

A 16294

PRZEGLĄD ODLEWNICTWA

MIĘSIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



Nr **3**

MARZEC 1952



Największy dzwon świata „Car — Kołokol”

ORGAN STOWARZYSZENIA TECHNICZNEGO
ODLEWNIKÓW POLSKICH

WYDAWCA: PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

TREŚĆ Nr 3

		Str.
Na marginesie narady naukowo - technicznej w sprawie rozpowszechnienia w przemyśle polskim żeliwa modyfikowanego	J. L.	69
Normowanie czasu ręcznego wykonania rdzeni w skrzynkach rdzeniowych przy produkcji w małych i średnich seriach	Prof. inż. Michał Skarbiński	71
Własności żeliwa modyfikowanego	Mgr inż. Jur Piszak	79
Promienie X i ich zastosowanie w odlewnictwie	Dr Zofia Dębińska	87
 PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH		
Przegrzewanie żeliwa w zbiorniku żeliwiaka drogą wdmuchiwania tlenu	Opracował i tłumaczył Cz. P.	100
Wpływ tlenu na własności żeliwa	„ „ R. K.	101
KRONIKA		103
BIULETYN INFORMACYJNY GŁÓWNEGO INSTYTUTU ODLEWNICTWA		5—8

СОДЕРЖАНИЕ № 3

Замечания относительно совещания
о внедрении модифицированного чугуна
в польскую промышленность

Нормирование времени ручного изготов-
ления стержней по ящикам в мелкосе-
рийном и серийном производстве

Свойства модифицированного чугуна

Применение лучей X в литейном произ-
водстве

Обзор технической печати

Хроника

Информационный бюллетень Главного
Литейного Института

CONTENTS of Nr 3

Remarks on the Scientific and Technical
Conference on Widespread Application
of Inoculated Cast Iron in Polish Industry

Time Setting of Hand Core Making in Core
Boxes for Small and Medium Quantity
Production

Properties of Inoculated Cast Iron

Application of Gamma Rays in the Foun-
dry Industry

Review of Technical Literature

Reports — Chronicle

Information Bulletin of the Foundry Re-
search Institute

Adres Redakcji: Kraków, Rynek Gł. 22, tel. 244-00

Adres Administracji: Katowice ul. Stawowa 19, tel. 324-44/45

Kolportaż: PPK „Ruch“ Katowice ul. 3 Maja 23, tel. 317-75

Warunki prenumeraty: Przedpłata kwartalna normalna 18.— zł, ulgowa 9.— zł

Konto PKO Katowice III 12002/110

Cena zeszytu pojedynczego 6.— zł

Format A-4, obj. ark. druku 2¹/₂. Nakład 1600, Papier druk. sat. 60 g, kl. V, 61×86 cm, Zam. 299
Krakowska Drukarnia Prasowa, Kraków, Wielopole 1

M-3-112-53

Druk ukończono 12. III. 1952 r.

Ogłoszenie wyników konkursu na popularną broszurę techniczną

Państwowe Wydawnictwa Techniczne mając na uwadze potrzebę zasilenia literatury technicznej książkami autorów polskich, które w sposób przystępny, a jednocześnie wyczerpujący pogłębiałyby wiedzę fachową robotników zatrudnionych w przemyśle, ogłosiły w grudniu 1950 roku Konkurs Otwarty na Popularną Broszurę Techniczną.

W wyniku ogłoszenia Konkursu nadesłano do PWT 73 prace omawiające czynności produkcyjne stosowane w różnych dziedzinach techniki.

Wszystkie prace zostały zaopiniowane przez wybitnych fachowców poszczególnych gałęzi przemysłu.

Decyzją Sądu Konkursowego wyłonionego z Rady Programowej PWT przyznane zostały następujące nagrody:

NAGRODA I — w wysokości zł 2500.— — *dr inż. Julian Nadziakiewicz* za pracę „Przygotowanie wsadu węglowego do pieców koksowniczych“.

NAGRODA II — w wysokości zł 2000.— — *inż. Tadeusz Kozłowski* za pracę „Piece koksownicze i ich obsługa“.

NAGRODA III — w wysokości zł 1500.— — *Zdzisław Sepielek* za pracę „Technika spawania rur chromowo-molibdenowych“.

NAGRODA III — w wysokości zł 1500.— — *inż. Bronisław Lis* za pracę „Obsługa liczników energii elektrycznej“.

NAGRODA III — w wysokości zł 1500.— — *inż. Jakub Wajntraub* za pracę „Bielenie tkanin bawełnianych“.

NAGRODY pocieszenia w wysokości zł 500.— otrzymali:

1. *inż. Lesław Brodzik* za pracę „Wsadzarka pieców koksowych“.
2. *Piotr Sosnowski* za pracę „Drewniana obudowa wyrobisk w kopalni“.
3. *inż. Feliks Perzyna* za pracę „Skrobanie w zastosowaniu do montażu i remontu maszyn“.
4. *inż. Tadeusz Kowalski* za pracę „Obsługa pieca elektrycznego łukowego“.
5. *mgr inż. Michał Godlewski* za pracę „Wyróbrdzeni“.
6. *Tadeusz Kłossowski* za pracę „Sortowanie jelit zwierzęcych“.
7. *inż. Maciej Radwan* za pracę „Obsługa przemysłowych aparatów rentgenowskich“.
8. *inż. Majer Wajntraub* za pracę „Elementarz dla pracowników zatrudnionych przy montażu radioodbiorników Pionier“.

Większość nagrodzonych w ramach konkursu prac zostanie przez PWT wydana drukiem.

Filmy instruktażowo-szkoleniowe

Państwowa Komisja Planowania Gospodarczego, Departament Techniki zawiadamia, że zgodnie z uchwałą Komitetu Postępu Technicznego z dnia 5. II. 1951 zapoczątkowano produkcję filmów instruktażowo-szkoleniowych w kraju. W chwili obecnej znajduje się około 30 filmów produkcji krajowej i 60 zagranicznych, które wykorzystane planowo i właściwie mogą odegrać ważną rolę w szkoleniu kadr technicznych.

Z dziedziny odlewnictwa są następujące filmy:

- | | | |
|--|---|-------------|
| 1. Formierstwo i odlewnictwo film niemy | 3 | zwoje |
| 2. Odlewnictwo brązowe | 2 | „ |
| 3. Formowanie wzornikowe (w opracowaniu) | 2 | „ dźwięk. „ |

Wskazówki dotyczące korzystania z filmów instruktażowo-szkoleniowych.

1. Film instruktażowo-szkoleniowy ma za zadanie podniesienie kwalifikacji pracowników i ułatwienie nauki uczniom szkół zawodowych.
2. Film instruktażowo-szkoleniowy obrazuje i wyjaśnia nowe metody pracy, osiągnięcia racjonalizatorów, postęp techniczny, nowoczesną organizację pracy.
3. Kluby Racjonalizatorskie i Techniki, referenci szkoleniowi oraz Dyrekcje Techniczne we wszystkich zakładach pracy powinny przystąpić do przeprowadzenia akcji szkolenia drogą filmu.
4. Celem lepszego utrwalenia w pamięci i zrozumienia instruktor-wykładowca powinien przy wyświetlaniu filmu udzielać dodatkowych wyjaśnień i przeprowadzać dyskusję. Przy filmach niemych obecność instruktora-wykładowcy jest niezbędna, gdyż film może zawierać momenty niezrozumiałe dla widzów. Po dokładnym omówieniu zagadnie-

nia należy film wyświetlić po raz drugi, aby cała treść filmu była zrozumiała.

Wypożyczanie filmów instruktażowo-szkoleniowych.

1. Wszystkie kopie filmów instruktażowo-szkoleniowych znajdują się w oddziałach Wynajmu Filmów według spisu:

Łódź, ul. Napiórkowskiego 167
Rzeszów, ul. Sobieskiego 5
Bydgoszcz, ul. Toruńska 113
Wrocław, ul. Pomorska 17
Szczecin, ul. W. Polskiego 2
Poznań, ul. Chelmońskiego 21
Katowice, ul. Mikulczyce 4a
Kraków, ul. Garncarska 1
Olsztyn, ul. Stalina 1
Warszawa, ul. Jedwabnicza 3/5
Gdańsk-Wrzeszcz, Sobótki 2
Białystok, Rynek Kościuszki 2
Lublin, ul. Kołłątaja 3
Zielona Góra, ul. Stalina 4
Kielce, ul. Sienkiewicza 33
Koszalin, ul. Grunwaldzka 8/10
Opole, ul. Ozimska 49.

2. Powyższe oddziały Centralnego Wynajmu Filmów wypożyczają kopie filmów wszystkim zakładom pracy, szkołom zawodowym za opłatą według cennika.
3. Wszelkich informacji udziela Centrala Wynajmu Filmów — Dział Filmów Oświatowych, Warszawa, ul. Marszałkowska 56, tel. 8-73-59 wewn. 24.

J. L.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

NOWE KSIĄŻKI

PUNSKI J. prof.: PODSTAWY TECHNICZNEGO NORMOWANIA PRACY W PRZEMYŚLE BUDOWY MASZYN, tłum. z ros. inż. D. Jung i inż. Z. Ciagała. Format B5, s. 219, rys. 27, tabl. 54, nakład 4000, cena zł 13.—. Książka wyjaśnia znaczenie technicznego normowania pracy w przemyśle budowy maszyn, podaje metody normowania czasu i sposoby wykonywania fotografii dnia roboczego oraz zaznajamia z zasadami opracowywania normatywów czasu. Przeznaczona jest dla techników mechaników i inżynierów mechaników, może również służyć jako pomoc naukowa dla słuchaczy wyższych i średnich szkół technicznych.

SZYMBORSKI W. inż.: MATERIAŁY WYSOKOOGNIOTRWAŁE. Format B5, s. 130, rys. 22, tabl. 55, nakład 2000, cena zł 26.—. Książka zawiera spis własności surowców, wyrobów gotowych oraz metod wytwarzania materiałów wysokooogniotrwałych. Szczególną uwagę zwrócono na możliwość rozpoczęcia w kraju produkcji nowych rodzajów wyrobów specjalnych (chromomagnetyzowych, dolomitowych, stabilizowanych, korundowych). Książka jest przeznaczona dla pracowników inżynieryjno-technicznych przemysłu materiałów ogniotrwałych oraz dla studentów wydziałów hutniczych i chemicznych wyższych uczelni technicznych.

BRODSKI A.: CHEMIA FIZYCZNA, tom II — Termodynamika chemiczna, część I, tłum. z ros. dr inż. W. Tomassi. Format A5, s. 115, rys. 92, tabl. 32, nakład 8000, zł 8.—. Część 1 tomu II obszernej pracy zawierającej wykład chemii fizycznej rozwija zagadnienie termodynamiki chemicznej. Praca dostosowana jest do programu studiów chemicznych na wyższych uczelniach, może być wykorzystywana przez wykładowców różnych dziedzin chemii, pracowników naukowych, inżynierów i techników. Wydawnictwo to będzie ukazywało się zeszytami stanowiącymi merytoryczną całość.

NOWAKOWSKI W.: METODY OCZYSZCZANIA WODY ZASILAJĄCEJ KOTŁY PAROWE. Format A5, s. 203, rys. 58, tabl. 26, nakład 3000, zł 23.—. Praca zaznajamia z metodami przygotowania wody dla kotłów parowych i kotłów wysokopiętnych z uwzględnieniem podstaw teoretycznych i wskazówek praktycznych najnowszych metod oczyszczania wody. Przeznaczona jest dla techników i inżynierów zatrudnionych we wszystkich gałęziach przemysłu, zwłaszcza w działach gospodarki cieplnej i wodnej.

SMIAŁOWSKI M. prof. dr.: FORYST J. mgr: KOROZJA METALI I JEJ SKUTKI. Format A5, s. 37, rys. 21, nakład 15000, sł 1.50. Broszura zawiera przystępne wyjaśnienia teoretycznych podstaw zjawiska korozji, opis najważniejszych jej rodzajów oraz omawia znaczenie walki z korozją dla życia gospodarczego kraju. Przeznaczona jest dla techników, majstrów i robotników wszystkich gałęzi przemysłu.

WOŁOSZYN W. mgr inż.: GENERATORY GAZOWE W ZARYSIE. Format A5, s. 220, rys. 122, tabl. 15, nakład 3000, cena zł 30.—. Książka zawiera teoretyczne podstawy pracy generatorów gazowych, wykaz paliw oraz opis generatorów stałych i specjalnych zainstalowanych w pojazdach mechanicznych. Praca może być wykorzystywana przez techników i inżynierów, zawiera ponadto instrukcje przeznaczone dla personelu obsługującego generatory.

BŁĄŻEJEWSKI S. mgr inż.: WYTRZYMAŁOŚĆ MATERIAŁÓW. Format A5, s. 331, rys. 264, tabl. 24, nakład 6000, cena zł 28.—. Praca o charakterze wykładu zawiera omówienia wszystkich rodzajów wytrzymałości materiałów łącznie z wytrzymałością zmęczeniowo-postaciową. Książka przeznaczona jest dla techników konstruktorów maszyn oraz może być wykorzystywana przez uczniów szkół technicznych kierunku mechanicznego.

PEŁCZYŃSKI T. mgr inż., SYPNIEWSKI R. mgr inż.: METALOZNAWSTWO. Wyd. II, Format A5, s. 196, rys. 106, tabl. 5, nakład 14000, zł 7.—. Praca omawia własności fizyczne, mechaniczne i technologiczne metali, obróbkę plastyczną, korozję metali oraz krystalizację metali i ich stopów. Ponadto zaznajamia z metodami otrzymywania i z zastosowaniem stali i żeliwa oraz stopów nieżelaznych jak glinu, miedzi, niklu itp. Książka przeznaczona jest dla techników, może również służyć jako pomoc naukowa dla uczniów szkół technicznych na poziomie licealnym.

PILARCZYK J. mgr inż.: KURS SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO (w pytaniach i odpowiedziach). Format B6, s. 123, rys. 62, nakład 5000, zł 7.—. Praca zawiera zbiór pytań i odpowiedzi z zakresu podstawowych wiadomości wymaganych przy spawaniu elektrycznym. Przeznaczona jest dla uczestników kursów spawania elektrycznego, uczniów szkół technicznych, techników i spawaczy.

MIAŁKOW W.: TOLERANCJE I PASOWANIA OBOWIAZUJĄCE W ZSRR. Tłum. z ros. R. Baranowicz, Format B5, s. 204, rys. 91, tabl. 97, nakład 3000, zł 37.—. Praca ma charakter poradnika zawierającego krótkie objaśnienia, określenia i tablice tolerancji i pasowań wymiarów długościowych i kątowych przedmiotów. Podane są w poradniku oznaczenia, klasyfikacje, określenia i tablice dopuszczalnych odchyłek kształtu geometrycznego i rozmieszczenia powierzchni, tablice tolerancji odlewów, odkuwek i wyrobów prasowanych z plastyków oraz tablice tolerancji i pasowań przyrządów obróbkowych i tłocznic. Książka jest przeznaczona dla inżynierów, konstruktorów i technologów budowy maszyn.

PORADNIK TECHNICZNY — „MECHANIK“ (Dzieło zbiorowe pod nacelną redakcją inż. A. T. Troskołajskiego) Wyd. III. format B6, s. 80, rys. 68, nakład 8000, zł 9.—. Tom. IV. Część 3. Zeszyt 1. — Treść części 3. dźwigi i przenośniki jako środki transportu wewnętrznego. Zeszyt 1 — budowa dźwignic.

B. MAKAREWICZ, W. MICHEJEW, W. TICHWIŃSKI: REGENACJA NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH. Format B5, str. 186, tablic 22, rys. 14, zł 34.—. Książka zawiera ogólne wiadomości o regeneracji narzędzi, klasyfikację rodzajów ich zużycia, szczegółowe procesy technologiczne regeneracji, wymagania techniczne w stosunku do narzędzi regenerowanych oraz metody przeprowadzania ich regeneracji. Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników gospodarki narzędziowej fabryk przemysłu metalowego.

KRASAWCEW N. inż.: PORADNIK DLA ŁADOWACZY WIELKIEGO PIECA. Tłum. z ros. inż. A. Czechowicz. Format A5, s. 83, rys. 28, nakład 2000, cena zł 7,20. — Książka zawiera zasadnicze wiadomości dotyczące procesu wielkopiecowego, omawia zasady prawidłowego załadowywania wielkich pieców, ich obsługi oraz sposoby usuwania przeszkód w ruchu i zapobiegania wypadkom. Praca przeznaczona jest dla robotników zatrudnionych przy załadowywaniu wielkich pieców.

W. R. LEWIS B. Sc. (Lond): LUTOWANIE MIĘKIE, Format A5, str. 127, rys. 47, tablic 16. Warszawa 1951. Cena zł 10,50. — Książka zawiera praktyczne wskazówki lutowania lutami miękkimi wszelkich materiałów łącznie ze stalami nierdzewnymi, żeliwem, aluminium itp. Poza szczegółowym omówieniem składu lutów i topników potrzebnych w każdym przypadku, sposobu przygotowania przedmiotów do lutowania oraz wytrzymałości połączeń, książka podaje metodę analizy chemicznej lutów. Wspomniano również o lutowaniu potokowym. Książka jest przeznaczona dla wysokokwalifikowanych rzemieślników, techników i mistrzów.

PRZEGLĄD ODLEWNICTWA

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

ROK II

MARZEC 1952

NR 3

DK 669.131.622 (061.3) (438)

Na marginesie narady naukowo-technicznej w sprawie rozpowszechnienia w przemyśle polskim żeliwa modyfikowanego

Narada Naukowo-Techniczna w sprawie rozpowszechnienia w przemyśle polskim stosowania żeliwa modyfikowanego, która odbyła się w Domu Technika w Krakowie w dniach 13—15 lutego 1952 roku, była pierwszą konferencją techniczną na skalę ogólnokrajową zorganizowaną przez *Stowarzyszenie Techniczne Odlewników Polskich*. Trzeba powiedzieć, że była ona imprezą w pełni udaną. Zarówno treść jak i poziom referatów i dyskusji, a także i skład narady, wśród uczestników której odlewnicy stanowili około jednej trzeciej wobec dwóch trzecich mechaników-konstruktorów, technologów-ruchowców i wytrzymałościowców, wykazały że problem szerokiego zastosowania żeliwa modyfikowanego znajduje nie tylko właściwą ocenę, ale i pełne zainteresowanie. Obrady pozwoliły ponadto wytyczyć drogę, po której iść powinny dalsze prace zmierzające do coraz lepszego opanowania produkcji oraz dokładniejszego poznania i wykorzystania cennych właściwości tego nowoczesnego tworzywa. Wyniki Narady, ujęte w formie wniosków, których pełne brzmienie podane zostanie na innym miejscu, dadzą się streścić w następujących тезach:

1. Żeliwo jest jednym z najdawniej znanych a równocześnie najmniej pod względem wytrzymałościowym zbadanych tworzyw metalicznych. Jest ono bardzo rozpowszechnione, ale prawie wyłącznie w sposób, gwarantujący bardzo poważny zapas wytrzymałości, a więc przeważnie na części niezbyt wysoko obciążone. Należyte wykorzystanie żeliwa modyfikowanego wymaga systematycznych badań jego właściwości mechanicznych w różnych warunkach obciążenia i przy różnych grubościach ścianek. Wyniki tych badań powinny zostać opracowane w formie, pozwalającej na łatwe określanie naprężeń dopuszczalnych, niezbędnych do obliczeń wytrzy-

małościowych przy konstruowaniu części maszyn. Podobnie zbadane być powinny właściwości fizyczne i chemiczne oraz technologiczne żeliwa modyfikowanego. Praktykowane obecnie wykonywanie z żeliwa modyfikowanego oddzielnych detali, które poddaje się długotrwałym próbom zanim zostaną dopuszczone do normalnego ruchu, jakkolwiek pouczające i nawet nieuniknione w okresie wstępnym, nie wystarczą na dalszą metę, gdyż nie mogą doprowadzić do wykrycia wskaźników i zależności, dających się stosować ogólnie.

2. Produkcja odlewów z żeliwa modyfikowanego wymaga ścisłego i szczegółowego określenia i przestrzegania warunków, w których przebiegają procesy technologiczne w odlewni a w szczególności proces topienia. Jest to niezbędne nie tylko dlatego, że pełne rezultaty modyfikacji mogą być osiągnięte tylko przy żeliwie ciekłym o odpowiednim składzie chemicznym i temperaturze.

Dla wykorzystania cennych właściwości wytrzymałościowych tworzywa konieczna jest taka technologia, która gwarantować może wysoką wytrzymałość materiału w samej części i to gwarantować systematycznie. Tego rodzaju gwarancja może być osiągnięta tylko przez właściwe opracowanie warunków procesu formowania i zalewania i drobiazgowie przestrzeganie tych warunków. Takie procesy technologiczne, które zostały w szczegółach właściwie opracowane i które przeprowadzane są ściśle według opracowania nazwano „stabilizowanymi”. Możemy więc powiedzieć, że produkcja wysokowartościowych odlewów z żeliwa modyfikowanego możliwa jest tylko na podstawie ustabilizowanych procesów technologicznych.

W powyższych dwóch tezach streściliśmy zasadnicze warunki powszechnego zastosowania żeliwa modyfikowanego — zastosowania na skalę taką, któraby pozwoliła w przekroju zużycia ogólnokrajowego osiągnąć oszczędności mierzone w dziesiątkach a nawet setkach milionów złotych. Niezależnie od tego, poszczególne wygłoszone w ramach narady referaty opisują dotychczasowe wyniki zastosowania żeliwa modyfikowanego na poszczególne części maszynowe jak np. cylindry parowozowe, pierścienie tłokowe, oprawki klocków hamulcowych i inne. Wyniki te już dziś pozwalają wysuwać wysoce optymistyczne przewidywania. Takie fakty jak kilkakrotne zwiększenie przebiegu parowozu bez zmiany pierścieni tłokowych, czy przetaczania cylindra, jak zastąpienie przez żeliwo modyfikowane blisko tysiąca ton staliwa na jednym tylko modelu oprawki klocka wskazują jak ważnym narzędziem przyspieszenia wykonania zadań Planu 6-letniego staje się już dziś wprowadzenie żeliwa modyfikowanego. Wiceprzewodniczący PKPG Minister Eugeniusz Szyr w artykule swoim pt. „Węzłowe zadania gospodarcze“ *) mówi „Dlatego też zasadnicze znaczenie posiada walka, której intensywność musi przybrać w roku 1952 charakter prawdziwej narodowej mobilizacji o zmniejszenie zużycia deficytowych surowców i paliwa oraz o szerokie stosowanie materiałów zastępczych“. Słowa te są wskazówką jak wielkie znaczenie polscy odlewnicy i konstruktorzy przywiązywać powinni do szybkiego rozpowszechnienia żeliwa modyfikowanego. Odlewy z tego materiału będą mogły w szeregu wypadków zastąpić deficytowe odlewy staliwne, odkuwki, czy też ustroje spawane z materiałów profilowych i blach. Tam gdzie

przyjdą one na miejsce odlewów z żeliwa zwykłego nastąpi zmniejszenie ciężaru i ograniczenie ilości braków, a zatem oszczędność żelaza i koksu. Wymagana dla produkcji odlewów z żeliwa modyfikowanego stabilizacja procesów technologicznych pozwoli równocześnie na ograniczenie naddatków na obróbkę i osiągnięcie większej dokładności wymiarowej odlewów. To zaś z kolei spowoduje dalsze zmniejszenie ciężaru odlewów a ponadto zmniejszenie pracochłonności obróbki mechanicznej.

Widzimy więc, że rozpowszechnienie zastosowania żeliwa modyfikowanego z właściwym jego wykorzystaniem w konstrukcjach stanowi istotny element postępu technicznego nie tylko w zakresie odlewnictwa, ale w zakresie budowy maszyn w ogóle. Łamie ono od stu lat zakorzenione a mimo to błędne przekonanie, że odlew żeliwny jest materiałem o zastosowaniu ograniczonym do części, których konfiguracja umożliwia znaczny zapas wytrzymałości i może, a nawet powinien, ulegać wypieraniu przez stal.

Warto na koniec zaznaczyć, że zorganizowana przez Stowarzyszenie Techniczne Odlewników Polskich narada wysunęła na teren dyskusji i badań zagadnienie szersze — zagadnienie naprężeń dopuszczalnych w ogóle. Nie trzeba dowodzić, że sprawa właściwego określania naprężeń dopuszczalnych w sensie praktycznym od dawna zaniedbana ma kapitalne znaczenie dla postawienia prac konstruktorskich na nowoczesnych podstawach. Okoliczność, że ta tak ważna sprawa po poruszeniu jej przez odlewników stała się ośrodkiem zainteresowania obecnych na naradzie konstruktorów jest symptomem faktu, że odlewnictwo z czynnika zafacjowania zaczyna stawać się czynnikiem postępu.

J. L.

*) Nowe Drogi Nr 6 (30), XI—XII — 1951, str. 40.

Największy dzwon świata „Car — Kołokoł“

DK 673

Już w wieku XIV powstawały w wielk. ks. Moskiewskim okazałe co do wielkości i piękne w wykonaniu dzwony. W latach 1532—33 odlano w Moskwie dzwon spiżowy, który ważył ponad 16000 kg. Za czasów cara Iwana Groźnego (1533—1584) wstąpił się znakomity odlewnica z Moskwy Andrzej Czochow, który od r. 1568 był najwybitniejszym ludwisarzem na Rusi. Za czasów cara Aleksieja (1645—1676) odlano dzwon o ciężarze około 160 t, zastępując poprzedni dzwon z r. 1533. Nowy dzwon uległ zniszczeniu w r. 1704 podczas pożaru na Kremlu i oto w r. 1735 po raz trzeci odlano jeszcze większy dzwon spiżowy o ciężarze około 12350 pudów tj. około 200000 kg sławny „Car Kołokoł“ (p. rys. na okładce). Ten trzeci odlew był właściwie przelaniem dzwona poprzedniego, nieco zwiększonego, lecz kształt i ornamentyka dzwona zostały prawie bez zmiany. Wprowadzono jedynie w płaskorzeźbie postać carycy Anny (1730—1740), na polecenie której dzwon

ten wykonał Iwan Motorin, sławny odlewnica moskiewski, który zmarł przed samym odlaniem dzwona; odlanie przypadło jego synowi Michałowi.

Ten największy na kuli ziemskiej dzwon ma wysokość 5,86 m, zewnętrzną średnicę u dołu 5,89 m, grubość zaś ścianek jego waha się od 270 do 400 mm. Dzwon uległ poważnemu uszkodzeniu podczas wielkiego pożaru w Moskwie w r. 1738 w czasie gdy był zawieszony na drewnianym rusztowaniu i podciągany na dzwonnice. W wyniku oberwania się dzwona powstał w dolnej części jego otwór. O wielkości dzwona daje pojęcie wielkość otworu, przez który może wjechać do wnętrza dzwona parokonnny wóz.

Po zerwaniu się dzwon przeleżał około stu lat na ziemi, po czym w stulecie wypadku ustawiony został na granitowym cokole na Kremlu w pobliżu dzwonnicy Iwana Wielkiego, gdzie go można oglądać do dziś dnia.

K. G.



Normowanie czasu ręcznego wykonania rdzeni w skrzynkach rdzeniowych przy produkcji w małych i średnich seriach

Sposoby wykonania rdzeni. Metody normowania czasu wykonania rdzeni. Normowanie czasu według zespołów czynności. Tablica normatywów zespołowych. Uproszczona metoda normowania czasu wykonania rdzeni. Wykresy normatywów czasu. Porównanie czasów wykonania rdzenia obliczonych metodą normatywów zespołowych oraz metodą uproszczoną. Analiza czasu wykończenia i czernienia rdzeni. Zakres stosowania różnych metod normowania czasu.

1. Sposoby wykonania rdzeni

W pracy tej omówiono normowanie czasu wykonania małych i średnich rdzeni oraz rdzeni dużych, których objętość nie przekracza dwóch metrów sześciennych.

Rdzenie mogą być wykonane: w skrzynkach rdzeniowych, wzornikiem, lub też sposobem kombinowanym — w skrzynkach rdzeniowych z zastosowaniem wzornika.

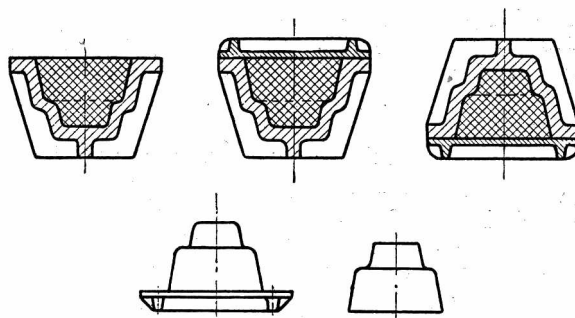
Ilość czynności przy wykonaniu rdzeni jest stosunkowo duża, szczególnie w tych wypadkach, gdy rdzenie składają się z kilku łączonych części, posiadają złożone wiązane szkielety, zawile kanały odpowietrzające i ochładzalniki, wkładki z koksu oraz gdy przy wyjmowaniu rdzeni ze skrzynki rdzeniowej muszą być zachowane specjalne ostrożności. Ilość czynności powiększa się, gdy rdzennica posiada wkładki i luźne części oraz gdy przy wykonaniu rdzenia używa się wzornika. W tych wypadkach ilość czynności różnych może przekroczyć siedemdziesiąt. Przy wykonaniu prostych rdzeni niektóre czynności odpadają, tak że proces wykonania tych rdzeni składa się zwykle z 20—25 czynności.

Na rysunku 1 przedstawiono kilka typowych sposobów wykonania rdzeni³⁾.

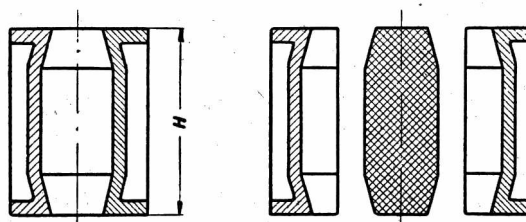
Rdzeń 1 posiada płaską podstawę, która przy ubijaniu jest odwrócona do góry. Rdzeń wykonuje się w całości, rdzennica, w której formuje się rdzeń, nie jest dzielona. Po zgarnięciu nadmiaru masy, na rdzennicę nakłada się płytę, po czym całość obraca się o 180°. Po ostukaniu, rdzennicę zsuwa się do góry, zaś rdzeń spoczywający na płaskiej podstawie oddaje się do suszarni.

Rdzeń 2 wykonuje się w rdzennicy otwartej u góry i na dole. Rdzennica jest podzielona w płaszczyźnie pionowej. Po ubiciu rdzenia, części rdzennicy odsuwa się na boki, wobec czego nie ma potrzeby obracania rdzennicy wraz z rdzeniem. Powyższa metoda wykonania rdzeni może być stosowana jedynie w tym wypadku, gdy podstawa rdzenia jest na tyle szeroka, że nie zachodzi obawa osiadania rdzenia pod własnym ciężarem.

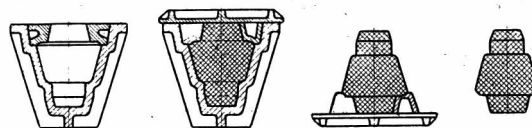
Rdzeń 3 wykonuje się w podobny sposób jak rdzeń 1. Wobec tego wszakże, że posiada on małą podstawę i po obróceniu oraz zdjęciu rdzennicy osiadłby pod własnym ciężarem, konieczne



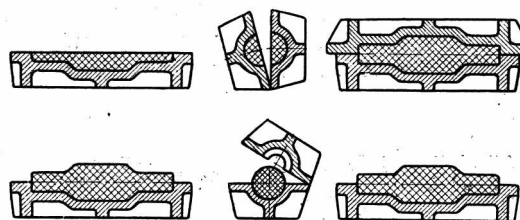
1) Rdzeń wykonany w całości, rdzennica nie dzielona.



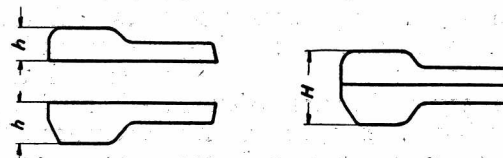
2) Rdzeń wykonany w całości, rdzennica składa się z dwu części.



3) Rdzeń wykonany w całości, ustawiony do suszenia na specjalnych podstawkach lub na podsypce z piasku.



4) Rdzeń wykonany w dwóch częściach, klejony na wilgotno.



5) Rdzeń wykonany w dwóch częściach łączonych po wysuszeniu.

Rys. 1. Metody wykonania rdzeni.

jest zastosowanie przy suszeniu podsypki z piasku (lewa strona rysunku) lub kształtowej podstawki (prawa strona rysunku).

Rdzeń 4 (nieduży okrągłak) składa się z połówek, które wykonuje się w oddzielnych częściach rdzennicy. Połówki rdzenia skleja się w stanie wilgotnym. Rdzeń suszy się na podsypce z piasku lub na podstawie.

Rdzeń 5 (duży okrągły rdzeń) składa się z dwóch części, które skleja się po wysuszeniu. Szkielety obu części łączy się śrubami lub drutem.

Układ czynności zależy od wielkości rdzenia oraz od zastosowanego sposobu jego wykonania.

Przy produkcji rdzeni dla małych form wszystkie czynności wykonuje zwykle jeden rdzeniarka używając przy pracy ręcznych narzędzi. Przy dużych rdzeniach rdzeniarka pracuje często z pomocnikiem, zaś do ubijania masy używa ubijaka pneumatycznego. Do obowiązków rdzeniarkę nie należy wykonanie szkieletów do rdzeni, trzeba jednak przy normowaniu uwzględnić czas potrzebny rdzeniarkowi na ostateczne przygięcie drutów szkieletu według kształtu rdzennicy.

Wykończenie rdzenia polega na zrównaniu szwów w miejscach podziału rdzennicy, na styku odejmowanych części rdzennicy oraz w miejscach klejenia rdzeni. Przy jednostkowej produkcji większych rdzeni dochodzi wygładzenie powierzchni rdzenia. Czernienie rdzeni może być wykonane: pędzlem, przez natrysk lub przez zanurzenie.

Podobnie jak przy robotach formierskich istnieje możliwość zastosowania jednej z następujących metod normowania czasu¹⁶⁾:

- normowanie według czynności,
- normowanie według grup czynności,
- normowanie według zespołów czynności,
- uproszczone normowanie czasu na cały rdzeń.

Metodę normowania czasu „według czynności” stosuje się zwykle przy produkcji masowej, metodę normowania „według grup czynności” — przy produkcji większych serii⁵⁾. Omówienie tych metod wykracza poza ramy tej pracy.

2. Normowanie według zespołów czynności *)²⁾

Normowanie czasu według zespołów czynności znajduje zastosowanie przy średnich i małych seriach oraz przy produkcji jednostkowej. Czynności występujące przy wykonaniu rdzenia połączono w 5 następujących zespołów:

- Wykonanie kadłuba rdzenia. Zespół obejmuje czynności, których czas wykonania zależy wprost lub pośrednio od objętości rdzenia (oczyszczenie miejsca pod rdzennicę, złożenie rdzennicy, oczyszczenie jej, ustawienie szkieletu, nasypianie i ubicie masy, wykonanie wkładki koksowej, obrócenie rdzenia, rozebranie rdzennicy). Normatywy czasu wykonania tego zespołu podano w tablicy I.

*) Metoda opracowana przez S. W. Russiana i A. M. Szczerbakowa.

Tablica I.

Wykonanie kadłuba rdzenia

Normatywy zespołowe. Czas w minutach²⁾

Objętość rdzenia w dcm ³	Grupa trudności rdzenia		
	Łatwy	Średni	Trudny
1	3,0	3,6	4,2
2	4,2	5,1	6,0
4	5,4	6,6	8,1
10	9,2	11,6	14,2
20	14,3	20,5	24,6
50	22,4	32,2	40,1
100	38,0	52,0	64,0
200	62,5	81,0	103,0
500	116,0	150,0	188,0
1000	180,0	242,0	284,0
2000	256,0	320,0	396,0

- Zrównanie ubitych powierzchni oraz zaprawienie części rdzenia w otworach rdzennicy. Zespół obejmuje czynności, których czas wykonania zależy od wielkości ubijanej powierzchni oraz od powierzchni otworów (zgarnięcie masy listwą lub wzornikiem, zaprawienie masą otworów w rdzennicy, nakłucie otworów odpowietrzających itp.). Zespół posiada dwie odmiany: jedna z nich przewiduje zgarnięcie masy listwą, druga — wzornikiem. Odpowiednie normatywy czasu podano w tablicy II.

Tablica II.

Zrównanie ubijanych powierzchni rdzenia oraz zaprawienie części rdzenia w otworach rdzennicy

Normatywy zespołowe. Czas w minutach²⁾

Zaprawiana powierzchnia w dcm ²	Zgarnianie listwą		Zgarnianie wzornikiem
	Rdzenie wykonane w całości	Rdzenie składane	
0,3	0,4	—	—
1,0	0,8	—	—
2,0	1,3	—	—
5,0	2,2	3,5	3,7
10,0	2,5	5,8	6,4
20,0	3,4	8,4	10,0
50,0	11,0	17,4	21,5
100,0	20,7	30,0	38,4
300,0	50,6	67,0	78,0

3. Wykończenie i czernienie rdzenia. Zespół obejmuje czynności, których czas wykonania zależy od wielkości i zawłości powierzchni rdzenia- (oczyszczenie rdzenia, zaprawienie spojeń, czernienie). Normatywy czasu tego zespołu podano w tablicy III.

Tablica III.

Wykończenie i czernienie rdzenia

Normatywy zespołowe. Czas w minutach²⁾

Wykańczana i czerniona powierzchnia w dcm ²	Grupa trudności rdzenia		
	Łatwy	Średni	Trudny
5	2,2	2,7	3,9
10	2,9	4,0	5,5
20	4,5	6,5	9,0
50	8,2	13,7	19,0
100	14,8	26,0	36,0
200	28,0	48,0	65,0
500	—	98,0	124,0

Uwaga: przy dwukrotnym czernieniu czas należy powiększyć o 60%.

4. Składanie rdzenia. Zespół obejmuje czynności związane ze składaniem oraz transportem rdzenia. Normatywy czasu podano w tablicy IV.

Tablica IV.

Składanie rdzenia

Normatywy zespołowe. Czas w minutach²⁾

Objętość rdzenia w dcm ³	Ilość składanych części rdzenia	Grupy trudności		
		Łatwy	Średni	Trudny
10	2	1,5	3,0	4,0
	3	2,0	3,5	4,5
20	2	2,5	4,5	6,5
	3	3,0	5,0	7,0
40	2	4,0	7,5	11,0
	3	5,0	9,0	12,0
100	2	9,5	16,0	24,0
	3	11,0	19,0	27,0
200	2	19,0	30,0	43,0
	3	23,0	34,0	48,0
500	2	39,0	57,0	78,0
	3	44,0	65,0	82,0
1000	2	53,0	70,0	90,0
	3	59,0	78,0	99,0
2000	2	80,0	97,0	110,0
	3	90,0	105,0	125,0

5. Piąty zespół obejmuje dodatkowe czynności występujące warunkowo w zależności od potrzeby: a) doginanie i prostowanie haków i prętów szkieletu, b) łączenie szkieletów rdzeni składających się z kilku części, c) zakładanie sznurów do odpowietrzenia rdzeni oraz wycinanie kanałów odpowietrzających, d) szpilowanie. Normatywy czasu tego zespołu podano w tablicy V.

Tablica V.

Roboty dodatkowe przy wykonaniu rdzenia²⁾

a. Prostowanie i doginanie prętów szkieletu rdzenia: Grubość pręta: do 5 6—10 11—15 16—20 Czas w min.: 0,15—0,30 0,25—0,45 0,32—0,60 0,40—0,70 U w a g a: niższe liczby odnoszą się do pracy w dogodnych warunkach, wyższe — w niedogodnych warunkach.				
b. Mocowanie szkieletów: Mocowanie drutem — 0,6 min/szt; Mocowanie śrubami — 1,8 min/szt.				
c. Założenie sznura do odpowietrzenia:		1,0 min/mb		
Wycięcie kanału odpowietrzającego:		4,0 min/mb		
d. Szpilowanie:				
Długość szpilki w mm:		75	100	150
Czas na 1 szpilkę w minutach	dogodne szpilowanie:	0,03	0,04	0,06
	niedogodne szpilowanie:	0,05	0,06	0,08

Jak widać z powyższego, obliczenie normy czasu wykonania rdzenia metodą normatywów zespołowych sprowadza się do określenia na podstawie tablic: trzech (dla prostych niedzielonych rdzeni) do ośmiu (dla dużych składanych zawiłych rdzeni) składników oraz dodaniu ich.

Przy układaniu tablic I—V wszystkie rdzenie podzielono na trzy grupy trudności, a mianowicie: a) rdzenie łatwe, b) rdzenie średniej trudności i c) rdzenie trudne. Niżej podano charakterystykę tych grup trudności.

Rdzenie łatwe posiadają gładkie boki. Wykonuje się je w rdzennicach skrzynkowych lub ramkowych, niedzielonych lub posiadających jeden podział. Szkielet rdzenia stanowi pręt lub ramka. Odpowietrzenie rdzenia jest proste. Rdzeń może być składany z dwóch części. Do grupy tej zalicza się zwykle nieduże rdzenie.

Rdzenie średniej trudności posiadają na powierzchni występy, żebra i wnęki utrudniające wykończenie. Rdzennice, w których wykonuje się rdzenie, posiadają najwyżej 4 miejsca podziału i nie więcej niż 4 części odejmowane. Części rdzenia mogą być ubijane oddzielnie a potem łączone. Przewiduje się: stosowanie wzorników, wycinanie kanałów odpowietrzających i zakładanie sznurów do odpowietrzenia rdzenia.

Rdzenie trudne posiadają przenikające się powierzchnie, cienkie, blisko siebie położone żebra i wnęki; występują duże zmiany przekroju rdzenia. Rdzenie wykonuje się w rdzennicach dzielonych w sześciu i więcej miejscach, posiadających dużą ilość odejmowanych części. Przewiduje się stosowanie wzorników; odpowietrzenie rdzeni jest trudne; szkielety są skomplikowane.

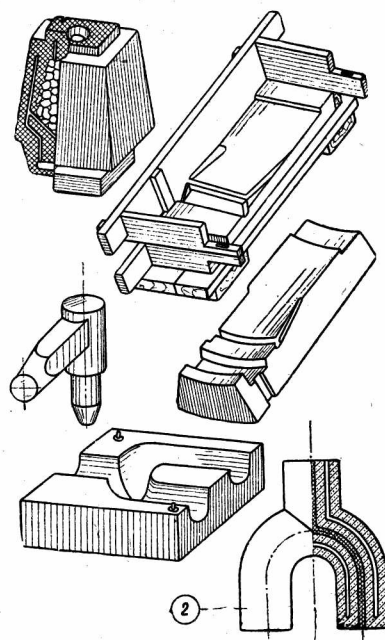
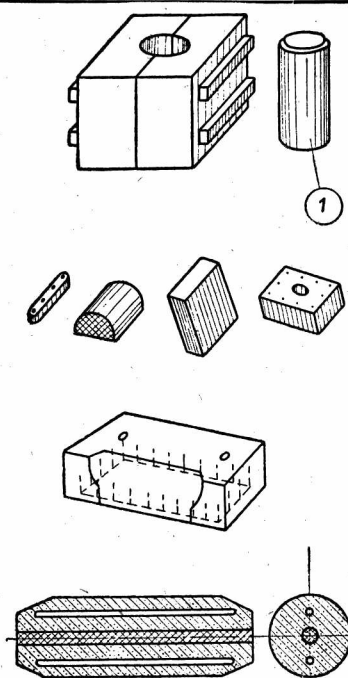
Grupy trudności wykonania rdzeni w skrzynkach

UWAGA

Poza wskazanymi pięcioma grupami podano w tablicach dodatkowo grupy: B' i C', do których zalicza się rdzenie o charakterystyce pośredniej. Np. wg. grupy B' normuje się rdzenie należące zasadniczo do grupy B, ale: — łączone z 2 części — zaopatrzone w ochładzalniki — posiadające luźne części trudne do wyjęcia itp.

Wg. grupy C' normuje się rdzenie należące do grupy C, ale:

- formowane przy użyciu profilowych zgarniaków.
- posiadające wystające żebra itp.



Cechy trudności / Grupa trudności

A (Bardzo łatwe)

B (Łatwe)

1. Budowa skrzynki rdzeniowej

- Ilość podziałów rdzennicy
- Ilość części odejmowanych
- Dostęp przy ubijaniu
- Użycie zgarniaków i wzorników

do 1
do 1 (łatwa do wyjęcia)
+
—

do 2
do 3 (łatwe do wyjęcia)
+
—

2. Kształt, wzmocnienia, łączenie części rdzenia

a. Kształt

Gładkie powierzchnie cylindryczne i pryzmatyczne

Zespół prawidłowych figur geometrycznych. Niewielkie występy i wgłębienia z płynnymi przejściami.

b. Szkielet

Pręt, drut

Prosty; konieczność niewielkiego przygięcia prętów.

c. Ilość części rdzenia, łączenie części rdzenia

—

—

d. Ochładzalniki

—

—

e. Dostęp przy ubijaniu rdzenia

+

+

f. Zastosowanie

Małe i średniej wielkości rdzenie

Różne

3. Odprowadzenie gazów

Proste. Nakłuwanie szydłem, wykonanie wkładek koksowych.

Proste. Nakłuwanie szydłem, wykonanie wkładek koksowych.

4. Wykończenie, suszenie i czernienie formy

a. Wykończenie, szpilkowanie

Wygładzanie krawędzi i równych powierzchni.

Niewielkie szpilkowanie krawędzi i występów; wygładzenie całej powierzchni rdzenia.

b. Wielokrotność suszenia i czernienia

1

1

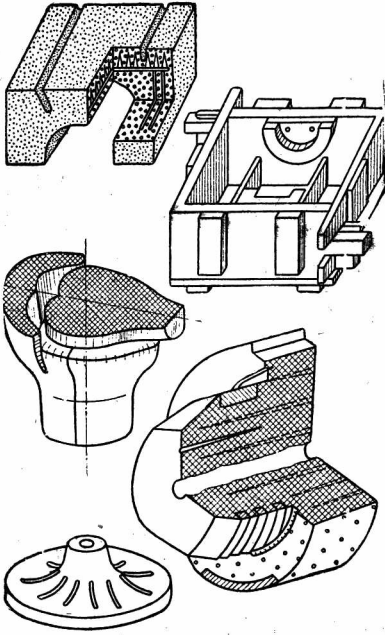
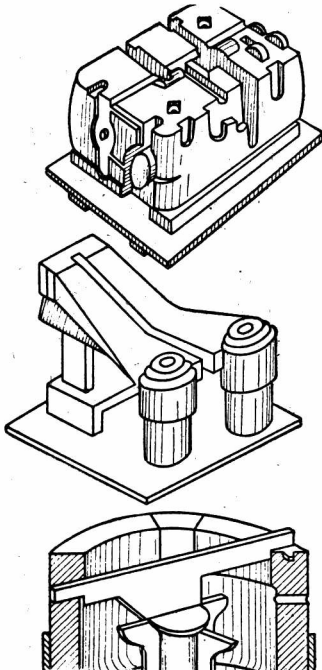
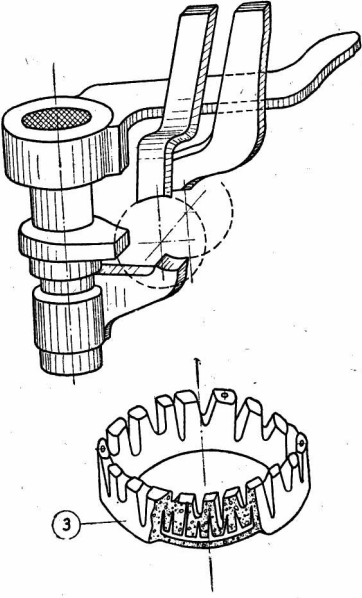
5. Grupa zarobkowa

3

3—4

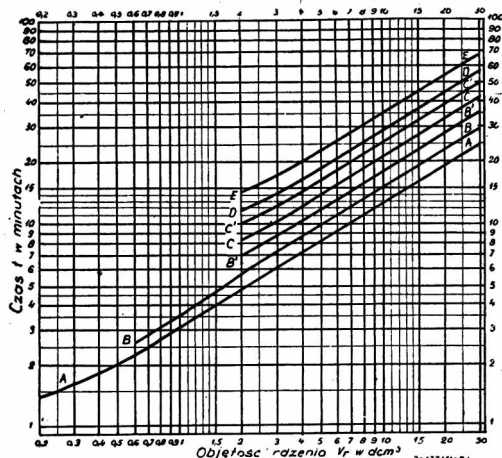
Skróty: znak (+) = tak, jest
" (—) = nie ma

Obliczenie czasu robót odlewniczych

		
C (Średnie)	D (Trudne)	E (Bardzo trudne)
do 3 do 5 (łatwe do wyjęcia) + — —	do 6 do 8 — +	ponad 6 ponad 8 — +
Figury niesymetryczne z wgłębieniami i żebrami utrudniającymi wykończenie.	Kształtowe występy, cienkie żebra, odgałęzienia, zagłębienia.	Zawiły zespół przenikających się powierzchni z cienkimi wystęgami i gwałtownymi zmianami przekroju. Duży stosunek powierzchni do objętości.
Potrzeba dokładnego doginania prętów szkieletu do kształtu rdzenia.	Szkielet złożonej budowy.	Szkielet złożony, wiązany. Doginanie prętów szkieletu do kształtu rdzenia.
Możliwość łączenia połówek rdzenia przez sklejenie i wiązanie.	Klejenie i wiązanie rdzeni po wysuszeniu.	Klejenie i wiązanie zawiłych rdzeni ubitych w kilku różnych skrzynkach.
Mocowanie prostych ochładzalników (do 3 szt.).	Mocowanie ochładzalników (do 10 szt.).	Mocowanie ochładzalników prostych i kształtowych.
+	Ubijanie b. staranne, utrudnione przez szkielet i wystające części rdzennicy.	Trudne ubijanie połączone z podbijaniem masy i osadzaniem części odejmowanych.
Różne	Rdzenie do skomplikowanych odlewów maszynowych.	Rdzenie dla odlewów bardzo odpowiedzialnych i kosztownych.
Wycięcie sieci kanałów, wykonanie wkładek koksowych, założenie powrózeł ze słomy, sznurów woskowych oraz rurek do odprowadzania gazów.	Wycięcie złożonej sieci kanałów, wykonanie wkładek koksowych, założenie powrózeł ze słomy, sznurów woskowych oraz rurek do odprowadzania gazów.	Złożona sieć kanałów otrzymanych przez założenie sznurów woskowych, wymagających b. starannego montażu.
Normalne szpilkowanie wystających części; wygładzanie niedogodne.	Niedogodne szpilkowanie; wykończenie i wygładzanie niedogodne.	Wykończenie trudne i staranne. Wygładzanie i szpilkowanie całego rdzenia z jednoczesnym utrzymaniem wymiarów.
2 (staranne czernienie, utrzymanie wymiarów).	2 (staranne czernienie, utrzymanie wymiarów).	2 (b. staranne czernienie, utrzymanie wymiarów).
4—6	5—7	6—7

3. Uproszczona metoda normowania czasu wykonania rdzeni^{1,7)}

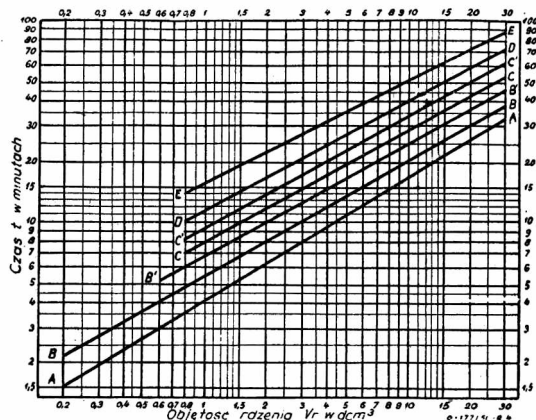
Uproszczona metoda normowania czasu wykonania rdzeni, dzięki swej łatwości, znalazła szerokie zastosowanie przy produkcji małose-



Rys. 2. Normatywy czasu wykonania małych rdzeni (do 30 dcm³) w skrzynkach rdzeniowych. Odlewy żeliwne.

rdzenie należące zasadniczo do grupy C, ale: formowane przy użyciu profilowych zgarniaków, posiadające żebra itp.

Dla ułatwienia pracy kalkulatora i dania mu możliwości szybkiego zdecydowania, do której



Rys. 4. Normatywy czasu wykonania małych rdzeni (do 30 dcm³) w skrzynkach rdzeniowych. Odlewy ze stopów miedzi.

ryjnej i jednostkowej. Stosowanie tej metody jest zalecane, między innymi, przez Ministerstwo Przemysłu Metalurgicznego ZSRR¹⁾.

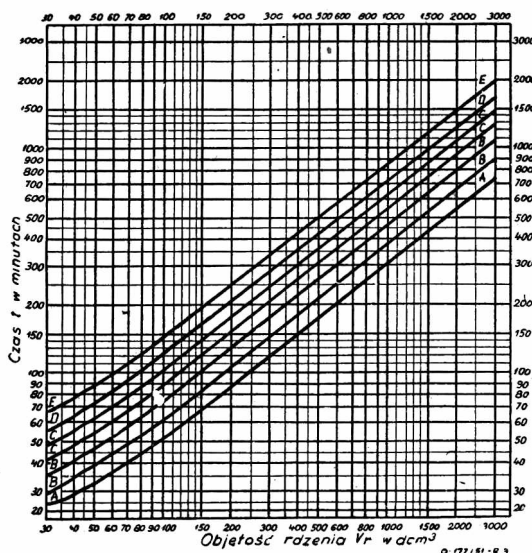
Metoda powyższa uzależnia wielkość czasu wykonania rdzenia od dwóch czynników: objętości rdzenia oraz od grupy trudności, do której zalicza się rdzeń. Ze względu na dużą różnorodność rdzeni pod względem budowy podzielono je na 5 grup trudności (A, B, C, D, E).

Poza tymi pięciu grupami podstawowymi stosuje się dodatkowe grupy B' i C', do których zalicza się rdzenie o charakterystyce pośredniej. Na przykład według grupy B' normuje się rdzenie należące zasadniczo do grupy B, ale: łączone z 2 części, zaopatrzone w ochładzalniki, rdzenie których rdzennica posiada luźne części trudne do wyjęcia itp. Według C' normuje się

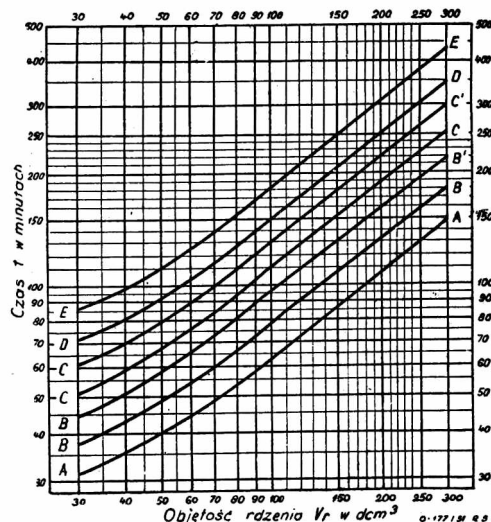
grupy trudności należy zaliczyć dany rdzeń, opracowano poglądową tablicę (tabl. VI), na której, poza opisową charakterystyką grup trudności (dolna część tablicy), podano szereg szkiców obrazujących budowę rdzeni w każdej grupie (górna część tablicy^{1,9)}.

Na rysunku 2 podano normatywy czasu wykonania małych rdzeni (o objętości mniejszej niż 30 dcm³) dla odlewów żeliwnych — w zależności od objętości rdzenia oraz grupy trudności, do której zaliczono rdzeń¹⁾. Analogiczny wykres dla dużych rdzeni pokazano na rysunku 3.

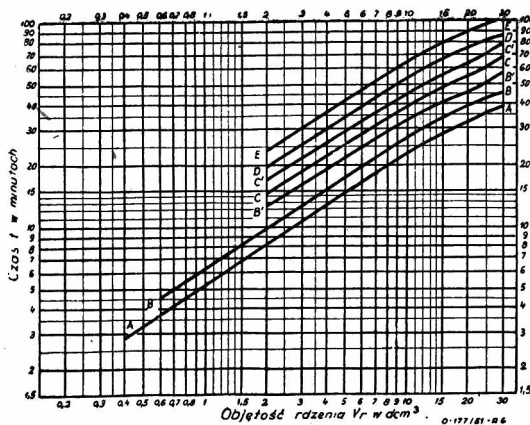
Normatywy przewidują ręczne ubijanie rdzeni. W razie zastosowania ubijania pneumatycznego (duże rdzenie), czas należy zmniejszyć o 20—25% w zależności od kształtu i zawło-



Rys. 3. Normatywy czasu wykonania dużych rdzeni (ponad 30 dcm³) w skrzynkach rdzeniowych. Odlewy żeliwne.



Rys. 5. Normatywy czasu wykonania dużych rdzeni (ponad 30 dcm³) w skrzynkach rdzeniowych. Odlewy ze stopów miedzi.



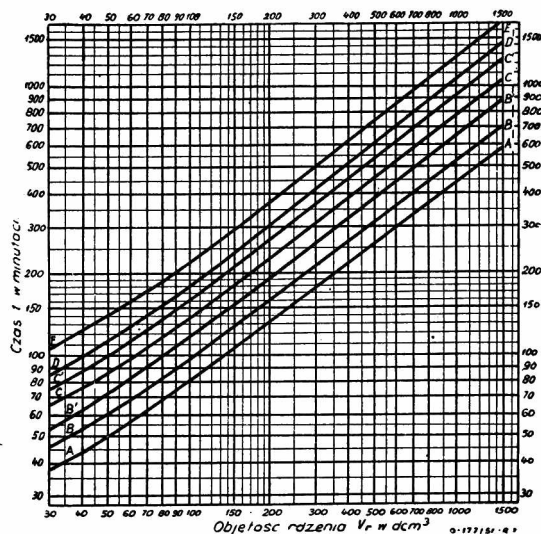
Rys. 6. Normatywy czasu wykonania małych rdzeni (do 30 dcm³) w skrzynkach rdzeniowych. Odlewy staliwne.

Normatywy czasu wskazane na wykresach podają pełną normę czasu na jedną sztukę, tzn. uwzględniają czasy: przygotowawczo-zakończeniowy, obsługi miejsca pracy oraz czas na potrzeby fizjologiczne i normowany odpoczynek.

Normatywy opracowano dla partii złożonej z 2—5 sztuk rdzeni. Przy wykonywaniu pojedynczego rdzenia normę czasu należy pomnożyć przez współczynnik 1,1. Przy partii obejmującej 6—10 rdzeni współczynnik wynosi 0,95, przy partii 10—20 sztuk — 0,9, przy partii 20—30 sztuk — 0,85, a przy większych partiach — 0,8.

Na rysunkach 4 i 5 podano normatywy czasu wykonania rdzeni dla odlewów ze stopów mie-

dzi, a na rysunkach 6 i 7 — dla odlewów staliwnych. Podane czasy odnoszą się do rdzeni wykonywanych w drewnianych rdzennicach przy użyciu masy piaskowo-gliniastej. W razie zastosowania rdzennic metalowych czas odczytany z wykresu należy pomnożyć przez współczynnik 0,92–0,95; przy zastosowaniu mas olejowych — przez współczynnik 0,7–0,85 (wyższe liczby odnoszą się do rdzeni łączonych z częściami).



Rys. 7. Normatywy czasu wykonania dużych rdzeni (ponad 30 dcm³) w skrzynkach rdzeniowych. Odlewy staliwne.

Tablica VII

Porównanie czasu wykonania rdzeni różnej wielkości i trudności obliczonego metodą normatywów zespołowych oraz metodą uproszczoną.
Odlewy żeliwne

Nr pozycji	Rodzaj i wymiary rdzenia	Objętość rdzenia w dcm ³	Zaprawiana powierzchnia w dcm ²	Powierzchnia wykańczana i czerniona w dcm ²	Trudność wykonania według normatywów zespołowych	Obliczenie czasu według normatywów zespołowych w minutach						Według normatywów uproszczonych	
						Wykonanie kadłuba	Zaprawienie otworów	Wykończenie i czernienie	Składanie rdzenia	Szpilkowanie	Razem	Trudność wykonania	Czas obliczony
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Okrągłak Ø 30 x 100 Fig. 1	0,07	0,07	1,0	—	—	—	—	—	—	—	A	1
2	Okrągłak Ø 100 x 250 Fig. 1	1,95	0,79	8,6	Ł	4,2	0,7	2,7	—	—	7,6	A	5
3	Rozgałęzienie Ø 150. Ogólna długość ramion — 800. Fig. 2	14,1	5,3	38	Ł	11,1	2,2	7,0	4	—	24,3	B'	22
4	Mała korona. Dzewn — 170, d _{wewn} — 100, h — 125, 60 szpilek. Fig. 4.	1,9	3	13,5	T	5,8	2,7	7,0	—	3	18,5	E	14
5	Duża korona. Dzewn — 300, d _{wewn} — 200, h — 150, 100 szpilek. Fig. 4.	6,0	6	29,5	T	10,0	3,9	12,5	—	4,5	30,9	E	25
6	Okrągłak Ø 500x1000.	197	50	196	S	80	17	49	30	18	194	E	149
7	Okrągłak Ø 1000x1000. Dwukrotne czernienie	780	100	470	S	201	30	145	64	50	490	C	423

4. Porównanie czasów wykonania rdzenia obliczonych metodą normatywów zespołowych oraz metodą uproszczoną.

Obliczenie czasu przeprowadzimy dla szeregu rdzeni różnej wielkości i trudności posługując się metodą normatywów zespołowych oraz metodą uproszczoną. Następnie, zanalizujemy wyniki obliczeń i zbadamy, jak wielkie są i skąd pochodzą rozbieżności czasów określonych obiema metodami.

Wyniki obliczeń czasu zestawiono w tablicy VII. Oznaczenia figur podane w tej tablicy odnoszą się do numerów szkiców umieszczonych na tablicy VI.

W wierszach 1 i 2 tablicy VII podano obliczenie czasu wykonania małych i łatwych rdzeni, w dalszych wierszach figurują rdzenie coraz trudniejsze, wreszcie pozycje 6 i 7 odnoszą się do wielkich rdzeni. Te ostatnie ze względu na ich wielkość zaliczono do „średniej” grupy trudności.

W kolumnach pionowych od 2 do 5 podano charakterystykę wykonywanych rdzeni. W kolumnie 6 wskazano grupę trudności rdzenia według klasyfikacji ustalonej dla normowania według zespołów czynności (rdzenie łatwe — Ł, średnie — S, trudne — T). W kolumnach 7 — 11 podano normy czasu dla poszczególnych zespołów czynności, a w kolumnie 12 — całkowity czas wykonania rdzenia obliczony według normatywów zespołowych. Czas ten równa się sumie czasów podanych w kolumnach 7—11.

W kolumnie 13 wskazano grupę trudności rdzenia wg klasyfikacji ustalonej dla metody uproszczonej (tablica VI), a w kolumnie 14 — czasy wykonania rdzeni dla odlewów żeliwnych obliczone metodą uproszczoną.

Porównując liczby zawarte w kolumnach 12 i 14 stwierdzamy, że normy czasu określone metodą normatywów zespołowych są wyższe niż normy wykonania tych samych rdzeni określone metodą uproszczoną.

Analiza poszczególnych składników czasu oraz porównanie ich z wynikami badań chronometrażowych dla małych odlewów przeprowadzonych w Zakładzie Odlewnictwa Politechniki Łódzkiej wykazały, że źródło różnic norm czasu tkwi przede wszystkim w wielkości czasów wykończania i czernienia rdzeni (kolumna 9). Przy opracowaniu normatywów zespołowych²⁾ liczone się ze staranniejszym wykończeniem i czernieniem rdzeni niż przy ustalaniu uproszczonych normatywów czasu¹⁾.

Jak wynika z przeliczenia, czas wykończenia i czernienia 1 dcm² rdzenia obliczony na podstawie tablicy III wynosi:

- dla prostych rdzeni — 0,15 do 0,3 min/dcm²,
- dla skomplikowanych dwukrotnie czernionych rdzeni — 0,4 do 1 min/dcm².

Odejmując od tego czasu średni czas czernienia rdzenia (przy czernieniu pędzlem 0,1 do 0,2 min/dcm²), stwierdzamy, że czas wykończenia rdzeni waha się w granicach od 0,1 min/dcm² (dla prostych rdzeni) do 0,8 min/dcm² (dla niewielkich skomplikowanych rdzeni). Ten ostatni czas jest stosunkowo duży, jeżeli weźmie się pod uwagę, że przy produkcji seryjnej wykończenie niewielkich rdzeni powinno polegać jedynie na zrównaniu krawędzi i spojeń na stykach rdzeni.

Z przeprowadzonych rozważań widać, jak duże oszczędności czasu można uzyskać przez racjonalną budowę i staranne wykonanie rdzenia oraz przez zastąpienie czernienia pędzlem czernieniem przez natrysk lub zanurzanie.

Analizując czasy wykonania trudnych rdzeni, jak mała korona (poz. 4) i duża korona (poz. 5), stwierdzamy, że czas zależny od kształtu i wielkości powierzchni rdzenia (wykończenie, szpilowanie i czernienie rdzenia) jest znacznie wyższy niż czas zależny od objętości rdzenia (wykonanie kadłuba rdzenia).

Ponieważ metoda uproszczona operuje objętością rdzenia, przychodzimy do przekonania, że przy normowaniu czasu wykonania trudnych i skomplikowanych rdzeni słuszniejsze jest posługiwanie się metodą normatywów zespołowych, która umożliwia bardziej wnikliwą analizę procesu niż metoda uproszczona. Jest to tym bardziej słuszne, że zaszeregowanie rdzenia do właściwej grupy trudności przy metodzie uproszczonej, wobec dużej ilości grup, może czasem budzić wątpliwości.

Tak więc przy produkcji jednostkowej oraz przy niewielkich seriach czas wykonania rdzeni można normować dwiema metodami: metodą uproszczoną lub metodą normatywów zespołowych. Posługiwanie się tą ostatnią jest wskazane przede wszystkim przy rdzeniach skomplikowanych. Przy produkcji wielkoseryjnej czas wykonania rdzeni określa się metodą normatywów grupowych. Metody tej w niniejszej pracy nie omawiamy.

LITERATURA:

1. Ministerstwo Przemysłu Metalurgicznego ZSRR — „Normatywy wremieni na litiejnyje raboty”, Metalurgizdat 1949.
2. S. W. Russian — „Techničeskoje normirowanie w litiejnom proizvodstwie”, Maszgiz 1949.
3. W. M. Andrejew — „Osnovy technologii litiejnych form”, Maszgiz 1949.
4. Maszynostrojenie Tom XV — „Encyklopedyczny podręcznik”, Maszgiz 1950.
5. N. K. T. P. — „Normy wremieni i obrazcy izgotowlenija stierżniej po jaszczikam i szablonom”.
6. M. Skarbiński — „Zasady normowania czasu w odlewni”, Przegląd Odlewnictwa, marzec 1951.
7. G. I. Obraczow — „Techničeskoje normirowanie litiejnych rabot”, Maszgiz 1941.
8. Ministerstwo Tiażelogo Maszynostrojenia ZSRR — „Kwalifikaciono-tarifnyj sprawocznik. Pławilnyje i litiejnyje raboty”, Maszgiz 1946.

Własności żeliwa modyfikowanego*)

DK 669.131.622

Trudność ścisłego zdefiniowania pojęcia „żeliwo modyfikowane”. Wpływ struktury tego żeliwa na jego własności mechaniczne i technologiczne. Konieczność odrębnej normy klasyfikacji. Zestawienie wyników badań przeprowadzonych nad własnościami mechanicznymi i odlewniczymi. Wrażliwość na grubość ścianek badana na próbkach okrągłych. Skłonność do zabielenia, lejność, naprężenia wewnętrzne, tworzenie jam skurczowych i rzadzin.

Wstęp

Żeliwem modyfikowanym nazywamy odmianę żeliwa, charakteryzującą się swoistą metodą wytwarzania. Metoda ta w zasadzie polega na dodawaniu do ciekłego żeliwa dodatków, wywołujących po jego zakrzepnięciu pewne charakterystyczne zmiany w budowie żeliwa, których nie obserwuje się w żeliwie krzepnącym bez takich dodatków. Żeliwo może być wytopione w dowolnym piecu, lecz musi posiadać odpowiedni skład chemiczny i własności fizyko-chemiczne. Rozróżniamy żeliwo modyfikowane szare, ciągliwe oraz sferoidalne. Z tych trzech gatunków szare żeliwo modyfikowane jest najbardziej rozpowszechnione. Żeliwo to stosowane jest coraz szerzej w wielu gałęziach budowy maszyn, dzięki jego wysokim własnościom wytrzymałościowym i technologicznym.

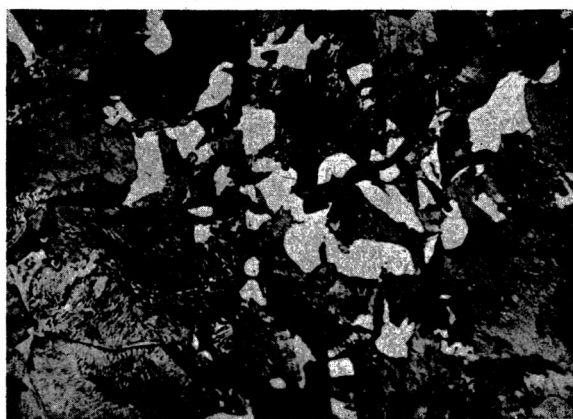
Ustalenie ścisłego określenia żeliwa modyfikowanego w sensie stosowanym zwykle dla określania stopów metali jest bardzo trudne. Naogół jesteśmy przyzwyczajeni używać określeń, które opisują skład chemiczny materiału (np. żeliwo chromoniklowe, żeliwo wysokofosforowe itp.) lub jego strukturę (np. żeliwo austenityczne, żeliwo ciągliwe perlityczne o czarnym rdzeniu itp.), czy też inne cechy materiałowe, łatwe do sprawdzenia przy pomocy zwykłych metod fizycznych czy chemicznych. Inaczej sprawa przedstawia się z żeliwem modyfikowanym. Próba określania tego rodzaju żeliwa oparta na podobnych zasadach nie da rezultatu, gdyż zarówno pod względem składu chemicznego jak i struktury, nie da się odgraniczyć wyraźnie żeliwa modyfikowanego od żeliwa szarego niemodyfikowanego. Pomimo podobieństwa składu i struktur tych dwóch rodzajów żeliwa istnieją między nimi znaczne i istotne różnice w pewnych własnościach materiałowych, jak np. odporności na ścieranie, wrażliwości na grubość ścianek odlewu itp. Powoływanie się jednak w określeniu na podobne własności prowadziło by nas za daleko, ze względu na oczywiste trudności ich identyfikacji. Dlatego w określeniu żeliwa modyfikowanego ograniczamy się do określenia pewnych charakterystycznych szczegółów procesu wytwarzania tego żeliwa.

Struktura żeliwa modyfikowanego

Jak w każdym żeliwie głównymi składnikami struktury jest osnowa metaliczna i grafit. Od wzajemnych stosunków ilościowych między os-

nową i grafitem, od rodzaju składników osnowy metalicznej i wielkości ich ziaren, oraz od kształtu, rozłożenia i wielkości grafitu, zależą w dużym stopniu własności mechaniczne i inne żeliwa modyfikowanego.

Najwyższe własności mechaniczne posiada żeliwo, którego osnowa jest czysto perlityczna lub perlityczno-sorbityczna. Obecność wolnego cementytu w osnowie podnosi twardość żeliwa, zwiększa jego kruchość, obniża znacznie skrawalność, jest więc niekorzystna i unikana, za wyjątkiem specjalnych wypadków. Zawartość wolnego ferrytu w osnowie obniża własności



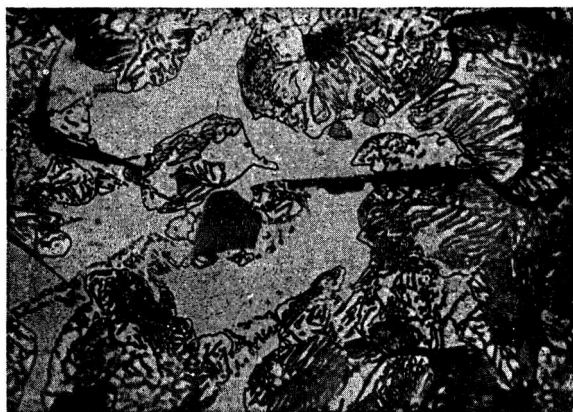
1. Żeliwo klasy Zl 18 z wolnym ferrytem, pow. 500 X

wytrzymałościowe, odporność na ścieranie itp. W szarym żeliwie modyfikowanym, otrzymanym w prawidłowy sposób, osnowa metaliczna jest zawsze perlityczna. Specjalne warunki krystalizacji żeliwa modyfikowanego powodują, że otrzymuje się perlit w formie drobnoziarnistej, co również ma wpływ korzystny na własności wytrzymałościowe. Strukturę sorbityczną w żeliwie modyfikowanym można uzyskać przez dodatek pierwiastków stopowych lub zastosowanie obróbki cieplnej.

Na rys. 1 pokazano osnowę żeliwa zawierającego wolny ferryt, rys. 2 przedstawia żeliwo, w którego osnowie pojawił się wolny cementyt. Na rys. 3 pokazano czysto perlityczną osnowę żeliwa modyfikowanego. Wysokie własności żeliwa modyfikowanego są jednakże spowodowane nie tylko korzystną osnową metaliczną. Podobną osnowę można uzyskać również w zwykłym żeliwie szarym, a mimo to ustępuje ono we własnościach żeliwu modyfikowanemu.

Grafit w żeliwie szarym występuje w postaci płatków. Na własności żeliwa ma wpływ kształt płatków, ich wielkość i rozłożenie w masie osnowy. W zwykłym żeliwie szarym niskich klas wytrzymałościowych grafit występuje w grubych długich płatkach (rys. 4), często ułożonych rozetkowo lub łączących się ze sobą. Taka postać grafitu obniża własności mechaniczne

żeliwa. W zwykłym żelwie szarym wyższych klas (Zl 26, Zl 30) grafit występuje często w postaci krótkich płatków o wyraźnym ułożeniu



2. Żeliwo klasy Zl 30 z wolnym cementytem, pow. 500 ×

międzydendrytycznym. W niektórych wypadkach płatki te są tak drobne, że można raczej mówić o ziarnach grafitu rozłożonych między dendrytami austenitu, który pierwszy wykryształizowuje się z ciekłego żeliwa. Im wyższa jest klasa żeliwa tym niżej schodzi się z zawar-



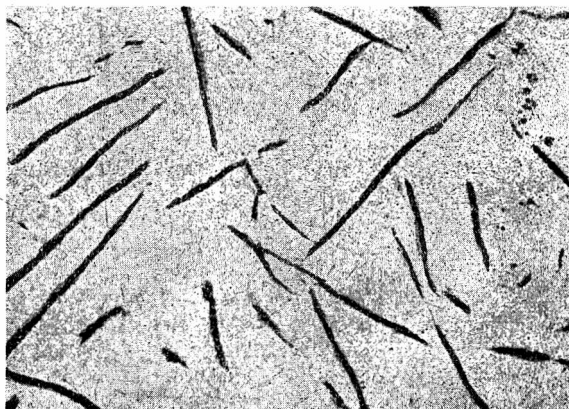
3. Żeliwo klasy ZlM 30, pow. 500 ×

tością węgla w żelwie (do 2,7%). Zwiększa się przez to zakres między liniami likwidusu i solidusu na wykresie układu żelazo-węgiel i dendryty austenitu stają się wyraźniejsze. Odbija się to na układzie grafitu, którego rozłożenie staje się coraz bardziej niekorzystne, międzydendrytyczne, co powoduje zmniejszenie własności zmęczeniowych, odporności na ścieranie itp. Na rys. 5 pokazano żeliwo, w którym grafit ma rozłożenie międzydendrytyczne. Modyfikacja żeliwa wpływa bardzo silnie na postać i rozłożenie grafitu. Liczne badania wykazują, że po prawidłowym przebiegu procesu modyfikacji otrzymuje się w żelwie grafit o średniej długości płatków (rys. 6) rozłożony zupełnie chaotycznie i bezkierunkowo w całej masie metalicznej osnowy. Jest to najkorzystniejsza forma występowania grafitu w szarym żelwie, nie biorąc

pod uwagę grafitu sferoidalnego otrzymywanego np. przez modyfikację magnezem lub przy wyżarzaniu żeliwa ciągliwego.

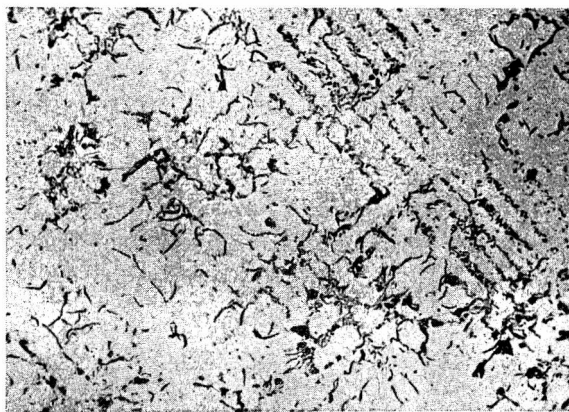
Normy klasyfikacji

Jak już wspomnieliśmy nazwa żeliwo modyfikowane określa nam jedynie pewien proces otrzymywania żeliwa. Jednakże podobnie jak żeliwo szare niemodyfikowane, które posiada kilka klas wytrzymałościowych tak i nazwa, żeliwo modyfikowane, obejmuje całą gamę gatunków żeliwa, różniących się między sobą swoimi



4. Żeliwo klasy Zl 18 — widoczne grube płatki grafitu, pow. 100 ×

własnościami, zwłaszcza wytrzymałościowymi. Wszystkie gatunki żeliwa modyfikowanego, lub jak częściej mówimy jego klasy, mają pewne wspólne cechy, a w szczególności wysoką odporność na ścieranie, zmniejszoną wrażliwość na grubość ścianek itp.



5. Żeliwo klasy Zl 30 — grafit międzydendrytyczny, pow. 100 ×

Jest rzeczą niewątpliwą, że modyfikacja żeliwa jest jedną z najprzystępniejszych i najpowszechniejszych metod otrzymywania żeliwa o wysokich własnościach wytrzymałościowych. Wprowadzając więc na jakimś zakładzie produkcję żeliwa modyfikowanego, lub operując tą nazwą przy typowaniu materiału konstruk-

cyjnego myślimy raczej o uzyskaniu w takim żeliwie wysokich własności wytrzymałościowych niż o możliwości wykorzystania jego specyficznych zalet. Jednakże wysokie własności wytrzymałościowe w żeliwie szarym można uzyskać także innymi sposobami, poza stosowaniem modyfikacji. Znane są liczne sposoby otrzymywania żeliwa o wysokich własnościach wytrzymałościowych. Istnieje także szereg odlewni, które nie stosując modyfikacji otrzymują żeliwo o podwyższonych własnościach mechanicznych np. klasy ZI 26 lub ZI 30.

Już przy omawianiu struktury żeliwa zwróciliśmy uwagę na to, że istnieje zasadnicza różnica w zachowaniu się żeliwa szarego zwykłego i modyfikowanego w pracy, wywołania głównie różnicą w kształcie i rozłożeniu grafitu. Ma to oczywiście miejsce, gdy porównujemy żeliwo



6. Żeliwo klasy ZIM 34 — grafit równomiernie rozłożony, pow. 100 X

tych samych klas wytrzymałościowych. Różnice te są dostatecznie wystarczające by żeliwo modyfikowane ująć w odrębną klasyfikację. Odrębne normy klasyfikacji żeliwa szarego i modyfikowanego istnieją np. w Związku Radzieckim.

Polskie normy dotychczas nie objęły jeszcze klasyfikacji żeliwa szarego modyfikowanego. Istnieje tylko ogólna norma klasyfikacji żeliwa szarego PN/H-83101. Klasyfikacja ta oparta jest na ocenie żeliwa na podstawie wytrzymałości na rozciąganie w próbkach osobno lanych o $\varnothing$ 30 mm. Obecnie, gdy produkcja żeliwa modyfikowanego stała się już bardziej powszechna i stanowi poważną pozycję w materiałach na odlewy, odczuwa się wyraźnie potrzebę normy klasyfikacji tego żeliwa.

Zasady klasyfikacji żeliwa mogą być dwojakie. Przyczyną tego jest zjawisko, że żeliwo posiada, może w większym stopniu niż inne stopy odlewnicze, różne własności mechaniczne w zależności od grubości przekroju, a więc również w ściance odlewu i próbkach osobno lanych. Jeżeli więc oprzemy normę klasyfikacji na próbkach osobno lanych to spotka nas zarzut ze strony użytkownika, że oznaczenie klasy żeliwa na podstawie próbki osobno odlanej nie będzie określało wytrzymałości z jakimi może się liczyć w ściance użytkowanego odlewu. PN/H-

83101 przewiduje wprowadzić odlewanie próbek o średnicach innych niż 30 mm dobranych w pewnym stopniu do grubości ścianek odlewu, jednakże mimo to nie można twierdzić, że R_t określane w próbce osobno lanej odpowiada wytrzymałości odlewu w ściance o grubości, dla której norma przepisuje daną średnicę próbki.

Inny sposób klasyfikacji, bardziej odpowiadający konstruktorom i użytkownikom, mógłby polegać na określeniu przynależności żeliwa do pewnej klasy wytrzymałościowej wtedy, gdy np. każda próbka wycięta z dowolnego miejsca odlewu posiadałaby wytrzymałość na rozciąganie powyżej przepisanej dla danej klasy minimum. Jakkolwiek taki sposób klasyfikacji jest znany, to jednak z punktu widzenia odlewnika jest on nie do przyjęcia. Dla wykonania dwóch odlewów o różnych grubościach ścianek z żeliwa tej samej klasy trzeba by zastosować dwa rodzaje żeliwa o odmiennym składzie chemicznym. Podobnie dwa odlewy o różnych grubościach ścianek, wykonane z tego samego spustu żeliwa, należałyby do dwóch różnych klas wytrzymałościowych żeliwa. Wywoływałoby to liczne nieporozumienia i utrudniałoby bardzo pracę odlewni. Klasyfikacja żeliwa na podstawie R_t w próbce osobno lanej jest znacznie wygodniejsza z punktu widzenia prawnego i ułatwienia pracy odlewni. Stwarza ona natomiast trudności konstruktorom. Jednakże konstruktor ma zawsze możliwość uwzględnienia różnicy wytrzymałości w ściance odlewu i próbce osobno odlanej. Jedynym wyjściem z tej kłopotliwej sytuacji w operowaniu normami jest poznanie własności żeliwa tak dalece, by dać konstruktorowi pewien klucz do określenia wytrzymałości w dowolnej ściance przedmiotu odlanego z żeliwa danej klasy. Bardzo pomocną w tym względzie jest dokładna znajomość wrażliwości żeliwa na grubość ścianek odlewu, o której będziemy mówili później. Nie należy przy tym zapominać, że obniżenie wytrzymałości odlewu następuje nie tylko wskutek powolniejszego stygnięcia żeliwa w grubszych partiach. Duże znaczenie posiadają również naprężenia wewnętrzne, od których nie jest wolny żaden odlew, oraz obecność w odlewie miejsc nieciągłych (jam skurczowych, rzadzisz, pęcherzy gazowych itp.).

Analogicznie do normy PN/H-83101, obejmującej klasyfikację żeliwa szarego zwykłego, można stworzyć następujące klasy wytrzymałościowe żeliwa modyfikowanego szarego:

ZIM 26
ZIM 30
ZIM 34
ZIM 38

Litera M odróżnia żeliwo modyfikowane od szarego zwykłego. Cyfra oznacza minimalną wytrzymałość na rozciąganie badaną w próbce o średnicy 14 mm (według PN/H-752), wytoczonej z odlanego osobno pręta o $\varnothing$ 30 mm. Te cztery klasy wyczerpują obecnie produkowane gatunki żeliwa modyfikowanego szarego. W dalszych naszych rozważaniach nad własnościami żeliwa będziemy się powoływać na wymienione cztery klasy.

Własności mechaniczne

Własności mechaniczne żeliwa modyfikowanego badano na próbkach dostarczonych przez różne zakłady dla Komisji Żeliwa Modyfikowanego przy Głównym Instytucie Odlewnictwa.

a. wytrzymałość na rozciąganie

Wytrzymałość na rozciąganie (R_r) bada się na próbkach z przewężeniem wykonanych według PN/H-752. W badaniu tym określa się doraźną wytrzymałość na rozciąganie. Jak widać z tablicy I, R_r żeliwa modyfikowanego waha się w granicach od 26—40 kG/mm² i wyżej. Wyższe wartości R_r w żeliwie modyfikowanym można uzyskiwać również przez dodatek pewnych ilości pierwiastków stopowych jak Ni lub Cr oraz przez obróbkę cieplną (ulepszanie). Jest to związane z powstawaniem struktury sorbitycznej. Jak już wspomniano wytrzymałość na rozciąganie jest podstawą klasyfikacji żeliwa modyfikowanego. Jest ona zależna zarówno od struktury osnowy jak i postaci grafitu.

b. wytrzymałość na zginanie

Wytrzymałość na zginanie (R_g) bada się na próbkach okrągłych dziesięcio- lub dwudziestokrotnych. W tablicy I przyjęte są minimalne wartości R_g dla poszczególnych klas żeliwa. W rzeczywistości naogół otrzymuje się wartości wyższe. Normy GOST 2611—44 przewidują jeszcze niższe wartości na R_g , gdyż badania przeprowadza się w Związku Radzieckim na próbkach nieobrabianych, co może powodować pewne obniżenie wyników wskutek wad powierzchni lub owalności surowej próbki. Zestawienie poniższe porównuje wartości na R_g według GOSTu, projektu normy analogicznej do PN/H-83101 oraz rzeczywiście uzyskane w naszych badaniach.

GOST 2611-44		
klasa	R kG/mm ²	
MSCz 28—48	48—52	
MSCz 32—52	52—56	
MSCz 35—56	56—60	
MSCz 38—60	60—65	

projekt normy analogiczny do PN/H-83101		
klasa	R_g kG/mm ²	
	minimum	z badań (średnia)
ZIM 26	50	56
ZIM 30	54	56
ZIM 34	58	61
ZIM 38	62	63

W czasie pomiaru R_g wykonuje się równocześnie badania strzałki ugięcia (f). Badanie strzałki ugięcia sprawia często trudności techniczne i daje zwykle niezbyt porównywalne wyniki. Dlatego wielkość strzałki ugięcia uważa się zwykle za orientacyjną. Dla żeliwa modyfikowanego nie ma dość ścisłej zależności strzałki ugięcia od klasy żeliwa. Dlatego za minimalne wartości przyjęto w tablicy I: 3 mm dla f_{10} i 9 mm dla f_{20} dla wszystkich klas. Ta minimalna wartość jest niższa o 0,3—1,2 mm

Tablica I.

Własności mechaniczne żeliwa modyfikowanego

klasa żeliwa	Zginanie			H_B kG/mm ²	E kG/mm ²	R_c kG/mm ²	U kGm/cm ²	R_t kG/mm ²
	R_g kG/mm ²	f_{10}	f_{20}					
ZIM 26	50	3	9	210	11.000	90	0,7	30
ZIM 30	54	3	9	230	12.000	100	0,8	33*
ZIM 34	58	3	9	250	13.500	110	0,9	36
ZIM 38	62	3	9	270	15.000	115	0,9	39

w poszczególnych klasach od średnich wartości, które uzyskano w naszych badaniach żeliwa modyfikowanego.

c. twardość

Omówione dotychczas własności wytrzymałościowe były w tablicy I zaznaczone jako minimalne dla danej klasy żeliwa. Począwszy od twardości dalsze własności mechaniczne są wartościami średnimi dla danej klasy.

Twardość żeliwa najkorzystniej jest badać, ze względu na pewność wyników, metodą Brinella przy użyciu kulki o $\varnothing$ 10 mm.

Rozrzut twardości w każdej klasie żeliwa jest dość duży i wynosi około $\pm$ 20 jedn. Jest rzeczą charakterystyczną, że pomimo dość wysokiej twardości, w wyższych klasach żeliwa dochodzącej do $H_B = 280$ kG/mm², żeliwo modyfikowane zachowuje dobrą obrabialność. W przeciwieństwie do tego zwykle żeliwo szare posiadające twardość rzędu już 240 kG/mm² obrabia się przeważnie z trudnością. Jest to spowodowane pojawieniem się wolnego cementytu w zwykłym żeliwie szarym, przy podwyższonej twardości, szybko niszczącego ostrze narzędzi. W żeliwie modyfikowanym zwiększenie twardości nie jest spowodowane obecnością wolnych węglików, lecz szczególną postacią perlitu przechodzącego nawet w sorbit, oraz korzystnym rozłożeniem grafitu, co nie ma tak wielkiego wpływu na obrabialność żeliwa.

Wartości liczbowe twardości odnoszą się do pomiarów wykonanych w środku próbki wyciętej z pręta o $\varnothing$ 30 mm. W ścianie odlewu oraz na próbkach innych średnic mogą wystąpić inne wielkości. Zachodzi to zresztą w stosunku do wszystkich własności mechanicznych. Jak zobaczymy w późniejszych rozważaniach nad wrażliwością na grubość ścianek odlewu twardość żeliwa modyfikowanego zmienia się w zależności od miejsca badania mniej niż inne własności.

d. moduł sprężystości przy rozciąganiu

Średnie wartości modułu sprężystości przy rozciąganiu, podane w tablicy I, odnoszą się do próbek o $\varnothing$ 8 mm wyciętych z pręta osobno odlanego o $\varnothing$ 30 mm. Rozrzut wyników uzyska-

nych w badaniach nad żeliwem modyfikowanym jest dość duży i wynosi dla poszczególnych klas + 1000 — 2000 kG/mm². Ponieważ moduł sprężystości żeliwa modyfikowanego zależy głównie od kształtu i rozłożenia grafitu, jest rzeczą bardzo ważną w produkcji tego żeliwa, opanowanie jakości otrzymywanego grafitu, przez co osiąga się możliwość zmniejszenia pola rozrzutu tej tak ważnej własności.

Moduł sprężystości przy ściskaniu dla żeliwa modyfikowanego nie był określany. Z literatury można przyjąć zależność $E_{\text{ścisk.}}$ od $E_{\text{rozc.}}$ według wzoru

$$E_{\text{ścisk.}} : E_{\text{rozc.}} = 1,1$$

analogicznie do podobnej zależności w zwykłym żeliwie szarym.

e. wytrzymałość na ściskanie

Wytrzymałość żeliwa na ściskanie znacznie przewyższa wytrzymałość na rozciąganie. W tablicy I podano wartości średnie dla R_c z badań nad próbkami z żeliwa modyfikowanego. Próbki miały $\varnothing$ 10 mm i wysokość 15 mm. Próbki wycinano z osobno odlanego pręta o $\varnothing$ 30 mm. Rozrzut wyników w klasie ZLM 26 wynosi ok. ± 10 kG/mm², w klasach wyższych jest mniejszy i wynosi około ± 5 kG/mm². W normie GOST 2611-44 i w publikacjach Instytutu Meehana przyjmuje się wartości na R_c dla żeliwa modyfikowanego o 10—15% wyższe niż w tablicy I. Nie mamy jednak wzmianek jakiego rodzaju próbki były tam stosowane.

f. wytrzymałość na ścinanie

Wytrzymałość na ścinanie określano metodą Amslera na próbkach okrągłych o $\varnothing$ 20 mm ścinanych w dwóch przekrojach ruchomym pierścieniem. Wartości podane w tablicy I są średnimi dla danej klasy. Odchyłki wyników w poszczególnych klasach były dość duże przeważnie w kierunku wyższego R_c . Należy to przypisać jednakże może nie tyle faktycznie większej wytrzymałości, ile niedokładności metody. W tym sposobie badania trudno się bowiem uwolnić od występowania momentów gnących zniekształcających pomiary. W każdym razie, podobnie zresztą jak w żeliwie szarym zwykłym, R_c żeliwa modyfikowanego zawsze przewyższa R_c o ok. 10—15% zwłaszcza w niższych klasach wytrzymałościowych. Próbki do badania wytaczano z wałka o $\varnothing$ 30 mm.

g. wytrzymałość na udarność

Wytrzymałość na udarność badano na próbkach kwadratowych bez karbu, o wymiarach 15 x 15 x 80 mm, przy odstępach podpór 60 mm. Próbki były wycinane z pręta surowego o $\varnothing$ 30 mm. Pomiary wytrzymałości na udarność są obarczone, wskutek niedoskonałości metody, może największym błędem z wszystkich dotychczas wymienionych. Przytoczone w tablicy I wartości średnie są mniej więcej zgodne z danymi z literatury⁶⁾. Odchyłki od wartości średniej wahają się w granicach $\pm 15\%$. W badaniach nad wrażliwością na grubość ścianek odlewu okazało się, że udarność była jedyną

własnością, której wartość wzrastała ze wzrostem grubości przekroju.

Zdajemy sobie sprawę, że własności żeliwa badane przy obciążeniach statycznych nie charakteryzują wyczerpująco materiału jako tworzywa konstrukcyjnego. Własności te można było jednak ustalić stosunkowo prostymi metodami, bez skomplikowanej aparatury, a więc dość szybko. Dalsze badania przyniosą odpowiedź, jak zachowuje się żeliwo modyfikowane produkowane u nas, przy obciążeniach dynamicznych, zmiennych, jaka jest jego zdolność tłumienia drgań, wrażliwość na wpływ karbu itp.

Wrażliwość na grubość ścianek odlewu

Jeżeli z odlewu posiadającego ścianki o różnych grubościach wytniemy próbki i poddamy je badaniom wytrzymałościowym, to okaże się, że ze wzrostem grubości ścianek następować będzie spadek własności wytrzymałościowych. Zjawisko to nie ma trafnej nazwy w języku polskim. Tłumacząc dosłownie z literatury zagranicznej można go nazwać wpływem masywności (Mass influence), anizotropią, lub wrażliwością na grubość ścianek odlewu (Wandstärkeempfindlichkeit).

Wrażliwość żeliwa na grubość ścianek odlewu spowodowana jest wpływem szybkości stygnięcia na strukturę żeliwa. Im grubsze są ścianki odlewu, tym wolniej stygną. Jednakże nie jest to zupełnie ściśle. Szybkość stygnięcia odlewu w formie jest zależna od szeregu dalszych czynników. Ważne jest między innymi położenie ścianki. Zdarzyć się może, że cienka wewnętrzna ścianka odlewu otoczona rdzeniami i grubszymi ściankami odlewu stygnie wolniej niż te ostatnie. Wówczas wpływ grubości ścianek na własności żeliwa nie ujawni się wyraźnie. Należałoby więc mówić nie tyle o wrażliwości żeliwa na grubość ścianek odlewu ile wrażliwości żeliwa na szybkość stygnięcia. Definicja byłaby wówczas ściślejsza, jednakże jej praktyczna wartość byłaby znikoma, gdyż nie mamy prawie żadnej możliwości określenia szybkości stygnięcia poszczególnych miejsc odlewu, nie biorąc oczywiście pod uwagę warunków ściśle laboratoryjnych.

Wybierając skład chemiczny dla odlewu o różnorodnych grubościach ścianek, kierujemy się zwykle regułą; aby w najcieńszej ściance odlewu nie powstało zabielenie. Wówczas grubsze ścianki wolniej stygnące będą miały gorsze własności mechaniczne z następujących powodów:

1. ilość wydzielonego grafitu będzie większa niż w ścianie cienkiej.
 2. długość poszczególnych płatków grafitu będzie większa.
 3. może się pojawić wolny ferryt lub będzie go więcej niż w ściankach cieńszych.
 4. perlit wystąpi silnie rozwinięty.
- Zjawiska takie jak zwiększenie segregacji, likwacji, rozrzedzeń skurczowych, wydzielen gazowych itp., które ze wzrostem grubości ścianki również obniżają wytrzymałość, nie mają takiego znaczenia dla żeliwa, jak dla innych stopów.

Stwierdzić można także fakt, że własności wytrzymałościowe w ścianie odlewu nie są jednakowe w różnych punktach tego samego przekroju. Posuwając się od brzegu ścianki ku środkowi przekroju, stwierdzimy często spadek twardości materiału, lub wytaczając z pręta próbnego coraz cieńsze próbki wytrzymałościowe stwierdzimy spadek wytrzymałości na rozciąganie lub zginanie w miarę zbliżania się ku środkowi. Zjawisko to jest zupełnie analogiczne do poprzednio opisanego. Wnętrze ścianki odlewu stygnie wolniej niż strefy skrajne, skąd powstają różnice strukturalne.

Pierwszy COYLE, a za nim inni badacze zauważyli, że zdolność między grubością ścianek a własnościami żeliwa ma charakter funkcji wykładniczej typu

$$y = c \cdot d^x$$

gdzie y — własność żeliwa w próbce o średnicy d

d — średnica próbek

c — wielkość stała dla danego żeliwa

x — „ „ „ „ „ „

po zlogarytmowaniu otrzymamy

$$\lg y = x \lg d + \lg c$$

widzimy że stała c oznacza wytrzymałość próbki o średnicy jednostkowej np. 1 cm, zaś wykładnik x jest miarą wrażliwości żeliwa na grubość ścianek odlewu. Im bardziej wartość wykładnika x zbliża się do zera tym mniejsza jest wrażliwość na grubość ścianek odlewu. Wartość liczbowa na x jest różna dla różnych własności wytrzymałościowych. Dla większości ich ma ona znak ujemny, gdyż wytrzymałość żeliwa spada ze wzrostem grubości ścianki odlewu za wyjątkiem udarności, zdolności tłumienia drgań i ewentualnie innych własności.

Ogólnie istnieje pogląd, że żeliwo modyfikowane posiada niską wrażliwość na grubość ścianek. Jednakże dane istniejące w literaturze na ten temat są bardzo skąpe i nie mogą być wykorzystane bezkrytycznie. Konieczne jest przeprowadzenie systematycznych badań, któreby pozwoliły na ścisłe określenie wpływu grubości przekroju na własności żeliwa modyfikowanego.

Tablica II.

Wartość współczynnika ($-x$) dla różnych własności mechanicznych żeliwa modyfikowanego klas ZIM 30 i ZIM 34.

Własności mechaniczne	Wartość współczynnika ($-x$)	
	ZIM 30	ZIM 34
R_r	0,20—0,40	0,15—0,30
R_g	0,15—0,35	0,10—0,25
H_B	0,05—0,20	0,05—0,20
R_c	0,20—0,40	0,15—0,30
E	ok. 0,05	ok. 0,05
U	(—,30)—(—0,40)	(—0,25)—(—0,40)

Niewielki odcinek takich badań został zapoczątkowany w Głównym Instytucie Odlewnictwa. Odlano mianowicie serię kilkudziesięciu próbek z żeliwa modyfikowanego klas ZIM 34 i ZIM 30. Średnice próbek surowych wynosiły 20,30 i 45 mm. Wyniki przeprowadzonych badań pokazano na tablicy II.

Bardziej miarodajne wyniki będzie można uzyskać badając próbki wycięte bezpośrednio ze ścianek odlewu.

Wrażliwość na grubość ścianek żeliwa odlewane w prętach jest wyższa od wrażliwości żeliwa w odlewie, jak wykazały badania JUNGBLUTH^a), przeprowadzone na próbkach wyciętych z odlewu w postaci skrzynki o różnych grubościach ścianek. Różnice te są dość poważne i w badaniach wymienionego autora otrzymywano w odlewie 2—3 krotnie mniejszą wrażliwość niż w próbkach okrągłych osobno odlanych. Odnosząc to spostrzeżenie do wyników tablicy II, możemy stwierdzić, że rzeczywiście wrażliwość żeliwa modyfikowanego na grubość ścianek nie jest wysoka. Twierdzenie takie jednak musi być sprawdzone i potwierdzone dalszymi skrupulatnymi badaniami.

Własności odlewnicze

a. skłonność do zabielenia

Skłonność do zabielenia żeliwa polega na tworzeniu się struktury białej w żeliwie szarym po przekroczeniu pewnej krytycznej szybkości stygnięcia. Struktura biała pojawia się na krawędziach odlewu oraz w najcieńszych jego przekrojach tj. tam, gdzie szybkość stygnięcia jest najwyższa. Grubość przekroju, w którym może pojawić się biała lub połowiczna struktura zależy od składu chemicznego żeliwa, rodzaju formy odlewniczej i innych czynników.

W produkcji odlewów z żeliwa szarego zjawisko zabielenia jest normalnie szkodliwe. Pojawienie się warstwy zabilonej na płaszczyznach czy krawędziach obrabianych, uniemożliwia najczęściej obróbkę, dyskwalifikując odlew. Niebezpieczeństwo zabielenia występuje najczęściej w odlewach posiadających różnorodne grubości ścianek lub posiadających przy jednolitej grubości ścianek różne wystające części jak kołnierze, łapv itp.

Najprostszym sposobem walki z zabieleniem jest modyfikowanie żeliwa. Żeliwo modyfikowane posiada znacznie mniejszą skłonność do zabielenia niż zwykle żeliwo szare o tym samym składzie chemicznym. W literaturze spotyka się często dane dotyczące zastosowania z dobrym skutkiem żeliwa modyfikowanego tam, gdzie otrzymywało się poprzednio duże ilości braków wskutek zabielenia³). W tablicy III podano wyniki badań ENIMS⁴) nad skłonnością żeliwa do zabielenia. Z tablicy tej widzimy znaczną różnicę w głębokości zabielenia próbek z żeliwa zwykłego i modyfikowanego odlanych w identycznych warunkach.

W badaniach własnych przeprowadzonych przy pomocy prób klinowych wg. PN/H-04675 ustalono, że wpływ dodatku modyfikatora na skłonność do zabielenia jest bardzo silny, po

przekroczeniu pewnej krytycznej ilości modyfikatora, zależnej od składu chemicznego żeliwa. Zwykle w takich wypadkach otrzymywano wzrost stopnia grafityzacji o 3—7 kolejnych numerów klinów.

Tablica III.

**Porównanie skłonności do zabielenia żeliwa zwykłego
i modyfikowanego**

żeliwo	zabieleńie w mm		
	(C + Si) w %		
	3,9 — 4,2	4,2 — 4,5	4,5 — 4,8
niemodyfikowane	40	28	22
modyfikowane	10	10	5

Było by jednak błędem twierdzić, że żeliwo modyfikowane nie jest w ogóle skłonne do zabielenia. Skłonność ta w pewnym stopniu pozostaje, jednakże jest bez porównania niższa niż w żeliwie szarym. Dla bezpieczeństwa nie powinno się konstruować odlewów o cieńszych grubościach ścianek niż podane w tablicy IV.

Duży wpływ na skłonność do zabielenia żeliwa modyfikowanego posiada czas odstania po modyfikacji. Im dłuższy jest okres czasu od momentu dodania modyfikatora do momentu skrzepnięcia żeliwa, tym większa jest skłonność do zabielenia. Dlatego czas odstania, liczony od dodania modyfikatora do zalania formy nie powinien być dłuższy od 10—20 minut zależnie od ilości dodanego modyfikatora.

Tablica IV.

Minimalna grubość ścianek odlewów żeliwnych

żeliwo klasa	ZIM 26	ZIM 30	ZIM 34	ZIM 38
Minimalna grubość ścianki odlewu	5	10	15	20

b. *lejność*

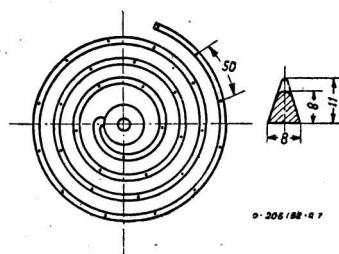
Żeliwo posiadające niską lejność ma skłonność do tworzenia niedolewów. Z drugiej strony w żeliwie takim pojawiają się rzadziny i pęcherze z powodu trudności zasilania ciekłym żeliwem w okresie krzepnięcia tych miejsc, w których wystąpiły rozrzedzenia wywołane skurczem metalu. Pęcherze powstają również wskutek utrudnionego wypływaniania bąbnieczek gazowych na powierzchnię ciekłego metalu z jego wnętrza.

Teoretycznie lejniść metali jest dość skomplikowaną funkcją szeregu czynników, których tu nie będziemy rozpatrywać. Z literatury wiadomo ⁵⁾, że najwyższą lejniść mają stopy odlewnicze, także i żeliwo, o składzie eutektycznym, zaś w ogólności lejniść zmniejsza się w miarę wzrostu różnicy temperatur między linią liquidusu i solidusu na wykresie krzepnięcia. Ponieważ modyfikacja żeliwa zasadniczo nie zmienia jego położenia na wykresie strukturalnym,

wynika z tego, że nie powinna ona mieć wpływu na leñość.

Badania lejułości przeprowadzane przez autora w Zakładach Budowy Maszyn i Aparatury na próbce spiralnej według PN/H-04677 (rys. 7) pozwoliły stwierdzić, że o ile po modyfikacji nie następuje znaczny spadek temperatury, to należy się spodziewać niewielkiego wzrostu lejułości, szczególnie przy dodawaniu małych ilości modyfikatora. Duże ilości modyfikatora zmniejszają lejułość już choćby na skutek spadku temperatury zalewania. Jednakże zarówno wzrost lejułości po modyfikacji małą ilością modyfikatora, jak i zaznaczający się niekiedy spadek lejułości, mają wartość nieznaczną w porównaniu np. z wpływem temperatury i rodzajem formy na lejułość żeliwa.

W tablicy V zestawiono wyniki przeprowadzonych badań nad lejnnością żeliwa modyfiko-



7. Schemat próby lejności.

wanego. Liczba w kolumnie „lejsność“ oznacza ilość występow (odcinków po 5 cm.) na odlanej spirali.

c. Skłonność do tworzenia naprężeń wewnętrznych

Przyczyny powstawania naprężeń wewnętrznych w odlewach żeliwnych są natury cieplnej, fazowej i skurczowej. Naprężenia te mogą być tak znaczne, że czasem powodują pękanie odlewów. W ogólności obniżają one znacznie wskaźniki wytrzymałościowe.

Naprężenia wewnętrzne wynikające z warunków cieplnych powstają na skutek niejednako-
wego stygnięcia różnych części odlewów. W gru-
bych częściach odlewu występują naprężenia
rozciągające zaś w cienkich ściskające.

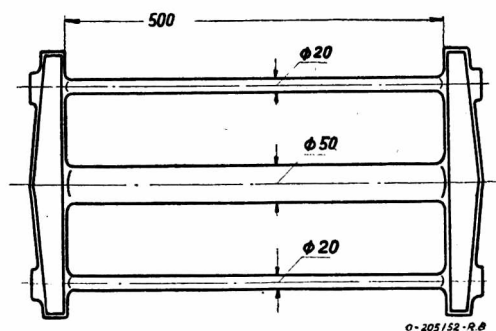
Naprężenia natury fazowej wynikają z niejednakowej przemiany faz, oraz niejednakowej grafityzacji w różnych częściach odlewu. Szczególnie niebezpieczne mogą być naprężenia pochodzące od grafityzacji, gdyż ich znaki sumują się z naprężeniami cieplnymi.

Napężenia natury skurczowej spowodowane są zahamowaniem skurczu metalu przez formę i mogą być przyczyną pęknięć na gorąco. Znikają one najczęściej po wybicju odlewu z formy. Skłonność do tworzenia naprężeń wewnętrznych zależy w dużym stopniu od składu chemicznego i szybkości stygnięcia. Wzrost modułu sprężystości, współczynnika rozszerzalności liniowej (skurczu) i szybkości ochładzania, powoduje zwiększenie naprężeń wewnętrznych.

Wyniki badań leżności żeliwa modyfikowanego

Nr. wyt.	Suma C + Si %	Sposób modyfikacji	Temperatura zalania C	leżność	Nr. wyt.	Suma C + Si %	Sposób modyfikacji	Temperatura zalania C	leżność
2	5,40	przed modyfikacją	1330	11	18	4,80	przed modyfikacją	1320	11
		CaSi 0,4%	1320	13			CaSi 0,3%	1290	8
		FeSi 0,6%	1290	12			„ 0,6%	1300	7
		Si 0,2%	1290	12			„ 1,2%	1290	5
5	5,32	przed modyfikacją	1360	13	20	4,59	przed modyfikacją	1310	11
		K ₂ Cr ₂ O ₇ /FeSi	1300	14			FeSi 0,2%	1270	13
		„ „ „	1300	14			„ 0,6%	1240	7
8	5,10	przed modyfikacją	1340	9	21	4,44	przed modyfikacją	1310	8
		FeSi 0,6%	1310	10			FeSi 0,1%	1300	6
11	5,05	przed modyfikacją	1270	9			„ 0,2%	1290	7
		CaSi 0,15%	1270	9			„ 0,3%	1250	3
		„ 0,30%	1280	10			CaSi 0,2%	1230	2
		„ 0,60%	1300	8	22	4,29	przed modyfikacją	1290	10
		„ 1,20%	1300	8			FeSi 0,1%	1280	8
14	4,87	przed modyfikacją	1310	7			CaSi 0,1%	1280	11
		CaSi 0,2%	1280	14	24	4,10	przed modyfikacją	1340	3
		FeSi 0,2%	1270	13			CaSi 0,3%	1300	3
25	4,08	przed modyfikacją	1360	3			FeSi 0,3%	1310	5
		FeSi 0,4%	1340	2	25	4,08	przed modyfikacją	1360	3
		CaSi 0,5%	1290	1			FeSi 0,4%	1340	2
							CaSi 0,5%	1290	1

Określenie skłonności do tworzenia naprężeń wewnętrznych w żeliwie modyfikowanym przeprowadza się przy pomocy specjalnych krat od-



8. Schemat kraty do badania naprężeń wewnętrznych,

lewanych w kształcie przedstawionym na rysunku 8. Środkowy pręt takiej kraty, w którym panują naprężenia rozciągające, przecina się na frezarce aż do momentu, gdy rozerwie się samorzutnie pod wpływem naprężeń wewnętrznych. Wówczas mierzy się część przekroju pręta, która uległa samorzutnemu rozerwaniu. Znając wytrzymałość na rozciąganie materiału, określoną na próbce, wyciętej z tego samego grubego pręta i powierzchnię rozerwanego przekroju, można łatwo obliczyć siłę w kG, jako miarę naprężeń rozciągających w środkowym pręcie kraty.

W tablicy VI zestawione zostały wyniki pomiarów naprężeń wewnętrznych przeprowadzonych przez Komisję Żeliwa Modyfikowanego przy Głównym Instytucie Odlewnictwa nad

różnymi rodzajami żeliwa modyfikowanego i niemodyfikowanego. Wyniki są średnimi z kilku pomiarów. Ilość pomiarów zaznaczono w tablicy. Jak widać, skłonność do tworzenia naprężeń wewnętrznych w żeliwie modyfikowanym i niemodyfikowanym jest podobna. Jak z tego wynika, dodatek modyfikatora nie ma istotnego wpływu na wzrost lub zmniejszenie naprężeń wewnętrznych w odlewach.

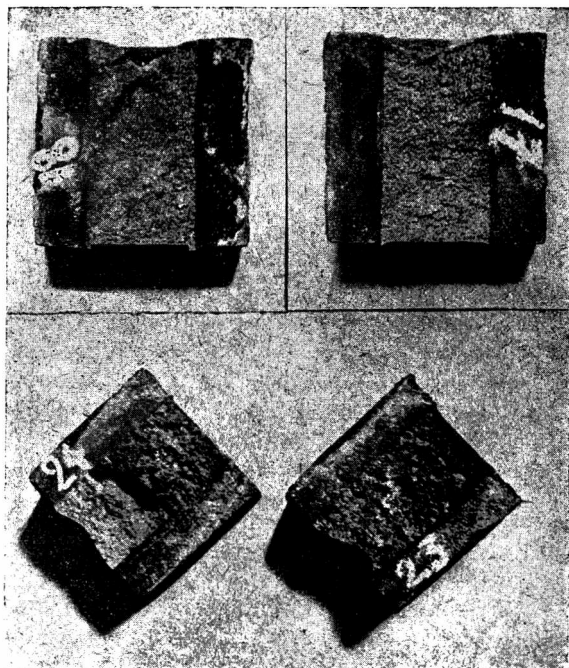
Tablica VI.
Naprężenie wewnętrzne badane przy pomocy kraty próbnej

Rodzaj żeliwa	Naprężenie wewn. w kG w danej klasie żeliwa					
	Zl 26		Zl 30		Zl 34	
	Naprężenie kG	Ilość pomiarów	Naprężenie kG	Ilość pomiarów	Naprężenie kG	Ilość pomiarów
żeliwo modyfikowane	19500	12	20100	6	27200	7
żeliwo niemodyfikowane	19400	8	24800	5	—	—

d. Skłonność do tworzenia jam skurczowych

Skłonność do tworzenia jam skurczowych jest zjawiskiem ściśle zależnym od wielkości skurczu w stanie ciekłym i w okresie krzepnięcia. Skurcz w okresie stygnięcia żeliwa w stanie stałym jest natomiast przyczyną zmniejszania się wymiarów odlewu w stosunku do wymiarów modelu. Czynniki takie, jak wydzielanie rozpuszczonych gazów, różnorodność warunków krzepnięcia, zdolność „obciągania“, tj. tworze-

nie zewnętrznej jamy skurczowej wpływają również na tworzenie wewnętrznych jam skurczowych. Dlatego samo ustalenie skurczu me-



9. Przełom kostek do badania skłonności do tworzenia jam skurczowych; 17 i 23 — żeliwo modyfikowane, 18 i 24 żeliwo niemodyfikowane.

tału w stanie ciekłym nie wystarcza jeszcze do wysunięcia jednoznacznych twierdzeń o skłonności do tworzenia jamy skurczowej.

Badanie skłonności do tworzenia jam skurczowych przeprowadza się na próbkach specjalnych kształtów ułatwiających skupienie jamy

w jednym miejscu. Dość liczne dane z literatury ^{4, 6, 7, 8)} wskazują na zmniejszoną skłonność do tworzenia jam skurczowych w żeliwie modyfikowanym w stosunku do żeliwa szarego zwykłego.

W naszych badaniach w Głównym Instytucie Odlewnictwa odlano około 30 kostek o boku 125 mm z żeliwa zwykłego i modyfikowanego. Badania te potwierdziły dotychczasowe doświadczenia przyczym okazało się, że korzystny wpływ modyfikacji polega głównie na usuwaniu skłonności do tworzenia wewnętrznej jamy skurczowej, w miejsce której powstaje po modyfikacji naogół zewnętrzne „obciążenie” czyli zewnętrzna jama skurczowa. Obciążenie to łatwo jest zresztą zwalczyć, a pozostaje faktem, że przez zastosowanie żeliwa modyfikowanego otrzymuje się zdrowy odlew, bez rzadzisz, które tak często występują na zgrubieniach przekroiów. Opisanie zjawisko ilustrują załączone fotografie przełomów kostek na rys. 9. Kostki nr 17 i 23 odlane zostały z żeliwa modyfikowanego. Kostki nr 18 i 24 z żeliwa niemodyfikowanego, o podobnym składzie chemicznym.

LITERATURA:

1. H. Jungbluth — Giesserei 1937, str. 49,
2. Norma GOST — Otlivki iz modyfikirovannogo czuguna.
3. J. J. Preigerson — Wiestnik Maszynostrojenia 1947, nr. 4.
4. B. S. Milman — „Wysokokaczevstviennyj modifizirovannyj czugun” Moskwa 1945,
5. A. A. Boczwara — Izviesztia A. N. ZSRR 1946, Nr 6,
6. N. G. Girszowicz — Czugunnoje litje. Moskwa 1949,
7. K. J. Waszczenko — Sbornik Modifizirovannogo czuguna. Moskwa 1944,
8. H. P. Hughes i W. Spenceley — Proceedings IBF. 1943/44, str. A. 71.

*) Referat wygłoszony na Konferencji Naukowo-Technicznej w Sprawie Rozpowszechnienia w Przemysle Polskim Żeliwa Modyfikowanego, w dniach 13-14-15 lutego 1952 r. w Domu Technika w Krakowie.

Dr ZOFIA DĘBIŃSKA

Główny Instytut Odlewnictwa

DK 621.74:537.533

Promienie X i ich zastosowanie w odlewnictwie

Wstęp. Wytwarzanie promieni X. Radiografia. Technika radiograficzna. Zastosowanie promieni X w odlewnictwie. Radiografia metali ciężkich. Radiografia metali lekkich. Wyznaczenie położenia wady w odlewie. Radiografia promieni γ . Mikroradiografia. Metody dyfrakcyjne.

Wstęp

Promienie X (rentgenowskie) są tak jak światło falami elektromagnetycznymi o bardzo małej długości fali (rzędu dziesiątych części do kilkunastu Angstromów, $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$). Są to promienie niewidoczne. Tak jak promienie świetlne i nadfioletowe rozchodzą się prostoliniowo, dają ostre cienie, działają na emulsję kliszy fotograficznej, pobudzają do fluorescencji szereg substancji, jonizują powietrze; ulegają polaryzacji i odbiciu oraz ugięciu w siatce przestrzennej kryształu, ulegają absorpcji przy przejściu przez zapory materialne. Wykazują

jednak w porównaniu z falami świetlnymi i nadfioletowymi dużą przenikliwość przy przejściu przez materię; przenikliwość ta zależy od ich długości fali, im mniejsza jest długość fali, tym większa jest przenikliwość.

Przenikliwość jest cechą charakterystyczną promieni X, na której oparto metodę radiograficzną badania materiałów.

Promienie X powstają wtedy, kiedy strumień elektronów biegnących w wysokiej próżni z dużą prędkością pada na zaporę materialną i zostaje na niej zahamowany. Tą zaporą materialną jest jedna z elektrod rury rentgenowskiej — anoda. Źródłem więc promieni X jest anoda rury rentgenowskiej.

Promieniowanie rentgenowskie składa się z widma ciągłego, które rozciąga się na duży obszar długości fali oraz z nałożonego nań widma liniowego o dużym natężeniu. Pierwsze od-

powiada światłu białemu w widmie optycznym i dlatego nazywane jest często promieniowaniem białym. Drugie odpowiada światłu monochromatycznemu; ponieważ długość fali każdej jego składowej jest charakterystyczna dla pierwiastka wysyłającego promienie X (materiał anody rury), nazwane jest promieniowaniem charakterystycznym.

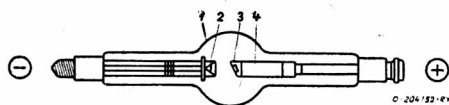
Wytwarzanie promieni X

Żeby otrzymać promienie X trzeba:

1. rozporządzać źródłem elektronów rozcho-
dzących się w próżni,
2. nadać tym elektronom odpowiednią prę-
dłość,
3. zahamować je na zaporze materialnej
(anoda rury rentgenowskiej).

Rury rentgenowskie

Źródłem promieni X są rury wysokopróżnio-
we, w których katoda jest źródłem elektronów;



Rys. 1. Schematyczny rysunek rury rentgenowskiej.
1. Rura szklana, 2. Katoda z żarzącym się włóknem (—),
3. Anoda (+), 4. Blok anody.

elektrony te odpowiednio przyspieszone zahamowane zostają na anodzie, gdzie powodują powstanie promieni X. Jedynym dziś typem stosowanym są rury typu Coolidge'a (rury elektronowe). W rurach tych próżnia musi być możliwie wysoka. Źródłem elektronów w tych rurach jest żarzące się włókno — najczęściej wolframowe. Rys. 1 podaje schematycznie rurę typu Coolidge'a, rys. 2 natomiast nowoczesną rurę rentgenowską typu Coolidge'a stosowaną w radiografii przemysłowej. Ponieważ rury te pracują pod wysokim napięciem, umieszcza się je w osłonie ołowianej (ołów osłony chroni pracowników przed szkodliwym działaniem promieni X), przez którą przepływa olej, spełniający rolę z jednej strony izolacji, dzięki temu wymiary rury mogą być mniejsze, niż w wypadku gdyby pracowała ona w powietrzu, z drugiej strony chłodzi rurę, której anoda znacznie

się rozgrzewa podczas działania. (Olej chłodzo-
ny może być powietrzem lub wodą krążącą
w odpowiedniej spirali metalowej).

W radiografii stosujemy zasadniczo dwa typy rur: o dużym ognisku — tzn. takich, w których względnie duża część powierzchni anody wysyła promienie X (średnica ogniska — kilka mm), oraz o ostrym ognisku, w których bardzo mała część powierzchni anody bierze udział w emisji promieni X (średnica ogniska ok. 0,2 mm). W jakich przypadkach stosuje się jedno z tych rur a w jakich drugie powiemy niżej.

Źródła wysokiego napięcia

Elektronom wysyłanym w rurze rentgenowskiej przez żarzące włókno nadajemy odpowiednią prędkość, stosując na rurze wysokie napięcie. Normalnym zwykle stosowanym źródłem wysokiego napięcia są transformatory. Do pierwotnego obwodu transformatora doprowadzamy prąd zmienny sieci elektrycznej; następnie prąd zmienny o wysokim napięciu prostujemy za pomocą prostowników elektronowych, w których wykorzystuje się zjawisko emisji elektronów z żarzącego się włókna podobnie jak w rurach rentgenowskich. Prąd wyprostowany i stały otrzymujemy stosując odpowiednio kondensatory.

Instalacja wysokiego napięcia składa się z:

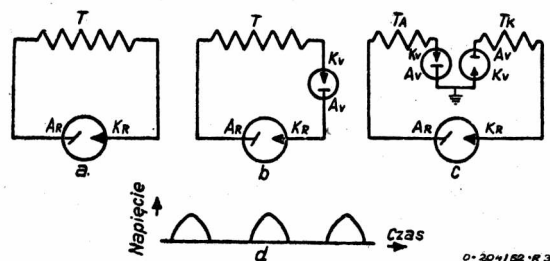
1. źródła niskiego napięcia do żarzenia włókna rury rentgenowskiej; źródłem tym jest transformator, który daje w obwodzie wtórnym, dołączonym do włókna rury, 6—12 V, 2—8 Amp.
2. źródła niskiego napięcia do żarzenia włókna prostowników prostujących prąd wysokiego napięcia; są to transformatory niskiego napięcia 6 — 12 V, 3 — 10 Amp.
3. źródła wysokiego napięcia do przyspieszania elektronów emitowanych przez żarzące włókno rury; źródłem tym jest transformator wysokiego napięcia; najczęściej stosowane napięcia wynoszą 40 — 300 kV, rzadziej do 400 kV, rzadko bardzo do 600—1000 kV; instalacje do 1000 kV wymagają rur o specjalnej konstrukcji, zastępuje się takie instalacje preparatami radowymi.



Rys. 2. Nowoczesna rura rentgenowska na 200000 V, stosowana w radiografii przemysłowej z izolacją i chłodzeniem olejowym. Target anody umieszczony jest w osłonie, promienie X wychodzą przez okienko berylowe.

Instalacje wysokiego napięcia dzielą się na dwie zasadnicze grupy:

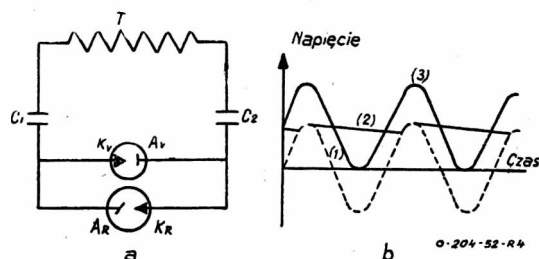
1. Aparaty półfalowe,
2. Aparaty pełnofalowe.



Rys. 3. Aparat półfalowy.

a) bez prostownika (wentyla); b) z jednym prostownikiem; c) z dwoma prostownikami; d) zmiany napięcia w czasie. T — obwód wtórny transformatora wysokiego napięcia, T_A, T_K — półowki anodowa i katodowa wtórnego obwodu transformatora wysokiego napięcia, A_V, K_V — anoda i katoda prostownika, A_R, K_R — anoda i katoda rury rentgenowskiej.

Rysunki 3a, 3b, 3c podają schematy elektryczne aparatów półfalowych. Rys. 3a wyobraża aparat półfalowy samoprostujący, rys. 3b wyobraża aparat półfalowy z jednym prostownikiem, 3c — aparat półfalowy z dwoma prostownikami (wentylami); środek wtórnego uzwojenia uziemiony. Wszystkie te aparaty mają tę złą stronę, że wykorzystują tylko pół fali i wobec tego rura tylko podczas połowy czasu włączenia wysyła promienie X.



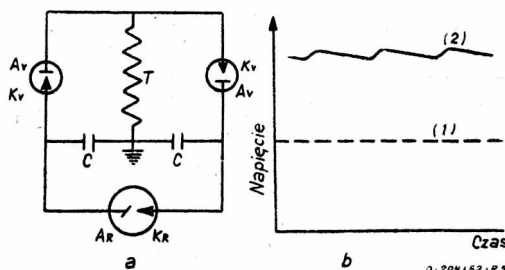
Rys. 4. Układ Villard'a.

a) schemat układu, T — wtórny obwód transformatora wysokiego napięcia. C₁, C₂ — kondensatory, A_V, K_V — anoda i katoda prostownika, A_R, K_R — anoda i katoda rury rentgenowskiej, b) zmiany napięcia na rurze rentgenowskiej, (1) napięcie w obwodzie wtórnym transformatora wysokiego napięcia, (2) napięcie na kondensatorze, (3) napięcie na rurze rentgenowskiej.

Z aparatów pełnofalowych najczęściej stosowanym jest aparat w układzie Villard'a, którego schemat podany jest na rysunku 4a, b. Układ ten składa się z jednego prostownika i 2 kondensatorów; daje on prąd pulsujący, wyprostowany. W układzie Villard'a transformator może być w środku uziemiony i dzięki temu izolacja musi być obliczona tylko na połowę napięcia. Układ Villard'a daje napięcie wyprostowane pulsujące między 0 i podwójnym napięciem transformatora. Zmiany napięcia w czasie podane są na rysunku 4b. W pierwszej połowie okresu kondensatory, włączone w szereg z rurą rentgenowską, ładują się poprzez prostownik, włączony równolegle do rury do napięcia trans-

formatora. W drugiej połowie okresu prostownik zatrzymuje prąd, napięcie tej połowy okresu dodaje się do napięcia kondensatorów i może rozładować się na rurze. Wielką zaletą tego układu jest, oprócz podwajania napięcia to, że transformator musi być obliczony tylko na połowę napięcia, przy którym pracuje rura.

Istnieją poza tym aparaty pełnofalowe, które dają prąd wyprostowany stały; uzyskuje się taki prąd przez odpowiedni układ prostowników

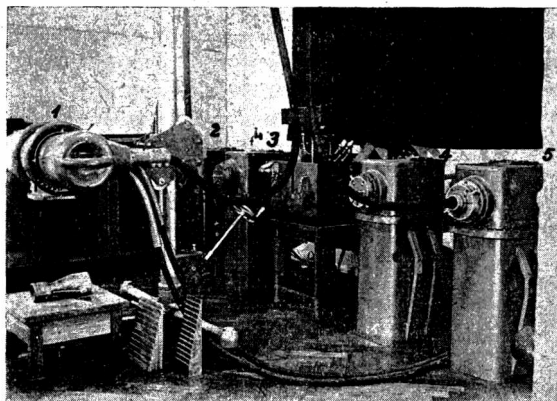


Rys. 5. Układ Greinachera.

i kondensatorów. Układem takim jest układ Greinachera. Schemat tego układu podany jest na rys. 5.

Im wyższe jest napięcie stosowane na rurze, tym mniejsza jest długość fali promieni X emitowanych przez nią i wobec tego tym są one przenikliwsze. Promienie przenikliwe nazywane są też twardymi, małoprenikliwe — miękkimi.

Aparatura do radiografii składać się musi zasadniczo z rury rentgenowskiej i instalacji wysokiego napięcia (łącznie z transformatorami niskiego napięcia do żarzenia włókien rury



Rys. 6. Instalacja rentgenowska firmy Compagnie Générale de Radiologie, 250.000 V, 10 mamp, napięcie wyprostowane, stałe — (Główny Instytut Odlewnictwa Kraków).

1 — rura rentgenowska w kołpaku ołowianym, z izolacją i chłodzeniem olejowym. 2, 3, 4, 5 — transformatory wysokiego napięcia, 6 — zespół chłodzący rurę olejem.

i prostowników). Rys. 6 przedstawia nam instalację rentgenowską Głównego Instytutu Odlewnictwa firmy Compagnie Générale de Radiologie — Paris, do 250000 V, 10 mA. Napięcie wyprostowane, stałe.

Radiografia

Podstawy radiografii

Spośród wszystkich metod badania materiałów przy pomocy promieni X największe zastosowanie znalazła w metalurgii i odlewnictwie metoda radiograficzna zwana też metodą absorpcyjną. Jako jedną z jej największych zalet podać trzeba to, że jest ona metodą nie niszczącą przedmiotów badanych. Metoda ta oparta jest na zjawisku absorpcji promieni X przez materię. Jak wiadomo promienie X wykazują dużą przenikliwość przy przejściu np. przez metale, ale równocześnie ulegają mniejszej lub większej absorpcji. Absorpcja ta zależy z jednej strony od charakterystyki samej wiązki promieni X (długość fali), z drugiej strony od ciała absorbującego. Tak więc dla danej wiązki absorpcja będzie tym większa, im większa będzie gęstość i liczba atomowa ciała absorbującego, oraz im większa będzie grubość materiału w kierunku przechodzenia wiązki promieniowania. Dla danego przedmiotu absorbującego absorpcja będzie tym większa im długość fali jest większa. Wobec tego na skutek absorpcji natężenie promieni X zmniejsza się przy przejściu przez materię.

Absorpcję promieni X wytłumaczyć można w następujący sposób: wiązka promieni X zmniejsza swoje natężenie przy przejściu przez materię na skutek tzw. prawdziwej absorpcji, która polega na przemianie energii promieni X na energię kinetyczną elektronów i atomów ciała absorbującego oraz na skutek rozproszenia tzn. przejścia energii promieniowania wiązki pierwotnej na wiązki rozproszone, mające swoje źródło w atomach ciała absorbującego.

Jeśli I_0 jest natężeniem pierwotnym wiązki promieni X, μ — liniowym współczynnikiem absorpcji ciała absorbującego, zależnym od długości fali wiązki i natury ciała absorbującego (gęstość, liczba atomowa), natężenie wiązki po przejściu przez ciała absorbujące o grubości x wynosi

$$(1) \quad I = I_0 e^{-\mu x}$$

(e — podstawa logarytmów naturalnych)

Natężenie więc wiązki przy przejściu przez materię zmniejsza się wykładniczo — tym prędzej im większy jest współczynnik absorpcji. Wygodnie jest napisać to równanie zamiast w zależności od grubości w zależności od masy, przez którą wiązka przechodzi. Zastępujemy wtedy x — grubość materiału przez ρx , gdzie ρ jest gęstością materiału absorbującego, μ trzeba wtedy zastąpić przez wyrażenie μ/ρ , które nazywa się masowym współczynnikiem absorpcji. Równanie (1) przybiera postać (2)

$$(2) \quad I = I_0 e^{-\frac{\mu}{\rho} \cdot \rho x}$$

Większość tablic podaje raczej μ/ρ niż μ , gdyż μ/ρ jest niezależne od stanu fizycznego (ciało stałe, ciecz lub gaz), podczas gdy μ nie jest niezależne. Masowy współczynnik absorpcji stopu może być wyznaczony z masy procentowej

składników — $W_1, W_2, \dots$ oraz ich współczynników absorpcji $(\frac{\mu}{\rho})_1, (\frac{\mu}{\rho})_2, \dots$

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{W_1}{100} (\frac{\mu}{\rho})_1 + \frac{W_2}{100} (\frac{\mu}{\rho})_2 + \dots$$

W wyrażeniu na absorpcję ostatnio podany współczynnik absorpcji mnoży się przez gęstość stopu i grubość materiału, przez który przechodzi wiązka promieni X. Te równania absorpcji są podstawowe dla radiografii. Natężenie wiązki promieni X po przejściu przez jakiś przedmiot np. odlew zależy od grubości i współczynnika absorpcji materiału, z którego zrobiony jest odlew. Tablica I podaje współczynniki absorpcji dla niektórych ciał.

TABLICA I.

Masowy współczynnik absorpcji $\frac{\mu}{\rho}$ (w jedn. cm.g) dla promieni X niektórych metali, z których wykonane są anody rur.

Metal anody	Nr atomowy	Długość fali promieniowania K w Å	Pierwiastek absorbujący				
			Al	Fe	Cu	Ag	Pb
W	74	0,206	0,31	1,4	2,0	7,4	5,9
Ag	47	0,558	2,7	19,9	26,4	15,0	74,4
Mo	42	0,708	5,35	37,0	53,7	28,5	140,0
Cu	29	1,537	48,7	324	52,7	223	241
Cr	24	2,285	149	114,6	154	585	585

Po przejściu przez przedmiot badany natężenie wiązki, która trafia na przerwę lub niejednorodność materiałową w odlewie, odkuciu czy spawaniu, jest większe niż wiązki trafiającej na materiał jednolity — bez wad. Obraz przerwy lub niejednorodności w materiale przedmiotu badanego może być obserwowany bądź na ekranie fluoryzującym, bądź na kliszy fotograficznej, umieszczonych po przeciwnej stronie przedmiotu badanego niż źródło promieni X, tzn. rury rentgenowskiej. Pierwsza metoda obserwacji oparta jest na zjawisku fluorescencji niektórych ciał — np. platynocjanku baru przy naświetlaniu ich promieniami X; przy tym ekran fluoryzuje tym jaśniej, im mniejsza jest grubość przedmiotu prześwietlanego tzn. im większe jest natężenie promieni X po przejściu przez badany przedmiot.

Druga metoda obserwacji oparta jest na tym, że promienie X działają na emulsję kliszy fotograficznej, wywołując tym większe zaczernienie na niej, im większe jest natężenie promieni naświetlających. Na ekranie fluoryzującym dziury w odlewie np. występują więc w postaci plam jaśniejszych w stosunku do całego obrazu przedmiotu prześwietlanego; na kliszy fotograficznej (negatyw) na miejscu dziur, rozrzedzeń materiału itp. otrzymujemy zaciemnienie kliszy (na pozytywie plamy jasne). Ogólnie do prześwietlania przedmiotów grubszych używać należy promieniowania o małym współczynniku

absorpcji — bardziej przenikliwych (małe długości fali — promienie twarde) — tzn. tych, które otrzymuje się stosując w rurze wyższe napięcia. Przy wykrywaniu wad w cieńszych przedmiotach należy stosować promieniowanie o dużym współczynniku absorpcji — mniej przenikliwe (większe długości fali — promienie miękkie), tzn. te, które otrzymuje się stosując w rurze niższe napięcia.

Ponieważ strata natężenia promieniowania zależy od tzw. absorpcji prawdziwej i rozproszenia, μ/ρ składa się z dwóch wyrażeń prawdziwego współczynnika absorpcji τ/ρ i współczynnika rozproszenia σ/ρ :

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\tau}{\rho} + \frac{\sigma}{\rho}$$

Dla pierwiastków o liczbie atomowej większej od liczby żelaza (26), drugi składnik gra znacznie większą rolę, niż składnik pierwszy.

Zmniejszenie natężenia promieni X przy przejściu przez materię

Na podstawie rozważań dotyczących absorpcji promieni X przy przejściu przez materię ustalić można zupełnie określone prawa, którym ta absorpcja podlega, a co za tym idzie i zmniejszenie natężenia promieni X przy przejściu przez materię. Prawa te można sformułować w następujący sposób:

1. Zmniejszenie natężenia promieni X na skutek absorpcji przy przejściu przez materię zależne jest od grubości warstwy prześwietlanej; natężenie promieniowania monochromatycznego (o określonej długości fali) zmniejszone jest przez warstwę grubości np. 1 cm zawsze w tym samym stosunku.
2. Zmniejszenie natężenia promieni X przy przejściu przez materię zależne jest od długości fali (twardości) użytego promieniowania; promienie miękkie osłabione są w znacznie większym stopniu niż promienie twarde.
3. Zmniejszenie natężenia promieni X przy przejściu przez materię zależne jest od prześwietlanej substancji i zmniejszenie to jest tym większe, im większa jest gęstość substancji i im wyższe są liczby atomowe pierwiastków, z których zbudowana jest dana substancja.
4. Kontrast otrzymany na ekranie kliszy fotograficznej po przejściu wiązki promieni X przez różne ciała leżące obok siebie zależny jest od długości fali (twardości) stosowanego promieniowania; naogół kontrast jest duży dla promieni miękkich, mały dla promieni twardych.
5. Rozproszenie promieni X przy przejściu przez materię zależne jest od grubości prześwietlanej warstwy i każdy cm prześwietlanej warstwy — w przybliżeniu niezależnie od długości fali — zamienia taką samą część promieniowania na promieniowanie rozproszone.

6. Zmniejszenie natężenia promieniowania zależne jest od długości promieni X — promienie twarde są przez materię bardziej rozpraszane niż absorbowane — miękkie natomiast bardziej absorbowane niż rozpraszane.

7. Rozproszenie jest tym mniejsze w stosunku do absorpcji, im wyższa jest liczba atomowa i im większa jest gęstość substancji pochłaniającej promienie X.

8. Kontrast otrzymany na ekranie fluoryzującym lub kliszy fotograficznej, znajdującej się za warstwami rozmaitej grubości lub o rozmaitym składzie chemicznym zmniejszony jest przez promieniowanie rozproszone.

Podane prawa mają bardzo duże znaczenie przy stosowaniu promieni X do badania metali.

Zgodnie z prawem 1 i 2 zmniejszenie natężenia promieni X jest tym większe, im grubsza jest warstwa prześwietlana i im miększe (większa długość fali) jest stosowane promieniowanie. Wynika z tego bezpośrednio, że przy otrzymywaniu na kliszy fotograficznej obrazu prześwietlanego przedmiotu czas naświetlania wzrasta szybko, gdy rośnie grubość prześwietlanej warstwy materiału oraz długość fali. Jak wiadomo przy malejącym napięciu stosowanym na rurze długość fali wysłanych przez nią promieni X rośnie — maleje więc ich przenikliwość. Tak np. przy zastosowaniu napięcia 200 kV czas naświetlania płytek żelaznych o grubości 2, 3, 4, 5 cm wzrosnąć musi do czasu naświetlania takiejże płytki o grubości 1 cm w stosunku 8, 20, 60, 140. Podobnie przy fotografowaniu płytki aluminiowej o grubości 75 mm spadek napięcia stosowanego na rurze ze 100 kV do 70 kV przedłuża czas naświetlania 16-krotnie. Jeśli się więc chce skrócić czas naświetlania, należy stosować przy grubszych warstwach materiału wyższe napięcia. Również dla ciał o dużej gęstości i wysokich liczbach atomowych należy stosować promieniowanie o mniejszej długości fali (twardsze). Tak np. jeśli warstwa Al o grubości 60 mm (liczba atomowa 13, gęstość 2,7) wymaga przy 60 kV jakiegoś określonego czasu naświetlania, płytka stalowa o takiej samej grubości naświetlana w tym samym czasie i w tych samych warunkach wymaga napięcia ponad 200 kV (liczba atomowa 26, gęstość 7,7). Zgodnie z prawem 4 przy wyższych napięciach kontrast otrzymany na kliszy jest mniejszy niż przy niższych napięciach, innymi słowy przy użyciu promieniowania o mniejszej długości fali można wykryć tylko mniejsze różnice grubości w przedmiocie prześwietlanym niż przy użyciu promieniowania o większej długości fali. Np. w płycie Al o grubości 40 mm można przy stosowaniu 50 kV stwierdzić istnienie por o średnicy 0,5 mm, podczas gdy przy zastosowaniu 170 kV, co najwyżej wada o średnicy 1,2 mm będzie mogła być stwierdzona. Aby więc otrzymać możliwie dużą rozpoznawalność wad na kliszy, należy stosować możliwie niskie napięcia. Z drugiej jednak strony stosowanie niskiego napięcia (promienie miękkie) przedłuża bardzo czas na-

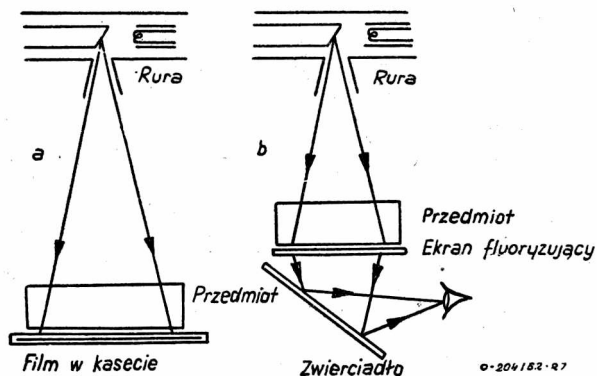
świelania, wobec czego w praktyce zmuszonym się jest zrezygnować niejednokrotnie z rozpoznawalności wad na korzyść krótszego czasu naświetlania.

Z prawa 5 i 8 wynika, że dla promieni twardego zachodzi duże rozproszenie, które zmniejsza bardzo kontrast obrazu na kliszy; z tego więc względu korzystne jest stosować niskie napięcie. Wobec tego, że dla grubszych warstw materiału należy stosować wyższe napięcia, nie można otrzymać dla nich dobrej rozpoznawalności wad. Natomiast cienkie warstwy ciężkich materiałów dają małe rozproszenie i wobec tego stosuje się je jako filtry i osłony, które zabezpieczają kliszę od działania promieni rozproszonych. Promieniowanie rozproszone można w znacznym stopniu zredukować przede wszystkim przez użycie niskiego napięcia, przez zmniejszenie stożka wiązki promieni X padających na przedmiot badany, wreszcie występujące mimo wszystko promieniowanie rozproszone pochłoniąć przez umieszczenie między przedmiotem prześwietlanym a kliszą fotograficzną odpowiedniego filtra, najczęściej ołowianego.

Następujący przykład może zilustrować szkodliwy wpływ na rozpoznawalność wad promieniowania rozproszonego: w płytce Al o grubości 100 mm przy stosowaniu napięcia 125 kV wykryć można co najwyżej pory o średnicy 1 mm. Jeśli usuniemy promieniowanie rozproszone wysyłane we wszystkich kierunkach przez płytę przy zastosowaniu odpowiedniego filtra, wykryć można pory o średnicy 0,3 mm.

Technika radiograficzna.

Radiografia znalazła spośród wszystkich metod nieniszczących badanego przedmiotu (metody magnetyczne, metoda ultradźwiękowa) największe zastosowanie zarówno w odlewnictwie, jak i w innych dziedzinach techniki.



Rys. 7. a. Zasada wykonywania radiogramów. b. Badanie na ekranie fluorującym. Obraz przedmiotu ogląda się zwykle w lusterku nachylonym pod kątem 45° do ekranu fluorującego.

Zasada wykonywania radiogramów podana jest na rys. 7. Zasadniczo metoda ta jest bardzo prosta. Używa się zwykle rur rentgenowskiej typu Coolidge'a z żarzącym włóknom jako katodą. Promienie X rozchodzą się prostoliniowo z ogniska anody (powierzchnia ogniska wynosi

zwykle ok. 2—3 mm²) i padają na przedmiot badany umieszczony w odpowiedniej odległości od ogniska anody (50—100 cm). Za przedmiotem badanym umieszcza się ekran fluorujący albo cienką kasety aluminiową z kliszą fotograficzną, na której wykonywa się zdjęcie. Jakkolwiek technika ta wydaje się bardzo prosta, wymaga ona wielu specjalnych zabiegów i starań, żeby otrzymać radiogramy, wykazujące maksimum szczegółów i dające możliwie dużo informacji o przeswielanym przedmiocie.

Badania za pomocą ekranów fluorujących (blenda cynkowa, wolframian wapnia lub platynocjanek baru) stosuje się zwykle przy badaniu stopów lekkich, gdyż ekran jest mniej czuły niż klisza. Przy badaniu metali za pomocą ekranu fluorującego stosuje się kabinę o ścianach pokrytych ołowiem z okienkiem, w którym umieszcza się ekran, za nim umieszcza się przedmiot prześwietlany. Badanie na ekranie stosuje się tylko do wykrywania większych wad, jak duże pęcherze gazowe w odlewach, jamy skurczowe itp. W celu wykrycia małych wad i drobnych szczegółów, jak bardzo drobne pęknięcia albo mikroporowatości w odlewach stosuje się wyłącznie metodę fotograficzną. W większych wypadkach do wykrywania większych wad stosuje się również metodę fotograficzną, przede wszystkim dlatego, że jest metodą obiektywną. Dobrze jest przed wykonaniem fotografii zbadać na ekranie przedmiot badany dla ustalenia najlepszego jego położenia do wykonania radiogramu na kliszy.

Zasadniczymi czynnikami przy wykonywaniu radiogramów są:

1. Wielkość i kształt przedmiotu, co jest oczywiście niezależne od przeprowadzającego badania.

2. Kilowoltaż tzn. napięcie stosowane na rurze rentgenowskiej zależne od grubości materiału prześwietlanego i jego rodzaju; kilowoltaż może przeprowadzający badania zmieniać.

3. Natężenie prądu w rurze rentgenowskiej, które również może być zmieniane.

Jeśli dobrane jest napięcie odpowiednie do materiału i grubości przedmiotu badanego, czas naświetlania jest odwrotnie proporcjonalny do natężenia prądu w rurze i do kwadratu odległości anody od kliszy.

Natężenie wiązki promieni X rośnie z napięciem stosowanym na rurze; dla napięć najczęściej stosowanych (około 200 kV) mniej więcej z kwadratem napięcia.

Przy otrzymywaniu radiogramu ważne jest stosowanie dostatecznie wysokiego napięcia jednak nie za wysokiego. Stosowanie za wysokiego napięcia zwiększa zdolność przenikania promieniowania tak dalece, że bardzo małe albo żadnej różnicy nie będzie można zauważyć dla próbek posiadających różne gęstości, oraz dla próbek o grubościach bardzo mało różniących się od siebie (wykonanych z tego samego materiału).

Dla Al i Mg wystarcza w większości wypadków stosowanie napięcia do 150 kV (przekroje kilkunastu cm), dla metali ciężkich 300—350 kV (np. dla stali do 10 cm). Dla większych grubo-

ści stosuje się napięcia do 1000 kV oraz promienie γ preparatów radioaktywnych. Przy dużych ilościach prześwietleń czas ekspozycji nie może być za duży (2—3 minut); w celu zmniejszenia czasu naświetlenia zwiększa się napięcie, co powoduje spadek czułości. Zwykle należy wybrać drogę pośrednią między szybkością otrzymania radiogramu i jego dokładnością.

Wpływ geometrii zdjęcia i rozproszenia

Promień środkowy wiązki promieni X powinien być prostopadły do środka pola naświetlonego (środek kliszy).

Odległość między rurą rentgenowską i przedmiotem badanym, wielkość ogniska rury i głębokość, na jakiej znajduje się wada w przedmiocie badanym, wpływają na ostrość, z jaką można otrzymać na kliszy obraz wady. Im mniejsze jest ognisko rury, tym ostrzejszy jest obraz na radiogramie. Odległość między rurą i badanym przedmiotem powinna być możliwie duża. Jednak taka, żeby nie powodowała zbyt długich naświetlań. Odległość między rurą i kliszą powinna wynosić średnio około 75 cm przy odległości klisza — przedmiot badany nie więcej niż 2,5 cm. Najlepiej jest, kiedy przedmiot badany dobrze przylega do kasety z kliszą; unika się wtedy promieniowania rozproszonego. Przy wykrywaniu drobnych szczegółów w odlewach mikroporowatych stopów lekkich należy stosować odległość między rurą a kliszą 120 — 150 cm. Nawet przy dobrych warunkach naświetlania jasność obrazu na radiogramie zależna jest w bardzo dużym stopniu od rozproszenia promieni X wewnątrz przedmiotu prześwietlonego.

Otrzymanie odpowiedniego kontrastu na radiogramie

Przy wykonywaniu radiogramu bardzo ważne jest otrzymanie odpowiedniego kontrastu na kliszy. Rozróżnić trzeba 3 przypadki:

1. Zdolność wady w materiale do zmniejszenia natężenia promieni X, jest mniejsza niż otoczenia wady. Zachodzi to dla jam skurczowych pęcherzy gazowych, rys. itp.

W miejscu kliszy odpowiadającym wadzie otrzymujemy większe natężenie niż dla otoczenia wady. Kontrast na kliszy jest tym większy, im większa jest różnica między zdolnością do zmniejszenia natężenia promieni X miejsca z wadą i samego przedmiotu prześwietlanego. Rozpoznawalność pęcherzy i porów jest wobec tego np. dla żelaza i stali bardzo dobra. Dla metali lekkich kontrast jest mały i wobec tego czasem trudno jest wykryć rysy, dziury i pęcherze gazowe. O ile to możliwe ze względu na położenie wad, stosuje się wtedy specjalnie ciężkie substancje o dużym współczynniku absorpcji, a więc dające duży kontrast, którymi wypełnia się rysy, dziury itp.

2. Zdolność wady w przedmiocie badanym do zmniejszenia natężenia promieni X jest w przybliżeniu taka sama, jak przedmiotu badanego w miejscach, gdzie jest on jedno-

rodny. Mamy wtedy bardzo małą rozpoznawalność wad. Zachodzi to dla węglików, azotków w stali, tlenków, krzemianów w stopach aluminiowych oraz dla żużli w stalach i stopach lekkich.

3. Niejednorodność w przedmiocie prześwietlanym pochłaniania silniej niż materiał otaczający. Zachodzi to np. dla wtrąceń metali ciężkich w lekkich stopach, rozpoznawalność wad jest wtedy duża.

Kontrast na kliszy, a co za tym idzie rozpoznawalność wad zmniejszone są bardzo przez występowanie promieniowania rozproszonego, które powoduje nieostrość granic wad, jak np. pęcherzy, rys. itp. W celu usunięcia promieniowania rozproszonego stosuje się filtry z metali ciężkich; najczęściej używa się filtrów ołowianych; można też używać filtry mosiężne. Filtry te muszą być odpowiedniej grubości w zależności od przenikliwości stosowanego promieniowania. Filtr może być umieszczony między rurą i przedmiotem badanym lub między przedmiotem badanym i kliszą. Jeśli chodzi o usunięcie promieniowania rozproszonego, najlepiej jest stosować je w obu położeniach; przedłuża to jednak czas naświetlania i zmniejsza czułość metody powiększając równocześnie ostrość zdjęcia.

Z drugiej strony przy stosowaniu filtrów pochłonięte zostają promienie miększe, które dają większy kontrast. Dlatego też nie należy stosować filtrów przy badaniu małych odlewów ze stopów lekkich, ponieważ dla nich należy stosować promieniowanie miękkie. Przednia część kasety aluminiowej, posiadającej odpowiednią grubość, działa również jak filtr.

Dla usunięcia promieni rozproszonych stosuje się również przesłonę na okienku rury, które ograniczają kąt bryłowy wiązki promieni X.

Jednym ze sposobów usunięcia promieniowania rozproszonego jest stosowanie odpowiednich siatek metalowych, najczęściej ołowianych, umieszczonych przed kaseta z kliszą; przy użyciu siatek tylko promienie normalne do siatki trafiają na kliszę.

Wielkość ogniska rury

Zasadniczym warunkiem otrzymania dobrego radiogramu jest stosowanie ogniska odpowiedniej wielkości. Do wykrywania dużych wad np. w odlewach wystarczy stosować rury rentgenowskie o dużym ognisku, tzn. takim, którego średnica wynosi mniej więcej 1—2 mm; do wykrywania bardzo drobnych wad, jak cienkie bardzo rysy, pęknięcia stosować należy rurę o małym tzw. ostrym ognisku, którego średnica wynosi ok. 0,2 mm.

Po dobraniu odpowiedniego napięcia, klisz, odległości między ogniskiem rury a kliszą, ważne jest dla wykonania fotografii dobranie odpowiedniego naświetlania tzn. wielkości $L = i \cdot t$, gdzie i jest natężeniem prądu w rurze, a t czasem naświetlania. Jeśli np. 3 razy zmniejszymy natężenie prądu, musimy 3 razy powiększyć czas naświetlania. Dla zmiany odległości ważne jest prawo zmiany natężenia wiązki

z kwadratem odległości. Natężenie zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości; L — zmienić trzeba z kwadratem odległości; jeśli np. dwa razy zwiększymy odległość między ogniskiem rury a kliszą, cztery razy musimy powiększyć L , żeby uzyskać to samo działanie promieniowania na kliszę.

Klisze i ekrany wzmacniające

Działanie promieni X na emulsję kliszy fotograficznej jest ściśle związane z absorpcją tych promieni w emulsji. Wobec tego promienie rentgenowskie twarde — o małej długości fali, wytwarzane przez bardzo wysokie napięcia w rurach, nie działają tak silnie na emulsję jak promienie o większej długości fali, które są znacznie łatwiej absorbowane. Gęstość zaczerznienia kliszy, $B = \log_{10} \frac{i_0}{i}$ (i_0 = natężenie wiązki świetlnej padającej na kliszę, i = natężenie wiązki świetlnej po przejściu przez kliszę naświetlaną promieniami X) jest funkcją długości fali, natężenia promieniowania i czasu ekspozycji. W obszarze promieni X gęstość zaczerznienia jest funkcją liniową czasu naświetlania.

Normalny radiogram ma gęstość ok. 0,7 do 1,0. Dla gęstości 2,0 tylko 1/100 światła ze zwykłej lampy projekcyjnej przechodzi przez film i film jest za ciemny, żeby można było szczególnie zobaczyć.

Jednym z zasadniczych warunków otrzymania dobrych radiogramów są odpowiednie klisze. Klisze rentgenowskie są to błony celuloidowe z emulsją fotograficzną po obu stronach (dzięki swojej przenikliwości promienie X działają na emulsję z obu stron błony), lub tzw. papiery rentgenowskie, w których emulsja znajduje się tylko po jednej stronie kartonu o odpowiedniej grubości. Papiery rentgenowskie są mniej czułe od klisz, wymagają dłuższych czasów naświetlania, ale są znacznie tańsze.

Klisze rentgenowskie muszą spełniać kilka zasadniczych warunków, z których najważniejsze są:

1. Wysoka czułość w stosunku do promieni X lub światła wysyłanego przez ekrany wzmacniające.
2. Dobra kontrastowość.
3. Dobra jasność obrazu.
4. Możliwie mała czułość na czerwone światło w ciemni.
5. Mała czułość na działanie mechaniczne (ciśnienie, uderzenia).

Klisza im jest czulsza, tym jest mniej kontrastowa, należy więc zwykle wybrać jakąś drogę pośrednią między czułością i kontrastowością.

Warunki ekspozycji zależne są w dużej mierze od charakterystyki aparatury, z którą się pracuje. Znajomość odpowiedniej ekspozycji, tzn. napięcia, natężenia prądu i czasu naświetlania jest przede wszystkim sprawą doświadczenia. Jeżeli się chce otrzymać większą czułość, należy stosować możliwie niskie napięcie.

Unikać trzeba niedoświetlenia kliszy, z drugiej jednak strony za długie naświetlenie powoduje duże rozproszenie. Każde laboratorium powinno pracować przy jakiejś standartowej gęstości zaczerznienia kliszy, żeby otrzymywać radiogramy porównywalne między sobą. Klisze rentgenowskie wymagają specjalnych wywoływaczy. Laboratorium radiograficzne musi posiadać odpowiednio wyposażoną ciemnię.

Ekrany wzmacniające

W celu skrócenia czasu naświetlania stosuje się ekrany wzmacniające. Przy bezpośrednim działaniu promieni X na emulsję kliszy energia padająca jest bardzo źle wykorzystana, gdyż warstwa światłoczuła pochłania bardzo niewiele promieniowania rentgenowskiego (kilka promille), a tylko energia pochłonięta działa na emulsję. Dla lepszego wykorzystania energii promieni X stosuje się tzw. ekrany wzmacniające. Pochłaniają one promienie X w znacznie większym stopniu, niż warstwa bromku srebra kliszy i wysyłają pochłoniętą energię w postaci światła fluorescencji, które jest bardziej absorbowane przez emulsję niż promienie X, i na które emulsja jest znacznie czulsza. Jako ciała fluoryzujące stosuje się różne sole, najczęściej wolframian wapnia, umieszczony na kartonie: ekran wzmacniający kładzie się czułą stroną na kliszę. Ekrany wzmacniające muszą posiadać następujące własności:

1. Wysoki współczynnik wzmacniania.
2. Dobrą ostrość konturu.
3. Nie powinny świecić po przerwaniu naświetlania promieniami X.
4. Gładką, odporną na działania mechaniczne, jednolitą powierzchnię.

Dwa pierwsze warunki nie mogą być równocześnie spełnione, gdyż powiększenie współczynnika wzmacniania zmniejsza ostrość rysunku i naodwrot. Istnieją dwa rodzaje ekranów wzmacniających:

1. Bardzo silnie wzmacniające, posiadające przy jeszcze dobrej ostrości, możliwie najsilniejszy współczynnik wzmacniania.
2. Ekrany posiadające najwyższą ostrość rysunku przy dobrym wzmacnianiu.

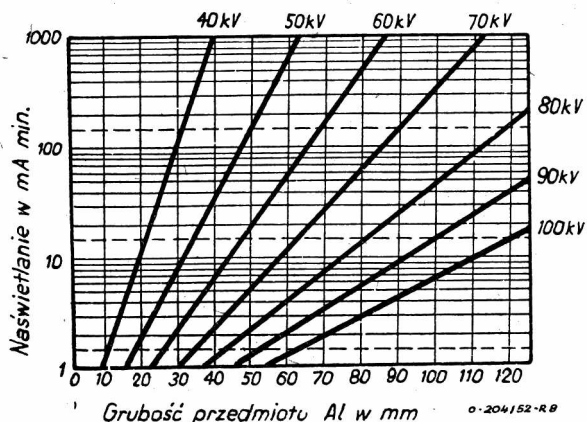
Ekrany wzmacniające mogą skrócić czas naświetlania nawet dziesięciokrotnie, ale na skutek wielkości ziarna warstwy fluoryzującej, fotografia wykonana z ekranem wzmacniającym wykazuje mniej szczegółów przedmiotu badanego.

Wykresy naświetlań

Każde laboratorium radiograficzne powinno sporządzić wykresy naświetlania, odpowiadające jego warunkom. Rys. 8 podaje wykresy naświetlania aluminium dla radiogramów otrzymanych bez folii wzmacniających przy odległości ogniska rury od kliszy 50 cm, zaczerznięciu kliszy 0,8–1,2; wysokie napięcie w układzie Villard'a.

Wzorce i normy

W celu stwierdzenia, czy wiązka promieni X dostatecznie przeniknęła przedmiot badany, stosuje się próbki stopniowe porównawcze (rys. 9) z tego samego materiału, co przedmiot prze-



Rys. 8. Wykres naświetlania dla Al; fotografia wykonana bez folii wzmacniających, odległość ogniska rury od filmu -- 50 cm, bezwzględne zacernienie filmu S = 0,8 do 1,2; układ Villard'a.

świetlany. Wyznaczając stopień zacernienia kliszy wnioskować można, czy dobrano odpowiednie naświetlenie to znaczy natężenie prądu w rurze i czas naświetlania oraz napięcie na rurze. Prześwietlając próbki stopniowe, na tej samej kliszy obok przedmiotu badanego i porównując zacernienia odpowiadające próbkom stopniowym z zacernieniami odpowiadającymi badanemu przedmiotowi, wyznaczyć można przekrój wady w kierunku przechodzenia promieni X.



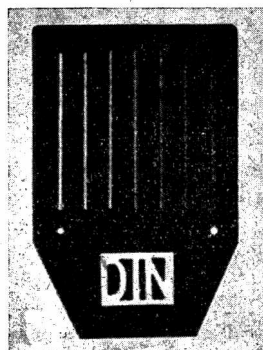
Rys. 9. Schodki porównawcze.

Jeśli się chce ocenić przydatność przedmiotu badanego wyjaśnić trzeba:

1. Jakie wady można stwierdzić przy określonych warunkach badania, tzn. jaka jest rozpoznawalność dla rozmaitych wad.
2. Jakie jest położenie stwierdzonych wad (żużel, pory, jamy skurczowe itp.).
3. Jaki wpływ mają stwierdzone wady na przydatność przedmiotu.

Przyjmując, że otrzymaliśmy dostateczny kontrast na radiogramie, rozpoznawalność wady na jakimś przedmiocie o określonej grubości dana jest przez najmniejsze, ostro ograniczone, jeszcze wykrywalne różnice grubości materiału. Do wyznaczenia rozpoznawalności wad używa się ciała próbnego. Ciało próbne posiada ponadto tę zaletę, że daje ono obiektywną miarę poprawności radiogramu. Niemieckie normy dają jako ciała próbne druty rozmaitej grubości. Np. dla stali i metali lekkich, można stosować 7 drutów o średnicy od 0,7 mm do 0,1 mm. Rozpoznawalność wady dana jest przez najmniejszą, jeszcze widoczną średnicę drutu. Dru-

ty próbne nakłada się na badany przedmiot tak, że dają one na negatywie obraz jaśniejszy (rys. 10), niż przedmiot prześwietlany. Wg norm niemieckich rozpoznawalność wad dla żelaza i stali do grubości 50 mm powinna wynosić przy specjalnie dobrych warunkach prześwietlania 1,5%, tzn. np. dla spoiny o grub. 20 mm — drut próbny o średnicy 0,3 mm powinien być jeszcze dobrze widoczny, o średnicy 0,2 mm, powinien się jeszcze zaznaczać na kliszy. Przyjmuje się, że rozpoznawalność dla wad jest taka sama jak dla drutów próbných o takiej samej średnicy. Jest to słuszne tylko w przybliżeniu, gdyż kształt i położenie wady w przedmiocie badanym grają decydującą rolę przy otrzymywaniu radiogramów. Poza tym występuje jeszcze trudność ocenienia wielkości wady na podstawie porównania jasnych miejsc na filmie rentgenowskim, odpowiadających drutom próbnym z ciemnymi miejscami, odpowiadającymi wadom w przedmiocie badanym.



Rys. 10. Druty próbne.

Wszystkie normy i standardy ważne są dla danego laboratorium, gdyż zależne są one od warunków prześwietlania.

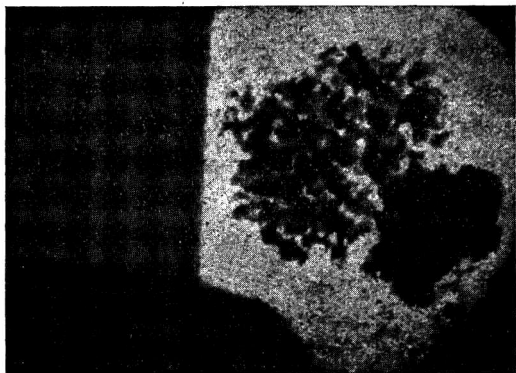
Zastosowanie promieni X w odlewnictwie

Głównym celem badania odlewów przy pomocy promieni X jest zapobieżenie nieodpowiedniemu odlewaniu przez ulepszenie techniki odlewania a stąd produkowanie zdrowych odlewów, a nie tylko odrzucanie złych odlewów. Z tego powodu najodpowiedniejszym miejscem dla instalacji rentgenowskich jest odlewnia a nie laboratorium odbiorcy.

Kilka pierwszych odlewów nowego typu powinno być zawsze badanych radiograficznie i, jeśli to jest potrzebne, niektóre odlewy z wadami powinny być łamane lub przecinane, aby w ten sposób można było zinterpretować radiogram.

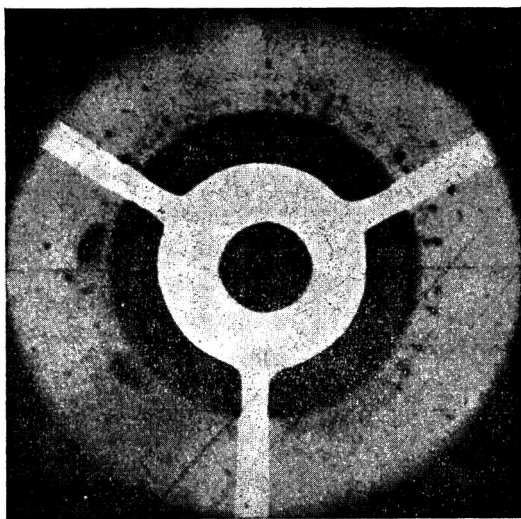
Bardzo jest ważne, ażeby radiografista interpretujący fotografię miał pewne doświadczenie w metodach odlewania. Nie tylko będzie on umiał rozróżnić rodzaje wad występujących w odlewach ale poza tym jako wynik praktyki w odlewni będzie mógł wprowadzić zmiany w sposobach odlewania przez zmianę temperatury odlewania, zmianę położenia wlewów, przelewów w formie itp.

Najczęściej występującymi wadami odlewniczymi są jamy skurczowe, pęcherze gazowe, pochodzące z gazów formy lub metalu, pęknięcia, wtrącenia, mikroporowatości (rys. 11, 12, 13). Każdą z tych wad odróżnić można na radiogramie na podstawie jej cech charakterystycznych.



Rys. 11. Odlew z lekkiego metalu z jamą skurczową. Wielkość naturalna.

1. Duże i drobne jamy skurczowe (usadowe) powstają przy nierównomiernym kurczeniu się metalu podczas zestalania; mikroporowatości, które występują często w stopach lekkich spowodowane są niedostatecznym zasilaniem lub burzliwym zalewaniem i nie są łatwe do usunięcia. Na radiogramie występują duże jamy skurczowe jako nieregularne ciemne plamy,



Rys. 12. Odlew stalowy z porami i pęcherzami. Zmniejszenie 3/7.

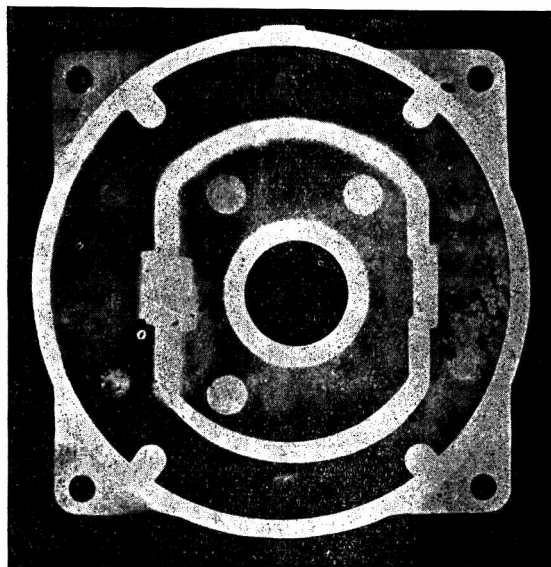
drobne jamy w postaci obrazów gąbczastych siatkowatych, podobnie mikroporowatości.

2. Pęcherze gazowe i pory powstają na skutek nadmiernego pochłaniania gazu przez metal, niedostatecznej przepuszczalności formy i rdzeni, za niskiej temperatury topienia, tworzenia się gazów lub przy niedostatecznym wysuszeniu rdzeni i form. Na radiogramie występują jako

gęsto, nieregularnie rozłożone, częściowo ostro ograniczone, okrągłe ciemne plamy albo punkty.

3. Wtrącenia stałe w szczególności żuźle powstają na skutek porwania ich z kąpeli lub reakcji ze składnikami formy; wtrącenia płaskowe występują na skutek uszkodzenia formy. Na radiogramie występują wtrącenia jako nieregularne, nieostre, częściowo zanikające plamy.

4. Rysy mogą powstawać jako pęknięcia skurczowe—zwłaszcza dla niekorzystnych przekrojów przy powstawaniu naprężeń odlewniczych. Na radiogramie występują jako ostro zaznaczone linie. Im te rysy są cieńsze tym są trudniejsze do wykrycia; do stwierdzenia ich należy stosować rury z ostrym ogniskiem; badany przedmiot należy prześwietlać w kilku kierunkach, gdyż trzeba trafić na takie położenie odlewu, żeby rysa wypadła w kierunku



Rys. 13. Mikroporowatości w odlewie Al. Wielkość naturalna. Grubość odlewu 6,3 mm.

promieni X. Małe wady na powierzchni nie dają się zazwyczaj wykryć, na skutek zbyt dużego rozproszenia występującego na powierzchni przedmiotu badanego. Do wykrywania małych wad na powierzchni należy stosować metody magnetyczne.

Ocena wad odlewniczych wymaga dużego doświadczenia w technice odlewania i uprzedniej znajomości zachowania się przedmiotu badanego pod względem mechanicznym i technologicznym. Jednakowe wady odlewnicze mogą mieć różne znaczenie dla różnych odlewów. Np. mikroporowatości, które nie mają złego wpływu na odlew stalowy lub aluminiowy mogą być bardzo szkodliwe dla odlewów magnetycznych lub elektronowych.

Badania nad związkami radiogramu z własnościami technologicznymi są dotychczas bardzo nieliczne. Te, które zostały przeprowadzone, dały jeden ważny wynik, mianowicie, że prawie we wszystkich wypadkach, gdzie można było sprawdzić dane otrzymane na radiogramie z wy-

nikami badań metalograficznych, dane radiograficzne zostały potwierdzone.

Jeśli chodzi o zależność własności wytrzymałościowych od wad wykrytych na radiogramie, to tylko w rzadkich wypadkach znalezione wady są tak duże, żeby na ich podstawie można było z góry sądzić o nieprzydatności badanego przedmiotu. W większości wypadków nie można bez dodatkowych danych rozstrzygnąć, w jakim stopniu znalezione wady wpływają na przydatność np. odlewu jakiegos, w szczególności na jego wytrzymałość.

W odlewach mogą dość duże pęcherze gazowe, wtrącenia żużlowe i nawet jamy skurczowe, mimo znacznej wielkości, być bez znaczenia, jeśli znajdują się w miejscach, które przy pracy badanego przedmiotu nie są narażone na duże działania mechaniczne (ciśnienie, ciągnięcie itp.). Bardzo jest też trudno powiedzieć o wpływie małych porów i mikroporowatości na wytrzymałość i gęstość przedmiotu badanego. Na skutek tego i z powodu trudności otrzymania odlewu zwłaszcza skomplikowanego bez żadnych wad, strzec się należy przeceniania małych wad, gdyż nie mają one zwykle wpływu na przydatność badanego przedmiotu.

Radiografia metali ciężkich

Różnica między radiografią metali ciężkich i lekkich

Wydawać się może, że jedyna różnica między radiografią metali ciężkich i lekkich polega na stosowaniu promieni X rozmaitej przenikliwości. Jakkolwiek dla metali ciężkich istotnie konieczna jest bardzo duża przenikliwość, tak różne wymagania stawiane są od obu metod, że stosować trzeba w obu przypadkach zupełnie inną technikę.

Miedzy obydwiema metodami występują 4 zasadnicze różnice:

1. Kilowoltaż. Tak jak powiedziano powyżej, przenikliwość promieni przy badaniu metali ciężkich musi być dużo większa niż dla metali lekkich. Tak np. instalacja wysokiego napięcia na 200 KV jest całkowicie wystarczająca dla wszystkich prawie normalnie stosowanych grubości odlewów z metali lekkich, natomiast dla stali i żeliwa napięcie to wystarczy mniej więcej do 5 cm.
2. Czas naświetlania. Związany jest on z różnicą napięcia. Ponieważ czas naświetlania wzrasta logarytmicznie z grubością materiałów, odpowiednie prześwietlenie przedmiotu badanego przez zwiększanie naświetlania ($I = i \cdot t$) nie jest zawsze ekonomiczne i możliwe. W tym wypadku konieczne jest powiększenie kilowoltażu stosowanego na rurze (natężenie promieniowania wzrasta z napięciem).
3. Rozproszenie. Usunięcie promieni rozproszonych przy prześwietlaniu odlewów z metali ciężkich jest zagadnieniem niezmiernie ważnym, znacznie ważniejszym niż przy badaniu metali lekkich. Na radiogramie powinno otrzymać się tylko te promienie X, które przechodzą przez przedmiot badany; należy

pochłoniąć przez odpowiednie osłony promieniowanie rozproszone na ścianach, podłodze itp.

4. Wielkość i masa odlewów z metali ciężkich gra dużą rolę przy otrzymywaniu dobrego radiogramu.

Metale ciężkie bada się w większości wypadków na kliszy. Ekrany fluoryzujące stosuje się tylko do bardzo małych grubości. Ekran daje mniejszą ostrość obrazu przedmiotu badanego na skutek dużego ziarna warstwy fluoryzującej.

Typy przedmiotów prześwietlanych:

- (1) Przedmioty o jednakowej grubości.
- (2) Przedmioty o bardzo różnych grubościach.
- (3) Przedmioty pośrednie między grupą (1) a (2).

Trzy te typy odlewów wymagają innych metod badania. W przypadku (1) celem badań radiograficznych jest opracowanie metody, która pozwoliła na stwierdzenie bardzo małych wad; w przypadku (2) chodzi o metodę otrzymywania radiogramu, który da wystarczające informacje o wszystkich grubościach.

Trudności otrzymania odpowiednich radiogramów wzrastają dla metali ciężkich w porównaniu z metalami lekkimi na skutek większej absorpcji materiałów ciężkich, większego rozproszenia i konieczności stosowania wyższego napięcia.

Przedmioty rozmaitej grubości

W celu wykrycia możliwie największej ilości wad należy dla każdej grubości wykonywać inny radiogram; wymaga to jednak dużej ilości klisz i osłaniania tych części przedmiotu, które nie są badane w danym określonym wypadku.

Wykonywa się zwykle kilka radiogramów, które dają możliwie dużo szczegółów.

Z ogólnych rozważań wiadome jest, że wada np. jama skurczowa, znajdująca się blisko części dolnej przedmiotu badanego jest znacznie łatwiej widoczna na radiogramie niż wada znajdująca się blisko górnej powierzchni.

Przykład badania metodą radiograficzną

Wykonano w kilku odlewniach mały odlew stalowy, który przy obróbce przez odbiorcę wykazał porowatości. Przypuszczano, że jeden wsad jest źle odlany. Trudno było rozstrzygnąć, jak duże są wady i które sztuki należy odrzucić. Prześwietlając jeden z odlewów wsadu, stwierdzono, że odlew ten jest wadliwy i wobec tego należy odrzucić cały wsad. Inne odlewy wykazały podobne wady, ale mniejsze; wady występowały tylko w części odlewów każdego wsadu. Zbadano wszystkie odlewy i okazało się, że tylko jeden przekrój w każdym odlewie wykazywał wady. Zbadano metody odlewania i stwierdzono, że część stali była utleniona i to spowodowało wady w odlewach. Po usunięciu tego braku otrzymywano 100% dobrych odlewów.

Radiografia metali lekkich

Metale ciężkie bada się najczęściej na kliszy. Metale lekkie można badać w większości wypadków przy pomocy ekranu fluoryzującego. Tylko grubsze przekroje bada się na kliszy. Rozpoznawalność wad zależy bardzo od jasności ekranu. Np. dla aluminium o grubości 25 mm przy tak zwanej normalnej jasności ekranu widać jeszcze drut próbny o średnicy 1,2 mm, to znaczy rozpoznawalność wynosi 4,8%; dla stali natomiast o grubości 10 mm rozpoznawalność wynosi 8%. Ekran daje mniejszą ostrość obrazu niż klisza na skutek dużego ziarna warstwy fluoryzującej.

Odlewy ze stopów lekkich wymagają dużo niższego napięcia niż z ciężkich, np. dla aluminium 10 mm wystarczy napięcie 40 kV, dla stali o tej samej grubości trzeba stosować 140 kV. Przy tym samym napięciu badać można dużo większe grubości metali lekkich niż metali ciężkich.

Wady występujące w odlewach ze stopów lekkich podzielić można z punktu widzenia ich wykrywalności na dwie grupy. Do pierwszej grupy należą większe wady jak pęcherze gazowe, jamy skurczowe (rys. 13), wtrącenia piaskowe lub innych metali, duże porowatości itp. Każda z tych wad odzwierciedla się indywidualnie na radiogramie, gdy każda jest większa niż 2% grubości całkowitej badanego przekroju (2% uważane może być za normalną czułość przy badaniu stopów lekkich). Do drugiej grupy zaliczamy pęknięcia, drobne porowatości. Duże pęknięcia i duże mikroskurcze można by zaliczyć do pierwszej grupy, jednak normalnie wady tego typu dają cień na negatywie, na którym nakłada się efekt przejścia promieni X przez większą ilość wad, z których każda pojedynczo dałaby za mały efekt fotograficzny na kliszy rentgenowskiej, żeby mogła być wykryta. Do tego rodzaju wad film powinien być umieszczony możliwie blisko przedmiotu badanego i bardzo starannie należy dobierać kąt, pod którym wykonywa się zdjęcie. Kąt, pod którym przedmiot powinien być prześwietlony i ilość fotografii wykonanych pod różnymi kątami, zależy od jego wielkości, kształtu i zmian grubości. Przy nieodpowiednim doborze kątów można nie wykryć wielu wad. Dla otrzymania dobrych radiogramów ważne jest też dobranie odpowiednich filtrów i osłon.

Wyznaczenie położenia wady w odlewie

Bardzo ważna jest możliwość dokładnego wyznaczenia położenia wady w odlewie, gdyż niektóre wady, które znajdują się na niewielkiej głębokości, mogą zostać usunięte przez dalszą obróbkę; może się również zdarzyć, że dziury czy pęknięcia są umieszczone w takim miejscu i na takiej głębokości, że są zupełnie nieszkodliwe.

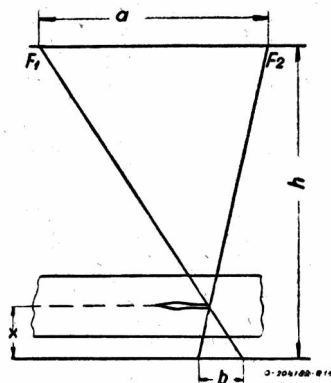
Jedną z metod wyznaczenia położenia wady polega na wykonaniu dwóch fotografii przedmiotu pod różnymi kątami — tzn. z rurą w dwóch różnych położeniach — na tej samej kliszy. Rys. 14 podaje tę metodę:

- a — odległość między dwoma położeniami rury,
- b — odległość między dwoma obrazami tej samej krawędzi wady,
- x — odległość wady od kliszy dana jest przez:

$$a : b = (h - x) : x,$$

$$x = \frac{b \cdot h}{a + b} \text{ gdzie}$$

- h — jest odległością między rurą i kliszą.



Rys. 14. Metoda wyznaczania głębokości wady.

Radiografia promieni γ

Budowa instalacji rentgenowskich dla dużych przekrojów metali ciężkich przedstawia duże trudności. Instalacje te można zastąpić preparatami ciał promieniotwórczych np. preparatem radowym, gdyż emitują one, obok cząstek α i β (jądra atomu helu i elektrony), promienie γ , które są promieniami X o bardzo małej długości fali, odpowiadającej napięciom dużo powyżej 1.000.000 V. Najczęściej używanym źródłem promieni γ jest siarczan radu.

Radiografia promieni γ jest więc jakby dalszym ciągiem radiografii promieni X stosowanych dla dużych przekrojów metali ciężkich, gdzie stosowanie promieni X jest bardzo utrudnione. Przy badaniu stali promienie X stosuje się zwykle do grubości ok. 10 cm; dla większych przekrojów promienie γ stają się ekonomiczniejsze i wygodniejsze, a przede wszystkim unika się stosowania instalacji wysokiego napięcia. Preparat promieniotwórczy zajmuje mało miejsca i jest łatwo przenośny. Czasy naświetlenia są dla promieni γ znacznie dłuższe, gdyż emulsja fotograficzna jest o wiele mniej czuła na promieniowanie o mniejszej długości fali. Naświetlania trwają zwykle wiele godzin, a mogą trwać wiele dni. W celu skrócenia czasu naświetlania można stosować cienkie ołowiane ekrany wzmacniające.

Aparatura stosowana przy radiografii promieni γ jest bardzo prosta. Ustawiając większą ilość próbek na obwodzie koła, przymocowując filmy do tych próbek po stronie przeciwnej preparatu radowego w światłoszczelnych kasetach, można prześwietlić je wszystkie równocześnie używając jednego preparatu, umieszczonego w środku koła.

Promienie γ są jeszcze bardziej niebezpieczne dla organizmu ludzkiego niż promienie X. Zarówno więc przy pracy z preparatami ciał promieniotwórczych jak przy przechowywaniu ich muszą być stosowane specjalne ostrożności.

Mikroradiografia

Radiografia pozwala tylko na badanie stosunkowo dużych obszarów naświetlanych przedmiotów i wykrywa tylko obecność takich wad, jak pęknięcia, dziury, jamy skurczowe, pęcherze gazowe, natomiast nie mówi nam nic, jeśli chodzi o mikrostrukturę materiału badanego przedmiotu. Stosując specjalną technikę, znaną pod nazwą mikroradiografii, możliwe jest otrzymanie dokładnych danych, dotyczących mikrostruktury metali oraz badanie takich zjawisk, jak segregacje, wtrącenia i bardzo małe porowatości. Metoda ta znajduje w ostatnich latach coraz szersze zastosowanie i daje coraz lepsze wyniki w metalurgii w ogóle i w odlewnictwie.

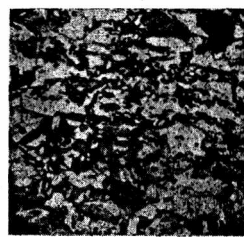
W mikroradiografii prześwietlamy próbkę z materiału niejednorodnego małych wymiarów i następnie powiększamy otrzymany obraz pod mikroskopem. Próbkę badaną ma postać cienkiej płytki o powierzchni około 1 cm^2 , wypolerowanej przy pomocy papierów szmerglowych do grubości $0,003\text{--}0,007\text{ cm}$. Płytkę bez rys w odpowiednim uchwycie umieszczona jest w bezpośrednim zetknięciu z emulsją kliszy. Zasadniczy schemat wykonywania fotografii metodą mikroradiograficzną jest taki sam, jak przy wykonywaniu zwykłego zdjęcia radiograficznego (patrz rys. 7). Płytkę badaną umieszczona zostaje w odległości $10\text{--}12\text{ cm}$ od anody strukturalnej rury rentgenowskiej o ostrym ognisku, pracującej np. przy $20\text{--}30\text{ kV}$ i 25 mA , czas naświetlania zależy od grubości próbki i długości fali promieni X; wynosi on najczęściej około 10 minut. Do badań tych używa się specjalnych klisz, które wywołuje się w warunkach, dających możliwie duży kontrast i możliwie małe wielkości ziarna. Obraz próbki można powiększyć do 150 razy — do tego powiększenia wielkość ziarna emulsji nie wpływa na obraz.

Tak otrzymany mikroradiogram nie zależy od sposobu trawienia metalu. Ma on zupełnie inny wygląd niż normalny mikrogram, ponieważ różnica zaczerwień na mikroradiogramie zależy od absorpcji promieni X na skończonej głębokości w próbce, podczas gdy na zwykłym mikrogramie mamy obraz tylko powierzchni próbki. Absorpcja dla danej długości fali wzrasta bardzo szybko z liczbą atomową pierwiastka absorbującego, niezależnie od tego, w jakim występuje on związku. Wobec tego segregacje ciężkich pierwiastków takich jak ołów lub wolfram w osnowie z lżejszego metalu występują zawsze na mikroradiogramach jako pola jasne na ciemnym tle, niezależnie od długości fali promieniowania. Pustki natomiast występują jako pola ciemne. Jeśli chodzi o zróżnicowanie na kliszy pierwiastków o bliskich liczbach atomowych np. Mn i Fe, można zwiększyć kontrast wybierając promieniowanie zawarte między krawędziami absorpcji pierwiastków.

Segregacje żelaza w stopach miedzi mogą być wykazane przy użyciu promieniowania Cu K, które leży blisko krawędzi absorpcji żelaza. Rys. 15 wykazuje zjawisko dla kutego na zimno stopu Cu — Zn — Fe; obok podany jest zwykły mikrogram.



a.



b.

Rys. 15. Stop Cu-Zn-Fe kuty na zimno.
a. Mikroradiografia, promieniowanie Cu, 30 KV, x 35; cząstki bogate w żelazo są białe, b. Mikrofotografia x 75.

Mikroradiografia jest ważnym uzupełnieniem klasycznych metod mikroskopowych, wykazuje ona bezpośrednio strukturę nie tylko powierzchni próbki — i jest bardzo cennym narzędziem badania metali.

Metody dyfrakcyjne

Metody badania budowy kryształów za pomocą promieni X znalazły również zastosowanie przy badaniu różnych zjawisk związanych z budową metali. Oparta jest ta metoda na zjawisku ugięcia promieni X w siatce przestrzennej kryształu. Jak wiadomo fale świetlne i promienie X (jedne i drugie są falami elektromagnetycznymi) ulegają wtedy ugięciu, kiedy stała siatki jest rzędu wielkości długości fali promieni, podlegających ugięciu; przy tym stała siatki musi być nieco większa niż długość fali. Ponieważ długość fali promieni X jest bardzo mała, niezmiernie trudno byłoby zrobić odpowiednią siatkę — praktycznie prawie niemożliwe. Natura sama dostarczyła siatek dyfrakcyjnych dla promieni X w postaci kryształów. Stałe siatki kryształów (odległości między płaszczyznami atomowymi w kryształach) są rzędu wielkości długości fali promieni X.

Na podstawie fotografii ugięcia promieni X w kryształach wnioskuje się bezpośrednio o ich budowie. Bardzo wiele własności mechanicznych metali znajduje swoje odzwierciedlenie w fotografiach, ugięcia promieni X w kryształach tych metali.

Jeśli chodzi o badania metali metodami dyfrakcyjnymi, znalazły one zastosowanie przy wykrywaniu deformacji w kryształach, badaniu stopów eutektycznych, badaniu wyróżnionych kierunków ustawienia się kryształów np. w płytkach walcowanych, badaniu metali obrabianych na zimno, starzeniu się metali, badaniu specjalnego ustawienia się kryształów w odlewach. Jeśli chodzi o odlewnictwo, bardzo ważna jest możliwość stosowania metod dyfrakcyjnych do wykrywania napieć wewnętrznych w odlewach. Wielkość ziarn materiałów uwidacznia się również przy badaniach dyfrakcyjnych; w od-

lewnictwie znajduje zastosowanie przy badaniu wielkości ziarna w metalach i materiałach formierskich.

Badania dyfrakcyjne nie są dotychczas badaniami prowadzonymi w przemyśle na wielką skalę, są one raczej w stadium badań laboratoryjnych.

LITERATURA:

1. Ch. S. Barrett — Structure of Metals, Crystallographic Methods, New York, 1943, Mc Graw-Hill Book Co, Inc.
2. H. Brasseur — Les applications non médicales des rayons X, Paris, 1938 Dunod.
3. J. Crowther — Handbook of Industrial Radiology, London, 1946, Edward Arnold and Co.
4. S. Destriau — Physique appliquée des installations à rayons X. Production et Dosimétrie, Paris, 1945, Dunod.
5. J. Eggert, H. Gajewski — Einführung in die Technische Röntgenphotographie, Leipzig, 1945, S. Hirzel.
6. R. Glocker — Materialprüfung mit Röntgenstrahlen unter besonder Berücksichtigung der Röntgenmetallkunde, Berlin, 1949, Springer Verlag.
7. M. Hirst. — X-Ray Research in Industry, Brooklyn, U.S.A. 1943, Chemical Publishing Co. Inc.
8. A. Kitajgorodzki — Röntgenstrukturalyzyz, Moskwa, 1950, Gostechizdat.
9. W. Sproull — X-Rays in Practice, New York, 1946, Mc Graw — Hill, Book Co.
10. A. Taylor — An Introduction to X — Ray Metallography. London, 1949 r. Chapman and Hall.

Przegląd pism technicznych



N. A. WORONOWA

Przegrzewanie żeliwa w zbiorniku żeliwiaka drogą wdmuchiwanego tlenu

W poszukiwaniu za nowymi, racjonalnymi metodami otrzymywania żeliwa o podwyższonej temperaturze przegrzania, warunkującej wysokie własności mechaniczne odlewów i małe ilości braków, Instytut Metalurgii Żelaza i Stali USRR opracował i wprowadził na szeregu Zakładów sposób przegrzewania żeliwa w zbiorniku, pozwalający na znaczne rozszerzenie możliwości procesu żeliwiakowego i otrzymywanie żeliwa o temperaturze, wymaganej przez praktykę odlewniczą.

Przegrzanie ciekłego żeliwa w zbiorniku następuje kosztem ciepła egzotermicznych reakcji utleniania domieszek żeliwa tlenem, przy czym kolejność utleniania poszczególnych domieszek uzależniona jest od stosunku wielkości zmian energii swobodnej reakcji utleniania, tzn. powinowactwa chemicznego tych domieszek do tlenu przy danej temperaturze.

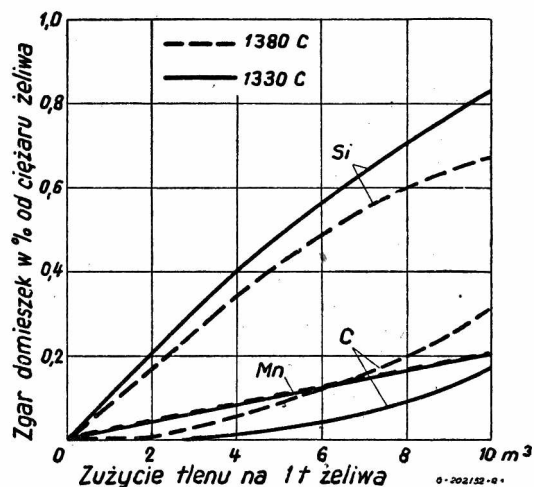
Podczas wytopów doświadczalnych stwierdzono, że w wypadku wdmuchiwanego tlenu do żeliwa o temperaturze 1320 — 1380 C najintensywniej wypala się krzem; reakcja utleniania manganu wobec jego stosunkowo niskiej koncentracji w żeliwie posiada mniejsze znaczenie, utlenienie zaś węgla jest przy tej temperaturze nieznaczne. Z podwyższeniem temperatury żeliwa wzrasta intensywność utleniania węgla, spada natomiast intensywność utleniania krzemu tak, że przy temperaturze ponad 1500 C utlenia się niemal wyłącznie węgiel.

Na podstawie przeprowadzonych badań i obliczeń sporządzono wykresy zgaru poszczególnych domieszek w zależności od zużycia tlenu, wdmuchiwanego do zbiornika, na tonę żeliwa, dla początkowych temperatur metalu, wynoszących 1330 i 1380 C (rys. 1). Wykresami tymi posługiwać się można przy ustalaniu składu chemicznego żeliwa podgrzewanego w zbiorniku, przystosowawszy je do warunków pracy danego żeliwiaka.

Ciepło reakcji utleniania domieszek niemal w całości zużywa się na przegrzanie żeliwa, straty bowiem ciepła, zawartego w uchodzących gazach, są w tym wypadku nieznaczne.

Dla przybliżonych obliczeń przyjąć można, że utlenienie techniczne czystym tlenem 1% Si, rozpuszczonego w żeliwie, podnosi temperaturę metalu o 200 C, 1% Mn — o 50 C i 1% C — o 98 C. Do podniesienia

więcej temperatury metalu o 50—100 C wystarcza utlenienie kilku dziesiątych procentu (od ciężaru metalu) domieszek żeliwa. Zużycie tlenu jest również nieduże: teoretycznie na utlenienie 0,1% Si, Mn lub C potrzeba zużyć odpowiednio 0,8, 0,2 lub 0,9 m³ tlenu na tonę żeliwa. 5—6 m³ tlenu na tonę metalu wystarcza do podwyższenia temperatury żeliwa o 80—100 C. W wypadku zużycia tlenu w ilości 8—10 m³ na tonę metalu osiąga się temperaturę metalu, równą 1500—1520 C, przy której rozpoczyna się gwałtowne wypalanie węgla. W celu obniżenia zawartości C w żeliwie o początkowej temperaturze 1380 C o 0,2—0,3% konieczne jest doprowadzenie 7—10 m³ tlenu na tonę metalu.



Rys. 1

Warunkiem stałości składu chemicznego żeliwa na rynn timer spustowej jest równomierne doprowadzanie tlenu do ciekłego żeliwa oraz ciągły jednostajny przepływ metalu zarówno z kotłiny do zbiornika jak i ze zbiornika do rynn timer spustowej.

Włączając doprowadzenie tlenu równocześnie z początkiem spływania żeliwa do zbiornika zawartość Si w metalu, spuszczonego ze zbiornika, będzie niezmienną w czasie i równa:

$$Si_2 = Si_1 - \frac{10^3 k v}{m} \%$$

gdzie:

Si_2 — procentowa zawartość Si w żeliwie, gromadzącym się w zbiorniku,

Si_1 — procentowa zawartość Si w żeliwie, spływającym z żeliwiaka do zbiornika,

k — współczynnik, określający stosunek zgaru krzemu do zużycia tlenu w zależności od zużycia tlenu w m^3 na tonę metalu, wynoszący 0,1—0,065 (rys. 1),

v — zużycie tlenu, m^3 na minutę,

m — wydajność żeliwiaka, kg na minutę.

Ze wzoru powyższego wynika, że zawartość Si w żeliwie na rynninie spustowej będzie się utrzymywała na stałej wysokości, dopóki Si_1 , m i v będą stałe.

W wypadku włączenia doprowadzenia tlenu do zbiornika, gdy w tym ostatnim znajduje się już pewna ilość żeliwa o zawartości krzemu Si_1 , skład chemiczny metalu, spuszczonego ze zbiornika, będzie się zmieniał w okresie początkowym od Si_1 do Si_2 .

Proces przedmuchiwania żeliwa w zbiorniku różni się od procesu zachodzącego w konwertorze Tropenasa głównie tym, że niezbędne jest tutaj ściśle przestrzeganie stałości założonego rozchodu tlenu w stosunku do jednostki wagowej ciekłego metalu przy zmiennej ilości żeliwa w zbiorniku, oraz rozmieszczenie jednej w tym wypadku dyszy tuż nad spodem zbiornika. Dyszę umieszcza się z boku zbiornika umożliwiając wprowadzanie przez nią zarówno tlenu jak i powietrza, przy czym to drugie wprowadza się w wypadku, gdy okresowo nie jest konieczne wysokie przegrzanie żeliwa.

Ilość tlenu, którą trzeba doprowadzać w jednostce czasu do zbiornika, jest nieduża. Tak np. przy zużyciu $4 m^3$ tlenu na tonę żeliwa i wydajności żeliwiaka 5 ton na godzinę wyniesie ona $0,33 m^3$ tlenu na minutę. Doprowadzać go należy z szybkością maksymalną (krytyczną) w celu zwiększenia jego energii kinetycznej przy opuszczaniu dyszy i odsunięcia od niej w ten sposób ogniska spalania. Ponieważ ciśnienie hydrauliczne metalu przy dyszy (wysokość słupa metalu nad poziomem dyszy wynosi 400—600 mm) wynosi 1,28—1,42 atm, zaś stosunek krytyczny ciśnień u wyjścia i wejścia do dyszy wynosi 0,528, więc minimalne ciśnienie tlenu u wejścia do dyszy winno wynosić 2,7 atm.

Średnicę otworu dyszy przyjmuje się zgodnie z wymaganym zużyciem tlenu i jego ciśnieniem. Zaleca się doprowadzać ten do zbiornika pod ciśnieniem, nie niższym od 5—6 atm i stosować odpowiednio dysze o średnicach:

Wydajność żeliwiaka, t/godz.	3	4	5	6	8
Średnica dyszy, mm	2—3	3—4	3—4	3—5	4—5

Mniejsze średnice dysz stosuje się dla wypadku przegrzewania żeliwa o 60—100 C, większe — dla wypadku wyższego przegrzewania, lub przy odwęglaniu.

Zastosowanie dmuchu tlenowego do zbiornika nie pociąga za sobą potrzeby przebudowy zbiornika, ani też intensywnego odprowadzania produktów spalania, tymi ostatnimi są bowiem, dla temperatur poniżej 1450 C, głównie tlenki, przechodzące do żużla. W wypadku zaś większego zużycia tlenu (7—12 m^3 na tonę żeliwa) i podwyższeniu wraz z tym temperatury żeliwa do 1500 C i wyżej, wydzielają się większe ilości tlenków lotnych, ilości te jednak i wówczas nie są duże (około 1 m^3 na minutę dla żeliwiaka o wydajności 3 ton na godzinę) i nie wymagają specjalnych urządzeń do ich odprowadzania.

Zużel posiada normalny skład chemiczny. Spust jego przeprowadza się podobnie, jak i przy pracy bez dmuchu tlenowego.

Jako źródło tlenu służy bateria butli tlenowych lub własna stacja wytwórcza. Z rury zbiorczej baterii prowadzi się ten poprzez manometr wysokiego ciśnie-

nia i reduktor, przy pomocy którego ustala się wymagane ciśnienie, do kurka trójdrożnego, do którego doprowadzony jest też przewód powietrzny; przekraczając kurek przełącza się dmuch tlenowy na powietrzny i na odwrót. Przed kurkiem zainstalowany jest w przewodzie tlenowym manometr samoregulujący i gazomierz do kontroli zużycia tlenu. W przewodzie, przed samą dyszą, zainstalowany jest manometr niskiego ciśnienia.

Tlen wprowadza się do zbiornika przez dyszę, ułożoną w ścianie nad spodem zbiornika. Dysza wykonana jest z kształtek ogniotrwałych z wmurowaną w nie rurką miedzianą lub mosiężną. Pracuje ona w warunkach, nie sprzyjających jej długotrwałości: w miejscu zetknięcia się tlenu z ciekłym metalem wytwarzają się bardzo wysokie temperatury, wynoszące ponad 2000 C, tworzący się zaś w wyniku reakcji tlenu z żelazem tlenek żelaza reagując z materiałem ogniotrwałym dyszy tworzy łatwopłliwe krzemiany, zmywane strugą metalu. Do wykonania dysz stosuje się materiały ogniotrwałe dobrze spieczone o małej porowatości; stosować tu można również kształtki szamotowe I gatunku używane do wykładania trzonu wielkiego pieca lub kształtki chromo-magnezytowe I gatunku.

Podczas doprowadzania tlenu następuje nadtopienie kształtek ponad dyszą i to tym większe, im bliżej dyszy znajduje się ognisko spalania tzn. im mniejsze jest ciśnienie, pod którym doprowadza się ten. W wypadku wykonania dyszy z chromo-magnezytu lub szamotu wytopienie kształtek dyszy rozciąga się podczas jednej zmiany roboczej na długości 300—500 mm; dlatego też w miejscu doprowadzania tlenu przewiduje się pogrubienie wyłożenia zbiornika.

Wszelkie przygotowania, związane z prowadzeniem procesu przegrzewania żeliwa w zbiorniku, wykonuje się przed włączeniem dmuchu do żeliwiaka. Podczas biegu żeliwiaka obsługa dmuchu tlenowego ogranicza się do jego puszczenia i nastawienia reduktora na odpowiednie ciśnienie a także przełączenia dmuchu tlenowego na powietrzny i na odwrót, gdy to jest potrzebne.

Głównymi pozycjami po stronie rozchodu przy prowadzeniu procesu przegrzewania żeliwa w zbiorniku są:

- zgar krzemu, kosztem utlenienia którego następuje podwyższenie temperatury żeliwa,
- zgar żelaza,
- zużycie tlenu na utlenienie poszczególnych składników żeliwa,
- zużycie materiałów ogniotrwałych i rurki miedzianej na dysze,
- zużycie siły roboczej na obsługę stacji tlenowej i dyszy.

Wysokość tej strony bilansu procesu zależy od warunków pracy, to jest od wymaganego stopnia przegrzewania żeliwa, a zatem od zużycia tlenu na tonę żeliwa.

W wypadku przegrzewania żeliwa o 70—80 C zużycie tlenu wynosi około 5 m^3 na tonę ciekłego żeliwa; ogólny zgar metalu w żeliwiaku wzrasta o 1%, w związku z czym powiększa się ciężar wsadu metalowego o 1%. Zgar krzemu wynosi około 0,4%; winien on być uwzględniony przy obliczaniu składu wsadu lub uzupełniony przy modyfikowaniu żeliwa żelazokrzemem. Zużycie materiałów ogniotrwałych na remont zbiornika w strefie dyszy wynosi na zmianę 3 wielkopiecowe kształtki szamotowe i 10—12 zwykłych kształtek szamotowych. Zużycie rurki miedzianej o średnicy 3 mm wynosi 0,03—0,04 kg na wypot. W sumie koszt gotowych odlewów wzrasta w wyniku stosowania dmuchu tlenowego do zbiornika o około 3%.

Stosowanie procesu przegrzewania żeliwa w zbiorniku o 70—80 C opłaca się w wypadku istotnego obniżenia przez to ilości braków, powodowanych zbyt niską temperaturą metalu, a zwłaszcza przy odlawach cienkościennych, drobnych i skomplikowanych, oraz w wypadku konieczności podwyższenia temperatury żeliwa przeznaczonego do modyfikowania w celu otrzymania odlewów o podwyższonej wytrzymałości.

Przegrzewanie żeliwa w zbiorniku o 100—200 C związane jest z większym, niż to powyżej podano, zużyciem tlenu i zgarom domieszek. Zgar metalu wynosi w tym wypadku około 2%, zgar krzemu około 0,8%, zużycie tlenu około 10—12 m³ na tonę. Ogólna suma rozchodów, obliczona np. dla wypadku przegrzewania żeliwa w zbiorniku o 150—170 C, jest o około 7,5% wyższa w stosunku do kosztów gotowych wyrobów, otrzymywanych bez stosowania dmuchu tlenowego do zbiornika.

F. KLEEMAN

Wpływ tlenu na własności żeliwa

Do ostatniej chwili nie można było znaleźć naukowego wytłumaczenia periodycznych zmian własności żeliwa, prowadzących do epidemicznych wad odlewów, jak nadmierna twardość, porowatość, duży skurcz, niedolewy, strupy, pęknięcia oraz niskie własności mechaniczne, to też przyczynę powyższych zjawisk określano nieuchwytnym terminem „dziedziczności”.

Z braku innych danych, wielu badaczy próbowało tłumaczyć powstawanie tego rodzaju wad wpływem pochodzenia żeliwa dowodząc, że pewne materiały wyjściowe, użyte w bardzo nawet małych ilościach, nadają żelihu skłonność do charakterystycznych wad.

Pierwszą systematyczną pracę badawczą na ten temat wykonał w 1944 r. Hurst. Mimo zmechanizowania sposobu wykonywania próbek, form i materiałów formierskich oraz zachowanie stałych warunków i kontroli topienia, występowały różnice własności w pewnych partiach odlewów. Gorsze partie odlewów były kruche, dawały się łatwo łamać, wykazywały nieprzeciętnie grube ziarno oraz towarzyszącą tej strukturze porowatość, podczas gdy pod względem chemicznym i fizycznym nie różniły się niczym od próbek „dobrych”. Struktura „złych” próbek wykazywała budowę dendrytyczną a w grubych przekrojach ciężkich odlewów — gruboziarniste skupienia grafitu. Próby próżniowej ekstrakcji, przeprowadzane celem wykrycia ilości rozpuszczonego tlenu, wodoru i azotu wykazały, że „złe” żeliwo jak i zrobione z niego porowate odlewy, zawierają niespotykane duże ilości rozpuszczonych gazów, szczególnie wodoru i tlenu.

Moldenke, który zajmował się tym zagadnieniem przed Hurstem przypuszczał, że powodem tego rodzaju wad w odlewach żeliwnych może być tlen w formie tlenku żelaza utrzymujący, że wskutek zbytniego utlenienia, niebezpieczeństwo to istnieje nawet przy stosowaniu do topienia „dobrego” żeliwa, gdyż tlen tworzy tlenki tak metali jak i metaloidów. Ostatnie zdobycze wiedzy w dziedzinie poznania reakcji między gazami i metalami potwierdziły doświadczalne dane Moldenka i skierowały uwagę badaczy na kwestię utlenienia i odtlenienia żeliwa.

Badania Zapfego i Simsa z 1942 r. wykazały, że tlen może się rozpuszczać w stosunkowo dużych ilościach w ciekłym żelwie jako SiO, a prace Schebla i Chipmana pozwalają przypuszczać, że tlen rozpuszcza się w żelwie również jako CO. Hurst i Riley za pomocą próżniowej ekstrakcji wykazali obecność 0,080—0,120% tlenu nawet w żelwie o dużej zawartości Si. Według teoretycznych wyliczeń Heinego w żelwie o zawartości 0,90% Si i temperaturze 1600 C może znajdować się nawet 0,124% tlenu. Dane analityczne Schwartza wykazują 0,004—0,019% tlenu w żelwie białym na odlewy z żeliwa ciągliwego.

Już 40 lat temu Moldenke określił w następujący sposób szkodliwy wpływ tlenu na własności żeliwa:

1. zwiększenie zakresu krzepnięcia i związanej z tym segregacji i gęstości, gęstości,
2. zwiększenie ilości węgla związanego chemicznie oraz związanej z tym wysokiej twardości i spadkiem obrabialności,
3. zwiększenie skurczu, skłonności do pęknięć i innych wad odlewniczych,
4. wzrost tendencji do tworzenia pęcherzy gazowych wskutek reakcji węgla z tlenem.

Przegrzewanie żeliwa w zbiorniku o 150—170 C, to jest osiągnięcie na rynnie spustowej temperatury powyżej 1500 C, okazuje się opłacalne w wypadku wytapiania żeliwa niskowęglowego, przy produkcji żeliwa ciągliwego, przy wytopie żeliwa do pojedynczych odlewów pierścieni łożkowych, żeliwa wysokostopowego, sferoidalnego itp.

„Litiejnoje Proizvodstwo” Nr 9, 1951, str. 15.

Cz. P.

Mimo wszelkich usiłowań i najlepszych urządzeń, utlenienie topionego żeliwa wystąpi zawsze w pewnym stopniu, a nawet najlepszy materiał po przetopieniu w żeliwiaku może zostać w ten sposób „zepsuty”.

Zródłem tlenu może być według Moldenke wsad metalowy (żeliwo, złom, dodatki stopowe), materiał opalowy oraz atmosfera. Ponieważ warunki topienia w żeliwiaku ułatwiają utlenianie poważnych ilości Si i Mn, niebezpieczeństwo i prawdopodobieństwo dużego utleniania Fe jest tu więc dużo większe niż nawet w piecu płomiennym. Utlenianie Fe zachodzi specjalnie intensywnie w strefie topienia wskutek panującej tam wysokiej temperatury i obecności tlenu lub pary wodnej z powietrza dmuchu. Powstałe tlenki rozpuszczają się w ciekłym żelwie.

Ponieważ nie da się zapobiec utlenianiu, rozwiązanie problemu otrzymywania żeliwa o małej zawartości tlenu musi iść w kierunku zastosowania odpowiednich odtleniaczy. Według Moldenke dodatek ściśle obliczonej ilości Al lub Ti usuwa wszystkie wady, powodowane przez utlenianie. Lorig i Samuels odtleniając żeliwo gazowym wodorem zaobserwowali prócz odtlenienia również korzystny, modyfikujący wpływ wodoru. Schwartz wykazał, że dodatek silnego odtleniacza jak Al w żelwie ciągliwym ma zasadniczy wpływ na wielkość i ilość cząstek grafitu, tworzących się podczas obróbki cieplnej. Heine twierdzi, że Al, wodór i Ti mogą być użyte jako odtleniacze żeliwa, powodując one jednak występowanie grafityzacji pierwotnej.

Schwartz oraz wielu innych ustaliło, że podobnie działa bor oraz, że użycie wymienionych wyżej silnych odtleniaczy korzystne jest tylko w ściśle odmierzonych ilościach, gdyż nadmiar ich, pozostały w żelwie, zmienia jego własności jak dodatek stopowy.

Świadomość złego wpływu nadmiaru odtleniaczy (Al powoduje porowatość, Ti i B — silną stabilizację węglików i wzrost twardości, wodór natomiast kruchość), była powodem ograniczeń w ich praktycznym zastosowaniu, a badania nad odpowiednimi odtleniaczami doprowadziły do sprecozowania następujących wymagań, jakim mają one czynić zadość:

1. wystarczająca aktywność do tlenu,
2. możliwość wprowadzania w styczość z żelwem na odpowiednio długi okres czasu,
3. produkty odtlenienia nie powinny wpływać ujemnie na własności żeliwa,
4. ewentualny nadmiar odtleniacza, nie powinien wpływać ujemnie na własności żeliwa.

Spśród różnych odtleniaczy Si i C spełniają wszystkie warunki prócz pierwszego. Dalsze poszukiwania nieszkodliwych odtleniaczy sprowadziły badaczy do związku SiC (karborund), który okazał się najkorzystniejszym do tego celu. Odtleniacz ten, znany jako „ferrocarbo” (temperatura topienia 2482 C) może być dodawany do żeliwiaka w formie brykietów. Zazwyczaj dodaje się go w ilości 1% wsadu. Karborund położony na warstwie koksu wsadowego opuszcza się w szybie żeliwiaka i w strefie topienia rozpuszcza się w żelwie. W roztworze dysocjuje i „in statu nascendi” tak Si jak i C odtlenia ją bardzo silnie, nawet przy bardzo małych koncentracjach. Na skutek wysokiej temperatury topienia karborundu dochodzi on do strefy topienia w stanie nienaruszonym, co pozwala na skuteczne oddziaływanie na topiące się żeliwo. Powstałe CO ułat-

nia się z gazami do góry, a SiO_2 przechodzi do żuźla. W ten sposób SiC wypełnia wszystkie warunki konieczne dla dobrego odtleniacza, między innymi też warunków czwartą, ponieważ zarówno Si i C są składnikami występującymi w każdym żeliwie.

Jednym z najważniejszych efektów odtleniania jest zmniejszenie segregacji. Składniki strukturalne, szczególnie skłonne do segregacji w utlenionym żeliwie, to grafit, Fe_3C i eutektyka fosforowa. Segregacja ich jest szczególnie szkodliwa, gdyż wydzielения tworzą płaszczyny słabości, obniżając własności mechaniczne i obrabialność odlewu. W ostatnich czasach zapobiegano segregacji grafitu, stosując szeroko odtlenianie w kadzi i modyfikację. Skuteczność tych zabiegów jest uzależniona od stopnia odtlenienia. Ma ona swój wyraz w ilości wydzieleń grafitu. Czas wyżarzania odtlenionego żeliwa ciągliwego może być skrócony.

Próby nad obrabialnością odtlenionego karborundem

żeliwa szarego przeprowadzone na licznych typach odlewów, w których obróbka stanowi szczególnie poważną pozycję finansową dowiodły, że obrabialność zależy od stopnia grafityzacji i rozproszenia grafitu. Stwierdzono ponadto, że drobne i równomiernie rozproszone twarde składniki strukturalne są mniej szkodliwe dla narzędzi od większych skupień tych składników. Ponieważ twardość związków fosforu i twarde węglówki dochodzi do 500—700 HB, jasnym jest, że ograniczenie ich ilości i stopnia segregacji zwiększy w znacznej mierze czas pracy narzędzi i umożliwi stosowanie większych szybkości skrawania.

Pod względem własności wytrzymałościowych, żeliwo odtlenione co najmniej dorównuje żeliwu zwykłemu a nawet je przewyższa.

Foundry I. 1951, str. 101

R. K.

Kronika

KOMUNIKAT

ZARZĄD GŁÓWNEGO STOWARZYSZENIA TECHNICZNEGO ODLEWNIKÓW POLSKICH

Podajemy wykaz Oddziałów STOP i liczbę członków według stanu z dnia 31. XII. 1951 r.

L. p.	Oddziały	Liczba członków			
		inż.	techn.	Innych	razem
1	Oddział w Bielsku	9	34	44	87
2	„ „ Elblągu	1	16	22	19
3	„ „ Gliwicach	22	14	19	55
4	„ „ Grudziądzu	1	7	29	37
5	„ „ Krakowie	79	94	5	178
6	„ „ Łodzi	11	17	49	77
7	„ „ Ożimku	w stadium organizacji			
8	„ „ Nowej Soli	6	14	19	39
9	„ „ Poznaniu	15	11	18	44
10	„ „ Radomiu	6	34	39	79
11	„ „ Sosnowcu	10	12	27	49
12	„ „ Starachowicach	5	48	71	124
13	„ „ Warszawie	25	36	41	102
14	„ „ Wrocławiu	15	62	22	99
15	„ „ Zawierciu	4	37	49	90
Razem		209	436	434	1.079

Dane powyższe sporządzone są na podstawie sprawozdań kwartalnych Oddziałów. Niestety jednak nie wszystkie Oddziały przysyłają regularnie sprawozdania, co utrudnia w wysokim stopniu opracowywanie sprawozdania zbiorczego dla Naczelnej Organizacji Technicznej w Warszawie. Natomiast z uznaniem stwierdzić należy, że Oddziały skomasowane w Wojewódzkich Oddziałach NOT, do których należą Gliwice, Łódź, Poznań, Radom i Wrocław, są należycie obsługiwane przez Biura Oddziałowe Naczelnej Organizacji Technicznej i ze sprawozdaniem nie zalegają. Ilość członków naszego Stowarzyszenia wzrosła w czasie od lipca do końca grudnia 1951 r. od 400 do 1079 tj. o 170%. Wzrost ten świadczy wyraźnie o prężności na-

szego stowarzyszenia i coraz większym spopularyzowaniu zagadnień odlewnictwa wśród najszerszych mas naszych fachowców.

A. G.



Kronika Oddziału Krakowskiego STOP.

Praca wybranego w maju 1951 roku Zarządu Oddziału Krakowskiego STOP polegała w pierwszym etapie na organizacji Oddziału i werbunku członków.

Oddział Krakowski liczy na dzień 1. I. 1952 r. — 178 członków w następujących zakładach pracy:

Akademia Górniczo-Hutnicza — Kraków,

Centralne Biuro Konstrukcyjne Maszyn i Urządzeń Odlewniczych — Kraków,

Fabryka Armatur Wodociągowych — Kraków,

Fabryka Maszyn i Sprzętu Wiertniczego — Glinnik Mariampolski,

Główny Instytut Odlewnictwa — Kraków,

Krakowska Fabryka Armatur — Kraków,

Nowa Huta — Kraków,

Warsztaty Naprawcze PKP Nr 3 — Nowy Sącz,

Warsztaty Naprawcze PKP Nr 4 — Tarnów,

Wojewódzki Zarząd Przemysłu Terenowego w Krakowie z podległymi zakładami w Trzebini i Szczakowej,

Zakłady Azotowe im. F. Dzierżyńskiego — Tarnów,

Zakłady Budowy Maszyn i Aparatury — Kraków,

Zakłady Budowy Silników M 7 — Tarnów.

W organizacji znajduje się koło w Chełmku.

Łącznikami między członkami STOP'u w poszczególnych Zakładach a Zarządem są delegaci zakładowi (mężowie zaufania) w osobach kol. kol. Koreckiego K. (GIO), Sarneckiego M. (CBKMUO), Wittka Z. (AGH), Grzybowski W. (N. Huta), Kluza W. (KFA), Syrowego F. (ZBMiA), Trynki S. i Warmusa S. (WZPT), Bielewicz W. (N. Sącz), Olszowskiego T. i Hagedorna L. (Tarnów), Imielskiego L. (Glinnik Mariampolski) i Lamota F. (Chełmek).

W roku 1951 praca Oddziału rozwijała się przede wszystkim w dwóch sekcjach: odczytowej i postępu technicznego.

Sekcja odczytowa, prowadzona początkowo przez kol. L. Lech-Luśniak, a następnie przez kol. Z. Tyszkę i Z. Dębińską, zorganizowała w ubiegłym roku szereg ciekawych odczytów a między innymi:

C. Adamski: Praktyczne wskazówki przy zastosowaniu odlewniczych stopów miedziowo-krzemowych.

M. Dubowicki: Obróbka cieplna żeliwa szarego.
Z. Górny: Metale kolorowe w ZSRR.

J. Piaskowski: Produkcja żeliwa sferoidalnego i możliwości jego wprowadzenia w kraju.

M. Sarnecki: Formowanie w skrzynkach usuwalnych.

Z. Tyszkowski: Osiągnięcia techników radzieckich w dziedzinie procesu żeliwiakowego.

A. Woźniacki: Odprężanie odlewów żeliwnych.

Niektóre odczyty ilustrowane przeżyciami, wygłoszone były w „Domu Technika” i połączone były z dyskusją.

W ramach Miesiąca Pogłębienia Przyjaźni Polsko-Radzieckiej zorganizowano 27 odczytów, wygłoszonych przeważnie w zakładach pracy i w szkołach, a między innymi w Nowej Fabryce Armatur, w Centralnym Biurze Konstrukcji Odlewniczych, w Głównym Instytucie Odlewnictwa, w Domu Studentów AGH, w Liceum i Technikum Mechanicznym, w Warsztatach Naprawczych PKP w Nowym Sączu i Technikum Mechanicznym w N. Sączu.

Referaty miały na celu pogłębienie naszych wiadomości o przodzącej nauce i technice radzieckiej oraz o nowoczesnych metodach pracy w ZSRR. Tematami odczytów były:

Zastosowanie metody inż. Kowalowa — E. Anzel,

Żeliwo sferoidalne w ZSRR — J. Piaskowski,

Osiągnięcia stachanowców odlewników w ZSRR — J. Lutosławski,

O pracach radzieckich Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych — D. Gajewski,

Ruch racjonalizatorski w ZSRR — K. Hess.

Frekwencja na odczytach w ramach MPPPR wyniosła około 1150 osób.

W roku 1952 Oddział Krakowski planuje urządzenie, niezależnie od akcji w Miesiącu Pogłębienia Przyjaźni Polsko-Radzieckiej, 12 odczytów (co miesiąc jeden odczyt), przy czym na I kwartał przewidziane są:

19. I. 52: P. Januszewicz — W odlewni — pogadanka dla stud. AGH.

23. I. 52: J. Jelonek — Proces w konwertorze z bocznym dmuchem.

29. II. 52: Z. Wertz — Spoiwa rdzeniowe.

15. III. 52: K. Rutkowski — Odlewnictwo stopów miedzi.

Sekcja postępu technicznego prowadzona od września 1951 roku przez kol. J. Piszaka może się poszczycić zorganizowaniem konferencji odlewniczej w sprawie żeliwnych wałów korbowych; obszernie sprawozdanie z tej konferencji zamieszczono w Nr 2.52 „Przeglądu Odlewnictwa”. W ramach prac tej sekcji zorganizowano przy Zarządzie Oddziału Krakowskiego STOP — Ośrodek Poradnictwa Zawodowego, który udziela na piśmie zapytania wszelkich porad z zakresu odlewnictwa.

W związku z Krajową Radą Aktywu Technicznego członkowie naszego Stowarzyszenia podjęli liczne zobowiązania, o których donosił już „Przegląd Odlewnictwa”.

W związku z nowym stylem pracy Stowarzyszeń Technicznych, polegającym między innymi na podejmowaniu zobowiązań, Sekcja Postępu Technicznego mobilizuje Kolegów na poszczególnych zakładach pracy do podejmowania tego rodzaju zobowiązań. Akcja ta jest obecnie w toku. Zebrane zobowiązania zostaną przekazane do Zarządu Głównego STOP i ogłoszone w „Przeglądzie Odlewnictwa”.

W dniu 29. I. 52 odbył się wieczór dyskusyjny na temat klubów techniki i racjonalizacji oraz organizacji Związków Zawodowych w ZSRR.

W roku bieżącym planowane jest poza tym urządzenie jeszcze konferencji odlewniczej, której temat i termin nie są jeszcze ustalone.

Celem podniesienia kwalifikacji zawodowych pracowników odlewni metali kolorowych, Zarząd Oddziału projektuje na wniosek kol. C. Adamskiego, urządzenie w porozumieniu z GłO w II kwartale br. kursu szkoleniowego, przeznaczonego na doszkolenie techników i mistrzów odlewniczych. Kurs ten został w ogólnych zarysach już zatwierdzony i znajduje się we wspólnym stadium realizacji.

Zarząd Oddziału Krakowskiego STOP prosi Kolegów niestowarzyszonych z okręgu krakowskiego o wpisywanie się na członków Stowarzyszenia.

Adres Oddziału: Kraków, ul. Straszewskiego 28 III p.

T. W.

* * *

CZASOPISMA NADEŚLANE KRAJOWE

„HUTNIK” w zeszytach Nr 1/52 zamieszcza m. in. następujące artykuły: M. Schneiaer i E. Zaleski — „Możliwość zastosowania ciągłego odlewania stali”, Mieczysław Markusiewicz — „Zagadnienie blach transformatorowych w świetle najnowszych badań”, Władysław Gębicki — „Obsługa i dozór pieców przemysłowych opalanych gazem”, oraz dodatki: Biuletyn Informacyjny Głównego Instytutu Metalurgii i Przegląd Bibliograficzny Hutnictwa.

„PRZEGLĄD TECHNICZNY” zeszyt Nr 1/52 zawiera m. in. artykuły: „Rok 1952”, „Wyjątki z referatów przygotowanych na Krajową Radę Aktywu Technicznego”, „Dyspozycyjny system zarządzania w przemyśle” — Jan Szczepański i Zbigniew Zarzycki, „Wystawa Techniki Budownictwa w Warszawie” — Tadeusz Topolnicki i Tadeusz Woźniak. Dział Mechanizacji Pracy przynosi artykuł inż. Józefa Banacha p. t. „Wagi automacyjne”. Dodatki: Biuletyn Głównego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej, Przegląd Bibliograficzny Zagadnień Dokumentacji, Przegląd Bibliograficzny Metrologii.

„PRZEGLĄD GÓRNICZY” zeszyt 1/52 zawiera m. in. artykuły: Feliks Zalewski — „Wybieranie węgla z zaognionych pól”, Ludwik Ballenstedt — „Wykorzystanie i wydajność frontu wybierkowego”, Włodzisław Stępiński — „Ocena wyników selekcyjnego wzbogacania rud”, Tadeusz Mielecki i Marian Orzyk — „Z badań nad substancją mineralną polskich węgli”, Tomasz Piaseczny — „Porównanie procesów wzbogacania węgla”, Julian Nadziakiewicz i Henryk Hoffman — „Kontrola pracy płuczek benzolowych przez oznaczenie benzolu w gazie koksowniczym”, Zenon Czerwiński — „O zawartości jodków w solach warzelniowych”, Jan Zyzak — „Sztywne czy podatne stojaki w ścianach”.

„WIADOMOŚCI GÓRNICZE” zeszyt 1/52 przynosi następujące artykuły: Jerzy Rabsztyński — „Wkraczamy w trzeci rok Planu 6-letniego”, Anarzej Sieniawski — „O uroczystościach związanych z Dniem Górnika”, A. Naturski i W. Zajac — „Organizujemy transport”, Tadeusz Czechański — „Dlaczego i w jaki sposób organizujemy transport ludzi w kopalniach” (c. d.), Alfred Ligocki — „Książki i czasopisma techniczne, a awans społeczny”. Następnie w zeszytach tym znajdujemy dział „Bezpieczeństwo Pracy” z artykułami Mariana Glotta — „Sprzęt ochrony osobistej” oraz dział „Postęp Techniczny” z artykułami: „Wrębiarka uniwersalna” — Stanisław Kępiński, „Ludzie i maszyny w walce o Plan 6-letni” (artykuł zbiorczy) oraz „Wprowadzamy podszkawkę płynną”.

Wydawca: Państwowe Wydawnictwo Techniczne — Katowice, Stawowa 19.

Kolegium redakcyjne: mgr inż. Stanisław Buzek, prof. dr inż. Mikołaj Czyżewski, mgr inż. Platon Januszewicz, prof. inż. Gabriel Kniagin, mgr inż. Jerzy Lutosławski, mgr inż. Stanisław Pelczarski.

Redaktor Naczelny: mgr inż. Czesław Kalata

Sekretarz Redakcji: Jadwiga Gierdziejewska

WKŁADKI ŻELIWNE DO GŁOWICY PAŁĄKA TROLEYBUSOWEGO

Zakłady Komunikacyjne jednego z miast polskich zwróciły się do GIO z prośbą o pomoc w opracowaniu tworzywa na wkładki do głowicy pałaka trolejbusowego. Wkładki (tzw. ślizgacze) są tym elementem, który ślizga się po przewodzie elektrycznym. Są one kształtu płytki 60 x 20 x 10 mm, posiadającej na jednej z płaszczyzn 60 x 20 podłużne wyżłobienie, którym wkładka dotyka przewodu. Od ślizgaczy wymagana jest oprócz trwałości stosunkowo niska twardość i odpowiednia ścieralność celem nie niszczenia przewodów sieci.

Dotychczas używano wkładek węglowych, importowanych z zagranicy, których trwałość wynosiła około 5 dni. Ślizgacze węglowe krajowe pracowały jeszcze krócej. Próbowany przez Zakłady Komunikacyjne stop aluminiowy na ślizgacze niszczył nadmiernie przewody.

Tablica 1

Nr próbki	Skład chemiczny						H _B kg/mm ²	struktura
	C _c	C _{gr}	Si	Mn	P	S		
1	3,08	2,60	2,80	0,81	0,10	0,027	214	perlityczna
2	3,04	2,55	3,06	0,82	0,11	0,027	154	

Należało więc opracować odpowiednie trwałe i miękkie tworzywo, które byłoby jednocześnie tanie, wobec dużego zapotrzebowania na ślizgacze.

Żądana twardość ok. 120 HB, osiągalna jest w żeliwie ferrytycznym, ewentualnie w wyżarzonym zmniejszającym żeliwie szarym. Wstępne wytypy przeprowadzono w piecu tyglowym, odlewając przeważnie do form piaskowych. Skład chemiczny i twardość próbek pobranych z odlanych ślizgaczy zestawiono w tabl. 1.

Celem zmniejszenia ślizgaczy poddano je wyżarzaniu zmniejszającemu w 720 C. Wstępne próby obróbki cieplnej dały wyniki zestawione w tabl. 2.

Tablica 2

Nr próbki	czas żarzenia	H _B kg/mm ²	struktura
1	6 godz.	146	ferryt + perlit
2	4 ..	139	
3	2 ..	158	
4	1 ..	159	
5	30 min.	168	perlit

Na podstawie tych wyników całą partię ślizgaczy wyżarzono w 720 C w ciągu 6 godzin, studząc je następnie wraz z piecem. Uzyskano twardość w granicach 135-140 kg/mm². Wkładki powyższe zostały zamontowane do niektórych wozów trolejbusowych i czas ich pracy wynosił 5-6 dni. Stopnia zużycia sieci nie można było ustalić, gdyż na wozach założone były różnego rodzaju wkładki. Dla ustalenia stopnia zużycia sieci wykonano w dalszym zamówieniu ok. 2000 ślizgaczy celem zamontowania ich na wszystkich kursujących wozach.

Ślizgacze formowano z płyty po 16 sztuk w skrzynce. Odlano je z żeliwa wytopionego w piecu tyglowym pod węglem drzewnym. Skład chemiczny i twardość

odlanych ślizgaczy przed i po obróbce cieplnej podaje tabl. 3. Ślizgacze przed żarzeniem posiadały strukturę z dużą przewagą ferrytu, po żarzeniu prawie czysty ferryt. Jak widać na podstawie pomiaru twardości, wpływ żarzenia był nieznaczny. Żeliwne wkładki trolejbusowe zostały następnie poddane badaniom przez Zakład Trakcji Elektrycznej Głównego Instytutu Elektrotechniki w celu ustalenia stopnia ich zużycia oraz współpracy z miedzianym drutem jezdny i stalowo-aluminiowym przewodem jezdny.

Tablica 3

	Skład chemiczny					H _B kg/mm ²	
	C _c	Si	Mn	P	S	przed żarzeniem	po żarzeniu
średnio	3,42	3,11	0,40	0,35	0,051	131	121

Badania laboratoryjne przeprowadzono w specjalnym urządzeniu, składającym się z wirującego bębna o średnicy ok. 2 m, na którym zamocowano miedziany drut jezdny i przewód stalowo-aluminiowy. Wkładki były przyciskane do drutów z siłą 8 kG, obwodowa prędkość bębna wynosiła ok. 17 km/godz., prąd przepływający przez wkładkę 150 A. Wkładki zostały poddane następującym próbom:

- ok. 1000 obrotów bębna bez prądu i smarowania drutów,
- ok. 5000 obrotów bębna bez prądu, przy drutach jezdnych smarowanych olejem mineralnym z dodatkiem grafitu (smar ten jest zbliżony do smaru stosowanego przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne),
- ok. 50.000 obrotów bębna przy prądzie stałym A i smarowaniu jak wyżej, Co 10 min. wyłączano prąd na 5 min.

W wypadku pierwszym zużycie drutów jezdnych było niewielkie. Powstawały lekkie zatarcia. Zużycie wkładek na przewodzie stalowo-aluminiowym około 4 mm, na drucie miedzianym ok. 2 mm. W drugim wypadku zużycie drutów jezdnych również było niewielkie, a współpraca wkładki z drutem prawidłowa, bez zatarć i przenoszenia materiału drutu na powierzchnię ślizgu wkładki. W wypadku trzecim zużycie wkładki przy przewodzie stalowo-aluminiowym było nieco większe niż w poprzedniej próbie.

Badania zużycia wkładek w warunkach eksploatacyjnych przeprowadzono w stosunkowo wąskim zakresie. Z powodu małej ilości pomiarów obliczone wartości średnie, zależnie od warunków atmosferycznych i eksploatacyjnych w czasie pomiaru, mogą być różne od przeciętnych za dłuższy okres czasu. W tabl. 4 podano ilościowe zestawienie wyników.

Tablica 4

Nr linii	Ilość badanych wozów	Średnia długość trasy w km	Przeciętne zużycie wkładki w mm	Zużycie właściwe w mm kn
1	5	32,3	0,54	0,0167
2	3	54,2	0,50	0,0092
3	5	50,8	0,45	0,0089

Biorąc średnią zużycia wszystkich pomierzonych wkładek, otrzymamy średnie zużycie właściwe około 0,0116 mm/km. Zakładając proporcjonalność zużycia do ilości przejechanych kilometrów, otrzymamy dla dopuszczalnego zużycia wkładki 4 mm średnią trasę pracy ok. 345 km, czyli ok. 30 kursów wozu.

Według orzeczenia Zakładu Trakcji Elektrycznej wkładki żeliwne można stosować w eksploatacji pod warunkiem właściwego smarowania drutu jezdnego.

Mgr inż. T. Welkens

TULEJKI ŁOŻYSKOWE Z ŻELIWA MODYFIKOWANEGO

W ramach prac nad stopami zastępczymi stopów miedzi zwrócono w Głównym Instytucie Odlewnictwa uwagę na żeliwo szare jako tworzywo na panewki łożysk ślizgowych. Żeliwo może w pewnej mierze zastąpić dotychczas stosowane brązy cynowe i cynowo-cynkowe.

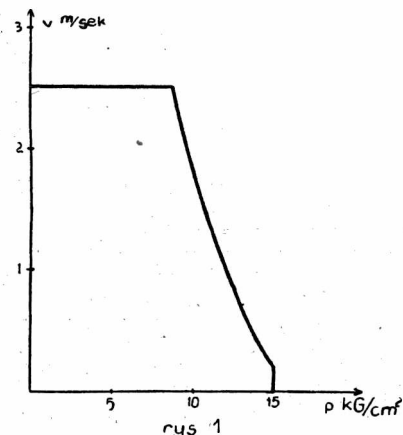
Obecnie są w toku badania i częściowo również praktyczne próby nad zastosowaniem żeliwa modyfikowanego o budowie perlitycznej na panewki łożysk obrabiarkowych. Główny Instytut Odlewnictwa przy współudziale Instytutu Konstrukcji Mechanicznych we Wrocławiu, dobrał odpowiednie tworzywo na tulejki wolnobieżnych łożysk obrabiarkowych. Warunki obciążenia wspomnianych łożysk są następujące:

ciężar jednostkowy: $p_{\max} = 1,7 \text{ kG/cm}^2$

prędkość ślizgania: $v_{\max} = 0,525 \text{ m/sek}$.

Badania przeprowadza się na wahadłowej maszynie łożyskowej oraz na maszynie Amslera do badania ścieralności.

Za kryterium oceny przydatności żeliwa dla zastosowania na panewki łożyskowe posłużyły wykresy bezawaryjnych krzywych p. v.



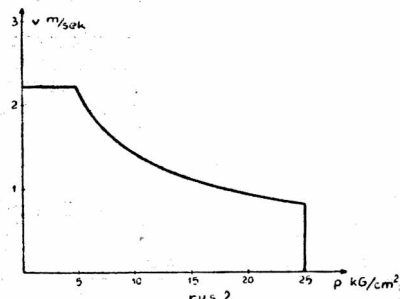
Rys. 1. Krzywa bezawaryjna w układzie p v dla żeliwa gatunek 1, wykonana na podstawie badań na wahadłowej maszynie łożyskowej, przy temperaturze dopuszczalnej 80 C.

Dotychczasowe badania przeprowadzono na dwóch rodzajach żeliwa (tabl. 1):

gatunek 1: żeliwo szare

„ 2: „ „ modyfikowane żelazo-krzemem

Wykresy p. v. dla obu rodzajów żeliwa podane są na rys. 1 i 2. Badania tulejek na maszynie łożyskowej przeprowadzono przy współpracy z wałem ze zwykłej stali węglowej. Czop wału był cementowany i hartowany a następnie szlifowany. Stosowano smar maszynowy M 6, smarowanie pierścieniowe. Pasowanie dobrano wg ISA: H7/f 7.. Jako maksymalną temperaturę zagrzaną dopuszczono 80 C, przy temperaturze otoczenia 20 C.



Rys. 2. Krzywa bezawaryjna w układzie p v dla żeliwa gatunek 2, wykonana na podstawie badań na wahadłowej maszynie łożyskowej, przy temperaturze dopuszczalnej 80 C.

Badania ścieralności żeliwa szarego wykazały, że najlepsza ze względów przeciwnych jest struktura perlityczna z równomiernie rozłożonym grafitem płatkowym o średniej wielkości (6—25 mm na 100-krotnym powiększeniu). Należy unikać grafitu międzydendrycznego ze względu na fakt, że towarzyszy mu przeważnie ferryt, którego obecność wpływa na obniżenie własności przeciwnych. Dopuszczalna ilość ferrytu nie może przekraczać 2%.

Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań ustalono skład chemiczny żeliwa modyfikowanego, które może być zastosowane jako tworzywo panewek ślizgowych dla łożysk obrabiarkowych. Zawartość krzemu powinna być dobierana na podstawie grubości ścianki odlewu. Dobór odpowiednich wartości nacisku jednostkowego i prędkości ślizgania podaje tabl. 2. Wartości maksymalne są następujące:

$p_{\max} = 25 \text{ kG/cm}^2$

$v_{\max} = 2 \text{ m/sek}$.

Smarowanie pierścieniowe może być stosowane przy

$p = 10 \text{ kG/cm}^2$

$v = 0,5 \text{ m/sek}$.

Skład chemiczny i własności mechaniczne badanego żeliwa

T a b l i c a 1

gatunek żeliwa	% ciężarowy						R_f kG/mm ²	H_B 2,5,187,5/30 kG/mm ²
	C _c	C _{gr}	Si	Mn	P	S		
1	3,2 — 3,3	nie oznaczono	1 — 1,4	0,5 — 0,6	0,4 — 0,5	nie oznaczono	23 — 30	210 — 230
2	2,9 — 3,0	1,8 — 2,2	1,8 — 1,9	0,7 — 0,8	0,13 — 0,14	0,112 — 0,150	29 — 33	265

T a b l i c a 2

Dobór wartości nacisku jednostkowego i prędkości ślizgania dla zastosowania wytypowanego żeliwa na panewki łożysk ślizgowych

łożysko dane	normalnoobrotowe		wolnoobrotowe		
$\frac{p}{cm^2}$	do 5	10	15	20	25
$\frac{m}{v \text{ sek.}}$	2	1	1	0,75	0,75
p. v	10	10	15	15	18

Wyższe naciski jednostkowe, a szczególnie prędkości obwodowe, wymagają smarowania obiegowego.

Wartości maksymalne oraz zestawione w tabl. 2 naciski jednostkowe i prędkości obwodowe określone są z dużym zabezpieczeniem. Należy przypuszczać, że wykonanie większej ilości różnorodnych prób ruchowych pozwoli na wydatne zwiększenie dotychczas wytypowanego zakresu obciążenia.

Mgr inż. Z. Górny

OZNACZANIE MODUŁU SPRĘŻYSTOŚCI

Istnieją dwie zasadnicze grupy metod pomiarów modułu sprężystości:

1. Metody bezpośrednie, polegające na pomiarze odkształceń próbki przy znanym stanie jej napięcia. Najczęściej stosuje się pomiar przy jednorodnym stanie napięcia, a więc rozciąganiu lub ściskaniu jednoosiowym, obliczając moduł z zależności:

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon}, \text{ gdzie } \Delta \sigma \text{ jest zmianą naprężenia,}$$

a $\Delta \epsilon$ odpowiadającą zmianą odkształcenia (wydłużenia lub skrócenia). Wyznaczono też moduł sprężystości na podstawie próby zginania przez pomiar elastycznej strzałki ugięcia próbki przy znanym obciążeniu. Dla belki dwustronnie podporowanej, obciążonej w środku siłą P , mamy:

$$E = \frac{Pl^3}{48. I. f}$$

gdzie I jest momentem bezwładności (dla próbki o przekroju kołowym $I = \frac{\pi d^4}{64}$, l — długością

próbki, f — sprężystą strzałką ugięcia.

2. Metody pośrednie, fizyczne, polegające na pomiarze wtórnych efektów sprężystości materiałów. Należą tu różne metody z zastosowaniem np. ultradźwięków, obserwacji rozchodzenia się drgań mechanicznych i inne.

Jedynie próby bezpośrednie umożliwiają odtworzenie całości zależności odkształceń od naprężeń, a więc pomiar wielkości odkształceń twardych, umownej granicy sprężystości, umownej granicy płynności itp. Wyznaczenie modułu sprężystości żeliwa na podstawie próby zginania jest niewskazane, gdyż z powodu odstępstw od prawa Hooke'a trudno jest tam obliczyć rzeczywiste naprężenie próbki, a co za tym idzie, moduł wyznaczony nie jest modułem rzeczywistym i stanowić może tylko wielkość porównawczą, nie dającą nam obrazu zachowania się materiału przy innych stanach napięcia.

Do ścisłych prób rozciągania czy ściskania używa się najczęściej ekstensometru lusterkowego Martensa.

W Głównym Instytucie Odlewnictwa stosowano przy rozciąganiu próbki dziesięciokrotne, normalne, kształtu używanego do prób rozciągania dla stali, o średnicy normalnej 15 lub 20 mm.

Przy próbie ściskania próbki walcowe miały średnicę 25 do 30 mm, wysokość 80 mm.

Jeżeli chodzi nam wyłącznie o pomiar modułu sprężystości, czyli stosunku $\Delta \sigma : \Delta \epsilon$ w zakresie naprężeń bliskich zeru, właściwym jest używanie metod fizycz-

nych. Dają one w zakresie małych naprężeń wyniki dokładniejsze niż metody bezpośrednie, są od nich łatwiejsze i szybsze w wykonaniu.

Główny Instytut Odlewnictwa posiada elastometr wahadłowy własnego wykonania, na którym mierzy się moduł sprężystości próbek o całkowitej długości 170 mm, z dwoma główkami średnicy 10 mm, długości 25 mm, o średnicy części środkowej 8 mm $\pm$ 0,05.

Mgr inż. M. Misiąg

PRÓBA ŚCINANIA I SKRĘCANIA

Wspólną cechą obu tych prób jest poddawanie materiału naprężeniom stycznym, czyli leżącym w płaszczyźnie przekroju niebezpiecznego. Próba skręcania ma tę przewagę nad próbą technologicznego ścinania, że łatwiej w niej uzyskać stan zbliżony do idealnego ścinania czyli wyeliminować naprężenia prostopadłe do przekroju niebezpiecznego.

GIO posiada urządzenie do wykonywania próby ścinania f. Amsler (Szwajcaria). W urządzeniu tym próbka okrągła ϕ 20 mm lub kwadratowa 15×15 mm, długości nie mniejszej jak 105 mm, ścinana jest ruchomym pierścieniem w dwu równoległych przekrojach. Mimo możliwie dokładnego dopasowania próbki do wymiaru pierścieni zawsze występuje przy próbach żeliwnych zginanie tak silne, że jeszcze przed ścięciem następuje pęknięcie próbki w obrębie pierścienia ruchomego. Świadczy to dobitnie o wielkości różnic pomiędzy rzeczywście istniejącym stanem napięcia a stanem czystego ścinania. Zależność naprężeń zginających od stopnia dopasowania próbki do pierścieni może wpływać na zmniejszenie porównywalności wyników.

Wobec trudności uzyskania takich aparatów z zagranicy celowym byłoby produkowanie w kraju prostych urządzeń tego typu, np. w rodzaju mikromaszyny P. Chevenarda.

Wytrzymałość na ścinanie oblicza się z uproszczonego wzoru:

$$R_t = \frac{P}{F} \text{ kG/mm}^2$$

gdzie P oznacza maksymalną siłę tracą w kG, a F — przekrój ściany w mm^2 (o ile ścięcie następuje w dwu przekrojach, F jest podwojonym przekrojem próbki).

W próbie skręcania liczymy:

$$R_s = \frac{16 M_s}{d^3}$$

M_s oznacza maksymalny moment skręcający, d — średnicę próbki okrągłej.

Zarówno wzór pierwszy, jak i drugi są wzorami przybliżonymi. Przy pierwszym zakładamy równomierne rozkład naprężeń w całym przekroju ścinanym, w drugim przyjmuje się liniowy rozkład naprężeń, czyli zachowanie prawa Hooke'a. Dlatego z obu wzorów należy się spodziewać wyników nie odpowiadających ściśle rzeczywistym naprężeniom, występującym w próbce, podobnie jak przy obliczaniu R_g według normalnie używanych wzorów nie otrzymujemy rzeczywistych naprężeń niszczących, a tylko wielkość umowną, porównawczą. Ustalenie sposobów lepszego ocenienia rzeczywistej wytrzymałości wymagałoby żmudnych badań doświadczalnych. Na ogół stwierdzić można, że, o ile obie próby dają właściwie do ustalenia tej samej cechy materiału, to technologiczne ścinanie gorzej odtwarza idealny stan ścinania, skręcanie zaś nasuwa poważniejsze trudności w przeliczeniu wytrzymałości jednostkowej (uniknąć ich można stosując próbki w kształcie cienkościennych rurek).

Pomiar wytrzymałości żeliwa na naprężenia tnące jest pożądany ze względu na znaczne odstępstwa, jakie materiał ten wykazuje w odniesieniu do danych, wynikających z ogólnych teorii wytrzymałości. O ile np. dla stali przyjmuje się zgodnie z doświadczeniami $R_t = 0,58 R_r$, to przy żeliwie szarym stosunek ten jest znacznie wyższy; własne próby na aparacie Amslera wykazywały z reguły R_t wyższe od R_r . Wyjaśnienie tego zagadnienia nie jest pozbawione znaczenia również z punktu widzenia konstruktorów.

Według A. la Falce (Metallurgia Italiana, 1941) wytrzymałość na ścinanie najlepiej ze wszystkich własności mechanicznych charakteryzuje odporność żeliwa na ścieranie. Krytyczną wielkością R_t ma być 30 kG/mm², im wyższe R_t , tym żeliwo odporniejsze.

Nieliczne dotychczas przeprowadzone próby ścinania żeliwa szarego nie pozwalają jeszcze na wypowiedzenie się odnośnie słuszności tej hipotezy. Dalsze próby będą tu miały duże praktyczne znaczenie, gdyż ewentualny związek R_t ze ścieralnością pozwoliłby choć częściowo wyeliminować żmudne próby ścierania.

Laboratorium Głównego Instytutu Odlewnictwa jest w stanie wykonać takie badania; próbki walcowe o średnicy 20,1 + 0,05 mm i długości 105 mm możnaby wytaczać z połówek złamanych próbek na zginanie. Równocześnie należałoby prowadzić próby ścieralności.

Mgr inż. M. Misiąg

KRONIKA GŁÓWNEGO INSTYTUTU ODLEWNICTWA

W najbliższych miesiącach odbędą się w GIO zebra-
nia naukowo-dyskusyjne, na które przewidziane są na-
stępujące referaty:

- 8.3.52 J. Rutkowski: Obróbka cieplna żeliwa niskochromowego.
- 22.3.52. A. Woźniacki: Odprężanie żeliwa niskochromowego.
- 5.4.52. Z. Górny: Zakres zastosowania żeliwa szarego na panewki łożyskowe.
- 19.4.52. K. Rutkowski: Topienie i rafinacja metali nie-
żelaznych.
- 3.5.52. Z. Wertz: Zmiana własności wiążących gliniek
pod wpływem temperatury.
- 17.5.52. J. Romański: Powłoki fosforanowe na stopach
cynku typu Znal.

Dyrekcja GIO zaprasza zainteresowanych do wzięcia
w nich udziału.

W ostatnich miesiącach Biblioteka Głównego Insty-
tutu Odlewnictwa uzupełniła swoje zbiory m. in. na-
stępującymi pracami:

Nowoczesne metody analizy stopów aluminium opar-
owane przez Komitet powołany przez ALAR. Modern
Methods for the Analysis of Aluminium Alloys by a
Committee of Chemists convened by ALAR (The Asso-
ciation of Light Alloys Refiners). London, 1949, Chap-
man and Hall Ltd., s. VII, 144, GIO 2042.

Rosenberg S., Technologia materiałów ogniotrwa-
łych. Katowice, 1951, Państw. Wyd. Techn., s. 136,
GIO 2043.

Lebediew K.P., Sokołow N.N., Technologia produk-
cji śrub okrętowych. Technologia produkcji grieb-
nych wintów. 1951, Sudpromizdat, s. 372, tabl. 2, GIO
2047.

Fettweis — Frede, Odlewnictwo. Podręcznik dla
praktykantów formierskich i odlewniczych. Giesserei-
fachkunde. Ein Lehrbuch für Former und Giesserei-
praktikanten. Weinheim, 15. Aufl., Verlag von Julius
Belz, s. 101—807, GIO 2058.

Budowa maszyn. Podręcznik encyklopedyczny. Tom
15, Moskwa, 1951, Maszgiz, GIO 2061. Maszynostroje-
nie. Encykl. spraw., j.w. GIO 2062.

Razous P., Teoria i praktyka suszarnictwa przemy-
słowego. Théorie et pratique du séchage industriel.
Paris, 1949, Dunod, s. 259, GIO 2065.

Praca zbiorowa na temat badania żeliwa aparatem
typu SR-4. ASTM. Symposium on testing of cast iron
with SR-4 type of gage. Philadelphia, 1950, American
Society for Testing Materials, s. 92, GIO 2069.

Brauer Otto, Prowadzenie żeliwiaka. Der Kuppelofen-
betrieb. Berlin, 1948, Fachverlag Schiele nud Schön,
s. 87, GIO 2070.

Gwiazdowski A., Metalurgia. Engineering metallurgy.
Appleton, 1950, C.C. Nelson Publ. Co., s. XXV, 247,
GIO 2074.

Buerger M.J., Krystalografia rentgenograficzna.
Wstęp do badań nad kryształami przez ich dyfrakcję
monochromatycznego promieniowania Röntgena. X-ray
crystallography. An introduction to the investigation
of crystals by their diffraction of monochromatic
X-radiation. New York, 1949, John Wiley and Sons,
Inc., s. XIX, 531, GIO 2081.

Kleber W., Strukturalna fizyka stosowana. Omówie-
nie własności ciał krystalicznych z punktu widzenia
krystalografii. Angewandte Gitterphysik. Behandlung
der Eigenschaften kristallisierter Körper vom Stand-
punkte der Gittertheorie. Berlin, 1949, Walter de Gruy-
ter Co., s. VIII, 215, GIO 2085.

Dubickij G.M., Układy wlewowe. Litnikowyje sistie-
my. Metody zasilania, konstrukcji i obliczania. Mieto-
dy podwoda, konstrukcji, rasczety. Moskwa, 1951,
Maszgiz, s. 151, GIO 2091.

Pietriczenko A.M., Odlewanie w kokile. Lit'jo w ko-
kil. Kijew, 1950, Maszgiz, s. 67, GIO 2093.

Fundator W.I., Układy wlewowe i odlewanie metali.
Litnikowyje sistie my i zaliwka mietałłow. Moskwa,
1951, Maszgiz, s. 260, GIO 2094.

Użik G.W., Metody badania metali i części maszyn
na zmęczenie. Mieto dy ispytani j mietałłow i dietale j
maszin na wynosliwost'. Moskwa, Izdat. Akademii
Nauk SSSR, s. 262, GIO 2095.

ZE ŚWIATA

Mikroskop w przemyśle

Royal Microscopical Society zorganizowało w Lon-
dynie z końcem listopada ub. r. małą, ale interesującą
wystawę, na której pokazano zastosowanie mikroskopu
w rozmaitych badaniach. Pokazy użycia mikroskopu
obejmowały prawie wszystkie dziedziny życia, m. in.
biologię, ceramikę, włókiennictwo, metalurgię, fotogra-
fike, interferometrię.

Jeśli chodzi o metalurgię, jedna z firm (British
Thomson Houston Company Ltd.) pokazała dwie me-
tody umożliwiające zidentyfikowanie wybranej orien-
tacji kryształów w krzemowo-żelaznych płytkach do
transformatorów. Orientację płaszczyzn uprzednio tra-
wionych zidentyfikowano przy pomocy uproszczonej
metody goniometrycznej albo przez użycie spolaryzo-
wanego światła. Szybkie oznaczenie stopnia żądanej
orientacji w polikryształach jest możliwe.

Praca M.J. Olney'a na temat użycia nowego reflek-
syjnego mikroskopu dla badania metali w wysokich
temperaturach (Oddział Metalurgii, Uniwersytet
w Cambridge) pokazała, jak specjalnie skonstruowany
aparat pozwala badać zmiany fazowe w małych prób-
kach metalowych, podgrzanych w próżni do tempera-
tur do 1000 C.

Metalograficzne własności obserwowane są na roz-
grzanych próbkach przez okno wtopione w pokrywę
pieca. Rozwój elektronowej mikrograficznej techniki
przedstawiony został przez J. Nuttinga (z Oddziału
Metalurgii Uniwersytetu w Cambridge).

Spektrograficzna analiza pierwiastków stopowych w stali

Na 5-tej Konferencji Chemików, zorganizowanej
przez British Iron and Steel Research Association
w dniach 3-4.10.51 r. w Leamington Spa., dyskutowano
nad projektami standardyzacji dla spektrograficznej
analizy pierwiastków stopowych w stali.

Problemem standardyzacji zajął się Podkomitet
B.I.S.R.A. (British Iron and Steel Research Associa-
tion). Propozycje obejmowały: użycie spektrografu
o pryzmacie kwarcowym; stosowanie przeciw-elektrod
grafitowych; wzbudzenie przy pomocy kondensatora
o wysokim wołtażu i niskiej pojemności z iskrą nie-
kontrolowaną; kalibrację i standardyzację warunków
fotograficznych przez użycie określonych linii spektral-
nych żelaza i par homologicznych o określonej inten-
sywności do analizy ilościowej. Powtarzalność w tych
warunkach była wyrażona jako standardowe procen-
towe odchylenie od zawartości danego pierwiastka
w stali.

