

Nowe dążenia w budowie turbin i maszyn parowych.¹⁾

Napisał Prof. Dr. inż. Wiesław Chrzanowski.

6) Wymagania niezawodności turbiny.

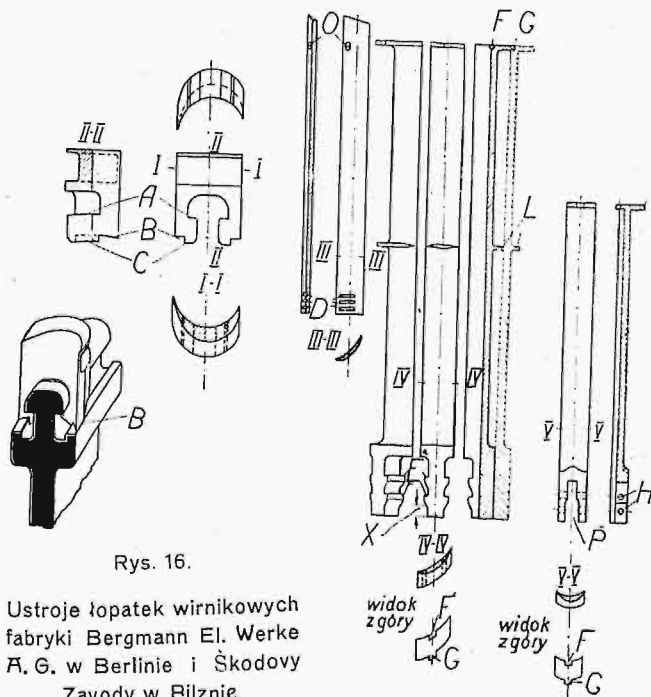
Niezawodność biegu silnika jest dla inżyniera ruchu i przemysłowca może ważniejszym czynnikiem od jego ekonomii w zapotrzebowaniu paliwa. Aby zadość uczynić wymaganiom niezawodności turbiny przy pracy z wysokim ciśnieniem (do 40 *at*) i wysoką temperaturą (do 400°C) pary dołotowej, konstruktorzy musieli tak całość jak i poszczególne części turbiny odpowiednio zaprojektować. Nadmienić można, że poprzednio omówione, a wprowadzone ze względu na oszczędność paliwa zmiany konstrukcyjne wpływają w dużej mierze także na zwiększenie niezawodności biegu turbiny. Przedewszystkiem budowa turbiny w kilku osłonach, na nowo wprowadzona ze względu na pracę z małą prędkością pary, jest bezwzględnie wskazana przy wielkich spadkach ciśnienia (np. powyżej 25 *at abs* i 350° do 400° C ciśnienia dołotowego i pracy z kondensacją), gdyż w poszczególnych osłonach nie działa wtedy tak duża różnica temperatury, która mogłaby być przyczyną odkształcenia się osłony.

Również w części wysokoprężnej wielostopniowych turbin akcyjnych są w tym względzie bardzo korzystne małe średnice wirników. Nie potrzeba bowiem obawiać się odkształcenia ich przy działaniu wysokich temperatur, nie mówiąc już o niebezpiecznych drganiach. Odkształcenia pierwszych wirników akcyjnych o dużych średnicach, skutkiem których następuje zacieranie się ich łopatek o łopatki kierownicze, znane są w ruchu turbin, a zachodzą nawet przy średnich ciśnieniach i temperaturach dołotowych, powodując nieraz dłuższe postoje silnika. Równocześnie małe średnice wirników są bardzo pożądane przy stosowaniu bardzo wysokich ciśnień dołotowych ze względu na wytrzymałość tak tarcz kierowniczych jak i osłony turbinowej. Ostatnia posiada wtedy niewielkie wymiary, pozwalające wykonanie jej przy dostatecznie ścisłym materiale z odlewu stalowego, podzielonego w osi geometrycznej na dwie połowy. Wykonywanie osłony wysokoprężnej o kształcie niedzielonego cylindra z materiału kutego nie jest konieczne przy ciśnieniach aż do około 50 *atm*, a utrudnia znacznie demontaż wirników i powiększa koszty budowy silnika.

Celem zapewnienia przy wysokich temperaturach pary w części wysokoprężnej równego promieniowego wydłużania się tarcz kierowniczych i cylindra, w którym są one ułożone, Fabryka Berneńska (rys. 9) umieszcza cylinder *T* z lanego żelaza w dwudzielnej osłonie *N*, wykonanej przy wysokim ciśnieniu ze stali lanej; — obie połowy dwudzielnego cylindra *T* są ze sobą ześrubowane. W przestrzeni *P* znajduje się para, ogrzewająca cylinder *T*, który spoczywa w zewnętrznej osłonie *N* zapomocą obrzeży *S*, zaopatrzonych w pierścieniowe wkładki mosiężne *W*. Ponieważ tarcze kierownicze posiadają niewielkie średnice i mogą wydłużać się promieniowo, przeto należałoby przypuszczać, że stosowanie powyższego, kosztownego środka byłoby zbędne, gdyby miało mieć na celu tylko wzgląd przytoczony.

Podobne konstrukcje, umiejętnie obmyślane, mogą jednakże zwiększyć niezawodność biegu turbiny, pomimo zastosowania bardzo małych szczelin osiowych

między uchwycającymi strumień pary krawędziami łopatek kierowniczych i wirnikowych (patrz rys. 9 przy *A, B, C, D*). Do tego celu dąży także konstrukcja Fabryki Berneńskiej, przedstawiona na rys. 9. Cylinder wewnętrzny *T* wraz z kierownicami może wydłużać się osiowo w dwóch kierunkach. Jeśli łożo stopowe znajduje się po stronie dopływu pary przy *E*, to skutkiem osiowego wydłużania się części *L* w jednym, a wału wirnikowego w drugim kierunku, powiększają się szczeliny *A* i *B*. Mogłoby to wpływać ujemnie na zużycie pary, gdyby drugostronnie szczeliny wspomniane nie były zmniejszone przez mniejsze wydłużanie się zewnętrznej osłony *N*, niż części wewnętrznych turbiny. Na zewnętrzną powierzchnię tej osłony działa bowiem temperatura hali maszynowej, skutkiem czego ścianki jej posiadać będą niższą temperaturę niż cylinder *T* i wał turbiny. Długość *Q* i wał wydłużają się osiowo w tym samym kierunku. Niebezpieczne zmniejszenie

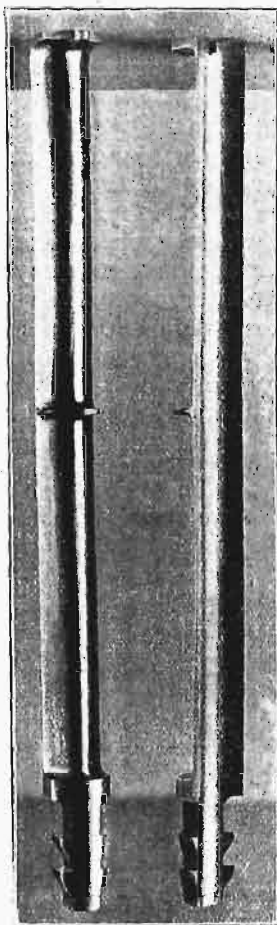


się szczelin przy *A* i *B* mogłoby nastąpić jedynie z powodu za małego osiowego wydłużenia się zewnętrznej tulei.

Dwucylindrowa osłona wysokoprężna fabryki Bergmanna, pokazana na rys. 10, posiada trochę odmienną budowę. Para świeża dopływa rurami *A* do wewnętrznego, dwudzielnego cylindra *C* ze stali lanej, w którym są ułożone kierownice. Przy *G*, więc w pobliżu łoża stopowego, znajduje się ustalenie tego cylindra względem zewnętrznej, dwudzielnej osłony *F* w kierunku osiowym i obrotowym, a przy *H* tylko w kierunku obrotowym. Wobec tego może się on swobodnie wydłużać pod wpływem ciepła tak promieniowo jak i osiowo, przy zachowaniu jednakowych szczelin pomiędzy częściami wirującymi i nieruchomymi. Na zewnętrzną osłonę *F* działa tylko para wylotowa części wysokoprężnej, wobec czego może być ona wykonana z lanego żelaza. Budowa powyższa posiada jeszcze tę cechę charakterystyczną, że dławnica wysokoprężna po-

¹⁾ Ciąg dalszy do str. 261, w № 17 r. b. Referat wygłoszony na 2-im Zjeździe Inż. Mech. w dn. 19 kwietnia 1925.

dzielona jest na dwie części: jedną, umieszczoną w cylindrze *C*, a drugą w osłonie *F*. Dla większego obciążenia doprowadza się parę rurami *B*.

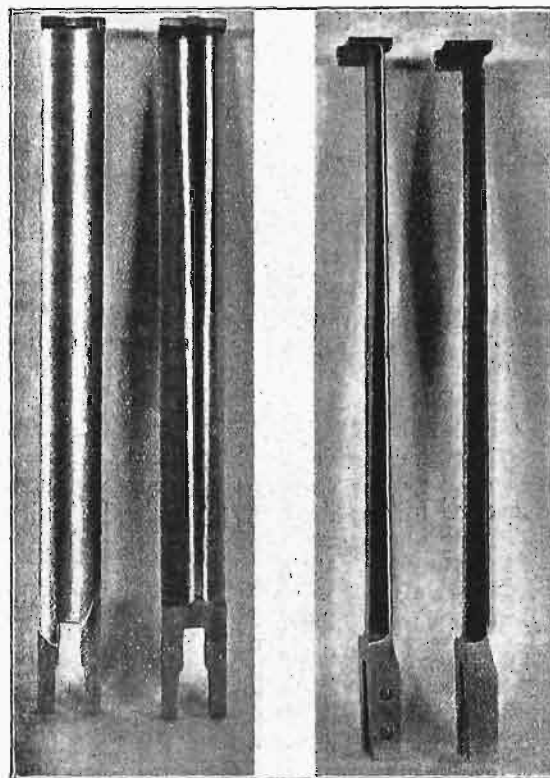


Rys. 16-a.
Łopatkki wirnikowe ustroju
fabr. Škody.

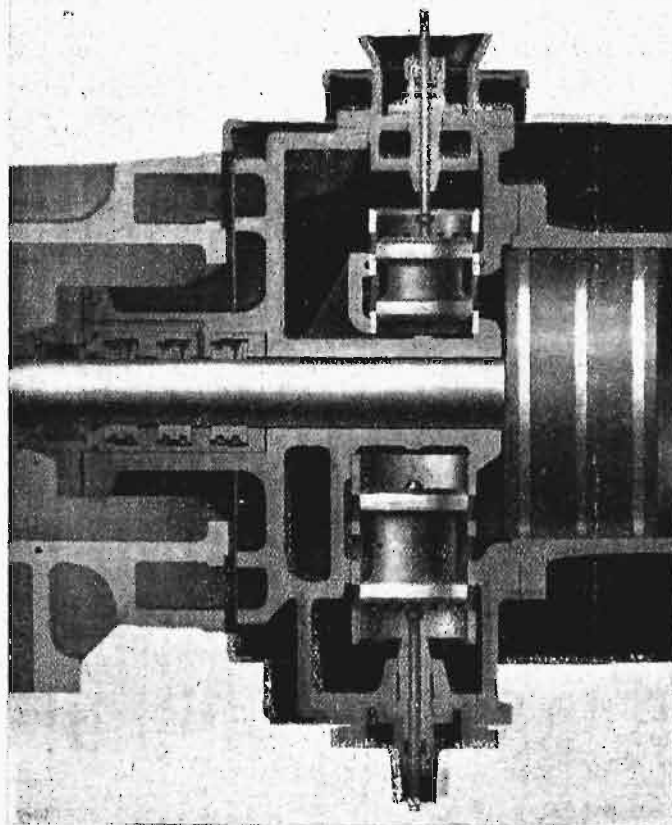
ba obawiać się odkształcenia nawet wysokoprężnej osłony, wykonanej podług rys. 11, więc nie posiadającej żadnych komór przylanych, jeśli tylko zostaje ona umiejętnie osadzona na płycie fundamentowej. Tłoki odciążające nie powodują w nowoczesnych turbinach reakcyjnych żadnych kłopotów, ponieważ nacisk reakcyjny wyrównoważa się dwukierunkowym przepływem pary.

Na niezawodność biegu turbiny wpływają także w dużej mierze łopatkki wirnikowe. Budowa ich powinna zapobiec niebezpiecznym drganiom tak w kierunku osiowym jak i obrotowym. Drganiom w kierunku osiowym przeciwdziała skutecznie przy łopatkach frezowanych (rys. 16) występ *C* (konstrukcja Bergmanna, przy której tylko jedna, na końcu od zewnątrz wkładana łopatką przytwierdzona jest kołkiem stalowym), lub występ *X*, lub też długie zewnętrzne uchwycenie przez łopatkę przy *P* wieńca wirnika (konstrukcje Škody, przedstawione także na fotografii rys. 16-a i 16-b). Długie łopatkki, które zewnątrz nie są usztywnione pierścieniem, należy zaopatrzyć w występy *G*, wchodzące we wpustki *F*, aby wszystkie tworzyły jedną zwartą całość. Drganiom w kierunku obwodowym przeciwdziała skutecznie silne osadzenie łopatek w wieńcu wirnika, np. powierzchnie *A*, *B*, *E* powinny być obrobione o kształcie łuku, aby silnie przylegały do toczonych powierzchni wieńca. Chcąc uniknąć tej kłopotliwej obróbki, można przy-

twierdzać łopatkki do wieńca wirnika zapomocą jednego stalowego kołka *H* przy małej wysokości, a dwóch kołków *H* przy dużej wysokości łopatek, przy której wskazane jest także usztywnienie *L*.



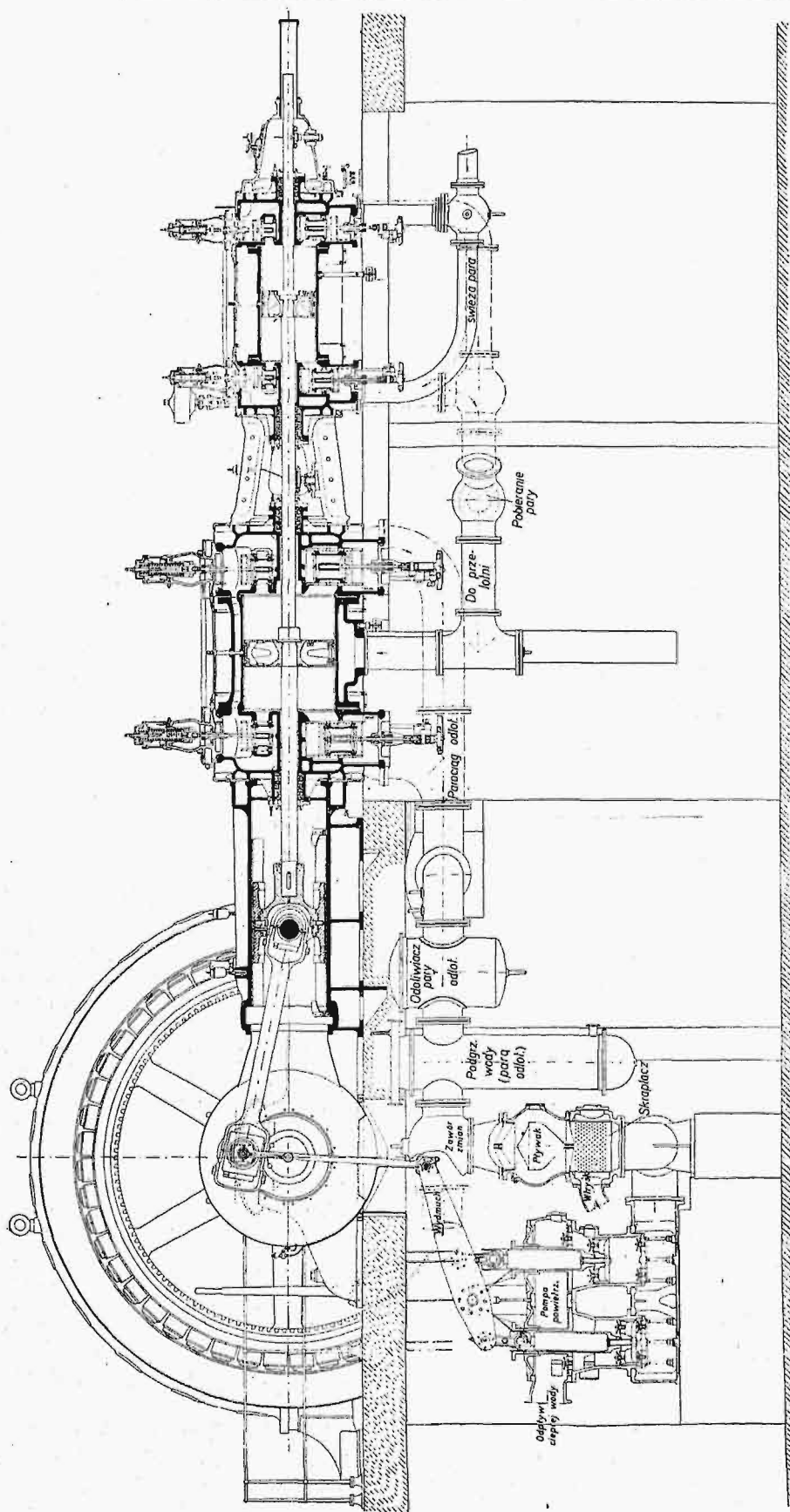
Rys. 16-b. Łopatkki wirnikowe ustroju fabr. Škody.



Rys. 17. Przekrój cylindra maszyny parowej z rozrządem pary syst. Kerchova'a w wykonaniu fabr. Hartmann'a w Chemnitz.

W turbinach reakcyjnych można przy niewielkiej wysokości przytwierdzić łopatki do bębna zapomocą dokładek z wyżarzonego mosiądzu, który wciska się we

tury, a wzajemne usztywnienie łopatek zapomocą drutu przeprowadzić na kilku średnicach, ewent. nawet na zewnętrznym obwodzie umieścić pierścieni.



Rys. 18. Przekrój podłużny parowej maszyny posobnej na 30 at ciśn. dolotowego z tłokowym rozrządem pary (Kerchov'e'a), budowy fabr. Hartmann A. G. w Chemnitz. Maszyna ta pracuje w Zehlendorf pod Berlinem.
Średn. cyl.: 500 mm ϕ i 850 mm ϕ ; skok tłoków 850 mm; $n=125$ obr./min.

wpustki D; — oprócz tego trzeba połączyć drutem O na zewnętrznym obwodzie. Przy dużej długości łopatek należy stosować solidniejsze umocowania, znane z litera-

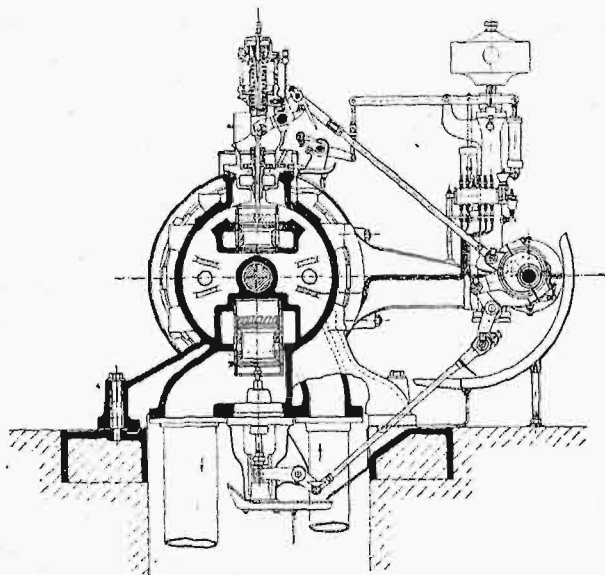
Uzyskuje się to właśnie dzięki stawidłom wychwytowym, które również ułatwiają bardzo regulację w razie pobierania pary z przełotni pomiędzy cylindrem

Z pośród tłokowych maszyn parowych są najwięcej rozpowszechnione maszyny przelotowe prof. Stumpfa, maszyny Lentza i maszyny systemu van den Kerchov'e'a. Dotychczas tylko budowę ostatniej przystosowano do obecnie używanych ciśnień aż do 35 at i temperatur aż do 400°C, mianowicie w wykonaniu fabryki Hartmanna w Chemnitz (rys. 17—19-a i b). Małe zapotrzebowanie pary przez tę maszynę ma następujące przyczyny: ogrzewanie łbic płynącą parą dolotową, małe szkodliwe przeszerzenie i powierzchnie, duża średnia prędkość tłokowa, szczelność wentyli tłokowych, małe dławienie pary dolotowej z powodu możliwości stosowania stawideł wychwytowych nawet przy dużej liczbie obr., oraz przegrzewanie pary w przełotni pomiędzy cylindrem wysoko- i niskoprężnym.

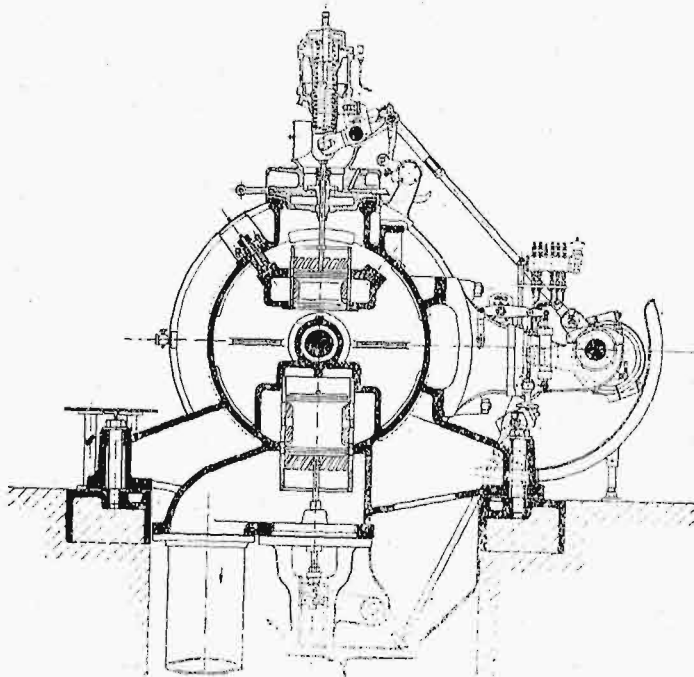
Obecnie fabr. Hartmanna przeprowadza badania z maszyną tego typu, pracującą ze stawidłem wychwytowym i posiadającą skok 500 mm przy $n=400$ obr/min, czyli przy średniej prędkości tłokowej $c_m=6,66$ m/sek. Przytem zwraca się także szczególną uwagę na dobre smarowanie tłoka, wprowadzając smar pod ciśnieniem w martwych położeniach tłoka pomiędzy dwa ostatnie pierścienie tłokowe. Celem tych badań jest wydajne zmniejszenie kosztów budowy takiej maszyny parowej, nie tylko przez powiększenie ciśnienia dolotowego, lecz także przez znaczne powiększenie jej liczby obrotów, które jednakże nie ma wpływać ujemnie na zużycie pary.

wysokoprężnym i niskoprężnym do celów fabrykacyjnych. Para ta w wielu wypadkach nie powinna być zanieczyszczona smarem. W tym kierunku osiągnięto w praktyce obecnie już zadawalające wyniki, gdyż za-

Maszyny parowe posiadają tę cenną zaletę, że zużycie pary pozostaje nawet po długoletniej pracy prawie to samo, natomiast w turbinach zużycie to wzrasta dość znacznie w miarę zdzierania się łopatek, które



Rys. 19-a. Przekrój poprz. cylindra wysokoprężnego maszyny parowej rys. 18.



Rys. 19-b. Przekrój poprz. cylindra niskoprężnego maszyny parowej rys. 18.

pomocą odpowiednio umieszczonych odoliwiaczy można usunąć z pary oliwę, nawet przy średnich ciśnieniach, tak dalece, iż można używać pary tej np. przy fabrykacji pluszów.

w niejednych fabrykach następuje niestety w krótkim okresie czasu. Zaznaczyć należy, że maszyny systemu van den Kerchove'a buduje w Polsce fabryka Zieleniewskiego w Krakowie. (d. n.)

Ulepszone szkło.

Szkło, produkt pochodzący ze stopienia minerałów, jest materją przezroczystą, odporną na działanie czynników chemicznych, nadającą się przytem doskonale do wytwarzania naczyń różnych kształtów.

To też szkło byłoby idealnym materiałem do wyrobu naczyń, potrzebnych w przemyśle chemicznym i do urządzeń laboratoryjnych, gdyby nie posiadało wad, nad których usunięciem już od szeregu lat pracują uczeni. Mianowicie, naczynie szklane o grubych ściankach zupełnie nie wytrzymuje raptownych zmian temperatury, zaś naczynie o ściankach cienkich przy najlżejszym uderzeniu z łatwością może ulec stłuczeniu. Dotychczas trudno było udoskonalić szkło tak, aby jednocześnie było ono odporne na zmiany temperatury i wytrzymałe na mocniejsze uderzenia. Jeśli np. chcielibyśmy mieć naczynie szklane, którego zawartość mogłaby być ogrzewana lub studzona, zatem naczynie, przeznaczone do bezpośredniego stykania się ze źródłem ciepła, to byliśmy skazani na korzystanie tylko z naczyń o ściankach niezmiernie cienkich, czyli bardzo mało wytrzymałych na uderzenia. Im większy bowiem jest współczynnik rozszerzalności szkła, tem mniejsza jest jego odporność na zmiany temperatury i tem cieńsze ścianki należy stosować.

Umysł ludzki pracuje bezustannie nad wynalezieniem szkła, którego współczynnik rozszerzalności można byłoby doprowadzić do tak nieznacznej wielkości, żeby, z jednej strony otrzymać szkło nie pękające przy raptownych zmianach temperatury, z drugiej strony, by można

było wykonywać naczynia o grubych, masywnych ściankach, co zwiększyłoby trwałość i moc naczynia.

Otóż wiadomo, że szkło, otrzymane przez stopienie krzemionki, wytrzymuje doskonale znaczne i nagłe zmiany temperatury. Szkło takie można rzeczywiście rozgrzać do czerwoności i raptownie zanurzyć w zimnej wodzie bez obawy pęknięcia. Według prac prof. Henniga, współczynnik rozszerzalności szkła z krzemionki wynosi 0,00000540 w temperaturach pomiędzy 16 — 1000° C. Jest on bardzo niski w porównaniu ze współczynnikiem zwykłego szkła, który wynosi około 0,000010.

Zdawałoby się, że użycie krzemionki do wyrobu szkła da najlepsze wyniki, niestety jednak technika napotyka tu wielkie przeszkody. W każdym razie zrobiono wszakże wielkie postępy, gdyż szkło niemieckie t. zw. Jenańskie „borokrzemianowe № 59,3“ (dla termometrów) osiągnęło współczynnik rozszerzalności równający się 0,0000057, a szkło Jenańskie № 665, cynkowoborane (Zink-borat Glass, alkalifrei) ma jeszcze mniejszy współczynnik, równający się 0,0000037. Trzeba zaznaczyć, że wprowadzenie cynku do składu szkła ma swe złe strony, w szczególności jeśli chodzi o użycie tego szkła do celów bakteriologicznych.

Należy więc dążyć do wytworzenia szkła, zawierającego możliwie tylko te substancje, które wchodziły w skład szkła zwyczajnego, jednakże starać się o podniesienie zawartości krzemionki w takim szkłe do możliwego maximum. Jeśli jednak będziemy przy fabrykacji szkła podnosili zawartość krzemionki kosztem innych składników, wówczas jednocześnie punkt topliwości masy szkla-