

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

3-ci Zeszyt poświęcony Zjazdowi Inżynierów Mechaników.

TREŚĆ:

Nowe dążenia w budowie turbin parowych, nap. Dr inż. Wiesław Chrzanowski, prof. Pol. Warsz.
 Stopy legalne w Polsce, nap. Dr. W. Broniewski, Prof.
 Przemysł metalowo-maszynowy a ochrona celna, nap. inż. Julian Dąbrowski, Dyr. Dep. Przem. M. P. i H.
 Koszty wspólne wytwarzania, nap. Prof. E. T. Geisler, (Lwów).
 2-gi Zjazd Inżynierów Mechaników Polskich (18 - 20 kwietnia 1925 r).
 Przegląd pism technicznych.
 Kronika.

SOMMAIRE:

Nouvelles tendances dans la construction de turbines à vapeur, par Dr. W. Chrzanowski, professeur.
 Alliages légaux en Pologne (à suivre), par Dr. ing. W. Broniewski, professeur.
 Problèmes relatifs aux droits de douane s'appliquant aux produits de l'industrie mécanique en Pologne, par J. Dąbrowski, ing. Directeur du départ. au Ministère du Commerce et de l'Industrie.
 Methodes de calcul du prix de revient, par G. T. Geisler, professeur.
 II Congrès National des Ingénieurs-Mécaniciens Polonais (Varsovie, les 18-20 avril 1925).
 Revue documentaire.
 Divers.

Nowe dążenia w budowie turbin i maszyn parowych.^{*)}

Napisał Prof. Dr. inż. Wiesław Chrzanowski.

W irniki wysokoprężne turbiny dwuosłonowej Bergmanna posiadają średnie średnice o kształcie stożka mało pochylonego (rys. 10), a część niskoprężna jest reakcyjna.

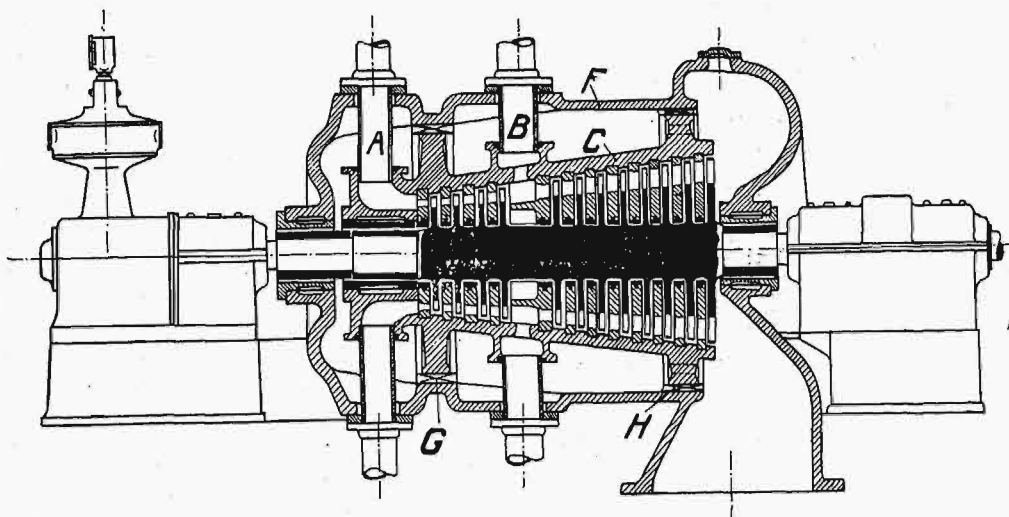
Angielska fabryka Parsons'a buduje nawet przy wysokich ciśnieniach i temperaturach pary admissyjnej

kilkoosłonowe turbiny wyłącznie reakcyjne. Natomiast dwuosłonowa turbina Brown-Boveri'ego (rys. 11), budowana do zasilania parą o ciśnieniu aż do 35 at i 400°C, posiada przed pierwszym cylindrem reakcyjnym jedno

koło Zoelly'ego lub Curtis'a o dość dużej średnicy. Regulacja ilościowo-jakościowa działa w ten sposób, że koło pierwsze jest przy pełnym obciążeniu turbiny zasilane na całym obwodzie, a przy przeciążeniu odpowiednio zdławiona para dopływa wprost do pierwszej kierownicy części reakcyjnej. Ponieważ pierwszy wirnik akcyjny opanowuje dosyć duży spadek ciepła, przeto przy wspomnianej regulacji wzrost zużycia pary

przy zmniejszeniu się obciążenia jest nieznaczny. Turbina posiada bardzo dużą liczbę stopni, skutkiem czego para pracuje w niej z małymi prędkościami. W części wysokoprężnej (reakcyjnej) łopatki wirnikowe są umieszczone na bębnie, a w części niskoprężnej, ze względów wytrzymałościowych (za duże średnice bębna),

na tarczach wirnikowych. Obydwa wały wirnikowe są połączone ze sobą stałym sprzęgłem i spoczywają tylko w trzech łożach, z których środkowe, znajdujące się po stronie dopływu pary, jest równocześnie łożem stopowem.



Rys. 10. Turbina dwuosłonowa Bergmanna. Część wysokoprężna, akcyjna.

2) Zmniejszenie strat przy przepływie pary przez łopatki.

Należy tutaj odróżnić straty w kierownicach od tychże w wirnikach i osobno rozważyć turbiny akcyjne i reakcyjne.

^{*)} Ciąg dalszy do str. 221, w Nr. 15-16, r. b. Referat wygłoszony na 2-m Zjeździe Inż. Mech. w dniu 19 kwietnia 1925.

Straty przy przepływie przez wieńce kierownicze turbin akcyjnych można omówić na podstawie rys. 12, przedstawiającego normalną kierownicę z zalaniem łopatkami z blachy. Strumień parowy, uchodzący z dużą prędkością z poprzedniego wirnika, nie otrzymuje tutaj łagodnej zmiany kierunku, tylko uderza przy X o łopatkę kierowniczą Z , powodując wiry, oraz może na-

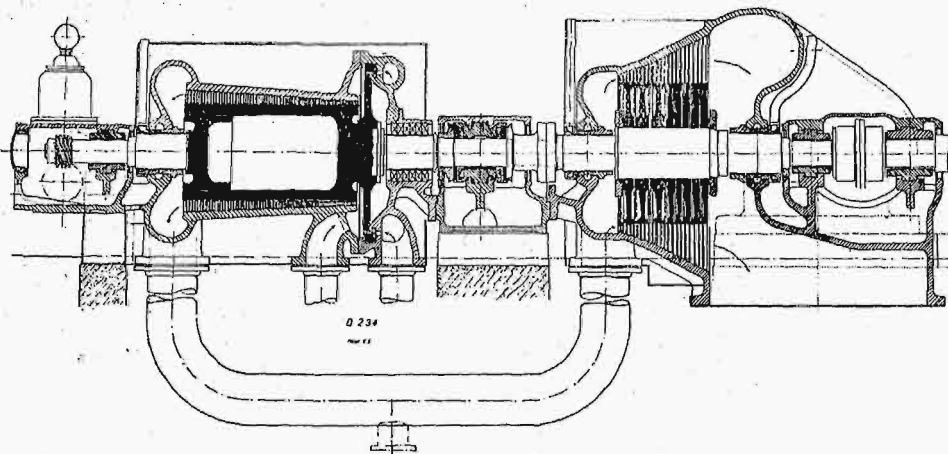
czesnem stosowaniu małej prędkości pary otrzymać jak najkorzystniejsze prowadzenie strumienia parowego, czego w takim samym stopniu nie można uzyskać w łopatkach blaszanych; — w tym celu używa się także mniejszej od dawniej używanej podziałki łopatek kierowniczych. Doszczelnienie wieńców kierowniczych miedzianymi pierścieniami M nie jest konieczne.

W turbinach reakcyjnych kształty całkowicie obrobionych łopatek kierowniczych są dobrze dostosowane do przepływu strumienia parowego (patrz rys. 4), co korzystnie wpływa na t. zw. sprawność łopatkową.

Większe straty niż w łopatkach kierowniczych zachodzą w wirnikowych, zwłaszcza jeśli kształt ich nie zmienia łagodnie kierunku strumienia pary. Celem osiągnięcia pożądanego wyniku, wykonywa się obecnie łopatki o większej szerokości s , bo dłuższa droga przepływu nie powoduje tak dużych strat jak nieracjonalne prowadzenie pary.

Niestety konstruktorzy nowoczesnych turbin akcyjnych nie uwzględniają czasami doświadczeń, zrobionych w turbinach reakcyjnych. Wiadomo, że w ostatnich powstają poważne straty wtedy, gdy łopatki są bardzo niskie, skutkiem czego duży procent pary, zawartej w wąskim pierścieniowym strumieniu, ociera się o ścianki, ograniczające wewnętrzną i zewnętrzną średnicę kanałków łopatkowych. Straty te są nieuniknione także w turbinie akcyjnej, jeśli łopatki będą posiadały wysokość $h = 1, 2$ lub 3 mm . W praktyce widzi się jednakże budowę tego rodzaju łopatek w turbinach dwuosłonowych o średniej mocy, pracujących z wysokim ciśnieniem dolotowym. Powodem tego była dążność do bezpośredniego łączenia wału części wysokoprężnej z wałem części niskoprężnej (jednakowa liczba obrotów) przy jednoczesnem zachowaniu korzystnego stosunku $u:c_1$, który wymagał przy $n = 3000 \text{ obr/min}$. stosunkowo dużej średnicy wirników, zasilanych na całym obwodzie. Nie ulega wątpliwości, że w takich wypadkach powinny wirniki wysokoprężne posiadać mniejszą średnicę i pracować z większą liczbą obrotów, którą zmniejsza się zapomocą przekładni zębatej do liczby obrotów części niskoprężnej. Przekładnia zębata powoduje bowiem mniejsze straty od zbyt niskich kanałków łopatkowych.

W bardzo wielu wypadkach łopatki turbinowe, zwłaszcza przy stosowaniu dużych prędkości pary, przedstawiają już po kilkoletniej pracy turbiny wprost obraz nędzy, jak to uwidocznia rys. 13. Wynikiem tego nadmiernego zdzierania się łopatek jest stopniowe znaczne zwiększanie się zużycia pary na jednostkę wytworzonej mocy. Wobec tego jest wprost niezrozumiałe, że wielu kierowników instalacji turbiniowych nie bada w określonych odstępach czasu rozchodu pary przez turbinę, a zadawała się tem, że silnik wytwarza energię mechaniczną. W większości wypadków nie przeprowadza się u nas nawet pomiarów gwarancyjnych przy odbiorze turbogenerators, mimo że jest wiadome, iż turbiny zużywają nawet w wyjątkowo korzystnych warunkach, w cza-



Rys. 11.

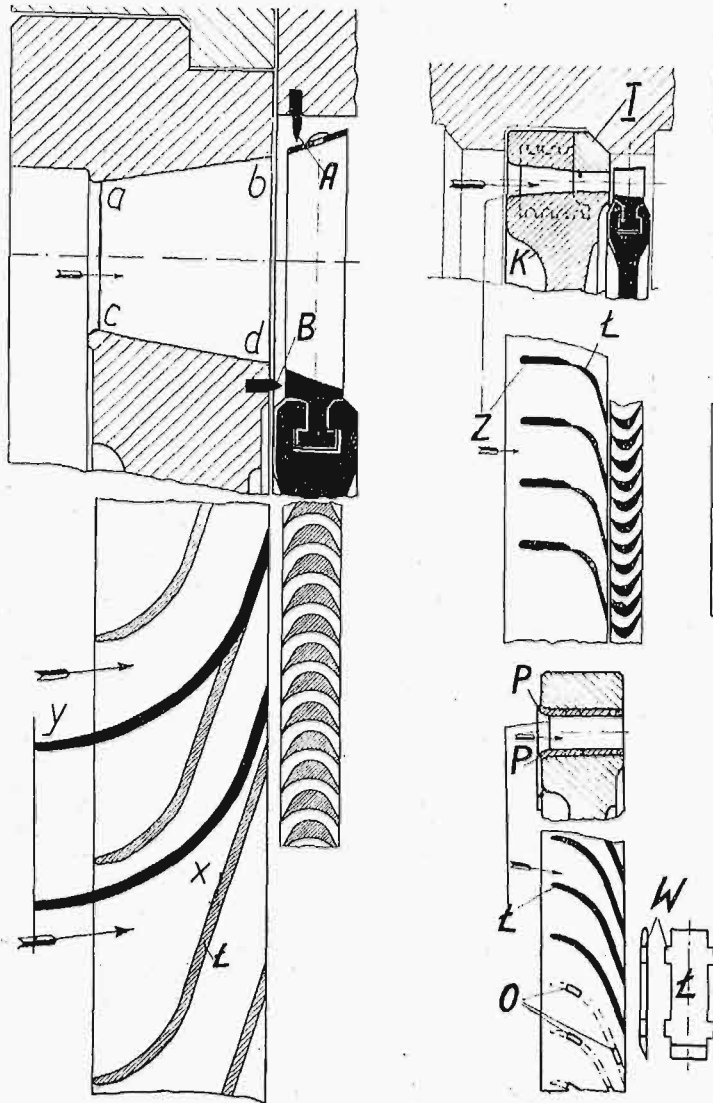
Turbina dwuosłonna fabry. Brown, Boveri & Co.

wet miejscowe podniesienie ciśnienia, a prócz tego ociera się o nieobrobione powierzchnie $a - b$, $c - d$, skutkiem czego powstają znaczne straty. W celu ich zmniejszenia fabryki, budujące niskoprężne części turbiny systemu akcyjnego z zalaniem łopatkami kierowniczymi, nie tylko obrabiają ręcznie kanałki $a - b$, $c - d$, lecz także nadają łopatom kształty odpowiednie (patrz Y).

Inne fabryki stosują obecnie także w jednoosłonowych turbinach akcyjnych obrobione kanałki łopatkowe w kierownicach. Brown-Boveri obrabia wszechstronnie łopatki kierownicze Z (rys. 12), tworzące jeden kawał z częścią I ; — tarcza kierownicza K jest połączona z zewnętrznym pierścieniem zapomocą zalanych kawałków Z . Fabryka angielska Bellis & Morcom (rys. 12 przy II) wstawia obrobione łopatki w obrobione pierścienie o kształcie litery U ; — po przytwierdzeniu do nich łopatek, stacza się jedno ramie wewnętrznego pierścienia, a drugie wstawia się w tarczę kierowniczą, zewnętrzny pierścień natomiast — w osłonę turbiny. Tarcza kierownicza jest połączona zapomocą żeber z pierścieniem zewnętrznym, a powierzchnie $e - f$, $g - h$ są obrobione w sposób mechaniczny. Dobre wyniki osiąga się także przy budowie fabryki Oerlikon: całkowicie obrobione pierścienie P (rys. 12) są tutaj ze sobą połączone zapomocą umieszczonych w łopatkach Z występów W , które wchodzi w wycięcia O . Powierzchnia łopatek, wykonanych z blachy, może być dostatecznie gładka. Konstrukcja ta nadaje się tylko przy częściowem zasilaniu wirnika parą, ponieważ tarcza kierownicza musi być połączona żebrami z zewnętrznym pierścieniem.

W części wysokoprężnej turbin kilkosłonowych, w której łopatki kierownicze ze względu na małą wysokość muszą być osobno wstawiane, wytwórnie za przykładem Bergmanna (niem. patent Nr. 264248 z dnia 26 maja 1909), używają stalowych łopatek Z (rys. 9), całkowicie obrobionych, połączonych z tarczą kierowniczą zapomocą kołków G . Przekroje kanałków kierowniczych (rys. 9) są tak dobrane, aby przy równo-

sie tychże pomiarów więcej pary, niż podaje się w gwarancjach.



Rys. 12. Łopatki wieńców kierowniczych. I—ustrój Brown, Boveri, II—ustr. Bellis & Morcom. Dolny prawy rys.—fabr. Oerlikon.

Ze słów powyższych wynika, że łopatki winny być bardzo starannie obserwowane, gdyż przyczyną nadmiernego zdzierania się ich jest najczęściej niewłaściwy ich materiał, np. w tej samej instalacji parowej łopatki turbiny jednej firmy trzymają się doskonale, a drugiej firmy ulegają bardzo szybkiemu i silnemu zdzieraniu się, pomimo że w obydwu turbinach para posiada mniej więcej jednakowo wielką prędkość.

Przypuszczać należy, że z biegiem czasu racjonalny dobór materiału łopatkowego będzie opanowany. Mimo to można wyrazić mniemanie, że w turbinach, w których para pracuje z małymi prędkościami, zdzieranie łopatek, a zatem i zwiększanie się z biegiem czasu zużycia pary będzie mniejsze.

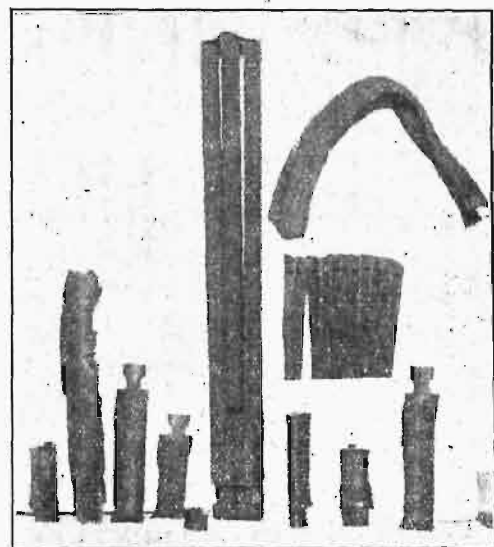
3) Zmniejszenie strat wentylacyjnych.

Straty, spowodowane oporem wentylacji, są największe przy częściowym zasilaniu wirników o dużej średnicy, którą to średnicę trzeba stosować w wielostopniowych turbinach akcyjnych przy pracy z wielką prędkością pary, aby uzyskać korzystny stosunek $u : c_1$. Nie chcąc pogorszyć ostatniego, należy przy pracy z małą prędkością pary wykonać średnice wirników znacznie mniejsze, co pozwala zasilać wirniki

na całym obwodzie, z wyjątkiem pierwszego wirnika, przed którym znajduje się regulacja. Twierdzenia, znajdujące się w literaturze, (także „Przegląd Techn.” r. 1925 Nr. 7), że regulacja jakościowa (dławienie pary dolotowej) jest najkorzystniejsza w turbinach kilkoosłonowych, jest mylne, jak to potwierdziły badania odbiorcze. Dzięki bardzo małym średnicom wirników i zasilaniu ich na całym obwodzie, straty wentylacyjne w wielostopniowych turbinach akcyjnych nie są większe niż w reakcyjnych.

4) Zmniejszenie strat, spowodowanych uchodzeniem pary poza łopatkami wirnikowymi.

Stratom tego rodzaju zapobiega się w nowoczesnych turbinach akcyjnych przez dobre uchwycenie strumienia parowego, wychodzącego z kierownicy. W tym celu stosuje się przy zachowaniu odległości 2 do 3 mm pomiędzy łopatkami kierowniczymi i wirnikami, odległość 1 mm pomiędzy ostrymi krawędziami wieńca wirnikowego a kierownicą (rys. 9) przy A i B, lub też ostre krawędzie wchodzą przy zachowaniu odległości 1 mm we wpustki C i D, tworząc pewnego rodzaju uszczelnienie grzebieniaste. Użycie takich środków, wpływających dodatnio na zapotrzebowanie pary, nie nasuwa żadnych wątpliwości przy małych średnicach wirników w części wysokoprężnej. Natomiast w części niskoprężnej turbin akcyjnych fabryki, ze względu na większe średnice wirników, wstawiają w tym samym

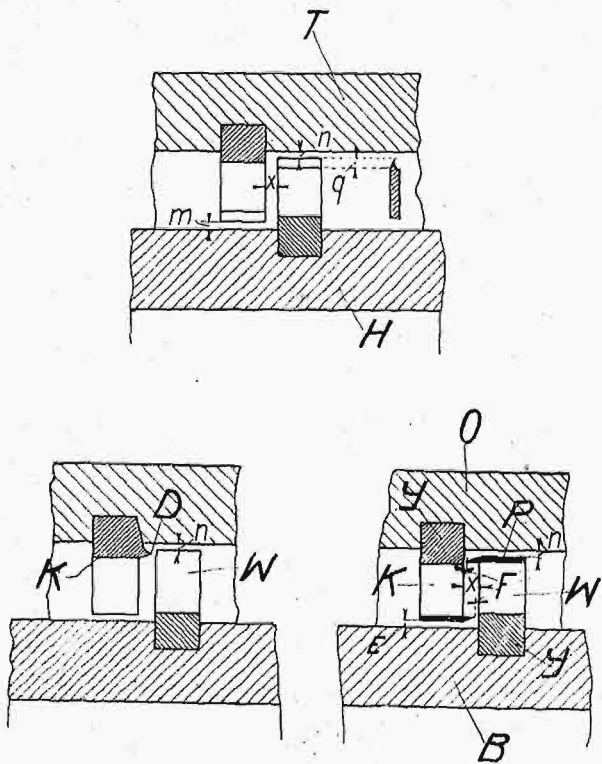


Rys. 13. Widok łopatek turbinowych po kilkoletniej pracy.

celu w części nieruchome osobne pierścienie z materiału miękkiego (rys. 12 przy A i B), które ścierają się w razie zatarcia się, bez przyczyniania się do jakiegokolwiek wyłamania.

W turbinach reakcyjnych uchodzenie pary poza łopatkami wirnikowymi jest z powodu pracy z nadciśnieniem większe, a celem zmniejszenia strat stosowano dawniej bardzo małą szczelinę n (rys. 14) pomiędzy łopatkami wirnikowymi i osłoną T , co w części wysokopięrnej było nieraz przyczyną wyłamania łopatek. Obecnie niektóre fabryki, przy zachowaniu dosyć dużej osiowej odległości łopatek X , używają jeszcze tego samego środka, ścinając końce łopatek na długości q , aby w razie zatarcia się, nie nastąpiło wyłamanie łopatek. O niepowodzenia tego rodzaju w części wysokopięrnej nowoczesnych turbin dwuosłonowych nie potrzeba się naogół obawiać, ponieważ osłona posiada małe wymiary i kształt bardzo prosty, bez żadnych komór (patrz rys. 11). W dawniej budowanych turbinach Parsons'a (rys. 5) odkształcenia osłony były spowodowane przyłąn do niej komorą, w której umieszczony był wentyl, służący do przeciążenia turbiny, oraz przyłąnami kanałami, służącymi do przeprowadzenia pary z tłoka odciążającego do odpowiednich stopni ciśnienia w turbinie.

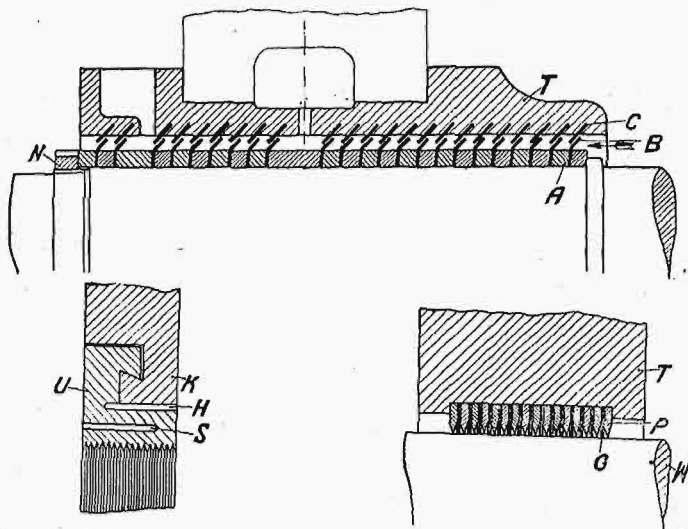
Niezależnie od tego, inne fabryki wykonywują promieniowe odległości większe, a osiowe w jednym miejscu mniejsze, starając się o uzyskanie pewnego rodzaju uszczelnienia grzebieniastego. Np. można dokładki kierownic K (rys. 14) wykonać z ostrą krawędzią D , pomiędzy którą a wieńcem wirnikowym jest szczelina o wielkości 1 mm. Fabryka Parsons'a posuwa się tym kierunku jeszcze dalej. Przy zachowaniu względnie dużej odległości osiowej x pomiędzy łopatkami kierowniczymi a wirnikowymi, zaopatruje ona



Rys. 14. Ustroje zapobiegające uchodzeniu pary poza łopatki wirnikowe w turbinach reakcyjnych. Konstrukcje dawne i nowsze (Parsons).

ostatnie w zewnętrzny pierścień P , pomiędzy którego ostrą krawędzią a kierownicą jest nieduża szczelina F . Szczelinę tę można po uruchomieniu turbiny zmniejszyć do minimum, przesuwając zapomocą odpowiedniego przyrządu bęben tak długo, dopóki nie usłyszysz się wyraźnego gwizdania, co oznacza, że ostre krawędzie

pierścieni ocierają się o dokładki łopatkowe Y . Nie ulega wątpliwości, że można w ten sposób przy umiędzej obsłudze zapobiec prawie w zupełności uchodzeniu pary poza łopatkami. Oczywiście budowa przyrządu nastawczego musi przez odpowiednie stałe ograniczenie przesuwu bębna zapobiec niewłaściwemu nastawieniu bębna względem osłony; — w braku tego mogłoby nastąpić zatarcie się pierścienia o dokładki łopatkowe.



Rys. 15. Dławnica Fabr. Berneńskiej oraz uszczelnienie piasty kierowniczej (ustr. fabr. Berneńskiej i fabr. Škody).

Wspomnieć należy jednakże o tem, że wytwórnie budujące turbiny reakcyjne, nie zbadają dotychczas jeszcze sprawy, czy umieszczanie pierścieni na zewnętrznym obwodzie wieńców łopatkowych (bez stosowania ostatnio wspomnianego uszczelnienia) wywiera wpływ dodatni lub też ujemny. W niektórych turbinach o dwukierunkowym przepływie pary wykonano, przypuszczalnie w celu przeprowadzenia badań, jedną połowę wieńców łopatkowych z pierścieniami zewnętrznymi, a drugą połowę wieńców, przez którą para przepływa w kierunku przeciwnym, bez tych pierścieni. Zdaje się naogół przeważać zapatrywanie, że pierścienie zewnętrzne są wskazane przy dużych średnicach ostatnich wirników części niskopięrnej.

5) Zmniejszenie strat, spowodowanych nieszczelnościami.

Straty te zachodzą przez uchodzenie pary pomiędzy dwoma stopniami ciśnienia, przez dławnice i przez tłoki odciążające.

W turbinach reakcyjnych zapobiega się uchodzeniu pary poza łopatkami kierowniczymi w sposób podobny do podanego dla łopatek wirnikowych na rys. 14 przy m i przy E . Konstrukcja ta daje naogół zadowalające wyniki, ponieważ zwykle buduje się turbiny półreakcyjne z małym spadkiem ciśnienia w poszczególnym stopniu, tak że różnica ciśnienia po obydwu stronach kierownicy nie jest duża.

Natomiast w wielostopniowej wysokopięrnej części turbin akcyjnych, w której spadek ciśnienia w poszczególnym stopniu wynosi 3 do 2 at, zwraca się szczególną uwagę na dobre działanie uszczelnienia, umieszczonego w piście kierownicy. Przedewszystkiem tuleja brązowa U , umieszczona w kierownicy K , posiada, jak to widzimy z rys. 15, przedstawiającego konstrukcję fabryki Berneńskiej, znacznie większą liczbę grzebień od przeważnie dotychczas używanej; — oprócz tego zastosowano dwa wcięcia H i S , dzięki którym pierścień grzebieniasty odznacza się taką elastycznością, że unika

się zakleszczenia grzebieni na wale turbinowym, gdyby ostatni z jakiegokolwiek bądź przyczyny wykonywał nadmierne drgania.

Fabryka Škody umieszcza w piaście kierownicy *T* (rys. 15) szereg dwudzielnych pierścieni brązowych *P* o grubości około 4 mm, posiadających ostre krawędzie, oddalone normalnie od wału turbinowego *W* o 0,2 mm, a pomiędzy nimi po dwie blachy mosiężne *G* o grubości po około 0,1 mm, które mogą dotykać wału.

Trudniejsze od budowy uszczelnień międzystopniowych jest racjonalne wykonanie dławnicy wysokoprężnej przy pracy z bardzo wysokim ciśnieniem admissyjnym, zwłaszcza jeśli działa ono prawie w całej pełni w osłonie turbiny. Niektóre wytwórnie stosują tutaj pierścienie uszczelniające z mieszaniny węgla z grafitem, nie wymagające smarowania; — zapewniają one dostateczną szczelność, lecz powodują dość duże straty mechaniczne z powodu ciągłego tarcia ich o wał. Inne fabryki budują dławnice z uszczelnieniem grzebieniastem w kierunku promieniowym na wzór przytoczonej ostatnio przy kierownicach konstrukcji Škody. Ponieważ w razie choć częściowego starcia się krawędzi uszczelniających nieszczelności dławnicy przy wysokich ciśnieniach admissyjnych mogą być bardzo duże i ponieważ przy wysokich temperaturach pary wydaje się trudniejsze zachowanie pożądanego szczeliny promieniowej, przeto przypuszczalnie znajdują większe rozpowszechnienie prawidłowo zbudowane dławnice wysokoprężne z uszczelnieniem grzebieniastem w kierunku osiowym.

Bardzo pomysłowa jest budowa dławnicy Fabryki

Berneńskiej (rys. 15). Na wale turbiny są ułożone stalowe pierścienie *A*, a pomiędzy nimi brązowe pierścienie *B*; całość jest przytwierdzona nakrętką *N*. W dwudzielnej tulei *T*, umocowanej w pokrywie osłony turbiny, znajdują się również dwudzielne pierścienie brązowe *C*, które mogą także tworzyć jedną całość z tuleją *T*, dzieloną wtedy w swej długości na kilka części. Wystające części (w przeciwstawieniu do rysunku są pierścienie *B* i *C* zwykle ścięte, tak że posiadają ostrą krawędź końcową) pierścieni *B* mają kształt stożkowy. Wobec tego mogą one sprężynować pod wpływem ciśnienia pary, działającego w kierunku strzałki, zmniejszając aż do minimum swą odległość od pierścieni *C*. Straty przez nieszczelności są przy dostatecznej liczbie grzebieni bardzo małe, a z powodu elastyczności pierścieni *B* nie potrzeba obawiać się szkodliwego wpływu przy zetknięciu się ich z pierścieniami *C*.

Przechodząc do strat, spowodowanych uchodzeniem pary przez tłoki odciążające, a które byłyby znaczne przy wysokich ciśnieniach admissyjnych, zaznaczyć należy, że obecnie większość fabryk, budujących turbiny reakcyjne, unika konieczności stosowania tłoków odciążających, przeprowadzając dwukierunkowy przepływ pary w dwóch (np. rys. 11) lub też w jednej osłonie turbiny, przez co wyrównowazają się osiowe naciski. Ponieważ przy częściowym obciążeniu poszczególne ciśnienia zmieniają się proporcjonalnie do ilości pary, przeto równowaga nacisków osiowych pozostaje zachowana przy wszystkich obciążeniach.

(d. n.).

Stopy legalne w Polsce.*)

Napisał Prof. Dr. W. Broniewski.

Definicja. Pod nazwą stopów legalnych rozumiemy takie, których skład ulega kontroli rządowej i nie może być dowolnie zmieniany. Należą do nich cenne stopy metali szlachetnych, mianowicie, złota i srebra, oraz stopy monetarne.

Rodzaje stopów. Każdy stop zaliczony być może do jednej z trzech kategorii: związki chemiczne, roztwory stałe i mieszaniny.

Związek chemiczny tworzy jakby nowy metal, mający fizyczne i chemiczne własności odmienne od własności metali, które się na niego składają. Pod mikroskopem wykazuje związek chemiczny budowę jednorodną, jak czysty metal; jak on, topi się przy temperaturze stałej i ma sobie właściwe przewodnictwo elektryczne. Związki chemiczne metali mają małe znaczenie przemysłowe, gdyż przeważnie są kruche.

Roztwór stały wykazuje również pod mikroskopem budowę jednorodną, jak czysty metal. Tworzy się on wtedy, gdy metale, wchodzące w skład stopu, zachowują po skrzepnięciu zdolność do wzajemnego rozpuszczania się, jaką miały w stanie ciekłym. Od związków chemicznych różnią się roztwory stałe tem, że skład ich niekoniecznie odpowiada proporcji atomowej i że krzepną nie przy temperaturze stałej, lecz w pewnym, dość wąskim zresztą, obrębie temperatur. Przewodnictwo elektryczne metalu lub związku chemicznego zostaje znacznie obniżone przez dodatek metalu, tworzącego z niemi roztwory stałe, tak że na wykresach representa-

cyjnych przewodnictwa, w zależności od składu, związki chemiczne, tworzące roztwory stałe, wskazane są przez maksima. Analogiczną postać przybierają również wykresy zmiany oporu elektrycznego z temperaturą. W przemyśle roztwory stałe mają duże znaczenie, gdyż są twardsze od metali czystych i częstokroć dają się kuć i walcować na zimno.

Mieszaniny tworzą się wtedy, gdy w stanie stałym składniki stopu (metale lub związki chemiczne) stają się mniej rozpuszczalne, niż w stanie ciekłym. Oddzielają się one wtedy od siebie przy krzepnięciu, lub przy dalszym oziębianiu, jak sole w roztworach wodnych, tak że pod mikroskopem zauważyć się daje budowa niejednorodna, wytworzona przez dwie lub więcej faz, obok siebie leżących. Fazami temi mogą być metale, związki chemiczne lub roztwory stałe. Mieszaniny krzepną przeważnie w dość znacznym obrębie temperatur, z wyjątkiem stopu eutektycznego, odpowiadającego równoczesnemu wydzieleniu dwóch (lub więcej) faz, będących w równowadze z cieczą i krzepnącego z tego powodu przy stałej najniższej temperaturze. Własności elektryczne i mechaniczne mieszanin są pośrednie pomiędzy ich składnikami i wyrażone są na wykresach reprezentacyjnych, w zależności od składu, przez linie proste. W przemyśle mieszaniny grają ze względu na swą niejednorodność nieco mniejszą rolę od roztworów stałych. Kuć i walcować dają się przeważnie na gorąco.

Stopy cenne.

Stopy srebra z miedzią. Czyste srebro rzadko bywa używane w przemyśle ze względu na zbyt

*) Referat wygłoszony na 2-m Zjeździe Inżynierów Mechaników w Warszawie, dn. 18 kwietnia 1925 r.