

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

Tom L.

Warszawa, dnia 5 grudnia 1912 r.

№ 49.

TREŚĆ. Chrzanowski W. Charakterystyczne cechy rozwoju silników cieplikowych w XX wieku [dok.]. — Kossuth S. Zawody techniczne [c. d.]. — Wiadomości techniczne i przemysłowe. — Z towarzystw technicznych. — Kronika bieżąca.

Architektura. Budowle na wyspie Philae. — Ruch budowlany i Rozmaitości. — Konkursy.
Z 7-ma rysunkami w tekście.

Charakterystyczne cechy rozwoju silników cieplikowych w XX-ym wieku.

Wykład wstępny, wygłoszony w Politechnice lwowskiej d. 11 marca 1912 r. przez prof. d-ra inż. Wiesława Chrzanowskiego.

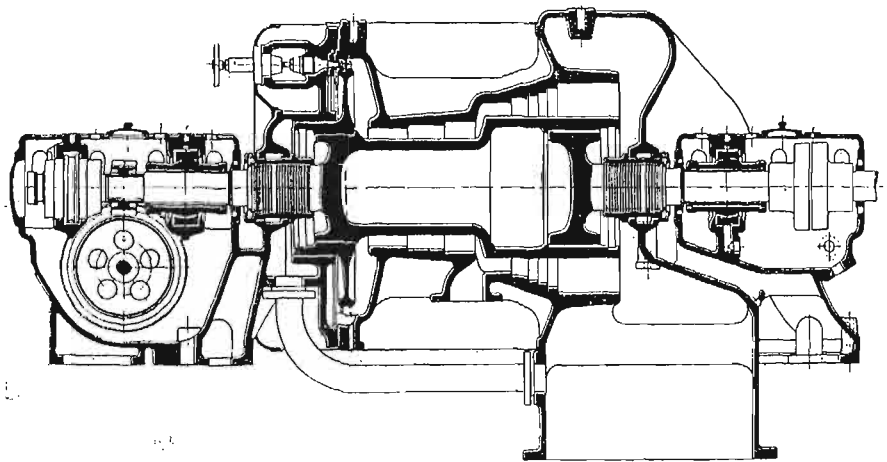
(Dokończenie do str. 619 w № 47 r. b.)

Ujemnych tych stron nie mają wielostopniowe turbiny odrzutne Zoellego i Rateau, gdyż powiększenie szczeliny pomiędzy łopatkami wirnika a osłoną nie powoduje tutaj strat znacznych. Również i uszczelnienie łopatek kierowniczych jest tutaj korzystniejsze niż u Parsonsa, bo posiadają one osobne uszczelki, znajdujące się na najmniejszym obwo-

że mniejsze turbiny buduje się z powodzeniem jako promieniowe.

Zasadniczych zmian w budowie turbin parowych obecnie już nie należy się spodziewać. Mnóstwo typów różnorodnych, które powstały, zniknęło w bardzo krótkim czasie, gdyż prace naukowe i doświadczenia praktyczne wytknęły drogi, na których pewien ustroj z powodzeniem rozwijać się może. Wynalazca, jak to zwykle bywa, wyparty został przez konstruktora, który wszelkie doświadczenia wyzyskał starannie, ulepszył na ich zasadzie konstrukcję poszczególnych części, a zarazem nadał im kształty, umożliwiające dokładne wykonanie przy fabrykacji masowej.

Dziś budowa turbiny parowej jest ustalona, poruszyć mi więc jeszcze wypada kilka najważniejszych względów konstrukcyjnych. Najczulszą częścią każdej turbiny są łopatki, które dawniej, przy użyciu nieodosownego materiału, sprawiały dużo kłopotu. Liczne niepowodzenia pochodziły z tego, że ostre wcięcie łopatek, w celu osadzenia jej w wirniku, wykonano było w części, wystawionej na największe naprężenie na zgięcie. Kilkoletnie doświadczenia z turbinami ustaliły zapatrywanie, że najkorzystniej używa się stali niklowej jako materiału do łopatek w części wysokoprężnej, zwłaszcza przy parze przegrzanej; mosiądzu w części środkowej aż do tej granicy, gdzie para posiada temperaturę około 200°C., a spisu w części niskoprężnej, gdzie łopatki, z powodu swej



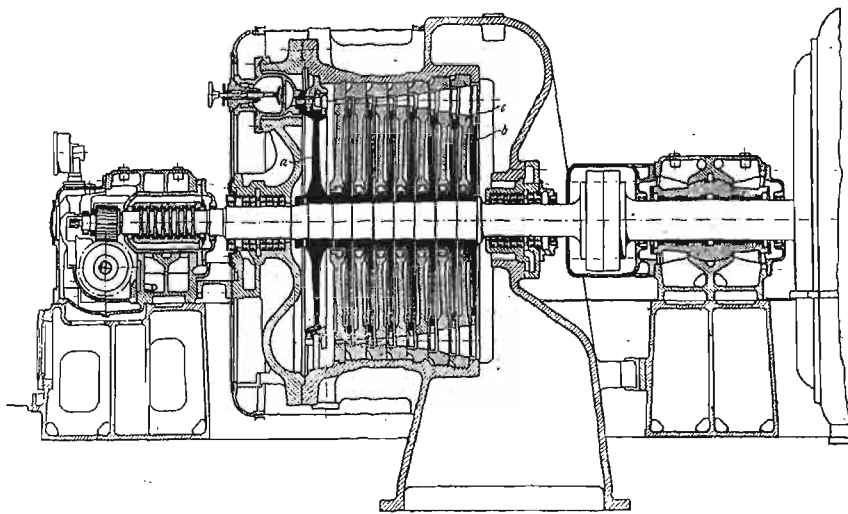
Rys. 5.

dzie, tuż przy wale turbinowym, niestety więc w miejscu trudno dostępnym. Słabą stroną ustroju odrzutowego jest częściowe zasilanie pierwszych wirników, co wpływa ujemnie na sprawność turbiny. Z powodu nieznacznego zmniejszenia prężności pary w pierwszej kierownicy, wchodzi do osłony turbiny, podobnie jak u Parsonsa, para o wysokiej jeszcze temperaturze i prężności, działając bezpośrednio na dławicę.

Połączenie jednego lub dwóch kół Curtisa, posiadających jeden lub dwa stopnie prędkości, z wielostopniową turbiną naporną lub odrzutową usuwa wady przedtem wymienione. Typ ten (rys. 5 i 6) jest ustrojem dzisiaj najwięcej budowanym, można nawet powiedzieć, systemem ogólnie panującym. Koło Curtisa, jako część wysokoprężna, spożytkowuje wielki spadek prężności; na osłonę turbiny i dławicę działa jedynie niska prężność i temperatura, — wielostopniowa turbina odrzutowa lub naporna, jako część niskoprężna, zapewnia dobrą sprawność turbiny, z powodu wlotu na całym obszarze wirników i niewielkich prędkości pary. Pomimo zastosowania pary wysoko przegrzanej, jest skuteczne dłuższe ogrzewanie podobnie zbudowanej turbiny przed jej uruchomieniem. W każdej chwili jest ona gotowa do pracy, a przytem usuwa się możliwość wyłamania łopatek, gdyż powiększenie szczeliny w części niskoprężnej, nawet u turbin napornych, nie jest połączone ze znacznymi stratami. Oprócz tego czynnika, tak bardzo ważnego dla każdego inżyniera ruchu, wykonanie opisanego ustroju jest tańsze, a równocześnie zabiera on mniej miejsca.

Zastosowanie powyższych zasad do silników o mniejszej mocy prowadzi do konstrukcji bardzo kosztownych, tak,

materyału do łopatek w części wysokoprężnej, zwłaszcza przy parze przegrzanej; mosiądzu w części środkowej aż do tej granicy, gdzie para posiada temperaturę około 200°C., a spisu w części niskoprężnej, gdzie łopatki, z powodu swej



Rys. 6.

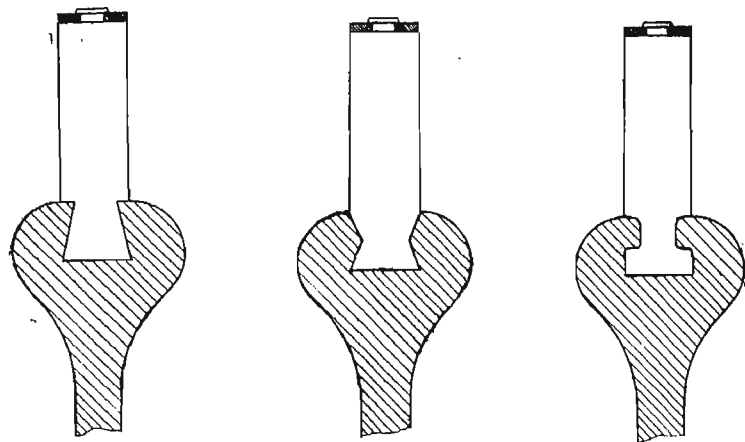
długości, muszą posiadać większą wytrzymałość. Mały procent zawartości niklu, około 5%, zapobiega dostatecznie rdzewieniu, lecz najodporniejszy względem pary chemicznie nieczystej jest mosiądz. Nieumiejętne wykonanie pierścienia zewnętrznego, znajdującego się ponad łopatkami, przyczyniło się także do wielu pęknięć. Aby wydłużanie się jego pod wpływem wysokich temperatur było nieszkodliwe, powi-

nien składać się on z części, pomiędzy którymi znajdować się musi dość duża szczelina.

4. Koła wirnikowe jak i bębny, całkowicie nawet wewnątrz toczono, wykonywa się obecnie z kutej stali Siemens-Martina, a wielką uwagę zwraca się na racjonalne, pod wpływem ciepła nieobluźniające się połączenie bębna z wałem turbiny. Również nowoczesne osadzenie osłony na podstawie, jak i jej kształt mają na celu jak najwięcej unieszkodliwić wpływ ciepła; osłona, przymocowana tylko w jednym miejscu do podstawy, najczęściej od strony niskoprężnej, może wydłużać się swobodnie, oprócz tego unika się starannie wszelkich żeber wysokich.

W nowszym czasie zastąpiono częściowo u łożysk dawniej używane chłodzenie panwi wodą silnym prądem oliwy, odpowiednio prowadzonym wokoło panewki, i nie użyto wcale u panwi wpustek oliwnych. Skutek osiągnięto dobry, a straty oliwy były nie większe niż przy zwykłym smarowaniu, gdyż oliwa płynie z łożysk do chłodnicy, a stamtąd, pod ciśnieniem 2—3 atm., znów do łożysk.

Na polu konstrukcji dławnic największą rolę odgrywa jeszcze dziś uszczelnienie, wprowadzone przez Parsonsa, za pomocą szczeliny grzebieniastej, choć w ostatnich czasach coraz wyraźniej przebija chęć zastosowania takich dławnic metalowych lub węglowych, które nie wymagają smarowania.



Rys. 7.

Również regulacja przez dławienie pary, zastosowana najpierw przez Parsonsa, zachowała się do dnia dzisiejszego. Straty, powstałe przez dławienie pary wlotowej, nie są tak wielkie u turbin jak u maszyny parowej. Chcąc jednak osiągnąć dobre wyniki w rozchodzie pary pomimo zmiennego obciążenia, należy u turbin stosować regulację zapomocą dysz, która coraz więcej się też rozpowszechnia, choć w obecnej swej postaci, pomimo skomplikowanej budowy, nie pracuje jeszcze zadowalająco. Oprócz zwykłej regulacji, posiada każda turbina dobrze zbudowana regulator bezpieczeństwa, niezawodnie działający, który przy przekroczeniu dopuszczalnej najwyższej liczby obrotów samoczynnie zamyka dopływ pary. Zastosowanie podobnego środka jest u turbin bezwarunkowo konieczne, gdyż nawet znacznego powiększenia się prędkości obrotowej nie można poznać po biegu turbiny.

Duże znaczenie, choć nie tak wielkie, jakby się należało spodziewać, zdobyła sobie *turbina parowa jako maszyna do napędu okrętów*. Na przeszkodzie stoją tutaj przede wszystkim dwa braki turbin: wielka liczba obrotów i brak nawrotności. Pierwsza wpływa ujemnie na sprawność śrub okrętowych, a nawrotnej turbiny nie udało się jeszcze zbudować. Dużo już robiono wynalazków w tym kierunku, lecz bez dodatniego wyniku, gdyż należy przytem pokonać trudność w postaci opracowania wielkich sił działających. Z tej przyczyny buduje się zwykle osobne turbiny bądź koła nawrotne; zasadniczą zmianę przynieść może hydrauliczny transformator prof. Föttingera, jeżeli osiągnięto się nim w praktyce spodziewany skutek.

W zakresie szerokim wyzyskano cenny przymiot turbiny parowej, przez opanowanie wielkich objętości pary bez strat mechanicznych, *przez połączenie jej jako części niskoprężnej z maszynami parowymi*, zwłaszcza nawrotnymi. Dzielnym pionierem na tem polu był prof. Rateau. Maszyny

walcownicze i wyciągowe grzeszyły do niedawna dużym rozchodem pary, tak, że turbina, pędzona ich parą wylotową, przyniosła znaczne korzyści, pomimo, że pierwotny jej ustrój posiadał liczne braki. Największą jej wadą była konieczność częściowego dodawania odpowiednio zdławionej pary świeżej do wylotowej i obecność zbiornika pary, napełnionego wodą, który w razie nadmiaru pary wylotowej przechowywać miał w wodzie ciepło, zaś odparowywać, w razie jej braku. W praktyce akumulator powyższy zawiódł zupełnie, bo nie tylko bardzo mało odparowywał, lecz wywierał znaczną przeciwność na silniki tłokowe i nawadniał parę, gdy tymczasem para mokra najwięcej uszkadza łopatki wirników.

Z tej przyczyny stosuje się w ostatnim czasie coraz częściej zbiornik dzwonowy systemu Harlé, posiadający ustrój podobny do zbiorników gazowych, a turbinę buduje się o dwóch głównych stopniach prężności. W części niskoprężnej pracuje wciąż para wylotowa silników tłokowych, a gdy ilość jej nie wystarcza do pokrycia obciążenia turbiny, samoczynnie wpuszcza się parę świeżą do części wysokoprężnej. Powyższy ustrój, u którego pewne straty powoduje jedynie opór wentylacji w tych okresach, gdy wirniki wysokoprężne pracy nie oddają, przynosi niezaprzeczane korzyści pod względem termicznym, nawet przy użyciu dobrych silników tłokowych. Korzyści finansowe są jednakowoż często wątpliwe, o ile się uwzględni duże koszty zakładowe podobnego ustroju. Bez wątpienia, osiągnąć można tutaj względnie dobre wyniki, jeśli zastosuje się pomiędzy maszynami tłokowymi a turbiną możliwe krótkie, proste, dobrze zabezpieczone od strat ciepła rury i wielki, również dobrze otulony zbiornik, a u turbiny nadzwyczaj czułą regulację napełnienia zapomocą dysz.

Podobnie jak turbina parowa zdobyła dominujące stanowisko w centralach miejskich, zapanował *wielki silnik gazowy* w centralach hut żelaznych i osiąga coraz szersze zastosowanie w centralach kopalni węgla kamiennego. Konstrukcja jego, jako silnika o mniejszej i średniej mocy, była ustalona już na początku bieżącego wieku, a ulepszenia, zrobione tutaj w ostatnich latach, dotyczą przede wszystkim zapalaczy, regulacji i przeprowadzenia celowej fabrykacji masowej. Wielki silnik gazowy, zadowalający wszelkie, stawiane w praktyce, wymagania, został zbudowany dopiero przed kilku laty.

Dwusuw czy czterosuw było hasłem, pod którym odbył się rozwój wielkich silników gazowych. Zasadniczo różnią się oba ustroje przez to, że u dwusuwu przejmują pracę skoku ssącego i wydychowego osobne pompy, podczas gdy sprężanie i spalanie mieszanki w obu systemach odbywa się w równy sposób.

Proces spalania w silnikach gazowych możemy podzielić na dwa główne okresy: przysposobienie mieszanki i jej spalanie. Dotychczas nie udało się jeszcze dobrze opanować okresu spalania, — dzielność więc jego jest w głównej mierze zależna od umiejętnego przysposobienia mieszanki, — od jak najlepszego zmieszania gazów z powietrzem, na które dodatni wpływ wywiera możliwie długi okres wzajemnej ich styczności.

Z tego punktu widzenia dwusuw nie jest korzystny. Nadzwyczaj krótki czas przepłykiwania i napełnienia cylindra jest jego największą wadą. Dlatego trudno zbudować niezawodnie i pewno działające stawidła zewnętrzne, zwłaszcza przy większej liczbie obrotów silnika, a przy zmiennym obciążeniu powstają duże straty gazów; z drugiej strony dwusuw posiada wielką zaletę przez częściowe choćby wypchnięcie gazów spalonych z cylindra, czego się jednakże u wielu rodzajów maszyn dwusuwowych nie osiąga.

Silnik czterosuwowy, niezależny od innych czynników, przysposabiający sobie w dłuższym okresie mieszankę, spełniający zarazem funkcję kompresora, jest z tych względów konstrukcją nieprześcignioną, — jedyną jego wadą jest łączenie się mieszanki świeżej z gazami spalonymi, pozostałymi w komorze kompresyjnej.

Zasadnicze różnice obu systemów nie mogły rozstrzygnąć i nie rozstrzygnęły też na korzyść jednego z nich; mniejsze lub większe powodzenie zapewniła wyłącznie konstrukcja, uwzględniająca wzorowo w jak najszerszym zakresie wymagania, stawiane w praktyce biegowi silników.

Jako pierwszy wielki silnik gazowy został uruchomiony

w r. 1898 dwusuwowy, systemu Oechelhaeuser-Junkersa. Pomimo, że zastosowane tutaj tłoki przeciwbieżne posiadają cenną zaletę podchwytywania sił działających siłami przeciwdziałającymi i pomimo, że typ powyższy nie miał żadnych dławnic, nie zyskał on należytego rozpowszechnienia. Przyczyny niepowodzenia były przeważnie natury konstrukcyjnej: trudność przeprowadzenia w sposób prosty obustronnego działania, nawet przy jednostronnym działaniu złożony mechanizm, wreszcie trudności przeprowadzenia dobrej regulacji.

Natomiast duże znaczenie uzyskał obustronnie działający dwusuw Koertinga, który pierwszy zastosował ze względów nie do braku powodzeniem dławnic metalowe u silników spalinowych. W typie tym nie zaszły, od czasu jego powstania, zasadnicze zmiany, a poczynione liczne ulepszenia dotyczą przede wszystkim regulacji, zmniejszenia ujemnej pracy pomp i nadania korzystnego wyglądu łożyskom silnika. Nie udało się jednak przeprowadzić z dobrym wynikiem zasady bardzo ważnej ze względów fabrykacji i montażu, t. j. zastosowania ram z prowadnicą centralną, bo powstawała wtedy trudność dostępu do łożysk leżących na przodzie.

Regulacja u dwusuwu nie jest tak czuła jak u czterosuwu, ponieważ zawartość gazu i powietrza, znajdująca się pomiędzy pompami a cylindrem roboczym, usuwa się z pod jej wpływu. Próby usunięcia tego niedomagania dwusuwu nie wydały dotychczas pożądanego wyniku, gdyż prowadziły czasami do skomplikowanych, często w ruchu zawodzących konstrukcji i do powiększenia oporu pomp. Najprostszą konstrukcją, która zmniejsza znacznie wspomnianą wadę dwusuwu, jest zastosowanie osobnego zaworu gazowego, umieszczonego tuż nad zaworem wpustowym. Natomiast osobne napełnienie cylindra przez pompy, które posiadają daleko lepszą sprawność objętościową niż cylinder czterosuwowy, zapewnia nawet przy zmiennym ciśnieniu i zmiennej wartości gazu dostarczenie silnikowi dwusuwowemu potrzebnej mieszanki. Z tej przyczyny można go z łatwością uruchamiać i bez trudności stosować małą liczbę obrotów. Ta doskonała możliwość regulowania w bardzo szerokich granicach prędkości biegu silnika wytworzyła zapatrywanie, częściowo usprawiedliwione, że dwusuw nadaje się najlepiej do napędu dmuchaw, podczas gdy czterosuw ze swą czułą regulacją i większą liczbą obrotów korzystniejszy jest do napędu generatorów elektrycznych.

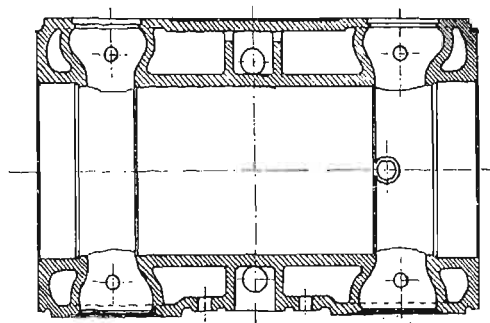
Rozwój wielkich silników czterosuwowych na początku bieżącego wieku kroczył zupełnie fałszywymi drogami, gdyż bez wnikania w istotę samej rzeczy powiększano jedynie poszczególne części silników małych. Jedna fabryka łączyła cztery mniejsze jednostronnie działające silniki w jedną całość, ustawiając je w sposób bliźniaczo-przeciwległy, — druga otrzymywała większą moc, aż do 1000 koni w jednym jednostronnie działającym cylindrze, przez powiększenie jego średnicy, nie używając jednakowoż ramy i wodzika, — trzecia znowu łączyła dwa jednostronnie działające cylindry w systemie posobnym, a wspólną ich cechą, zwłaszcza w dwóch pierwszych przypadkach, było złe wyzyskanie mechanizmu napędowego.

Największe niedomagania powstawały przez fałszywie zbudowany i nieumiejętnie, często oddzielnie do fundamentu przymocowany mechanizm stawidłowy z jego wielkimi masami, przez niewolnicze trzymanie się konstrukcji łożysk, przejętych od małych silników, i przez zbyt duże naprężenia mechanizmu napędowego, zwłaszcza, że stosowano wtedy u gazów wielkopieczowych kompresję przedwstępną nieraz nawet aż do 16 atmosfer, co dawało prężność wybuchową, dochodzącą do 30 atmosfer. Znane są wypadki, że u jednego silnika 30 łożysk kolejno pękało i nieraz metal biały wytopiał się we wszystkich łożyskach. Duże trudności sprawiały także i tłoki u cylindrów o większej średnicy, ponieważ obok uszczelniania musiał spełniać funkcję wodzika. Zdarzały się przypadki, że tłok był nieszczelny, ogień buchał z cylindra, a silnik pracować musiał, dopóki tylko mógł, gdyż piec wielki bez powietrza obejść się nie może; — koniecznym środkiem było wtedy wstrzykiwanie wody w tłok od strony korbowału.

Całkowity przewrót na polu budowy wielkich silników spalinowych nastąpił dopiero w r. 1903 przez obustronnie działającą maszynę posobną fabryki norymberskiej, którą

zbudowali wyłącznie konstruktorzy maszyn parowych. Odnacza się ona chlubnie centralnym chwytywaniem sił, zastosowaniem tłoków tarczowych, chłodzonych wodą, które spoczywają na drogach tłokowych, zastąpieniem łożysk przez zwykłe pokrywy, doskonałym dostępem do wszystkich części silnika, łatwością rozbierania jego, racjonalnymi wymiarami mechanizmu napędowego, stosownymi stawidłami zewnętrznymi, dobrem, centralnym umieszczeniem zapalania elektrycznego i umiejętnym doprowadzaniem wody chłodzącej. Nic więc dziwnego, że z biegiem czasu większość fabryk zaczęła budować podobne typy silników. Pewne niepowodzenia, t. j. pęknięcia, pochodziły u powyższego typu dawniej u tłoków, posiadających zbyt ostre wcięcia przy piastach i wadliwie osadzonych na drążu tłokowym; zdarzały się również pęknięcia cylindrów, będących odlewem składającym się z dwóch tulei, połączonych ściankami na obu końcach (rys. 8). Nie ulega wątpliwości, że wewnętrzna tuleja pod wpływem ciepła więcej się wydłuża niż dobrze chłodzona zewnętrzna, lecz przy zastosowaniu znaczniejszej odległości pomiędzy obiema tulejami różnica wydłużenia się nie jest zbyt niebezpieczna. Zapatrywanie to potwierdziła w zupełności praktyka, gdyż od czasu zastosowania dobrego rozkładu materiału we wszystkich częściach cylindra i umiejętnego przeprowadzenia chłodzenia części, wystawionych na najwyższą temperaturę, nie zdarzają się pęknięcia, jeśli używa się dobrego materiału na odlew cylindra.

Chcąc zastosować możliwie twardy odlew wewnątrz cylindra i zabezpieczyć się przed wadliwymi miejscami odlewu w wewnętrznej tulei, fabryka Thyssena wsadza w cylinder osobną, mniej więcej 25 mm grubości tuleję, która swym



Rys. 8.

zewnętrznym obwodem przylega do wewnętrznego obwodu dwusuwowego cylindra. Obawiaćby się tutaj należało, że tuleja w ten sposób osobno włożona będzie łatwo ulegała zniszczeniu z powodu niewystarczającego chłodzenia, lecz wyniki osiągnięte w praktyce z tymi cylindrami po 5-letniej pracy okazały się bardzo dobre.

Obawa przed niepowodzeniami skłoniła niektóre fabryki do dzielenia cylindra na trzy części, przez co zmniejszono naprężenia odlewnicze i usunięto naprężenia z powodu nierównomiernego wydłużenia się obu ścianek (rys. 9). Dotkliwą wadą podobnej budowy jest trudność uszczelnienia zewnętrznego obwodu, pod którym znajduje się woda chłodząca. Również rozkład naprężeń nie jest tutaj korzystny, gdyż wewnętrzna tuleja musi sama opanowywać ciśnienia wybuchowe.

Na mocy doświadczeń praktycznych zmniejszono znacznie kompresję u wielkich silników, pędzonych gazami z pieców koksowych, gdyż z powiększeniem średnicy cylindra staje się rdzeń żaru coraz większy, wpływ chłodzenia jest coraz mniejszy, a znajdująca się nieraz w gazach duża zawartość wodoru przyczynia się do samoczynnego zapalania się mieszanki podczas okresu kompresji.

U wielkich silników, wykonywanych przez fabrykę norymberską i inne, stosowano najprzód regulację jakościową, głównie dlatego, że konstrukcyjnie można było części stawidłowe rozwiązać lepiej, a zapatrywania co do osiągnięcia skutków termicznych nie były wtedy jeszcze ustalone. Bezsprzeczną jej zaletą jest zachowanie zawsze stałej kompresji, lecz posiada ona dwie wielkie wady:

1) gdy w mieszance znajduje się za mało gazów, wybuch często zawodzi;

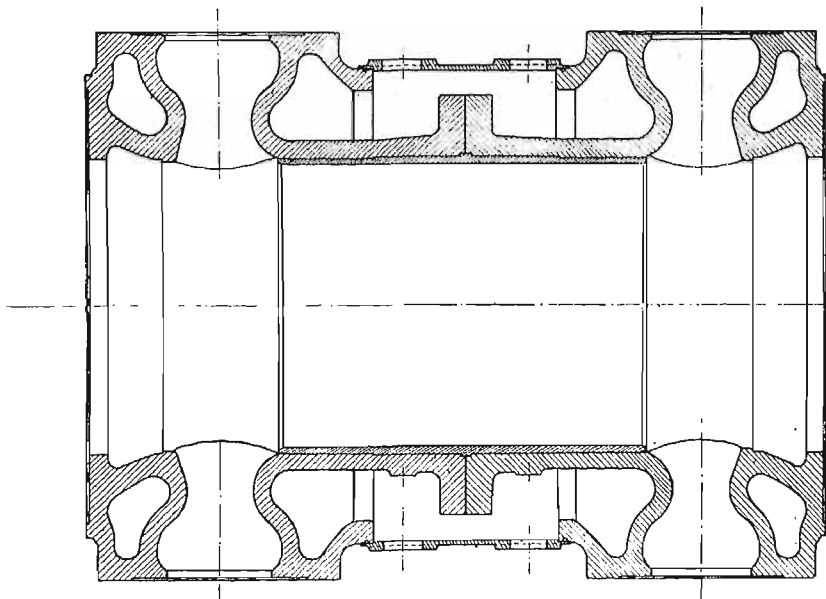
2) przy zmiennym ciśnieniu i zmiennej wartości gazów,

co w praktyce bardzo często się zdarza, regulator sam nie może opanować regulacji, koniecznym okazuje się wtedy ręczne dławienie dopływu zapomocą przepustnicy, przyczem nadzwyczaj trudno uzyskać wolny i pewny bieg silnika.

Wielkie trudności w pierwszych czasach zachodziły również u silników, pędzonych gazami z pieców koksowych, z powodu użycia za dużych zaworów gazowych, a częściej też z powodu bardzo zmiennych wartości ciepłotowych.

Stawiane wymagania zadowala lepiej regulacja ilościowa, u której niekorzystną jest konieczność użycia bardzo silnych sprężyn do zaworów wylotowych. Gazy lepiej mieszają się tutaj z powietrzem, strata przez dławienie mieszanki świeżej nie jest zbyt wielka, gdyż u silników gazowych chodzi o energię chemiczną, a nie o energię ciśnienia. Regulacja ilościowa wymaga jednak bardzo silnych regulatorów, jeśli mają one kierować dużymi zaworami wpustowymi, bądź mieszankowymi.

Obecnie zdobywa sobie w praktyce coraz większe znaczenie połączona regulacja jakościowo-ilościowa, u której regulator działa na przepustnicę, znajdującą się możliwie blisko zaworów wpustowych. Oprócz tego umieszcza się, w celu uniknięcia większych strat gazu, tuż ponad zaworem wpustowym zawór gazowy, otwierający się nieco później niż zawór wpustowy. Konstrukcja powyższa jest nadzwyczaj prosta, zwłaszcza, że napęd zaworu gazowego nie wymaga osobnego mechanizmu.



Rys. 9.

W ostatnich czasach ujawniło się u czterosuwu silne dążenie do unieszkodliwienia spalin, pozostałych w komorze kompresyjnej. Środkiem ku temu ma być umiejętne przepłukiwanie powietrzem w celu podniesienia specyficznej mocy silnika czterosuwowego i tem samem obniżenia kosztów budowy. Pożądanego wyniku nie można osiągnąć przez napełnienie cylindra mieszanką, podobnie jak u dwusuwu, gdyż opór pomp za dużą pochłania siłę; wyssanie spalin z cylindra również nie dało korzystnych wyników, gdyż przyczynia się do ujemnie działającego falowania mieszanki w dopływie, a jego dodatniego wpływu naprzód dokładnie obliczyć nie można.

Obecnie u kilku maszyn, będących w budowie, zastosowano następujący układ: naprzód powietrze sprężone wypycha spaliny z cylindra, potem tłok ssie mieszankę w sposób normalny, następnie — gazy, a w końcu znów powietrze; przestrzeń szkodliwa, znajdująca się pomiędzy suwakiem sterującym a zaworem wpustowym, jest możliwie mała, a przekroje dla dopływu gazów dostatecznie duże. Wspomniane silniki zostaną jeszcze w roku bieżącym uruchomione, a praktyka dopiero pokaże, czy skutek spodziewany w zupełności zostanie osiągnięty, czy przepłukiwanie obniży temperaturę ścianek cylindra, czy też może doskonałe spalanie mieszanki nie przyczyni się do podniesienia temperatur i pęknięć w różnych częściach silnika. Wypchnięcie gazów z cylindra umożliwia zastosowanie daleko mniejszej kompresji i przeciwdziała samoczynnemu zapaleniu się mieszanki, pomimo, że prężność wybuchowa nie zostaje zmniejszona; ze zmniejsze-

niem się pracy kompresji, powiększa się średni nacisk na tłok, wykres indykatora staje się pełniejszy i wzrasta moc silnika. Powyższe sterowanie można jedynie skutecznie zapomocą suwaka tłokowego, który, w celu zapewnienia przepisanego ruchu, otrzymać musi napęd wodzony.

Dziś wielki silnik gazowy tak dalece jest udoskonalony, że czyszczenie zaworów odbywa się normalnie co trzy miesiące, a czyszczenie cylindra najwyżej raz na rok. Oprócz tego, ułatwiono znacznie obsługę silnika przez umiejętne przeprowadzenie bardzo oszczędnego smarowania centralnego, u którego szybki strumień oliwy chłodzonej skutecznie przeciwdziała zagrzeniu się łożysk.

Nie mniejsze postępy niż budowa wielkich silników gazowych zrobiło w bieżącym stuleciu *wyzyskanie paliw płynnych*. Daleko idącego przewrotu technicznego nie zaprowadziły na tem polu silniki, sprężające mieszankę palną, pomimo, że z powodu swych małych kosztów zakładowych znalazły znaczny rynek zbytu w drobym przemyśle; silnik zaś Bąńskiego zawiódł pokładane w nim nadzieje, gdyż złe rozpylana woda tworzyła w cylindrze osady kamienia i rdzy, które niszczyły go z biegiem czasu.

Silnik Diesela, poczynając od około 20 koni, stał się panem położenia, gdy tymczasem próby zbudowania taniego, małego silnika typu Diesela nie są jeszcze ukończone. Charakterystyczną cechą silnika Diesela jest osobne sprężanie powietrza aż do ciśnienia, przy których paliwo płynne, wstrzykiwane do cylindra, przy końcu kompresji zapala się samoczynnie. Silnik ten zawdzięcza wprowadzaniu ciepła przy możliwie wysokich temperaturach swoją doskonałą sprawność termiczną, nie osiągniętą przez żaden inny silnik ciepłotowy, wynosi ona bowiem do 35%, licząc w stosunku mocy konia rzeczywistego. Pierwotnie zamierzone spalanie podług izotermy, mające usunąć konieczność chłodzenia cylindra wodą i powstające stąd straty, nie zostało przeprowadzone w praktyce, a przyczynami tego były trudności konstrukcyjne, jak również niemożliwość całkowitego spalania olei z ich wielką zawartością węgla w projekowanym krótkim czasie. W rzeczywistości też spalanie trwa daleko dłużej niż wstrzykiwanie paliwa i przedstawia się u większości silników Diesela jako izobara, co na wyzyskanie paliwa nie oddziałuje ujemnie.

Pomimo wielkich trudności konstrukcyjnych, powstających przy opanowaniu wysokich ciśnień, które nieznane są u innych maszyn ciepłotowych, rozwój silnika Diesela przybrał wielkie rozmiary dzięki wytrzymałości i dzielności wykonywających fabryk, a przedewszystkiem zakładów augsbursko-norymberskich i Sulzera. Powiększono również bardzo znacznie moc silników, gdyż fabryka norymberska zbudowała już czterosuwową maszynę leżącą, obustronnie działającą, systemu bliźniaczo-posobnego, o mocy maksymalnej 2000 k. rzecz., czyli 500 koni mocy jednego cylindra, gdy Sulzer osiągnął w jednym dwusuwowym cylindrze stojącym, jednostronnie działającym, już 600 koni.

Nasuwa się pytanie, czy wielki silnik czterosuwowy dla paliw płynnych, podobnie jak wielka maszyna gazowa, znajdzie szersze zastosowanie? Warunki dla dwusuwu są tutaj daleko korzystniejsze niż u silników gazowych, gdyż silnik posiada tylko jedną pompę powietrzną do przepłukiwania i napełniania cylindra, a zarazem nie traci się paliwa przez szczeliny wylotowe; wobec tego, umiejętne wyzyskanie dwusuwu, zwłaszcza obustronnie działającego, ma wszelkie dane do dalszego rozwoju.

Praktyczne doświadczenia nie są jeszcze z wielkimi silnikami Diesela ukończone. Najdzielniejsi konstruktorzy chcą nadal powoli dążyć do powiększania mocy silników i sumiennie zbierają dane doświadczenia, celem przekonania się, jak duży wpływ wywiera powiększona średnica żaru na materiał. Wygłaszane są nawet zdania, że korzystne byłoby podzielenie spaliska, aby mózdz chłodzić je lepiej.

Jeśli praktyka potwierdzi powyższe przypuszczenia, to nowy silnik Junkersa (rys. 10), podwójnie działający, ze swem spaliskiem cylindrycznym, nie ma widoków powodzenia, zwłaszcza, że skomplikowany mechanizm, znajdujący się w płasz-

czyźnie poziomej i pionowej, słusznie odstrasza konstruktorów i odbiorców.

Obecnie niektórzy konstruktorzy starają się usunąć konieczność użycia osobnego kompresora powietrznego do wstrzykiwania paliwa, lecz i na tem polu doświadczenia nie dały jeszcze pożądanego wyniku. Omawiana również była myśl umieszczenia dodatkowych zapłonek elektrycznych, których byłoby zadaniem, nie zmieniając obecnego procesu spalinyowego, dopomaganie do samoczynnego zapalania się mieszanki.

Pomimo dzielnej sprawności termicznej, trudno silnikowi Diesela zdobyć tak szerokie zastosowanie, jakie posiada turbina parowa, gdyż koszt jej zakładów są za wysokie, zwłaszcza, jeżeli ma on służyć do napędu w centralach miejskich, których moc można wyzyskać nieznacznie, bo średnio tylko około 20%. W wielu krajach, które nie posiadają ropy, stoi także na przeszkodzie wysoka cena paliwa, lecz z biegiem czasu może nastąpić na tem polu ogromny przewrót przez wyzyskanie smołowca, który otrzymuje się z węgla kamiennego w dużych ilościach w koksowniach kopalnianych.

Znaczny już dzisiaj rynek zbytu zdobył silnik Diesela jako maszyna napędowa dla okrętów i z pewnością zdobędzie sobie jeszcze daleko większy, ponieważ paliwo płynne posiada cenną zaletę, że w małej objętości i w małym ciężarze zawiera dużą ilość ciepła.

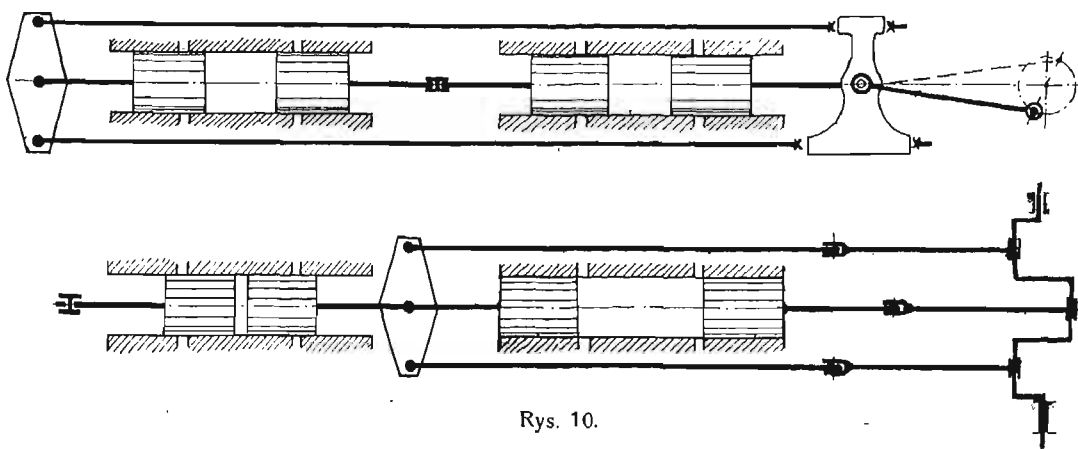
Podobnie jak u silników parowych można także i u silników spalinyowych *wyzyskać część ciepła gazów spalonych*, pomimo ich małego ciepłota właściwego. Kilkanaście urządzeń wykonano już z dobrym skutkiem, przy czem spaliny użyte były do ogrzewania wody lub też ogrzewania hal fabrycznych; coraz większa konkurencja silników ciepłikowych zmusi także konstruktorów silników spalinyowych do zbudowania przyrządów, któreby lepiej niż dotychczas wyzyskiwały ciepło gazów spalonych.

Ponieważ wymagania co do mocy silników wzrastają stale, a największy silnik gazowy, zbudowany dotychczas, rozporządza mocą najwyższą 6000 koni, zjawia się przed inżynierami nowe zadanie zbudowania *turbiny gazowej*. Liczne doświadczenia, robione w tym kierunku, okazały się dotychczas bezskutecznymi, gdyż urzeczywistnienie turbiny gazowej rozbija się o brak materiału, któryby przy zjawiających się wysokich temperaturach można było użyć bez chłodzenia wo-

dą. Wysokie temperatury zmuszają bowiem do jednostopniowego rozprężania gazów, przy którym sprawność turbiny jest daleko gorsza niż mechanizmu korbowego.

W ostatnim czasie zbudował Holzwarth turbinę gazową, u której przeprowadził proces wybuchowy z przedkompresją mieszanki, lecz osiągnięta sprawność jest nadzwyczaj mała. Przyczyną ujemnego wyniku znajdujemy w małej przedkompresji, bo wynoszącej tylko około półtorej atmosfery, którą zastosowano jedynie ze względu na niższą temperaturę wybuchową.

Wnioskując z doświadczeń dotychczasowych, zbudować będziemy mogli dopiero wtedy racjonalnie pracującą turbinę gazową, gdy znajdziemy stosowne materiały, i gdy sprawność kompresorów odśrodkowych, tworzących część ze-



społu turbinowego, znacznie zostanie ulepszona. Możliwe jest też, że w czasie przejściowym powstaną inne pomysły silników, któreby zaspokajały wielkie wymagania co do ich mocy, np. może nastąpić połączenie pompy spalinyowej Humphreya z turbinami wodnemi.

Rozwój maszyn ciepłikowych w XX-tym wieku doskonale stwierdza, że jedynie tylko dzięki sile woli, wytrwałości i umiejętności inżynierów, wyzyskać potrafimy obecnie energię chemiczną skarbów przyrody w tak ogromnym zakresie. Dotychczas nie posiadamy bowiem najmniejszych widoków wyzyskania z paliw siły mechanicznej o wielkiej mocy w inny sposób niż w silnikach. Ruchliwy umysł człowieka pracować będzie bez przerwy stale nad udoskonaleniami, a postęp na tem polu wciąż kroczyć będzie naprzód. Kończąc wyrażając nadzieję, że i wychowawcy naszej Politechniki lwowskiej przyczynią się do dalszego rozwoju silników ciepłikowych.

S. KOSSUTH.

ZA WODY TECHNICZNE.

(Ciąg dalszy do str. 637 w Nr 48 r. b.)

69. Przygotowanie techniczne do zawodów inżynierskich: C. Dalsza reforma szkół inżynierskich. Wypowiedziane w poprzednich ustępach uwagi, których dla braku miejsca (w stosunku do podjętego zadania) rozwinąć tu obszerniej nie możemy, prowadzą do wniosku, że szkoły techniczne wyższe czyli inżynierskie znajdują się, nawet w Niemczech, ciągle jeszcze w okresie przejściowym, albo nawet wahają się pomiędzy różnymi kierunkami. Mówimy, nawet w Niemczech, gdyż tam zajmują się temi sprawami szerokie koła profesorskie, techniczne i przemysłowe, gdy tymczasem w innych krajach stałego ładu Europy sprawy tego rodzaju rozstrzygane bywają zazwyczaj z urzędu. Oczywiście, sprawy dotyczące układu szkolnictwa technicznego z natury swojej nigdy kończyć się nie mogą; nie pozwalają na to ciągłe postępy techniki i rozwój życia gospodarczego, stawiając coraz nowe zagadnienia. Nie o to więc chodzi, że sprawa odpowiedniego układu szkolnictwa inżynierskiego nie znalazła dotąd zadowalającego rozwiązania, ale o to, że jest ona traktowana po staremu dość opieszale. Stąd dość

znaczna niezgodność pomiędzy tem szkolnictwem a życiem. Dopóki przemysł zatrudniał tylko robotników, rzemieślników i inżynierów, niezgodność ta nie odbijała się zbyt dotkliwie na losach zawodowych inżyniera. Dziś stosunki te zmieniły się bardzo skutkiem rozwoju szkół technicznych średnich, które dostarczają przemysłowi wykształconych techników, mogących spełniać zadania, dostępne dawniej tylko dla inżynierów. Z tego powodu w zawodach inżynierskich nastąpiło przesilenie, którego odbiciem jest także przytoczone powyżej zmniejszenie o połowę frekwencji wydziałów mechanicznych w szkołach głównych niemieckich.

Objaw ten, którego powodem, wobec szybkiego wzrostu przemysłu niemieckiego, może być tylko coraz częstsze zajmowanie stanowisk inżynierskich przez techników ze szkół średniego stopnia, rozbija ostatecznie popularną dawniej „teorię przodowników“ (*führende Männer*), według której techników z wyższem wykształceniem nie powinno się wogóle używać do niższych zadań zawodowych, które spełniać mogą technicy średniego stopnia, lecz stawiać ich odra-