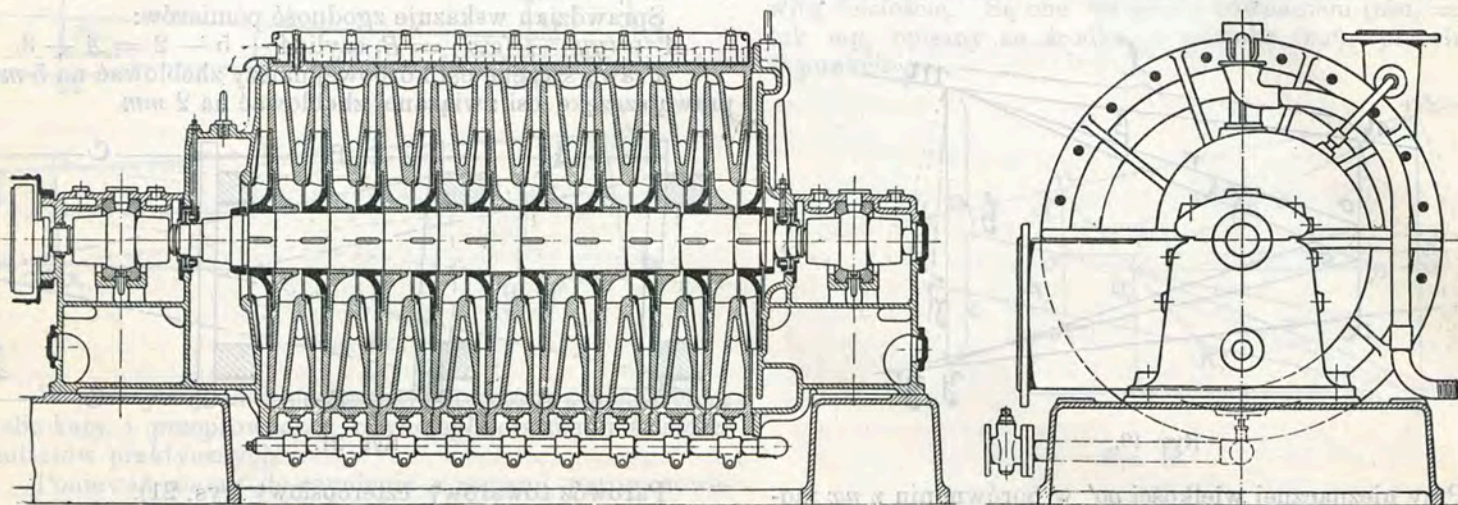


## Turbodmuchawy i sprężarki.

Wynalazek i szerokie rozpowszechnienie turbin parowych powołało do życia nową gałąź techniki: turbomaszyny (wirownice). Pierwsze na rynku przemysłowym zjawyły się pompy wodne odśrodkowe, wykazując w krótkim czasie swe wszechstronne zalety praktyczne. Od r. 1901 wchodzi w użycie turbodmuchawy i sprężarki wirujące, znajdując zastosowanie w górnictwie i hutnictwie, w metalurgii żelaza i stali, do przewietrzania kopalń, w przemyśle chemicznym i cukrowniczym.

podczas gdy wirniki pomp są zwykle całe brązowe lane, i wskutek tego cięższe niż pierwsze. Nizkopiężne dmuchawy nie są chłodzone sztucznie; w wysokopiężnych woda krąży wewnątrz kadłuba pomiędzy przeponami międzykomorowymi, jak to łatwo zrozumieć z rys. 1, przedstawiającego turbinę systemu Rateau w wykonaniu jednej z firm niemieckich. Woda ogrzana usuwana jest zapomocą rynienki, znajdującej się nad kadłubem.

Różnice w budowie i działaniu pomp i dmuchaw spo-



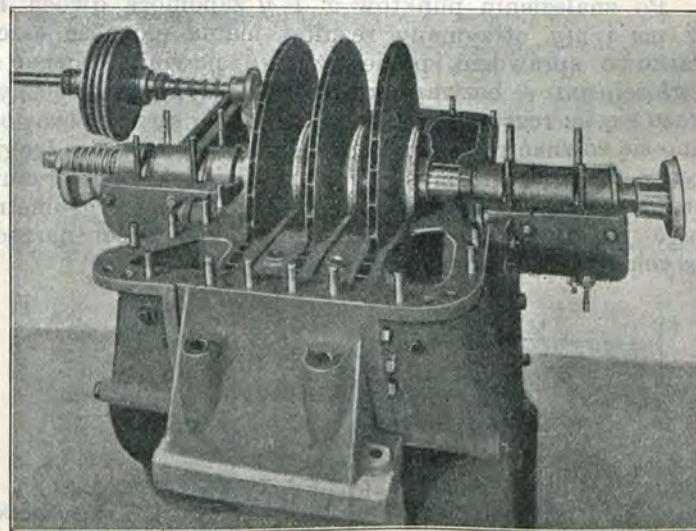
Rys. 1. Turbodmuchawa systemu Rateau w wykonaniu Kühnle, Kopp i Kausch.

Turbodmuchawami zajęli się prawie równocześnie Rateau i Parsons. Ten ostatni, stosując się do doświadczalnej metody angielskiej, zbudował sprężarkę, stanowiącą odwrotność turbiny swego systemu. Założenie Parsonsa okazało się technicznie błędne. Wobec udoskonaleń w zakresie budowy sprężarek tłokowych, jednym z najważniejszych warunków, jakim odpowiadać powinny projektowane maszyny, był wysoki współczynnik sprawności. W turbinie parowej systemu Parsonsa para, niezużytkowana należycie wskutek nieuszczelności i tarcia w jednym wirniku, pracuje w następnych, oddając część swej energii pozornie straconej; dzieje się to na skutek wzrostu temperatury, wywołanego pracą tarcia. W pompach wodnych odśrodkowych ten wzrost temperatury pozostaje bez wpływu na sprawność, w sprężarkach wirujących jest naodwrotń czynnikiem wysoce szkodliwym, utrudniającym otrzymanie poważniejszych prężności. Chcąc otrzymać rezultaty pomyślne, należało zredukować straty w poszczególnych wirnikach, zmieniając ich ustrój i poświęcając obliczeniom i wykonaniu jeszcze więcej drobiazgowości niż przy turbinach parowych.

Dla Rateau punktem wyjścia przy budowie sprężarek wirujących było zastosowanie napędu od turbin parowych do przewietrzników kopalnianych, w którym to zakresie posiadał on wieloletnią praktykę. W r. 1900 Rateau zbudował swą pierwszą dmuchawę z łopatkami, nafrézowanymi na stalowym wirniku, obracającym się z prędkością 20 200 obr. na min., ciśnienie powietrza odpowiadało przytem 5,8 m słupa wody. Doświadczenia, dokonane nad dmuchawą Rateau pozwoliły oznaczyć sposoby zwiększenia sprawności i stopnia sprężania pojedynczego wirnika. Główna przeszkoda do zbudowania turbodmuchawy wysokopiężnej była tym sposobem zwalczona.

Pierwsze dmuchawy były jednowirnikowe, a więc z konieczności rzeczy nizkopiężne, co ograniczało stosowanie ich w przemyśle. Pompy odśrodkowe nasunęły zasadę sprężania stopniowego. Jak widzimy z załączonych rysunków, ustroje obu rodzajów turbomaszyn są do siebie bardzo zbliżone. Sprężarka, podobnie jak zwykła pompa odśrodkowa, podzielona jest na szereg oddzielnych komór; w każdej z nich znajduje się wirnik, osadzony na wspólnym wale dla wszystkich komór. Przewody posiadają tak samo kształt litery U. Różnice polegają na odrębnej nieco konstrukcji wirnika: jest on wykonany z blachy stalowej z przynitowanymi łopatkami stalowymi (rys. 1) i posiada tylko piastę żelazną laną,

wodowane są przede wszystkim dzięki temu, że gęstość powietrza jest w normalnych warunkach 800 razy mniejsza od wody. Na pierwszy rzut oka wydaje się, że poważniejsze prężności nawet przy znacznych prędkościach obwodowych możliwe są do osiągnięcia jedynie przy znacznej ilości wirników. Rozwiązaniu technicznemu kwestyi sprzyja ściśliwość powietrza. W pompach odśrodkowych, o ile nie uwzględnić tarcia w przewodach, poszczególne wirniki zwiększają



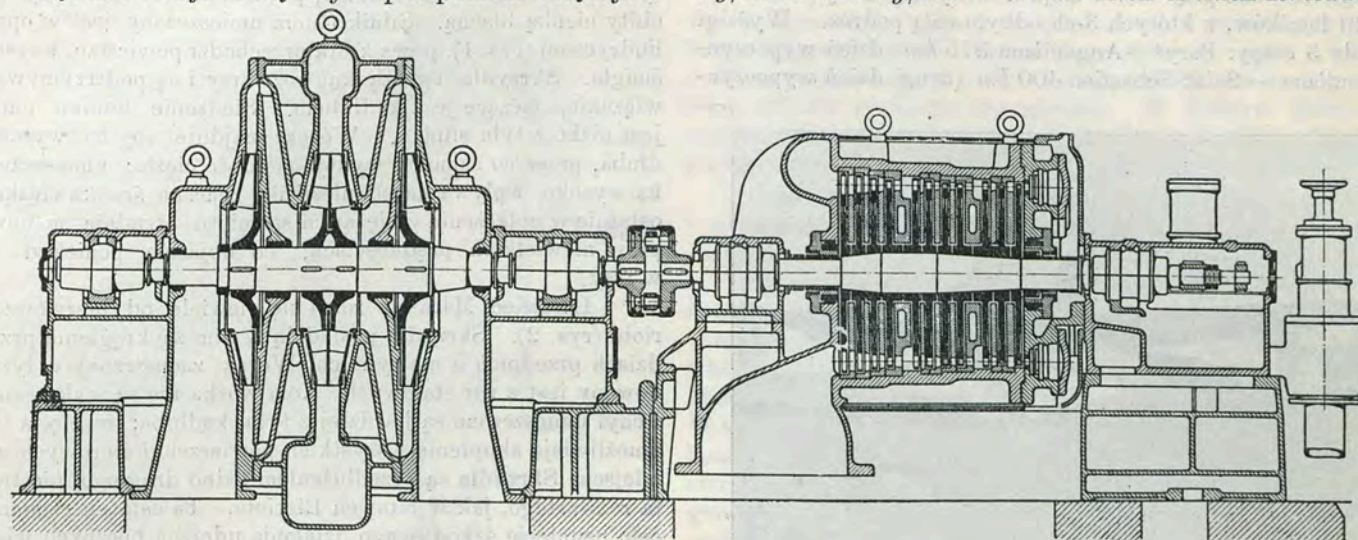
Rys. 2. Turbodmuchawa firmy Jaeger.

ciśnienie o te same wartości bezwzględne: ciśnienie słupa wody wzrasta w postępie arytmetycznym. W turbodmuchawach razem z prężnością wzrasta proporcjonalnie i gęstość, o ile sprężanie odbywa się izotermicznie według  $pv = \text{const.}$  Jeżeli więc wirnikowi pojedynczemu odpowiada 10% przyrost prężności powietrza, to przy 10 wirnikach prężność wyniesie  $1 \times 1,1^{10} = 2,6$  atm., a przy dwudziestu  $1,1^{20} \approx 7$  atm. W rzeczywistości wzrost temperatury, wywołany pracą sprężania, komplikuje zjawisko; dotyczy to szczególnie dmuchaw wysokopiężnych. Przy sprężaniu adiabatycznym od 1 do 8 atm. wzrost temperatury wynosi  $250^\circ$ , a przy zwykłym  $70^\circ$  współczynnik sprawności dmuchawy nawet  $325^\circ$ . Liczba ta świadczy wymownie o roli, jaką w turbodmuchawach odgrywać powinno odpowiednie chłodzenie powietrza.



Przy budowie pierwszych turbodmuchaw zastosowano do nich chłodnice o ustroju, używanym w sprężarkach tłokowych, włączając je pomiędzy grupy, na jakie dzieli się turbodmuchawa wysokoprężna ze względu na znaczną ilość wirników. W następnych konstrukcjach chłodnicę umieszczono wewnątrz kadłuba dmuchawy; inaczej mówiąc, wprowadzono krążenie wody w drążonych przeponach międzyko-

w Middlesbrough (Anglia), gdzie zastosowano dmuchawy wielkopiecowe z napędem od turbin mixte 800 i 1350-konnych. W Gutehoffnungshütte funkcjonują dmuchawy na 12 atm. z napędem elektrycznym, o mocy ogólnej 4000 k. m. Turbodmuchawy Rateau do gruszek Bessemera 1350-konne sprężają  $5 \text{ m}^3/\text{sek.}$  do  $3,5 \text{ kg/cm}^2$ ; prócz tego, inne na  $4,3 \text{ kg/cm}^2$  i na  $7 \text{ kg/cm}^2$ . W ostatnich czasach Rateau zajął się



Rys. 3. Turbodmuchawa wielkopiecową w Chiers.

morowych, a nawet w łopatkach rozdzielowych. Dzięki temu, że ciepło, w miarę tworzenia się usuwane jest natychmiast, wzrost temperatury daje się z łatwością zredukować do 50, 40 a nawet i 30°. Zbliżenie się do sprężania izotermicznego jest wielkim postępem w stosunku do sprężarek tłokowych, w których wzrost temperatury jest znacznie wyższy i wpływa znakomicie na zwiększenie współczynnika sprawności.

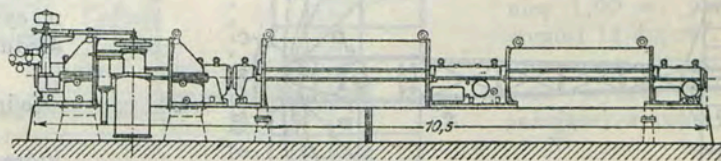
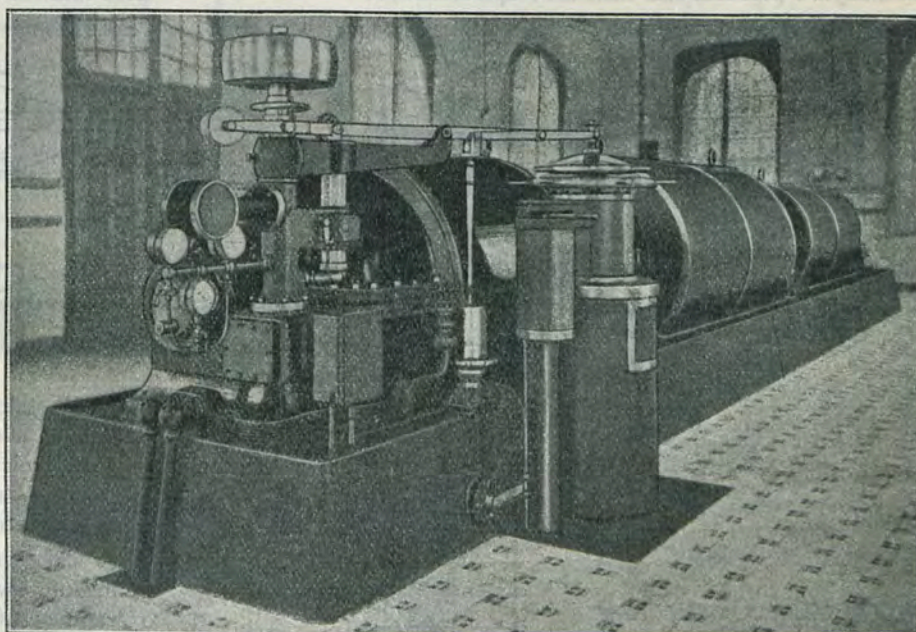
Turbodmuchawy, sprężające powietrze do 7—12 atm., posiadają 26—30 wirników, podzielonych na 4, 3 lub 2 grupy. Za małą ilością wirników i grup przemawiają mniejsze straty na tarcie w przewodach, mniejsza ilość łożysk. Zastosowanie wału giętkiego jest tem samem wskazane, dzięki możliwości zwiększenia przewodów wlotowych, skupienia wirników, zmniejszenia średnicy czopów i ułatwienia smarowania. Ustroje wirników różnią się pomiędzy sobą w szczegółach. Główny materiał stanowi blacha ze stali niklowej. Przy konstrukcji uwzględniane są odkształcenia sprężyste, pochodzące z działania siły odśrodkowej.

O wielostronności stosowania przemysłowego turbodmuchaw daje pojęcie wyszczególnienie ważniejszych instalacji, dokonanych przez rozmaite firmy francuskie i niemieckie. Na pierwszy plan wysuwają się turbodmuchawy systemu Rateau.

W r. 1905 ustawiona została w Bethune dmuchawa kopalniana wielowirnikowa, sprężająca powietrze do  $5 \text{ kg/cm}^2$  i otrzymująca napęd od turbiny niskoprężnej przy 4500 obr./min. W r. 1906 turbodmuchawy zastosowane zostały do wielkich pieców w Chasse: 2 grupy trójwirnikowe łączone w szereg lub równolegle, stosownie do potrzeby. W Vizcay (Bilbao) zastosowano 1800-konną dmuchawę wielkopiecową, sprężającą  $18 \text{ m}^3/\text{sek.}$  powietrza do 0,75 atm. Trójwirnikowa sprężarka wielkopiecową (rys. 3) w Chiers (dwa wirniki nisko i jeden pośrodku wysokoprężny — ssanie z obu stron wirnika wysokoprężnego) spręża  $11 \text{ m}^3/\text{sek.}$ , otrzymując napęd od 575-konnej turbiny. Ogromna instalacja powstała

dmuchawami niskoprężnymi, w celu podniesienia ich współczynnika sprawności.

O rozmiarach produkcji świadczyć może fakt, że pod kierunkiem Rateau prowadzona jest obecnie budowa 75 dmu-



Rys. 4. Turbosprężarka systemu Rateau w w Gutehoffnungshütte (szyb Concordia).

chaw, z których 25 kopalnianych ma być powyżej 800 k. m. każda.

Według tej samej skali prężności i wydajności budują turbosprężarki firmy niemieckie Jaeger, Pokorny i Wettkind oraz inne, stosując napęd bądź elektryczny, bądź turbinowy. Najlepsze rezultaty pod względem ekonomicznym dają instalacje z napędem od turbin niskoprężnych na parę wyłotową, z wyciągów kopalnianych lub maszyn walcowniczych.

H. M.