

PRZEGLĄD MECHANICZNY

ORGAN CENTRALNEGO
ZARZĄDU PRZEMYSŁU
M E T A L O W E G O
i
STOWARZYSZENIA
INŻYNIERÓW I TECH-
NIKÓW MECHANIKÓW
P O L S K I C H

Rok VII

Warszawa, Październik – Grudzień 1948 rok

Zeszyt 10–12

Technika Radziecka przoduje

Inż.-mech. MIECZYŚLAW LESZ
Generalny Dyrektor CZPM

Związek Radziecki jest krajem nie tylko szybkiego rozwoju wytwórczości, ale także szybkiego rozwoju techniki.

Każda epoka gospodarcza, każdy ustrój gospodarczy ma właściwą sobie technikę wytwarzania. Już *Marks* pisał:

„Okresy gospodarcze różnią się nie tym, co się produkuje, ale tym, jak się produkuje, jakimi narzędziami pracy.

Narzędzia pracy są nie tylko miarą rozwoju ludzkiej siły roboczej, ale i wskaźnikiem tych stosunków społecznych, przy których praca jest wykonywana“¹⁾.

Postępowa rola kapitalizmu w rozwoju techniki zasadniczo skończyła się.

W warunkach wolnej konkurencji XIX w., pogoń za obniżeniem kosztu własnego, była zarazem pogoń za nowymi metodami wytwarzania, skracającymi czas społecznie niezbędny dla wyprodukowania określonego towaru.

Monopolistyczne stanowisko na rynkach, zdobyte przez wielkie kartele i trusty — nie sprzyjało już walce o obniżenie kosztu własnego, od którego zresztą coraz częściej daleko odbiegała wysoka monopolistyczna cena.

Wielcy monopolisci przestają być zainteresowani w rozwoju techniki, głównie z tego powodu, że nowe narzędzia produkcji, wytwarzające taniej i lepiej obniżają wartość już dokonanych miliardowych inwestycji, opartych na dawnej technologii.

Tak np. wielcy monopolisci energetyki amerykańskiej w czasie ostatniej wojny utracili plan budowy dużych elektrowni wodnych w płn. wschodnich stanach, z obawy o deprecjację swych inwestycji ulokowanych w elektrowniach parowych, pomimo tego, że prąd z elektrowni wodnych byłby przeszło dwa razy tańszy. Obliczają, że gdyby plan ten był zrealizowany, w jednym tylko 1941 r. oszczędzono by co najmniej 1 miliard dolarów²⁾.

W tych warunkach sztandar postępu technicznego został przyjęty przez pierwsze w świecie państwo socjalistyczne — ZSRR.

Socjalizm (i w jeszcze wyższym stopniu komunizm) opiera się o nową, najbardziej przodującą technikę, dąży do jej szybkiego rozwoju, szeroko stosuje ją w produkcji.

Celem socjalizmu w jego walce o podniesienie poziomu życiowego mas pracujących jest w ostatecznym rezultacie podniesienie dochodu społecznego, co daje się osiągnąć tylko przez podniesienie wydajności pracy, to zaś z kolei jest możliwe głównie przez zastosowanie nowych metod pracy i organizacji — nowej techniki.

Jeszcze w okresie rekonstrukcji *Lenin* i *Stalin* rzucili hasło opanowania i wprowadzenia w życie nowej techniki.

Jeszcze w 1920 r. na VIII Zjeździe Rad, *Lenin* oświadczył: „Tylko wtedy... gdy pod przemysłem, rolnictwem i transportem będziemy mieli techniczną bazę nowoczesnego wielkiego przemysłu, tylko wtedy zwyciężymy ostatecznie“.

„Jesteśmy krajem największej koncentracji przemysłu — pisał *Stalin*. Znaczy to, że możemy budować nasz przemysł na bazie najlepszej techniki i zapewnić dzięki temu nieznaną dotąd wydajność pracy“.

Niemal od chwili zdobycia władzy partia bolszewicka rozniecała w narodzie wiarę w możliwość i konieczność likwidacji wielkiego zacofania kraju w najkrótszym czasie, tak aby nie tylko dopędzić, ale i prześcignąć przodujące kraje kapitalistyczne.

W chwili, gdy tylko odbudowa powojenna została zakończona, partia rzuciła hasło opanowania nowej techniki. Na pierwszej konferencji pracowników przemysłu w 1931 r. postawił to zagadnienie *Stalin*.

„Pozostaliśmy w tyle poza przodującymi krajami o 50—100 lat. Musimy przebiec tę odległość w ciągu 10 lat. Albo tego dokonamy, albo zostaniemy zgniecieni... Bolszewicy muszą opanować technikę. Czas już, by bolszewicy sami stali się specjalistami. Technika w okresie rekonstrukcji decyduje o wszystkim“³⁾.

Walka o nieprzerwany postęp techniczny stała się nie czasową kampanią, ale ważną i trwałą czę-

¹⁾ *Marks* Kapitał, t. I, str. 121.

²⁾ *Congressional Record* 8, III, 1943.

³⁾ *Stalin*, Zagadnienia Leninizmu, str. 444 — 446.

ścią składową walki o rozwój socjalistycznej gospodarki. Każdy plan pięcioletni oprócz powiększenia produkcji stanowił ogromny krok naprzód na drodze opanowania nowej techniki. Rozwój techniki w ZSRR był planowany, podobnie jak rozwój gospodarki.

Państwo radzieckie łoży ogromne sumy na rozwój nauki i techniki, na budowę i urządzenie naukowo-badawczych instytutów, laboratoriów, doświadczalnych stacyj rolniczych, na naukowe wydziały.

Mówiąc o społeczeństwie komunistycznym, *Stalin* scharakteryzował je jako „gospodarstwo ludowe, planowo organizowane, zbudowane na bazie wyższej techniki, tak przemysłowej jak i rolniczej”⁴⁾.

Dlatego zasadniczą ideą, która określa tendencje rozwojowe radzieckiej techniki jest dążność do powiększenia wydajności pracy, dla zapewnienia większej ilości wytworów na mieszkańca, dążąc równocześnie do zmniejszenia ciężkiej pracy fizycznej.

Zasadnicze tendencje nowej techniki radzieckiej, to przyspieszenie procesów produkcyjnych, ich mechanizacja, elektryfikacja i automatyzacja.

Mechanizacja oznacza zastąpienie pracy ludzkiej pracą mechanizmów. Jest jasne, że jeżeli wysiłek robotnika będzie uwielokrotniony pracą kierowanych przezeń mechanizmów, wydajność jego znacznie wzrośnie. Na to znaczenie mechanizacji wskazywał *Stalin*: „Mechanizacja procesów pracy jest tą nową dla nas i decydującą siłą, bez której nie można wytrzymać ani naszego tempa, ani nowych rozmiarów produkcji”⁵⁾.

Wyższym stopniem mechanizacji jest automatyzacja.

Jeżeli drogą mechanizacji zastępuje się pracę człowieka pracą maszyn, pozostawiając mu rolę kierowania, dozoru i obsługi maszyn, automatyzacja zastępuje człowieka w znacznej mierze także w tej jego ostatniej funkcji. Automatyzacja otwiera wprost nieograniczone możliwości wzrostu wydajności pracy i zmienia zasadniczo jej charakter.

Dzięki niej maleje zapotrzebowanie na niekwalifikowaną siłę roboczą, a równocześnie rośnie zapotrzebowanie na wysoko kwalifikowane kadry techniczne i robotnicze.

Mechanizacja i automatyzacja procesów wytwórczych możliwa jest jedynie na bazie elektryfikacji. Energia elektryczna jest tym rodzajem energii, którego przesyłanie i użytkowanie, a w pewnej mierze także wytwarzanie wymaga najmniejszego wkładu ciężkiej pracy fizycznej. Dlatego elektryfikacja odgrywa szczególnie wielką rolę w rozwoju radzieckiej techniki.

* *

Wszystkie te zasadnicze tendencje nowej radzieckiej techniki można zaobserwować w rozwoju poszczególnych gałęzi przemysłu radzieckiego, a także radzieckiego rolnictwa i transportu.

Pod bezpośrednim kierownictwem *Stalina* dokonano w ZSRR ogromnej pracy nad mechanizacją ciężkiej pracy fizycznej górnik.

Przyspieszenie i mechanizacja wiercenia szybów i chodników osiągnięta została przez zastosowanie świrdrów pneumatycznych, umieszczonych na specjalnych wózkach wiertniczych kołowych lub gąsienicowych. Metoda ta pozwoliła na wielokrotne powiększenie szybkości wykonywania nowych chodników i szybów. Podczas gdy w St. Zjedn. średnia szybkość robót podziemnych wynosi kilkanaście metrów bieżących miesięcznie, radziecki plan techniczny na 1948 r. ustala szybkość robót podziemnych na 20 — 23 m miesięcznie, a niektóre kopalnie radzieckie osiągnęły tempo do 40 m mies. przy szybach pionowych, a do 200 m przy poziomych chodnikach.

Urobek węgla został zmechanizowany przez zastosowanie wrębówek, niemal nieznanych w Rosji carskiej. W 1940 r. zmechanizowano w ZSRR 94,8% robót wrębowych (w St. Zjedn. tylko 84,6%). W pięcioletce powojennej ma być wykonane w ZSRR 11 tys. wrębówek.

W ostatnich dziesięciu latach wykonano poważne prace dla rozwiązania zagadnienia mechanizacji załadunku węgla na wózki. Opracowano konstrukcję specjalnej maszyny załadowniczej, która przy pomocy dwu współbieżnych łańcuchów zębatych ładuje węgiel z dna korytarza na wózki lub na przenośniki.

Pięcioletka powojenna stawia sobie za zadanie produkcję specjalnych kombajnów węglowych, któreby łączyły pracę urobku z pracą ładowania.

Mechanizacja kopalnianego transportu podziemnego została osiągnięta przez zastosowanie kopalnianych lokomotyw elektrycznych. Już w 1940 r. 3/4 węgla przewożone było do szybów mechanicznie. Po wojnie mechanizacja transportu podziemnego osiągnęła 92,4%, prześcigając górnictwo amerykańskie. Powojenny plan pięcioletni przewiduje budowę dalszych 4900 elektrycznych lokomotyw kopalnianych.

Radzieckie hutnictwo osiągnęło już przed wojną poziom produkcji czterokrotnie wyższy od poziomu Rosji carskiej, a pod koniec planu powojennego ma osiągnąć poziom 6-krotnie wyższy. Hutnictwo radzieckie jest najbardziej nowoczesne na świecie. ZSRR posiada najwyższy na świecie procent surowki wytapianej w nowoczesnych wielkich piecach, o pojemności ponad 1000 m³, najwyższy uzysk surowki z jednostki objętości pieca i najniższy rozchód koksu.

W Rosji carskiej uzyskiwano 1 tonę metalu z 1,6 — 2,1 m³ objętości wielkiego pieca, plan techniczny hutnictwa radzieckiego na r. b. przewidywał natomiast tylko 1,08 m³ na 1 tonę surowki, podczas gdy produkujące huty uralskie i środkowo-syberyjskie osiągają już 0,8 m³ na 1 tonę.

Już przed wojną opracowano w ZSRR sposób wzbogacania tlenem powietrza używanego do wielkiego pieca. Powojenny plan pięcioletni przewiduje budowę takiego pieca pierwszego w świecie w skali nie laboratoryjnej, ale przemysłowej. Da to jeszcze dwukrotnie lepsze wykorzystanie objętości użytecznej pieca.

Hutnictwo radzieckie produkuje w wytopie stali jakościowej. W 1940 r. w ZSRR wyprodukowano 23% stali jakościowej, podczas gdy hutnictwo ame-

⁴⁾ *Stalin*, Zagadnienia Leninizmu, str. 193.

⁵⁾ *Stalin*, Zagadnienia Leninizmu, str. 333.

rykańskie nigdy nie przekroczyło 15% stali jakościowej w ogólnym wytopie stali.

W czasie wojny opanowano całkowicie produkcję stali jakościowej w piecach martenowskich. Tak np. wlewki stalowe na płyty czołgowe odlewane były ze zwykłych pieców martenowskich.

Wielki krok naprzód został dokonany w ZSRR na odcinku techniki wytwarzania i przesyłania energii elektrycznej, a także elektryfikacji przemysłu, rolnictwa i gospodarstwa domowego.

Do wojny energetyka radziecka wzrosła 20-krotnie w stosunku do poziomu z okresu przedrewolucyjnego. Powojenny plan pięcioletni przewiduje dalszy wzrost o 70%. ZSRR ma największy udział elektrowni nowych, o niskim zużyciu paliwa i wysokim stopniu automatyzacji procesów.

W Rosji carskiej budowano kotły o produkcji do 10 ton pary na godzinę i ciśnieniu kilkunastu atmosfer.

W 1939 r. budowano już kotły o ciśnieniu 30 at., a w 1933 r. zbudowano pierwszy kocioł o ciśnieniu 140 at. i wydajności 200 ton na godzinę.

Carska Rosja budowała turbiny o mocy 2000 kW; w ZSRR już w 1925 r. zbudowano turbinę o mocy 10.000 kW, w 1933 — 25.000 kW, a w 1938 roku — 100.000 kW. Nowe turbiny na parę o wysokich ciśnieniach do 90 at. dały oszczędność na węglu w stosunku do dawnych turbin o niskim ciśnieniu ok. 15%.

Powojenny plan pięcioletni przewiduje największy wzrost produkcji energii z elektrowni wodnych. W 1950 r. energia elektrowni wodnych ma stanowić 15,2% ogólnej wyprodukowanej energii wobec 11,5% w 1940 r.

Automatyzacja elektrowni wodnych postąpiła tak daleko, że w niektórych radzieckich elektrowniach, np. w elektrowniach na kanale Moskwa Wołga, lub w elektrowni pod miastem Erywan w Armenii, nie ma wcale stałej obsługi, przewidziana jest jedynie periodyczna kontrola automatów.

Uczeni radzieccy opracowują metodę przekazywania energii przy pomocy prądu stałego na odległość tysięcy kilometrów.

Potężnie rozwinęła się w okresie pięcioletek stalowniczych i w czasie wojny budowa maszyn, która jest „sercem ciężkiego przemysłu“ (*Stalin*).

W przededniu wojny przemysł maszynowy radziecki dawał 50 razy więcej produkcji niż przemysł Rosji carskiej! Jeszcze przed wojną przemysł maszynowy dawał 1/3 wartości produkcji. Pod względem udziału wartości produkcji przemysłu maszynowego w produkcji ogólnej ZSRR wysunął się na pierwsze miejsce w świecie. W czasie wojny udział ten jeszcze wzrósł, osiągając 42%.

Rozwój techniki budowy maszyn szedł zarówno w kierunku nowych konstrukcji, jak również w kierunku nowej technologii wykonania.

Radzieckie parowozy są największe na świecie. Siła pociągowa parowozów towarowych *FD* w stosunku do parowozów przedwojennych *Szcz* wzrosła o 58%, parowozów osobowych *IS* w stosunku do przedwojennych *S* o 70%.

Koleje radzieckie przeszły całkowicie na wagony 60-tonowe, zamiast dawnych 15-tonowych, sprzęgane automatycznie. Poważne postępy czynią elek-

tryfikacje kolei. W 1932 r. była zbudowana w ZSRR pierwsza lokomotywa elektryczna. W ciągu następnych 15 lat zbudowano w ZSRR 200 lokomotyw elektrycznych; w ciągu 5 lat pięcioletki powojennej ma być zbudowane 555 sztuk. W ciągu pięcioletki powojennej długość linii zelektryfikowanych wzrosła z 2000 km do 7360 km.

Technologia budowy maszyn zmieniła się zasadniczo.

Radziecki przemysł budowy obrabiarek dostarczył fabrykom maszyn najnowszych wysokowydajnych obrabiarek, pracujących równocześnie kilkoma, lub nawet kilkudziesięcioma narzędziami, o zaautomatyzowanym cyklu produkcji.

Ostatnim sukcesem radzieckiego budownictwa obrabiarek jest stworzenie automatycznych linii obrabiarkowych.

Droga obróbka wiórowa jest zastępowana w ZSRR tanią obróbką na prasach. Tak np. znany radziecki pistolet automatyczny *P. P. Sz.*, składa się prawie wyłącznie z części wytoczonych na prasach i następnie spawanych elektrycznie.

Silny przemysł budowy maszyn i jego wysoki poziom techniczny wzmocniły obronność Związku Radzieckiego. Przemysł Związku Radzieckiego wyprodukował w czasie ostatniej wojny w porównaniu z produkcją Rosji carskiej w czasie pierwszej wojny 5 razy więcej karabinów, 8 razy więcej naboju karabinowych, 15 razy więcej amunicji artyleryjskiej, 30 razy więcej dział, 50 razy więcej karabinów maszynowych.

Rozwój techniki wytwarzania nie minął i wsi radzieckiej.

Dzięki kolektywizacji stała się możliwa mechanizacja ciężkiej pracy obróbki ziemi. Jeszcze w 1928 r. przeważała w ZSRR praca ręczna na roli. W roku tym zaorano jeszcze 10% pól uprawnych sochą, zasiano ręcznie 74,4% ziarna, żęto sierpem i kosą 44,4% zboża, omlócono ręcznie 40,7% zebranego zboża. Ale już po 10 latach w 1938 r., zaorano ciągnikami 71,5%, zasiano ziób siewnikami 56,7%, omlócono mechanicznie 95% zebranego zboża.

Prawie połowa ziób była zebrana kombajnami. Cyfry, te jaskrawo obrazują przewrót jaki nastąpił w technice pracy rolnictwa radzieckiego. Był to skok od techniki średniowiecznej do techniki socjalistycznej.

Drugą potężną dźwignią w rozwoju socjalizmu na wsi była elektryfikacja wsi. Na XVI zjeździe Partii *Stalin* stwierdził, że gdy w ZSRR będzie 10 — 15 rejonów kompletnie zelektryfikowanych, wówczas elektryfikacja wsi wejdzie na realne tory.

Do wojny było jedynie kilka rejonów wiejskich w pełni zelektryfikowanych głównie koło elektrowni Dnieprowskiej. Po wojnie elektryfikacja wsi rozwija się dziesięć razy szybciej niż przed wojną. Całe obwody przeprowadzają elektryfikację kołchozów. Elektryfikacja wsi i mechanizacja robót wiejskich jest podstawą dla zatarcia przeciwieństwa między miastem i wsią.

* * *

Nowa technika w przemyśle i rolnictwie radzieckim była jedną z głównych (choć nie jedyną) dźwigni wzrostu wydajności pracy.

Stalin wskazując na źródła wzrostu wydajności pracy, tkwiące w samym człowieku (warunki bytu, dyscyplina i współzawodnictwo) zaznacza, że wszystko to ma znaczenie „na bazie wyższej techniki i racjonalnej organizacji pracy”⁶⁾

Nie ulega wątpliwości, że obok polepszenia warunków bytu, wzrostu dyscypliny pracy i rozwoju współzawodnictwa — właśnie rozwój nowej techniki, mechanizacja i automatyzacja procesów technologicznych — były decydującym czynnikiem wzrostu wydajności pracy.

W czasie czterech lat pierwszej pięcioletki wydajność pracy wzrosła o 41%, w ciągu drugiej pięcioletki o 82%.

Ciężkie lata wojny były latami dalszego wzrostu wydajności. W 1942 r. wzrost ten wynosił 19%, w 1943 r. — 7% w stosunku do roku poprzedniego.

Powojenny plan pięcioletni przewiduje dalszy wzrost wydajności o 36% w przemyśle i o 40% w budownictwie.

⁶⁾ *Stalin*. Zagadnienia Leninizmu, str. 402.

Jak widać ze sprawozdania o wykonaniu planu, zaplanowany wzrost wydajności będzie nie tylko osiągnięty, ale i przekroczony. W ciągu 1947 r. wydajność wzrosła o 13%, a w I kwartale 1948 r. była o 21% wyższa niż w I kwartale 1947 r.

*
* *

Masy pracujące Polski znajdują się na innym, wcześniejszym etapie rozwoju niż narody Związku Radzieckiego. W Związku Radzieckim już przed wojną został zbudowany ustroj socjalistyczny.

Polska wstępuje dopiero na drogę budowy zrębów ustroju socjalistycznego.

Dlatego też, choć nie możemy stawiać sobie tych samych zadań, które stawia sobie Związek Radziecki na odcinku techniki wytwarzania, doświadczenie Związku Radzieckiego, jest dla nas szczególnie cenne. Dlatego, walcząc o socjalizm w Polsce, powinniśmy poznawać przodującą techniką radziecką.

Rozwój Radzieckiego przemysłu samochodowego i ciągnikowego

Inż.-mech. ADAM MINCHEJMER

W ramach realizacji olbrzymiego planu uprzemysłowienia, będącego jednym z głównych czynników wielkiej społecznej i gospodarczej przebudowy ustroju, którą umożliwiła w Rosji Rewolucja Październikowa, wyznaczono od samego początku bardzo ważną i doniosłą rolę przemysłowi samochodowemu i ciągnikowemu.

Miał on dostarczyć gospodarce Związku Radzieckiego potrzebne środki transportowe, a rolnictwu, budowanemu na nowych uspołecznionych podstawach, niezbędne maszyny robocze. Równocześnie miał on stać się ośrodkiem opanowania nowoczesnych metod ciągłej produkcji, ośrodkiem promieniującym następnie dzięki swym osiągnięciom na inne odcinki przemysłu maszynowego.

Sposób podejścia do sprawy stworzenia i rozbudowy przemysłu motoryzacyjnego w Związku Radzieckim jest bardzo ciekawy i pouczający zarówno ze względu na wyznaczenie celów jak i ze względu na dobór środków i racjonalną kolejność realizacji poszczególnych etapów.

W Rosji carskiej nie było wcale właściwego przemysłu samochodowego. Po rewolucji podjęte zostały samodzielne próby uruchomienia produkcji samochodowej w moskiewskiej fabryce *AMO* i w roku 1924 rozpoczęta została niewielka produkcja samochodów ciężarowych *AMO—F—15*. Gdy przystępowano do opracowywania pierwszej pięcioletki, zdawano sobie doskonale sprawę, że dotychczasowe poczynania nie będą mogły rozwiązać zagadnienia motoryzacji na

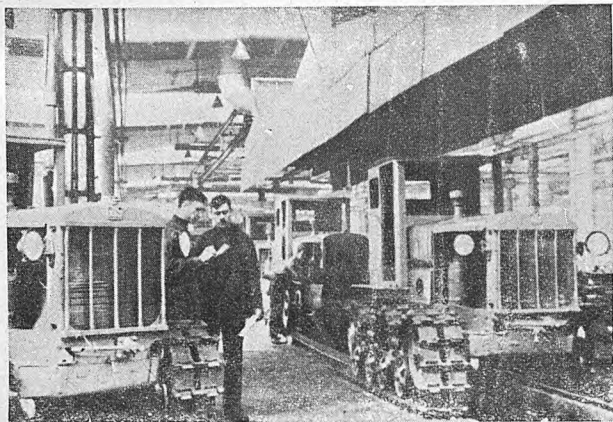


Rys. 1. Zastosowanie ciężkich ciągników gąsienicowych do wielkich robót ziemnych w Związku Radzieckim.

należytem poziomie i że całe zagadnienie trzeba od razu ująć w zupełnie innej skali. Postanowiono więc zbudować trzy wielkie fabryki zdolne do całkowicie samodzielnej produkcji samochodów w dostatecznie dużych ilościach. Wobec braku własnego technicznego dorobku w tej dziedzinie postanowiono oprzeć się na wzorach obcych. Biorąc pod uwagę warunki drogowe i terenowe, brak dostatecznego wyrobienia technicznego ogółu oraz zamierzoną wielkość produkcji, wybrano przede wszystkim za wzór małe ciężarowe i osobowe samochody *Forda* typu *AA* i typu *A*, a więc te same samochody które przyczyniły się do zmotoryzowania Stanów Zjednoczonych.

W roku 1929 rozpoczęto budowę wielkiej fabryki w Gorkim, zdolnej do rocznej produkcji 100.000 samochodów, a w roku 1932 rozpoczęła się regularna produkcja samochodów *GAZ—AA* — ciężarówki o ładowności 1,5 tony, oraz *GAZ—A* — otwartego samochodu osobowego. Samochody te były przystosowanymi do warunków Radzieckich wspomnianymi samochodami *Forda*.

W tym samym okresie przystąpiono do całkowitej przebudowy Moskiewskich Zakładów Samochodowych, przystosowując je do rocznej produkcji 25.000 sztuk trzytonowych ciężarówek i w roku 1931



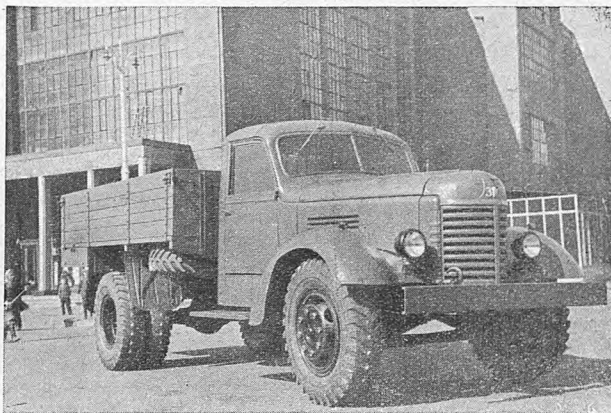
Rys. 2. Gąsienicowe ciągniki wyrobu Chałkowskich Zakładów Ciągnikowych.

przystąpiono do produkcji samochodu *AMO—3*, opartego pod względem konstrukcji na amerykańskiej ciężarówce *Autocar*. Samochód ten, składający się z zespołów różnych wytwórni (np. tylny most i kierownica firmy *Timken*), wymagał już więcej przeróbek i przystosowań niż *Fordy*. Mimo to okazał się nieprzydatnym do warunków Radzieckich i w roku 1933 rozpoczęła się produkcja całkowicie już przekonstruowanej ciężarówce 3-tonowej *ZIS—5* (w okresie tym Moskiewskie Zakłady otrzymały nazwę, „Zakłady imienia *Stalina*“).

W Jarosławiu w okresie tym została rozbudowana, uruchomiona jeszcze w roku 1925, trzecia z fabryk, nastawiona na produkcję dużych samochodów ciężarowych: *Ja—5* i *Ja—6* — ciężarówka 5-tonowa i autobus, oraz od roku 1931 *JaG—10* — ciężarówka o ładowności 8 ton.

Nastawienie w pierwszym rządzie na produkcję samochodów ciężarowych było odbiciem należytej oceny hierarchii potrzeb.

W toku uruchamiania i opanowywania produkcji w tych fabrykach rozwinięta została systematycznie i na szeroką skalę zakrojona akcja szkolenia kadr fachowców potrzebnych do dalszego rozwoju przemysłu samochodowego. Skoncentrowanie w początkowym okresie produkcji wszystkich części w obrębie jednej fabryki pozwoliło na należyte rozpracowanie zagadnień wytwórczych, potrzebnych do przyszłego rozwinięcia przemysłu pomocniczego.



Rys. 3. Nowy typ 4-tonowego samochodu ciężarowego *ZIS—150*.

Poza placówkami badawczymi w samych wytwórniach stworzony został specjalny instytut naukowy, który kolejno przechodził różne etapy organizacyjne i który podjął na szeroką skalę zakrojone badanie nie tylko z dziedziny produkcji, ale także konstrukcji i eksploatacji samochodów i ciągników. Powstały również specjalne samochodowe wyższe uczelnie techniczne.

Osiągnięte wyniki badań i zdobywane doświadczenie znalazły wkrótce odbicie w produkcji. Podnosi się jej jakość i ilość tak, że już w roku 1936 radziecka wytwórczość samochodów ciężarowych przekroczyła łączną produkcję tych wozów we Francji i w Niemczech, a w roku 1938 łączną produkcję samochodów ciężarowych we wszystkich krajach europejskich wraz z Anglią, wysuwając tym samym radziecki przemysł samochodowy pod tym względem na drugie miejsce na świecie.



Rys. 4. Małe samochody osobowe „*Moskwicz*”

W drugiej pięcioletce Stalinowskiej uległ również zmianie sam ustrój przemysłu samochodowego: rozbudowywać zaczyna się przemysł pomocniczy, po-

wstają specjalne wytwórnie części zamiennych, zaczynają być tworzone w różnych okolicach kraju montownie. Zaczynają być produkowane odmiany dotychczasowych modeli, dostosowane do specjalnych zadań, jak autobusy ZIS—8, ZIS—12, ZIS—16 i GAZ—30; ciągnik siodłowy ZIS—10; samochód samowładowczy GAZ — 410. W roku 1938 prócz modelu GAZ — AA produkowany jest model GAZ—MM z silnikiem o większej mocy. W roku 1936 zakłady w Gorkim, które noszą wtedy już nazwę Zakładów imienia Molotowa, wypuszczają zupełnie nowy model osobowego samochodu M—1, a Zakłady imienia Stalina — duży luksusowy samochód osobowy ZIS—101. Opracowany zostaje również

Zakłady Putiłowskie (obecnie imienia *Kirowa*) zaczęły w tym okresie dotychczasową produkcję ciągników typu *Fordson* i przeszły na masową produkcję kołowych ciągników do uprawy międzyrzędowej typów Y—1 i Y—2 opartych na wzorze *Universal*.

Na początku 1936 roku było już w Związku Radzieckim blisko 380.000 ciągników, a w ciągu drugiej pięcioletki produkcja przemysłu ciągnikowego osiągnęła 512.000 sztuk, wysuwając Związek Radziecki na pierwsze miejsce na świecie. Równoległe z rozwojem przemysłu ciągnikowego następowała rozbudowa sieci motorowo-ciągnikowych stacji (MTC), będących ośrodkami mechanicznej uprawy roli oraz obsługi i napraw ciągników.



Rys. 5. Pas montażowy nadwozia samochodu M—20 „Pobieda”.

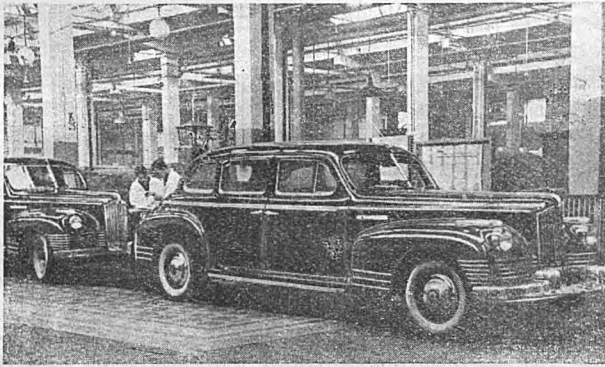
mały samochód osobowy *KIM*—10, którego produkcja, rozpoczęta w roku 1940 w specjalnie zbudowanej nowej fabryce w Moskwie, przerwana została wybuchem wojny. Od roku 1936 zakłady w Jarosławiu rozpoczęły produkcję trolleybusów.

Historia rozwoju radzieckiego przemysłu ciągnikowego była podobna do historii przemysłu samochodowego. Już w latach 1918—1923 szereg wytwórni jak Zakłady Putiłowskie w Leningradzie, wytwórnia parowozowa w Charkowie, Zakłady Mechaniczne w Kołomeńsku i inne, podjęło próby produkcji ciągników, opierając się na różnych wzorach zagranicznych lub też na rodzimej konstrukcji *Mamina*. Pierwsza Stalinowska pięcioletka stawia zagadnienie produkcji ciągników na zupełnie innym poziomie: w roku 1930 rozpoczynają produkcję olbrzymie Zakłady Ciągnikowe imienia Dzierżyńskiego w Stalingradzie, a w roku 1932 analogiczne Zakłady imienia Ordżonikidze w Charkowie. Obie te wytwórnie produkowały kołowe ciągniki CT3 i XT3 oparte na wzorze amerykańskiego ciągnika *International*. W roku 1933 zakończono budowę zakładów ciągnikowych w Czelabińsku, które rozpoczęły wytwórczość gąsienicowych ciągników „*Staliniec*” C—60, opartych na wzorze *Caterpillar*—60.

W wyniku samodzielnych prac badawczych i konstrukcyjnych stworzona została drogowa odmiana ciągnika CT3 na oponach, a od roku 1937 zakłady w Stalingradzie i Charkowie zaczęły przechodzić na produkcję gąsienicowego ciągnika CT3—*NATI*, zakłady w Czelabińsku przeszły na produkcję gąsienicowego ciągnika „*Staliniec*” C—65 z silnikiem wysokopiętnym, zakłady *Kirowa* zaczęły produkować również gąsienicowy ciągnik do uprawy międzyrzędowej Y—3. Charkowska wytwórnia parowozów rozpoczęła natomiast produkcję wielkich ciągników gąsienicowych „*Komintern*” z silnikiem wysokopiętnym.

Wojna światowa postawiła samochodowy i ciągnikowy przemysł wobec nowych trudnych zadań. Pomimo ciosów zadanych przez wroga: wielkie zakłady w Charkowie i Stalingradzie uległy zniszczeniu a zakłady ZIS musiały się ewakuować — przemysł ten w rekordowym czasie wybudował szereg nowych zakładów na Uralu i w Syberii i w zwiększonych nawet ilościach zaopatrywał walczącą armię w sprzęt dotychczasowych typów jak i w specjalne pojazdy mechaniczne jak np. samochód GAZ—67, będący odpowiednikiem amerykańskich „jeepów”, opartym na zespołach wozów GAZ—AA i M—1.

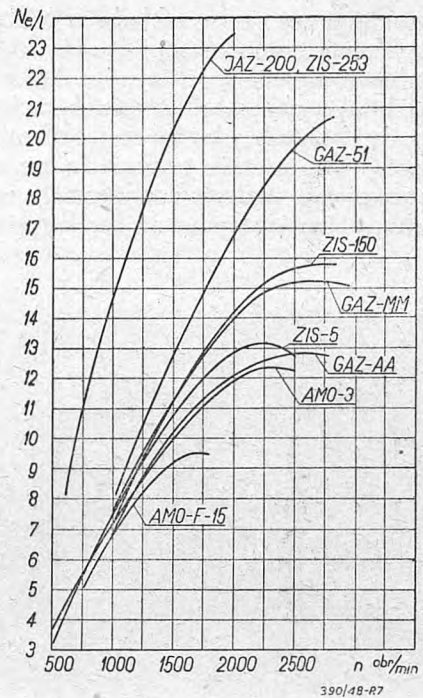
„Powrót“ do pokojowej produkcji dla radzieckiego przemysłu samochodowego stał się nie powrotem, ale nowym olbrzymim krokiem naprzód. Opierając się na dorobku dotychczasowych doświadczeń, badań i prac konstrukcyjnych, które nie uległy przerwie nawet w okresie wojny, przy przestawianiu produkcji wojennej przystąpiono do uruchamiania produkcji całej gamy nowych ulepszonych typów. Typy GAZ — AA i GAZ—MM zastąpione zostały 2,5 tonowym samochodem GAZ—51 oraz jego terenową odmianą GAZ—63, 3-tonowy ZIS—5 zastąpiony został nowym 4-tonowym ZIS—150 i jego sześciokołową odmianą ZIS—151, duży osobowy samochód ZIS—101 zastąpiony został nowym typem ZIS—110, osobowy M—1 zastąpiony został wybitnie nowoczesnym samochodem M—20 „Pobieda“ z samoniosącym nadwoziem i z niezależnym zawieszeniem o bardzo dobrej charakterystyce dynamicznej. Zarzuconą produkcję małego samochodu osobowego KIM—10 zastąpiono produkcją typu „Moskwicz“ Zakłady imienia Stalina oraz Zakłady w Jarosławiu przystąpiły do produkcji dwusuwowych silników wysokoprężnych, które znalazły zastosowanie w wozach: ZIS—253 — 4 tonowa ciężarówka, ZIS—154 — autobus z samoniosącym nadwoziem, silnikiem umieszczonym z tyłu



Rys. 6. Duże luksusowe samochody ZIS—110.

i elektryczną przekładnią, JAZ—200 — 7 tonowa ciężarówka, Jaz—205 — 5 tonowa ciężarówka z samowyladowującą skrzynią, JAZ—210 — 12 tonowa sześciokołowa ciężarówka. Podjęto również produkcję nowych typów trolleybusów. Wprowadzenie tych nowych typów o większej niż poprzednio ładowności z silnikami większej mocy, ma na widoku usprawnienie i wzmoczenie transportu samochodowego. W konstrukcji tych wozów widać umiejętne przystosowanie do specyficznych warunków ruchu na obszernych i różnorodnych terenach Związku Radzieckiego oraz dążenie do uzyskania wysokiej jakości technicznej i ekonomiczności eksploatacji. Wskaźnikiem tego są np. podane na rys. 7 i 8 porównawcze wykresy pojemnościowego wskaźnika mocy (mocy z 1 litra pojemności skokowej) dawnych i nowych silników.

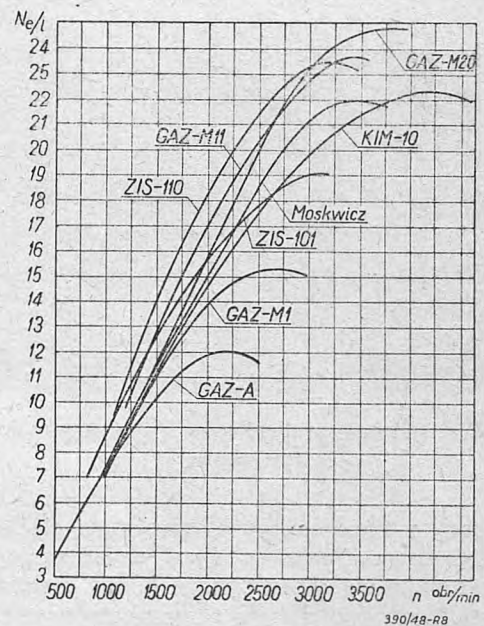
Uruchamiając produkcję nowych typów wprowadzono równocześnie znaczne usprawnienie i unowocześnienie samych metod wytwórczych. Wprowadzono cały szereg samoczynnych linii obrabiarkowych, zastosowano liczne duże i małe samoczynne obrabiarki agregatowe, przeciągarki dla kadłubów silników, frezowanie frezami o ujemnych kątach natarcia, inдукcyjne utwardzanie powierzchni prądami wysokiej



Rys. 7. Porównawcze zestawienie pojemnościowych wskaźników mocy silników dawnych i nowych radzieckich samochodów ciężarowych.

częstotliwości, obróbkę cieplną stali austenitycznych przy zastosowaniu temperatur poniżej 0 C, oporowe i stykowe zagrzewanie odkuwek i t. p.

Cała struktura przemysłu samochodowego ulega równocześnie przebudowie i rozbudowie. Główne wielkie zakłady nastawiają się na produkcję podstawowych nowych typów, nowe zaś wytwórnie zbudowane w czasie wojny lub po jej zakończeniu, przeznaczone zostały do montażu lub produkcji specjalnych odmian, jak np. odmiana dużej ciężarówki Zakładów Jarosławskich wykonywana jako samochód



Rys. 8. Porównawcze zestawienie pojemnościowych wskaźników mocy silników dawnych i nowych radzieckich samochodów osobowych.

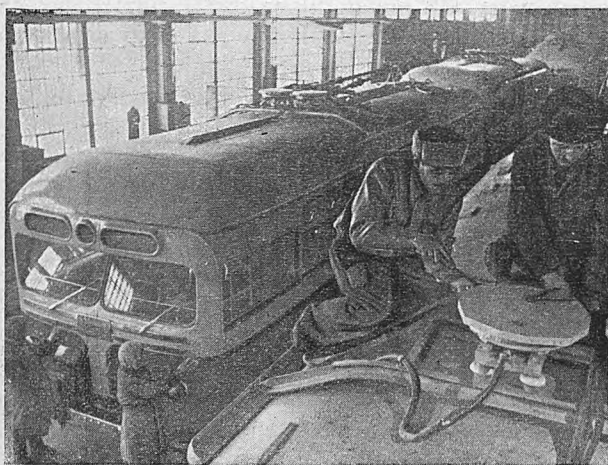
samowyladowczy przez nowe zakłady w Mińsku, następnie do produkcji pomocniczej i części zamiennych oraz do produkcji dawniejszych typów, które w dalszym ciągu będą stosowane do takich zadań transportowych, do których właśnie te wozy są najbardziej właściwe. To ostatnie posunięcie ma na celu również zapewnienie stałego zaopatrzenia w części zamienne taboru sięgającego wielu setek tysięcy wozów.



Rys. 9. Dział wykańczania autobusów ZIS—154 w Zakładach imienia Stalina w Moskwie.

W roku 1950 produkcja przemysłu samochodowego ma osiągnąć 500.000 sztuk rocznie, w tym przeszło 70.000 samochodów osobowych.

Analogicznej przebudowie i rozbudowie uległ również i przemysł ciągnikowy. Wielkie zakłady w Stalingradzie i Charkowie zostały już odbydowane, liczne zaś nowe średnie i mniejsze zakłady przestały się na nową produkcję. Obecny program produkcyjny obejmuje odmianę gąsienicowego ciągnika



Rys. 10. Wykańczanie trolleybusów MTB—82 w zakładach w Jarosławiu.

CT3—NATI z silnikiem wysokoprężnym, ciężkie ciągniki gąsienicowe „Staliniec” typ C—65 oraz jego silniejszą odmianę C—80, wreszcie lekkie ciągniki gąsienicowe „Kiorowiec” D—35“. Charakterystyczne jest, że program ten obejmuje jedynie gąsienicowe ciągniki z silnikami wysokoprężnymi, a więc odznaczające się zarówno największą sprawnością uciągu jak i najmniejszym jednostkowym zużyciem paliwa. W roku

1950 produkcja ciągników osiągnie 112.000 sztuk rocznie.

O znaczeniu jakie przywiązują władze radzieckie do zagadnienia przemysłu samochodowo-ciągnikowego oraz motoryzacji świadczy również ilości resortów państwowych im poświęconych: przemysł kierowany jest przez specjalne ogólnozwiązkowe Ministerstwo Samochodowego i Ciągnikowego Przemysłu, zagadnienia eksploatacji samochodów i gospodarki technicznej nimi (obsługa i naprawy) należą do kompetencji związkowo republikańskich Ministerstw Gospodarki Komunalnej, a sprawy eksploatacji ciągników rolniczych i gospodarki technicznej ciągnikami kierowane są przez ogólnozwiązkowe Ministerstwa Rolnictwa.

Obecny wspaniały rozwój radzieckiego przemysłu samochodowego i ciągnikowego jest wynikiem wieloletniego wysiłku robotników i inżynierów i owocem od samego początku dobrze ugruntowanej pracy naukowo-badawczej i szkoleniowej, która przygotowała dostatecznie liczne kadry pierwszorzędných fachowców, zdolnych do twórczej technicznej pracy. W szeregach pracowników przemysłu samochodowego jest 41 Laureatów Nagrody Stalinowskiej — przodowników pracy, inżynierów i konstruktorów. W Naukowo-Badawczym Instytucie Samochodowo-Ciągnikowym, w laboratoriach badawczych przy fabrykach i w oddziałach badawczo-doświadczalnych ukształtował się liczny zespół naukowców, wśród których jest teraz 50 doktorów i kandydatów nauk technicznych.

Ważną rolę w kształceniu pracowników i w upowszechnianiu zdobyczy naukowych i technicznych spełnił należyty rozwój literatury technicznej i czasopiśmiennictwa. W początkowym okresie w latach 1929 — 1933 wydane zostały w tłumaczeniu na język rosyjski podstawowe dzieła silnikowe i samochodowe Ricardo, Güldnera, Riedla, Judge'a, Heldt'a i Devilier'a. Rozumiejąc jednak, że tłumaczenie obcych dzieł, powstałych w odrębnych środowiskach i na tle odrębnych zagadnień przemysłowych i eksploatacyjnych, nie może zaspokoić potrzeb rozwoju rodzimego przemysłu samochodowego i motoryzacji, dość wcześnie położono nacisk na wydawanie książek opracowywanych przez autorów radzieckich i już w latach 1933 — 36 zaczęły ukazywać się pierwsze ogólne podręczniki techniczne z dziedziny silnikowej i samochodowej lub dzieła poświęcone poszczególnym zagadnieniom konstrukcyjnym lub wytwórczym takich znanych autorów jak Czudakow, Lwow, Pietrow, Kalisz, Briling, Ginzburg, Kirszanow, Korwan lub Orlin. Bardzo poważnym osiągnięciem było wydanie w latach 1934 i 1936 dwóch kolejnych wydań „Informatora o materiałach części samochodowych i ciągnikowych” (*Materiały detalej awtomobiley i traktorow*) oraz w latach 1937 — 38 czterotomowego „Informatora samochodowo-ciągnikowego” (*Awto-traktornyj spravocznik*). Zbiorowe te prace zawierały obok bardzo licznych i szczegółowych informacji technicznych zarówno o radzieckich samochodach i ciągnikach jak i zagranicznych, które dla celów porównawczych były w Związku Radzieckim badane, także i omówienie teoretycznych i praktycznych podstaw konstrukcji.

Ukazywał się w tym okresie również szereg czasopism samochodowych, z których najważniejsze były „Motor” i „Awto-traktornoje Dielo”.

Powojenny rozwój i przebudowa przemysłu samochodowo-ciągnikowego znalazły również odbicie w nowej obszernej akcji wydawniczej. W latach 1946 — 1947 ukazały się nowe znacznie rozszerzone podręczniki dla wyższych uczelni technicznych *Czudakowa* (teoria, konstrukcja i obliczanie samochodów), *Pietrowa i Malawińskiego*, (silniki) *Lwowa* (ciągniki) i *Jerusalimskiego* (motocykle). Podręczniki te dostosowane są już ściśle do programów naukowych specjalnych samochodowych wyższych uczelni (*wtuzów*) których są zresztą dwa odrębne typy: samochodowo-komunikacyjne (*awto-dorożnyje*) kierowane przez Ministerstwo Komunalnej Gospodarki i poświęcone eksploatacji i gospodarce technicznej oraz samochodowo-techniczne (*awto-techniczeskije*) kierowane przez Ministerstwo Samochodowo-Ciągnikowego Przemysłu i poświęcone przede wszystkim wytwórczości.

Poza licznymi nowymi książkami poświęconymi specjalnym zagadnieniom teoretycznym, konstrukcyjnym i eksploatacyjnym zaczęły ukazywać się badawcze i naukowe prace instytutów. Ukazały się również nowe, rozszerzone i uzupełnione wydania wspomnianych już poprzednio „Informatorów“.

Cechą charakterystyczną i wybitną zaletą radzieckich samochodowych książek technicznych, jest to, że obok gruntownej i wnikliwej analizy teoretycznej zawierają one obszerne zestawienia, dotyczące stosowanych rzeczywiście wielkości w konstrukcji radzieckich i zagranicznych samochodów, oraz szereg informacji technicznych, które nie są nigdy przez firmy publikowane w prasie światowej. Nie starają się one narzucić autorytatywnie sztywnych poglądów i szablonów, ale wskazują drogi samodzielnego rozwiązywania zagadnień.

Reorganizacji i większemu zespoleniu uległy również czasopisma samochodowe. Każda z instytucji, kierujących głównymi odcinkami zagadnień samochodowo-ciągnikowych wydaje obecnie swój organ: Ministerstwo Komunalnej Gospodarki wydaje czasopismo „*Awtomobil*”, Ministerstwo Samochodowo-Ciągnikowego Przemysłu „*Awtomobilnaja Promyslenosť*” a Ministerstwo Rolnictwa „*Maszino Traktornaja Stancja*”. Poza tym zagadnienia samochodowe są poruszane stale na łamach czasopisma „*Wiestnik Maszynostrojenia*”, który jest wspólnym organem Ministerstw Przemysłów Budowy Ciężkich Maszyn, Samochodowego, Budowy Sprzętu Transportowego i Budowy Obrabiarek, Przyrządów i Narzędzi.

Przemysł obrabiarkowy w ZSRR¹⁾

Wstęp.

Przedrewolucyjna Rosja była niemal całkowicie uzależniona od importu w dziedzinie urządzeń przemysłowych. Produkcja obrabiarek do metali znajdowała się w stadium zalążkowym. Nie było wyspecjalizowanych zakładów budowy obrabiarek. Fabryki maszyn, które zajmowały się dorywczo również produkcją obrabiarek, wytwarzały ich rocznie poniżej półtora tysiąca sztuk. Około dwukrotnie większą ilość obrabiarek corocznie importowano, przede wszystkim z Niemiec.

Obcy kapitaliści opanowali pozycje kluczowe w rosyjskim przemyśle, a w szczególności w przemyśle maszynowym, rozpowszechniali teorie o rzekomej niezdolności Rosjan do wytwarzania skomplikowanych maszyn i na tej podstawie powoływali do rosyjskich zakładów cudzoziemców, często niezbyt fachowych, w charakterze dyrektorów, kierowników oddziałów fabrycznych i majstrów.

Jednak jeszcze w XVIII wieku, w środowisku tworzącej się już wówczas klasy robotniczej Rosji, zaczęli występować niezwykle uzdolnieni samoucy, twórcy pierwszych rosyjskich maszyn, a w szczególności obrabiarek, które nie ustępowały najlepszym ówczesnym modelom zagranicznym, a nierzadko je przewyższały.

Twórcy pierwszych rosyjskich obrabiarek za czasów *Piotra I*, a mianowicie odbywający służbę wojskową w Tule żołnierz *Jakub Batyszczew* i wychowanek Moskiewskiej Szkoły Nauk Nawigacyjnych i Matematycznych *A. Nartow*, a później mieszkańcy Tuły *Surnin* i *Zacharow* oraz wielu

innych — położyli nie mniejsze zasługi niż *Maudsley*, *Whitworth*, *Whitney*, których nazwiska są powszechnie znane. O znakomitych osiągnięciach tułskich rusznikarzy i konstruktorów obrabiarek z okresu XVIII i początków XIX wieku wyrażali się z podziwem cudzoziemcy, którzy poznali ich pracę.

Rząd carski nie troszczył się jednak o rozwój przemysłu maszynowego w Rosji, na skutek czego w czasie pierwszej wojny światowej, Rosja znalazła się na skraju przepaści, ponieważ słabo rozwinięty rosyjski przemysł maszynowy okazał się niezdolny do zaopatrzenia armii w uzbrojenie i amunicję w niezbędnych ilościach.

Rozwój radzieckiego przemysłu obrabiarkowego.

Wielka Rewolucja Październikowa uratowała Rosję od niebezpieczeństwa ujarznienia jej przez zagranicznych imperialistów, bowiem dopiero partia *Lenina — Stalina* mogła zmobilizować energię narodów radzieckich dla sprawy odbudowy narodowej gospodarki i dla budowy socjalizmu. Przyjęcie przez XIV Zjazd Partyjny w grudniu 1925 decyzji o uprzemysłowieniu kraju i rozwoju produkcji środków wytwarzania było bodźcem szybkiego rozwoju radzieckiego przemysłu maszynowego, a w szczególności przemysłu obrabiarkowego. Od tego czasu rozpoczął się też rozwój tych nielicznych pozostałości wytwórczości obrabiarkowej, które przejęte zostały przez władze radzieckie w spuściznie po przedwojennej Rosji.

Szereg istniejących fabryk: „*Krasnyj Proletarij*” („Czerwony Proletariusz”), fabryka *im. Swierdlowa* i inne, które posiadały już pewne doświadczenie w budowie obrabiarek, przestawiono na ich wyłączną produkcję. Na początku pierwszej pięcioletki

¹⁾ Opracowano na podstawie zeszytu Nr 11/47 czasopisma „*Stanki i instrumenty*“.

został już w Związku Radzieckim przekroczony poziom produkcji obrabiarek w stosunku do okresu przedrewolucyjnego.

Lata stalinowskich przedwojennych pięciolatek były latami tworzenia w Związku Radzieckim silnego przemysłu obrabiarkowego, zajmującego jedno z pierwszych miejsc w świecie, zarówno pod względem ilości jak i różnorodności wytwarzanych typów. W latach pierwszej pięciolatki (1927 — 1932) produkcja obrabiarek w ZSRR wzrosła już 10-krotnie.

Osiągnięte sukcesy pozwoliły *Stalinowi* oświadczyć na plenum Centralnego Komitetu Wszechzwiązkowej Partii Komunistycznej w dniu 7 stycznia 1933 r.: „Nie mieliśmy przemysłu obrabiarkowego. Mamy go obecnie“.

Już w najwcześniejszym stadium rozwoju radzieckiego przemysłu obrabiarkowego powstało zagadnienie wydzielenia go jako odrębnej dziedziny przemysłu maszynowego. Poczynając od organizacji Trustu Budowy Obrabiarek i przekazania mu pierwszych fabryk obrabiarek („*Krasnyj Proletarij*“, fabryka *im. Szwierdłowa* i inne), radziecki przemysł obrabiarkowy szybko rozwijał się jako jedna z przodujących gałęzi przemysłu maszynowego.

Gdy w przedrewolucyjnej Rosji wartość wyprodukowanych w roku 1912 obrabiarek stanowiła nieco więcej niż 1% wartość całej produkcji przemysłu maszynowego, to w roku 1932, przy poważnym wzroście produkcji całego przemysłu maszynowego, udział przypadający na budowę obrabiarek stanowił już 2%, a w 1937 r. — 3,2% ogólnej produkcji maszynowej ZSRR.

W 1941 r. zostało zorganizowane Ministerstwo Budowy Obrabiarek ZSRR, jednoczące podstawowe zakłady produkcji obrabiarek do metali, narzędzi skrawających, przyrządów pomiarowych, maszyn do obróbki plastycznej oraz szereg zakładów z pokrewnych dziedzin, jak aparatury elektrycznej, napędów hydraulicznych i odlewni żeliwa. Oprócz tego w ciągu całego okresu rozwoju radzieckiego przemysłu obrabiarkowego znaczna ilość obrabiarek była wytwarzana w zakładach innych gałęzi przemysłu: uzbrojeniowego, lotniczego, ogólnie - maszynowego i przemysłu miejscowego. W zakładach tych dysponujących wysokokwalifikowanym personelem, produkcja obrabiarek szybko się rozwijała w latach pierwszej i drugiej pięciolatki, kiedy większość podstawowych fabryk obrabiarek znajdowała się jeszcze w stadium budowy lub zapoczątkowania wytwórczości.

Przed radzieckim przemysłem obrabiarkowym powstało od samego początku zagadnienie konieczności ścisłej specjalizacji fabryk i przestawienia produkcji znacznej części obrabiarek na wytwórczość wielkoseryjną z zastosowaniem dużej ilości urządzeń specjalnych.

W latach 1939 — 1940, a w szczególności w okresie Drugiej Wojny Światowej, rozpoczęło się planowe przestawienie szeregu fabryk przemysłu obrabiarkowego na wielkoseryjną produkcję obrabiarkową.

W pierwszych latach organizacji radzieckiego przemysłu obrabiarkowego (przed rokiem 1931), produkcja obrabiarek rozwijała się w starych fabrykach, które posiadały już uprzednio pewne doświadczenie w ich wytwarzaniu. W celu zorganizowania

w tych fabrykach wielkoseryjnej produkcji obrabiarek, należało je gruntownie przebudować, zaopatrzyć w nowe obrabiarki i wielką ilość sprzętu technicznego.

Głównym jednak źródłem powiększenia potencjału przemysłu obrabiarkowego była budowa nowych fabryk, która kontynuowana była nawet w latach wojny. W roku 1943 zbudowano fabrykę obrabiarek *im. Lenina* w Sterlitamak, a *Norosibirskie Zakłady Budowy Wielkich Obrabiarek* przygotowują się do rozpoczęcia produkcji.

Ta bardzo niekompletna lista nie obejmuje całego szeregu nowych fabryk obrabiarek.

W gruncie rzeczy wszystkie zakłady radzieckiego przemysłu obrabiarkowego są nowe, ponieważ również stare przedsiębiorstwa uległy poważnej przebudowie i tak np. w fabryce „*Krasnyj Proletarij*“ nowowytbudowane oddziały są wielokrotnie liczniejsze od zachowanych starych.

Produkcja obrabiarek w latach przedwojennych pięciolatek rosła w wyjątkowo szybkim tempie.

Gdy w 1913 r. w Rosji zostało wyprodukowane 1940 obrabiarek, to w pierwszym roku pierwszej pięciolatki, 1927/28 r. 2000 obrabiarek, w 1932 — 19700, w 1937 r. — 48400 i w 1939 r. — 55000 obrabiarek.

Trwały wzrost produkcji obrabiarek zaznaczający się do wybuchu wojny szedł w parze ze znacznym powiększeniem ilości typów produkowanych obrabiarek. Na rok 1941 radziecki przemysł obrabiarkowy rozporządzał przeszło 450 typowo-wielkościami obrabiarek.

Sukcesy te odegrały decydującą rolę w dziedzinie uprzemysłowienia kraju, a w szczególności dały podstawę stworzenia silnego przemysłu maszynowego, zaopatrzonego głównie w krajowe obrabiarki. Przed 20-tu laty, w początkach 1928 r. cały park obrabiarkowy ZSRR wynosił około 93000 sztuk. W dniu 10 kwietnia 1932 r. w okresie wszechzwiązkowego spisu sprzętu technicznego, wzrósł on już niemal dwukrotnie i osiągnął 181400 obrabiarek. Plan odbudowy i rozwoju gospodarki narodowej ZSRR przewiduje na okres 1946 — 1950 doprowadzenie parku obrabiarkowego do ilości 1.300.000 sztuk, co oznacza 14-krotne powiększenie wobec stanu z r. 1928.

Wzrost budowy obrabiarek i unowocześnienie sprzętu przemysłowego.

Park obrabiarek do metali otrzymany w spadku po carskiej Rosji nie tylko był skąpy ilościowo, ale i jakościowo przestarzały. Wystarczy wskazać, że przed 1918 r. istniało w całym kraju jedynie 8 szlifierek do gwintów, 16 przeciągarek, 685 automatów i półautomatów. Pozostały park obrabiarek składał się z najprostszych konstrukcyj. Konieczne więc było prowadzenie prac, mających na celu tworzenie obrabiarek bardziej udoskonalonego typu. Należało więc produkować np. walcarki do gwintów i przeciągarki, zastosowanie których pozwoliło powiększyć wydajność 10-, 60-, a nawet 100-krotnie. Nieodzownym było budować obrabiarki specjalne, obrabiarki automatyczne i półautomatyczne, obrabiarki zespołowe, wreszcie obrabiarki dla wielkoseryjnej i ciągłej produkcji. Bez stworzenia tego typu obrabiarek, uno-

wocześnie urządzeń przemysłowych i wprowadzenie nowoczesnych metod wytwarzania było niemożliwą.

Typy obrabiarek opracowywanych przez konstruktorów bezustannie się zmieniały w kierunku wysokowydajnych obrabiarek specjalnych, przy jednoczesnym zredukowaniu tokarek i innych prostych obrabiarek.

Rozwój przemysłu samochodowego, ciągnikowego, okrętowego, ciężkiego i innych działów przemysłu maszynowego, a w szczególności przemysłu wojenno-obronnego nie mógłby być urzeczywistniony bez nasycenia ich obrabiarkami, które pozwoliłyby im produkować wysokojakościowe maszyny i zapewniłyby możliwość przestawienia wytwórczości na wielkoseryjną czy masową.

Fabryki obrabiarek, uruchomione w pierwszym okresie, produkowały rewolwerówki specjalne oraz obrabiarki automatyczne w ograniczonej ilości i to jedynie dla dokompletowania parku obrabiarkowego istniejących fabryk obrabiarek. Przy końcu drugiej pięciolatki, aczkolwiek radziecki przemysł obrabiarkowy wykryształizował się jako samodzielna gałąź wytwórczości, to jednak produkował on w dalszym ciągu głównie obrabiarki uniwersalnego przeznaczenia.

W trzeciej pięciolatce na podstawie nagromadzonego doświadczenia fabryki obrabiarek przystąpiły do produkcji specjalnych obrabiarek zespołowych w celu zaopatrzenia nimi różnych gałęzi przemysłu maszynowego, a przede wszystkim samochodowego i ciągnikowego.

Doświadczalny Instytut Naukowo-Badawczy ENIMS zaczął wykonywać w 1935 r. w swych zakładach doświadczalnych „Stankokonstrukcja” pierwsze obrabiarki zespołowe, a w 1937 r. były wytwarzane już liczne typy obrabiarek zespołowych dla nowych i przebudowywanych fabryk samochodowych, ciągnikowych i innych.

Fabryka im S. Ordżonikidze zaczęła produkować udoskonalone wielonożowe półautomaty i obrabiarki specjalne.

Fabryka „Krasnyj Proletarij” przystąpiła do wykonywania wielowrzecionowych pionowych półautomatów.

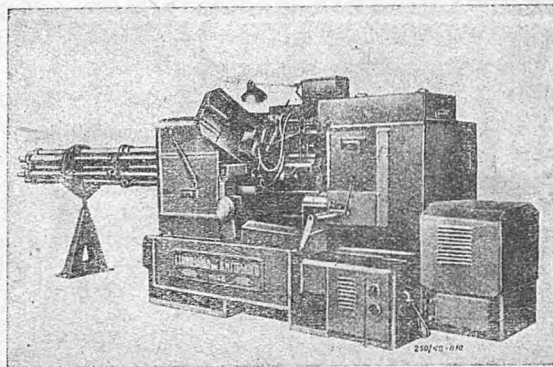
Gorkowska Fabryka Frezarek rozpoczęła produkcję wielowrzecionowych frezarek podłużnych.

Fabryka im. Molotowa zrealizowała produkcję obrabiarek specjalnych do szlifowania elementów silników przemysłu samochodowo-ciągnikowego. Zapoczątkowało to wytwarzanie obrabiarek specjalnych, którymi dokompletowano park obrabiarkowy już istniejących, nowobudujących się i przebudowywanych fabryk maszyn.

Przebudowane fabryki samochodowo-ciągnikowe były również dokompletowane zespołowymi i specjalnymi obrabiarkami krajowej produkcji, a duża ilość zakupionych wcześniej zagranicą takich obrabiarek była odpowiednio przerobiona własnymi siłami. W ten sposób fabryki ciągnikowe CT3, XT3 i częściowo 4T3 zostały zaopatrzone w zupełnie nowy sprzęt w celu przestawienia się na produkcję ciężkich ciągników.

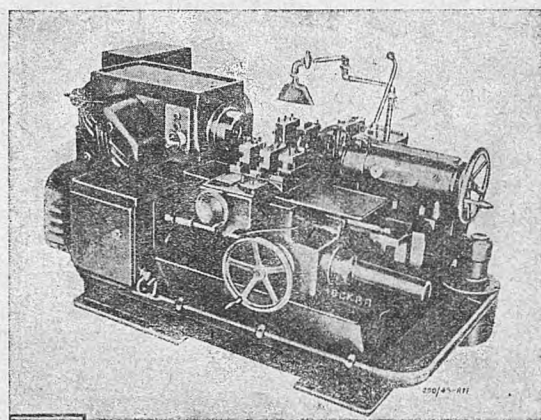
Ścisła współpraca konstruktorów obrabiarek z pracownikami przemysłu samochodowo - ciągnikowego pogłębiała ich doświadczenie.

Od tego okresu rozpoczęła się nowa karta rozwoju budowy obrabiarek, poczyniono pierwsze kroki w dziele zaopatrzenia przemysłu maszynowego nowymi obrabiarkami o wysokiej wydajności i mocy.



Rys. 1. Sześciowrzecionowy automat tokarski mod. 126 1 M; przelot wrzeciona \varnothing 60 mm; 60 prędkości wrzeciona od 93 — 1500 obr./m.n, moc 20 KM (Zakłady im Gorkiego).

W okresie Wielkiej Wojny radziecki przemysł obrabiarkowy otrzymał nowy bodziec w kierunku dalszego rozwijania najbardziej nowoczesnych konstrukcji. Sumując wynik pracy przemysłu obrabiarkowego za okres Wielkiej Wojny można rzec, że pokrył on całkowicie zapotrzebowanie na obrabiarki specjalne i zespołowe przemysłu motoryzacyjnego, lotniczego i czołgowego, uniezależniając w ten sposób Związek Radziecki od importu.



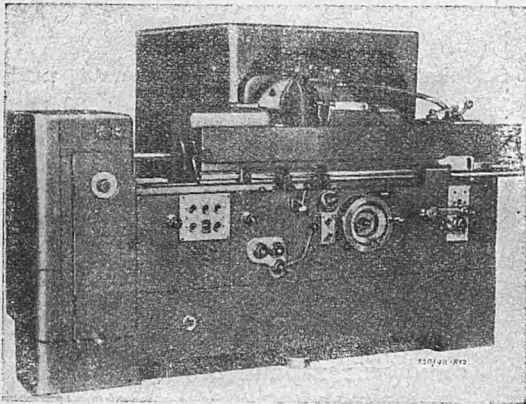
Rys. 2. Tokarka wielonożowa mod. 1730; wzniesienie kłków 200 mm, rozstaw 500 mm, 12 prędkości wrzeciona od 40 — 500 obr./m.n, moc 14 KM.

W okresie nowej stalinowskiej pięciolatki, t. zw. „pięciolatki odbudowy gospodarki narodowej”, konstruktorzy obrabiarek mają pogłębić swą rolę „głównego technologa” przemysłu maszynowego, zaopatrzyć przemysł nie tylko w obrabiarki uniwersalne i zespołowe, ale również i w automatyczne linie obrabiarek zespołowych. Wprowadzenie tych linii podwyższyło wielokrotnie wydajność i obniżyło koszty wytwarzania.

Wprowadzenie automatycznych linii obrabiarkowych zapewnia obniżenie nakładu pracy i ilości robotników niemal 10-krotnie.

Poczynając od 1946 r. konstruktorzy obrabiarek opracowują nowe konstrukcje specjalnych i zespołowych obrabiarek o wielkiej różnorodności typów. Obrabiarki specjalne i zespołowe, zaczęły być stosowane w nowych gałęziach przemysłu maszynowego. Do takich konsumentów można zaliczyć przemysł kolejowy, okrętowy, metalurgiczny, naftowy, węglowy i przemysł maszyn rolniczych.

Fabryki „Krasnyj Proletarij”, im. Ordżonikidze, „Stankokonstrukcja”, MSZ, ZWSS, Gorkowska Fabryka Frezarek i inne, zaczęły wypuszczać na rynek obrabiarki, posiadające w pełni zautomatyzowany cykl pracy, dzięki czemu powstała możliwość stosowania przyuczonych sił roboczych, przy czym wprowadzono zasadę obsługi wieloobrobarkowej.



Rys. 3. Szlifierka do gwintów mod. MM.582; wzniesienie kół 130 mm, największa długość szlifowania 700 mm.

Stworzono szereg typów obrabiarek specjalnych do operacji wykańczających. Różne typy szlifierek zostały zaopatrzone w aparaturę automatyczną nie tylko organów sterujących i mechanizmów roboczych, lecz również i organów kontroli wyrobów w czasie procesu obróbki. Takie obrabiarki jak szlifiery do otworów 3251, szlifiery do płaszczyzn 3772 i inne pozwalają uzyskać w pełni automatyczny cykl pracy i kontroli wymiarów obrabianych przedmiotów w czasie procesu obróbki. Po osiągnięciu wymaganego wymiaru obrabiarka zostaje automatycznie wyłączona, uwalniając robotnika od konieczności skrupulatnej kontroli pracy obrabiarki.

Obrabiarki te są ponadto zaopatrzone w automatyczne urządzenia dla kompensacji zużycia tarcz szlifierskich, co w tych obrabiarkach stanowi istotne ulepszenie.

Stworzono tysiące konstrukcji rozmaitych specjalnych i zespołowych obrabiarek. Ukoronowano zaś to dzieło przez wprowadzenie automatycznych linii obrabiarkowych, które znalazły zastosowanie w masowej produkcji fabryk samochodowo-ciągnikowych.

Radziecki przemysł narzędziowy zaopatruje już przemysł maszynowy w doskonałe narzędzia, nie wyłączając takich jak przeciągacze, frezy specjalne, narzędzia do gwintów i przyrządy pomiarowe.

Obok tego przemysł narzędziowy w oparciu o prace swego Biura Naukowo-Badawczego rozpoczął produkcję automatycznych przyrządów pomiarowych, udoskonalając tym samym kontrolę i redu-

kując w ten sposób do minimum ilość pracowników, zajętych przy kontroli produkcji.

W ciągu ubiegłych 30 lat przemysł obrabiarkowy okrzepł i stanął na silnych podstawach. Zawdzięczać to należy temu, że w tym okresie potrafiiono stworzyć nie tylko kadry wykwalifikowanych robotników i majstrów, ale i wyższego personelu kierowniczego. W okresie tym stworzono trzy wyższe zakłady naukowe, jeden z nich *Instytut Obrabiarko-Narzędziowy im. Stalina* — stanowi chlubę Związku Radzieckiego. Instytut potrafił przygotować ponad dwa tysiące wysokowykwalifikowanych inżynierów. Przeważająca ilość personelu kierowniczego Ministerstwa Budowy Obrabiarek, biur, fabryk, zakładów badawczych i naukowych ukończyła Instytuty stworzone dzięki wysiłkom przemysłu obrabiarkowego.

W ubiegłym okresie zorganizowano 18 szkół technicznych specjalizujących w dziedzinie budowy obrabiarek. W pierwszym półroczu 1947 r. szkoły te wypuściły 500 techników różnych specjalności z zakresu budowy obrabiarek.

Przemysł obrabiarkowy ZSRR kroczy naprzód, posiadając za sobą olbrzymie sukcesy i zaopatrując w pełni przemysł maszynowy w najbardziej udoskonalone konstrukcje obrabiarek i narzędzi.

Budowa obrabiarek w latach Drugiej Wojny Światowej.

Wielka Wojna 1941 — 1945 była dla radzieckiego przemysłu obrabiarkowego taką samą twardą próbą jak dla całego pozostałego przemysłu maszynowego. Przed radzieckim przemysłem obrabiarkowym w latach bezpośrednio poprzedzających wojnę, i w okresie samej wojny postawiono odpowiedzialne zadanie niezawodnego zaopatrywania zakładów przemysłu wojennego w wysokowydajne obrabiarki dla wytwarzania armat, karabinów maszynowych, czołgów, samolotów, amunicji, broni automatycznej itp. Tak więc na przykład fabryka obrabiarek „Krasnyj Proletarij” wypuściła przed i w czasie wojny wysoko wydajne, oryginalne tokarki wielonożowe do obróbki lotniczych wałów korbowych i wałków rozrządowych silników lotniczych i czołgowych, ciężkie tokarki i wiertarko-wytaczarki dla obróbki luf działowych i inne.

Wielką rolę odegrały: wielonożowe obrabiarki specjalne zakładów im. Ordżonikidze do obróbki czołgowych kółek tocnych, obrabiarki zakładów „Stankokonstrukcja” do wytaczania wieżyczek czołgowych, wielka ilość tokarek operacyjnych do obróbki amunicji. W szczególności wyróżniły się obrabiarki zespołowe zakładów „Stankokonstrukcja” które znalazły szerokie zastosowanie w czasie wojny w dziedzinie produkcji czołgów, silników lotniczych, dział i innych rodzajów uzbrojenia.

Oprócz terminowego wykonania planu państwowego w dziedzinie produkcji obrabiarek i narzędzi, przemysł obrabiarkowy okazał znaczną pomoc zakładom przemysłu wojennego w postaci przekazywania do nich wielkiej ilości wysokowykwalifikowanych brygad roboczych, w postaci bezpośredniej fabrykacji u siebie części maszynowych, zespołów i mechanizmów, mających znaczenie dla obrony, a również przez przeprowadzenie olbrzymiej pracy zaopatrze-

nia w skomplikowany sprzęt oraz urządzenie linii obrabiarkowych do obróbki części czołgów, samolotów i przedmiotów uzbrojenia.

Konstrukcje radzieckich obrabiarek.

Techniczny poziom obrabiarek produkowanych w Rosji przed rewolucją, a również w okresie przed I-szą pięciolatką, był bardzo niski. Wówczas, gdy w innych krajach rozpowszechniło się szerokie zastosowanie obrabiarek ze skrzynkami biegów w ZSRR przed r. 1928 produkowano wyłącznie obrabiarki z kołami pasowymi stopniowymi.

Dający się odczuwać podówczas brak doświadczonych konstruktorów obrabiarkowych zmuszał nawet wielkie zakłady do kopiowania modeli zagranicznych. Stworzenie silnego przemysłu obrabiarkowego nie byłoby możliwe bez szerokiego rozwoju prac konstruktorskich.

Skuteczne rozwiązanie tego zadania umożliwiło już w drugiej pięciolatkę stwarzanie oryginalnych radzieckich konstrukcji. Radziecki przemysł obrabiarkowy wypuścił dużą ilość pięknych oryginalnych konstrukcji, świadczących o poważnym wzroście kadr konstruktorskich.

Tokarki specjalne fabryki „Krasnyj Proletarij” tokarki i rewolwerówki fabryki *Iżewskiej* i *Lubnieńskiej*, wiertarki i dokładne wytaczarki fabryki *im. Lenina* w Odessie, *Charkowskiej fabryki im. Molotowa*, szlifierek do płaszczyzn *MSZ*, frezarki specjalne *GZFS* i obrabiarki zespołowe fabryk „Stankokonstrukcja” – oto przykłady oryginalnych radzieckich konstrukcji, wytworzonych w okresie przedwojennych pięciolatek, świadczące o wysokim poziomie rozwoju radzieckiego przemysłu obrabiarkowego, osiągniętym przed wojną.

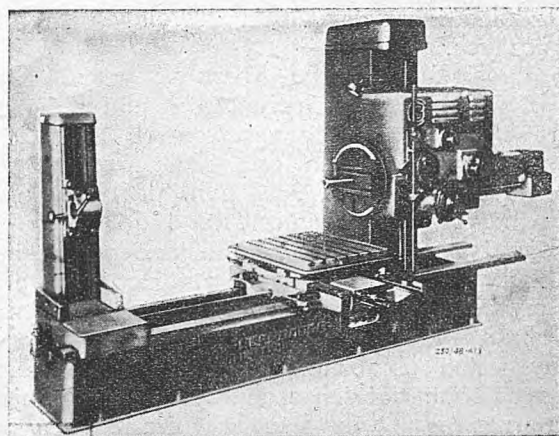
Konstrukcje krajowe winny były odpowiadać szeregowi wymagań, którym nie odpowiada przytłaczająca większość konstrukcji firm zachodnio-europejskich i amerykańskich. W szczególności szerokie wprowadzenie do radzieckiego przemysłu obrabiarkowego metod wielkoseryjnej wytwórczości, bez zastosowania których byłoby niemożliwością w krótkim czasie rozwinąć produkcję obrabiarek w takich rozmiarach, postawiło radzieckim konstruktorom obrabiarek wymagania podwyższenia technologicznych zalet konstrukcji.

Planowe urzeczywistnienie racjonalnej technicznej polityki w dziedzinie budowy obrabiarek umożliwiło zunifikowanie mechanizmów obrabiarek różnych typów i wielkości. Pierwsze skuteczne doświadczenia w tym kierunku były przeprowadzone w fabryce *Iżewskiej* przy udziale *ENISM*²⁾ w latach 1934—35 przez zaprojektowanie serii zunifikowanych tokarek i rewolwerówek.

Później idea ta znalazła zastosowanie w całym szeregu fabryk: w konstrukcji tokarek i rewolwerówek *Lubnieńskiej fabryki „Kommunar”*, poziomych szlifierek *MSZ*, strugarek podłużnych fabryki *im. Swierdlowa*, wiertarek pionowych i dokładnych wytaczarek do diamentowania fabryki *im. Lenina* i in.

Stworzenie takich serii obrabiarek ze zunifikowanych zespołów i z technicznie uzasadnionymi szere-

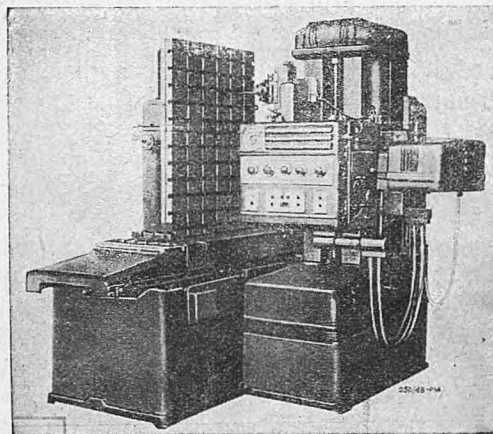
gami podstawowych wielkości, umożliwiło radzieckiemu przemysłowi obrabiarkowemu zaspokojenie różnorodnych zapotrzebowań przemysłu maszynowego przy ekonomicznym użyciu sił i środków do fabrykacji nowych typów obrabiarek.



Rys. 4. Wiertarko-frezarka mod. 262 G; średnica wrzeciona 85 mm, największa średnica wiercenia 240 mm, moc silnika 6 KM (Zakłady im. Swierdłowa).

Jednocześnie z rozwojem produkcji obrabiarek ogólnego przeznaczenia powstało już w drugiej pięciolatkę zagadnienie zaopatrywania fabryk samochodowych, ciągnikowych, lotniczych i innych w wysokowydajne obrabiarki specjalne.

Wielka różnorodność tych typów obrabiarek, bardzo złożona ich konstrukcja, drobnoseryjny lub nawet jednostkowy charakter ich fabrykacji stwarzały szczególne trudności dla fabryk obrabiarek.



Rys. 5. Kopiarcko-frezarka mod. 6441 A; wymiary przedmiotu obrabianego 900×500×200 mm.

Skuteczne rozwiązanie zagadnienia można było osiągnąć jedynie na drodze szerokiego zastosowania znormalizowanych zespołów przy budowie tych obrabiarek. Zastosowanie do wysokowydajnych specjalnych obrabiarek znormalizowanych zespołów: wrzecienników, stołów itp. skracało znacznie okres prac konstrukcyjnych, a ponadto umożliwiało seryjną fabrykację zespołów.

Pierwsze zespołowe obrabiarki były zaprojektowane w *ENISM* pod kierownictwem *W. I. Dyku-*

²⁾ Eksperymentalno - Nauczno - Issledowatelnyj Institut Mietalhoriezuszczych Stankow.

szyna, obecnie członka korespondenta Akademii Nauk ZSRR i wykonane w fabryce „Stankokonstrukcja” w 1939 r. Po wojnie produkcję zespołowych wiertarek i wytaczarek podjął szereg dalszych fabryk.

Przez zrealizowanie produkcji obrabiarek zespołowych radziecki przemysł obrabiarkowy udowodnił swą zdolność rozwiązywania dowolnych zagadnień technicznych.

Gorkowska Fabryka Frezarek w r. 1944 zaprojektowała (grupa konstruktorów pod kierownictwem *Wragowa*) szereg zespołowych frezarek podłużnych, obejmujących całą skalę rozmiarów od 300×1250 do 900×3000 mm, przy czym ilość wrzecienników może wynosić od 1 do 4.

Najwyższym osiągnięciem radzieckiego przemysłu obrabiarkowego w dziedzinie automatyzacji procesów produkcyjnych było stworzenie automatycznych linii obrabiarkowych. Jedną z pierwszych półautomatycznych linii obrabiarek zespołowych do obróbki bocznych ścian ciężkich czołgów, została zaprojektowana przez *ENIMS* i wykonana w czasie wojny przez fabrykę „Stankokonstrukcja”.

Pierwsza zbudowana w ZSRR automatyczna linia obrabiarkowa do obróbki głowic silnika ciągnikowego XT3 została wykonana przez fabrykę „Stankokonstrukcja” w styczniu 1946 r. W linii tej o długości 16 m pracuje 14 obrabiarek przy ogólnej ilości 134 narzędzi. Całość procesu obróbkowego, a więc właściwa obróbka, przestawianie przedmiotów obrabianych z obrabiarki na obrabiarkę, oraz zamocowywanie ich w uchwytach dokonuje się automatycznie. Podobne linie przeznaczone do obróbki kadłubów silników małowitrazowego samochodu „Moskwicz” i ciężarówki ZIS, wyprodukowane zostały przez fabrykę „Stankokonstrukcja” oraz zakłady *im. Sergo Ordżonikidze*.

W tych automatycznych liniach obrabiarkowych, w odróżnieniu od zwykłych zespołowych obrabiarek wszystkie pomocnicze operacje, a więc: ustawienie przedmiotu obrabianego, zamocowanie go, a po zakończeniu obróbki przekazanie go na następną obrabiarkę są zmechanizowane i zautomatyzowane.

W wyniku tak daleko posuniętej automatyzacji procesu wytwórczego redukuje się wydatnie zapotrzebowanie siły roboczej.

Zharmonizowana praca w liniach obrabiarkowych dużej ilości jednocześnie pracujących mechanizmów automatycznych — wrzecienników, urządzeń zamocowujących i transportujących itp. — osiągana jest przez szerokie zastosowanie sterowania elektrycznego.

Obok obrabiarek zespołowych i automatycznych linii obrabiarkowych radzieckie fabryki stworzyły

w ostatnich latach szereg niezwykle oryginalnych konstrukcji, świadczących o twórczej myśli radzieckich konstruktorów.

Szczególne sukcesy w tej dziedzinie osiągnęła fabryka „Krasnyj Proletarij”, nieustannie pracująca nad stworzeniem nowych wysokowydajnych, zautomatyzowanych obrabiarek. Charakterystyczną cechą tych obrabiarek jest wysoki stopień automatyzacji cyklu roboczego i zabiegów pomocniczych.

Seria obrabiarek półautomatycznych, oryginalnej konstrukcji, dla obróbki osi wagonów została wyprodukowana przez tę fabrykę w 1946 r. Obrabiarki te wyróżniają się wysokim stopniem automatyzacji, dzięki czemu uzyskuje się dużą wydajność. Linia obrabiarek składa się z centrówki i obcinarki, tokarki wielonożowej dla zgrubnej obróbki sztyk i tokarki wielonożowej do ich toczenia wykańczającego. Wszystkie te obrabiarki posiadają centralny napęd ruchu roboczego przedmiotu. Odróżniają się one korzystnie od analogicznych konstrukcji zagranicznych urządzeniem do automatycznego nastawiania na głębokość skrawania, podczas gdy w obrabiarkach firm *Craven, Niles, Wagner* i inn. zabieg ten dokonywany jest ręcznie.

Fabryka „Krasnyj Proletarij” wykonała w 1947 r. serię tokarek wielonożowych, półautomatycznych, nowej konstrukcji do obróbki wałków rozrządnych silników samochodowych i ciągnikowych. Fabryka szlifierek do otworów (*ZNSzS*) wyprodukowała w 1945 r. nowy oryginalny typ MM582 uniwersalnej szlifiarki do gwintów (konstruktor *M. P. Merpert*).

Obrabiarka ta, charakteryzuje się wysoką dokładnością, pozwalającą wykonywać na niej najdokładniejsze sprawdziany gwintowe. Zaopatrzona jest w automatyczny przyrząd do diamentowania tarczy szlifierskiej i w automatyczne urządzenie do kompensowania zużycia tarczy. Obrabiarka może być łatwo dostosowana do pracy w cyklu półautomatycznym.

Jednym z niezwyklej osiągnięć radzieckich konstruktorów obrabiarek jest półautomatyczna frezarka do kopiowania ze sterowaniem elektrycznym systemu *T. N. Sokolowa* (konstruktorzy *T. N. Sokolow* i *I. A. Drużyński*). Pierwsza seria tych obrabiarek wykonana w 1940 r. przez leningradzką fabrykę *im. Swierdlowa* cieszyła się wielkim uznaniem użytkowników. Kopiarki te wykazały swą wyższość nad analogicznymi obrabiarkami zagranicznymi typu *Keller* i in. W roku 1947 fabryka *im. Swierdlowa* wypuściła nowy, jeszcze bardziej udoskonalony model kopiarek, syst. *T. N. Sokolowa*.

Leningradzka konferencja w sprawie obróbki przy bardzo wysokich szybkościach skrawania¹⁾

Zagadnienia związane z zastosowaniem bardzo wysokich szybkości skrawania, pozwalających w pełni wykorzystać właściwości stopów spiekanych, znane są na naszym terenie jak dotychczas jedynie z roz-

¹⁾ Opracowano na podstawie zeszytu nr 9/48 czasopisma „Stank i instrument”.

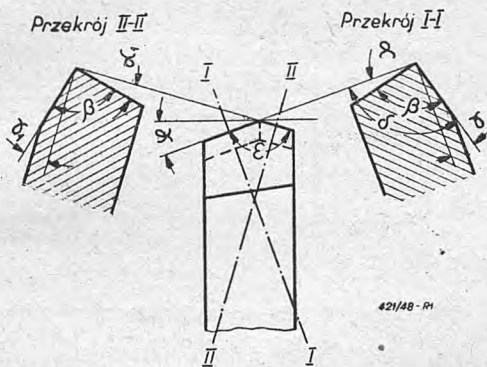
ważań teoretycznych w nawiązaniu do pracy ostrza o ujemnym kącie natarcia. Bardzo ciekawe nowe oświetlenie tego zagadnienia poruszano w debatach na specjalnie w tym celu zorganizowanej konferencji, która się odbyła w Leningradzie w okresie od 11 do 15 maja 1948 r. przy udziale 1222 przedstawicieli fabryk, organizacji naukowych i władz przemysłowych.

wych. W konferencji brało udział 106 przodowników pracy, którzy wyróżnili się w dziedzinie obróbki o wysokich szybkościach skrawania.

Wygłoszono ogółem 23 referaty, o tematyce odnoszącej się do zastosowania tych metod obróbki w przemyśle metalowym.

Należy tu zaznaczyć, że pod pojęciem obróbki o wysokich szybkościach skrawania rozumieć będziemy te metody obróbki skrawaniem, w których szybkości skrawania znacznie przewyższają te wielkości, które były normalnie przyjęte do czasów drugiej wojny światowej. Metody te opierają się na wykorzystaniu narzędzi ze stopów spiekanych przy zastosowaniu nowych kształtów geometrycznych ostrzy, a szczególnie ujemnych kątów natarcia. Możliwość i celowość pracy noży o ujemnych kątach natarcia szczegółowo sformułował jeszcze w roku 1937 inż. N. I. Szczelkonogor.

Obecnie w radzieckich wytwórniach stosuje się metody obróbki o wysokich szybkościach w dziedzinach: frezowania czołowego, toczenia zgrubnego i wykończającego, wytaczanie, obróbki gwintów wirującymi nożami i in. Szerokie zastosowanie nowych metod obróbki zostało umożliwione, w poważnym stopniu, dzięki pracom naukowo-badawczym, prowadzonym przez instytuty badawcze i wyższe techniczne zakłady naukowe. Interesujące i dla naszych warunków jest, że zastosowanie metod obróbki o wysokich szybkościach skrawania nie koniecznie wymaga specjalnych do tego celu obrabiarek, ale jest możliwe również na niektórych obrabiarkach o konstrukcji dotychczasowej. Podczas wprowadzenia tych nowych metod obróbki, należy równolegle pamiętać o zastosowaniu środków, mających na celu skrócenie czasu pomocniczego, a więc czasu zamocowywania i zdejmowania przedmiotu.

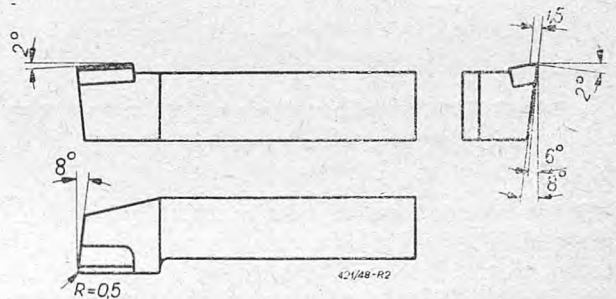


Rys. 1. Nóż tokarski do obróbki przy bardzo wysokich szybkościach skrawania.

Nowe metody obróbki pozwalają niejednokrotnie zastosować zamiast kosztownego narzędzia wielostrzowego, narzędzie znacznie prostsze, a więc np. frezy o znacznej ilości ostrzy są zastępowane frezami o niewielkiej ich liczbie, często dwóch lub nawet jednym ostrzem; zamiast rozwierania przy zastosowaniu drogich rozwiertaków, stosuje się wytaczanie przy zastosowaniu prostego noża. Szlifowanie staje się w wielu wypadkach zbyt cenne, gdyż zarówno dokład-

ność wymiarów i kształtów jak i gładkość powierzchni uzyskana przy bardzo wysokiej szybkości skrawania spełniają żądane wysokie wymagania.

Należy tu podkreślić wybitny udział przodowników pracy w procesie rewolucyjnego unowocześnienia techniki obróbki metali. I tak np. tokarz *Kożanow* w Fabryce Kirowskiej stosuje szybkość skrawania 500 m/min., a tokarz *Bitkin* w tejże fabryce 640 m/min. W wielu wypadkach przodownicy pracy dają impuls do przeróbki napędów, w celu umożliwienia uzyskania wysokich szybkości. Na szczególne wyróżnienie zasługuje tokarz *Bortkiewicz* z fabryki im. *Swierdłowa*, który zastosował bardzo interesujące sposoby dla skrócenia czasów pomocniczych na tokarce.



Rys. 2. Nóż tokarski konstrukcji przodownika pracy Bortkiewicza.

Osiągane ostatnio szybkości skrawania dochodzą do 700 m/min. i więcej podczas obróbki miękkiej stali w warunkach obróbki wykańczającej i półwykańczającej. W warunkach obróbki zgrubnej, gdy przekrój wióra waha się w granicach od 1 do 4 mm² — stosowana szybkość skrawania wynosi 100 — 300 m/min. Podczas obróbki żeliwa szybkość skrawania wynosi 70 do 180 m/min., a podczas obróbki stopów lekkich — do 2000 m/min.

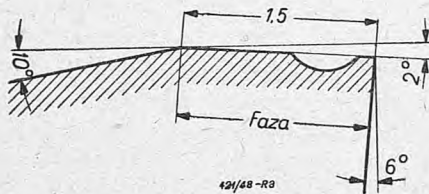
Charakterystyczne kształty noży tokarskich stosowanych przy obróbce toczeniem o wysokich szybkościach przedstawiają rysunki 1 i 2. Nóż wg rys. 1 charakteryzuje się małym kątem przystawienia λ , wynoszącym $10 \div 20^\circ$. Kąt natarcia wynosi -5° . Noże tego rodzaju umożliwiają (wg *W. A. Krinouchowa*) obróbkę trudno obrabialnych materiałów przy szybkościach skrawania $170 \div 300$ m/min (głębokość skrawania $1 \div 2$ mm, posuw $0,2$ mm/orb). Nóż przedstawiony na rys. 2 (wg projektu tokarza *Bortkiewicza*) posiada kąt pochylenia powierzchni natarcia $8 \div 10^\circ$, oraz wzdłuż krawędzi tnącej fazkę o szerokości 1,5 mm o ujemnym kącie natarcia -2° (rys. 3). Kąt pochylenia głównej krawędzi tnącej jest dodatni i wynosi $\lambda = 2^\circ$.

W warunkach frezowania czołowego stali, stosowane są szybkości skrawania w granicach $100 \div 300$, a nawet 350 m/min, posuw zaś na 1 ząb — $0,06 \div 0,2$ mm. Podczas frezowania stopów lekkich szybkość skrawania może wynosić nawet 7000 m/min, jednak przy obecnie stosowanych obrabiarkach nie przekracza zazwyczaj $1200 \div 2000$ m/min, a posuwy na 1 ząb $0,15 \div 0,4$ mm. Ustalone obecnie dla głowic fre-

zowych wielkości ujemnych kątów natarcia: promieniowego i osiowego -10° , zapewniają dobre wyniki przy frezowaniu różnych gatunków stali z wysokimi szybkościami skrawania.

W dziedzinie geometrii ostrzy głowic frezowych istnieje jeszcze cały szereg zagadnień nierozwiązanych.

Zwykły, płaski kształt powierzchni natarcia ostrzy jest najczęściej rozpowszechniony. Jednak często sto-

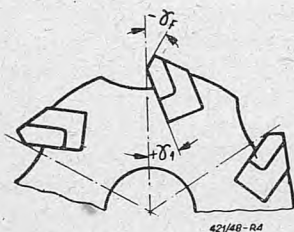


Rys. 3. Powierzchnia natarcia ostrza noża z fazą o ujemnym kącie natarcia.

suje się również kształt zębów, w którym tylko faza posiada ujemny kąt natarcia. Wg danych kand. nauk techn. doc. A. W. Szczegolera należy przyjmować szerokość fazy o ujemnym kącie natarcia równą $3 \div 5$ posuwom na 1 ząb.

Ważną rolę odgrywa rodzaj stopów spiekanych, które mają być stosowane na narzędzia do obróbki przy wysokich szybkościach skrawania. Radzieckie stopy spiekane marek T15K6Y i T15K6C oraz przy obróbce żeliwa BK8 i BK6 zapewniają uzyskanie dobrych rezultatów obróbki.

Ostatnio produkowany stop spiekany marki T15K6C wykazuje jeszcze znacznie lepsze własności, a stop T30K4 już przy pierwszych próbach wykazał wysokie własności i szczególnie nadaje się do toczenia wykańczającego stali przy małych przekrojach wiorów.



Rys. 4. Głowica frezowa o ostrzach z fazą o ujemnym kącie natarcia.

Prace badawcze nad nowymi gatunkami stopów spiekanych są dalej prowadzone.

Bardzo szczegółowo rozpatrywane były na konferencji zagadnienia związane z ostrzeniem narzędzi ze stopów spiekanych.

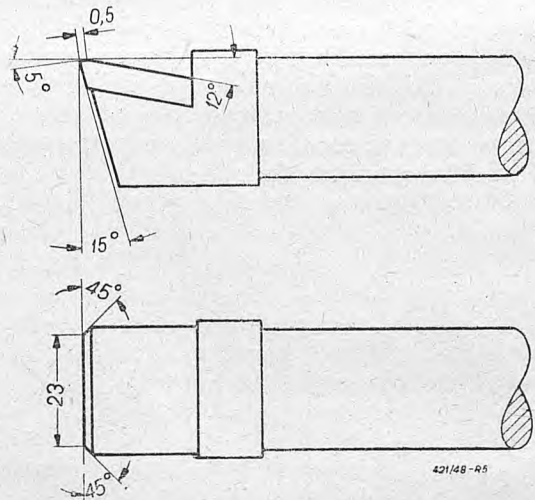
Duże znaczenie posiada obróbka gwintów przy zastosowaniu wysokich szybkości skrawania. Szeroko jest wprowadzana metoda obróbki gwintów na to-

karce przy zastosowaniu specjalnego przyrządu, za pomocą wirujących noży.

Na szczególne uwzględnienie zasługuje obszernie omawiana na konferencji sprawa dokładnej obróbki wykańczającej (t. zw. diamentowania). Obróbkę tę przeprowadza się przy b. małych głębokościach skrawania i b. małych posuwach ($p < 0,1$ mm/obr). Do tego celu stosuje się do produkcji masowej bardzo dokładne obrabiarki. Tego rodzaju obróbka w odniesieniu do metali i stopów kolorowych oraz w pewnej części do żeliwa jest już dawno opanowana, ale obróbka stali tą metodą w dalszym ciągu przedstawia pewne trudności. Na uwagę zasługuje referat kand. nauk techn. Basoma, który omawiał zagadnienie dokładnego toczenia wykańczającego wałów wykorbionych. Stosowano szybkość skrawania 150 m/min, głębokość skrawania 0,2 mm, posuw 0,06 mm/obr, przy czym uzyskano gładkość powierzchni 7—8 klasy wg norm GOST ($0,5 \div 1 \mu$). Dokładność wymiaru czopów wynosiła $\pm 0,012$ mm, przy średnicy 54,99 mm.

Doświadczenia kand. nauk techn. W. A. Skragena nad dokładnym toczeniem wykańczającym wałów stalowych o średnicy ponad 100 mm, wykazały, że tego rodzaju obróbka precyzyjna możliwa jest również na tokarkach zwykłej konstrukcji.

Typowa dokładna obróbka wykańczająca toczeniem, charakteryzująca się wielkimi szybkościami skrawania i bardzo małymi posuwami, dająca doskonałe rezultaty przy obróbce mniejszych przedmiotów,



Rys. 5. Nóż tokarski do wykańczającej obróbki wałów o dużej średnicy.

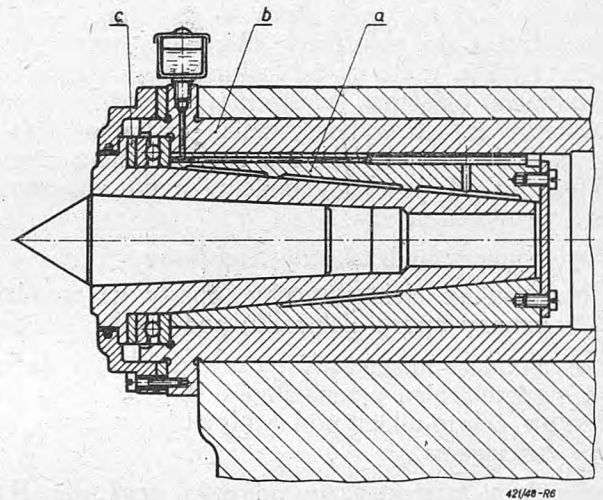
staje się na ogół mało wydajną podczas obróbki przedmiotów o znacznych rozmiarach. W ciężkim przemyśle maszynowym wały o dużych średnicach są wykańczane przez toczenie nożami gładzikami o prostych szerokich krawędziach równoległych do osi toczenia. Wtedy podczas obróbki wykańczającej stosuje się duże posuw, a więc pomimo małych szybkości skrawania czas obróbki może być mały. I tak np.: podczas obróbki wykańczającej wału o średnicy 500 mm przy liczbie obrotów $n = 2$ na minutę (szybkości skrawania $v =$ ok 3 m/min.) ale przy posuwie $p = 20$ mm/obr., uzyskana długość toczenia w ciągu godziny wynosi 2400 mm. Gdyby

przeprowadzić tę obróbkę wykańczającą w warunkach wysokiej szybkości (np. 150 m/min.), a bardzo małego posuwu (np. 0,06 mm/obr.) liczba obrotów przedmiotu wynosiłaby $n = 100$ na minutę, ale długość toczenia w ciągu godziny wynosiłaby tylko 360 mm, to jest niemal 7 razy mniej niż przy dawnej metodzie, polegającej na zastosowaniu szerokich noży gładzików.

W Laboratorium Technologii Budowy Maszyn przeprowadzone zostały przez inż. I. S. Anasowa i inż. W. A. Blumberga próby toczenia wykańczającego przy zastosowaniu szerokich noży gładzików. Zastosowano noże szczególnego kształtu (rys. 5). Krawędź tnąca tego noża leży w płaszczyźnie poziomej równoległej do osi toczenia, ale jest skrzyta o pewien kąt. Kąt natarcia jest ujemny i wynosi -5° . Głębokość skrawania wynosi mniej niż 0,1 mm. Przy prędkości skrawania 150 m/min. i posuwie 3,5 mm/obr. nóż taki przy obróbce wału stalowego o średnicy 200 mm pozwala uzyskać długość toczenia 380 mm w ciągu minuty co odpowiadałoby długości obrobionego wałka 50 m w ciągu godziny. Uzyskuje się więc wysoką gładkość, którą można poprawić przez zastosowanie superfinish'u.

Szeroko omawiane były zagadnienia związane z możliwością użycia obrabiarek dotychczasowej konstrukcji do obróbek o wysokich szybkościach skrawania. Stwierdzono, że w wielu wypadkach nowa metoda obróbki jest możliwa również na obrabiarkach dotychczasowej konstrukcji, nawet bez potrzeby jakichkolwiek ich przeróbek. Jednocześnie prowadzone są prace nad opracowywaniem nowych konstrukcji, przystosowanych do nowych metod obróbki. W wielu wypadkach można przystosować istniejącą obrabiarkę do obróbki przy wysokich szybkościach przez proste zmiany w napędzie, jak silnika, kół itp. Należy tu zwrócić uwagę, że zwiększenie mocy napędowej w obrabiarkach przystosowanych do nowej metody obróbki, jest wynikiem zwiększonej szybkości skrawania, a nie występujących sił, gdyż przekroje wiórów nie są zwiększone. Wobec tego, że opory właściwe skrawania przy bardzo dużych szybkościach są mniejsze, więc należy się liczyć nawet z obniżeniem występujących sił i momentów obrotowych. Dlatego też występujące siły nie przekraczają wielkości, które były brane pod uwagę przy projektowaniu obecnych obrabiarek. Powiększając szybkość obrotu przy tym samym lub nawet mniejszym momencie obrotowym, stwarza się warunki pracy możliwe do zrealizowania na wielu obecnych obrabiarkach. Opierając się na tych przesłankach przerobiono w Laboratorium Technologii Budowy Maszyn napęd frezarki pionowej, zastępując dawny silnik o mocy 10 KM, dwoma silnikami: jednym o mocy 30 KM dla napędu ruchu roboczego i drugim o mocy 4 KM dla napędu ruchu posuwowego. Liczby obrotów wrzeciona podwyższono z 500 do 1100 na minutę. Rezultaty uzyskano dobre stosując szybkość skrawania przy obróbce stali 166 m/mm; ilość uzyskanych wiórów wynosiła 4 kg na minutę.

Jako przykład specjalnych zagadnień związanych z obróbką o wysokich szybkościach skrawania wymienić należy — odpowiednie przystosowanie kłów tokarek — chodzi tu oczywiście o kiel konika. Obróbka tokarska w uchwytach nie powoduje przy wprowadzeniu bardzo wysokich szybkości szczególnych kłopotów, natomiast obróbka w kłach nastęrcza szereg trudności, które są w sposób swoisty rozwiązywane. Można stwierdzić, że obróbka w zwykłych kłach nieruchomych przedmiotów stalowych jest praktycznie niemożliwa.



Rys. 6. Obrotowy kiel tokarski przystosowany do obróbki przy bardzo wysokich szybkościach skrawania a — pa-niewka, b — obsada, c — odległościowa podkładka.

Również większość dotychczasowych konstrukcji kłów obrotowych nie nadaje się do tej obróbki; są one mało sztywne, szybko się zużywają i są przyczyną powstawania drgań. Są tu stosowane kły z ostrzami ze stopów spiekanych oraz specjalne konstrukcje kłów obrotowych. Przykład rozwiązania takiego kła (wg projektu inż. A. W. Blumberga) przedstawia rys. 6.

Innym ważnym zagadnieniem związanym z wprowadzeniem wysokich szybkości jest kwestia podtrzymek (lunet); zagadnienie to nie zostało dotychczas w sposób korzystny rozwiązane. Okoliczność ta może silnie zaważyć na wprowadzeniu metod obróbki o wysokich szybkościach skrawania w ciężkim przemyśle maszynowym.

Zagadnienie zużywania się obrabiarek pracujących przy wysokich szybkościach skrawania posiada wyjątkowo poważne znaczenie. Poważniejszych badań w tym kierunku nie przeprowadzono. Podczas szczegółowej inspekcji leningradzkich fabryk, stosujących nowe metody obróbki nigdzie nie stwierdzono katastrofalnego zużycia. Nie było również w wypowiedziach referentów akcentów, któreby przedstawiały takie niebezpieczeństwo. Odnośnie tego zagadnienia na dużą uwagę zasługuje referat inż. W. M. Giersta (fabryka inż. Frunze), który przytacza wyniki badań dwóch frezarek po 6000 i 7000 godzinach pracy przy wysokich szybkościach skrawania.

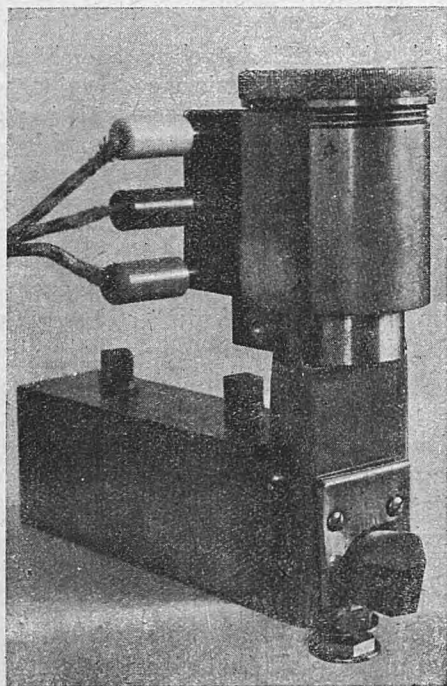
Siłomierz elektryczny WB5 do pomiaru oporów skrawania

Prof. inż. WITOLD BIERNAWSKI i Inż. ANDRZEJ JÓZEFIK
st. asystent Akademii
Górnico-Hutniczej

Rodzaje przyrządów do pomiaru oporów skrawania. — Cechy charakterystyczne siłomierza WB5. Opis budowy i działania siłomierza WB5. — Opis miliwoltomierza. — Charakterystyka siłomierza WB5 zdjęta płytami Johanssona. — Przyrząd dźwignowy do cechowania siłomierza. — Cechowanie siłomierza WB5. — Wzory służące do obliczenia oporów skrawania. — Wyniki pomiarów.

Siłomierz Elektryczny WB5 (dławik różnicowy) służy do wyznaczania obwodowej składowej siły skrawania przy toczeniu, która — jak wiemy — jest wystarczająca do obliczenia całkowitej mocy skrawania. Istnieje wiele typów siłomierzy, różniących się zasadami działania, konstrukcją i możliwościami warsztatowego ich wykorzystania. Aparatem wysokiej dokładności jest laboratoryjny siłomierz piezoelektryczny. Z pośród siłomierzy typu warsztatowego wymienić należy:

- siłomierz hydrauliczny *Nicolsona*,
- siłomierz elektrolityczny, oparty na zasadzie zmiany oporu elektrolitu pod działaniem siły,
- siłomierz magnetoelastyczny, działający na zasadzie zmian przenikalności magnetycznej stopu żelazo-nikiel pod wpływem ściskania lub rozciągania,
- siłomierz elektryczny pomysłu *prof. inż. Witolda Biernawskiego*, działający na zasadzie zmiany oporu magnetycznego dławików.

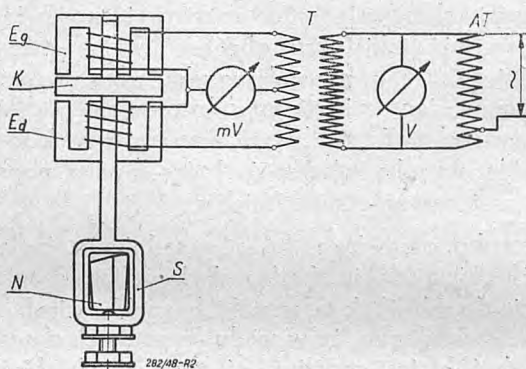


Rys. 1 — Siłomierz Elektryczny WB5

Każdy z wymienionych przyrządów ma swoje zalety i wady, których zresztą nie będziemy szerzej opisywać.

Siłomierz elektromagnetyczny typu WB3 zbudowany był przed wojną według pomysłu i pod kie-

runkiem *prof. inż. W. Biernawskiego* przez *inż. Stępowskiego* w Zakładzie Obróbki Metali Politechniki Warszawskiej. Po zbudowaniu pierwszych paru aparatów wzorcowych następne miały być budowane seryjnie przez Fabrykę Sprawdzianów Państwowych Wytwórni Uzbrojenia. Niestety, wszystkie egzemplarze tego przyrządu uległy zniszczeniu



Rys. 2 — Schemat elektrycznego układu połączeń Siłomierza Elektrycznego WB5

Eg — elektromagnes górny, *Ed* — elektromagnes dolny, *K* — kotwica, *S* — strzeżenie, *N* — nóż, *T* — transformator 220 x 8 V, *AT* — autotransformator, *mV* — miliwoltomierz, *V* — woltomierz.

w czasie ostatniej wojny. Na tej samej zasadzie został zbudowany w roku 1947 przez *inż. Andrzeja Józefika* w Zakładach Mechanicznej Obróbki Materiałów i Obróbki Wiórowej Akademii Górnico-Hutniczej w Krakowie nowy typ siłomierza, który nazwano Siłomierzem Elektrycznym WB5 (rys. 1).

Przedstawimy pokrótce zasady, jakimi kierowano się przy budowie tego przyrządu.

1) Starano się odtworzyć w czasie pomiarów rzeczywiste warunki skrawania przez:

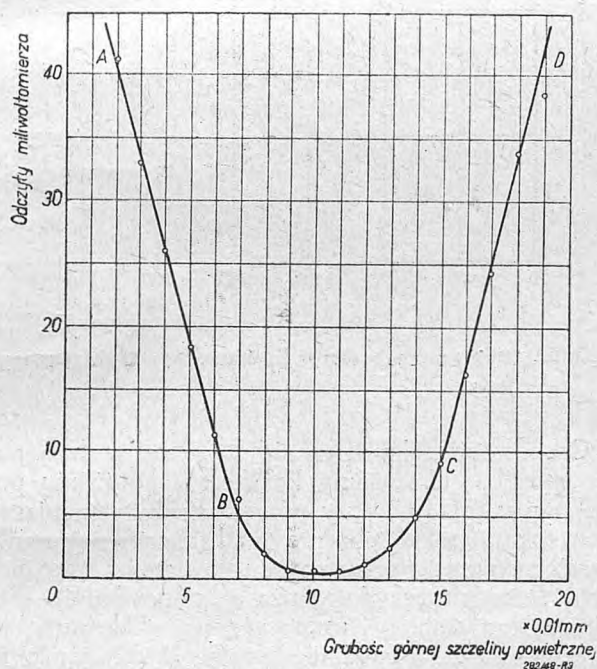
- użycie do pomiaru normalnego noża tokarskiego,
- stworzenie sztywnego układu noża i aparatu właściwego przez umieszczenie noża w normalnej oprawce nożowej, związanej sztywno z właściwym aparatem siłomierza.
- cechowanie siłomierza w tych samych warunkach w jakich dokonywać się będzie pomiar siły skrawania.

2) Starano się stworzyć przyrząd jaknajprostszy w budowie i obsłudze przez:

- zastosowanie uchwytu nożowego, dającego się łatwo zamocować na suporcie tokarki,

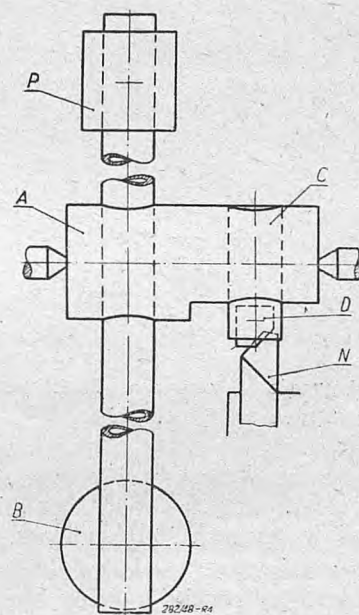
- b) dostosowanie przyrządu do pomiarów małych i dużych sił skrawania z jednakowo dużą dokładnością. Dzięki temu, że Siłomierz Elektryczny *WB5* jest właściwie czujnikiem elektrycznym, mierzącym ugięcie noża pod działaniem siły skrawania, nadawać się on będzie do pomiaru zarówno dużych sił, występujących przy obróbce zgrubnej (duże przekroje warstwy skrawanej — duże przekroje poprzeczne trzonka noża) jak również do pomiaru małych sił skrawania, występujących przy obróbce wykańczającej (małe przekroje warstwy skrawanej — małe siły — małe przekroje trzonka noża),
- c) przewody elektryczne łączące siłomierz z aparatami pomiarowymi pozwalają na umieszczenie tychże w dowolnej odległości od obrabiarki, co z wielu względów jest wygodne.

Siłomierz Elektryczny *WB5* składa się z dwóch zasadniczych części: aparatu właściwego, stanowiącego układ dwóch dławików oraz z normalnej oprawki nożowej, którą zamocowuje się w wieżyczce suportowej tokarki. Siłomierz zasilany jest prądem zmiennym o napięciu 8 Volt. Dla wyrównania wahań napięcia sieci zastosowano autotransformator *AT*. Zasada działania siłomierza, którego schemat przedstawia rys. 2, jest następująca.



Rys. 3 — Charakterystyka Siłomierza Elektrycznego *WB5* zdjęta płytkami *Johanssona*

Między dwoma elektromagnesami *Eg* i *Ed* znajduje się kotwica *K* wprasowana na sworznię mosiężną połączony ze strzemiem *S*, opierającym się o spód trzonka noża *N*. Między elektromagnesami i kotwicą znajdują się szczeliny powietrzne. W środkowym położeniu kotwicy grubości tych szczelin wynoszą 0,1 mm. Elektromagnesy stanowią sztywną całość z oprawką nożową. Elementami posiadającymi pewną swobodę poruszania się jest zespół kotwicy i strzemia. Ugięcie noża, występujące pod działaniem siły skrawania powoduje opuszczenie się strzemia, a więc i kotwicy. W ten sposób górna szczelina powietrzna powiększa się, a dolna zmniejsza. Zwiększenie szczeliny powietrznej pociąga za sobą zwiększenie oporu magnetycznego naszego niedoskonałego obwodu magnetycznego oraz zmniejszenie oporu indukcyjnego dławika, powodujące zmniejszenie spadku napięcia na dławiku górnym. Równocześnie na dławiku dolnym nastąpi zwiększenie spadku napięcia. Miliwoltomierz *mV* wpięty mostkowo między koniec uzwojenia dolnej cewki a środek wtórnego uzwojenia transformatora *T* — wskazuje nam różnicę spadków napięć na obu dławikach. Dla uzyskania jednakowych sił elektromotorycznych w obu gałęziach wtórnego uzwojenia transformatora uzwojenie to nawinięto bifilarnie.



Rys. 4 — Schemat przyrządu dźwigniowego do cechowania siłomierza.

A — korpus, B — szalka do ciężarów,
C — krótkka dźwignia, D — mosiężna płytka,
N — nóż, P — przeciwcieżar.

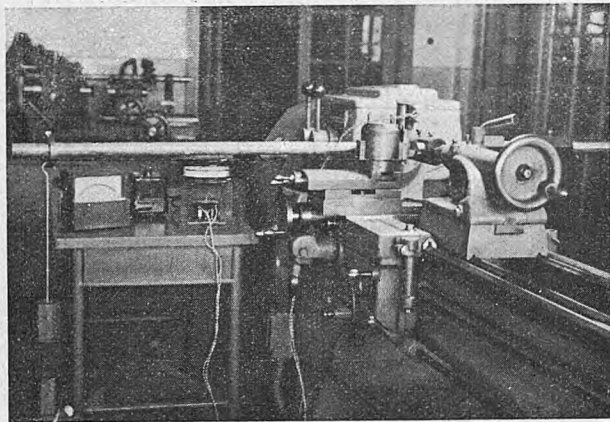
Przyrządem pomiarowym jest miliwoltomierz *Deprez* z opornikiem, przerobiony z pirometru. Posiada dlatego dwie skale: dolną od 0 do 41 *mV* i górną od 0 do 1000 C. Skala jest powierzchnią walcową o osi pionowej długości 122 mm. Miliwoltomierz posiada opór bocznikowy, załączony równolegle w celu tłumienia wahań młeczyska wskazówki. Oto kilka danych, charakteryzujących woltomierz.

Opór samego miliwoltomierza bez oporu bocznikowego	około 24	omy
Opór samego miliwoltomierza z oporem bocznikowym	około 19,7	"
Opór miliwoltomierza z prostownikiem bez oporu bocznikowego przy natężeniu prądu 0,2175 mA	3800	omów
Pobór prądu przez instrument na prądzie stałym	0,16	mA
Spadek napięcia na instrumencie przy pełnym zakresie wskazań 41 <i>mV</i> wynosi	0,813	V

Obserwując wskazania miliwoltomierza w poszczególnych położeniach kotwicy, otrzymamy charakterystykę siłomierza. Rys. 3 przedstawia wykres charakterystyki siłomierza *WB5* zdjętej płytkami Johanssona.

Wykres ten wskazuje pewne zniekształcenia i błędy w przebiegu krzywej, a mianowicie:

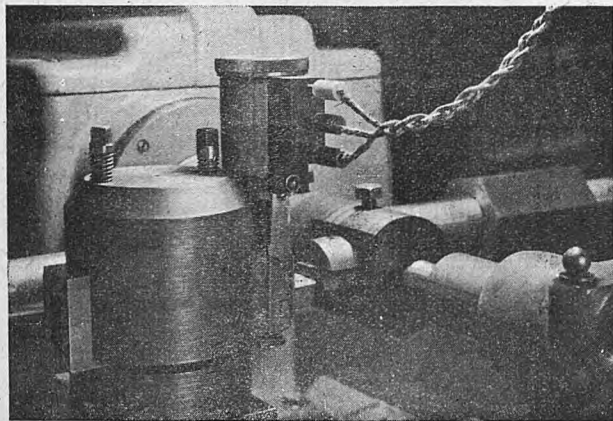
- 1) brak symetryczności obu gałęzi,
- 2) minimum krzywej nie przypada na osi odciętych, lecz uzyskujemy pewne minimalne wskazania miliwoltomierza,
- 3) zerowe położenie kotwicy (minimalne wskazania miliwoltomierza) nie pokrywa się z jej środkowym położeniem.



Rys. 5 — Cechowanie Siłomierza Elektrycznego *WB5* przyrządem dźwigniowym.

Błędy powyższe tłumaczymy pewnymi różnicami w oporach elektrycznych obu dławików, przede wszystkim zaś w oporach indukcyjnych.

Z wykresu zależności wskazań miliwoltomierza od położenia kotwicy przejść musimy obecnie do wyznaczenia zależności wskazań miliwoltomierza od siły skrawania. W tym celu cechujemy siłomierz specjalnym przyrządem dźwigniowym, którego schemat przedstawia rys. 4.



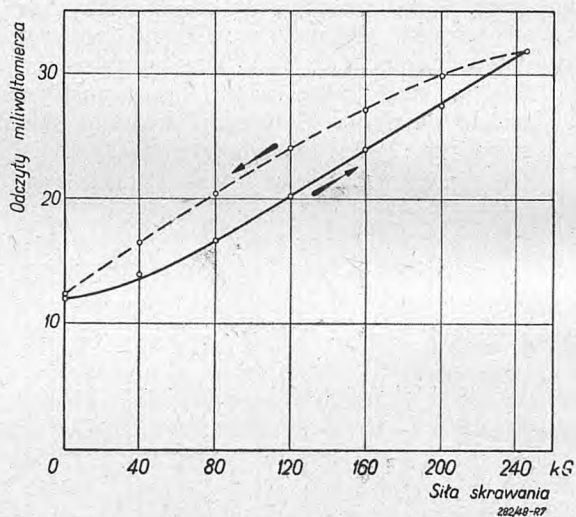
Rys. 6 — Korpus przyrządu dźwigniowego z płytką mosiężną, spoczywającą na płaszczyźnie natarcia noża.

Przyrząd ten składa się z korpusu *A* osadzonego w kłach tokarki oraz dwóch dźwigni: długiej zaopatrzonej na końcu w szalkę do ciężarków *B* oraz

z krótkiej *C* zaopatrzonej w mosiężną płytkę *D*, opierającą się na płaszczyźnie natarcia noża *N*.

Stosunek obu ramion dźwigni wynosi 1:20. Płytkę mosiężną zastosowana została w tym celu, aby uzyskać przyleganie do noża na całej płaszczyźnie. Przez tego rodzaju rozwiązanie zbliżamy się do rzeczywistych warunków skrawania, kiedy to nóż obciążony zostaje siłą na powierzchni przykroju warstwy skrawanej.

Z wykresu charakterystyki siłomierza (rys. 3) wybierzemy pewien odcinek krzywej, na którym będziemy pracować. Oczywiście, że wybierzemy odcinek, które zastąpić można liniami prostymi, a więc odcinek *A—B* lewej gałęzi lub *C—D* prawej gałęzi krzywej. Ponieważ wygodniej jest obserwować wzrastające wskazania instrumentu pomiarowego przy zwiększającej się sile skrawania, wybieramy odcinek *C—D*. Czulość miliwoltomierza na tym odcinku jest następująca: przesunięciu kotwicy o 0,001 mm odpowiada przesunięcie mieczyka wskazówki o 0,82 podziałki skali, czyli o 2,46 mm.



Rys. 7 — Wykres cechowania Siłomierza Elektrycznego *WB5*

Cechowanie siłomierza odbywa się w następujący sposób. Ustawiamy kotwicę w położeniu początkowym (pkt. *C*) przy pomocy śruby regulującej, w kły tokarki zakładamy przyrząd dźwigniowy zrównoważony przeciwcieżarem *P*, ustawiamy płytkę mosiężną *D* na płaszczyźnie noża na odpowiedniej głębokości skrawania *g* i rozpoczynamy skalowanie siłomierza przez obciążanie szalki *B* odważnikami i notowanie odpowiednich wskazań miliwoltomierza.

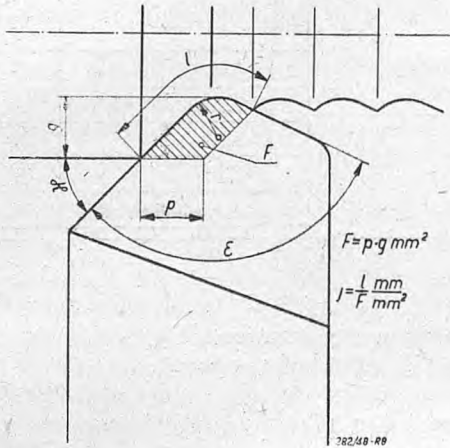
Rys. 7 wskazuje wykres cechowania Siłomierza Elektrycznego *WB5*. Na wykresie tym krzywa kreskowana oznacza przebieg odciażania siłomierza. Uzyskaną histerezę tłumaczymy sprężystością układu. Nie wpływa ona specjalnie na przebieg pomiarów, gdyż pracować będziemy na krzywej obciążania.

Wykres powyższy pozwoli nam na bezpośrednie odczytanie wartości obwodowej siły skrawania. Z techniki posługiwania się siłomierzem stwierdzamy, że aparat dławikowy gra rolę pewnego pośrednika, pozwalającego na odpowiednio czułą rejestrację zjawisk, wywołanych obciążaniem płaszczyzny natarcia

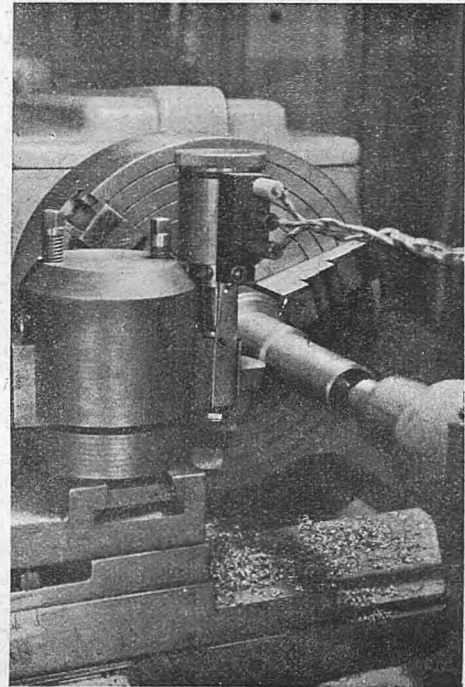
noża przyrządem dźwigniowym i porównanie ich ze zjawiskami obciążania płaszczyzny noża siłą skrawania. Ta porównywalność stanowi zasadniczą cechę Siłomierza Elektrycznego WB5, cechę, która powoduje, że nie interesują nas bezwzględne wartości różnicy spadków napięć na dławikach, lecz jedynie wskazania przyrządu pomiarowego. Z tych również powodów drugorzędą dla nas sprawą są zniekształcenia krzywej charakterystyki siłomierza.

w którym k_s oznacza opór właściwy skrawania w kg/mm^2 i wyznaczony, został jako funkcja jednostkowej długości czynnej krawędzi tnącej noża j (rys. 8).

Wzory 1 do 3 opracowano w połączonych Zakładach Mechanicznej Obróbki Materiałów i Obróbki Wiórowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.



Rys. 8 — Czynna krawędź tnąca i poprzeczny przekrój warstwy skrawanej.



Rys. 9 — Pomiar siły skrawania Siłomierzem Elektrycznym WB5

Poniżej podajemy wyniki pomiarów sił skrawania stali stopowej i żeliwa w zestawieniu z obliczeniami teoretycznymi, a mianowicie:

1) Obliczono siłę skrawania wg. wzorów skróconych:

$$P = \rho_r \cdot R_r \cdot F^x \quad [1-a]$$

$$P = \rho_H \cdot H_B \cdot F^x \quad [1-b]$$

w których: P — siła skrawania w kg
 ρ_r i ρ_H — współczynniki zależne od materiału skrawanego,

R_r — wytrzymałość na rozerwanie materiału skrawanego w kg/mm^2 ,

H_B — twardość Brinella w kg/mm^2 ,

F — przekrój warstwy skrawanej (przekrój wióra) w mm^2 .

2) Obliczono siłę skrawania wzorem dokładnym:

$$P = Q_r \cdot R_r \cdot \delta^a \cdot r^b \cdot F^c \cdot m^d \cdot \alpha^e \quad [2-a]$$

$$P = Q_H \cdot H_B \cdot \delta^a \cdot r^b \cdot F^c \cdot m^d \cdot \alpha^e \quad [2-b]$$

w którym:

Q_r i Q_H — współczynniki zależne od materiału skrawanego,

δ — kąt skrawania,

r — promień zaokrąglenia w mm ,

$m = \frac{g}{p}$ — współczynnik kształtu warstwy skrawanej,

g — głębokość skrawania w mm ,

p — posuw w mm/obr. ,

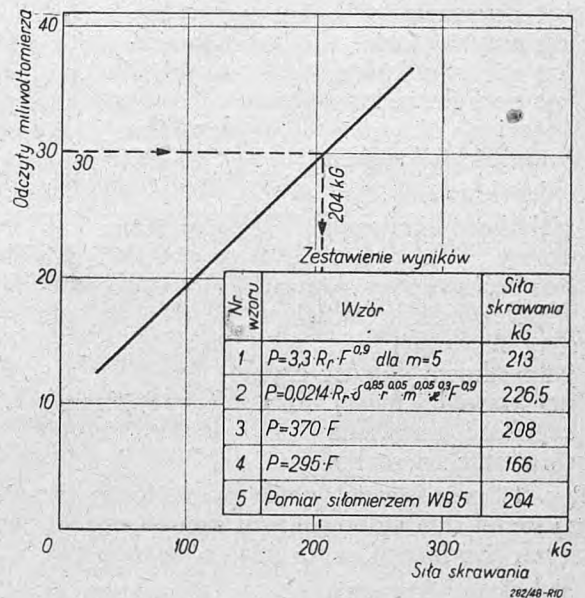
α — kąt przystawienia.

3) Obliczono siłę skrawania wg. wzoru:

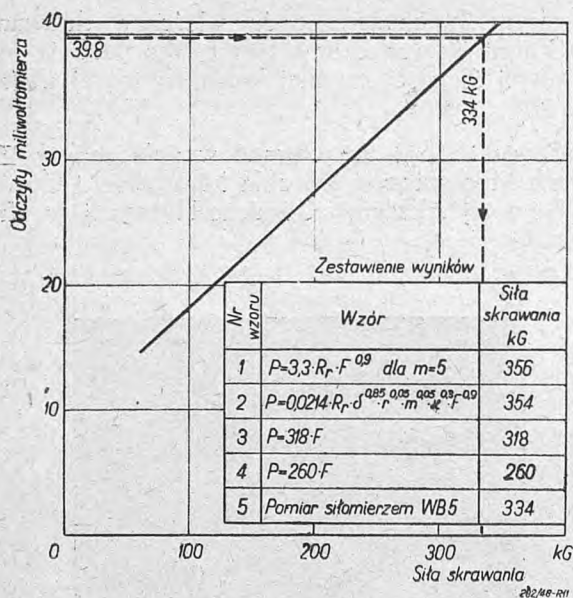
$$P = k_s \cdot F \quad [3]$$

4) Obliczono siłę skrawania wg. wzoru:

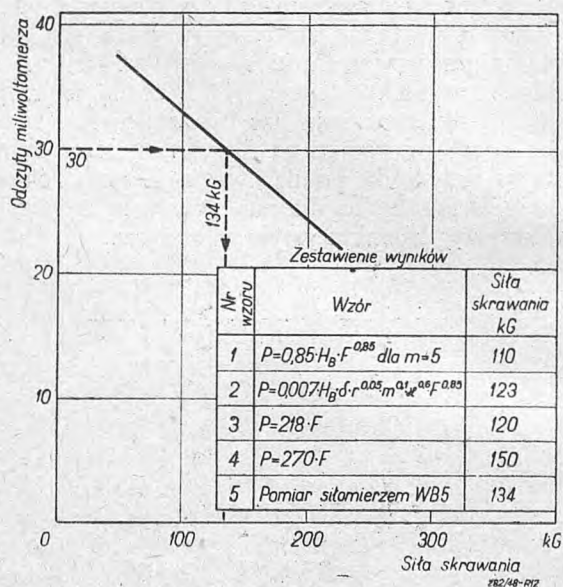
$$P = k_s \cdot F \quad [4]$$



Rys. 10 — Pomiar siły skrawania stali stopowej $R_r = 108 \text{ kg/mm}^2$, $F = 0,563 \text{ mm}^2$, $m = 16$.



Rys. 11 — Pomiar siły skrawania stali stopowej $R_r = 108 \text{ kg/mm}^2$, $F = 1 \text{ mm}^2$, $m = 4$.



Rys. 12 — Pomiar siły skrawania żeliwa $H_B = 210 \text{ kg/mm}^2$, $F = 0,563 \text{ mm}^2$, $m = 16$.

przy czym opór właściwy skrawania wyznaczano również jako funkcję jednostkowej długości czynnej krawędzi tnącej noża, lecz według danych amerykańskich.

5) Podano wynik pomiaru siły skrawania Siłomierzem Elektrycznym WB5.

A oto wyniki pomiarów.

Rys. 10 przedstawia pomiar siły skrawania stali stopowej $R_r = 108 \text{ kg/mm}^2$ nożem ze stali szybko tnącej w zestawieniu z obliczeniami teoretycznymi. Numery wzorów na rysunku odpowiadają numerom wzorów omówionych powyżej. Podajemy charakterystykę noża:

- wysokość trzonka noża 18 mm
- szerokość " " 17 mm
- kąt przyłożenia $\alpha = 6^\circ$
- kąt skrawania $\delta = 86^\circ$
- kąt przystawienia $\chi = 45^\circ$
- kąt wierzchołkowy $\varepsilon = 110^\circ$
- kąt nachylenia krawędzi tnącej $\lambda = 4^\circ$
- promień zaokrąglenia $r = 2 \text{ mm}$

Warunki skrawania:

- głębokość skrawania $g = 3 \text{ mm}$
- posuw $p = 0,1875 \text{ mm/obr.}$
- przekrój warstwy skrawanej $F = 0,563 \text{ mm}^2$
- współczynnik kształtu warstwy skrawanej $m = 16$
- jednostkowa długość czynnej krawędzi tnącej noża $j = 8,25 \text{ mm/mm}^2$
- szybkość skrawania $v = 6,6 \text{ m/min.}$
- skrawanie na sucho.

Rys. 11 przedstawia wyniki pomiaru siły skrawania tej samej stali stopowej tym samym nożem, lecz w innych warunkach skrawania, a mianowicie:

- głębokość skrawania $g = 2 \text{ mm}$
- posuw $p = 0,5 \text{ mm/obr.}$
- przekrój warstwy skrawanej $F = 1 \text{ mm}^2$

- współczynnik kształtu warstwy skrawanej $m = 4$
- jednostkowa długość czynnej krawędzi tnącej noża $j = 3,5 \text{ mm/mm}^2$
- szybkość skrawania $v = 6,6 \text{ m/min.}$
- skrawanie na sucho.

Rys. 12 przedstawia wyniki pomiarów siły skrawania żeliwa $H_B = 210 \text{ kg/mm}^2$ nożem ze stali szybko tnącej o następującym kształcie:

- wysokość trzonka noża 18 mm
- szerokość " " 17 mm
- kąt przyłożenia $\alpha = 6^\circ$
- kąt skrawania $\delta = 86^\circ$
- kąt przystawienia $\chi = 60^\circ$
- kąt wierzchołkowy $\varepsilon = 110^\circ$
- kąt nachylenia krawędzi tnącej $\lambda = 4^\circ$
- promień zaokrąglenia $r = 2 \text{ mm}$

Warunki skrawania:

- głębokość skrawania $g = 3 \text{ mm}$
- posuw $p = 0,1875 \text{ mm/obr.}$
- przekrój warstwy skrawanej $F = 0,563 \text{ mm}^2$
- współczynnik kształtu warstwy skrawanej $m = 16$
- jednostkowa długość czynnej krawędzi tnącej noża $j = 8,25 \text{ mm/mm}^2$
- szybkość skrawania $v = 18 \text{ m/min.}$
- skrawanie na sucho.

LITERATURA:

Inż. Witold Biernawski — „Pomiary sił skrawania“ — Przegląd Mechaniczny nr 18, 1936 r.
 Inż. Witold Biernawski — „Wpływ niektórych czynników na opory właściwe skrawania“ — Przegląd Mechaniczny nr 4, 1938 r.
 Inż. Witold Biernawski — „Influence de certains facteurs sur la résistance spécifique à la coupe de certains métaux“ — La Machine — Outij Française, nr 13, 1939 r.

Badania obrabialności metodą równowagi cieplnej i metodą mechaniczną

(A. G. Schmidt, W. W. Gilbert i O. W. Boston — *Transaction ASME*, 1944)

O. W. Boston wylicza dziewięć metod stosowanych w badaniach obrabialności, z których metody wyznaczenia trwałości ostrza, zużycie mocy i określenie gładkości powierzchni są dziś uznane za metody najbardziej typowe dla określania obrabialności.

Ponieważ dla przeprowadzenia wspomnianych prób potrzeba specjalnej aparatury oraz doświadczenia w wysnuwaniu wniosków, stworzono inne, prostsze metody w celu określenia względnej obrabialności w sposób szybszy i łatwiejszy.

Próby głębokości wiercenia przy użyciu normalnego wiertła i zachowaniu stałego obciążenia i stałej szybkości w określonym czasie były przeprowadzone przez Bostona (2) i Kessnera (3). Powyższa metoda przyjmuje, że wiertło wykonuje otwór do głębokości proporcjonalnej względem obrabialności badanego metalu. Powyższe próby nie zostały uznane jako dostatecznie wiarogodne z uwagi na tarcie wzdłuż krawędzi prowadzących, oraz poprzecznego ostrza u wierzchołka stożka. To samo dotyczy prób piłowania przeprowadzonych przez Kenneforda (4), w których wielkością mierzoną był czas potrzebny na przepiłowanie próbnego pręta. Również i w tym wypadku tarcie jest tak znaczne że czas nie daje pojęcia o obrabialności. Boston (5) mierzył wpływ chłodziwa na wydajność piły i stwierdził znaczne rozbieżności w ilości czasu potrzebnego do przecięcia pręta o średnicy $1\frac{1}{2}$ ".

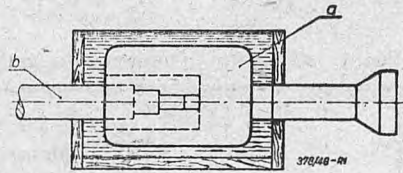
Boston (2) stwierdził, że kryterium twardości, którego stosunek względem innych własności fizycznych metali został ustalony, posiada zbyt mały związek z obrabialnością i nie jest również miarodajnym kryterium obrabialności.

E. G. Herbert (6) zbadał zmiany struktury metalu spowodowane naciskiem narzędzia. Stwierdził on, że metal doznaje utwardzenia plastycznego w obszarze położonym przed ostrzem. To utwardzenie pochodzi od ciągliwości lub kruchości metalu oraz zależy od podatności na utwardzenie plastyczne. Sorenson i Gates (7) ustalili wartość obrabialności dla około stu gatunków stali SAE, wychodząc z objętości metalu skrojonego w określonym czasie. Stwierdzono przy tym, że do pewnego stopnia spadek twardości i wytrzymałości na rozerwanie dają wzrost obrabialności, lecz i tu spotykano silne rozbieżności.

Boston i Gilbert (8) wykonali badania mierząc temperaturę narzędzi o pojedynczym ostrzu. Stosowali oni termoparę — której dwa elementy stanowiły narzędzie i materiał skrawany. Maksymalna temperatura przez nich mierzona wynosiła 980 F. Przyszli oni jednak do wniosku, że temperatury mierzone doznają wpływu pochodzącego ze zmian własności elektrycznych skrawanego metalu, który doznaje zgniotu w miejscu działania krawędzi tnącej ostrza. E. G. Herbert (9) i K. Gottwein (10) używali również tej metody przy badaniu związku zachodzącego między temperaturą ostrza, a przekrojem wióra przy toczeniu.

F. Schwerd (11) badał rozmieszczenie temperatur wewnątrz ostrza przy pomocy urządzenia optycznego, które kieruje promienie ciepłe z punktu położonego na wiórze na wysoce czułą termoparę. Boston i Gilbert (8) uważają, że otrzymanie maksymalnych, a nawet proporcjonalnych wskazań metodą Schwerda jest wątpliwe, gdyż jego metoda dozwala na pomiar wyłącznie powierzchniowego rozmieszczenia temperatur. Boston i Gilbert stwierdzili również, że wysokość temperatury samego ostrza zależy także od istnienia „ostrza wtórnego“, które tworzy się przy skrawaniu ciągliwych materiałów. Składa się ono ze zgniecionych warstw i zależy od wielu czynników omówionych w pracy H. Ernsta (12).

Jakkolwiek wspomniane badania prowadzone w celu określenia temperatur skrawania przyczyniły się one do ustalenia tylko części temperatur w poszczególnych badaniach, natomiast nie objęły znacznej części wytworzonego ciepła. Podczas każdego skrawania bowiem ciepło zostaje rozproszone nie tylko przez promieniowanie, lecz również jest przewodzone przez narzędzie i jego imak.



Rys. 1. Schemat próby Romforda ustalenie ilości ciepła wytworzonego przy skrawaniu.

a — wytaczadło.

b — zamek lufy armatniej.

Próba przeprowadzona w celu ustalenia ilości ciepła wytworzonego podczas skrawania została opisana przez Benjaminą Romforda (13) już w r. 1798. Wytaczadłem wykonano otwór w brązowej lufie armatniej, umieszczonej w naczyniu drewnianym, napełnionym wodą (rys. 1). Doświadczenie miało na celu ustalenie źródła ciepła, które zostało określone jako ciepło utworzone tarciami zachodzącym w czasie pracy obrabiarki. Joule (14) przeprowadził kilka badań nad mechanicznym równoważnikiem ciepła i w jednym z nich użył żeliwnych kół, które dociskane nawzajem obracały się zanurzone w wodzie. Joule obserwował wzrost temperatury. Podobna próba została wykonana przez Faure'a (15), który zastosował tarczę miedzianą obracającą się wewnątrz rozciągniętego pierścienia, którego segmenty były dociskane do tarczy przy pomocy sprężyn. Również A. O. Hirs (1874) (16) przeprowadził szereg badań nad tarciami i odkształceniem metali w celu określenia wartości mechanicznego równoważnika ciepła. Mierzył on ciepło wytworzone podczas wiercenia jednakże nie pozostawił opisu użytego narzędzia. H. I. Brackenbury i G. M. Meyer (1911) (17)

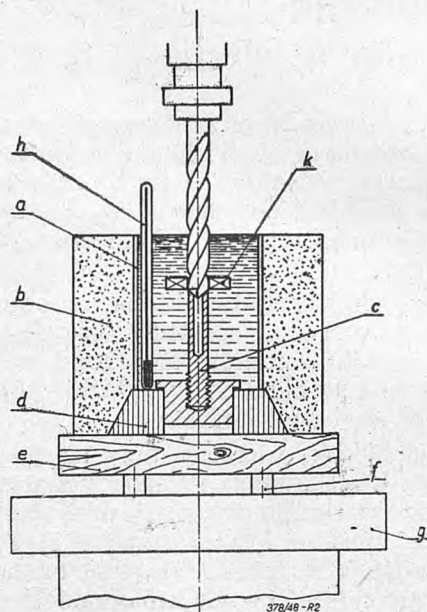
przeprowadzili kilka prób kalorymetrycznych dla określenia ciepła zawartego we wiórach i w użytym do prób pręcie. Wióry powstałe przy toczeniu zebrano na tacę wypełnioną wodą, a toczone pręcie wrzucono do drugiego naczynia również wypełnionego wodą. Wzrost temperatur w każdym z naczyń był podstawą do obliczenia mocy potrzebnej do toczenia pręta. *H. Friedrich* (1911) (18) wykonał podobne próby i stwierdził, że temperatura wiórów wzrasta z szybkością skrawania, przy zachowaniu stałej wielkości przekroju wióra.

Sarwin (1912) (19) zainstalował na tokarce kalorymetr wraz z dynamometrem. Użył on frez o dwóch krawędziach tnących do skrawania próbnego pręta zaopatrzonego w otwór wzdłuż osi. Również na tym urządzeniu badał on skuteczność chłodziw z uwagi na chłodzenie i smarowanie.

Metoda kalorymetryczna w zastosowaniu do określenia sił rorywanych przez narzędzie.

W niżej opisanych badaniach woda jest środkiem służącym dla pomiaru ciepła wytworzonego przez łączne działanie tarcia i odkształceń występujących w toku skrawania. W tym celu narzędzie i materiał skrawany są zanurzone podczas skrawania w starannie izolowanym naczyniu, napełnionym wodą destylowaną. Temperatura początkowa i końcowa wody jest mierzona przy pomocy termometru. Szybkość chłodzenia jest mierzona i użyta dla określenia tej temperatury, jaka byłaby osiągnięta przy końcu skra-

wania, gdyby nie zachodziło rozproszenie ciepła przez promieniowanie, przewodnictwo i przenosze-



Rys. 2. Kalorymetr do badania obrabiwalności przez wiercenie, połączony z dynamometrem dla jednoczesnego pomiaru momentu i siły osiowej na wiertarce.

a — naczynie kalorymetru, b — izolacja filcowa, c — skrawany pręt, d — gumowy korek, e — drewniana podstawa, f — kołki centrujące, g — dynamometr, h — termometr, k — blaszka mieszadła.

Tablica 1. Odczyty dynamometru i kalorymetru przy próbach wykonanych urządzeniem na rys. 2.

Skład materiału	Stan materiału	Różnica temperatur F	Moment kręcy lb ft	Siła osiowa lb.	Moc obliczona z momentu i siły osiowej KM	Moc na 1 cal ³ na 1 min. obliczona z momentu i siły osiowej KM	Moc obliczona z ilości ciepła KM	Moc na 1 miu. obliczona z ilości ciepła KM	Stosunek procentowy mocy obliczonej chłodziwami spożyciami %	Twardość HB	Wytrzymałość na rozwanie lb cal ²
3 Al 1 Zn*)	Tłoczony	13,00	0,605	83,5	0,0810	0,458	0,0789	0,446	97,4	53	40.000
6 Al 1 Zn*)	„	13,60	0,891	94,4	0,0846	0,470	0,0838	0,474	99	45	45.000
1,5 Mn*)	„	11,4	0,594	65,8	0,0714	0,404	0,0702	0,997	98,4	40	40.000
9 Al 2 Zn*)	Lany	13,65	0,631	95,0	0,0846	0,478	0,0839	0,475	99	40	24.000
9 Al 2 Zn*)	Uszlachetniony . .	13,65	0,631	95,0	0,0846	0,478	0,0838	0,475	99	60	74.000
9 Al 2 Zn*)	Obrobiony cieplnie i żarzony	13,65	0,631	95,0	0,0846	0,478	0,0838	0,475	99	75	74.000
4 Al 3 Zn*)	Lany	13,65	0,640	100,0	0,0852	0,482	0,0834	0,475	97,4	50	27.000
4 Al 3 Zn*)	Uszlachetniony . .	14,95	0,695	104,0	0,0927	0,525	0,0902	0,510	97,3	50	38.000
4 Al 4 Zn*)	Obrobiony cieplnie i żarzony	13,50	0,826	98,0	0,0842	0,478	0,0818	0,484	97,0	62	38.000
335 Pb 35 Zn	Mosiądz łatwo obrabialny	21	0,993	110,0	0,1326	0,730	0,129	0,729	97,4	140	50.000
SAE 1030	Stal nisko-węglowa	43	2,34	185,0	0,312	1,765	0,303	1,715	97	145	70.000
SAE 1040	Stal wysoko-węglowa	45	4,52	260,0	0,603	3,421	0,584	3,321	96,6	260	150.000

*) reszta do 100% — Mg.

Tabela 2.

Dane z pomiarów przy użyciu urządzenia rys. 2.

Materiał skrawany	Posuw cali na obrót	Czas skrawania min.	Wzrost temperatury F.	Moment skręcający lb - stóp	Nacisk osiowy lb	Moc obliczona z momentu i siły osiowej KM		Moc obliczona z ilości ciepła KM		Stosunek procentowy mocy obliczonych różnymi sposobami %	Twardość HB	Wytrzymałość na rozzerwanie lb/cal ²
						całkowita	na 1 cal ² /min	całkowita	na 1 cal ² /min			
6 Al i Zn tłoczony	0,0025	0,57	13,80	0,631	54,4	0,0846	0,478	0,0838	0,474	99,5	45	43.000
"	0,0034	0,42	12,40	0,772	100,0	0,1034	0,431	0,1025	0,427	99,3	45	43.000
"	0,0057	0,25	9,23	0,749	110,0	0,1245	0,314	0,1280	0,318	101,0	65	43.000
"	0,0074	0,193	8,14	1,091	122,0	0,7455	0,278	0,7463	0,260	100,4	65	43.000

Szybkość obrotów — 700 obr/min.

nie. Przy zamianie pracy w ciepło lub odwrotnie, ilość pracy jest równoważnikiem mechanicznym pewnej ilości ciepła. Dzięki tej zależności, obserwując zmiany temperatury wody, w której narzędzie i materiał są zanurzone, można badać zużycie mocy potrzebnej dla skrawania różnych materiałów, oraz wpływ kształtu narzędzi na zużycie mocy.

Ażeby pomiar mocy był dokładny musi być wzięty pod uwagę równoważnik wodny kalorymetru, pręta oraz wszystkich części zanurzonych w wodzie.

Czas skrawania jest stały i może być dobrany stosownie do danego materiału, jednak powinien on być dostatecznie krótki, by ruch wody nie spowodował jej dodatkowego ogrzania. Ażeby zmniejszyć wpływ temperatury otoczenia, całe urządzenie i woda w nim zawarta powinny mieć temperaturę pokoju w chwili rozpoczęcia doświadczenia.

Ciężar kalorymetru oznaczamy przez W , ciepło właściwe materiału z którego jest wykonany — przez c_m . Zmiana temperatury kalorymetru o wielkość dt powoduje wymianę ilości ciepła dQ kalorymetru, zatem

$$dQ = Wc_m dt \quad (1)$$

Ilość ciepła którą pochłonie kalorymetr gdy go ogrzać od temperatury otoczenia t do wyższej temperatury t_y wynosi

$$Q = W \int_t^{t_y} c_m dt \quad (2)$$

gdzie dla danego wypadku można uważać że $c_m = \text{const}$, a wszystkie części kalorymetru posiadają jednakową temperaturę. Za tym

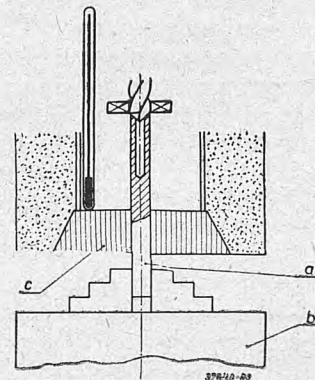
$$Q = Wc_m(t_y - t) \quad (3)$$

Przebieg próby i wyposażenie dla prób kalorymetrycznych na wiertarkach.

Kalorymetr jest przedstawiony na rys. 2. Dwa kołki centrujące wystają z dynamometru i wchodzą w odpowiednie otwory płyty podstawowej. Dzięki nim pręt skrawany jest zawsze ustawiony współosiowo z wiertłem. Wymiary skrawanego pręta wynoszą $\varnothing 10 \times 41$ mm, otwór $\varnothing 3 \times 35$ mm. Gwint dla osadzenia wynosi $M 10 \times 12$ mm. Czoło otworu ma stożek wykonany wiertłem.

Naczynie kalorymetru jest wykonane z blachy 0,25 mm i może być zdjęte z gumowego dna dla ułatwienia zakładania pręta i wiertła. Naczynie posiada filcową izolację od zewnątrz grubości 16 mm.

Wiertło ma średnicę 11 mm, kąt pochylenia linii śrubowej 30° , ostrze zaszlifowane pod kątem 118° , ma kąt odsadzenia $\alpha = 12^\circ$. Wiertło jest osadzone we wrzecionie wiertarki przy pomocy uniwersalnej oprawki dla wiertel; na stole wiertarki jest ustawiony dynamometr.



Rys. 3. Kalorymetr do badania obrabialności przez wiercenie o odmiennym sposobie umocowania skrawanego pręta.

a — skrawany pręt, b — uchwyt trójszczękowy, c — korek gumowy.

Skoro pręt został wkręcony w oprawkę zakłada się zbiornik wraz z izolacją, po czym kalorymetr umieszcza się na dynamometrze. Kalorymetr zostaje napełniony ilością 50 cm³ wody destylowanej. Gdy ostrze wiertła dotyka czoła pręta, ta ilość wody pokrywa cały pręt, oraz około 10 mm długości wiertła. Po napełnieniu wodą wstawia się termometr do kalorymetru i przytrzymuje go w zaciskach. Przed rozpoczęciem skrawania, odczytuje się temperaturę wody; powinna ona być równa temperaturze otoczenia. Wiertło skrawa pręt na długości 25 mm, poczem posuw zostaje wyłączony. Następuje drugi pomiar temperatury w celu ustalenia jej najwyższej wartości. Wiertło obraca się wewnątrz kalorymetru przez pewien czas po wyłączeniu posuwu, działając jako mieszadło. W tym celu do końca wiertła są

przymocowane dwie blaszki grubości 0,25 mm, wystające na boki po 5 mm. W ten sposób wióry nie opadają na dno naczynia, a oddają ciepło pływając.

Próby przeprowadzono na dziewięciu rodzajach stopów magnezu, skrawając je przy 700 obr/min wiertła i posuwie 0,06 mm/obr. Szereg prób wykonano na tych samych stopach przy zastosowaniu różnej wielkości posuwów.

Inne urządzenie przedstawione jest na rys. 3. Pręt jest zaciśnięty w uchwycie trójszczekowym, ustawionym na stole wiertarki. Pręt ma tę samą średnicę co na rys. 2, lecz długość 55 mm. Średnica wiertła wynosi 11 mm. Wiertło zaopatrzone w skrzydełka dla mieszania wody, jak w wypadku poprzednim. Obroty wiertła wynosiły 510 na min, posuw 0,10 mm/obrót. Wyniki prób na tym urządzeniu zgadzały się z wynikami uzyskanymi na poprzednio opisanym dla jednakowych materiałów skrawanych.

Próby wykonane w dwóch seriach — przy temperaturze otoczenia 13 C i 21 C w obu wypadkach różnica temperatur wewnątrz kalorymetru była ta sama. Część prób wykonano bez osłony filcowej. Różnice temperatur były wówczas 5—10% mniejsze, zależnie od temperatury otoczenia.

Wyniki i wnioski.

Główną zaletą omawianej metody jest to, że wykazuje ona nawet nieznaczne różnice między skrawalnością poszczególnych metali. W celu zwiększenia dokładności pomiarów użycie tylko 50 cm³ wody jest słuszne, gdyż większa objętość wody powodowałaby mniejszy wzrost temperatury. To obniżyłoby dokładność odczytów termometru i wymagałoby odpowiednio większych powierzchni mieszadeł.

Równocześnie ze skrawaniem dokonywano odczytów momentu skręcającego i siły osiowej. Aby zwiększyć dokładność tych odczytów stożek wiertła zaszlifowano na kształt zbliżony do tego jaki się sto-

Tablica 3.
Typowe temperatury obserwowane przy skrawaniu urządzeniem rys. 3.

Nr próby	Temperatura początkowa F	Temperatura końcowa F	Różnica temperatur F
1	71,2	78,4	7,2
2	71,4	78,5	7,1
3	71,5	78,3	6,8
4	71,5	78,7	7,2
5	72,0	78,9	6,9
6	72,4	79,3	6,9
7	72,4	79,2	6,8
8	72,5	79,5	7,0
9	72,8	79,9	7,1
10	72,8	79,8	7,0
średnio			7,0

suje do wiercenia mosiądzu. To zaszlifowanie wprawdzie spowodowało wzrost oporów skrawania, ale zapobiegło drganiom, dzięki czemu odczyty mogły być dokonane z dużą dokładnością. Wartości odczytów podają tablice 1, 2, 3 i 4, a wartości podane przedstawiają średnie z 10 odczytów z każdej próbki.

Wszystkie stopy magnezu były wiercone tym samym wiertłem, a różnice temperatur leżały w granicach 0,11 C dla poszczególnych stopów (tabl. 3). Izolację filcową starano się utrzymać w stanie suchym, gdyż w przeciwnym razie występowała znaczna różnica temperatur.

Tablica 4.
Dane z pomiarów przy użyciu urządzenia rys. 3.

Skład materiału	Stan materiału	Różnica temperatur F	Moc obliczona z ilości ciepła KM		Twardość HB	Wytrzymałość na rozzerwanie lb/cal ²
			całkowitą	na 1 cal ³ i na min.		
3 Al 1 Zn *)	wyłaczany	7,0	0,0508	0,287	53	40.000
3 Al 1 Zn *)	„	7,5	0,0544	0,308	65	43.000
1,5 Mn *)	„	6,25	0,0459	0,254	40	40.000
4 Al 2 Zn *)	lany	7,5	0,0544	0,308	40	24.000
4 Al 2 Zn *)	lany obrobiony cieplnie	7,5	0,0544	0,308	60	24.000
9 Al 2 Zn *)	lany obrobiony cieplnie i żarzony	7,5	0,0544	0,308	75	39.000
6 Al 3 Zn *)	lany	7,24	0,0525	0,297	50	27.000
6 Al 3 Zn *)	lany i obrobiony cieplnie	7,93	0,0573	0,326	50	38.000
6 Al 3 Zn *)	lany, obrobiony cieplnie i żarzony	6,95	0,0504	0,285	62	38.000
3,5 Pb 15 Zn	mosiądz łatwo skrawalny	10,00	0,0740	0,419	140	50.000
Stal 0,3 C		28,00	0,2080	1,118	145	70.000
Stal 0,9 C		49,00	0,3640	2,059	230	150.000

*) reszta do 100% — Mg.

Zatrzymanie ruchu wiertła odbywało się zawsze w tym samym punkcie dzięki pierścieniowi osadzonemu na wrzecionie. Długość drogi wiertła mierzono przy pomocy pionowej suwmiarki, odczytując położenie wrzeciona przed i po skrawaniu.

Ponieważ wzrost temperatury przy skrawaniu stali jest kilkakrotnie większy niż w wypadku stopów magnezu, dokonywano skrawania stali na długości 12 i 6 mm. Wzrost temperatury wynosił w tych wypadkach połowę lub 1/4 tego co dla 25 mm długości drogi wiertła, natomiast, wydatek mocy na jednostkę objętości skrawanego metalu był w obu wypadkach ten sam. Termometr posiadał podziałkę co 1 C w zakresie od -25°C do 50°C . Przed każdą próbą zbiornik i wiertło osuszano kawałkiem sukna. Początkową temperaturę wody mierzono po wymieszaniu jej wiertłem w ciągu 1 minuty. Nie zauważono ogrzewania się wody wskutek jej mieszania nawet przy mieszaniu przez 3 minuty w obecności wiórów wewnątrz wody. Celem utrzymania strat ciepła w najmniejszych granicach samo skrawanie trwało 0,57 minuty lub krócej.

Na wstępie wykonano badania wpływu różnych chłodziw na opory skrawania. Próby te wykazały że zastosowanie pręta z otworem w środku zapobiega tarcia i zgniotowi materiału środkową częścią stożkowego czoła wiertła. Dziewięć różnych chłodziw z wodą włącznie nie wykazało żadnego wpływu na opory skrawania. Na tej podstawie można stwierdzić, że skrawanie przy zanurzeniu w wodzie nie ma żadnego wpływu na opory skrawania.

Dalsze badania.

Przy pomocy kalorymetrów przedstawionych na rys. 2 i 3 wykonano po 300 doświadczeń każdym.

Najbardziej godnym podkreślenia w odniesieniu do tych doświadczeń była możliwość powtarzania ich na dowolnej próbce pobranej z tego samego pręta i otrzymania jednakowych wyników w bardzo wąskich granicach błędów. Dla ogólnych celów układ podany na rys. 3 okazał się lepszym, gdyż był sztywniejszy.

Metoda kalorymetryczna badań może być zastosowana również i do innych obrabiarek. W większości wypadków próbka będzie umieszczona w naczyniu wypełnionym określoną ilością wody destylowanej lub innej cieczy o znanym cieple właściwym. Narzędzie i próbka pozostają pod wodą w czasie próby; pomiar obejmuje wzrost temperatury wody spowodowany obróbką skrawania lub plastyczną w określonym czasie. Przed obliczeniem ostatecznych wyników należy obliczyć poprawki na promieniowanie, przewodnictwo i przenoszenie ciepła, oraz równoważnik wodny naczynia, próbki, narzędzia, oprawki i termometru. Ażeby zmniejszyć wpływ temperatury otoczenia woda i urządzenie powinny posiadać temperaturę otoczenia przed rozpoczęciem doświadczenia. W ten sposób można badać zapotrzebowanie mocy dla skrawania i kształtowania różnych materiałów i wpływ narzędzi na zużycie mocy i gładkość powierzchni przez wprowadzanie zmian w kształcie i materiale ostrza. W wypadkach gdzie mieszanie wskutek ruchu narzędzia lub przedmiotu nie jest wystarczające, należy zastosować mieszadło tak aby

temperatury odczytywane przedstawiały średnią temperaturę wody.

Metodę kalorymetryczną zastosował A. G. Szmidt (21). Próbkę były skrawane na sucho i mierzono tylko ciepło zawarte w wiórach.

Używając różnych rodzajów chłodziw, olejów i emulsji w miejsce wody destylowanej można również zbadać skuteczność chłodzenia i zużycie mocy.

Wnioski.

1. Porównanie zużycia mocy obliczonego z oporów skręcających i osiowych ze zużyciem obliczonym z wytworzonego ciepła podczas skrawania wykazuje że metoda kalorymetryczna daje wyniki porównywalne do otrzymanych przy pomocy prawidłowo cechowanego kalorymetru.
2. Metoda kalorymetryczna jest prostsza niż inne metody używane do pomiaru oporów skrawania, jak np. dynamometryczne, a czułość jej pozwala na dokładne określenie małych różnic, które zachodzą w obrabialności różnych stopów magnezu, w krótkim czasie i przy zużyciu małych ilości materiału.
3. W próbach kalorymetrycznych oporów skrawania materiałów wymagających dużych sił skrawania ilość materiału może wynosić połowę lub czwartą część użytej ilości stopu magnezu. Wzrost temperatury osiągnięty w tych warunkach pozwoli na otrzymanie wyników dokładności tego samego rzędu.

S. S.

LITERATURA:

1. O. W. Boston — „Machinability of Metals“, Trans. Am. Soc. for Steel Treating vol. 13. 1928 pp. 49, 50.
2. O. W. Boston — „Methods of tests for determining the Machinability of Metals in General, with Results“, Trans. Am. Soc. for Steel Treating, vol. 16, 1930 pp. 650 — 710.
3. A. Kessner — „A Method for determining the Resistance of Metals to drilling and its Application to the Investigation of the Machinability of Metals“, Testing, Apr. 1924, pp. 270, 245.
4. A. S. Kessford — „A laboratory Test for Machinability“, Metal Progress vol. 39, 1941, pp. 354 and 356. Abstracts Paper No 840 British Institute of Metals 1930.
5. O. W. Boston — „Metal Processing“, John Wiley and Sons Inc. New York, N. Y. 1941, p. 218.
6. E. G. Herbert — „Work Hardening Properties of Metals“, Trans. A. S. M. E. vol. 48, pp. 703 — 748.
7. J. Sorenson and W. Gates — „Machinability of Steels“, Product Engineering, vol. 16, 1939, pp. 12 — 14.
8. O. W. Boston and W. W. Gilbert — „Cutting Temperatures developed by single-point Turning-Tools“, Trans. A. S. M. E. vol. 23, 1935, pp. 703 — 708.
9. E. G. Herbert — „The Measurement of cutting Temperatures“, Proc. Inst. Mech. Engineers, 1926, pp. 280 — 320.
10. K. Gottwein — „Die Schneidetemperatur beim Drehen in Abhängigkeit von der Form des Spanquerschnittes“, Maschinenbau vol. 8, 1926.
11. F. Schwerd — „Über die Bestimmung des Temperaturfeldes beim Spanablauf“, Z. d. VDI, vol. 27, 1933, pp. 211 — 218.

12. *H. Ernst* — „Physics of Metal Cutting“, publ. by Am. Soc. for Metals in Machining of Metals, Cleveland, 1938, pp. 1 — 34.
13. *B. Rumford* — „Essays Political, Economical, Philosophical“, 1-st American Ed. David West, Boston, 1780.
14. *J. P. Joule* — „On the Mechanical Equivalent of Heat“, Philosophical Trans. of the Royal Society of London, 1830, pp. 41 — 60.
15. *A. Favre* — „Recherches sur l'Equivalent mécanique de la chaleur“, Compte Rendues de l'Académie des Sciences, Paris, vol. 46, 1858, pp. 337 — 340.
16. *O. A. Hirs* — „Théorie mécanique de la chaleur“, 3-rd Ed. Gauthier-Villiers, Paris, vol. 1, 1874, pp. 91 — 148.
17. *H. O. Brackenburg* and *G. M. Meyer*. — „The heat in the Process of cutting Metals“, Engineering, vol. 91, 1911, pp. 29 — 40.
18. *H. Friedrich*, — „Die Wärmevergänge beim Spanabscheiden mit vorteilhaften Schnittgeschwindigkeiten“, z. d. VDI. vol. 38, 1914, pp. 379 — 383, 417 — 422 und 414 — 459.
19. *N. N. Sawwin* — „Die Kühlung des Werkzeuges“, D'inglers Polyt. Journal, 1912, pp. 83 — 90, 93 — 105, 121 — 125.
20. *A. G. Schmidt, W. W. Gilbert* and *O. W. Boston*, — „Correlation of Coefficient of Friction with Drilling Torque and Thrust for different Types of cutting Fluids“, Trans. A. S. M. E. vol. 64, 1942, pp. 704—709.
21. *A. O. Schmidt*, — „Determining Tool Forces in High-Speed Milling by Thermoanalysis“, Mechanical Engineering vol. 66, July, 1944, pp. 439 — 442.
22. *E. G. Herbert*, — Ltd, Manchester, England, „Tool Steel Testing Machines“, catalogue sheet F., June 1914.

Zagadnienia jakości produkcji

Inż.-mech. PAWEŁ MERLEND

Pojęcie jakości. Określenie jakości serii wyrobów. Braki produkcji i ich klasyfikacja. Braki techniczne i ekonomiczne. Klasyfikacja braków technicznych. Warunki techniczne i odbiorcze. Normy fabryczne i normy ogólne. Instrukcja opracowywania warunków technicznych.

Pojęcie jakości.

Pojęcie *jakość* dotyczy wszystkich wytworów bez względu na to w jakim stadium wytwarzania znajdują się. *Jakość* należy rozumieć jako całość cech, lub właściwości przedmiotu, określających jego przydatność do wyznaczonego celu oraz wielkość nakładów produkcyjnych, potrzebnych do uzyskania tej przydatności.

Takimi właściwościami mogą być: wymiary, kolor, twardość, sprężystość, wykończenie, dogodność w użyciu, długootrwałość itp. Dla jakiegokolwiek przedmiotu, nawet najmniej skomplikowanego trudno wyszczególnić wszystkie właściwości warunkujące jego jakość. Wnosi to co prawda dla niefachowca pewną nieokreśloność w pojęciach o jakości, jeżeli jednak ująć zasadnicze i charakterystyczne właściwości przedmiotu i wziąć pod uwagę przyjęte naogół w technice warunki, to pojęcie o jakości staje się ściśle i jednakowe dla każdego, kto bierze udział w wykonaniu, lub korzysta z danego wytworu.

Podkreślić należy jeszcze drugą część pojęcia jakości, tj. wielkość nakładów produkcyjnych. Ta ostatnia jest w większości wypadków niedostatecznie uwzględniona przez niedoświadczonych fachowców. Istnieje naogół mniemanie, że im dokładniej jest wykonana część, tym jest lepsza. Terminu „dobry“ nie należy jednak traktować jednostronnie, albowiem przedmiot jest tylko wtedy rzeczywiście dobry, kiedy poza swoimi cechami określającymi jego przydatność, jest łatwy do wykonania i dostępny dla nabywcy.

Określenie jakości serii wyrobów.

W przedsiębiorstwie współczesnym przy określe- niu jakości prawie zawsze należy mówić nie o jed-

nym przedmiocie, a o większej ilości jednakowych przedmiotów powtarzających się w produkcji, czyli tworzących serię, która z punktu widzenia przydatności do przeznaczonego celu, może być porównana z serią innych przedmiotów tego rodzaju, służących do tego samego celu.

Dlatego też w przedsiębiorstwie o produkcji seryjnej definicja ujęta w poprzednim punkcie jest niepełna i winna być uzupełniona.

W produkcji seryjnej jakość określa się dwoma warunkami:

1) Stopniem przydatności każdego przedmiotu wchodzącego w skład danej serii.

2) Stopniem jednolitości wszystkich przedmiotów wchodzących w skład serii.

Tak więc jednolita seria jednakowych przedmiotów z których każdy w jednakowy sposób odpowiada stawianym mu wymaganiom jest serią o wysokiej jakości i zakład produkujący takie przedmioty z punktu widzenia jakości swojej produkcji działa sprawnie. Z drugiej strony niejednolita seria prawie jednakowych wyrobów będzie miała wyroby mniej lub więcej wysokiej jakości. Taka seria wzięta w całości, powinna być zakwalifikowana jako seria o niskiej jakości, a zakład, wypuszczający niejednolitą produkcję, jako wywiązujący się źle pod względem jakości.

Przykłady: Jeżeli oddział automatów otrzyma zlecenie na wykonanie śrub 2-giej klasy dokładności, a wskutek niejednakowych urządzeń i różnej staranności pracy, część śrub będzie wykonana według 1-szej klasy, część według 2-giej, a część według 3-ciej, to pomimo istnienia w serii części śrub 1-szej klasy należy ją zakwalifikować jako nieodpowiadającą jakościowo warunkom zlecenia.

Dokładne bowiem sprawdzenie całej serii jako „podejrzanej” i ponowne uruchomienie produkcji celem uzupełnienia brakujących śrub 2-giej klasy dokładności pociągnie za sobą dodatkowe wydatki. Jeżeli zaś zlecenie opiewało na śruby 3-ciej klasy dokładności, serię w całości należy zakwalifikować jako odpowiednią z punktu widzenia wymaganej jakości. W wypadku jednak, jeżeli w takiej serii znajdują się śruby 1-szej i 2-giej klasy dokładności, nie powinno to być przyczyną do zabrakowania całej serii, ale wobec tego, że koszt wykonania śrub 1-ej klasy dokładności i 2-giej klasy dokładności jest o wiele wyższy niż 3-ej, zjawisko takie należy zakwalifikować jako niepożądane z punktu widzenia ekonomicznego.

Rysunek 1 ilustruje (według B. Bałakrzyca) procent powstających braków w zależności od wymaganej wielkości tolerancji. Jak widać z wykresu zależność ta wyraża się hiperbolą o trzech charakterystycznych odcinkach.

Odcinek *ab*, na przestrzeni którego zwężanie tolerancji słabo wpływa na podwyższenie ilości braków, odcinek *bc*, na przestrzeni którego stosunkowo niewielkie zwężenie tolerancji widocznie wpływa na podwyższenie ilości braków i odcinek *cd*, na przestrzeni którego przy minimalnym zwężeniu tolerancji ilość braków rośnie tak szybko, że wykonanie części o takich tolerancjach jest nie tylko nieopłacalnym ale i prawie niemożliwym.

Racjonalne ujęcie omówionych powyżej kwestii winno być odzwierciedlone w warunkach technicznych i instrukcjach odbiorczych, które są zasadniczą podstawą do wykonania produkcji odpowiadającej swemu przeznaczeniu i utrzymanej w korzystnych ramach ekonomicznych.

Braki w produkcji i ich klasyfikacja.

Z definicji o jakości wynika, że braki są pojęciem względnym. Względny o tyle, o ile odbiegają od konkretnie ustalonych warunków, wzorów, lub norm. Braki „idealne”, teoretyczne nie powinny być brane pod uwagę w przemyśle.

Ilość i charakter względnych braków powstających w produkcji przedsiębiorstwa, jest wskaźnikiem jego poziomu jako całości, tj. wskaźnikiem w jakim stopniu wszystkie warunki pracy są w nim prawidłowe.

Niewielki odsetek względnych braków jest nieunikniony. Dla każdego okresu czasu, w każdym oddziale przedsiębiorstwa odsetek tych braków powinien być ściśle określony na podstawie realnych warunków produkcyjnych i ewidencji braków.

Ten niewielki odsetek braków jest nie tylko nieunikniony, ale i konieczny, ponieważ jest on wskaźnikiem, że wymagania jakości produkcji zostały wybrane prawidłowo, t. zn. że wyroby w swojej masie wykonywane są nie lepiej i nie gorzej, niż tego wymaga realna potrzeba. Normalny odsetek braków jest poza tym jednym z dowodów prawidłowej pracy organów kontroli. Każdy wypadek wzrostu braków ponad ustalony przez doświadczenie normalny odsetek, powinien natychmiast zwrócić na siebie uwagę, kierownictwa i kontroli.

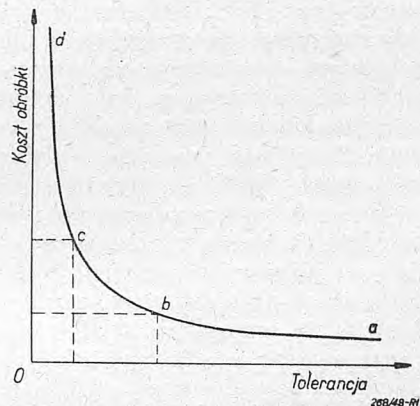
W prawidłowo funkcjonującym przedsiębiorstwie pojawienie się braków w ilościach przekracza-

jących normę może mieć tylko charakter przypadkowy.

Stale i uporczywie powtarzające się braki są zjawiskiem wysoce niepomyślnym.

Straty spowodowane przez stałe i ilościowo znaczne braki dzielą się na bezpośrednie i pośrednie.

Straty bezpośrednie — to koszt zepsutych wyrobów lub koszt ich naprawy. Pośrednie — to straty związane z obniżeniem tempa pracy przedsiębiorstwa, opóźnieniami, przestojami, skomplikowaniem i podrożeniem montażu, koniecznością posiadania „zapasów na wypadek braków” (martwy kapitał), straty związane z niedotrzymaniem terminów umowy, utrata odbiorców, zrażonych niską jakością wyrobów itd.



Rys. 1. Zależność procentu braków od tolerancji wykonania

Straty pośrednie (szczególnie w przedsiębiorstwie o produkcji masowej), wielokrotnie zazwyczaj przekraczają straty bezpośrednie.

Braki mogą być techniczne i ekonomiczne.

Braki techniczne to materiały, półfabrykaty, części gotowe lub zespoły nie odpowiadające wymaganiom ustalonym przez warunki techniczne.

Braki ekonomiczne, to materiały, półfabrykaty, części gotowe lub zespoły wykonane zbyt drogo i niemożliwe do zbycia. Powodem tego mogą być: wadliwość produktu, wysokie koszty własne, zbyt wysokie warunki dotyczące jakości itp.

W niektórych wypadkach specjalnych zamówień braki techniczne i ekonomiczne mogą być przeciwstawne sobie w tym samym produkcie, np. aparat do specjalnych celów, z powodu częściowego niedotrzymania warunków technicznych, traci swoją wartość dla zamawiającego, lecz z powodu braku takich aparatów na rynku łatwo znajduje innych nabywców mniej wymagających.

Z powyżej omówionych odmian braków technicznych i ekonomicznych wynika, że w każdym wypadku należy umieć znaleźć granice, przy której wyrób będzie należytej jakości i ekonomicznie odpowiedni do sprzedaży. Zasadniczym i najtrudniejszym zadaniem kontroli jest nie surowe brakowanie, a znalezienie prawidłowej granicy oceny produkcji.

Klasyfikacja braków technicznych.

Braki w produkcji dzielą się na trzy zasadnicze grupy:

- a) braki ostateczne,
- b) braki do naprawy,

(c) usterki nie wymagające naprawy (braki gatunkowe).

Wyroby *ostateczne zabrakowane* mogą mieć następujące formy:

- a) wyroby nadające się wyłącznie na złom, to jest nie nadające się do naprawy i nie mogące więcej być zużyte do produkcji, np. pęknięty odlew, nie nadający się do spawania,
- b) wyroby nie nadające się dla danego zamówienia, tj. materiał lub wyrób, który na skutek odstępstwa od warunków technicznych nie może być naprawiony do wykorzystania w danym zamówieniu, natomiast może być zużyty w innym zamówieniu, bądź bezpośrednio, (np. zbyt krótka śruba), bądź, jako surowiec (np. oś o zmniejszonej średnicy).

Braki do naprawy są to materiały lub wyroby nie odpowiadające warunkom technicznym, które jednak mogą być poprawione do przeznaczonego celu bez niżenia ich jakości i zgodnie z warunkami technicznymi. Przykład: wadliwie wylane panewki korbowodu. Braki takie przynoszą bezpośrednie straty związane z kosztami powtórnego wylewania i straty pośrednie związane z czasem oraz zużyciem urządzeń do wykonania tej operacji. **Braki do naprawy wymagające dopasowania**, są to wyroby, które nie odpowiadają warunkom technicznym i nie mogą być naprawione według wymagań przez dodatkową operację. Wyroby te mogą być jednak zużyte dzięki dopasowaniu do nich innej części przy montażu, np. wał o mniejszej średnicy, do którego można dopasować tuleję. Braki takie powodują straty bezpośrednie, spowodowane dodatkowymi wydatkami na wykonanie nowej części (tulei) i jej dopasowanie. Straty pośrednie — jak już było wskazane. **Braki na skutek niewykończenia**, są to wyroby wymagające dodatkowej operacji, np. śruby wykonane bez rowka w główce. Takie braki nie powodują strat bezpośrednich, straty pośrednie to wstrzymanie tempa pracy i powtórne nastawienie obrabiarki.

Braki gatunkowe są to wyroby wadliwe, przepuszczone bez naprawy. Są to wyroby niższego gatunku, mające odstępstwo od normalnych wymagań, które mogą być naprawione, ale za cenę zbyt dużych wydatków, oddanie zaś ich na złom lub wykorzystanie na inne zamówienie jest nieopłacalne w porównaniu z możliwością częściowego używania wyrobu.

Przykład: nierówno wykonane nacięcia na pilnikach lub wadliwie zahartowana oś. Powyższe usterki pozwalają na korzystanie z wyrobu, jedynie długość jego nie będzie taka jakiej należałoby wymagać. Usterki te zniżają jakość wyrobu, a za tym i cena takich wyrobów musi być odpowiednio niższa, co pociąga za sobą straty ekonomiczne.

Warunki techniczne, instrukcje odbiorcze, normy.

Całokształt cech określających jakość jest bardzo różnorodny i szczególnie dla wyrobów skomplikowanych zależy od surowca, z którego one są wykonane, od procesów obróbki, od doświadczenia i kwalifikacji robotników, stanu urządzeń itd.

Dla ujęcia jakościowych wymagań w stosunku do pojedynczego wyrobu lub serii wyrobów należy

zestawić pisemnie wykaz tych wymagań. Ze względu jednak na wielką ilość i różnorodność cech określających jakość, nie sposób jest wyszczególnić je wszystkie i ogranicza się zazwyczaj do zasadniczych i charakterystycznych.

Pisemne zestawienie wymagań stawianych wyrobom nazywamy warunkami technicznymi i odbiorczymi. Przy zestawieniu warunków technicznych należy ściśle uwzględnić następujące czynniki:

- a) Wymagania stawiane wyrobom winny być ściśle sformułowane i w miarę możliwości wyrażane cyfrowo. Terminy „względnie“, „zachowanie dokładnych wymiarów“, „Metalowy“ itp. są niedopuszczalne; w wypadkach trudności w opisanu należy powołać się na konkretny wzór.
- b) Zbędne wymagania nie uwarunkowane użytecznością wyrobu nie powinny być zamieszczane w warunkach technicznych.
- c) Warunki techniczne nie powinny krępować procesów obróbki, jeżeli różne procesy mogą dać wyroby o tej samej jakości.
- d) W warunkach technicznych winny być uwzględnione możliwości produkcyjne danego zakładu.
- e) W warunkach technicznych powinny być ściśle ujęte charakter oraz metody prób i odbioru.

Dla przykładu podana jest na zakończenie instrukcja dla opracowania warunków technicznych i odbiorczych oraz wzór ramowy takich warunków.

W miarę ciągłego wykonywania w wielu przedsiębiorstwach jednakowych wyrobów według ustalonych warunków technicznych, nabiera się pewnego doświadczenia w wykonywaniu tych części i powstaje możliwość ustalenia norm fabrycznych.

Normy fabryczne są to uogólnione warunki techniczne dla określonych części wykonywanych w różnych zakładach przemysłowych według różnych zleceń w różnych okresach czasu.

Przy zestawieniu norm fabrycznych konieczne jest przestrzeganie w zasadzie tychże wymagań co dla warunków technicznych z koniecznością uwzględnienia następujących czynników:

- a) wymiary i gatunki surowców wchodzących powinny być ograniczone do możliwie najmniejszej i najdogodniejszej ilości. Jest to niezbędne dla łatwego uzyskania tych materiałów i uniknięcia omyłek w ich użyciu, dla uproszczenia narzędzi i pomocy fabrykacyjnych, ułatwienia i dogodności magazynowania oraz zniżenia zapasów,
- b) wymiary i konstrukcje półfabrykatów winny być również ujednostajnione, celem łatwiejszego zastosowania wymienności, uproszczenia narzędzi i pomocy fabrykacyjnych i tym samym do sprowadzenia do minimum braków i wadliwości,
- c) wymiary i konstrukcja wyrobów gotowych winny być w miarę możliwości najbardziej ujednostajnione; ilość typów (modeli) najmniejsza. Powyższe warunki niezbędne są zarówno dla przedsiębiorstwa jak i konsumenta, ponieważ jednolitość modeli upraszcza wykonanie i użytkowanie.

Między zakładami przemysłowymi istnieje ścisła więź polegająca na tym, że produkcja gotowa jednego zakładu służy jako surowiec lub półfabrykat dla drugiego. Tak np. stal wyprodukowana przez hutę jest surowcem dla zakładów przemysłu metalowego. Sruby, nakrętki, farby, lakiery itp. wykonane w jednych zakładach służą jako materiały produkcyjne dla innych zakładów.

Z tych przyczyn na najbardziej rozpowszechnione materiały ustala się ogólnokrajowe względnie międzynarodowe normy, które w jednakowym stopniu winny odpowiadać producentom i odbiorcom. Przy zestawieniu norm krajowych lub międzynarodowych obowiązują te same wymagania co dla norm fabrycznych, lecz w jeszcze bardziej ścisłym zakresie.

Wobec tego, że opracowanie znormalizowanej produkcji wymaga głębokich studiów i często napotyka na poważne trudności, w Polsce została stworzona specjalna instytucja PKN (Polski Komitet Normalizacyjny), zadaniem którego jest ustalenie norm obowiązujących cały polski przemysł.

Warunki techniczne, instrukcje odbiorcze i normy są to pojęcia pokrewne. Warunki techniczne znajdują zastosowanie do wyrobu wychodzącego na zewnątrz, instrukcje odbiorcze do wyrobów podlegających dalszemu procesowi produkcyjnemu wewnątrz fabryki. Normy fabryczne uogólniają stawiane wymagania dla kilku zakładów przemysłowych. Normy państwowe i międzynarodowe jeszcze bardziej uogólniają wymagania dla różnych gałęzi przemysłu w skali krajowej lub międzynarodowej.

Normalizacja ze względu na swój charakter wymienia tylko zasadnicze cechy, jakie powinien mieć wyrób i najczęściej dotyczy jego formy geometrycznej i wymiarów, dlatego też nawet znormalizowana produkcja może być jakościowa nieodpowiednia.

Przykład: znormalizowany gwint metryczny powinien mieć w/g normy określone: profil, wymiar średnicy podziałowej, skok, a prócz tego (co nie jest ujęte normą) pełność profilu, gładkość powierzchni nacięcia, równoległość nacięcia itp. Z powyższego wynika, że gwint znormalizowany może być wysokiej i niskiej jakości, a gwint wysokiej lub niskiej jakości może odpowiadać różnym normom: metrycznej, calowej, Whitworth'a itd.

Normalizacja i jakość są to zatem dwa różne pojęcia. Niemożność wyszczególnienia wszystkich cech wyrobu i pewna trudność w określeniu jakości oraz ogromna ilość i różnorodność produkcji nie pozwala na określenie ścisłej granicy dobrej jakości. Zdaniem dwóch jednakowo doświadczonych fachowców ten sam produkt może być dobry i zły.

W wielu wypadkach mogą być dane tylko ogólne wskazówki. W zasadzie granicę jakości określa prawo ekonomii gospodarczej. „Jakość nie powinna być wyższa niż tego wymaga użyteczność wyrobu, ponieważ zbędne podwyższenie poziomu jakości pociąga za sobą niepotrzebne koszty”.

Powyższe określenie powinno służyć za wytyczną przy wyrażeniu sądu o wyrobie. Granicę wysokiej jakości określa się przez połączenie dwóch tendencji: wymagań konsumenta i realnych warunków przedsiębiorstwa. Jak już było wskazane, warunki

techniczne i odbiorcze oraz normy są podstawą dla sądu o jakości.

Zazwyczaj te cechy, które są wyszczególnione w warunkach nie następczą trudności i nie wywołują różnicy zdań, często natomiast powstają sprzeczności w kwestiach nie grających decydującej roli w działaniu wyrobu (wygląd zewnętrzny, piękno formy, czystość wykończenia itp.). Takie kwestie zostają najczęściej rozstrzygnięte, zgodnie z tradycjami przedsiębiorstwa, które albo dąży przede wszystkim do uzyskania doraźnych korzyści, albo też stara się zachować swoją wysoką markę i opinię i przez to dąży do swego rozkwitu.

Ogólna instrukcja dla opracowania warunków technicznych i odbiorczych.

1. Warunki techniczne mają za zadanie na podstawie charakteru działania przedmiotu lub jego przeznaczenia określić stawiane jemu wymagania. Celem dokładnego ujęcia cech charakterystycznych przedmiotu wskazanym jest wyszczególnić metody prób i działań, jakie należy przeprowadzić w toku fabrykacji lub przy odbiorze.
2. Wyroby będące przedmiotem sprzedaży lub zakupu (surowiec, materiały pomocnicze, wyroby gotowe, podzespoły, zespoły, mechanizmy itp.) winny być ujęte warunkami technicznymi.
3. Wyroby nie będące przedmiotem sprzedaży (np. części montowane w tym samym zakładzie) winny być ujęte tylko instrukcjami odbiorczymi.
4. W warunkach technicznych i instrukcjach odbiorczych należy posługiwać się i jak najszerszej stosować istniejące normy PN.
5. Warunki techniczne i odbiorcze winny być wykonane na arkuszach formatu A-4.
6. Warunki techniczne mogą być zmienione tylko przez tę instancję, która je zatwierdziła.

Wzór układu warunków technicznych i odbiorczych.

1. Przedmiot warunków.
Określenie przedmiotu, jego roli, i ew. miejsce, które zajmuje w zespole.
2. Ogólne wymagania techniczne.
 - 2.1. Wyszczególnienie części, z których składa się przedmiot z podaniem numeru rysunku.
 - 2.2. Wyszczególnienie każdej części i wskazanie materiału, z którego jest ona wykonana z uwzględnieniem wytrzymałościowej lub innej charakterystyki materiału.
 - 2.3. Opisanie najbardziej zasadniczych wymagań montażowych.
 - 2.4. Opisanie wyglądu, wykończenia zewnętrznego względnie warstwy ochronnej.
3. Szczegółowe wymagania techniczne.
 - 3.1. Zachowanie tolerancji.
 - 3.2. Liczbowe określenie właściwości warstwy ochronnej.
 - 3.3. Szczegółowe opisanie wymagań dla wszystkich części (centryczność, obróbka mechaniczna, obróbka termiczna, twardość itp.).
4. Warunki odbiorcze.
 - 4.1. Pobieranie prób.
 - 4.1.1. % przedstawionych do odbioru części podlegający oględzinom zewnętrznym.

- 4.1.2. % przedstawionych do odbioru części podlegających kontroli wymiarów.
- 4.1.3. % przedstawionych do odbioru części podlegających kontroli warstwy ochronnej.
- 4.1.4. % przedstawionych do odbioru części podlegających kontroli obróbki cieplnej.
- 4.1.5. Określenie % ponownej próby w wypadku wykrycia braku w ilości przewidzianej pod 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4.
- 4.1.6. Warunki odrzucenia.
- 4.2. Badania i próby.
Opisanie sposobów sprawdzania poszczególnych części według 3 na każdą część przedmiotu oddzielnie.
5. Cechowanie.
 - 5.1. Opisanie cechy oraz sposobu cechowania i miejsca na cechę.
 - 5.2. Wyszczególnienie części podlegających odcchowaniu.
6. Warunki odbioru i dostawy.
 - 6.1. Wyznaczenie miejsca odbioru.
 - 6.2. Ustalenie kto ponosi koszty odbioru pierwszego i ewentualnych ponownych odbiorów.
 - 6.3. Określenie terminu dostawy.
 - 6.4. Określenie minimum i maksimum wielkości przedstawionej partii.
 - 6.5. Opisanie formy protokołu zdawczo-odbiorczego.
7. Konserwowanie i opakowanie.
 - 7.1. Opisanie konserwacji w magazynach lądowych w drodze morskiej i sposobu sprawdzania jej.
 - 7.2. Opisanie opakowania oraz ewentualnych napisów na opakowaniu.
 - 7.3. Wymiary i waga opakowania wraz z zawartością.
 - 7.4. Zabezpieczenie przed naruszeniem (lakowanie, plombowanie).
 - 7.5. Szczególne wymagania, opakowania do eksportu.
8. Termin ważności.
Ustalenie terminu ważności warunków technicznych.

Jak rozwiązać sprawę produkcji kół zębatach

Inż.-mech. STANISŁAW KOŚLACZ

I. Stan obecny.

Koła zębata stanowią jeden z najważniejszych elementów maszyn. Od rodzaju i dokładności ich wykonania zależy w wysokim stopniu zużycie silników. Szczególnie należy zwrócić uwagę na koła pracujące przy dużych obrotach i dużych szybkościach obwodowych, gdzie drgania i hałas spowodowany niewłaściwym wykonaniem kół zębatach odgrywa dużą rolę, a jakiegokolwiek defekty w ząbieniach powodują uszkodzenie, a nawet zniszczenie maszyny.

W tych warunkach koła zębata, a w szczególności precyzyjne, wymagają specjalnej staranności wykonania oraz umiejętności teoretycznego rozwiązania prawidłowości ząbienia.

W dzisiejszych warunkach nie wszystko wykonaliśmy w tej dziedzinie, żeby osiągnąć maksymalną wydajność posiadanych maszyn i urządzeń oraz zapewnić jak najlepszą jakość ząbienia.

Rozpatrzmy jak się przedstawia stan dzisiejszy.

Każda z fabryk, a szczególnie z większych fabryk, której są potrzebne koła zębata stara się zdobyć jak najwięcej obrabiarek do wyrobu ząbienia. Ze względu na to, że serie produkowane przez poszczególne wytwórnie są małe, obrabiarki są w większości wypadków niewykorzystane. Sprawozdania składane do władz nadrzędnych o ruchu obrabiarek przewidują tylko stwierdzenie, czy dana obrabiarka była czynna w okresie sprawozdawczym, natomiast jej wydajność ginie w sprawozdawczości ogólnej zakładu i nie jest sprawdzana.

W ten sposób w jednych wytwórniach cenne maszyny są wykorzystane w bardzo małym stopniu, w drugich zaś są przeciążane i pracują na kilka zmian.

Drugą sprawą, na którą zbyt mało zwraca się uwagi, jest wyposażenie w narzędzia i przyrządy pomiarowe. W wypadku niedostatecznego obciążenia maszyn mamy wielki kapitał unieruchomiony i nie-

amortyzujący się. Chodzi tu zwłaszcza o narzędzia specjalne, które są czasem używane zaledwie kilka razy w ciągu roku.

Wielki koszt normalnego wyposażenia, chociażby tylko np. we frezy modułowe, sprawia, że przy wykonywaniu pewnych ząbienia powstają trudności opóźniające ich wykonanie. Należy czekać na wykonanie nowego narzędzia, lub oddać koła do wykonania innej wytwórni.

W dodatku sprawa odpowiedniego wykonania ząbienia jest związana z doborem specjalistów w tej dziedzinie, których brak daje się bardzo odczuwać.

II. Centralna Wytwórnia kół zębatach.

Chwilowe i doraźne środki w rodzaju przerzucania maszyn na więcej zagrożone odcinki dla usunięcia wąskich przejść, jak również tworzenie ekipy inżynierów-specjalistów nie rozwiązuje zagadnienia.

Podobna sprawa była poruszana na zjeździe lotniczym we Francji w kwietniu bieżącego roku, gdzie wysunięto koncepcję stworzenia specjalnych fabryk kół zębatach. Zdaniem wnioskodawców zorganizowanie takich wytwórni zwiększyłoby przepustowość i podniosłoby jakość kół zębatach.

Stworzenie takich Centralnych Wytwórni Ząbienia jest zgodne z nowoczesnymi pojęciami. Łożysk kulkowych używa cały szereg wytwórni, nie kuszając się o ich wytwarzanie. Tak samo ząbienia nie można wykonać na obrabiarkach uniwersalnych, lecz należy użyć drogich, a niekiedy rzadkich specjalnych obrabiarek. Zresztą prawie żadna z fabryk nie wykonuje odkuwek, nie będzie więc trudności, o ile zamiast odkucia otrzyma całkowicie wykonane koło zębata.

Centralna Wytwórnia zgromadzi różnorodne i często w małych seriach skierowane zapotrzebowania poszczególnych fabryk i stanie się wytwórnią o produkcji masowej, a w każdym bądź razie seryjnej. Zalety podobnego rozwiązania są duże:

- a) Zwiększenie wykorzystania maszyn. Obrabiarki mogą być przeciążone, natomiast nie będzie im grozić niewykorzystanie, bo nawet dla najrzadziej używanych maszyn znajdzie się dość roboty. Zwiększy to znakomicie przepustowość produkcyjną w skali ogólnokrajowej.
- b) Centralna Wytwórnia będzie w stanie zaopatrzyć się w kompletne wyposażenie, w narzędzia i przyrządy kontrolne, tak normalne jak i specjalne, których wykorzystanie, a zatem i amortyzacja wobec różnorodności produkcji będzie zapewniona.
- c) Centralna Wytwórnia daleko lepiej może przeprowadzać obróbkę cieplną kół zębatych, gdyż oplaca się zainstalować tu najnowocześniejsze urządzenia. Poza tym istnieje możliwość stosowania niektórych specjalnych metod, np. hartowania powierzchniowego zębów, które dotychczas nie jest u nas stosowane ze względu na duży koszt urządzenia nie amortyzujący się przy małych seriach.
- d) Poinformowanie Biur Studiów o wyposażeniu w maszyny i narzędzia doprowadzi w wielu wypadkach do dostosowania konstrukcji do istniejących urządzeń. Będzie to rodzaj normalizacji.
- e) W wytwórni można będzie zgrupować specjalistów w dziedzinie produkcji kół zębatych.
- Technika wykonywania ząbów posunie się wybitnie naprzód, bo specjaliści będą mogli całkowicie poświęcić swój czas zagadnieniom tak teoretycznym jak i praktycznym konstrukcji wykonywania kół zębatych, w przeciwieństwie do stanu dzisiejszego, kiedy wytwarzanie kół zębatych stanowi tylko mały odcinek zagadnień produkcyjnych.
- Wadą systemu centralnego jest to, że zakład o produkcji seryjnej musi wprowadzić odpowiedni regim pracy, przez co staje się nieco sztywny. Szczególnie jest to groźne przy budowie prototypów, gdzie szybkie i terminowe wykonanie jest bezwzględnym warunkiem postępu. Sprawę tę można rozwiązać, wyłączając kilka obrabiarek do produkcji indywidualnej. Stworzy się w ten sposób rodzaj studium lub też rodzaj narzędziowni obok normalnego warsztatu produkcji seryjnej.
- Także centralne fabryki muszą być oddzielone od zwykłych fabryk produkcyjnych. Musiałyby one stanowić jednostki autonomiczne, podległe bezpośrednio Centralnemu Zarządowi.

O zasadach numeracji rysunków w Biurach Konstrukcyjnych

Inż.-mech. STANISŁAW PIETKIEWICZ

Zagadnienie konieczności ustalenia ogólnych zasad numeracji rysunków w Biurach Konstrukcyjnych. Warunki wymagane od zasady numeracji rysunków. Oznaczenie Biura Konstrukcyjnego. Związanie numeru rysunków z obiektem. Numeracja zespołów i podzespołów. Systematyka oznaczeń całych konstrukcji. Związanie numeru rysunków z formatem. Symbole specjalnych pomocy fabrykacyjnych. Oznaczenie gotowych wyrobów. Wnioski końcowe i wzór tabliczki rysunkowej.

1. Uwagi wstępne.

Jako jedna z pierwszych spraw powstających przy centralizacji Biur Konstrukcyjnych jest sprawa numeracji rysunków.

Niezorganizowane tworzenie się szeregu Biur Konstrukcyjnych, które zmuszone były potrzebami kraju do natychmiastowego zaopatrywania w rysunki czy to jednostki odbudowujące lub przygotowujące uruchomienie produkcji, czy to jednostki rozpoczynające tą produkcję, stało się powodem tego, że każde biuro rozwiązało sprawę numeracji rysunków i organizacji archiwum na swój sposób.

Obecnie, przy łączeniu biur mniejszych w Biura Centralne lub ich oddziały, powstać muszą trudności przy łączeniu archiwów i ustaleniu zasad numeracji rysunków.

Powstaje więc konieczność stworzenia ogólnych zasad numeracji, któreby na przyszłość zapobiegły tego rodzaju trudnościom. Dotychczasowy dorobek konstrukcyjny biur do czasu wprowadzenia w życie nowych zasad pozostałby na razie bez zmian, a po pewnym czasie materiał aktualny uległby przenieśmowaniu. Niewątpliwie przenieśmowanie takie będzie bardzo kłopotliwe, ale wobec obecnej dowolności i różnorodności zasad numeracji nie wydaje się, by można go było uniknąć — lepiej więc nawet

opóźnić je, ale dokonać raz jeden, po dokładnym i wyczerpującym opracowaniu nowych, wspólnych zasad.

Należy wziąć tu też pod uwagę, że bardzo marna kalka, a właściwie szkicówka, na jakiej wykonywane są obecnie oryginały rysunków, oraz brak taśmy do oklejania ich brzegów zmusi w ciągu paru lat do przekopiowania rysunków, a wtedy stosunkowo najłatwiej będzie dokonać ich przenieśmowania.

Zasady numerowania będą się musiały różnić od siebie w zależności od tego, czy Biuro Konstrukcyjne opracowuje:

- konstrukcję produktu wytwarzanego masowo lub seryjnie,
- konstrukcję produktu wytwarzanego pojedynczo,
- konstrukcję pomocy fabrykacyjnych specjalnych,
- konstrukcję urządzeń i instalacji produkcyjnych,
- projekt budowy nowych zakładów lub rozbudowy starych.

Różnice wynikną z różnego stopnia ważności wymagań, jakie należy wziąć pod uwagę przy ustaleniu nowych zasad numeracji rysunków.

2. Warunki wymagane od zasady numeracji rysunków.

2.1. Uniemożliwienie powtórzenia numeru już nadanego jakimkolwiek rysunkowi w którymkolwiek z Biur Konstrukcyjnych wg zasad dotychczasowych.

2.2. Związek numeru z poszczególnym biurem konstrukcyjnym, by z jednej strony każde biuro miało swobodę ciągłej numeracji swych rysunków, a z drugiej — by sam numer w sposób jednoznaczny wskazywał biuro, gdzie został rysunek stworzony.

2.3. Związek numeru rysunku, części nieznormalizowanej z obiektem, którego jest ona częścią składową.

2.4. Zapewnienie możliwości korzystania z dorobku posiadanego w archiwum przez łatwość znalezienia odpowiednich już opracowanych fragmentów konstrukcyjnych i zastosowania ich w konstrukcjach nowych bez zmian lub ze zmianami łatwymi do opracowania.

2.5. Związek numeru rysunku z jego formatem, dla ułatwienia przechowywania i znajdowania rysunków w szafach.

2.6. Zapewnienie łatwości wiązania symboli specjalnych pomocy fabrykacyjnych z produktem dla wykonania którego mają służyć.

2.7. Zapewnienie łatwości ułożenia i znalezienia wyrobów czy ich części we właściwym magazynie według ich numerów rysunków.

3. Omówienie warunków.

Spełnienie aż tylu warunków nie jest rzeczą łatwą i dlatego, dla każdego rodzaju opracowania konstrukcyjnego, a co za tym idzie, dla każdego rodzaju biura konstrukcyjnego koniecznym jest przeanalizowanie, które warunki są naprawdę istotne, a z których można zrezygnować, jeżeliby za tą cenę dało się osiągnąć uproszczenie numeracji.

Oczywiście zapewnienie jednoznaczności numeru rysunku jest warunkiem koniecznym. O stopniu ważności pozostałych warunków decydować winno to, kto, w jakim celu i jak często musi korzystać z numeru rysunku przy samym wytwarzaniu lub przy przygotowaniu wytwarzania, albo też w biurze konstrukcyjnym — przy wykorzystaniu rysunku dla nowych opracowań.

3.1. Warunek jednoznaczności numeru rozwiąże się prawdopodobnie sam przez się, przez włączenie do tego numeru członu oznaczającego biuro, w którym rysunek został wykonany, a więc biuro macierzyste. Oczywiście, gdyby na przeszkodzie wprowadzeniu najprostszego układu stanęło to, że w którymkolwiek z już istniejących biur zastosowano takie samo oznaczenie czy to rysunku, czy produktu lub jego części, to nie należy się cofnąć przed zmianą postaci oznaczenia w tym jednym biurze (a nawet paru biurach), na przykład przez mechaniczne dodanie do oznaczeń jakiejś litery.

3.2. Włączenie oznaczenia biura konstrukcyjnego do numeru rysunku można wykonać rozmaicie — np. pierwsze dwie lub trzy cyfry numeru mogą oznaczać numer danego biura, a dalsze dopiero właściwy numer rysunku w tym biurze. Wydaje się jednak, że najwygodniej byłoby oznaczyć każde biuro kombinacją tytułowych liter łacińskich —

zapewne dwóch, i znakiem tym poprzedzać właściwy numer rysunku w danym biurze. Odrzucając z alfabetu łacińskiego litery I — (podobna do jedynki i myli się z jot), O — (nie różni się od zera) oraz Q i V — (nie używane w alfabecie polskim, a mylą się z O lub W i U), otrzymuje się 22 litery dające ilość kombinacji po dwie 484.

3.3. Związek numeru rysunku części nieznormalizowanej z obiektem, którego jest ona częścią składową, jest naogół uznawane za pożądane. Jeszcze bardziej zasada ta jest przestrzegana w odniesieniu do rysunków zestawieniowych zespołów lub podzespołów.

3.3.1. Przykładem takiego wiązania numerów zespołów będących częściami jakiejś konstrukcji, posiadającej znak, który nazwijmy X może być taki system: Numery od X — 01 do X — 09 wraz z dziesiętnymi pochodnymi (a więc X — 011, X — 0111 itd.) zarezerwowane są dla schematów wszelkiego rodzaju. Rysunek zestawieniowy całej konstrukcji nosi numer X — 10, a jeżeli nie mieści się na jednym arkuszu, to X — 100, a dalsze X — 101, X — 102 itd. Rysunki zespołów głównych noszą numery X — 11, X — 12 itd., a rysunki podzespołów X — 111, X — 112 i dalej np. X — 1121 lub X — 11211 — aż do rozbicia na poszczególne detale.

System taki jest b. przejrzysty i specjalnie nadaje się w wypadkach, gdy opracowana konstrukcja stanowi zamkniętą w sobie całość nie posiadającą pokrewieństwa z innymi konstrukcjami, szczególnie w wypadku gdy komplet rysunków zostaje przekazany innej instytucji. Wyjęcie takiego kompletu rysunków nie pozostawia luki w numeracji rysunków pozostałych w archiwum. Właściwym więc będzie taki lub podobny system numeracji dla biur konstrukcyjnych opracowujących budowę nowych zakładów, lub rozbudowę starych, oraz konstrukcje urządzeń i instalacji produkcyjnych, szczególnie, gdy oryginały rysunków mają być przekazane zakładom, dla których były wykonywane. Również nadaje się dla biur opracowujących konstrukcję, która ma być wykonana jednorazowo w niewielkiej ilości egzemplarzy.

3.3.2. Jeśli chodzi o konstrukcję specjalnych pomocy fabrykacyjnych, to wymaga ona opracowania osobnych zasad numeracji.

3.3.3. System omawiany budzi zastrzeżenia jeżeli chodzi o konstrukcje produktów wytwarzanych masowo lub seryjnie, szczególnie gdy produkt wytwarzany jest w paru lub kilku odmianach, w których pewne zespoły powtarzają się bez zmian, lub gdy wytwarzane są różne produkty, w których poszczególne zespoły, lub podzespoły mogą jednak występować również bez zmian. W wypadku takim pewien zespół, czy podzespół, który przy pierwszym zaprojektowaniu otrzymałby numer np. X1 — 14 zachowałby ten sam znak również w konstrukcjach np. X2 i X3, które różnią się od

X1 powiedzmy wielkością oraz np. w konstrukcjach Y1, Y2 oraz Z1 i Z2, które są konstrukcjami odmiennymi, jednak posiadającymi ten sam zespół. Analogicznie istniałaby możliwość powstania konstrukcji U1 jeszcze odmiennej, w której zostałyby zastosowane zespoły X1—15, X2—15 oraz Y1—15. Oczywiście byłoby to bardzo niewygodne i mogłoby być powodem kosztownych i kłopotliwych pomyłek w produkcji. Sprawa jeszczeby się pogorszyła, gdyby np. konstrukcja X1 na skutek przeprowadzonej modernizacji została wycięta z produkcji, i tylko niektóre jej zespoły istniałyby nadal jako zespoły innych konstrukcji, z zachowaniem jednak numeru związanego z tą zarzuconą konstrukcją. Konstrukcja zmodernizowana nie mogłaby już oczywiście otrzymać znaku X1, pomimo że całkowicie by ją zastąpiła. Tego rodzaju wypadki, a nawet możliwości takich wypadków, narzuciłyby traktowanie numeru zespołu jako przywiązanego tylko do niego, a związku jego numeru ze znakiem konstrukcji przy której zespół ten powstał, tylko jako informacyjnego a nie istotnego.

Możliwość takiej sytuacji nasuwa koncepcję nadania zespołom i podzespołom numerów nie związanych z numerem konstrukcji w której zostały zastosowane poraz pierwszy.

3.4. Numeracja zespołów i podzespołów nie związana z wyrobem, którego są one częścią składową, wiąże się bezpośrednio z zapewnieniem konstruktorom łatwości wykorzystania dorobku biura, do nowych konstrukcji.

Łatwość ta ma duże znaczenie we wszystkich rodzajach biur konstrukcyjnych, ale szczególnie ważną jest w biurach obsługujących produkcję masową i seryjną a także i jednostkową, szczególnie jeżeli pomiędzy konstrukcjami i ich częściami produkowanymi jednostkowo zachodzi jednak pokrewieństwo (np. suwnice fabryczne).

W ogromnej większości wypadków wykorzystanie fragmentów opracowanych konstrukcji do konstrukcji nowych opiera się na pamięci kierownika czy konstruktora, przez co możliwości wykorzystania tego są ogromnie ograniczone, gdyż z jednej strony w grę mogą wchodzić tylko konstrukcje z którymi osoba pamiętająca miała do czynienia, a z drugiej — te, o których ta osoba nie zapomniała. Oczywiście, że w centralnym biurze konstrukcyjnym możliwości te są bardzo niewystarczające.

Musi być dana każdemu konstruktorowi, nawet nowemu, możliwość łatwego wykorzystania rysunków opracowanych poprzednio przez którąkolwiek grupę konstrukcyjną. Możliwość ta nie powinna się umniejszać z biegiem lat, gdy skład personalny biura się zmieni. Oczywiście, że szperanie po masie rysunków spoczywających w archiwum czy po ich odbitkach, może dać rezultat tylko przypadkowo. Opracowanie systematyki oznaczeń zespołów i podzespołów montażowych według ich charakteru — a nie zastosowania, da możliwość sporządzania albumów odbitek rysunków zestawieniowych tych ze-

spółów i podzespołów i stałego ich uzupełniania. Poszukiwania konstruktora sprowadziłyby się do znalezienia w systematyce zespołów charakterystycznego członu znaku zespołu i do przejrzania odpowiedniego albumu rysunków zestawieniowych.

Jeżeli zespoły (i podzespoły) konstruowane w danym biurze podzielić tylko na 30 grup, i jeżeli przyjąć średnią ilość 17-u detali w zespole, to szczegółowe przeszukanie całego archiwum sprowadza się do przejrzania jednej pięćsetnej całej ilości rysunków, a więc przy archiwum posiadającym np. 20000 rysunków — tylko do przejrzania przeciętnie 40-u rysunków zestawieniowych, i to ułożonych i przygotowanych w jednym z 30-u albumów.

3.4.1. Jako przykład takiej systematyki zespołów podaję ich systematykę dla elektrycznych aparatów silnoprządowych niskiego napięcia. Pierwsze trzy cyfry, a w pewnych wypadkach — pierwsze cztery — są członem charakterystycznym grupy zespołów.

Obecnie oznaczenie zespołu jest sześciocyfrowe — po wyczerpaniu tego zakresu zostanie rozbudowane na siedmiocyfrowe. Systematyka ta jest przygotowana do rozbudowania na wszystkie zespoły i podzespoły wszystkich konstrukcji aparatów elektrycznych wszystkich rodzajów, z zachowaniem na przyszłość możliwości conajmniej potrojenia grup zespołów w układzie sześciocyfrowym.

200 — Schematy

200000—200699 — aparatów prądu

zmennego,

200700—200899 — aparatów prądu

stałego,

200900—200999 — aparatów specjalnych,

201 — Rezerwa

202 — Podstawy i obudowy

202000—202499 — aparaty łącznikowe,

202500—202799 — aparaty rozruchowe,

202800—202999 — aparaty innej silnoprządowej.

203 — Napędy

203000—203399 — ręczne,

203400—203899 — samoczynne,

203900—203999 — specjalne.

204 — Wały i wrzeciona

204000—204499 — aparaty łącznikowe,

204500—204799 — aparaty rozruchowe,

204800—204999 — aparaty innej silnoprządowej.

205 — Sprzęgła i zamki

206 — Szyny i przewody

207 — Słutki

207000—207399 — główne,

207400—207899 — pomocnicze,

207900—207999 — specjalne.

208 — Zaciski

209 — Tabliczki zaciskowe

210 — Wylączniki i przełączniki pomocnicze

211 — Iskierniki

- 212 — Cewki gasikowe
- 213 — Komory gasikowe
- 214 — Wyzwalacze
 - 214000—214499 — nadmiarowe,
 - 214500—214799 — zanikowe,
 - 214800—214999 — inne.
- 215 — Rezerwa
- 216 — Elektromagnesy
- 217 — Transformatory
 - 217000—217399 — prądowe,
 - 217400—217699 — napięciowe,
 - 217700—217899 — mocy do 1000 VA,
 - 217900—217999 — inne.
- 218 — Rezerwa
- 219 — Sygnalizacja
- 220 — Zespoły specjalne
 - 220000—220099 — opory,
 - 220100—220199 — izolatory,
 - 220200—220299 — amortyzatory i sprężyny,
 dalsza systematyka zespołów zostanie rozpracowana w miarę potrzeby.

Połączenie takiego numeru, a raczej znaku zespołu, czy podzespołu ze znakiem biura konstrukcyjnego dałoby jednoznaczne dla całego kraju oznaczenie zespołu, które nie może się powtórzyć.

- 3.4.2. Analogicznie do oznaczeń zespołów wyłania się sprawa systematyki oznaczeń całych konstrukcji: a więc maszyn, aparatów czy urządzeń. Podstawa do stworzenia tej systematyki już istnieje — jest nią „Wykaz Statystyczny Wyrobów“ Głównego Urzędu Statystycznego. Jeżeli ta podstawa jest w pewnych wypadkach niewystarczająca, to niewątpliwie można ją — oczywiście w porozumieniu z GUS — rozbudować lub zmodyfikować. Zachowując ilość znaków objętych Wykazem do kompetencji GUS wydaje się możliwe i dopuszczalne rozbudować systematykę przez dodanie dalszych znaków, aż do ścisłego oznaczenia poszczególnego wyrobu. Rozwiązanie takie będzie miało jako uboczną korzyść — ułatwienie sporządzania sprawozdań dla GUS.

Jeżeli powiązać znak wyrobu ze znakiem biura konstrukcyjnego, co wydaje się celowym, to w wielu wypadkach można będzie opuścić pierwsze trzy (czasem może cztery, a nawet pięć — o ile warto dopuszczać do tej rozmaitości) cyfr oznaczenia GUS. Tak na przykład, jeżeliby oznaczyć Centralne Biuro Konstrukcyjne Taboru Kolejowego na przykład przez *MT*, to wiążąc z tym oznaczeniem, oznaczenia wyrobów wg GUS od 041951 do 041986, można odrzucić pierwsze trzy, a nawet pierwsze cztery cyfry, nie naruszając jednoznaczności, i za podstawę do oznaczenia poszczególnych wyrobów przyjąć tylko ostatnie trzy, a nawet ostatnie dwie cyfry. Nawet gdyby do zakresu tego Biura należał i tabor tramwajowy, to ponieważ oznaczenia GUS dla niego są od 042001 do 042020, odrzucenie pierwszych trzech czy czterech cyfr, przy

związaniu ich ze znakiem Biura, nie naruszyłyby jednoznaczności.

To samo odnosi się do Centralnego Biura Konstrukcyjnego Przemysłu Motoryzacyjnego, dla którego oznaczenia GUS są od 042041 do 042082.

Dla Biura Konstrukcyjnego Lotniczego istnieje możliwość odrzucenia nawet pierwszych pięciu cyfr, budując systematykę wyrobów tylko na ostatnich cyfrach Wykazu GUS, gdyż oznaczenia te są od 042201 do 042209.

Dla niektórych biur konstrukcyjnych nie będzie możliwe odrzucenie nawet tylko pierwszych trzech cyfr bez naruszenia jednoznaczności. W wypadku tym, dla skrócenia znaku wydaje się celowym zastąpić pierwsze trzy cyfry literą.

Takim biurem byłoby Centralne Biuro Konstrukcyjne Przemysłu Aparatów Elektrycznych, gdyby zostało stworzone przez połączenie istniejących obecnie biur, gdyż pierwsze trzy cyfry wyrobów opracowywanych przez te biura są 051, 052, 053, 057, a nawet 020. Oznaczając jednak każdą z tych trzycyfrowych liczb literą, budując systematykę oznaczeń wyrobów na ostatnich trzech cyfrach Wykazu GUS i wiążąc z oznaczeniem Centralnego Biura, np. *EA*, otrzymuje się zupełną jednoznaczność. Np., oznaczając literą *A* grupę pierwszych trzech cyfr 052 otrzymujemy, dla drugiego konstrukcyjnego opracowania nastawnika znormalizowanego tramwajowego wozu silnikowego oznaczenie *A2152*, gdyż oznaczenie ze znakiem biura konstrukcyjnego, daje zupełną jednoznaczność.

Albumy rysunków zestawieniowych całych konstrukcji, mogą być również wykorzystane przez konstruktorów przy opracowaniach nowych konstrukcji.

3.5. Związanie numeru rysunku z jego formatem nabiera znaczenia wobec niemal zupełnego braku w kraju specjalnych szaf rysunkowych, w których się je zawieszają za górną krawędź, i skazania na długie lata do układania w szufladach. To z kolei zmusza do układania rysunków według formatów, gdyż małe rysunki umieszczone między dużymi mają tendencję do zeslizgiwania się w głąb szuflady i tym powodują trudności w ich znalezieniu i niszczenie tych i tak nietrwałych rysunków. Poza tym mały rysunek umieszczony między dużymi zabiera w szafie tyleż miejsca co duży. Niedogodność ta, wyrażająca się w konieczności posiadania większej ilości szaf na tą samą ilość rysunków, a co za tym idzie i większego pomieszczenia na archiwum, odnosi się również do szaf do zawieszania rysunków. Szczególne znaczenie ma układanie rysunków wg formatów w biurach pracujących dla produkcji masowej i seryjnej, gdyż produkcja ta wymaga wykonywania rysunku każdego detalu na osobnym arkuszu.

W pozostałych biurach konstrukcyjnych jest dopuszczalne, a często nawet celowe przyjęcie pewnego dużego formatu za normalny, i wypełnianie go większą ilością detali. W biurach tych rysunki na

innym formacie są rzadkością i nie powodują większych kłopotów.

Umieszczanie rysunków według formatów bez związania numeru rysunku z tym formatem, powoduje bardzo kłopotliwą konieczność wyszukiwania w spisie rysunków formatu każdego poszukiwanego rysunku przed jego wyjęciem z szafy. Oczywiście spis rysunków niszczy się przy tym niesłychanie szybko i wymaga częstego przepisywania — i to bezbłędnie.

3.5.1. Z tego względu najwygodniejszą jest numeracja kolejna rysunków każdego formatu oddzielnie, np. zaczynając od 001 i poprzedzenie tej liczby cyfrą oznaczającą format. A więc np. rys. 3001 byłby pierwszym wykonanym na formacie A3, 4001 — pierwszym wykonanym na formacie A4, 4999 — 999-ym wykonanym na formacie A4, a 41000 — następnym. Numeracja ta ma jeszcze i tę zaletę, że sprawdzenie archiwum jest niesłychanie ułatwione w przeci-

3.7. Zapewnienie łatwości ułożenia i znalezienia wyrobów czy ich części w właściwym magazynie jest zawsze związane z lokalnymi warunkami wytwórni. Znak wyrobu, czy jego części winien być możliwie prosty i łatwy do zapamiętania, a więc powinien posiadać cechę, która jest jednocześnie potrzebna dla łatwości związania z nim symbolu specjalnej pomocy fabrykacyjnej.

Pożądane jest, by znak ten wiązał się z wielkością i ciężarem przedmiotu, by jednocześnie z porządkowym ułożeniem w magazynie następowało właściwe wykorzystanie magazynu, t. zn. by osobno układały się przedmioty nie możliwe do ułożenia na półkach regałów magazynowych, osobno przedmioty ciężkie, które się da umieścić na dolnych półkach regałów, osobno średnie, które można umieścić na górnych półkach i wreszcie osobno przedmioty drobne, które najdogodniej jest umieścić na półkach dostępnych bez drabinki, gdyż przedmiotów tych na jednostkę powierzchni półki wypadnie oczywiście najwięcej.

Rys. 1. Wzór tabliczki rysunkowej

Zmiany	3	4	
	1	2	
Materiał:		Nieolerowane wymiary powierzchni obrabianych wykonywać: Wewn.-H14; zewn.etrz.-h14; miesz.-j14	
Konstr.		Tolerancje wg układu ISA-PN/M1	Zastępuje rysunek:
Rys.		Norm.	Zastąpiony przez rysunek:
Spraw.		Zatw.	
Centralne Biuro Konstrucyjne.	Znak:	Znak Biura:	Konstr. numer rysunku:
	A-2152	EA	1047
Skala:	Treść rysunku:		fabr. numer rysunku:
1:2	Nastawnik tramwajowy		

wieństwie do wielkiej trudności i mozolności sprawdzania archiwum przy innej numeracji. Związanie takiego numeru ze znakiem biura konstrukcyjnego zapewniłoby zupełną jednoznaczność w całej Polsce.

3.6. Zapewnienie łatwości wiązania symboli specjalnych pomocy fabrykacyjnych z numerem, czy znakiem wyrobu, do wykonania którego mają służyć, ma znaczenie tylko dla masowej i seryjnej produkcji. W pozostałych wypadkach ma to tym mniejsze znaczenie, że wykonywanie specjalnych pomocy jest rzadkością. Możliwość związania symbolu specjalnej pomocy fabrykacyjnej z numerem lub znakiem wyrobu wymaga, by ten ostatni był możliwie krótki. Wiąże się to bezpośrednio z punktem następnym.

Samo symbolowanie specjalnych pomocy fabrykacyjnych wymaga osobnego opracowania, i to znów możliwie jednolitego dla całego kraju. Wydaje się tu koniecznym rozróżnienie tych pomocy — przynajmniej przez wydzielenie narzędzi, oraz przez wydzielenie sprawdzianów specjalnych, które wymagają staranniejszego zabezpieczenia od uszkodzenia i specjalnej kontroli zużycia.

Wiąże się z tym sprawa znormalizowania regałów magazynowych, rozwiązanie której dałoby punkt wyjścia do opracowania powszechnej zasady znakowania wyrobów i ich części w wytwórni.

Powyższe dotyczy w jeszcze większym stopniu symbolowania specjalnych pomocy fabrykacyjnych.

Rozwiązanie powyższe, prócz łatwości znalezienia odpowiednich przedmiotów w magazynie czy wypożyczalni narzędzi, miałoby i tę dalszą wartość, że przy wycofaniu pewnej produkcji oswobadzałoby się całkowicie całe połączenie półek na regałach, dając możliwość wykorzystania ich dla nowej produkcji bez ruszania półek pozostałych.

4. Wnioski końcowe.

Z rozważań powyższych wynika, że nie jest możliwym by jeden numer rysunku mógł spełnić wszystkie istotne wymagania.

4.1. Rozwiązaniem wydaje się nadanie rysunkowi paru oznaczeń, a mianowicie:

4.1.1. Znak biura konstrukcyjnego macierzystego.

4.1.2. Numeru konstrukcyjnego, koniecznego na każdym rysunku, którym byłby numer archiwalny biura, i który w połączeniu ze

znakiem biura, byłby numerem oficjalnym, obowiązującym we wszelkiej korespondencji.

- 4.1.3. Znaku wyrobu wg systematyki wyrobów, lub znaku zespołu wg systematyki zespołów, który byłby stawiany tylko na odpowiednich rysunkach zestawieniowych. Na rysunkach pojedynczych detali rubryka przeznaczona na ten znak pozostałaby pusta.
- 4.1.4. Numeru lub znaku fabrycznego, który obowiązywałby tylko wewnątrz wytwórni.

4.2. Znak biura konstrukcyjnego, znak wyrobu lub znak zespołu, oraz numer archiwalny nadawałoby biuro konstrukcyjne na oryginałach oczywiście nie opuszczających tego biura. Miejsce na numer fabryczny byłoby puste. Z oryginałów tych biuro konstrukcyjne wykonywałoby odbitki transparentowe, i wysyłałoby do wytwórni. Tutaj zostałyby wpisane na transparenty numery fabryczne i dopiero wtedy wykonywałoby się odbitki rysunków dla produkcji. Postępowanie takie i zapobiegłoby omyłkom przy wpisywaniu numerów fabrycznych dopiero na odbitkach i uchroniłoby oryginały rysunków od zniszczenia wskutek częstego wykonywania odbitek i wreszcie dałoby zabezpieczenie archiwum biura konstrukcyjnego od skutków pożaru, gdyż w razie takiego wypadku transparenty posiadane przez wytwórnię stałyby się podstawą do względnie łatwego odtworzenia archiwum.

4.3. Wzór tabliczki rysunkowej (rys. 1) podaje rozwiązanie układu tabliczki rysunkowej dla biura

konstrukcyjnego opracowującego konstrukcje dla produkcji seryjnej. Tabliczka ta jest pomyślana jako uniwersalna — służąca i do rysunków detali i do rysunków zestawieniowych, przy czym wyszczególnienia dla tych ostatnich robione są osobno. Wydaje się, że jest możliwa i dogodna do zastosowania w biurach konstrukcyjnych innego rodzaju. Numery wpisane odpowiadają numerom rysunku zestawieniowego całego wyrobu. Wytwórnia mogłaby wstawić w miejscu: „Fabryczny numer rysunku“ swój znak np. nt 2-01, gdzie nt oznaczałoby „nastawnik tramwajowy“, 2 — drugie rozwiązanie konstrukcyjne, 0 — (zero) oznaczałoby wielkość przedmiotu nie dającą się umieścić na półce regału, a 1 — kolejny numer przedmiotu tej wielkości należący do tego nastawnika, t. j. kompletnie zmontowany nastawnik. Rysunek zestawieniowy „Konstrukcji szkieletowej“ tegoż nastawnika nosi znak 202507, Nr rysunku 1044, a wytwórnia mogłaby mu dać swój numer np. nt2-02. Rysunek kadłuba tegoż nastawnika nie posiada znaku, a tylko numer 1042. Wytwórnia mogłaby nadać temu rysunkowi swój numer np. nt2-03.

Wszystkie omówione rysunki wykonane są na formacie A1. Numerami tych rysunków oficjalnymi byłyby: EA-1047, EA-1044, EA-1042.

4.4. Podane rozwiązania warunków określonych w pktcie 2 nie są zapewne jedynymi możliwymi. W każdym razie zostały one wprowadzone w życie i zadanie swe spełniły. Spełniłyby je jeszcze lepiej, gdyby się stały impulsem do opracowania rozwiązań lepszych.

Badanie hartowności stali metodą Jominy'ego

Prof. inż. FRYDERYK STAUB i As. STEFAN WOJCIECHOWSKI
Katedra Metaloznawstwa Politechniki Śląskiej

Czynniki wpływające na utwardzanie się stali po hartowaniu. Pojęcie hartowności. Zasada oznaczania hartowności metodą Jominy'ego. Próba Jominy'ego. Sposób przeprowadzania próby Jominy'ego. Charakterystyka hartowności i jej wykorzystywanie. Klasyfikacja i odbiór stali na podstawie próby hartowania. Krzywe wzorcowe hartowności. Zasady klasyfikowania stali. Namiastkowanie stali na podstawie hartowności. Dobór stali na części konstrukcyjne o określonych wymaganiach wytrzymałościowych. Odtwarzalność i porównywalność wyników próby Jominy'ego. Wpływ odchyleń w technice wykonania próby. Wpływ odchyleń w technice pobierania i przygotowywania materiału badanego. Dalsze formy rozwojowe metody Jominy'ego. Różnice poglądów fachowców amerykańskich i angielskich. Wnioski.

W ubiegłych latach, w związku z rozwojem przemysłu oraz później wskutek potrzeb gospodarki wojennej, ogromnego znaczenia nabrała cecha stali zwana *hartownością*, polegająca na zdolności stali do utwardzania się po hartowaniu.

Od wielu wieków znano metody nawęglania żelaza celem otrzymania dostatecznie utwardzonej powierzchni po hartowaniu, a wskazujące na zrozumienie znaczenia zawartości węgla (C) w stali. Rozwój przemysłu metalowego w końcu ubiegłego stulecia zwrócił uwagę na wpływ niektórych składników stopowych, jak manganu (Mn), niklu (Ni), chromu (Cr) na głębokość utwardzenia (*przechartowalność*). Podobnie wzrost produkcji masowej — szczególnie

w przemyśle samochodowym, przyczynił się do zapoznania się z czynnikiem dalszym jakim jest wpływ wielkości ziarna na charakter utwardzenia. Można uważać, że głównymi czynnikami wpływającymi na zdolność stali do utwardzania się po hartowaniu są kolejno:

- 1) zawartość C,
- 2) zawartość niektórych składników stopowych (w praktyce metalurgicznej głównie: Mn, Cr, Mo, Si i Ni),
- 3) wielkość ziarna.

Należy wnosić, że dodatkowe czynniki, których wpływ mógłby być jeszcze odkryty, będą zapewne mniej ważne niż już dotychczas znane (1).

Używane obecnie powszechnie określenie *hartowność*, łączy w sobie cztery odrębne cechy:

- 1) najwyższą twardość na powierzchni otrzymaną po hartowaniu,
- 2) głębokość utwardzenia,
- 3) wielkość ziarna w warstwie zahartowanej, oraz
- 4) skłonność tworzenia pęknięć w materiale po hartowaniu (p. Zalecenie hutnicze NH/BM — 50).

Pierwsza z nich może być określona za pomocą jednej z uznanych metod pomiaru twardości. Druga t. j. głębokość utwardzania (*przechartowalność*), jest określana od lat różnymi metodami, z których w obecnej chwili najbardziej rozpowszechnioną jest zagranicą próba zapoczątkowana w r. 1938 przez *W. E. Jominy'ego* i *A. L. Boegeholda* (2). Próba ta stosowana głównie dla stali konstrukcyjnych stopowych do ulepszania, jako podstawa ich klasyfikacji, odbioru oraz namiastkowania i doboru oddała bardzo duże usługi amerykańskiej gospodarce wojennej.

Oznaczanie hartowności metodą Jominy'ego.

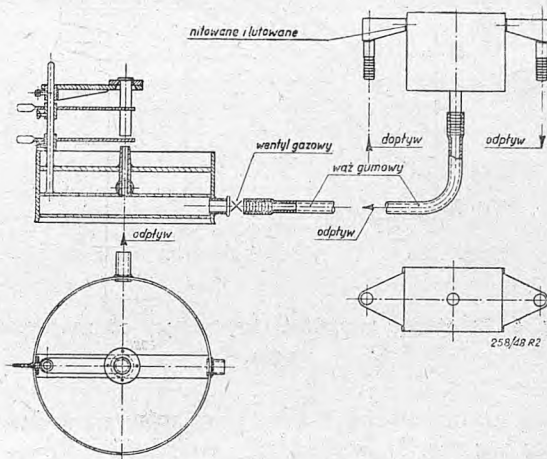
Zaproponowana w r. 1938 przez *Jominy'ego* i *Boegeholda* metoda oznaczania hartowności stali nawęglanych zyskała bardzo szybko pełne uznanie laboratoriów amerykańskich, które zaczęły ją również stosować dla badania hartowności stali stopowych niewęglanych. Prostota metody i wielka ilość informacji które można odczytać z wykresu zwanego *charakterystyką hartowności* uczyniła z niej łatwe i wartościowe narzędzie badań. W polskiej literaturze technicznej ukazały się dotąd nieliczne artykuły (3), omawiające zagadnienie badania hartowności tą metodą.



Rys. 1. Kształt próbki Jominy'ego.

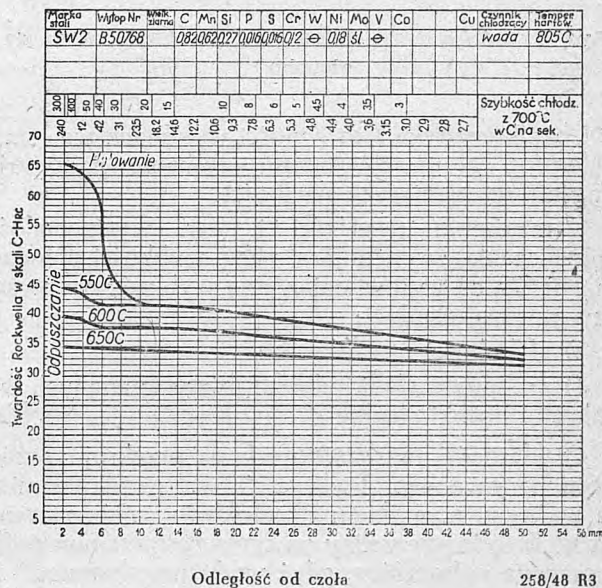
Zasada oznaczenia metodą *Jominy'ego* polega na hartowaniu czoła próbki strumieniem wody, po uprzednim wygrzaniu jej w odpowiedniej temperaturze, a następnie na pomiarze twardości wzdłuż pobocznic próbki, oraz na wykreśleniu charakterystyki utwardzenia w funkcji odległości od hartowanego czoła. Wielką zaletą tej metody jest szeroka skala zmienności szybkości chłodzenia wzdłuż próbki (od 240 C do rzędu kilku stopni na sekundę — przy temperaturze 700 C), umożliwiającą analizę zachowania się stali w różnych warunkach intensywności odprowadzania ciepła podczas hartowania. Przeprowadzanie próby hartowności metodą *Jominy'ego* zostało ujęte w Polsce zaleceniem hutniczym NH/BM-53.

Próbkę *Jominy'ego* wykonuje się ze stali po obróbce plastycznej wg wymiarów podanych na rys. 1. Przed hartowaniem materiał należy znormalizować od temperatury $A_{c3} + 70\text{ C}$, wygrzewając próbkę przez 30 minut. Nagrzanie do właściwej temperatury hartowania $A_{c3} + 30\text{ C}$, powinno trwać 30 — 45 minut czas wygrzania 20 minut. Celem uniknięcia odwęglania i utlenienia próbki, ogrzewanie przeprowa-



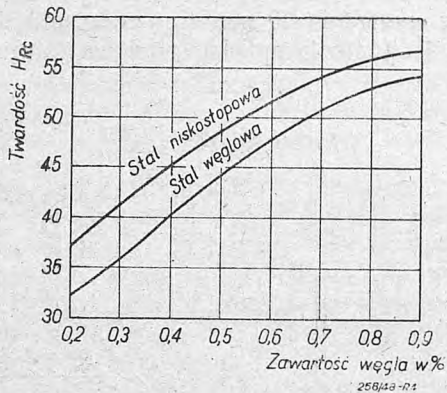
Rys. 2. Urządzenie do przeprowadzania próby hartowności metodą Jominy'ego.

dza się w atmosferze ochronnej. Hartowania dokonuje się w uchwycie specjalnego urządzenia, wodą o temperaturze około 15 C aż do całkowitego ostudzenia próbki. Swobodny wytrysk wody powinien być wyregulowany na 60 mm ponad wylotem z dyszy. Wysokość zawieszenia próbki nad wylotem dyszy ustalono na 12 mm, średnicę dyszy również na 12 mm. Odpowiednie urządzenie zaprojektowane w Hutniczym Instytucie Badawczym przedstawia rys. 2.



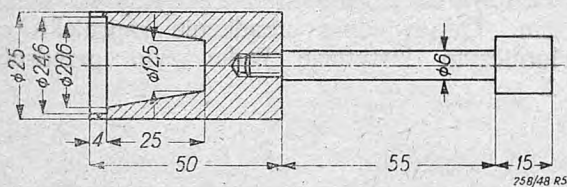
Rys. 3. Wykres przebiegu twardości wzdłuż próbki.

Po zeszlifowaniu warstwy 0,5 mm wzdłuż dwóch przeciwnych tworzących dokonuje się pomiaru twardości metodą Rockwella w skali C (HRc), co 2 mm poczynając od czoła próbki. Wszelkie zagrządanie próbki przy szlifowaniu jest niedopuszczalne.



Rys. 4. Zależność twardości krytycznej od zawartości węgla.

Średnią arytmetyczną z obu pomiarów nanosimy na wykres wg rys. 3. w układzie „twardość HRc — odległość od czoła mm”. Za część niezahartowaną próbki uważa się strefę, w której twardość spada poniżej „twardości krytycznej” (przyjęte kryterium). Twardość krytyczna odpowiada twardości struktury zawierającej jeszcze 50% martenzytu. Wg *Grosmana* (rys. 4) zależy ona głównie od zawartości węgla. Oznaczenie hartowności stali składa się w symbolu próby Jo , liczby twardości HRc oraz odległości od czoła w mm w miejscu jej wystąpienia n. p. $Jo\ 54$ — 4 odpowiada twardości 54 HRc w odległości 4 mm od czoła próbki *Jominy'ego*



Rys. 5. Próbka *I*. do badania stali niehartujących się głęboko.

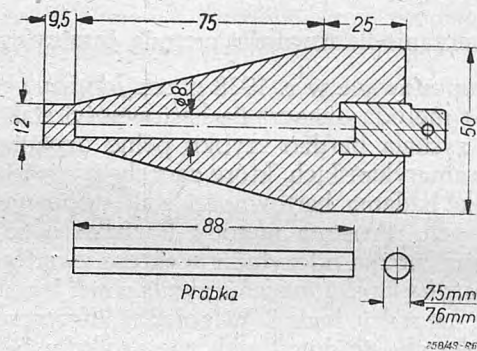
Charakterystyka hartowności wykonana wg metody *Jominy'ego* umożliwia nam uzyskanie wiadomości odnośnie następujących wielkości:

- 1) maximum twardości i (ew. wytrzymałości z przeliczenia) występującej przy szybkości chłodzenia 240 C/s, co stanowi najwyższą szybkość stosowaną przy obróbce cieplnej;
- 2) głębokości utwardzenia;
- 3) przypuszczalnej mikrostruktury w znanych warunkach obróbki cieplnej;

4) własności mechanicznych na przekroju przedmiotu hartowanego. Podkreślić trzeba, że niezmiernie ważnym czynnikiem dla dokładności oznaczenia jest uniknięcie zgorzeli na czole hartowanej próbki oraz na pobocznicy, gdyż woda ma skłonność do kapilarnego podnoszenia się między zgorzeliną a próbka.

Przy wykonywaniu charakterystyki utwardzenia stali hartujących się niegłęboko, kształt stosowanej próbki jest nieco inny — posiada ona stożkowe wgłębienie w hartowanym czole jak to pokazuje rys. 5. i nosi nazwę próbki *L* (4). Próbka typu *L* zapewnia stopniową zmianę szybkości chłodzenia wzdłuż swej długości w sposób bardziej łagodny, co umożliwi zmniejszenia gwałtowności spadku twardości stali płytko hartujących (maksymalna szybkość chłodzenia 370 C/s — przy temperaturze 700 C).

W wypadku stosowania próby *Jominy'ego* do materiałów, z których możliwe jest jedynie wykonanie próbki mniejszej średnicy niż średnica normalna 25 mm, należy otrzymaną „nienormalną” charakterystykę hartowności odpowiednio przeskalować na charakterystykę „normalną” (t. j. dla normalnych wymiarów próbki). Do tego celu opracowano wykresy porównawcze uwzględniające najczęściej stosowane średnice „nienormalne” (18, 12, 6 mm). (5).



Rys. 6. Bomba *Wuerful* do badania próbek o średnicy mniejszej niż 6 mm.

Dla próbek o średnicy poniżej 6 mm, dla których wpływ chłodzenia przez otaczające powietrze jest już znaczny, poleca się stosować t. zw. bomby *Wuerful*, wewnątrz których umieszcza się odpowiednie próbki cylindryczne. (rys. 6).

Klasyfikacja i odbiór stali na podstawie próby hartowności.

Klasyfikacja stali na podstawie próby hartowności opiera się na krzywych wzorcowych hartowności. Krzywe takie opracowano w USA (6) dla znormalizowanych i produkowanych tam stali stopowych konstrukcyjnych. Obecnie podobne krzywe opracowuje przemysł hutniczy dla polskich gatunków stali. Krzywe wzorcowe określają minimalną i maksymalną hartowność dla danego gatunku stali w granicach możliwości produkcyjnych.

Krzywe te posiadają duże znaczenie nie tylko dla metalurgów, ale i też dla konstruktorów, ponieważ sumują wpływ kilku czynników, z których każdy indywidualnie nie może być rozpatrzony, oraz podają w prosty sposób odpowiedź na wiele problemów ważnych w produkcji i obróbce cieplnej stali.

Metoda klasyfikacyjna stali na podstawie analizy składu chemicznego posiada pewne podstawowe wady. Prowadzenie wytopu, metoda odtleniania, dozowanie składników stopowych i wielkość ziarna — posiadają decydujący wpływ na zachowanie się stali podczas produkcji i obróbki cieplnej. W obecnym

stanie wiedzy żaden z tych czynników nie znajduje dostatecznie interpretacji w klasyfikacji na zasadzie analizy chemicznej. Jak wynika z publikacji amerykańskich metoda klasyfikowania na podstawie hartowności pozwala znacznie zacieśnić zakres zmienności hartowności danego gatunku stali (7).

Istnieją różne zasady klasyfikowania stali na podstawie hartowności (6) (rys. 7):

- Zasada minimalnej i maksymalnej odległości od czoła, w której występuje żądana twardość, punkty *A* — *A* np. *Jo* 48 = 6/18 mm.
- Zasada minimalnej i maksymalnej twardości w żądanym punkcie, *B* — *B* np. *Jo* 43/57 = 8 mm. Zwykle jest to punkt odpowiadający szczególnie interesującemu miejscu na rozpatrywanym przekroju.
- Zasada osiągnięcia maksymalnej twardości w dwóch określonych odległościach od czoła (*C* — *C*).
- Zasada osiągnięcia minimalnej twardości w dwóch określonych odległościach od czoła (*D* — *D*).
- Zasada zgodności dwóch punktów: jednego na krzywej minimum hartowności, a drugiego na krzywej maximum hartowności.

Odchylenia dopuszczalne nie powinny przekraczać 2 jednostek w skali *HRC* (*X*, *X*). Można również podać twardość przypadającą w punkcie 2 mm od czoła. Po opublikowaniu w USA krzywych wzorcowych hartowności (1945 r.) firma *Austin - Western Co. Aurora*, wprowadziła odbiór stali konstrukcyjnych na ich zasadzie z pominięciem analizy chemicznej (8).

Warunki odbioru przyjęto następująco: zgodność lub przekroczenie minimum hartowności wskazywanej przez krzywe wzorcowe w dwóch punktach, w zależności od zawartości węgla:

stałe o C = 0,27% — punkty w 2 i 6 mm,

C = 0,30 ÷ 0,37% — punkty w 4 i 12 mm

C = 0,40% — punkty w 4 i 16 mm.

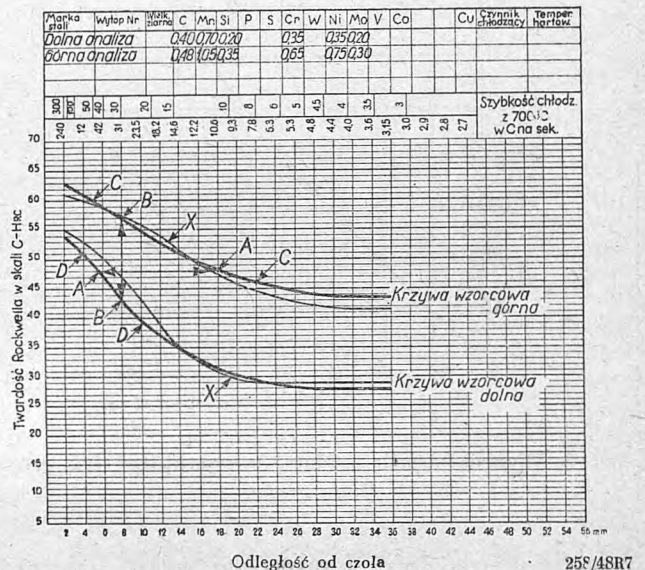
Uwaga: wartości po przeliczeniu wymiarów z cali na mm.

Punkt 4 mm przyjęty dla stali o wyższej zawartości węgla umożliwia bardziej pewny pomiar twardości. Przy stali niskowęglistej przyjęto jednak punkt 2 mm, ponieważ spadek twardości jest gwałtowny. Punkty 6, 12, 16 mm odpowiadają największej stromości krzywej. Ta sama firma rozszerzyła stosowność próby *Jominy'ego* na określanie własności stali po pełnej obróbce cieplnej, co daje możliwość przewidywania rzeczywistych własności stali w cieplnie obrabianej części konstrukcyjnej. Obok normalnej charakterystyki hartowności zaczęto nanosić na wykres również krzywe twardości po odpuszczeniu. (p. załączniki I i II do NH/BM-53). Firma *Austin - Western* uzyskała tą metodą bardzo dobre wyniki w odbiorze i gospodarce stałą, redukując do minimum brak po obróbce cieplnej.

Namiastkowanie stali na podstawie hartowności.

Dobór odpowiedniego gatunku stali do warunków pracy części konstrukcyjnych, czy też na narzędzia, zależy nie tylko od czynników natury technicznej, ale

również i ekonomicznej. Czynniki takie jak koszt materiału lub stopień odpowiedzialności zastosowania części dodatkowo zmuszają do analizy przydatności także tańszych gatunków stali. Warunki pracy danej części dyktują nam rodzaj wymaganej hartowności. Dla uzyskania wysokiej twardości powierzchniowej konieczna jest wysoka zawartość węgla, dla zwiększenia głębokości utwardzenia należy dodać lub zwiększyć ilość dodatków stopowych, przy czym im większa masa przedmiotu, tym ilość dodatków stopowych



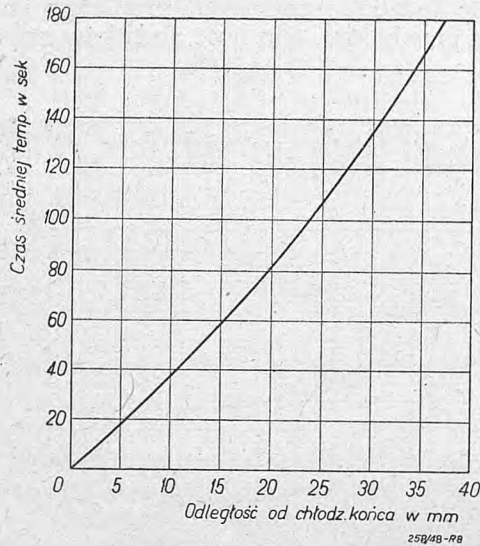
Rys. 7. Zasada klasyfikowania stali na podstawie porównania próby hartowności i krzywa wzorcowa hartowności.

musi być większa dla otrzymania tego samego efektu utwardzenia. Nie zawsze zresztą wymagane jest głębokie utwardzenie: dla wielu części konstrukcyjnych pracujących na zmęczenie wskazane jest raczej umiarkowane głębokie hartowanie.

Trudności gospodarcze (np. w wojennym okresie braku surowców) zmuszają do namiastkowania stali, t. zn. zastępowania normalnych stali uboższymi w składniki stopowe względnie posiadającymi więcej ale bardziej dostępnego składnika stopowego. W czasie ostatniej wojny obie strony walczące zostały zmuszone do szerokiego namiastkowania stali. Amerykanie i Anglicy posłużyli się w tym celu między innymi także metodą *Jominy'ego* dającą szybkie i realne porównanie własności dla każdego rodzaju stali do ulepszania bez względu na wymiary przedmiotu i jego zastosowanie. Tą drogą opracowano szereg stali zastępczych brytyjskich *B. S. E. Steels* (British Standard War Emergency Steels) i amerykańskich *N. E. Steels* (National Emergency Steels), z których wiele zdało swój praktyczny egzamin celujący i zostało włączonych następnie do stali normalnych (6).

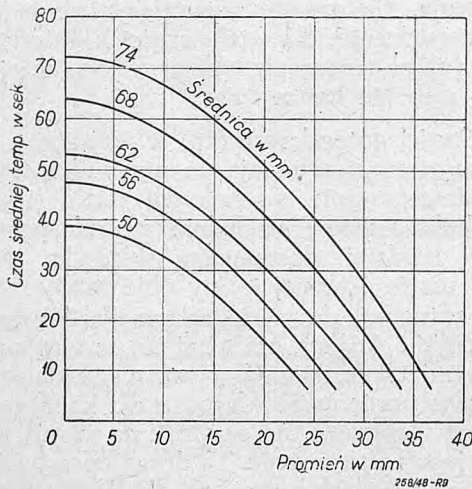
Z charakterystyki hartowności *Jominy'ego* można ocenić rzeczywistą twardość na przekrojach różnych wielkości, co umożliwia racjonalny dobór (wzgl. namiastkowanie) stali w konkretnych warunkach konstrukcyjnych. Do wyników dochodzi się zasadniczo kilkoma drogami. Jedną z nich oparta jest na opra-

cowanej przez *Grossmanna* metodzie „czasu średniej temperatury“, t. j. czasu potrzebnego do ochłodzenia próbki od temperatury hartowania do temperatury będącej średnią między temperaturą hartowania a temperaturą czynnika chłodzącego. Zależność tę dla próbki *Jominy'ego* przedstawia rys. 8. Dla uzyskania wyników potrzebny jest, niezależnie od charak-



Rys. 8. Wykres „czasu średniej temperatury“ dla próbki *Jominy'ego*.

terystyki hartowności *Jominy'ego*, wykres zależności między czasem średniej temperatury a położeniem punktów wewnątrz prętów różnej średnicy z rozpatrywanej stali (przy określonej intensywności hartowania H) rys. 9.



Rys. 9. Wykres zależności między „czasem średniej temperatury“ a położeniem wewnątrz prętów o różnej średnicy punktów przy określonej intensywności hartowania.

Chcąc znaleźć twardość w określonym punkcie przekroju pręta o danej średnicy znajduje się z wykresu rys. 9 czas średniej temperatury, dla którego następnie z wykresu rys. 8. określa się odpowiadającą odległość od czoła próbki *Jominy'ego*; interesująca nas twardość odczytuje się z charakterystyki hartowności.

Inna metoda oparta jest na danych dotyczących szybkości chłodzenia prętów okrągłych przy hartowaniu w wodzie i oleju, a opracowanych również przez *Grossmanna*. Ponieważ do każdego punktu normalnej próbki *Jominy'ego* jest przywiązana określona szybkość chłodzenia można z porównania wartości Tablicy I. z danymi charakterystyki hartowności *Jominy'ego* określić z góry twardość na pewnych głębokościach, względnie chcąc otrzymać żadaną twardość w tych punktach można dobrać odpowiedni gatunek stali.

TABLICA I.

Szybkość chłodzenia prętów okrągłych w C/s przy temperaturze 700 C w czasie hartowania w wodzie i oleju (wg *Grossmanna*).

Średnica w mm	Czynnik chłodzący	Szybkość chłodzenia w C/sek		
		Na powierzchni pręta	W odległości $\frac{1}{2}$ promienia	W środku pręta
25	woda	470	75	56
	olej	67	29	25
50	woda	306	26	18
	olej	32	13	10
75	woda	221	15	8,5
	olej	17	6,5	5
100	woda	56	8	4,5
	olej	8,5	3,5	3

W wypadku przedmiotów innych prostych kształtów (prostokąt, owal, sześciokąt), można posłużyć się współczynnikami umożliwiającymi sprowadzenie danego kształtu do przekroju okrągłego o odpowiednich szybkościach chłodzenia — czyli t. zw. „Przekroju równoważnego“ (p. Zalecanie Hutnicze NH/BM-59).

Jeżeli interesuje nas w jakim największym przekroju zahartuje się wybrana przez nas stal można określić „idealną średnicę krytyczną“ t. j. taką, której rdzeń zahartuje się jeszcze na 50% martenzytu przy hartowaniu idealnym.

Do wielkości średnicy krytycznej dochodzi się z charakterystyki hartowności *Jominy'ego*, zależności krytycznej twardości stali od zawartości węgla, rys. 4., oraz zależności między średnicą krytyczną a szybkością chłodzenia (wyrażoną w mm odległości od czoła próbki) rys. 10.

Oprócz tego istnieje również metoda analityczna, opracowana przez *Grossmanna* i pozwalająca wyliczać średnicę krytyczną jako iloczyn współczynników, będących w funkcjonalnej zależności od zawartości węgla, oraz składników stopowych stali (9), (3) — (Mn, Si, Ni, Cr, Mo), przy określonej wielkości ziarna pierwotnego.

W wypadkach skomplikowanych przekrojów unika się przy zastosowaniu metody *Jominy'ego* kłopotliwego dobierania stali drogą prób, lecz dochodzi do prawidłowych wyników na bardzo prostej drodze porównawczej (7). Dla zobrazowania tej metody służy następujący przykład:

Część, której zanalizowany wytrzymałościowo przekrój jest przedstawiony na rys. 11, ma podlegać hartowaniu, celem otrzymania własności, podanych w Tablicy II. Chodzi o dobranie takiej stali, która zapewniłaby możliwie dokładne spełnienie warunków.

W tym celu wykonuje się rozpatrywaną część ze stali, o której wiadomo, że nie przehartuje się w tym przekroju całkowicie (chodzi bowiem o uzyskanie całej stali twardości).

Następnie część tą hartuje się, a po przecięciu mierzy twardość w oznaczonych punktach. Równolegle wykonuje się dla powyższej stali próbę *Jominy'ego* przy zachowaniu znormalizowanej temperatury hartowania. Następnie wyraża się doświadczalne wartości twardości w „mm odległości od czoła” próbki *Jominy'ego* (wg charakterystyki), otrzymując pewną zależność (dla obranej temperatury hartowania i czynnika chłodzącego) przykładowo ujętą w Tabelicy II.

TABLICA II.

Punkt	Twardość na części badanej (dośw.) <i>H_{Rc}</i>	Odpowiadająca odległość od hartowanego czoła próbki <i>Jominy'ego</i> <i>mm</i>	Żądana twardość wg analizy wytrzymałościowej <i>H_{Rc}</i>
1	2	3	4
I	43	2	49
II	42	3	47
III	40	4,5	47
IV	39	5,5	45
V	39	5,5	45
VI	37	6	42

Na zasadzie powyższego zestawienia wybiera się wg krzywych wzorcowych stale posiadające w podanych odległościach od czoła (kol. 3.) minimalne twardości równe lub większe od żądanych. Na ostateczny wybór stali z powyższej grupy wpływa kwestia podaży i ceny.

Na analogicznych rozumowaniach oparł amerykański instytut spawalniczy (*Welding Research Council*, New York) projekt metody (5) przewidywania zachowania się stali przy spawaniu i wzrostu kruchości warstwy materiału spawanego, oraz podał zasady wyliczania warunków pracy (natężenie prądu, szybkość spawania, temperatura przedmiotu) dla zapewnienia bezpiecznych warunków wytrzymałościowych w wypadku szeregu powszechnie stosowanych rodzajów spoin i grubości blach. Metoda ta opiera się na próbie *Jominy'ego* oraz próbie zginania próbki z karbem, wyniki których pozwalają na posłużenie się odpowiednimi tablicami.

Odtwarzalność i porównywalność (wiarygodność) wyników próby *Jominy'ego*.

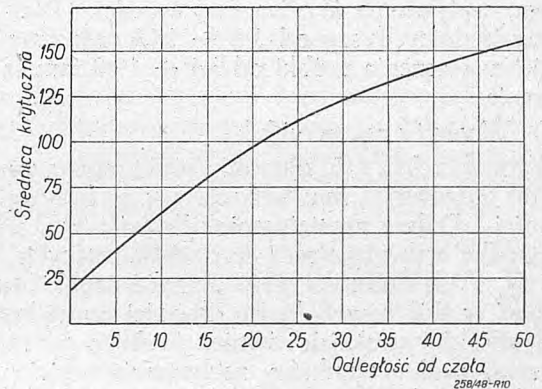
Czynnikiem niezmiernie ważnym dla oceny wartości i przydatności każdej próby dla jej zastosowania praktycznego jest pewność otrzymania wyników o możliwie małych odchyłkach. Jest rzeczą oczywistą, że nawet przy dokładnie ustalonych (znormalizowanych) zasadach wykonania próby istnieją pewne różnice między poszczególnymi laboratoriami. Spowodowane są one przyczynami natury lokalnej, zmuszającymi często do pewnych uproszczeń, oraz niezaprzeczalnym wpływem czynnika ludzkiego (wyszkołlenie, sumienność i t. p.).

Dlatego odtwarzalność i porównywalność próby *Jominy'ego* stała się decydującym zagadnieniem związanym z przyjęciem jej jako próby normalnej dla

określenia hartowności w USA i Anglii. Doświadczenia dla stwierdzenia tych cech prowadzono w dwóch zasadniczych kierunkach: pierwszy z nich uwzględniał wpływ odchyłek w technice wykonania samej próby, drugi natomiast w technice pobierania i przygotowywania materiału badanego.

a) Wpływ odchyłek w technice wykonania próby *Jominy'ego*.

Badania zostały prowadzone w kierunku ustalenia dopuszczalnych odchyłek, które nie wpływałyby

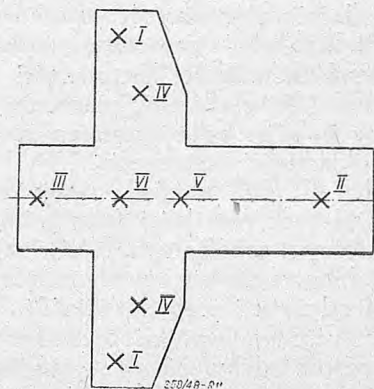


Rys. 10. Wykres zależności średnicy krytycznej od szybkości chłodzenia wyrażonej w mm odległości od czoła.

jeszcze na odtwarzalność i porównywalność wyników. Wyniki tych badań przedstawiają się następująco:

1) Temperatura wody chłodzącej.

Według brytyjskiego Podkomitetu Hartowności (H. S. C. — *Hardenability Sub-Committee* (10) zmiana temperatury wody chłodzącej w granicach od 4 do 60 C nie powoduje odchyłek przekraczających zwykły błąd oznaczenia.



Rys. 11. Przekrój wytrzymałościowo-zanalizowanej części.

Według *G. T. Williams'a* (USA) (11) temperatura wody może się zmieniać od 24 do 63 C, jak również można stosować zamiast wody 6% roztwór NaOH w temperaturze 24 C. Ponadto *Williams* wykazał brak wpływu chłodzenia powietrzem otaczającym próbkę na wynik oznaczenia.

Według *H. Hilla* (U.S.A.) (12) rodzaj wody (nawet woda zanieczyszczona) nie wpływa na charakterystykę hartowności. Również przepływ powietrza o szybkości podmuchu jeszcze nie ma znaczenia.

2) Czas przenoszenia próbki z pieca do uchwytu.

H. Hill stwierdził, że ważnym jest czas przenoszenia próbki z pieca do uchwytu (przyjmuje się, że przy normalnym czasie 2,5 sek. spadek temperatury wynosi 8,5°C). Natomiast C. R. Austin, W. G. Van Note i T. A. Prater (U. S. A.) (13) podali, że czas przenoszenia może wynosić bez poważniejszego wpływu na wynik $2 \div 12$ sekund.

3) Warunki odbierania ciepła

Według H.S.C. (10) wahania swobodnego wytrysku wody w granicach $25 \div 508$ mm nie mają znaczącego wpływu na krzywą hartowności. Podobnie zmiana średnicy dyszy od $3,2 \div 15,9$ mm oraz wysokości zawieszenia próbki od $6,4 \div 19,0$ mm są bez znaczenia.

4) Wymiary próbki.

Według H.S.C. (10) długość próbki można zmniejszyć do długości 75 mm bez wpływu na krzywą hartowności. Dalsze zmniejszenie długości ma wpływ w wypadku stali gędko- i średnio-hartujących. Według G. T. Williams'a (11) długość próbki można zmieniać w dół nawet do $\frac{1}{4}$ długości normalnej (tj. do długości 25 mm), jak również średnicę od $12,5 \div 37,5$ mm, pod warunkiem zachowania stałej ilości czynnika chłodzącego przypadającego na jednostkę powierzchni czoła hartowanego.

5) Wykonanie próbki.

Według H. Hilla (12) stopień gładkości próbki jest bez znaczenia.

6) Czas hartowania.

Według H.S.C. (10) czas hartowania można skrócić do 10 minut pod warunkiem natychmiastowego zanurzenia próbki w wodzie po wyjęciu z uchwytu.

Natomiast:

a) Zarówno H.S.C. (10) jak i G. T. Williams (11) wskazali na konieczność dokładnego trzymania się przyjętych warunków „Czas wygrzewania — temperatura hartowania“ dla otrzymania porównywalnych wyników. Podwyższenie wartości czasu wygrzewania i temperatury hartowania prowadzi (według nich) do fałszywie wysokich wartości hartowności.

b) H. Hill (12) podkreślił znaczenie uniknięcia zgorzeliny, w pobliżu zahartowanego czoła, dla zapewnienia dokładności oznaczenia.

c) Ponadto H. Hill zwrócił uwagę na ważność dokładnego odczytu twardości (szczególnie dla stali o bardzo stromym spadku twardości), najlepiej przy użyciu specjalnego uchwytu, gwarantującego dokładność miejsca odczytu i jego „pewność“.

Jak z powyższego wynika technika wykonania pozwala na pewne odchylenia za wyjątkiem czasu, temperatury i atmosfery nagrzewania. Dla otrzymania jednak porównywalnych wyników warunki te są oczywiste i dadzą się spełnić w każdym lepiej wyposażonym i zorganizowanym laboratorium fabrycznym.

b) Wpływ odchylenia w technice pobierania i przygotowania materiału badanego.

Badania w tym kierunku przeprowadził przede wszystkim brytyjski H. S. C. (10) oraz Amerykanie W. E. Jominy (14) i H. Hill (12). Według ich zgodnej opinii dla otrzymania wiarygodnych i porównywalnych wyników należy znormalizować technikę pobierania i przygotowywania próbek.

Badania H.S.C. wykazały:

1) Dostateczną odtwarzalność wyników dla materiału ujednorodnionego w skali przemysłowej.

2) Małe różnice hartowności między próbkami wziętymi z różnych części tego samego wlewka, lub z różnych wlewków tego samego spustu, o ile materiał z jakiego próbkę pobrano został przekuty lub przewalcowany do średnicy $25 \div 30$ mm.

3) Znaczne różnice hartowności próbek pobranych z różnych miejsc na poprzecznym przekroju kęsa.

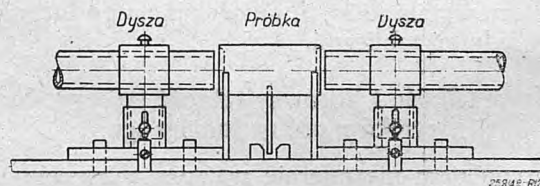
4) Szerokie wahania w charakterystyce hartowności Jominy'ego dla różnych wytopów wykonywanych w dopuszczalnych granicach składu chemicznego (co znalazło swoje odbicie w „krzywych wzorcowych hartowności“).

5) Zawodność metod przewidywania hartowności ze znajomości składu chemicznego i wielkości ziarna (metoda Grossmanna i wszystkie jej pochodne dają tylko pierwsze przybliżenie rzeczywistych wartości).

Z powyższego zestawienia wyników stwierdzić można, że zasadniczą trudnością w pobieraniu próbek Jominy'ego jest kwestia niejednakowej hartowności na całym przekroju poprzecznym kęsa. Środek przekroju posiada zawsze niższą hartowność niż warstwy zewnętrzne. Wnikliwe badania H.S.C. wykazały, że tych zmian hartowności po przekroju nie można przypisywać całkowicie ani niejednorodności chemicznej (likwacji) ani też miejscowym różnicom wielkości ziarna, jak to początkowo przypuszczał H. Hill. Stąd też wynika konieczność znormalizowania pobierania materiału. H.S.C. i W. E. Jominy proponują przekuwanie przekroju na pręt o średnicy $1\frac{1}{4}'' = 30$ mm, celem uzyskania dostatecznej porównywalności wyników.

Dalsze formy rozwojowe metody Jominy'ego.

W roku 1945 Amerykanie C. R. Wilks, E. Cook oraz H. S. Avery (15) zaproponowali użycie zmodyfikowanej techniki badania hartowności metodą Jominy'ego do badania utwardzenia ciężkich, płaskich płyt ze stali niskostopowych przy wymaganych określonych własnościach mechanicznych w środku

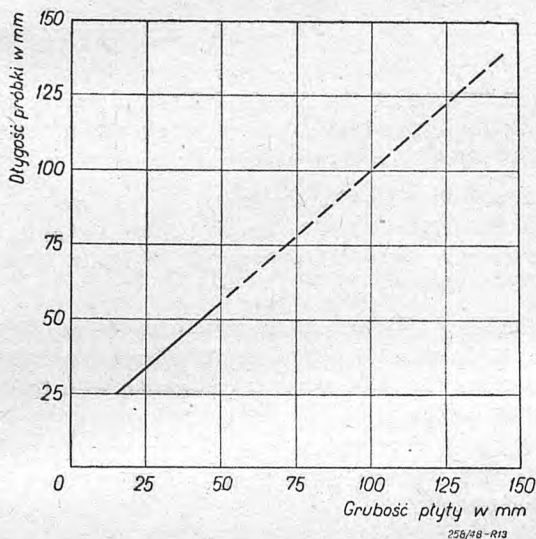


Rys. 12. Uchwyt do próby hartowności przy hartowaniu od obu czoł.

przekroju. Modyfikacja próby polega w zasadzie na zastosowaniu próbki hartowanej od obu czoł (ze względu na analogię w odprowadzaniu ciepła), w uchwycie według rys. 12. Wykres rys. 13 pozwala dobrać długość próbki, której warunki chłodzenia odpowiadają dokładnie chłodzeniu w przekroju rozpatrywanej płyty, przy czym maksymalny stosunek: długość / średnica próbki winien być 4/1. Pomiar twardości wzdłuż próbki po obróbce cieplnej pozwa-

la przewidzieć rozkład twardości na przekroju poprzecznym płyty, bez konieczności dokonywania kłopotliwych i kosztownych doświadczeń nad różnymi gatunkami stali.

Należy podkreślić, że wykres rys. 13 jest słuszny jedynie dla hartowania o określonej intensywności (w przepływającej wodzie o temp. 35 C). Również sprawa pobierania próbek nie jest bez znaczenia: można pobierać próbki z rozpatrywanej płyty (uwzględniając wszystkie czynniki przypadkowe) względnie z danego wytopu (wartości porównawcze).



Rys. 13. Wykres dla doboru długości próbki, odpowiadającej danej grubości płyty.

Opisana metoda znalazła w USA uznanie, czego dowodem są wzmianki w późniejszych publikacjach amerykańskich (15).

Różnice poglądów fachowców amerykańskich i brytyjskich na wartość metody Jominy'ego.

W USA zaczęto stosować metodę Jominy'ego w r. 1938. Szereg wybitnych fachowców amerykańskich (jak Grossmann, Mc Quaid, Williams, Snyder, Parker i inni), poparło swym autorytetem i pracami badawczymi dalszy rozwój tej metody. Wypracowano szereg możliwości przejścia od „charakterystyki hartowności” do stwierdzenia własności względnie przydatności danego gatunku stali. W roku 1942 przyjęto metodę Jominy'ego jako normalną próbę oznaczania hartowności (A.S.T.M. A255 — 42T) i wg publikacji amerykańskich osiągnięto bardzo dobre wyniki. Zarówno w okresie wojennym, jak i po wojnie stosowano w USA metodę Jominy'ego masowo i bez zastrzeżeń o większym znaczeniu zasadniczym.

W Anglii próbę Jominy'ego zaczęto stosować powszechnie od r. 1943, opierając się na wynikach badań i doświadczeniu laboratoriów amerykańskich. Równocześnie jednak stworzono Podkomitet Hartowności H.S.C., który rozpoczął badania kontrolne nad wartością i przydatnością próby Jominy'ego. W roku 1946 opublikowano (10) wynik 3-letnich doświadczeń różnych grup fachowców brytyjskich pra-

cujących w ramach H.S.C. W publikacji tej wysunięto, na podstawie wyników doświadczeń własnych, szereg zastrzeżeń co do wartości metody Jominy'ego, a szczególnie co do możliwości wyciągania dalszych wniosków z jej wyników.

Zasadnicze zastrzeżenia dadzą się ująć w następujących punktach:

1) Miejscowe niejednorodności składu chemicznego mogą spowodować duże różnice hartowności—dlatego charakterystyka hartowności Jominy'ego nie może być uważana jako charakterystyka całego wytopu.

2) Chemiczne i strukturalne różnice, a możliwe również inne niezbadane dotąd czynniki wpływają silnie na charakterystykę hartowności stali konstrukcyjnych hartowanych; natomiast dla stali cieplnie ulepszonych charakterystyka hartowności zapewnia dostateczną dokładność przewidywania utwardzenia (ale poniżej 350 H_B).

3) Przewidywanie z charakterystyki Jominy'ego wielkości przehartowywalnych przekrojów jest poważnie utrudnione ze względu na różną w obu wypadkach i niełatwą do określenia rzeczywistą intensywność hartowania. (Z zastrzeżeniem tym zgadza się również Amerykanin D. K. Bullens) (16).

4) Metoda oparta jest wyłącznie na pomiarze twardości i dlatego należy być ostrożnym w wyciąganiu wniosków o innych własnościach mechanicznych; powinno się ją uważać za podstawę wstępnej selekcji, a nie za środek umożliwiający określenie przydatności stali do konkretnego zastosowania.

Fachowcy angielscy (w świetle powyższych zastrzeżeń) stwierdzają i oceniają przydatność próby Jominy'ego raczej do oznaczeń o charakterze jakościowym niż ilościowym. W związku z tym zwrócono w Anglii uwagę na zagadnienie odpowiedniego tj. ekonomicznego zestawienia składu chemicznego stali, w funkcji wpływu poszczególnych składników stopowych na hartowność, który to problem jako jakościowy daje się rozwiązać przy stosowaniu metody Jominy'ego. Badania przeprowadzone w tym kierunku przez J. Glana pozwoliły na wysnucie ciekawych wniosków (10). Stwierdził on, że zagadnienie wpływu składników stopowych na hartowność nie dadzą się uprościć do żadnej nieskomplikowanej metody przewidywania hartowności ze składu chemicznego n. p. metodą Grossmanna. Wynika to z trudności uwzględnienia wpływu jednego składnika stopowego na drugi. Najekonomiczniejszymi okazały się stale o 3 składnikach stopowych z dodatkiem boru, który posiada ogromny wpływ na hartowność i to tym większy, im suma składników stopowych jest większa.

Bor jest dodawany do stali w postaci ferrobory (lub innego stopu) w ilości zapewniającej otrzymanie zawartości nie większej niż 0,005% B. Ta ilość boru powoduje zwiększenie hartowności i pozwala na oszczędzenie innych dodatków stopowych. Np. dodatek 0,002% B. wywiera taki sam wpływ na hartowność jak 1% Ni, lub 0,45% Mn, lub 0,35% Cr, lub 0,25% Mo. Stosowana zawartość procentowa boru winna być bardzo mała, gdyż jej nadmiar może spowodować zwiększenie kruchości stali.

Wnioski:

Oznaczenie hartowności metodą *Jominy'ego* znalazło uznanie i rozpowszechnienie w przemyśle amerykańskim, który przywiązuje zasadnicze znaczenie do wartości praktycznej i opłacalności stosowanych przez siebie metod.

Przemysł angielski, mimo wysuwanych ostatnio pewnych zastrzeżeń, stosuje metodę *Jominy'ego* od lat kilku.

Znaczne zainteresowanie tą metodą wykazuje ZSRR oraz Niemcy, którzy jeszcze w czasie wojny przeprowadzali w tym kierunku pewne prace badawcze (aczkolwiek — wyniki tych badań nie są wiadome).

Przy umiejętnym stosowaniu metoda *Jominy'ego* jest wygodnym i ekonomicznym narzędziem zarówno w rękach metalurga, któremu umożliwi klasyfikowanie wytworzonych stali wg określonych własności i przydatności do obróbki cieplnej, jak i konstruktora, który może się nią posłużyć dla racjonalnego doboru względnie namiastkowania stali.

W okresie odbudowy i potężnego rozrostu naszego przemysłu należy pamiętać o konieczności unowocześnienia zasad produkcji i jej kontroli, przez przyswojenie metod stosowanych z powodzeniem i uznaniem przez nowoczesny przemysł zagraniczny. Wprowadzenie w przemyśle polskim metody *Jominy'ego* dla oznaczania hartowności może być w dużym stopniu pomocnym w rozwiązywaniu wielu problemów z dziedziny ekonomicznej i nowoczesnej gospodarki stałą.

Ź R Ó D Ł A:

1. *L. Burns, T. L. Moore, R. S. Archer* — Transactions A. S. M. XXVI — r. 1938, str. 1 — 36 „Quantitative Hardenability“.
2. *W. E. Jominy, A. L. Boegehold* — Transactions A. S. M. XXVI — r. 1938, str. 574 — 606 „Hardenability Test for Carburizing Steel“.
3. *St. Przegaliński* — Hutnik Nr 2 — r. 1947, str. 99 — 105 „Hartowność stali konstrukcyjnych“.
4. *W. E. Jominy* — Transactions A. S. M. XXVII — r. 1939, str. 1072 — 1089 „Hardenability Test for Shallow Hardening Steels“.
5. „Guide to Weldability of Steels“ — Published by Welding Research Council, 29 West 39th Street, New York, N. Y.
6. „Steel Products Manual“ Part 10 A.I.S.I. June 1945.
7. *Charles M. Parker* — Materials and Methods — March 1947, str. 68 i dalsze.
8. *E. H. Snyder* — Steel Nr 9 — r. 1946, str. 72, 73, 120, 123 i 124 „Hardenability Testing in Material Control“.
9. „Calculation of the Standard End — Quench Hardenability Curve from Chemical Composition and Grain Size“ X A.I.S.I. Feb. 1946.
10. „Symposium on the Hardenability of Steel“ — Pub. at the Offices of the Iron and Steel Institute, — 4, Grosvenor Gardens, London, S. W. 1. r. 1946, str. IX + 430.
11. *Gordon T. Willams* — Transactions A.S.M. XXVIII — r. 1940, str. 157 i dalsze. „Hardenability Variations in Alloy Steels — Some Investigation with the End — Quench Test“.
12. *Horse Hill* — Transactions A.S.M. XXXI — r. 1943, str. 923 i dalsze. „The End — Quench Test: Reproducibility“.
13. *Charles R. Austin, W. G. Van Note, T. A. Prater* — Transactions A.S.M. XXXI — r. 1943, str. 5177 i dalsze. „Third Element Effects on Hardenability of a Pure Hypereutectoid Iron-Carbon Alloy“.
14. Metal Progress — Data Sheet, Nov. 1946, str. 1006.
15. *Charles R. Wilks, Earnshaw Cook, Howard S. Avery* — Transactions A.S.M. XXXV — r. 1945, str. 1 i dalsze. „Further Developments of the End Quench Hardenability Test“.
16. *D. K. Bullens* and the Metallurgical Staff of the Battelle Memorial Institute. „Steel and Its Heat Treatment“, wyd. V r. 1948.

PRZEMYSŁ METALOWY wykonał roczny plan produkcji

Dn. 26 listopada b. r. Polski Przemysł Metalowy wykonał swój roczny plan produkcji. Osiągnięcie to jest tym cenniejsze, że wyprodukowane wytwory posiadają wartość 1 miliarda 19 milionów złotych według cen z 1937 roku, oraz że stanowi to produkcję o 54% większą od najwyższej przedwojennej produkcji rocznej naszego przemysłu metalowego.

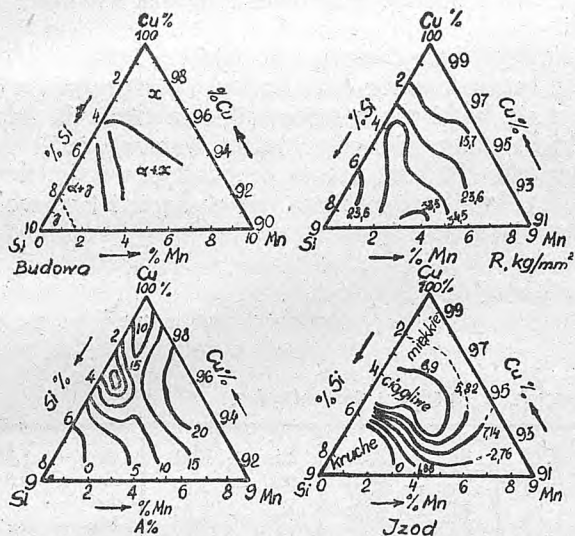
Decydujące znaczenie dla uzyskania tych wspaniałych osiągnięć miało zastosowanie nowoczesnych metod wytwarzania oraz podjęcie przez prawie wszystkie zakłady zakładowe — współzawodnictwa pracy.

Wytwarzanie brązów bezcynowych z miedzi i ferrostopów

Prof. dr inż. A. KRUPKOWSKI i inż. CZ. ADAMSKI

Pierwsze badania nad brązami bezcynowymi. Wytyczne wytwarzania brązów bezcynowych przy zastosowaniu ferrostopów. Porowatość w odlewie i sposób walki z nią. Wytwarzanie stopów. Skład chemiczny i własności stopów. Porównanie kosztów stopu nowego typu z kosztami brązów cynowych. Wnioski.

Brązy bezcynowe znane są już dość dawno w technice. Możemy tu wymienić brązy manganowe, aluminiowe, berylowe, krzemowe i inne. Choć wiadomo było, że wykazują one pewne własności przewyższające brązy cynowe, to jednak z początku z pewnym trudem zdobywały sobie popularność. W artykule naszym przede wszystkim zainteresujemy się grupą brązów bezcynowych, których głównymi składnikami będą obok miedzi — krzem, mangan, żelazo, cynk, ołów, nikiel, fosfor. Jednym z pierwszych, który zwrócił uwagę na tę grupę stopów był *E. Voce* — 1901 r. — zbadał on systematycznie wpływ krzemu i manganu na własności stopów Cu-Si i Mn i doszedł do wniosku, że stopy te o zawartości krzemu w zakresie około 3% i manganu 1% są nadzwyczaj ciągliwe i odporne na uderzenie, jak to wyjaśnia załączony rysunek 1. (1)



Rys. 1. Własności stopów odlanych Cu-Si-Mn. Badania *E. Voce* — 1901 rok. (Wytrzymałość na rozerwanie R w kg/mm^2 . Wydłużenie przy rozerwaniu $A\%$ mierzone na długości 4-krotnej. Udatność wg. próby Izoda).

Na skutek zainteresowania się tym zagadnieniem, ukazało się szereg prac badawczych, zagranicą i w Polsce, poświęconych temu tematowi. Między innymi należy tu wymienić badania inż. *E. Perchorowicza* w 1937 r., który opisał własności trzech grup stopów Cu-Si-Mn, Cu-Si-Zn-Fe, Cu-Si-Pb. Opinia tego autora była następująca (2):

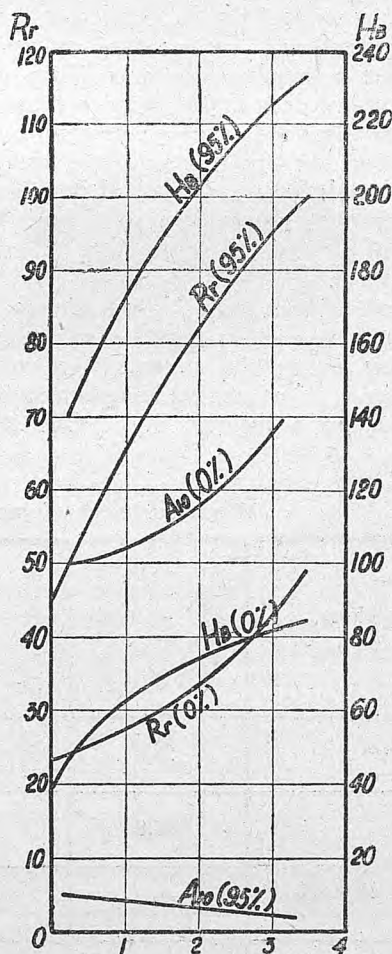
„Brązy krzemowo-manganowe mają dobre własności i pod niektórymi względami przewyższają brązy cynowe”.

W roku 1938 z inicjatywy prof. dr inż. *A. Krupkowskiego*, inż. *W. Hansel*, wykonał w skali przemysłowej badania nad stopami miedziokrzemowymi, które wykazały, że stopy te są ciągli-

we i mają dobre własności mechaniczne (3). Rezultaty tych badań podane są na rysunku 2.

Widzimy tutaj, że brązy krzemowe są bardzo ciągliwe, dają się walcować i przeciągać, a w stanie zgniecionym wykazują znaczną twardość.

Przy wytwarzaniu brązów bezcynowych zawierających dodatki krzemu, manganu, żelaza, cynku, ołowiu, fosforu, do tej pory starano się stosować możliwie czyste składniki stopowe jak: krzem, mangan i żelazo. Na podstawie własnych badań doszliśmy do przekonania, że do wytwarzania brązów bezcynowych można używać zamiast składników czystych — ferrostopów, jak: ferrokrzem, ferromangan i inne.



Rys. 2. Wpływ krzemu na własności mechaniczne miedzi. Według *A. Krupkowskiego* i *W. Hansela*. (Liczby w nawiasach określają % zgniotu).

Ten nowy sposób przyrządzania stopów bezcynowych ma dwie zasadnicze zalety:

1) umożliwia stosowanie ferrostopów krajowych, przez co uniezależnia nasz przemysł od importu czy-

stych odmian krzemu, manganu oraz innych składników,

2) jest ekonomiczny, gdyż krzem i mangan w ferrostopach są znacznie tańsze od tych samych pierwiastków w stanie czystym.

Mając to na uwadze, przeprowadziliśmy szczegółowe badania nad możliwością zastosowania tego typu brązów do celów odlewniczych.

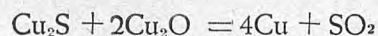
Porowatość w odlewach.

Wstępne badania wykazały, że stopy przygotowane z miedzi i ferrostopów ujawniają pewną wadę, a mianowicie — porowatość. Z tego też względu dokonaliśmy dużego wysiłku, aby usunąć tę wadę całkowicie.

Jak wiadomo, przyczyną porowatości są gazy, które powstają w metalu, bądź na skutek absorpcji ich z zewnątrz, bądź też w wyniku reakcji zachodzących w samym metalu. Tak więc CO i CO₂ mogą być bezpośrednio pochłaniane przez metal w czasie topienia, o ile atmosfera otaczająca metal jest redukująca. Wodór może przejść do roztopionego metalu z wilgoci warstwy nie dostatecznie wysuszonego węgla drzewnego, z wilgoci wsadu, względnie z wilgoci otaczającej atmosfery. Te wymienione gazy nie tworzą związku z metalem, lecz znajdują się w stanie rozpuszczonym, przy czym, granica rozpuszczalności szybko zmniejsza się w miarę obniżania się temperatury. Z tego też względu, w czasie krzepnięcia metalu, na skutek gwałtownego obniżania się granicy rozpuszczalności, może nastąpić stan przesylenia metalu tymi gazami, co w wyniku spowoduje porowatość odlewu.

Są jeszcze inne gazy, które nie są wprawdzie rozpuszczone w metalu, lecz tworząc się na skutek reakcji wewnątrz metalu, powodują również porowatość odlewów. Jako przykład wytwarzania tego typu gazów, możemy wymienić SO₂. Gaz ten powstaje

w tym wypadku, gdy będziemy utleniać miedź zawierającą siarkę. Zachodzi wtedy następująca reakcja:



a zatył, gaz wytworzył się tutaj, na skutek rozpuszczenia się w kąpeli Cu₂O, powstałego w warunkach utleniających.

Sposoby walki z porowatością.

Stosujemy zazwyczaj następujące metody odgazowania:

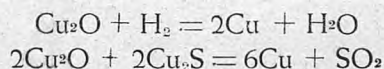
- 1) redukcję gazów na ciała stałe,
- 2) przepłókanie płynnego metalu gazami obojętmi względnie utleniającymi,
- 3) rafinację utleniającą.

Pierwszy sposób stosujemy, gdy chcemy usunąć gazy CO i CO₂. W tym wypadku używamy silnych reduktorów, jak np. magnezu. Powoduje on rozkład gazów według reakcji:



Przepłókanie płynnego metalu ma na celu usunięcie wodoru, który jest trudny do związania na drodze chemicznej. Do strumienia nie czynnego gazu, przechodzącego przez metal, dyfunduje wodór z metalu i zostaje odprowadzony na zewnątrz kąpeli.

Podczas rafinowania utleniającego możemy usunąć z miedzi wodór oraz siarkę. To rafinowanie odbywa się bądź przez wprowadzenie tlenu do kąpeli, bądź przez pokrycie metalu warstwą żużli utleniających. Podczas tego procesu powstaje tlenek miedzi, który rozpuszcza się w kąpeli i wywołuje następującą reakcję:



TABLICA I.

Własności mechaniczne stopów wytworzonych z miedzi i ferrostopów.

Skład chem. w %	Si — 3,71	Si — 4,60	Si — 3,74	Si — 3,76	Si — 3,85	Si — 1,92
	Zn — 0,54	Zn — 3,40	Zn — 2,56	Zn — 2,60	Zn — 2,57	Zn — 0,99
	Fe — 0,60	Fe — 1,40	Fe — 1,74	Fe — 1,57	Fe — 1,57	Fe — 1,00
	Mn — 0,87	Mn — 0,91	Mn — 0,55	Mn — 0,52	Mn — 0,54	Mn — 0,49
	Pb — 1,08	Pb — 0,19	Cu — 89,90	Cu — 90,20	Cu — 89,90	Pb — 0,17
	Cu — 93,20	Cu — 89,50				Cu — 95,50
Rr kG/mm ²	28,3	26,1	28	28	29,5	30,4
A ₄ w %	26,8	9,7	10,3	9,9	9,5	27,5
Twardość Brinella H _{10/500/15}	67	91,5	85,8	—	90	74,1
Twardość Vickersa	76 — 125	145 — 180	—	101 — 112	—	107
Stan formy	wilgotna	wilgotna	wilgotna	wilgotna	wilgotna	sucha
Powłoka	węgiel drzewny	węgiel drzewny	szkło butelkowe	szkło butelkowe	szkło butelkowe	kryolit
Temperatura lania	1150 C	1150 C	1050 C	1050 C	1050 C	1100 C

TABLICA II.

Przepuszczalność nowo wytworzonych stopów.

Skład chemiczny w %	Cu — 95,40 Si — 3,66 Mn — 0,87 Fe — 1,10 Pb — 0,99 Zn — ślady			Cu — 90,50 Si — 4,81 Mn — 0,47 Fe — 1,12 Pb — 0,89 Zn — 1,94		
	Rodzaj odlewu	Zaworek parowy	Zawór hydrauliczny	Wodowskaz	Zaworek parowy	Zawór hydrauliczny
Ciśnienie w atm. przy którym pojawiły się pierwsze krople na odlewie.	120 bez śladów przepuszczania	150 bez śladów przepuszczania	30 — 60	120 bez śladów przepuszczania	150 i wyżej	30 — 50

Pewną niedogodnością tego sposobu jest utlenianie się kąpeli, powodujące wypalanie się składników, wykazujących duże powinowactwo do tlenu, jak np. krzemu i cynku. Zazwyczaj po tym zabiegu należy odtlenić metal silnym reduktorem jak np. fosforem.

Wytwarzanie stopów.

Dobry bezcynowy brąz można uzyskać przez stapianie miedzi z ferrostopami, stosując następującą metodę: do gorącego tygla ładuje się miedź i ogrzewa się ją aż do chwili stopienia. Następnie, po stopieniu miedzi, zasypuje się powierzchnię metalu warstwą ochronną, składającą się z mieszaniny jasnego szkła butelkowego, kryolitu i salmiaku.

Miedź z kolei przegrzewamy do temperatury 1150 — 1200 C. Po osiągnięciu tej temperatury wprowadzamy połączony kawałki ferrostopów, a po ich rozpuszczeniu się dodajemy, w razie potrzeby, odpowiedni dodatek cynku. Tak przygotowany stop poddaje się przepłukiwaniu powietrzem sprężonym do ciśnienia ponad 20 atm. w ciągu kilku minut, po czym odtlenia się go fosforem. Stop jest gotowy do odlewu. Jako temperaturę odlewania należy polecić 1050 — 1100 C.

Stosując powyższą metodę dokonaliśmy szeregu odlewów jak: zawory, wodowskazy i inne, lejąc metal do piaskowych form mokrych i suchych.

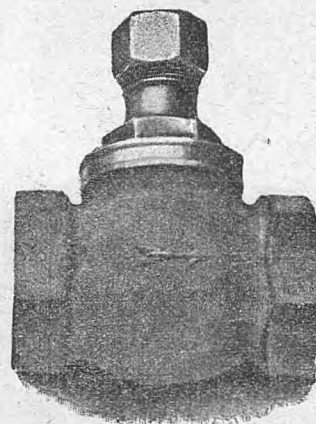
Skład chemiczny i własności stopów.

W tabelicy I przytaczamy typowy skład brązów bezcynowych, uzyskanych przez stapianie miedzi z ferrostopami. Użyte tutaj ferrostopy zawierały: ferrokrzem, 68% Si, ferromangan, 70% Mn.

Z części wykonanych odlewów sporządziliśmy próbki do badań wytrzymałościowych, mikroskopowych i na ścieralność.

Jak możemy osądzić z tabelicy I, własności mechaniczne otrzymanych odlewów są b. dobre. Tak więc np. wielkość wydłużenia, która waha się około 10% świadczy, że stopy te są dość ciągliwe. Należy jednak zaznaczyć, że własności plastyczne podane w tej tabelicy są raczej minimalne, gdyż dalsze nasze badania wykazały, że przy ulepszonej technice odlewów i przy użyciu czystszych metali, można uzy-

skać stopy bardziej ciągliwe, przy których A_4 dochodzi do 35%.



Rys. 3. Zawór odlany z brązu bezcynowego, wytrzymał próbę wodną 150 atm.

Odlewy z tych brązów ujawniają pod mikroskopem typową budowę dendrytyczną, podobną do budowy brązów cynowych. Nowe stopy zostały także przez nas poddane badaniu na ścieralność. Okazało się, że ścieralność nowowytworzonych brązów, zwłaszcza pod dużym naciskiem, jest bardzo mała — kilkanaście razy mniejsza niż brązów cynowych badanych w tych samych warunkach.

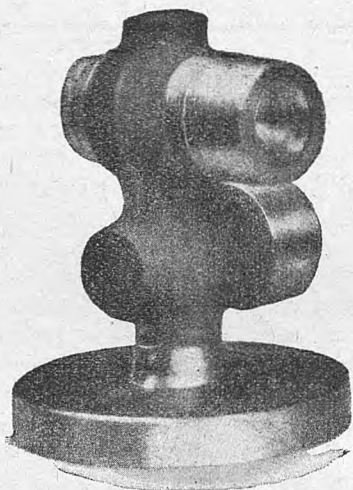
TABLICA III.

Przepuszczalność brązu cynowego.

Przybliżony skład chem. w %	Cu — 90 Sn — 10		
Rodzaj odlewu	Zaworek parowy	Zawór hydrauliczny	Wodowskaz
ciśnienie w atm. przy którym pojawiły się pierwsze krople na odlewie	max 40	max 150	max 30

Poza tym należy podkreślić, że nowe brązy są bardziej odporne na korozję niż brązy cynowe. Z tego powodu mogą być szeroko stosowane w przemyśle chemicznym.

Rysunki 3 i 4 podają fotografie typowych odlewów z brązów bezcynowych, uzyskanych przez stopianie miedzi z ferrostopami. Zawór przedstawiony na rys. 3 wykazał zwartą i ścisłą budowę i wytrzymał próbę wodną 150 atm. bez śladów przepuszczania. Zaworek parowy, podany na rys. 4, wytrzymał ciśnienie 120 atm. nie zdradzając żadnych defektów, przy czym zaznaczamy, że maksymalne ciśnienie, jakie wytrzymały tego typu zaworki zrobione z brązu cynowego wynosiło 40 atm. Szczegóły i wyniki przeprowadzonych prób podaje tablica II i III.



Rys. 4. Zaworek parowy odlany z brązu bezcynowego, wytrzymał próbę 120 atm.

Należy do tego dodać, że wytworzone przez nas brązy bezcynowe, jak przekonaliśmy się, mają bardzo dobre własności spawalnicze i dobrą skrawalność.

Koszt stopu nowego typu brązów w porównaniu z brązami CuSn10 i CuSn5Zn5Pb5.

Ażeby ocenić konkurencyjną wartość nowych brązów z brązami cynowymi obliczyliśmy jedynie cenę netto stopu, uwzględniając tylko cenę metali wyj-

TABLICA IV.

Cena netto 1 tony stopu CuSn10 oraz CuSn5Zn5Pb5.

Material	Cena jednostkowa w funt./tonę	Cena brązu CuSn10	Cena brązu CuSn5Zn5Pb5
Cyna	577	57,7	28,85
Miedź	132	118,8	112,20
Cynk	75	—	3,75
Ołów	112	—	5,60
Koszt całkowity w funt. ang./tone		176,5	150,40

ściowych, bez wzięcia pod uwagę kosztów przetopu i odlewu, które będą mniej więcej te same dla obydwu rodzajów brązów. Obliczenia nasze opieramy na cenach giełdy londyńskiej z czerwca 1948 r.

Tablice IV i V podają wyniki obliczeń ceny netto jednej tony stopu nowo wytworzonego brązu oraz brązu CuSn10 i CuSn5Zn5Pb5. Jak możemy osądzić zysk na jednej tonie wynosi w stosunku do brązu CuSn10 2,1 funt ang., czyli 208,4 dolara, co stanowi 29,54% ceny brązu CuSn10.

TABLICA V.

Cena netto 1 tony stopu nowo wytworzonego o składzie: Cu — 90,7%, Si — 4%, Fe — 1,8%, Mn — 1%, Zn — 2,5%.

Material	Cena jednostkowa w funt. ang. tonę	Waga w kg.	Cena w funtach
Miedź	132	907	119,7
Żelazo — krzem (70%) maks.	42	56	2,4
Żelazo — mangan (80%) „	23	12	0,3
Cynk	75	25	1,8
Koszt całkowity			124,2

Z tego możemy wnioskować, że brązy wytwarzane z miedzi i ferrostopów mają dużą wartość konkurencyjną nie tylko w porównaniu z brązem CuSn10, ale nawet w stosunku do nisko cynowego CuSn5Zn5Pb5.

Wnioski.

1) Brązy bezcynowe otrzymywane przez stopienie miedzi i ferrostopów wykazują lepsze własności mechaniczne i antykorozyjne niż brązy cynowe.

2) Brązy nowego typu mogą być wytwarzane przy użyciu krajowych ferrostopów, dzięki czemu gospodarka narodowa może być uniezależniona od importu cyny.

3) Cena brązów nowego typu jest niższa nawet od dotychczas stosowanych brązów o najniższej zawartości cyny.

Jednocześnie poczuwamy się do miłego obowiązku wyrażenia podziękowań *dyr. inż. Kalacie* oraz *dyr. Nowackiemu* za umożliwienie nam przeprowadzenia prób na terenie odlewni podległych Krakowskiemu Zjednoczeniu Odlewniczemu.

ŹRÓDŁA POLSKIE

- 1) *Prof. dr inż. A. Krupkowski* — Stopy kolorowe.
- 2) *Inż. E. Perchorowicz* — Brązy krzemowe — Przegląd Techniczny r. 1957.
- 3) *Inż. W. Hansel* — Praca dyplomowa — Akademia Górnicza r. 1938.

Ocena własności wytrzymałościowych stali konstrukcyjnych

Inż. ZYGMUNT WUSATOWSKI

Granica sprężystości, udarność i wytrzymałość na zmęczenie w różnych stalach konstrukcyjnych. Próby wykonane na 10 stalach konstrukcyjnych o różnej zawartości dodatków stopowych. Przebieg granicy sprężystości, udarności i wytrzymałości na zmęczenie w powyższych stalach. Wartość prób technologicznych w stosunku do zwykłych prób na rozciąganie.

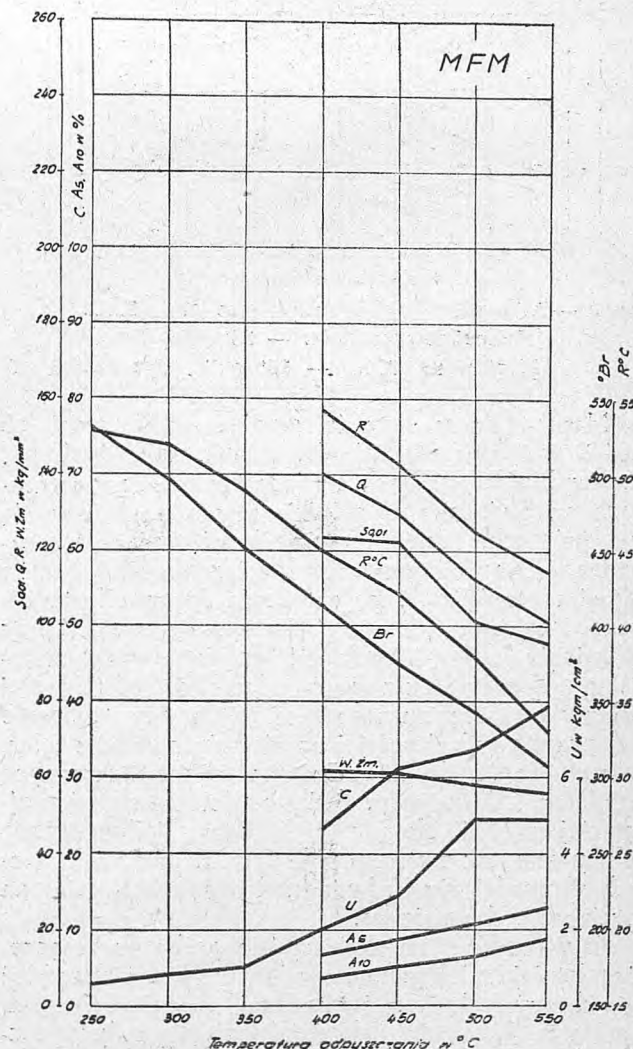
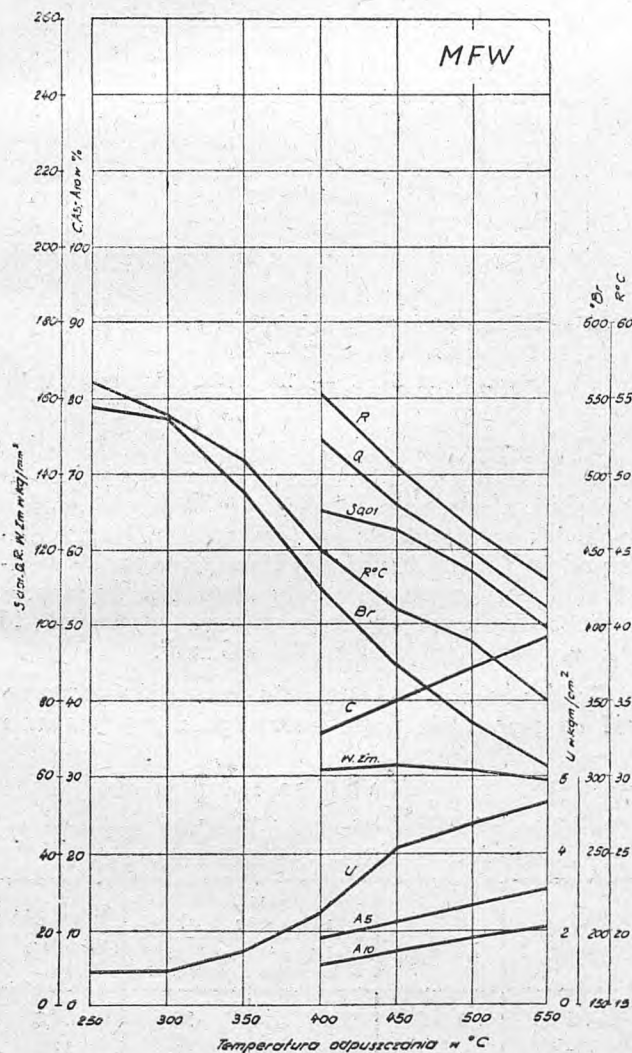
W współczesnym świecie techniki działania sił są przekazywane za pomocą różnych elementów konstrukcyjnych, jak na przykład belek, kół, korb, wałów, czopów, nitów, śrub itp., lub też elementy te kompensują działania sił, zamieniając energię mechaniczną w inny rodzaj energii, najczęściej cieplny. Do tych ostatnich należą resory, sprężyny różnego typu, częściowo lufy karabinowe i działowe, oraz różnego rodzaju podpory.

W samych elementach konstrukcyjnych obciążonych działaniem sił powstają:

- 1) naprężenia statyczne,
- 2) " dynamiczne,
- 3) " zmęczeniowe,

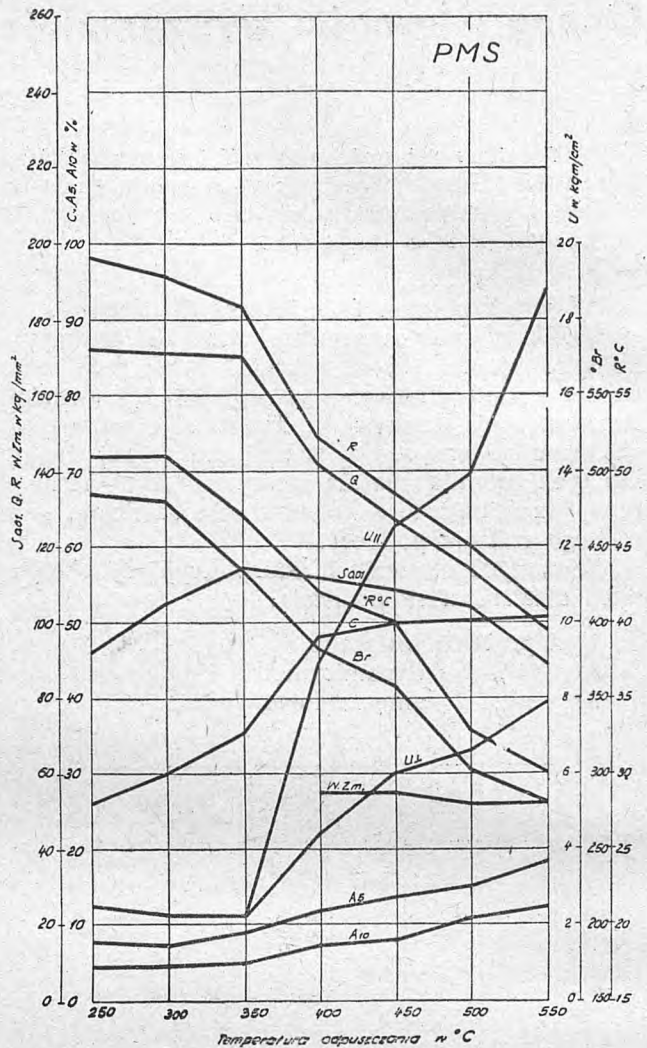
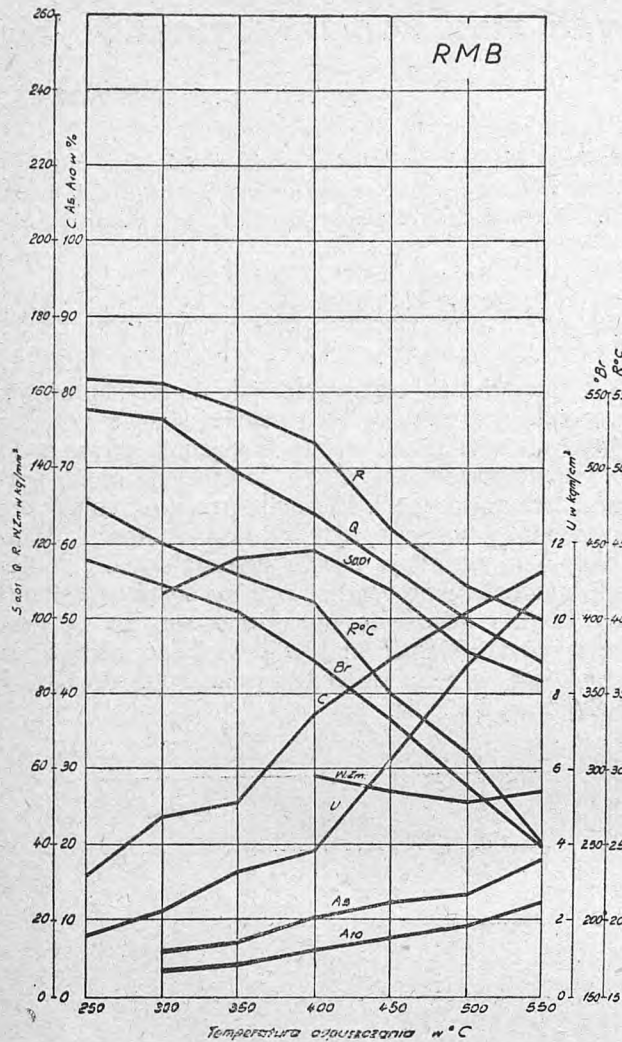
- 4) naprężenia złożone, głównie z trzech pierwszych typów naprężeń.

W materiałach stalowych, jak długo naprężenia nie przekroczą granicy sprężystości stali, to znaczy dopóki element po usunięciu obciążenia powraca do pierwotnej postaci, tak długo konstrukcja może pracować bez zniszczenia. Z chwilą przekroczenia przez naprężenia granicy sprężystości w elemencie konstrukcyjnym powstają trwałe odkształcenia. Ponieważ mierzenie teoretycznej granicy sprężystości byłoby bardzo uciążliwe, umówiono się, że za granicę sprężystości przyjmuje się wielkość obciążenia wywołującą w procesie rozciągania 0,003 do 0,02% trwałego wydłużenia.



Rys. 1 — Własności wytrzymałościowe stali MFV. Normalizowana 810C przez 15'. Hartowana 800C — 15' wodą, odpuszczana 15'

Rys. 2 — Własności wytrzymałościowe stali MFV. Normalizowana 810C — 15'. Hartowana 840C — 15' olej, odpuszczana 15'



Rys. 3 — Własności wytrzymałościowe stali RMB.
 Normalizowana 810C — 15'
 Hartowana 820C — 15' olej, odpuszczana 15'

Rys. 4 — Własności wytrzymałościowe stali PMS.
 Normalizowana 810C — 15'
 Hartowana 815C — 15' woda, odpuszczana 15'

Nasze normy ustalają granicę sprężystości na 0,01% trwałego wydłużenia. Pomiaru dokonuje się na zwykłych próbkach na rozciąganie, zaopatrzonych w gwintowane główki, aby nie ślizgały się w uchwytach. Pomiar granicy sprężystości przeprowadza się na maszynach do rozciągania tak zwanym „długim pomiarem”, po założeniu aparatu lusterkowego, najczęściej typu *Mertens-Kennedy* oraz ustawieniu lunety i podziałki. Pomiaru wytrzymałości na uderzenie, tak zwanej udarności stali dawniej dokonywało się na młocie *Charpy'ego*. Obecnie odbywa się to najczęściej na niedużym młocie udarnościowym 30 do 50 kGm na znormalizowanych próbkach *Mesnagera*. Świat anglosaski stosuje najczęściej próbki okrągłe z karbem, jednostronnie uchwycone, tak zwane próbki *Izoda*. W wielu krajach prowadzi się badania nad wytrzymałością na rozciąganie dynamiczne.

O wiele bardziej złożoną jest próba na zmęczenie. Istnieje niesłychane mnóstwo prób i urządzeń pomiarowych do tego jak: młotki, maszyny *Kruppa*, *Amstera*, *Schencka* itd., działające przez dynamiczne uderzenia, lub giętno-obrotowe.

Widać z tego, że próba ta jest trudna do znormalizowania. Ostatnio największe bodaj uznanie zdobyły sobie próby *Schencka* giętno-obrotowe.

W każdym razie jedno jest już pewne, że żadna próba nie zależy w takim stopniu od stanu powierzchni próbki, a tak mało od różnych dodatków stopowych, jak wytrzymałość na zmęczenie. Dla przykładu podaję Tablicę 1 z badań *Houdremonta* i *Benneka*(1), przy czym stale były ulepszone do lepszego porównania na prawie jednakową wytrzymałość na rozrywanie, to jest ok. 120 kG/mm².

Byłoby bardzo ciekawe móc oznaczyć wytrzymałość na zmęczenie pręta stalowego z powierzchnią

Tablica 1.

Wyniki badań *Houdremonta* i *Benneka* nad wytrzymałością zmęczeniową stali stopowej.

Rodzaj stali	R _p kG/mm ²	Wytrzymałość na zmęczenie próbki		Udarność kGm/cm ²
		w kG/mm ² p/ Ieron anej	w kC/mm ² z karami	
Mn-Ni	119,5	62	25	4,3
Cr-Ni-W	121,2	59—60	26	11,5
Cr-Mo-V	117,8	58	27	9,7
Cr-Ni	122,9	60—61	25	3,2
Cr-Ni-W-V	117,4	59	27	16,1

po walcowaniu, gdyż większość stali stosowanych w prostych konstrukcjach pracuje właśnie w takich warunkach. Nie było na razie urządzeń, któreby pozwalały badać na zmęczenie całe profile walcowane, na przykład sprężyny — 16 × 120 mm, tak że o zachowaniu się takich stali możemy tylko wnioskować na podstawie materiałów z nielicznych badań.

Aby zaobserwować zależność granicy sprężystości $S_{0,01}$ udarności U i wytrzymałości na zmęczenie W_{zm} od innych własności stali, a więc wytrzymałości na rozerwanie R_r , granicy płynności Q_r , wydłużenia A_5 i A_{10} , przewężenia C , oraz twardości Brinella H_B oraz twardości Rockwella H_{RC} , ze zmianą temperatur odpuszczania podam wyniki badań moich (2) z prof. Czopińskim nad ośmioma stalami sprężynowymi Huty Baildon oraz inż. Mazura (3) nad dwoma stalami konstrukcyjnymi również Huty Baildon.

Skład chemiczny ośmiu stali sprężynowych oraz dwóch konstrukcyjnych podaje Tablica 2.

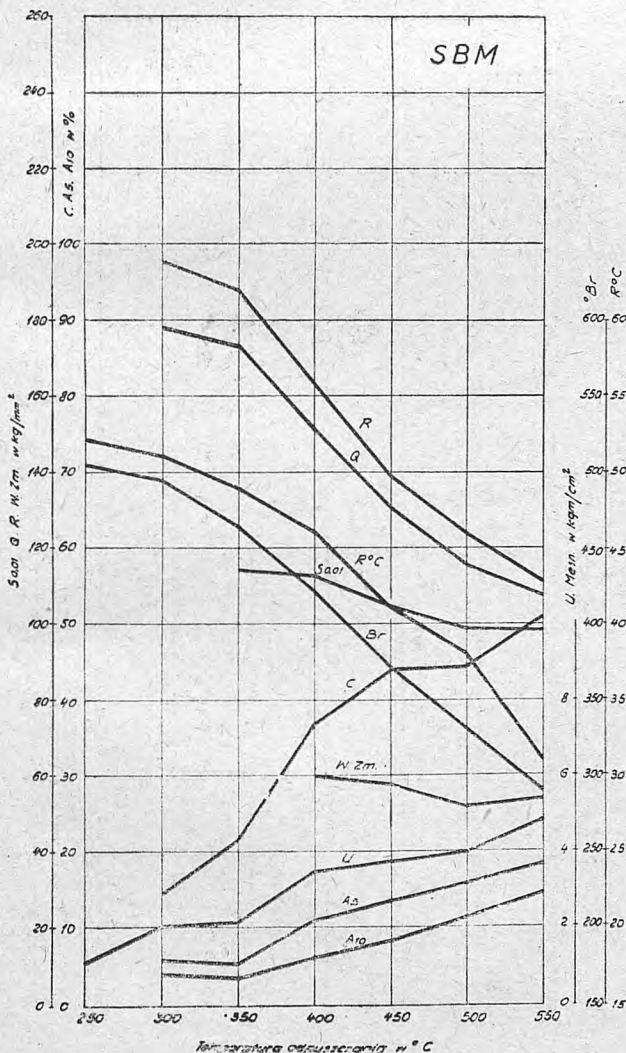
Temperatury hartowania dla tych badań wybrane zostały optymalnie dla danych gatunków. Zakres temperatur odpuszczania dla pierwszych ośmiu stali wynosi 250 do 550 C, dla dwóch ostatnich od

Tablica 2.

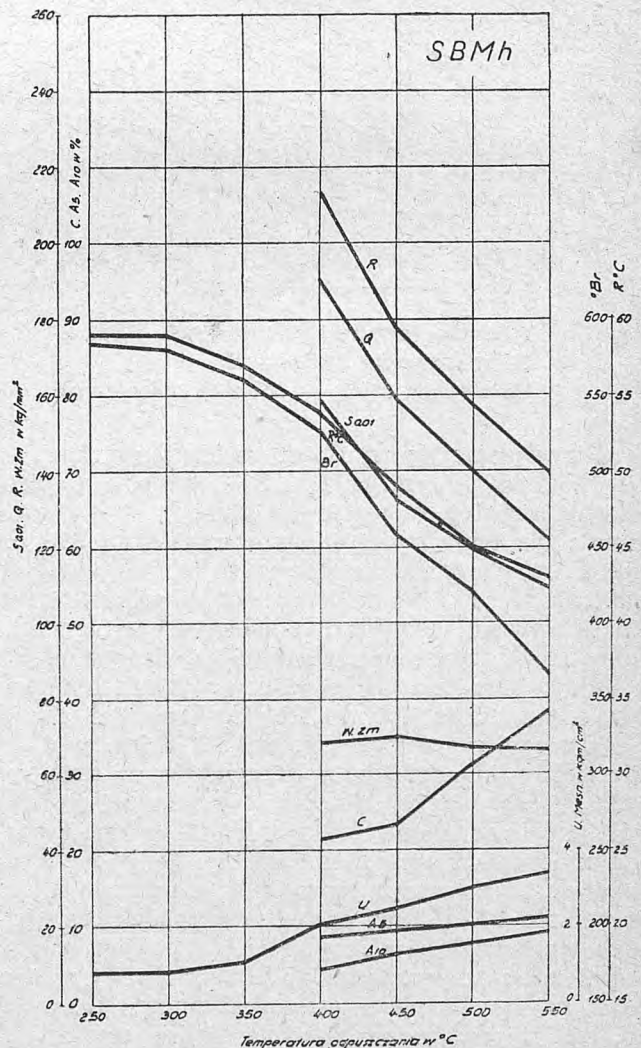
Skład chemiczny stali Huty Baildon.

L.p.	Odmiana stali	Gatunek	C %	Mn %	Si %	Cr %	Ni %	V %	Mo %
1	MFW	Węgl.	0,56	0,61	0,52				
2	MFM	„	0,58	0,91	0,31				
3	RMB	Mn	0,40	1,45	0,13				
4	PMS	Si	0,41	0,84	1,27				
5	SBM	Si	0,46	0,88	2,10				
6	SBMh	Mn-Si	0,72	1,03	1,97				
7	RSK	Si-Cr	0,40	0,52	0,93	0,96			
8	V660	Si-Cr-V	0,60	0,81	1,63	0,96		0,12	
9	LA5	Cr-Ni	0,36	0,65	0,32	0,47	1,65		
10	LD5m	Cr-Ni-Mo	0,31	0,49	0,33	0,78	3,30		0,35

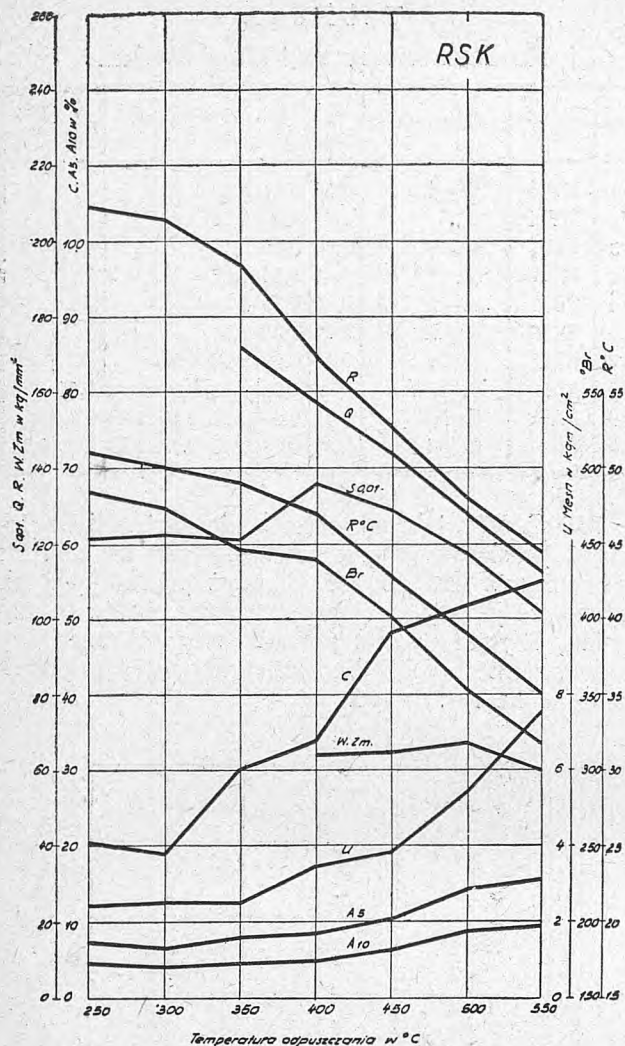
do 750 C. W wielu wypadkach nie można było poczynić pomiarów wytrzymałościowych w zakresie odpuszczania 250 do 350 C, gdyż próbki były tak kruche, że pękały w uchwytach przy próbie rozciągania. Wyniki w obu pracach były zebrane jako średnia z trzech prób dla każdej wartości i są przedstawione na rys. 1—10.



Rys. 5 — Własności wytrzymałościowe stali SBM. Normalizowana 810C — 15' Hartowana 840C — 15' woda, odpuszczana 15'



Rys. 6 — Własności wytrzymałościowe stali SBMh. Normalizowana 810C — 15' Hartowana 840C — 15' olej, odpuszczana 15'



Rys. 7 — Własności wytrzymałościowe stali RSK.
 Normalizowana 810C — 15'
 Hartowana 840C — 15' olej, odpuszczana 15'

Przyglądając się wynikom stwierdzamy, że:

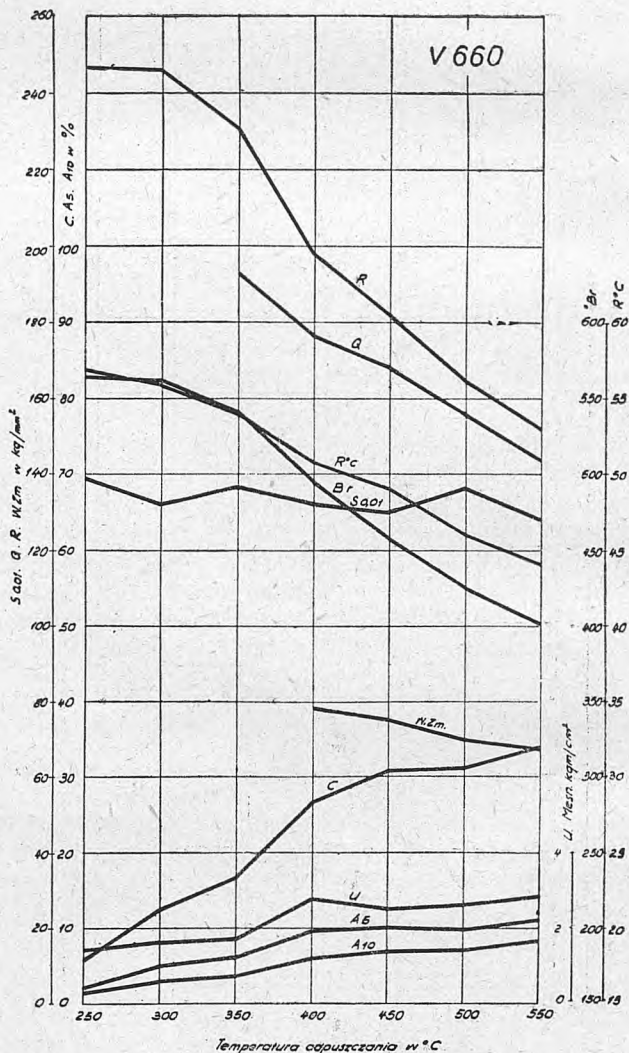
1). Granica sprężystości $S_{0.01}$ posiada swoisty własny przebieg, osiągając dla stali Nr. 1 — 8 maksimum dla temperatur odpuszczania około 350 do 400 C i spadając dla początkowych bardzo wysokich wartości R_r i Q_r , a tylko w wąskim zakresie i tylko w niewielu wypadkach przebieg jej jest przybliżony do przebiegu wytrzymałości na rozrywanie W_r i granicy płynności Q_r , zwykle w zakresie temperatur odpuszczania 400 do 550 C. Przy stali Nr. 8 V660 przebieg granicy sprężystości $S_{0.01}$ jest zupełnie niezależny od przebiegu wytrzymałości na rozrywanie i granicy sprężystości, gdyż wartości jej nie ulegają prawie zmianom. Stale Nr. 9 i 10 wykazują analogicznie maksimum, lecz znajduje się ono jednak w niższych zakresach temperatur odpuszczania, to jest około 300 C oraz analogiczny spadek dla wielkich wytrzymałości początkowych i pewien bardzo wąski zakres o przebiegu zbliżonym do wytrzymałości na rozrywanie i granicy płynności. Dowodzi to bardzo ciekawego zjawiska, które często jest przeoczane. W niskich zakresach temperatur odpuszczania, stal pomimo posiadania bardzo wysokiej wytrzymałości na rozrywanie i granicy płynności, jest kruchą, mając niską granicę sprężystości. Roz-

piętość odciętych pomiędzy tymi wartościami jest miarą kruchości tych stali. Dlatego nie można sugerować się wysoką wytrzymałością i granicą płynności, gdyż często stal mając dużo niższą wytrzymałość wykaże jednak znacznie lepsze własności sprężyste.

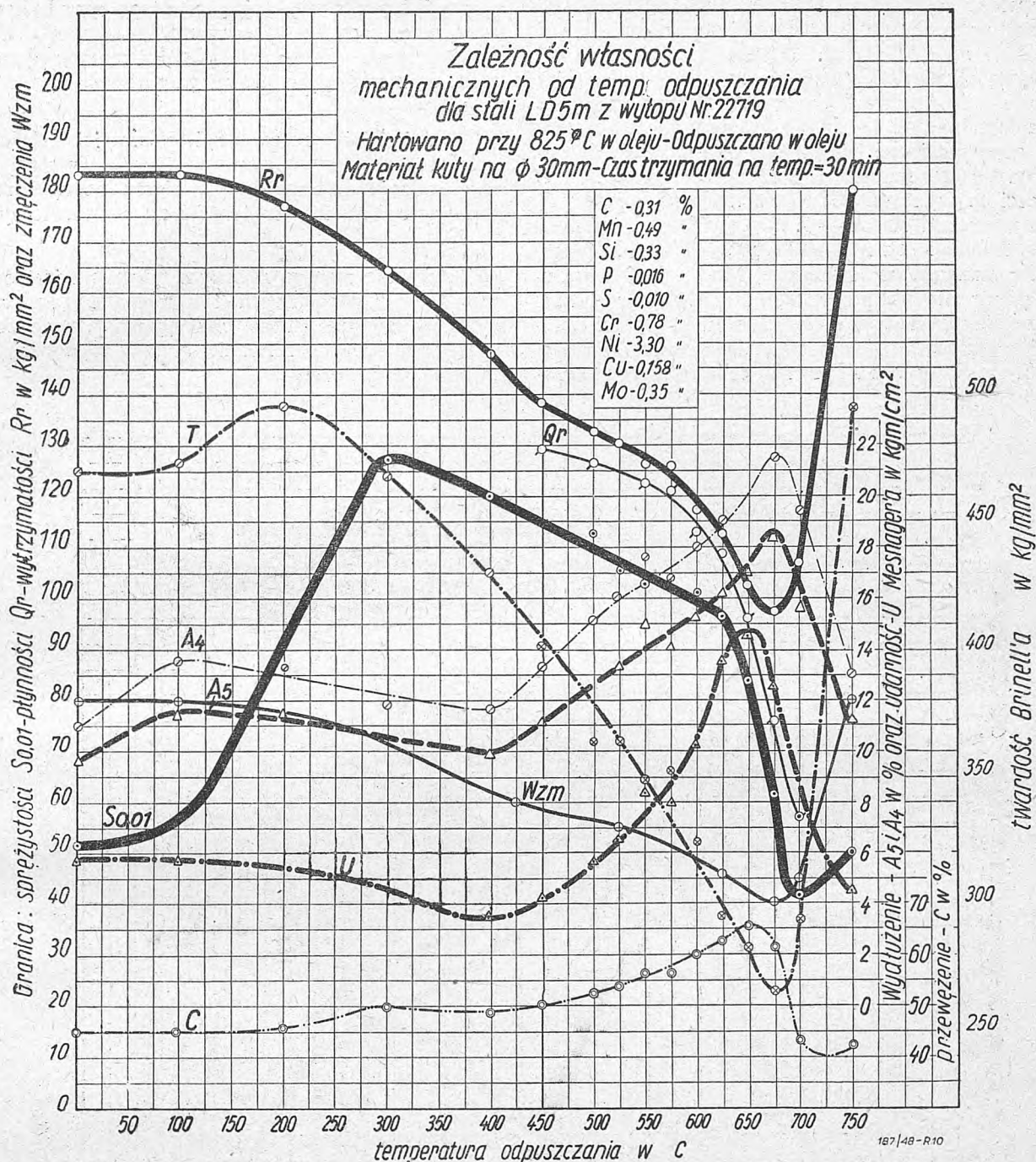
2). Udarność przebiega przy wszystkich stalach swoiście, czasami przebieg jej jest zbliżony do wydłużenia i przewężenia.

3). Wytrzymałość na zmęczenie pierwszych ośmiu stali badana w wąskim zakresie temperatur odpuszczania 400 do 550 C nie wykazuje większych odchylek i jest praktycznie stałą dla każdego gatunku. Dla 2-ch jednak stali ostatnich Nr. 9 i 10, badanych dla całego zakresu temperatur odpuszczania od 0 do 750 C wykazuje ona łagodny spadek wartości od 80 do 45 kG/mm^2 , z tym że dla pewnego początkowego zakresu wytrzymałość na zmęczenie jest nadspodziewanie wysoką ponad granicę sprężystości tych stali.

Porównamy z kolei wpływ dodatków stopowych na przebieg granicy sprężystości, udarności i wytrzymałości zmęczeniowej dla tych samych 10-ciu stali w zakresie temperatur odpuszczania 250 do 550 C, zestawionych na rysunku 11.



Rys. 8 — Własności wytrzymałościowe stali V660.
 Normalizowana 820C — 15'
 Hartowana 840C — 15' olej, odpuszczana 15'



Rys. 9 — Własności wytrzymałościowe stali LA5.

Odnosnie przebiegu granicy sprężystości i wytrzymałości na zmęczenie pierwszych 5 stali nie wykazuje większych różnic. Granica sprężystości osiąga maksimum około 120 kG/mm^2 , a wytrzymałość na zmęczenie wynosi około 60 kG/mm^2 . Trzeba przy tym zwrócić uwagę, że wykresy są sporządzone na podstawie prób z jednego wytopu przy danym gatunku stali i naniesione jako średnie z trzech wyników dla każdego oznaczenia.

Przeprowadzenie badań na większej ilości topów dla każdego gatunku, mogłoby przynieść duże przesunięcie krzywych.

Gatunki RMB i PMS wykazują dużo lepszą udarność od pozostałych trzech, szczególnie stal PMS posiada bardzo dużą udarność przy próbkach wycię-

tych równoległe do przebiegu włókien, dochodząc do 19 kG/cm^2 .

Następne trzy stale wykazują podwyższoną granicę sprężystości o około 10 kG/mm^2 w stosunku do poprzednich, przy czym stal V660 posiada bardzo wysoką i równomierną granicę sprężystości, wahającą się w granicach 130 do 140 kG/mm^2 bez względu prawie na temperaturę odpuszczania. Stal V660 posiada również najlepszą wytrzymałość na zmęczenie w granicach 80 do 70 kG/mm^2 , przy czym stal SBMh osiąga około 70 kG/mm^2 , a RSK ponad 60 kG/mm^2 . Przy gatunku RSK uderzając również duże wartości udarnościami.

Pozostałe dwie stale Cr-Ni, Cr-Ni-Mo wykazują w tych samych temperaturach odpuszczania granicę

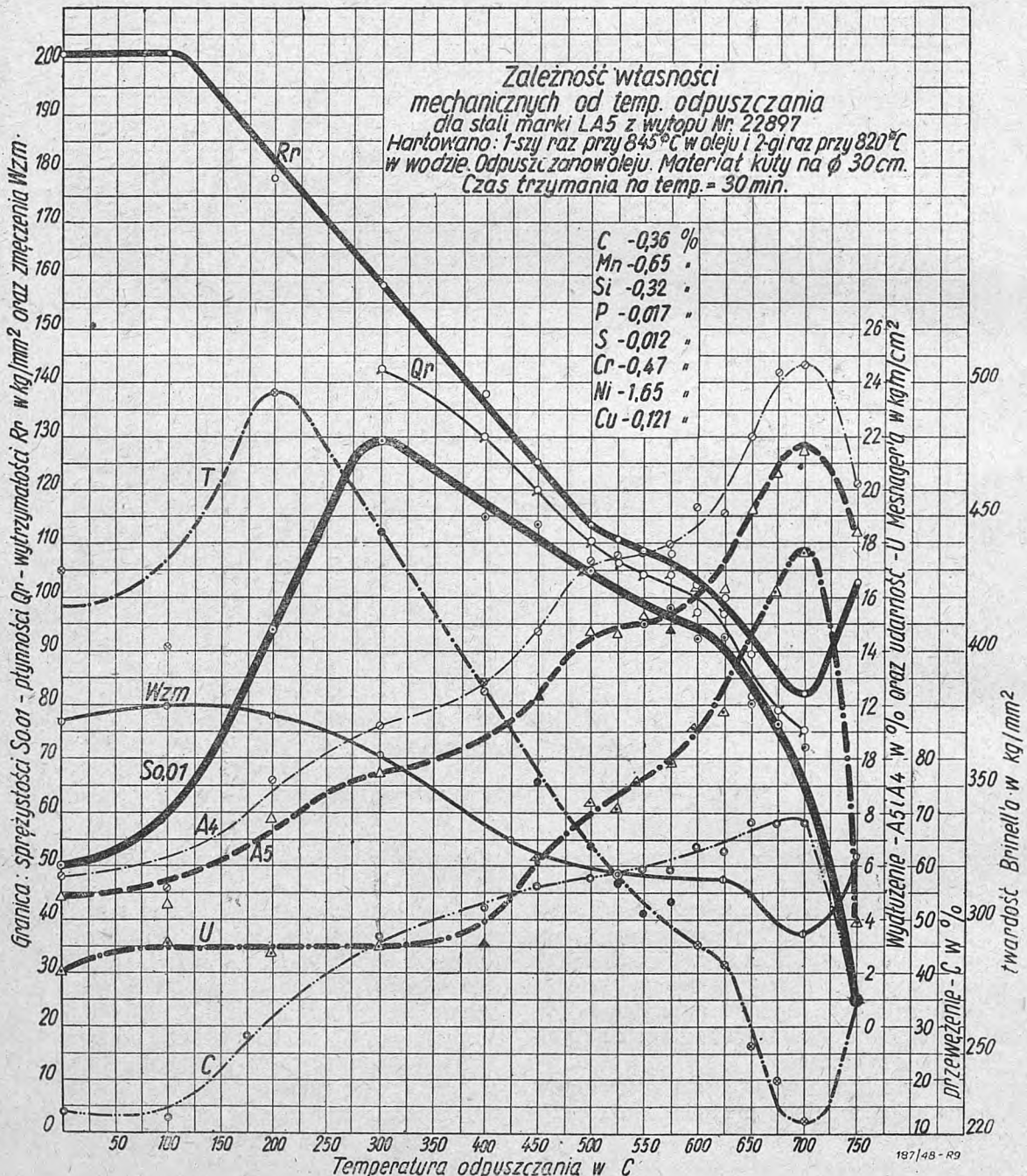
sprężystości pomiędzy 130 do 100 i 125 do 105 kG/mm^2 przy udarności wahającej się w granicach 2 do 6 i 2,5 do 7 kGm/cm^2 . Własności te zupełnie nie odbiegają od pierwszych pięciu stali. W tym wąskim zakresie odpuszczania wytrzymałość zmęczeniowa spada łagodnie od 75 do 50 kG/mm^2 dla obu stali, przy czym przebieg jej jest dla obu prawie równomierny. Dla temperatur odpuszczania 400 do 500 C wartości te wynoszą 60 do 50 kG/mm^2 , a więc są nieco niższe od stali 1 — 5.

Porównując otrzymane własności stwierdzamy, że stale manganowe, krzemowe, Mn-Si, Si-Cr i Si-Cr-V zupełnie nie ustępują stalom Cr-Ni, Cr-Ni-Mo. Niższe własności dwu ostatnich stali przypisać należy niższym zawartościom węgla. Wysokie własności stali Si-Cr, Si-Cr-V a nawet Mn-Si były znane Niem-

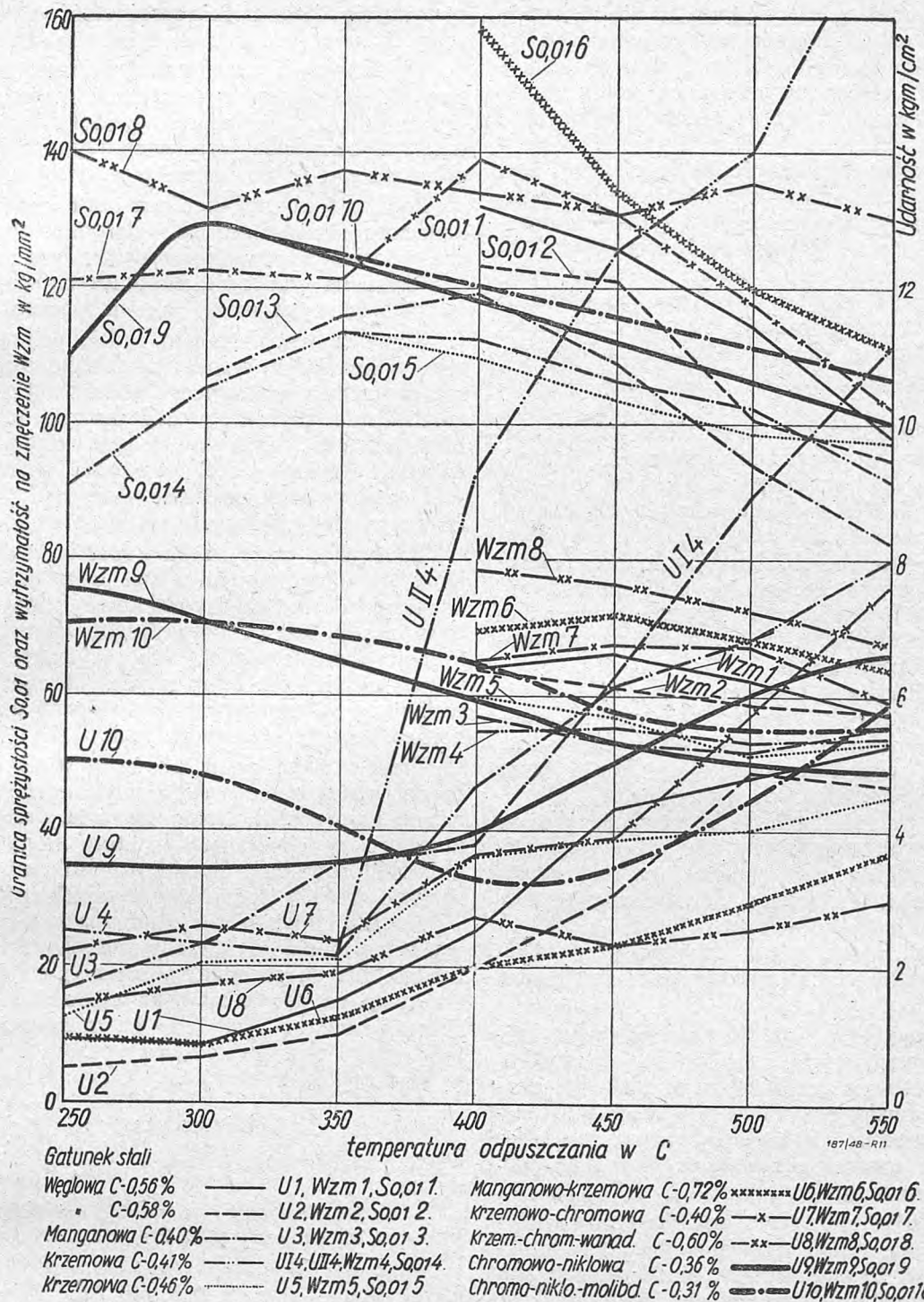
com, gdyż przez całą wojnę stale tego typu były używane przez nich do wytwarzania luf i koszulek działowych, blach pancernych, pocisków przeciwpancernych, oraz znalazły szerokie zastosowanie w lotnictwie.

W dziedzinie oceny stali co do jej właściwej przydatności w przyszłej pracy dotychczas ciężką różnego rodzaju nieuzasadnione nieraz poglądy na te sprawy, co można stwierdzić na podstawie rys. 1 do 10.

Takim nie zawsze słusznym poglądem jest ocena własności mechanicznych stali tylko na podstawie wyników zwykłej próby rozciągania, a więc oceny wytrzymałości na rozerwanie, granicy płynności, wydłużenia, przewężenia.



Rys. 10 — Własności wytrzymałościowe stali LD5.



Rys. 11 — Granica sprężystości, udarność i wytrzymałość na zmęczenie w zależności od temperatury odpuszczania dla 10 gatunków stali konstrukcyjnych.

Drugim takim poglądem jest przypisywanie nadmiernej wagi wydłużeniu i przewężeniu stali. Wydłużenie poza zorientowaniem nas o ciągłości lub kruchości metalu, a więc o błędach obróbki cieplnej lub wadach wewnętrznych metalu, jak: rysy, pęknięcia, likwacja czy pęcherze gazowe nie obrazuje zasadniczo żadnej innej własności stali. Przy czym w wypadkach występowania wad wewnętrznych czy złego odpuszczania stali spadek wydłużenia jest od razu bardzo znaczny — tak, że nie można wiązać nieznacznych wahań wydłużenia z zupełną nieprzydatnością stali. Przewężenie nie obrazuje żadnej sa-

moistnej własności stali, gdyż jest związane bezpośrednio z wydłużeniem. Wydłużenie i przewężenie stali także nie może być brane jako bezwzględna ocena przyszłej tłoczności stali, gdyż ta własność jest związana w bardzo dużym stopniu ze stanem powierzchni stali.

Trzecim poglądem nieraz niewłaściwym jest uzależnianie wytrzymałości na zmęczenie stali od wytrzymałości na rozerwanie, lub też od wytrzymałości na rozerwanie i granicy płynności.

Próba ta jak nadmieniałem na wstępie zależy w znacznym stopniu od stanu powierzchni próbki,

a ponadto jej przebieg na rys. 1 do 10 nie wykazuje prawie żadnej współzależności z wytrzymałością na rozerwanie i granicą płynności (wszystkie te wielkości na rysunkach podane są w tej samej skali), wiązanie więc jej z tymi własnościami stali jest na ogół nieraz bezpodstawne.

Również próba na udarność jak to obrazują rys. 1 do 10 poza ogólnym wzrostem ze wzrostem temperatur odpuszczania, a więc przy spadku wytrzymałości na rozerwanie, granicy płynności i twardości stali nie wykazuje na ogół żadnego istotnego związku z jakąś własnością stali. Nie można jej także wiązać z wzrostem przewężenia lub wydłużenia stali, gdyż ich przebiegi są nieraz równoległe, a niekiedy rozbieżne, o ile porównujemy różne gatunki stali między sobą.

Natomiast przy rozpatrywaniu tylko jednego gatunku stali taka współzależność własności istnieje, ponieważ wartości wytrzymałościowe stali oscylują koło pewnych swoich średnich wartości dla danych zakresów temperatur odpuszczania. Takie oscylowanie własności wytrzymałościowych, koło swoich średnich wartości dla pewnego gatunku stali, spowodowane jest najczęściej różnicami w składzie chemicznym poszczególnych topów, oraz różnicami w przeprowadzanej obróbce cieplnej.

Dlatego też wykresy takie jak na rys. 1 do 10 nie mogą służyć nigdy jako bezwzględny miernik własności wytrzymałościowych danego gatunku stali, lecz jako pewien wskaźnik orientujący konstruktora o pewnych jej przybliżonych wartościach.

Ocena przydatności stali do konstrukcji, tylko na podstawie samych wyników próby na rozciąganie, a więc na podstawie: wytrzymałości na rozerwanie, granicy płynności, wydłużenia, przewężenia jest słuszną przy stalach węglowych pospolitych i zwykłych konstrukcyjnych, może jednak zawieść przy wielu innych szczególniejszych wypadkach, a zwłaszcza przy stalach stopowych.

Dowodzą tego rys. 1 do 10, na podstawie których łatwo stwierdzić, że znając przebieg zasadniczych własności wytrzymałościowych stali, to znaczy: jej wytrzymałości, granicy płynności, wydłużenia lub przewężenia, nie możemy prawie lub tylko w nieznacznym zakresie przewidzieć jej granicę sprężystości, udarność lub wytrzymałość na zmęczenie.

Dla przykładu: stale Nr 1 do 8 są typowo używanymi odmianami stali sprężynowych. Wydawałoby się pozornie, że odpuszczając nieznacznie te stale, aby otrzymać możliwie wysoką wytrzymałość,

otrzyma się równocześnie sprężystość stali bardzo wysoką. Rysunki jednak 1 do 8 przeczą temu zupełnie.

To samo zachodzi w stalach konstrukcyjnych stopowych, przy których również nie ma sensu upierać się przy bardzo wysokich wytrzymałościach, gdyż taka stal otrzymuje wysoką sprężystość dopiero po odpuszczeniu jej co najmniej powyżej 300 C.

Podobnie gdy stal narażona jest na naprężenia dynamiczne, rozrywające lub udarnościowe, a zwłaszcza typu zmęczeniowego, wszędzie tam surowa analiza tylko na podstawie zasadniczych własności wytrzymałościowych może, jak już podałem, zawieść.

Również wszędzie tam, gdzie w konstrukcjach stale w mniejszym stopniu są obciążone lub przenoszą naprężenia mechaniczne, a bardziej narażone są na działanie czynników dodatkowych jak na przykład: ścieranie, wyrabianie się przez ciągłą pracę, tam wszędzie trzeba raczej poznawać charakterystykę stali w warunkach możliwie zbliżonych do warunków przyszłej jej pracy.

Zaliczyć tu także trzeba wypadki, kiedy stal poddana jest długotrwałym działaniom niszczącym — na przykład: rurociągi przelotowe, ściany wagonów towarowych, lub poddana długotrwałym działaniom korozji atmosferycznej, lub sztucznej atmosfery w pewnych halach fabrycznych. Wszędzie tam nie wniknięcie w istotną przydatność stali prowadzi do bardzo przykrych niespodzianek.

Trzeba także pamiętać, że w wielu wypadkach bardzo cenną pomocą służą zwykle próby technologiczne, na przykład: złomu, zginania, toczenia schodkowego czy spęczania itp., które mogą dostarczyć konstruktorowi dużo dodatkowych i cennych wiadomości o wadach i przydatności takich stali.

Artykuł niniejszy nie jest żadną rozprawą naukową na ten temat, gdyż wtedy musiałby się rozrósć do bardzo dużych rozmiarów, a raczej chęcią zwrócenia uwagi na pewne zjawiska zachodzące w stalach, zobrazowane na rys. 1 do 11, oraz spowodowania pewnego większego samokrytycyzmu i ostrożności w pracach konstruktorów.

Literatura:

- 1) E. Houdremont i Bennek — Stahl u. Eisen 1932, str. 653.
- 2) Dr inż. Feszczenko-Czopirocki i inż. Wusatorowski Z. — Przegląd Mechaniczny 1936, str. 468/487.
- 3) Dr inż. Feszczenko-Czopirocki, inż. T. Malkiewicz inż. W. Mazur — Hutnik 1937, str. 261.

Wszystkim naszym Czytelnikom i Prenumeratorom
najszerdeczniejsze życzenia

ŚWIĄTECZNE i NOWOROCZNE

składa
REDAKCJA

Materiały w budowie obrabiarek¹⁾

Inż. FELIKS TYCHOWSKI

Ogólne wytyczne doboru materiałów. Żeliwo do budowy obrabiarek. Stal do budowy obrabiarek. Brązy cynowe. Brązy specjalne. Stopy łożyskowe. Metale nieżelazne. Materiały niemetaliczne. Wnioski.

1. Ogólne wytyczne doboru materiałów.

O wyborze materiałów do budowy obrabiarek, podobnie zresztą jak przy każdej produkcji, decydują dwa pozornie sprzeczne ze sobą czynniki: dążność do uzyskania wytworów wysokiej jakości a zarazem tanich.

Sprzeczność ta zanika jeżeli każdemu z tych czynników wyznaczmy zakres i należne mu miejsce. Każdy z nich jest niezmiernie ważnym zarówno dla gospodarki krajowej jak i dla ewentualnego zdobycia rynków zagranicznych.

Dążność do uzyskania wytworów wysokiej jakości wymieniona została na pierwszym miejscu, gdyż dla doboru materiałów stanowi ona najważniejsze kryterium. Obniżkę kosztów należy uzyskać drogą ulepszenia urządzeń produkcyjnych, odpowiedniej organizacji pracy i masowej produkcji, ale nigdy kosztem jakości materiałów używanych do budowy. Szczególnie obecnie, gdy krajowe obrabiarki zaczynają zdobywać sobie odpowiedni rozgłos, należy uczynić wszystko, by nie sprawić zawodu nabywcom. Pamiętajmy, że na maszynę doskonałą składa się poza dobrą konstrukcją również niezawodny w pracy materiał.

Mimo tych okoliczności odgrywa również bardzo ważną rolę postulat o obniżce kosztów materiału. Stosowanie materiału najdroższego nie jest bowiem zawsze technicznie uzasadnione a niekiedy nawet wręcz nieodpowiednie. Pamiętajmy czasy, gdy stale chromo-niklowe były w modzie. Miały one zabezpieczać przed wszelkimi niespodziankami w czasie pracy. Są one istotnie nieodzowne, gdy wymagana jest dobra udarność przy bardzo wysokiej wytrzymałości a szczególnie gdy chodzi o przeharowanie bardzo dużych przekrojów. Stosowanie ich do wyrobów o małych wymiarach, słabo lub średnio obciążonych podczas pracy, byłoby jednak zupełnie niewłaściwe. Nie dałoby to bowiem żadnych istotnych korzyści, zwiększyłyby natomiast koszty o następujące pozycje: wyższa cena materiału opartego o drogie surowce zagraniczne, dodatkowy koszt zaostrożonej kontroli materiału (z uwagi na większą skłonność do pęknięć, płatków śnieżnych, kruchości odpuszczenia) oraz zwiększone zużycie czasu i narzędzi przy obróbce skrawającej tych stosunkowo twardych stali.

Nieuzasadnione nadużywanie materiałów najdroższych, byłoby więc niedopuszczalnym marnotrawstwem. Pewne wytyczne dla doboru materiałów można znaleźć w normie PN/N-501, wydanej w maju 1947 r.

Analizując zestawienia rozchodów materiałów dla budowy obrabiarek, dochodzimy do wniosku, że czołową pozycję zajmuje w każdym wypadku żeliwo, ciesząc się powszechnie opinią materiału kruchego o niskiej wytrzymałości. Wykażemy niżej, że nie sto-

sujemy go bynajmniej tylko dla jego niskiej ceny, lecz w pierwszym rzędzie ze względu na szereg cennych zalet i szczególnej przydatności do danego celu. Jest to więc typowy wypadek stosowania taniego materiału, odpowiadającego w całej pełni celowi.

Dobór najodpowiedniejszego materiału nie polega więc na stosowaniu wyłącznie gatunków kosztownych, o możliwie dużej wytrzymałości, lecz na bardzo sumiennej analizie ustalającej dla każdej części maszyny oddzielnie warunki pracy i wynikające stąd istotne wymagania, jakim winien zadośćuczynić zastosowany materiał. Dodatkowe procesy uszlachetniające mogą ułatwić stosowanie materiałów tańszych.

2. Żeliwo do budowy obrabiarek.

Żeliwo zawdzięcza swoje zastosowanie w obrabiarkach szczególnie następującym cennym własnościom:

- a) wyjątkowo korzystne zachowanie się przy odlewaniu,
- b) zdolność do tłumienia drgań,
- c) mała wrażliwość na działanie karbu,
- d) dobre własności ślizgowe.

Własności te omówimy kolejno nieco szczegółowiej.

Żeliwo wyróżnia się rzadkopląsnością. Zaznacza się ona tym bardziej, im skład chemiczny jest bliższym eutektyki, (*ledeburytu*), im mniejszy więc jest zakres temperatur krzepnięcia między *likwidusem* a *solidusem*. Posiada ono dzięki temu zdolność do dobrego wypełniania skomplikowanych form odlewniczych. Zdolność tę potęguje jeszcze okoliczność, że żeliwo szare (w przeciwieństwie do wielu innych stopów) doznaje zwiększenia objętości w czasie krzepnięcia, zapewne dzięki wydzielaniu się grafitu (a części i gazów) z roztworu. Zostaje ono wskutek tego w chwili krzepnięcia przyciśnięte do ścianek formy. Dzięki temu wzrośnięciu objętości, zmniejsza się skurcz całkowity żeliwa. Wynosi on dla odlewów drobnych ok. 0,9 — 1,2%, dla dużych natomiast tylko 0,7 — 0,9% a w szczególnych wypadkach nawet zaledwie 0,5%. Dzięki tak małemu skurczowi i wąskiemu zakresowi temperatur krzepnięcia wyróżnia się żeliwo stosunkowo małą skłonnością do tworzenia jam usadowych. Wąski zakres temperatur krzepnięcia zmniejsza ponadto objawy likwacji a mały skurcz zmniejsza niebezpieczeństwo powstania naprężeń i pęknięć skurczowych.

Inne materiały odznaczają się na ogół znacznie większym skurczem. Przy staliwach np. niezbędne są więc duże nadlewy, których waga dochodzi niekiedy nawet do 50% wagi samych odlewów, podczas gdy przy żelwie można z grubsza przyjąć ok. 10%. Do wyższego kosztu otrzymania staliwa dochodzi więc i większy jego rozchód. Staliwo posiada również większą skłonność do tworzenia pęcherzy.

¹⁾ Referat wygłoszony na Konferencji Narzędziowo-Obrabiarkowej w Poznaniu 7 — 8 maj 1948.

Żeliwo góruje więc bezsprzecznie pod względem odlewniczym. Ustępuje ono jednak wyrobom staliwnym pod względem własności mechanicznych, szczególnie pod względem zdolności do odkształceń plastycznych i odporności na uderzenia. Staliwo przeciążone nie łamie się, lecz daje odkształcenia trwałe, będące przestrożą przed dalszym zwiększeniem obciążenia. Wyroby ze stali kutej lub walcowanej o wyższej wytrzymałości, a więc mniejszych dopuszczalnych przekrojach, odznaczałyby się w tych samych warunkach większą wiotkością; sygnalizowałyby one w pewnych wypadkach nadmierne obciążenia przez nieszkodliwe, sprężyste odkształcenie się.

Tu leży jednak główna przyczyna stosowania właśnie żeliwa do korpusów obrabiarek. Konstrukcja wiotka nie nadaje się w tym wypadku pod żadnym pozorem. Przy łożach obrabiarek nietylko nie dopuszczamy żadnych odkształceń trwałych, lecz unikamy jak najstaranniej nawet odkształceń sprężystych, jako zmniejszających dokładność pracy maszyny.

Unikamy nietylko statycznych odkształceń lecz i drgań sprężystych, które zmniejszają dokładność pracy oraz mogą stać się w pewnych warunkach powodem uszkodzenia maszyny (złom zmęczeniowy). Wielkość tych drgań zależy od warunków pracy, rozwiązania konstrukcji i napędu, do pewnego stopnia jednak również i od materiału z którego zbudowano maszynę, zależnie od jego zdolności do tłumienia drgań.

Twardsze gatunki stali, szczególnie ulepszonej cieplnie (np. stale resorowe) wykazują w stosunkowo szerokim zakresie obciążeń takie własności, że zapoczątkowane w nich drgania utrzymują się bardzo długo. Miękka stal ferrytyczna o niskiej granicy sprężystości zachowuje się podobnie tylko przy małych obciążeniach zmiennych, tłumia natomiast wyraźnie drgania gwałtowniejsze, dające odkształcenia pozasprężyste.

Wybitną zdolność do tłumienia wykazuje żeliwo. Szczególnie gatunki o niskiej wytrzymałości i grubym graficie o osnowie ferrytycznej tłumią już nawet nieznaczne drgania, dające zaledwie naprężenia ok. 2 kG/mm². Powodem jest tu w pewnej mierze osnowa ferrytyczna, w pierwszym rzędzie jednak zapewne nieciągłość materiału, wywołana obecnością grafitu; dzięki niej istnieje nierównomierny rozkład naprężeń, których miejscowe szczyty przekraczają nawet granicę sprężystości.

Materiały o dużej wytrzymałości posiadają co prawda naogół również wysoką wytrzymałość zmęczeniową, odznaczają się jednak dużą wrażliwością na działanie miejscowych naprężeń szczytowych, wywołanych np. działaniem karbów. Karbami są między innymi również bruzdy, pochodzące ze zgrubnej obróbki skrawającej. Nagłe zmiany przekrojów są tu również bardzo niebezpieczne. Nieco mniejszą wrażliwość posiadają miękkie stale o małej wytrzymałości.

Żeliwo posiada co prawda niższą wytrzymałość zmęczeniową od stali, jest jednak wyjątkowo odporne na działanie karbów. Największą odpornością odznacza się znów gatunek o małej wytrzymałości i budowie ferrytycznej. Zaczątki miejscowych rysek zmęczeniowych powstałych na dnie bruzd, urywają się zapewne na niezliczonych wtrąceniach grafitowych. Plastyczny ferryt podobnie jak w stali łagodzi szczyty naprężeń.

Doskonałe własności ślizgowe zawdzięcza żeliwo w pewnej mierze własnościom smarnym grafitu. Głównie jednak obecności twardych składników strukturalnych obok miękkich, podobnie, jak w najlepszych stopach łożyskowych. Ponadto olej wsiąka w jamki grafitowe, tak, że nawet w wypadku gdy dopływ jego chwilowo uległby przerwaniu, jest zapewniona ciągłość smarowania. Żeliwo jest więc z tego względu doskonałym materiałem na wszelkiego rodzaju prowadnice. Na podrzędne łożyska stosuje się również niekiedy żeliwo szare. Dla poprawienia własności ślizgowych i odporności na ścieranie zaleca się w tym wypadku zwiększenie zawartości fosforu do ok. 0,8%.

Zestawienie I.

Zastosowanie żeliwa w budowie obrabiarek.

Zastosowanie	gatunek	obróbka cieplna
I. Części obciążone tylko własnym ciężarem (drzwiczki, osłony, pokrywy).	żł 14	—
II. Części praeujące, mniej odpowiedzialne (kółka ręczne, koła pasowe, łapy pod silnik, oliwiarki itp.).	żł 18	—
III. Części słabo obciążone o wymaganej dużej dokładności wymiarowej (obsady słabiej obciążonych łożysk, dźwignie, wsporniki, stoły itp.).	żł 18	sezonowanie
IV. Części silnie obciążone, bardzo odpowiedzialne, o wymaganej dużej dokładności (korpusy, łoża, belki, obsady i pokrywy silnie obciążonych łożysk, korpusy pompki, obsady nakrętek itp.).	żł 22	sezonowanie
V. Prowadnice, sanie.	żł 22	hartowanie płomieniowe i sezonowanie
	lub żeliwo utwardzone	sezonowanie
VI. Koła zębate wolnobieżne i słabo obciążone.	żł 22	sezonowanie
VII. Koła zębate wolnobieżne średnio obciążone.	żeliwo stopowe	ulepszanie
VIII. Łożyska podrzędne.	żeliwo łożysk.	—

Chcąc uzyskać dużą odporność na ścieranie przy własnościach ślizgowych przypominających poniekąd żeliwo, stosowano niekiedy stal nadeutektoidalną, poddaną żarzeniu grafityzującemu (rozkład cementytu). Stosowanie tej drogiej obróbki, nie zawsze zresztą dającej zadowalający wynik, do materiału również kosztownego, okazało się niepotrzebne. Wiadomo, że można uzyskać przy żelwie perlitycznym wysoką twardość i bardzo dobrą wytrzymałość przy pomocy obróbki cieplnej i można drogą powierzchniowego hartowania płomieniowego uzyskać dostateczną twardość i odporność na ścieranie prowadnic żeliwnych. Jest to typowy przykład procesu uszlachetniającego, rozszerzającego możliwości stosowania taniego materiału.

Podjęte w Zakładach H. Cegielski, Poznań, doświadczenia dowiodły, że można tą drogą uzyskać twardości do 500 jednostek Brinella i więcej.

Wstępne próby zostały wykonane bardzo starannie i dały zadawalające wyniki jeżeli chodzi o twardości, wykazywały jednak nawet przy stosunkowo krótkich próbkach odkształcenia hartownicze takich rozmiarów, że usuwanie ich drogą szlifowania byłoby niemożliwe. Stwierdzono jednak następnie, że przy dostatecznie ostrożnym hartowaniu i odlewach o odpowiedniej sztywności, można uzyskać twardości do 450 jednostek Brinella, praktycznie bez odkształceń. Podstawowym warunkiem uzyskania żądanej twardości jest dobre żeliwo, o dostatecznej ilości perlitu, potrzebnego do hartowania. Badane żeliwo wykazało ponad 25 kG/mm² wytrzymałości na rozciąganie w stanie dostarczenia.

Po hartowaniu należy usunąć ewentualne naprężenia wewnętrzne przez długotrwałe sezonowanie w temperaturach około 250 C. Nie stanowi to jednak obciążenia dodatkowego, gdyż w Zakładach H. Cegielski sezonuje się zawsze ważniejsze odlewy dla obrabiarek w temperaturach 250 — 400 C w ciągu ok. 60 godzin, dla usunięcia naprężeń odlewniczych, które wyzwalają się zresztą częściowo dopiero przy obróbce skrawającej. Sezonowanie robi się więc często dopiero po obróbce zgrubnej.

Po sezonowaniu należy dbać o to, by przez niewłaściwe ułożenie długich części nie powstały ponownie odkształcenia pod wpływem ciężaru własnego. Źródłem pojawiających się z czasem odchyłek wymiarowych są bowiem nie tylko naprężenia wewnętrzne termiczne, lecz również opóźniony powrót sprężysty po nieznacznych odkształceniach.

Ogólne wymagania, stawiane gatunkom żeliwa na obrabiarki podane są w Zestawieniu I.

3. Stal do budowy obrabiarek.

Różnorodność gatunków stali, stosowanych do budowy obrabiarek, znajduje swoje uzasadnienie w dużej rozpiętości przewidywanych naprężeń oraz szerokiej skali zadań, spełnianych przez poszczególne części.

Rola staliwa ogranicza się do niewielkiej liczby mniej odpowiedzialnych części. Ponadto stosuje się następujące normalne gatunki kutych wzgl. walcowanych stali węglowych i stopowych:

1) Stale maszynowe normalnej jakości wg. PN/H-221 zależnie od stopnia obciążenia i warunków pracy.

2) Stale stopowe do ulepszania i do nawęglania wg. PN/H-250 ogranicza się do wytworów bardzo odpowiedzialnych i szczególnie silnie obciążonych.

Ostatnia grupa stali nasuwa pewne zastrzeżenia, szczególnie w odniesieniu do części o niewielkich przekrojach, do których nie jest konieczne stosowanie stali stopowych. Zastrzeżenie to jest szczególnie ważne w naszych skromnych warunkach, skoro zasobniejszy przemysł radziecki obywa się na ogół w obrabiarkach bez stali z zawartością niklu. Ogranicza się on do stosowania tańszych stali chromowych i chromowo-manganowych nawet do bardzo odpowiedzialnych części obrabiarek. Jedynie wyroby poddawane azotacji zawierają z konieczności dodatkowo molibden i glin.

Dlatego też z zadowoleniem należy powitać podjętą przez przemysł hutniczy produkcję zastępczych stali stopowych. Dzięki niej można stale chromowo-niklowe do ulepszenia w wielu wypadkach zastąpić nie tylko stalami chromowo-molibdenowymi, lecz nawet znacznie tańszą stalą krzemowo-manganową w rodzaju 67.1.35 (znak hutniczy TMS 1) w stanie ulepszonym ceplnie do żądanej wytrzymałości. Podobne stale, znane już od dawna jako stale resorowe, zdały już egzamin nawet w ciężkich warunkach pracy przy obciążeniach zmiennych.

Nie ulega wątpliwości, że stale te spełnią zadanie należycie, a jedynie duża doza poczucia odpowiedzialności oraz dążenie do wytwarzania maszyn bezwzględnie niezawodnych w pracy nakazuje na razie pewną ostrożność w stosowaniu tych gatunków. Z tego też powodu potrzebne jeszcze będzie przeprowadzenie prób kontrolnych na dużej maszynie, nadającej się do badania zmęczenia giętno-obrotowego nawet na gotowych wałkach. Pozwoli to dopiero na bezsporne ustalenie przydatności różnych gatunków stali do produkcji wałków, zależnie od ich kształtu, wymiaru i przeznaczenia.

Do nawęglania nie stosuje się tanich stali manganowych wzgl. krzemowych. Stale czysto manganowe przegrzewają się nadmiernie w warstwie nawęglonej, a zawartość krzemu utrudnia nawęglanie, przeciwdziałając wnikaniu węgla w głąb stali. W miejsce stali chromowo-niklowych do nawęglania można jednak z powodzeniem zastosować stale chromowo-manganowe w rodzaju stali 62.1.15 (znak hutniczy CMC 1), odznaczające się mniejszą wrażliwością na przegrzanie niż stale czysto manganowe. Stal ta odznacza się nieco słabszym przehartowaniem od chromoniklowych; uwydatnia się to jednak w większym stopniu dopiero przy przekrojach znacznie grubszych od stosowanych w obrabiarkach do części nawęglanych. Zachodzi natomiast niekiedy obawa uzyskania zbyt dużych twardości rdzenia przy wyrobach cienkich. Byłoby to szczególnie niepożądane w wypadkach, gdy przewidziana jest wykańczająca obróbka skrawająca po hartowaniu. Chroni się wówczas odnośne miejsca przed nawęglaniem lub też usuwa się lokalnie warstwę nawęgloną przed hartowaniem. Miejsca te nie powinny wówczas wykazywać większej twardości niż 30 jednostek Rockwella C. Nadmiernej twardości rdzenia wyrobów cienkich można jednak w tych wypadkach uniknąć przez zastosowanie dostatecznie niskiej temperatury hartowania, np. 790 — 810 C dla stali 62.1.15. Do uzyskania pełnej twardości warstwy nawęglonej wystarczy ta temperatura w zupełności. Do przedmiotów stosunkowo grubych można stosować temperatury wyższe, ok. 820 — 840 C, co wpływa korzystnie na przehartowanie rdzenia i zapewni i tym wymiarom dostateczną twardość w przekroju.

Z powyższego widać, że omawiane stale zastępcze można z korzyścią zastosować w budowie obrabiarek.

Nawęglanie jest kosztowne, podobnie jak i inne procesy cementacyjne, gdyż wymaga wielogodzinnego nagrzewania. Długotrwałe przebywanie w stosunkowo wysokiej temperaturze odbija się na ogół niezbyt korzystnie na mikrobudowie warstwy nawęglonej, której przemiana A₃ leży znacznie niżej. Nawet

następne jedno- czy dwukrotne hartowanie nie zdoła niekiedy usunąć bez reszty śladów tego przegrzania.

Nic też dziwnego, że hartowanie powierzchniowymi prądami wysokiej częstotliwości budzi dziś powszechne zainteresowanie. Obróbka ta wymaga za ledwie parę sekund, jest więc tania i nadaje się do masowej produkcji. Wykorzystanie energii elektrycznej jest lepsze niż przy nagrzewaniu w piecach. Stosowne stale do ulepszania nagrzewa się powierzchniowo do temperatury hartowania, bez nadmiernego przegrzewu. Przypadkowe przekroczenie tej temperatury wywołuje zresztą w ciągu kilku sekund znacznie mniej szkody niż przegrzanie, powstałe w czasie długotrwałego grzania w piecu.

Śród gatunków stali, stosowanych w skromnym zakresie do budowy obrabiarek, należy jeszcze wymienić stal automatową. Jest to najczęściej miękka stal węglowa z zawartością siarki do 0,3% dla ułatwienia skrawalności, oraz nieco zwiększoną zawartością manganu dla unikania kruchości na gorąco, związanej z obecnością siarki. Dostarczana jest

Zestawienie II.

Zastosowanie stali w budowie obrabiarek.

Zastosowanie	gatunek	obróbka cieplna
I. Wrzeciona:		
mało obciążone, grube, do ciężkich obrabiarek w łożyskach tocznych	0045	normalizowanie
średnio obciążone, cienkie w łożyskach tocznych	0045	ulepszanie
silnie obciążone w łożyskach tocznych	67.1.35	ulepszanie
średnio obciążone, narażone na ścieranie w łożyskach ślizgowych	0055	hartowanie indukcyjne lub płomieniowe
jak wyżej	2.1.15	nawęglanie
silnie obciążone w łożyskach ślizgowych	67.1.35	ulepszanie i hartowanie indukcyjne lub płomieniowe
jak wyżej	24.1.35	ulepszanie i azotacja
jak wyżej	62.1.15	nawęglanie
II. Wałki:		
słabo obciążone	0045	normalizowanie
średnio obciążone	0045	ulepszanie
silnie obciążone	67.1.35	ulepszanie
narażone na ścieranie	0016	nawęglanie
średnio obciążone, przy silnym ścieraniu	0055	hartowanie indukcyjne
silnie obciążone, narażone na ścieranie	2.1.15	nawęglanie
jak wyżej	67.1.35	hartowanie indukcyjne lub płomieniowe
III. Ślimaki:		
o średnich obrotach i średniej dokładności	67.1.35	ulepszanie
silnie obciążone względnie o wymaganej dużej dokładności	2.1.15	nawęglanie

w postaci prętów przeciąganych na zimno, dzięki czemu odznacza się dużą dokładnością wymiarową oraz zwiększoną wytrzymałością. Wytwarza się z niej na automatach drobne mało odpowiedzialne części masowego wyrobu.

W załączonym Zestawieniu II — podane są właściwsze gatunki stali dla typowych części obrabiarkowych.

4. Metale nieżelazne i materiały niemetaliczne.

Ilościowo udział metali nieżelaznych w budowie obrabiarek jest bardzo niski. Niemniej spełniają one doniosłe zadania, szczególnie dzięki następującym cechom:

- 1) dobrym własnościami ślizgowymi,
- 2) odporności na korozję.

Zastosowanie	gatunek	obróbka cieplna
IV. Koła zębate		
mało obciążone wolnobieżne	035	—
średnio obciążone wolnobieżne	0045	ulepszanie
silnie obciążone wolnobieżne	67.1.35	ulepszanie twarde
średnio obciąż. szybkobieżne	0016	nawęglanie
jak wyżej	0055	hartowanie indukcyjne
silnie obciążone, odporne na uderz., szybkobieżne	62.1.15	nawęglanie
podlegające wyjątkowo silnym naciskom równomiernym, szybkobieżne	12.1.50	ulepszanie twarde
V. Sprzęgła kłowe		
mniej obciążone i przy małej ilości przełączeń	0055	ulepszanie
silnie obciążone, częste przełączania	2.1.15	nawęglanie
VI. Inne części obrabiarek:		
mało odpowiedzialne, zależnie od wymaganej wytrzymałości	015 L do 055 L 010 W do 055 W	normalizowanie
odpowiedzialne, zależnie od wym. wytrzymałości	0025 do 0065	normalizowanie
silnie obciążone	0045 do 0065	ulepszanie
bardzo odpowiedzialne i silnie obciążone	67.1.35	ulepszanie
narażone na silne ścieranie	0016	nawęglanie
pracujące wyłącznie na ścieranie (np. płytki, sprzęgła)	00110	zgniot (walcowanie na zimno)
silnie obciążone i podlegające ścieraniu	0055	hartowanie indukcyjne
jak wyżej	2.1.15	nawęglanie
śrubki i inne części normalne	stal automatowa	—
łożyska toczne	2.1.100	hartowanie

Pierwsza cecha jest niezmiernie ważna w wypadku wzajemnego tarcia między smarowanymi wzgl. niesmarowanymi powierzchniami metalicznymi. Tę bardzo istotną rolę stopów nieżelaznych zdołano do pewnego stopnia ograniczyć przez zastosowanie łożysk tocznych na dużą skalę. Niemniej pozostają jeszcze zawsze pewne łożyska ślizgowe i inne części, wykonywane ze stopów, należących najczęściej do jednej z następujących klas:

1) Brązy cynowe.

Posiadają one szczególnie dobre własności ślizgowe w pracy na stali. Szczególnie korzystnie zachowują się brązy o zawartości 12 — 14% Sn, które, zwłaszcza przy szybszym stygnięciu, dzięki likwacji kryształów, zawierają już stosunkowo dużo twardego eutektoidu na tle miększych ziaren roztworu stałego. Przy odlewie odśrodkowym, oznaczającym się dodatkowo dużą ścisłością i drobnociarnością otrzymujemy własności szczytowe.

Uzyskuje się przy tym na ogół następujące twardości:

Skład		Odlew piaskowy	Odlew odśrodkowy
Cu%	Sn%	H _B 10/500 30	H _B 10/500 30
88	12	80 — 95	90 — 110
86	14	90 — 110	115 — 165
80	20	ok. 180	ok. 220

Najczęściej stosuje się jednak obecnie w budowie obrabiarek brązy o zawartości 8 — 10% Sn. Ustępuje on coprawda jako odlew poprzednio wymienionym gatunkom. Nadaje się jednak do obróbki plastycznej, polepszającej znacznie jego własności.

Uzyskujemy przy tym następujące twardości:

w odlewie piaskowym	H _B = 60,
w odlewie odśrodkowym	H _B = 80 — 95,
walcowany i zmiekkzony	H _B = 80 — 90,
przeciągany i odpuszczony cieplnie	H _B = 110 — 150,
twardo zgnieciony (przeciągany)	H _B = 150 — 200,
bardzo twardo zgnieciony (przeciągany)	H _B = 200 — 240.

Równocześnie poprawiają się własności ślizgowe.

Dostarczony w postaci prętów i rur przeciąganych, stanowi wygodny półprodukt do wyrobu tulei łożyskowych, nakrętek do śrub pociągowych, oraz t. zw. kamieni służących do włączania i wyłączania sprzęgieł i kół zebatych.

Dzięki odporności na korozję i odpowiedniej wytrzymałości jest on również stosowany do wyrobu pompek oleju, emulsji wzgl. wody.

Również i przy tym gatunku otrzymuje się lepsze wyniki w łożyskach w wypadku niejednorodności mikrobudowy wskutek pojawienia się dodatkowej fazy.

Proponowano dodatki ok. 1,5% Cr i 1,5 Fe.

2) Brązy specjalne

Brązy ołowiane są materiałem łożyskowym wysokiej jakości. Twardość ich jest niższa niż przy brązach cynowych, gdyż miękki ołów nie rozpuszczając się występuje w postaci wolnej obok również stosunkowo miękkich ziaren miedzi. Również i niewiel-

kie dodatki niklu są stosowane dla utwardzenia. Dodatki cyny utwardzają te stopy, bądź to przez utworzenie roztworu stałego z miedzią, bądź też, przy większych ilościach, wskutek powstawania twardego, kruchego eutektoidu miedziowo-cynowego.

Dzięki temu zachowują się brązy ołowiane korzystniej od twardej brązy cynowych przy „docieraniu się” nowych panewek, oraz w wypadkach niedostatecznego dopływu smaru. Dzięki swej plastyczności są odporne na obciążenia gwałtowne, szarpiące wzgl. uderowe, szczególnie w wypadku drobnej, równomiernej mikrobudowy.

Ze wzrostem różnicy twardości składników wzrasta obciążalność lecz i wrażliwość stopu przy niedostatecznym smarowaniu.

Przykładami są następujące rozpowszechnione gatunki:

Gatunek	Pb%	Sn%	Ni%	Cu%	twardość H _B 10/500/30
Brąz ołowiany	27 — 30	—	—	reszta	30 — 35
„ ołowio-cynowy	10	10	1	„	60 — 90

Stosowane są również brązy glinowe, np. o zawartości 8 — 10% Al na łożyska, oraz dodatkowo Ni, Mn, Si wzgl. Fe na wyroby bardzo twarde i odporne na ścieranie:

Al%	Ni%	Mn%	Cu%	Twardość H _B 10/500,30
8 — 10	4 — 6	1	reszta odlew	110 — 140
			kuty	160 — 190

Wymienić należy jeszcze stopy objęte nazwą *Kuprodur*, zawierające poza miedzią jeszcze nikiel i krzem. Są one zdolne do utwardzania się pod wpływem wydzielenia się Ni₃Si (objawy starzenia).

Do płytek sprzęgła ciernego (pracujących naprzemiennie z płytkami z twardej stali 00110) stosuje się np. stop o zawartości 6% Ni, 2% Si, reszta Cu. H_B = 90 — 250 (zależnie od obróbki cieplnej). Zarówno brązy cynowe jak i specjalne stosowane są do łożysk o dużym nacisku właściwym.

3) Stopy łożyskowe.

Grupa ta obejmuje różne stopy cyny począwszy od klasycznych gatunków o zawartości ponad 80% Sn do stopów zastępczych zawierających zaledwie 10% wzgl. 5% Sn. Zawierają one wszystkie z reguły około 10 — 15% Sb oraz 1 — 10% Cu; resztę stanowi ołów. Kryształy Sb wzgl. Sb₃Sn₃ nadają stopowi pewną twardość. Tkwią one jednak w miękkiej osnowie ołowiano-cynowej, dzięki czemu przy nierównym nacisku panewka do pewnego stopnia dopasowuje się do wału. Zadaniem miedzi jest stworzenie szkieletu iglastych kryształów Cu₂Sb, zapobiegającego częściowo likwacji.

Stopy te posiadają wyjątkowo korzystne własności ślizgowe przy mniejszych naciskach a dużych obrotach.

Stopy bogate w cynę znoszą wyższe naciski i temperatury od ubogich w cynę. Są one również szczególnie niewrażliwe na nieodpowiednie warunki odlewania.

Poza materiałem panewki, wpływają na pracę łożyska jeszcze inne czynniki, jak: gatunek stali czopa, stan jego powierzchni i twardość (czopy twarde

dają lepsze wyniki), kształt łożyska, rodzaj i wielkość obciążenia oraz nierównomierność jego rozkładu, sposób smarowania, gatunek smaru, chłodzenie itp. Należy je uwzględnić przy ocenie względnie wyborze materiału łożyskowego.

Ponadto bywają niekiedy stosowane na łożyska stopy zastępcze:

Mosiądz specjalny: 36% Zn, do 3% Mn, do 3% Pb, reszta Cu

Brąz krzemowo-olowiowy: 3% Si, 3% Pb, reszta Cu

Stop lekki 1: 14% Si, 4,5% Cu, 0,7% Mg, 0,8% Mn, 1,5% Ni reszta Al

Stop lekki 2: 21% Si, 1,5% Cu, 0,6% Mn, 1,5% Ni, 1,2% Co, reszta Al

Stop cynkowy 1: 4% Al, 1% Cu, reszta Zn.

Stop cynkowy 2: 10% Al, 1% Cu, reszta Zn.

Mosiądze specjalne, a szczególnie brązy krzemowo-olowiowe nie dorównują normalnym brązom łożyskowym. Są one uważane za materiał zastępczy, bezcynkowy, w krajach dobrze zaopatrzonych w miedź (np. w Rosji). Wymienione wyżej stopy lekkie dają korzystne wyniki w pracy. Póki jednak nie uruchomimy własnej produkcji, nie będą one dla nas również w pełnym tego słowa znaczeniu, stopami zastępczymi.

Na naszym terenie najkorzystniejsze byłoby stosowanie stopów cynkowych. Posiadają one następujące zalety: dużą twardość ($H_B = 70 - 110$), dobrą wytrzymałość na ściskanie, a tym samym znaczną odporność na ścieranie i zdolność do przyjmowania wysokich nacisków statycznych. Jako cechy ujemne należy wymienić: wysoka twardość utrudnia nieco docieranie się panewek; duży współczynnik rozszerzalności ($26 \cdot 10^{-6}$ dla stopów, $30 \cdot 10^{-6}$ dla cynku) wymaga szczególnych zabiegów w wypadku wlewania stalowych panewek (o współczynniku rozszerzalności ok. $11 \cdot 10^{-6}$). Łożyska o małym luzie można tylko wówczas stosować, jeśli się one zbyt nie nagrzewają. Współczynnik tarcia między stopami cynku a stalą jest duży, należy więc szczególnie dbać o dobre smarowanie i unikanie suchego tarcia, wywołującego zażeranie się.

Z metali spiekanych znalazły się między innymi następujące materiały zastosowane do budowy łożysk:

Brąz spieczony: 88,5% Cu, 10% Sn, 1,5% grafitu

Żelazo spieczone: 88,5% Fe, 10% Sn, 1,5% grafitu

lub: 98,5% Fe, 1,5% grafitu

Dzięki swej porowatości wchłaniają przy 100°C objętościowo ok. 30% smaru, po czym mogą pracować nawet bez dodatkowego smarowania. Docieranie się łożyska jest łatwe, własności ślizgowe dobre.

Z metali nieżelaznych znajdują ponadto zastoso-

wanie: miedź na rurki do oleju oraz emulsji, mosiądz na drobną armaturę, sitka olejowe, tabliczki, glin np. na skale i inne drobne części oraz olów na uszczelki.

Wprowadzenie stopów zawierających cynk jako główny składnik, byłoby ze stanowiska gospodarczego nader pożądane, jednak ze względów technicznych nieco przedwczesne. Stopy łożyskowe, spiekane z proszków metalicznych, znajdują również częściowe zastosowanie w obrabiarkach.

Należy rozpocząć akcję wymienną od części mniej odpowiedzialnych, jak np. miedzianych przewodów do oleju i emulsji. Cynk jest odpornym na działanie oleju i mydła. Wymiana byłaby możliwa gdyby przemysł cynkowy dostarczał cienkie rurki ze stopów cynku odpowiedniej jakości, odporne na korozję międzykrystaliczną, na których trwałość na długie lata możnaby liczyć.

W pierwszym rzędzie należałoby zastąpić tabliczki mosiężne na maszynach tabliczkami z blachy cynkowej, powlekany galwanicznie metalami bardziej szlachetnymi.

Materiały niemetaliczne odgrywają w budowie obrabiarek skromniejszą rolę. Poza wziernikami celuloidowymi, są to głównie szeliwa, jak fibra, klingeryt, guma, filc itd. Niemniej i tu odpowiedni dobór materiału jest bardzo ważnym czynnikiem, zabezpieczającym przed niespodziankami w czasie pracy.

Wnioski.

Racjonalny dobór materiałów powinien być oparty o szczegółową analizę warunków pracy poszczególnych części obrabiarek. Tą drogą można uniknąć niepotrzebnego stosowania nadmiernie kosztownych gatunków.

Podane zestawienia nie są pomyślane jako sztywne i wiążące recepty, lecz stanowią zalecenia. Wyboru musi dokonać odpowiedzialny konstruktor, z uwzględnieniem szczegółowych warunków pracy i przeznaczenia, oraz na podstawie obliczeń wytrzymałościowych.

Przytoczono szereg materiałów zastępczych, których zastosowanie byłoby korzystne dla naszej gospodarki. Przed wprowadzeniem tychże do produkcji seryjnej, należałoby przeprowadzić pewne doświadczenia wstępne, gdyż obrabiarki, oddawane do rąk konsumentów, muszą być bezwarunkowo niezawodne.

Ponieważ stosowane w obrabiarkach ilości stali stopowych i metali kolorowych są nieduże, należy ujednostajnić gatunki, stosowane w całym przemyśle obrabiarkowym, dla zmniejszenia liczby stosowanych gatunków.

ERRATA

W artykule *inż. mech. Tadeusza Riedla* p. t. „Analiza opłacalności pomocy warsztatowych”, zamieszczonym w zeszycie 7-8'48 „Przegląd Mechaniczny” zaszły następujące błędy drukarskie:

str. 286, szpalta prawa, wiersz 29 od góry — zamiast „wykonaia” powinno być „wykonania”

str. 288, wzór (12) zamiast:

$$i > i_1 = \frac{A_2 - A_2}{(r_{g1} + t_1 q_{t1}) - (r_g + t_2 q_{t2})}$$

powinien być

$$i > i_1 = \frac{A_2 - A_1}{(r_{g1} + t_1 q_{t1}) - (r_{g2} + t_2 q_{t2})}$$

str 290, rysunek 10 — litera *a* określająca zakres ilości sztuk od 0 do 245, została mylnie umieszczona na prawo od liczby 245.

Regulacja temperatury pary przegrzanej w kotłach parowych

Inż. JERZY ŁASZKIEWICZ

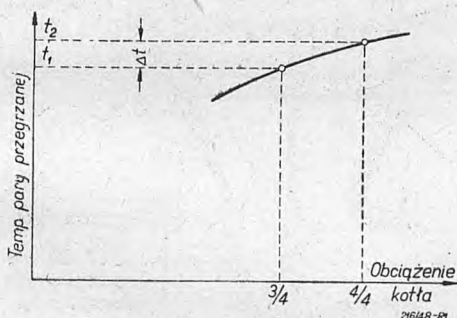
Potrzeba regulacji temperatury pary przegrzanej. Zależność temperatury przegrzania od obciążenia kotła. Regulacja temperatury przegrzania przez zmianę ilości przepływających gazów grzejnych. Regulacja temperatury przegrzania przez odprowadzenie części ciepła do wody w walczaku kotła. Regulacja międzystopniowa. Regulatory wtryskowe. Regulacja temperatury we wnętrzu przegrzewacza. Procesy cieplne przy regulacji temperatury we wnętrzu przegrzewacza. Wyniki badań praktycznych.

Temperatura pary przegrzanej w kotłach parowych z przegrzewaczami konwekcyjnymi wzrasta z wzrostem obciążenia.

Wiadomą rzeczą jest, że siłownie parowe pracują najekonomiczniej przy takiej temperaturze pary przegrzanej, dla jakiej z uwagi na wytrzymałość i naprężenia cieplne materiałów zostały zbudowane. Jeżeli z jakichkolwiek powodów kocioł parowy ma produkować parę o przegrzaniu optymalnym, przy obciążeniu niższym niż nominalne, to wówczas z góry należy zbudować przegrzewacz o takiej wielkości, która by umożliwiła uzyskanie tego optymalnego stopnia przegrzania.

Przy obciążeniu nominalnym wzrośnie temperatura pary przegrzanej do granicy, która z uwagi na jakość materiałów samego przegrzewacza, jak też i turbiny parowej, może być niedopuszczalna.

W takich wypadkach musi być zastosowany regulator, za pomocą którego można temperaturę pary przegrzanej obniżyć.



Rys. 1. Zależność temperatury pary przegrzanej od obciążenia kotła.

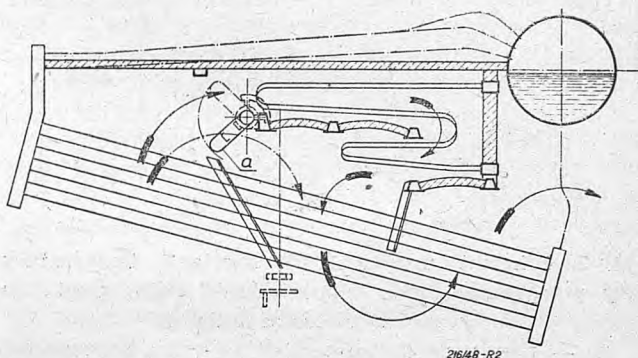
Na rysunku 1 przedstawiona jest temperatura pary przegrzanej jako funkcja obciążenia kotła. Jeżeli np. najwyższa dopuszczalna temperatura pary przegrzanej t_1 jest osiągalna przy $3/4$ obciążenia nominalnego, to przy obciążeniu $4/4$ wzrośnie ona do t_2 . Różnica $\Delta t = t_2 - t_1$ musi być skompensowana przez regulator.

Dotychczas stosowane były w kotłach parowych dwa zasadnicze sposoby regulowania temperatury pary:

- 1) Przez zmniejszenie ilości gazów grzejnych przepływających przez przegrzewacz, za pomocą klap i zasuw.
- 2) Przez chłodzenie pary poza przegrzewaczem w ten sposób, że para przegrzana, płynąc do miejsca zużycia, oddaje część swego ciepła przegrzania, lecz zawsze tylko część tego ciepła, bądź np. wodzie w walczaku kotłowym, bądź też wo-

dzie kotłowej, doprowadzonej do powierzchniowego ochładzacza lub wreszcie wodzie wtryskiwanej do przewodu pary przegrzanej za pomocą specjalnych dysz.

Sposób regulacji za pomocą zmniejszenia ilości gazów grzejnych uwidoczniony jest schematycznie na rysunku 2.



Rys. 2. Regulacja temperatury pary przegrzanej przez zmianę ilości przepływających gazów.

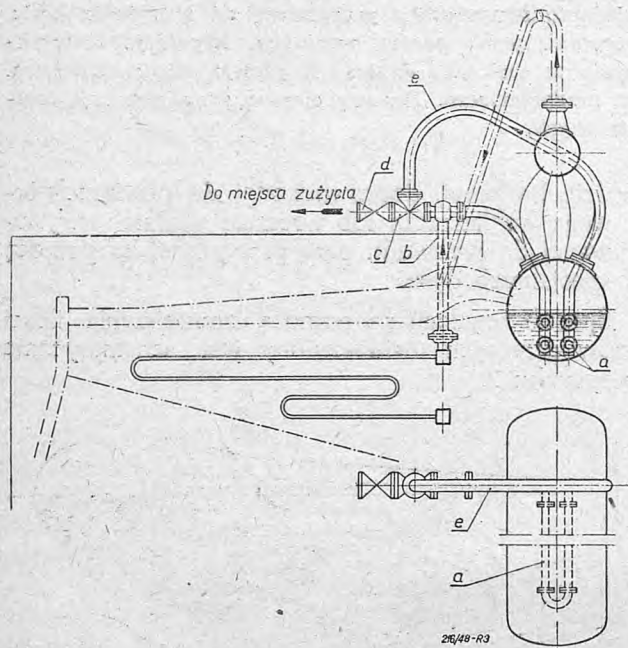
Kłapa blaszana a , chłodzona powietrzem, obracana jest za pomocą przekładni ślimakowej ze stanowiska palacza.

W położeniu zakreślonym pełną linią, cała ilość spalin przechodzi przez przegrzewacz. W położeniu zakreślonym linią przerywaną, część spalin omija przegrzewacz i na skutek zmniejszonej ilości spalin, biorących udział w wymianie ciepła, obniża się temperatura pary w przegrzewaczu.

Sposób ten jest dziś już prawie zarzucony, zwłaszcza gdy chodzi o kotły wodnorurowe, a to zarówno z powodu nietrwałości przyrządów regulujących, narażonych na wysokie temperatury, jak też i z tej przyczyny, że przez zmniejszenie ilości gazów grzejnych, przepływających przez przegrzewacz, względnie wyeliminowanie pewnej części powierzchni ogrzewanej z obiegu gazów grzejnych, obniżony zostaje współczynnik termiczny użyteczności kotła.

Rys. 3 przedstawia regulator temperatury pary grupy drugiej, wbudowany w walczaku kotłowym. Rura a o odpowiednim przekroju w kształcie litery U , ułożona jest w przestrzeni wodnej walczaka. Końce rur wyprowadzone są na zewnątrz walczaka i zaopatrzone w kołnierze dla połączenia z przewodami parowymi. Para przegrzana z przegrzewacza przechodzi przez rurę b i za pomocą odpowiednio nastawianego trójdrogowego zaworu mieszającego c może być skierowana przez główny zawór parowy d do miejsca zużycia wprost lub też do rury a . Tu od-

daje para część swego ciepła przegrzania wodzie kołowej, omywającej rurę *a* i z odpowiednio obniżoną temperaturą przechodzi przez przewód *e*, zawór trójdrogowy *c*, zawór parowy *d* do miejsca zużycia.



Rys. 3. Schemat urządzenia do regulacji temperatury pary przegrzanej przez odprowadzenie części ciepła do wody w walczaku kotła.

a — rura wymiennika ciepła, *b* — rura doprowadzająca parę przegrzaną do wymiennika ciepła, *c* — zawór trójdrogowy, *d* — główny zawór parowy, *e* — rura odprowadzająca parę przegrzaną z wymiennika.

W zależności od stopnia przegrzania i obciążenia kotła można rozdzielać całą ilość pary na dwa strumienie tak, że w rezultacie otrzymuje się za zaworem *d* parę o żądanej temperaturze.

Dalszy przykład powierzchniowego regulatora temperatury pary pokazany jest na rys. 4. Między korpusem regulatora *a* i płaszczem *b* zakleszczona jest płyta *c* z zawalcowanymi rurkami *d* w kształcie litery *U*. Korpus regulatora temperatury połączony jest z wylotem przegrzewacza. Wbudowana w korpusie kłapa *e* jest obracalna. Za pomocą odpowiedniego nastawienia tej kłapy — w zależności od stopnia przegrzania — można kierować parę bądź bezpośrednio do miejsca zużycia, bądź do rurek w płaszczu regulatora. Rurki omywane są wodą, pobraną z przestrzeni wodnej walczaka kotłowego. Para przegrzana, przepływając przez rurki, oddaje część swego ciepła przegrzania wodzie i wskutek tego obniża się odpowiednio temperatura. Woda chłodząca rurki przez pobranie ciepła przegrzania paruje i dostaje się przewodem do przestrzeni parowej walczaka.

Opisane wyżej regulatory grupy drugiej usuwają wprawdzie niebezpieczeństwo wzrostu temperatury, którego nie wytrzyma turбина, wzgl. maszyna parowa jednakowoż nie usuwa trudności, jakie mogą zaistnieć przy wysokich temperaturach pary w samym przegrzewaczu.

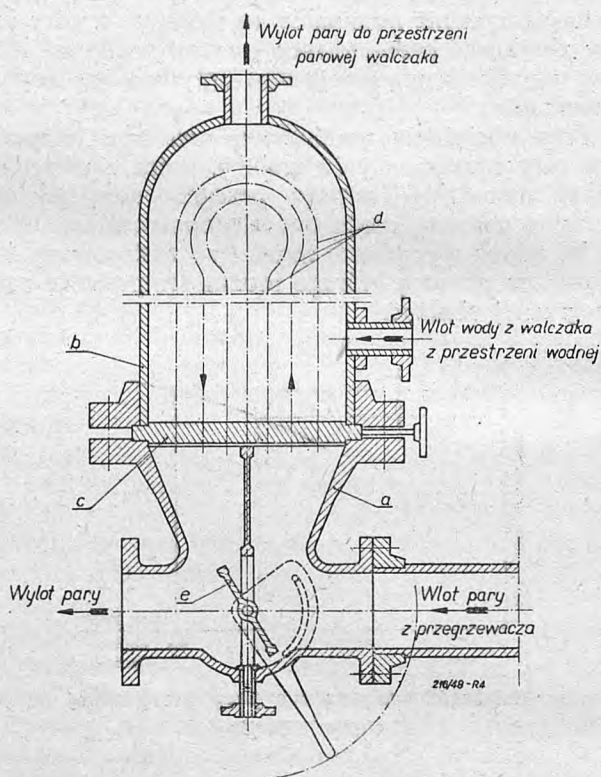
Wiadomą rzeczą jest, że temperatury pary 450 C i wyżej stal węglowa — z uwagi na granicę plastycz-

ności i wytrzymałość trwałą w stanie gorącym — nie opanowuje i elementy przegrzewacza muszą być wykonane ze stali stopowej. Dotyczy to części węzownic, komory zbiorczej przy wylocie i armatury.

Jeżeli żądana temperatura pary za przegrzewaczem przy pewnym obciążeniu kotła wynosi np. 425 C, to przy obciążeniu nominalnym i szczytowym może wzrosnąć np. do 450 C. Regulator wbudowany za przegrzewaczem może ją zmniejszyć do 425 C, lecz zabieg ten nie chroni węzownic i innych elementów przegrzewacza ze stali węglowej przed przedwczesnym zniszczeniem.

W takich wypadkach, leżących na granicy stosowania stali węglowej, można uniknąć konieczności wykonania elementów przegrzewacza ze stali stopowej, stosując regulator międzystopniowy.

Schematyczny rysunek 5 objaśnia zasadę pracy regulatora tego typu.



Rys. 4. Regulator temperatury pary przegrzanej, odprowadzający część ciepła do wody z walczaka kotła.

a — korpus regulatora, *b* — płaszcz regulatora, *c* — płyta sitowa, *d* — rurki wymiennika ciepła, *e* — kłapa.

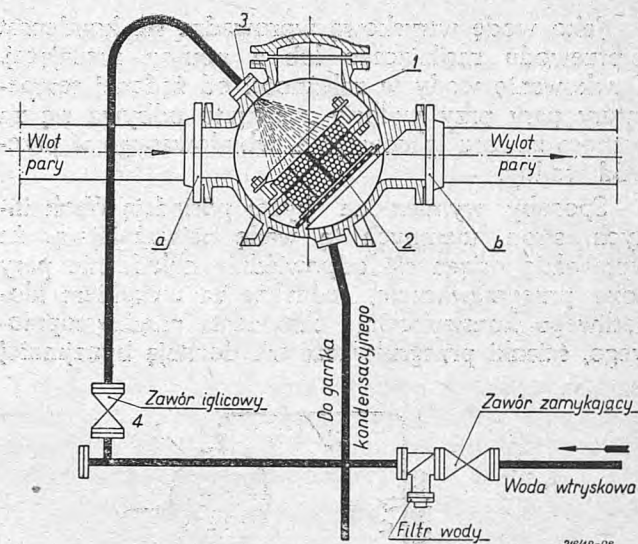
Para nasycona, doprowadzona ze zbiornika pary do komory zbiorczej przegrzewacza, przechodzi przez węzownice w kilku ciągach. Przed przejściem przez ostatnią grupę węzownic w ostatnim ciągu wbudowana w komorze zbiorczej przepona i kieruje parę już przegrzaną do pewnej temperatury do rury wewnętrznej 2, umieszczonej w dolnej komorze zbiorczej 3. Dla umieszczenia rury 2 wewnątrz komory 3 oraz utworzenia dookoła rury 2 przestrzeni pierścieniowej 4, potrzebnej dla dalszej cyrkulacji pary, koniec komory zbiorczej wykonany jest o większym przekroju. Część pary przechodzi z rury 2 przez wycięte w niej otwory 5 do przestrzeni pier-

ścieniowej 4 w komorze 3, część zaś przepływa przez wycięcia w cylindrze obrotowym 6, umieszczonym w korpusie regulatora 7 i jest kierowana do rurek 8 zawalcowanych w płycie 9, która jest zakieszczona między kołnierzami korpusu regulatora 7 i płaszczą 10. Do płaszczki tego jest doprowadzona woda kotłowa z walczaka kotłowego i omywa rurki 8 zewnątrz jako medium chłodzące. Ta część pary, przepływając przez rurki, chłodzi się i płynie w dalszej kolejności do przestrzeni pierścieniowej 4 w komorze 3, miesza się tutaj z parą niechłodzoną. W zależności od stosunku ilościowego obu strumieni pary temperatura całej ilości pary odpowiednio się obniża i przepływa przez ostatnią partię węzownic przegrzewacza, przegrzewając się w nich do żądanej końcowej temperatury.

Cylinder obrotowy połączony jest na zewnątrz z dźwignią 11, za pomocą której można przestawiać i przysłaniać otwory w ścianie działowej korpusu regulatora, kierując w zależności od obciążenia i stopnia przegrzania więcej lub mniej pary przez ochładzacz. Regulator tego typu pozwala w pewnych wypadkach na skuteczne chłodzenie pary, a ponieważ włączony jest przed wylotem z przegrzewacza, zezwala na zastosowanie węzownic ostatniej grupy ze stali węglowej zamiast ze stali stopowej, która byłaby nieunikniona, gdyby regulator był umieszczony za wylotem z przegrzewacza.

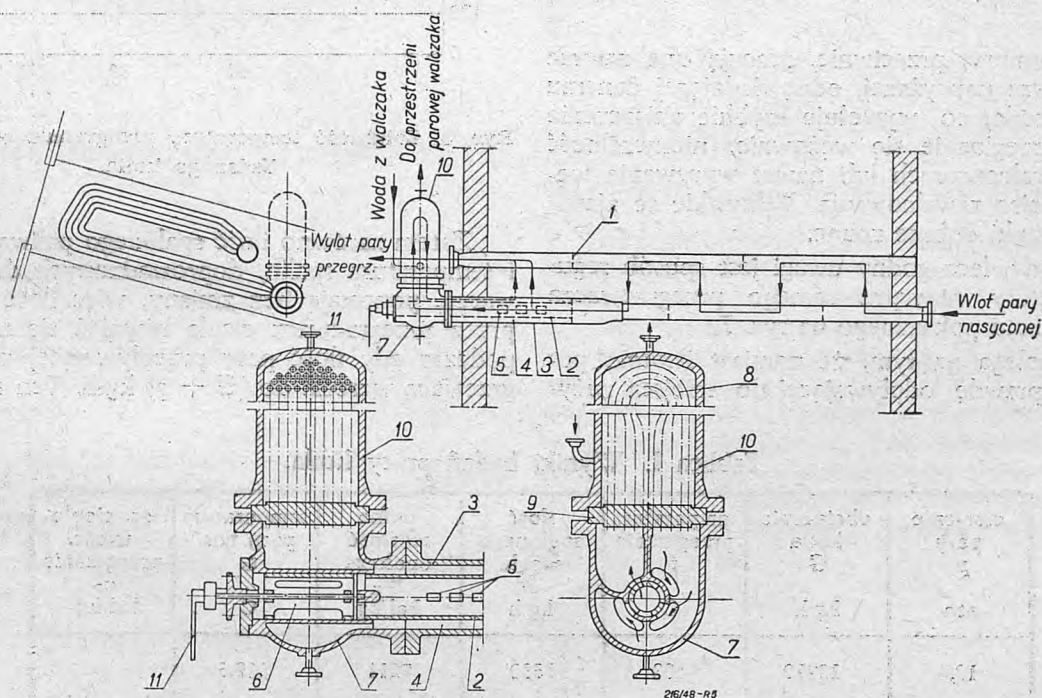
Dźwignia 11 może być połączona z urządzeniem automatycznym, sterowanym za pomocą np. pompy oliwnej, która uruchamiana jest przez termostat, wbudowany w przewodzie pary użytkowej.

Sposób działania regulatora wtryskowego pokazany jest na rys. 6.



Rys. 6. Schemat działania regulatora wtryskowego
11 — połączenie kolnierzowe dopływu pary; 1 — regulator, 2 — filtr z kulkami stalowymi, 3 — dysza wodna, 4 — zawór iglicowy.

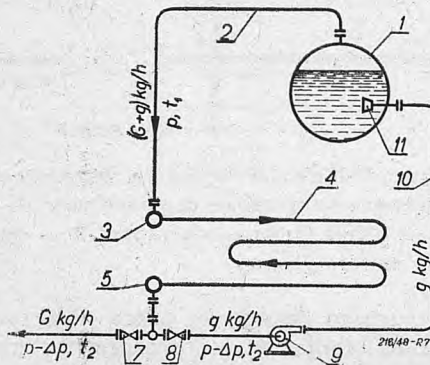
Para przegrzana dostaje się przez połączenie kolnierzowe *a* do regulatora 1 i przepływa przez wbudowany w regulatorze filtr 2, który napelniony jest stalowymi kulkami, spełniającymi zadanie wymienników ciepła o dużej powierzchni. Woda wtryskowa, doprowadzona przez dyszę 3 w formie równomiernej mgły wodnej, zrasza filtr kulkowy. Między parą przegrzaną i wodą następuje wymiana ciepła, przemieszanie oraz parowanie wody. W ten sposób obniża się temperatura pary przegrzanej, która przez połączenie kolnierzowe 3 opuszcza aparat i płynie do miejsca zużycia.



Rys. 5. Schemat działania regulatora międzystopniowego 1 — przepona komory zbiorczej, 2 — rura wewnętrzna, 3 — dolna komora zbiorcza, 4 — przestrzeń obiegowa, 5 — otwory w rurze wewnętrznej, 6 — cylinder obrotowy, 7 — korpus regulatora, 8 — rurki wymiennika ciepła, 9 — płyta siatowa, 10 — płaszcz regulatora, 11 — dźwignia regulatora.

Jako wodę wtryskową wprowadza się kondensat z przewodu zasilającego lub z pompy zasilającej. Dawkowanie wody w zależności od żądanej temperatury pary przy wylocie z aparatu odbywa się za pomocą zaworu iglicowego 4, wbudowanego w przewód wodny.

Sposoby wymienione wyżej posiadają obok innych stron ujemnych tę wadę najważniejszą, że wprawdzie osiąga się odpowiednie chłodzenie pary poza przegrzewaczem, jednakże za wyjątkiem kłopotliwego konstrukcyjnie chłodzenia międzystopniowego, ścianki przegrzewacza nie doznają bynajmniej



Rys. 7. Schemat urządzenia do regulacji temperatury wewnątrz przegrzewacza.

1 — walec kotła, 2 — przewód doprowadzający parę do przegrzewacza, 3 — wlotowa komora zbiorcza przegrzewacza, 4 — węzownice przegrzewacza, 5 — wylotowa komora zbiorcza przegrzewacza, 6 — przewód odprowadzający parę do miejsca zużycia, 7 — zawór odprowadzenia nadmiaru pary, 8 — sprężarka, 9 — przewód do przetłaczania pary do walcza, 10 — przewód do przetłaczania pary do walcza, 11 — dysza.

zniżki temperatury, przeciwnie, pracują one zawsze w temperaturze najwyższej, odpowiadającej danemu obciążeniu kotła, co wywołuje szybkie zniszczenie węzownic, przeginanie się węzownic, nieszczelność połączeń zawalcowanych lub nawet wyrwanie węzownic z miejsc zawalcowania. Wszystkie te zjawiska są z praktyki dobrze znane.

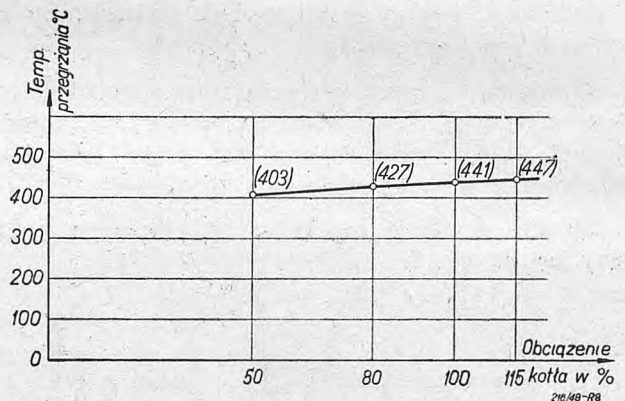
Mało znany, lecz godny uwagi jest sposób regulacji temperatury wewnątrz samego przegrzewacza według schematu pokazanego na rys. 7.

Zasada polega na tym, że zamiast istotnie potrzebnej i naprawdę odpływającej do miejsca zuży-

cia ilości pary G kg/h, przepuszcza się przez przegrzewacz ilość pary odpowiednio zwiększoną $(G+g)$ kg/h tak, ażeby ciepło gazów grzejnych rozdzielić się musiało na większą ilość pary, tj. na $(G+g)$ kg/h zamiast na G kg/h. Najlepiej zobrazuje to rys. 7.

Z walcza kotłowego 1 przechodzi para nasyciona w ilości $(G+g)$ kg/h o ciśnieniu p i temperaturze t_1 przewodem 2 do podgrzewacza, składającego się z wlotowej komory zbiorczej 3, systemu węzownic 4 i wylotowej komory zbiorczej 5. Para przegrzana w przegrzewaczu odpływa przez przewód 6 i zawór 7 do miejsca zużycia w ilości G kg/h o ciśnieniu $p - \Delta p$ i temperaturze t_2 . Δp oznacza spadek ciśnienia w przegrzewaczu. Zaworem 8 odpływa do sprężarki 9 nadmiar pary g kg/h o ciśnieniu $p - \Delta p$ i temperaturze t_2 . Sprężarka podnosi ciśnienie pary o Δp , tj. do ciśnienia kotłowego p i włącza ją przewodem 10 z powrotem do walcza kotłowego przez dyszę 11.

Regulując w ten lub inny sposób wydajność sprężarki można dowolnie zmieniać ilość pary g , a zatem dowolnie regulować temperaturę pary przegrzanej. Ponieważ całe ciepło, zawarte w parze g , wraca z powrotem do kotła, przeto stopień natężenia pracy kotła przez pobór pary g bynajmniej się nie zwiększa.



Rys. 8. Zależność temperatury przegrzania od obciążenia badanego kotła.

Zatem zarówno ilość spalonego paliwa, jak i ilość i temperatura spalin, doprowadzonych do przegrzewacza, pozostają bez zmiany, więc ilość pobranego przez przegrzewacz ciepła również się nie zmienia, podczas gdy ilość pary przepływającej przez przegrzewacz wzrosła do $(G+g)$ kg/h. Ten sposób pra-

Tablica I. Wyniki badań pracy kotła.

ciśnienie pary p atn	obciążenie kotła G kg/h	temperatura przegrzania t °C	ilość spalonego węgla B kg h	dolna wartość opałowa W_u kal/kg	temperatura pary nas. t_s °C	śr. ciepło własc. przegrzania c_p kal/kg
19,4	12970	403	1530	7211	212,6	0,55
19,0	25395	427	2940	7204	211,4	
18,9	32150	441	3761	7297	211,3	
19,3	36960	447	4556	7300	212,6	

cy wywołuje obniżenie się temperatury pary już w samym podgrzewaczu.

Dawkowanie ilości pary g może odbywać się ręcznie lub samoczynnie. W tym ostatnim przypadku termostat, umieszczony w przewodzie użytkowej pary przegrzanej, uruchamia i nastawia za pomocą dowolnych przyrządów działanie sprężarki, dopóki ilość pary g , przepływającej przez przegrzewacz, nie osiągnie tej wielkości, jaka jest niezbędna do obniżenia temperatury z t_1 do t_2 .

Procesy cieplne, zachodzące przy regulacji temperatury pary przegrzanej według powyższej zasady i systemu, naświetlają następujące teoretyczne rozważania:

Jeżeli oznaczymy:

G — ilość pary wytwarzanej w kotle w kg/h,

g — nadmiar pary pobranej z kotła w postaci pary nasyconej, którą należy przepuścić dodatkowo przez przegrzewacz w kg/h,

t_1 — temperatura pary przegrzanej przed zregulowaniem w C,

t_2 — temperatura pary przegrzanej po zregulowaniu w C,

t_s — temperatura pary nasyconej przy danym ciśnieniu,

c_{p_1} — średnie ciepło właściwe przegrzania przy t_1 w kcal/kg,

c_{p_2} — średnie ciepło właściwe przegrzania przy t_2 w kcal/kg,

wówczas mieć będziemy:

$$g \cdot (t_2 - t_s) \cdot c_{p_2} = G \cdot (t_1 - t_2) \cdot c_{p_1}$$

wobec $c_{p_1} = c_{p_2}$

otrzymamy:

$$g = G \cdot \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_s} \text{ kg/h}$$

Ilość ciepła, wprowadzonego z nadmiarem pary g , wyraża się za tym wzorem:

$$Q = g \cdot (t_2 - t_s) = G \cdot (t_1 - t_2)$$

Na tym miejscu przytoczymy przykład z praktyki.

Badania kotła wodnorurkowego, typu sekcyjnego przy różnych obciążeniach dały następujące wyniki¹⁾ podane w tablicy I.

Widzimy stąd, że każdemu obciążeniu odpowiada określona temperatura przegrzania, wzrastająca z obciążeniem.

Rys. 8 przedstawia temperaturę przegrzania jako funkcję obciążenia.

Rozpatrzmy kolejno trzy ostatnie obciążenia. Aby podnieść temperaturę przegrzania z 427 C do 441 C, tj. o 14 C, wypadło zwiększyć obciążenie o 6755

kg/h, czyli o ok. 26,6%. Gdybyśmy chcieli zatem obniżyć przegrzanie nie posiłkując się regulatorem, lecz jedynie przez zmniejszenie ilości paliwa, wypadłoby ilość paliwa zmniejszyć o tyle, aby ilość wytworzonej w kotle pary zmniejszyć o 6755 kg/h, co jest oczywiście nie do pomyślenia, gdyż kocioł musi produkować tyle pary, ile w danym wypadku zużywa turbina.

Posiłkując się natomiast sposobem regulacji według opisaną wyżej zasady, można z łatwością obniżyć temperaturę pary przegrzanej, nie zmniejszając ilości pary wytwarzanej przez kocioł.

Ilość pary, którą musielibyśmy dodatkowo przepuścić przez przegrzewacz, aby obniżyć temperaturę pary z 441 C na 427 C wynosi zgodnie z wyżej wyprowadzonymi wywodami:

$$g = 32150 \cdot \frac{441 - 427}{427 - 211,4} = 2090 \text{ kg/h}$$

Ilość ciepła powracającego do walczaka wynosi w tych warunkach:

$Q = 2090 \cdot (427 - 211,4) \cdot 0,55 = 248000 \text{ kcal/kg}$,
co stanowi:

$$\frac{248000}{3761 \cdot 7297} \cdot 100 = 0,9\%$$

ilości ciepła wytworzonego w palenisku.

Gdybyśmy chcieli wziąć pod uwagę ostatni przypadek obciążenia 36960 kg/h i chcieli obniżyć temperaturę pary z 447 C do 427 C, to wówczas otrzymamy z analogicznego rachunku:

$$g = 36960 \cdot \frac{447 - 427}{427 - 212,6} = 3450 \text{ kg/h}$$

ilości ciepła powracającego do walczaka:

$Q = 3450 \cdot (447 - 212,6) \cdot 0,55 = 445000 \text{ kcal/h}$,
co stanowi:

$$\frac{445000}{4556 \cdot 7300} \cdot 100 = 1,34\%$$

ilości ciepła wytworzonego w palenisku.

Otóż zarówno 0,9%, jak i 1,34% są to ilości ciepła bardzo małe, leżące poniżej tych wahań, jakie zachodzą stale w obciążeniu każdej turbiny i kotła. W sieci, obsługiwanej przez nowoczesną elektrownię, włączane są i wyłączane co chwila setki motorów i tysiące lamp i aparatów elektrycznych domowego użytku tak, że normalnie nieuniknione wahania w obciążeniu turbiny są bez porównania wyższe. Polskie „normy wykonania pomiarów odbiorczych w urządzeniach kotłowych“ PN/U. 104 z roku 1930 dopuszczają np. w czasie odbiorów gwarancyjnych wahania $\pm 15\%$.

Jedynym problemem przy regulacji temperatury pary według wyżej opisanego sposobu jest sprężarka pary. Problem ten jest jednak rozwiązalny. Przytoczymy na tym miejscu chociażby pompę parową w kotłach systemu Löfflera, która przetacza parę z walczaka do podgrzewacza i ponownie do walczaka w ilościach kilkakrotnie wyższych od ilości pary użytkowej przy ciśnieniu 80 — 100 atm.

¹⁾ C. Friedewald: „Untersuchungen an Sektionalkessel“, czasopismo „Die Wärme“, rok 1930 Nr. 9.

Pompy zębate

Inż. ALEKSANDER OGRODZKI

Zakres zastosowania pomp zębatych. Ogólna budowa pompy zębatej. Dobór wymiarów. Koła zębate. Kadłub. Zawór wyrównawczy. Wydajność pompy. Sprawność pompy. Zapotrzebowanie oleju w silnikach spalinowych.

Zębata pompa olejowa lub rzadziej paliwowa (*Junkers*) jest mechanizmem powszechnie stosowanym w silnikach spalinowych lub urządzeniach napędu hydraulicznego. Powodzenie jej należy przede wszystkim przypisać wielkiej prostocie zarówno pod względem konstrukcji jak i działania.

Nowoczesna pompa olejowa składa się z kadłuba z żeliwa lub ze stopu aluminium, w którym umieszczone są dwa koła zębate, przeważnie o jednakowych ilościach zębów. Koło pędzące uzyskuje zwykle napęd od wałka rozrządczego, koło współpracujące obraca się swobodnie na osi osadzonej na stałe w kadłubie pompy. Na częściach obwodów poza obszarem ząbienia wierzchołki zębów przylegają do kadłuba. Zęby tych kół współpracujących normalnie ze sobą przenoszą ciecz we wrębach i przepychają ją stosownie do kierunku obrotu. Rys. 1 przedstawia schemat pompy olejowej. Koło pędzące oznaczamy symbolem 1, zaś pędzone symbolem 2.

Pompy zębate dawnego typu ograniczały się do wyżej opisanej elementarnej konstrukcji, nowe zaś pompy posiadają dodatkowo zaworek wyrównawczy kulkowy, lub częściej stosowany, tłoczkowy, wbudowany w przewód łączący stronę tłoczenia z przewodem ssącym. Tłoczek ten (lub kulka), jak wskazuje przekrój na rys. 1, jest dociśnięty sprężyną o takim napięciu, aby otworzył się w razie nagłego wzrostu ciśnienia oleju (np. zatkanie przewodu lub b. gęsty olej) i aby olej krążył obiegiem zamkniętym w samym kadłubie.

Zagadnienie pompy olejowej podzielimy na następujące działy:

A) Dobór pompy:

1. Koła zębate,
2. Kadłub.
3. Zawór wyrównawczy.

B) Konstrukcja:

1. Wydajność pompy.
2. Sprawność pompy.
3. Zapotrzebowanie oleju.

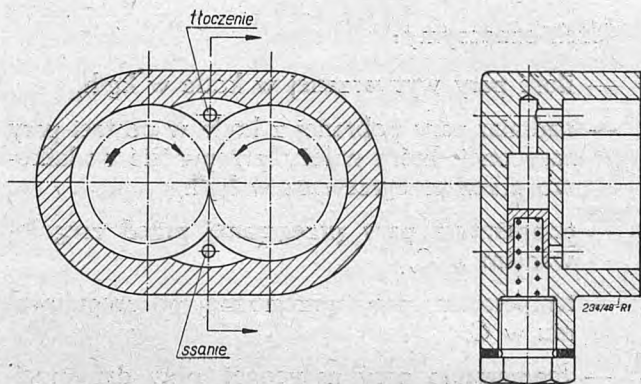
Koła zębate.

Pożądane jest, aby pompa zajmowała możliwie mało miejsca przy jak największym wydatku oleju. W tym celu stosuje się koła o małej ilości zębów i możliwie dużym module lub wysokich zębach, przez co powiększa się wydajność pompy. Dawniej wykonywano koła o ilości zębów od 10 do 20 przy kącie przyporu $\alpha = 20^\circ$. Obecnie dla uzyskania jeszcze mniejszej ilości zębów spotyka się często koła o kącie przyporu 25° a nawet 30° , przy czym stopień pokrycia (liczba przyporu) winien być większy od jedności. Jeśli nie chcemy przeprowadzać korekcji zębów, musimy dać ilość ich nie mniejszą od

granicznej z_g . Graniczną ilość zębów obliczamy z następującego wzoru:

$$z_g = \frac{2 \cdot y}{\sin^2 \alpha};$$

y — współczynnik wysokości zęba.



Rys. 1. Schemat pompy zębatej.

W pompkach stosujemy przeważnie $y = 1$ (rzadziej $y = 1,2$); wtedy ilość zębów z koła pompy musi spełniać następujący warunek:

$$z \geq z_g', \text{ gdzie } z_g' = 5/6 \cdot z_g$$

Dla $y = 1$ mamy następujące wartości z_g' koł:

$\alpha = 20^\circ$	$22^\circ 30'$	25°	30°
$z_g' = 14$	11	9	7

Najczęściej stosuje się moduły $m = 2, 3, 4$.

Przykładowo podajemy, że obecnie spotyka się często koła o $z = 7$ i $\alpha = 30^\circ$. W takim oczywiście wypadku korekcja jest zbędna. Obowiązują następujące wzory:

$$z = z_1 = z_2 = 7, \quad \alpha = 30^\circ$$

Średnica podziałowa: $D = D_1 = D_2 = m \cdot z$

Średnica wierzchołkowa: $D_w = m \cdot z + 2 \cdot m \cdot y$

Średnica dna wrębów: $D_p = m \cdot z - 2 \cdot m \cdot (y + 0,2)$

$$\text{Odległość osi: } a_0 = \frac{m \cdot z}{2};$$

Stosując ilości zębów mniejsze od granicznych, musimy zęby korygować rozsuwając osie, ponieważ $x_1 > 0$ i $x_2 > 0$, gdzie x — współczynnik korekcji.

W wypadku $z < z_g'$ obliczamy minimalny współczynnik korekcji z następującego wzoru teoretycznego:

$$x = y \cdot \frac{z_g' - z}{z_g}, \quad (y = 1).$$

$$z_1 = z_2 = z; \quad x_1 = x_2 = x;$$

Z powyższych danych obliczamy kąt przyporu współpracy (toczny kąt przyporu) dla zazębienia bez luzu.

$$\begin{aligned} (\operatorname{tg} \alpha_i - \tilde{\alpha}_i) &= \frac{2 \cdot (x_1 + x_2)}{z_1 + z_2} \cdot \operatorname{tg} \alpha + (\operatorname{tg} \alpha - \tilde{\alpha}) = \\ &= \frac{2 \cdot x}{z} \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{inv} \alpha; \end{aligned}$$

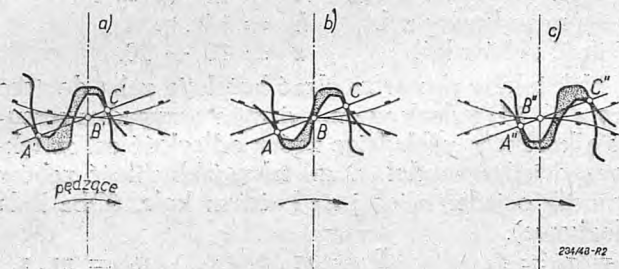
Kąt α_i znajdujemy ze specjalnych tablic funkcji ewolwenty. Mając tę wartość obliczamy ostateczną rzeczywistą odległość osi:

$$a_r = a_o \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_i};$$

Inne wielkości charakterystyczne wynoszą odpowiednio:

$$\begin{aligned} D &= m \cdot z & D_w &= mz + 2(y + x) \cdot m \\ D_p &= mz - 2(y + 0,2 - x) m \end{aligned}$$

Sprawdzić przy tym należy, by luz wierzchołka wy nie był za mały: $l_w \geq 0,16 \cdot m$



Rys. 2. Przestrzeń międzyzębna w której następuje śtłaczanie oleju.

- a — początek zazębienia,
- b — położenie środkowe,
- c — koniec zazębienia.

Stosując małe ilości zębów, oraz korekcję należy obawiać się zaostrenia zęba u wierzchołka. Grubość zęba u wierzchołka obliczamy z następującego wzoru:

$$g_w = D_w \left[\frac{\pi + 4x \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot z} + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_w \right]$$

$$\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{tg} \alpha - \tilde{\alpha} \quad \operatorname{inv} \alpha_w = \operatorname{tg} \alpha_w - \tilde{\alpha}_w$$

α_w jest kątem przyporu, odpowiadającym średnicy wierzchołków i obliczony być może następująco:

$$\cos \alpha_w = \frac{z \cdot \cos \alpha}{z + 2(1 + x)};$$

Należy spełnić następujący warunek, aby uniknąć zaostrenia zęba:

$$\operatorname{inv} \alpha_w < \operatorname{inv} \alpha + \frac{\pi + 4x \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2z}$$

Praktycznie dopuszczamy $g_w = 1,8 \cdot \pi$

Korekcja jest konieczna, gdy:

$$\begin{aligned} \alpha = 20^\circ & \quad z = 7 \div 13 & \quad x = 0,4 \div 0 \\ \alpha = 22^\circ 30' & \quad z = 7 \div 10 & \quad x = 0,23 \div 0 \\ \alpha = 25^\circ & \quad z = 7 \div 8 & \quad x = 0,09 \div 0 \end{aligned}$$

W pompkach olejowych nie stosuje się koła o mniejszej ilości zębów niż 7. Oznaczywszy $\left(\operatorname{inv} \alpha + \frac{\pi + 4x \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot z} \right)$ przez E , otrzymamy wartości zamieszczone w Tabelcy I. Tablica ta podaje wartości E dla $x = 0$. W wypadku zębów skorygowanych wartość E musimy każdorazowo obliczyć.

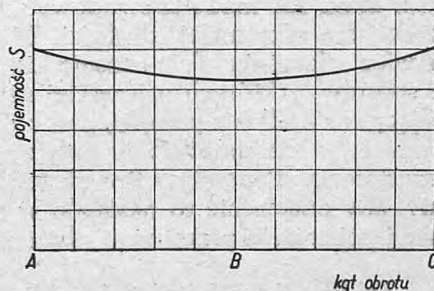
Tabelca I. Wartości $E = \operatorname{inv} \alpha + \frac{\pi}{2z}$

$z =$	7	8	9	10	11	12	13
$\alpha = 20^\circ$	0,239	0,211	0,190	0,172	0,153	0,145	0,136
$\alpha = 22^\circ 30'$	0,245	0,217	0,196	0,178	—	—	—
$\alpha = 25^\circ$	0,254	0,226	—	—	—	—	—

Znajdując E z Tabelcy I (lub obliczając) sprawdzamy czy $\operatorname{inv} \alpha_w < E$.

Jedną z ujemnych stron zębatej pompki olejowej jest zjawisko które polega na śtłaczaniu oleju we wrębach w miejscu zazębienia. Omówimy szerzej to zjawisko, ponieważ da się ono poprawić przez odpowiednią korekcję zęba.

Ząb koła pędzonego wchodząc w zazębienie w punkcie A' (patrz rys. 2) odcina przestrzeń zawartą między zębami aż do punktu C' (na rysunku zakropkowaną), tworząc przestrzeń zamkniętą, w której zawiera się pewna ilość śtłaczanego oleju. Położenie a odpowiada początkowi zazębienia, b — etapowi pośredniemu, c — końcowi zazębienia. W toku tego ruchu omawiana przestrzeń maleje do położenia b , po czym znów wzrasta. Zmiana tej przestrzeni pokazana jest na rys. 3 w funkcji kąta obrotu. Punkt A przedstawia początek zazębienia, C — koniec zazębienia. Krzywa ta jest symetryczna, dając minimalną powierzchnię w momencie, gdy punkt A odcina na linii przyporu odległość $AB = \frac{t_z}{2}$ (połowa podziałki zasadniczej).



Rys. 3. Zmiana pojemności przestrzeni śtłaczania w zależności od kąta obrotu kół.

Na rys. 2 uwidoczony jest luz międzyzębny. Gdyby stał się on równy zero, to przestrzeń śtłaczania oleju zostałaby podzielona na dwie części, co dałoby wynik niepożądany.

Zmiana pojemności omawianej przestrzeni śtłaczania oleju jest właśnie tym szkodliwym zjawiskiem, które powoduje zmienne (dodatkowe) ciśnienie oleju w zamkniętej przestrzeni i przecieki powrotne na stro-

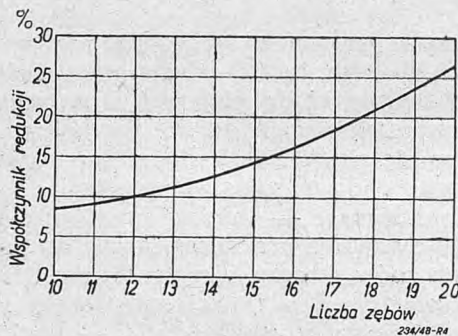
nę ssania. Zmniejsza to sprawność pompki i obciąża dodatkowo zęby, rozsadzając osie. Matematycznie zjawisko to wyrażamy współczynnikiem redukcji, który oznacza różnicę między pojemnością maksymalną a minimalną przestrzeni sflaczania w procentach pojemności maksymalnej. Wielkość tego współczynnika wyraża wielkość strat pompki.

Wartość luzu międzyzębnego nie wpływa na sprawność pompki. Metody angielskie i amerykańskie zalecają następującą wielkość luzu: $l_0 = 0,1 \cdot m$.

Dane europejskie luz ten nieco zmniejszają, stosując wartości:

$$l_0 = (0,03 \div 0,1) m$$

Najważniejszym czynnikiem wpływającym na zakres zmiany pojemności jest stopień pokrycia (liczba przyporu); czym jest on większy, tym większa ilość zębów jednocześnie pracuje, tym większy staje się współczynnik redukcji i odwrotnie. Gdyby liczba przyporu była równa jedności, to sflaczanie wogóle nie występowało by. Warunek taki jednak w praktyce jest niemożliwy. Zależności powyższe przedstawione są na rys. 4. Czym większa liczba zębów, a więc i liczba przyporu, tym większy współczynnik redukcji.



Rys. 4. Zależność współczynnika redukcji przestrzeni sflaczania od ilości zębów kół.

Stopień pokrycia możemy zmniejszyć przez zmniejszenie wysokości zęba lub zwiększenie kąta przyporu. Pierwszy sposób jednak zmniejsza wydajność pompki, drugi zaś może spowodować zaostrenie zęba, zwłaszcza przy małej ich ilości. W celu zapobieżenia więc sflaczaniu oleju stosuje się dotychczas różne sposoby, z których najczęściej używanym jest następujący: na kadłubie pompki, pod kołami wykonujemy rowek w ten sposób, aby połączyć stronę ssania z przestrzenią sflaczania. Rowek ten jest tak umieszczony, aby połączenie to nastąpiło w momencie minimalnej pojemności przestrzeni sflaczania. Usu-

wa to w pewnym stopniu zjawisko sflaczania, jednak nie daje całkowicie zadowalającego wyniku. Inna metoda, jeszcze mniej dogodna, polega na nacięciu rowków na części szerokości zęba w celu zmniejszenia w tej części liczby przyporu. Wadą tej metody jest kłopotliwa, wymagająca dużej dokładności obróbka.

Opisana teraz zostanie nowa metoda stosowana dla uniknięcia sflaczania. Nawiązując do rys. 2 widzimy, że przestrzeń sflaczanego oleju osiąga wartość

najmniejszą, gdy $AB = \frac{t_z}{2}$; wystarczy więc, aby stan

ten osiągnąć już w pierwszym punkcie przyporu A' (rys. 1a), a przestrzeń sflaczana będzie się już tylko powiększać — tym samym nie nastąpi sflaczanie oleju.

Punkt A (rys. 1b) musi być pierwszym punktem przyporu, a więc część zęba koła pędzonego wystająca ponad nim należy usunąć, czyli ząb, skorygować ujemnie. Ząb koła pędzonego koryguje się dodatnio. Stawiamy następujące, wyjściowe założenia, dotyczące narzędzia:

$$\begin{aligned} \text{kąt przyporu} & \quad \alpha = 20^\circ, \\ \text{wys. wierzchołka zęba} & \quad h_g = m \quad (y = 1), \\ \text{wys. podstawy zęba} & \quad h = 1,2 \cdot m, \\ \text{ilość zębów kół} & \quad z = 10 \div 20. \end{aligned}$$

Należałoby przeprowadzać korekcję zęba dopiero przy $z < 14$; jednak w omawianym przypadku stosuje się korekcję, zakładając zgóry odległość osi zwiększoną o jeden moduł, t. zn. taką, jakby ilość zębów wynosiła o jeden więcej na każdym kole. (Oba koła jednakowe).

$$z_1 = z_2 = z; \quad D = m \cdot z \quad a_0 = m \cdot z$$

$$a_r = m(z + 1)$$

$$\cos \alpha_t = \cos \alpha \frac{z}{z + 1} = 0,940 \frac{z}{z + 1}; \quad [1]$$

Wiemy, że $a_r = a_0(1 + B_r)$ (patrz książka inż. Ocheduszki „Koła zębate w zarysie“). Stąd znajdujemy B_r :

$$B_r = \frac{1}{z}; \quad [2]$$

W dalszym ciągu obliczamy współczynnik B z równania:

$$B = B_r \sqrt{1 + 7B_r}; \quad [3]$$

I stąd znajdujemy ostatecznie sumę współczynników korekcji ($x_1 + x_2$) dla zazębienia bez luzu obwodowego.

$$x_1 + x_2 = B \cdot z \quad [4]$$

Tablica II. Wartości do obliczania korekcji przy odległości osi $a_r = m(z + 1)$.

$z =$	10	11	12	13	14	15	16	18	20
$\cos \alpha_t =$	0,854	0,862	0,867	0,872	0,877	0,881	0,884*	0,891	0,895
$\alpha_t =$	31°19'	30°31'	29°50'	29°15'	28°43'	28°15'	27°49'	27°06'	26°30'
$\text{inv } \alpha_t =$	0,0619	0,0567	0,0528	0,0494	0,0465	0,0440	0,0414	0,0385	0,0361
$B_r =$	0,100	0,091	0,083	0,077	0,071	0,067	0,062	0,055	0,050
$B =$	0,129	0,116	0,104	0,095	0,086	0,080	0,073	0,064	0,058
$x_1 + x_2 =$	1,29	1,27	1,25	1,23	1,21	1,20	1,17	1,16	1,16

Wszystkie powyższe wartości oraz dodatkowo $\text{inv } \alpha_t$ podaje tablica II dla ilości zębów od 10 do 20.

Obecnie znajdujemy wysokość wierzchołka zęba koła pędzonego wychodząc z warunku $AB = \frac{t_z}{2}$;

obliczenie przeprowadzamy dla modułu $m = 1$.

Na rys. 5 pokazane są koła zasadnicze o promieniach r_z linia przyporu DC , oraz linia wierzchołków koła pędzonego o promieniu r_{w2} . Punkt B dzieli na połowę odległość a_r .

$$AB = 0,5 \cdot t_z = 0,5 \cdot \pi \cdot \cos \alpha$$

Z trójkąta O_2AC mamy:

$$O_2A^2 = AC^2 + O_2C^2; \quad O_2A = r_{w2};$$

$$AC = AB + BC = 0,5 \cdot \pi \cdot \cos \alpha + 0,5(z+1) \sin \alpha_t$$

$$O_2C = 0,5 \cdot z \cdot \cos \alpha$$

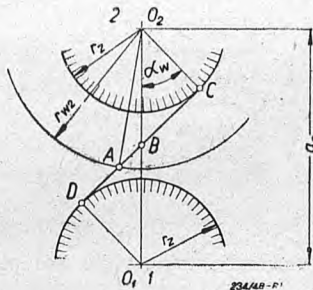
$$r_{w2}^2 = [0,5 \pi \cdot \cos \alpha + 0,5(z+1) \sin \alpha_t]^2 + (0,5 \cdot z \cdot \cos \alpha)^2;$$

$$r_{w2} = 0,5 \sqrt{(\pi^2 + z^2) \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha_t (z+1)^2}$$

$$\sqrt{[(z+1) \sin \alpha_t + 2 \pi \cos \alpha]^2}$$

Wartość pod pierwiastkiem oznaczamy literą C ;

$$r_{w2} = 0,5 \sqrt{C} \quad [5]$$



Rys 5. Określanie promienia wierzchołkowego koła pędzonego przy odległości osi $a_r = m(z+1)$.

Wysokość wierzchołka zęba koła pędzonego wynosi więc:

$$h_{g2} = r_{w2} - r; \quad r = 0,5 \cdot z \quad (\text{promień podziałowy})$$

$$h_{g2} = 0,5 (\sqrt{C} - z) \quad [6]$$

Aby obliczyć dalsze elementy zęba musimy znaleźć rzeczywiste współczynniki korekcji x_1 i x_2 . Z równania [4] znamy ich sumę. Z równania [6] określić możemy pozorny współczynnik korekcji x_2' .

$$x_2' = h_{g2} - 1 \quad [7]$$

$$x_1' = 1 - x_2' \quad [8]$$

$$\text{czyli } x_1' + x_2' = 1$$

Znalezione z równań [7] i [8] pozorne współczynniki korekcji odnoszą się tylko do wierzchołków zęba. Aby uzyskać rzeczywiste współczynniki korekcji należy do x_1' i x_2' dodać po połowie różnicy między rzeczywistą sumą współczynników, obliczoną z równania [4], a jednością.

$$x_1 = x_1' + \frac{(x_1 + x_2) - 1}{2} \quad [6]$$

$$x_2 = x_2' + \frac{(x_1 + x_2) - 1}{2} \quad [10]$$

Zakładamy przeciętny luz obwodowy $l_0 = 0,07 \cdot m$. Aby uzyskać go należy narzędzie usunąć o wartość:

$$x_l = \frac{l_0}{4 m \sin \alpha} = 0,05 \quad [11]$$

Na rysunku konstrukcyjnym można dwojako uwzględnić luz międzyzębny. W pierwszym systemie podajemy tylko współczynniki obliczone z równań [9] i [10] oraz żądany luz międzyzębny, pozostałe zaś wielkości, jak średnice i grubość zęba obliczamy z tych samych współczynników. W tym wypadku luz obwodowy uwzględnia się w tolerancji grubości zęba, równej połowie górnej i dolnej odchyłki luzu. Drugi system zaleca odejmowanie od współczynników x_1 i x_2 , wartości x_l potrzebnej do uzyskania luzu. Zastosujemy w tym szczególnym przypadku drugą metodę.

$$x_1'' = x_1 - x_l = x_1 - 0,05 \quad [12]$$

$$x_2'' = x_2 - x_l = x_2 - 0,05 \quad [13]$$

Wartości obliczone z równań [12] i [13] służą jedynie do obliczenia wysokości podstawy zęba, oraz jego grubości.

$$h_s = 1,2 - x_1'' \quad [14]$$

$$h_2 = 1,2 - x_2'' \quad [15]$$

W przypadku stosowania drugiego systemu oznaczania luzu, należy to wyraźnie na rysunku konstrukcyjnym zaznaczyć. W tablicy III podane są wyniki powyższych obliczeń (powtarzamy wartość sumy $(x_1'' - x_1') = (x_2'' - x_2')$). Sprawdzenie zaostrenia zęba wykazuje, że jedynie należy zachować ostrożność przy stosowaniu koła o $z = 10$ przy $x_1'' = 0,695$.

W wyniku obliczenia widzimy, że koło nasze może być obrabiane narzędziem normalnym, odpowiednio przesuniętym. Jeśli zaś chodzi o proporcje zarysu, to jest on stoczony na średnicy wierzchołków, o wielkość, zależną od ilości zębów i równą $(x_1'' - x_1') = (x_2'' - x_2')$. Sprawdzenie zaostrenia zęba wykazuje, że jedynie należy zachować ostrożność przy stosowaniu koła o $z = 10$ przy $x_1'' = 0,695$.

Przykład obliczenia kół pompy olejowej.

Dane: $z = 12$ $\alpha = 20^\circ$ $m = 3$.

Średnica podziałowa: $D = m \cdot z = 36$ mm.

Teoretyczna odległość osi: $a_0 = 36$ mm.

Rzeczywista odległość osi: $a_r = 39$ mm.

kąt przyporu współpracy (z tabl. II) $\alpha = 29^\circ 50'$.

Wysokość wierzchołków (z tabl. III)

$$h_{g1} = 1,65 \cdot 3 = 4,95 \text{ mm}$$

$$h_{g2} = 1,35 \cdot 3 = 4,05 \text{ mm}$$

$$D_{w1} = 36 + 2 \cdot h_{g1} = 45,9 \text{ mm}$$

$$D_{w2} = 36 + 2 \cdot h_{g2} = 44,1 \text{ mm}$$

Średnica kół tocznych: $D_t = 39$ mm

Wysokość podstaw (z tabl. III)

$$h_{s1} = 0,475 \cdot 3 = 1,425 \text{ mm}$$

$$h_{s2} = 0,775 \cdot 3 = 2,225 \text{ mm}$$

Średnice podstaw: $D_{p1} = 36 - 2 \cdot h_{s1} = 33,15$ mm

$$D_{p2} = 36 - 2 \cdot h_{s2} = 31,55 \text{ mm}$$

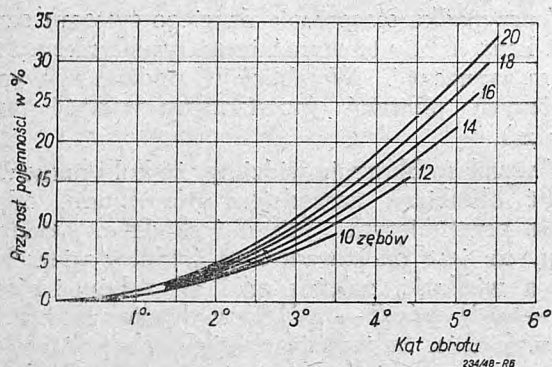
Luz promieniowy: $l_p = 0,125 \cdot 3 = 0,375$ mm

Tablica III.

Współczynniki wymiarów zębów korygowanych przy odległości osi $a_r = m(z + 1)$

$z =$	10	11	12	13	14	15	16	18	20
$C =$	163,5	188,7	215,9	245,0	276,3	309,5	344,5	420,8	505,0
$x_1' =$	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,70	0,72	0,75	0,77
$x_2' =$	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31	0,30	0,28	0,25	0,23
$h_{g1} =$	1,61	1,63	1,65	1,67	1,69	1,70	1,72	1,75	1,77
$h_{g2} =$	1,39	1,37	1,35	1,33	1,31	1,30	1,28	1,25	1,23
$x_1 + x_2 =$	1,29	1,27	1,25	1,23	1,21	1,20	1,17	1,16	1,16
$x_1'' =$	0,705	0,715	0,725	0,735	0,745	0,750	0,755	0,780	0,800
$x_2'' =$	0,485	0,455	0,425	0,395	0,365	0,350	0,315	0,280	0,260
$h_{s1} =$	0,495	0,485	0,475	0,465	0,455	0,450	0,445	0,420	0,400
$h_{s2} =$	0,715	0,745	0,775	0,805	0,835	0,850	0,885	0,920	0,940
$h_c =$	2,105	2,115	2,125	2,135	2,145	2,150	2,165	2,170	2,170
$l_p =$	0,105	0,115	0,125	0,135	0,145	0,150	0,160	0,170	0,170

Wymiarami kontrolnymi koła mogą być: *a*) pomiar grubości zęba na średnicy tocznej lub *b*) pomiar przez kilka zębów. Obie wielkości muszą być stolerowane i albo tolerancja uwzględnia luz międzyzębny, albo uwzględnia jedynie błąd wykonania i narzędzia.



Rys. 6. Przyrost pojemności przestrzeni śtłaczania w pompce o kołach zębatych korygowanych przy odległości osi $a_r = m(z + 1)$.

Na rys. 6 widzimy wykres współczynnika redukcji pojemności w funkcji kąta obrotu. Zgodnie z naszym założeniem stwierdzamy, że pojemność śtłaczania tylko wzrasta.

Główne wymiary konstrukcyjne koła zębatego, oprócz samego zazębienia, przedstawia rys. 7.

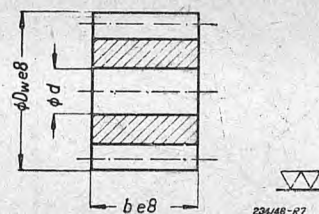
Średnice wierzchołków D_w oraz odpowiedni otwór w kadłubie wykonujemy z tolerancją H7—e8. Szerokość koła i odpowiadający wymiar w kadłubie H7—e8.

Otworki na wałki: w kole pędzącym M8, w kole pędzonym F7.

Kadłub.

Kadłub pompy olejowej wykonuje się przeważnie, jako odlew żeliwny jednolity, składający się z cylindrycznego wspornika osadzonego w kadłubie silnika

i z właściwej obsady kółek zębatych. W specjalnym niewielkim nadlewie kadłuba umieszcza się zaworek wyrównawczy. W nowoczesnych konstrukcjach spotyka się czasem kadłuby, wykonane ze stopów lek-



Rys. 7. Tolerancje wymiarów kół zębatych.

kich, odlane pod ciśnieniem. Jedyną cechą, konstrukcyjnie ważną jest takie wykonanie całego zespołu, aby uzyskać maksymalną szczelność. Pokrywa więc kół zębatych musi być wykonana z taką gładkością, aby bez żadnej dodatkowej uszczelki zachować szczelność. Odległość osi otworów w kadłubie tolerujemy następująco:

$$a_r \pm 0,02$$

Otworki pod wałki kół zębatych: pędzącego F7, pędzonego S8.

Powierzchnie stykające się z kołami, jak i same koła, obrabiamy z gładkością dwóch lub trzech trójkątów (ewentualnie szlifowane).

Wałki kół zębatych pędzącego i pędzonego wykonujemy jednakowo z tolerancją h7.

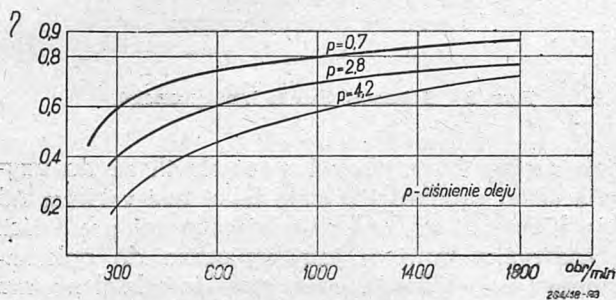
Zaworek wyrównawczy.

Zaworek wyrównawczy ma na celu regulację ciśnienia oleju. Olej w momencie rozruchu posiada niską temperaturę w granicach 15 C, jest b. gęsty i wskutek tego, po uruchomieniu pompki, posiada wysokie ciśnienie sięgające do 9 kG/cm². Jest to ciśnienie za duże i w tym momencie zaworek otwiera wylot na stronę

ssania. (patrz rys. 1). Sprężynka zaworu, przytrzymująca tłoczek (lub kułkę) musi posiadać taką siłę, aby ciśnienie oleju w obiegu smarowniczym nie przekroczyło $3,5 \text{ kG/cm}^2$. Po rozgrzaniu oleju, ciśnienie jego spada do $1,5\text{--}2 \text{ kG/cm}^2$ przy temperaturze $60\text{--}70^\circ\text{C}$. Temperatura winna się na tym poziomie utrzymywać.

Wydajność pompki.

W czasie jednego obrotu koła pompka zębata zassie ilość oleju równą objętości wrębów dwóch kółek. Objętość tę obliczamy zakładając, że jest ona



Rys. 8. Sprawność zębatej pompki olejowej.

równa połowie objętości pierścienia utworzonego przez średnice wierzchołków i podstaw zwiększonej o 10%.

D cm — średnica podziałowa $D = m \cdot z$
 m cm — moduł η — sprawność pompki
 b cm — szerokość koła $2,2 \cdot m$ — wys. zęba
 n obr/min — ilość obrotów kół
 V l/min — wydajność pompki.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot 2,2 m \cdot b \cdot n \cdot 1,1 \cdot \eta}{1000} = 0,0076 \cdot m^2 \cdot z \cdot b \cdot n \cdot \eta, \text{ l/min} \quad (16)$$

Szerokość koła b winna wynosić przeciętnie:
 $b = (6 \div 10) \cdot m$

Sprawność pompki.

Sprawność pompki zależy od gęstości, temperatury i ciśnienia oleju, od ilości obrotów i od szczelności całego zespołu. Możliwe są do osiągnięcia wartości $= 0,8 \div 0,9$.

Wykres na rysunku 8 przedstawia krzywe sprawności pompki w funkcji obrotów dla różnych ciśnień oleju $p \text{ kG/cm}^2$. Widzimy, że sprawność pompki maleje wraz ze wzrostem ciśnienia (a tym samym gęstości). Zmusza nas to do obliczania wydajności pompki ze znacznym nadmiarem w stosunku do teoretycznego zapotrzebowania.

Zapotrzebowanie oleju w silniku spalinowym.

Pompka winna podawać olej do wszystkich powierzchni ślizgowych silnika w ilości nadmiernej w stosunku do teoretycznych założeń. Ta duża ilość oleju jest konieczną, gdyż jej należy zawdzięczać wysoką sprawność urządzeń smarnych w nowoczesnych silnikach. Część oleju w silnikach spala się na gładziach cylindrowych, pewne jego ilości wyciekają, całkowite jednak zużycie oleju nie powinno przekroczyć 4 g/KMh .

Przyjąć możemy następujące liczby, określające zapotrzebowanie oleju w silnikach:

silnik z zapł. iskrowym — $8 \div 15 \text{ l/KMh}$,
 silnik wysokoprężny — $10 \div 20 \text{ l/KMh}$.

Zaleca się stosowanie wartości bliższych górnej granicy.

Opracowane na podstawie:

Kerr „Technika Samochodowa“.

Kremsler „Aufbau schnelllaufender Verbrennungsmotoren“.

„Automobil Engineer“ August 1946.

patrz również:

„Technika Samochodowa“ zesz. 5, 1938 r.

„Przegląd Mechaniczny“ 1938 r.

Tarcie statyczne a kinetyczne¹⁾

prof. dr inż. M. T. HUBER

Według powszechnie przyjętego określenia jest *tarcie statyczne* oporem mającym swoją siedzibę w płaszczyźnie stykania się dwóch ciał stałych z naciskiem normalnym N . Opór ten, który oznaczymy przez T_{st} , zapobiega ruchowi względnemu tych ciał pod wpływem danych sił zewnętrznych o wypadkowej P , ze stanu ich spoczynku względnego. Rysunek 1 przedstawia schemat prostego przykładu tarcia statycznego (nazywanego także *tarciem spoczynkowym*, albo *tarciem zczepnym*). Związki zachodzące między wartościami liczbowymi tych sił oparte po części na doświadczeniu, a zre-

szta wynikające z ogólnych warunków równowagi są następujące:

$$T_{st} = P, \quad \vec{T}_{st} + \vec{P} = 0,$$

przy czym

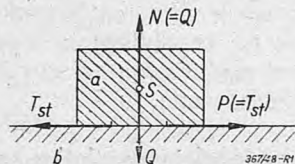
$$0 \leq T_{st} \leq T_0$$

gdzie T_0 jest górną granicą wartości tarcia, dającą się wyznaczyć doświadczalnie. Z wzorów tych odczytujemy po pierwsze, że tarcie statyczne jest równe i wprost przeciwne sile P , pod warunkiem, że siła ta ma wartość leżącą między zerem a tarciem granicznym T_0 . Ponieważ doświadczenie poucza nadto, że T_0 jest wogóle z przybliżeniem praktycznym proporcjonalne do nacisku normalnego między ciałami N , przeto od czasów *Coulomba* przyjęto zależność

$$T_0 = \mu_0 N$$

¹⁾ Poniższy artykuł prof. dr inż. M. T. Hubera jest dalszym przyczynkiem do dyskusji, powstałej w związku z artykułem prof. dr A. Langroda w zeszycie 6/48 „Przegląd Mechaniczny“. *Przypisek Redakcji*.

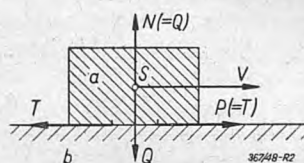
nazywając μ_0 współczynnikiem tarcia statycznego i wyznaczając jego wartość doświadczalnie. Współczynnik ten jest przede wszystkim miarą chropowatości (szorstkości) powierzchni stykających się. Im „gładsze” są te powierzchnie, tym mniejsze jest μ_0 . Ale wartość μ_0 , a zarazem wartość T_0 , może zależeć także od kierunku działania siły P , albowiem nierówności powierzchni ciał mogą być w każdym



Rys. 1. Schemat tarcia statycznego.

gdzie μ jest współczynnikiem tarcia kinetycznego zależnym według doświadczeń od prędkości v , tak iż przy większej prędkości staje się mniejszym.

Należy przy tym sobie dobrze zdawać sprawę z tego, że gdy doświadczenia nad tarcie wykonywamy tak, jak to np. czynił *Morin*, t. zn. działamy na ciało spoczywające na poziomej ścianie drugiego ciała siłą powoli rosnącą aż do chwili rozpo-



Rys. 2. Schemat tarcia kinetycznego.

kierunku ugrupowane inaczej, jak to np. zachodzi na powierzchni metalu obrobionego strugarką, lub na powierzchni deski z powodu struktury włóknistej drewna. Chropowatość w kierunku strugania i w kierunku doń prostopadłym może się różnić w sposób wyraźny od chropowatości oczywiście większej w kierunku prostopadłym. W takich przypadkach można mówić o anizotropii chropowatości. Wtedy współczynnik μ_0 jest zależny od kierunku. Zależność była stwierdzona doświadczalnie dla drewna jako materiału ciał trących. Przy badaniu tarcia między powierzchniami metalowymi przyjmowano, o ile mi wiadomo, izotropię chropowatości, czyli niezależność μ_0 od kierunku. Wtedy wypadkowa z reakcji normalnej N i tarcia T_0 tworzy z normalną do powierzchni stykania kąt φ którego tangens równa się współczynnikowi tarcia:

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{T_0}{N} = \mu_0$$

Stożek obrotowy, którego pobocznica jest miejscem geometrycznym reakcji wypadkowych przy wszelkich liniach działania siły P nazwano jak wiadomo *stożkiem tarcia* a kąt φ_0 *kątem tarcia statycznego*.

W przypadkach anizotropii chropowatości stożek tarcia nie jest obrotowym, a kąt tarcia φ_0 nie jest stałym.

Tarcie kinetyczne zachodzące (przypadek najprostsz) przy względnym ruchu postępowym (ślizganiu) ciał trących, różni się zasadniczo od tarcia statycznego tym, że występuje przy każdej określonej i skończonej prędkości v przyjmując wartość T mniejszą zwykle od T_0 (tj. od granicznej wartości tarcia statycznego) i nie zmieniając się dostrzegalnie przy tym samym normalnym nacisku wzajemnym N (rys. 2). Wobec tego przyjęto zależność T od N w tej samej postaci co dla granicznego tarcia statycznego, tj.

$$T = \mu N,$$

częcia ruchu, to ta siła od owej chwili aż do uzyskania stałej prędkości v ciała musi być większa od tarcia kinetycznego, odpowiadającego tej prędkości. Ta nadwyżka bowiem jest konieczna do pokonania oporu bezwładności ciała, czyli do udzielenia mu takiego przyspieszenia, aby po krótkim przedziale czasu ciało otrzymało żadaną prędkość v . Trudność pomiarową stąd wypływającą, omijano przez udzielenie ciału mającemu się ślizgać drobnego uderzenia po przyłożeniu określonej stałej siły P , potrzebnej do zrównoważenia tarcia kinetycznego. Impuls takiego uderzenia można tak dobrać, aby ono wytworzyło prędkość v , którą następnie można zmierzyć.

To jest głównym powodem, że przy udziale tarcia przejście ze stanu spoczynku w stan ruchu nie odbywa się według prostego schematu, jak sobie wyobraża wielu techników, sądząc, że „tarcie zczepne jest tylko stanem początkowym tarcia kinetycznego i nie różni się od niego w swej istocie” (?) Otóż z powyższego wynika jasno, że to mniemanie jest błędne, zarówno jak i wniosek na nim oparty, iż „doświadczenia mogłyby wykazać możliwość współistnienia tarcia statycznego z tarcie kinetycznym” (?) Tymczasem z podanych powyżej i powszechnie przyjętych określeń tarcia statycznego i kinetycznego wynika z logiczną koniecznością, że one się wyłączają nawzajem. Tarcie statyczne („przyczepność” kolejowców) istnieje tylko w stanie względnego spoczynku ciał trących, a tarcie kinetyczne tylko w stanie ich względnego ruchu.

Przytoczone błędne poglądy mogły chyba powstać na tle komplikacji, jakie występują w zagadnieniach związanych z mechaniką ruchu kolejowego, gdzie zachodzą różne rodzaje tarcia kinetycznego. Mam zamiar oświetlić te sprawy w rozpoczętej monografii o tarcie.

**Żadajcie we wszystkich księgarniach katalogu
Wydawnictw Instytutu Wydawniczego SIMP**

DZIAŁ ODLEWNICZY

Żeliwo szare w osiągnięciach lat ostatnich

Inż. CZESŁAW KALATA

W artykule poniższym omówiony będzie postęp techniczny w zakresie żeliwa szarego maszynowego, tj. takiego żeliwa, którego miarą jakości są własności wytrzymałościowe.

Po raz pierwszy zastosowano badania chemiczne w odlewnictwie po roku 1860 (1). Badania wytrzymałościowe zapoczątkował K. Bauschinger w latach 1880, ustalając wymiary próbki na zginanie: 30×30 mm o całkowitej długości 1100 mm. Próbkę tę zginano na podporach odległych od siebie o 1000 mm. Wymagana wówczas wytrzymałość na zginanie wynosiła minimum 25 kG/mm², na rozciąganie 12 kG/mm². Przepisy odbiorcze VDE z roku 1909 przewidywały — uwzględniając wrażliwość żeliwa na grubości ścianek odlewów — sztabki na zginanie o \varnothing 20, 30, 40 mm, formowane bez szwu i lane stojąco. Odległość podpór wynosiła 20-krotną wielkość średnicy. Przepisy te przewidywały trzy gatunki żeliwa maszynowego o następujących własnościach wytrzymałościowych:

- 1) R_g ponad 30 kG/mm²,
 f (ugięcie) ponad 8 mm, $R_r = 12 - 14$ kG/mm²
- 2) R_g ponad 32 kG/mm²,
 f (ugięcie) ponad 9 mm, $R_r = 14 - 18$ kG/mm²
- 3) R_g ponad 34 kG/mm²,
 f (ugięcie) ponad 10 mm, $R_r = 18 - 24$ kG/mm²

Ostatnia najwyższa klasa żeliwa nosiła nazwę „żeliwo o bardzo wysokiej wytrzymałości”.

Pierwsza wojna światowa 1914—1918 spowodowała konieczność polepszenia własności żeliwa maszynowego, gdyż państwa walczące odczuwając gwałtowny brak stali, szukały metalu zastępczego o zbliżonych do stali własnościach. Tym metalem zastępczym miało być właśnie żeliwo o podwyższonych własnościach wytrzymałościowych.

Duży postęp w rozwoju przemysłu maszynowego zaczął również stawiać coraz to większe wymagania odlewnictwu żeliwa, domagając się materiału o wysokich własnościach wytrzymałościowych, małej ścieralności, odpornego na działanie wysokich temperatur itd.

Warunki wojenne nie pozwalały użyć do otrzymania takiego żeliwa kosztownych pieców, duże ilościowe zapotrzebowanie na odlewy żeliwne i konieczność szybkiego uruchomienia produkcji zmusiła do zastosowania do topienia ulepszonych gatunków żeliwa najbardziej rozpowszechnionych pieców, tj. żeliwiaków. Do pracy nad polepszeniem własności wytrzymałościowych żeliwa przystąpiło szereg badaczy i zakładów produkcyjnych w różnych krajach. Opracowano kilka metod pozwalających otrzymać z żeliwiaka materiał o polepszonych własnościach wytrzymałościowych.

Prace rozpoczęto w czasie pierwszej wojny światowej dały bodźca do dalszych prac, które przeprowadzono w okresie powojennym. Miarą postępu prac nad ulepszeniem własności wytrzymałościowych

żeliwa będzie poniższy przegląd klasyfikacji żeliwa maszynowego i norm odbiorczych, które ukazały się po pierwszej wojnie światowej.

1928 r.

Ogłoszona w Niemczech norma DIN 1691, przewidywała 4 klasy żeliwa maszynowego:

Klasa	R_r minim.	R_g minim.	f minim.
GE 14.91	14 kG/mm ²	28 kG/mm ²	7 mm
GE 18.91	18 „	34 „	7 „
GE 22.91	22 „	40 „	8 „
GE 26.91	26 „	46 „	8 „

Gatunek GE 26.91 oznaczono w normie jako „gatunek specjalny”.

1929 r.

Francja ustaliła dwie klasy żeliwa maszynowego, przy czym oparto klasyfikację na wytrzymałości na zginanie i tak:

	R_g minim.
FS 1	38,5 kG/mm ²
FS 2	45,5 „

1930 r.

Związek Radziecki wprowadził 4 klasy żeliwa maszynowego zwykłego (norma OST 970), opierając się na wytrzymałości na zginanie a mianowicie:

	R_g minim.
CZ 4 bez odbioru	—
CZ 3	24 kG/mm ²
CZ 2	28 „
CZ 1	32 „

oraz 7 klas żeliwa maszynowego o podwyższonych własnościach wytrzymałościowych (norma OST 8827), a mianowicie:

SCZ o wytrzymałości R_g ponad 24, 28 32, 36, 40 44 48 kG/mm².

1931 r.

Czechosłowacja (norma CSN 1035) wprowadziła klasyfikację żeliwa maszynowego, biorąc za podstawę wytrzymałość na rozciąganie:

	R_r minim.
A	12 kG/mm ²
B	16 „
C	20 „
D	26 „

1936 r.

USA (norma A 48 — 36), opierając się na R_r , wprowadziły gatunki o minimalnych wartościach

$R_r = 14, 17,6, 21, 24,6, 28,1, 35,2, 42,2$ kG/mm²

1938 r.

Anglia (norma BSS 321) wprowadziła dwa gatunki żeliwa zwykłego o wytrzymałości w sztabce surowo odlanej 30,5 mm \varnothing .

	R_r minim.
C	14,2 kG/mm ²
A	17,3 „

oraz trzy gatunki żeliwa wyższej jakości (norma BSS 786).

	R_r minim.
gatunek 1	22,0 kG/mm ²
„ 2	26,8 „
„ 3	31,5 „

W okresie ostatnim:

1942 r.

Niemcy (DIN 1691 Projekt) wprowadzają 6 klas:

żeliwo zwykłe	R_r minim.
GE 12.91	12 kG/mm ²
GE 14.91	14 „
GE 18.91	18 „
żeliwo wysokojakościowe	
GE 22.91	22 kG/mm ²
GE 26.91	26 „
żeliwo specjalne	
GE 30.91	30 „

1947 r.

Polska — ogłoszona klasyfikacja (PN/H-751) przewiduje 5 klas żeliwa maszynowego o wytrzymałości w sztabce surowo odlanej 30 mm \varnothing :

	R_r minim.
żl b. o. bez odbioru	—
żl 14	14 kG/mm ²
żl 18	18 „
żl 22	22 „
żl 26	26 „
żl 30	30 „

Jak z powyższego widać, w miarę postępu lat normy poszczególnych krajów przewidują żeliwo o coraz to wyższej wytrzymałości; żeliwo najwyższych własności przewiduje norma amerykańska, a mianowicie żeliwo o R_r ponad 35,2 i 42,2.

Do roku 1933 wszystkie normy przewidywały tylko jedną próbkę wytrzymałościową dla wszystkich grubości ścianek, a mianowicie próbkę o średnicy około 30 mm, co oczywiście nie dawało obrazu wytrzymałości żeliwa przy ściankach poniżej 30 mm, jak również powyżej 30 mm.

W roku 1933 Holandia wprowadziła 3 próbki o średnicy w stanie surowym 20, 30, 40 mm.

W roku 1935 Szwajcaria wprowadziła 4 próbki o średnicy w stanie surowym 13,5, 22, 30 i 40 mm.

W roku 1936 w USA wprowadzono 3 próbki o średnicy w stanie surowym 22, 25, 30,5 i 50,8 mm.

W roku 1938 Anglia wprowadziła 5 próbek o średnicy w stanie surowym 15,6, 22, 25, 30,5, 40,6 i 53,3 mm.

W roku 1947 Polska (PN/H-751) przewidziała 3 próbki o średnicy w stanie surowym 20, 30 i 45 mm.

Przegląd powyższych norm wskazuje na widoczny postęp w dziedzinie produkcji żeliwa o podwyż-

szonych własnościach wytrzymałościowych, przy czym część krajów wymaga od tego żeliwa wytrzymałości R_r ponad 26 kG/mm² i w niniejszej pracy będziemy uważać za żeliwo wysokojakościowe pod względem wytrzymałościowym żeliwo o R_r ponad 26 kG/mm². Do roku 1935 najwyższym gatunkiem żeliwa maszynowego było żeliwo o R_r ponad 26 kG/mm². W roku 1936 USA wprowadziło normy na 3 gatunki żeliwa przekraczające powyższe, a mianowicie, gatunki o R_r ponad 28,1, 35,2 i 42,2 kG/mm².

Normy polskie i angielskie wprowadziły już później żeliwo o R_r ponad 30 lub 31,5 kG/mm². Opracowane w różnych krajach metody otrzymywania żeliwa o podwyższonych własnościach wytrzymałościowych pozwoliły otrzymywać żeliwo o różnym składzie chemicznym, różnej osnowie metalicznej, różnej postaci grafitu, mające jednak wspólną cechę, tj. R_r ponad 26 kG/mm². Żeliwo to otrzymało różne nazwy (Nr. 1—3 Mechanik, 1948, str. 55), pomiędzy innymi żeliwo „perlityczne“. W artykule moim wyjaśniono, że nazwa „żeliwo perlityczne“, jako nic nie mówiąca o własnościach żeliwa, a mówiąca jedynie — i to nie całkowicie — o budowie osnowy metalicznej, nie może być użyta na oznaczenie żeliwa o podwyższonych własnościach mechanicznych.

Otrzymanie żeliwa o podwyższonych własnościach wytrzymałościowych w żeliwiaku uwarunkowane jest głównie:

- 1) otrzymaniem dostatecznie przegrzanego żeliwa,
- 2) otrzymaniem żeliwa o ściśle oznaczonym składzie.

Sposoby otrzymania przegrzanego żeliwa w żeliwiaku są wyczerpująco omówione na łamach prasy fachowej zagranicznej i naszej, więc nie będę tutaj zastanawiać się nad tą sprawą. Jako minimalną temperaturę przegrzania uważa się 1400 C, mierzoną za pomocą pyrometru optycznego typu *Siemens*, *Pyropto* lub *Optix* bez poprawki. W literaturze mały nacisk zwrócony jest na wpływ wielkości kawałków wsadu na temperaturę przegrzania. Artykuł *M. Czyżewskiego*(2) daje teoretyczne podstawy do zbadania powyższej sprawy.

Jeżeli chodzi o drugi warunek, to utrzymanie składu chemicznego na pewnym poziomie w zawartości Si, Mn, P, S i ewent. składników stopowych nie nasuwa zasadniczych trudności. Pewną trudność stanowi utrzymanie w określonych granicach zawartości C_c i problem ten wymaga dokładnego poznania warunków pracy żeliwiaka. O dozowaniu C_c będzie mowa poniżej przy omawianiu metody otrzymywania żeliwa niskowęglatego w żeliwiaku.

Własności fizyczne żeliwa zależą w znacznym stopniu od ilości i postaci grafitu, a zdolność żeliwa do wydzielania grafitu zależy głównie od zawartości C_c i Si (przy stałych innych składnikach żeliwa i przy stałych warunkach lania). Obydwa te składniki muszą zatem znajdować się w wąskich granicach tolerancji, utrzymywanie których w żeliwie otrzymanym z żeliwiaka jest dość trudne. Aby otrzymać żeliwo o pewnej zdolności grafityzacyjnej posługujemy się próbą klinową, która pozwala nam w ciągu kilku minut stwierdzić stopień grafityzacji żeliwa.

Przechodzę do opisu zasadniczych metod otrzymywania żeliwa o podwyższonych własnościach wytrzymałościowych.

Metoda podgrzewania form odlewniczych.

Badacze żeliwa zwrócili uwagę na jedną z jego wad, a mianowicie na wrażliwość na grubość ścianki odlewu i rozważano sposoby, któreby pozwoliły zmniejszyć tę wadę.

W roku 1898 *W. J. Keep* (3) stwierdził, że Si ma wybitnie niekorzystny wpływ na zwiększenie wrażliwości żeliwa na grubość ścianki odlewu, tzn. że między innymi wytrzymałościowe własności żeliwa bardzo silnie spadają wraz ze wzrostem grubości ścianki odlewu. Wynikiem z tego, że należałoby zawartość Si ograniczyć. Przeszkodą jest, że z równoczesnym zmniejszeniem zawartości Si zmniejsza się szybkość rozkładu Fe_3C i w związku z tym powstaje niebezpieczeństwo otrzymania odlewu o strukturze połowicznej, lub nawet białej. Badając powyższe zjawiska *A. Diefenthaler* i *K. Sipp* (4) przeprowadzili doświadczenia celem uzyskania żeliwa szarego, stosując na odlew materiał o niskiej zawartości krzemu (do 0,6% Si), przez przedłużenie czasu stygnięcia odlewu. Na powyższych badaniach opiera się patent *H. Lanza* (5) „Sposób wyrobu szarego żelaza lanego”.

Zastrzeżenia patentowe powyższego patentu brzmią następująco:

1. Sposób wyrobu szarego żelaza lanego o dużej wytrzymałości przy twardości wg skali Brinella od 165 do 175, znamieny tym, że przy stałej zawartości $C + Si = 4\%$, formy odlewnicze nagrzewa się przed odlewaniem według linii prostej, według której w miarę zmniejszenia się grubości ścianek odlewu od 90 mm do 7 mm nagrzewanie zwiększa się od 0 do 500 C.
2. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że przy odlewaniu przedmiotu o ściankach małej grubości stosuje się dobór, przy którym powstaje bardziej miękkie metal ($C + Si > 4\%$, lecz nie więcej jak 4,7%) i odpowiednio mniejsze podgrzewanie formy, zaś przy grubszych przekrojach, odlewanych przedmiotów dobór, przy którym powstaje twardszy metal i większe podgrzewanie formy.

Sposób ten polega zasadniczo na otrzymaniu szarego odlewu z żeliwa, które odlane do normalnych form piaskowych o temperaturze otoczenia dałoby strukturę białą. Uzyskuje się to przez przedłużenie czasu stygnięcia odlewu odlanego do podgrzanych form z masy piaskowej. Temperatura podgrzewania form zależną jest od składu chemicznego żeliwa (głównie C i Si) oraz od grubości ścianek odlewu.

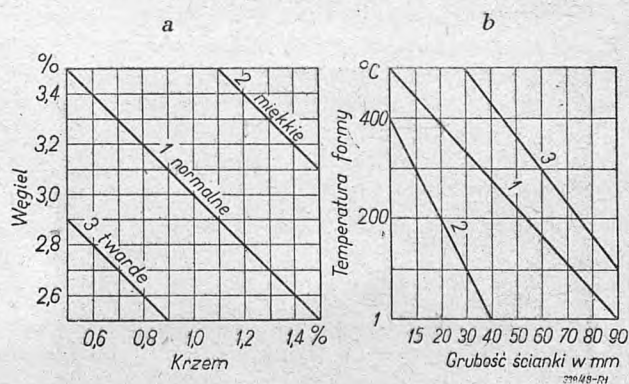
Zależność ta podana jest w wyżej opisanym patencie w formie wykresów (rys. 1) dla trzech gatunków żeliwa, a mianowicie:

- o zawartości $C_e + Si = 3,4\%$ (gatunek twardy),
- o „ „ $C_e + Si = 4,0\%$ („ normalny),
- o „ „ $C_e + Si = 4,6\%$ („ miękkie).

Oczywiście można stosować gatunki pośrednie w zakresie $C_e + Si$ od 3,4% — 4,6% trzeba jednak dla każdego z tych gatunków ustalić eksperymental-

nie linię uzależniającą temperaturę podgrzewania formy od grubości ścianki odlewu.

Podgrzewanie form przeprowadza się w zwykłych suszarniach. Pożądane są suszarnie z obiegiem powietrza, pozwalające na utrzymanie jednolitej temperatury we wszystkich punktach suszarni. Przy formach nieskomplikowanych, przy których montowanie nie zajmuje dużo czasu i nie spowoduje zbytowego obniżenia temperatury wykorzystujemy temperaturę formy po wyjęciu formy z suszarni. Przy formach bardziej skomplikowanych, których montaż nie da się wykonać na gorąco, formy po wyjęciu z suszarni studzimy — jak zwykle zresztą — następnie montujemy a potem wstawiamy jeszcze raz do suszarni celem podgrzewania do odpowiedniej temperatury. Dla przyspieszenia podgrzewania formy ze względu na małą przewodność masy formierskiej pożądane jest (o ile konstrukcja formy na to pozwala) ustawienie między poszczególnymi skrzynkami



Rys. 1. Wykresy charakterystyczne dla wykonywania odlewów z żeliwa o podwyższonych własnościach według patentu f. my Lanza

- a — wzajemna zależność zawartości węgla i krzemu,
- b — temperatura przegrzewania form w zależności od grubości ścianki.

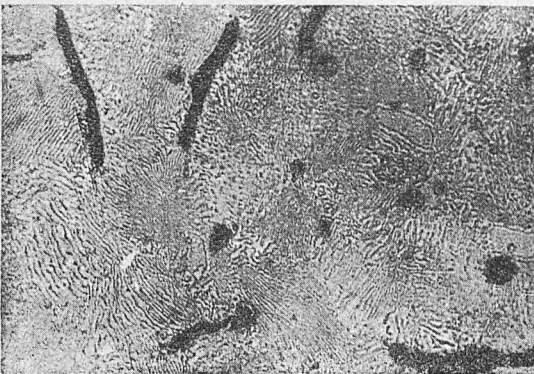
- Gatunki żeliwa: 1 — normalne — $C + Si = 4\%$,
- 2 — miękkie — $C + Si = 4,6\%$
- 3 — twarde — $C + Si = 3,4\%$

podkładek o grubości około 10—30 mm, celem lepszego dostępu gorących gazów do wnętrza formy. Po wyjęciu takiej formy z suszarni podkładek wyjmujemy się i skrzynki ze sobą odpowiednio skręca. Wykresy podane w opisie patentowym nie są ścisłe i dają jedynie przybliżone dane. Przede wszystkim nie podano jakie przyjęto za normalne dalsze składniki żeliwa (Mn, P, S), poza tym przyjęto jako miarę grafityzacji sumę $C_e + Si$, tzn. przyjmuje się że C_e i Si działają równorzędnie na grafityzację. Jest to nie słuszne, gdyż wiemy dziś dobrze, że C_e i Si działają w różnym stopniu na grafityzację i w żadnym wypadku suma $C_e + Si$ nie może być miarą stopnia grafityzacji żeliwa (6), (7).

Autorzy opracowując powyższą metodę kładli główny nacisk na otrzymanie żeliwa o podwyższonych własnościach wytrzymałościowych. Metodą tą można otrzymać żeliwo o własnościach wytrzymałościowych, odpowiadających wg PN/H-751 żeliwu „żł 26” lub „żł 30”.

Poza wytrzymałością zwrócono uwagę na inne zalety żeliwa otrzymanego tą metodą. Przede wszystkim stwierdzono wysoką odporność na ścieranie,

którą tłumaczymy sobie nieobecnością w osnowie metalicznej ferrytu oraz korzystnym kształtem grafitu (mikrofotografia na rys. 2), który składa się ze stosunkowo grubych żył, nie łączących się ze sobą, i które prawdopodobnie służą jako zbiorniki oleju smarującego.



Rys. 2. Żeliwo o podwyższonych własnościach o grubych żyłach grafitu sprzyjających odporności na ścieranie, uzyskane metodą według patentu f-my Lanz.

Poza tym zwrócono uwagę na wysoką odporność na uderzenia zmienne. Skonstruowana przez firmę *F. Krupp* maszyna do badania wytrzymałości żeliwa na zmienne uderzenia z bijakiem o wadze 3,14 kG i wysokością spadku 20 mm pozwala stwierdzić, że żeliwo otrzymane metodą form podgrzanych wykazuje (w próbce 15 mm \varnothing z karem 12 mm \varnothing , wytoczonej z próbki surowo odlanej o \varnothing 30 mm) do złamania około 60 uderzeń. W tych samych warunkach zwykle żeliwo maszynowe wytrzymuje zaledwie 4—19 uderzeń (32).

Żeliwo otrzymane tą metodą ma również małą wrażliwość na grubość ścianek odlewu, co tłumaczy się małą zawartością Si. Żeliwo to odznacza się dużą odpornością na pęcznienie w wysokich temperaturach, co przypisuje się również niewielkiej zawartości Si.

Metoda form podgrzanych pozwala na użycie taniego materiału wsadowego ze względu na małą zawartość Si. Koszta podgrzania przy prostych formach odpadają, więc w tym wypadku produkcja żeliwa tą metodą jest tańsza niż przy zwykłym żeliwie maszynowym odlewanych do form suchych.

W pierwszym okresie po wprowadzeniu tej metody do przemysłu stosowano żeliwo o małej za-

wartości Si (poniżej 1%), co wymagało stosunkowo wysokiego podgrzewania form. Było to uciążliwe i kosztowne. Później zaczęto stosować materiał o zawartości Si ponad 1% i przez to samo temperatura podgrzania, a co za tym idzie i koszty znacznie się zmniejszyły. Żeliwo otrzymane tą metodą nadaje się wybitnie jako materiał na cylindry do maszyn parowych i większych silników spalinowych odlewanych do form suchych. Specjalne zastosowanie znalazł ten materiał do wyrobu pierścieni tłokowych do maszyn parowych i silników spalinowych (z wyjątkiem cienkościennych pierścieni do silników samochodowych). Przeprowadzone w Polsce próby całkowicie potwierdziły przewidywania. Dla parowozowni na stacji kolejowej Kraków—Płaszów odlano tytułem próby 4 tuleje na pierścienie tłokowe o średnicy w stanie surowym 429/383 mm i wysokości 600 mm. Tuleje wykonano z 4-ch różnych gatunków żeliwa maszynowego. Własności żeliwa podane są w Tablicy 1. Badania materiału na tuleje przeprowadzono według warunków technicznych P. K. P., zatwierdzonych przez Ministerstwo Komunikacji 18.1.1930 r. W myśl przepisów z każdej tulei po jej ośrutowaniu wycięto pierścienie szerokości 17,6 mm. Z pierścienia wycięto kawałek obwodu o długości 42 mm, zaciśnięto pierścień aż do zetknięcia się jego końców, zlutowano końce i obtoczono dla otrzymania zewnętrznej powierzchni cylindrycznej. Po rozlutowaniu przeprowadzono szereg przepisanych badań w myśl wymienionych warunków technicznych. Okazało się przy tym, że jedynie żeliwo otrzymane metodą form podgrzanych wykazuje techniczne własności wymagane przez warunki. Próby praktyczne na parowozie wykazały, że pierścienie z tego żeliwa miały zużycie wynoszące około 50% zużycia pierścieni z żeliwa maszynowego żł 18 wzgl. żł 22, przy czym nawet po dłuższej pracy wykazywały dobre sprężynowanie.

Równolegle firma *H. Lanz* przeprowadziła próby zużycia pierścieni w ciągnikach „*Buldog*”. Pierwotnie firma ta kupowała do swych ciągników gotowe pierścienie w specjalnej firmie. Wobec narzekania klientów na szybkie zużywanie się pierścieni, postanowiono wykonać je z żeliwa odlewane do form podgrzanych. W tym celu odlano z tego materiału tuleje i dostarczono je firmie specjalnej, która wykonała z tego materiału pierścienie tłokowe do ciągników. Po wprowadzeniu na rynek tych nowych pierścieni statystyka wykazała, że zużycie pierścieni spadło więcej niż o 50% w porównaniu z zużyciem pierścieni z żeliwa zwykłego (8).

Obydwa te doświadczenia dowodzą, że żeliwo to ma właściwości, które je wysuwają jako pierwszorzędny materiał na pierścienie tłokowe. Wśród odlewników ugruntowała się opinia, że metoda form podgrzanych ma znaczenie historyczne i nie ma dziś uzasadnienia ani technicznego, ani gospodarczego stosowania tej metody wobec metod nowszych.

Pogląd ten nie jest słuszny, na co wskazują przytoczone powyżej doświadczenia, przy czym należy zwrócić uwagę, że wymienione w tablicy 1 żeliwo „żł 30”, otrzymane metodą żeliwa niskowęglatego — metodą nowszą, która znalazła bardzo szerokie zastosowanie — wykazuje, jak to z tabeli widać, gorsze sprężynowanie i wykazało większe zu-

TABLICA I

Badania żeliwnych pierścieni parowozowych tłokowych wykonanych z żeliw żł 18, żł 22, żł 30 (otrzym. met. form podgrzanych) i żł 30 (otrzym. met. żeliwa niskowęglistego) według warunków technicznych P.K.P. z dnia 18.I 1948 r.

Klasa	$R_r^*)$ kG/mm	$H_B^{**})$ kG/mm ²	Wymiary odlewu tuleji surowej	Wymiary odlewu tuleji oskórowanej	Wycięcie przed rozcz.	Po otocz. i rozlut.			Po jednor. rozciągnięciu do 84 mm			Po 20 rozcz. do 84 mm			Po jednor. ściśn.			Po 20 ściśn.		
						Wycięcie	Różnica	Różnica dopuszczaln.	Wycięcie E	Różn. C	Różn. dopusz.	Wycięcie G	Różn. F	Różn. dopusz.	Wycięcie H	Różn. I	Różn. dopusz.	Wycięcie L	Różn. K	Różn. dopusz.
żł 18	18,1	174	429 x 383 Ø	422 x 386,8	42	34,0	8,0	10,5	40,0	6,0	5,1	43,5	3,5	1,2	37,0	6,5	4,35	36,5	0,5	1,11
żł 22	22,3	182	„	„	42	35,5	6,5	10,5	39,5	4,0	5,3	42,0	2,5	1,18	36,7	5,3	4,20	36,0	0,7	1,09
żł 30 (nisko węgliste)	37,0	206	„	„	42	36,0	6,0	10,5	40,0	4,0	5,4	41,4	1,4	1,20	38,0	3,4	4,14	37,5	0,5	1,14
żł 30 (formy podgrzane)	36,4	203	„	„	42	38,0	4,0	10,5	38,5	0,5	5,7	39,6	1,1	1,15	36,0	3,6	3,96	35,5	0,5	1,08

Uwaga: Wszystkie wymiary w milimetrach.

*) Próbkę wytrzymałościową o \varnothing 16 mm wytoczono z osobno odlanych w suchych formach sztabek o \varnothing 25 mm.

***) Twardość mierzona w środku ściany tuleji.

życie przy ścieraniu niż żeliwo otrzymane metodą form podgrzanych.

W obecnej chwili, gdy zwiększamy stale jakość naszych wyrobów, powinniśmy zwrócić uwagę na ten gatunek żeliwa, a specjalnie przemysł taboru kolejowego, warsztaty naprawcze parowozowe, jak również przemysł motoryzacyjny (produkcja ciągników).

Metoda otrzymywania żeliwa niskowęglistego.

Wiadomym było od dawna, że równocześnie z obniżeniem zawartości C_c w żeliwie wzrasta jego wytrzymałość i zmniejsza się wrażliwość na grubość ścianek odlewu. Badacze starali się przez zmniejszenie ilości C_c upodobnić żeliwo do stali.

O ile otrzymanie żeliwa niskowęglistego (około 3% i poniżej) w piecach płomiennych i elektrycznych nie nasuwało technicznych trudności poza wysokimi kosztami ruchu, o tyle otrzymanie niskowęglistego żeliwa w żeliwiaku rozwiązane praktycznie zostało dopiero w roku 1924. Celem obniżenia zawartości C_c w żeliwie z żeliwiaka dodawano do wsadu metalowego odpadki stalowe. Stosował to już w roku 1913 Mac Pherran (9) i to w ilości do 60% w stosunku do wsadu. Próby te jednak nie dały zadowalających wyników.

W owym czasie poglądy na technikę przetapiania stali w żeliwiaku były rozbieżne, jedni fachowcy uważali, że stal nawęglą się w żeliwiaku od koksu i dopiero wtedy ulega stopieniu, inni, między innymi A. Ledebur (10), twierdzili, że w żeliwiaku przed tym stopia się surówka i złom żeliwny i że stopione krople tych materiałów padając na stal rozpuszczają się. Zarówno A. Ledebur jak i B. Osann (11) twierdzili, że do żeliwiaka można dodawać odpadki stalowe w ilości maksymalnej 30% w stosunku do wsadu metalowego i że bez koniecznej potrzeby nie zaleca się dodawać więcej niż 10%. Równocześnie uważano, że przy dodaniu większych ilości

stali, należy znacznie powiększyć ilość koksu wsadowego, nawet do 20% (12).

Przeгляд rozwoju techniki topienia stali w żeliwiaku dał F. Wüst i P. Bardenheuer (13), którzy stwierdzili, że metoda dodawania stali do żeliwiaka jest najstarszą i najtańszą metodą otrzymywania żeliwa o wysokich własnościach wytrzymałościowych ale, że metoda ta ze względu na jakość materiału (duża ilość braków) i pewność otrzymania jednolitego materiału ustępuje miejsca innym metodom.

W roku 1924 K. Emmel ogłasza patent na sposób wytwarzania żeliwa o niskiej zawartości węgla w żeliwiaku (14). Patent na Polskę nosi tytuł — „Sposób wytwarzania żeliwa szarego i temperowanego *) wzgl. stali temperowanej *) o niskiej zawartości węgla, a za tym wielkiej wytrzymałości”. Zastrzeżenia tego patentu brzmią jak niżej:

1. Sposób wytwarzania żeliwa, np. żeliwa szarego o niskiej zawartości węgla (około 3% i niżej), a za tym dużej wytrzymałości, znamieny tym, że w piecu szybowym (kopulaku), zasilanym stałym paliwem i zaopatrzonym przeważnie w przedtrzonie, stopia się do 50% i więcej żelaza niezasobnego w węgiel (stal lub żelaza kutego) z żelazem zawierającym więcej węgla (surówką lub złomem) lub też wyłącznie żelazo, o małej zawartości węgla, bez powiększenia koksu ponad ilość, zwykle stosowaną do otrzymania żeliwa szarego, dostosowując siłę przedmuchiwanego powietrza do tej małej ilości koksu.
2. Sposób według zastrz. 1 znamieny tym, że żelazo o małej zawartości węgla stosuje się całkowicie lub częściowo w postaci brykietów z małych kawałków żelaznych.
3. Sposób według zastrz. 1 lub 2, znamieny tym, że stopień zawartości węgla w tworzywie określa się przez mierzanie ilości wdmuchiwanego powietrza, względnie jego ciśnienia.

*) miana nieprawidłowe.

4. Wykonanie sposobu według zastrz. 1 — 3, znamienne tym, że ilość i ciśnienie przepływającego przez piec powietrza, reguluje się przez miarkowanie (np. dławienie) gazów wylotowych.
5. Sposób według zastrz. 1 — 3, znamienne tym, że w przewod kopolaką doprowadzający powietrze do pieca, umieszczone są samoczynne, najlepiej nastawne, zawory dla zmniejszenia, względnie miarkowania ciśnienia.
6. Zastosowanie sposobu według zastrz. 1 — 4, do wytwarzania odlewów temperowanych, znamienne tym, że jako materiał wyjściowy dla żarzenia wytwarza się biały odlew, stapiając w kopolaku, przeważnie zaopatrzonym w przedtrzonie, niezasobne w węgiel żelazo (stal lub żelazo kute), za pomocą małej ilości koksu, odpowiadającej mniej więcej ilościom, używanym przy stapianiu żeliwa szarego, oraz dostosowując ilość wdmuchiwanego powietrza lub jego ciśnienie lub też ilość i ciśnienie do tej małej ilości koksu.
7. Sposób według zastrz. 6, znamienne tym, że zawartość węgla w gotowym tworzywie miarkuje się podczas stapiania materiału wyjściowego przez miarkowanie koksu i powietrza, względnie tylko powietrza wdmuchiwanego.

W roku 1928 zgłoszono w Polsce dalszy patent będący uzupełnieniem patentu poprzedniego (15), który nosi tytuł „Sposób wytwarzania przegrzanego żeliwa w kopolakach”, którego zastrzeżenia patentowe brzmią następująco:

1. Sposób wytwarzania przegrzanego żeliwa w kopolakach, znamienne tym, że temperaturę przegrzania otrzymuje się bez powiększenia ilości koksu potrzebnego do stopienia surówki lub złomu żelwnego oraz odpowiadającej jej mniej więcej ilości przedmuchiwanego powietrza i jego ciśnieniu, dzięki zastosowaniu ładunku składającego się w 50 i więcej procentach z niezasobnego w węgiel żelaza, albo ładunku wyłącznie z takiegoż żelwa, z domieszką zwykłych dodatków uszlachetniających.
2. Sposób według zastrz. 1, znamienne tym, że temperaturę przegrzania żeliwa reguluje się przez zmianę składu ładunku odpowiednio do zawartości niezasobnego w węgiel żelaza.

K. Emmel wyszedł z założenia, że do stopienia stali w żeliwiaku wystarczy zwykle stosowana ilość koksu, jedynie pewien nadmiar należy uwzględnić ze względu na zużycie koksu na nawęglenie stali we wsadzie. Jedną z przyczyn niepowodzenia jego poprzedników było — zdaniem *K. Emmela* — stosowanie przy wsadzie metalowym o zawartości większej ilości odpadków stalowych (około 50%) zbyt dużej ilości koksu wsadowego. Powodowało to znaczny spadek wydajności żeliwiaka, co w konsekwencji dawało obniżenie temperatury płynnego żeliwa, duże nasiarczenie itd.

Warunkiem powodzenia przy otrzymywaniu żeliwa niskowęglatego tą metodą jest:

1) Otrzymanie odpowiedniej temperatury żeliwa na rynnice (powyżej 1400 C mierzone pyrometrem optycznym typu *Siemens*, *Pyropto* lub *Optix* bez poprawki).

2) Umiejętność regulacji ilości węgla w żeliwi.

Warunek pierwszy jest przy metodzie tej bardzo ważny, gdyż zmniejszenie zawartości C_c powoduje podwyższenie temperatury topliwości żeliwa i co za tym idzie konieczność odlewania w wyższych temperaturach niż przy żeliwie wysokowęglistym. Pierwsze próby w Polsce wprowadzenia tego gatunku żeliwa w roku 1931 nie powiodły się wskutek trudności w otrzymaniu wymaganej temperatury. Okazało się przy tym, że użyty do pierwszej próby koks ostrawski z kopalni „Ignacy”, który dawał dobre wyniki przy topieniu innych gatunków żeliwa, nie dawał odpowiedniego nawęglenia wsadu, który składał się z 50% odpadków stalowych, reszta surówka + złom żelwny.

Dopiero użycie koksu ostrawskiego z kopalni „Franciszek” doprowadziło do pozytywnych rezultatów.

Sprowadzony również dla porównania koks odlewniczy z zagłębia Ruhry, na którym *K. Emmel* robił swe doświadczenia, dał wynik identyczny (temperatura, nawęglenie), jak koks „Franciszek”. Używany obecnie przez nasze odlewnie koks odlewniczy „Wiktoria” z Wałbrzycha daje wyniki zbliżone do wyników otrzymanych na koksie „Franciszek”. Wg badań *M. Czyżowskiego* przed 1939 r. koks „Ignacy” wykazał mniejszą reakcyjność niż koks „Franciszek”. Prawdopodobnie w tym leży przyczyna niepowodzenia użycia koksu „Ignacy” do otrzymania żeliwa niskowęglatego metodą stosowania dużej ilości stali na wsadzie żeliwiaka, gdyż jak stwierdził *P. Tobias* i *K. Sipp* (18) koks mniej reakcyjny nie daje dużego nawęglania stali w żeliwiaku.

Jeżeli chodzi o warunek drugi dotyczący umiejętności dozowania C_c to okazało się, że sposób zastrzeżony w patencie Nr 4694, mówiący o sposobie regulacji C_c przez regulację ilości dmuchu, lub jego ciśnienia nie dał rezultatów. Potwierdza to również *Piwowarsky* (16). Również regulowanie nawęglania dla żeliwa o zawartości około 3% C_c przez przetrzymywanie stopionego żeliwa w kotlinie żeliwiaka (żeliwiak bez zbiornika) nie dały widocznych wyników. Ażeby zorientować się co do sposobu regulacji C_c w żeliwie, należy przede wszystkim zdać sobie sprawę w jaki sposób przebiega topienie i nawęglanie stali w żeliwiaku. Według *K. Emmela* kawalki stali dochodzą do strefy najwyższej temperatury, tam ogrzewają się do temperatury topienia i topią się, po czym spadające krople stopionej stali, spływając po rozżarzonej koksie, nawęglają się.

Jeżeli dla przykładu weźmiemy stal o zawartości 0,1% C, to jak wiadomo temperatura topliwości tej stali wynosi około 1500 C. Jeżeli przyjmemy, że krople stali spadając po rozżarzonej koksie nawęglają się np. do 2%, to otrzymujemy stop (żeliwo), którego temperatura topliwości wyniesie około 1400 C. W ten sposób otrzymujemy żeliwo przegrzane (w danym wypadku o 100 C) w stosunku do swej temperatury topliwości. *E. Piwowarsky* (17) przeprowadził szereg badań w żeliwiaku o \varnothing 300 mm, stosując wsad o zawartości 50% i 100% odpadków stalowych i stwierdził, że powyżej strefy topienia odpadki stali nie ulegają nawęgleniu prawdopodobnie wskutek atmosfery utleniającej i chroniącej stal od nawęglania. Odpadki stali topią się w temperaturze około 1500° C i nawęglają się dopiero po

stopieniu, spływając po rozżarzonym koksie. Główny wpływ na nawęglanie ma przede wszystkim temperatura panująca w żeliwiaku, czas zetknięcia się kropeł stopionej stali z rozżarzonym koksem, oraz jakość koksu.

P. Sippi i K. Tobias (18) przeprowadzili szereg badań i stwierdzili, że nawęglanie zwiększa się, gdy:

- we wsadzie jest mało C,
- im jest mniej Si,
- im koks jest łatwiej reakcyjny.

Poza tym stwierdzili, że wielkość kawałków stali we wsadzie nie ma wpływu na nawęglanie. Wyniki doświadczeń przeprowadzone w Polsce, wykazały wybitny wpływ wielkości kawałków stali na nawęglanie przy zachowaniu innych warunków bez zmian. Doświadczenia wykazały, że obecność we wsadzie odpadków stalowych w kawałkach o grubości ponad 10 mm i o długości ponad 200 mm (np. odpadki dźwigarów, szyny kolejowe, tramwajowe) powodują większe nawęglanie niż obecność stali o mniejszej grubości kawałków (np. nity, śruby, podkowy). E. Pivomarsky (19) podał wpływ jakości koksu na nawęglanie i stwierdził, że najlepiej nawęglają koks z ropy naftowej, poza tym koks odlewniczy, następnie idzie węgiel drzewny. Ponieważ własności wytrzymałościowe żeliwa zależą przede wszystkim od ilości C_c kwestia utrzymania tego składnika w możliwie najniższych granicach tolerancji jest rzeczą bardzo ważną. Prace przeprowadzone w tym kierunku wykazały, że jest rzeczą praktycznie wykonalną utrzymać C_c w granicach $\pm 0,05\%$, przestrzegając ściśle jednakowych warunków topienia. Uzyskiwano np. żeliwo o zawartości C_c w granicach:

2,9 — 3%
3,0 — 3,1%
3,1 — 3,2%

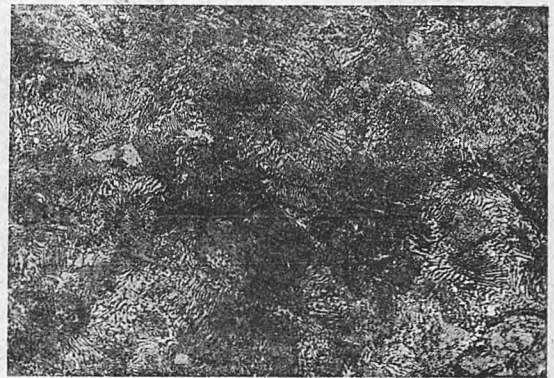
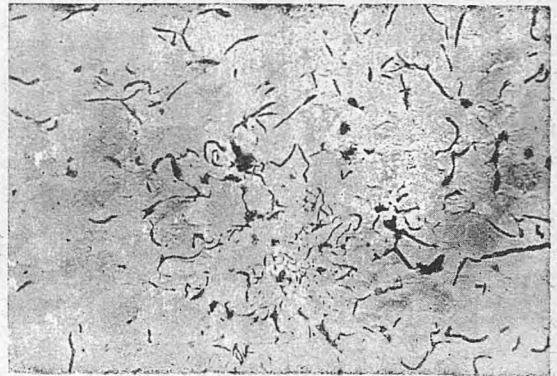
Należy zwrócić uwagę nie tylko na jakość koksu, ale na utrzymanie jednakowej wielkości kawałków, jednakowej ilości powietrza, wsad musi być również starannie ważony, wielkość kawałków wsadu odgrywa też poważną rolę.

Utrzymanie C_c w podanych wyżej granicach zdawać by się mogło rzeczą trudną do wykonania, choćby z tego względu, że błąd analizy przy oznaczaniu C_c według PNW/Chem 6 n może się wahać w granicach $\pm 0,03\%$. Doświadczenia wykonane w kraju wykazały, że więcej niż 80% wytopów mieściło się w założonych granicach, tzn. np. na 10 wytopów żeliwa o założonej zawartości węgla w granicach 2,9 — 3, co najmniej 8 wytopów było w żądanych granicach. Pozostałe dwa wytopy przekraczały 3% C_c lub miały zawartość C_c poniżej 2,9 o max. 0,02 — 0,03%, co nie miało praktycznie żadnego wpływu na własności żeliwa. Możliwość utrzymania węgla w tych granicach potwierdzają również wyniki produkcji żeliwa *Meehanite*. W roku 1936 miałem sposobność widzieć produkcję tego żeliwa, o której będzie mowa w dalszym ciągu. Przy metodzie tej otrzymuje się płynne żeliwo z żeliwiaka ze wsadu zawierającego około 60% stali i produkowane równocześnie gatunki żeliwa A, B, C, D zawierają:

C_c — 3,0%, 3,1%, 3,2%, 3,3%.

Wskazuje to, że utrzymanie dokładności dozowania węgla w granicach $\pm 0,05\%$ jest całkowicie realne.

Jeżeli chodzi o metodę otrzymywania żeliwa niskowęglatego w żeliwiaku, to pierwotnie starano się otrzymywać żeliwo raczej o zawartości węgla znacznie poniżej 3%, a więc około 2,5 — 2,8%. Doświadczenia wykazały, że rodzaje żeliwa o tak niskiej zawartości węgla są bardzo wrażliwe na temperaturę odlewania, mają duży skurcz i z tego powodu wykazały przy mniej starannej pracy duże



Rys. 3. Żeliwo niskowęgliste uzyskane z żeliwiaka.

ilości braków. Równocześnie zła leżność tego żeliwa utrudniała wypełnianie form i powstawało niebezpieczeństwo niedolania, szczególnie w cieńszych przekrojach odlewów. Wszystko to spowodowało, że przesunięto zawartość węgla w górę i starano się utrzymać węgiel na wysokości około 3% i tylko rzadko obniżano zawartość węgla poniżej 2,9. Stosując odpowiednie kierowanie nawęglania można było (podobnie jak u *Meehanite*) dojść do zawartości 3,2 — 3,3% C przy wsadzie zawierającym 50% i więcej odpadków stalowych. Poniżej podam typowe przykłady wsadów, które stosowano przy tej metodzie w Polsce:

1) Dla otrzymania żeliwa gatunku „żl 26” o zawartości C_c = 3,1—3,2%:

- 50% odpadki stalowe,
- 10% surowiec martenowski (ok. 2% Mn).
- 40% surowiec odlewniczy Nr. 1.

W zależności od grubości ścian odlewu dodaje się odpowiednią ilość krzemu do wsadu w postaci

żelazokrzemu (10% Si), wzgl. w postaci kostek krzemowych.

2) Dla otrzymania żeliwa gatunku „żł 30“ o wartości $C_c = 2,9 - 3\%$:

- 50% odpadki stalowe,
- 10% surowiec martenowski, jak wyżej,
- 40% złom „żł 26“ lub „żł 30“.

Uzupełnienie krzemu jak wyżej.

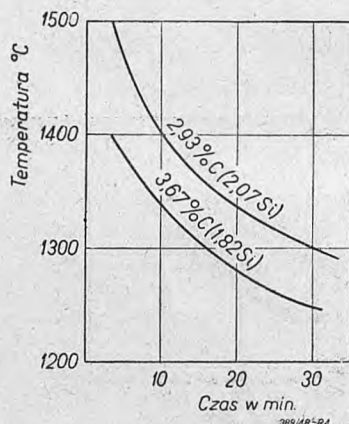
3) Dla otrzymania żeliwa gatunku pośredniego o zawartości węgla $= 3,0 - 3,1\%$:

- 50% odpadki stalowe,
- 10% surowiec martenowski, jak wyżej,
- 20% złom żeliwny, j. w.
- 20% surowiec odlewniczy Nr 1.

Uzupełnienie krzemu jak wyżej.

Jak z powyższego widać, w wypadku tym dozowano zawartość C_c w żeliwie, stosując zmienne wartości C_c we wsadzie przez zmianę ilości wysokowęglatego surowca odlewniczego.

Żeliwo otrzymane tą metodą posiada R_c ponad 26 względnie 30 kG/mm², w zależności od zawartości C_c .



Rys. 4. Zależność od temperatury czasu przegrzania, potrzebnego do rozpuszczenia zarodków grafitu.

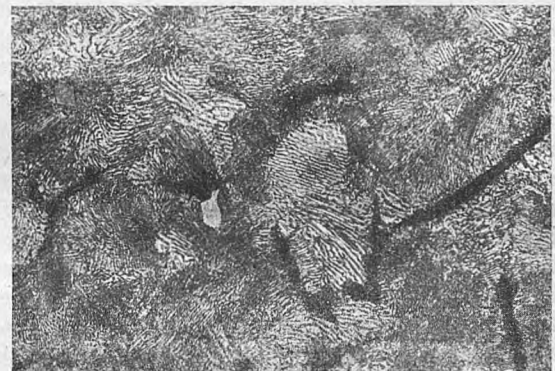
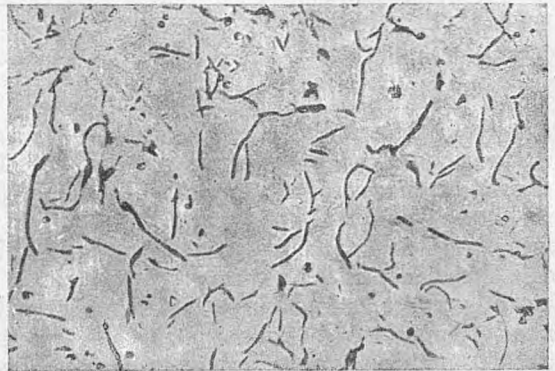
małą wrażliwość na grubości ścianek (niska zawartość C_c) oraz dobrą odporność na ścieranie. Żeliwo otrzymane tą metodą można odlewać do form wilgotnych, co stanowi niezaprzeczoną zaletę w stosunku do metody form podgrzanych. Wskutek wysokiej temperatury topienia obserwuje się przy tej metodzie większe niż przy innych nasiarczenie metalu. Przy użyciu koksu wsadowego w ilości 13,5% z kopalni „Franciszek“ przy wsadzie zawierającym 50% odpadków stali, reszta złom o zawartości około 0,12% S otrzymuje się w odlewie około 0,12 — 0,13% S. W tych samych warunkach przy topieniu żeliwa ciągliwego i ilości koksu wsadowego około 15%, ilość S w odlewie dochodziła do 0,15%.

Strukturę żeliwa otrzymanego wyżej opisaną metodą widać na mikrografii na rys. 3. Postać grafitu jest inna niż przy metodzie poprzedniej, wtrącenia grafitowe są bardziej drobne.

Żeliwo to znalazło zastosowanie w budowie maszyn. Wykonuje się cylindry maszyn tłokowych, tłoki, koła zębate. Ze względu na swą ścisłą strukturę nadaje się na armaturę narażoną na działania

chemicznej, między innymi jest dość odporne na alkaliczne ciecze (NaOH, Na₂CO₃).

Metodę tą można zastosować również do produkcji żeliwa ciągliwego. Poza innymi zaletami pozwala ona poza tym na otrzymywanie żeliwa z jednej strony bez dodatku surowki — w razie braku



Rys. 5. Żeliwo o podwyższonych własnościach, uzyskane metodą przegrzewania.

też — stosując wsad zawierający 50% stali + 50% złomu lanego. W razie braku złomu lanego, jak to ma miejsce dziś, można zastosować wsad o zawartości 50% odpadków stali + 50% surowki.

Metoda przegrzewania uprzednio stopionego żeliwa.

Metoda otrzymywania żeliwa o podwyższonych własnościach mechanicznych za pomocą przegrzewania stopionego uprzednio w żeliwiaku płynnego żeliwa znana była od dawna. Stwierdzono doświadczalnie, że żeliwo przetopione w żeliwiaku, przelane następnie do pieca płomiennego lub elektrycznego i tam ogrzane przez pewien okres czasu, daje po odlaniu strukturę o drobno ukształtowanym graficie. Teoretyczne podstawy do tej metody podali w latach 1925 i późniejszych różni autorzy, między innymi E. Piwowarsky (20) i J. Hanemann (21).

Praktyczne opracowanie tej metody przeprowadził J. Hanemann który zgłosił patent (22), zawierający następujące zastrzeżenie patentowe:

„Sposób wytwarzania żeliwa szarego (zawierającego grafit drobno łuszczkowaty) znamienny tym, że stopione żeliwo przed odlewaniem utrzymuje się w stanie płynnym przez przeciąg czasu zależny od temperatury i rodzaju stopu“.

Jak podaje wykres (rysunek 4) dla każdej temperatury przegrzania, poczynawszy od około 1200 C, potrzebny jest minimalny czas do rozpuszczenia wszystkich zarodków grafitowych. Temperatura i czas zależne są od składników żeliwa, a przede wszystkim od zawartości C_c.

Metoda ta jako metoda otrzymywania żeliwa o podwyższonych własnościach wytrzymałościowych traci dziś swe znaczenie dla przemysłu ze względu na obecny rozwój innych metod tańszych, szybszych, nie wymagających inwestowania pieca płomiennego. Metoda ta ma jednak tą zaletę, że pozwala na otrzymywanie żeliwa o określonym składzie chemicznym, gdyż w czasie ogrzewania w piecu płomiennym można pobrać próbkę do analizy i w zależności od jej wyników poprawić odpowiednio skład chemiczny.

Drugą zaletą jest dobre odgazowanie żeliwa w czasie procesu przegrzewania, co pozwala obniżyć temperaturę lania w stosunku do żeliwa o takim samym składzie otrzymanego z żeliwiaka. Daje to niezaprzeczone korzyści. Poza tym metoda ta pozwala na regulację wielkości płatków grafitu w żeliwie, przez odpowiednie przegrzanie możemy bądź to zupełnie rozpuścić zarodki grafitu i otrzymać przy stygnięciu odlewu bardzo drobny grafit, można też przez ogrzewanie do temperatury poniżej krytycznej pozostawić część zarodków grafitowych nierozpuszczonych i przez to uzyskać grafit o grubszych żyłach. Ze względu na zgar C_c metoda ta nadaje się raczej do otrzymywania żeliwa o niższej zawartości C_c (około 3,2 i poniżej). Strukturę żeliwa otrzymanego tą metodą widać na fotografii na rys. 5.

SPIS LITERATURY

- 1) *Pinowarsky E.*, *Hochwertiges Gusseisen* 1942, str. 4
- 2) *Czyżewski M.*, *Hutnik* 1948, Nr 1.
- 3) *W. J. Keep*, *Cast Iron*, New York, J. Willey Sons, 1902.
- 4) *Diefenthaler u. Sipp* — *Stahl u. Eisen* 1920, str. 1141
- 5) *Lanz*, *Patent Polski*, Nr 10359, zgłoszony 19.1.1924 pierwszeństwo 22.1.1923 (Niemcy)
- 6) *Metal Progress*, grudzień 1947
- 7) *Pinowarsky E.*, *Hochwertiges Gusseisen* 1942, str. 121
- 8) *Pinowarsky E.*, *Der Eisen — u. Stahlguss* 1937, str. 150 rys. 255.
- 9) *Mac Pherran*, *Foundry Trade J.* 1932, str. 16 i 25
- 10) *Ledebur*, *Eisen und Stahlgießerei*, Weimar 1892, str. 342
- 11) *Osann*, *Lehrbuch der Eisen und Stahlgießerei*, Leipzig 19222, str. 164
- 12) *Geiger*, III tom, 1928, str. 312
- 13) *Foundry Trade J.*, 1925, str. 410
Mitteilungen K. — Inst. Eisenforsch. Bd 4 (192)
- 14) *Emmel K.* *Polski Patent* Nr 1694, zgłoszony 14.7.1925, pierwszeństwo 9.12.1924 dla zastrzeżeń 1—5, 24.3.1925 dla zastrzeżeń 6 i 7.
- 15) *Emmel K.* *Polski Patent* Nr 10542, zgłoszony 1.3.1928 pierwszeństwo 15.3.1927
- 16) *Pinowarsky E.*, *Giesserei* 1930, str. 359
- 17) *Pinowarsky E.*, *Giesserei* 1930, str. 10, 12, 15
- 18) *Sipp, Tobias*, *Giesserei* 1932, str. 425
- 19) *Pinowarsky E.*, *Giesserei* 1933, str. 277
- 20) *Pinowarsky E.*, *Hochwertiges Gusseisen* 1942, str. 173
- 21) *Mejersberg*, „*Edelguss*“ 1929, str. 74
- 22) *Polski Patent* Nr 8054, pierwszeństwo 25.11.1925.

(c. d. n.)

Organizacja i planowanie pracy w odlewni

(ciąg dalszy)

Inż. PLATON JANUSZEWICZ

W kraju posiadamy odlewnie wszystkich pięciu wymienionych klas, lecz należących do grupy pierwszej i drugiej, to jest małej i średniej rocznej produkcji. Są to odlewnie o charakterze produkcji indywidualnej i drobnoseryjnej (poza nielicznymi wyjątkami), w przeważającej części zupełnie niezmechanizowane, albo tylko częściowo. Aby zwiększyć ich roczną wydajność, należy przede wszystkim wprowadzić należyłą organizację i planowanie pracy, a w następnym etapie dążyć do częściowego zmechanizowania.

Pod słowami — organizacja i planowanie pracy należy rozumieć:

- a) jak najbardziej celowe wykorzystanie możliwości produkcyjnych,
- b) całkowite wykorzystanie istniejących urządzeń,
- c) racjonalny podział funkcji pomiędzy pracownikami, realizując zasadę — właściwy człowiek na właściwym miejscu — innymi słowy przydział roboty odpowiadającej kwalifikacji pracownika,
- d) stworzenie jak najkorzystniejszych warunków pracy.

Realizacja tych zasad ma w odlewnictwie szczególne znaczenie, ponieważ cały cykl produkcyjny składa się z całego szeregu następujących po sobie lub równoległych operacji, jak np. wykonanie modelu, przygotowanie masy formierskiej, wykonanie formy, rdzeni, suszenie, topienie metali itp.

Wykonanie odlewów jest produkcją, wymagającą zastosowania różnych operacji, mających między sobą bardzo ścisły związek przyczynowy i zmuszający wobec tego do zatrudniania pracowników bardzo różnych specjalności i kwalifikacji. Zasadniczą i główną operacją jest formowanie i jeżeli powierzchnia formiarni nie stanowi „wąskiego przejścia” odlewni, to właśnie formowanie decyduje o wielkości i jakości produkcji. Wszystkie inne roboty w stosunku do formowania są w istocie robotami drugorzędnymi.

Operacja formowania wymaga zatrudnienia wysoko kwalifikowanych i dobrze płatnych robotników i im lepiej i właściwiej będą oni wykorzystani, tym większa będzie wydajność danej odlewni. Należy wobec tego uwolnić formierzy od wszelkich podrzędnych czynności, nie wymagających wysokich kwalifikacji i doświadczenia. Masa formierska musi

być z góry przygotowana i dostarczona; modele, skrzynki formierskie, szpilki, haki, przyrządy dostarczone i miejsce pracy przygotowane, tak aby formierz mógł się poświęcić całkowicie formowaniu, nie tracąc czasu na poszukiwania i na operacje wstępne.

Dobre oświetlenie, wygodne miejsce pracy, wydajne maszyny formierskie, doskonałe środki transportowe itd., są to rzeczy drogie, które podwyższają koszt warsztatowy, a tym samym i koszt odlewu. Z drugiej jednak strony ze zwiększeniem wydajności odlewni koszty maleją, a tym samym obniża się koszt własny odlewów.

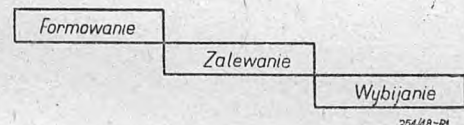
W wielu odlewniach można się spotkać ze zjawiskiem obciążenia formierzy całym szeregiem czynności, które nie wymagają w pełni znajomości formowania. Formierzy sami przygotowują sobie masę formierską, odlewają i wybijają formy. Przy takim systemie formierz, po przyjściu do pracy, musi się zabrać do wybicia poprzednio odlanych form, do przesiania masy formierskiej i przygotowania miejsca do formowania. Dopiero po 2—3 godzinach, po spełnieniu różnych dodatkowych czynności, formierz może się zabrać do właściwego formowania. Po południu, koło godziny 2-giej, rozpoczyna się odlewanie i o tym czasie wszystkie roboty formierskie muszą być zakończone. Do końca dniówki formierz jest zajęty przy odlewie. Jak z powyższego widać, na właściwe formowanie pozostaje formierzowi z całej dniówki nie więcej jak 3 godziny i jego wydajność, a tym samym i całej odlewni, nie przekracza 50% możliwej do osiągnięcia wydajności. O ile weźmie się pod uwagę nieuniknione straty czasu, powstające przy przerzucaniu się od roboty do roboty, to ostatecznie osiągnięta wydajność będzie jeszcze mniejsza. Sprawa przedstawia się nieco lepiej, kiedy odlew odbywa się co drugi dzień. Wtedy w dniu, poprzedzającym odlew, formierz jak i w poprzednim wypadku, zaczyna dzień roboczy od wybijania i przesiewania masy formierskiej. Dopiero następnie przystępuje do formowania, które kontynuuje aż do popołudnia dnia następnego, tj. dnia odlewu, po czym jest zajęty przy odlewaniu. Przy takim systemie formierz traci na czynności przygotowawcze i podrzędne około 25%, ale powierzchnia odlewni jest słabiej wykorzystana, ponieważ gotowe formy zajmują ją przez dwa dni. Zwiększona jest również możliwość braków ze względu na nawilżanie rdzeni, przebywających zbyt długo w formie przed odlaniem.

Metoda schodkowa.

Zupełnie odmiennie przedstawia się sprawa w wypadkach zwolnienia formierzy od wszelkich robót pomocniczych, nie odpowiadających ich kwalifikacjom. W wielu odlewniach można się spotkać z następującą organizacją pracy:

Formowanie odbywa się na pierwszej zmianie, zalewanie na drugiej, a wybijanie, przesiewanie masy, i przygotowanie miejsca do formowania na trzeciej. Ta metoda, tzw. *schodkowa*, jest w porównaniu z poprzednimi o wiele wygodniejsza, gdyż umożliwia wykorzystanie formierzy wyłącznie do formowania w ciągu całego dnia pracy. Jeżeli będziemy rozpatrywać sprawę z punktu widzenia wielu zmiano-

wości, to możemy stwierdzić, że zdolność produkcyjna odlewni zostaje wykorzystana jedynie w $\frac{1}{3}$, ponieważ z trzech pracujących zmian tylko jedna jest wykorzystana na formowanie. Poza tym ten system pracy posiada jeszcze jeden zasadniczy błąd. Charakter przebiegającego w odlewni procesu technologicznego wymaga włączenia do cyklu produkcyjnego i wyłączenia z niego różnych grup robotników określonych specjalności w różnych ściśle określonych godzinach. Jedne grupy muszą rozpocząć pracę wcześniej, by umożliwić wykonanie dalszych operacji. Tak np. praca ładowaczy i spustowych, chociaż wzajemnie uzupełnia się, odbywa się tylko przez pewien okres czasu równoległe. Ładowacze, po przyjściu do pracy, przygotowują najpierw materiały wsadowe, a później przystępują do ładowania żeliwiaka. Wówczas jeszcze spustowi nie mają nic do roboty bezpośrednio przy piecu i są zajęci wylepianiem kadzi i ich suszeniem. Pod koniec odlewu, ładowacze po wrzuceniu ostatniego wsadu kończą już swą dzienną pracę. Tymczasem spustowi muszą jeszcze zaczekać, aż ostatni wsad zejdzie i stopi się, po tym muszą wypuścić żeliwo, wybić piec i zalać wodą resztki koksu i żużla.



Rys. 1. Schemat metody schodkowej.

Z powyższego wynika, że przy równoczesnym rozpoczęciu pracy przez spustowych i ładowaczy, pierwsi na początku, a drudzy pod koniec zmiany, nie są w pełni wykorzystani. Również i racjonalna obsługa formierzy wymaga na początku zmiany, mniejszej ilości sił pomocniczych niż pod koniec, kiedy odbywa się składanie, odlewanie form i przygotowanie do odlewu. Dlatego też, należy mieć do dyspozycji pod koniec dnia większą ilość ludzi do pomocy niż na początku.

Metoda różniczkowa.

Bardziej racjonalna metoda różniczkowa opiera się na następujących zasadach:

- 1) każdy kwalifikowany robotnik (formierz) musi wykonywać tylko taką robotę, która odpowiada jego kwalifikacjom,
- 2) cała robota pomocnicza musi być dla niego z góry przygotowana,
- 3) wszystkie grupy robotników zatrudnione przy różnych fazach procesu technologicznego, muszą być tak powiązane, by wzajemnie mogły się uzupełniać i zastępować. Szczególnie ten ostatni warunek charakteryzuje zasadę różniczkową i odróżnia ją od metody schodkowej, gdzie robota jest podzielona mechanicznie na trzy etapy: rano formowanie, wieczorem zalewanie, w nocy wybijanie.

Zastosowanie metody różniczkowej na przykładzie.

W nocy koło 2.30 przychodzą murarze i zabierają się do naprawiania żeliwaków. Przed rozpoczęciem ogólnej dziennej zmiany, mają oni półgodzinną

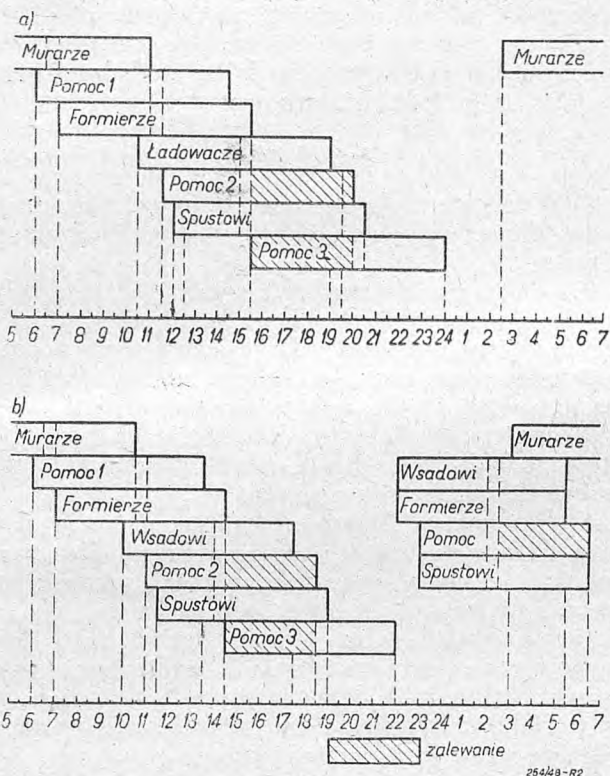
przerwę na posiłek, po czym pracują do godz. 11-ej. Wówczas musi być zakończony remont i murarze idą do domu.

Godzinę przed rozpoczęciem zasadniczej zmiany przychodzi do odlewni grupa robotników pomocniczych (pomoc 1), która wybija resztę zalanych poprzedniego dnia i nie wybitych odlewów (nie wszystkie odlewy mogą być wybite zaraz po zalaniu ze względu na możliwość powstania pęknięć, skrzywień, utwardzeń i tp.) przesiewa masę wypełniającą, sprzęta i przygotowuje miejsca do formowania. Ci robotnicy roznoszą wyznaczone do formowania modele, przygotowują potrzebne skrzynki formierskie, listwy, żebra, szpilki i tp. oraz wykańczają wszystko, co nie

czych: formierze muszą dysponować większą ilością pomocników, którzy przynoszą rdzenie z suszarni, pomagają przy składaniu i obciążaniu form itp. Ta sama grupa po półgodzinnym odpoczynku i odejściu formierzy jest w całości użyta do zalewania form, trwa to przy tym rozkładzie dnia 4½ godz., to jest do godziny 20-ej.

O godzinie 10-ej przychodzą spustowi, tj. w ½ godz. po przyjeździe ładowaczy. Spustowi wylepiają kadzie, suszą je, przygotowują kokilki i formy do prób kontrolnych, lepia korki i przygotowują się do odlewu. Po ½ godzinnej przerwie obiadowej, po włączeniu dmuchu, pełnią normalne obowiązki spustowych. Po zakończeniu odlewu wybijają piec i zalewają wybity koks wodą. O godz. 20.30 kończą pracę.

O godz. 14.30, tj. godzinę przed odejściem formierzy, robotnicy z grupy „pomoc 1” kończą pracę. Główne roboty są zakończone, a formierze są obsługiwani przez robotników z grupy „pomoc 2”. O godz. 15.30, wraz z syreną, wychodzą formierze, a na ich miejsce przychodzi ostatnia grupa „pomoc 3”, która wraz z grupą „pomoc 2” przystępuje do zalewania form. Dmuch jest uruchomiony o godz. 15.30 i w odlewni po wyjściu formierzy, po za piecowymi i pomocnikami zatrudnionymi przy laniu, nie ma nikogo. Lanie ma przebieg planowy, spokojny, bez tłoku, i zamieszania. Mniej więcej godzinę przed końcem odlewu, ładowacze wysypują ostatni wsad, po czym wychodzą. O godz. 20-ej odlew jest zakończony, druga zmiana pracowników (pomoc 2) kończy pracę, trzecia (pomoc 3), spożywa posiłek, a spustowi w ciągu ½ godziny kończą wybijanie pieca i zalewają koks wodą i również kończą pracę. Na odlewni pozostaje wyłącznie trzecia grupa (pomoc 3), która przeprowadza wybijanie i wywożenie odlewów, przesiewa masę formierską, przygotowuje miejsca do formowania na następny dzień, ładuje na wózki i wywozi niepotrzebne skrzynki, ciężary i wogóle wszystko, co musi być sprzątnięte z hali odlewni. O godz. 24-ej ta robota jest skończona i ostatnia zmiana wychodzi. Opisany przebieg pracy pokazany jest schematycznie na rys. 2a.



Rys. 2. Schemat metody różniczkowej:

- jednoczynowej,
- z wprowadzeniem drugiej zmiany na roboty formierskie.

zostało wykonane poprzedniego wieczora. O godz. 7-ej, wraz z syreną fabryczną przychodzą formierze i rozpoczynają pracę. Skrzynki formierskie, modele, i narzędzia zostały dostarczone, masa przesiana i zwilżona, plac wyrównany, doły potrzebne wykopane, poczym grupa pracowników, przybyłych przed syreną, obsługuje formierzy.

Pół godziny przed przerwą obiadową rozpoczynają pracę ładowacze piecowi (wsadowi), którzy zwożą i przygotowują materiały wsadowe na pomoście wsadowym, napełniają żeliwiak, następnie podczas jego biegu ładują wsady.

Podczas ogólnofabrycznej przerwy obiadowej przychodzi druga grupa robotników pomocniczych (pomoc 2), która wzmacnia grupę pomocy obsługującej formierzy.

Skomasowanie najcięższych robót, w drugiej połowie dnia, wymaga użycia większej ilości rąk robo-

Zalety metody.

1) Dzień roboczy formierzy jest całkowicie wykorzystany.

2. Cała praca jest ułożona na zasadzie łańcuchowej, każda grupa robotników pomocniczych wykonuje potrzebną w danej chwili robotę.

3) Cały personel jest podzielony na różne grupy, które chociaż ściśle ze sobą współpracują, wykonują jednak swoje odrębne, ściśle określone zadania.

4) 8-mio godzinny dzień pracy jest dla każdej zmiany w pełni wykorzystany przez wyeliminowanie jałowych postojów. Ogólny „dzień pracy” jest jednak stosunkowo wydłużony, co zmusza do zwiększenia administracyjnego nadzoru.

5) Wszystkie prace gorące są wykonywane przez ograniczoną ilość ludzi niewykwalifikowanych (przyuczonych) i to w czasie, kiedy w odlewni nie ma innych robotników.

W wyniku zastosowania powyższej metody otrzymamy niewątpliwie zwiększenie zdolności produkcyj-

nej odlewni na skutek zatrudnienia formierzy jedynie przy ich zasadniczej robocie, tj. przy formowaniu, i zwolnienia ich od wszystkich ciężkich prac przez należytą obsługę siłami pomocniczymi. Dzięki zwiększeniu produkcji obniży się koszt własny odlewni.

W jednym z zakładów w Rosji Radzieckiej, po wprowadzeniu na odlewni metody różniczkowej, bez zastosowania jakichkolwiek inwestycji, produkcja wzrosła o 75%. Kierownictwo ma zwykle pewne zastrzeżenia, że wprowadzenie w życie metody różniczkowej wpłynie na podniesienie ilości braków, gdyż odlewarze nie są obeznani z wszystkimi właściwościami zalewanych form (rozwiązanie układu wlewowego, grubość ścianek odlewu i td.). Praktyka jednak wykazała, że zastrzeżenia te są niesłuszne. Można wysunąć nawet twierdzenie, że formierz powierzając zalanie wykonanej przez siebie formy innym pracownikom będzie specjalnie dbał o dobre i staranne jej wykonanie, aby się zabezpieczyć przed wszelkimi ewentualnościami. Decydujący wpływ na zwiększenie czy zmniejszenie się ilości braków mają kwalifikacje kierowników technicznych odlewni, umiających prawidłowo zorganizować pracę i mogących dać wskazówki, jak należy formę zalewać.

Strony ujemne.

Jedyną ujemną stroną tej metody jest to, że godziny rozpoczęcia i końca pracy, oraz przerwa obiadowa, są dla każdej grupy robotników inne, co zmusza do ściślejszego nadzoru ze strony administracyjno-technicznego personelu. Wada ta jest jednak zrównoważona przez wszystkie niewątpliwe zalety, i nie może ona być powodem do istotnych zastrzeżeń, szczególnie, że zasadnicze liczniejsze grupy robotników zaczynają pracę razem z pracownikami innych oddziałów fabrycznych. Podanie szablonu rozpracowania metody różniczkowej pod względem podziału załogi na poszczególne grupy co do specjalności z przydziałem czynności, szablonu, któryby obowiązywał we wszystkich wypadkach — jest niemożliwe. Niemal że dla każdej odlewni musi być skonstruowany osobny schemat, któryby uwzględniał miejscowe warunki, gdyż one mają decydujący wpływ na rozwiązanie zadania. Opisany powyżej przykład podaje główne zarzuty rozplanowania pracy. Dla każdego poszczególnego wypadku układ ten musi być odpowiednio zmodyfikowany.

Należy tu wspomnieć o pewnych trudnościach, które zwykle powstają w okresie przejściowym przy wprowadzeniu metody różniczkowej. W związku z przerzuceniem pewnych prac (zalewanie, wybijanie, przesiewanie masy) na przyuczonych pomocników, wynika konieczność obniżenia stawek akordowych, ponieważ wyeliminowane roboty były poprzednio wliczone w zapłatę akordową. Wszelkie zniżanie stawek akordowych, nawet i uzasadnione, jak w omawianym wypadku, zawsze wzbudza u robotników nieufność i podejrzliwość. Trzeba wykazać maksimum taktu, aby jasnym postawieniem sprawy ludzi uspokoić i przekonać ich o korzyściach nowego systemu.

Należy również wziąć pod uwagę obawy formierzy o swoje prace w związku z powierzeniem zalewania form drugiej zmianie pomocników. Należy te obawy rozwiać przez natychmiastowe i stanowcze wprowadzenie właściwej analizy i ekspertyzy braków,

ustalającej powody ich powstawania. Zaleca się podzielić na okres przejściowy (1 — 2 miesiące) całą wieczorną zmianę na osobne małe drużyny, które będą zalewać formy (wykonane przez określonych formierzy) pod kierownictwem doświadczonych odlewarzy na pewnym wydzielonym terenie.

Związanie zarobku powyższych grup z zarobkami formierzy daje korzystne wyniki.

Pomimo tych wszystkich trudności natury psychologicznej doświadczenie wykazało, że robotnicy szybko się przyzwyczajają do właściwości nowej metody. Formierzom szczególnie to imponuje, że przychodząc rano do pracy znajdują swe miejsce zupełnie przygotowane, wszystko ułożone w porządku i td.

Aby uwypuklić szczegóły organizacji i podkreślić konieczność jasnego rozgraniczenia obowiązków każdej zmiany, poniżej podaję instrukcję która została opracowana i zastosowana w kilku zakładach, przy przejściu na metodę różniczkową.

Instrukcja.

- 1) Wszystkie drobne modele mają być dostarczone do odlewni w drugiej połowie dnia poprzedzającej pracę.
- 2) Duże modele mają być wyniesione ze składu modeli i złożone w określonym miejscu odlewni; wieczorem zmiana ma przed zakończeniem pracy porzucić je na stanowiska (do każdego modelu musi być przymocowana kartka, wskazująca stanowisko).
- 3) Potrzebne skrzynki rdzeniowe mają być przygotowane w drugiej połowie poprzedniego dnia i muszą być doręczone rdzeniarzom.
- 4) Potrzebne skrzynki formierskie muszą być przygotowane w drugiej połowie poprzedniego dnia, wieczorna zmiana jest zobowiązana roznieść te skrzynki na stanowiska oznaczone na kartce.
- 5) Wszystkie żebra i wzmocnienia mają być przygotowane zawczasu i wydane formierzom, mającym przystąpić do wykonania nowych odlewów.
- 6) Haki, czernidło itp. muszą być przygotowane i ułożone we wskazanym miejscu.
- 7) Wieczorna zmiana ma oprócz zalania form wypełnić następujące zadania: wybić formy, przesiać piasek, sprzątnąć pomieszczenie, wynieść zwolnione skrzynki formierskie, wykopać potrzebne doły. Podczas wybijania należy powybierać haki, szpilki i tp. i odnieść je na stanowiska formierzy.
- 8) Po ukończeniu tych prac wieczorna zmiana ma ułożyć na stanowiskach formierskich duże skrzynki formierskie, które mają być użyte następnego dnia i umieścić w nich odpowiednie modele. W wypadkach formowania w dole modele mają być ułożone obok.
- 9) Pierwsza zmiana pomocników przychodzących do pracy przed formierzami ma wybić pozostałe skrzynki, przesiać piasek i rozłożyć mniejsze skrzynki i modele. Wszystko co będzie potrzebne formierzom ma być przygotowane.
- 10) Pierwsza zmiana pomocników ma się znajdować bez przerwy w odlewni, przygotowywać miejsce i masę dla formierzy.
- 11) Całe zaopatrzenie formierza (czernidło i tp.) ma mieć odpowiednio wyznaczone miejsce przy każdym stanowisku; naczynia na czernidło muszą być zawczasu napełnione.

12) Do obowiązków rannej zmiany pomocników należy pomoc przy składaniu form i obciążaniu, starsi robotnicy powinni dbać o to, aby pomoc formierzom w odpowiedniej chwili.

13) Formierze muszą być zawsze zaopatrzeni w niezbędne narzędzia, które im się doręczają do ich wyłącznego użytku i na ich odpowiedzialność.

14) Rdzenie muszą być dostarczane z góry i w miarę potrzeby; formierz nie powinien sam przynosić rdzeni.

15) W wypadkach konieczności odrzucenia rdzeni, z powodu ich wadliwego wykonania, musi to nastąpić w porozumieniu ze zmianowym majstrem.

16) Wszystkie przedmioty, w które są zaopatrywani odlewacze (łyżki, kadzcie, zgarniacze i td.) muszą być naznaczone odpowiednim numerem i muszą mieć swoje odpowiednie miejsce.

Z powyższej instrukcji wynika, że robota przed wydaniem na warsztat musi być odpowiednio rozplanowana i drobiazgowo opracowana. Zadanie to ma spełnić Biuro Opracowań.

Metoda różniczkowa stwarza również dogodny warunki do wprowadzenia drugiej zmiany na robotach formierskich. Cała robota w odlewni (nie licząc remontu żeliwiaków) mieści się w ramach 18 godzin, co stwarza pewny luz dla drugiej zmiany. Na drugą zmianę pozostaje 6 godzin, co przy 8-godzinym dniu pracy wymaga pewnego zaszeregowania o zasadnicze zmiany. Aby temu zapobiec należy dzień roboczy skrócić do 7½ godziny, (wliczając w to 1/2 godziny przerwy na posiłek). Cała praca pierwszej zmiany, mieści się wówczas w ramach 16 godzin i na drugą zmianę pozostaje całe 8 godzin (patrz rys. 2b). Skrócenie dnia roboczego do 7-miu godzin, przy metodzie różniczkowej, w porównaniu z 8-mio godzinnym dniem pracy przy innych metodach, nie wpłynie na obniżenie wydajności odlewni, a to dlatego, że wykorzystanie czasu pracy przy metodzie różniczkowej jest większe.

Układ dwutaktowy.

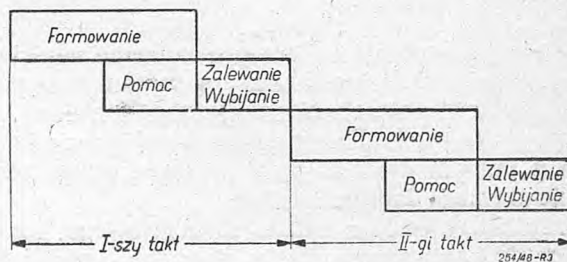
Można się spotkać w praktyce z kilkoma rozwiązaniami zagadnienia wielozmianowości.

W odlewniach seryjnej i masowej produkcji odlewów średniej wagi, stosując czasami następujący układ pracy: cała pierwsza zmiana jest zarezerwowana dla robót formierskich, druga zmiana przechodzi do pracy w połowie pierwszej i kończy 3 — 4 godziny później. Robotnicy, pracujący na drugiej zmianie, pomagają na początku formierzom i przygotowują się do zalewania. Po odejściu formierzy zalewają formy i wybijają, przygotowują miejsce do formowania. Na tym kończy się pierwszy cykl (rys. 3). Drugi jest identyczny. Ewentualny luz jest wykorzystany na wentylację i sprzątanie oddziału. Powyższy układ może być zastosowany tylko wówczas, kiedy asortyment wykonywanych odlewów jest taki, że zalewanie form, a szczególnie stygnięcie, nie wymaga dużo czasu i operacje te mieszczą się w ramach wyznaczonego im czasu.

Układ dwutaktowy — zsunięty.

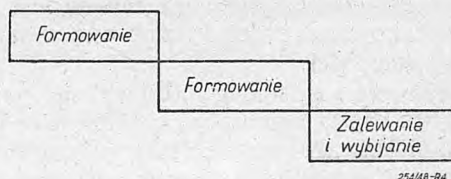
W odlewniach, gdzie wykonuje się odlewy większe, gdzie całe 8 godzin musi być poświęcone na operacje zalewania i wybijania, — układ dwutaktowy może być odpowiednio zmodyfikowany, i otrzymu-

jemy wówczas przesunięty układ dwutaktowy (rys. 4). Cała pierwsza i druga zmiana są zajęte przez formowanie, a trzecia jest w całości pozostawiona na operacje lania i wybijania.



Rys. 3. Układ dwutaktowy.

Zasadniczą zaletą tego układu jest możliwość zakończenia formowania dużych odlewów przez dwie sprzężone brygady, pracujące kolejno w pierwszej i drugiej zmianie. Układ ten może być również zastosowany w odlewniach odlewów cienkościennych, mających do dyspozycji dużą powierzchnię, oraz w wypadkach, kiedy z tych albo innych lokalnych powodów, nasuwa się konieczność podziału całej obsady formierzy na dwie samodzielne zmiany (np. w wypadku zbyt małej przepustowości oddziału przerobu masy formierskiej, wzgl. dla lepszego wykorzystania ograniczonej ilości maszyn formierskich i tp.). Zsunięty układ dwutaktowy pozwala również na lepsze wy-



Rys. 4. Układ dwutaktowy zsunięty.

korzystanie żeliwiaków, które pracują bardziej ekonomicznie przy dłuższym biegu niż przy 2 — 3 godzinnej pracy przy normalnym układzie dwutaktowym. Obejście się tylko jednym żeliwiakiem odpowiedniej wydajności jest przy powyższym układzie sprawą łatwą, tymczasem przy normalnym układzie dwutaktowym odlewnia powinna posiadać bezwarunkowo dwa żeliwiaki.

Porównanie systemów pracy.

Porównanie między wyżej wymienionymi metodami pracy przeprowadzimy z punktu widzenia jak najlepszego wykorzystania powierzchni do formowania i lania.

Do określenia powierzchni potrzebnej do formowania i lania F możemy użyć następującego wzoru:

$$F = \Sigma [n_f \cdot f_f + n_s \cdot f_s + (N - n'_s) f_z] \quad (1)$$

gdzie

- n_f — ilość stanowisk formierskich,
- f_f — powierzchnia jednego stanowiska formierskiego,
- n_s — ilość stanowisk składania,
- f_s — powierzchnia jednego stanowiska składania,

N — ilość przygotowanych do zalewania form,
 n'_s — ilość skrzynek formierskich, pozostawionych do zalania na stanowiskach składania,
 f_z — powierzchnia jednego stanowiska zalewania (powierzchnia jednej skrzynki łącznie z przejściami).

Wzór ten pozwala na przeprowadzenie właściwej oceny omówionych metod pracy, przyjmując za podstawę wielkość potrzebnej powierzchni formiarni.

Dla metody schodkowej (o ile mamy do czynienia tylko z jednym cyklem pracy w ciągu doby) wzór ten nie wymaga żadnych zmian.

Przy pracy według układu dwutaktowego, rozbitego na dwa identyczne okresy, potrzebna powierzchnia (przy zachowaniu tej samej zdolności produkcyjnej co i wyżej) będzie o połowę mniejsza,

$$F' = \frac{1}{2} \Sigma [n_f \cdot f_f + n_s \cdot f_s + (N - n'_s) \cdot f_z] = \frac{1}{2} F \quad (1a)$$

Przy pracy według zsuniętego układu dwutaktowego, gdzie formowanie i składanie odbywa się na dwie zmiany, to powierzchnia potrzebna, będzie również dwa razy mniejsza z tym jednak zastrzeżeniem, że do zalewania będzie potrzebna powierzchnia odpowiadająca całkowitej ilości przygotowanych form, ilość których przy pracy dwutaktowej można określić jako: $\frac{1}{2} n'_s$. otrzymujemy wówczas wzór:

$$F'' = \Sigma [\frac{1}{2} n_f \cdot f_f + \frac{1}{2} n_s \cdot f_s + (N - \frac{1}{2} n'_s) \cdot f_z] = F' + \Sigma \frac{1}{2} N \cdot f_z = \frac{1}{2} F + \Sigma \frac{1}{2} N \cdot f_z \quad (1b)$$

Przy pracy według układu różniczkowego dwuzmianowego gdzie tylko pierwsza zmiana jest całkowicie różniczkowana, należy wziąć pod uwagę następujące okoliczności:

1) formowanie i składanie odbywa się na dwie zmiany wobec czego potrzebna powierzchnia będzie o połowę mniejsza niż przy układzie jednotaktowym,

2) zalewanie na drugiej zmianie odbywa się natychmiast po złożeniu form i nie muszą one być przenoszone na stanowiska do zalewania, wobec czego ogólna ilość form pozostających na stanowiskach do składania będzie wynosiła:

$$n'' = \frac{1}{2} n_s + \frac{1}{2} n'_s$$

Stąd ogólna potrzebna powierzchnia będzie wynosić:

$$F''' = \Sigma [\frac{1}{2} n_f \cdot f_f + \frac{1}{2} n_s \cdot f_s + (N - \frac{1}{2} n'_s) \cdot f_z] = \Sigma [\frac{1}{2} n_f \cdot f_f + \frac{1}{2} n_s \cdot f_s + (N - \frac{1}{2} n'_s) \cdot f_z - \frac{1}{2} n_s \cdot f_z] = F'' - \Sigma \frac{1}{2} n_s \cdot f_z = F' + \Sigma [\frac{1}{2} N \cdot f_z - \frac{1}{2} n_s \cdot f_z] = \frac{1}{2} F + \Sigma \frac{1}{2} (N - n_s) \cdot f_z \quad (1c)$$

Stąd z punktu widzenia wyzyskania powierzchni odlewni najlepiej się kalkuluje sposób pracy według zwykłego dwutaktowego układu najgorszy wynik daje metoda schodkowa, a metody dwuzmianowego układu różniczkowego i zsuniętego układu dwutakto-

wego zajmują położenie pośrednie, przy czym pierwsza z nich jest korzystniejsza od drugiej tj.:

$$F' < F''' < F'' < F$$

Zagadnienie dwu lub trzykrotnego wykorzystania powierzchni do formowania w ciągu doby dałoby się rozwiązać w sposób bardziej prosty, o ileby się dało w przestrzeni odosobnić formowanie od zalewania i wybijania. Wówczas równoczesne przeprowadzenie powyższych trzech operacji nie nasuwałoby żadnej trudności. Taką organizację pracy nazywamy *układem równoległym*.

Każdy z rozpatrzonych układów pracy daje korzystne wyniki tylko w wypadku zastosowania go we właściwym typie odlewni.

Układ różniczkowy (jednozmianowy) i zwykły schodkowy jest najbardziej uniwersalny i nadaje się do wprowadzenia w odlewniach niezmechanizowanych, drobnych, średnich i ciężkich odlewów o charakterze produkcji indywidualnym i drobnoseryjnym. Może być zastosowany w odlewniach produkujących odlewy „na wilgotno“ i „na sucho“, a szczególnie tam, gdzie czas stygnięcia odlewów w formach przed wybicciem powinien być dłuższy od 4 godzin. Są to odlewnie szeregowane do: klasy 1, grupy II (tablica III), klasy 2 grupy I i II (tablica IV) klasy 3, grupy I i II (tabl. V), klasy 4 grupy I, II i III (tabl. VI) klasy 5, grupy I, II i III, (tabl. VII) tylko dla układu schodkowego.

Układ różniczkowy dwuzmianowy i dwutaktowy nadaje się do odlewni częściowo zmechanizowanych odlewów drobnych i średnich z żeliwa szarego i ciągliwego (waga jednostkowa do 100 kg) z roczną produkcją około 3000 t o charakterze produkcji drobnoseryjnym i seryjnym. W wypadkach zastosowania go w odlewniach produkujących „na sucho“, należy mieć osobne suszarnie dla pierwszej zmiany i osobne dla drugiej. Czas stygnięcia odlewów w formie jest ograniczony (maksymalnie 4 godziny). Są to odlewnie: klasy 1, grupy II (tabl. III), klasy 2 grupy II (tabl. IV).

Układ dwutaktowy zsunięty nadaje się do wprowadzenia w odlewniach częściowo zmechanizowanych, produkujących odlewy średniej wagi (waga jednostkowa 1000 — 2000 kg i grubość ścianek około 30 mm). Nie należy zapominać, że maksymalny czas stygnięcia odlewów w formach przy tym układzie nie przekracza 8 godzin i to dla tych odlewów, które zostały zalane na początku trzeciej zmiany. W wypadkach, kiedy czas stygnięcia powinien być dłuższy, odlewy pozostają niewybite do następnego dnia (trzecia zmiana).

Odlewnie nadające się do zaprowadzenia tego układu należą do: klasy 2, grupy II (tablica IV) i klasy 3, grupy III (tablica V) w wyjątkowych wypadkach).

c. d. n.

CZAS ODNOWIĆ PRENUMERATĘ ZA ROK 1949

Należność z tytułu prenumeraty prosimy wypłacać na nasze konto PKO-I-4665

Przegląd pism technicznych odlewniczych

W „Przeglądzie pism“ dążymy do najdokładniejszego przetłumaczenia i zreferowania artykułów wydrukowanych w zagranicznych czasopiśmie, lecz nie bierzemy żadnej odpowiedzialności za ich treść i wnioski.

DOROCZNY KONGRES FRANCUSKICH ODLEWNIKÓW W R. 1947 (c. d.)

13. M. J. Goffart

ŻELIWO NA ODLEWY CIENKOŚCIENNE.

Przyjęto oddawna, że odlewy cienkościennie wykonuje się z żelwa o dużej zawartości P. Stwierdzono jednak, że przy odlewach maszynowych, w których dla zaoszczędzenia materiału obniżono grubość ścianek i z tego powodu wykonywano je z żelwa wysokofosforowego, własności mechaniczne nie były zadawalające.

Problem wypełnienia form cienkościennych można rozwiązać przeprowadzając badania wpływu różnych czynników na leność żelwa, pomijając rozwiązanie ułatwienia płynności żelwa jedynie przez P. Można dojść w ten sposób do gatunku żelwa, nadających się do wypełnienia form odlewów cienkościennych, których struktura zbliżona jest do struktury żelwa perlitycznego.

Ochładzający wpływ dużych powierzchni formy powoduje, że struktura metalu w odlewie jest niejednorodna,

a mianowicie w środku ścianki występuje zwykle perlit i ferryt, podczas gdy przy powierzchni obserwujemy perlit i cementyt. Powstający naskórek odlewniczy jest na skutek obecności wolnego cementytu twardy. Stopień twardości tego naskórka zależy od wielu czynników, a przede wszystkim od zasadniczej twardości metalu, poza tym od warunków odlewania, a w szczególności od jakości maszyn formierskiej. Twardy naskórek powoduje szybkie zużycie narzędzi przy obróbce.

Autor podaje sposób stwierdzenia zasadniczej twardości żelwa i zastanawia się nad sposobami zmniejszenia jej w celu zmniejszenia ujemnego wpływu twardości naskórka.

Autor podaje skład chemiczny żeliwa na odlewy cienkościennie:

Cc	— 3,0 — 3,15%
C _{uw}	— 0,4 — 0,5 %
Si	— 2,55 — 2,75 %
Mn	— 0,5 — 0,6 %
P	— 1,0 — 1,2 %
S	— 0,05 — 0,07%

Autor uważa, że odlewy o małej grubości ścianki (3 mm) można otrzymać nawet przy zawartości P = 0,8%.

C. K.

WYKONYWANIE I INTERPRETACJA PRÓB TWARDOŚCI MAS PŁASTYCZNYCH.

Vincent E. Lysaght (Wilson Mech. Instr. Co) „Materials and Methods“, maj, 1948 r.

Masy plastyczne stosowane są w coraz większym zakresie do produkcji łożysk, kół zębatych i podobnych części maszyn. Stąd płynie konieczność dokładnego określenia ich twardości. Próby twardości — ściślej mówiąc próby twardości przez uzyskanie trwałych odcisków — mają szereg cennych korzyści. Mogą one służyć do wskazania takich własności tych mas, jak np. skrawalność, czy ścieralność, a nawet w przybliżeniu moduły ich sprężystości przy ścisłaniu czy rozciąganiu. Dla mas termoplastycznych ważne są pomiary twardości dla różnych temperatur. Próby twardości mas plastycznych obejmują metody Rockwella, Brinella, Vickersa, Knoopa oraz Shorea. W próbach tych za wyjątkiem skleroskopowej, równowaga nie może być osiągnięta przy normalnym ich stosowaniu. W niektórych przypadkach, dzięki wielkości obciążenia, kształtowi penetratora i wielkości oporu przeciwko plastycznemu wgniotom penetrator wciska się w materiał w nieokreślone długim czasie. Stąd dla otrzymania odtwarzalności wyników należy podawać dokładny sposób obciążenia i czas jego trwania. Ze względu na zmienność twardości przy zmiennej temperaturze należy podawać dokładne warunki próby i pod tym względem, Normy A. S. T. M. każą dokonywać pomiaru twardości w temperaturze ok. 77 + 1,8 F. [25 + 1 C].

Metoda pomiaru Rockwella.

Pomiarów dokonuje się wg norm D-785, A. S. T. M. Należy tu zaznaczyć, że aparat Rockwella przeznaczony był do badania metali, dla których wielkość odprężenia po usunięciu głównego obciążenia jest mała w porówna-

niu do całkowitej głębokości odcisku. Masy plastyczne odznaczają się natomiast dużym stopniem odprężenia w stosunku do całkowitego odcisku. Stąd pomiary dokonane w normalny sposób nie miałyby wielkiego znaczenia. Przy dokonywaniu próby Rockwella w normalny sposób występuje w szkielecie aparatu odkształcenie sprężyste, które można odczytać na tarczy czujnika. Przy normalnym pomiarze nie przeszkadza to jednak, ponieważ na stawienie czujnika na zero odbywa się przy mniejszym obciążeniu, przy którym również odbywa się odczyt głębokości odcisku. Odczyt ten obejmuje również pewną wielkość odkształcenia elastycznego samej próbki, które dla mas plastycznych może osiągnąć stosunkowo duże wartości. Pełny odczyt na skali czujnika normalnego aparatu Rockwella, wynoszący 150 pod obciążeniem 150 kg,

Tablica I.

Skale normalnego modelu aparatu Rockwella.

Symbol skali	Penetrator	Obciążenie w kg	Cyfry tarczy
E	kulka 1/8 cala	60	czerwone
L	„ 1/4 „	60	„
M	„ 1/4 „	100	„
P	„ 1/4 „	150	„
R	„ 1/2 „	60	„
S	„ 1/2 „	100	„
V	„ 1/2 „	150	„

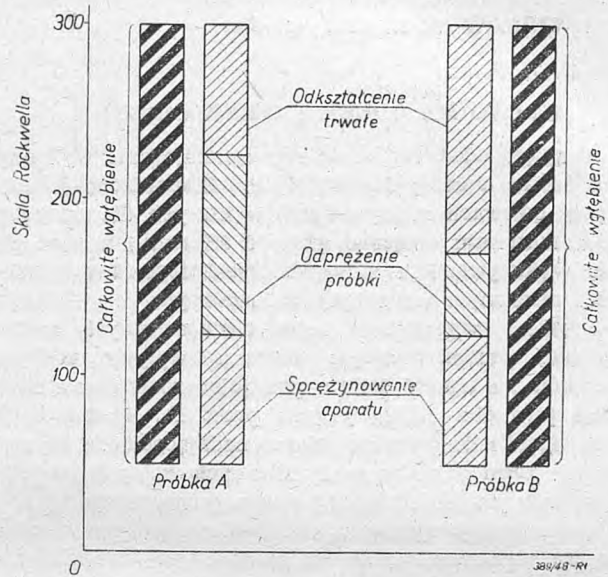
obejmuje głębokość odcisku, odkształcenie sprężyste szkieletu aparatu i odkształcenie sprężyste samej próbki. Specjalne aparaty do pomiaru twardości mas plastycznych mają skalę do 250 podziałek. Jak wiadomo masy plastyczne są czułe na czas trwania pomiaru, który musi być rozłożony na trzy okresy. Pierwszy okres obejmuje czas obciążenia wstępnego — wynosi on około 10 sekund od chwili nastawienia podziałki na zero. Drugi okres obejmuje czas trwania obciążenia głównego i ustalono go na 15 sekund. Wreszcie trzeci okres obejmuje czas od chwili usunięcia obciążenia głównego do chwili odczytu. Penetratorami zwykle używanymi do badania mas plastycznych są kulki o średnicach 1/8", 1/4", i 1/2", a obciążenia 60 i 100 Kg. Używa się skal podanych w załączonej tabeli I.

Dotrzymanie podanych wyżej odstępów czasu zapewnia dostateczną porównywalność wyników (dokładność $\pm 1^{\circ} H$). Grubość próbki powinna być nie mniejsza niż 1/4". Jeśli próbki są cieńsze, to można je nakładać na siebie. Kowadełko podtrzymujące próbkę powinno być płaskie. Powierzchnia próbki co najmniej 1/2" x 1/2". Badacz amerykański L. Boore po szeregu badań proponuje skalę *Alfa* i *Beta*. Polegają one na uprzednim ustaleniu wielkości odkształceń sprężystych szkieletu danego aparatu dla danego penetratora przy obciążeniu głównym, następnie przyłożeniu do próbki obciążenia wstępnego i ustawieniu tarczy czujnika na zero i przyłożeniu obciążenia głównego, wynoszącego dla skali *Alfa* 60 kG przy kulce 1/2", zaś dla skali *Beta* 30 kG przy kulce 1/2". Odczytu dokonuje się przy obciążeniu głównym po 15 sekundach od chwili jego przyłożenia. Od tego odczytu odejmujemy liczbę odkształcenia sprężystego szkieletu aparatu, ustaloną przy obciążeniu 60 kG dla skali *Alfa* wzgl. 30 kG dla skali *Beta*, i resztę odejmujemy od 150, otrzymując liczbę twardości materiału próbki.

Odprężenie próbki po dokonaniu odcisku.

W praktyce używa się również metody, na którą składa się metoda normalna i metoda *Alfa* lub *Beta*. W metodzie tej wybiera się obciążenie i penetrator, które zapewniają dostateczną czułość, zgodną z peizaniem danego materiału (zwykle największe obciążenie i najmniejszy penetrator). Określa się sprężyste odkształcenia aparatu. Po przyłożeniu obciążenia wstępnego ustawia się

tarczę czujnika na zero. Przykłada się obciążenie główne na określony przeciąg czasu i po jego upływie dokonuje się odczytu pod obciążeniem. Usuwa się obciążenie główne i znów dokonuje się odczytu przy obciążeniu wstępnym po określonym okresie czasu. Oba te odczyty nanosi się, jak na rysunku, na którym podane są wyniki dla dwóch próbek *A* i *B*. Widać z nich, że próbki te mają różne własności sprężyste i plastyczne.



Rys. 1. Zestawienie wyników pomiaru twardości metodą Rockwellą dwóch próbek mas plastycznych o różnych własnościach sprężystych i plastycznych.

Metoda Brinella.

Używa się obciążenia 500 kG i kulki 10 mm, czas obciążenia 30 sekund. Grubość próbki co najmniej 1/2". Pomiar utrudniają: słabe zaznaczenie się brzegów odcisku, powstawanie wzniesienia wokół odcisku, oraz odprężenie próbki po zdjęciu obciążenia szybko w pierwszych sekundach, później już wolniejsze.

Metoda Shore'a.

Stosuje się w tych wypadkach, gdy chodzi o badanie własności sprężystych materiału.

Tablica II.

Związek między różnymi metodami pomiaru twardości mas plastycznych.

Materiał	Knoop L=200 g	Skala Alfa	Skala E 1/8—100	Skala M 1/4—100	Skala L 1/4—60	Skala R 1/2—60	Bierbaum rysa L = 3 g	Shore
Bakelit BV261	53	128	82	109	—	—	21	80
Bakelit BM120	42	122	88	114	—	—	19	88
Polystrene (ustrzyknięty)	17	109	—	76	—	—	10	70
Polystrene (przesiąknięty)	17	106	—	79	—	—	10	75
Plexiglas II	16	102	—	97	111	—	17	80
Plexiglas IA	16	100	—	88	106	—	17	80
Fibestos	12	65	—	49	82	—	10	70
Etylan celulozy	6	43	—	—	47	95	6	55
Soran	4	12	—	—	20	78	9	40

Metoda Vickersa.

Używa się zwykle obciążenia 5 kG przez okres 10 sekund. Trudności tego samego rodzaju co i przy próbie Brinella.

Metoda Knuopa — Aparatem Tukon.

Dzięki temu, że odprężenie podłużnej przekątnej od cisku jest stosunkowo mniejsze, pomiar nie jest tak czuły na czas jego dokonania, jak w metodzie Vickersa czy Brinella. Bardzo małe obciążenia 25—100 G pozwo-

lą prawdopodobnie na porównywanie otrzymanych wyników z wynikami metody Bierbauma (próba rysą). Przez pomiar krótkiej przekątnej odcisku otrzymujemy liczbę twardości odcisku nieodprężonego. Z dwóch tych liczb można otrzymać liczbę odprężenia sprężystego badanej próbki.

Tablica II wskazuje na pewien ogólny związek pomiędzy wynikami różnych wyżej wymienionych metod badania.

inż. J. Woźniacki

PRZEGLĄD PRASY TECHNICZNEJ

Zagadnienie siłowni atomowych

W ostatnim czasie poczyniono już znaczny postęp w dziedzinie możliwości zastosowania energii atomowej do celów przemysłowych. Na razie nastąpiło to w formie doświadczenia.

Przy otrzymywaniu energii przy pomocy t. zw. stosu uranowego dostajemy cały szereg produktów ubocznych; są to izotopy promieniotwórcze rozmaitych pierwiastków, grające wielką rolę w badaniach medycznych i biologicznych. Izotopy te mogą być, co prawda, otrzymane inną drogą, ale jest nadzieja że jako produkty uboczne przy wspomnianej realizacji będą dostatecznie tanie, aby mogły być stosowane na szeroką skalę.

Największą nadzieję rokuje zastosowanie energii atomowej do napędu elektrowni. Budowa siłowni atomowych stwarza szereg nowych i ciekawych zadań dla inżynierów mechaników. Na łamach znanego amerykańskiego czasopisma *Mechanical Engineering* ukazał się w związku z tym omawiany właśnie obszerny artykuł, który porusza najważniejsze interesujące również mechanika zagadnienia, a mianowicie:

- a) krótki zarys jednego z systemów uzyskania energii atomowej;
- b) objaśnienie kontrolowanej reakcji;
- c) kilka szczególnych zagadnień z budowy stosu uranowego;
- d) jako wniosek z powyższego kilka komentarzy co do wzrostu wyzyskania energii atomowej.

System urządzeń związanych z wydobyciem i zastosowaniem „paliwa atomowego“. Źródłem „paliwa atomowego“ jest kopalnia. Jak wiadomo jądra izotopu uranu o masie atomu 235 czyli U^{235} rozpadają się, wyzwalając olbrzymią ilość energii. Wydobyta z ziemi ruda uranowa zawiera 0,7% U^{235} oraz 99,3% U^{238} . Kopalnia jest również źródłem t. zw. „materiałów pierwotnych“, t. zn. takich, z których mogą powstać pierwiastki rozpadające się. Te „materiały pierwotne“ lub „źródłowe“ są to izotop uranu U^{238} i toru Th^{232} , których rozpad również wyzwala energię.

Następnie ruda musi być oczyszczona, a proces ten musi być oczywiście jak najtańszy. Stwarza to nowy dział metalurgii: metalurgię uranu i toru.

Oczyszczone materiały pierwotne są ładowane do t. zw. „pierwszego stosu“, gdzie oprócz energii otrzymujemy nowe pierwiastki rozpadowe. Według decyzji ONZ stosy te muszą być pod kontrolą międzynarodową, gdyż są jakby wtórnym źródłem paliwa atomowego. Produkty otrzymane z pierwszego stosu, po przeróbkach w specjalnych zakładach są ładowane do t. zw. „wtórnego stosu“, gdzie otrzymujemy energię, uzyskując jej tyle, o ile jest możliwe. Jako pozostałość otrzymujemy wspomniane już izotopy promieniotwórcze. Przy ładowaniu stosów trzeba pamiętać, że paliwo atomowe, szczególnie przy przejściu przez pierwszy stos, jest silnie radioaktywne — wysyła promienie α , β i γ i że odpowiada często swą zdolnością promieniotwórczą tonnom radu — obsługa musi być zabezpieczona przed ich działaniem. Wymaga to specjalnych urządzeń transportowych.

Stos uranowy. Zasadą stosu uranowego jest łańcuchowa reakcja rozpadu jądra atomu. Aby ją dobrze zrozumieć rozpatrzmy jako przykład chemiczną reakcję łańcuchową. Cząsteczki azotanu amonu NH_4NO_3 są nietrwałe — rozpadają się łatwo na cząsteczki N_2 , O_2 i H_2O . Przy tym wyzwala się energia wiązania, czyli energia potrzebna na utworzenie cząsteczki z cząsteczek prostych (lub w ogólnym wypadku z atomów). Rozpad jednej cząsteczki pociąga za sobą rozpad innych, a zjawisku rozpadu towarzyszy, jak wykazało doświadczenie, nieznaczna strata masy. Analogicznie nietrwałe jądro U^{235} rozpada się na jądra mniejsze, bardziej trwałe, wyzwalając energię i powodując ubytek masy równy 0,1%. Ponieważ masa zamieniona na energię daje 11.10^9 kWh z jednego funta (zastosowano tu równanie: energia = masa \times szybkość światła do kwadratu, czyli $E = mc^2$), więc z rozpadu funta masy otrzymujemy $11.000.000$ kWh, co odpowiada w przybliżeniu 3.000.000 razy wziętej energii z najlepszych paliw chemicznych.

W wypadku rozpadu NH_4NO_3 wyzwala się ciepło było bodźcem łańcuchowej reakcji, czyli powodowało dalszy rozpad. W wypadku U^{235} rolę tę grają bardzo szybko neutrony, wyrzucone z jądra. Są one przyczyną rozpadu innych jąder. Aby reakcja łańcuchowa nie została przerwana, muszą być spełnione specjalne warunki. W wypadku NH_4NO_3 należy nie dopuścić do rozproszenia ciepła, powstałego podczas rozpadu, w wypadku U^{235} musimy mieć pewną minimalną ilość tego pierwiastka, aby neutrony nie wydostawały się na zewnątrz, a były wyzyskane do rozpadu jąder. Ilość ta nosi nazwę „masy krytycznej“. Jeżeli chcemy aby reakcja nie nastąpiła w formie wybuchu, trzeba zastosować ciała zwalniające elektrony t. zn. moderatory.

Stos uranowy można przedstawić schematycznie jako skrzynkę zawierającą 2 warstwy uranu U^{235} (paliwo) i U^{238} (materiał pierwotny), przedzielone ciałem zwalniającym neutrony. Skrzynka ta jest wyłożona warstwą ciała odbijającego neutrony, t. zw. odbijacza, (reflector) i otoczona warstwą ochronną. Reakcja odbywa się w ten sposób, że 1 do 3 neutronów zostaje wyzwolone przy rozpadzie jednego jądra, czyli przeciętnie 10 neutronów otrzymujemy z 4 rozpadów. Według *dr Niera* prawdopodobieństwo, że neutron spowoduje nowy rozpad (prawdopodobieństwo zderzenia z jądrem) jest tym większe im wolniej porusza się neutron.

Widzimy więc, że zwalnianie neutronów nie tylko zabezpiecza przed wybuchem, ale powiększa również „wydajność“ reakcji. Jeżeli ilość, otrzymywanej w jednostce czasu, energii ma być stała, to z powstałych np. z 4 rozpadów zwalniających 10 neutronów, mają powstać nowe 4 rozpadu: jeżeli nie uwzględnimy strat to 6 neutronów musi być usuniętych. W tym celu do uranu U^{235} dodajemy tyle U^{238} aby mieć max. prawdopodobieństwo, że zbyt wiele elektronów trafią na atomy tego ostatniego, zamieniając je na nowe paliwo czyli na izotop rozpadowy plutonium.

W rzeczywistym stosie uranowym musimy mieć możliwość regulacji ilości wyzwolanej energii, czyli wychwytywania neutronów. Do tego celu służy pręt kontrolny,

wsuwany głębiej lub płycej do skrzynki gdzie się reakcja odbywa, wykonany z materiału pochłaniającego neutrony, jak kadm lub bor. Zmieniając głębokość zaizolowania wychwytyjemy więcej lub mniej neutronów.

Musimy pamiętać że ilość neutronów, a więc i ilość energii wyzwalaanej rośnie jak wyrazy postępu geometrycznego, a co za tem idzie ilości energii w kolejnych jednostkach czasu będą rosły jak rzędne wykresu funkcji $y = e^n$, czyli funkcji wykładniczej.

Przy projektowaniu stosu trzeba zwrócić uwagę aby t. zw. wskaźnik reprodukcji (ilości nowego paliwa produkowanego w stosie na jednostkę czasu) dostosować do szybkości „wypalania się” i do szybkości tworzenia się produktów rozpadu.

Energia wyzwalamana musi być odprowadzana jak najszybciej, aby nie otrzymywać wysokich temperatur ze względu na wytrzymałość części konstrukcyjnych aparatu. Energia ta jest energią cieplną, gdyż atomy powstające z rozpadu U^{235} posiadają olbrzymią energię kinetyczną, co jak wiemy jest istotą ciepła. Bilans cieplny reakcji w stosie atomowym można przedstawić w następujący sposób:

zużytkowano (odchodzi w postaci ciepła)	80%
energia neutronów, powodująca nowe rozpady	2,5%
szybkie promienie	2%
przy pochłanianiu neutronów przez jądra, przy tworzeniu paliwa	4,5%
promieniowanie produktu rozpadu	10%
straty	1%
Razem	100%

Uwzględniając straty staramy się aby współczynnik reprodukcji (wskaźnik reprodukcji dzielony przez ilość paliwa zużywanego w jednostce czasu) był większy od jedności.

Dużą trudność przedstawia dobranie odpowiedniego ciała, które przepływając przez stos grałoby rolę przenośnika ciepła i czynnika napędzającego turbiny lub inne silniki.

Musimy pamiętać, że każde ciało wewnątrz stosu podlega działaniu strumienia neutronów, co może spowodować rozpad lub przemianę pierwiastków. Działanie to jest jak wykazał *dr Nier*, silniejsze w wypadku większych cząsteczek, co wyklucza użycie związków organicznych.

Najlepiej nadają się do tego celu pierwiastki, szczególnie gazy szlachetne i ciekłe metale. Użycie wody jest wykluczone ze względu na zbyt niską temperaturę parowania. Nie należy dopuścić do zmiany stanu czynnika przenoszącego ciepło w samym stosie, gdyż może to spowodować zmiany w ruchu neutronów, a więc zmienić proces t. zw. reprodukcji paliwa. Doświadczenie przemawia za zastosowaniem ciekłego metalu.

Problemy konstrukcyjne. Przy konstruowaniu stosu atomowego należy zwrócić uwagę na fakt, że wszy-

stkie jego części stają się radioaktywne, co skraca czas jego używalności, oraz nie pozwala na bezpośrednie manipulowanie przy aparacie. Materiały użyte muszą być specjalnie odporne na radioaktywność. Dużą trudność sprawia konstrukcyjne rozwiązanie ładowania stosu w czasie pracy, które musi się odbyć w ten sposób aby nie dopuścić do wyciekania czynnika przenoszącego ciepło i nie wpuszczać do wewnątrz zimnego powietrza. Oczywiście ładowanie stosu w czasie pracy, to jest bez przerywania dopływu energii jest wysoce pożądane.

Najlepiej podzielić stos na szereg małych jednostek, co daje również gwarancję, że bieg neutronów nie będzie zniekształcony przez grube warstwy paliwa.

Problem kontroli. Sprawa ta była już częściowo omawiana w poprzednich częściach tego artykułu. Doświadczenie wykazało, że 100 milionów bilionów rozpadów powoduje wyzwolenie 1 kWh energii. Czas jaki upływa od wyzwolenia neutronu do jego absorpcji jest rzędu wielkości 0,002 sekundy, jeżeli jest to t. zw. powolny neutron.

Około 9,4% neutronów są to szybkie neutrony. Obecnie stosowane stosy operują czasami znacznie dłuższymi, tak że wspomniane 9,4% szybkich neutronów posiada czas życia 0,61 sekundy, który jest zwalniany do 80 sekund. Sprawa ta jest bardzo ważna dla regulacji całego procesu, bo szybki bieg neutronów może spowodować, że rozpad wymknie się kontroli, a co za tym idzie może nastąpić znaczna zmiana w ilości wydzielanej energii.

Wnioski. Artykuł omawiany nie wyczerpuje tematu, jednak pozwala na zestawienie najważniejszych zagadnień dotyczących się tego, bądź co bądź zupełnie nowego dla inżynierów działu.

Zagadnienia te można wymienić jako:

1. Odporność użytych materiałów na promieniowanie,
2. Jądrowe własności materiałów jak: brak skłonności do rozpadu, pochłaniania neutronów itp.
3. Ochrona obsługi przed promieniowaniem.
4. Wysoka wytrzymałość ze względu na trudne warunki pracy materiałów.

Jeśli chodzi o możliwości budowy takiego stosu to autor oryginału twierdzi, że mały, próbny stos może być źródłem energii elektrycznej w przeciągu 3 do 6 lat, a duży stos, o mocy 100.000 kW może pracować od 7 do 15 lat.

Obecnie nie widać jakiegokolwiek przyczyny, któraby nie pozwoliła energii atomowej na konkurencję z innymi źródłami energii. Zależy to jednak od skierowania całego wysiłku w kierunku zastosowania jej w tym właśnie celu i od międzynarodowej współpracy i kontroli. Sprawa ta staje się szczególnie ważna w związku ze stale rosnącym zapotrzebowaniem energii elektrycznej.

inż. R. Wyrzykowski.

Mechanical Engineering Vol. 69 N. 9 pp. 721—27

Listy do Redakcji

Szanowny Panie Redaktorze.

W związku z łaskawie wydrukowanym w zeszycie 4—5/48 „Przeglądu Mechanicznego” moim artykułem p. t. „Zarys badań nad trwałością ostrza”, uprzejmie proszę o zamieszczenie nżej podanych uwag.

1. Wśród zapytań, które otrzymałem od czytelników „Przeglądu Mechanicznego”, dotyczących zagadnień poruszonych we wspomnianym artykule jest kilka, które dać się streścić w zapytaniu, dlaczego w artykule swoim ograniczyłem się do materiału teoretycznego, obejmującego mniej więcej rok 1933.

2. Ponieważ także ujęcie problemów trwałości ostrza może wzbudzić pewne niejasności, jakimi pobudkami kierowałem się, tak ujmując ten temat, przypominam, że przy rozpoczęciu naszych rozmów podałem dość obfity materiał odnośnie trwałości ostrza oraz wielu innych tematów z dziedziny skrawania. Powzięliśmy wtedy wspólnie po-

gląd, że właśnie z powodu obfitości materiału wskazanym będzie rozbić go na tematy obejmujące pewną całość. Zaproponowałem wówczas, iż celowym byłoby najpierw omówić stosowane obecnie *typowe metody* prób trwałości ostrza oraz ich matematyczne ujęcie, aby w następnych artykułach podać bardziej współczesne osiągnięcia w tej dziedzinie. Przytoczone więc badania traktowałem jako ilustracje do omawianych założeń. W związku z tym komunikuję, że zgodnie z ustalonym planem pracy przepracowywuję obecnie materiał do dalszego artykułu naważującego do osiągnięć doby obecnej w dziedzinie skrawania.

Prosząc zainteresowanych czytelników „Przeglądu Mechanicznego” o wybaczenie zwłoki w nadesłaniu dalszego materiału, łączę wyrazy prawdziwego szacunku i poważania.

St. Żukowski
Inż.-Mech.

KRONIKA

OTWARCIE NOWYCH LABORATORIÓW I ZJAZD NAUKOWY W AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ W KRAKOWIE

Dnia 30 października br. w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie nastąpiło otwarcie pięciu nowych laboratoriów przy Zakładach: Mechanicznej Obróbki Materiałów, Elektryfikacji Urządzeń Górniczych, Chemii Ogólnej, Chemii Górniczej oraz Chemii Fizycznej i Elektrochemii. Odbudowanie i zbudowanie tych laboratoriów było podyktowane nie tylko koniecznością prowadzenia normalnych a niezbędnych ćwiczeń studenckich, lecz również rozszerzonym zakresem nauczania na Wydziale Górniczym i Hutniczym oraz powstaniem uruchomionych od lat trzech nowych Wydziałów: Elektro-Mechanicznego i Geologiczno-Mierniczego.

Nowocześnie urządzone laboratoria służyć będą nie tylko dla prac dydaktycznych, lecz również dla prac naukowych i prac badawczych dla przemysłu.

W laboratorium Mechanicznej Obróbki Materiałów wyposażonym w nowoczesne obrabiarki, narzędzia, przyrządy pomiarowe, hartowanie elektryczne i na ropę naftową, prowadzi się pod kierunkiem *prof. inż. Witolda Biernawskiego*, prorektora Akademii Górniczej prace nad spiekaniem stopami (dla górnictwa i przemysłu metalowego), nad obrabialnością materiałów (dla hutnictwa i przemysłu metalowego), a więc nad zagadnieniem tkwiącym korzeniami w procesach metalurgicznych, a występującym w warsztatach mechanicznych—nad ekonomizacją produkcji przez dobór właściwych materiałów narzędziowych, warunków obróbki itp.

Laboratorium Elektryfikacji Urządzeń Górniczych szkoły elektromechaników pod kierunkiem *doc. dr. inż. Ludgera Szklarskiego*, który łącznie z *prof. dr. Mieczysławem Jeżewskim* opracował elektromagnetyczną metodę wykrywania uszkodzeń lin kopalnianych.

W laboratorium Chemii Ogólnej pod kierunkiem *prof. dr. Wilhelma Staronki* prowadzi się prace nad ważnym związkiem w syntezie kwasu azotowego oraz nad pigmentami mineralnymi i materiałami dla mas świecących.

W laboratorium Chemii Górniczej pod kierunkiem *prof. dr. Lucjana Czernieckiego* prowadzi się badania nad wzbogaceniem flotacyjnym miazg węglowych oraz nad redukcyjnością polskich rud żelaznych, a w laboratorium Chemii Fizycznej i Elektrochemii pod kierunkiem *prof. dr. Lucjana Kameckiego* prowadzi się badania nad środkami antykorozyjnymi, nad utlenianiem elektrochemicznym parafiny na kwas tłuszczowy, nad wytrącaniem metali z roztworów wodnych przez inne metale.

Należy podkreślić, że odbudowę i budowę nowych laboratoriów zawdzięczać należy zgodnej, pełnej poświęce-

nia pracy wszystkich pracowników fizycznych i naukowych oraz wielkim wysiłkom *prof. dr. Walerego Goetla* rektora Akademii Górniczo-Hutniczej.

Po dokonaniu otwarcia laboratoriów rozpoczął dwudniowe obrady pierwszy w Polsce Zjazd Pracowników Naukowych z dziedziny obróbki materiałów skrawaniem i obrabiarek, ze wszystkich wyższych szkół technicznych.

Zjazd, zwołany z inicjatywy kierownictwa Zakładu Mechanicznej Obróbki Materiałów Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, niemal całkowicie sfinansowany przez Centralny Zarząd Przemysłu Metalowego, dzięki generalnemu dyrektorowi *inż. Mieczysławowi Leszowi* skupił niemal wszystkich pracowników naukowych ze szkół akademickich i inżynierskich. W Zjeździe wzięli udział przedstawiciel Ministerstwa Oświaty *nacz. inż. Witold Żółkowski* oraz przedstawiciele przemysłu *dyr. inż. Ignacy Brach*, *dyr. inż. St. Jabłoński*, oraz *dyr. inż. J. Piotrowski*. Celem Zjazdu było nawiązanie bezpośredniej łączności między naukowcami, przedyskutowanie jedenaestu wygłoszonych referatów, omówienie metod dydaktycznych w związku z reformą studiów w wyższym szkolnictwie technicznym (szeregowa dwustopniowość) oraz omówienie współpracy zakładów naukowych z przemysłem w ramach Instytutu Obrabiarek i Narzędzi.

Po wystąpieniu depeš do Obywatela Prezydenta R. P. *Bolesława Eieruta*, Ministra Oświaty *dr. Stanisława Skrzyszewskiego* oraz Ministra Przemysłu i Handlu *Hilarego Minca* Zjazd powziął następującą uchwałę:

— Stojąc w obliczu doniosłych przemian w systemie gospodarki narodowej, odbywających się pod hasłem planowania i stwierdzając konieczność planowania w nauce — w celu należytego wyzyskania szczytów sił duchowych i materialnych, Zjazd uchwała zapoczątkowanie planowania prac naukowo-badawczych w swojej dziedzinie to jest w obróbcę materiałów.

W tym celu Zjazd postanawia:

utrzymywać ciągłą łączność i zwoływać okresowe zjazdy dla wymiany myśli, podziału prac w dziedzinach:

- 1) nauki ścisłej,
- 2) dydaktyki,
- 3) współpracy z przemysłem.

W celu zrealizowania powyższej uchwały w zakresie nauk ścisłej i dydaktyki Zjazd powołał Komisję Koordynacyjną w następującym składzie:

Prof. inż. Witold Biernawski — prorektor Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie,

Prof. inż. Edmund Ośka — Politechnika Warszawska.

Prof. inż. Ludwik Uzarowicz — Rektor Szkoły Inżynierskiej im. Wawelberga i Rotwanda w Warszawie.

TREŚĆ ZESZYTU 10-12/48

I. TECHNIKA RADZIECKA	Str.
<i>Inż.-mech. Mieczysław Iesz</i> — „Technika Radziecka przoduje“	361
<i>Inż.-mech. Adam Minchejmer</i> — „Rozwój Radzieckiego przemysłu samochodowego i ciągnikowego“	364
„Przemysł obrabiarkowy ZSRR“	369
„Leningradzka Konferencja w sprawie obróbki przy bardzo wysokich szybkościach skrawania“	375
II. ARTYKUŁY OGÓLNE	
<i>Prof. inż. Witold Biernawski i inż. Andrzej Józefik</i> — „Siłomierz elektryczny WB5 do pomiaru oporów skrawania“	378
„Badania obrabialności metodą równowagi cieplnej i metodą mechaniczną“	383
<i>Inż.-mech. Pan et Merlend</i> — „Zagadnienia jakości produkcji“	388
<i>Inż.-mech. Stanisław Kocłecz</i> — „Jak rozwiązać sprawę produkcji kół zębatych	392
<i>Inż.-mech. Stanisław Pietkiewicz</i> — „O zasadach numeracji rysunków w Biurach Konstrukcyjnych“	393
<i>Prof.-inż. Fryderyk Staub i s. Stefan Wojciechowski</i> — „Badania hartowności stali metodą Jominy'ego“	398

Prof. dr. inż. Aleksander Krupkowski i inż. Czesław Adamski — „Wytwarzanie brązów bezcynowych z miedzi i ferrostopów“		407
Inż. Zygmunt Wusatowski — „Ocena własności wytrzymałościowych stali konstrukcyjnych“		411
Inż.-mech. Feliks Tychowski — „Materiały w budowie obrabiarek“		419
Inż.-mech. Jerzy Łaskiewicz — „Regulacja temperatury pary przegrzanej w kotłach parowych“		425
Inż.-mech. Aleksander Ogrodzki — „Pompki zębate“		430
Prof. dr inż. M. T. Huber — „Tarcie statyczne a kinetyczne“		435
III. DZIAŁ ODLEWNICZY		
Inż. Czesław Kalata — „Żeliwo szare w osiągnięciach lat ostatnich“		437
Inż. Flaton Januszewicz — „Organizacja i planowanie pracy w odlewni“ (c. d.)		445
„Przegląd pism technicznych odlewniczych“		451
IV. PRZEGLĄD PRASY TECHNICZNEJ		
„Zagadnienia siłowni atomowych“		453
V. LISTY DO REDAKCJI		
List inż. St. Żukowskiego		454
VI. KRONIKA		
Otwarcie nowych laboratoriów i Zjazd naukowy w Akademii Górniczo — Hutniczej w Krakowie		455

**CONTENTS****SOMMAIRE****СОДЕРЖАНИЕ**

I. ENGINEERING OF USSR.	I. TECHNIQUE DE L'USSR	I. СОВЕТСКАЯ ТЕХНИКА
Leadership of USSR engineering 361	Rôle dominante de la technique de l'USSR 361	Передовое значение Советской техники 361
Development of Soviet motor-car and tractor industry 364	Developpement de l'industrie d'automobile et tracteur en URSS 364	Развитие Советской автомобильной и тракторной промышленности 364
Machine-tool industry in USSR 369	Industrie des machines—outils en URSS 369	Станкостроительная промышленность С.С.С.Р. 369
The Leningrad Conference on metal-cutting with very great cutting speeds 375	Conference de Leningrad sur la coupe avec les très grandes vitesses 375	Ленинградская Конференция по скоростному резанию 375
II. MAIN ARTICLES	II. LES ARTICLES GENERAUX	II. ГЛАВНЫЕ СТАТИИ
Electric dynamometr WB5 for meas ring cutting forces 378	Dynamomètre electrique WB5 pour le mesurage des efforts de coupe 378	Электрический динамометр WB5 для измерения сил резания 378
Determining machinability of metals by calorimetric and mechanic methods 383	Methodes calorimetriques et mécaniques des essais de coupe 383	Испытания обрабатываемости металлов калориметрическим и механическим методом 383
Problems of the quality of products 388	Problèmes de qualité des produits 388	Проблемы качества продукции 388
How to solve the problem of gear production in Poland 392	Problème de production des engrenages en Pologne 392	Как решить вопрос продукции зубчатых колес в Польше 392
Principles of numbering design drawings 393	Principes de numérotage des des ins constructifs 393	Принципы нумераций конструктивных чертежей 393
Jominy's hardenability tests for steel 398	Method de Jominy des essais de trempe 398	Испытания способности принятия закалки методом Jominy 398
Production of manganese and silicon bronzes by application of ferromanganese and ferro-silicon 407	Productions des bronzes à manganèse et à silicium par utilisation de ferro-manganèse et ferro-silicium 407	Производство марганцевых и кремневых бронзов при употреблению ферро-сплавов 407
Estimation of the strenght of steel 411	Qualification des propriétés mécaniques des aciers de construction 411	Оценка механических качеств конструктивных сталей 411
Materials for machine-tool construction 419	Materiaux utilisés dans la construction des machines-outils 419	Материалы в конструкторских станков 419
Control of superheated steam temperature 425	Regulation de la temperature du vapeur su chauffé 425	Регулирование температуры перегретого пара 425
Gear type pumps 430	Pompes à l'engrenage 430	Зубчатые помпы 430
Static and kinetic friction 435	Friction statique et cinématique 435	Статическое и кинетическое трение 435
III. FOUNDRY PRACTICES	III. SECTION DE FONDERIE	III. ЛИТЕЙНОЕ ДЕЛО
Last achievements in grey iron technology 437	Developpement de la fonte grise pendant les dernières années 437	Прогресс серого чугуна в последнем десятилетии 437
Organization and planning of work in foundries 445	Plans d'organisation des travaux dans la fonderie 445	Организация и планирование работ в литейных 445
Review of foundry periodicals 451	Revue de la presse de fonderie 451	Обзор литейной печати 451
IV. REVIEW OF TECHNICAL PRESS 453	IV. REVUE DE LA PRESSE TECHNIQUE 453	IV. ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ 453
V. LETTERS 454	V. LETTRES 454	V. ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ 454
VI. CHRONICLE 455	VI. CHRONIQUE 455	VI. ХРОНИКА 455

WYDAWCA: INSTYTUT WYDAWNICZY SIMP — Warszawa

Kolegium redakcyjne: Prof. dr inż. Bohdan STEFANOWSKI, inż.-mech. Stanisław KUNSTETTER, inż.-mech. Adam Tadeusz TROSKOLAŃSKI, inż.-mech. Władysław GWIAZDOWSKI

Redaktor działu odlewniczego: Prof. inż.-mech. Kazimierz GIERDZIEJEWSKI.

Redaktor techniczny: inż. Adam MINCHEJMER.

Redaktor naczelny: Prof. inż. Edmund OSKA.

Redaktor Wiadomości SIMP: Eugeniusz MAŁKIEWICZ Sekretarz Generalny SIMP:

Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, ul. Mickiewicza 18.

Redaktor przyjmuje czwartek 9—11 i sobota 14—16

Administracja czynna poniedziałki, środy i piątki od 9 do 15.

Przedpłata kwartalna 400 zł.

PKO Nr konta I 4665. tel. 8-29-85.

Cena pojedynczego zeszytu 150 zł.