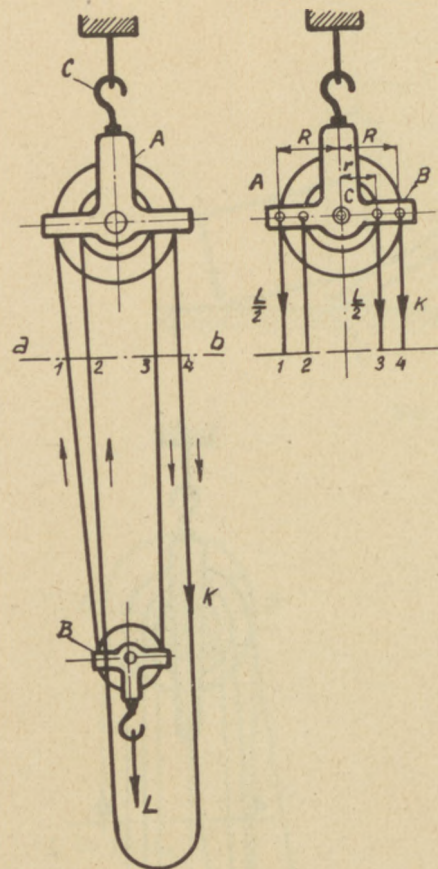
Rys. 48



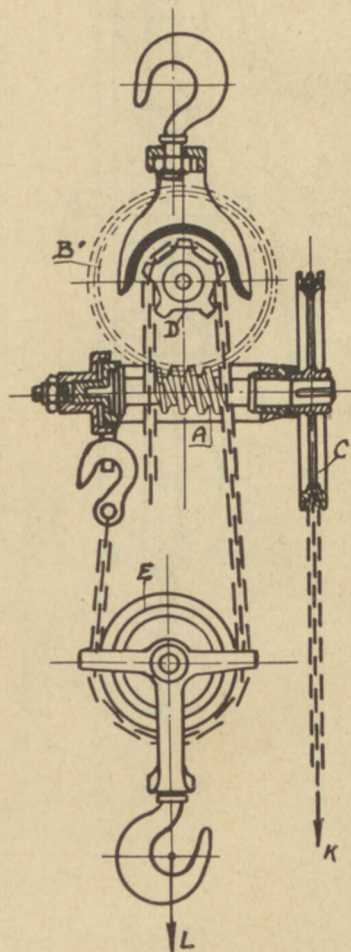
Rys. 49



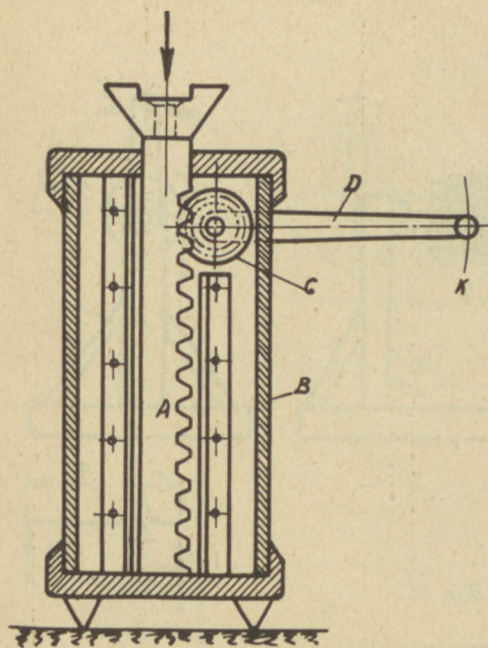
Rys. 50



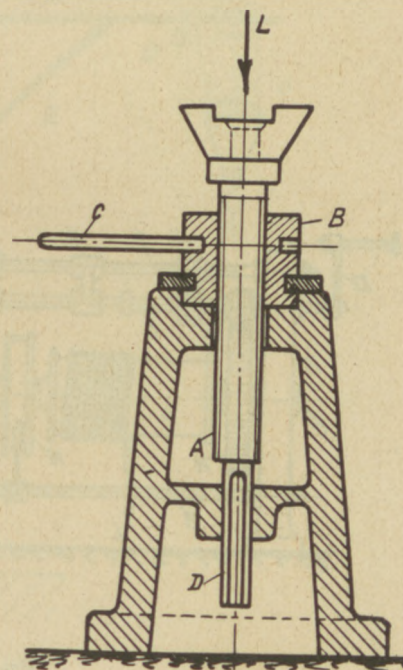
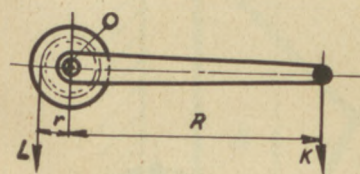
Rys. 51



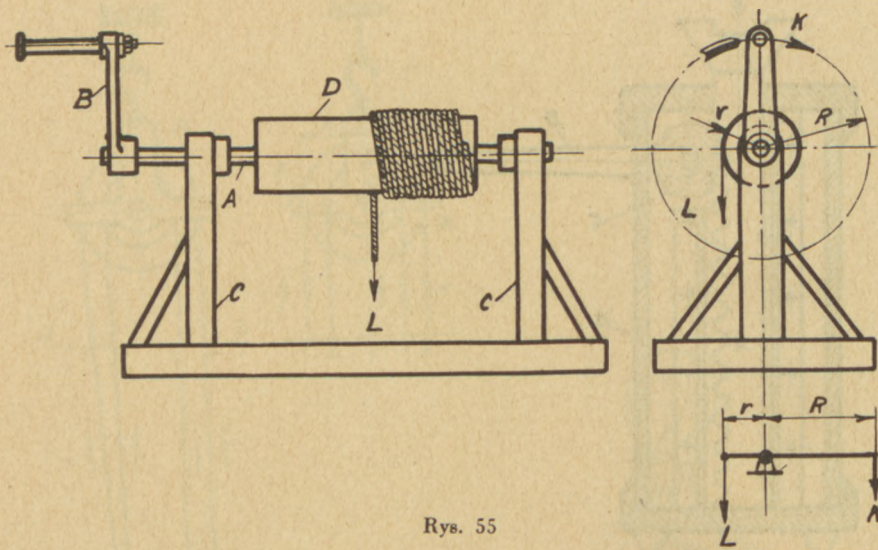
Rys. 52



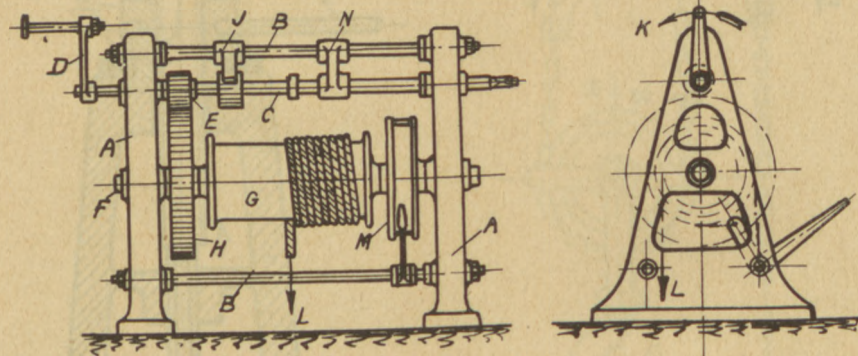
Rys. 53



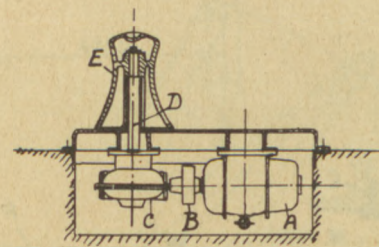
Rys. 54



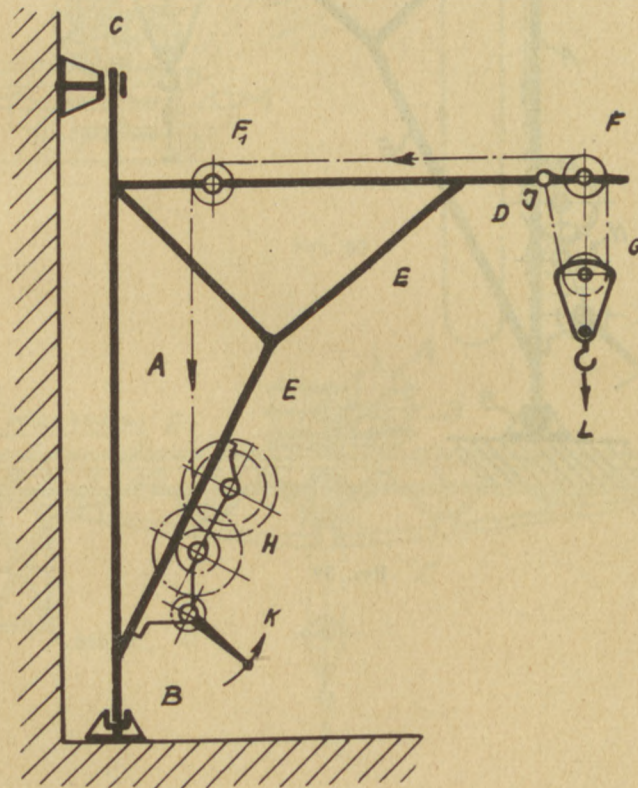
Rys. 55



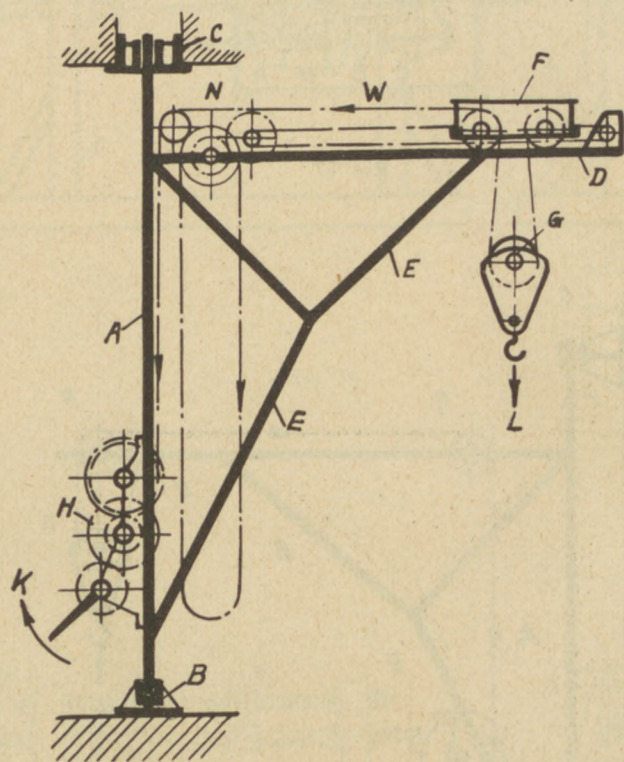
Rys. 56



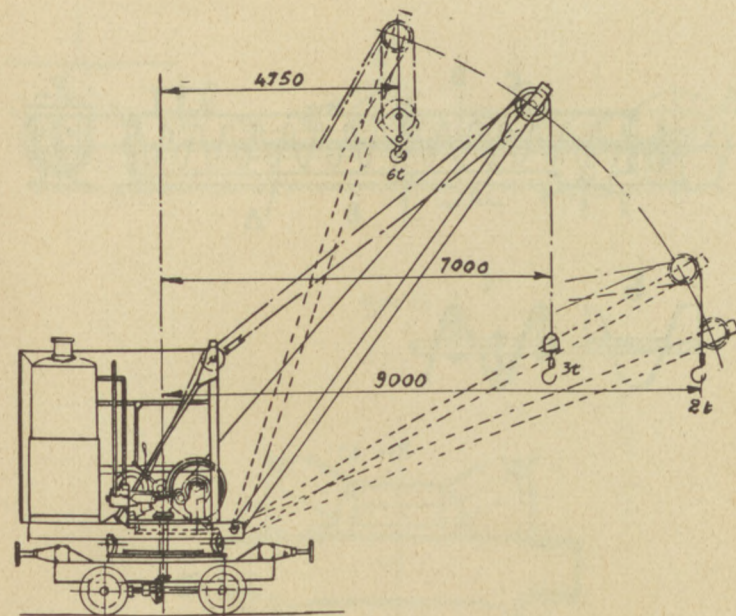
Rys. 57



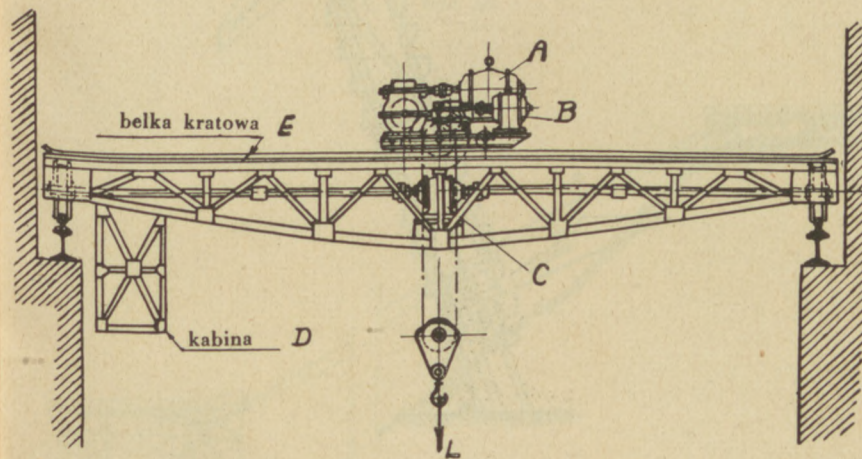
Rys. 58



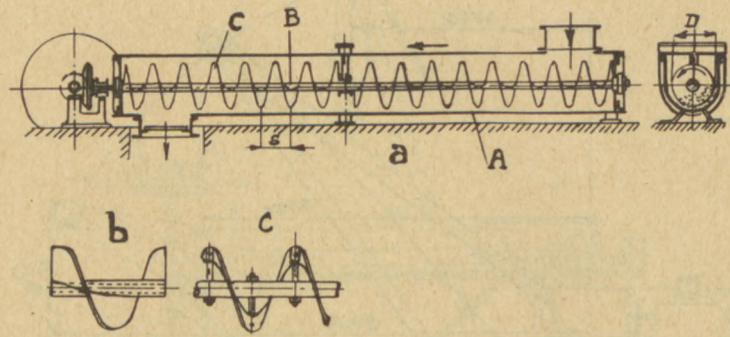
Rys. 59



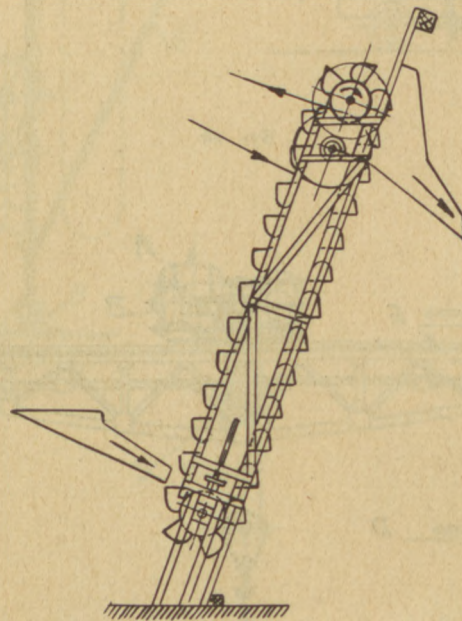
Rys. 60



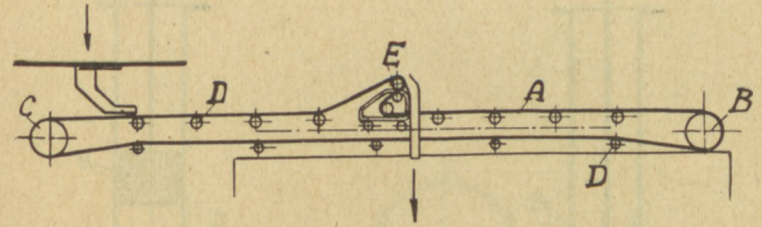
Rys. 61



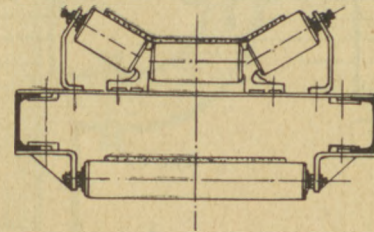
Rys. 62



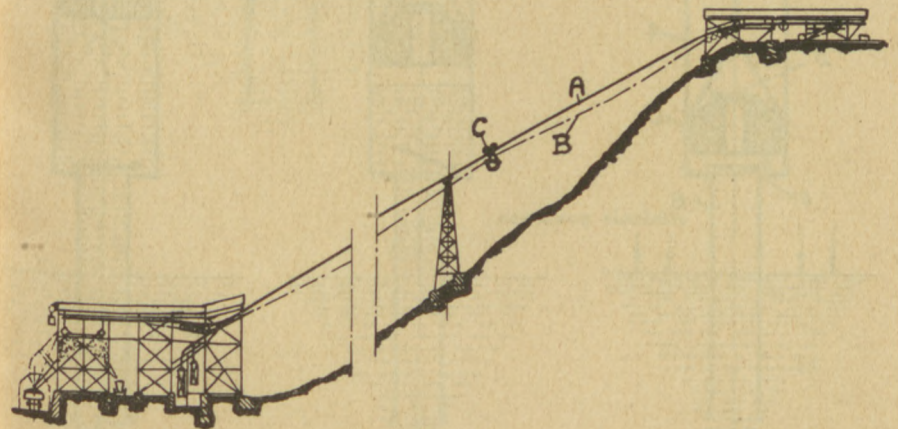
Rys. 63



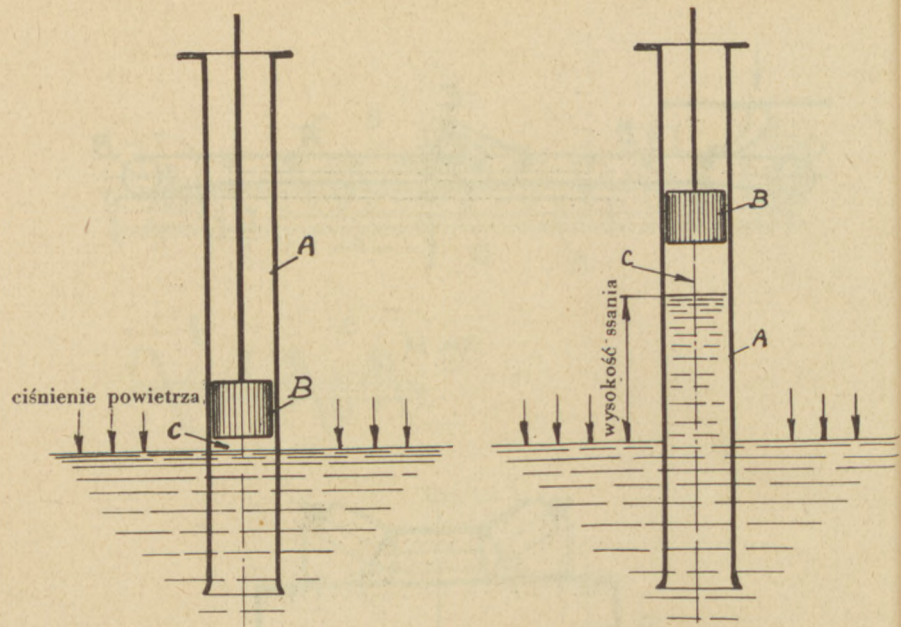
Rys. 64



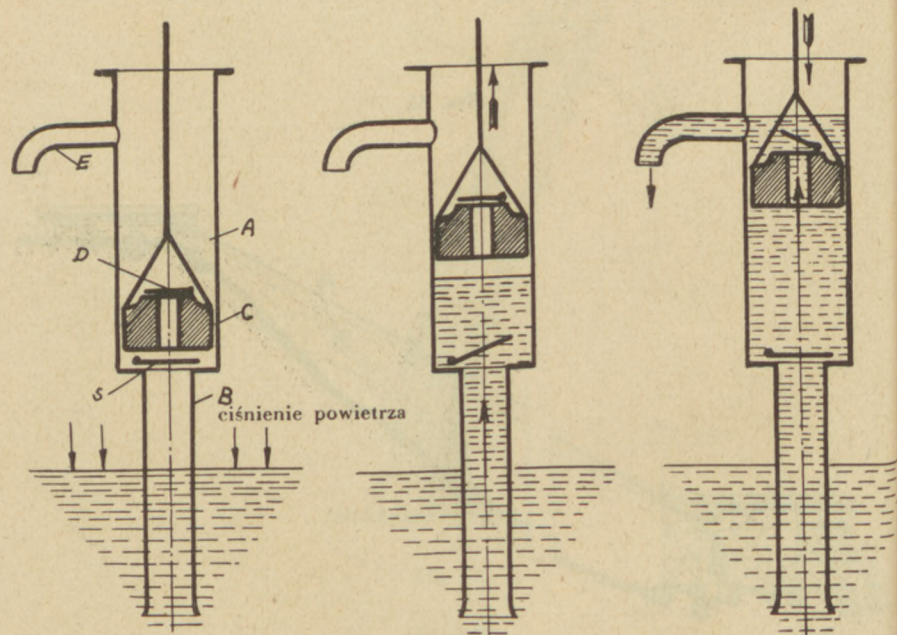
Rys. 65



Rys. 66



Rys. 67

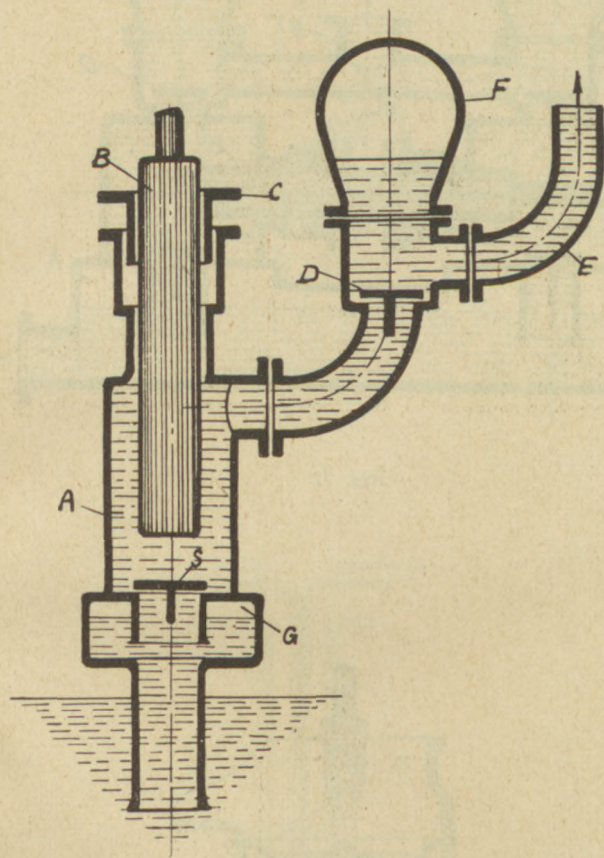


Rys. 68

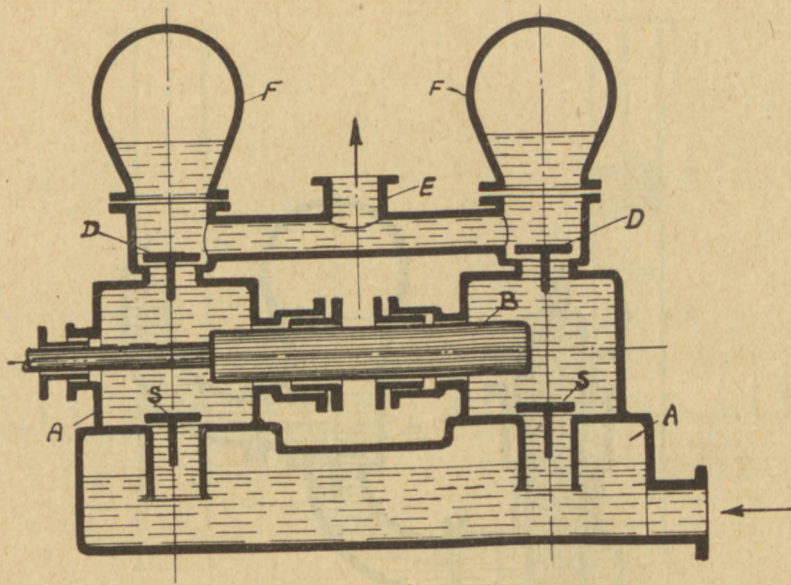
Rys. 69

Rys. 70

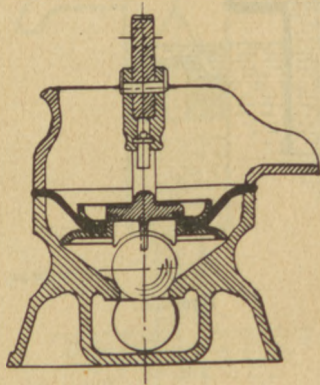
28



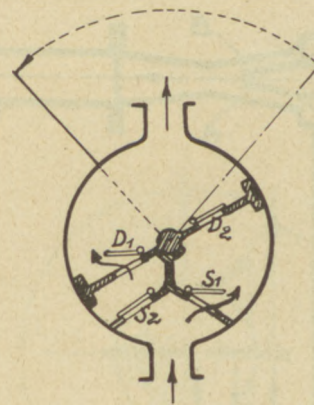
Rys. 71



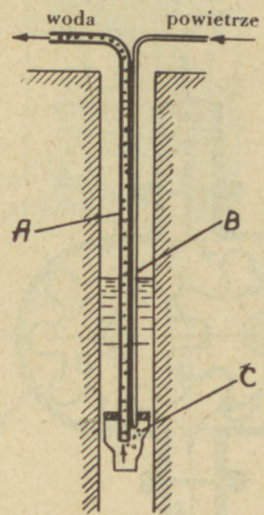
Rys. 72



Rys. 73

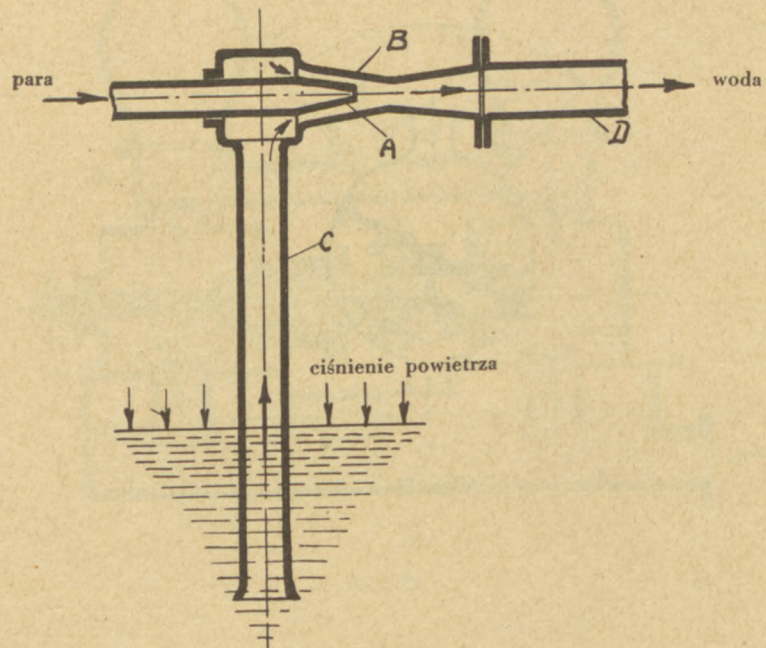


Rys. 74

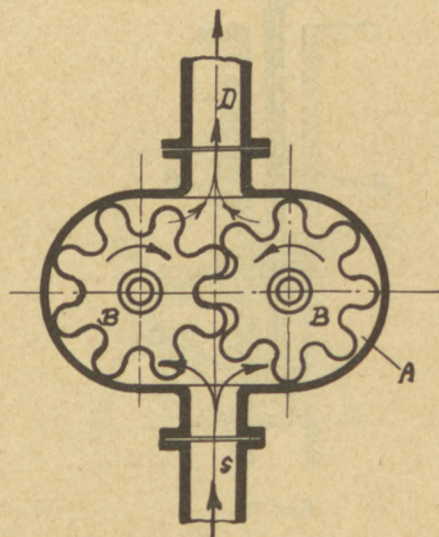


Rys. 75

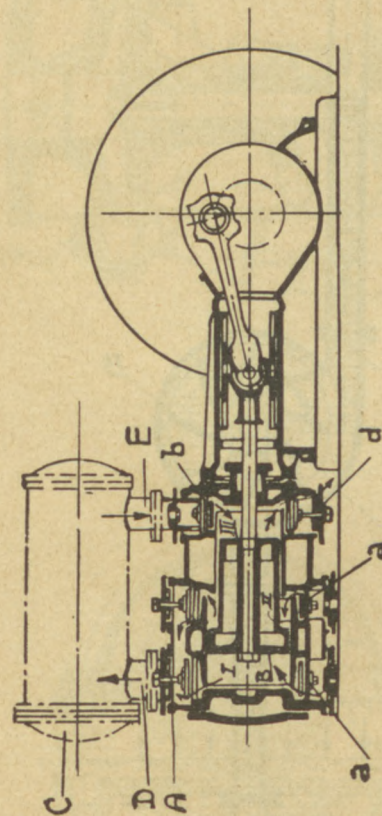




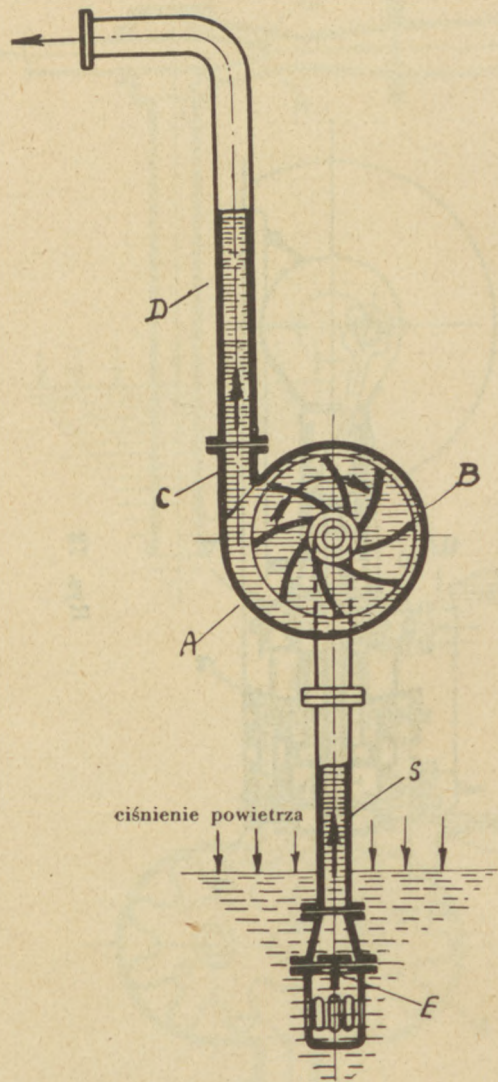
Rys. 76



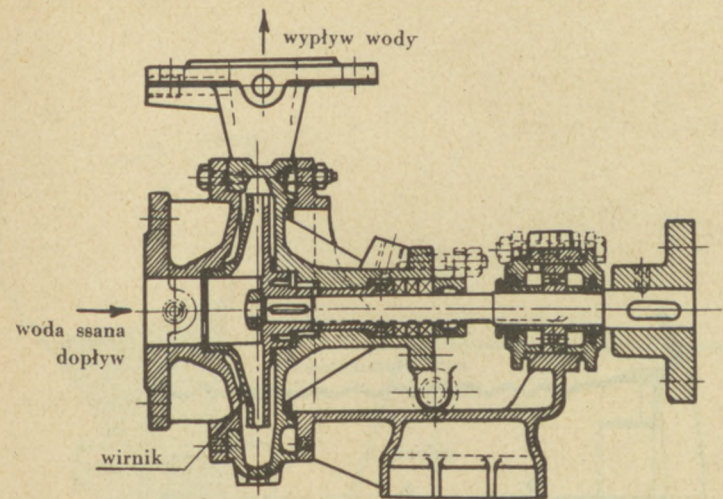
Rys. 77



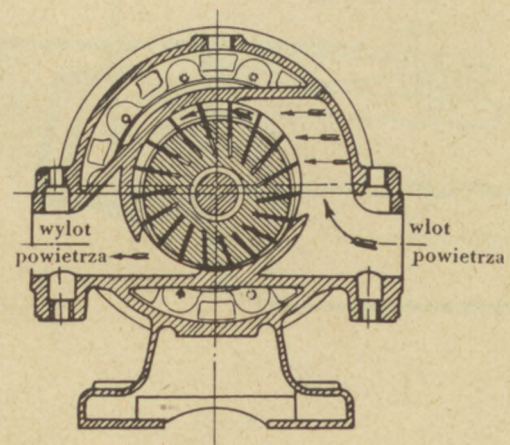
Rys. 78



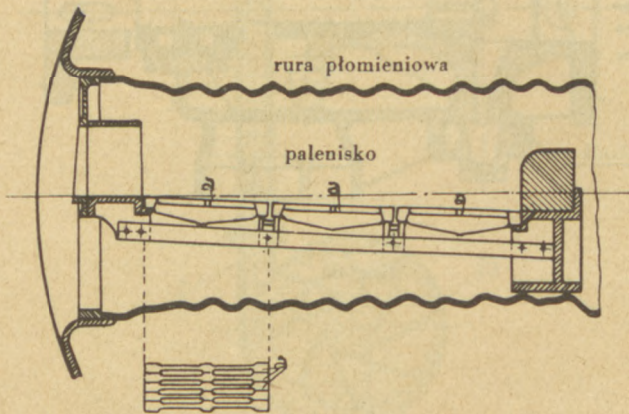
Rys. 79



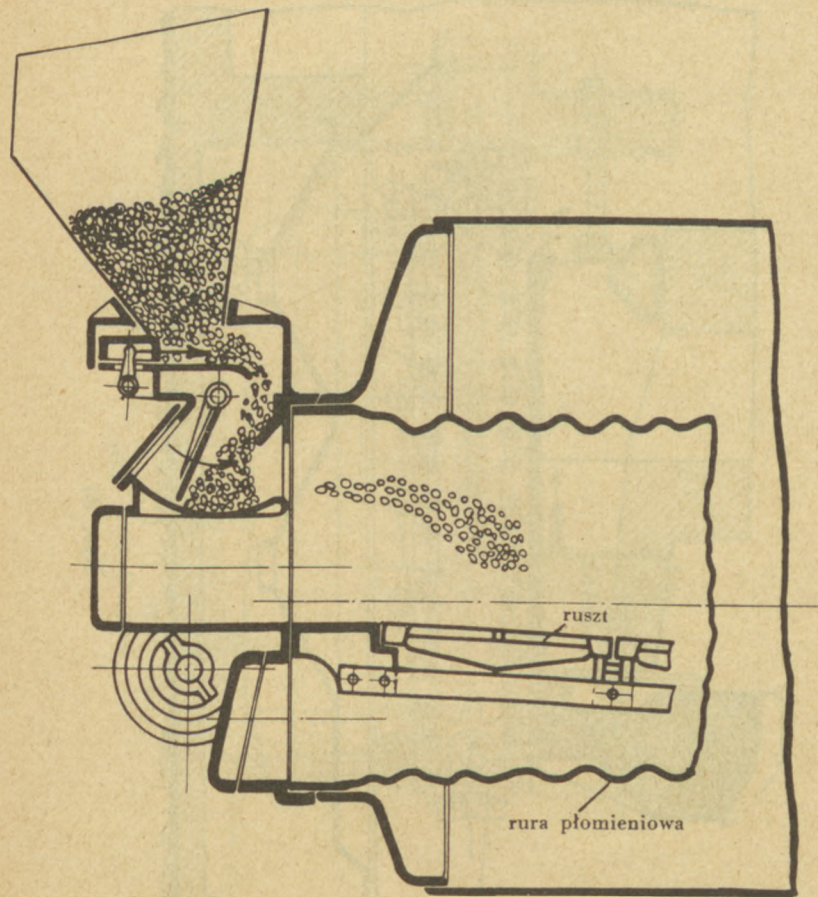
Rys. 80



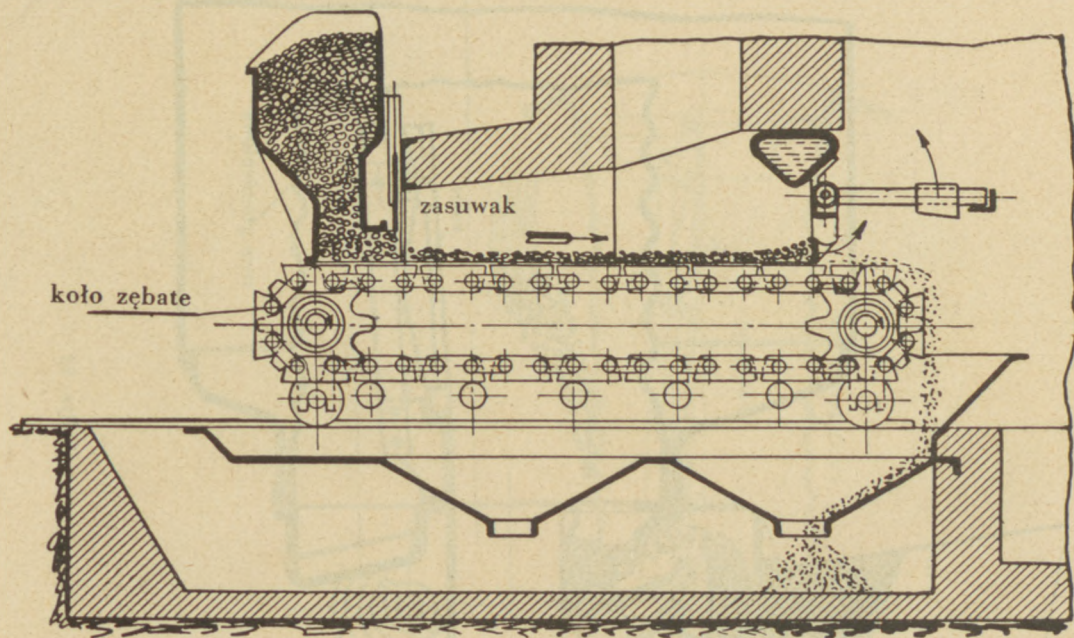
Rys. 81



Rys. 82

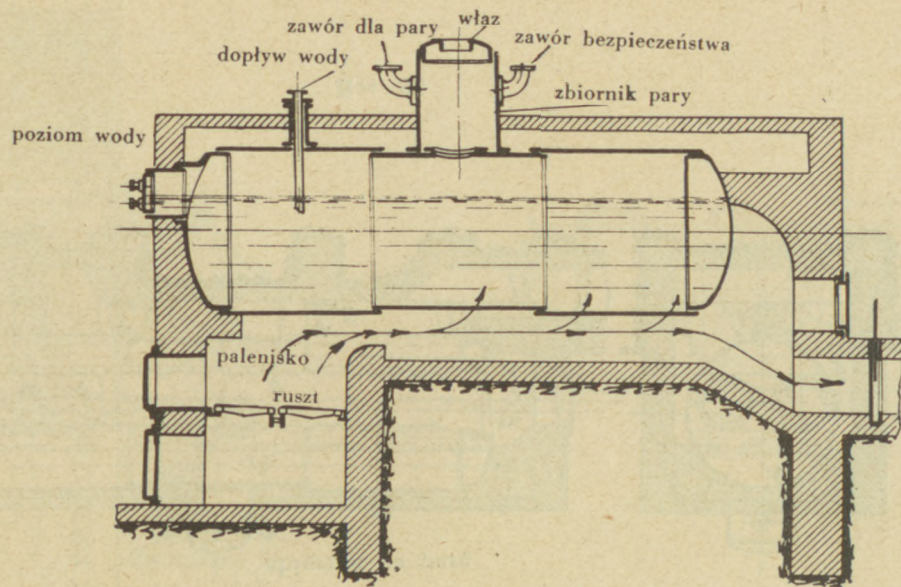


Rys. 83



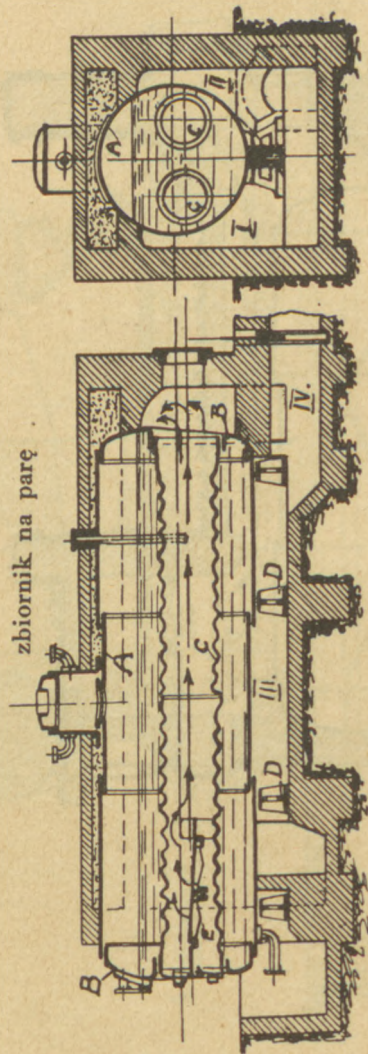
Rys. 84

38

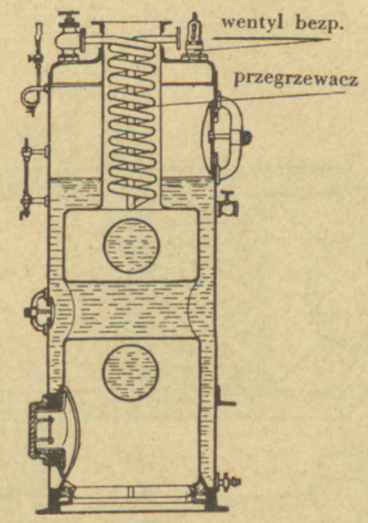


Rys. 85

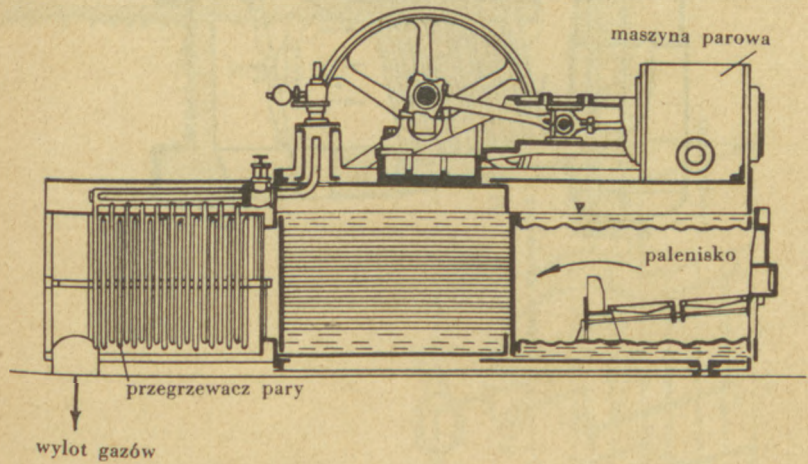
39



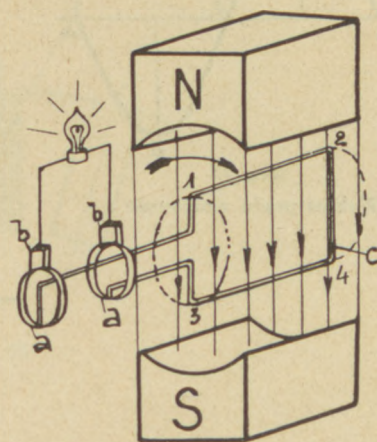
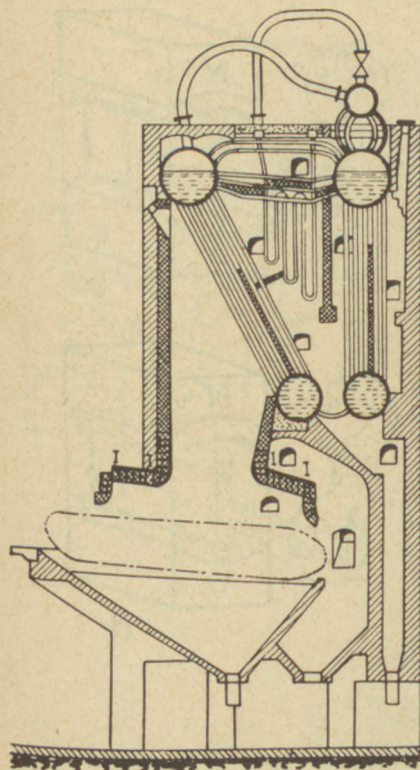
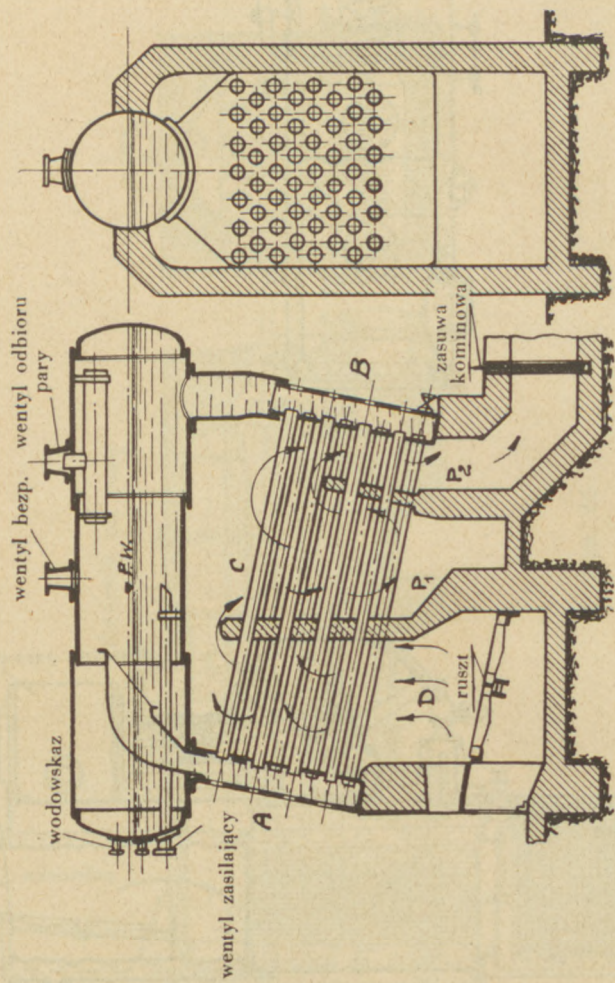
Rys. 86

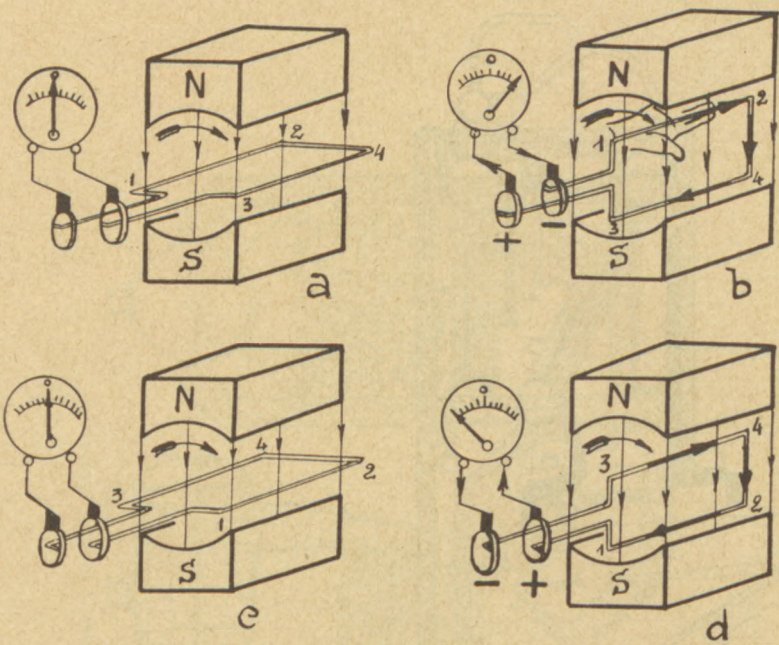


Rys. 87

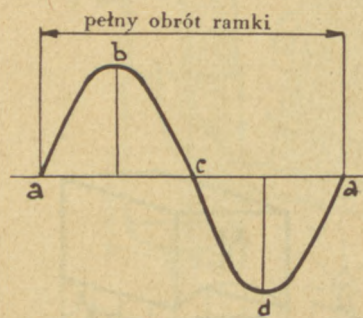


Rys. 88



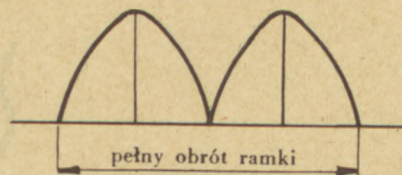


Rys. 92



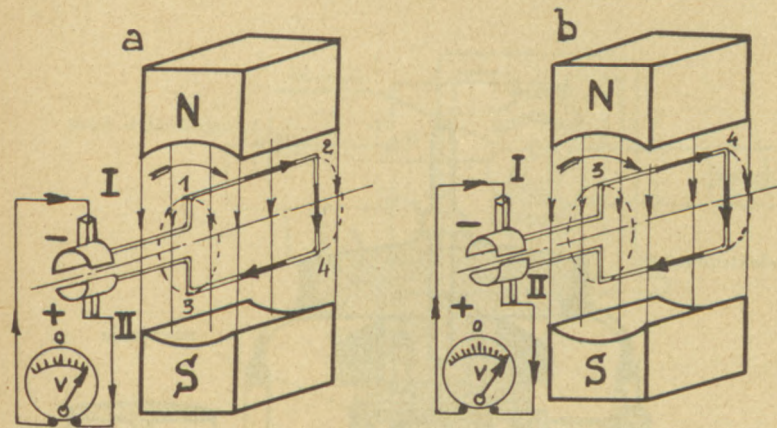
Rys. 93

Wykres prądu zmiennego

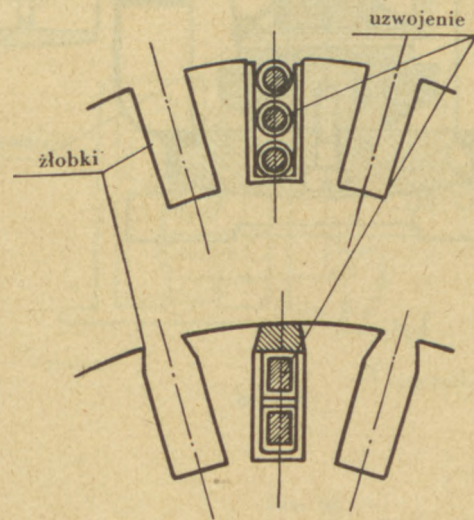


Rys. 93 a

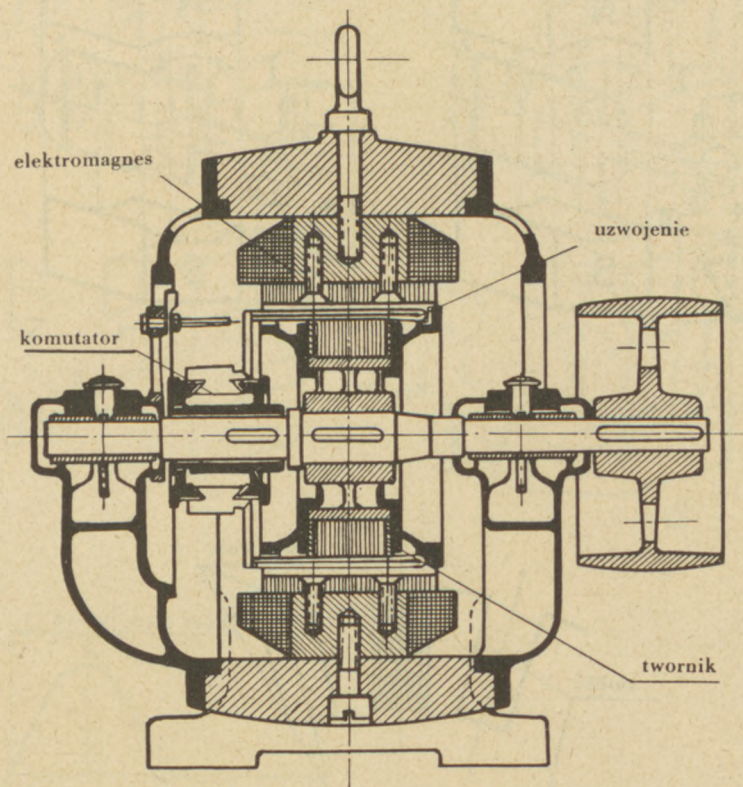
Wykres prądu stałego



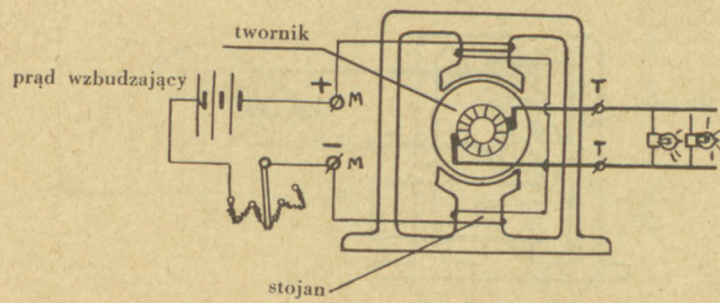
Rys. 94



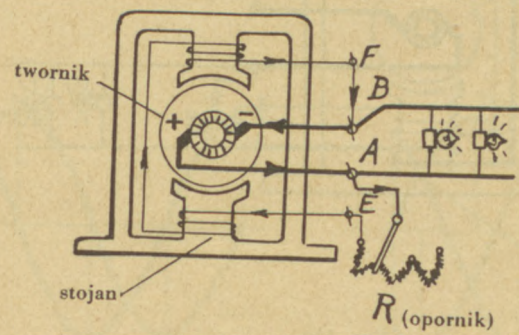
Rys. 95



Rys. 96

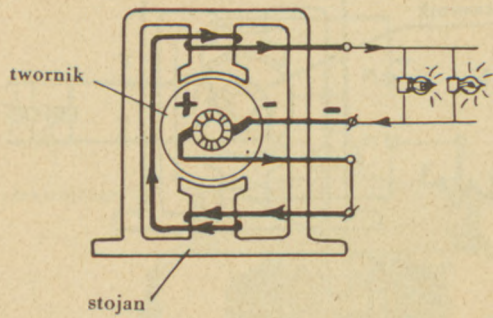


Rys. 97

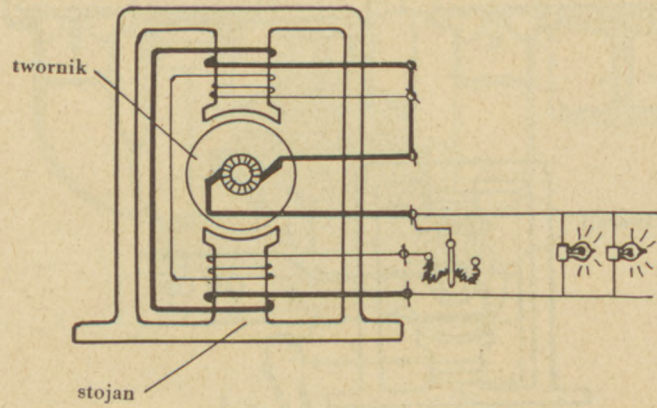


Rys. 98

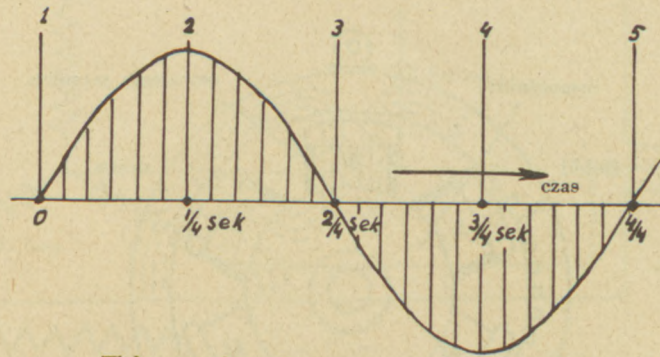




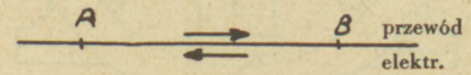
Rys. 99



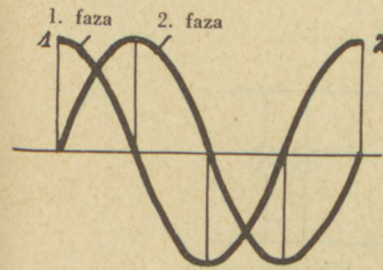
Rys. 100



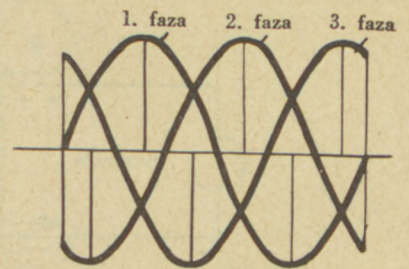
Wykres prądu zmiennego



a.

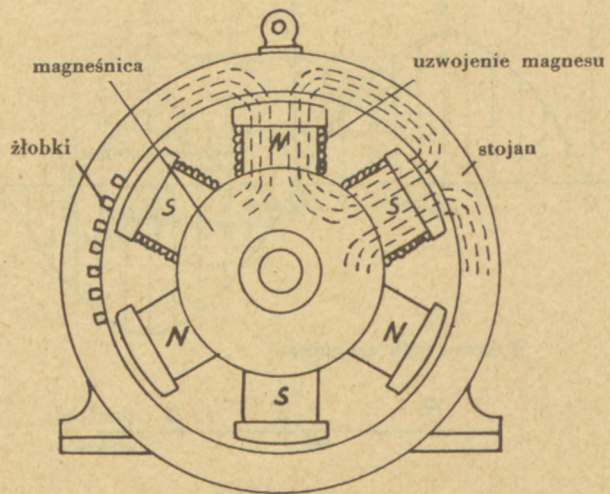


b.



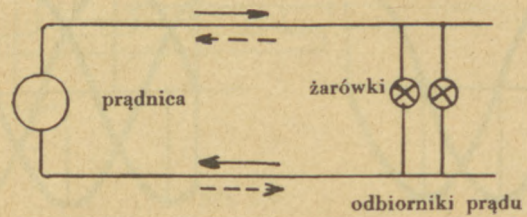
c.

Rys. 101



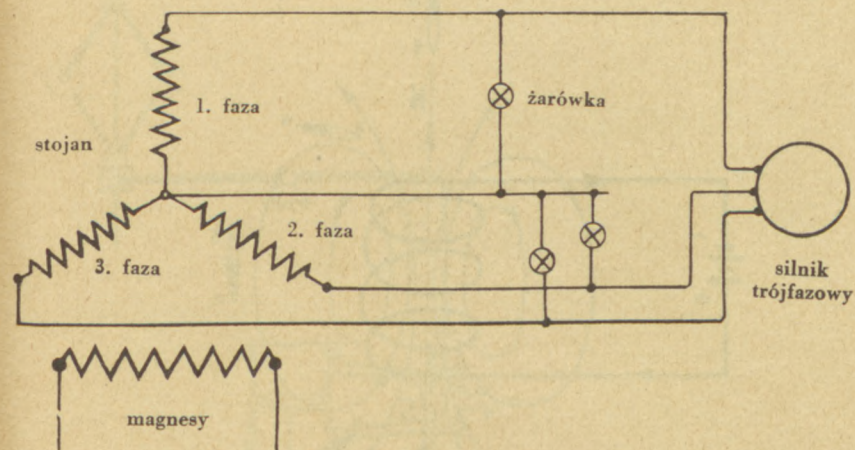
Rys. 102

Maszyna prądu zmiennego

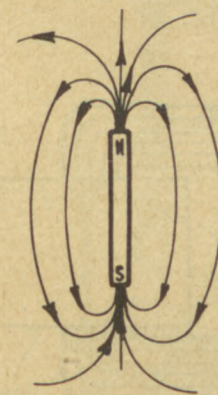


Rys. 103

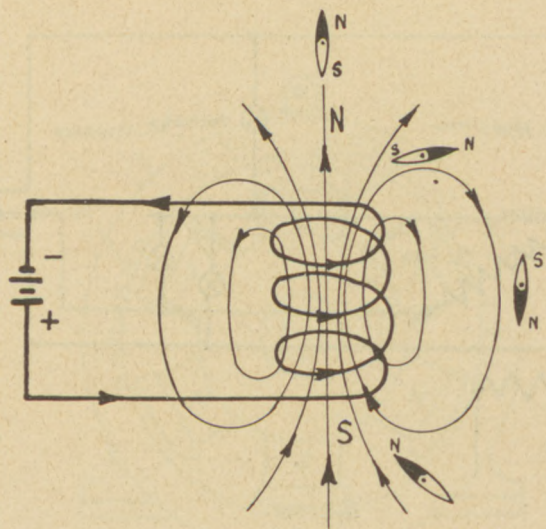
Obwód prądu zmiennego jednofazowego



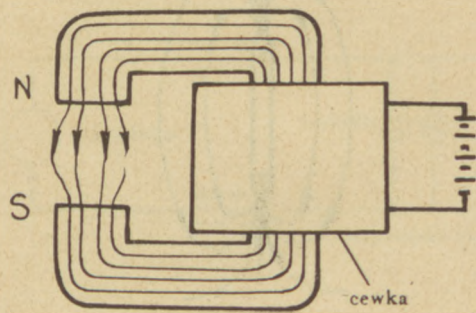
Rys. 104



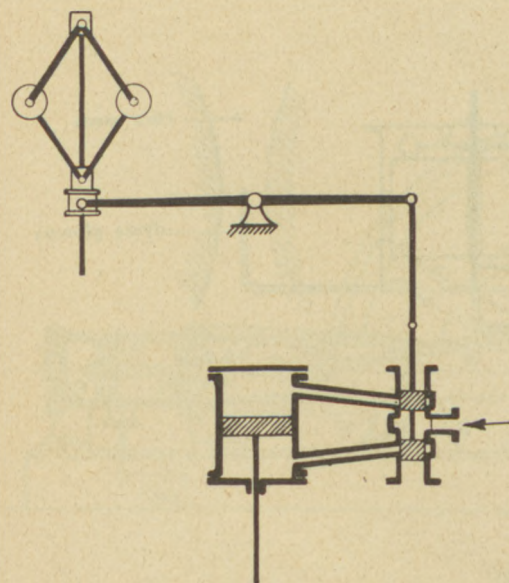
Rys. 105 a



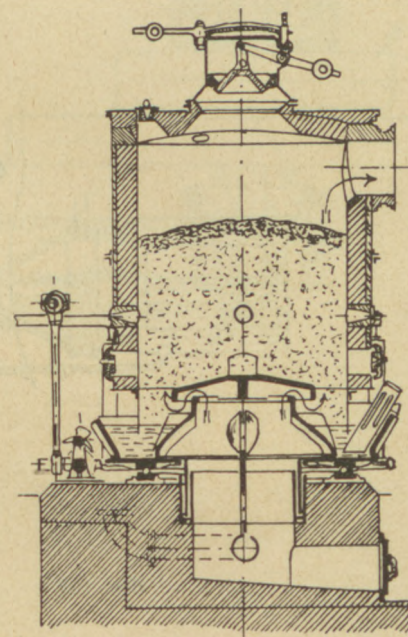
Rys. 105 b



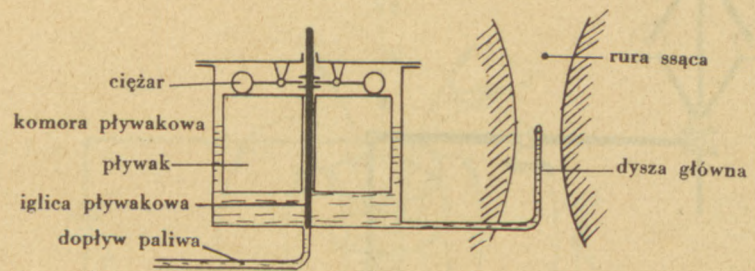
Rys. 105 c



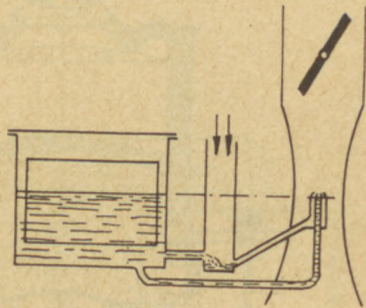
Rys. 106



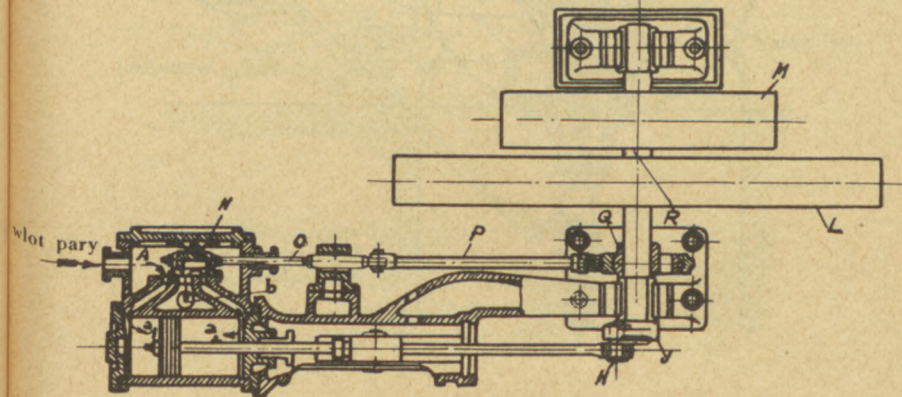
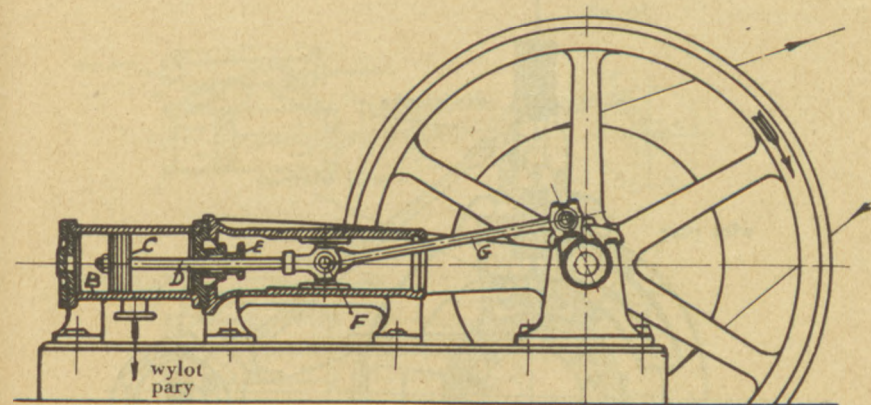
Rys. 107



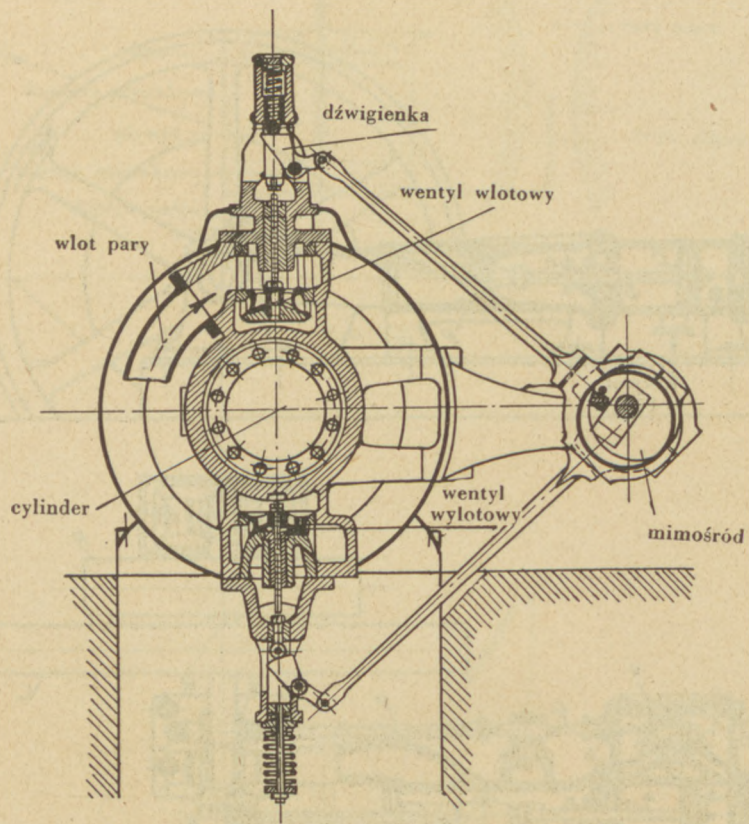
Rys. 108



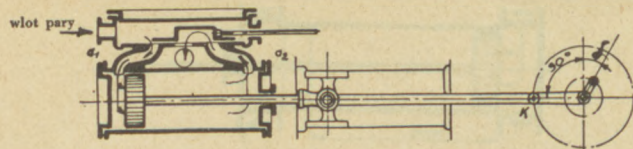
Rys. 109



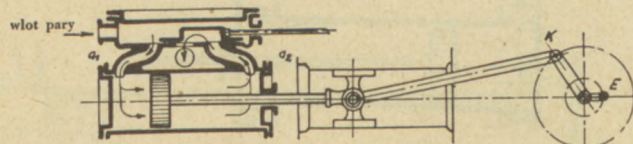
Rys. 110



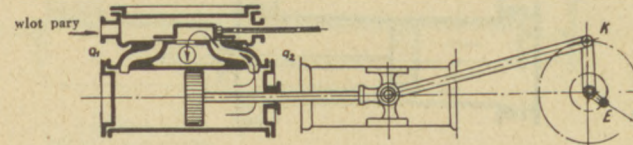
Rys. 111



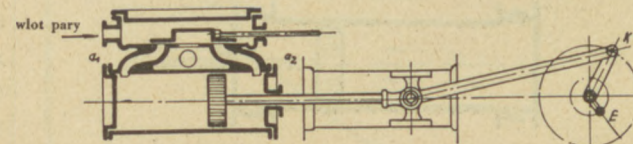
Rys. 112



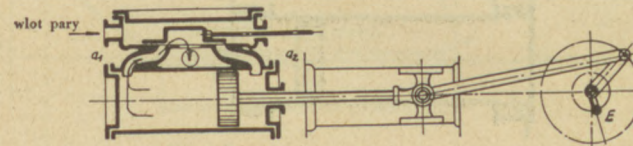
Rys. 113



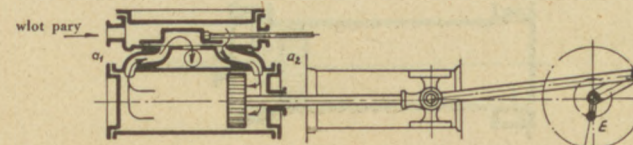
Rys. 114



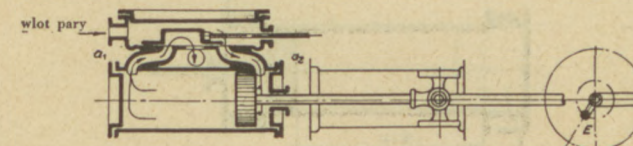
Rys. 115



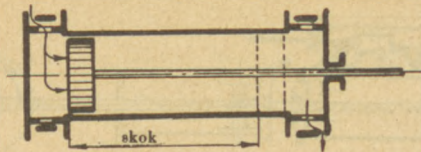
Rys. 116



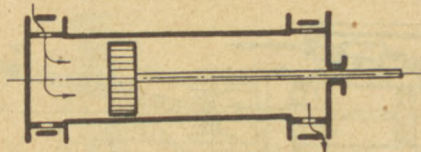
Rys. 117



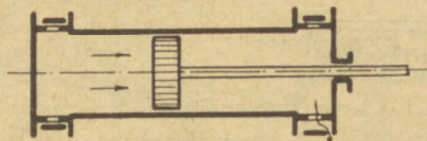
Rys. 118



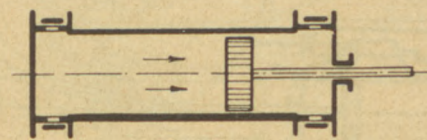
Rys. 119



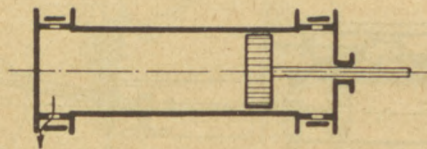
Rys. 120



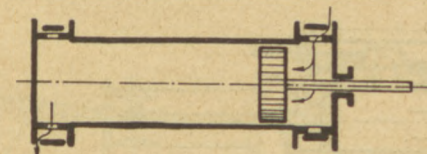
Rys. 121



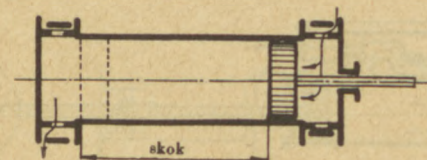
Rys. 122



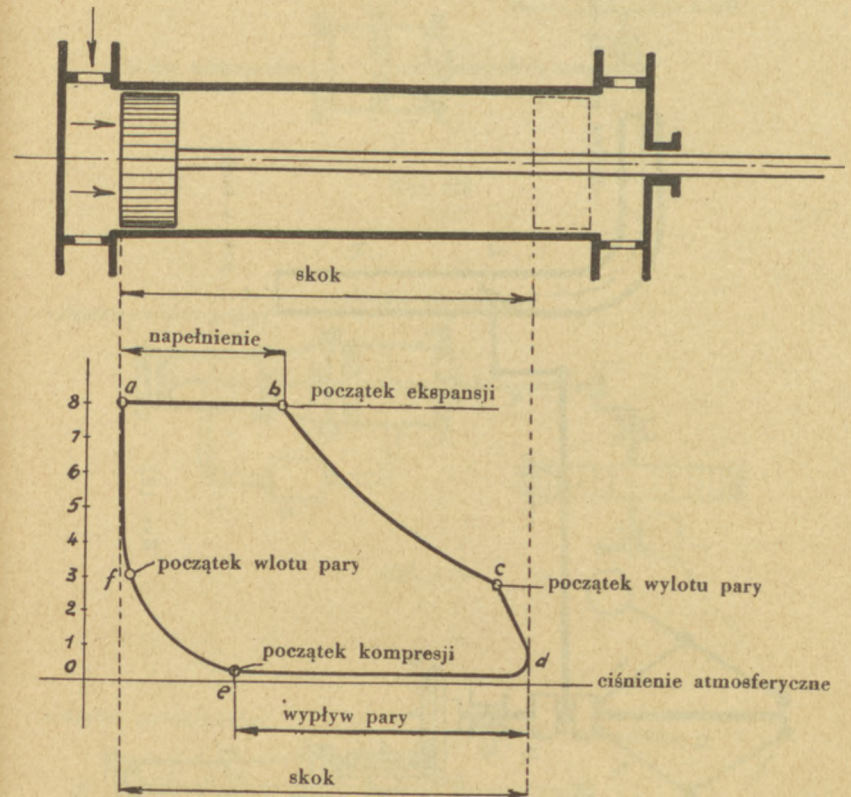
Rys. 123



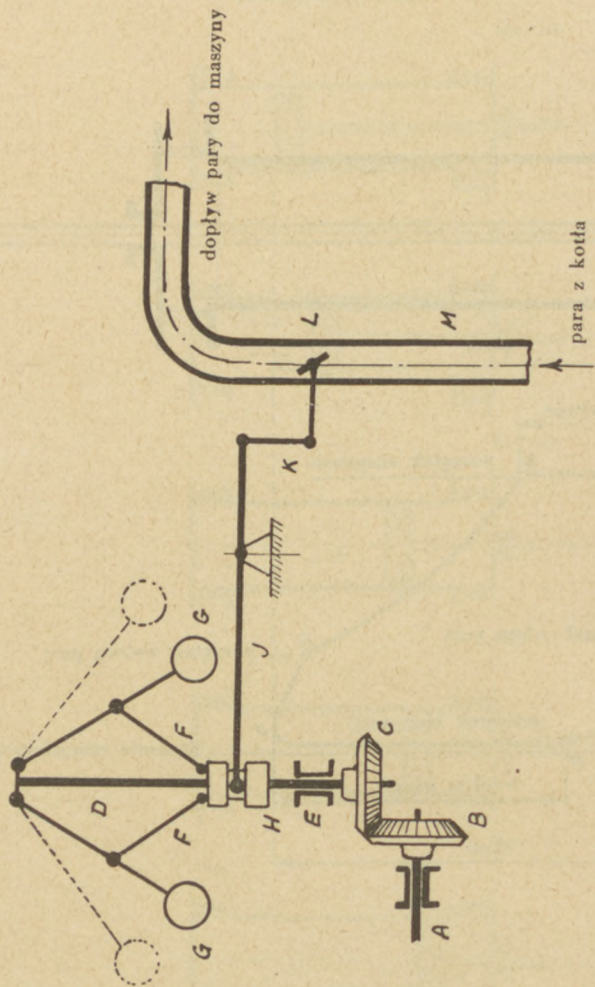
Rys. 124



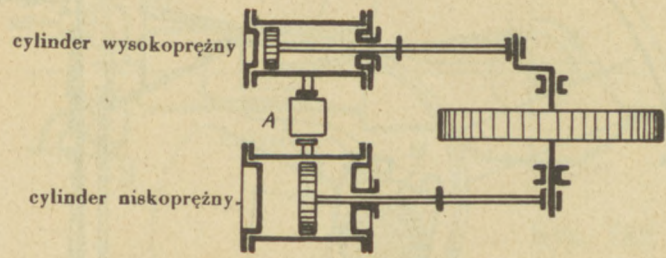
Rys. 125



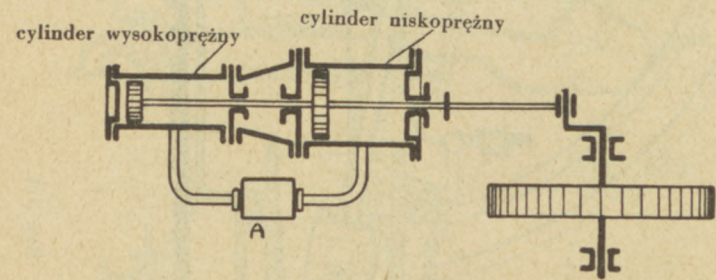
Rys. 126



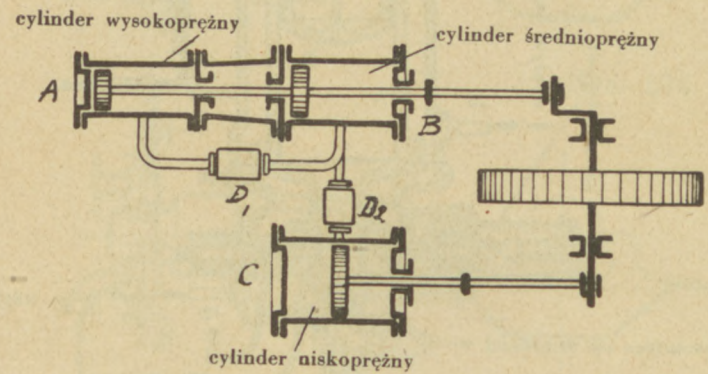
Rys. 127



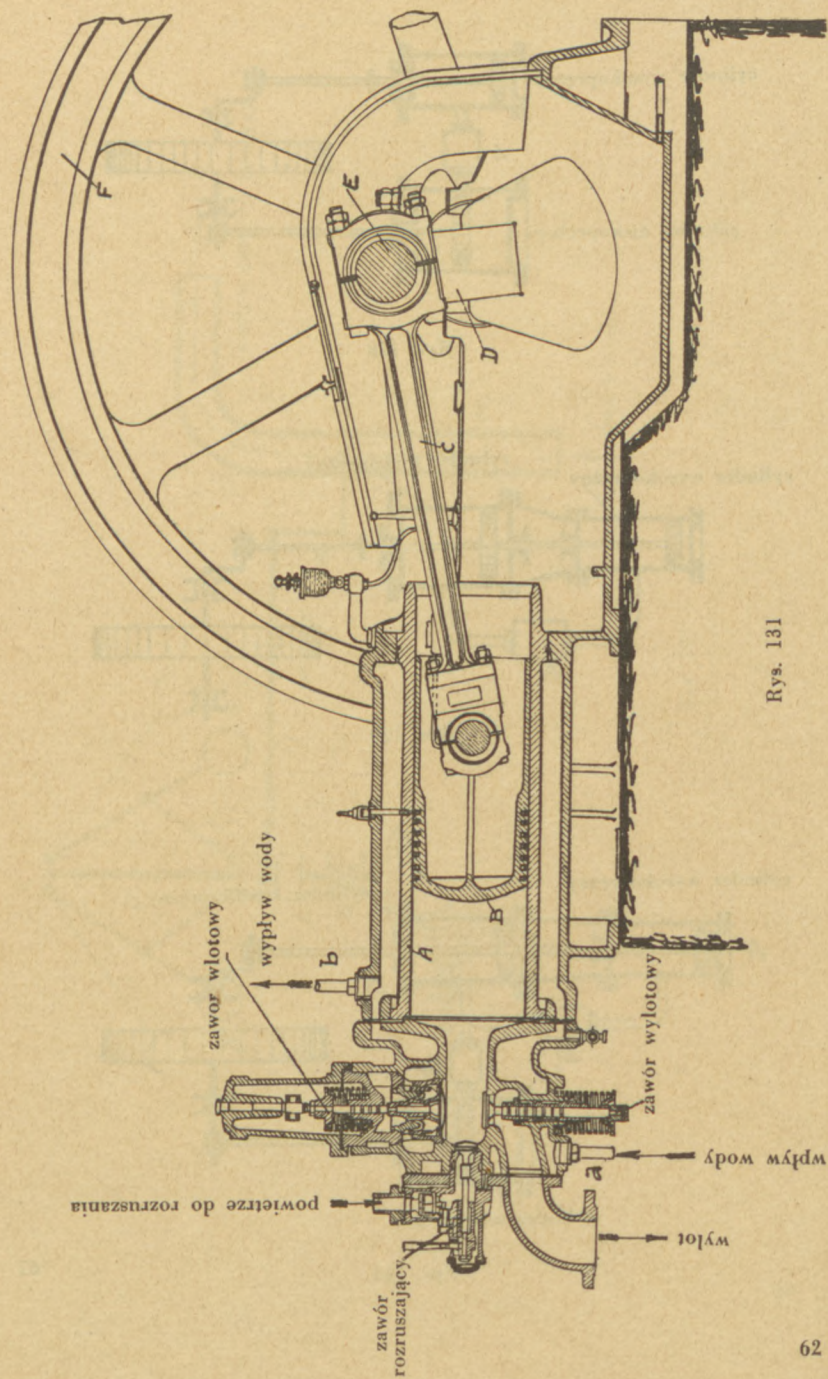
Rys. 128



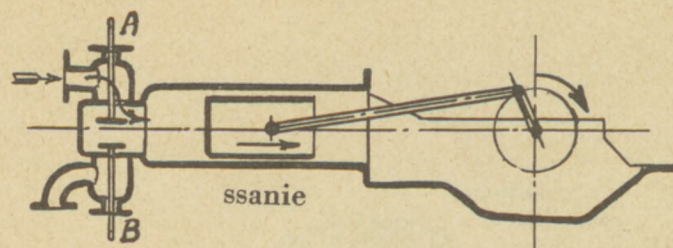
Rys. 129



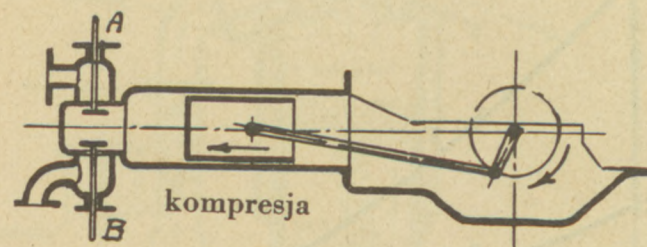
Rys. 130



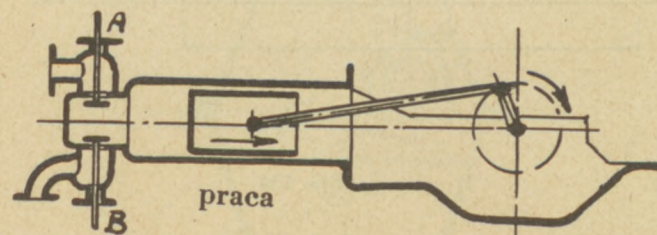
Rys. 131



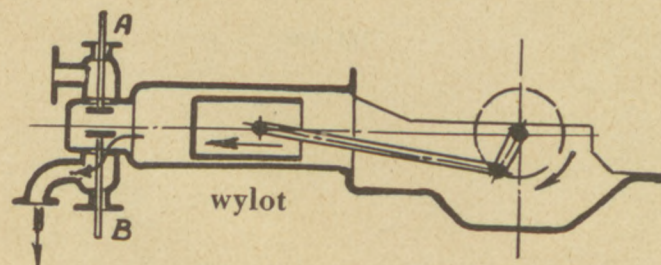
Rys. 132



Rys. 133

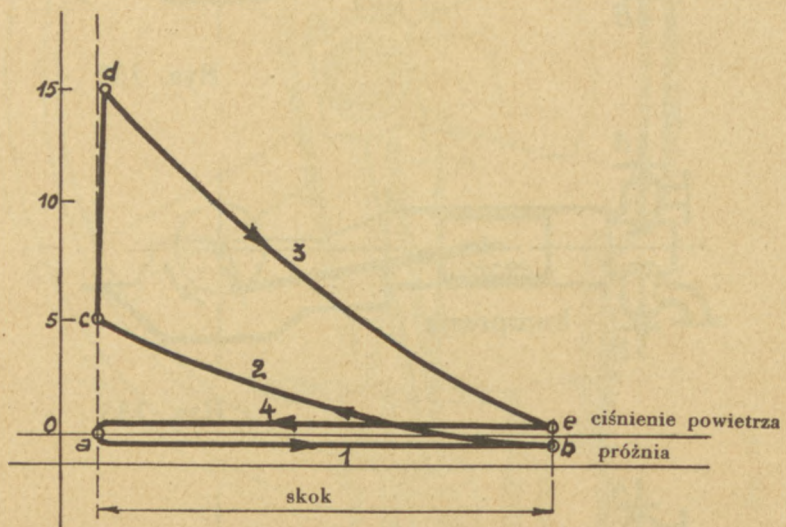


Rys. 134

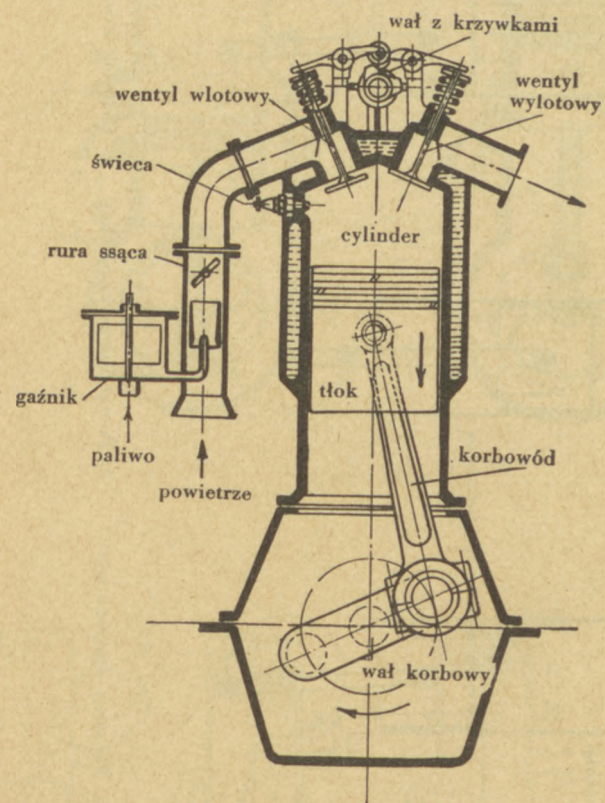


Rys. 135



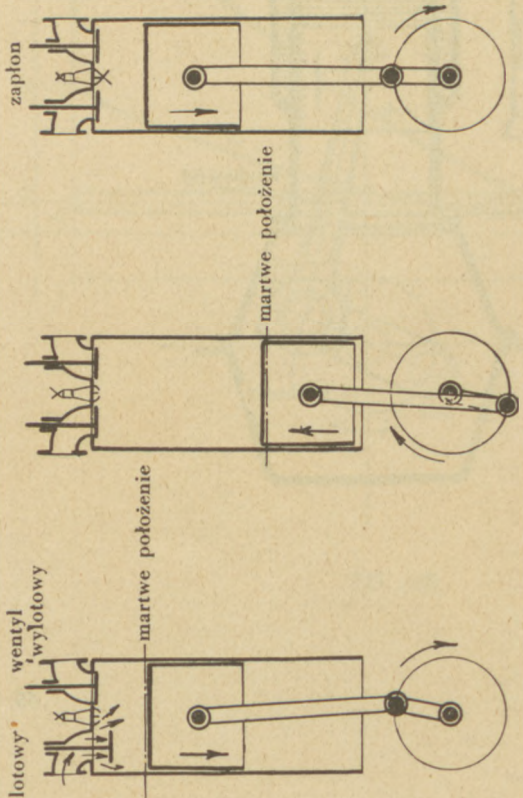


Rys. 136



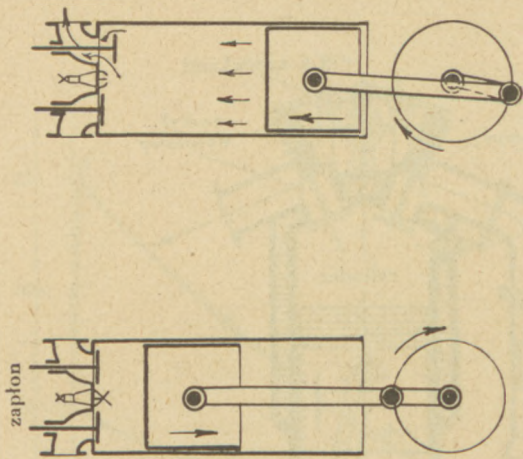
Rys. 137

wentyl wlotowy  
wentyl wylotowy



Rys. 138

a. Początek pierwszego taktu

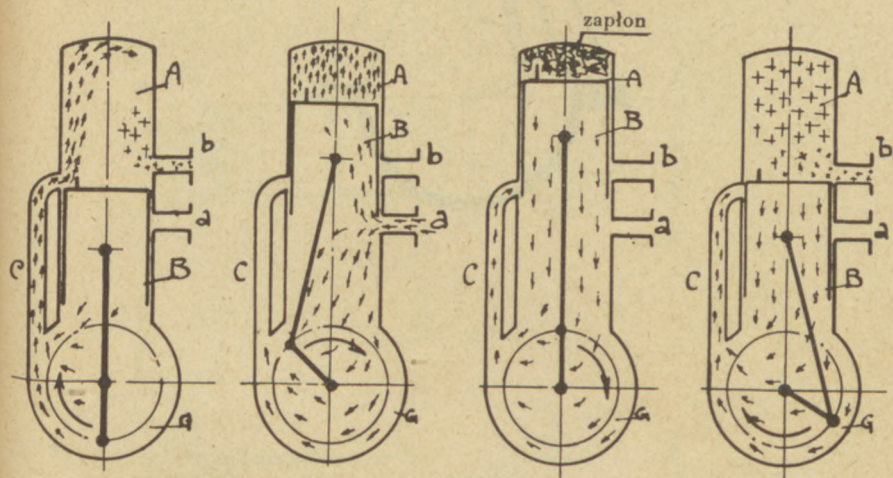


Rys. 140

b. Początek drugiego taktu

Rys. 141

c. Początek trzeciego taktu d. Początek czwartego taktu

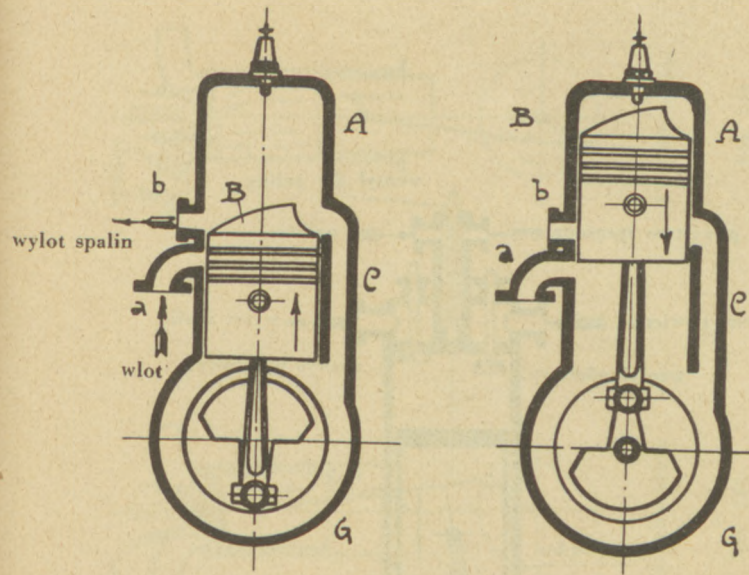


Rys. 143

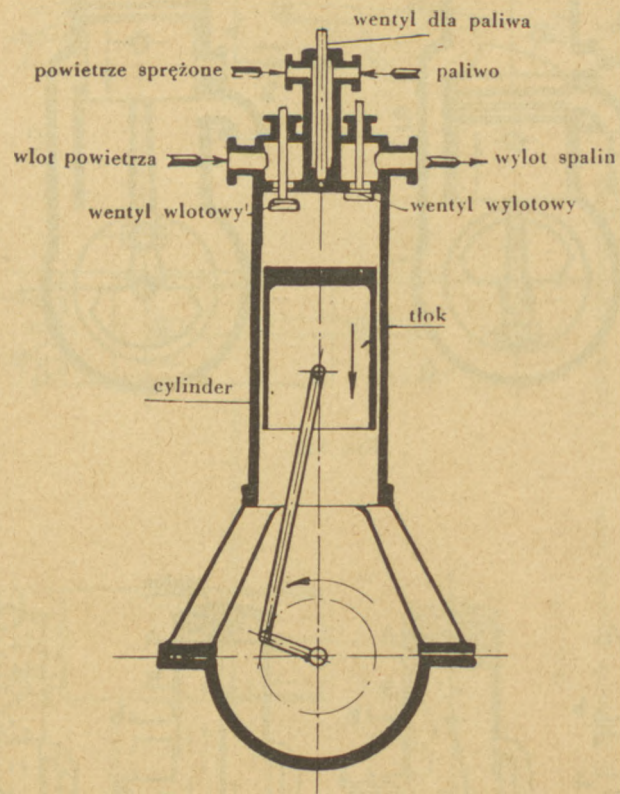
Rys. 144

Rys. 145

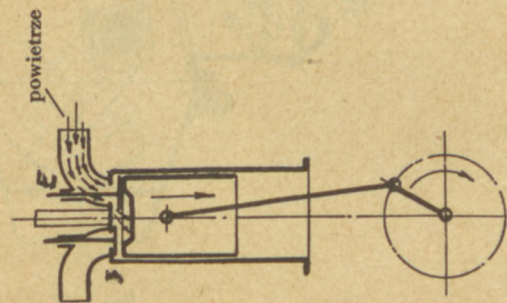
Rys. 146



Rys. 142

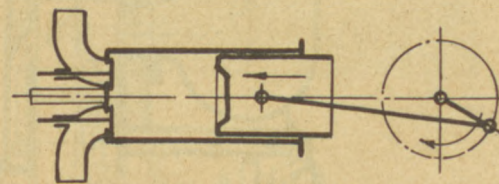


Rys. 147



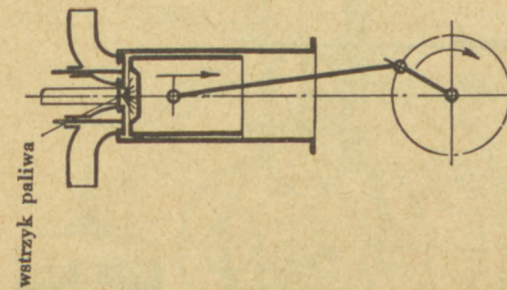
I. takt: ssanie

Rys. 148



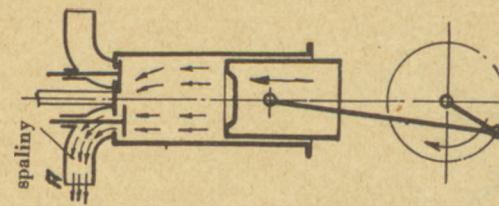
II. takt: kompresja

Rys. 149



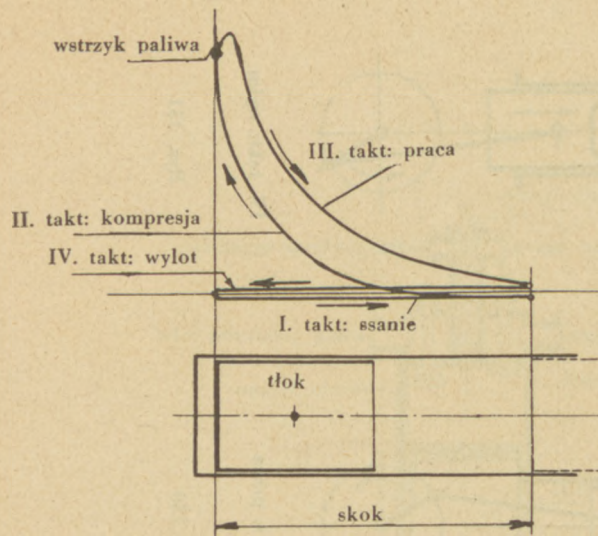
III. takt: praca

Rys. 150

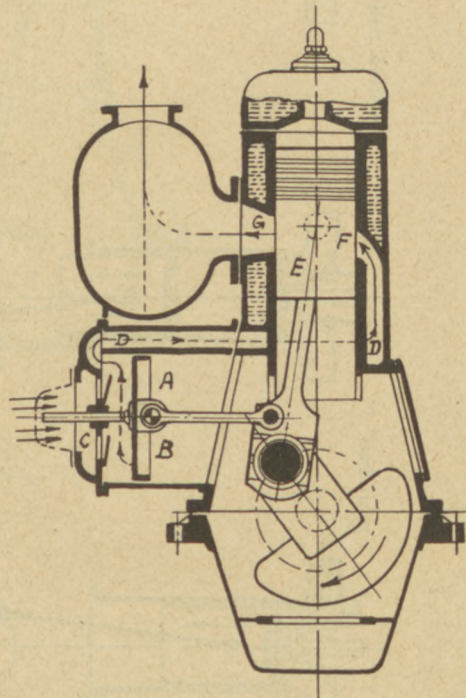


IV. takt: wylot

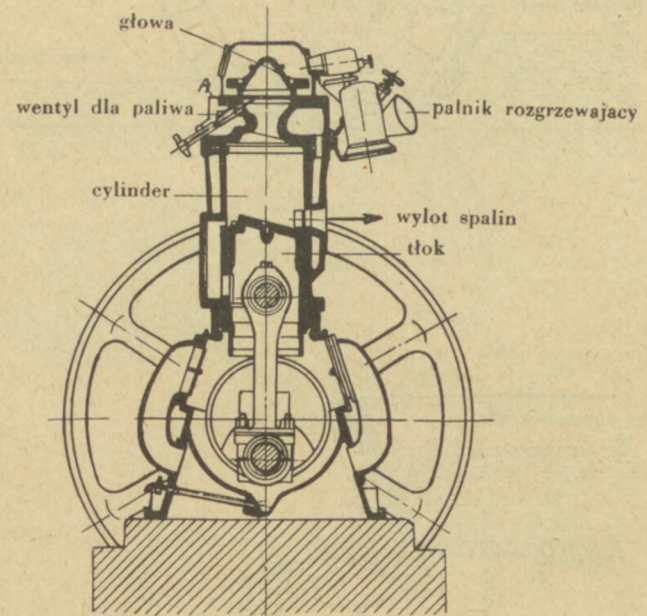
Rys. 151



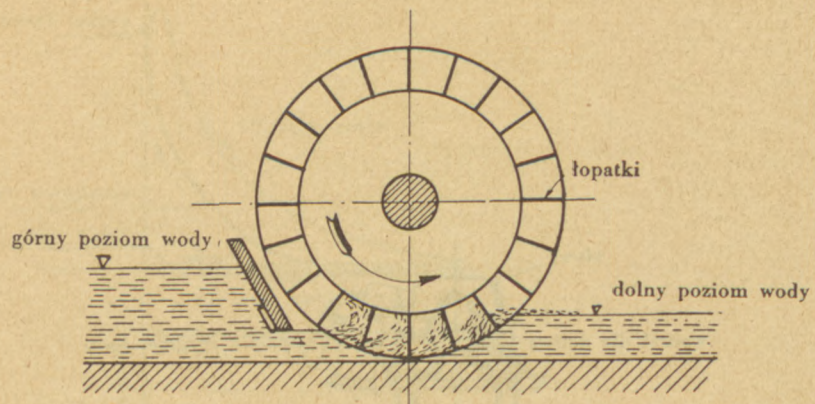
Rys. 152



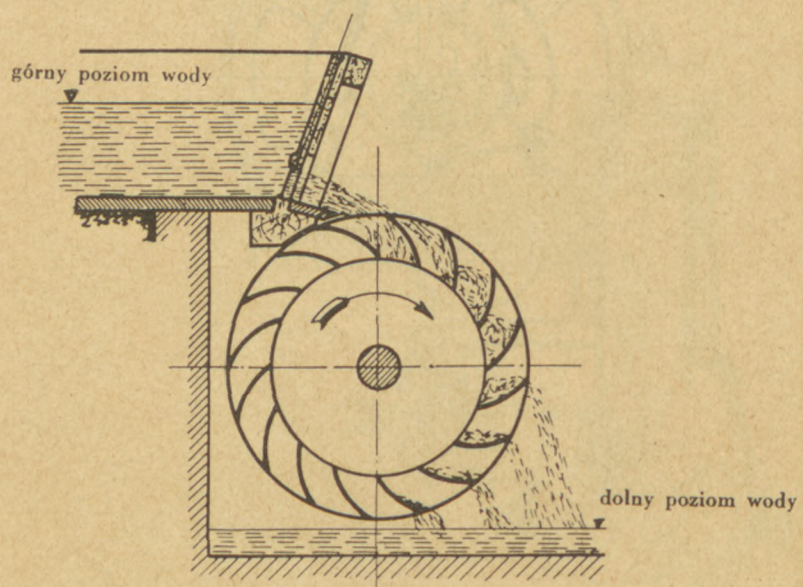
Rys. 153



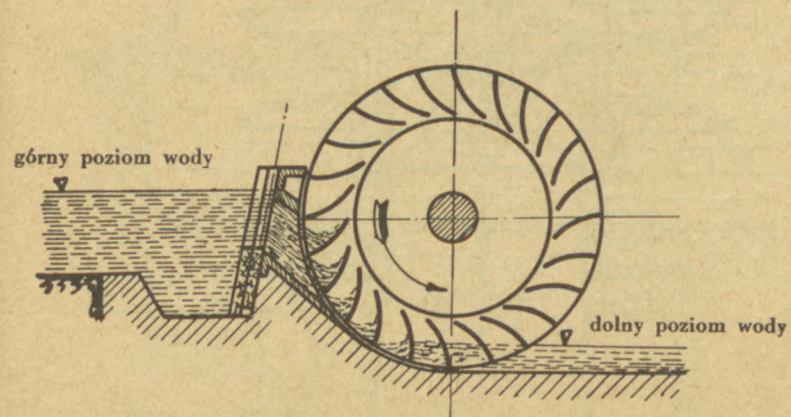
Rys. 154



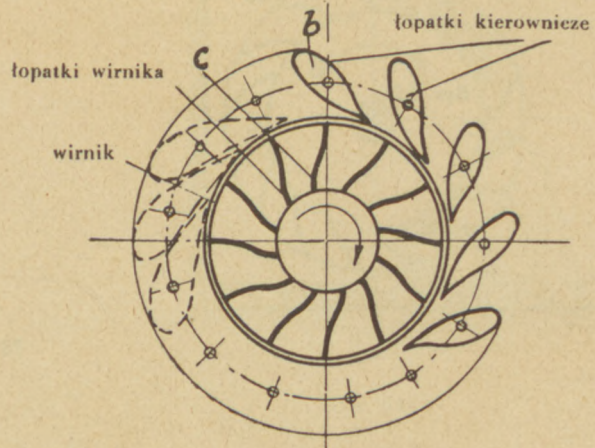
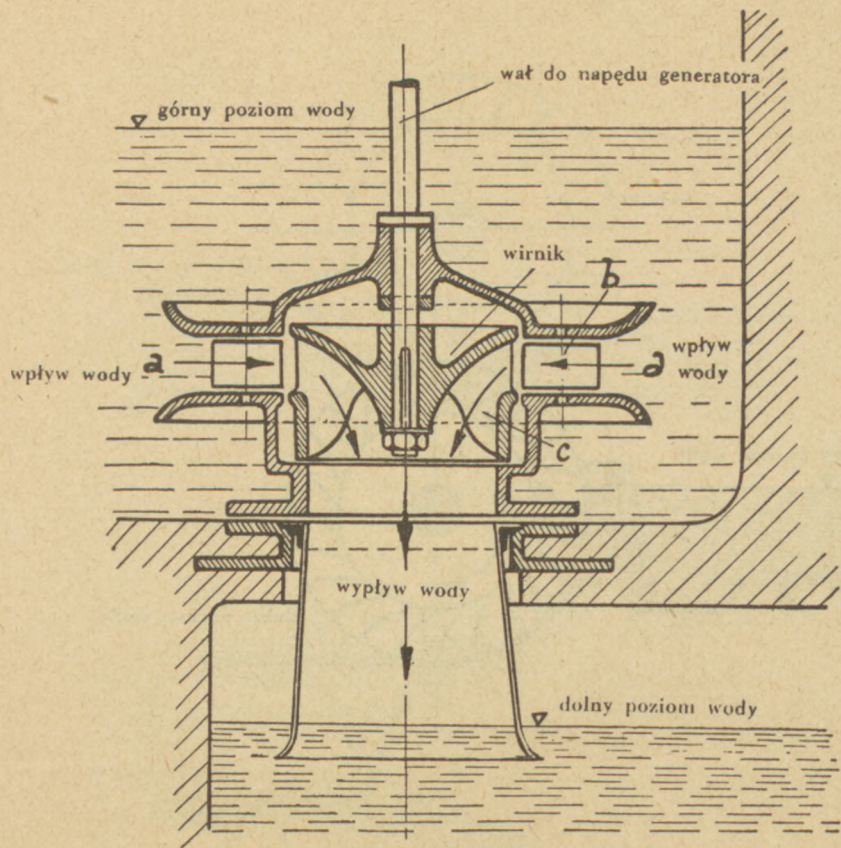
Rys. 155



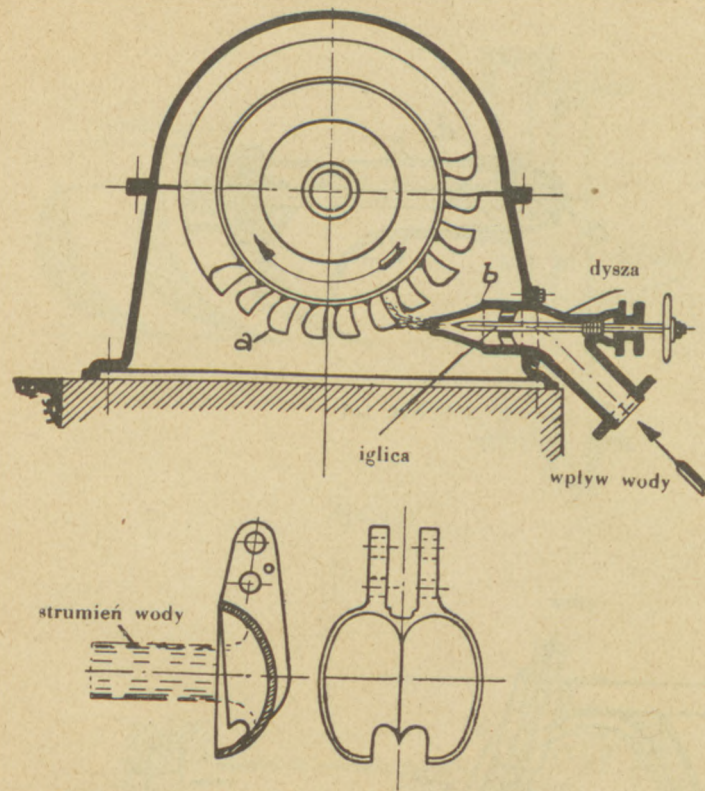
Rys. 156



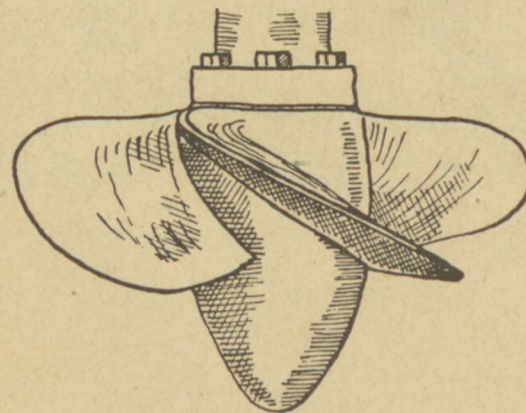
Rys. 157



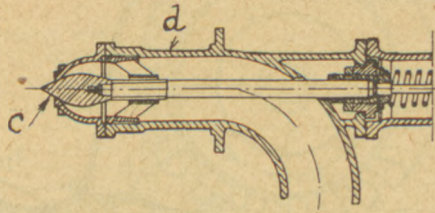
Rys. 158



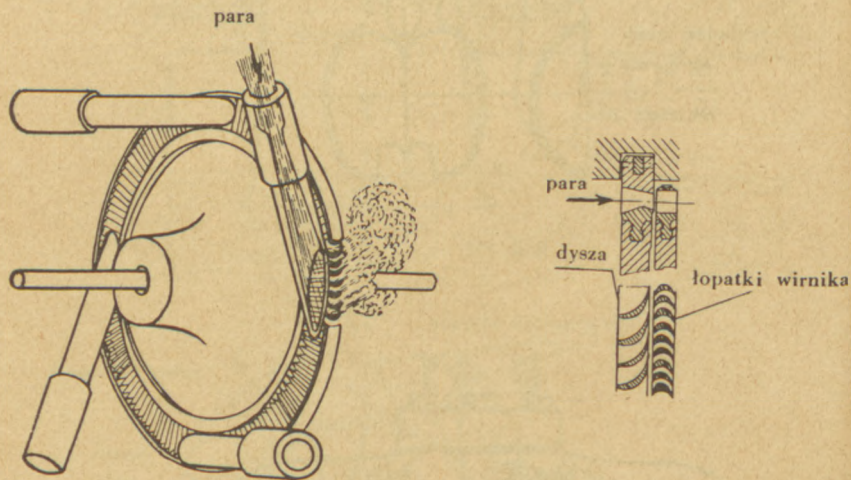
Rys. 159



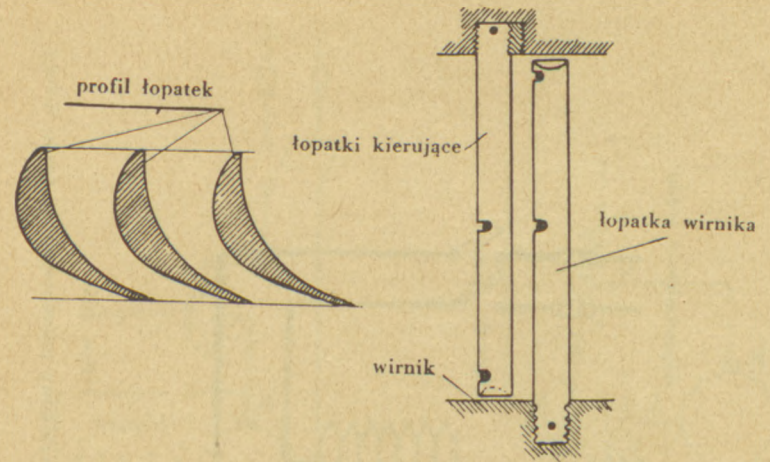
Rys. 160



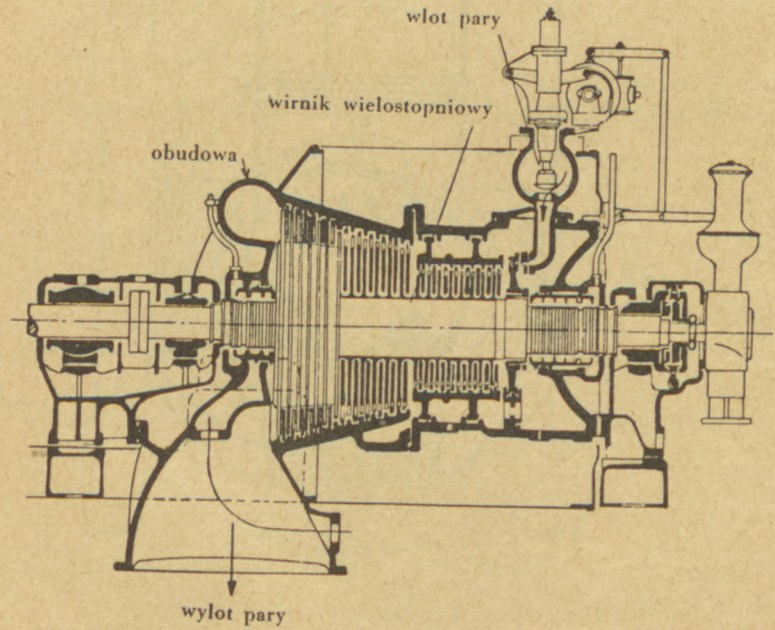
Rys. 161



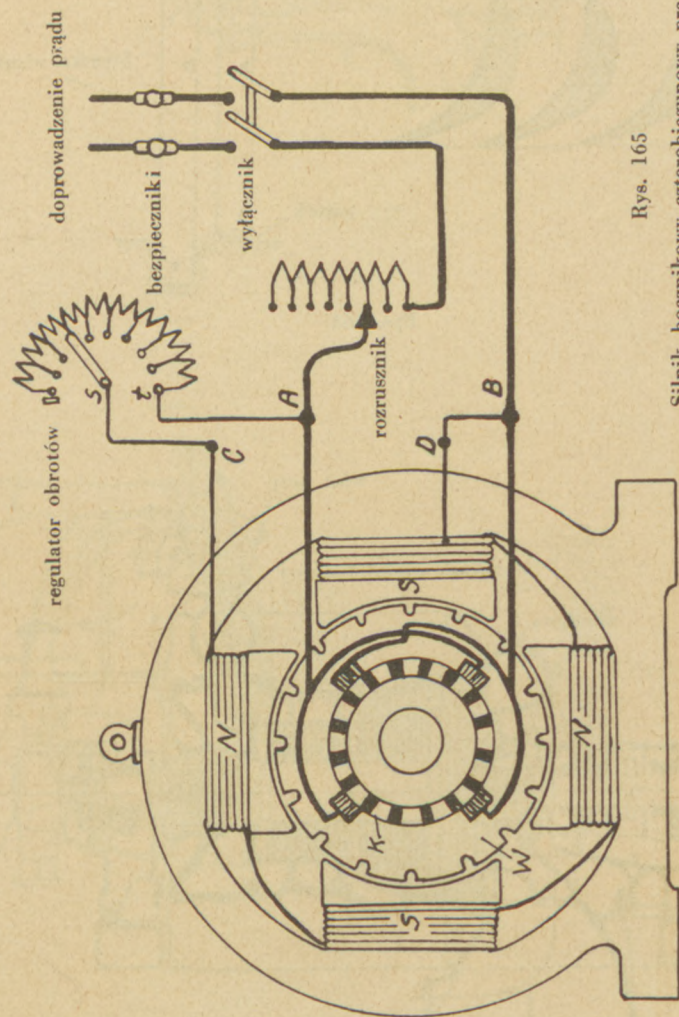
Rys. 162



Rys. 163

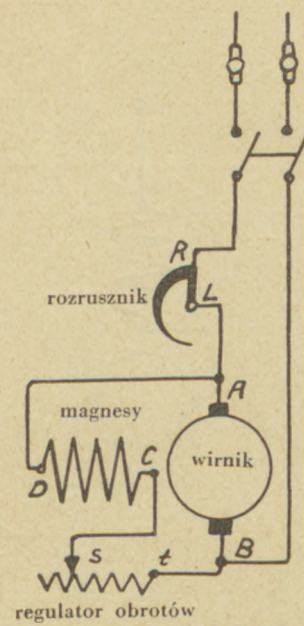


Rys. 164



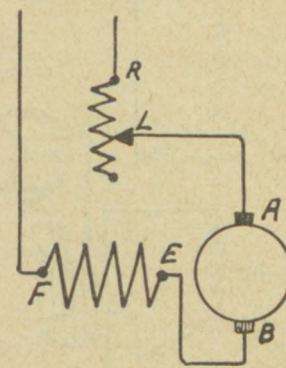
Rys. 165

Silnik bocznikowy czterobiegunowy prądu stałego



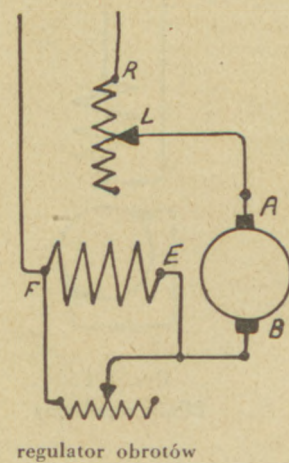
Rys. 166

Schemat silnika bocznikowego



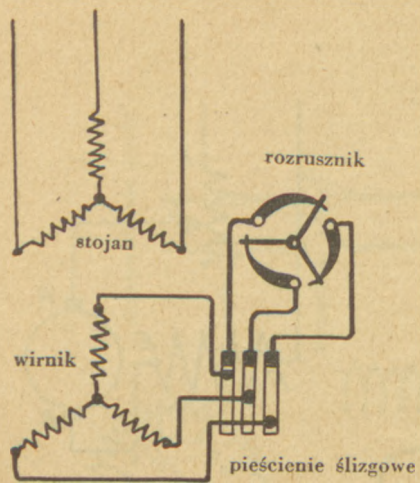
Rys. 167

Schemat silnika szeregowego

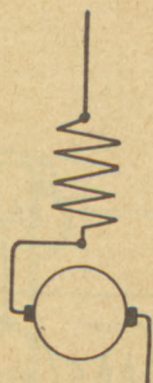


Rys. 168 Schemat silnika szeregowego

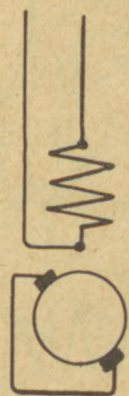




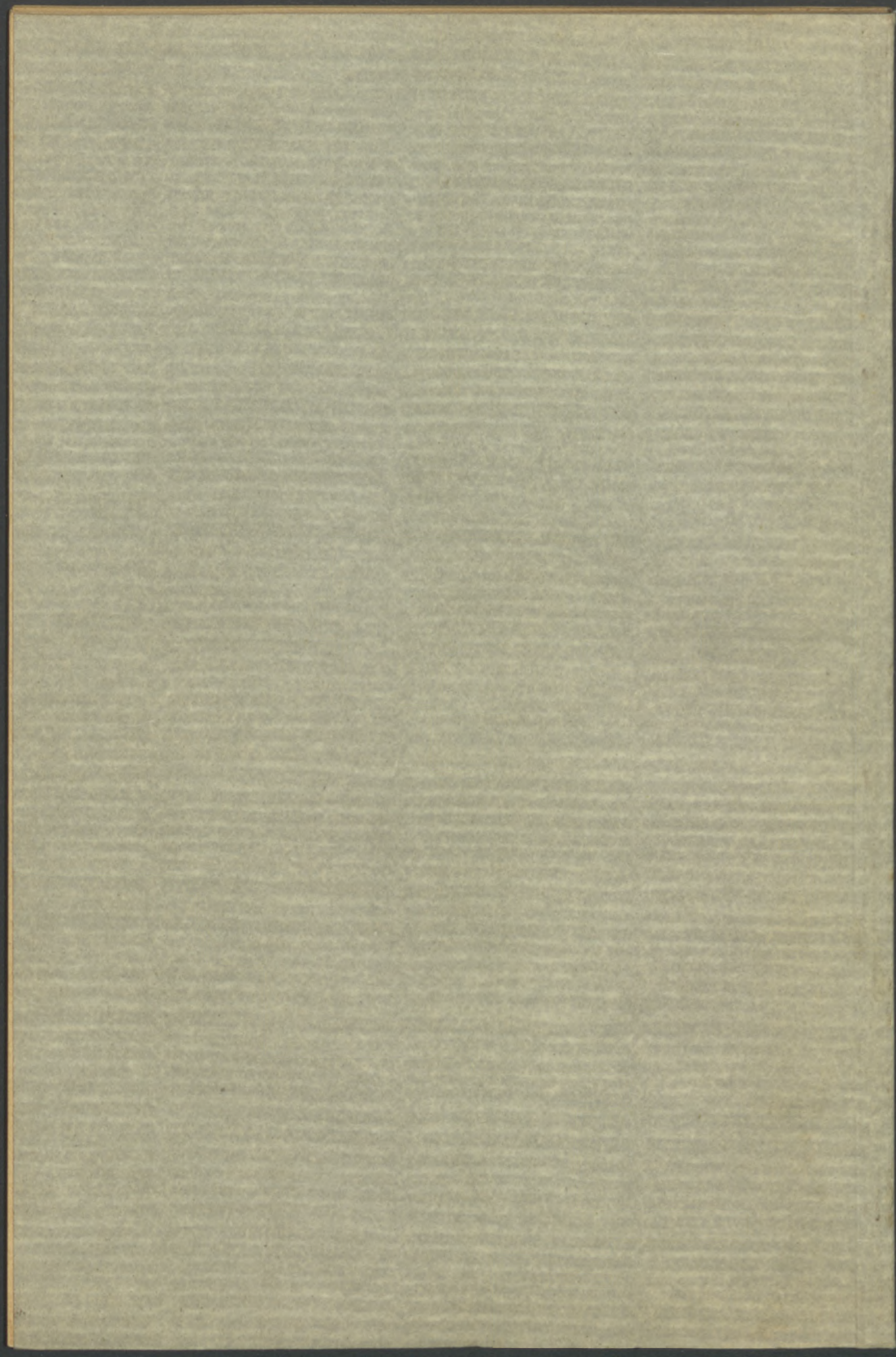
Rys. 169  
Schemat silnika pierścieniowego



Rys. 170  
Silnik kolektorowy jednofazowy



Rys. 171  
Silnik repulsyjny



## Rozdział XIII

	str.
Silniki elektryczne . . . . .	63
1. Silniki na prąd stały . . . . .	63
a) Silnik bocznikowy . . . . .	63
b) Silnik szeregowy . . . . .	64
2. Silniki na prąd zmienny . . . . .	65
a) Silniki jedno- i trójfazowe . . . . .	65
b) Silnik asynchroniczny . . . . .	66
c) Silnik synchroniczny . . . . .	66
d) Silniki kolektorowe . . . . .	66
Spis rzeczy . . . . .	I - IV

Arch. Emigracji

Biblioteka

Główna

UMK Toruń

1394069

Biblioteka Główna UMK



300021054527