

Badania kąpeli hartowniczych w związku z krzywą „S” Bain’a *)

Prof. dr inż. I. Feszczenko-Czopiński, SIMP i inż. met. J. Wilk (Huta Baildon)

Zakres badań; aparatura badawcza: do badania szybkości stygnięcia w różnych kąpielach hartowniczych oraz do badania przenikliwości magnetycznej; pomiar twardości. — Wpływ masy i powierzchni próbki na głębokość hartowania; wpływ temperatury hartowania. — Wpływ kąpeli: hartowanie w wodzie wodociągowej czystej i nasyconej solą kuchenną; wpływ temperatury kąpeli.

Badania własne

ROZWAŻAJĄC wykres Bain’a (krzywa S), dochodzimy do wniosku, że idealnym ośrodkiem hartowniczym byłaby taka kąpiel hartownicza, która posiadałaby maksymalną szybkość chłodzenia w zakresie łatwego rozpadu austenitu. Zwiększenie szybkości chłodzenia w górę od krytycznej szybkości stygnięcia zapewnia tworzywu stalowemu strukturę austenityczną, względnie martenzytyczną. A więc przy powyższej szybkości stygnięcia otrzymanoby tworzywo stalowe o optymalnej twardości.

Dalszą cechą idealnej kąpeli hartowniczej byłoby, by szybkość chłodzenia w okresie przemianienia się austenitu w martenzyt i po ukończeniu przemiany była minimalna, w celu umożliwienia tworzywu stalowemu uwolnienia się od naprężeń powstałych w czasie zmian dilatometrycznych i termicznych.

Uniwersalną kąpielą hartowniczą byłaby taka kąpiel, która—prócz wyżej wymienionych zalet—zezwałałaby na otrzymanie żądanej struktury bez uciekania się do hartowania na martenzyt, połączonego z następnym odpuszczaniem tworzywa stalowego. Zaletą takiej kąpeli byłoby otrzymanie struktury o cenniejszych własnościach mechanicznych, aniżeli w przypadku hartowania połączonego z odpuszczaniem, a mianowicie hartowanie takie zezwalałoby na uniknięcie rys hartowniczych.

Badaniom poddano kąpeli hartownicze o skrajnych własnościach ochładzających, jak woda, olej hartowniczy oraz kąpeli wodne z zawartością związków organicznych i nieorganicznych. Oprócz

powyższych kąpeli przeprowadzono badania nad kąpielami dwuwarstwowymi (woda na oleju).

Jako tworzywa do przeprowadzenia badania wpływu kąpeli hartowniczej na własności hartownicze stali wybrano dwie stale hut Baildon o następującym składzie chemicznym:

| Marka stali | C | Mn | Si | P | S |
|-------------|------|------|------|-------|-------|
| MFM | 0,47 | 0,82 | 0,3 | 0,041 | 0,038 |
| W 3 | 1,15 | 0,31 | 0,31 | 0,028 | 0,026 |

Stal tę przewalcowano na pręty o średnicy przekroju poprzecznego 32 mm, po czym wyżarzono je w temperaturze 700° przez 5 godzin. Z prętów tych wytoczono próbki w kształcie walca \varnothing 30 mm i $h = 50$ mm, wraz z otworem na termoparę. Otwór każdej próbki zakończono gwintem $1/2''$, celem wkręcenia obsady termopary. Tak przygotowane próbki ogrzewano w muflowym piecu elektrycznym do temperatury 800°, po czym hartowano opuszczając próbkę wraz z termoparą do kąpeli hartowniczej.

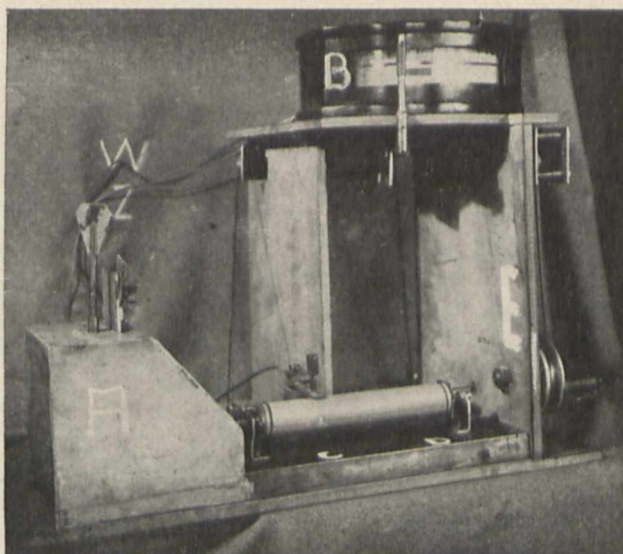
W czasie badania wyznaczono: a) przebieg szybkości stygnięcia w zależności od rodzaju i temperatury kąpeli hartowniczej; b) przenikliwość magnetyczną; c) twardość.

a) Szybkość stygnięcia.

Celem zbadania przebiegu stygnięcia w różnych kąpielach hartowniczych zbudowano aparat własnego systemu, rejestrujący spadek temperatury podczas hartowania, wraz z naczyniem na

ośrodek hartowniczy i mechanizmem do opuszczania próbki z termoparą do kąpeli hartowniczej.

Aparat rejestrujący temperaturę podczas hartowania widoczny jest na rys. 15. Składa się on z trzech zasadniczych części: A — mechanizm zegarowy, D — walec obrotowy wraz z papierem mili-

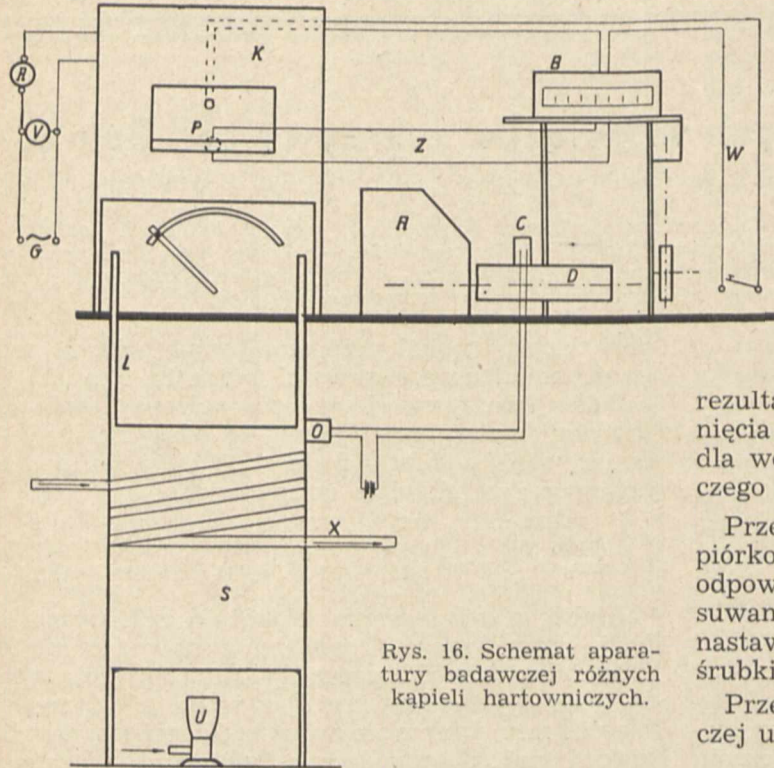


Rys. 15. Aparat rejestrujący temperaturę podczas hartowania.

*) Ciąg dalszy do str. 363/372 w zesz. 15/16 z r. b.

metrowym i przyrządem piszącym C oraz miliwoltomierz B.

Schemat połączeń aparatury urządzenia do hartowania przedstawiono na rys. 16, gdzie oznacza: K — muflowy piec elektryczny do ogrzewania próbek przed hartowaniem, S — naczynie z kąpielą hartowniczą, U — palnik do ogrzewania kąpeli, G — doprowadzenie prądu do pieca.



Rys. 16. Schemat aparatury badawczej różnych kąpeli hartowniczych.

Mechanizm zegarowy A skonstruowano z dwóch sprężyn tak, że czas obrotu wynosił 8 minut po jednorazowym nakręceniu. Wałek D, na którym rejestruje się spadek temperatury podczas stygnięcia próbki w kąpeli hartowniczej, połączono za pomocą sprzęgła z mechanizmem zegarowym. Średnicę walca oraz szybkość obrotu dobrano przy pomocy regulatora obrotów tak, że jeden obrót walca odpowiadał czasowi 50 sek, zaś droga, jaką wałek przebywa podczas tego obrotu, wynosiła 10 cm. Najistotniejszą częścią składową aparatury jest miliwoltomierz zwierciadlany B (systemu inż. Zubki) pionowy, przystosowany do termopary składającej się z drutu nichrom-alumel, o sile termoelektrycznej odpowiadającej 4,5 miliwolta na 100°C, wycechowany do 1100°C. Skala temperatur jest proporcjonalna, o rozpiętości 22 cm, tak że spadkowi temperatury o 100°C odpowiada 2 cm długości podziałki wycechowanej na miliwoltomierzu. Promienie krzywizny przeziernika dobrano przy pomocy ruchomych rygli w ten sposób, że powyższą skalę zachowano też na wykresie krzywej stygnięcia. Próbkę P wraz z termoparą połączono z miliwoltomierzem przy pomocy tych samych drutów, z których wykonano termoparę, wkładając je na złączeniu do drewnianych zacisków, a to z tych względów, aby uniknąć fałszywych wskazań temperatury.

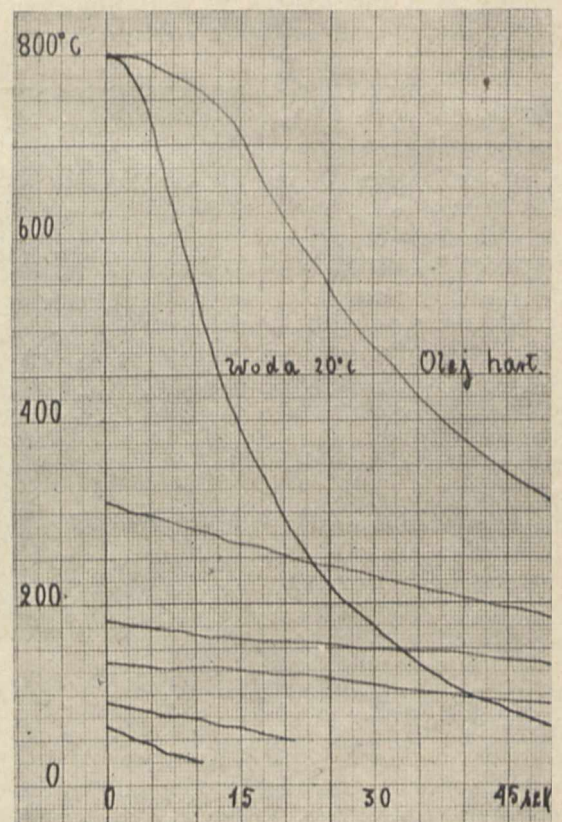
Spadek temperatury wskazywany przez miliwoltomierz rejestrowano na papierze milimetrowym w następujący sposób: przed miliwoltomierzem przymocowano ruchomą ramkę, na której

napięto drucik miedziany o średnicy 0,05 mm. Przed hartowaniem nastawiano nitkę miedzianą na temperaturę hartowania, t.j. 800°C, przez obrót kółka E (rys. 15). Z chwilą spadku temperatury po zanurzeniu próbki w kąpeli hartowniczej przesuwało ramkę z nitką równocześnie ze wskazówką miliwoltomierza, obserwując w zwierciadle pokrywanie się wskazówki z nitką podczas spadku temperatury. Ramkę z nitką przesuwało ręcznie przy pomocy mechanizmu E, składającego się z kółka z korbką oraz z przekładni w takim stosunku, że jednemu obrotowi kółka odpowiadał spadek temperatury 100°C.

Ramkę wraz z przeziernikiem połączono z przyrządem piszącym C za pomocą linki i łańcucha na kółko zębate, który to przyrząd wraz z ruchem ramki przesuwał się po papierze milimetrowym w kierunku osi walca. W ten sposób ruch w kierunku osi walca odpowiadał spadkowi temperatury, zaś obrót walca — czasowi stygnięcia, w rezultacie czego otrzymano krzywą przebiegu stygnięcia próbki w danej kąpeli hartowniczej, którą dla wody o temperaturze 20°C i oleju hartowniczego podano na rys. 17.

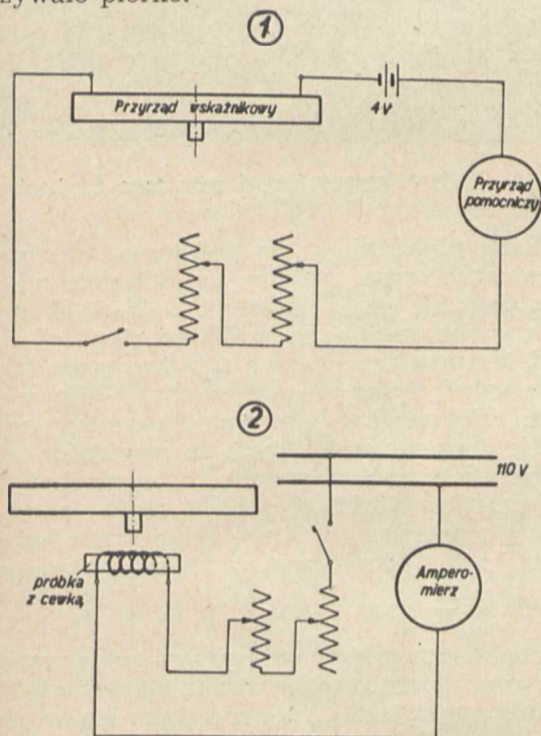
Przed każdorazowym hartowaniem nastawiano piórko na papierze milimetrowym w wysokości odpowiadającej temperaturze 800°C, przez przesuwanie po przewodnicy obsady z piórkiem. Tak nastawioną obsadę usztywniano z linką za pomocą śrubki.

Przed zanurzeniem próbki do kąpeli hartowniczej uruchamiano wałek przez zwolnienie zaczepu



Rys. 17. Krzywe stygnięcia próbki hartowanej, otrzymane na aparacie zastosowanym do badań.

dźwigni mechanizmu zegarowego. Mechanizm rejestrujący temperaturę zaczynał działać wówczas, gdy próbka dotykała kąpeli hartowniczej, dzięki następującemu urządzeniu: Na ramce *L* (rys. 16), przymocowanej do naczynia z kąpielą hartowniczą, napięto nitkę bawełnianą, którą połączono ze sprężyną kontaktu elektrycznego *O*. Kontakt ten połączono z elektromagnesem umieszczonym w przyrządzie rejestrującym *C*, w którego obwód włączono baterię akumulatorów. Z chwilą przepalenia nitki przez próbkę, opadającą wraz z termoparą po ramce ześlizgowej *L*, następowało zwarcie prądu w kontakcie, powodujące opuszczenie piórka na papier milimetrowy, dzięki podebraniu przez pole magnetyczne zasuwki, na której spoczywało piórko.



Rys. 18. Schemat przyrządu do badania przenikliwości magnetycznej.

Ze względu na niezbyt szybki spadek temperatury podczas hartowania próbki, masę próbki dobrano stosunkowo dość wielkich wymiarów, otrzymując tym samym dokładniejszy pomiar przebiegu stygnięcia. Do każdej badanej próbki, przed włożeniem jej do pieca, wkręcano osadę wraz z termoparą. Druty termopary, izolowane przez rurkę ognioodporną \varnothing 3 mm, włożono do rurki \varnothing 8 mm, wykonanej z blachy ognioodpornej o grubości 0,2 mm. Powyższą rurkę zakończono z jednej strony nakrętką, z drugiej zaś strony poprzeczką. Poprzeczkę po obu stronach zakończono rozchylnymi występami, umożliwiającymi łatwe i szybkie wprowadzenie gorącej próbki do kąpeli hartowniczej po ramce *L*.

Z uwagi na możliwość dostania się cieczy hartowniczej do wnętrza rurki podczas hartowania, a tym samym wskazania błędnego wyniku przebiegu krzywej stygnięcia, każdą rurkę uszczelniono sznurkiem azbestowym. Co do wychodzących drutów z termopary, to usztywniono je w osadzie za pomocą drewnianych zacisków, opuszczając spoinę termopary na dno otworu w próbce.

Ilość kąpeli hartowniczej w stosunku do masy ogrzanej próbki dobrano tak, że po każdorazowym hartowaniu temperatura kąpeli podnosiła się o ok. 3° C.

Dla utrzymania stałej temperatury kąpeli przed hartowaniem zastosowano w naczyniu hartowniczym chłodzenie wodne przy pomocy węzownicy *X* oraz — o ile było to potrzebne — ogrzewanie kąpeli palnikiem gazowym *U*. Próbkę wraz z termoparą włączono w obwód *Z* z miliwoltomierzem, nagrzewano w piecu elektrycznym do temp. 800° C, kontrolując na tym samym woltomierzu temperaturę pieca przez załączenie obwodu *W*.

b) Przenikliwość magnetyczna.

Pomiary przenikliwości magnetycznej (ilości składnika niemagnetycznego w całej masie próbki) wykonywano metodą porównawczą na aparacie systemu Hartmann-Braun, firmy Bosch.

W badaniach porównywano przenikliwość magnetyczną próbek hartowanych w wodzie oraz w wodzie nasyconej solą kuchenną, przy różnych temperaturach kąpeli hartowniczej. Oprócz powyższych badań przeprowadzono pomiary przenikliwości magnetycznej próbek hartowanych w wodzie o zmiennej koncentracji kleju stolarskiego.

W badaniach kąpeli dwuwarstwowej mierzono aparatem Boscha przenikliwość magnetyczną próbek w zależności od ich temperatury podczas zanurzania z wody do oleju.

Pomiary przeprowadzono w następujący sposób: wykonano specjalną cewkę o otworze odpowiadającym średnicy próbki, na którą nawinięto drut izolowany o średnicy 1,3 mm i o uzwojeniu dającym 1000 amperozwojów. Do cewki wkładano raz próbkę wyżarzoną, drugi raz próbkę hartowaną w wodzie o temperaturze 20° C. Każdą próbkę, dokładnie wyszlifowaną, wkładano wraz z cewką do aparatu Boscha, po czym przepuszczano prąd stały o napięciu 110 V, wytwarzający pole magnetyczne, które — w zależności od przenikliwości próbki — oddziaływało na przyrząd wskaźnikowy rys. 18-1, powodując wychylenie wskazówki. Drogą doświadczalną znaleziono maksymalną rozpiętość skali na podstawie różnicy minimalnego wychylenia wskazówki na aparacie Boscha, przy użyciu próbki hartowanej w wodzie, oraz maksymalnego wychylenia wskazówki przy wprowadzeniu próbki wyżarzonej. To maximum rozpiętości skali na przyrządzie wskaźnikowym otrzymano przy natężeniu prądu płynącego w cewce z próbką $I = 2,4$ amp. (rys. 18-2) oraz 24° przy natężeniu prądu płynącego przez przyrząd pomocniczy. Wszystkie następane pomiary próbek wykonano w tych samych warunkach, przyjmując przenikliwość magnetyczną próbki wyżarzonej równą 100% (minimum składnika niemagnetycznego), zaś próbki hartowanej w wodzie o temperaturze 20° C — równą 0% (maximum składnika niemagnetycznego). Pomiary przeprowadzono pierwszy raz zaraz po zahartowaniu próbek, zaś drugi raz w dwa tygodnie od chwili hartowania.

c) Pomiar twardości.

Każdą zahartowaną próbkę poddano badaniom twardości na aparacie Rockwella. Pomiary twardości wykonano w dwu płaszczyznach próbki, mian. na powierzchni kołowej próbki, mierząc

twardość wzdłuż średnicy próbki, oraz na przekroju próbki, w połowie jej wysokości. Celem zmierzenia rozkładu twardości na przekroju próbki, każdą próbkę przecinano na ściernicy szmerglowej wiązanej gumą, o grubości 2 mm, chłodząc miejsce przecięcia obficie zimną wodą.

Po przecięciu i wypolerowaniu powierzchni próbki pomierzono twardość w kierunku 2-ch prostopadłych średnic, przyjmując wartość średnią z czterech pomiarów w punktach leżących w jednakowej odległości od powierzchni zewnętrznej próbki. Twardość powierzchniową próbki mierzono na tej płaszczyźnie, która pierwsza styka się z kąpielą hartowniczą podczas zanurzania próbki, t.j. na powierzchni jej podstawy kołowej. Pomiary te wykonano ze względu na kontrolę twardości, w związku z twardością przekroju, mając na uwadze dostateczne chłodzenie próbki podczas przecinania na ściernicy. Pomiary twardości na powierzchni podstawy próbki walcowej wykonano w dwóch prostopadłych średnicach, przyjmując dla każdego punktu, równo oddalonego od brzegu próbki, średnią z 4-ch pomiarów.

Średnią twardość przekroju próbki oraz średnią twardość powierzchniową otrzymano jako średnią wszystkich punktów.

Wpływ masy i powierzchni na zdolność hartowania

Dla zanalizowania wyników otrzymanych przez badaczy amerykańskich, głoszących, że struktura zahartowanego tworzywa stalowego o tym samym składzie chemicznym, hartowanego w tej samej kąpeli, przy tej samej temperaturze hartowania, czyli przy tych samych n i C , zależy od stosunku

powierzchni S do masy W , przeprowadzono badania na stali węglowej W3. Przełomy tej stali, w stanie zahartowanym w temperaturze 800°, o średnicy 10, 18 i 34 mm przy stosunku

$$\frac{S}{W} = 0,80, 0,45 \text{ i}$$

0,23 uwidoczniło na rys. 19. Przełom o średnicy

34 mm, gdy $\frac{S}{W} = 0,23$, zupełnie nie poddawał się hartowaniu w oleju, natomiast w wodzie o temperaturze 20° hartował się powierzchniowo. Pręt o średnicy 18 mm, gdy

$$\frac{S}{W} = 0,45, \text{ hartowany w}$$

tej samej kąpeli wodnej, hartował się na wskroś,

czyli w każdym punkcie przekroju wykazywał

szybkość chłodzenia większą, lub co najwyżej równą krytycznej szybkości stygnięcia. Pręt o śred-

nicy 10 mm przy $\frac{S}{W} = 0,8$ hartował się zarówno

w oleju, jak i w wodzie.

Z powyższego wynika, że krytyczną szybkość stygnięcia, dla zatrzymania budowy martenzyty-

cznej w danej kąpeli hartowniczej, można osiągnąć nie tylko przez domieszkę stopową, lecz nawet w pewnych granicach przez dobranie jak największego stosunku $S:W$. Powyższy wpływ powierzchni na ilość ciepła Q , oddanego przez hartujące się tworzywo stalowe, a pobranego przez kąpiel har-



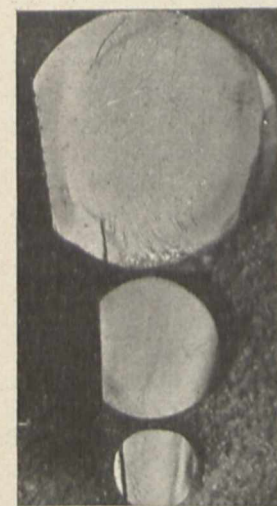
Rys. 20. Wpływ temperatury hartowania na hartowność w głąb próbki.

towniczą, objawiający się spadkiem temperatury w jednostce czasu, ma swe uzasadnienie we wzorze z techniki cieplnej $Q = a S Z (t_1 - t_2)$. Przy stałym współczynniku przewodności cieplnej a , czasie Z , temperaturze kąpeli t_2 i tworzywa t_1 , ilość ciepła zależy tylko od powierzchni S . Im większe S , tym większe Q w jednostce czasu i tym szybszy spadek temperatury. Z tych to względów w niektórych tworzywach stalowych, o niezbyt dużej krytycznej szybkości stygnięcia, można zatrzymać budowę martenzytyczną nie tylko przez hartowanie w wodzie, lecz nawet w oleju, dobierając odpowiednio $\frac{S}{W}$ (maximum).

Drugim czynnikiem zmiennym, wpływającym w pewnych granicach na zasięg otrzymania budowy martenzytycznej, objawiającym się w postaci głębokości zahartowanej warstwy, jest temperatura hartowania. Im wyższa jest temperatura hartowania, tym większe różnice temperatur pomiędzy tworzywem stalowym a kąpielą hartowniczą i tym intensywniejsze chłodzenie w zakresie łatwego rozpadu austenitu, objawiające się szybszym spadkiem temperatury. Próbka hartowana od temperatury 900° osiągnęła w środku temperaturę 600° po 16 sekundach, zaś próbka hartowana od 800° powyższą temperaturę osiągnęła po 18 sekundach, ponieważ prawa Stefana i Bolzmana, odnoszące się do promieniowania energii cieplnej, a wyrażające się różnicą 4-ch potęg temperatur bezwzględnych, mają też w procesie hartowania swe zastosowanie. Na rys. 20 uwidoczniło wpływ jednego z czynników, t.j. temperatury hartowania, na stopień hartowności w głąb próbki. Próbki hartowano przy temperaturze 800°, 840°, 880°, 920° C. W miarę wzrostu temperatur hartowania miękkie rdzeń zanika.

Hartowanie w wodzie wodociągowej

Do otworu próbki wkręcano termoparę wraz z obsadą. Tak przygotowaną próbkę, połączoną z miłiwoltomierzem, wkładano do muflowego pieca elektrycznego, nagrzanego do temperatury 800° C. Temperaturę pieca utrzymywano stałą przez od-



Rys. 19. Przełomy próbek stali, hartowanych w temp. 800°, o różnym stosunku powierzchni do masy.

czyli w każdym punkcie przekroju wykazywał

szybkość chłodzenia większą, lub co najwyżej równą krytycznej szybkości stygnięcia. Pręt o śred-

powiednie wyregulowanie opornicy. Niezależnie od tego sprawdzano co 5 minut stan temperatury pieca, łącząc termoparę pieca z miliwoltomierzem. Czas nagrzewania próbki do temperatury 800° wynosił 20 minut.

Z chwilą, gdy próbka osiągnęła temperaturę 800° wyjmowano ją z pieca i szybko opuszczano do kąpeli hartowniczej.

Hartowanie przeprowadzano w wodzie o temperaturze 20, 50, 70, 80, 90 i 100° C. Odpowiednią temperaturę kąpeli otrzymano przez podgrzewanie palnikiem gazowym naczynia z kąpielą hartowniczą, kontrolując temperaturę kąpeli termometrem.

Szybkość stygnięcia w zakresach temperatur 800—600° C, 600—400° C, 400—300° C oraz 300—150° C obliczono z wykresu stygnięcia, otrzymanego na papierze milimetrowym (tabela 1).

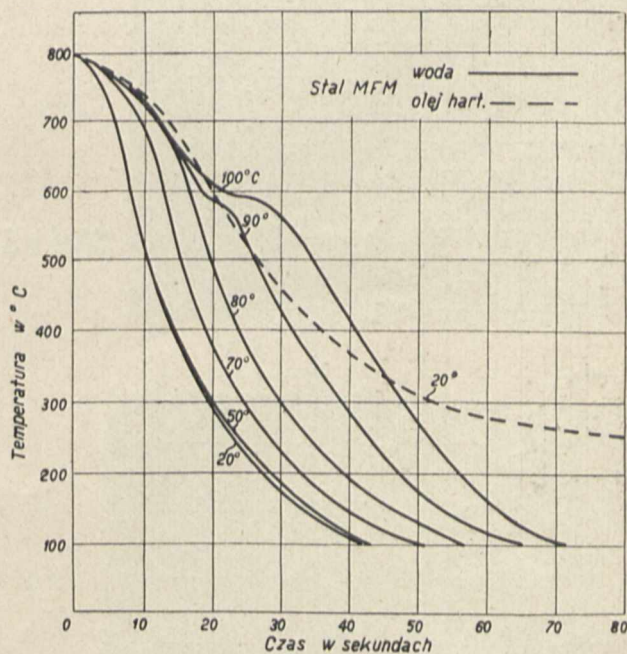
TABELA 1.
Szybkość chłodzenia
w zakresie poszczególnych temperatur

| Temperatura próbki w °C | Temperatura kąpeli w °C | | | | | | | |
|--|-------------------------|----|----|----|----|------|----|-----|
| | 20 | 50 | 70 | 80 | 90 | 100 | | |
| Stal MFM | | | | | | | | |
| a) Woda wodociągowa | | | | | | | | |
| 800 — 600 | 8 | 8 | 13 | 17 | 19 | 23 | | |
| 600 — 400 | 6 | 6 | 6 | 8 | 13 | 18 | | |
| 400 — 300 | 6 | 7 | 6 | 6 | 7 | 7 | | |
| 300 — 150 | 13 | 15 | 15 | 18 | 17 | 15 | | |
| 800 — 150 | 33 | 36 | 40 | 49 | 54 | 63 | | |
| b) Woda wodociągowa nasycona solą kuchenną | | | | | | | | |
| 800 — 600 | 6 | 6 | 11 | 16 | 18 | 20 | | |
| 600 — 400 | 5 | 6 | 4 | 6 | 11 | 17 | | |
| 400 — 300 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | | |
| 300 — 150 | 13 | 14 | 12 | 10 | 15 | 14 | | |
| 800 — 150 | 28 | 30 | 31 | 36 | 48 | 57 | | |
| Stal W 3 | | | | | | | | |
| a) Woda wodociągowa | | | | | | | | |
| | olej | | | | | olej | | |
| 800—600 | 21 | 8 | 8 | 14 | 20 | 22 | 25 | 17 |
| 600—400 | 17 | 7 | 7 | 7 | 9 | 14 | 19 | 16 |
| 400—300 | 23 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 24 |
| 300—150 | 90 | 14 | 15 | 15 | 17 | 17 | 17 | 100 |
| 800—150 | 151 | 35 | 36 | 43 | 53 | 60 | 68 | 157 |
| b) Woda wodociągowa nasycona solą kuchenną | | | | | | | | |
| 800 — 600 | 6 | 6 | 12 | 18 | 19 | 21 | | |
| 600 — 400 | 5 | 6 | 5 | 7 | 12 | 12 | | |
| 400 — 300 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | | |
| 300 — 150 | 13 | 14 | 13 | 12 | 16 | 71 | | |
| 800 — 150 | 28 | 30 | 35 | 42 | 52 | 61 | | |

Rozważając wykres szybkości chłodzenia w zależności od temperatury (rys. 21), dochodzimy do wniosku, że przebieg stygnięcia próbki przy wszystkich temperaturach kąpeli można podzielić na trzy okresy: a) stosunkowo wolny spadek temperatury od 800 do 600° C, b) szybki — od 600 do 300° C i c) wolny od temperatury ok. 300° do temperatury kąpeli.

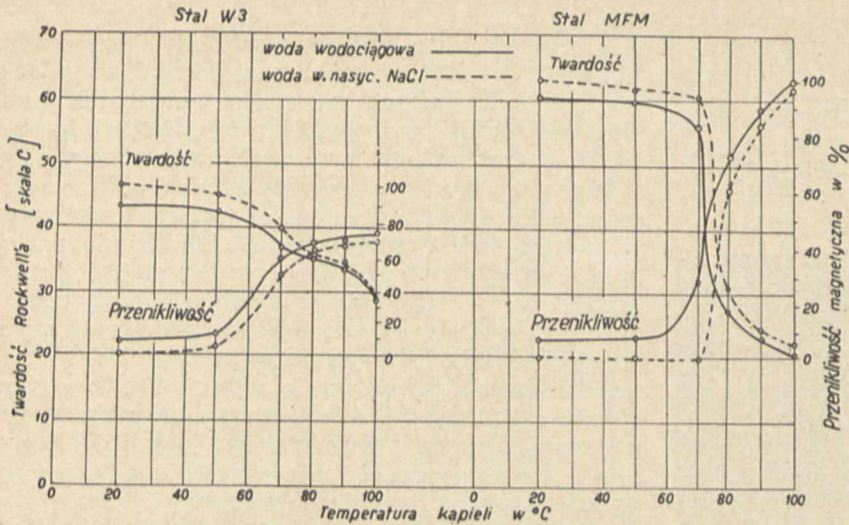
Rozpatrując szybkość stygnięcia w zależności od temperatury kąpeli, zauważymy duży wpływ temperatury wody na zmniejszenie szybkości chłodzenia, zaczynając od temp. kąpeli ponad 50° C. Wpływ temperatury kąpeli zaznacza się wyraźnie przez

zmniejszenie szybkości chłodzenia próbki w kąpeli o temperaturze 70° C, w zakresie temperatur 800—600° C. Dalszy spadek szybkości stygnięcia w dwóch pozostałych zakresach temperatur przebiega normalnie, z wyjątkiem temperatury kąpeli bliskiej temperaturze wrzenia. Krzywa szybkości chłodzenia przy temperaturze kąpeli 90°, a zwłaszcza przy 100° C, w zakresie spadku temperatur od 800 do 600° C, odzwierciadła chłodzenie postępujące drogą normalnego przewodzenia ciepła na skutek dużej różnicy temperatur, panującej na granicy kąpiel-tworzywo stalowe, przy czym szybkość chłodzenia jest dość duża. Poniżej 600° C krzywa chłodzenia posiada dużą wypukłość. Powyższe zjawisko tłumaczy się powstawaniem płaszczki parowego, który przy temperaturze kąpeli 100° wybitnie się uwidocznia, nie zezwalając na szybką wymianę ciepła (przez przewodzenie i konwekcję) pomiędzy tworzywem stalowym a kąpielą hartowniczą. Stan ten (gdy odpływ ciepła następuje głównie tylko przez promieniowanie) trwa przez kilka sekund. Powodem zwiększenia szybkości chłodzenia jest rozerwanie się płaszczki parowego, ponieważ ciśnienie pary w płaszczu parowym przewyższa ciśnienie słupa kąpeli, a na skutek jego wybuchowego działania następuje wymieszanie dalszych zimnych stref kąpeli z warstwami ciepłymi, otaczającymi próbkę, w rezultacie czego tworzywo stalowe szybciej stygnie. Z chwilą skroplenia się ostatniego pęcherzyka pary i niemożliwości wytworzenia nowych na skutek spadku temperatury tworzywa stalowego, chłodzenie odbywa się nadal jak w pierwszym okresie, t.j. drogą przewodzenia, lecz znacznie powolniejszego, wskutek mniejszej różnicy temperatur próbki i otaczającej ją kąpeli.



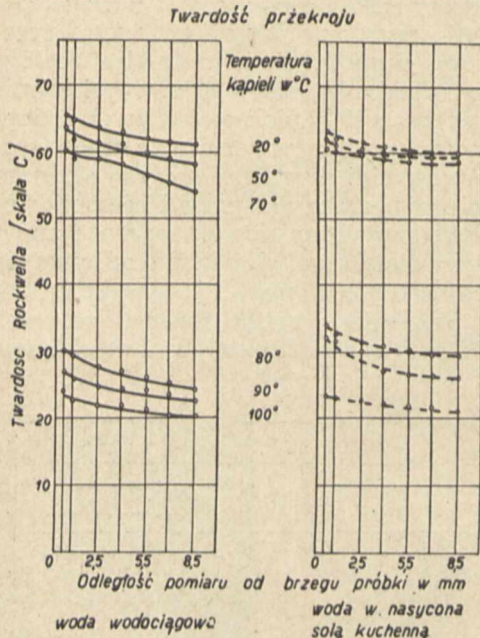
Rys. 21. Szybkość chłodzenia w zależności od temperatury kąpeli.

Po zahartowaniu próbek w kąpeli o odpowiedniej temperaturze, każdą próbkę poddano pomiarom przenikliwości magnetycznej na aparacie Bosccha, mierząc przenikliwość względem próbki wyżarzanej, a przyjmując, że maximum składnika nie-

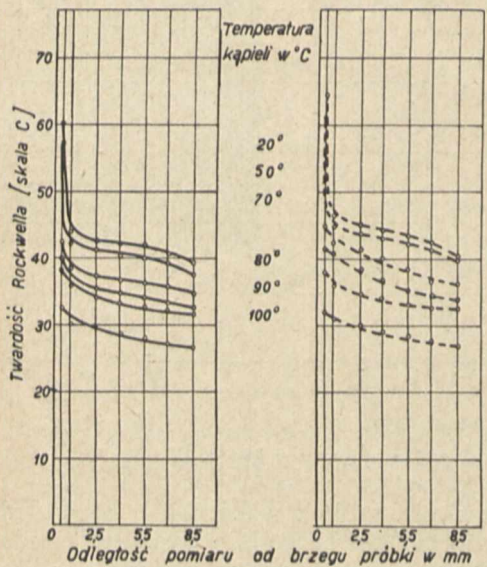
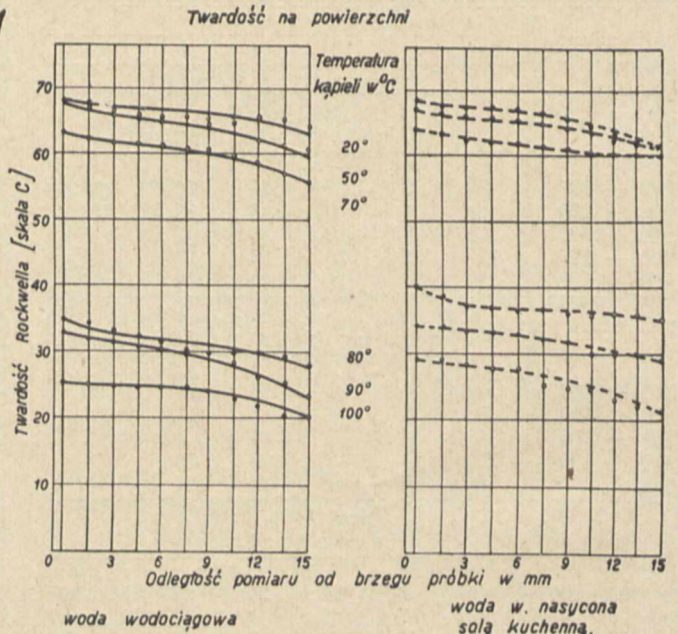


Rys. 22. Wpływ temperatury kąpeli na średnią twardość przekroju i przenikliwość magnetyczną.

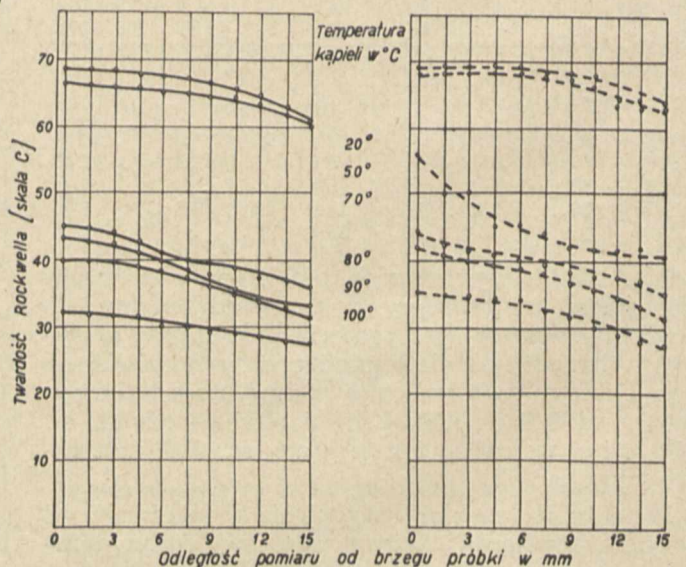
magnetycznego wykazuje próbka hartowana w kąpeli wodnej nasyconej solą kuchenną o temperaturze 20°. Pomiary przenikliwości przeprowadzono w dwóch seriach: raz zaraz po zahartowaniu, drugi raz w dwa tygodnie po nim, przy czym różnice, jakie zauważono na jednych i tych samych próbkach, były minimalne. Na rys. 22 uwidoczono zależność przenikliwości magnetycznej od temperatury kąpeli. Temperatura kąpeli powyżej 50°C wybitnie wpływa na zwiększenie przenikliwości magnetycznej, zwłaszcza stali płytko hartującej się W3. Powyższe zjawisko należy tłumaczyć mniejszą zdolnością chłodzącą wody powyżej temperatury kąpeli 50°, co powoduje szybkie zwiększenie się składnika o własnościach magne-



Stal MFM



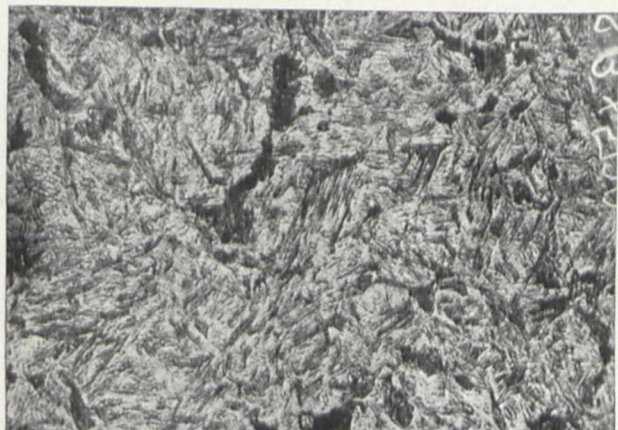
Stal W3



Rys. 23. Wpływ temperatury kąpeli na twardość na przekroju próbki oraz na powierzchni jej podstawy przy hartowaniu w wodzie oraz w wodzie nasyconej solą kuchenną. Temperatura hartowania 800° C.



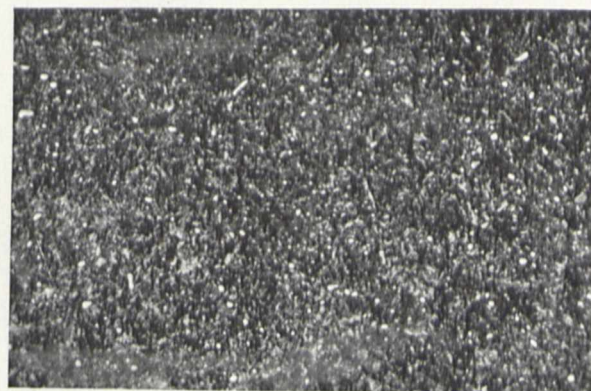
80°C



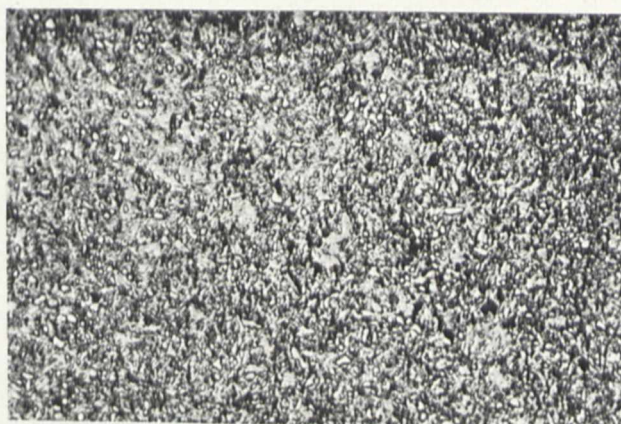
70°C



50°C



20°C



× 500

Stal MFM

Trawiono w 4% HNO₃

Stal W3

× 500

Rys. 25. Mikrostruktura powierzchni stali MFM i W3, hartowanych w wodzie o temperaturze 20°, 50°, 70° i 80° C. Temperatura hartowania 800°.

tycznych. W wypadku stali M F M, hartującej się na wskroś, nagłe zwiększenie się przenikliwości magnetycznej nastąpiło przy temperaturze kąpielii powyżej 70°C.

Rozkład twardości w zależności od temperatury kąpeli hartowniczej, zarówno na przekroju poprzecznym próbki, jak i na powierzchni podstawy, podano na rys. 23. Stal M F M przy tych samych temperaturach kąpeli hartuje się na wskroś, natomiast stal W3 hartuje się powierzchniowo. Przy temperaturze kąpeli wynoszącej 50°C stal M F M, jak również stal W3, posiada wysoką twardość powierzchniową, średnio 66 jednostek Rockwella w skali C. Podniesienie temperatury kąpeli do 70°C powoduje duży spadek twardości powierzchniowej w wypadku stali płytko hartującej się, tak że twardość powierzchniowa stali W3 wynosi 40^oRC. Stal M F M, hartująca się na wskroś, hartowana w tych samych warunkach, zmienia stosunkowo bardzo niewiele swą twardość — z 66 na 60^oRC. Podniesienie temperatury kąpeli o 10°C, t.j. z 70 na 80°C, wywołuje gwałtowny spadek twardości stali M F M, z 60 na 31^oRC. Porównując zachowanie się stali głęboko i płytko hartującej się, tak pod względem twardości, jak i przenikliwości magnetycznej, da się zauważyć, że stal M F M wykazuje silniejszy spadek tych własności, w miarę wzrostu temperatury kąpeli, aniżeli stal W3.

To odmienne zachowanie się stali tłumaczy się mniejszą szybkością krytyczną stygnięcia stali hartującej się na wskroś, aniżeli stali hartującej się płytko.

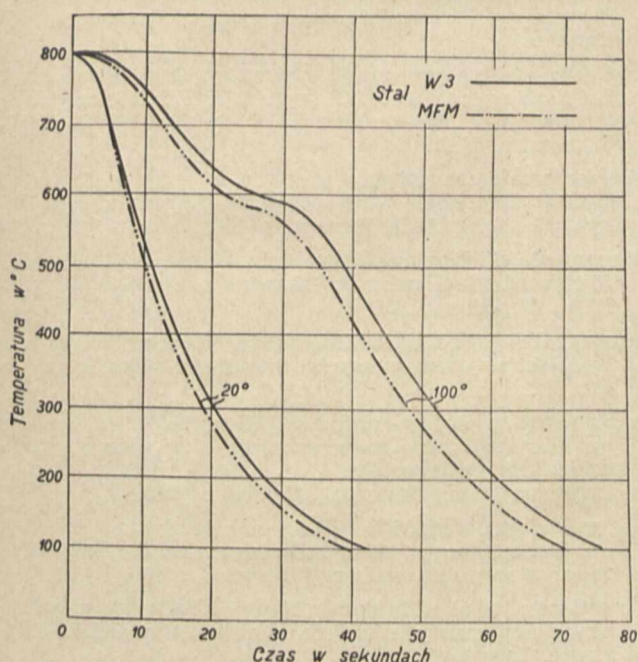
Przebieg stygnięcia stali M F M i W3 podano na rys. 24. Stal M F M, na wskroś hartująca się, hartowana w tych samych warunkach, stygnie szybciej, aniżeli stal W3, hartująca się płytko, czyli ta sama kąpiel hartownicza odprowadza w jednostce czasu więcej ciepła ze stali M F M, aniżeli ze stali W3. Stal M F M przy temperaturze kąpeli 70°C posiada budowę martenzytyczno-troostytową, na-

tomiast stal W3, hartowana w tej samej kąpeli, daje budowę troostytoczno-perlityczną, zatem krytyczna szybkość stygnięcia stali M F M jest mniejsza od krytycznej szybkości stygnięcia stali W3.

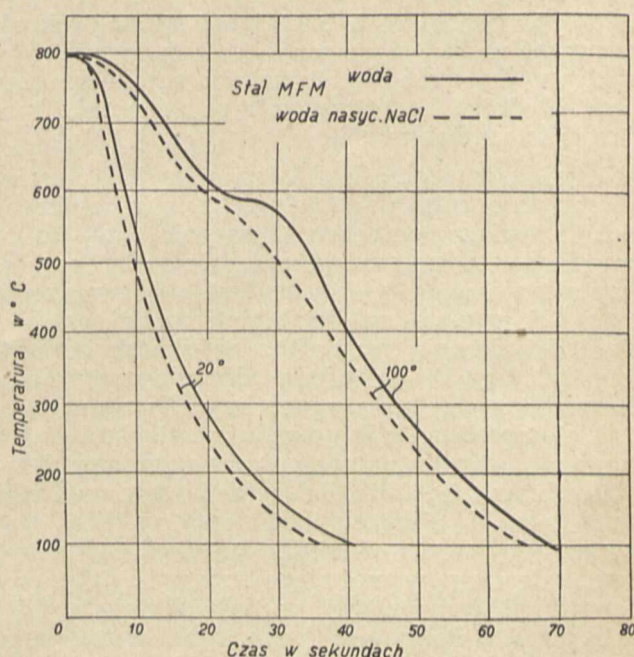
Mikrostrukturę powierzchniową stali M F M i W3, hartowanych w wodzie o temperaturze 20, 50, 70 i 80°C, przy temperaturze hartowania 800°C, zobrazowano na rys. 25 (wkładka II). Temperatura wody 70°C hartuje stal na wskroś hartującą się jeszcze na martenzyt, natomiast temperatura kąpeli 80°C powoduje powstawanie budowy perlitycznej. Stal W3, płytko hartująca się, otrzymuje powyższą budowę przy temperaturze wody 50 i 70°C.

Hartowanie w wodzie nasyconej solą kuchenną

W analogiczny sposób przeprowadzono hartowanie próbek stali M F M i W3 w kąpeli z wody wodociągowej, nasyconej solą kuchenną (40 g soli na 100 cm³ roztworu), o temperaturze kąpeli 20, 50, 70, 80, 90 i 100°C. Wszystkie próbki hartowane w wodzie nasyconej solą kuchenną wykazały większą szybkość stygnięcia w badanych temperaturach kąpeli, niż próbki hartowane w wodzie czystszej (tabela 1). Na rys. 26 podano przebieg stygnięcia stali M F M w wodzie wodociągowej oraz w wodzie nasyconej solą kuchenną przy temperaturze kąpeli 20 i 100°C. Krzywe szybkości chłodzenia w wodzie nasyconej solą kuchenną przebiegają poniżej krzywych odnoszących się do wody czystszej. Porównując krzywe stygnięcia próbek w kąpeli hartowniczej o temperaturze 100°C można zauważyć, że krzywa dotycząca wody wodociągowej poniżej 600°C zmniejsza wyraźnie szybkość chłodzenia, w porównaniu z krzywą stygnięcia w wodzie nasyconej solą kuchenną. Powyższe zjawisko tłumaczy się powstawaniem grubego płaszczu parowego w wypadku czystszej wody wodociągowej, który jest tym grubszy, im temperatura kąpeli jest bliższa swego punktu wrzenia. Krzy-



Rys. 24. Krzywe szybkości stygnięcia stali W3 i MFM w kąpeli o jednakowej temperaturze (20° i 100°).



Rys. 26. Krzywe szybkości stygnięcia stali MFM w wodzie wodociągowej oraz w takiejż wodzie nasyconej Na Cl.

wa odnosząca się do wody nasyconej solą kuchenną o temperaturze 100°C, w zakresie temperatury 600°C, przebiega bardziej stromo, t.j. wykazuje większą szybkość chłodzenia, aniżeli krzywa chłodzenia w czystej wodzie, a to dlatego, że punkt wrzenia kąpieli nasyconej solą kuchenną jest większy o 8,8°C od temperatury wrzenia wody czystej.

Na rys. 23 podano twardość na przekroju ścianki próbki oraz twardość powierzchniową próbek hartowanych w wodzie czystej i w wodzie nasyconej solą kuchenną. Jak widać z tego wykresu, wszystkie twardości próbek, odnoszące się do poszczególnych temperatur wody nasyconej solą kuchenną, są wyższe od twardości próbek hartowanych w czystej wodzie. Przy danej temperaturze kąpieli, wszystkie hartowane próbki wykazują wzrost twardości nie tylko na przekroju ścianki, lecz również i na powierzchni kołowej podstawy — od środka do obwodu. Powyższe zjawisko tłumaczy się zwiększeniem powierzchni chłodzącej, przypadającej na jednostkę masy hartowanego tworzywa stalowego, a tym samym szybszym odprowadzeniem ciepła, czyli wzrostem hartu na krągłości próbki.

Wszystkie próbki hartowane w wodzie nasyconej solą kuchenną posiadały powierzchnię czystą, nie zgorzałą (zazendrowaną), z przeblyskiem metalowym, natomiast próbki hartowane w wodzie czystej były pokryte płatkami zgorzeliny. Co do przenikliwości magnetycznej, to próbki hartowane w wodzie wodociągowej nasyconej solą kuchenną wykazały mniejszą przenikliwość magnetyczną od próbek hartowanych w czystej wodzie, a zatem posiadały przy tych samych temperaturach kąpieli więcej składnika o niższych własnościach magnetycznych. Przenikliwość magnetyczną oraz średnią twardość przekroju poprzecznego ścianki próbki, w zależności od temperatury kąpieli, zarówno w odniesieniu do wody wodociągowej, jak i do wody nasyconej solą kuchenną, przedstawiono na rys. 22 — dla obu gatunków stali. Przy temperaturze kąpieli 70°C, próbki stali hartującej się na wskroś, hartowane w wodzie nasyconej solą kuchenną, wykazały wyższe wartości twardości przekroju oraz ilości składnika niemagnetycznego niż próbki hartowane w czystej wodzie.

Na większą zdolność chłodzącą kąpieli nasyconej solą kuchenną składają się następujące czynniki: 1^o wyższa temperatura wrzenia, a — co za tym idzie — powstawanie znacznie cieńszego płaszczka parowego, a więc i szybsze odprowadzenie ciepła, 2^o wybuchowe działanie kruchej powłoki solnej, utworzonej na próbce na skutek odparowania wody, co powoduje odpryskiwanie złego przewodnika ciepła, t.j. zgorzeliny. Oba te czynniki, jak zgorzelina i sól, powodują natychmiastowe niszczenie płaszczka parowego oraz wymieszanie ogrzanych stref kąpieli z dalszymi jej zimnymi masami, tak że odpływ ciepła z tworzywa stalowego odbywa się nie tylko na drodze przewodzenia, ale drogą wzmoczonego unoszenia dzięki ruchowi burzliwemu cieczy, co daje silniejszy efekt hartowania. Poza tym hartowność określonego tworzywa stalowego w danej kąpieli hartowniczej zależy w wysokiej mierze od przewodności cieplnej badanych cieczy, a ta wynosi:

| | | |
|------------------------------------|---------|-----------------------------------|
| woda nasycon. NaCl o temp. 50°C .. | 0,00268 | kal/cm.sek.stopień ¹⁴⁾ |
| woda 50°C... | 0,00131 | " " " |
| olej mineralny 100°C... | 0,00038 | " " " |

Przewodność cieczy jest więc w wypadku wody nasyconej solą kuchenną największa, zaś oleju mineralnego — najmniejsza. Dobra przewodność cieplna kąpieli hartowniczej, już w zakresie wysokich temperatur rozkładu austenitu, staje się przyczyną szybkiego odpływu ciepła z danego tworzywa stalowego, poza tym ogranicza grubość płaszczka parowego do minimum, nie zezwalając — wskutek dużej szybkości chłodzenia — na zupełny rozkład austenitu w zakresie jego małej trwałości.

(d. c. n.)

Essais des bains de trempé en relation avec la courbe „S” de E. C. Bain

Sommaire:

Objet des essais. — Appareils appliqués aux essais de la vitesse de refroidissement de l'acier dans divers bains de trempé et aux essais de la perméabilité magnétique; mesures de la dureté. — Influence de la masse et de la surface de l'éprouvette sur l'épaisseur de la couche durcie; influence de la température de trempé. — Influence du bain: trempé dans l'eau ordinaire et dans l'eau saturée de sel de cuisine; influence de la température du bain.

¹⁴⁾ Landolt-Börnstein-Roth. Tabele fizyczne.

KSIĄŻKI NADEŚLANE

- Hutnictwo żelazne.** Polski słownik techniczny. Zeszyt 4-ty: odbiór wytworów, laboratoria, gospodarka ruchu. Str. 321 ÷ 452. Nakł. Zw. Polskich Hut Żelaznych. Warszawa 1938.
- Kalendarz spawalniczy Nr. 7** na r. 1938-39. Str. 422. Nakł. f-my „Perun”. Warszawa 1938.
- Podręcznik spawania acetylenowego.** Część I: Materiały i urządzenia. Inż. B. Szupp. Str. 138 z 83 rys. Nakł. Stow. rozw. spawania i cięcia metali. Warszawa 1938. Cena zł. 5.
- Instalacje elektryczne prądu silnego w budynkach.** Inż. E. Kobosko. Str. 212, rys. 182. Biblioteka praktyczna Stow. Elektryków Polskich. Nakład S. E. P. Warszawa 1938.
- Odstępy wzajemne między przewodami napowietrznymi.** Inż. J. Dreszer. Nowy sposób obliczania. Str. 78, rys. 35. Nakł. SEP. Warszawa 1938.
- Pierwszy Polski Kongres Inżynierów, Lwów 1937.** Część I: Sprawozdanie i uchwały Kongresu. Str. 179. Nakład NOI. Warszawa 1938.
- Pierwszy Polski Kongres Inżynierów, Lwów 1937.** Część II: Sekcja podstawowych urządzeń gospodarczych. Str. 245. Nakł. NOI. Warszawa 1938.
- Korozyja stali w świetle najnowszych badań.** 15 referatów autorów polskich i zagranicznych, z przedmową prof. dr. A. Skąpskiego. Str. 78, 4^o. Nakł. Komisji Metalurgicznej Rady Stalowej. Katowice 1938.
- Stal w budownictwie.** 4 rozdziały z kalendarza „Przeglądu Budowlanego”. Str. 168 z rys. i tab. Nakł. Poradni stosowania żeliwa. Katowice 1938.
- O naukowy tytuł inżyniera.** Materiał ustawowy, głosy prasy, argumenty techników. Str. 95. Wyd. NOI. Warszawa, luty 1938.
- Walka o atom.** Dr. F. Burdecki. Biblioteka fizyczna. T. I. Str. 106. Państw. Wyd. Książek Szkolnych. Lwów 1938.

Wpływ naprężeń wewnętrznych na opór skrawania i zużycie metali

Prof. N. N. Sawin, Praga, Zakł. Skody

Badania porównawcze obrabialności i ścieralności tworzywa posiadającego na powierzchni stan napięcia i pozbawionego naprężeń powierzchniowych. — Zastosowane pomiary bezpośrednie pracy skrawania oraz pomiary twardości i zużycia (na maszynie Skoda - Sawin). — Wyniki badań, wskazujące uchwytne wpływy naprężeń powierzchniowych na obrabialność i zużycie. — Naprężenie powierzchniowe narzędzi a ich wydajność. — Wpływ sezonowania (przez gotowanie w wodzie narzędzi i części kutych (wałów korbowych).

PRAKTYKA wykazuje, że — o ile inne warunki są jednakowe — obróbka wiórowa wymaga mniej energii wówczas, gdy w metalu panują naprężenia, wywołane przez uprzednią obróbkę, i że zużycie gotowych wyrobów metalowych (ścieranie ich powierzchni trących się) następuje zwykle prędzej w razie istnienia w tworzywie naprężeń powierzchniowych.

Można uważać za niesporny dawno znany fakt, że wszelka obróbka wiórowa wywołuje w warstwach powierzchniowych tworzywa stan mniejszego lub większego napięcia, powstający — z jednej strony — dzięki charakterowi plastycznemu zachodzących przy skrawaniu odkształceń, a z drugiej — pod wpływem wywiązującego się ciepła. Naprężenia te mogą być do pewnego stopnia usunięte, a w każdym razie zmniejszone, drogą odpowiedniej obróbki termicznej (odpuszczanie, wyżarzanie).

Dotychczas nie mamy pewnej metody praktycznej bezpośredniego pomiaru naprężeń wewnętrznych. Badanie naprężeń w mikrostrukturze krystalitów za pomocą promieni Röntgena lub promieni elektronowych, naprzykład za pomocą metody interferencyjnej Debye'a-Scherer'a, nie daje możliwości przeniknięcia w głąb przedmiotu badanego dalej niż na 0,003—0,005 mm od powierzchni, bez zepsucia przedmiotu. Mikrograficzne i rentgenograficzne metody wyznaczania naprężeń na podstawie pomiaru odkształceń sprężystych są jeszcze w stadium wstępnego opracowania.

Wobec tego o stopniu napięcia tworzywa i o głębokości jego „zepsucia“ przez obróbkę mechaniczną sędzi się zazwyczaj na podstawie wyników porównawczych badań technologicznych tworzywa w stanie napiętym i w stanie odprężonym przez wyżarzanie (wyrzewanie), albo też po usunięciu drogą ostrożnego szlifowania „zepsutych“ warstw powierzchniowych. Naturalnie także wyrzewanie, nawet tak niewinne jak wygotowywanie przedmiotu w wodzie, i najbardziej ostrożne usuwanie warstw powierzchniowych drogą szlifowania nie dają zupełnej pewności co do tego, że same te zabiegi nie wywołały pewnych zmian budowy krystalicznej badanych wyrobów.

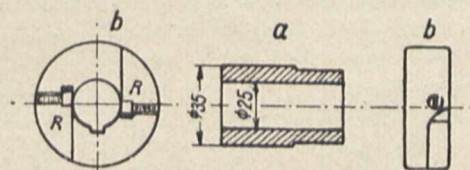
I. To, co powiedzieliśmy wyżej o wpływie naprężeń w tworzywie na opór skrawania dotyczy zarówno olbrzymiej ilości wiórów z wielkich odkuć i odlewów, na co używa się dziesiątki kW energii, jak i precyzyjnego szlifowania niewielkich przedmiotów hartowanych.

Przytoczymy tu z własnej praktyki kilka typowych przykładów.

1. Ciężką odkuwkę ze stali chromowo-niklowej, o wytrzymałości na rozciąganie, po wstępnym wyżarzeniu, 68 kg/mm², wydłużeniu 12% i twardości Brinella 195 poddano najpierw zdzieraniu, a potem na połowie długości obtoczono z szybkością

18 m/min, przy posuwie 2,85 i głębokości skrawania 24 mm; przekrój wióra wynosił więc 68 mm². Druga połowa przedmiotu została obtoczona po nowym normalnym wyżarzeniu, które wprowadziło niejakię uspokojenie tworzywa, nie zmieniając jego charakterystyki mechanicznej w stopniu godnym uwagi. Różnica rozchodu energii na skrawanie była wyraźna, gdyż przed drugim wyżarzeniem rozchód mocy przy toczeniu wynosił 33 kW, zaś po tym wyżarzeniu — 40 kW, czyli o 21% więcej.

2. Partia sprawdzianów walcowych ze stopowej stali węglowej, po zahartowaniu i odp. odpuszczaniu, została oddana do magazynu jako półfabrykat. Połowa tej ilości poddana została wkrótce szlifowaniu na określony wymiar, przy czym notowano ogólny rozchód energii na szlifowanie. Po 3-ch miesiącach ten sam robotnik, na tej samej obrabiarce, zachowując wszystkie warunki poprzedniej pracy, szlifował pozostałą część sprawdzianów, która uległa normalnemu starzeniu się; zauważono wówczas znaczny wzrost rozchodu energii na szlifowanie, mian. o 20%.

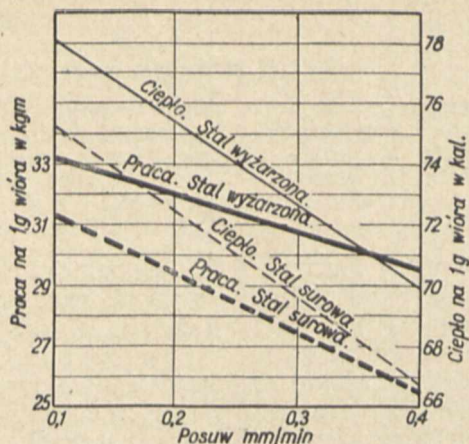


a — badana tulejka
b — głowica nożowa

Rys. 1. Próbką poddawana badaniom.

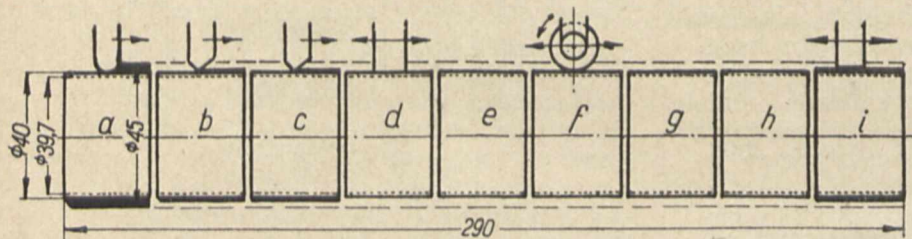
3. Na tokarce toczono powierzchnie sztorcowe tulejek pokazanych na rys. 1 a—b, o średnicy zewnętrznej 35 mm i wewnętrznej 25 mm, z miękkiej stali prętowej o zaw. C=0,21%, Mn=0,37% i Si=0,05%, w stanie surowym (niewyżarzonym), gdy stal miała wytrzymałość na rozciąganie $R_r = 35 \text{ kg/mm}^2$, a wydłużenie $A = 32\%$, oraz po wyżarzeniu, gdy $R_r = 36,5 \text{ kg/mm}^2$, zaś $A = 34\%$. Głowica narzędziowa z dwoma nożami ze stali szybko tnącej zdejmowała wiór o szerokości 5 mm kolejno przy posuwie 0,4, 0,3, 0,2 oraz 1 mm i przy szybkości obwodowej 10 m/min. Skrawanie odbywało się w specjalnie zbudowanym kalorymetrze, przy czym mierzono jednocześnie pracę mechaniczną skrawania i wywiązujące się przy skrawaniu ciepło. Prawdopodobny największy błąd poszczególnych odczytów wynosił $\pm 5\%$, a błąd średniego wyniku pomiaru $\pm 1,5\%$. Na wykresie rys. 2 podano ogólne wyniki badań *).

*) Z referatu autora, wygłoszonego na zebraniu Tow. Technologów w Petersburgu dn. 4 kwietnia 1910 r. pod przewodnictwem znakomitego metalurga rosyjskiego D. K. Czernowa. Praca ta była odznaczona nagrodą i wydrukowana w czasop. „Wiestnik Obszcz. Technologow“ w r. 1910. Patrz także Sawin N. N. Experimentelle Bestimmung der Schneidwärme. Zft d. österr. Ing. - u. Arch. Vereins 1911, zesz. 32, str. 503—508.



Rys. 2. Stosunek pomiędzy pracą skrawania a ciepłem.

Rozchód pracy mechanicznej na skrawanie miękkiej stali w stanie surowym przy posuwie 0,4 mm wypadł w przybliżeniu o 16% mniejszy niż przy skrawaniu tej samej stali, lecz uprzednio wyżarzonej, a więc pozbawionej naprężeń wewnętrznych wywołanych przez walcowanie; różnica ta maleje wraz ze zmniejszeniem posuwu do 0,1 mm. Normalne wyżarzanie stali, nie pociągające za sobą zmiany struktury, spowodowało stosunek rozchodowanej pracy do wydzielonego ciepła do wartości teoretycznej: przy posuwie 0,1 mm stosunek ten zbliżał się bardzo do wartości mechanicznego równoważnika ciepła 427.



Rys. 3. Badane próbki, poddane różnym rodzajom obróbki.

4. Pręt z twardej węglowej stali narzędziowej C=0,15%, Mn=0,20% i Si=0,10% o średnicy 50 mm i długości 290 mm został obtoczony gładko do średnicy 45 mm oraz podzielony na 9 równych części (rys. 3). Cztery z nich, mian. odcinki a, b, c, d, zostały poddane rozm. zabiegom obróbki mechanicznej zmniejszającej ich średnicę do $\varnothing 40$ mm:

- a — obtoczono nożem zaokrąglonym z szybkością 10 m/min, zdejmując wiór o przekroju $2,5 \times 1,5 = 3,75 \text{ mm}^2$, za jednym przejściem noża;
- b — obtoczono nożem kątowym z szybkością 50 m/min, wiór miał przekrój $1 \times 0,5 = 0,5 \text{ mm}^2$; wykonano trzy przejścia noża;
- c — obtoczono nożem diamentowym z szybkością skrawania 120 m/min; przekrój wióra $0,5 \times 0,2 = 0,1 \text{ mm}^2$; 5 przejść noża;
- d — szlifowano pod wodą tarczą korundową I-80 z szybkością obwodową 30 m/sek, szybkością posuwu przedmiotu 10 m/min, przy grubości zdejmowanej warstwy 0,1 mm, szeregiem przejść tarczy.

Dwa następne odcinki e i f szlifowano do $\varnothing 40$ mm i wyżarzone normalnie w temp. 600—630°C w ciągu 4 godzin do twardości 180. Odcinek e pozostał dalej bez obróbki i służył do porównania, jako wzorzec, w którym usunięto naprężenia drogą wyżarzania, zaś f był wygładzony obracającym się wałeczkiem pod ciśnieniem. Wreszcie ostatnie 3 cylinderki g, h, i poddane zostały nast. obróbce mechanicznej i termicznej:

g i h — starannie oszlifowano do $\varnothing 40$ mm i zahartowano w wodzie w temp. 780°C, następnie odpuszczono: g — w temp. 400° w ciągu 30 min do twardości 500, a h — w 180° w ciągu 30 min do twardości 800 i pozostawiono bez dalszej obróbki mechanicznej;

i — ostatni odcinek — oszlifowano wstępnie do $\varnothing 40,5$ mm, zahartowano i odpuszczono w tych samych warunkach, jak wyżej odcinek h, ale po obróbce termicznej oszlifowano starannie pod wodą do średnicy 40 mm.

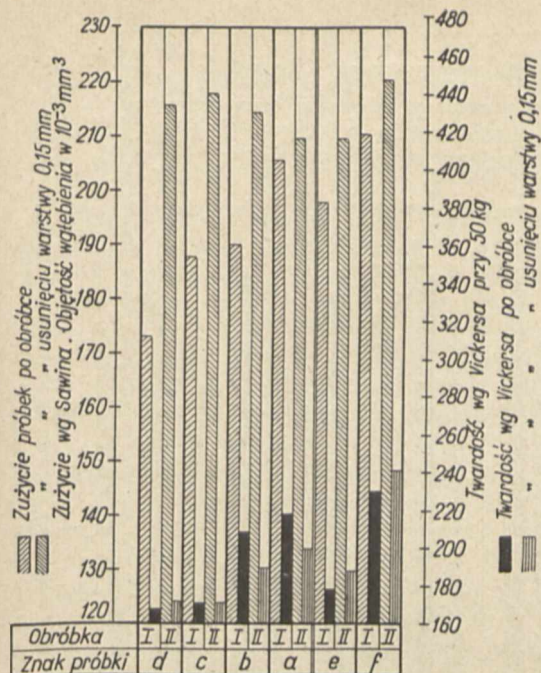
Wszystkie odcinki (próbki) powyższe poddano badaniom twardości metodą Vickersa przy obciążeniu 50 kg oraz badaniom oporu szlifowania wzorcowym krążkiem widiowym na maszynie Skoda - Sawin*).

Badania te wykazały (rys. 4), że im mniej zgrubna jest obróbka mechaniczna tworzywa w stanie niezahartowanym (próbki a—d), mianowicie im mniejszy przekrój wióra, a większa szybkość skrawania, tym mniejsza objętość wgłębienia wyszlifowanego przez krążek widiowy w tych samych warunkach pracy; przytem mniejszym objętościom wyszlifowanym odpowiada nie największa twardość, jak należało oczekiwać, lecz — przeciwnie — mniejsza. Próbka f, której tworzywo było wygładzone (zgęszczone) na powierzchni obracającym się wałeczkiem, wykazała wzrost

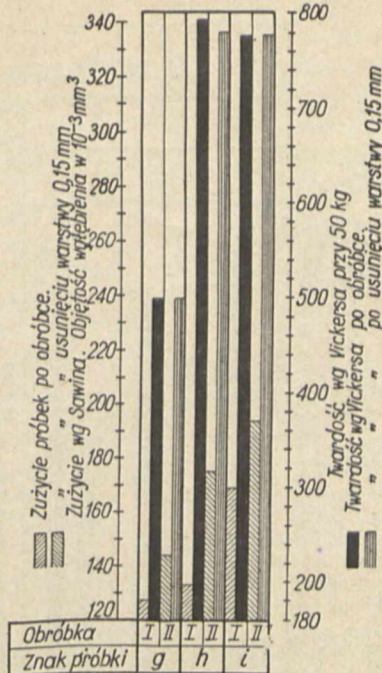
twardości o 30%, a równocześnie zmniejszenie oporu szlifowania o 7% w porównaniu z próbką e, która pozostała po wyżarzaniu bez obróbki. Dalej znaleziono, że z trzech próbek zahartowanych g, h, i (rys. 5) mniej twarda (g) odznacza się większym oporem szlifowania krążkiem widiowym, niż pozostałe, i że normalne szlifowanie powierzchni zahartowanej próbki i krążkiem korundowym zmniejszyło znacznie — o 27% — jej opór szlifowania krążkiem widiowym, nie zmieniając prawie jej twardości.

Po usunięciu drogą ostrożnego szlifowania krążkiem korundowym pod wodą warstw powierzchniowych o grubości 0,15 mm, różnice twardości i oporu szlifowania krążkiem widiowym próbek a ÷ d wyrównały się (rys. 4, patrz słupki zakreskowane ukośnie z góry ku dołowi), a przy tym okazało się, że największa zmiana, — do głębokości 0,3 mm — nastąpiła w próbce a, obtoczonej z małą szybkością skrawania i ze stosunkowo du-

*) Patrz opis tej maszyny w czasopiśmie „Przeгляд Techniczny“ 1933 r., zes. 20 i 22.



Rys. 4.



Rys. 5.

Rys. 4 i 5. Wpływ obróbki na twardość i zużycie stali niehartowanej (rys. 4) oraz zahartowanej (rys. 5).

żym naciskiem noża, zaś najmniejsza zmiana — do głębokości 0,15 mm — w próbkach c i d, obrobi-onych dokładnie nożem i szlifowanych tarczą. Wpływ obróbki na zimno próbki f (rolowanie) przeniknął głębiej niż 0,3 mm.

Stąd widać, że opór skrawania (szlifowania) twardej stali węglowej, mierzony objętością wyszlifowanego znormalizowanym krążkiem widiowym wgłębienia*), zmienia się w zależności od sposobu ostatecznej obróbki mechanicznej powierzchni: toczenie zgrubne z małą szybkością skrawania wyrobów niezahartowanych lub wygładzanie ich powierzchni toczącym się gładkim wałkiem, wywołujące niewątpliwie naprężenia w warstwach powierzchniowych materiału, z reguły z mniejszą ten opór, normalne wyżarzanie (odpuszczanie), wprowadzające uspokojenie tworzywa, — przeciwnie — opór ten zwiększa. Normalne szlifowanie przedmiotu po hartowaniu, wywołujące naprężenia lokalne wskutek niejednakowego rozmieszczenia ciepła szlifowania, zmniejsza znacznie opór szlifowania normalnym krążkiem widiowym, lecz bardzo mało odbija się na twardości.

W opisanych przykładach stosowaliśmy: 1) metodę bezpośredniego pomiaru traconej na skrawanie pracy mechanicznej — 3 pierwsze przykłady

*) Dla uniknięcia nieporozumień, należy tu podkreślić, że krążek widiowy na maszynie badawczej Skoda - Sawin pracuje jak tarcza szlifierska i przy poprawnej obsłudze nie zmienia swej zdolności szlifowania. Wiórki mają znamiona właściwe wiórkom szlifierskim, z tą różnicą, że są one niemal mikroskopijnej wielkości i nie są zmieszane z cząstkami tworzywa szlifującego — krążek widiowy praktycznie nie ulega zużyciu. Tworzący się podczas pracy krążka najdrobniejszy proszek tworzywa badanego jest usuwany strumieniem cieczy chłodzącej i — jak się zdaje — nie wywiera wpływu na przebieg szlifowania; w każdym razie można twierdzić z pewnością, że cząsteczki tego proszku nie są wtłaczane do porów powierzchniowych krążka widiowego.

i 2) badanie oporu szlifowania (zużycia) za pomocą krążka widiowego — przykład 4-ty. Co do ostatecznego sposobu badania, wskazywaliśmy już korzystną cechę krążka widiowego zachowującego swoją stałą zdolność szlifowania. Dzięki tej właściwości można określić zmiany, zachodzące w cienkich warstwach powierzchniowych badanego tworzywa (ich skłonność do starzenia się), i głębokość przenikania tych zmian w zależności od sposobu obróbki ostatecznej*).

Nie ulega wątpliwości, że im większe są zmiany, wykrywane przez krążek widiowy, tym większe powinny być naprężenia w warstwach powierzchniowych. Płytki wzorcowe z węglowej stali niestopowej lub ze stopów specjalnych, przy których

wykonywaniu stosowano szczególne środki dla uzyskania jednorodności budowy i usunięcia naprężeń wewnętrznych, nie wykazują z biegiem czasu godnych uwagi zmian oporu szlifowania krążkiem widiowym, w różnych punktach i na różnej głębokości od powierzchni roboczej**). Również twardość ich pozostaje bez zmian. Odwrotnie, okresowe badania kontrolne przyrządów pomiarowych, wykazujących praktycznie dużą skłonność do odkształceń, wskazują znaczne zmiany ich oporu szlifowania krążkiem widiowym i małe odchylenia liczb twardości. Przytem największym odkształceniom odpowiadają zazwyczaj wypadki największych sprzeczności tych zmian, gdy np. znaczne zmniejszenie oporu szlifowania następuje wraz ze wzrostem twardości, lub naodwrot. Autorowi udało się nieraz wykryć w wyrobach poddanych obróbce termicznej o zarysach fasonowych, ze stali chromowo-niklowej i chromowej, miejsca, gdzie panowały niebezpieczne naprężenia wewnętrzne, drogą porównania krzywych zmian twardości i oporu szlifowania krążkiem. W tych miejscach albo już były pęknięcia, albo też pojawiały się później.

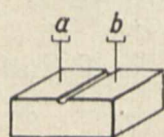
W przykładzie czwartym wskazywaliśmy na ujemne następstwa wygładzania po hartowaniu wyrobów hartowanych; zwykle po normalnym szlifowaniu i polerowaniu opór ich powierzchniowych warstw, stawiany ruchowi krążka widiowego, jak również twardość powierzchniowa, maleją. Podatność różnych materiałów do szlifowania jest różna i wybór odpowiedniego tworzywa szli-

*) Patrz artykuł autora w zesz. 11 czasop. *Werkstattstechnik u. Werksleiter* z dn. 1 czerwca 1937 r., str. 243 — 248.

**) Oto dlaczego płytki te służą jako wzorce do sprawdzania dokładności pracy krążka widiowego na maszynie Skoda-Sawin.

fującego jest tym trudniejszy, im więcej domieszek wysoko-wartościowych zawiera materiał obrabiany.

Na rys. 6 zestawiono wykreślnie wyniki badań szlifowania krążkiem widiowym (na maszynie Skoda-Sawin) i twardości (mierzonej na aparacie Vickersa) ośmiu renomowanych gatunków stali, używanych do wyrobu sprawdzianów. Próbka stali każdego gatunku przed hartowaniem była gładko oszlifowana, następnie zahartowana i odpuszczona stosownie do przepisów; jedna próbka każdego gatunku (rys. 7a) była następnie poddawana normalnemu szlifowaniu, a druga (rys. 7b) — pozostawała bez obróbki. Wszystkie badane stale wykazywały po hartowaniu mniejszy opór szlifowania krążkiem widiowym i wciskania ostrosłupa diamentowego Vickersa, ale w różnym stopniu: wówczas gdy np. twardość jednego gatunku (rys. 6) zmniejszyła się o 70%, a opór szlifowania krążkiem widiowym o 23%, inne gatunki wykazywały zmniejszenie tych wartości o 7 i 45%. Porównanie wartości wyznaczonych w laboratorium z praktycznie zaobserwowanymi w warsztacie wartościami odkształceń i zużycia sprawdzianów z tych samych materiałów wykazało, że im większa różnica 0/0-go obniżenia twardości a opo-

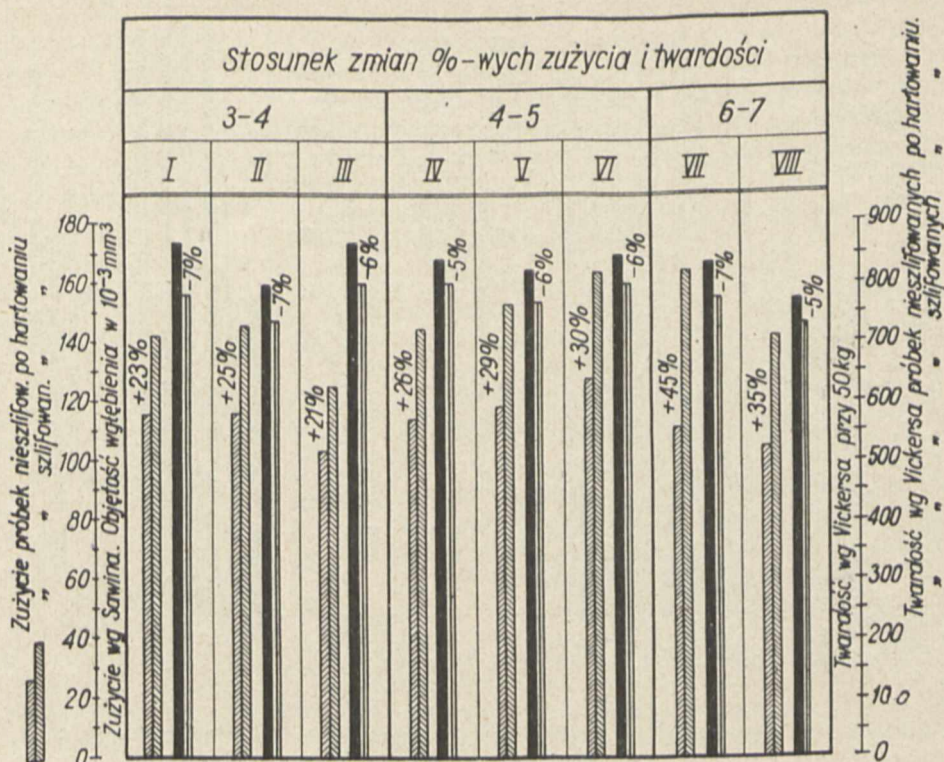


Rys 7.
Próbka stali używanej do wyrobu sprawdzianów, poddawana badaniom twardości i zużycia.

ru szlifowania krążkiem widiowym, tym większe zużycie sprawdzianu. Trzy pierwsze tworzywa, których zmiany twardości po szlifowaniu były 3—4 razy mniejsze niż zmiany oporu szlifowania krążkiem widiowym, okazały się najbardziej odpornymi na zużycie, a dwa ostatnie, u których ten stosunek zmniejszenia wyniósł 6—7, — najbardziej podatnymi na zużycie. Jest rzeczą interesującą, że badanie promieniami rentgenowskimi wedł. metody Debye'a - Scherer'a do głębokości 0,003 ÷ 0,005 mm od powierzchni wykryło w pierwszych tworzywach znaczne zawartości austenitu i małe naprężenia, a w ostatnich — przeciwnie — małe ilości austenitu i duże naprężenia.

II. Powróćmy teraz do wyjaśnienia związku pomiędzy naprężeniami w warstwach powierzchniowych tworzywa a ich zużyciem (ścieraniem).

Powyżej wskazywaliśmy na wpływ stanu naprężenia w warstwach powierzchniowych tworzywa na ich opór szlifowania krążkiem widiowym. Ale w większości praktycznych przypadków tarcia po-



Rys. 6. Porównanie zmian twardości wg Vickersa i zużycia wg Sawina.

suwistego charakter zużycia (ścierania) dwóch powierzchni trących się po sobie jest bardzo bliski do tego rodzaju niszczenia tworzywa, jaki zachodzi przy szlifowaniu, a w szczególności przy szlifowaniu krążkiem widiowym na maszynie Skoda-Sawin. Oto dlaczego ostatnie badania możemy utożsamiać w tych wypadkach z badaniami na zużycie i wszystkie powyższe wnioski praktyczne o wpływie naprężeń wewnętrznych na opór szlifowania możemy przenosić też na zużycie. Obserwacje praktyczne całkowicie to potwierdzają: zużycie badanego tworzywa, niezależnie od współpracującego z nim w przebiegu tarcia posuwistego tworzywa trącego, zmniejsza się wraz ze zmniejszeniem stanu naprężenia jego cząstek powierzchniowych, a przy tym w zupełnej zgodzie z badaniami krążkiem widiowym.

Przytoczymy kilka typowych przykładów:

1. Rozwiertaki ze specjalnej stali narzędziowej C = 1,20%, Cr = 1,50%, Mn = 20%, W = 1,50% zahartowane w oleju w temp. 820° C, podzielono na trzy grupy: pierwsza była wygrzana w temp. 150° w ciągu 15 minut, druga w 180° C w ciągu 25 min, trzecia w 220° C w ciągu 30 min. Wszystkie wyszlifowano w jednakowych warunkach, po czym badania wykazały, że:

I grupa ma średnią twardość Vickersa 811 i daje średnie zużycie krążkiem widiowym 165,

II grupa ma średnią twardość Vickersa 802 i średnie zużycie 150,

III grupa — średnią twardość Vickersa 795 i średnie zużycie 128.

W pracy, w jednakowych warunkach, największą wydajność wykazały rozwiertaki III-ej grupy, których silniejsze wyżarzanie spowodowało znacz-

ne osłabienie naprężeń powstałych dzięki hartowaniu i szlifowaniu, a najniższą — rozwiertaki I-ej grupy, słabo wyżarzone. Jest rzeczą ciekawą, że te spośród rozwiertaków III-ej grupy, które po szlifowaniu poddano wygotowaniu we wrzącej wodzie w ciągu 24 godzin, wykazały wydajność największą.

2. Frezy gwintowe ze stali szybko tnącej $W = 18\%$, $V = 1\%$, zahartowane w oleju w temp. 1290°C i odpuszczone w 560°C w ciągu 20 min, po normalnym szlifowaniu i ostrzeniu wykazywały średnią twardość Vickersa 831 i zużycie krążkiem widiowym 255. Przy obróbce stali C 80 frezy te wykazały znacznie mniejszą wydajność (o 30%), niż te z nich, które dłużej przechowywano w magazynie; przed użyciem tych ostatnich do roboty wyjaśniło się, że dłuższe magazynowanie (starzenie się naturalne) prawie nie zmieniło ich twardości, ale powiększyło ich odporność na zużycie krążkiem widiowym, mianowicie z 255 na 237.

3. Kute wały korbowe $\varnothing 90\text{ mm}$ ze stali chromowo-niklowej $C = 0,5\%$, Ni — do $2\% + Cr + Mo$, obrobione termicznie, miały wytrzymałość doraźną na rozciąganie 115 kg/mm^2 , granicę sprężystości 105 kg/mm^2 , wydłużenie 9% , przewężenie 60% , udarność 13 kgm/cm^2 ; po szlifowaniu wały

wykazały twardość Vickersa 498 i zużycie krążkiem widiowym 285. Część wałów po szlifowaniu wygotowywano we wrzącej wodzie w ciągu 48 godz., przy czym twardość ich nieznacznie zmalała, mianowicie do 485, a zużycie krążkiem widiowym zmniejszyło się do 260. Podczas równoległej pracy wałów wykazały wyższość wały wygotowane w wodzie: zużycie ich było mniejsze, a co najważniejsze — nie powstawały na nich drobne pęknięcia powierzchniowe, które stopniowo ukazywały się na wałach niewygotowanych.

Influence des tensions internes sur la résistance à la coupe et à l'usure des métaux

Sommaire :

Essais comparatifs de la coupe des éprouvettes ayant des tensions internes (après l'écroutissage, après la trempe, ou après divers procédés de l'usinage). — Mesures directes du travail mécanique de la coupe et de la dureté Vickers, ainsi que de l'usure sur la machine d'essai Skoda-Savine, indiquent clairement l'influence des tensions internes dans une couche superficielle sur la résistance à la coupe et sur l'usure. — Influence des tensions internes sur l'efficacité du travail des outils de coupe. — Influence du saisonnement (dans l'eau bouillante) des outils et des pièces forgées.

Osobliwe zagadnienie wytrzymałościowe *)

Inż. Z. Kłębowski, SIMP

Trudniejsze wypadki obliczeniowe wymagają zastosowania podstaw teorii sprężystości. — W przypadku, gdy obliczenia wskazują wymiary niemożliwe do wykonania, można podnieść dopuszczalne naprężenia przy zginaniu statycznym. — Przykład obliczenia płyty, stanowiącej pokrywę zbiornika pod ciśnieniem, przymocowaną śrubami na obwodzie.

SZYBKI postęp we wszystkich dziedzinach przemysłu wymaga często stosowania elementów konstrukcyjnych o wymiarach miarodajnych dla wytrzymałości, znajdujących się już na granicy możliwości wykonania.

Jeszcze do niedawna w trudniejszych przypadkach obliczeniowych, zamiast uciekania się do zawiłych i uciążliwych ściślejszych obliczeń, można było dla pewności zwiększyć na oko z dobrym skutkiem pewne wymiary elementu. Obecnie, jeżeli decydujące o wytrzymałości wymiary elementu niekiedy osiągają już granicę możliwości wykonania, trudno jest — wobec zastosowania wątpliwej słuszności metod obliczenia — zwiększać wymiary na oko.

To też coraz częściej konstruktor staje przed trudnym zadaniem, nie mogąc znaleźć bezpośrednich wskazówek do poprawnego obliczenia pewnych elementów, nie tylko w rozpowszechnionych podręcznikach technicznych, ale w ogóle w literaturze.

Sprawę można pomyślnie załatwić jedynie uciekając się do teoretycznych podstaw obliczeń wytrzymałościowych, — mianowicie do matematycznej teorii sprężystości. W pewnych przypadkach i to jednak nie wystarcza. Potrzeby rosną szybciej niż możliwość dostosowania się do nich.

Element obliczony poprawnie bez nadmiernego na oko zapasu, lecz zgodnie z obecnie przyjmowanym kryterium wytrzymałości, np. z normalną czterokrotną pewnością, powinien posiadać, jak

się to już coraz częściej zdarza, takie wymiary, których ze względu na trudności wykonawcze nadać mu nie można, i to nie tylko w krajowych, ale i w zagranicznych wytwórniach.

Na szczęście w wielu przypadkach mamy rezerwę w postaci możliwości odstępowania od pewnych poglądów, uzasadnionych jedynie konserwatywnym konstruktorów. Mam tu na myśli dopuszczalne naprężenia przy zginaniu statycznie działającym.

Zbyt daleko posuniętą ostrożnością jest przyjmowanie takiego samego dopuszczalnego naprężenia dla skrajnego włókna przy zginaniu, jak przy zwykłym rozciąganiu. Przy zwykłym rozciąganiu cały przekrój jest pod działaniem naprężenia równego dopuszczalnemu, natomiast przy zginaniu — tylko zewnętrzne włókno, wówczas gdy przeciętne naprężenie, każdego z osobna znaku (+ lub -), po każdej stronie warstwy obojętnej wynosi zaledwie połowę tego naprężenia.

Licząc się z nieuniknioną w takich razach opozycją i dążeniem do załatwiania podobnych spraw krakowskim targiem, zaryzykowałbym twierdzenie, że w przypadkach, w których nie wchodzi w grę czynniki specjalne — tu nie przewidziane, oraz gdy nie zależy na sztywności elementu i nieznacznych jego odkształceniach trwałych, można obliczać elementy z materiału plastycznego, obciążone statycznie, z dopuszczalnym naprężeniem skrajnych włókien około 2 razy większym w porównaniu z przyjmowanym dla zwykłych elementów rozciąganych. Współczynnik pewności należy oczywiście odnosić do granicy płynności, a nie do-

*) Artykuł niniejszy otrzymano 1 czerwca 1938 r. (Red.).

rażnej wytrzymałości. Mam tu na myśli belki pryzmatyczne i płyty (płaskie). Podkreślam, iż mogące zejść przy pierwszej próbie przekroczenie granicy płynności skrajnych włókien nie tylko nie jest szkodliwe w takich elementach, ale przeciwnie — wpływa na korzystniejszy rozkład naprężeń.

Przypadek, który rozpatrzymy, przedstawiony jest na rysunku.

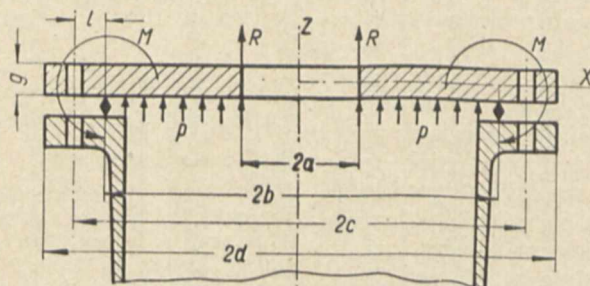
Na płytę działa:

1. Moment zginający o natężeniu

$$M = \frac{n \cdot N}{2 \pi b} \cdot l;$$

2. Hydrostatyczne ciśnienie p .

N oznacza napięcie każdej śruby,
 n „ „ ilość śrub.



$$W = \frac{px^4}{64B} - \frac{a}{8B} \left(p \cdot a - \frac{P}{\pi a} \right) (\ln x - 1) x^2 - C_1 \frac{x^2}{4} - C_2 \ln x + C_3.$$

$$\varphi = -\frac{px^3}{16B} + \frac{a}{8B} \left(p \cdot a - \frac{P}{\pi a} \right) (2 \cdot \ln x - 1) x + C_1 \frac{x}{2} + C_2 \frac{1}{x}.$$

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= -\frac{px^2}{16} (3 + \mu) + \frac{a}{8B} \left(pa - \frac{P}{\pi a} \right) \left[2(\mu + 1) \cdot \ln x - (\mu - 1) \right] + C_1 (\mu + 1) \frac{B}{2} + C_2 (\mu - 1) \frac{B}{x^2}, \\ M_2 &= -\frac{px^2}{16} (1 + 3\mu) + \frac{a}{8B} \left(pa - \frac{P}{\pi a} \right) \left[2(\mu + 1) \cdot \ln x + (\mu - 1) \right] + C_1 (\mu + 1) \frac{B}{2} - C_2 (\mu - 1) \frac{B}{x^2}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$M_1 = M \left(1 - \frac{a^2}{x^2} \right) \frac{b^2}{b^2 - a^2}, \quad M_2 = M \left(1 + \frac{a^2}{x^2} \right) \frac{b^2}{b^2 - a^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$M_1 = \left[0,206(a^2 + b^2) - 0,206x^2 - 0,206a^2b^2 \frac{1}{x^2} \right] p, \quad (3)$$

$$M_2 = \left[0,206(a^2 + b^2) - 0,1188x^2 + 0,206a^2b^2 \frac{1}{x^2} \right] p. \quad (3)$$

$$L = M'_{2a} + M''_{2a} = 2 \frac{b^2}{b^2 - a^2} M + (0,0872a^2 + 0,412b^2) p. \quad (4)$$

$$\sigma = 6 \frac{L}{g} \leq k. \quad (5)$$

Wymiary podano w cm, a σ i k w kg/cm^2 .

$$B = \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{g^3}{12} \text{ — sztywność zginania płyt.}$$

Jest to płyta okrągła o grubości g , obciążona ciśnieniem hydrostatycznym p , o średnicy zewnętrznej $2d$, z otworem w środku o średnicy $2a$, nakrytym kołpakiem, oparta na szczeliwie o średnicy $2b$, przymocowana do kołnierza równomiernie rozłożonymi na obwodzie o średnicy $2c$ śrubami, w ilości n , o przekroju f każda.

Wpływ kołpaka jest taki, jak gdyby na krawędzi otworu o średnicy $2a$ była równomiernie rozłożona siła P , odpowiadająca ciśnieniu p , pomnożonemu przez pole otworu

$$P = p \cdot \frac{\pi(2a)^2}{4} \text{ kg,}$$

która na jednostkę długości obwodu wynosi

$$R = \frac{P}{\pi(2a)} = p \frac{a}{2}.$$

Osobliwość, usprawiedliwiająca tytuł artykułu, polega między innymi na tym, iż w obliczanej płycie nie wszystkie elementy obciążenia są znane, mianowicie, nie wiemy, z jaką siłą robotnicy przykręca nakrętki śrub, to jest jakie jest napięcie N , czyli nie znane jest natężenie momentu M .

Jest to zupełnie inna kwestia niż na przykład nieznanomość wartości momentu częściowego utwierdzenia końców belki w konstrukcji żelaznej. Belkę taką możemy obliczyć jak swobodnie podpartą, działając w ten sposób nieznacznie na korzyść pewności, wówczas gdy wpływ momentu zginającego obrzeże omawianej płyty stanowi poważną pozycję w bilansie napięć, panujących w miarodajnym dla obliczenia miejscu, a pominięcie wpływu tego momentu byłoby równoznaczne z przyjęciem zupełnie innych warunków obciążenia niż

rzeczywiste, przy czym działalibyśmy wówczas wybitnie na niekorzyść pewności.

Najpewniejsze obliczenie polegałoby na uwzględnieniu wartości N odpowiadającej granicy płynności materiału śruby. Po przekroczeniu tej granicy dokręcający nakrętkę robotnik poczułby raptowne znaczne odkształcenie śruby. Takie jednak postępowanie byłoby skrajnie ostrożne, możliwe tylko przy cienkich płytach.

Przy płytach bardzo grubych można zaproponować drugą krańcowość, mianowicie aby przestrzegano zasady, że napięcie śrub przy dokręcaniu nakrętek powinno być zaledwie takie, które by wystarczyło do zapewnienia szczelności przy wykonaniu próby wodnej, i aby wówczas brać pod uwagę napięcie wszystkich śrub jako równe sile odrywającej pokrywę przy próbie wodnej, zwiększonej o 10%.

Dla uproszczenia rachunku, możemy w pierwszym przybliżeniu nie uwzględniać wpływu pierścieniowej części płyty, będącej na zewnątrz szczelna. Uproszczenie takie wpływa na korzyść pewności.

Wychodzimy z ogólnych równań teorii płyt. Oznaczając przez M_1 i M_2 odniesione do jednostki długości momenty sił wewnętrznych, z których M_1 działa w kierunku promieniowym, a M_2 w kierunku prostopadłym do promienia, otrzymamy w naszym przypadku równania (1).

We wzorach tych

$$B = \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{g^3}{12}$$

oznacza sztywność zginania płyty, a C_1 i C_2 — stałe całkowania.

Rozpatrzmy po kolei obydwa wymienione składniki obciążenia.

1. Momenty zginające o natężeniu M

$$M = \frac{n \cdot N}{2\pi b} \cdot l.$$

Uwzględniając w równaniach (1), że w tym przypadku $p=0$, $P=0$ i że gdy $x=a$, $M_1=0$, gdy zaś $x=b$, $M_1=M$, określamy stałe całkowania C_1 i C_2 , otrzymując wreszcie równania (2).

Z równości tych widzimy, że miarodajnym do obliczenia momentem przy tym obciążeniu jest moment M_2 przy $x=a$ (oznaczymy go M'_{2a}) — przy krawędzi otworu.

$$M'_{1a} = 0, \quad M'_{2a} = 2 \frac{b^2}{b^2 - a^2} M$$

$$\text{i } M'_{1b} = M, \quad M'_{2b} = \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} M.$$

2. Hydrostatyczne ciśnienie p .

Uwzględniając w równaniu pierwszym z grupy (1), że w tym przypadku $M_{1a} = 0$ i $M_{1b} = 0$, określamy stałe całkowania C_1 i C_2 , a wstawiając je do równości (1) i przyjmując $\nu = 0,3$, otrzymujemy równości (3).

Z równości tych widzimy, że miarodajnym do obliczenia momentem i przy tym obciążeniu jest również moment M_2 przy $x=a$ (oznaczymy go M''_{2a}):

$$M''_{1a} = 0, \quad M''_{2a} = (0,0872 a^2 + 0,412 b^2) p;$$

$$M''_{1b} = 0, \quad M''_{2b} = (0,412 a^2 + 0,0872 b^2) p.$$

Z zestawienia obydwu składowych obciążenia wynika, że miarodajnym miejscem do obliczenia jest miejsce przy krawędzi otworu, gdzie panuje sumaryczny moment równoleżnikowy o natężeniu wyrażonym równością (4).

W obliczanym miejscu panuje jednoosiowy stan napięcia.

Naprężenie tam panujące oblicza się zwykłym wzorem na zginanie (5).

Całokształtu zagadnienia nie wyczerpano tu bynajmniej podaniem wzorów 1÷5, mianowicie: nie omówiono sposobu uwzględniania wpływu na wytrzymałość płyty pierścieniowej części znajdującej się na zewnątrz szczelna; poza wspomnianą już, druga osobliwość zagadnienia polega na tym, że po próbie wodnej i zmniejszeniu ciśnienia do roboczego, względnie do zera, naprężenia występujące w płycie nie spadną do wartości półtora-krotnie mniejszej, względnie do zera, lecz w pewnych warunkach mogą osiągnąć nawet wartość wyższą w porównaniu z tymi, które występują podczas próby wodnej przy półtorakrotnym ciśnieniu.

Na zakończenie podkreślam, iż nie uważam omawianej konstrukcji — przynajmniej przy znacznych wymiarach elementu — za konstrukcję polecenia godną; konstrukcja ta została nam narzucona dzięki pewnym warunkom dostawy przez zagraniczne zakłady, które obliczały ją w sposób rażąco swym prymitywizmem, wreszcie że przyjęcie takiego lub innego napięcia śrub jest zależne między innymi od sposobu uszczelnienia i materiału uszczelki i że wyniki podanego obliczenia będą poprawne dopiero wówczas, kiedy obciążenia śrub zostanie przyjęte zgodnie z rzeczywistością, co wymaga korzystania z danych doświadczalnych.

Przykład.

Dane. Projektowana płyta posiada następujące wymiary:

$$\begin{aligned} 2a &= 2 \times 12 = 24 \text{ cm} \\ 2b &= 2 \times 60 = 120 \text{ cm} \\ 2c &= 2 \times 69,5 = 139 \text{ cm} \\ 2d &= 2 \times 78,5 = 157 \text{ cm} \\ g &= 19 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ilość śrub $n = 20 \text{ } \varnothing 88 \text{ mm}$, $f = 60,8212 \text{ cm}^2$, ciśnienie robocze $p = 52 \text{ atn}$, próbne $P_{pr} = 52 \times 1,5 = 78 \text{ atn}$.

Obliczenie.

Napięcie 20 śrub (20 N), równoważące ciśnienie działające na płytę, wynosi:

$$20 N = p \frac{\pi (2b)^2}{4} = 588 000 \text{ kg};$$

$$N = 29 400 \text{ kg}.$$

Naprężenie w śrubie $\varnothing 88$, $f = 60,8212 \text{ cm}^2$

$$\sigma = \frac{N}{f} = 483 \text{ kg/cm}^2.$$

Naprężenie w śrubie przy napięciu o 10% większym, dla uzyskania szczelności, w porównaniu z ciśnieniem próbnym

$$\sigma_{pr} = 1,1 \cdot 483 \cdot 1,5 = 800 \text{ kg/cm}^2.$$

Odpowiadające napięcie w 20 śrubach

$$20 P_{pr} = 1,1 \cdot 588 000 \cdot 1,5 = 970 000 \text{ kg}.$$

Na jeden cm obwodu o średnicy 120 cm przypada:

$$\frac{n P_{pr}}{2\pi b} = \frac{20 P_{pr}}{\pi 120} = 2575 \text{ kg/cm.}$$

Wartość natężenia momentu M pary sił o ramieniu

$$l = \frac{1390 - 1200}{2} = 95 \text{ mm} = 9,5 \text{ cm.}$$

$$M = \frac{n P_{pr}}{2\pi b} \cdot l = 2575 \cdot 9,5 = 24\,450 \frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}}$$

Sumaryczny moment na jednostkę obwodu od napięcia śrub M'_{2a} i od ciśnienia hydrostatycznego M''_{2a}

$$L = M'_{2a} + M''_{2a} = 2 \frac{b^2}{b^2 - a^2} M + (0,0872 a^2 + 0,412 b^2) p = 50\,850 + 116\,800 = 167\,650 \frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}}$$

Oдноśne naprężenie wynosi:

$$\sigma = 6 \frac{L}{g^2} = \frac{6 \cdot 167\,650}{19^2} = 2790 \text{ kg/cm}^2.$$

O ile płyta zostanie wykonana ze stali o wytrzymałości 41—47 kg/mm², posiadającej granicę płynności około 2300 kg/cm², należy zgodnie z wyżej wymienionymi założeniami zwiększyć jej grubość przy wykroju conajmniej do $g = \sqrt{441} = 21 \text{ cm}$, dając nakładkę nie cieńszą niż 210—190=20 mm, na szerokości conajmniej równej $a=120 \text{ mm}$, należy ją zespalając z płytą.

Zadecydowano, iż obliczana w przykładzie płyta zostanie odkuta ze stali 41—47 kg/mm², ze średkowym zgrubieniem o 32 mm na średnicy 800 mm.

Problème singulier du calcul de la résistance

R é s u m é :

L'auteur indique d'abord que dans les cas spéciaux le calcul doit être déduit des principes de la théorie mathématique de l'élasticité, mais que parfois ce calcul n'est pas utile parce qu'on rencontre des difficultés de fabrication des éléments calculés lorsque leur dimensions sont trop grandes. Dans ce cas l'auteur propose d'augmenter les tensions admissibles de la flexion statique. Ensuite il montre le calcul du couvercle d'un réservoir soumis à une haute pression interne, raccordé au moyen des boulons à vis.

Nowoczesne turbiny parowe ze szczególnym uwzględnieniem turbin wysokoprężnych *)

Inż. dypl. K. Hoffman, Berlin, AEG.

Artykuł poniższy stanowił przedmiot odczytu wygłoszonego na zebraniu odczytowym SIMP i dlatego ukazuje się na łamach organu Stowarzyszenia. Mimo bowiem że oparty jest na danych jednej tylko ze znanych wytwórni turbin parowych, omawia temat w sposób całkowicie rzeczowy. Ogłaszając go zaznaczamy, że uzupełnienie tego referatu dodatkowymi materiałami, pochodzącymi bądź z innych placówek wytwórczych, bądź z instytucji naukowych lub z praktyki siłownianej, uważamy za nader pożądane.

R e d a k c j a.

I. Zasady budowy i metody pracy

TRZY warunki główne stanowią wytyczne budowy każdej turbiny parowej: najwyższa niezawodność ruchu, wysoka sprawność i długotrwałość.

Nie z a w o d n o ś ć ruchu uważać można za zależną w prostym stosunku od wielkości szczelin osiowych i promieniowych między częściami wirującymi i nieruchomymi turbin. Jest ona poza tym uwarunkowana prostotą i przejrzystością całości konstrukcji, a nie tylko poszczególnych części, jak łożyska, dławnice, sprężła itd. Wreszcie wpływa na nią w dużym stopniu możliwość łatwego i bezpośredniego kontrolowania wszystkich części wirujących i nieruchomych w ich wzajemnym położeniu oraz zabezpieczenie ustroju od szkodliwych następstw rozszerzalności i naprężeń cieplnych, występujących podczas pracy turbiny.

Wysoka s p r a w n o ś ć turbiny musi być zachowana również w warunkach stałej pracy. Ponieważ możliwe to jest tylko wtedy, gdy na sprawność nie wpływa zbyt silnie powiększanie się szczelin, którego w ruchu nie zawsze daje się uniknąć, przeto ważne jest uwzględnienie dużych szczelin odrazu przy budowie. Zbyt krótkie łopatki (poniżej 10 mm) nie zapewniają dobrej sprawności z uwagi na zakłócenia krawędziowe, należy ich zatem unikać. Dlatego też w instalacjach wysokoprężnych przy małych przepływach pary wysuwają się na czoło turbiny szybkiebieżne z przekładnią zębatą. Straty

wskutek nieszczelności należy utrzymywać na niskim poziomie przez szczególnie staranne wykonanie dławnic.

Długotrwałość turbiny wymaga, obok starannego doboru materiałów konstrukcyjnych, mocnych części składowych, zwłaszcza łopatek. Duże znaczenie ma także łatwość dostępu do poszczególnych części, pozwalająca na systematyczny dozór i staranną obsługę turbiny.

Jeżeli pod wymienionymi wyżej względami porównać przydatność obydwu zasadniczych typów turbin, mianowicie akcyjnych i reakcyjnych, w szczególności w odniesieniu do turbin wysokoprężnych, to — mimo teoretycznie nieco wyższych wartości sprawności łopatkowej turbin reakcyjnych — w praktyce, szczególnie przy małych i średnich ilościach pary, zaznacza się przewaga typu akcyjnego. Należy ją przypisać przede wszystkim większym szczelinom międzystopniowym, dopuszczalnym w ustroju akcyjnym, mniejszym średnicom uszczelnień dławnic wewnętrznych, mniejszej wartości liczby znamiennej Parsonsa przy równej sprawności, a zatem mniejszej liczbie stopni, wreszcie mocniejszej budowie łopatek, wynikającej już z samego profilu łopatek akcyjnych.

II. Tworzywa i wytrzymałość

Zastosowanie pary o wysokiej prężności i wysokiej temperaturze stawia konstruktorowi podwójne zadanie. Wzrost ciśnienia powoduje większe siły, wzrost temperatury obniża wytrzymałość materiału. Pewnym ułatwieniem jest tu okoliczność,

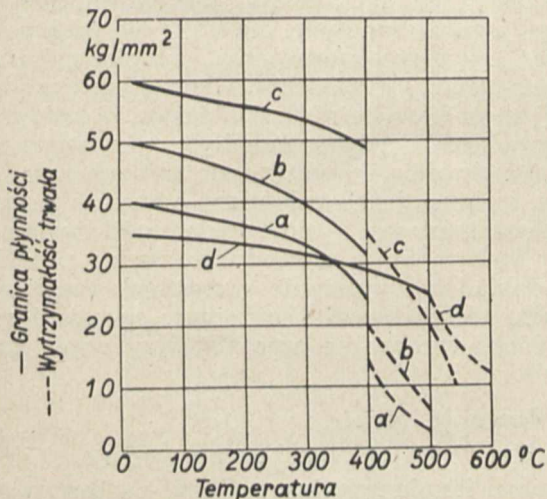
*) Skróc odczytu wygłoszonego w SIMP w dn. 21.II. r. b.

że do wysokich ciśnień potrzebne są z reguły, ze względów termodynamicznych, mniejsze wymiary. Natomiast wpływ temperatury wzrasta się w miarę jej wzrostu.

Aż do 350—400°C prawie dla wszystkich materiałów podstawę do ustalania naprężeń dopuszczalnych stanowi granica płynności w wysokiej temperaturze, wyznaczana w drodze zwykłej próby doraźnej wytrzymałości na rozciąganie, — z uwzględnieniem odpowiedniego współczynnika pewności (w budowie turbin 1:2,5); gdy jednak musimy się liczyć z temperaturą wyższą, to występują tak znaczne rozbieżności między wynikami prób doraźnych a długotrwałych, że wartości otrzymane z drugiego rodzaju prób nie mogą być pominięte w obliczeniu. Pręt stalowy, poddany dostatecznie dużemu obciążeniu rozciągającemu, po przekroczeniu granicy sprężystości wykazuje trwałe płynięcie lub tzw. pełzanie. W wytrzymałością trwałą nazywamy takie naprężenie graniczne, pod którego wpływem początkowe płynięcie materiału z biegiem czasu zatrzymuje się, a po którego przekroczeniu jednak należy się liczyć z nieustannym płynięciem aż do rozzerwania.

Do celów praktycznych ustalono odpowiednie próby krótkotrwałe w wysokiej temperaturze. Wynikiem ich są wartości przybliżone, które powinny być także skorygowane przez uwzględnienie odpowiedniego współczynnika pewności. Ponieważ jednak istotne własności materiału są tu wyznaczane dokładniej niż przy wyznaczaniu doraźnej granicy płynności, przeto dostatecznie dużym współczynnikiem mogłoby tu być stosunek 1:1,5.

Dla przykładu przyjrzyjmy się własnościom stali stosowanym najczęściej w budowie łopatek wirników (rys. 1). Dobra stal łopatkowa musi po-



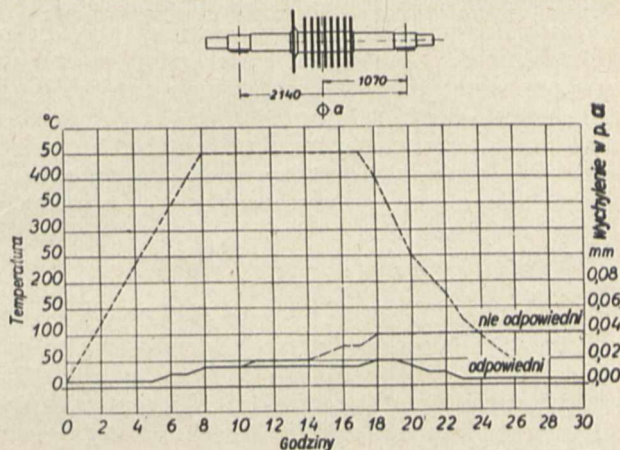
Rys. 1. Własności wytrzymałościowe stali łopatkowej w wysokich temperaturach.

a — stal o 5% Ni; b — stal o 13% Cr; c — stal Cr-Ni-Mo (Cr+Ni+Mo < 3,5%); d — stal Cr-Ni-W (18% Cr, 8% Ni).

siadać jednocześnie liczne własności, np. wysoką wytrzymałość również w wyższych temperaturach, ciągliwość (udarność), odporność na rdzewienie. Musi być ona w zależności od kształtu łopatek łatwą do lutowania i nitowania. Jest oczywiście rzeczą możliwą, że ta lub inna poszczególna własność osiąga w innych rodzajach stali wyższe wartości. Najszerze zastosowanie znajduje tu nadal 5%Ni-stal nikielowa. Stal Cr-Ni-Mo, zwłaszcza

czą pod względem wytrzymałości trwałej, ma przewagę nad 5%Ni-stalą nikielową i 13%Cr-stalą chromową, a więc nad zwykłą stalą nierdzewną, to też w coraz większym zakresie znajduje ona zastosowanie w budowie turbin wysokoprężnych. Stal taka daje się stosunkowo łatwo obrabiać, pod względem atoli odporności na rdzewienie zaledwie zbliża się do 5%Ni-stali nikielowej. Tylko do najwyższych temperatur musimy stosować stal wysokostopową 18/8.

Ale nawet gdy przekonamy się, że materiał posiada istotnie pożądane własności i gdy spełnione są również warunki wytrzymałościowe, stawiane poszczególnym częściom ustroju, to i wówczas nasze założenia konstrukcyjne mogą się zachwiać, albo zgoła załamać, jeśli istnieją w tworzywie naprężenia cieplne lub inne wady, nie dające się wykryć drogą zwykłych prób wyrywkowych. Dlatego też w budowie turbin stosuje się powszechnie, a zwłaszcza gdy wkracza się w zakres wysokich temperatur, dodatkowe metody badań najważniejszych części ustroju, a przede wszystkim wirników; metody te umożliwiają właściwą ocenę przydatności poszczególnych części turbinowych. Tak np. wprowadzono dla wirników turbinowych specjalną próbę cieplną (rys. 2). Przedmiot podlegają-



Rys. 2. Próba ruchu wirnika w wysokiej temperaturze.

cy badaniu zamocowuje się na pewnego rodzaju tokarce, zabezpieczonej od wypromieniowania za pomocą odpowiedniego płaszcza ochronnego, i podczas równomiernego obracania się z niewielką liczbą obrotów powoli i jednostajnie ogrzewa się za pomocą cewek elektrycznych lub płomienia gazowego do temperatury najczęściej 450°C, zasadniczo o 30 — 50°C powyżej temperatury roboczej. Proces tego nagrzewania trwa przez szereg godzin, po czym przedmiot badany równie powoli ochładza się. Wewnętrzne niejednostajności, asymetria, lub naprężenia wywołują przy takiej próbie podgrzewania wypaczenie się wału. Odkształcenia te mierzy się w wielu miejscach wału w ciągu całego czasu próby przy pomocy czujnika z dokładnością do 1/100 mm, po czym wyniki przenosi się na wykresy.

Jeżeli odkształcenie przekracza określoną, opartą na doświadczeniach, wartość, to odkucie odrzuca się lub conajmniej poddaje dodatkowej obróbce cieplnej i ponawia opisaną wyżej próbę. Po ukończeniu obróbki i ułopatkowaniu wirników turbinowych poddaje się ponownie tej próbie wszystkie wirniki pracujące w wyższej temperaturze,

aby móc z całą pewnością wykryć i usunąć wszelkie naprężenia, powstałe podczas obróbki. Tak oto musiał konstruktor turbin szukać po części nowych dróg i metod — poza próbami na rozerwanie, analizami, próbami wytrawiania — aby zdobyć pewność co do założeń, na jakich się opiera.

III. Górna i dolna moc krańcowa

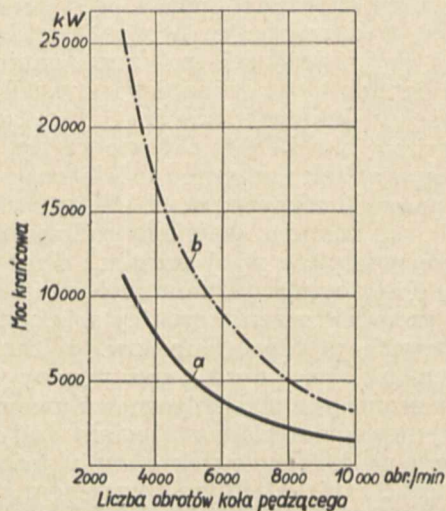
Moc krańcowa turbin kondensacyjnych określa się nie według części wysokoprężnej, której natężenia mogą być utrzymane na niskim poziomie, ale raczej wg. przekroju wylotowego, o ile moc ta nie jest już uwarunkowana wielkością napędzanej prądnicy.

Rozpatrując jednak moc krańcową turbiny wyłącznie samą w sobie, należy wziąć za podstawę porównania jednakową liczbę obrotów i jednakową liczbę przekrojów wylotowych. Wówczas można stwierdzić, że moc krańcowa jednokadłubowej turbiny o jednostrumieniowym przepływie pary, a więc takiej, w której nigdzie nie następuje podział strumienia pary, w ostatnich latach bardzo wybitnie wzrasta. Miarodajne dla wysokości tej mocy krańcowej są wymiary (średnica i długość łopatki) ostatniego stopnia. Udało się tu, po najstaranniejszych próbach wstępnych, wykonać średnicę stopnia 2 m (mierzoną na średnim obwodzie wieńca łopatek) i łopatki długości 500 mm, przy czym występujące naprężenia we wszystkich częściach nie przekraczają wartości normalnych. Obecnie jest już w ruchu cały szereg maszyn z takim stopniem końcowym, a również bardzo wiele znajduje się w budowie. Tego rodzaju wymiary możliwe są tylko przy budowie wirnika złożonego z poszczególnych tarcz na jednym ciągłym wale, nie zaś w turbinach bębnowych, w których naprężenia ze względu na siłę odśrodkową są znacznie wyższe i których części kute — ze względu na wymiary — mogą być wykonane mniej pewnie. Granica mocy jednokadłubowej turbiny o jednostrumieniowym przepływie pary z tego rodzaju kołem końcowym przy 3 000 obr./min wynosi — w zależności od temperatury wody chłodzącej — od 40 000 do 50 000 kW. Jeżeli zastosować taki sam stopień końcowy dwukrotnie — w dwukadłubowej turbinie o dwustrumieniowym przepływie pary w części niskoprężnej, to można osiągnąć również prawie dwukrotną moc, z czego można wyciągnąć wniosek, że — o ile chodzi o stosunki europejskie — to w najbliższej przyszłości nie byłoby bodaj potrzeby budowy turbin parowych o 1 500 obr./min.

Przechodząc do dolnej granicy mocy, należy zaznaczyć, że otrzymana rachunkowo sprawność termodynamiczna będzie uzyskana w rzeczywistości tylko wtedy, gdy dostateczna długość łopatek zredukuje do znośnych granic wpływ zakłóceń krawędziowych przepływu. Jeżeli dana jest określona średnia objętość przepływu, to długość łopatek można powiększyć jedynie przez zmniejszenie średnicy stopnia. Jeżeli się chce wtedy utrzymać stałą Σu^2 , to należy albo powiększyć ilość stopni, albo też zmniejszyć liczbę obrotów. Wysoką liczbę obrotów redukuje się przy pomocy przekładni zębatej do liczby odpowiedniej dla napędzanej prądnicy. Zagadnienie dolnej granicy mocy przy przejściu do turbin z przekładnią sprowadza się właściwie wyłącznie do zagadnienia największej liczby

obrotów, którą można dopuścić przy określonej mocy turbiny.

W normalnie budowanych turbinach, przy liczbie obrotów koła pędzącego, a więc i turbiny, 3 000 do 10 000 obr./min, można osiągnąć moc według krzywej *a*, rys. 3, tzn. jeszcze ok. 2 000 kW przy



Rys. 3. Moc krańcowa turbin z podwójną przekładnią o zębach skośnych przy różnych liczbach obrotów koła pędzącego.

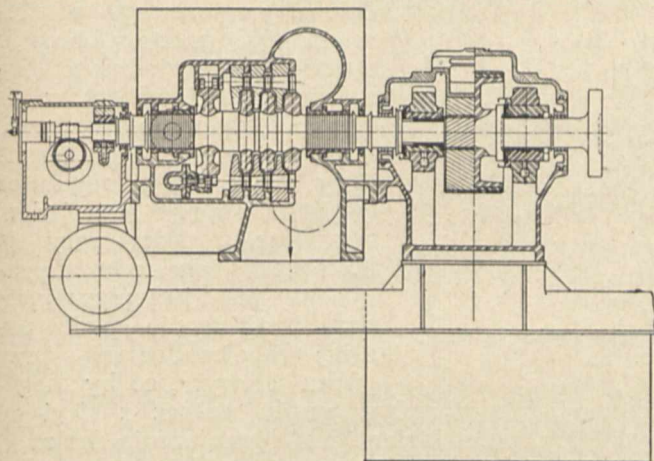
10 000 obr./min. Stosując specjalną konstrukcję trzykrotnie ułożyskowanego koła pędzącego osiąga się nawet moce krańcowe prawie dwukrotnie wyższe. W każdym razie moce te wystarczają całkowicie do uczynienia zadość wymogom technicznym, z którymi konstruktor musi się liczyć ze względu na przepływ pary. Ponieważ wysoka liczba obrotów nie jest jednoznaczna z wysoką szybkością obwodową, a więc z dużą siłą odśrodkową, lecz raczej oznacza przede wszystkim małe wymiary, a co za tym idzie, nie tylko nie większe, lecz nawet mniejsze naprężenia, przeto pokutująca jeszcze gdzieś obawa wysokich liczb obrotów jest całkowicie nieuzasadniona. W każdym razie przekładnia zębata musi być wykonana z tą samą starannością i według tych samych zasad, co i sama turbina, jeżeli całość ma stanowić jednostkę pełnowartościową. Prócz dokładności wykonania, duży wpływ na niezawodność ruchu przekładni ma dokładne wyważenie wszystkich części wirujących, ułożyskowanie, sprzężenie, montaż i wreszcie dobre wykonanie oraz staranny dozór smarowania.

IV. Rodzaje turbin

1) Turbiny kondensacyjne.

Czysto kondensacyjne turbiny, zwłaszcza o dużej mocy, są to przeważnie turbiny dla siłowni użyteczności publicznej. Małe turbiny kondensacyjne są jednak stosowane również w siłowniach przemysłowych, które albo nie mają wcale, albo też mają bardzo nieznaczne zapotrzebowanie pary grzejnej, np. w walcowniach, fabrykach maszyn i t. p., lub też w przemyśle, który ma do dyspozycji taki nadmiar pary odlotowej o ciśnieniu jeszcze nie wykorzystanym, że może tą parą pokryć całkowicie lub częściowo swe zapotrzebowanie prądu, zużytkowując ową parę odlotową w turbinie kondensacyjnej; takie warunki bywają np. w cementowniach, kopalniach, Wreszcie turbiny kon-

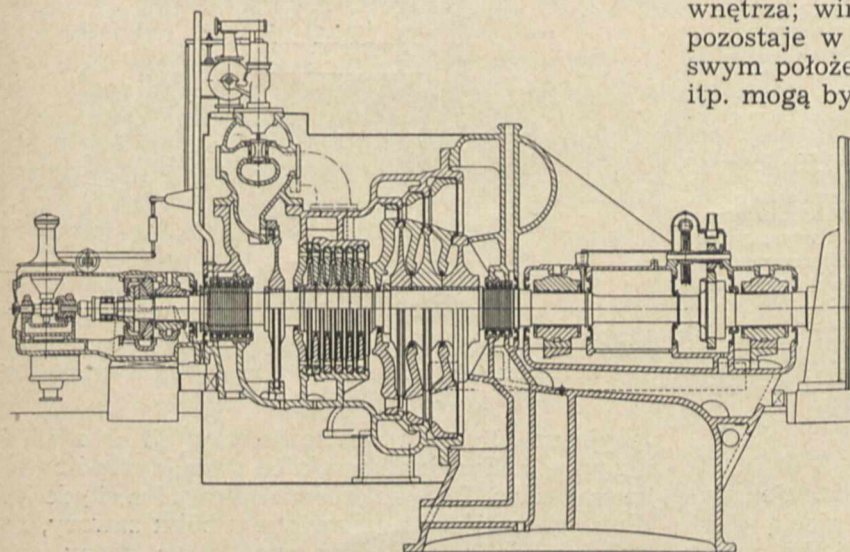
densacyjne stosowane są w takich siłowniach przemysłowych, które choć wytwarzają większość prądu przy użyciu maszyn przeciwprężnych, to jednak dla wyrównania swych potrzeb pobierają prąd wytwarzany przez turbiny kondensacyjne.



Rys. 4. Mała turbina kondensacyjna AEG o mocy 500 kW, $n=12\ 000/3\ 000$ obr./min.

Rys. 4 obrazuje ustrój jednej z najmniejszych turbin kondensacyjnych o mocy około 500 kW, pracującej przy 12 000 obr/min, która przez przekładnię napędza prądnicę o 3000 obr/min. Szczególną cechą tej turbiny są jej wyjątkowo małe rozmiary i odpowiednio nie duża waga. Średnica wieńca łopatkowego wynosi 300 do 350 mm. Rozprężanie pary dolotowej w dyszy odbywa się do takiego ciśnienia, że we właściwym kadłubie turbiny nie panują już ciśnienia wyższe od normalnych.

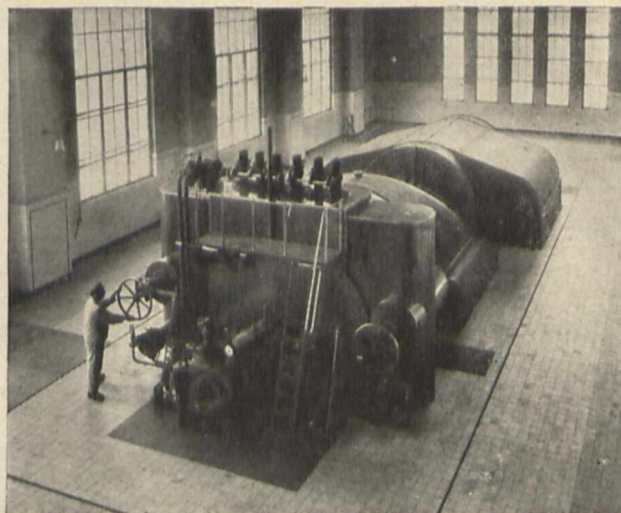
Jeżeli chodzi o parę dolotową o mniejszej prężności, a być może również o nieco wyższą moc, to wystarczają tu mniejsze liczby obrotów, przy czym średnice poszczególnych stopni turbinowych mogą być większe. Tego rodzaju turbiny o 5000 do 8000 obr/min stosuje się do mocy ok. 2000 kW. Wykonywane są one często dla średniej wielkości cementowni, a również dla fabryk włókienniczych, przędzalni wełny czesankowej oraz juty. Przeważnie służą one wyłącznie do napędu prąd-



Rys. 5. Duża jednokadłubowa turbina kondensacyjna o mocy 40 000 kW, $n=3\ 000$ obr./min.

nic prądu stałego lub zmiennego, czasem jednak również do napędu wału transmisyjnego poprzez koło linowe lub t. p. Ażeby możliwie obniżyć także koszty budynków dla tego rodzaju niewielkich urządzeń turbinowych, można odstąpić od powszechnie stosowanego przy turbinach kondensacyjnych podpiwniczenia i ustawić kondensator, wzgl. kondensatory, na tym samym poziomie, obok turbiny.

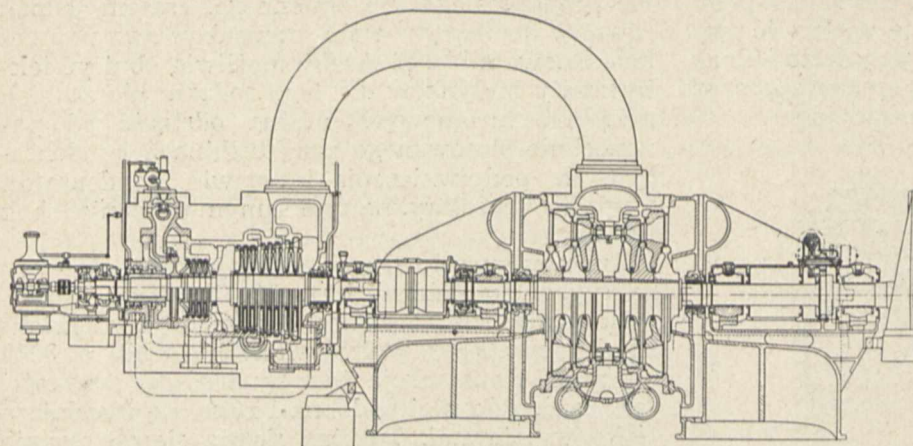
Typowy przykład najczęściej dziś stosowanych jednokadłubowych turbin kondensacyjnych uwidoczni rys. 5. Jest to jedna z największych dotychczas wybudowanych turbin o 3000 obr/min. Konstrukcja turbiny średniej wielkości jest bardzo do niej podobna i różni się zasadniczo tylko wymiarami. Turbina składa się ze stopnia regulacyjnego większej średnicy, częściowo zasilanego, następnie z pewnej liczby stopni mniejszej średnicy, które poczynając już od drugiego stopnia są zasilane na całym obwodzie wieńca dość już długich łopatek, wreszcie z 3-ch stopni końcowych większej średnicy. Rysunek wskazuje wyraźnie



Rys. 6. Widok turbiny kondensacyjnej AEG z rys. 5. $N=40\ 000$ kW, $n=3\ 000$ obr./min.

prostotę całej turbiny oraz łatwość dostępu do jej wnętrza; wirnik po zdjęciu górnej części kadłuba pozostaje w stosunku do dolnej części tegoż w swym położeniu roboczym, zaś wszelkie szczeliny itp. mogą być bezpośrednio zmierzone. Rys. 6 podaje wygląd zewnętrzny takiej dużej turbiny w siłowni.

Turbiny kondensacyjne typu akcyjnego o ustroju tarczowym można więc budować na stosunkowo dużą moc i duże ciśnienie jako jednokadłubowe, utrzymując sprawność całkowicie konkurencyjną. Gdy zaś wchodzi w grę bardzo duże ilości pary, wówczas najbardziej celowy jest ustrój dwukadłubowy z dwustrumieniowym przepływem pary w części niskoprężnej (rys. 7). Tego rodzaju turbiny buduje się o mocy ok. 40 000 kW przy 3 000 obr/min. Obecnie np. są budowane w jednej



Rys. 7. Dwukadłubowa turbina kondensacyjna o mocy $N = 50\ 000\ \text{kW}$, $n = 3\ 000\ \text{obr./min}$.

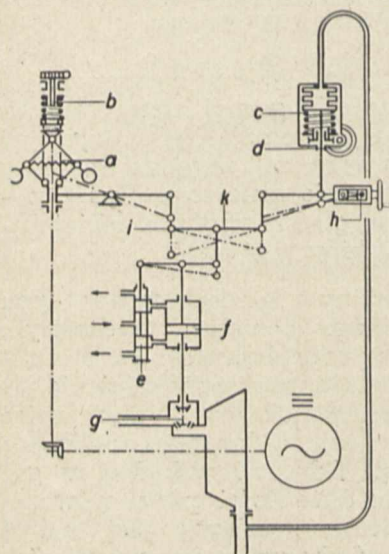
z fabryk niemieckich (AEG) 2 turbiny o mocy 50 000 kW o ciśnieniu pary dolotowej 110 at przy 500° C. Ten typ turbin wykonywany jest obecnie aż do ok. 80 000 kW, zaś do ciepłej wody chłodzącej aż do 100 000 kW, przy tym jednak napędzana prądnica musi być budowy specjalnej z chłodzeniem wodorem, zamiast chłodzenia powietrzem.

2) Turbiny przeciwpiężne.

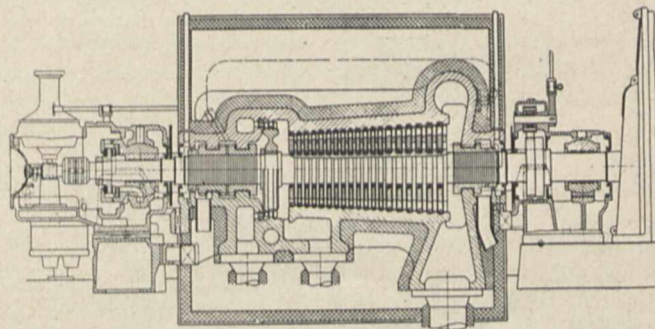
Turbiny przeciwpiężne, niesłusznie nazywane czasem wyłącznie przemysłowymi, nie mają tych możliwości wyrównawczych, jakie dają turbinom kondensator. Przy turbinie przeciwpiężnej można więc regulować tylko albo moc, albo też ilość pary, t. zn. ogólnie biorąc ciśnienie wylotowe. Przy regulowaniu wg. zapotrzebowania pary, zmienia się moc stosownie do ilości przepływającej pary. W związku z tym prądnica musi być dla wyrównania mocy sprzężona z obcą siecią elektryczną. Jeżeli w przeciwpiężnej sieci parowej powstają raptowne i duże zmiany odbioru pary, to przy odpowiednim ukształtowaniu regulacji, obok regulatora ciśnienia może pozostać w ruchu również

spowodować przepływ prądu wstecz z sieci do prądnicy, przewidziane jest ograniczenie skoku h , za pomocą którego można nastawić podczas ruchu najmniejsze napełnienie, na jakie pozwala regulator ciśnienia.

Pomijając wypadki, w których zawsze zużywa się więcej pary niż mocy, a więc wypadki, gdy w grę wchodzi najprostsze jednostopniowe turbiny przeciwpiężne, żąda się oczywiście, by i przeciwpiężne turbiny pracowały z wysoką sprawnością, to znaczy by można było z pary potrzebnej do celów fabrykacyjnych wydobyć maximum mocy. Również i takie turbiny buduje się, w zależności od wypadku, jako turbiny przeciwpiężne kilku, a nawet wielostopniowe. Turbiny przeciwpiężne o małym przelisku pary wykonywane są jako maszyny z przekładnią zębatą, przy tym ilość obrotów dochodzi obecnie, podobnie jak i w turbinach kondensacyjnych, do ok. 12 000 na min. Do dostatecznie dużego przelisku pary stosuje się turbiny bezpośrednio sprzężone z prądnicami. Jako przykład parostopniowej turbiny przeciwpiężnej o 3 000 obr/min niech posłuży turbina uwidocziona na rys. 9 o ustroju przyjętym dla maszyn wysokopiężnych. Jest to turbina jednokadłubowa wysokopiężna o jednym dwuwięciowym stopniu regu-



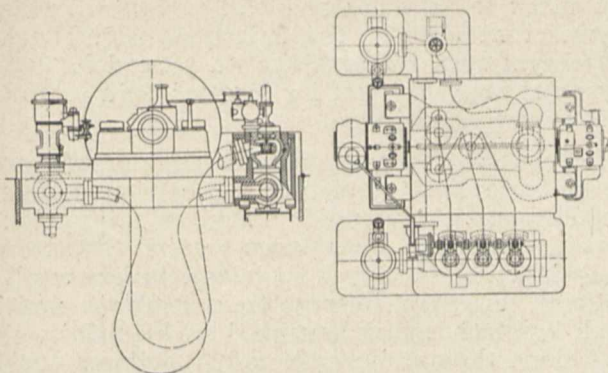
Rys. 8.
Regulacja turbiny przeciwpiężnej.
a — regulator liczby obrotów;
b — mechanizm do nastawiania liczby obrotów;
c — regulator przeciwpiężności;
d — urządzenie do nastawiania ciśnienia;
e — suwak regulacyjny;
f — tłoczek serwowatora;
g — regulacja pary dolotowej;
h — mechanizm ograniczający wychylenie;
i — punkt obrotu;
k — dźwignia do przestawiania.



Rys. 9. Turbina przeciwpiężna AEG, $N=17\ 000\ \text{kW}$, $n = 3\ 000\ \text{obr./min}$; ciśnienie dolotowe 105 atn, temp. 500°, przeciwciepłota 25 atn.

i regulator obrotów, o ile prądnica pracuje równolegle z dostatecznie rozległą obcą siecią elektryczną. Jeżeli jednak sieć ta jest niewielka, a przy tym występują w niej duże zmiany częstotliwości, to regulacja za pomocą regulatora przeciwpiężnego musi się odbywać przy wyłączonym regulatorze obrotów (rys. 8). Jeżeli przy tym układzie działa regulator ciśnienia, to należy doprowadzić do najniższego położenia tuleję regulatora obrotów a drogą odpowiedniego nastawienia liczby obrotów. W tym położeniu punkt obrotu i należy uważać jako punkt stały, wobec czego regulator ciśnienia pracuje sam jeden, regulując dopływ pary g . Ażeby przy tego rodzaju pracy ilość pary przepływającej przez turbinę nie spadła poniżej zapotrzebowania przy ruchu jałowym, co by mogło

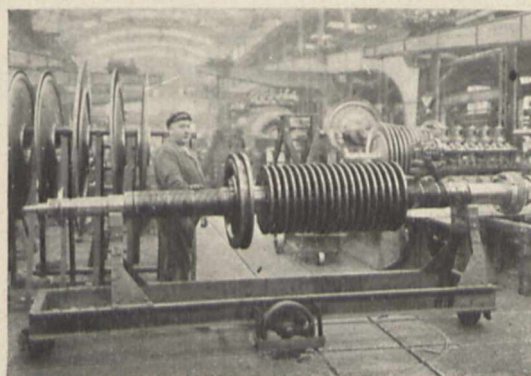
spowodować przepływ prądu wstecz z sieci do prądnicy, przewidziane jest ograniczenie skoku h , za pomocą którego można nastawić podczas ruchu najmniejsze napełnienie, na jakie pozwala regulator ciśnienia. Pomijając wypadki, w których zawsze zużywa się więcej pary niż mocy, a więc wypadki, gdy w grę wchodzi najprostsze jednostopniowe turbiny przeciwpiężne, żąda się oczywiście, by i przeciwpiężne turbiny pracowały z wysoką sprawnością, to znaczy by można było z pary potrzebnej do celów fabrykacyjnych wydobyć maximum mocy. Również i takie turbiny buduje się, w zależności od wypadku, jako turbiny przeciwpiężne kilku, a nawet wielostopniowe. Turbiny przeciwpiężne o małym przelisku pary wykonywane są jako maszyny z przekładnią zębatą, przy tym ilość obrotów dochodzi obecnie, podobnie jak i w turbinach kondensacyjnych, do ok. 12 000 na min. Do dostatecznie dużego przelisku pary stosuje się turbiny bezpośrednio sprzężone z prądnicami. Jako przykład parostopniowej turbiny przeciwpiężnej o 3 000 obr/min niech posłuży turbina uwidocziona na rys. 9 o ustroju przyjętym dla maszyn wysokopiężnych. Jest to turbina jednokadłubowa wysokopiężna o jednym dwuwięciowym stopniu regu-



Rys. 10. Rozmieszczenie zaworów odcinających i regulacyjnych turbiny przeciwnieprężnej.

ne tak nisko, by mogły tworzyć dostatecznie giętkie łuki.

Wirnikiem najbardziej nadającym się do tego rodzaju kilka i wielostopniowych przeciwnieprężnych turbin akcyjnych, o ile średnica stopnia nie przekracza 800 mm, jest wirnik, którego pojedyncze tarcze wraz z wałem wykonane są z jednego kawała (rys. 11). Tego rodzaju sposób wykonania



Rys. 11. Wirnik turbiny przeciwnieprężnej $N=8\ 600$ kW, $n=3\ 000$ obr./min.

wirnika posiada przede wszystkim zaletę dobrego wyrównywania ciepła przy zmieniających się temperaturach pary, — nie ma tu bowiem nigdzie dużego skupienia materiału, a stal styka się z parą i ogrzewa na bardzo dużej powierzchni. Nie może więc tu nastąpić znaczniejsza nierównomierność rozdziału ciepła, a co za tym idzie — paczanie się wirnika. Z drugiej strony wirnik taki, którego tarcza i wał stanowią jedną całość, będąc pozbawiony wszelkich sztucznych połączeń, stanowi dla wysokich temperatur najprostszą jaką da się pomyśleć konstrukcję. Obawa co do ew. odkształceń cieplnych takiego wirnika na skutek przypadkowego zatarcia w dławnicach lub tp. jest na ogół nieznaczna, gdyż w miejscach tych, mianowicie na obwodzie wału, panują tylko nieznaczne szybkości obwodowe, a poza tym obawę tę można w sposób wydatny jeszcze obniżyć przez zastosowanie rowków ochronnych na wirniku naprzeciw grzebieni dławnic. Oczywiście warunkiem, by ruch odbywał się bez zakłóceń, jest użycie wysokowartościowych materiałów, dokładna ich obróbka mechaniczna i

ciepna, czego sprawdzianem jest wspomniana już wyżej specjalna próba ogrzewania w ruchu.

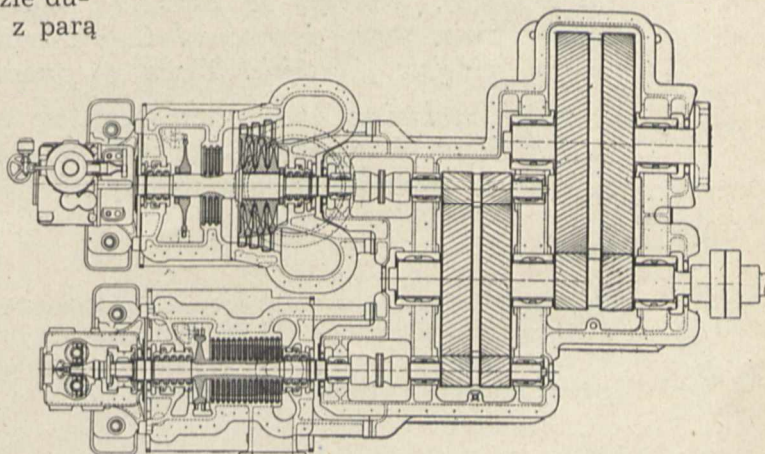
Liczba uruchomionych w ostatnich latach na terenie Niemiec wysokoprężnych turbin przeciwnieprężnych o mocy jednostkowej do 20 000 kW jest niezwykle duża. W jednej tylko wytwórni AEG podjęto dotychczas budowę ok. 50 maszyn o łącznej mocy ok. 1 miliona kW o ciśnieniu powyżej 50 at, z których połowa jest już w ruchu.

3) Turbiny upustowe.

Turbina kondensacyjno-upustowa pozwala na jednoczesną dowolną regulację mocy i ilości pary przy określonym ciśnieniu pośrednim, tak że podczas pracy równoległej nie występują wahania mocy, zaś przy korzystaniu z pary upustowej nie zachodzą wahania liczby obrotów. Turbiny upustowe wykonywane są naturalnie również o małej mocy — jako turbiny z przekładnią zębatą. Jeżeli ilość pary upustowej ulega silnym wahanom, a przy tym spadek adiabatyczny pomiędzy ciśnieniem pary dolotowej i upustowej nie jest duży, to część przeciwnieprężną turbiny tworzy samo koło Curtisa, łatwe do regulowania. Jeżeli natomiast duże są wahania mocy przy niedużych wahanach ilości pary upustowej, to część kondensacyjną wykonywa się z jednym lub niewielką ilością stopni. Gdy warunki są wyrównane, to najbardziej celowym jest wykonanie wielostopniowe obydwu części.

Szczególną postacią dwukadłubowej turbiny upustowej jest konstrukcja o dwu równoległych wałach, a więc złożona z dwu obok siebie położonych turbin współpracujących, z których każda poprzez koło pędzące napędza wspólne koło zębate (rys. 12), a to z kolei napędza — poprzez drugi stopień przekładni — maszynę roboczą. Zaletą tej często w ostatnich latach wykonywanej konstrukcji jest nadzwyczaj zwarta budowa i małe wymiary. Może być przy tym korzystne zastosowanie części wysokoprężnej o innej liczbie obrotów niż część niskoprężna, co przy tego rodzaju układzie jest zawsze możliwe do urzeczywistnienia.

Podobnej budowy lub też jako dwukadłubowe turbiny jednowałowe, a w pewnych wypadkach



Rys. 12. Dwukadłubowa turbina upustowa o układzie dwuwałowym, 3 500 kW, 5 500 obr./min, napędzająca prądnicę o 1 000 obr./min oraz ściernicę (do wyrobu miazgi drzewnej) o 250 obr./min.

nawet jako turbiny jednokadłubowe, budowane są turbiny z paroma regulowanymi upustami.

Przy regulacji takich turbin istnieje możliwość dowolnego jednoczesnego nastawienia mocy i obydwu ciśnień upustowych, gdyż niezbędne wyrównanie daje część kondensacyjna. Bardzo ważne jest przy tym zastosowanie regulacji sprzężonej, ażeby przy zmianie obydwu ilości upustowych oraz mocy nie działały kolejno wszystkie regulatory jeden za drugim, gdyż mogłoby to łatwo wprowadzić je w trwałe ruchy wahadłowe.

Podobnie jak z turbin kondensacyjnej, można naturalnie wprowadzić upust pary z turbiny przeciwprężnej, jeżeli oprócz pary o ciśnieniu odlotowym potrzebna jest jeszcze para o ciśnieniu pośrednim. Możliwości regulacji są wtedy następujące: albo reguluje się ciśnienie upustowe i przeciwciśnienie (wówczas moc jest jednoznacznie ustalona), albo też jedno z ciśnień — najczęściej ciśnienie pary upustowej — i wówczas reguluje się moc, a drugie ciśnienie musi służyć do wyrównania.

V. Kierunki rozwoju

Przechodząc na zakończenie do krótkiego wskazania tendencji rozwojowych, należy podkreślić, że na pierwszy plan wysuwa się dążenie do wprowadzenia pary wysokoprężnej. Można stwierdzić krótko, że udało się już obecnie rozwiązać zagadnienie budowy także turbin wysokoprężnych o bardzo wysokiej sprawności, nie umniejszając bar-

dzo przez to ani niezawodności ruchu, ani przejrzystości urządzenia. Znajdujące się więc obecnie w pełnym rozwoju przejście na parę dolotową o wysokiej prężności jest i z tego względu całkowicie usprawiedliwione.

Obraz ten jednak dla małych mocy przedstawia się na razie nieco odmiennie. Tu bowiem zarówno współczynniki sprawności turbin są niższe, jak i koszt urządzenia stosunkowo wyższe. Stworzenie małych wysokoprężnych instalacji turbinowych z kotłami, turbinami i osprzętem o możliwie obniżonych kosztach zainstalowania i ruchu należy niewątpliwie do najbliższych zadań budowy turbin wysokoprężnych, przy tym — o ile chodzi o samą turbinę — wymagany byłby dalszy wzrost liczby obrotów.

Les turbines à vapeur modernes, en particulier les turbines à haute pression

Sommaire:

Exigences de la construction et du marche. Matériaux et leur résistance. Puissance extrême, supérieure et inférieure. Construction et travail de divers types des turbines: turbines à condensation, à contre-pression et à soutirage. Tendances du développement.

DZIAŁ SPRAWOZDAWCZY

Śląsk Zaolzański *Przeżyliśmy niedawno dni o znaczeniu historycznym. Zachwiała się w swych podstawach równowaga pokojowa Europy. Poniosły klęskę moralną kraje, które nie znalazły dość mocy ducha, a zatem i siły ramienia. Naród sąsiadujący z nami od południa przeżył bolesną tragedię. Wzrosły wybitnie siły naszego sąsiada za miedzą zachodnią.*

Polska w zmaganiach tych odzyskuje prastare swe ziemie Śląska Zaolzańskiego, które niezmierną mocą twardego ich ludu potrafiły się oprzeć wiekowej niewoli i uciskowi lat ostatnich. Wracają do Macierzy małe Fej skrawki, lecz jakże Fej drogie, jak bohaterskie w swym wytrwaniu! Cały Naród patrzy na nie z przepelnionym radością sercem, wołając: „Witajcie! Teraz na zawsze z nami!”

A z tym wołaniem serdecznym łączy się zrozumienie głębokie, co warta jest moc ducha, wiąże się pragnienie dalszego pomnożenia sił Narodu, by z wszelkich prób dziejowych wychodził zawsze zwycięsko!



Gdy Śląsk Zaolzański wraca w granice Rzeczypospolitej, musimy go poznać bliżej. Poza jego siłami duchowymi, budzącymi w nas słuszny podziw, poznać musimy też jego dobra materialne, jego wartości techniczno-przemysłowe. To też podajemy poniżej krótkie, wstępne zestawienie, charakteryzujące główne dziedziny wytwórczości tej ziemi.

POWIERZCHNIA terytorium obejmowanego nazwą Śląska Zaolzańskiego wynosi 1 274 km², licząc 3 powiaty: Cieszyński, Frysztacki i Frydecki. 2 objęte już przez Polskę powiaty (Cieszyński i Frysztacki) mają 801,5 km², a zamieszkuje je ok. 250 tys. mieszkańców (227 399 miesz-

kańców wg spisu z r. 1930 *); w tej liczbie ludności napływowej z Czechosłowacji, przybyłej w latach 1920 — 1930, jest 69 614, tj. ok. 30% obecnego zaludnienia. Na terenie przyłączonych do Polski powiatów mieści się 2 794 przedsiębiorstw prze-

* Gęstość zaludnienia wynosi więc dziś 812 osób na 1 km².

mysłowych, rozporządzających mocą zainstalowaną maszyn 211 000 KM i zatrudniających okragło 50 tys. osób. Z tej liczby na górnictwo przypada 23 tys. osób, a na hutnictwo i przemysł metalowy — 22 tys.

Ziemie uprawne w omawianych powiatach obejmują 50 tys. ha, lasy — 22 tys. ha.

Rozmieszczenie i produkcję zakładów górniczo-hutniczych na Śląsku Zaolzańskim ilustruje poniższa tabela wraz z mapką (rys. 1).

Górnictwo węglowe.

Ogólne zasoby węgla kamiennego na omawianym obszarze oceniane są na ok. 5 miliardów t, z czego ok. 2 miliardów przypada na okręg karwiński, a ok. 3 miliardów — na okręg Ostrawski. Przybliżona produkcja roczna zagłębia Ostrawsko-Karwińskiego wynosiła ostatnio ok. 7½ mio t węgla i 800 tys. t koks. Najwięcej węgla wydobywa się w Karwinie, przy czym jest to — jak wiadomo — węgiel szczególnie cenny, gdyż (z małymi wyjątkami) dający wysokiego gatunku koks metalurgiczny. Obszar zwrócony Polsce wydobywał ostatnio ok. 4 milionów t węgla rocznie. Do niedawna niemal całe wydobycie węgla na Śląsku Zaolzańskim i ok. 60% koks zużywał rynek czeski, resztę (ok. 40% koks) wywożono zagranicę.

Hutnictwo.

Zakłady hutnicze znajdują się w Trzyńcu, Boguminie i we Frydku-Lipinach. Największe zakłady i najlepiej urządzone — jedne z większych w Europie — to huta Trzywiecka.

Huta w Trzyńcu posiada 4 wielkie piece o produkcji 210 — 650 t na dobę oraz 13 pieców martenowskich o pojemności 15 — 120 t. Produkcja tej huty wynosiła (w tys. tonn):

| Rok | Surówka | Stal |
|------|---------|------|
| 1929 | 475 | 513 |
| 1930 | 431 | 452 |
| 1931 | 348 | 390 |
| 1932 | 150 | 188 |
| 1933 | 156 | 194 |
| 1934 | 164 | 210 |

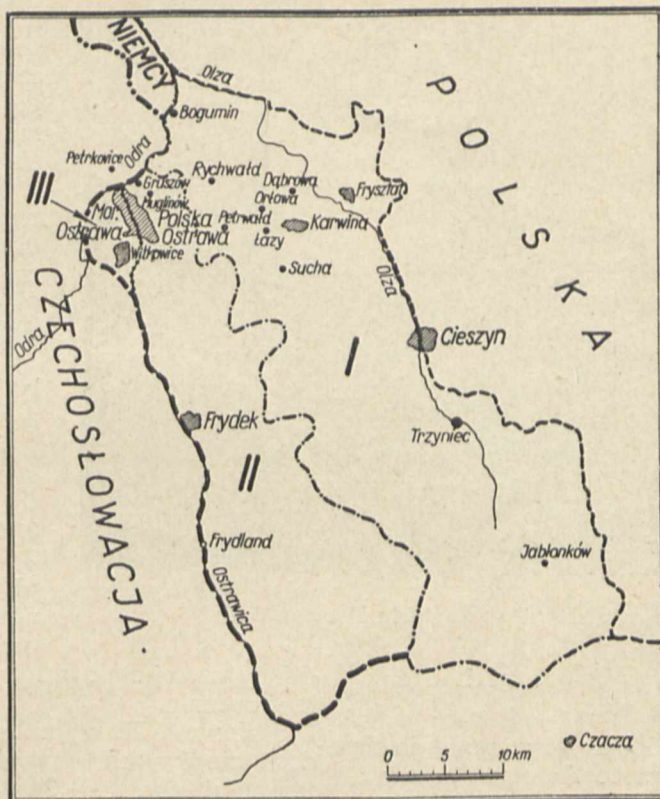
Zakłady Trzywieckie zostały zbudowane w r. 1839 przez arcyks. Karola Habsburga; od roku 1905 są własnością tow. „Béňska a hutni společnost“ w Pradze.

Trzy wielkie piece zostały zbudowane w latach 1906—1912, czwarty — w r. 1923. Pojemności ich i produkcja dzienna są następujące:

| | | |
|-----|----------------------|---------|
| I | — 300 m ³ | — 210 t |
| II | — 300 „ | — 280 „ |
| III | — 320 „ | — 330 „ |
| IV | — 473 „ | — 650 „ |

We wsadzie używa się:

30% syderytów słowackich o zawartości 30—40% Fe,
30% magnetytu szwedzkiego,
10% hematytu krzyworońskiego,
10% wypalków pirytowych,



Rys. 1. Mapka Śląska Zaolzańskiego.

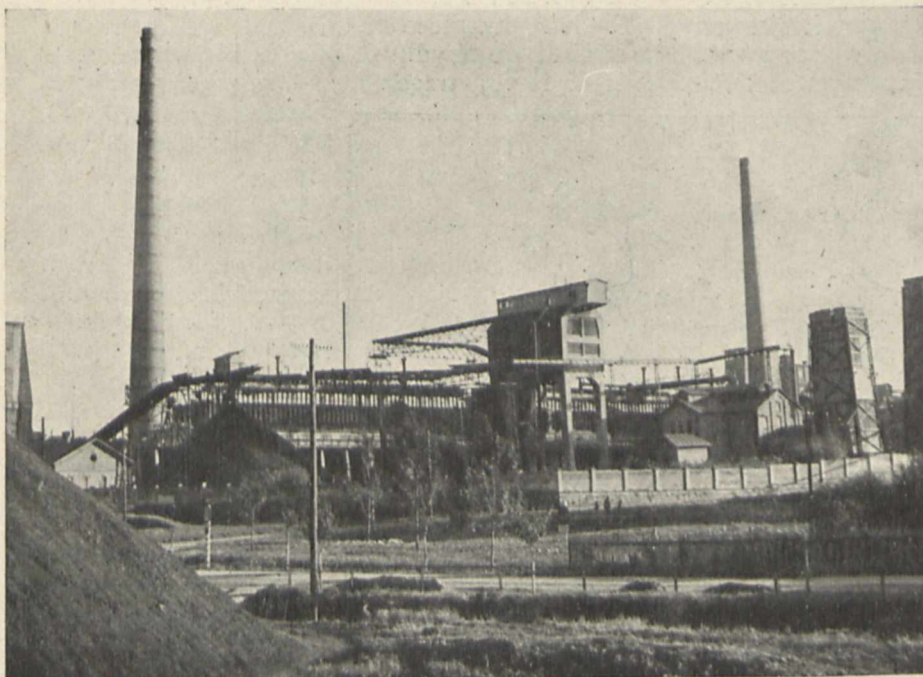
I — obszar zwrócony Polsce do dn. 10.X.1938;
II — obszar sporny polsko-czeski;
III — obszar sporny czesko-niemiecki.

TABELA.

Rozmieszczenie zakładów górniczo-hutniczych na Śląsku Cieszyńskim.

| Zakłady przemysłowe | Śląsk Cieszyński historyczny | | |
|---------------------|---|---|--|
| | Obszar plebiscytowy z roku 1919 (na wschód od Ostrawicy) | | Obszar na zachód od Ostrawicy |
| | Obszar zwrócony Polsce 1—10.X. 1938 r. (Powiaty cieszyński i frysztacki) | Obszar sporny polsko-czeski (Frydek i Polska Ostrawa) | Obszar sporny czesko-niemiecki (Morawska Ostrawa) |
| | I | II | III |
| Huty | Trzyńciec . . . 475 000 t surówki 515 000 „ stali Bogumin . . . 75 000 „ drutu | Karlova Huta . . . 62 000 t blachy | Witkowice . ~ 750 000 t surówki ~ 800 000 t stali |
| Koksownie | Trzyńciec (huta) 370 000 t Łazy 300 000 „ Jan (Karwina). 175 000 „ Hohenegger . . 175 000 „ Wacław (Orłowa) 90 000 „ 1 110 000 t | Trojice (Pol. Ostrawa)—110 000 t | Karolina (Witkowice) . 690 000 t Witkowice — Huta . . 215 000 „ Franciszek (Mor. Ostr.) 520 000 „ Ignacy „ „ 460 000 „ 1 885 000 t |
| Kopalnie | 17 kopalń węgla | 12 kopalń węgla | 8 kopalń węgla (w tym 2 za Odrą) |
| | Razem I i II: 3 huty żelazne i walcownie (515 000 tonn stali) 6 koksowni (1 220 000 tonn koks) 29 kopalń węgla (ok. 8 000 000 tonn węgla). | | |

U w a g a: Podane w tabeli i w artykule cyfry dotyczące hutnictwa żelaznego zaczerpnięto z artykułu prof. Otokara Quadrat'a „La situation de l'industrie sidérurgique en Tchecoslovaquie“, ogłoszonego w „Revue de Métallurgie“ XXXII, 1935, str. 469.
Cyfry dotyczące produkcji węgla i koks zaczerpnięto z książki A. Križ'a „The Iron and Steel Industry in Czechoslovakia“, Praga 1930.



Rys. 2. Fragment koksowni w Zagłębiu Karwińskim.

resztę stanowią materiały różnego pochodzenia, zużle martenowskie, zendra etc.

Przed aglomeracją wypalki piritowe poddaje się żarzeniu chlorującym (2 piece Ramen-Beskow o zdolności przerobczej 3 300 t surowca miesięcznie każdy) i przeróbce chemicznej, w celu oddzielenia miedzi, kobaltu i cynku, otrzymując (rocznie):

- 1 200 t miedzi 96%,
- 80 t koncentratu kobaltowego 10%,
- 1 000 t koncentratu cynkowego 92%,
- 5 000 t siarczanu sodu.

W dalszym ciągu wypalki i materiały miękkie są spiekane w trzech piecach obrotowych syst. Schmidt'a, długości 47 m, średnicy wewn. 2,4 m. Dzienna produkcja aglomeratu dochodzi do 210 t, o zawartości 62% Fe; 1,2% Mn; 0,02% S i 0,04% P, przy 10-procentowym zużyciu paliwa (mieszanka 50% koksu i 50% węgla).

Rozchód paliwa w wielkich piecach wynosi:

- Piec I — 1 140 kg/t,
- Piec II—IV — 780—820 kg/t.

Zawartość żelaza we wsadzie — średnio 54%.

Powietrze podgrzewa się w 15 nagrzewnicach Cowpera do 800 — 850° C, przy czym ciśnienie wynosi 0,5 — 0,6 atm w starych piecach, zaś 1 — 2,1 atm w nowym.

Żużla otrzymuje się 600 — 680 kg na 1 t surowki odlew-

niczej, 480—550 kg — na 1 t surowki martenowskiej.

Gaz wielkopiecowy stosuje się do ogrzewania nagrzewnic i pędzenia dmuchaw; w stalowniach używa się mieszaniny gazu wielkopiecowego z koksownianym; do alomeracji i brykietowania stosują czysty gaz koksowy.

Jako rezerwa służą dwa generatory gazowe wysokiego ciśnienia o zdolności przerobczej 200 t koksu dziennie.

Zakłady trzyńskie posiadają 2 stalownie.

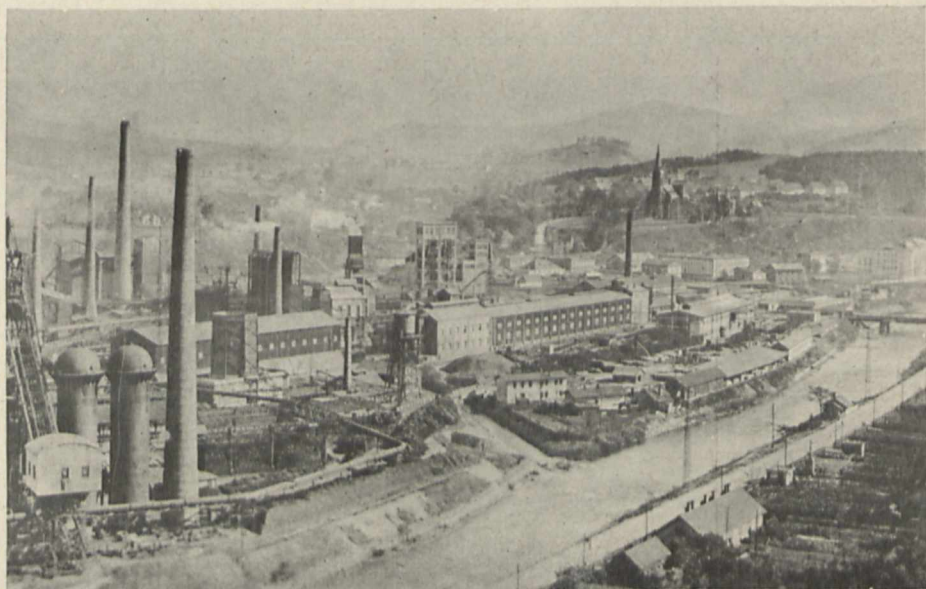
Stalownia I posiada 6 stałych pieców martenowskich zasadowych o pojemności 40 t, jeden piec przechylny systemu Wellmann-Seever 120 t i mieszalnik o pojemności 300 t.

Wsad składa się z 75—85% płynnej surowki, resztę stanowią żelastwo i własne odpadki hutnicze. Zdolność produkcyjna tej stalowni wynosi 360 tys. t stali miękkiej rocznie.

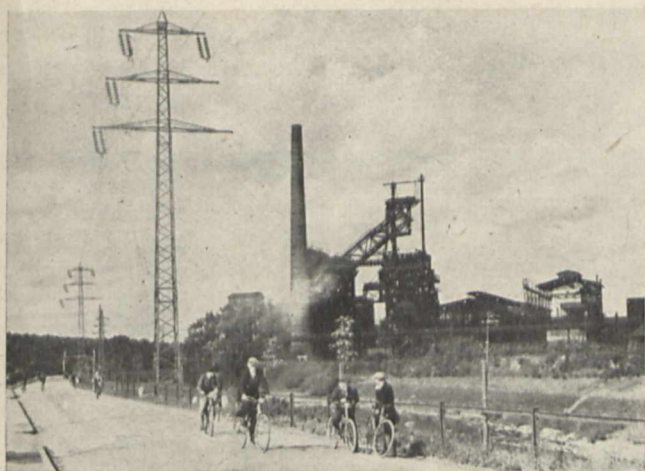
Stalownia II, wybudowana w 1925 roku, posiada 6 pieców martenowskich zasadowych (3 o pojemności 45 t, 2 — 30 t, 1 — 15 t) oraz mały piec Bossharda (3-tonnowy). Stalownia ta, poza zwykłą stalą miękką ($R_r = 37 \text{ kg/mm}^2$), wytwarza stal twardszą, o $R_r = 50 \text{ kg/mm}^2$. W okresie kryzysu stalownia II nie była czynna.

Huta w Trzyńcu posiada nadto nowoczesnie urządzoną walcownię profilową, składającą się z bloomingu, walcarki ciężkiej, średniej, ciągłej i 3 wykończających do profili mniejszych. Program produkcji obejmuje wszelkie profile handlowe. Walcowni blachy i drutu huta trzyńska nie posiada; produkty te są wyrabiane ze

Walcowni blachy i drutu huta trzyńska nie posiada; produkty te są wyrabiane ze



Rys. 3. Zakłady hutnicze w Trzyńcu.



Rys. 4. Fragment zakładów w Trzyńcu.

stali trzyńskie w innych zakładach towarzystwa, mianowicie blachy — w Karlova Hut', drut — w Boguminie

Produkcja walcowni jest następująca (w tys. t):

| | | |
|--|------|------|
| Stal profilowa (Trzyńce): | 1929 | 1934 |
| Półwytwory | 395 | 177 |
| Wytw. końcowe | 241 | 102 |
| Blacha (Karlova Hut') | 62 | 52 |
| Drut (Bogumin) żelazny i stalowy | 76 | 41 |
| „ miedziany | 3,2 | 1,7 |

W okręgu północnym Śląska Zaolzańskiego położona jest wielka walcownia rur—„Alfred Hahn“ w Boguminie, utworzona przed 50 laty. Rurownia posiada własny wielki piec i 4 marteny o wydajności 150 000 t. Walcuje się tutaj również normalne żelazo fasonowe i prętowe, płaskowniki, blachy czarne, ocynkowane oraz specjalne i rury wszelkiego gatunku.

Jak widać z powyższego, Śląsk Zaolzański powiększy zdolność wytwórczą polskiego hutnictwa żelaznego o przeszło 30% jego obecnej produkcji. Wywoła to znaczne zmiany w warunkach pracy naszego hutnictwa i zmusi — obok odp. opracowania programu produkcji — do wysiłków ku rozwojowi wewnętrznego rynku zbytu oraz możliwości eksportowych.

Produkcja obecna węgla, w 2-ch powiatach Śląska Zaolzańskiego, powiększy nasze wydobycie dotychczasowe o ok. 11%.

Zarówno większość kopalń węgla, jak huty w Trzyńcu i Boguminie, należą do koncernu Bąnska a Hutni Společnost (Berg-und Hüttenwerks-Gesellschaft) z siedzibą w Pradze, reprezentującego kapitał francuskiego T-wa Schneider-Creusot.

Poza wielkimi zakładami hutniczymi na terenie Śląska Zaolzańskiego znajduje się bardzo wiele zakładów przemysłowych, przetwórczo-metalowych, skoncentrowanych głównie w powiecie frysztaćkim. Trzeba też wspomnieć o fabrykach przetworów chemicznych w Gruszowie, Boguminie i Piotrowicach.

Podział przemysłu (poza górniczo-hutniczym) na główne gałęzie przedstawiał się w r. 1930 następująco:

| | Liczba zakł. | Liczba zatrudn. | Moc KM |
|--|--------------|-----------------|--------|
| Przemysł metalowy | 318 | 12 401 | 91 059 |
| „ chemiczny | 14 | 904 | 1 801 |
| „ drzewny | 324 | 2 071 | 3 339 |
| „ spożywczy | 531 | 1 875 | 2 111 |
| „ odzieżowy i obu- wiany | 1 027 | 2 415 | 41 |
| „ budowlany i przeds. instalac. | 277 | 5 605 | 308 |
| Wodociągi | 10 | 38 | 308 |
| Gazownie | 2 | 41 | 9 |
| Elektrownie | 5 | 17 | |

Załamanie się mostu spawanego na kanale Alberta w Belgii

KANAŁ Alberta w Belgii, od kilku lat budowany i mający być ukończony w niedługim czasie, przecina ok. 50 mostów metalowych o rozpiętości 60 do 90 m, jednakowego ustroju, o kratownicach Vierendeela, ze złączami spawanymi.

Jeden z tych mostów, w pobliżu m. Hasselt, zawalił się nagle dn. 14 marca r.b., na szczęście nie pociągając za sobą żadnych ofiar. Most był ukończony w r. 1916, mierzył 74,82 m rozpiętości i ważył 646 t. Na jezdni o szerokości 9,5 m ułożony był tor tramwajowy. Poza kartownicami, podparte wspornikowo, zwiślały chodniki o szerokości 1,5 m. Pasy kratownic miały przekrój skrzynkowy z blach bocznych o grubości 20 mm, przy czym rozstęp między nimi wynosił 750 mm, wysokość pasa 1200 mm, a rozstęp między kratownicami (od osi do osi) — 10,3 m. Jezdnia betonowa spoczywała na 6 podłużnicach i 25 wiązaniach poprzecznych, rozstawionych co 3,10 m. Wiatrownice górne, wiążące tylko 6 górnych prześł kratownic, składały się z beleczek pełnych, a dolne — z kratownic. Rano dn. 14 marca r. b., w chwili kiedy pociąg tramwajowy, złożony z dwóch wagonów, miał wjeżdżać na most, rozległ się silny trzask, który sygnalizował pierwsze pęknięcie: pękł dolny pas jednej z kratownic. W kilka minut po tym pękł pas dolny drugiej kratownicy, oraz od razu oba pasy górne, paraboliczne, w tym samym przekroju, gdzie powstało pęknięcie pierwotne pasa dolnego. Pęknięcie objęło szybko cały przekrój i kratownicę, załamane całkowicie, spadły do wody, dzieląc się na 2 części w miejscu załamania — krótszą i dłuższą, — po czym dłuższa część, spadając, złamała się i rozdzieliła także na 2 części.

Opisany wypadek wywołał duże poruszenie w kołach technicznych Belgii i in. krajów. Zdarzył się on w czasie, gdy inżynierowie belgijscy, przekonani, iż opanowali całkowicie budowę mostów spawanych typu Vierendeela, zamierzali lansować tę konstrukcję jak najszerzej. Przekonał on dobitnie wszystkich, że spawanie wymaga wielkiej staranności wykonania i drobiazgowej ostrożności, ażeby można było w zupełności na nim polegać, zwłaszcza w budowlach użyteczności publicznej. Jest to rzecz dobrze zresztą znana, ale czasem się o niej zapomina i cokolwiek bagatelizuje wykonanie, a wówczas skutki mogą być bardzo przykre. W danym razie skończyło się szczęśliwie na stratach tylko materialnych, ale zarówno jadący tramwajem, jak i piesi, których wypadek zastał na moście, byli o włos od katastrofy.

Przedsięwzięte badania oficjalne wyjaśniają zapewne dokładnie przyczyny wypadku. Tymczasem zaś w prasie fachowej wypowiedziało się już na ten temat sporo fachowców, ogłaszając ciekawe uwagi. Wszystkie one kładą szczególny nacisk na to, że konstrukcje spawane wymagają należytego uwzględnienia całokształtu czynników wpływających na ich jakość, że niezastosowanie się do

jakiegokolwiek z wymagań tej metody łączenia części metalowych grozi poważnymi konsekwencjami, że więc przejście od złącz nitowych do spawanych nie może być lekko traktowane, bo te ostatnie wiążą się z zupełnie innymi warunkami wykonania i pracy.

Poza tym prof. uniwersytetu w Brukseli E. François¹⁾, wypowiadając bardzo krytyczny pogląd na wartość mostów spawanych o kratownicach Vierendeela, zwraca uwagę na nadmierną w danym razie grubość ścian

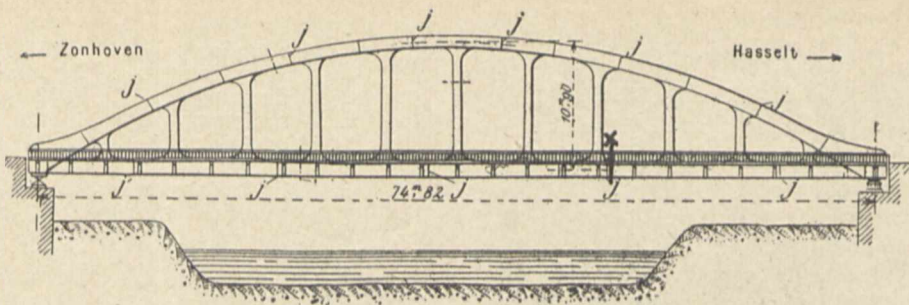
poziomych (45 i 55 mm) przekroju skrzynkowego, co prowadzi do nadmiernych naprężeń skurczowych, wspomina o licznych wypadkach pęknięcia z hukiem mostów Vierendeela (w spoinach lub w pełnych blachach), pęknięciach, które zachodziły w warsztatach, jak również na montażu, a do których nie przywiązywano wagi, lecz tylko zapawano pęknięcia. Podkreśla wreszcie, że pęknięcia nie były poprzedzone żadnymi odkształceniami, następowały nagle, co świadczy o naprężeniach wewnętrznych, powstałych podczas spawania, które wyzwalają się nagle pod wpływem niewielkich nieraz sił dodatkowych (uderzenie wagonu o styk szyn lub t. p.), dodaje wreszcie, że oględziny złamanego mostu wykazały liczne drobne i większe pęknięcia w wielu miejscach kratownic, w spoinach i poza nimi.

Stwierdzając ogólnie konieczność głębszej znajomości techniki spawania i ścisłego przestrzegania przepisów spawalnictwa, autor formułuje dalej warunki poprawnego wykonania konstrukcji spawanych: 1) stosować metal o dobrej spawalności (badania na próbkach nie dają pewności w przypadku ustroju o tak małej odkształcalności jak ustrój Vierendeela); 2) unikać nadmiernej liczby spoin (w moście załamany mnóstwo nagrzewañ lokalnych zmieniła strukturę metalu i uczyniła go kruchym) i unikać płyt zbyt grubych; 3) dobrze przygotować części do spawania; 4) ułożyć i przepisać szczegółowo sposób wykonania każdej spoiny, kolejność wykonywania spoin każdego zespołu i łączenia zespołów, by osiągnąć możliwą kompensację skurczu w poszczególnych złączach; 5) obliczać nieuniknione naprężenia pozostające i brać je pod uwagę; 6) o ile możliwe — wyżarzać w wytwórni najwrażliwsze elementy czy zespoły.

Inni autorzy²⁾ zwracają m. in. uwagę, że nie należy polegać na kontroli spoin po ich wykonaniu, która jest zawodna, a nie daje nic nowego poza tym, co można prze-

¹⁾ *L'ossature métallique*, maj 1938 r.

²⁾ *Revue de la Soudure autogène*, marzec 1938 r.



Rys. 1. Most na kanale Alberta koło m. Hasselt.
j — spoiny; krzyżyk oznacza miejsce pierwszego pęknięcia.



Rys. 2. Most po załamaniu się.

widzieć z góry, znając czynniki dobrego wykonania spoiny: spawalność tworzywa, właściwe położenia spoin, przewidzenie naprężeń i odkształceń, stan fizyczny i skład chemiczny spoiny, przygotowanie krawędzi, metoda spawania, jego wykonanie. Co innego kontrola sposobu wykonywania, która musi być stała.

Znany autor francuski H. Gerbeaux³⁾, wypowiadając podobne uwagi co do kontroli radiograficznej, opisuje różne omyłki popełnione w budowie mo-

stów belgijskich, o których nadmieniał już dawniej w swych pracach. Zarazem twierdzi, iż kratownicę Vierendeela nie należy uważać za nie nadającą się do wykonania przy zastosowaniu spawania, — przeciwnie ocenia ją jako lepszą niż dawne systemy kratownic, w których występują większe naprężenia skurczowe. Za główną przyczynę omawianego wypadku uważa nieodpowiednią jakość metalu, na którą w ogóle nie zwraca się dostatecznej uwagi, przyjmując te same warunki odbiorcze do spawanych konstrukcyj, co do nitowanych. Tymczasem stal do mostów spawanych powinna odznaczać się dużą podatnością do odkształceń plastycznych na zimno i na gorąco, któraby kompensowała skutki skurczu; nie powinna zaś się hartować w warunkach cieplnych, w jakich następuje spawanie. Tymczasem most w Hasselt — jak i wiele innych — wykonano ze stali tomasowskiej o miernej jakości. Dalej nie należy używać zbyt grubych (ponad 6 mm) elektrod, należy dać dogodne warunki pracy spawaczowi, zapewnić stały dopływ prądu o odp. natężeniu, a kolejność wykonania spoin ułożyć tak, by skurcz poprzeczny mógł się rozwijać swobodnie. Kontrola powinna być stała i powierzona fachowcowi.

R.

Urządzenie do samoczynnego zatrzymywania pociągów syst. Kofflera

W DAŻENIU do zapewnienia jak największego bezpieczeństwa ruchu kolejowego powstały — jak wiadomo — liczne urządzenia przenoszące sygnały drogowe na parowóz, ażeby zapobiec wypadkom w razie niezauważenia znaku ostrzegawczego przez maszynistę. Istnieje już mnóstwo patentów na tego rodzaju urządzenia i wiele z nich wprowadzono już w życie na poszczególnych kolejach świata. Są to urządzenia mechaniczne, magnetyczne,

³⁾ *Revue de la Soudure autogène*, kwiecień 1938 r.

elektromechaniczne, optyczne i wreszcie — najnowsze (zastosowane m. in. niedawno w Niemczech) — fotoelektryczne. Urządzenia te są bezwzględnie bardzo pożyteczne, choć i one nie zapewniają zupełnego bezpieczeństwa, bo ze swej strony ulegają mniej lub więcej łatwo uszkodzeniom lub też ograniczeniu skuteczności (optyczne — w razie np. mgły, zamieci i t. p., elektryczne — wskutek wpływu pobliskich linii wysokiego napięcia, a wszystkie — mogą zawieść w trudnych warunkach ruchu i pod wpływem zakłóceń atmosferycznych). Co więcej, nadmierne zaufanie do tego rodzaju zabezpieczeń może spowodować mniejszą dbałość maszynisty.

Niemniej jednak koleje całego świata interesują się tego rodzaju pomysłami i próbują skuteczności takich urządzeń. Wydaje się przytem słusznym poszukiwanie raczej rozwiązań prostych, jako zapewniających większą trwałość.

Po tej linii poszły m. in. niedawno także Polskie Koleje Państwowe, które wprowadziły na próbę — na odcinku Tłuszcz—Ostrołęka (74 km) — urządzenia przenoszące sygnały na parowóz syst. inż. Koflera. Urządzenia te zainstalowano już poprzednio na kolei włoskiej Nord Milano oraz na kolejach Rzeszy Niemieckiej (Isertalbahn oraz Rhein-uferbahn, odcinek Kolonia—Bonn), w budowie zaś są na kolei jugosłowiańskiej Nisz — Beograd.

Opisywane urządzenie montuje się na słupie semaforu i składa się z wystającego ponad tor ramienia, związanego z tarczą semaforu. Gdy droga jest wolna — ramię jest podniesione, gdy zamknięta — opuszczone (rys. 1 i 2). Na dachu budki parowozowej mieszczą się 2 strzemię, równoległe do osi podłużnej pojazdu; jedno strzemię jest ruchome i połączone z mechanizmem ostrzegawczym (oraz ewent. z hamulcem), drugie — nieruchome.

O ile parowóz przejdzie poza zamknięty semafor, opuszczone ramię aparatu uderza o strzemię ruchome i odchyła je od położenia normalnego, powodując zarazem uruchomienie sygnału ostrzegawczego i ewent. hamulca. W parę sekund później następuje uderzenie ramienia o strzemię nieruchome, skutkiem czego ramię unosi się nieco ku górze, by nie zaczepiło o jakąkolwiek wystającą część pociągu. Ruch ten odbywa się tylko wówczas, jeżeli zostanie włączony aparat ostrzegawczy na parowozie i hamulcem.

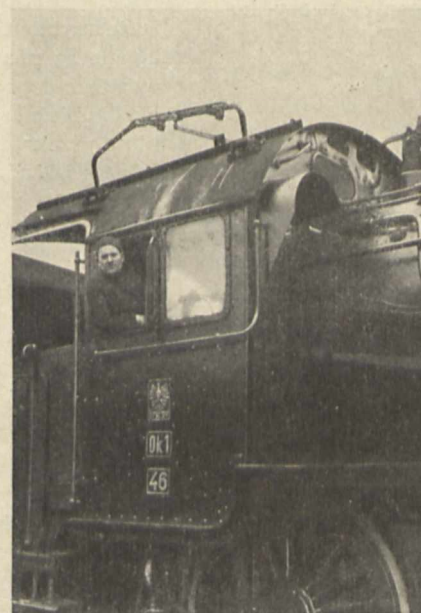
Aparat ostrzegawczy, umieszczony w budce maszynisty (rys. 4), składa się z sygnału optycznego (dwie lampki — zielona i czerwona) oraz z sygnału dźwiękowego. Podczas biegu pociągu pali się normalnie światło zielone, wskazując w ten sposób maszyniście, że aparat odbiorczy jest czynny. Jeżeli zaś parowóz przejdzie zamknięty semafor, wówczas — dzięki opisanemu wyżej uderzeniu ramienia połączonego z tarczą semaforu — włącza się odp. przekaz-



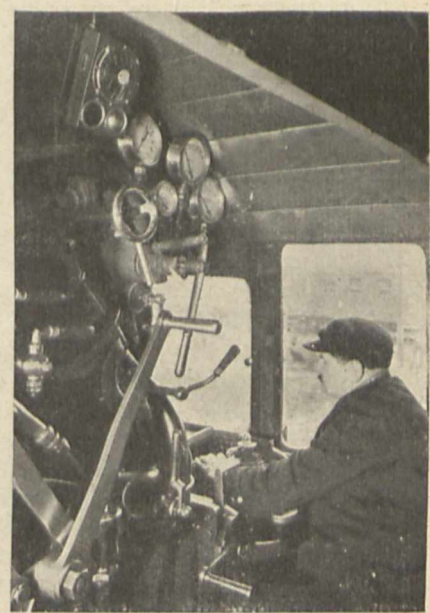
Rys. 1. Sygnał wskazujący wolną drogę z podniesionym ramieniem urządzenia Koflera.



Rys. 2. Ramię opuszczone, mające uderzyć o strzemię na parowozie.



Rys. 3. Jedno ze strzemion odbiorczych parowozu.



Rys. 4. Aparat sygnalizacyjny w budce maszynisty.

nik, skutkiem czego gaśnie światło zielone, zapala się czerwone, a jednocześnie odzywa się sygnał dźwiękowy, co trwa aż do chwili, gdy maszynista uruchomi hamulec, gdyż ruch rękojeści hamulca doprowadza aparaturę elektryczną do położenia pierwotnego.

Istnieje też bardziej rozwinięty typ tego aparatu, w którym — poza sygnalizacją optyczno-dźwiękową — istnieje urządzenie do automatycznego uruchamiania hamulców z elektromagnetycznie sterowanym zaworem hamulcowym. Aparat ten jest wyposażony w 2 przekaźniki: jeden sygnalizacyjny (jak w poprzednim ustroju), drugi — do obsługi hamulców. Jeżeli maszynista uruchomi natychmiast hamulec, działanie aparatu niczym się nie różni od opisanego wyżej. Jeżeli jednak tak się nie stanie, to po 6 sek drugi przekaźnik włącza kontakt, który wprowadza pewien opór w obwód elektromagnetycznego zamknięcia za-

woru hamulcowego; dzięki temu natężenie prądu w tym obwodzie maleje i następuje lekkie otwarcie zaworu, a więc lekkie hamowanie. Po upływie 7 sekund włącza się drugi kontakt, przerywający obwód elektromagnesu, skutkiem czego hamulce zaczynają działać w całej pełni. Liczne próby urządzenia Koflera, wykonane w Niem-

zech, przy jeździe zarówno pociągów towarowych z małą szybkością, jak pociągów osobowych z szybkością do 100 km/godz., wykazały sprawne działanie urządzenia także w złych warunkach atmosferycznych (mgła, oblodzenie).

Wyników prób na PKP jeszcze nie znamy.

PRZEGLĄD CZASOPISM TECHNICZNYCH

ENERGETYKA

Oszczędności możliwe do osiągnięcia drogą wymiany zbyt starych kotłów

Autor zwraca uwagę, że wiele zakładów przemysłowych, dążąc do ulepszenia jakości swych wyrobów, nie docenia możliwości osiągnięcia oszczędności na paliwie przez zastąpienie starych kotłów o niskiej sprawności.

Opierając się na statystyce z r. 1934, oblicza autor, że 58,5% kotłów, zainstalowanych w Rzeszy, reprezentujących 42,7% pow. ogrzewanej, ma powyżej 25 lat pracy za sobą. Kotły te są często wyposażone w rozm. przyrządy, mające na celu oszczędzanie paliwa, rzadko jednak spełniające pokładane w nich nadzieje. Propaganda tych urządzeń przesłania nieraz właściwszą drogą oszczędności, pierwszym bowiem warunkiem taniej pracy kotłowni jest dobry kocioł. (*Die Wärme*, 17.VII.37).

KOLEJNICTWO

Rekord szybkości pociągu o trakcji parowej

3-go lipca r. b. pociąg próbny w składzie 6-ciu wagonów „Coronation“ o kształtach opływowych i wagonu dynamometrycznego, razem około 240 t, z nowym parowozem typu Pacific o nazwie „Mallard“ z otuliną opływową, osiągnął między stacjami Grantham i Essendine linii Newcastle—London (King's Cross) kolei Północno-Wschodniej (L. N. E. R.) szybkość rekordową 125 mil/godz. (201 km/godz.), utrzymując na 5 milach (8 km) przeciętną szybkość 120 mil/godz. (193 km/godz.). Próbną jazdą miała na celu zbadanie działania hamulców przy dużej szybkości parowozu „Mallard“, zaprojektowanego przez konstruktora Sir Nigel Gresley.

W parowozie tym zastosowano po raz pierwszy podwójną dyszę i podwójny komin (system Kylchap). Ponieważ szybkość rekordową osiągnął parowóz przy napelnieniu 40% i całkowicie otwartej przepustnicy, świadczy to, że i wydajność kotła była dostateczna do tak ciężkiej próby i maszyna parowa działała sprawnie przy 500 obrotach na minutę kół napędowych.

Rekord powyższy należy uważać za rekord światowy szybkości trakcji parowej, a przynajmniej wyrównanie rekordu, osiągniętego przed rokiem przy jednej z prób szybkości na linii Berlin—Hamburg niemieckiego parowozu opływowego o układzie osi 2-3-2. Parowóz jednak niemiecki, z kołami napędowymi średnicy 2,25 m, zbudowany był specjalnie do jazdy rekordowej, angielski zaś „Mallard“, z kołami średnicy 6'8" (2,03 m), zbudowany jest jako seryjny do pracy codziennej. Poza tym z wyżej wspomnianej jazdy parowozu niemieckiego nie ogłoszono danych potrzebnych do bliższej oceny szybkości rekordowej, jak: czas rozpędu, czas trwania rekordowej szybkości, całkowity przebieg próby oraz okoliczności, w jakich ta próba się odbyła.

Rekord parowozu „Mallard“ daje dowód szybkich postępów kolei angielskich pod względem szybkości jazdy. Do r. 1934 szybkość 100 mil/godz. (160 km/godz.) nie była znana na kolejach angielskich. Dopiero w listopadzie 1934 r. „Latający Szkot“ osiągnął 100 mil/godz. We wrześniu 1935 r. parowóz „Silver Link“ przy próbie pociągu „Srebrny jubileusz“ ustanowił kilka rekordów światowych, osiągając szybkość 112½ mil/godz. i utrzymując szybkość przeciętną 100 mil/godz. na długości 43 mil. W sierpniu 1936 r. ten sam pociąg, z tym samym parowozem, powtórzył swój rekord największej szybkości na tym samym odcinku, na którym obecnie ustanowił rekord parowóz „Mallard“. Następny rekord kolei angielskich należy do pociągu „Coronation“ w czerwcu 1937 r., który osiągnął 114 mil/godz. Obecny rekord 125 mil/godz. daje więc w ciągu niespełna 4 lat zwiększenie szybkości o 25%.

Duże szybkości jazdy pociągów na kolejach angielskich osiągane są nie tylko podczas jazd próbnych, lecz i przy prowadzeniu pociągów stałych dla wyrównania opóźnień.

Szybkobieżne pociągi stałe kolei L. N. E. R. niejednokrotnie przekraczały szybkość 100 mil/godz. (160 km/godz.), chociaż rozkład jazdy ich ułożony jest dla największej szybkości 90 mil/godz. (145 km/godz.). (*Railw. Gaz.*, 69 (1938), zes. 2. *Inż. Kolejowy* 1938, zes. 9, Przgl. zagr.).

Badania modeli parowozów Pacific z osłoną aerodynamiczną w tunelu w Saint-Cyr

Wykonane badania, których szczegółowy opis przytaczają autorzy, prowadzono na modelu 1:10 parowozu Pacific francuskich kolei państwowych, przy czym chodziło o zbadanie wyników zastosowania osłony aerodynamicznej typu „Pottier“ i częściowej osłony typu „Huet“, mian. o wyjaśnienie zysku na mocy, jaki dają te urządzenia. Badania objęły ruch w powietrzu spokojnym i przy wietrze ukośnym w stosunku do kierunku ruchu. Badano też odpyły spalin. W wyniku stwierdzono, jaką średnią oszczędność roczną można osiągnąć dzięki badanym urządzeniom. W obecnych warunkach ruchu oszczędność ta może sięgać — jak podają autorzy — średnio 212 do 243 t. (R. Morty i A. Kammerer, *Rev. Gén. des Chem. de fer* 67 (1938), str. 34/43).

METALOZNAWSTWO

Staliwo węglowe i stopowe

Autor zajmuje się stalą z elektrycznego pieca łukowego, który uważa za odpowiedni do wytopu wszelkich stali o zawartości ponad 0,10% C. Wsad powinien zawierać poniżej 0,07% P i S. Autorzy nie są zwolennikami gwałtownego kipienia stali, które ma usunąć ewentualnie obecny z rozkładu rdzy wodór. Gdy wokół elektrod utworzy się kąpiel, autorzy zalecają tworzyć żużel z wapienia i flourytu bez dodatku rudy i podnieść prąd do najwyższych dopuszczalnych granic celem przyspieszenia topienia. Dobra płynność kąpieli przed rozpoczęciem świeżenia zapobiega powstawaniu wtrąceń niemetalicznych.

Skład typowy odfosforzającego żuźla jest następujący: 16,26% SiO₂; 8,21% FeO; 2,84% Al₂O₃; 4,37% MnO; 52,23% CaO; 13,78% MgO i 0,582% P₂O₅. Po starannym ściągnięciu żuźla fosforowego, tworzą autorzy żużel reakcyjny i przeprowadzają odtlenienie. Stal z żużlem obojętnym ma zazwyczaj gorszą płynność i jest niespokojna. Nawęglanie przeprowadza się antracytem lub surówką hematytową (tą ostatnią najlepiej wprowadzać węgiel w ilości 40 — 60% węgla zawartego w surówce). Żużel od tlenienia tworzy się z wapna i flourytu, przy równoczesnym dodaniu antracytu i pyłu węglowego oraz żelazokrzemowego. Karbid dodają tylko w przypadku dużej zawartości S. Odtlenianie przeprowadza się stopem krzemowo-manganowym, lub najpierw żelazomanganem, potem żelazokrzemem. Hematyt lepiej wprowadzać przed ostatnim dodatkiem odtleniającym. Odlewanie należy przeprowadzić w możliwie najniższej temperaturze, zapewniającej jednak wypełnienie form.

Autorzy nie obawiają się szczególnie wodoru, przypisując mu przyspieszenie odsiarczania i świeżenia i sądząc, że ma możliwość ujęcia ze stali podczas procesu.

Staliwo węglowe o zawartości poniżej 0,2% C znajduje zastosowanie głównie w elektrotechnice i może pracować na gorąco do 500° C. Jeźli kształt na to pozwala, zalecają autorzy ulepszenie cieplne staliwa niskowęglowego, szczególnie ze względu na wyrównanie własności i unikanie zadarć podczas skrawania, z których często bierze początek zmęczenie. Średnio węglowe stale — o 0,2—0,4% C — poddaje się normalizacji, lub hartowaniu w oleju i następnie odpuszczeniu. W drobnych odlewach można osiągnąć drobne ziarno, natomiast grube trzeba poddawać dwukrotnej normalizacji, stosując w pierwszej normalizacji temp. ok. 1000° C. Stal wysokowęglową stosuje się na części narażone na ścieranie. Z obawy przed pękaniem nie stosuje się innej obróbki cieplnej niż wyżarzanie. Staliwo węglowe o wytrzymałości ponad 70 kg/mm² trudno się obrabia, to też ustępuje staliwom stopowym.

Staliwa czysto chromowe zawierają do 2% Cr. W staliwie do 0,25% C chrom zmienia własności nieznacznie dopiero po przekroczeniu 0,5% Cr. Staliwo o 0,3 — 0,35% C zyskuje od 0,5% Cr ok. 7 kg/mm² na wytrzymałości, a dopiero 1% Cr nadaje możliwość osiągnięcia przez normalizację lub uszlachetnienie wysokiej wytrzymałości, jakkolwiek ciągliwość i udarność są słabe. Dodatek 0,3 — 0,5% Mo do staliwa o 0,6 — 0,8% Cr pozwala po ulepszeniu osiągnąć wytrzymałość ponad 100 kg/mm² przy wydłużeniu A₄ = 11—13%. Najczęściej stosuje się staliwo chromowo-niklowe o stosunku $\frac{Ni}{Cr} \approx \frac{5}{2}$.

Staliwo niskowęglowe zawiera 3—3,75% Ni i 0,8—1,1% Cr i znajduje zastosowanie do nawęglania. Średniowęglowe daje doskonale własności, nie można go jednak stosować do pracy w temp. 450—540° C, gdyż nabywa kruchości odpuszczania. Ze względu na kruchość odpuszczania staliwo to raczej się normalizuje i następnie odpuszcza w ok. 600° C. Dodatek 0,3% Mo zmniejsza kruchość odpuszczania. Obróbkę cieplną przeprowadza się drogą normalizowania, hartowania w oleju i odpuszczania. Autor podaje własności stali 0,35 — 0,4% C; 1,5 — 2% Ni; 0,6 — 0,9% Cr i 0,2 — 0,3% Mo po normalizacji od 900° C, hartowaniu w oleju od 830° C i odpuszczeniu w 500 — 600° C: Q_T = 70 kg/mm²; R_T = 85 kg/mm²; A₄ = 15%. Własności te utrzymuje stal do ok. 500° C. Stal 0,5 — 0,7% C; 0,6 — 0,8% Mn; 1,5 — 2% Ni; 1,3 — 1,5% Cr i 1,3 — 1,5% Mo po wyżarzeniu w 450° po wyjęciu z form, następnie podgrzaniu do 950° C i ostudzeniu z piecem do 400° C pozbawia się lejów, podgrzewa ponownie do 400° C i chłodzi z piecem. Po tej

wstępnej obróbce normalizuje się od 900° C i odpuszcza w 450° C, uzyskując R_T = 130—150 kg/mm²; Q_T = 115—135 kg/mm², A₄ = 6—7% ; H_B ≈ 460 kg/mm². Stal ta jest wysoce odporna na ścieranie.

Autorzy podają niektóre zdobycze z dziedziny nierdzewnych stali chromowo-miedziowych. Stal ta ma po polerowaniu bardziej srebrzysty, a mniej niebieski odcień niż stal austenityczna chromowo-niklowa. Najczęściej zawiera 18% Cr i 8% Cu, jakkolwiek niekiedy Cr obniża się do 15%, a Cu do 6 — 8%; Mn ok. 0,5; Si ok. 0,3%. Niekiedy Cu wzrasta do 15% bez szkody dla jednorodności i kujności. Stal ta odznacza się doskonałą płynnością i można z niej odlewać ścianki grubości 8 mm. Stal ta ma skłonność do grubej krystalizacji i wymaga dokładności w temperaturach odlewu i szybkości chłodzenia. Składnik bogaty w Cu jest nieodwracalnie martenzytyczny. Przez obróbkę termiczną można uzyskać duże zmiany własności (hartowanie 930° C i odpuszczanie w okolicy 500° C). Odpuszczanie w 750° C nadaje największą miękkość i udarność, która osiąga (Izod) do 3,5 kgm. Stal ta po kuciu i ulepszeniu daje udarność 6,8 — 15 kgm. Wytrzymałość staliwa wynosi 55 — 62 kg/mm², wydłużenie A₄ — ok. 20%. Po hartowaniu R_T wzrasta do 120 kg/mm². Stal chromowo-miedziowa daje się łatwo spawać i zgrzewać, przy czym Cu hamuje wzrost ziarn w wysokich temperaturach. Kucie stali Cr-Cu jest trudniejsze niż stali węglowych. Walcowanie na zimno jest równie łatwe jak miękkiej stali. Po zgnciole 65 — 70% następuje wyżarzanie. Zgniot 55% można osiągnąć w jednym przepuszczeniu. Z wyjątkiem NO₃ i H₂SO₄ inne ośrodki gryzące nie działają na stal Cu - Cr silniej niż na stal „18—8“. (J. E. Mercer i D. K. Barclay. *Foundry Trade J.* 58 (1938), zes. 1135 (19.V), str. 405/10).

k.

Odlewnicze stopy aluminium

Aluminium chłonie wodór szczególnie chciwie pod wyższymi ciśnieniami i w podwyższonej temperaturze. Usuwanie gazów jest możliwe na skutek zmniejszenia się ich rozpuszczalności ze spadkiem temperatury — przez powolne ostudzenie i gwałtowne powtórne podgrzanie w atmosferze obojętnej lub pod powłoką chlorków i fluoroków. Zastosowanie drgań nadgłosowych do wyzwiania gazów natrafia na duże trudności techniczne. Dużą trudność stanowi zagadnienie pochłaniania wodoru atomowego, powstającego podczas napełniania form na skutek rozkładu pary wodnej z wilgoci. Podczas szybkiego chłodzenia może część gazów pozostać w roztworze stałym i odlew nie nabywa porowatości. Dodatek Ti, najlepiej 0,2 — 0,5%, zmniejsza ziarno stopu „Y“ i stopu AlSi6, ale nie zmienia ziarna modyfikowanego siluminu (AlSi10—AlSi13). Zmniejszenie ziarna powoduje wzrost wytrzymałości stopów lekkich na zmęczenie o ok. 20%. Obecność Mg₂Si nadaje stopom aluminium dużą zdolność do ulepszenia cieplnego.

„Silumin gamma“ zawiera ok. 0,5% Mg, hartuje się od 530° C w wodzie i odpuszcza 20 godz. w 150° C, osiągając R_T ok. 30 kg/mm² oraz wytrzymałość na zmęczenie ok. 11 kg/mm². W Niemczech opracowano stop o ok. 3% Mg i 4,5% Si z dodatkiem Mn i Ti, znany pod nazwą „KS-See-wasser 250“. Stop ten odlany we wlewnicy wykazuje R_T = 16 kg/mm² i A₅ = 1,6%, zaś po hartowaniu 3 godz. 540° i odpuszczeniu 20 godz. w 140° — R_T = 32 kg/mm², A₅ = 1,3%. Przez dodatek Ce można, pomimo nadmiaru Mg w stosunku do Mg₂Si, osiągnąć dobre wyniki obróbki cieplnej. Najlepszy stop ma skład: 3% Mg; 0,8% Si; 0,3% Ce; 0,8% Zn; 0,8% Mn. Stop osiąga po ujednorodnieniu w

600° — 6 godz. i odpuszczeniu 16 godz. w 170° C $Q_T = 24$ kg/mm²; $R_T = 26$ kg/mm²; $A_5 = 2,5\%$. W stanie surowym $R_T = 16,5$ kg/mm²; $A_5 = 3\%$.

Stopy typu „G 54” mają jako składnik utwardzający MgZn₃: stosunek Mg:Zn wynosi od 1/3 do 1/5,4, suma Mg + Zn = 9%. Stop hartowany od 475° C i odpuszczany 14 godz. w 150° C osiąga $R_T = 38$ kg/mm², $H_B = 140$ kg/mm², nie wykazując prawie wydłużenia. Stop o Mg + Zn = 7% daje $R_T = 33,5$ kg/mm² i $A_5 = 3$ do 4%.

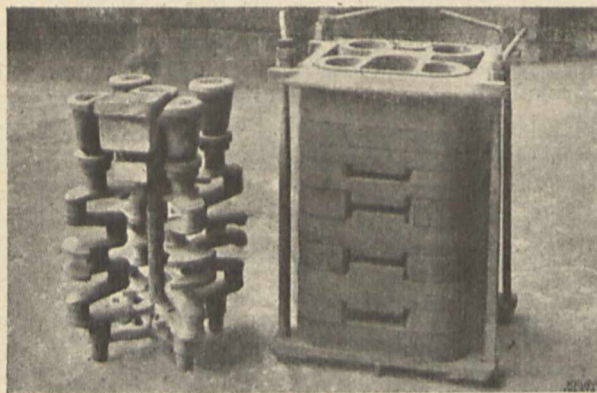
Stopy Al - Mg - Zn nadają się szczególnie do anodowego zabezpieczenia od korozji, otrzymując w trawieniu anodowym piękną i równomierną powierzchnię. (G. G ü r t l e r, *Foundry Trade Journal*, 58 (1938), Nr. 1139 (16.VI.), str. 475/8).

K. K.

ODLEWNICTWO

Lane wały korbowe i rozrządzące

Już w r. 1902 f-ma Krupp proponowała stalowe wały do parowozów, ale prostota kształtów utrudniała konkurencję z wałami kutymi. Przez wprowadzenie w zakł. Forda do silnika 8V wału lanego zmniejszono wagę surowego wału z 41 kg na 36,5, a ilość wiórow przy skrawaniu — z 11 kg na 4, przy czym zamiast dawnych 62 operacyj



Rys. 1. Forma do odlewu wałów korbowych i gotowy odlew.

obróbki wystarczyło 54. Wały z przeciwwagami i korbami przesuniętymi względem siebie o pewien kąt kalkuluje się odlewać, wały o korbach w jednej płaszczyźnie lepiej kuć. Autor przyjmuje za cechę charakterystyczną żeliwa — obecność grafitu, przy czym grafit w postaci węgla żarzenia kwalifikuje żeliwo do grupy żeliwa białego zmiekkzonego (t. zw. „kujna leizna”). Zastosowanie wałów żeliwnych wykazało wyższość żeliwa nad stalą z następujących powodów: żeliwo ma mniejszy współczynnik sprężystości, to też naprężenia dodatkowe w żelwie tworzą się mniejsze niż w stali. Współczynnik sprężystości żeliwa maleje stale ze wzrostem obciążenia. Wał żeliwny, którego środkowe łożysko wychylono o 0,8 mm, pracował 1 do 1 1/2 godziny na 1200 obr/min bez uszkodzeń, gdy wał stalowy po 1/2 godzinie w takich warunkach próby pękał. Obecność wielu karbów w postaci grafitu wewnątrz żeliwa podnosi w porównaniu ze stalą odporność żeliwa na działanie karbów zewnętrznych. Odporność na zmęczenie skrętne stali o wytrzymałości na rozciąganie 65—75 kg/mm² wynosi ok. 14 kg/mm², a żeliwa zmiekkzanego 13,5—13,9 kg/mm². Żeliwo tłumi drgania bez porównania silniej niż stal.

Dobre własności przeciwcierne żeliwa zmniejszają opory ruchu wałów żeliwnych w silniku.

Obecnie wykonywane wały są najczęściej z żeliwa białego, zmiekkzonego, jakkolwiek stosuje się też żeliwo perlityczne stopowe, lub niestopowe ulepszone cieplnie, a także ulepszone żeliwo martenzytyczne. Żeliwo perlityczne niestopowe zawiera 2,8—3% C, żeliwo stopowe — ponadto do 2% Ni i do 1% Cr.

Obróbka cieplna polega na hartowaniu od 800—900° w oleju i odpuszczaniu w 300—400° C. Żeliwo martenzytyczne odpuszcza się przed obróbką mechaniczną do stanu użytkowego, t. zn. do twardości ok. 300 kg/mm² wg. Brinella. Żeliwo zmiekkzone poddaje się niezupełnej grafityzacji, starając się osiągnąć wartość 250—300 kg/mm².

Wałki rozrządzące odlewa się z dobrze obrabialnego żeliwa perlitycznego, wstawiając chłodniki w formę w miejscach na kulaki, aby otrzymać w tych miejscach twarde odbielenia żeliwa. Inny sposób wyrobu polega na odlaniu wałka z niskostopowego miękkiego żeliwa, ogrzaniu kulaków palnikiem acetylenowym i zahartowaniu wałka w oleju. Ostatnio stosuje się na wałki rozrządzące specjalne żeliwo stopowe (autor składow nie podaje), które odlane w mokrym piasku hartuje się samoczynnie na martenzyt w cienkich przekrojach, a więc na cieńszym końcu owalnego przekroju przez kulak.

Odewanie wałków rozrządzących pod ciśnieniem zostało prawdopodobnie zarzucone, gdyż poza jedną notatką w literaturze amerykańskiej nie mógł autor w czasie pobytu w U. S. A. otrzymać żadnych wskazówek co do wyników pracy tym sposobem. (H. Jungbluth, *Techn. Berichte*, Krupp, 1938, zes. 4, str. 88—96).

k.

Wlewy i wychody odlewów nieżelaznych

Jak wiadomo, lej powinien zapewnić szybkie, lecz równomierne zapełnienie formy w ten sposób, by odlew zaczął krzepnąć natychmiast po odlaniu, a lej zawierał płynny metal jeszcze po zupełnym skrzepnięciu sztuki. Omawiając brązy fosforowe, podaje autor przykład odlewania tulejek z kołnierzykami po 4 sztuki przez jeden lej z grubym rozgałęzieniem i bez wydechów. Sposób ten jest oszczędny i daje dobre wyniki, a to dzięki temu, że zanieczyszczenia wypływają, a wobec grubego rozgałęzienia metal krzepnie powoli i w miarę kurczenia się odlewów stale dopływa. Odlew wykonywano w 1100° C, starannie dozorując temperatury, gdyż za zimne odlewanie nie pozwala na ujście powietrza i gazów przez zgęstniały metal.

Duże półpanewki (ok. 40 kg) radzi autor odlewać bez wychodów, gdyż te, krzepnąc wcześniej od odlewu, ciągną go i mogą powodować pęknięcie. Odlewy z brązu manganowego i silnych specjalnych mosiądzów wykazują wciągnięcia na przejściach od odlewu do wychodu, a wady tej można uniknąć przez odlewanie syfonowe (od dołu). Wlewy muszą mieć kształty łagodne, stop trzeba odlewać spokojnie i równo, stosując na zmianach przekroju chłodniki i nadlewy. Do brązów manganowych i mosiądzów wysokowytrzymałych zaleca autor stosowanie wlewów bez walcowych szyjek, natomiast ze zgrubieniami.

Autor podaje szereg przykładów odlewania płyt i ram w myśl podanych zasad. Autor nie pochwała zasady odlewania aluminium od strony cieńszych ścian i ustawiania wydechów po grubszej stronie celem dobrego odpowietrzenia, natomiast zaleca stosowanie odlewania z wielu punktów równocześnie, gdyż można w ten sposób stosować niższe temperatury odlewania. (*Foundry Trade Journ.* 58 (1938), zes. 1118, str. 83/5).

(—)

SPAWANIE

Napawanie wałów i czopów

H. Gerbeaux (*Rev. de la Soud. autog.* XII.37, str. 271) porusza sprawę częstych wypadków przedczesnego pęknięcia wałów (itp. części ulegających zmiennym naprężeniom) po naprawie drogą napawania. Znane to zjawisko skłania autora do rozważenia, jakim błędem postępowania należałoby to przypisać. M. in. stwierdza on, że do nakładania nadaje się raczej spawanie płomieniem niż łukowe, gdyż przy spawaniu elektrycznym powstaje silne nagrzanie miejscowe, prowadzące do znacznych naprężeń bliskich do granicy sprężystości. Stąd mogą powstać rysy powierzchniowe, powodujące pęknięcia zmęczeniowe. Na dowód tego przytacza 2 wypadki pęknięcia wałów ze stali o wytrzymałości 60 — 65 kg/mm² wkrótce po napawaniu przy pomocy łuku elektrycznego oraz analizuje błędy popełnione przy tym zabiegu. Następnie wskazuje, jak należy postępować przy napawaniu właściwie, jaką stosować szybkość spawania, jaka wielkość palnika jest odpowiednia i jaki materiał dodatkowy. Wreszcie wspomina o możliwościach obróbki cieplnej przedmiotu napawanego.

TECHNIKA WARSZTATOWA

Przechowywanie i obsługa tarcz szlifierskich

Przy odbiorze tarcz szlifierskich należy je poddawać próbie na dźwięk. Tarcze ceramiczne i z węgla krzemu wydają ton dźwięczny, zaś tarcze o wiązaniu organicznym są pozbawione takiego tonu przy uderzeniu. Przechowywanie tarcz w magazynie najlepiej odbywa się na specjalnych półkach, w pozycji stojącej. Przenoszenie tarcz ciężkich nie powinno się odbywać drogą toczenia, lecz zapomocą odp. środków transportowych. Przed osadzeniem tarczy na szlifierce należy ją poddać ponownemu starannemu badaniu na dźwięk, by się przekonać czy nie ma w niej rys lub pęknięć. Opieka nad składem tarcz powinna być powierzana szlifierzowi lub pracownikowi doświadczonemu w dziedzinie robót szlifierskich, co zapewni właściwe kierowanie składem. (*Werkstattstechnik* zesz. 17 z r. b. str. 400 według *Schliff u. Scheibe* zesz. 3 z r. ub., str. 5).

Wkładki metalowe z powłoką galwaniczną w wyrobach z mas plastycznych

Autor opisuje najpierw sposoby pomiaru grubości powłok galwanicznych przy użyciu mikroskopu. Zaleca on stałą kontrolę grubości tych powłok nie tylko w laboratorium, ale i w warsztacie, gdyż jakość powłoki, a więc i skuteczność jej, zależy przeważnie bezpośrednio od jej grubości. Następnie opisuje próby i metody pokrywania części metalowych powłokami z mas plastycznych, podkreślając dodatnie wyniki takiego postępowania, zyskującego sobie powodzenie w Ameryce. (*Mod. Plastics* IX.37, str. 48 i 58. *Werkstattstechnik* 1938 zesz. 18, str. 417).

Projektowanie i wyrób części maszyn z mas plastycznych

D. M. Buchanan podaje w czasopiśmie amerykańskim *Mech. Engineering* (XII.37, str. 907) opis czynności, z którymi należy się liczyć przy projektowaniu i wyrobie przedmiotów z mas plastycznych, zaczynając od rysunku i pierwszego wykonania foremika wytwarzanego przedmiotu aż do trudności wyboru tworzywa, wyrobu foremnika, tłoczenia i dalszej obróbki wytwarzanej części. Omawia przy tym wpływ krawędzi ostrych i zaokrąglonych, sprawę grubości ścianek, wkładek metalowych, nacinania gwintu, osiągalnych dokładności i in.

Zastosowanie w warsztacie gazu koksownianego i świetlnego

Artykuł omawia zastosowanie gazu sztucznego z gazociągów dalekosiężnych w przeciwstawieniu do wytwarzanego na miejscu gazu generatorowego oraz do paliwa stałego, wskazując zalety gazu gazociągowego. Jako dziedzinę zastosowania tego gazu wymienia autor: ogrzewanie kąpeli solnych i pieców cementacyjnych, nadmieniając o korzyściach samoczynnej regulacji temperatury i przytaczając cyfry rozchodu gazu na grzanie kąpeli cjankowej. Dalej omawia zastosowanie gazu do spawania płomieniem (zalecając mieszaninę 1:1 gazu z acetylenem) oraz do cięcia (w tym wypadku zaleca czysty gaz), jak również do hartowania powierzchniowego i lutowania. Wreszcie wymienia, jako pole zastosowania gazu: małe ogniska kowalskie warsztatowe, duże piece kuzienne, piece tyglowe, komory suszarnicze w odlewniach i przenośne suszarnie do dużych form, nagrzewnice powietrza i in. (*Werkst. u. Betrieb* IX.37, str. 245; XII.37, str. 333; IV.38, str. 101).

RÓŻNE

Nowe metody budowy w budownictwie przemysłowym

Szybkie, celowe i tanie rozwiązanie zagadnienia rozbudowy zakładów przemysłowych w ramach niemieckiego planu 4-letniego można osiągnąć — jak wskazuje autor cytowanego artykułu — drogą zastosowania budowy szkieletowej, wypełnionej lekkimi pyłami z grubej wełny drzewnej i specjalnej zaprawy. Płyty te wyróżniają się małym ciężarem i małą przewodnością cieplną, obok niskiej ceny. Artykuł, ilustrowany rysunkami, omawia sposoby zastosowania tych płyt, jak również lekkich płyt metalowych, porusza też sprawę uszczelnienia dachów i świetlików. Budowle „płytowe“ pozwalają łatwo obniżyć przewodność ciepła do połowy w porównaniu ze ścianami dotychczasowej budowy, a tym samym prowadzą do oszczędności na kosztach założenia i ruchu urządzeń ogrzewniczych. (*Chem. Apparatur* z dn. 10.V, 25.V. i 10.VIII.1937).

WIADOMOŚCI GOSPODARCZE

Organizacja wzmoczonej produkcji przemysłu angielskiego

Wysiłki zbrojeniowe W. Brytanii wysunęły zagadnienie szybkiego wzmoczenia produkcji wielu działów przemysłu metalowego. Zagadnienie to wystąpiło szczególnie dobitnie na polu przemysłu lotniczego i tu znalazło nadzwyczaj interesujące i — jak się okazuje — skuteczne rozwiązanie. Jak gwałtowny jest wzrost zapotrzebowania w tym dziale, wskazują cyfry poniższe: w r. 1934 — według danych urzędowych — wytwórczość samolotów w W. Brytanii wyniosła 1 108 jednostek, zaś wytwórczość silników lotniczych — 1 685 sztuk, obecny zaś program dozbrojenia przewiduje zapotrzebowanie od 13 400 do 16 800 samolotów. Oczywiście, istniejący przemysł nie może tak dalece rozwinąć swych warsztatów, by podołać temu wzmoczeniu zapotrzebowania w czasie tak krótkim, jak wymagany. Rozwiązanie znaleziono w t. zw. „shadow production“, t. zn. w tworzeniu specjalnych nowych warsztatów dodatkowych w fabrykach istniejących, które to nowe warsztaty (jak gdyby w cieniu dotychczasowych) podjęły produkcję wielkoseryjną po jednej części wytwarzanego obiektu. Te części przesyłane są do montażu w specjalnej montowni, zbudowanej przy innym przedsiębiorstwie.

Całkowite koszty odp. budynków nowych warsztatów, jak również ich wyposażenia i bieżące koszty ich produkcji, przejmuje Ministerium Lotnictwa, przedsiębiorstwo zaś prywatne, przy którym wyrasta taki dział, prowadzi tylko produkcję w przydzielonym doń warsztacie, otrzy-

musząc za to wynagrodzenie od Ministerium, obliczane stosownie do rozmiarów produkcji realizowanej,

Jako przykład omawianej organizacji może służyć produkcja silników lotniczych typu Bristol. W ich wytwarzaniu wzięło udział 6 fabryk, z których 5 podjęło produkcję wielkoseryjną poszczególnych części silnika. Są to zakłady: 1) Austin Motor Co.; 2) Daimler Co.; 3) Rover Co.; 4) Standard Motor Co.; 5) Rootes Securities. Szósta fabryka — Bristol Aeroplane Co. — otrzymała do zarządzania nową montownię produkowanych przez tamte 5 fabryk części. Wszystkie 6 warsztatów wiąże wspólny Komitet koordynacyjny, otrzymujący zamówienia od Ministerstwa Lotnictwa.

Poza tymi zamówieniami Komitetu koordynacyjnego, wszystkie 6 zakładów otrzymują bieżące zamówienia normalne od Ministerium Lotnictwa, tak że ich bieżąca produkcja odbywa się równolegle z ową wytwórczością „w cieniu” oddziałów dodatkowych.

Wynagrodzenie za prowadzenie produkcji oblicza się w danym razie od każdego wykonanego silnika, a otrzymuje je Komitet Koordynacyjny, który ze swej strony rozdziela je pomiędzy 6 firm biorących udział w produkcji. Ażeby pobudzić udziałowców do potania produkcji, ustalono przy jej rozpoczynaniu, przy pierwszych zamówieniach, cenę podstawową, obliczoną w założeniu produkcji niewielkiej serii, z tym, że w miarę jak koszty produkcji będą malały, kwota zaoszczędzona będzie dzielona pomiędzy Ministerium Lotnictwa a firmę prowadzącą dział „zacięziony”.

Po wprowadzeniu owej „produkcji zacięzionej” zatrudnienie przemysłu obsługującego bezpośrednio lotnictwo wojskowe wzrosło od r. 1935 z 30 000 pracowników na 90 000 (*Techn. u. Wirtsch.* 1938 r., zes. 8, str. 219).

Nowe zakłady przemysłowe w C. O. P.

3 większe huty szkła w Polsce utworzyły spółkę p. n. „Mikavit” i przystąpiły do budowy w okolicach Sandomierza wielkiej fabryki szkła nietłukącego się (do samochodów, wagonów, szyb wystawowych itp.). Będzie to pierwsza w Polsce fabryka szkła nietłukącego się, importowanego dotąd z zagranicy.

W Kamieniu pod Sandomierzem uruchomiono fabrykę wyrobów ceramicznych oraz wielką cegielnię, obliczoną na wyrób 2 milj. cegieł rocznie. Obfitość doskonałego surowca na miejscu zapewnia fabryce widoki dużego rozwoju.

Podczas prowadzonych obecnie poszukiwań geologicznych w C. O. P. odkryto m. in. szereg glinek, co do których wypowiedzane jest przypuszczenie o przydatności ich do wyzyskania przemysłowego do wyrobu aluminium.

Odlegnie w Końskich, w związku z poprawą koniunktury, rozbudowują hale fabryczne; m. in. jedna z fabryk tamtejszych, budując odlewnię, urządziła ją w sposób zupełnie nowoczesny.

Huta Ludwików w Kielcach kończy prace nad wypuszczeniem na rynek motocykli własnej produkcji. Prasa codzienna donosi, iż w r. b. możliwe jest wykonanie 500 motocykli tej firmy, a w r. 1939 — parę tysięcy.

TREŚĆ:

Badania kąpieli hartowniczych w związku z krzywą „S” Bain'a (c. d.), nap. dr inż. I. Feszczenko-Czopiński, profesor Akademii Górniczej w Krakowie, i inż. met. J. Wilk.

Wpływ naprężeń wewnętrznych na opór skrawania i zużycie metali, nap. prof. N. N. Sawin.

Osobliwe zagadnienie wytrzymałościowe, nap. inż. Z. Kłębowski.

Nowoczesne turbiny parowe ze szczególnym uwzględnieniem turbin wysokoprężnych, nap. inż. dypl. K. Hoffmann.

Dział sprawozdawczy: Śląsk Zaolzański. — Załamanie się mostu spawanego na kanale Alberta w Belgii. — Urządzenie do samoczynnego zatrzymywania pociągów syst. Koflera.

Przegląd czasopism technicznych.

Wiadomości gospodarcze.

SOMMAIRE:

Essais des bains de trempe en relation avec la courbe „S” de E. C. Bain (suite), par MM. I. Feszczenko-Czopiński, dr. ès. sc., professeur à l'Académie des Mines de Cracovie, et J. Wilk, ingénieur métallurgiste.

L'influence des tensions internes sur la résistance à la coupe et sur l'usure des métaux, par M. N. Savine, professeur.

Problème singulier du calcul de la résistance, par M. Z. Kłębowski, ingénieur mécanicien.

Turbines à vapeur modernes, en particulier turbines à haute pression, par M. K. Hoffmann, ingénieur diplômé.

Variétés: La Silésie d'outre Olza (de Teschen) rendue à la Pologne. — La rupture du pont-route soudé de Hasselt, sur la canal Albert, en Belgique. — Dispositif de blocage automatique des trains.

Revue documentaire.

Chronique industrielle.

Fabryka silników samochodowych w Lublinie

Dn. 27 ub. m. odbyło się w Lublinie założenie kamienia węgielnego pod budowę fabryki silników samochodowych zakł. Lilpop, Rau i Loewenstein. Projektowana fabryka ma wytwarzać silniki marki Chevrolet na podstawie licencji wytwórni General Motor Corp. Uruchomienie fabryki przewidywane jest w r. 1939. W dalszym ciągu projektuje się rozwinięcie w nowozakładanej fabryce produkcji ważniejszych zespołów samochodowych. (*Przem. Metalowy*, zes. 19 z r. b.).

Ilość samochodów w Polsce

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego na 1 lipca r. b. było w Polsce ogółem 51 729 pojazdów mechanicznych, co stanowi 15 na 10 000 mieszkańców. Z tej liczby przypada na samochody ciężarowe i osobowe 39 253 (czyli 11,4 na 10 000 mieszcz.), a na motocykle 12 476.

W ciągu ostatniego półrocza r. b. liczba ogólna pojazdów mechanicznych w Polsce wzrosła o 17%, w tym samochodów — o 14% (osobowych o 18%, ciężarowych — o 14%, autobusów o 13%, taksówek o 1,5%), liczba zaś motocykli wzrosła o 26%. (*Przem. Metalowy*).

Rozwój przemysłu samochodowego w Japonii

W r. 1934 produkcja samochodów w Japonii ograniczała się do stosunkowo skromnych rozmiarów. Rynek zasilały głównie montownie Forda i General Motors, importujące części ze swych zakładów amerykańskich. Stan ten obrazuje poniższe zestawienie.

Produkcja i montaż samochodów w Japonii
1929 — 1934 r.

| R o k | Wytwórczość krajowa | | Zmontowano z części importowanych |
|-------|---------------------|-----------|-----------------------------------|
| | duże wozy | małe wozy | |
| 1929 | 437 | — | 28 087 |
| 1930 | 458 | — | 18 663 |
| 1931 | 434 | — | 18 908 |
| 1932 | 696 | 144 | 13 327 |
| 1933 | 1 055 | 557 | 14 084 |
| 1934 | 1 355 | 1 366 | 30 884 |

Dopiero w r. 1934 powstały 2 przedsiębiorstwa produkcji masowej samochodów osobowych, zaś istniejące dotąd zakłady przeszły na produkcję wozów dla wojska.

W przywozie pojazdów i części samochodów poważną rolę odgrywają Stany Zjedn. A. P., wartość bowiem importu amerykańskiego stanowi 95 — 97% całej wartości przywozu w tym dziale (w r. 1936 — 37 mil. jen). Równocześnie zaznacza się rosnące zainteresowanie wozami europejskimi (niemieckimi, włoskimi i francuskimi głównie) ze względu na ich mniejszy rozchód paliwa, ważny zarówno z powodu wymagań gospodarki dewizowej, jak również wobec znaczenia obniżenia kosztów eksploatacji wozu popularnego.

Obecnie japoński przemysł samochodowy podejmuje — obok zaspakajania potrzeb rynku krajowego — dążenie do eksportu, głównie do krajów dalekiego wschodu. (*Maschinenbau*, zes. 17/18 z r. b., str. 474/5).