

dużej średnicy, musiała wynosić 200 cm. Do obliczeń Speyerer posługiwał się wzorem Poisseuil'a. Pomiaru zostały wykonane przy użyciu pary przegrzanej w granicach temperatury $107,6^{\circ}\text{C} \div 347,8^{\circ}\text{C}$ i ciśnienia $1,072 \text{ ata} \div 10,11 \text{ ata}$.

Ze względu na zastosowany zakres pomiarów, praca Speyerera jest pierwszą pracą, mającą znaczenie dla techniki parowej. Pomiaru Smitha i Braune-Linke wykonane zostały też w wyższych temperaturach, lecz przy zbyt niskich ciśnieniach, przy których pary przegrzanej w technice się nie stosuje.

Schiller zerwał z utartą drogą klasycznych pomiarów lepkości drogą transpiracji lub wahań tłumionych w lepkim ośrodku. Oparł się na przepływie przez zwężki, używane do technicznych pomiarów ilości czynnika przepływającego przez rurociąg⁸⁾.

Współczynnik przepływu takiej zwężki przy ruchu laminarnym, jak i przy ruchu burzliwym, jest niezależny od wydatku, rodzaju i stanu czynnika, a przejście od wielkości laminarnych do burzliwych odbywa się zawsze w tych samych mniej więcej granicach liczby Reynolds'a. Dało to Schiller'owi możliwość przeprowadzenia pomiarów lepkości pary przegrzanej, posługując się znaną lepkością wody.

Chociaż metoda Schillera nasuwa bardzo poważne zastrzeżenia co do jej dokładności⁹⁾, otrzymał on przy mniejszych ciśnieniach liczby mało odbiegające od liczb Speyerera.

Schugajew mierzył lepkość pary przegrzanej w granicach temperatury $100^{\circ}\text{C} \div 400^{\circ}\text{C}$ przy ciśnieniach od 1 ata do 93 ata, posługując się metodą Rankina. Z pomiarów jego wynika, że lepkość pary przegrzanej w granicach do 93 ata nie zależy od ciśnienia. Przy 1 ata wyniki otrzymane przez Schugajewa są na ogół zgodne z wynikami Speyerera.

Sigwart zastosował metodę przepływu laminarnego przez rurkę włoskowatą. Urządzenie pomiarowe Sigwarta nie różniło się zasadniczo od urządzenia Speyerer'a. Użył on rurki platynowej o zewnętrznej średnicy 1 mm, długości 350 mm. Wewnętrznej średnicy rurki Sigwart nie mierzył, tak jak Speyerer, a wycechował ją, posługując się znaną lepkością wody.

Cechowanie rurki, zamiast pomiaru jej przeciętnej średnicy przez napełnienie rtęcią, jak to uczynił Speyerer, jest znacznie korzystniejsze, gdyż przepływ przez rurkę dokładnie cylindryczną nie jest identyczny z przepływem przez rurkę o niedokładnie kołowym przekroju zmiennej wielkości, choćby objętości rurek były jednakowe.

Obliczenia przeprowadził Sigwart, tak jak i Speyerer, posługując się wzorem Poiseuille'a, wprowadzając, ze względu na odmienny sposób pomiaru spadku ciśnienia, poprawki Hagenbacha i Couette'a.

Pomiaru Sigwarta objęły parę przegrzaną od 25,5 do 270 ata przy temperaturach od 275,8 do 382,9^oC.

⁸⁾ Regeln für die Durchflussmessung mit genormten Düsen und Blenden. VDI-Verlag, 1930 r.

⁹⁾ W Fritz, Z. VDI t. 79 (1935 r.), str. 792.

Na podstawie swych własnych pomiarów oraz pomiarów poprzedników, częściowo zaś drogą ekstrapolacji, Sigwart podaje zestawienie lepkości pary przegrzanej od 1 ata do 250 ata od temperatury nasycenia do 500^oC.

2. Wybór metody pomiarów

Metody pomiarów, stosowane przy wyznaczaniu lepkości pary przegrzanej przez wymienionych wyżej badaczy, oparte na badaniu ruchu laminarnego, nie mogą być zastosowane do badania pary wilgotnej. Do pomiaru lepkości pary wodnej wilgotnej może służyć tylko taka metoda, przy której stosowaniu para ta znajduje się w dość szwbykim ruchu, dostatecznym do wytworzenia równomiernej emulsji pary i wody. Z natury rzeczy para wilgotna występuje w zastosowaniu technicznym tylko w stanie ruchu burzliwego, szczególnie podczas przepływu przez niskoprężną część turbin parowych.

Metoda zastosowana przez Schillera, chociaż oparta na ruchu burzliwym, w danym wypadku też nie może być stosowana, gdyż podczas przepływu przez zwężki występują dość duże przyspieszenia. W miejscach tych mógłby zachodzić poślizg pomiędzy parą właściwą i mgłą wodną, co skazałoby wyniki pomiarów.

Zagadnienie ruchu pary wilgotnej nie może być rozwiązane w całej rozciągłości i z zachowaniem całkowitej poprawności, cechującej czyste stanowisko naukowe, niemniej należy je rozwiązać w zakresie technicznym, sposobami technicznymi, z możliwą do osiągnięcia dokładnością, by uzyskać w ten sposób punkt oparcia do obliczeń technicznych oporów ruchu pary wilgotnej.

Rozumie się, że wyznaczone dane liczbowe powinny być podane w postaci ogólnej i prostej, dającej się łatwo przeliczyć w zastosowaniu do rozmaitych form ruchu pary.

Najwłaściwszym byłoby przeto pokusić się o wyznaczenie współczynnika lepkości par wilgotnych, rozciągając na te pary ogólną definicję tego współczynnika, a to ze względu na czysto matematyczny charakter tej definicji, pozbawionej wszelkich cech, konkretyzujących mechanizm samego zjawiska ruchu lepkiego.

W jakiegokolwiek postaci ruch występuje, zawsze towarzyszą mu nieodłączne zjawiska pochodne, objęte ogólną nazwą oporów ruchu. Mechanizm tych oporów jest jednak każdorazowo inny i zależy od rodzaju ciał, biorących udział w ruchu, jak też i od warunków, w których ruch się odbywa.

W nielicznych tylko wypadkach teoretyczne poglądy nasze, dotyczące mechanizmu tych oporów, są dokładnie sformułowane i zgadzają się, przynajmniej w pewnych granicach, z wynikami doświadczenia. W większości wypadków posiadamy w tej sprawie tylko szereg mglistych, mniej lub więcej prawdopodobnych przypuszczeń, których zgodność z rzeczywistością nie da się nawet stwierdzić przez obserwację. W wypadkach ruchu układów o budowie złożonej, działa niewątpliwie jednocześnie kilka przyczyn hamujących ruch, i z tego źródła płyną największe trudności na drodze teoretycznego ujęcia obserwowanych zjawisk.

Ruch najprostszego układu, jakim jest gaz zbliżony do idealnego, odpowiada z dużym przybliżeniem regułom wysnutym z poglądów kinetycznej teorii gazów. Na ruch takiego gazu działa hamująco właściwie jedna tylko przyczyna, znajdująca swe źródło w zjawisku dyfuzji cząsteczek gazu o różnych szybkościach unoszenia. Wzory kinetycznej teorii gazów zgadzają się zasadniczo z wynikami obserwacji, póki znajdujemy się w dziedzinie ruchu laminarnego. Jak tylko wkraczamy w dziedzinę ruchu burzliwego, do przytoczonej wyżej przyczyny hamowania ruchu dołącza się zaraz druga przyczyna, której źródło tkwi w oddziaływaniu pomiędzy ścianką przewodu a przylegającymi do niej cząsteczkami gazu. Niezbadany charakter tego oddziaływania, współdziałającego ze zjawiskiem dyfuzji cząsteczek gazu, zmienia zasadniczo charakter ruchu gazu i powstających oporów, a kinetyczna teoria nie jest już w stanie dostarczyć wzorów do obliczenia wielkości tych oporów.

Nawet w tak prostym układzie jak gaz, obserwujemy szereg odchyłeń, nie poddających się wytłumaczeniu na podstawie obrazów kinetycznej teorii.

W powstawaniu oporów ruchu lepkiej cieczy dyfuzja cząsteczek, obdarzonych różnymi szybkościami unoszenia, odgrywa pewną rolę, tak jak i przy ruchu gazów. Nie ulega jednak wątpliwości, że główną przyczyną, powodującą powstawanie oporów przy ruchu cieczy, nie jest zjawisko dyfuzji. Dyfuzja w cieczach zachodzi znacznie wolniej niż w gazach, ponieważ cząsteczki gazu posiadają znacznie większą swobodę ruchów od cząsteczek cieczy. Należałoby wobec tego spodziewać się, że lepkość cieczy będzie mniejsza od lepkości gazów, w rzeczywistości obserwujemy jednak stosunek wręcz odwrotny. Poza tym teoria lepkości, oparta na dyfuzji, nasuwa wniosek, że lepkość powinna rosnać ze wzrostem temperatury. Ten wniosek w stosunku do gazów okazał się słusznym. Lepkość zaś cieczy odwrotnie, — gwałtownie maleje w miarę jej ogrzewania.

Pomiędzy cząsteczkami cieczy, ze względu na ich małą odległość wzajemną, działają siły międzycząsteczkowe, których charakter nie został dotychczas dokładnie zbadany. Bezwątpienia są to jednak siły o charakterze elektrycznym. Z punktu widzenia teorii cząsteczek biegunowych, rozwiniętej przez Debye'a¹⁰⁾, cząsteczki cieczy nie są elektrycznie obojętne, lecz każda z nich posiada większą ilość ładunków elektrycznych, znajdujących się w pewnej odległości od siebie. Ponieważ suma ładunków dodatnich równa jest sumie ładunków ujemnych, a cząsteczki znajdują się w bezładnym ruchu cieplnym, to ciecz zewnętrznie nie ujawnia swych właściwości elektrycznych. W przestrzeni pomiędzy poszczególnymi cząsteczkami panują jednak bardzo silne pola elektryczne. W cieczy, znajdującej się w spoczynku, trwa stale miejscowa przemiana energii kinetycznej poszczególnych cząsteczek na energię pola elektrycznego, i odwrotnie. Rozumie się, że — ze względu na ustalony stan równowagi — przeciętna energia elektryczna, jak też przeciętna energia kinetyczna

jednostki objętości cieczy, pozostają bez zmiany.

Jeżeli, poza ruchem cieplnym, poszczególne elementy cieczy przesuwają się względem siebie, biorąc udział w pewnym ruchu makroskopowym, to jasną jest rzeczą, że energia kinetyczna tych ruchów dodatkowych będzie też przekształcać się w energię elektryczną. Jednak energia elektryczna nie zamieni się już z powrotem na regularny ruch poszczególnych elementów cieczy, a zgodnie ze swą naturą zamieni się na bezładny ruch cieplny.

W ten sposób istnienie pól międzycząsteczkowych przyczynia się do przemiany energii kinetycznej poszczególnych elementów cieczy na energię cieplną.

Cząsteczki cieczy dążą do ułożenia swych biegunów w ten sposób, by energia pola elektrycznego osiągnęła swe możliwe minimum. Powyższy rozkład poszczególnych biegunów zostaje jednak naruszony przez bezładny ruch cieplny cząsteczek, i to w stopniu tym większym, im wyższa jest temperatura cieczy. W tym rozstrajającym wpływie ruchów cieplnych tkwi właśnie przyczyna spadku lepkości cieczy ze wzrostem temperatury.

Na wielkość lepkości cieczy wpływa nie tylko masa i wielkość cząsteczki cieczy, lecz i jej struktura, a więc i wzajemny rozkład ładunków elektrycznych w cząsteczce. Doświadczenia Federsena¹¹⁾ stwierdziły naprzykład, że lepkość eteru etylopropylowego i eteru etyloizopropylowego o jednakowym składzie chemicznym ($C_2H_5.O C_3H_7$), lecz o różnej strukturze cząsteczek, znacznie różnią się od siebie.

Jeżeli ciecz znajduje się w polu elektrycznym, to cząsteczki jej pod wpływem tego pola orientują się w kierunku linii sił. Zjawisko to nie może pozostać bez wpływu na opory ruchu ciała stałego wewnątrz takiej spolaryzowanej cieczy. Quincke¹²⁾ stwierdził rzeczywiście, że kulka szklana lub kwarcowa, poruszająca się w cieczy (eter etylowy, benzol, siarczek węgla), napotyka znacznie większy opór, jeżeli ciecz jest spolaryzowana. Szczególnie wzrasta siła oporu przy ruchu kulki poprzecznym do kierunku linii sił pola elektrycznego.

Przy powstawaniu oporów lepkości, w gazach decydującą rolę odgrywa zjawisko dyfuzji, w cieczach zaś — wpływ pól elektrycznych międzycząsteczkowych na ruch tych cząsteczek. Mechanizm lepkości w obu wypadkach jest zupełnie inny, nie przeszkadza to nam jednak stosować do nich tę samą definicję współczynnika lepkości, opartą o rozszerzone prawo Newtona. Ruch lepki emulsji jest jeszcze bardziej zawiły od ruchu cieczy jednorodnej, lecz i w tym wypadku prawo Newtona ma zastosowanie.

Einstein¹³⁾ wykazał, że współczynnik lepkości emulsji nie zależy od stanu rozdrobnienia zawiesiny, a tylko od jej udziału objętościowego w mieszaninie. Słuszność wywodów Einsteina została potwierdzona przez badania doświadczalne Bancelina¹³⁾, który wyznaczył stały współczynnik do wzoru Einsteina.

¹¹⁾ *Phys. Rev.* 2, 1913 r.

¹²⁾ Quincke, *Wid. Ann.* 62, 1 — 1897.

¹³⁾ Chwolson, *Kurs fizyki*, t. I, str. 531, Berlin 1923 r.

¹⁰⁾ P. Debye, *Polare Molekeln*, Lipsk, 1929 r.

Istnieją liczne metody pomiarów współczynników lepkości gazów i cieczy, oparte na badaniach dotyczących ruchu laminarnego, w postaci wypływu przez rurki włoskowate lub też ruchu ciał stałych w masie badanego czynnika. Stosować je można jednak tylko do pomiarów lepkości jednorodnych cieczy lub emulsyj, zachowujących dość trwale swój stan rozdrobnienia.

Jeżeli zatem zmuszeni jesteśmy oprzeć się na badaniu ruchu burzliwego, to jedyną właściwą metodą staje się badanie przepływu pary przez polerowane rury z dużą szybkością.

Przepływ ten został w pewnej mierze zbadany i ujęty przez teorię hydrodynamiki, wzorami zgodnymi z doświadczeniem i nadającymi się do obliczeń technicznych.

3. Podstawy teoretyczne

Jeżeli ceczek nieściśliwa, o stałym ciężarze właściwym, płynie przez rurę cylindryczną ze stałą średnią szybkością, to spadek ciśnienia wywołany działaniem sił lepkości musi być proporcjonalny do odległości pomiędzy przekrojami pomiarowymi. Zależność taka została przez doświadczenie w zupełności potwierdzona.

Poza tym spadek ciśnienia zależy od średnicy rury D , od ciężaru właściwego płynącego czynnika i od średniej szybkości przepływu w .

Dla ruchu laminarnego zależność ta została całkowicie wyjaśniona i ujęta wzorami Stokes'a i Poiseuille'a.

Odnośnie do ruchu burzliwego zależności te są bardziej zawile, i właściwie dotychczas nie zostały wyjaśnione z całą poprawnością. Przy przepływie przez rury chropowate sprawa przedstawia się wcale niepomysłnie i mnóstwo istniejących wzorów empirycznych nie daje zadowalających wyników.

Przepływ przez rury polerowane został dość wyczerpująco zbadany i ujęty wzorami opartymi na teorii podobieństwa hydrodynamicznego. Zgodnie z tą teorią spadek ciśnienia wzdłuż osi cylindrycznej rury polerowanej, uwarunkowany działaniem sił lepkości, wyraża się wzorem:

$$\Delta P_t = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{w^2}{2g} \gamma, \dots \dots (1)$$

przy czym współczynnik oporu λ powinien być funkcją jednej zmiennej złożonej bezwymiarowej, mianowicie liczby Reynolds'a

$$Re = \frac{w D \gamma}{\eta \cdot g}$$

Zależność pomiędzy λ i Re została wyznaczona drogą doświadczalną. Reynolds dał wzór w postaci potęgowej

$$\lambda = a Re^b,$$

w którym stałe współczynniki a i b muszą być wyznaczone przez cechowanie.

W ten sposób, poprzez współczynnik λ spadek ciśnienia ΔP_t związany jest z współczynnikiem lepkości, charakteryzującym właściwości hydrodynamiczne płynącego czynnika.

Stałe a i b były wyznaczone przez Blasiusa¹⁴⁾ na podstawie badań Saph'a i Schodera, jak

¹⁴⁾ H. Blasius, *Forschungsarbeiten* N. 131 (1913).

też przez Ombecka¹⁵⁾, Jakoba¹⁶⁾, Schillera¹⁷⁾. Liczby otrzymane przez nich dały na ogół zgodne wyniki, nie bacząc na to, że cechowanie było przeprowadzone tak różnymi czynnikami jak woda i powietrze, przy zastosowaniu różnych średnic rur i różnych szybkości przepływu. Późniejsze badania Stantona i Pannella¹⁸⁾ a następnie Jakoba i Erka¹⁹⁾ wykazały jednak, że współczynnik λ w miarę wzrostu liczby Reynolds'a spada nieco powolniej niż by to wynikało ze wzoru potęgowego Reynolds'a, dążąc do pewnej wartości stałej. Z drugiej strony pomiary z parą przegrzaną, dokonane w Laboratorium Maszyn Politechniki Warszawskiej przy bardzo dużych wartościach liczby Re przekraczających 10^6 , nie potwierdziły tego faktu. Jakob i Erk, na podstawie wyników swych badań, ustalili nieco odmienną formę zależności pomiędzy λ i Re , przez dodanie do wzoru potęgowego jeszcze stałej wielkości:

$$\lambda = a + b \cdot Re^c.$$

Ze wzoru tego wynika, że wielkość współczynnika λ przy nieograniczonym wzroście liczby Reynolds'a nie może spaść poniżej stałej wartości a . Graniczna wielkość współczynnika λ wynosi według nich 0,00714.

Wzór Jakoba i Erka nie mógł być przyjęty jako podstawa do obliczania liczby Reynolds'a z wartości współczynnika λ .

Jak wyżej wspomniano, pomiary z parą przegrzaną, nawet przy bardzo dużych liczbach Reynolds'a, przekraczających 10^6 (Stanton i Pannel do 420000 i Jakob i Erk do 460000), nie wykazały, by współczynnik λ dążył do stałej wartości granicznej. Otrzymane wartości zbliżały się już do granicznej wartości Jakoba i Erka, wobec czego liczba Reynolds'a osiągnęłaby wartości niezmiernie wielkie, a nawet przy dalszym zwiększeniu wydatku pary groziło otrzymanie wielkości urojonych Re . Odpowiednio do dużych wartości Re otrzymano by niezmiernie małą wielkość współczynnika lepkości. Poza tym dla dużych liczb Reynolds'a, przy dużych szybkościach przepływu wypadały ze wzoru Jakoba i Erka mniejsze wartości η przy tym samym stanie pary, niż przy szybkościach małych.

Wobec powyższego, do obliczenia liczby Reynolds'a z wartości współczynnika λ , przyjęty został pierwotny wzór potęgowy ze stałymi współczynnikami a i b , wyznaczonymi przez Blasiusa dla Re do 100 000 i Schillera dla Re do 350 000, a mianowicie:

$$\lambda = 0,3164 Re^{-0,25} \dots \dots (2)$$

Jeżeli mamy do czynienia z cieczą elastyczną, jak gaz lub para, to spadek ciśnienia wzdłuż osi rury wywoła wzrost objętości właściwej płynącego czynnika, co z kolei wywoła w rurze cylindrycznej wzrost średniej szybkości przepływu.

¹⁵⁾ H. Ombeck, *Forschungsarbeiten* N. 158 i 159 (1914).

¹⁶⁾ M. Jakob, *Z. VDI*, t. 66 (1922).

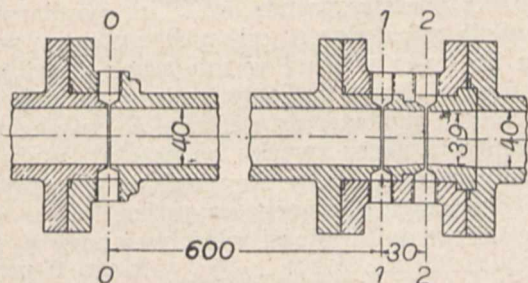
¹⁷⁾ L. Schiller, *Z. f. ang. Math. u. Mech.* t. 3 (1923).

¹⁸⁾ T. E. Stanton i J. R. Pannell, *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. (A)*, 214 (1914).

¹⁹⁾ M. Jakob i S. Erk, *Forschungsarbeiten* N. 266 (1924).

Aby czynnik osiągnął odpowiednie przyspieszenie, musi nastąpić dalszy dodatkowy spadek ciśnienia ΔP_p , który łącznie ze spadkiem ciśnienia pochodzenia lepkościowego daje całkowity spadek ciśnienia ΔP .

Ten całkowity spadek ciśnienia możemy zmierzyć za pomocą manometru różnicowego, włączonego pomiędzy przekroje 0 i 1 (rys. 1).



Rys. 1.

Urządzenie użyte do pomiaru lepkości pary wilgotnej.

Dla obliczenia współczynnika oporu λ ze wzoru (1) musimy ze zmierzonego spadku ciśnienia ΔP wyeliminować spadek ciśnienia pochodzenia przyspieszeniowego ΔP_p .

Spadek ciśnienia, konieczny do nadania parze odpowiedniego przyspieszenia, znajdujemy w sposób następujący.

Siła działająca na element pary o przekroju równym przekrojowi rury F_1 i długości nieskończenie małej dx jest równa

$$PF_1 - \left(P + \frac{\partial P}{\partial x} dx \right) F_1 = -F_1 \frac{\partial P}{\partial x} dx.$$

Siła ta nadaje elementowi przyspieszenie

$$\frac{dw}{d\tau} = \frac{\partial w}{\partial \tau} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{dx}{d\tau},$$

więc

$$-F_1 \frac{\partial P}{\partial x} dx = \frac{F_1 dx}{vg} \left(\frac{\partial w}{\partial \tau} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{dx}{d\tau} \right)$$

i dalej:

$$-vg \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial w}{\partial \tau} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{dx}{d\tau} = \frac{\partial w}{\partial \tau} + w \frac{dw}{dx};$$

ponieważ przepływ przez rurę odbywa się w sposób ustalony w czasie, to:

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = 0; \quad \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{dP}{dx}; \quad \frac{\partial w}{\partial \tau} = 0; \quad \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{dw}{dx},$$

więc

$$-vg \frac{dP}{dx} = w \frac{dw}{dx}.$$

Ponieważ $F_1 w = Gv$, gdzie G jest wydatkiem pary w kg/s,

$$\text{to } w = \frac{Gv}{F_1} \text{ a } \frac{dw}{dx} = \frac{G}{F_1} \frac{dv}{dx},$$

więc

$$-vg \frac{dP}{dx} = \frac{Gv}{F_1} \frac{G}{F_1} \frac{dv}{dx}$$

i dalej

$$-g \frac{dP}{dx} = \frac{G^2}{F_1^2} \frac{dv}{dx};$$

po scałkowaniu na drodze 0—1:

$$-g(P_1 - P_0) = \frac{G^2}{F_1^2} (v_1 - v_0) = g(P_0 - P_1) = g\Delta P_p$$

$$\Delta P_p = \frac{G^2}{gF_1^2} (v_1 - v_0).$$

Spadek lepkościowy otrzymamy jako różnicę spadku całkowitego mniej spadek przyspieszeniowy:

$$\Delta P_t = \Delta P - \frac{G^2}{gF_1^2} (v_1 - v_0). \quad (3)$$

Ten sam wynik otrzymać możemy i na innej drodze, bez konieczności wydzielenia spadku przyspieszeniowego i zakładania, że spadek całkowity równy jest sumie spadków lepkościowego i przyspieszeniowego.

Para wodna, płynąc przez rurę, ulega — jak wyżej wskazano — pewnemu rozprężeniu się. Zachodząca przemiana w stanie termodynamicznym pary odbywa się właściwie bez wymiany ciepła z otoczeniem.

Długość rury pomiarowej wynosiła 600 mm, średnica wewnętrzna 40 mm i zewnętrzna 55 mm. Materiał rury — brąz. Rura była zaizolowana lupinami korkowymi grubości 30 mm i następnie owinięta sznurem azbestowym na grubość 20 mm. Strata ciepła przy wewnętrznej temperaturze pary od 105° do 140° C i temperaturze otoczenia 25° do 30° C, bogato obliczona, wynosi około 20 kal/godz. Stanowi to przy wydatku pary od 720 do 1900 kg/godz., przeciętnie mniej niż 0,02 kal na 1 kg pary. Wobec takiego wyniku można przyjąć, że wymiany ciepła z otoczeniem wcale nie było.

W tych warunkach, wzrost energii kinetycznej pary może odbywać się tylko kosztem spadku entalpii pary. Zachodząca przemiana nie będzie jednak izoentropowa, ponieważ jednocześnie wystąpi częściowe dławienie pary, wywołane działaniem lepkości.

Tę przemianę rzeczywistą, jakiej ulega para pomiędzy przekrojami 0 i 1 (rys. 1), możemy zastąpić zupełnie równoważną przemianą politropową, zakładając, że ciepło wywiązane wskutek działania lepkości jest ciepłem doprowadzonym z zewnątrz do tej przemiany.

Praca sił lepkości przy przepływie 1 kg pary przez nieskończenie krótki odcinek rury równa jest: $Avd(\Delta P_t)$, gdzie $d(\Delta P_t)$ jest to nieskończenie mały spadek lepkościowy ciśnienia na tym odcinku rury. Posługując się 1-szym równaniem termodynamiki i omówionym wyżej założeniem, otrzymamy, że $Avd(\Delta P_t) = dQ = di - AvdP = = di + Avd(\Delta P)$.

$$\text{Ponieważ } di = -Ad \left(\frac{w^2}{2g} \right), \text{ a } w = \frac{Gv}{F_1},$$

to otrzymamy:

$$Avd(\Delta P_t) = -A \frac{G^2}{gF_1^2} vdv + Avd(\Delta P),$$

a po skróceniu i scałkowaniu:

$$\Delta P_t = \Delta P - \frac{G^2}{gF_1^2} (v_1 - v_0).$$

Dla obliczenia lepkościowego spadku ciśnienia ΔP_t ze wzoru (3) konieczne jest uprzednie obliczenie objętości właściwych v_1 i v_0 w przekrojach 1 i 0.

Objętość właściwą pary v_1 w przekroju 1 znajdziemy drogą pomiarów przez zainstalowanie, zaraz za cylindrycznym odcinkiem rury 0—1, rury Venturi o bardzo nieznacznym stopniu przewężenia. Zastosowano rurę Venturi długości 30 mm

o przewężeniu z 40 mm na 39 mm. Przy zastosowaniu dużych szybkości przepływu pary nawet tak małe przewężenie wystarcza do wywołania dość znacznego spadku ciśnienia na drodze 1—2 (rys. 1). Przejście ze średnicy 40 mm na 39 mm odbywa się w środkowej części rury Venturi długości 10 mm, po której obu stronach znajdują się cylindryczne części o średnicy 40 i 39 mm, długości też po 10 mm. W ten sposób szczeliny pomiarów zostały odsunięte od miejsca, gdzie występują przyspieszenia, by nie narazić się na możliwe zróżniczkowanie szybkości pary i mgły wodnej, rozpylonej w parze.

Dla obliczenia wydatku pary, płynącej przez rurę Venturi, możemy posługiwać się ogólnym wzorem dla ilości przepływu cieczy elastycznej przez przewężenie w postaci:

$$G = \alpha_0 F_2 \sqrt{2g \frac{P_1 - P_2}{v_1} \cdot \frac{\mu^2}{1 - \mu^2} m^2 (P_2/P_1)^{2/k} \cdot \frac{P_1}{P_1 - P_2} \cdot \frac{k}{k-1} \left[(P_2/P_1)^{2/k} - (P_2/P_1)^{\frac{k+1}{k}} \right]^{20}}$$

Wprowadzając oznaczenia:

$$\alpha = \frac{\pi^2}{8} g \alpha_0^2; \quad \beta = \frac{1}{\mu^2},$$

po skróceniu otrzymamy:

$$v_1 = \alpha \frac{1 - (P_2/P_1)^{\frac{k-1}{k}}}{\beta (P_1/P_2)^{2/k} - m^2} \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{P_1}{G^2} D_2^4 \quad (4)$$

Wzór (4) służy do obliczania objętości właściwej pary v_1 w przekroju 1 ze zmierzonych: wydatku pary G i ciśnień P_1 i P_2 , po uprzednim wycechowaniu rury Venturi parą przegrzaną, dla wyznaczenia współczynników α i β . We wzorze tym oznaczają poza tym: k — wykładnik adiabaty pary wodnej wilgotnej, który według Zeunera wyraża się wzorem: $k = 1,035 + 0,1x$, przy $x > 0,7$, gdzie x jest stopniem wilgotności pary; $m = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$ jest stosunkiem przekrojów przewężonego do nieprzewężonego, D_2 — średnicą przewężenia rury Venturi.

Dla wyznaczenia v_1 z równania (4) konieczne jest poznanie wielkości stopnia wilgotności pary x i zależnego od niego wykładnika k . Stopień wilgotności x_1 ze swej strony może być obliczony po znalezieniu objętości właściwej v_1 ze wzoru $x_1 = \frac{v_1 - v_1'}{v_1'' - v_1'}$ z pomocą tablic pary wodnej nasyconej. Rachunek został przeprowadzony drogą kolejnych przybliżeń. Wykładnik k wyznaczony był tylko dla przekroju 1 i wartości jego przyjmowana za obowiązującą dla całej drogi 1—2, gdyż wilgotność pary x na tej drodze prawie nie ulega zmianie.

Do wyznaczenia stałych współczynników α i β w równaniu (4) użyta została para przegrzana. Objętość właściwą pary przegrzanej obliczono ze zmierzonych ciśnienia i temperatury, posługując się równaniem Callendar'a — Mollier'a²¹⁾.

$$v_1 = 47,02 \frac{T_1}{P_1} - \frac{1,45}{(T_1/100)^{3,1}} - 5800 \frac{P_1^2}{(T_1/100)^{13,5}}$$

²⁰⁾ Regeln für die Durchflussmessung mit genormten Düsen und Blenden, VDI-Verlag, 1930 r.

²¹⁾ R. Mollier. Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf, wyd. 7. Berlin, 1932.

Przy obliczeniach posługiwano się tylko dwoma pierwszymi wyrazami tego równania ze względu na niskie ciśnienia pary, stosowane przy pomiarach.

Użycie pary przegrzanej do cechowania rury Venturi, mającej służyć następnie do pomiarów objętości właściwej pary wilgotnej, jest całkowicie uzasadnione. Przede wszystkim kształt rury Venturi i rozmieszczenie szczelin pomiarowych całkowicie zabezpiecza od poślizgu pary w stosunku do mgły wodnej w miejscach szczelin pomiarowych. Powtóre, cały szereg dotychczasowych badań wykazał ostatecznie, że współczynniki przepływu przez zwężki, po przekroczeniu granicznej wartości liczby Reynolds'a, przestają zależeć od rodzaju płynącego czynnika²⁰⁾.

Dla obliczenia objętości właściwej pary v_0 przekroju 0 przypominamy, że przemiana 0—1 odbywa się bez wymiany ciepła z otoczeniem, wobec czego, zgodnie z prawem zachowania energii, otrzymamy:

$$i_0 - i_1 = A \frac{w_1^2 - w_0^2}{2g},$$

czyli że spadek entalpii równy jest wzrostowi energii kinetycznej.

Ponieważ: $w_1 = \frac{Gv_1}{F_1}$, a $w_0 = \frac{Gv_0}{F_1}$,

to: $i_0 - i_1 = \frac{A}{2g} \cdot \frac{G^2}{F_1^2} (v_1^2 - v_0^2)$. . . (5)

We wzorze tym $i_0 - i_1$ oznacza spadek entalpii pary na drodze od przekroju 0 do przekroju 1, G — jest to wydatek pary w kg/sek, F_1 — przekrój rury w m^2 , v_1 i v_0 — objętości właściwe pary w przekrojach 1 i 0, g — przyspieszenie ziemskie w m/sek^2 i $A = \frac{1}{427}$ kal/kgm.

Równanie (5) służyć nam będzie do obliczania objętości właściwej v_0 . Wydatek pary G oraz prężności pary P_0 i P_1 w przekrojach 0 i 1 otrzymamy bezpośrednio z pomiarów, entalpię i_0 — z tablic pary wodnej nasyconej odnośnie do pary o prężności P_1 i już obliczonej ze wzoru (4) objętości właściwej v_1 , zaś entalpię i_0 wyrugujemy z równania (5) posługując się zależnością dla par wilgotnych:

$$x_0 = \frac{i_0 - i_0'}{i_0'' - i_0'} = \frac{v_0 - v_0'}{v_0'' - v_0'}$$

Wartości i_0' , i_0'' , v_0' , v_0'' weźmiemy z tablic pary wodnej dla zmierzonego ciśnienia P_0 .

Przy obliczaniu posługiwano się liczbami zaczerpniętymi z „Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf“ R. Molier'a, wydanie 7-me, Berlin 1932 r.

Ostateczne obliczenia zostały przeprowadzone w następującej kolejności:

1. z pomiarów wykonanych z parą przegrzaną obliczono współczynniki α i β do równania (4);
2. z równania (4) obliczono objętość właściwą pary v_1 i wilgotność pary x_1 ;
3. z równania (5) obliczono objętość właściwą pary v_0 i następnie jej wilgotność x_0 ;

- z równania (3) obliczono lepkościowy spadek ciśnienia ΔP_t na drodze 0—1;
- z równania (1) obliczono współczynnik oporu λ , zastępując w nim w przez $\frac{Gv}{F_1}$, a następnie v przez $\frac{v_0 + v_1}{2}$; wówczas otrzymamy:

$$\lambda = \Delta P_t \frac{D_1 F_1^2}{L G^2} \frac{4g}{v_0 + v_1} \dots (6)$$

- z równania (2) znajdujemy liczbę Reynolds'a Re ;
- z wielkości liczby Re znajdujemy współczynnik lepkości, posługując się definicją liczby Re :

$$Re = \frac{wD_1}{\eta g v} = \frac{Gv \cdot D_1}{\eta F_1 g v} = \frac{GD_1 \cdot 4}{\eta g \pi D_1^2} = \frac{4G}{\eta g \pi D_1}$$

$$a \ \eta = \frac{4G}{g \pi D_1 Re} \dots (7)$$

Stan pary określamy każdorazowo przez śred-

nie ciśnienia $\frac{P_0 + P_1}{2}$ na drodze 0—1 i przez średnią wartość stopnia wilgotności $\frac{x_0 + x_1}{2}$ obliczonego z prężności P_0 i P_1 i objętości właściwych v_1 i v_2 . (d. n.)

Viscosité de la vapeur d'eau saturée

R é s u m é :

L'application de la vapeur saturée dans les turbines à vapeur exige la connaissance de son coefficient de viscosité pour l'introduire dans le calcul correspondant. La détermination expérimentale de ce coefficient pour la vapeur saturée ne peut être basée que sur les essais de l'écoulement turbulent. L'auteur a exécuté les essais de l'écoulement de ce genre par tubes cylindriques polis et donne dans la présente étude les formules pour le calcul du coefficient de viscosité se basant sur les valeurs qu'on peut mesurer au cours de l'essai. (à suivre)

Najnowsze zdobycze wyrobu i stosowania lekkich stopów walcowniczych *)

Inż. J. Meier, SIMP
Mech. Stacja Doświadczalna Polil. Lwowskiej

Własności stopów lekkich. — Własności mechaniczne, w porównaniu ze stalami, wytrzymałość na rozciąganie, na zmęczenie, wytrzymałość właściwa, wytrzymałość postaciowa. — Sposoby podwyższania własności mech. — Korozja stopów lekkich i jej zwalczanie; stopy odporne na korozję: ochrona powierzchni stopu, środki do tego służące. — Platerowanie, jego zalety i wady; próby przeprowadzone w kraju. — Spawalność stopów lekkich. — Przegląd zastosowań stopów lekkich ze szczególnym uwzględnieniem nowozdobytých dziedzin. Zakończenie: konieczność zbudowania w Polsce huty aluminium.

IV. Własności

PRZECHODZĄC do omówienia zastosowań lekkich stopów walcowniczych, należy przedtem wspomnieć o tych cechach materiałowych, które decydują o ich wartości dla konstruktora, t. j. o własnościach mechanicznych i o odporności na wpływy korozji. Równie ważna jest także zdatność omawianych stopów do dalszej przeróbki warsztatowej, zwłaszcza do obróbki drogą skrawania i spawalność.

a) A więc przede wszystkim własności mechaniczne. Mówiąc o wytrzymałości czy zdatności do plastycznej przeróbki tych stopów, nie powinniśmy operować tylko cyframi bezwzględnymi, osiąganymi przy poszczególnych próbach, i porównywać je z podobnymi wynikami prób innych metali. Wprawdzie i przy takiej analizie tych cyfr stopy lekkie wykazują własności doskonałe, które dziś dochodzą do wytrzymałości na rozciąganie ponad 60 kg/mm² przy równoczesnym wydłużeniu $A_{10} =$ ok. 15 — 20%. Należyte znaczenie tych własności otrzymuje się jednak dopiero przez porównanie z innymi metalami przy równoczesnym uwzględnieniu ich ciężarów właściwych. Tabela IV i rys. 19 wykazują to dosyć wyraźnie. Korzyści takiego wła-

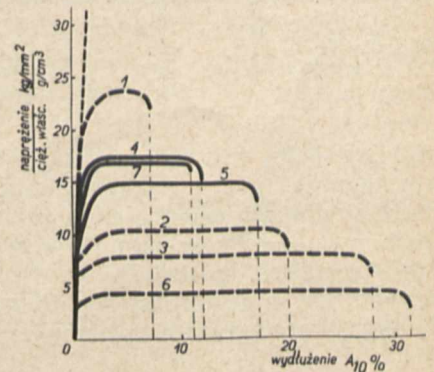
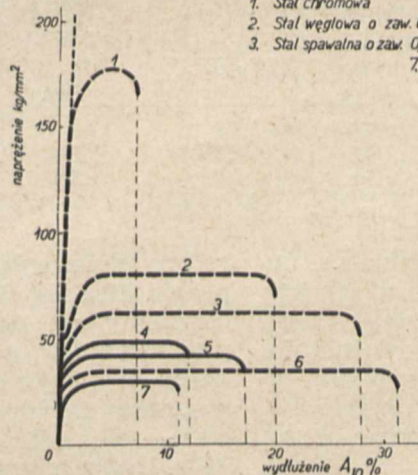
śnie przedstawienia sprawy są jasne, gdyż inżynier - konstruktor musi pamiętać nie tylko o wielkości cyfr wytrzymałościowych, ale równocześnie ważne są dlań także ciężar i wy-

TABELA IV.

Zestawienie własności mechanicznych różnych materiałów konstrukcyjnych, z uwzględnieniem ciężaru właściwego

Materiał	γ	R_r kg/mm ²	R_r/γ	Q_r kg/mm ²	Q_r/γ
Stal węglowa . .	7,8	80	10,2	60	7,7
Stal Ni-Cr	7,8	140	18,0	100	12,8
Dural	2,8	40	14,3	26	9,3
Superdural	2,8	48	17,3	36	12,8
Elektron VI	1,8	35	19,4	25	13,9

1. Stal chromowa
2. Stal węglowa o zaw. 0,6 C
3. Stal spawalna o zaw. 0,35 C; 0,53 Mn; 0,43 Si
4. Dural 681 ZB
5. Dural 681 B
6. Stal spawalna o zaw. 0,11 C 0,48 Mn
7. Elektron AZM



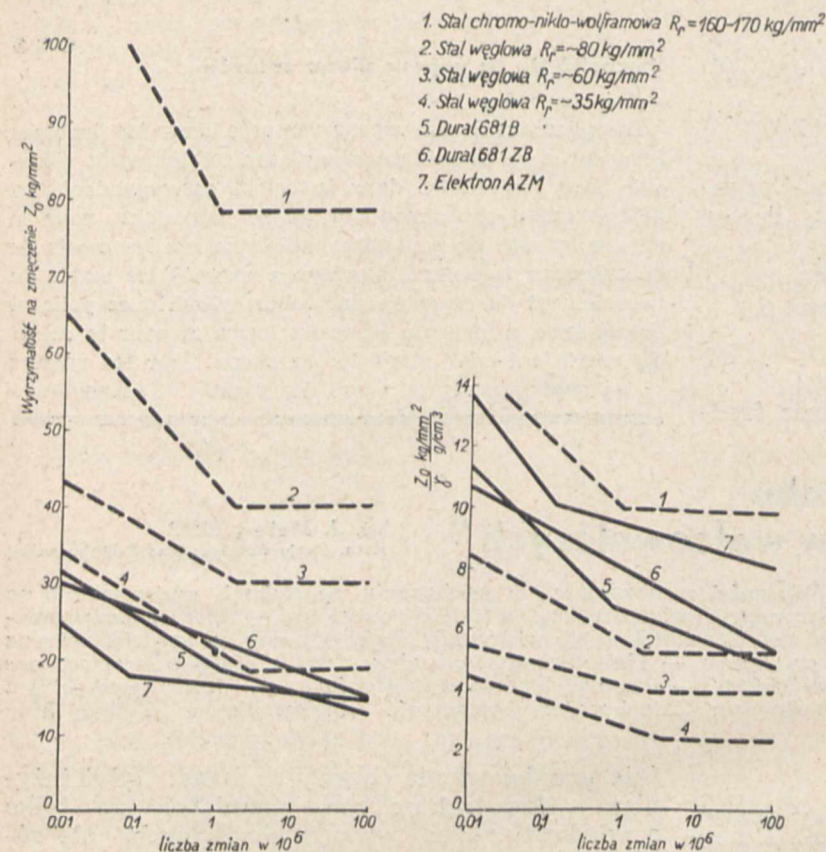
Rys. 19. Wykresy rozciągania różnych materiałów z uwzględnieniem ciężaru właściwego (wg. Brennera, Jahrbuch DVL, 1932).

*) Dokończenie do str. 251/257 w zes. 9 z r. b.

miary obliczanego elementu. A uwzględnienie ciężaru właściwego pozwala właśnie o tych ważnych czynnikach konstrukcji pamiętać. Tablice te — zestawione zresztą nieco zbyt ostrożnie — powtarzam za literaturą zagraniczną. Zbyt

trzeba także o tym, że wydłużenia stopów lekkich pokazane na tych wykresach rozciągania (rys. 19) są za małe, — pozostawiłem je jednak zgodnie z ich autorem.

Jak te cyfry się zmieniają, gdy zamiast próby statycznej uwzględnimy próbę na zmęczenie materiału, — wskazują następne wykresy (rys. 20). Wbrew oczekiwaniu okazuje się, że tutaj wykres jest jeszcze korzystniejszy dla stopów lekkich, które tylko niewiele ustępują szlachetnej stali chromowo-niklowo-wolframowej o wysokiej wytrzymałości $R_r = 160 - 170$ kg/mm², a przewyższają znacznie wszystkie stale węglowe.



Rys. 20. Zależność pomiędzy wytrzymałością na zmęczenie a liczbą zmian obciążenia metali o różnych ciężarach właściwych (wg. Brennera, Jahrbuch DVL, 1932).

„ostrożność“ tych cyfr polega na tym, że dla stali przyjęto wyniki na ogół optymalne, zaś dla stopów lekkich raczej wyniki dolne, a najwyższe przeciętne. Mimo to widać, że klasyczna cyfra mate-

wysokostopowej stali o $R_r = 162$ kg/mm².

Jeszcze korzystniej wypada obliczenie procentowego spadku wytrzymałości na zmęczenie elementu kształtowego (a więc posiadającego karby czy wę-

TABELA V.

Wpływ wzrostu naprężeń wskutek karbu lub zmiany przekroju na zmęczenie giętno różnych materiałów (wg Brennera).

Material	Wytrzym. na rozciąganie R_r kg/mm ²	$R_r \gamma$ kg/mm ² g/cm ³	Wytrzym. na zmęczenie Z_g kg/mm ²	$Z_g \gamma$ kg/mm ² g/cm ³		$D'g \gamma$ kg/mm ² g/cm ³		$D''g \gamma$ kg/mm ² g/cm ³
Stal węgl. (St. 48)	53,9	6,8	27	3,5	18	2,3	15	1,9
Stal Cr-Ni-W	162	20,8	69	8,85	32	4,1	30	3,85
Dural 681 B	40,8	16,6	14	5,0	13,5	4,8	11,5	4,1
Elektron AZM	31,3	17,4	11 (15,3)	6,1 (8,5)	10	5,55	(10)	(5,55)

riałowa, jaką jest jeszcze ciągle wytrzymałość na rozciąganie, przy uwzględnieniu ciężaru właściwego wykazuje bezwzględną wyższość stopów lekkich nad stalą węglową i zbliża się wydatnie do stali wysokostopowej, a elektron przewyższa ją nawet. To samo odnosi się do najważniejszej dla konstruktora granicy płynności. Wspomnieć tu

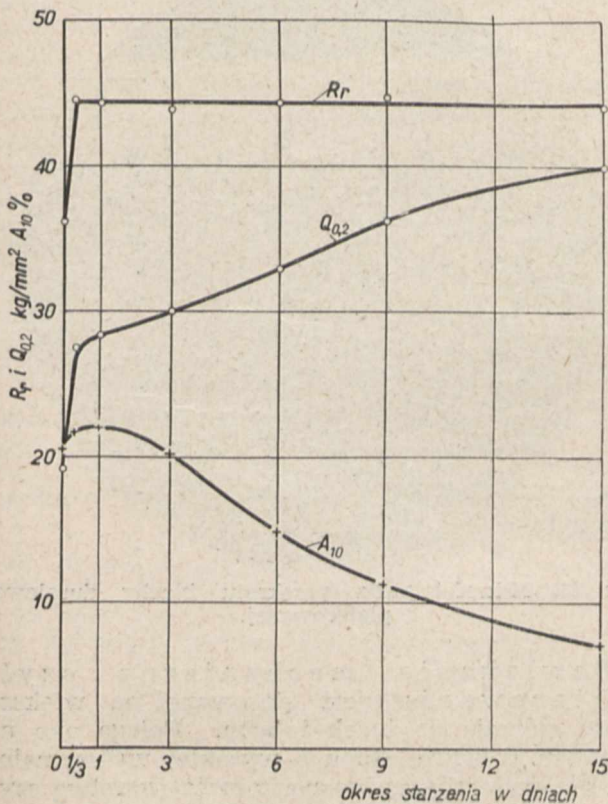
żeł) w odniesieniu do wytrzymałości na zmęczenie próbki idealnej. Stosunek bowiem tych wielkości, określony w naszej literaturze jako odwrotność współczynnika wrażliwości metalu na działanie karbu (β_k), wynosi: w odniesieniu do stali węglowej tutaj podanej 66 i 55%, stali wysokostopowej — 46 i 44%, duralu zaś 97 i 82%, elektronu 91%. Cyfry te wskazują, że wytrzymałość elementu kształtowego ze stopów lekkich, a zwłaszcza z duralu, różni się bardzo mało od wytrzymałości

4) Szerzej omawia to M. Popiel, *Przeegl. Mech.* 3 (1937), 301.

na zmęczenie idealnej próbki—w odróżnieniu od podanych gatunków stali, gdzie cyfry różnią się więcej niż dwukrotnie. Jest to szczególnie korzystną własnością duralu, że materiał ten jest bardzo mało wrażliwy na dodatkowe naprężenia wywołane zmianą przekroju. Własność ta jest bardzo ważna w budowie maszyn, a zwłaszcza w lotnictwie, gdzie w grę wchodzi szybkozmienne obciążenia przy częstych zmianach przekroju, otworach na nity i różnego rodzaju karbach. Pozwala to też na mniejszą dokładność obróbki powierzchni elementów lekkostopowych niż stalowych.

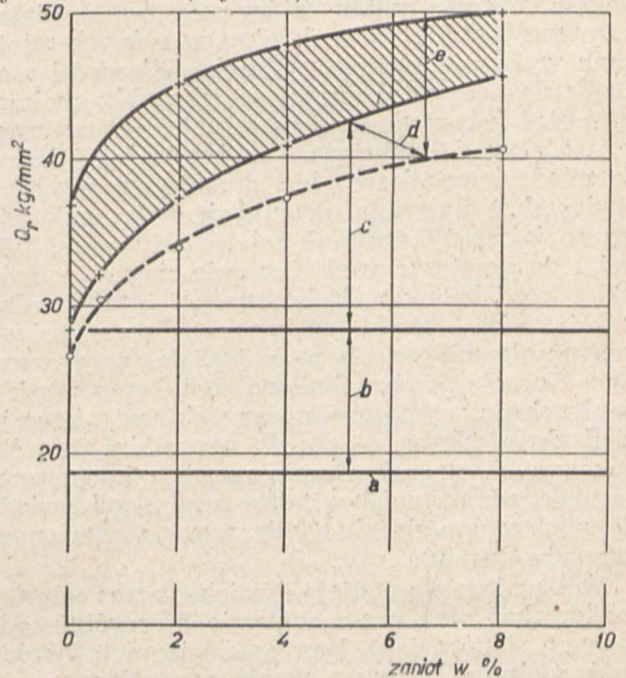
Usiłowania podniesienia dotychczasowych własności mechanicznych duralu przez zmianę składu chemicznego, dały wyniki bardzo dobre. Stopy znane pod nazwą superduralu, duraluminu 681 ZB, bonduru 17/11 oraz naszego krajowego polonduru — które powstały przez zwiększenie zawartości magnezu, manganu i krzemu — wykazują wytrzymałość na rozciąganie $R_r = 46-50 \text{ kg/mm}^2$ i granicę płynności $Q_r = 32-36 \text{ kg/mm}^2$ przy równoczesnym wydłużeniu $A_{10} = \text{ok. } 15\%$. Wartości te mogą być jeszcze podwyższone przez dodatkowy zgniot po ulepszeniu cieplnym do $R_r = 50-60 \text{ kg/mm}^2$ i $Q_r = 40-44 \text{ kg/mm}^2$ przy $A_{10} = \text{ok. } 10\%$. Są to już wartości, które ze stopów tych czynią jeden z najlepszych materiałów konstrukcyjnych, nawet bez uwzględnienia ich małego ciężaru właściwego.

Było by niewątpliwie bardzo pożądane dla konstruktora, aby podwyższyć niską stosunkowo granicę płynności (Q_r) stopów duralowych i uzyskać przez to jeszcze dalszą oszczędność ciężaru konstrukcji. Udało się to rozwiązać przez zastosowanie dodatkowego zgniotu po ukończonym ulepszeniu cieplnym i następnym starzeniu



Rys. 21. Wpływ starzenia sztucznego (150°) na własności mechaniczne duralu (wg Brennera i Kostrona, Z. Mkd 29 (1937), str. 375).

sztucznym *) w temp. ok. 140 — 170°. Jak wskazuje wykres na rys. 21 (wg Brennera i Kostrona), wpływ sztucznego starzenia na wartość Q_r jest bardzo znaczny. Następnym wykres (wg tychże autorów, rys. 22) uwidoczni znaczenie do-



Rys. 22. Wzrost granicy płynności duralu wskutek starzenia naturalnego, zgniotu i starzenia sztucznego (wg Brennera i Kostrona, Z. Mkd 29 (1937), str. 377). a — Q_r po zahartowaniu; b — wzrost Q_r przez starzenie naturalne; c — wzrost Q_r przez zgniot; d — regeneracja („Erholung“) w fazie początkowej starzenia sztucznego w temp. 150°; e — wzrost Q_r w czasie dalszego starzenia sztucznego w temp. 150°.

datkowego zgniotu po ukończonym ulepszeniu cieplnym i następnym starzeniu sztucznego w temp. 150°. Wykres ten odnosi się do stopu o składzie orient. ok. 4% Cu, ok. 1% Mg, ok. 1% Mn, ok. 0,7% Si i reszta Al. Osiągnięte zwiększenie Q z 28 do 50 kg/mm^2 stanowi wynik wręcz znakomity. Należy jednak zachować pewną ostrożność przy korzystaniu z wyników tych prób, gdyż wiadomo, że starzenie sztuczne duralu powoduje bardzo silny wzrost skłonności do korozji, zwłaszcza międzykrystalicznej. Natomiast zastosowanie takiej obróbki dodatkowej do materiałów platerowanych powinno dać wyniki możliwe do praktycznego wyzyskania, zwłaszcza o ile by także badania zmęczeniowe wypadły dodatnio.

Użycie materiału o tak podwyższonej granicy płynności może bardzo wydatnie zmienić nasze konstrukcje, a przede wszystkim w lotnictwie pozwoliłoby na dalsze obniżenie ciężaru płatowca.

b) Zakończywszy ten pobieżny przegląd własności mechanicznych, zajmiemy się ochroną powierzchni stopów lekkich przed działaniem korozji. Jak wiadomo, czyste aluminium — chronione na swej powierzchni powłoką tlenkową — tworzy materiał bardzo odporny na korozję. Mimo że przeważna ilość stopów lekkich jest bardziej odporna na korozję niż stal — nieumiejętność ochrony tych stopów była poważnym hamulcem w ich rozpowszechnieniu. Znaczniejszą skłonność do korozji posiadają stopy zawierające dodatek miedzi, a więc przede wszystkim dural.

*) Poprawniej byłoby: po następnym postarzeniu (Przyp. Red.)

Jak objawia się korozja w stopach lekkich? Nie wspominając o procesach elektrochemicznych i ich przyczynach, rozróżniamy zasadniczo dwa rodzaje korozji: powierzchniową i międzykrystaliczną. Korozja powierzchniowa atakuje na ogół równomiernie powierzchnię metalu, który pokrywa się białoszarym produktem rozkładu i w różnych miejscach wykazuje głębsze wyżarcia. Własności mechaniczne tak zaatakowanej części szybko maleją. Ta postać korozji jest o tyle mniej niebezpieczna, że jest łatwą do wykrycia. Drugi rodzaj, t. j. korozja międzykrystaliczna, jest groźniejsza, gdyż na powierzchni materiału ukazują się tylko mało widoczne jej ślady. Od tych miejsc atakowany jest metal do wnętrza wzdłuż granic ziarn i zostaje jakby rozdzielony. Wytrzymałość tutaj bardzo szybko spada i zwykle niebezpieczeństwo grożące danemu elementowi nie może być na czas zauważone. Korozję powierzchniową spotykamy zwykle na nieochronionym duralu oraz elektronie, korozję międzykrystaliczną — przede wszystkim w żle wykonanych stopach alumińowych z magnezem; jest ona jednak możliwa także przy nieodpowiednio ulepszonym duralu (zwłaszcza po sztucznym starzeniu duralu).

Walkę z korozją podjęto dwojaką: przez ochronę powierzchni oraz przez szukanie szczególnie odpornych stopów. I na tym polu osiągnięto bardzo duże zdobycze, a więc przede wszystkim nowe stopy, odporniejsze na korozję. Należałoby raczej powiedzieć nie tyle nowe stopy, ile nawrót do stopów dawniej zarzuconych. Opatentowany już w 1898 w Niemczech przez Macha stop „magnalium“ został zarzucony z powodu dużo niższych własności od wynalezionej później duralu. Obecnie powrócono jednak do tego stopu i na tej samej zasadzie zbudowano cały szereg stopów Al z magnezem (grupa Al-Mg). Stopy te wykazują bardzo dużą odporność korozyjną, zwłaszcza przeciwko działaniu wody morskiej. Dla przykładu przytoczę, że płytki wodnopłatowców wykonane w Niemczech z takiego stopu pod nazwą „hydronalium“ wytrzymały kilkoletnią pracę w wodzie morskiej bez najmniejszych śladów korozji. Należy tu jednak wspomnieć, że te stopy muszą być szczególnie starannie wykonane, gdyż inaczej łatwo występuje groźna korozja międzykrystaliczna. Praca nad rozwojem tych stopów nie jest ukończona, wydaje się jednak, że materiały te mają dużą przyszłość, zwłaszcza, że pod względem własności mechanicznych niewiele ustępują duralowi, a poza tym są dobrze spawalne i obrabialne drogą skrawania, oraz nadają się szczególnie jako materiał pokrywowy platerów.

Przechodząc do drugiego kierunku walki z korozją, a więc do ochrony powierzchni wyrobów lekkostopowych, — rozróżniamy tutaj cztery sposoby:

- 1) przez lakierowanie (malowanie),
- 2) przez działania chemiczne i elektrochemiczne,
- 3) przez powlekanie mechaniczne (platerowanie),
- 4) oraz przez powłoki galwaniczne.

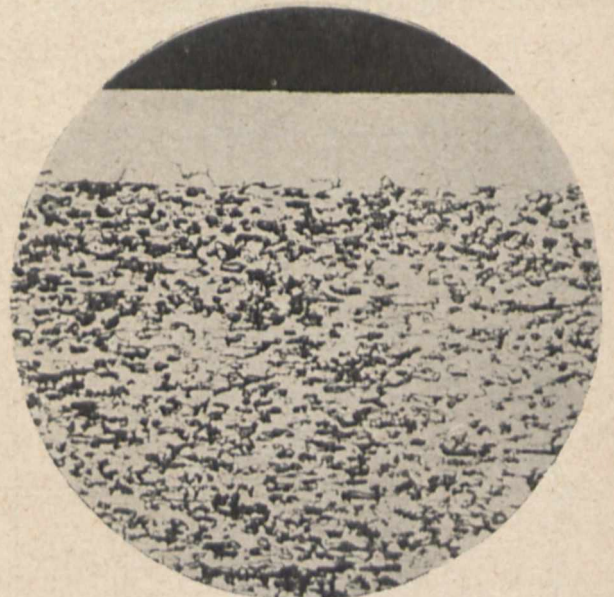
Samo lakierowanie powierzchni jest na ogół niewystarczające, nawet jeśli ma służyć tylko

jako ochrona przeciwko działaniom atmosfery (z wyłączeniem morskiej). Wiadomo, że powierzchnia blach lekkostopowych jest bardziej gładka niż powierzchnie stali — co wymaga stosowania innych metod lakierowania, wzgl. specjalnej obróbki powierzchni przed lakierowaniem. Ochrona taka — wprawdzie najtańsza — jest jednak wszędzie tam, gdzie wchodzi w grę działanie wody (a nawet i atmosfery) morskiej, wzgl. czynników chemicznych, niewystarczająca.

Ochrona przez działania chemiczne i elektrochemiczne polega w zasadzie na sztucznym tworzeniu warstwy odpornej, podobnej do warstwy tlenkowej czystego aluminium. Sposobów takiej ochrony powierzchni jest bardzo wiele; krótko wyjaśnić można je następująco:

a) działanie chemiczne (np. metody MBV., Jirotki, Pacza i inne) polega na zanurzeniu elementu lekkostopowego do roztworu chemicznego, który atakując powierzchnię elementu wytwarza warstwę chroniącą. Powłoki te na ogół nie są trwałe i służą przeważnie tylko jako podkład do lakierowania.

b) Działanie elektrochemiczne (np. metody Bengough-Stuart, „Eloxal“ „Aluminite“ i inne) jest w skutkach swych podobne do poprzedniego. Metody i tu są różne, zależnie od rodzaju stosowanego prądu i składu kąpeli — polegają jednak wszystkie na użyciu elementu lekkostopowego jako anody. Tworząca się na powierzchni elementu warstwa tlenkowa stwarza bardzo dobrą ochronę nie tylko przeciwko korozji, ale i uszkodzeniom mechanicznym. Powierzchnie tak chronione są często jeszcze barwione i w ten sposób używane, zwłaszcza w budownictwie i dekoracji wnętrz.

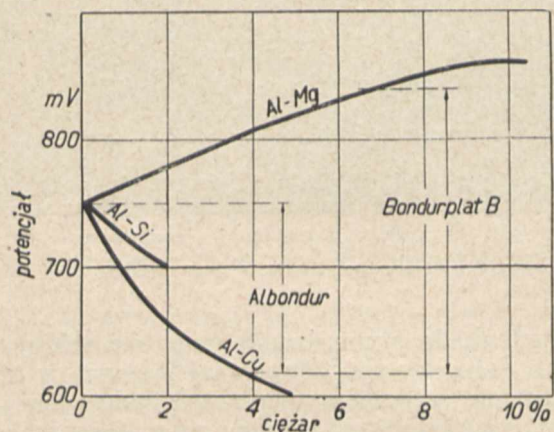


Rys. 23. Mikrofotografia przekroju blachy duralowej platerowanej.

Powlekanie mechaniczne czyli platerowanie jest stosowane na większą skalę głównie do blach i taśm. Polega ono na trwałym pokryciu stopu o wysokiej wytrzymałości, ale mało odpornego na korozję, warstwą czystego aluminium lub stopu odpornego na korozję. Platerowanie wykonać można różnie, zasadniczo zaś istnieją trzy metody:

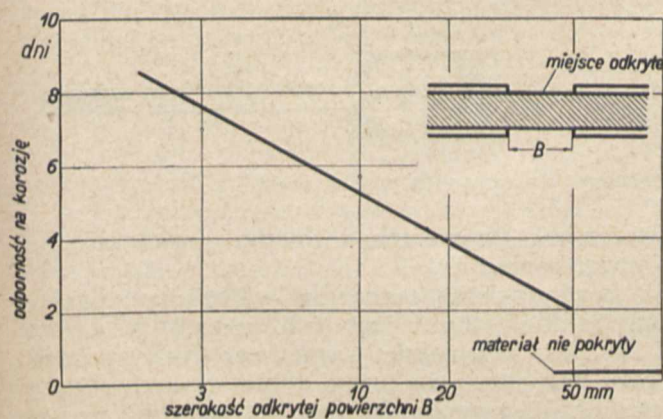
- a) przez odlew duralu do wlewnicy wyłożonej blachą aluminiową,
- b) przez oblanie bloku duralowego płynnym aluminium,
- c) przez walcowanie na gorąco bloku duralowego, obłożonego blachą aluminiową.

Najczęściej i z najlepszymi wynikami stosuje się metodę trzecią, t.j. spójnienie warstw przez gorące walcowanie (rys. 23). Metoda ta w praktycznym zastosowaniu do stopów aluminiowych używana jest dopiero od niecałych 10-ciu lat i dlatego platery lekkostopowe nie znalazły jeszcze tak szerokiego zastosowania, na jakie niewątpliwie zasługują.



Rys. 24. Potencjał krysztalów mieszanych Al względem elektrody kalomelowej (3% roztwór NaCl) wg Bossharda.

Najważniejszą zaletą platerowania lekkich stopów jest nieznanne w innych materiałach działanie ochronne warstwy pokrywającej na odległość, tj. ochrona miejsc odkrytych, jak brzegów blach, otworów na nity itp., od korozji, polegająca na zasadzie różnicy potencjałów elektrycznych warstwy duralu i warstwy pokrywającej, np. aluminiowej (rys. 24). Próby przeprowadzone nad tą korzystną własnością platerów wykazały, że nawet przy przerwach powłoki, o szerokości np. 20 mm, jeszcze wyraźnie zauważa się ochronne działanie pokrycia. Wykres następny (rys. 25 — wg badań Niemieckiego Instytutu Lotnictwa) wykazuje to działanie ochronne w zależności od wielkości miejsca odkrytego. Dalszą zaletą platerów jest połączenie wysokich własności mechanicznych duralu z odpornością korozyjną warstwy pokrywającej.



Rys. 25. Działanie ochronne na miejsce odkryte plateru (wg Brennera).

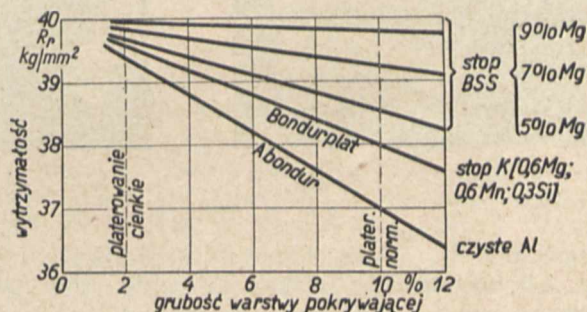
Materiały takie mogą przez długi czas pracować w warunkach jak najbardziej niekorzystnych, jak np. w wodzie morskiej, czy w przemyśle chemicznym, i nie zmieniają zupełnie swych własności. Początek korozji tak chronionego materiału następuje dopiero po zupełnym zniszczeniu warstwy pokrywającej.

Dalszym bardzo ważnym zastosowaniem platerów stanie się niewątpliwie wyrób stopów duralowych o podwyższonej granicy płynności, którą to sprawę poruszono w rozdziale o własnościach mechanicznych.

Przeciwnicy platerowania stawiają mu dwa zarzuty:

- 1) spadek wytrzymałości, wywołany niższą wytrzymałością warstwy pokrywającej, oraz
- 2) dyfuzję miedzi w czasie obróbki cieplnej do warstwy pokrywającej.

Rozpatrzmy te zarzuty. Jako pokrycie stosuje się najczęściej czyste aluminium, a ostatnio nawet aluminium rafinowane do zawartości 99,99% Al. Przy normalnym platerowaniu stosuje się grubość warstwy pokrywającej obustronnie po 5% grubości blachy, co razem stanowi 10% warstwy materiału o zmniejszonej wytrzymałości, czyli zmniejszenie wytrzymałości ogólnej o ok. 3 kg/mm², t. zn. o 7%. Taki spadek wytrzymałości nie może być korzystny, zwłaszcza w lotnictwie, i dlatego zaczęto stosować powłoki o wyższej wytrzymałości, jak pantal, dural o zmniejszonej zawartości miedzi, a ostatnio także stopy bezmiedziowe o wysokiej zawartości magnezu, które łączą dużą odporność na korozję z wytrzymałością niewiele niższą od duralu. Wykres tutaj podany (rys. 26) wskazuje, jak przy

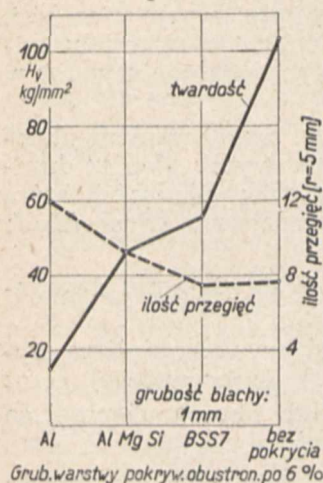


Rys. 26. Wpływ materiału i grubości pokrycia na wytrzymałość platerowanych blach duralowych (wg Brennera).

tych różnych materiałach pokryciowych i różnej grubości powłoki zmienia się wytrzymałość materiału. Jak widać, przy powłokach wysoko-magnezowych spadku wytrzymałości praktycznie nie ma. Powłoki te, poza tymi własnościami, tj. dużą odpornością korozyjną i wysoką wytrzymałością, — są także korzystniejsze ze względu na działanie ochronne na miejsca odkryte, co tłumaczy się jeszcze większą różnicą potencjałów elektrycznych między krysztalami Al — Mg i duralem (rys. 24). Jak te różne powłoki wpływają na twardość powierzchni oraz na próbę przeginięcia blach, wskazuje następny wykres (rys. 27).

Drugi zarzut dotyczy dyfuzji miedzi w czasie hartowania elementów platerowanych. Istotnie

w tej temperaturze dyfuzja taka następuje, jednak przy normalnie stosowanych grubościach powłoki i odpowiednim czasie obróbki cieplnej jest



Rys. 27. Wpływ rodzaju pokrycia na własności mechaniczne platerowanych blach duralowych (wg Brennera).
Grub. warstwy pokryw. obustron. po 6%

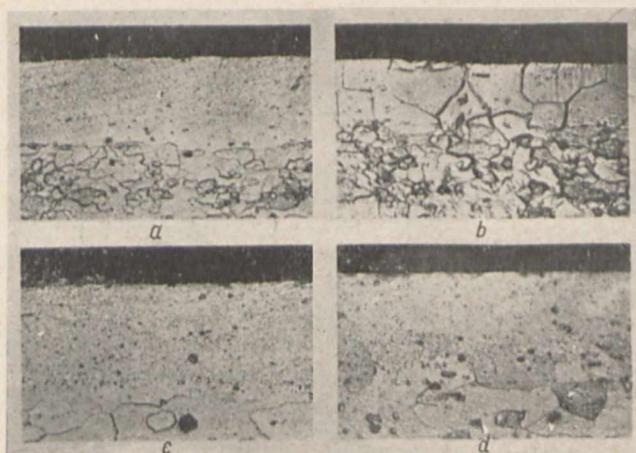
zbyt powolna, by objąć całą warstwę pokrycia (rys. 28a). Jako zupełne zaradzenie tej dyfuzji stosuje się właśnie pokrywanie stopem magnezowym (rys. 28c), oraz ew. dodaje się jeszcze warstwę pośrednią z czystego aluminium lub innego metalu między dural a pokrycie.

Jak z powyższego wynika, walka z korozją przez platerowanie posiada już dzisiaj bardzo szerokie doświadczenia, które — zwłaszcza w lotnictwie, marynarce i przemyśle chemicznym — dadzą niewątpliwie dużo nowych rozwiązań.

Dla uzupełnienia powyższych danych zaznaczę, że w kraju platerowane lekkostopowe są także już wyrabiane, przy czym odpowiadają na ogół zupełnie wyrobom zagranicznym.

Dla uniknięcia nieporozumień należy także wspomnieć, że platerować można nie tylko blachy i taśmy — jak się to często słyszy, — ale także

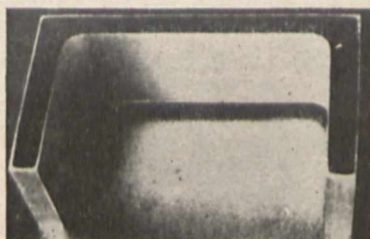
spełniają wymagań, gdyż tak równomierność warstwy pokrywającej, jak i jej wygląd zewnętrzny, nie są jeszcze zadowalające, — próba ta upoważ-



Rys. 28 a — d. Dyfuzja Cu do warstw pokrycia w zależności od czasu żarzenia (wg Brennera).
a — pokrycie z czystego aluminium — czas żarzenia 20 min;
b — " " " " " " " " 3 godz.;
c — pokrycie ze stopu Al-Mg — czas "żarzenia" 20 min;
d — " " " " " " " " 3 godz.

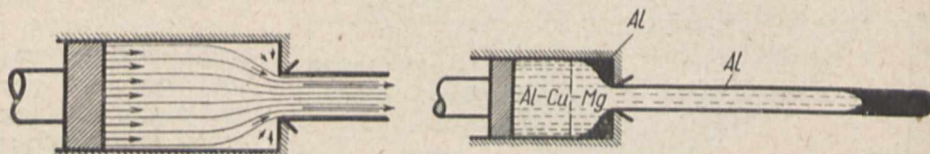
nia jednak do stwierdzenia możliwości takiej produkcji do celów specjalnych także u nas w kraju.

Dalszym sposobem ochrony powierzchni jest powlekanie galwaniczne. Stosowane są do pokrycia nikiel, chrom, kadm, cynk, miedź i inne. Główne zastosowanie takiego powlekania — to drobne części tłoczone, odkucia itp.



Rys. 29 a — c. Przykłady części platerowanych.

pręty i profile, a nawet rury i części kute (rys. 29). Jak się to robi, wskazuje szkic (rys. 30). Pierwszy rysunek pokazuje zasadę ogólną prasowania prętów czy profili, przy czym strzałki oznaczają kierunek płynięcia materiału w czasie prasowania, a wielkość tych strzałek odpowiada szybkości płynięcia poszczególnych cząstek. Studium tego schematu rozwiązało też sprawę platerowania prętów, jak to wskazuje rysunek następny.



Rys. 30. Schemat platerowania prętów i profili.

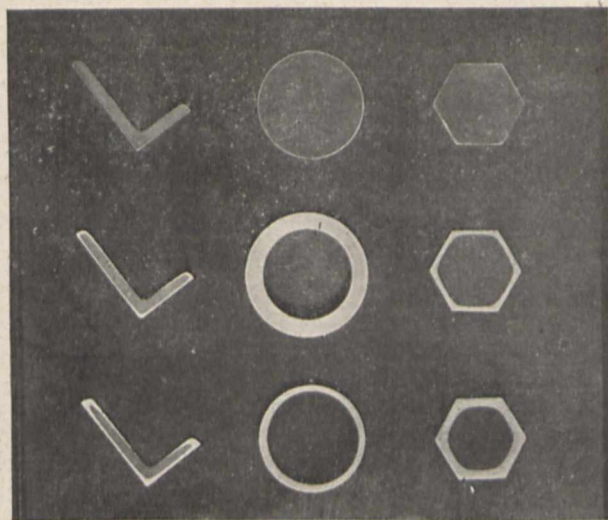
Dla poznania trudności wyrobu takich platerów uprosiłem Walcownię Metali w Dziedzicach o wykonanie próbnego kilku takich prętów, profili i rur. — Rys. 31 przedstawia wyniki tej róby, t. j. przekroje wykonanych w Dziedzicach prętów i rury. Jest to dural (właściwie „alupolon“) pokryty warstwą czystego aluminium; w wypadku rury pokrycie to jest tak zewnętrzne, jak i wewnętrzne. Oczywiście, okazy te bynajmniej nie

Stopy magnezu posiadają na ogół większą odporność korozyjną niż dural. W razie potrzeby można je chronić podobnie jak stopy aluminium, t. j. lakierem lub chemicznie, a ostatnio udało się w Niemczech wykonać także blachy elektronowe

platerowane stopem magnezowym o większej odporności korozyjnej.

c) Bardzo ważną cechą dla warsztatu stosującego lekkie stopy jest ich podatność do obróbki przez skrawanie. Należy zaraz z góry zaznaczyć, że uwagi niniejsze nie dotyczą metod obróbki stopów lekkich, ani maszyn i narzędzi specjalnie do tego celu przystosowanych, bo chociaż wiadomo, że stopy lekkie wywołały duży

przewrót zarówno w konstrukcji obrabiarek, jak i w metodach skrawania i że na tym polu osiągnięto ostatnio bardzo wiele, nie wiąże się to z te-



Rys. 31. Przykłady prętów i rur platerowanych w kraju.

matem. Wspomnę tu tylko krótko o usiłowaniach jak najlepszemu przystosowaniu stopów lekkich do obróbki przez skrawanie i o nowych stopach lekkich automatowych. Chcąc zastąpić inne materiały, używane w tej dziedzinie, stopy lekkie odpowiadać muszą następującym wymogom: przy obróbce na tych samych (nie specjalnych) maszynach, przy stosowaniu tych samych warunków skrawania i tych samych narzędzi — co przy obróbce mosiądzu automatowego — musimy otrzymać krótki, łatwo łamliwy wiór, powierzchnia obrabianego przedmiotu musi być gładka, a zużycie narzędzi małe. Poza tymi żądaniami, stawianymi przez warsztatowca, metaloznawca dodaje swoje: wysoką wytrzymałość, dobrą odporność na korozję, łatwość powlekania elektrochemicznego i ew. barwienia, itp. Warunków tych jest może nieco dużo, jednakże niedopełnienie któregokolwiek przekreśla równowagę stopu lekkiego z dotąd używanymi materiałami i powoduje dla warsztatu dodatkowe koszty.

Jak już poprzednie badania tego problemu ustaliły, skrawalność zależy od struktury stopu oraz pozostaje w pewnym związku z jego twardością. Dobrze skrawają się przede wszystkim stopy, posiadające w nadmiarze składniki rozpuszczające się tylko w ograniczonym stosunku w stopie zasadniczym. Składniki takie wydzielają się i, posiadając inną twardość niż stop właściwy, powodują krótki, łamliwy wiór. Potwierdzeniem tego jest chociażby mosiądz automatowy, zawierający taki składnik w postaci 2—3% Pb. Wychodząc z tych założeń zastosowano także do stopów aluminium takie dodatki, a więc przede wszystkim ołów, bizmut, kadm i tal. Poza tym stosuje się i inne domieszki, jak cynk, antymon, cyna itp. Bardzo dobre wyniki osiągnięto także w stopach Al o wysokiej zawartości magnezu.

Skrawalność stopów magnezu jest, jak wiadomo, bardzo dobra. Materiały te wymagają tylko bardzo dużych szybkości skrawania, które sięgają 1000 — 1500 m/min, oraz szczególnie ostrożnej

obsługi. Niebezpieczeństwo pożarowe przy takiej obróbce jest przedstawiane naogół przesadnie i przy zachowaniu prawidłowej obróbki oraz przecznej gospodarki wiórami nie zachodzi.

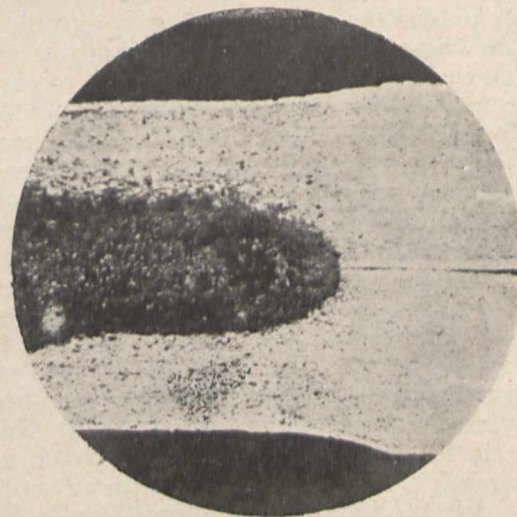
d) Przechodząc do spawalności stopów lekkich, należy osobno traktować stopy ulepszone cieplnie i stopy tej obróbce nie poddawane.

Sprawę acetylenowego spawania aluminium czystego oraz stopów nieulepszonych cieplnie rozwiązano już dawno. Dla stopów cieplnie ulepszonych o wysokiej wytrzymałości spawanie takie nie wchodzi w rachubę z powodu zbyt dużych strat własności mechanicznych, które nawet przez dodatkową obróbkę cieplną nie dadzą się odzyskać. Inaczej przedstawia się sprawa spawania elektrycznego. Tutaj postępy są duże, gdyż użycie specjalnych elektrod, a zwłaszcza metody „Arca-tom“, polegającej — jak wiadomo — na spawaniu w atmosferze wodorowej, pozwala już obecnie także na stosowanie elektr. spawania łukowego do aluminium i jego stopów, cieplnie nieobrobionych. Ograniczeniem tutaj jest tylko grubość części spawanej, gdyż spawanie łukiem nie nadaje się do cienkich ścianek czy blach. Do stopów typu duralu natomiast stosuje się coraz częściej elektryczne spawanie oporowe, tj. spawanie punktowe, wzgl. liniowe — zwłaszcza do cienkich blach o grubości 2—3 mm. Spawanie to ma tę wyższość nad



Rys. 32. Przekrój blach spawanych punktowo (wg Z. Mkde 28 (1936), str. 253).

innymi metodami, że wywołuje tylko bardzo ograniczone podgrzanie spawanego materiału, a więc tylko lokalne zmiany strukturalne stopu (rys. 32), i może być przez to użyte także do stopów cieplnie ulepszonych. Zwłaszcza spawanie punktowe jest coraz częściej stosowane w budowie środków komunikacyjnych, przy czym do osiągnięcia tego celu musiano skonstruować spe-



Rys. 33. Przekrój blach platerowanych spawanych punktowo (wg Aluminium 17 (1935), str. 215).

cialnie sterowane agregaty spawalnicze. Na porównanie wartości połączeń spawanych punktowo i liniowo, z jednej strony, oraz nitowanych — z drugiej jest jeszcze za wcześnie, stwierdzić jednak można, że spawanie liniowe daje szczelniejszy szew, zaś do połączeń pracujących raczej należy stosować spawanie punktowe, ew. wielorzędowe. Wspomnieć tu także należy, że spawanie oporowe użyto również do łączenia blach platerowanych i otrzymano wyniki zupełnie zadowalające (rys. 33).

Dotąd najpowszechniejszym sposobem łączenia półfabrykatów duralowych było nitowanie — w tej dziedzinie nowości specjalnych nie ma, — chcę tylko wspomnieć o nitowaniu blach platerowanych. Można stosować zwykłe nity duralowe — gdyż działanie ochronne plateru na odległość tutaj i tak chroni od korozji, można też stosować nity platerowane, albo specjalnie po nitowaniu ochronione płynnym aluminium. Jediną obawą co do takich połączeń niechronionych jest to, że przy zużyciu się warstwy plateru połączenie nitowe staje się nieszczelne.

Zastąpienie nitowania przez spawanie oporowe daje oszczędność ciężaru konstrukcji do 15% — więc specjalnie w lotnictwie powinno mieć dużą przyszłość.

Elektron AM 503, t. j. stop magnezu z manganem, jest bardzo dobrze spawalny palnikiem, wymaga tylko użycia specjalnego proszku. Inne stopy magnezowe nie są spawalne. Spawanie el. oporowe stopów magnezowych jest możliwe, ale dotąd mało stosowane.

V. Zastosowania

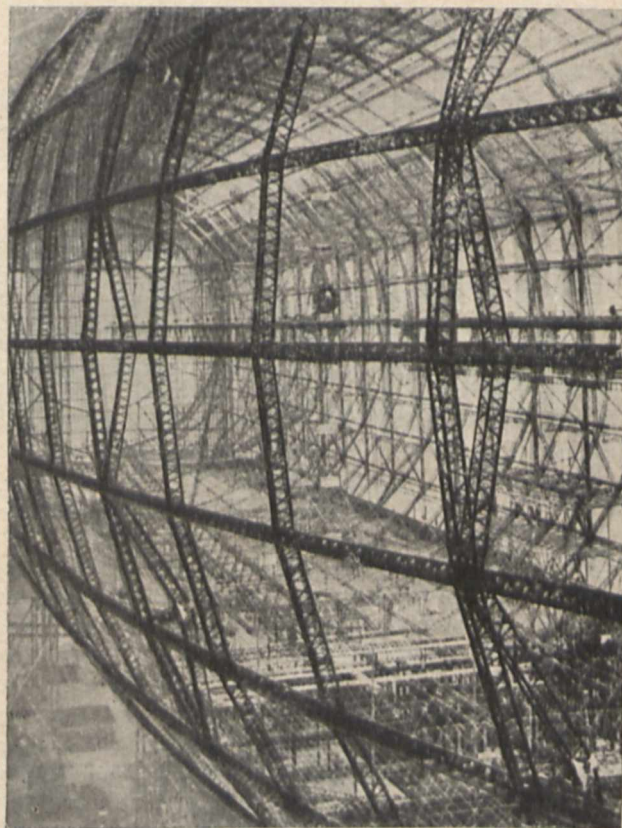
Omówiwszy w ten sposób główne własności lekkich stopów walcowniczych — należy rozpatrzyć ich zastosowania. Byłoby bezcelowym wylizanie wszystkich możliwości stosowania, gdyż są one na ogół znane i jest ich dzisiaj już zbyt wiele, aby je tutaj powtarzać — chcę tylko szkicowo podać parę nowych zdobyczy w tym kierunku.

Przed wszystkim uwaga dotycząca powszechności zastosowania stopów lekkich za granicą. Słyszysz się u nas często zdanie, że olbrzymi rozwój wyrobu i stosowania lekkich stopów ogranicza się tylko do Niemiec, gdzie wywołany został sztucznie z powodu braku dewiz i innych surowców. Jest to zasadniczy błąd, powstały stąd, że Niemcy najwięcej może o tym piszą i mówią, oraz dlatego, że może więcej do Niemiec — jako najbliższego naszego sąsiada — wyjeżdżamy. Wystarczy wyjechać jednak trochę dalej na zachód, względnie zapoznać się z cyframi zużycia lekkich stopów przez państwa, nawet najbardziej zasobne w inne surowce, które nie mają tak rozbudowanego hutnictwa aluminiowego jak Niemcy, jak np. Stany Zjednoczone, Anglia lub Francja, a widzi się, że rozwój zastosowań stopów lekkich w tych krajach przewyższa w niektórych dziedzinach Niemcy. Rzuca się to w oczy nie tylko w środkach komunikacyjnych, ale przede wszystkim w architekturze i dekoracji fasad i sklepów. Wynika z tego jasno, że nie chodzi tu o rozwój koniunkturalny namiastki, ale ujawnia się tu stały postęp nowych

i pełnowartościowych materiałów konstrukcyjnych.

Powolny początkowo rozwój lekkich stopów, poza konserwatyzmem konstruktora i warsztatu przeróbczego, był wywołany tym, że nie oceniono odmiennych zupełnie własności tych materiałów i usiłowano je stosować według prawideł ustalonych dla stali i innych metali ciężkich, — co często dawało wyniki ujemne lub niedostateczne. Dopiero dokładniejsze zbadanie wszystkich cech oraz dostosowanie się do tego tak konstrukcji, jak i metod przeróbczych, dało wyniki dodatnie.

Najważniejszym promotorem tych badań było oczywiście lotnictwo, którego nowoczesny wspinały rozwój bez użycia stopów lekkich byłby w ogóle niemożliwy. Tak płatowce, jak i silniki lotnicze, są dzisiaj znanadto związane z postępiami wyrobu lekkich stopów, aby trzeba było o tym szerzej wspominać. Budowa nowoczesnych balonów sterowych, czy to w Ameryce, czy w Niemczech (rys. 34), opiera się wyłącznie o konstrukcję duralową, — a i loty do stratosfery były ułatwione dzięki gondoli ze stopu lekkiego. Ostatnio w Niemczech próbuje się zastosować konstrukcję lekko-stopową także do szybowców, co dało wprawdzie dodatnie wyniki, ale wydaje się nieopłacalne.

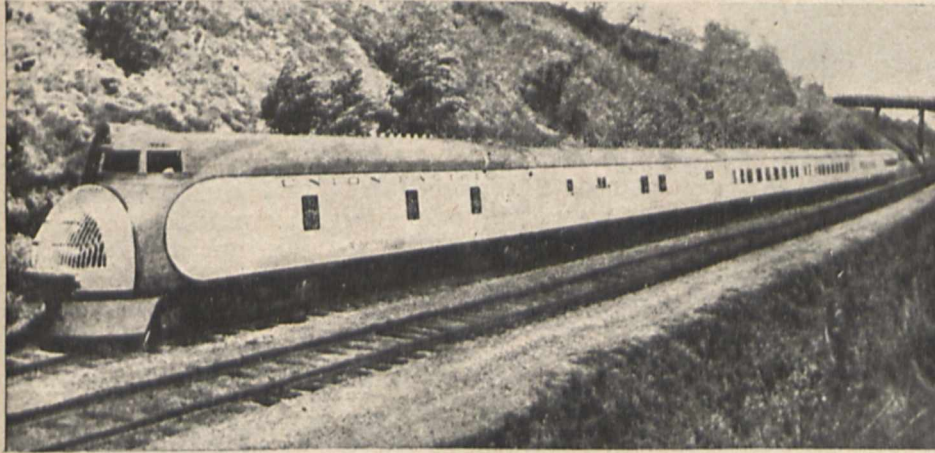


Rys. 34. Szkielet duralowy niemieckiego sterowca.

Przechodząc do innych środków transportowych, wymienić należy przede wszystkim budowę samochodów. Spotkałem się z powątpiewaniem, czy stopy lekkie znajdują naprawdę obszerne zastosowanie w budowie samochodów. W odpowiedzi przytoczę z literatury niemieckiej i francuskiej 2 cyfry: Niemcy zużyły w roku 1936 tylko do budowy samochodów 12 700 t aluminium i jego stopów oraz 168 t elektronu (wobec 9 700 t

wszystkich innych metali kolorowych razem; niestety cyfr dokładnych dotyczących stali nie znalazłem, ale tu nie chodzi o udział procentowy, tylko o cyfry bezwzględne). Druga cyfra — to ilość stopów aluminium zużytych w fabrykach Forda w jednym tylko roku, i to tylko do budowy sa-

tu 275 kg, a szybkość uzyskana w próbach 140 km/godz. Rys. 35 uwidoczni nowoczesny pociąg motorowy kolei amerykańskiej „Union Pacific”, składający się z 6 wagonów na 7 wózkach, o długości 114,5 m, ciężarze zaledwie 265 t i szybkości max. 192 km/godz.



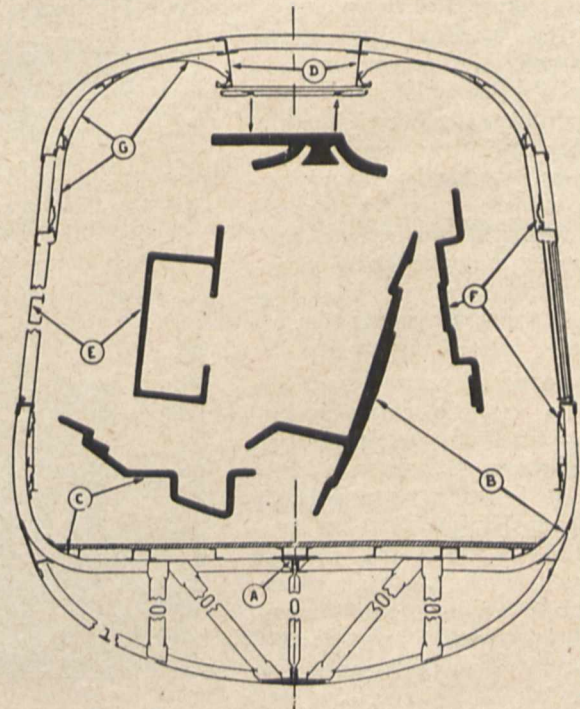
Rys. 35. Pociąg motorowy „Union Pacific”.

meo silnika, wyniosła 21 000 t. Sądzę, że te dwie cyfry uwalniają od innych argumentów, zwłaszcza jeśli porównamy z tym cyfrę całkowitego zużycia aluminium w Polsce w r. 1936, które wyniosło zaledwie 1 700 t⁵⁾. Stopy lekkie znalazły w tej dziedzinie ostatnio b. duże zastosowanie, zwłaszcza w wozach użytkowych, t. j. autobusach i w różnych ciężarówkach (cysternach itp.). Każdy kilogram zaoszczędzony na materiale daje tu oczywiście duży zysk na zwiększeniu ciężaru użytkowego, wzgl. na powiększeniu objętości. Ostatnie rekordy szybkości samochodów były także uwarunkowane wydatnym użyciem stopów lekkich.

Olbrzymie postępy poczyniły lekkie stopy w kolejnictwie (oczywiście nie naszym). Jeśli się zważy, że w nowoczesnym wagonie osobowym przypada na każdego pasażera ok. 1 t martwego ciężaru, a w wagonach sypialnych nawet do 5 t, — zrozumie się, że kolej, chcąc utrzymać opłacalność przewozu i równocześnie konkurując z samolotem i samochodem zwiększyć szybkość przewozu, musiała w bardzo dużej mierze skorzystać ze stopów lekkich. Największy rozwój tych zastosowań widzi się w Ameryce i we Francji, gdzie — zwłaszcza do budowy t. zw. motorówek — używa się obecnie wyłącznie tylko stopów lekkich. Nie chcąc nużyć cyframi i szczegółami — które raczej nadają się do referatu specjalnego — wspomnę tylko, że zbudowany we Francji przez koleje południowe wagon całkowicie lekkostopowy posiadał już tylko 110 kg ciężaru martwego na 1 pasażera. Koleje północne we Francji zastosowały aluminiowy wagon całkowicie spawany z wynikiem dodatnim. Ostatnio w Ameryce zbudowano całe takie składy wagonów (spawane z lekkich stopów), których znaczne zmniejszenie ciężaru pozwoliło na zastosowanie wspólnych wózków, tak że cały skład posiada np. 3 wagony na czterech wózkach. Ciężar martwy na 1 pasażera wyniósł

konstrukcji lekkostopowej podaje przekrój wspomnianej motorówki „Union Pacific” (rys. 36), zbudowanej całkowicie z rur i skomplikowanych prasowanych profili lekkostopowych.

Inne działy transportowe wykazują też coraz więcej zainteresowania stopami lekkimi. Przede wszystkim więc marynarka, gdzie dotąd używano lekkich stopów raczej do dekoracji i wyposażenia wnętrza (zbiorniki, przyrządy, schody, drzwi, ume-



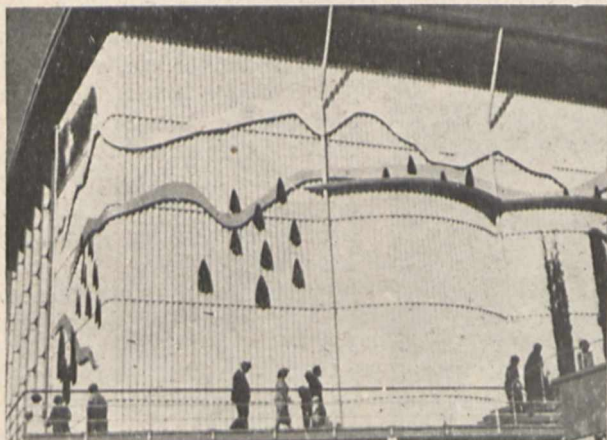
Rys. 36. Przekrój szkieletu wagonu „Union Pacific”, wykonanego z rur i profili duralowych.

blowanie kabin itp.), otrzymała teraz znakomity materiał w nowoczesnych platerach, oraz specjalnie odpornych stopach Al-Mg. Dla przykładu zastosowań podać można, że nowoczesny transatlan-

⁵⁾ W r. 1937 przypuszczalnie ok. 2 200 t (wobec zużycia niemieckiego w r. 1937 w wysokości 146 500 t).

tyk „Normandie“ posiada 12 kabin całkowicie lekkostopowych.

Bardzo szerokie zastosowanie znalazły stopy lekkie w budowie wszelkiego rodzaju wyciągów. Przede wszystkim różne kolejki górskie skorzystały z tego znakomitego sposobu zmniejszenia



Rys. 37. Aluminiowa fasada pawilonu szwajcarskiego na wystawie światowej w Paryżu.

ciężaru martwego, a przez to i kosztów ruchu. Ostatnio użyto tak we Francji, jak i w Szwajcarii, szeregu wagoników całkowicie lekkostopowych.

Dalsze zastosowanie — to wyciągi osobowe. Dla przykładu przytoczę, że wyciągi elektryczne, obsługujące najwyższy budynek świata, słynny Empire State Building w Nowym Jorku, w ogólnej ilości 80 — mają kabiny zbudowane całkowicie ze stopów lekkich, co też powoduje, że wznoszą się na wysokość 350 m w ciągu zaledwie 1 minuty.

Także wyciągi kopalniane wyposaża się coraz częściej w wózki lekkostopowe, co pozwala na duże zwiększenie wydajności urządzenia.

Jako przykłady innych zastosowań, przytoczyć można przemysł rowerowy, który coraz powszechniej przechodzi do konstrukcji ze stopów lekkich, konstrukcje metalowe, jak dźwigary itp.

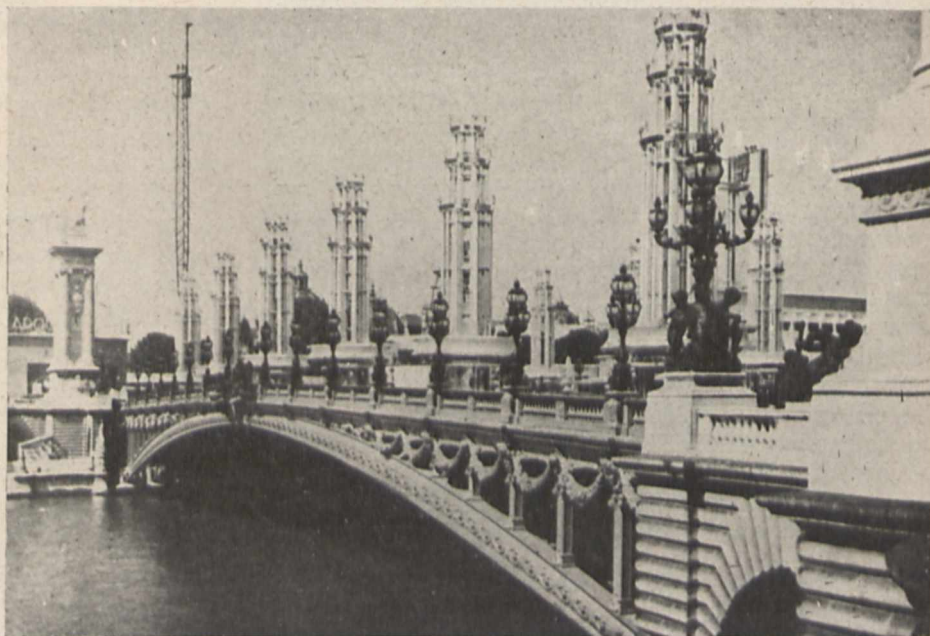
Z bardzo licznych zastosowań w innych działach budowy maszyn wspomnę tylko o coraz szerszym użyciu stopów lekkich w przemyśle włókienniczym. Jest to zrozumiałe wyzyskanie małego ciężaru właściwego do wszystkich części ruchomych (wałki, cewki, motowidła, krosna tkackie, czółenka itp.), jak i dobrej odporności przeciwkorozyjnej.

Zastosowanie stopów lekkich w elektrotechnice — to osobny, dziś już bardzo rozległy dział. Omówienie wszystkich zdobyczy na tym polu wymaga referatu specjalnego, wspomnieć jednak można, że — poza powszechnym już dzisiaj stosowaniem aluminium i jego stopów do linii elek-

trycznych wysokiego napięcia — coraz częściej stosuje się je także do przewodów jezdnych kolei elektrycznych oraz do budowy maszyn i instalacji elektrycznych. Wszędzie na zachodzie istnieją już obszerne przepisy, normujące użycie lekkich stopów w elektrotechnice.

Przemysł chemiczny i spożywczy oddawna związane są z rozwojem stopów lekkich odpornych na korozję, ostatnio zwłaszcza ze stopami platerowanymi. Poza licznymi zbiornikami, butlami i naczyniami wszelkiego rodzaju, rurociągami, węzownicami, wirnikami itp., ostatnio bardzo duże zastosowanie znalazły stopy lekkie w młczarstwie (bańki takie dają dużą oszczędność w transporcie) oraz w wyrobie puszek do konserw (zwłaszcza rybnych — jak np. w Norwegii). Obszerny także dział to wyrób tubek wszelkiego rodzaju, ważny zwłaszcza w przemyśle kosmetycznym i farmaceutycznym.

Przemysł budowlany i dekoracje wnętrz wyzyskały oczywiście natychmiast duże możliwości stopów lekkich. Możliwość wykonania tanich profili prasowanych o choćby najbardziej skomplikowanych kształtach, skuteczność ochrony przeciwko wpływowi atmosferycznym i łatwości barwienia czynią lekkie stopy idealnym materiałem dekoracyjnym. Zagranicą coraz więcej spotyka się fasad budynków i sklepów wykonanych, względnie ozdobionych lekkimi stopami. Najlepszy przegląd różnych zastosowań w tym kierunku dała zeszłoroczna Światowa Wystawa w Paryżu (rys. 37 — pawilon szwajcarski całkowicie lekkostopowy, rys. 38 — wieże z rur aluminiowych jako dekoracja mostu Aleksandra III). Ostatnio użyto także z wynikiem dodatnim specjalne stopy lekkie do krycia dachów.



Rys. 38. Dekoracja mostu Aleksandra III. w Paryżu z rur aluminiowych.

Coraz więcej zastosowań spotyka się także w drobnych przedmiotach użytkowych. Wymienię dla przykładu: ekwipunek wojskowy (pontony saperskie, tornistry, menażki, przyrządy różne itp.) i sportowy (wszelkiego rodzaju okucia, np. nart, butów, sań, sprzęt sportów wodnych, sportu

łowieckiego, wędkarskiego i in., nawet podkowy koni wyścigowych). Przemysł fotograficzny i kinowy (aparaty, statywy itp.), medycyna (ortopedia, chirurgia, dentystryka), gospodarstwo domowe (naczynia kuchenne, nakrycia stołowe, narzędzia ogrodnicze), meblarstwo, przemysł radiowy, poźarnictwo (drabiny, hełmy), zdobnictwo artystyczne — to dalsze przykłady rozległych możliwości użycia lekkich stopów walcowniczych.

Ostatnio w Berlinie pokazano całe łożysko kulowe, wykonane ze specjalnego stopu lekkiego. Ciekawe będą wyniki praktyczne tej próby.

Zakończenie tego pobieżnego przeglądu zastrzeżeń, wspomnę o dużych korzyściach użycia lekkich stopów w turystyce wysokogórskiej i wyprawach polarnych. Na wystawie paryskiej, w pawilonie sowieckim, pokazano namiot i sprzęt użyty przez wyprawę polarną prof. Schmidta. Wszystkie sprzęty były wykonane z duralowych rur (podparcia namiotów, stół, łóżka, kuchenka itp.), wzgl. z aluminium (naczynia). Podobnie francuska wyprawa transgrendlandzka (1936) użyła sprzętu lekkostopowego, zwłaszcza sań. Także ostatnie wyprawy w Himalaje korzystały z tej możliwości zmniejszenia ciężaru bagażu.

Jak z powyższego wynika, zastosowania lekkich stopów objęły wszystkie już niemal dziedziny przemysłu i życia codziennego. Przeszkodą jedyną w dalszym ich — bezprzykładnym poza tym — rozwoju jest wysoka jeszcze cena. Można by wprowadzić udowodnić, że przy uwzględnieniu ciężaru właściwego różnowartościowych metali ciężkich cena się wyrównuje, jednak nie wszyscy użytkownicy biorą to pod uwagę.

Śmiało można twierdzić, że dalsze zdobycze w uproszczeniu metod hutniczego wyrobu aluminium i magnezu, które by obniżyły ich cenę, ugruntują już ostatecznie nową „erę aluminową“.

M o l i b d e n

(Minerały, złoża, przeróbka kruszców, metalurgia, zastosowania przemysłowe, produkcja i ceny *)

Światowa produkcja molibdenu od r. 1900 do lat ostatnich. — Ceny molibdenu, jego związków i kruszców na rynku światowym. — Wnioski ogólne dla warunków polskich, dyskusja możliwości występowania molibdenitu w Masywie Wotyńskim na tle jego budowy geologicznej; ważność tego zagadnienia, wobec zapotrzebowania molibdenu w przemyśle, zwłaszcza w hutnictwie stali; rentowność eksploataowanych złóż; konieczność dokładnego zbadania Masywu Wotyńskiego, wobec możliwości odkrycia innych jeszcze złóż kruszczowych.

VIII. Rozwój światowej produkcji molibdenu

DZIEWIĘĆDZIESIĄT procent produkcji molibdenu zużywa hutnictwo żelaza, to też zapotrzebowanie molibdenu do fabrykacji stali jest decydującym czynnikiem rozwoju światowej produkcji molibdenu. Molibden jest metalem dwudziestego stulecia, gdyż próby zastosowania molibdenu jako dodatku do stali szlachet-

VI. Zakończenie

Na zakończenie parę słów o stanie tego problemu u nas. Materiału wyjściowego, t. j. aluminium, nie ma, bo nie ma huty. Dlaczego — tego nikt nie wie, bo nie ma chyba w Polsce inżyniera, któryby zaprzeczył potrzebie takiej huty. Ale to sprawa inna.

Wyraabiać lekkie stopy walcownicze potrafimy, i to nie gorzej niż zagranicą, — najwyżej może być tu pytanie o ilość. A ilość ta zależy tylko od konsumentów.

Konsumentów w Polsce — oczywiście poza lotnictwem — nie ma. Nasze kolejnictwo do tego zagadnienia jeszcze nie przystąpiło, obojętnie dla czego — inne przemysły są może jeszcze zanadto zajęte własną rozbudową, by mogły myśleć o nowych materiałach, które wymagają przecież i licznych prób i nowych rozwiązań, a poza tym nikt ich do tego nie namawia. I tak stwarza się błędne koło. Huty nie buduje się, bo rzekomo to się na nasze zapotrzebowanie nie opłaca, a zapotrzebowanie wzrasta żółwim krokiem, bo nie ma huty i przez to naturalnego propagatora zastosowań aluminiowych.

Dlatego wydaje się, że przede wszystkim potrzeba propagandy użycia stopów lekkich, które i tak dziś już swoimi własnościami przewyższają wszystkie inne metale, a może to przyspieszy decyzję wybudowania tak bardzo dla nas potrzebnej huty aluminium oraz pozwoli na szersze zrealizowanie zaczętych prac nad polskim magnezem.

Progrès réalisés récemment dans la fabrication et application des alliages légers de laminage

Sommaire:

(suite et fin)

Propriétés des alliages légers. — Leurs propriétés mécaniques en comparaison avec celles de l'acier; leur résistance à la traction, résistance à la fatigue, résistance spécifique, résistance par rapport à la forme. — Moyens d'augmentation des propriétés mécaniques. — Corrosion des alliages légers et moyens préventifs; alliages résistants à la corrosion. — Enduits en plaqué; leur avantages et inconvénients. Soudabilité des alliages légers. — Applications industrielles des alliages légers.

Dr inż. A. Drath

Wykładowca i st. asyst. Zakładu Geologii Stosowanej Akademii Górniczej w Krakowie

*) Dokończenie do str. 216/23 w zesz. 7/8 i str. 283/89 w zesz. 10 z r. b.

molibden. W roku 1907, pomimo niskich cen molibdenu, nie było właściwie zapotrzebowania na większe ilości tego metalu. W latach 1911 — 12 Stany Zjednoczone zużywały tylko około 2 t ferromolibdenu miesięcznie, a np. Niemcy w ogóle nie stosowały przed wojną molibdenu do fabrykacji stali.

Pomimo pierwszych niezachęcających wyników szereg towarzystw przemysłowych, głównie w Stanach Zjednoczonych, pracowało nad ulepszeniem sposobu odbudowy górniczej i przeróbki kruszcu molibdenowego (molibdenit był jednym z pierwszych kruszców, do których zastosowano wzbogacanie metodą flotacji) i nad wytwarzaniem metalicznego molibdenu i ferromolibdenu, które byłyby pozbawione szkodliwych dla stali domieszek. Stale prowadzone badania laboratoryjne nad stopami molibdenu pozwoliły wybrać najodpowiedniejszy sposób obróbki termicznej stali molibdenowych.

Stany Zjednoczone nie posiadają właściwie własnych zasobów naturalnych wolframu; to też stwierdzenie faktu, że molibden może w zupełności zastąpić wolfram, jako dodatek do stali szybko tnących, zwróciło w początkach wielkiej wojny (gdy zapotrzebowanie na stale szybko tnące gwałtownie wzrosło) uwagę przemysłu hutniczego w Stanach Zjednoczonych na złoża molibdenu.

W czasie wielkiej wojny zapotrzebowanie molibdenu gwałtownie rośnie we wszystkich krajach posiadających silny przemysł hutniczy, co pociąga za sobą wzrost produkcji molibdenu. Na pierwsze miejsce wybijają się Stany Zjednoczone, których produkcja wzrasta bardzo szybko: z 82,4 t molibdenu w r. 1915 — na 390,8 t molibdenu w r. 1918. W czasie wojny na drugim miejscu w produkcji molibdenu utrzymuje się Australia, wytwarzająca rocznie około 100 t, i Kanada, produkująca zbliżone ilości molibdenu. Czwarte miejsce w światowej produkcji molibdenu zatrzymuje Norwegia, produkująca około 80 t molibdenu rocznie. Szereg innych państw, jak Boliwia, Chiny, Japonia, Meksyk, Peru, Hiszpania i Szwecja, zaczyna także eksploatować swe złoża molibdenu i zaopatrywać rynek światowy.

Bezspośrednio po wojnie takie ilości molibdenu nagromadziły się na rynku światowym, że cena jego spadła, eksploatacja złóż molibdenitowych przestała się opłacać i większość kopalń molibdenu uległa zamknięciu.

W r. 1921 światowa produkcja molibdenu osiąga swe minimum — 8,6 t, podczas gdy jeszcze w r. 1918 wynosiła — 725,9 t. Po tym najniższym punkcie kryzysu molibdenowego produkcja zaczyna stopniowo wzrastać i już w roku 1926 przewyższa maksymalną produkcję z czasów wojny, osiągając cyfrę 761,9 t. W roku 1929 stale rosnąca produkcja światowa molibdenu dochodzi prawie do 2000 t. Ogólny światowy kryzys osłabił znacznie tempo wzrostu produkcji molibdenu, produkcja ta spada nawet w latach 1930 i 1931, a w roku 1932 obniża się do 1293 t. Za to ostatnie lata przynoszą znowu bardzo gwałtowny wzrost produkcji molibdenu, w roku 1935 bowiem produkcja ta przekracza już 6000 t, zaś w roku 1937 dojdzie prawdopodobnie do 10000 t, w związku z ogólnym wyścigiem zbrojeń.

TABELA I.
Produkcja molibdenu.
Cyfry podają zawartość metalu w tonach (w koncentratkach).

	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	
Afryka (Marokko francuskie)																						
Ameryka	98,2	145,4	272,6	509,0	169,6	17,1	2,0			139,4	530,5	626,5	974,0	1544,7	1831,9	1696,0	1429,0	1111,0	2620,0	4697,0	5858,0	
Boliwia	6,5	5,2	20,1																			
Chile		0,8	89,9	102,9	30,9																	
Kanada	8,0	42,5		14,0	1,0	0,3	2,0			5,0	7,7	5,4			6,3							
Meksyk				14,0	1,0	0,3																
Peru	1,3	3,1	3,8	1,3	2,5	1,0																
Stany Zjednoczone	82,4	93,8	158,8	390,8	135,2	15,8				134,4	522,8	621,1	974,0	1544,7	1825,6	1696,0	1421,0	1103,0	2574,0	4225,0	5165,0	
Australia	70,8	74,2	94,4	105,1	95,5	35,5	5,0	9,5	28,9	2,85	22,7	22,1	0,4	0,9			1,5	3,0	6,0	3,0		
Azja																						
Chiny		24,2	73,7	1,1		5,0						19,9					11,0	21,0	50,0	50,0		
Japonia		2,7	2,4	?		5,0						19,9					11,0	21,0	50,0	50,0		
Europa	77,5	100,1	102,4	110,0		30,9			20,8	42,6	72,0	73,0	79,3	115,5	154,5	154,0	103,0	158,0	248,0	146,0		
Hiszpania	5,2	26,7				30,4																
Norwegia	72,3	73,1	82,1	84,9					20,8	42,6	72,0	69,8	79,3	115,5	154,5	154,0	103,0	158,0	248,0	146,0		
Szwecja		0,3	20,3	25,1		0,5						3,2										
Inne kraje	?	?	?	?	?	4,1	3,6	3,2	?	?	?	20,4	8,6	23,1	?	?	?	?	?	?	?	
Produkcja światowa	246,5	343,9	543,1	725,2	265,1	92,6	10,6	12,7	49,7	210,5	625,2	761,9	1062,3	1684,2	1986,4	1850,0	1546,5	1293,7	2983,0	4972,0	5858,0	

IX. Kształtowanie się cen molibdenu

Głównym przemysłowym kruszcem molibdenu jest molibdenit, który sprzedaje się jako koncentrat o zawartości ponad 75% MoS_2 . Cena koncentratu zależna jest od jego procentowości, jakości i ilości zanieczyszczeń. W koncentraty molibdenitu znajdują się zwykle pewne domieszki innych metali, takich jak bizmut, wolfram, cyna, fosfor, arsen i miedź. Usunięcie miedzi nawet przy zawartości kilku procent nie nasuwa trudności, lecz zawartość ta nie powinna przekraczać 0,5%. Zawartość zaś bizmutu, wolframu, arsenu i fosforu nie powinna być wyższa niż 0,1%.

Wulfenit sprzedaje się w postaci koncentratów o zawartości około 25% MoO_3 , lecz jako kruszec molibdenu obecnie zniknął on zupełnie z rynku, wyparty przez tanie, wysokoprocetowe koncentraty molibdenitu.

Najmniejsza zawartość molibdenu w kruszcu surowym na kopalniach molibdenitu, obecnie eksploatowanych, wynosi około 0,21% Mo, gdyż taką zawartość posiadają kopalnie norweskie (oczywiście ta minimalna zawartość zależy od szeregu różnych czynników). Odnośnie do wulfenitu należy zaznaczyć, że w czasie wojny eksploatowano w Austrii złoża nawet o zawartości 0,12% MoO_3 .

Ceny molibdenu w pierwszych latach jego przemysłowej produkcji były stosunkowo wysokie. Cena 1 kg metalu czystego wynosiła w Niemczech w 1860 r. 600 — 700 mk., w r. 1880 — 500 mk., zaś w r. 1900 — 1902 cena ta spadła do 85 mk. Za jeden kg molibdenu zawarty w koncentracji molibdenitowej, zawierającym 95% MoS_2 płacono w r. 1907 w Niemczech 4 — 6 mk., w r. 1910 już 10 mk.

W czasie wojny produkcja i cena molibdenu znacznie wzrosły. W Niemczech najwyższą cenę za molibdenit płacono w r. 1919, mianowicie za jeden kg molibdenu w koncentracji molibdenitowej — 100 mk. Aby Niemcom odciąć możliwość sprowadzania molibdenu z Norwegii, Anglia zakupiła całą produkcję kopalń norweskich, aż do czasu zawarcia pokoju, płacąc 2400 £ za 1 tonę koncentratu molibdenitu, tj. 80 mk. niem. za 1 kg molibdenu w koncentracji. Wielka Brytania ustaliła w czasie wojny cenę za 1 t koncentratu molibdenitowego (96 — 98% MoS_2), wyprodukowanego w swych dominjach (Australia, Kanada) na 514 £, tj. 17,6 mk. niem. za 1 kg molibdenu w koncentracji.

Cena ferromolibdenu w Niemczech w latach 1910 — 1914 wynosiła średnio 14 mk. za 1 kg molibdenu zawartego w 40 — 60%-owym ferromolibdenie. Cena w czasie wojny gwałtownie rosła i w r. 1918 doszła do 100 mk. za 1 kg, zaś po r. 1924 ustaliła się mniej więcej na poziomie przedwojennym, tj. 12 — 14 mk.

Cena 1 kg kwasu molibdenowego (MoO_3) chemicznie czystego wynosiła w 1924 r. 12 mk., zaś cena 1 kg molibdenianu amonu pro analizie w tym samym czasie wahała się od 10 — 11 mk. Ceny za drut molibdenowy i blachę są bardzo wysokie; w r. 1924 za 1 kg drutu molibdenowego o średnicy 0,5 mm płacono 130 mk., zaś za drut o średnicy 0,05 mm — 675 mk. Za 1 kg blachy molibdenowej w r. 1925 płacono 250 mk.

W Stanach Zjednoczonych od r. 1932 do r. 1935 ceny molibdenu utrzymywały się mniej więcej na jednakowym poziomie; ceny te wynosiły (po przeliczeniu dolarów po kursie obecnym 5,30 zł.):

1 kg molibdenu (chemicznie czystego)	104	zł.
1 „ „ 97-%owego	52	„
1 „ „ w koncentracji MoS_2 (o zaw. 75 — 85% MoS_2)	8,70	„
1 „ „ w molibdenianie wapnia	9,95	„
1 „ „ w ferromolibdenie (50—60% Mo)	11,70	„
1 „ molibdenitu w koncentracji (75 — 85% MoS_2)	5,26	„

Ponieważ Stany Zjedn. produkują osiemdziesiąt kilka procent światowej produkcji molibdenu i dyktują cenę molibdenu na rynkach międzynarodowych, więc obniżenie kursu dolara w r. 1933 było automatycznym obniżeniem ceny molibdenu o 40%. Oczywiście obniżenie ceny molibdenu wpłynęło decydująco na wzrost jego zapotrzebowania przez państwa posiadające silnie rozwinięty przemysł hutnictwa żelaznego.

Cena ferromolibdenu w Polsce w r. 1937 wahała się około 14 zł. za 1 kg molibdenu zawartego w tym ferromolibdenie.

X. Wnioski

Powyższy przegląd występowania molibdenu, przeróbki kruszców, metalurgii i zastosowania w przemyśle oraz prześledzenie rozwoju światowej produkcji i kształtowania się cen molibdenu pozwala na wyciągnięcie pewnych wniosków. Wnioski te mogą być pomocne przy poszukiwaniu złóż molibdenitu na Wołyniu i pozwalają ocenić ważność znalezienia tego minerału w Polsce.

Wprawdzie prawie wszystkie znane obecnie złoża molibdenitu występują nie tylko w skałach kwaśnych, lecz także i w ścisłym genetycznym związku z tymi kwaśnymi skałami, to jednak znane są także nieliczne wypadki występowania drobnych ilości molibdenu w skałach zasadowych. Teoretycznie więc istnieje możliwość koncentrowania się tych drobnych ilości molibdenu w pozostałościach magmatycznych po wykrystalizowaniu skał zasadowych. W wypadku występowania molibdenitu w gabrze kamieniołomu w Jasnogórcie na Wołyniu możnaby więc wiązać pochodzenie molibdenitu z pozostałościami magmatycznymi po wykrystalizowaniu gabra. Rozstrzygnięcie tego problemu ważne jest ze względów nie tylko czysto naukowych, lecz także i praktycznych. Gdyby bowiem okazało się, że istotnie związek genetyczny pomiędzy gabrem a molibdenitem na terenie wsi Jasnogórka istnieje, to mogłoby to w wysokim stopniu ułatwić poszukiwania innych złóż molibdenitu na Wołyniu. Należałoby tylko szukać występowania gabra (stosując np. najlepiej nadające się do tego celu magnetyczne metody poszukiwań geofizycznych) i badania górniczo-geologiczne ograniczać tylko do gabra i jego najbliższego otoczenia. Sprawę nieco komplikuje to, że Małkowski wyróżnia obecnie na terenie Maszywo Wołyńskiego dwie, różne wiekowo, generacje gabra: gabra starsze (do którego należy właśnie gabra eksploatowane w kamieniołomie Jasnogórka) i gabra młodsze, będące jednym z ostatnich

przejawów działalności magmatycznej na tym terenie. A więc, gdyby nawet ten stosunek genetyczny pomiędzy gabrem a molibdenitem istotnie miał miejsce, to nie wszystkie występowania gabra na terenie Masywu Wołyńskiego mogłyby być uważane za obszary prawdopodobnego występowania molibdenitu, lecz tylko te punkty, w których występuje gabra starsze. Z drugiej strony jednak należałoby także uwzględnić możliwość, że — podobnie jak wśród światowych złóż molibdenitu — złoża związane z magmą zasadową należą do wyjątków, tak samo na terenie Masywu Wołyńskiego związek molibdenitu z gabrem może być wyjątkiem. Jak wynika bowiem z wyżej podanego opisu złóż, na obszarach Norwegii czy Kanady, które są może najbardziej podobne geologicznie do naszego Masywu Wołyńskiego, istnieje szereg różnych typów genetycznych złóż molibdenitu a więc jest prawdopodobne, że tak samo na terenie Wołynia mogą występować różne genetycznie typy złóż molibdenu.

Jak zaznaczono wyżej, molibdenit należy do minerałów na ogół stosunkowo późno osadzających się i mogących wskutek tego dosyć daleko wędrować od swego pierwotnego źródła (tj. od szczytów intruzyj skał wybuchowych, w których gromadzą się pozostałości magmatyczne). Z występowania molibdenitu na obszarze krystalicznego Masywu Wołyńskiego możnaby więc wnosić, że część tego Masywu, należąca do Polski, nie tylko nie uległa tak daleko posuniętej erozji, która by zniszczyła wszystkie złoża związane ze szczytami batolitów skał wybuchowych, lecz wprost przeciwnie erozja ta odpowiada prawdopodobnie jednemu z pierwszych stadiów erozji batolitu¹³ według Emmons'a (stadium akro-epi- czy embatolityczne). Niektórzy badacze^{31 31a 32 33} wyróżniają na należącej do Polski części krystalicznego Masywu Wołyńskiego zaplityzowane, zgranityzowane etc. przedkambryjskie skały osadowe. Do skał tych należy zaliczyć według Małkowskiego³³ tzw. aplity (mikrogranity), występujące w okolicy Klesowa i Jasnogórki, a także niektóre łupki krystaliczne. W aplitach tych, według Małkowskiego, można w pewnych odkrywkach bardzo wyraźnie obserwować megaskopowo pierwotne ich uwarstwienie, w innych zaś odkrywkach posiadają one wygląd typowych skał ogniowych i wówczas niczym nie różnią się od drobnoziarnistych granitów. W mikroskopie widoczne są otoczone ziarna kwarcu, mogące świadczyć o osadowym pochodzeniu tej skały.

Według Smulikowskiego⁴¹, zarówno uwarstwienie widoczne w tych aplitach, jak i obecność otoczonych ziarn kwarcu, nie są dostatecznym dowodem, przemawiającym za pierwotnie osadowym pochodzeniem tych skał; z drugiej strony jednak brak występowania w dotychczasowych odkrywkach przejść od skał wyraźnie osadowych do tych tak zwanych aplitów czy metapsamitów nie można uważać za dowód pierwotnie ogniowego pochodzenia tych skał. Brak tych przejść może być spowodowany całkowitą aplityzacją szczątków tych skał, obecnie występujących na terenie Masywu Wołyńskiego, albo, co jest bardziej prawdopodobne, niedostateczną ilością odkrywek na tym obszarze.

Występowanie w Masywie Wołyńskim skał osadowych starszych od skał wybuchowych, wydaje się także potwierdzać pogląd, że erozja tego obszaru nie była zbyt intensywna, gdyż skały osadowe typu tzw. aplitów, stanowiłyby „roof pendants“ — szczątki dawnego płaszczka skał osadowych, przykrywającego batolity. Stadium więc hypobatolityczne (charakteryzujące się całkowitym brakiem „roof pendants“ i zniszczeniem większych złóż metalicznych, które występują w wyższych partiach batolitu) nie zostałyby jeszcze osiągnięte — czyli istniałaby możliwość występowania także innych złóż metalicznych na obszarze krystalicznego Masywu Wołyńskiego.

Przy ocenie złóż molibdenitu występujących na Wołyniu należy uwzględnić, że rozprzeźnienie pionowe molibdenu w złożu jest zwykle nieznaczne, rzadko przekracza kilkadziesiąt metrów, a wypadki takie jak w złożu Climax, gdzie ta rozpiętość pionowa wynosi około 430 m, należą do wyjątków.

Podobnie też raczej nie należy się liczyć ze znalezieniem złoża o znacznych zapasach kruszców molibdenitowych, gdyż prawie wszystkie złoża molibdenu (z wyjątkiem Climax) są to złoża małe, które bardzo rzadko mogą gwarantować na długi przeciąg lat produkcję dochodzącą do 100 t koncentratu molibdenitowego (85% Mo) rocznie. Istnieje natomiast możliwość występowania na Wołyniu szeregu małych złóż molibdenitu.

Ważną cechą dodatnią złóż molibdenitowych jest niska stosunkowo zawartość molibdenu, wystarczająca do rentownej ich eksploatacji. W złożu Climax średnia zawartość molibdenu w kruszcu eksploatowanym wynosi 0,505%, zaś w złożu Knaben w Norwegii schodzi do 0,21%; niektórzy⁴³ podają nawet jako dolną granicę zawartości molibdenu w kruszcu nadającym się do rentownej eksploatacji 0,10% Mo. Oczywiście, wszystkie te cyfry należy brać pod uwagę ze znacznymi zastrzeżeniami, albowiem minimalna przemysłowa zawartość molibdenu w kruszcu zależy w pierwszym rzędzie od charakteru kruszcu molibdenowego (jego wzbogacalności), następnie od rynkowej ceny molibdenu, kosztów eksploatacji, przeróbki i wielu innych czynników. Te czynniki nie tylko w poszczególnym złożu, lecz na każdej niemal kopalni molibdenitu, mogą być inne, dosyć wspomnieć z przytoczonych wyżej przykładów, że np. odpady odrzucane jako bezwartościowe na kopalni R i S w Nowym Meksyku zawierają średnio 0,408% molibdenu i rentowne wzbogacanie tych odpadów jest w obecnym stanie techniki przerobczej niemożliwe. Natomiast średnia zawartość kruszców molibdenitowych eksploatowanych na kopalni Knaben w Norwegii waha się od 0,21 — 0,25% molibdenu, a więc jest prawie o połowę mniejsza od średniej zawartości odpadów kopalni R i S.

Przytoczone powyżej dane o bardzo szerokim i stale rosnącym zapotrzebowaniu molibdenu w przemyśle, tak pokojowym jak i wojennym, a wykazujące ważność posiadania krajowych złóż molibdenu dla planowej gospodarki narodowej, powinny być impulsem do szczegółowego zbadania tego tak ciekawego, a geologicznie tak stosunkowo mało znanego odcinka Polski, jakim jest krysta-

liczny Masyw Wołyński, w którym obecność molibdenitu, po raz pierwszy na ziemiach Polski, została stwierdzona przeze mnie. Małkowski w jednym ze swych sprawozdań na posiedzeniu Państwowego Instytutu Geologicznego^{31a} podkreśla możliwość występowania na obszarze Masywu Wołyńskiego wysokoprocenowych rud żelaznych (magnetytu), tak potrzebnych naszemu przemysłowi hutnictwa żelaznego. Jaskólski¹⁹ jedynie na terenie tegoż Masywu przypuszcza istnienie złóż rud tytanowych, posiadających duże znaczenie dla współczesnej metalurgii. Ostatnio znalezione występowanie molibdenitu w powiecie sarneńskim stwierdza już niedwuznacznie, iż skały krystaliczne Masywu Wołyńskiego, uważane dotychczas za pierwszorzędny materiał kamieniarski, a po zwierzeniu dostarczające ważnego surowca ceramicznego, jakim jest kaolin, istotnie kryją w sobie znacznie cenniejsze i ekonomicznie ważniejsze od granitów czy kaolinu, złoża kruszców.

Jak najwszechstronniejsze i najdokładniejsze zbadanie krystalicznego Masywu Wołyńskiego wydaje się więc być koniecznością chwili. Nie stać nas na to, aby — w obecnym czasie mobilizacji wszelkich zasobów minerałów użytecznych — niezbadane dotychczas złoża metaliczne Masywu Wołyńskiego tkwiły dalej w ziemi niewyżyskane, jak biblijne talenty.

Literatura

- ¹ Azerbaev, E. N. (Problem of Talgar molybdenum). *Razwedka Nedr* 6, (8) 1936. Streszczenie w *Ann. Bibl. of Econ. Geol.* IX. 1937.
- ² Berg, G. Vorkommen und Geochemie der mineralischen Rohstoffe. Lipsk, 1929.
- ³ Blondel, F. Le molybdène. Les ressources minerales de la France d'outre-mer. Paryż 1934.
- ⁴ Bohdanowicz, K. XVI Międzynarodowy Kongres Geologiczny w Waszyngtonie. Przegląd Górniczo-Hutniczy, Katowice, 1934.
- ⁵ Bohdanowicz, K. Geologia porównawcza. *Przegl. Gór.-Hut.* 1936.
- ⁶ Brandes, W. Die Rolle des Stahlmetalles Molybdän im Mineralreich. *Z. f. prakt. Geologie*, 1931.
- ⁷ Bruce, E. L. Mineral deposits of the Canadian Shield. Toronto, 1933.
- ⁸ Butler, B. S. i Vanderwilt, J. W. The Climax molybdenum deposit of Colorado. *Colorado Scientific Society Proceedings*, 1931.
- ⁹ Carman, J. B. Milling methods at the Questa concentrator of The Molybdenum Corporation of America, Questa, New Mexico. *Inf. Circ. U. S. Bureau of Mines*, 6551, 1932.
- ¹⁰ Dammer, B. i Tietze, O. Die nutzbaren Mineralien. Stuttgart, 1927.
- ¹¹ Drath, A. Występowanie molibdenitu w powiecie sarneńskim na Wołyniu. *Hutnik*, 1937.
- ¹² Efimenko, I. M. (Molybdenite skarn rocks of Central Asia). *Razwedka Nedr* 6. (19). 1936. Streszczenie w *Ann. Bibl. of Econ. Geol.* IX. 1937.
- ¹³ Emmons, W. H. On the mechanism of the deposition of certain metalliferous lode systems associated with granitic batholiths. *Ore deposits of the Western States*. New York, 1933.
- ¹⁴ Furness, J. W. Molybdenum. *Minerals Yearbook* 1936. U. S. Bureau of Mines, 1936.
- ¹⁵ Heim, A. The molybdenum mine at Azegour, Morocco. *Economic Geology*, 1934.
- ¹⁶ Hentze, E. Die Versorgung der Welt mit Molybdän, Vanadium und Wolfram. *Z. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuss. Staate*, 1931.
- ¹⁷ Hess, F. L. Cobalt, molybdenum etc. in. 1919. *Mineral Resources of the United States 1919*. Cz. I, 1921.
- ¹⁸ Hess, F. L. Molybdenum. *Minerals Yearbook* 1932-3. U. S. Bureau of Mines, 1933.
- ¹⁹ Jaskólski, S. O złożach rud tytanowych i o możliwości znalezienia ich w Polsce. *Hutnik*, 1937.
- ²⁰ Kharashvili, G. I. (Karobi deposit of molybdenite in Gruzia). *Razwedka Nedr* 6 (11), 1936.
- ²¹ Khrustchov, N. Deposits of molybdenum in USSR. Streszczenie w *Abstracts of papers, International XVII Geological Congress*, 1937.
- ²² Kissock, A. Molybdenum: its mining, milling and uses. *Mining and Metallurgy*, 1933.
- ²³ Koenigsberger, J. Molybdänglanz im Aaregranit. *Centralblatt für Mineralogie etc.* 1914.
- ²⁴ Korolev, A. V. Genesis of the Almalyk deposit and of the other deposits of disseminated copper and molybdenum ores. Streszcz. w *Abstracts of papers, International XVII Geological Congress*, 1937.
- ²⁵ Krusch, P. Über die Stellung des Gelbbleierzses (Wulfenits) in der Reihe der Leiterze im Lichte der im Kriege geschaffenen Aufschlüsse. *Z. f. d. Berg-, Hütten, u. Salinenwesen im preuss. Staate*, 1918.
- ²⁶ Krusch, P. Die Untersuchung und Bewertung von Erzlagerstätten. Stuttgart, 1920.
- ²⁷ Kuźniar, C. Uralidy w Europie Środkowej i Północnej. *Sprawozdania P. I. G.*, I, 1920 — 1922.
- ²⁸ Larsen, E. S. i Ross, C. S. The R and S molybdenum mine. Taos County, New Mexico. *Economic Geology*, 1920.
- ²⁹ De Launay, L. *Traité de Metallogénie. Gites minéraux et métallifères*. Paris, 1913.
- ³⁰ Lindgren, W. *Mineral Deposits*. New York, 1933.
- ³¹ Małkowski, St. O budowie geologicznej północno-zachodniego naroża masywu krystalicznego Wołyńsko-Ukraińskiego. *Sprawozdania P. I. G.*, IV, 1927.
- ^{31a} Małkowski, St. Sposzrżenia przygodne, dokonane w r. 1931. *Posiedzenia naukowe P. I. G.*, Nr. 31.
- ³² Małkowski, St. Sprawozdanie z badań geologicznych wykonanych na Wołyniu w r. 1935-ym. *Posiedzenia naukowe P. I. G.*, Nr. 45.
- ³³ Małkowski, St. On the analogy between some Polish and Fennoscandian rocks. *C. R. de la Soc. géologique de Finlande*, No. IX, 1936.
- ³⁴ Mayer, E. W. i Schranz H. *Flotation*. Lipsk, 1931.
- ³⁵ Newhouse, W. H. The source of vanadium, molybdenum, tungsten and chromium in oxidized lead deposits. *American Mineralogist*, 1934.
- ³⁶ Obruczew, W. A. *Geologija Sibiri*. Leningrad, 1934.
- ^{36a} Phillips, W. H. *Molybdenum. Modern uses of nonferrous metals*. 1935.
- ³⁷ Pokorny, E. *Molybdän. Halle (Saale)*, 1927.
- ³⁸ Rastall, R. H. *Molybdenum ores*. Londyn, 1922.
- ³⁹ Schaller, W. T. Notiz über Powellit und Molybdit. (tłomaczenie B. Gossnera). *Z. f. Krystallographie etc.* 1907.
- ⁴⁰ Schendrei, G. F. The tungsten-molybdenum veins of Bjełorezk in the Altai. *West Siberia Geol. and Prosp. Trust, Vestnik* 3, Tomsk, 1934, streszcz. *Ann. Bibl. of Econ. Geol.*, IX, 1936.
- ⁴¹ Smulikowski, K. Sienit z Klesowa i jego granitowa osłona. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, VII, 1930 — 1931.
- ⁴² Switalskij, N. I. *Kurs rudnych miastorożdenij*. Leningrad, 1933.
- ⁴³ Syrokomskij, W. C. *Redkije elementy. (Mineralnyje resursy Urała)*, Swerdłowski, 1934.
- ⁴⁴ Tokarski, J. Beiträge zur Petrographie des Slucz und Horyń-Gebietes in Polen. *Miner. u. Petrogr. Mitteilungen*, 1929.
- ⁴⁵ Vanderwilt, J. W. Geology of molybdenite deposits at Climax, Colorado and of other deposits producing molybdenite. *Preprint. Am. Inst. of Min. and Metallurg. Eng.*, 1932.

- ⁴⁶ Walker, T. L. Report on the molybdenum deposits of Canada. Can. Dept. of Mines, 1911.
⁴⁷ Żukowski - Wołyński, A. M. Molibden jego primjeningenije, rudy, добыча i obogaszczeniije. Irkuck, 1917.

Molybdène, ses minerais, gisements, métallurgie, applications industrielles, production et prix

Sommaire: (suite et fin)

Production mondiale du molybdène à partir de l'année 1900 jusqu'à 1937. — Prix du molybdène, de ses combinaisons

et de ses minerais sur le marché mondial. — Conclusions. — Possibilités de l'existence du molybdénite en Pologne (Massif de Volhynie), vu la structure géologique du terrain en question. — Importance de ce problème, étant donné l'application de ce métal dans la sidérurgie; rentabilité de l'exploitation des gisements du molybdène. — Nécessité de l'exploration du Massif Volhynien, vu la possibilité d'y trouver des gisements d'autres minerais.

Przemysł krajowy a rynek żeglugowy

Inż. A. Grodziński, SIMP
Ekspert Bureau Veritas, Gdynia

W OSTATNICH czasach przemysł krajowy coraz częściej napotyka zagadnienia produkcji materiałów, półfabrykatów i wyrobów gotowych do budowy lub naprawy, wzgl. zaopatrywania okrętów. Budowa Stoczni Marynarki Wojennej oraz zamierzone ożywienie i rozwinięcie działalności Stoczni Gdynińskiej, S. A., wysuwa te zagadnienia na miejsce czołowe. Zajmując się od szeregu lat techniczną obsługą morską, pozwalam sobie podać czytelnikom *Przeglądu Mechanicznego* garść uwag dotyczących przystosowania się naszego przemysłu do potrzeb rynku żeglugowego.

Pod nazwą rynek żeglugowy rozumiem cały kompleks bezpośrednich i pośrednich potrzeb żeglugi morskiej i śródlądowej, a więc wszystkie zapotrzebowania, poczynając od precyzyjnych soczewek do latarni morskich, a kończąc na rusztach i pogrzebaczach kotłowych. Rynek ten obejmuje nie tylko budowę okrętów oraz inwestycje dróg morskich, wzgl. żeglugi śródlądowej, lecz posiada bardzo okazały pod względem wartości zużytych przezeń towarów i robocizny dział remontowy oraz odnowienia inwentarza okrętowego.

Przemysłowi krajowemu już niejednokrotnie nadarzyły się okazje do wkroczenia na ten rynek i w całym szeregu wypadków można było zanotować nie tylko bardzo udane wykonanie zleceń, wchodzących w zakres jego normalnej produkcji, lecz i nie mniej udane rozwiązania nowych problemów i rozwinięcie nowej produkcji.

Tym bardziej przykro przyznać się do wrażenia, że przemysł nasz obecnie, po odrodzeniu Rzeczypospolitej, w obsłudze rodzimego rynku żeglugowego bierze mniej żywy udział, niż brał w obsłudze rynku żeglugowego państw zaborczych przed wojną światową i w jej toku. Wrażenie to prawdopodobnie podzielają koledzy moi równieśnicy i młodsze pokolenie inżynierów stoczniowych, czynne od kilku lat przed wojną.

Przyczyn tego ze wszech miar niepożądanego stanu rzeczy jest dużo, a najważniejszymi z nich są:

- 1) brak szeroko pomyślanego i konsekwentnie wprowadzanego w życie programu morskiego;
- 2) zanik prywatnego (średniego) przemysłu fabrycznego;
- 3) postępujące zbiurokratyzowanie znacznej części przedsiębiorstw przemysłowych.

Nie wchodzi to moje zamiary roztrząsanie w niniejszym artykule wyliczonych przyczyn, natomiast z naciskiem podkreślam wielką wagę, jaką one posiadają.

Jak wspomniałem na wstępie, rynek żeglugowy jest bardzo obszerny. Obejmuje on — oprócz zadań pewnego programu budowy floty wojennej i handlowej — bardzo rozległe roboty remontowe, do których zaliczamy naprawy statków po awariach, naprawy okresowe oraz odnowienie inwentarza.

Obsługa remontów awaryjnych samych tylko polskich statków handlowych sięga kwoty ok. 1,5 miliona złotych rocznie. Razem z kosztami remontów okresowych i zaopatrzenia stanowi to kwotę, którą nie może pogardzić najbogatszy koncern. A poza tym pozostaje do podboju rynek szczególnie dla nas ważny — z punktu widzenia walutowego — statki obce.

W sprawie obszernego rynku marynarki wojennej dużo już mówiono ze strony kompetentnej. Należy się spodziewać, że jako dostawca materiałów i półfabrykatów przemysł nasz zajmie tu stanowisko bezwzględnie monopolistyczne, zaś wymagania obronności stopniowo doprowadzą go do takiego samego stanowiska także w pozostałych działach budowy okrętów wojennych.

Mając ten rynek zabezpieczony dla siebie ponieważ automatycznie, co ma czynić przemysł dla opanowania pozostałym rynkiem żeglugowym? Pomijam akcję handlowo - akwizycyjną, a przechodzę do bardziej interesującej nas strony techniczno - organizacyjnej.

Otóż, jak powiedziano wyżej, przemysł nasz nie jest bynajmniej nowincjuszem w obsłudze żeglugi. Przystosowanie się jego do warunków i potrzeb rynku żeglugowego jest w pewnej mierze nawrotem do zapomnianej jakby tradycji. Chodziłoby przede wszystkim o oswojenie się z myślą o konieczności stosowania nieco odmiennych metod obliczeniowych i konstrukcyjnych w budowie maszyn i produkcji półwyrobów oraz ostrzejszych przepisów technicznych przy produkcji, wzgl. badaniu materiałów. Nie oznacza to jednak istnienia jakiegokolwiek zasadniczej różnicy technologicznej pomiędzy technicznymi warunkami odbioru maszyn i tworzyw morskich w porównaniu do lądowych, albo pomiędzy metodami badania pierwszych a drugich.

Drugim warunkiem jest wolne od skostniałych formułek rozwiązywanie każdego nowego zadania. W budownictwie i naprawie okrętów właściwie trwałe są tylko zasady maksymalnego bezpieczeństwa i minimalnych kosztów. Tak naprz. zasada seryjności wykonania w przemyśle okrętowym bywa stosowana tylko ze znaczną rezerwą, do niewielkiej liczby jednakowych, wzgl. podobnych do

siebie elementów konstrukcyjnych, bardzo rzadko — do kompletnych jednostek.

Trzeci warunek wykracza poniekąd poza ramy techniczne: jest nim potrzeba szczególnie dokładnej kalkulacji. Odbiorca wymaga nie tylko wysokiej jakości towaru, lecz i bardzo „konkurencyjnych“ cen. W tej płaszczyźnie — i jedynie w niej — leżą istotne trudności przemysłu i źródło ewentualnych bardzo dotkliwych strat (a zarazem niektórych dotychczasowych niepowodzeń).

Poza tym trzeba się liczyć z pewną cechą żegluga morskiej — dążeniem do jak najdalej idącego skrócenia czasu postoju statków w porcie, której przeciwstawia się naogół niepewność terminów ponownych wizyt. Gdy powstaje pewna potrzeba — powinna ona być zaspokojona niezwłocznie. Tylko w nieznacznej liczbie wypadków — na liniach regularnych — możliwe jest zamawianie pewnych przedmiotów lub materiałów z góry. W przeważającej liczbie wypadków powstanie potrzeby jest nieprzewidziane. Wobec tego przemysł ciężki, jak również przetwórczy, powinien stopniowo nawrócić do produkcji na zapas i dojść do stworzenia w Gdyni składów konsygnacyjnych głównych materiałów i półwyrobów do budowy i zaopatrzenia okrętów i maszyn.

Powracając do ściśle technicznych zadań przemysłu wobec rynku żeglugowego, należy zaznaczyć, iż w dziedzinie wytwarzania materiałów i półwyrobów (przynajmniej ich większości) nie zachodzi potrzeba przeszkolenia personelu, lecz tylko wdrożenia do nieco ostrzejszych wymagań rynku żeglugowego w porównaniu do większości dziedzin rynku lądowego. Nieco głębsze poczynania, jak dobór fachowo przygotowanego i rutynowanego personelu oraz przeszkolenie istniejącego okazały się potrzebne w dziedzinie projektowania i budowy maszyn i aparatów. Pewną trudność może stanowić w ciągu pierwszych 15 — 20 lat brak materiału archiwalnego.

Jednak, w granicach potrzeb żegluga handlowej, a częściowo i wojennej, przemysł nasz znajdzie zarówno w dziedzinie zagadnień konstrukcyjnych, jak i w kwestjach badania materiałów, półfabrykatów i wyrobów gotowych, do prób zdawczo-odbiorczych włącznie, niezawodną pomoc i oparcie w T-wach klasyfikacyjnych, rozporządzających przeszło stuletnim zbiorowym doświadczeniem technicznym prawie 6-ciu pokoleń. Organizacje te mają na celu przeprowadzanie ścisłego nadzoru nad wykonaniem zamówień, jak naprz. budową okrętów lub maszyn, badaniem materiałów i półwyrobów, wzgl. wyrobów na miejscu fabrykacji. Poza tym T-wa klasyfikacyjne, nadzorując budowę danego okrętu lub maszyny, sprawują: kontrolę materiałów i półfabrykatów, kontrolę wykonania wszystkich robót i — co jest bardzo istotne — badają i zatwierdzają wszystkie rysunki zasadniczego znaczenia. Stojąc obiema nogami w bieżącej rzeczywistości przemysłu okrętowego, T-wa te mają możliwość natychmiastowego badania i obiektywnej oceny nowych poczynąń technicznych w świetle własnego obszernego doświadczenia. Doświadczenie to znalazło wyraz w wydawanych przez każde T-wo jego przepisach, two-

rzących jakby kodeks techniczny (corpus doctrinae), a ciągle odnawianych i uzupełnianych. Przepisy te są dostępne dla wszystkich zainteresowanych i w znacznej mierze ułatwiają pracę konstruktorowi okrętowemu jak również producentom. Ponieważ techniczne warunki odbioru tworzyw są we wszystkich krajach bardzo do siebie zbliżone, tym bardziej w dziedzinie par excellence międzynarodowej, jaką jest żegluga, sprzeczności lub rozbieżności w warunkach technicznych poszczególnych T-w nie ma, istnieją tylko różnice nie zasadnicze. To znaczy, że przemysł może dostosować się do technicznych przepisów każdego z tych towarzystw z jednakową łatwością. Ponieważ statki, zawijające do Gdyni i stanowiące ewentualną klientelę naszego przemysłu, są klasyfikowane w najrozmaitszych rejestrach, to byłoby zupełnie błędnym postępowaniem przystosowywanie się przemysłu do wymagań jednego tylko któregośkolwiek T-wa klasyfikacyjnego. Tym bardziej każda Stocznia powinna posiadać dostateczną znajomość regulaminów, przynajmniej najważniejszych T-w. Jednym z pierwszych zadań przemysłu naszego na drodze przystosowania się do rozwoju przemysłu okrętowego jest zapoznanie się z przepisami technicznymi oraz nawiązanie stosunków i utrzymanie ciągłej styczności z Towarzystwami klasyfikacyjnymi. Pewne posunięcia w tym kierunku były już poczynione, naprz. celem uznania przez Lloyd's Register elektrod „Jotem“; bardziej ścisła styczność zdawała się istnieć pomiędzy naszym przemysłem a Bureau Veritas w związku z działalnością tego ostatniego przy odbiorze i badaniach materiałów z upoważnienia Ministerstwa Komunikacji.

Usługi Towarzystw klasyfikacyjnych nie są bezpłatne, jednak koszty te nie są tak znaczne, jak się wydaje; przeciętnie są one niższe od kosztów nadzoru prywatnego i urzędowego. Zarzut, że pieniądze krajowy tą drogą ucieka do kieszeni zagranicznej, jest słuszny; ma on swoje uzasadnienie jedynie w dotychczasowej praktyce czynników decydujących, które — widocznie — miały powody, ażeby pomimo istnienia T-wa, zarejestrowanego w Polsce, płacącego podatki i świadczenia socjalne, zatrudniającego wyłącznie polski personel, uprzywilejować swoimi zleceniami Towarzystwo nierejestrowane. O ile chodzi o T-wo rejestrowane w Polsce i korzystające z usług polskich ekspertów, to odpływ gotówki zagranicę wynosi prawdopodobnie nie więcej niż 15 — 20% całkowitych kosztów usług takiego T-wa. Z drugiej strony, wyzyskanie w bezpośrednich stosunkach cudzego doświadczenia, a poza tym propaganda naszych wyrobów w drodze ich uznania przez Towarzystwa klasyfikacyjne mają swoją wagę, nieraz może znacznie większą, niż zapłacone honorarium.

Zresztą kwestja kosztów usług T-w klasyfikacyjnych w obecnym stanie rzeczy nie jest sprawą decydującą. Koszta te stanowią w przybliżeniu kilka promille kosztów eksploatacyjnych taboru pływającego. Wobec tego dopiero rozrost polskiej floty handlowej stworzy takie warunki, że bezwzględna suma tych kosztów osiągnie wartość, wystarczającą do utrzymania odpowiedniego aparatu technicznego. Dopiero wtedy

można będzie poważnie mówić o stworzeniu własnego „rejstru”. Właśnie dopiero wtedy — gdyż dopiero wtedy dojrzeje narybek techniczny, który podejmie pracę ekspertów klasyfikacyjnych. Praca ta bardziej niż jakakolwiek inna działalność techniczna, oparta jest raczej na doświadczeniu i praktycznej znajomości życia oraz pracy okrętu, niż na przygotowaniu teoretycznym. Przepisy są tak zwężone i wchodzące w rachubę operacje tak mało złożone, że na pozór mogłyby być stosowane przez każdego technika. W rzeczywistości zaś są to formuły, których rozwiązanie wymaga wyznaczenia pewnych współczynników, określonych tylko na podstawie obszernego doświadczenia praktycznego. Jeżeli rozważymy cały ogrom odpowiedzialności eksperta, orzekającego co do bezpieczeństwa życia ludzkiego i olbrzymiego majątku, to łatwo przekonamy się, że obok gruntownego przygotowania naukowego konieczne jest także gruntowne i długoletnie przygotowanie praktyczne, w pracy samodzielnej i odpowiedzialnej. Dlatego też najlepszych swoich ekspertów rekrutują T-wa klasyfikacyjne spośród starszych i zasłużonych inżynierów okrętowych i stoczniowych. A i najcięższe siły teoretyczne i biurokratyczne (bo i te ostatnie są potrzebne) przeszły wieloletni staż praktyczny*).

Niezależnie od tego, w jaki sposób zostanie rozwiązana kwestia rejestracji statków polskich, spra-

*) Nie mogę się zgodzić z koncepcjami kolegów inż. Potyrały (Nr. 9 *Przeгляdu Technicznego* z r. ub.) i inż. W. Gierdziejewskiego (*Wiadomości Stowarzyszenia Techników Okrętowych Polskich* Nr. 11, 1937 r.), którzy różnymi drogami zdążają do wspólnego celu: utworzenia i uświęcenia w drodze urzędowej wpływu jednego któregośkolwiek T-wa klasyfikacyjnego. Próba w tym kierunku już była jeden raz czyniona — i... zapomniana albo zaniechana. Należy dążyć do unarodowienia ekspertów i wychowania w ten sposób personelu przyszłego własnego rejestru. Reszta powinna być pozostawiona swobodnej grze współzawodnictwa technicznego i przyzwyczajeniom klientów. Rzeczywistość wykazuje, że porty polskie goszczą statki, rejestrowane conajmniej w 8 rejestrach. W polskiej flocie handlowej są zainteresowane dwa rejestry — Bureau Veritas i Lloyd's Register. Gdyby nawet przypuścić, że ten stan rzeczy ulegnie zmianie w stosunku do statków polskich, to nie można liczyć, że przemysłowi wystarczy zastosowanie się do tego jednego — rzekomo — rejestru: obce statki będą wymagały obsługi według przepisów rejestrów, do których należą.

Inicjatywa utworzenia własnego rejestru powinna powstać w kołach armatorów i asekuratorów: tylko na tej drodze może nastąpić prawdziwe międzynarodowe uznanie nowego rejestru.

wa współpracy przemysłu z T-wami klasyfikacyjnymi nie stanowi trudności.

W rezultacie można uznać za stwierdzone, że przystosowanie tzw. zaplecza przemysłowego do rynku żeglugowego nie powinno nastęrczać szczególnych trudności. Zdaniem autora, zdobycie własnego rynku żeglugowego oraz wstęp na rynek międzynarodowy wymaga w pierwszym rzędzie wysiłku psychicznego: 1) nawrotu do własnych, zapomnianych tradycji, 2) energicznego i niezwłocznego wyzyskania nasuwających się możliwości, choćby nawet małych. Znaczyłoby to, innymi słowy, wskrzeszenie przedsiębiorczości prywatnej. Pewne oznaki przenoszenia się przemysłu na wybrzeże już możemy zanotować, są to jednak stosunkowo rzadkie wypadki, niedostateczne, ażeby obsłużyć chociaż by tylko część potrzeb naszych przedsiębiorstw żeglugowych.

Obsługa rynku żeglugowego jest bardzo popłatna, ale jednocześnie bardzo trudna. Wymaga ona inicjatywy, szybkości decyzji i skrupulatnej dokładności. Jak czas postoju statku w porcie obliczany jest do ułamków godziny, tak i zaspokojenie jego potrzeb powinno odbywać się w ciągu godzin, a nie dni lub tygodni. Przy najlepszej woli naszych armatorów, przedsiębiorstwa ich nie mogą uniknąć zaopatrzenia okrętów w wyroby zagraniczne, względnie krajowe, nabyte u obcego sprzedawcy, gdyż przemysł krajowy dotychczas nie może ich szybko obsłużyć. Z góry, na zapas i z długimi terminami dostawy można zamawiać tylko nieznaczny kontyngent towarów małowartościowych.

Zadanie nie jest łatwe, raczej żmudne i niepokające, ale... wyniki są pewne, mogą być osiągnięte kosztem małym, a w walce o rzeczy wielkie, — o prestige gospodarczy i polityczny, o ekspansję i posiadłości zamorskie — okażą się atutem bodaj najsilniejszym.

Zaniedbaliliśmy własne tradycje, znaczną część własnego doświadczenia, świetne okazje do propagandy krajowych wyrobów, do szkolenia narybku technicznego. Niechże pocieszające obudzenie się w szerokich warstwach technicznych zainteresowania się sprawami techniki morskiej, a tym bardziej godne uznania — przystosowanie się niektórych przedsiębiorstw do produkcji dla żeglugi, pozwolą żywić nadzieję, iż przemysł krajowy uwielokrotni swe wysiłki, ażeby powetować stracony czas!

PRZEGLĄD CZASOPISM TECHNICZNYCH

CZĘŚCI MASZYN

Połączenia wciskowe o zwiększonej trwałości

Złączenia wciskane, stosowane bardzo często do łączenia różnych części maszyn, wymagają wielkiej staranności wykonania, zwłaszcza jeśli do przeniesienia siły nie używa się żadnych dodatkowych środków, jak np. kliny, śruby itp. Tego rodzaju połączenia stosuje się np. w składanych wałach korbowych maszyn tłokowych, gdzie wprawosuje się czopy w otwory wykonane w ramionach korb.

Przy dużych wałach silników okrętowych znane są, zwłaszcza po dłuższym okresie pracy, wypadki obluźowania się takich połączeń.

Prof. P. Mayer z Delft (Holandia) opracował niedawno ulepszoną metodę wykonywania połączeń wciskowych. Polega ona na wprowadzeniu między obie powierzchnie bardzo drobnego proszku karborundowego. Sposób ten, który na pierwszy rzut oka wygląda na „monterski”, oparty jest jedna na szczegółowych badaniach zagadnienia. W toku tych badań okazało się, że gładkość obróbki części składanych ma niewielki tylko wpływ na współ-

czynnik tarcia między powierzchniami tych części; mieści się on w granicach 0,2 — 0,3. Współczynnik tarcia badano na specjalnej maszynie przy dużych naciskach jednostkowych. Dodatek proszku karborundowego podwyższył współczynnik tarcia do około 0,65, dając tym samym znaczne zwiększenie trwałości połączenia. Szereg prób na zmęczenie, podczas których obciążano zmiennymi momentami do 10 000 000 razy połączenia wykonane z dodatkiem proszku karborundowego, wykazał zupełną pewność tych połączeń. Otrzymano np. pęknięcie zmęczeniowe wału, jednak bez najmniejszego obłuzowania pierścienia osadzonego na tym wale przy użyciu proszku karborundowego. (*Motorship*, czerwiec 1938, str. 104).

J. B.

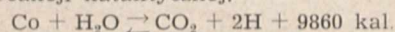
ENERGETYKA

Przenikanie ciepła przy przepływie burzliwym cieczy lepkich

Autor opisuje swe badania, wykonane na dwóch gatunkach oleju o bardzo różniącej się lepkości, mające na celu sprawdzenie dokładności formuł stosowanych do obliczania przenikania ciepła w gazach, parze wodnej i wodzie. Omówiwszy znaczenie i wartości liczb Reynoldsa, Péclet'a, Prandtla i Nusselta, autor stwierdza, iż przenoszenie ciepła w cieczach lepkich jest o wiele lepsze niż to wynika ze znanych wzorów, skąd wynikałaby możliwość zmniejszenia wymiarów wymienników ciepła. W końcu autor wskazuje zastosowanie wzoru Prandtla przy wprowadzeniu poprawki, w postaci pewnego współczynnika. (W. B ü h n e, *Wärme*, 26 lutego 1938 r., str. 162/65.).

Odrutowanie gazu świetlnego

Autor opisuje stan obecny badań nad usuwaniem CO z gazu świetlnego, po czym omawia urządzenie do odrutowania gazu, wykonane w gazowni w Hameln (Niemcy *)), oparte na reakcji katalitycznej.



Po zanalizowaniu sprawności cieplnej tego procesu oraz bilansu cieplnego urządzenia oraz wydajności koksu, smoły i benzolu, autor reasumuje zalety tego rodzaju instalacji. (A. A n t o n i, *Génie Civil*, 5 lutego 1938 r., str. 128 — 130).

LOTNICTWO

Polski samolot komunikacyjny

Państwowe Zakłady Lotnicze — Wytwórnia Płatowców zbudowały samolot komunikacyjny, przechodzący obecnie próby w locie. Samolot ten, nazwany „Wichrem“, mieści 14 pasażerów i 4 osoby obsługi, w tym 2 pilotów i radio-mechanik; prócz tego zabiera 500 kg bagażu.

„Wicher“ jest konstrukcją całkowicie metalowej, o pokryciu z alcladu (dural platerowany, niestety nie wytwarzany na razie w kraju). Zaopatrzone jest w dwa silniki Wright Cyclone, o łącznej mocy 1700 KM, ze śmigłami metalowymi o skoku samoczynnie nastawnym w locie. Podwozie — naturalnie chowane. Ciężar całkowity: 9 000 kg; ciężar ładunku 4 160 kg; rozpiętość skrzydeł 28,8 m; powierzchnia skrzydeł: 75 m²; długość 18,45 m. Samolot zaopatrzone jest w no-

woczesne urządzenia nawigacyjne, lodochrony itp. Kabina jest izolowana dźwiękowo, ogrzewana i wentylowana.

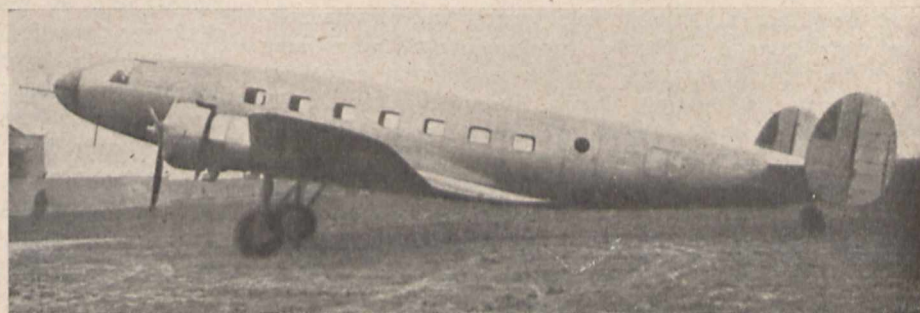
Wyczyny „Wichra“ mają być lepsze niż Douglasa DC2; szybkość maksymalna: 380 km/godz., przelotowa 325 km/godz., pułap 6500 m.

s.

METALOZNAWSTWO

Ceramika metalurgiczna — spiekanie pyłów

Elektrody wolframowo-miedziowe do spawania punktowego wykonywano, sprasowując wolfram w pręt, spiekając go tak, by był porowaty, a następnie wyżarzano w atmosferze wodoru w piecu z płynną miedzią. Rozszerzające się pory ssaly miedź i w ten sposób powstawał stop o dużej odporności na wysokie temperatury i o dużym przewodnictwie. Mieszając tlenki miedzi z tlenkami cyny i grafitem, wytwarzano w atmosferze wodoru proszki o ok. 35% objętościowo grafitu. Spiekanie takiego proszku dawało porowaty t. zw. samosmarujący brąz. Ze względu na straty metalu na nadlewy brąz spiekany mógłby konkurować z odlewami. Metodę ceramiczną przeniesiono na inne metale. Wypalając pył wolframowy, taki sam jak do wyrobu drutów żarówkowych (por. *Przeł. Mech.* 4 (1938) Nr. 4, str. 105), z drobnym węglem o dużej czystości w 1500° C, wytwarza się węgiel WC. Pył kobaltowy wytwarza się przez redukcję wodorem sproszkowanego tlenku kobaltu. Oba rodzaje pyłu (3 — 13% Co) miesza się i miele w młynach kulowych, przy czym oba składniki stają się magnetyczne i magnesem nie można Co wydzielić. Spiekanie odbywa się tak, jak w przypadku wolframu (l. cit.). Spiekanie odbywa się najczęściej w dwu operacjach, z których druga ma na celu nadanie dokładnego wymiaru i odbywa się w 1350 — 1500° C, — tym wyżej, im mniej Co. Spiekanie kobaltem polega na rozpuszczaniu się WC w Co i utworzeniu płynnej fazy, cementującej z sobą całą masę. Gdy kobalt osiągnie zawartość ok. 20% cięż., przestaje tworzyć błony na granicach ziarn, a staje się widoczny jako składnik, zmieniając własności spieku. Fe i Ni mogą zastąpić Co, jednak ze stratą na jakości wytworu. Oprócz węglików wolframu, wytrzymały próbę węgliki tantalu i tytanu, najlepiej równocześnie w WC. Druty wolframowe średnicy 0,025 mm wykazują granicę sprężystości 420 kg/mm², a wytrzymałość 4 200 kg/mm², a że przy tym mają mały współczynnik rozszerzalności, nadają się do pracy na gorąco. Tantal zawdzięcza swoje zastosowanie dużej ciągliwości i ogniotrwałości. Trzeci metal wytwarzany drogą ceramiki — molibden, jako tańszy,



Samolot komunikacyjny „Wicher“.

a zastępujący W, znajduje coraz więcej zastosowań. Wytrzymałość spiekanych węglików wynosi: na rozciąganie

*) Patrz *Przeł. Mech.* 1937 r., zes. 13/14, str. 490.

140 — 210 kg/mm² (stali szybkoctnącej 280 kg/mm²), a na ściskanie 420 — 560 kg/mm². (*Metal Progress*, 1938 (t. 33), zes. 2, str. 157/62.).

K. K.

Żeliwa nowego rodzaju obrobione cieplnie i walcowane

Pierwszy etap rozwoju polegał na wyrobieniu żeliwa o wytrzymałości powyżej 28 kg/mm² aż do ok. 50 kg/mm² bez uciekania się do dodatków stopowych. Takie żeliwo ma twardość Brinnela rzędu 300 kg/mm², tak że za wyższe własności wytrzymałościowe trzeba płacić gorszą obrabialnością. Dalszym postępowaniem było podniesienie wytrzymałości żeliwa przez hartowanie od 870° C w oleju i odpuszczanie w ok. 425° C. Hartowanie żeliwa o zawartości ponad 2% Si i węgla powyżej 3% daje mniejsze korzyści, bo najwyżej 10%-wy wzrost wytrzymałości. Niektóre rodzaje żeliwa są za twarde po odlewaniu, a wyżarzanie poniżej 700° C obniża ich twardość do 240 kg/mm², umożliwiając obróbkę. Zbyt długotrwała obróbka cieplna w wysokich temperaturach powoduje rozkład cementytu i grubienie grafitu, czemu przeciwdziałają dodatki chromu. Żeliwo z chromem tworzy cementyt kulkowy podczas wyżarzania, a dzięki temu staje się ciągliwe i wytrzymałe, obok dobrej odporności na ścieranie i obrabialności. Ze względu na dużą zawartość krzemu żeliwo ma wyższą temperaturę przemiany i trzeba je ogrzewać przed hartowaniem do ok. 870° C. Nie wielkie ochłodzenie powierzchni podczas wyjmowania z pieca nie pozwala osiągnąć jej wyższej twardości, jakkolwiek rdzeń jest po hartowaniu twardy. Obecność grafitu otwiera tlenowi drogę w głąb żeliwa, umożliwiając silne odwęglenie. Żeliwo zwiększa objętość podczas hartowania, ale wstępne wyżarzanie w 730° C może temu częściowo zapobiec.

Białe żeliwo zmiekczone, szybko ochłodzone po wydzieleniu węgla żarzenia, posiada osnowę perlityczną. Proces grafityzacji musi być ukończony, jeżeli żeliwo nie ma być kruche, naskutek obecności cementytu wolnego, a perlit powinien powstać tylko przez przemianę austenitu bez wydzielenia cementytu nadeutektoidalnego. Powstaje zatem rodzaj stali, zawierającej węgiel żarzenia. Żeliwo zmiekczone o 4% Mn i 2% Cu przybiera po zahartowaniu czysto austenityczną budowę osnowy. Takie nowoczesne żeliwo zmiekczone wykazuje wytrzymałość 35 kg/mm², gdy jest ferrytyczne — do 84 kg/mm².

Odlewanie potrzebnych do specjalnych celów płyt kwadratowych 1200 mm o grubości 8 — 12,5 mm do wytworzenia żeliwa zmiekczonego nie udawało się, gdyż kruche odlewy pękały podczas krzepnięcia nawet w suchych formach piaskowych. Nieliczne udane odlewy pękały podczas zmiekczenia. Powzięto wtedy myśl walcowania żeliwa zmiekczonego w blachy, a równocześnie wykonania prób z białym żeliwem. Zrazu walcownie odmówiły współpracy, dopiero gdy Gunit Foundries Corp. Rockford, Ill. zobowiązała się pokryć koszt zespołu walcowni na wypadek uszkodzenia, uzyskano możliwość wykonania prób. Pierwsze próby nie dały wyników, żeliwo pękało. Dopiero gdy zmieniono temperatury walcowania, stopień zwalcowania i szybkości walców, osiągnięto zamierzone wyniki. (Autor szczegółów fabrykacji nie podaje). Autor stwierdza, że białe żeliwo można po walcowaniu zmiekczać, jakkolwiek grafityzacja zachodzi podczas walcowania, i to znacznie szybciej niż podczas zmiekczenia normalnego. Budowa żeliwa zmiekczonego, lub perlitycznego zmiekczonego, różni się po walcowaniu tylko wydłużonym kształtem węgla żarzenia od budowy od-

lewu. Żeliwo ma uderzające podobieństwo do żelaza zgrzebnego. Próby wykazały, że można walcować także szare żeliwo, jednak autor nie obiecuje stąd żadnych korzyści, zwłaszcza że walcowanie białego żeliwa jest łatwiejsze. (D. P. Forbes, *Met. Progress*, t. 33 (1938), zes. 2, str. 137/142.).

Kd.

ODLEWNICTWO

Topienie żeliwa w odlewni

Wybór pieca zależy nie tylko od kalkulacji jego pracy, lecz i od rodzaju żeliwa. O ile odlew handlowy kalkuluje się najtaniej z żeliwiaka, o tyle w drobnych partiach bierze górę tygiel, a żeliwo o dużej zawartości wysokotopliwych składników stopowych wymaga pieca martenowskiego lub elektrycznego. Autor podaje koszty topienia w odlewniach angielskich: żeliwiak — 12/17 szyl/t, tygły — 55/90 szyl/t, piec obrotowy węglowy 16/18 szyl/t, ropowy — 20/28 szyl/t, elektryczny — 50/60 szyl/t. W koksowym piecu tyglowym rozchód paliwa wynosi około 100% wsadu. Piece o niskoprężnym ciągu mają mały zgar, to też często przegrzewa się w tyglu żeliwo z żeliwiaka, dodając w tyglu dodatki stopowe. Tygiel wytrzymuje 20 — 35 wytopów, trwających 2 — 3 godziny. Dodawanie stali do żeliwa w tyglu sprzyja rozdrobnieniu grafitu, natomiast dodatki surówek stopowych pogrubia grafit. To też odlewnie tyglowe topią najczęściej żeliwo, które powinno skrzepnąć jako białe, a tuż przed odlewem dodają Fe — Si.

Piece obrotowe mają zazwyczaj długość 2½ do 3 razy większą od średnicy, buduje się je najczęściej z rekupektorami. Wyprawa ma zazwyczaj grubość 15 — 20% średnicy. Paliwem pieców obrotowych bywa ropa, gaz lub pył węglowy, a zużycie paliwa przy topieniu wsadu stałego wynosi 15 — 20% ciężaru wsadu. Węgiel długopłomienny gazowy można spalać z zimnym powietrzem w piecach bez rekuperacji. Temperatura płomienia dochodzi do 2000° C niezależnie od sortymentu węgla, jeżeli pył zawiera 75 — 85% cząstek, przechodzących przez sito o 35 oczkach na cm². Grubszy pył musi zawierać więcej części lotnych. Najlepsze wyniki daje węgiel o zawartości popiołu poniżej 6%. Przy opalaniu pyłem wilgotność trzeba obniżyć poza 2%. Wysoka temperatura i ciągły styk z żużłem wymagają specjalnej cegły, a kształt pieca każe unikać cegły dynasowej ze względu na dużą rozszerzalność cieplną. Cegła dobra daje 88% SiO₂, 8% Al₂O₃, 1% tlenków metali i 3% strat żarzenia. Ciężar właściwy wynosi 2,3. Wilgotność optymalna 6 — 8%. Wodę dodaje się do suchego materiału, po czym magazynuje się masę 3 — 4 dni okrytą dla uniknięcia zbytniego parowania. Pociętą masę wbudowuje się w piec, skrapiając każdą warstwę 50 min przed nałożeniem następnej, po czym suszy w ciągu kilku dni bez podgrzewania. Następnie suszy się masę gorącym powietrzem lub koksom kilka dni, a nawet tygodni. Spiecenie masy musi się odbyć powoli, szczególnie do 500° C, kiedy masa najsilniej się rozszerza. Reperację pieca można wykonać pomiędzy wytopami masą krzemionkową lub sproszkowanym materiałem ogniotrwałym, najlepiej jednak głębsze wyżarcie wyciąć i nałożyć nową masę. Dobrze suszona masa wytrzymuje 300 wytopów, jakkolwiek 200 wytopów trzeba uważać już za dobry wynik. Bardzo gorące wytopy, np. stali, niszczą wyprawę po 20 — 30 spustach.

W piecu obrotowym można z jednej kąpieli otrzymać żeliwo o różnym składzie, stosując dodatki stopniowo.

Nawęglac można stosownym koksem lub węglem preparowanym z wydajnością 40 — 50%. Materiały wsadowe mogą być dowolne ze względu na niemal obojętny charakter spalin. Omawiając charakter zgaru, autor podaje jako orientacyjne straty dla żeliwiaka 10% Si, 15—20% Mn i wzrost siarki o 20 — 40%, przy czym węgiel dąży do zawartości eutektycznej. W piecu obrotowym straty krzemu wynoszą 10 — 20%, manganu 10 — 15%, a węgla 7,5 — 20%, zależnie od nadmiaru powietrza. (*Foundry Trade Journ.*, 1938 r., zes. 1125, str. 219/21).

Praktyka żeliwiaka

Ulepszenia żeliwiaka zmierzały do usprawnienia spalania przez lepszy rozdział powietrza, podgrzewanie powietrza, dostarczanie powietrza wtórnego lub regulowanie ilości powietrza. Średnicę wewnętrzną obiera się przyjmując 0,8 — 1 kg topionego wsadu na cm² przekroju i godzinę. Wysokość dysz zależy od pracy odlewów i częstości spustów. W przypadku zastosowania zbiornika wysokość może być minimalna, a wtedy strefa najgorętsza jest b. blisko stopionego metalu i pozwala osiągnąć maksimum temperatury. Przy stosowaniu zbiornika wystarcza zazwyczaj umieścić dysze 300 mm od trzonu, bez zbiornika — 600 mm i więcej. Gdy przekrój dysz wynosi 1/3 przekroju żeliwiaka, osiąga się dobry przepływ powietrza z małym tarcieniem, a ciśnienie powinno zapewnić przeniknięcie powietrza do środka pieca. Wysokość wsadu nie powinna być większa niż ilość, którą można przepuścić przez piec w ciągu godziny, by nie stwarzać zbytnich oporów, a podgrzać wsad wystarczająco. Jako wyprawę zaleca autor cegły szamotowe grubości do 375 mm w żeliwiakach do \varnothing 1500 mm. Warstwa koksu powinna mieć grubość 150 — 200 mm, a metalu odpowiednio do rodzaju żeliwa powinno być wagowo 8 do 12 razy tyle. Nadmiar powietrza powinien wynosić 10 — 20%. Nadmiar powietrza utlenia żelazo i powoduje braki. Dobry dobór ilości powietrza pozwala osiągnąć 30 — 40% oszczędności koksu; skład spalin ilustruje poniższe zestawienie analiz (objętościowych):

Składnik	Żeliwiak normalny %	Żeliwiak zrównoważony %	Spalenie zupełne %
CO ₂	12,8	18,5	20,7
CO	8,9	1,4	0,0
O ₂	0,4	0,6	0,0
N ₂	77,9	79,5	79,3

(*Foundry Trade Journ.*, 1938 r., zes. 1119).

K.

SILNIKI SPALINOWE

Oszczędności na materiałach w budowie maszyn

Brak surowców w Niemczech oraz ograniczenia polityczno - dewizowe zmuszają do wprowadzenia jak najdalej idącej oszczędności materiałów w budowie maszyn. Na szeregu przykładów zaczerpniętych z dziedziny budowy silników spalinowych autor pokazuje, jak duże oszczędności osiągnięto w ostatnich czasach; np. obecnie waga silników w kg/KM jest znacznie mniejsza niż dawniej, niektóre części silników, dzięki ulepszonej konstrukcji, wykonywa się obecnie z powodzeniem ze stali zwykłej, gdy dawniej te same części wykonywano ze stali molibdenowo - chromowej, a mimo tego ulegały one częstym wypadkom pęknięcia. Coraz więcej znajdują zastosowania części prasowane z bakelitu. Duże oszczędności dają dokładniejsze odkucia oraz odlewy wytryskowe, zmniejszając ilość pracy wkładanej w obróbkę. (*Z. VDI*, 1937 r. zes. 52, str. 1481).

S. J.

TECHNIKA WARSZTATOWA

Nowości na Targach Lipskich

Z powodu braku niklu Niemcy stosują obecnie do kół zębatach, wałków, wrzecion zamiast stali chromowo-niklowej stal chromowo-molibdenową. Pod względem wytrzymałości, ciągliwości i odporności na ścieranie stal ta nie ustępuje chromowo-niklowej. Procent niklu w odlewach zredukowany jest do minimum, względnie całkiem wyeliminowany. Stalowe konstrukcje znajdują szerokie zastosowanie. Naxos-Union stosuje stalowe prowadnice hartowane i szlifowane, przymocowane do żeliwnego łoża. Prowadnice dopasowane są za pomocą listew stożkowych, do przeszlifowania mogą być zdejmowane. Łożyska ślizgowe wykonywa się często z brązu lanego w formie wirującej. Brąz ten posiada strukturę drobnoziarnistą, dużą wytrzymałość i odporność na ścieranie.

Robi się próby zastosowania do łożysk metali lekkich. Wszędzie, gdzie wymagana jest duża dokładność, stosowane są łożyska ślizgowe.

Napędy hydrauliczne znajdują jeszcze duże zastosowanie; przykłady: najmniejsza tokarka VDF, posuw w automatach specjalnych Boeringera, piły. Prawie wszystkie wystawione szlifierki i strugarki poprzeczne posiadały napęd hydrauliczny.

Duże korzyści dają napędy elektryczne z elektrycznym sterowaniem zarówno napędu głównego, jak i posuwów. Do posuwów stosuje się osobny silnik w wypadkach, gdy posuw nie jest uzależniony od ruchu wrzeciona, np. we frezarkach. Kołnierzone silniki są jeszcze w użyciu, po większej części jednak silniki umieszczone są na dole kadłubów. Zwrotny ruch osiąga się za pomocą silnika z dokładnością 0,02 — 0,03 mm, dla takich operacji, jak nacinanie gwintów, toczenie do odsadzenia. Konstrukcja silników zwrotnych została ulepszona, dopuszczalna ilość przełączeń jest znacznie większa, w jednym wypadku np. była 7000 na godzinę. Szerokie zastosowanie znajdują silniki z przełączalną ilością biegunów. W skrzynkach biegów stosuje się wyłącznie koła przesuwne. Firma Loe-we-Gesfürel zmieniła w swej tokarce w skrzynce przekładnię Nortona na koła przesuwne.

Napędy z regulacją bezstopniową znajdują szerokie zastosowanie. W małych szlifierkach i dużych strugarkach osiąga się bezstopniową zmianę szybkości za pomocą napędu elektrycznego o układzie Leonarda. Siemens-Schuckert buduje specjalne silniki trójfazowe do bezpośredniego napędu z bezstopniową zmianą liczby obrotów. Przy hamowaniu elektrycznym stosuje się prostowniki, by hamować za pomocą prądu stałego w celu uniknięcia ruszenia motoru w przeciwnym kierunku.

Kilka tokarek było z napędem PIV. W wiertarce Auerbacha wrzeciono napędzane jest przekładnią nowego typu, nadzwyczaj prostej konstrukcji, z paskiem klinowym. Elektryczne sterowanie zastosowane jest w rewolwerówce Pittlera do posuwu prętów za pomocą oddzielnego silnika; gdy tylko otwiera się lub zamyka powietrzny lub mechaniczny uchwyt do materiału prętowego, silnik mechanizmu do posuwu pręta zostaje włączony lub wyłączony.

Z tokarek interesującą jest tokarka firmy Nema-Neisse.

W automatycznych tokarkach Boeringera do śrutowania i wykańczania posuw hydrauliczny skutecznia się za pomocą 2-ch pomp w celu otrzymania równomiernego ruchu.

Małe tokarki MWF zaopatrzone były w przyrząd kalkulacyjny, który daje możliwość łatwego doboru szybkości wrzeciona w zależności od średnicy przedmiotu, materiału przedmiotu i materiału noża. Tokarka hydrauliczna

MWF posiada osobny silnik do regulacji z odległości skoku tłoczków pompy i liczby obrotów wrzeciona. W rewolwerówkach MWF obsługa wszystkich ruchów głowicy rewolwerowej, wraz z przełączaniem i ryglowaniem, odbywa się za pomocą tylko jednej dźwigni.

W prasie Pelsa zastosowane jest urządzenie bezpieczeństwa z komórką fotoelektryczną, automatycznie wyłączającą napęd, gdy tylko ręce robotnika znajdują się w niebezpiecznym dla nich miejscu. (*Machinery*, t. 51 (10 marca 1938 r.), str. 704 i nast.) S. J.

RÓŻNE

Zastosowanie komórki fotoelektrycznej w parku narodowym

W pobliżu Berlina znajduje się park narodowy Schorfheide, w którym znajduje się dużo cennych dzikich zwierząt. Cały park jest ogrodzony parkanem z siatki drucianej i przecina go dużo dróg publicznych; w celu zabezpieczenia się od ucieczki zwierząt, na drogach zainstalowane są komórki fotoelektryczne, połączone z syreną i silnymi reflektorami, na takiej wysokości, że każde zwierzę przy próbie ucieczki przecina promień światła skierowany do komórki i przestraszone rykiem syreny oraz światłem reflektora ucieka z powrotem. Przy przejeździe każdego pojazdu przez „grającą bramę“ oczywiście instalacja także zostaje uruchomiona; ponieważ syreny straszyłyby konie, przeto zainstalowano na bramach guziki wyłączające instalację na kilka minut, dla wygody jeźdźców i zaprzęgów konnych, zaś po przejeździe pojazdu instalacja zostaje automatycznie włączona. (Z. VDI, 1937 r. zesz. 46.) J.

KRONIKA

Stałe Targi Techniczne na Targach Wschodnich

Zarząd Targów Wschodnich postanowił, porozumieniu z organizacjami przemysłowymi i handlowymi, przystąpić do zorganizowania stałych Targów Technicznych, zaś patronat nad nimi złożył w ręce Naczelnej Organizacji Inżynierów. Targi Techniczne łączyć się będą z dorocznymi Targami Wschodnimi. W r. b. Targi te trwać będą od 3 do 13 września.

Myśl zorganizowania w Polsce dorocznych Targów Technicznych rzuciliśmy właśnie niedawno na naszych łamach (w sprawozdaniu z Targów Poznańskich), ograniczamy się więc obecnie do zanotowania jej nadchodzącej realizacji.

Otwarcie pierwszej w Polsce fabryki lanitalu

Dn. 15 maja r. b. odbyło się otwarcie i poświęcenie pierwszej w Polsce fabryki lanitalu p. f. „Polana“ w Pabianicach. Fabryka powstała własnym wysiłkiem sfer

przemysłowych Łodzi. Jej produkcja surowca zastępczego odciąży częściowo import wełny, za który płacimy zagranicy ok. 100 miln. zł. rocznie.

SPRAWY SIMP

Rozwój przyjacielskich stosunków pomiędzy SIMP a SFM

Société Française des Mécaniciens (SFM) nadało ostatnio godność członka honorowego swej organizacji p. inż. Andrzejowi Dowkontowi, dyrektorowi technicznemu Państwowych Wytwórni Uzbrojenia, Przewodniczącemu Komisji do Spraw Zagranicznych SIMP.

P. dyr. A. Dowkontt położył wielkie zasługi, prowadząc pionierską działalność nad wzajemnym poznaniem oraz współpracą przemysłów Francji i Polski, zwłaszcza w dziedzinie uzbrojeniowej, w którą to działalność włożył cały swój talent, wielką wiedzę i doświadczenie.

Owoce wieloletnich wysiłków p. dyr. A. Dowkontta na tym polu są powszechnie znane.

Dyr. A. Dowkontt był również inicjatorem zbliżenia pomiędzy SFM a SIMP i jemu przede wszystkim zawdzięczamy pomyślnie rozwijającą się współpracę obu organizacji.

Odnaczenie p. dyr. A. Dowkontta jest ze strony SFM uznaniem Jego zasług, a dla nas równocześnie dowodem, że nasi Koledzy francuscy — na równi z nami — doceniają doniosłość zbliżenia świata inżynierskiego naszych krajów.

Składając kol. dyr. A. Dowkonttowi na tym miejscu serdeczne gratulacje, wyrażamy jednocześnie radość, że przyjacielskie nasze stosunki z SFM zostały w tak szczególnie miły dla nas sposób pogłębione.

Równocześnie z wyborem p. dyr. A. Dowkontta na członka honorowego, SFM wybrało dwóch innych członków SIMP na członków korespondentów, mian. kolegów: prof. dr W. Moszyńskiego oraz inż. A. Stulgińskiego.

Wycieczka SIMP do Francji

Komisja Wycieczkowa SIMP przypomina wszystkim kolegom, że termin zgłaszania uczestnictwa na październikową wycieczkę do Francji upływa dn. 15 sierpnia b. r.

Na skutek nadchodzących zapytań Komisja podaje, że trasa wycieczki obejmie następujące miasta: wyjazd z Polski przez Zbąszyń, następnie Berlin, Kolonia, Leodium. We Francji: Maubeuge, Lille, Dunkierka, Paryż (7 dni), Impley, Creusot, Lyon, Saint-Charmond, Saint-Etienne, Belfort. Powrót — przez południowe Niemcy i Pragę.

Program, w porównaniu z uprzednio podanym, zostanie rozszerzony: m. in. na wytwórnię taboru kolejowego wielkie zakłady hydroelektryczne itp.

Komisja zwraca się jeszcze raz do zainteresowanych kolegów oraz do Sekcji fachowych o podawanie zakładów naukowych i przemysłowych, które ich szczególnie interesują, gdyż istnieje możliwość zwiedzenia tych wszystkich zakładów tym bardziej, że zwiedzanie fabryk zamierzone jest według zainteresowań poszczególnych grup fachowych, na które wycieczka może się podzielić.

Wszelkich informacji udziela Komisja Wycieczkowa oraz Sekretariat SIMP.

TREŚĆ:

Lepkość pary wodnej wilgotnej, nap. inż. R. Dobrowolski.

Najnowsze zdobycze wyrobu i stosowania lekkich stopów walcowniczych (dok.), nap. inż. J. Meier.

Molibden (minerały, złoża, przeróbka kruszców, metalurgia, zastosowania przemysłowe, produkcja i ceny) (dok.), nap. dr inż. A. Drath.

Przemysł krajowy a rynek żeglugowy, nap. inż. A. Grodziński.

Przegląd czasopism technicznych.

Kronika.

SOMMAIRE:

Viscosité de la vapeur d'eau saturée (à suivre), par M. R. Dobrowolski, ingénieur mécanicien.

Progrès réalisés récemment dans la fabrication et application des alliages légers de laminage (suite et fin), par M. J. Meier, ingénieur métallurgiste.

Molybdène, ses minerais, gisements, métallurgie, applications industrielles, production et prix (suite et fin), par M. A. Drath, dr. ès sc. techn., ingénieur.

L'industrie polonaise et le marché de navigation, par M. A. Grodziński, ingénieur mécanicien.

Revue documentaire.

Chronique.