

A 1629 II

PRZEGLĄD ODLEWNICTWA

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



Nr 1

LISTOPAD 1955

Numer poświęcony Odlewom
Konferencji Naukowo-Technicznej
ORGAN STOWARZYSZENIA NAUKOWO-
TECHNICZNEGO ODLEWNIKÓW POLSKICH
WYDAWCA: PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE
Warszawa październik i Grudzień, 1955

T R E Ś Ć Nr 11

		Str.
Konferencja Naukowo-Techniczna pod hasłem „Podstawy naukowe odlewnictwa“	Prof. mgr inż. Gabriel Kniagin	325
Niektóre zagadnienia właściwej konstrukcji odlewów	Prof. mgr inż. Michał Skarbiński	327
Współczesny stan wiedzy o własnościach metali ciekłych	Zast. prof. mgr inż. Marian Olszewski	335
Zastosowanie niektórych metod statystycznych do ustalania odchylek wymiarowych odlewów	Mgr inż. Roman Krzeszewski	341
 KRONIKA		
G. Agricola — wielki metalurg Epoki Odrodzenia	Mgr inż. Jerzy Piaskowski	348
 PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH		
Hydrodynamika ciekłych metali	Opracował i tłumaczył: Cz. P.	349
 Z WYDAWNICTW		352
 BIULETYN INFORMACYJNY INSTYTUTU ODLEWNICTWA		21—24
 NORMY RESORTOWE ODLEWNICZE (luźna wkładka)		

СОДЕРЖАНИЕ № 11/55

Научно-Техническая Конференция Общества Польских Литейщиков

Некоторые проблемы правильной конструкции отливок

Современное состояние сведений о жидких металлах

Применение некоторых статистических методов для определения отклонений размеров отливок

Хроника

Обзор технической печати

Новые издательства

Информационный Бюллетень Литейного Института

Ведомственные стандарты (приложение)

CONTENTS of Nr 11

The Scientific and Technical Conference on „Scientific Principles of the Foundry Industry“

Some Problems of Proper Castings Design

Contemporary State of the Science of Molten Metals Properties

Some Statistical Methods Applied to Determine the Variations of Castings Dimensions

Chronicle

Review of Technical Literature

New-Publications

Information Bulletin of the Foundry Research Institute

Departmental Foundry Standards (Leaflet)

Adres Redakcji: Kraków, ul. Straszewskiego 28, pokój nr 15, tel. 244-00
 Adres Administracji: Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa, ul. Mazowiecka 2/4
 Kolportaż: PPK „Ruch“, Stalinogród, ul. 3 Maja 16, tel. 375-53

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

Konto PKO—Warszawa, 1-6-100020. Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw „Ruch“.
Cena zeszytu pojedynczego zł 6.—

Format A4, ark. druk. 4,5. Nakład 2500. Papier druk. sat. 60 gr kl. V 61×86 cm Włocławek. Zam. nr 1920. M-6-5456
 Krakowska Drukarnia Prasowa, Kraków, Wielopole 1. Druk ukończono 17.XI.1955 r.

PRZEGLĄD ODLEWNICTWA

MIESIĘCZNIK NAUKOWO - TECHNICZNY

RÓK V

LISTOPAD 1955

NR 11

Prof. mgr inż. GABRIEL KNIAGININ

621.74:061.3(438)

Konferencja Naukowo-Techniczna pod hasłem „Podstawy naukowe odlewnictwa“

Po raz pierwszy została zorganizowana przez Polską Akademię Nauk i Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Odlewników Polskich Konferencja Naukowo-Techniczna Odlewników dla rozpatrzenia zagadnień związku teorii z praktyką odlewniczą.

Myśl zorganizowania tej konferencji wysunął — w głębokim zrozumieniu znaczenia odlewnictwa dla naszej gospodarki narodowej — członek PAN, przewodniczący Komitetu Hutnictwa prof. dr Aleksander Krupkowski oraz nieodżałowanej pamięci pierwszy przewodniczący STOPu prof. dr Mikołaj Czyżewski.

Miedzy rozwojem przemysłu odlewniczego a rozwojem wszystkich innych dziedzin przemysłu zachodzi związek ścisłej zależności. Rozwój odlewnictwa jest dyktowany rozwojem przemysłu, potrzebą elementów wykonywanych z materiałów o coraz większej jakości oraz względami ekonomicznymi, z drugiej zaś strony rozwój przemysłu jest nie do pomyślenia bez tych elementów, które dostarczyć może odlewnictwo. Jak przedstawiały się sprawy odlewnictwa w Polsce przedwrześniowej.

Produkcja odlewów żeliwnych od roku 1913 spadała. Wynosiła ona

w roku 1913 — 275 tysięcy ton

„ 1935 — 123 „ „

„ 1937 — 200 „ „

Wysokość produkcji była zależna od koniunktury.

To samo odnosi się do staliwa. Wielkość produkcji odlewów staliwnych jest uzależniona od ogólnej produkcji stali, a ta od roku 1928 spadała osiągając minimum w roku 1932. Poziom z roku 1928 odzyskała produkcja stali dopiero w 1937 roku. Niska była również produkcja odlewów z metali nieżelaznych. W tego rodzaju warunkach nie przeprowadzano żadnych inwestycji, a poziom techniczny odlewni był zastraszający.

W Polsce Ludowej, jak w każdym kraju budującym socjalizm, nastąpił silny rozwój prze-

mysłu. Po wykonaniu Planu 6-letniego w stosunku do maksymalnej międzywojennej produkcji będziemy produkować trzy razy więcej odlewów żeliwnych, przeszło sześć razy więcej odlewów staliwnych, zwiększy się również ogromnie produkcja odlewów z metali nieżelaznych. Jednak rozwój tonażowy produkcji nie odzwierciedla zaszłych zmian i dlatego należy uzupełnić to wyjaśnieniem, że produkujemy obecnie odlewy o znacznie szerszym asortymencie, których wykonanie w warunkach międzywojennych było niemożliwe i ze względu na słabe uprzemysłowienie kraju niepotrzebne. W związku z rozwojem odlewnictwa powstają zaprojektowane przez naszych inżynierów i w naszych biurach projektowych nowe odlewnie, modernizują się stare. Odlewnie te spełniają ostatnie wymagania techniki oraz bezpieczeństwa i higieny pracy. Ogromną pomoc okazał nam w tym Związek Radziecki, który wykonał dla nas niektóre projekty i dał szereg doradców technicznych. Przy pracach tych było zatrudnionych wielu inżynierów i techników. Wspecjalizowali się oni w zagadnieniach odlewnictwa i dziś stanowią wysoko kwalifikowaną kadrę.

Szybki rozwój odlewnictwa nie byłby możliwy bez własnego przemysłu maszyn i urządzeń odlewniczych, dlatego też utworzono Centralne Biuro Konstrukcyjne Maszyn i Urządzeń Odlewniczych w Krakowie, a bazą produkcyjną stały się Zakłady w Nowej Soli i Fabryka Maszyn Odlewniczych w Krakowie.

Ażeby spełnić ważny warunek właściwego rozwoju przemysłu odlewniczego, jakim jest oparcie pracy na podstawach naukowych, stworzono w Krakowie Instytut Odlewnictwa, który ma przeprowadzić pod tym względem i przyczynić się do wytworzenia odpowiedniego nastawienia w odlewniach.

Polska Ludowa stworzyła szerokie podstawy dla naszego odlewnictwa. W okresie przedwrześniowym na wyższych uczelniach technicznych



nie było ani jednej Katedry Odlewnictwa. Obecnie powstał Wydział Odlewnictwa na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, silnie rozbudowano odlewnictwo na Politechnice Śląskiej w Gliwicach oraz na Politechnikach w Łodzi, Wrocławiu i Częstochowie. Silny jest również rozwój odlewniczych szkół zawodowych.

Inżynierów i techników jednoczy Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Odlewników Polskich, którego organem jest czasopismo naukowo-techniczne „Przegląd Odlewnictwa”.

STOP wraz z Instytutem Odlewnictwa organizowały dokształcanie kadr odlewniczych i zwoływały narady odlewników. W roku 1953 PAN wraz z NOTem zorganizowały Zjazd Hutników w Krakowie, w którym brali udział również odlewnicy.

Odlewnicy ściśle współpracują z Polską Akademią Nauk, kilku kolegów jest członkami Komitetu Hutnictwa PAN. Należy podkreślić, że przewodniczący Komitetu Hutnictwa PAN, prof. dr A. Krupkowski, żywo interesuje się zagadnieniami odlewnictwa i traktuje je na równi z hutnictwem.

W odlewniach naszych wprowadziliśmy i wprowadzamy postęp techniczny; wystarczy wymienić choćby żeliwo modyfikowane, sferoidalne, wysokojakościowe stopy metali nieżelaznych, formowanie skorupowe, odlewy precyzyjne.

Jednak wprowadzenie postępu technicznego ciągle jeszcze jest niezadawalające, zbyt wolne. Ażeby to zmienić, potrzebna jest nierozłączna więź między praktyką i nauką.

„Od Was tylko zależy — powiedział *Bolesław Bierut* do naukowców — aby w warunkach nowego ustroju ujrzeć owoce swej pracy, aby widzieć, jak ona się przyczynia do szybkiego rozwoju naszej gospodarki i kultury, jak Wasza myśl twórcza pomaga likwidować nasze zacofanie, jak czyni pracę ludzką coraz wydajniejszą, jak wzbogaca i uszlachetnia życie człowieka...”

A potrafimy tego dokonać, jeśli walcząc z zasklepieniem i rozstrzelaniem wysiłków, łączyć będziemy indywidualne poszukiwania twórcze z pracą zespołową opartą na wspólnych planach, na wzajemnej inspiracji, na niegasnącej pasji badawczej”.

„Rola nauki — stwierdził dalej *Bolesław Bierut* — w okresie przełomowych przeobrażeń w życiu narodu wzrasta tysiącrotnie w porównaniu z okresami normalnego biegu dziejów”.

Jakże bliskie są naszemu życiu gospodarczemu, jakże bezpośredni związek mają z dzisiejszą naszą konferencją uchwały Plenum KC Komunistycznej Partii Związku Radzieckiego z dnia 11.VII.1955 roku. W walce o dalszy postęp techniczny w przemyśle Plenum KC KPZR postanawia jak najwyżej podnieść poziom techniczny produkcji, do czego ma się przyczynić zwiększenie tempa zastosowania udoskonaleń technicznych we wszystkich gałęziach przemysłu na bazie elektryfikacji, kompleksowej mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych, stałego doskonalenia technologii produkcji, stosowania energii atomowej w celach pokojowych. Przy projektowaniu maszyn zalecono uwzględnić konieczność szybkiego wprowadzania do produkcji najnowszych osiągnięć nauki i techniki przodujących doświadczeń i wniosków racjonalizatorskich. Zaleca się uaktywnić pracę instytutów naukowo-badawczych, skoordynować ich pracę i skoncentrować na głównych zadaniach w dziedzinie rozwoju techniki. Wielką rolę ma odegrać w tym Akademia Nauk w ZSRR.

Widzimy więc, jak szczęśliwe, celowe i na czasie jest wybranie hasła naszej konferencji naukowo-technicznej, które brzmi „Podstawy naukowe odlewnictwa”.

Nasza Konferencja ma za zadanie zapoznać ogół odlewników z niektórymi naukowymi, podstawowymi dla odlewnictwa zagadnieniami. Powinno to dopomóc do wprowadzenia ich do naszego przemysłu odlewniczego, a równocześnie powinno to rozbudzić twórczą myśl ogółu, zachęcić do szerszego naukowego ujmowania zagadnień produkcyjnych i to nie tylko tych, o których będzie mowa w wygłoszonych referatach, ale wszystkich innych, które wypływają z potrzeb produkcji i rozwijającego się przemysłu odlewniczego.

Drugi Zjazd PZPR wytknął program działania na najbliższe lata. Nauka wcielona w życie w służbie narodu będzie jedną z najważniejszych dźwigni przyspieszających wzrost stopy życiowej mas pracujących, przyspieszających marsz do socjalizmu.

Zacieśniamy więź

teorii z praktyką

Niektóre zagadnienia właściwej konstrukcji odlewów

Metodyka konstruowania odlewów i jej znaczenie z punktu widzenia szkolenia nowych kadr konstruktorów oraz rozwiązywania praktycznych zadań zawodowych. Czynniki wpływające na konstrukcję odlewów.

Zagadnienie opracowania bardziej ścisłych od dotychczas stosowanych metod obliczania wytrzymałości i sztywności odlewów. Klasyfikacja odlewów ze względu na ich kształt, decydujący o sposobie obliczania.

Konstrukcja odlewów o kształcie belek podlegających skręcaniu. Belki o przekrojach otwartych i zamkniętych. Skręcanie swobodne i skrupowane.

Konstrukcja odlewów o kształcie płyt gładkich o równomiernej wytrzymałości. Zagadnienie sztywności tych płyt, technologii ich odlewania oraz oszczędności materiału.

Konstrukcja odlewów o kształcie płyt żebrowanych. Określenie wymiarów żeber z punktu widzenia wytrzymałości i sztywności płyt oraz technologii odlewania.

Ciężar odlewów wchodzących w skład większości maszyn wynosi zwykle od 40 do 90% ich ciężaru (ciężkie obrabiarki 85%, ciągniki 55% itd.); co najmniej 90% zakładów budowy maszyn stosuje odlewy do swej produkcji. Wiadomo również, jak często przyczyną niepowodzeń podczas produkcji są błędnie skonstruowane odlewy; opracowanie rysunkowe odlewów stanowi zwykle jedno z najtrudniejszych zadań przy konstruowaniu maszyn.

Roważania te wskazują na konieczność poświęcenia zagadnieniu konstrukcji odlewów szczególnej uwagi, która powinna znaleźć swój wyraz w pracach naukowych, publikacjach, wydawnictwach książkowych oraz w programach wyższych i średnich uczelni technicznych.

A jak sprawa przedstawia się w rzeczywistości? W znanych podręcznikach części maszyn zagadnienie konstrukcji odlewów traktowane jest zupełnie ubocznie i zaledwie wspomina się o nim przy omawianiu takich części maszyn jak: łożyska, kadłuby, rurociągi itp. Poważna literatura na temat konstrukcji odlewów jest bardzo uboga, publikacje w czasopiśmie — nieliczne. Z poważnych prac naukowych w tej dziedzinie w języku polskim należy wymienić pracę prof. G. Kniaginina opublikowaną w dziele zbiorowym „Stal” (WGH 1955) oraz znaną pracę „Konstruktor a odlewnik” (1938) [10].

Zaniedbanie w dziedzinie konstrukcji odlewów jest tym większe, że dzięki olbrzymiemu postępowi odlewnictwa w okresie ostatnich kilkunastu lat powiększyły się bardzo poważnie możliwości, które stawiają do dyspozycji konstruktora nowoczesne metody odlewnicze oraz nowe materiały odlewnicze. Należy jednak podkreślić, że jednocześnie wzrosły wymagania, które stawia konstrukcja produkcja wieloseryjna i masowa.

Zagadnienie konstrukcji odlewów jest bardzo poważne, gdyż plany rozwoju naszej gospodarki narodowej w najbliższym pięcioleciu przewidują poważny wzrost produkcji odlewniczej oraz podniesienie jej jakości. Dlatego konstrukcje maszyn, które w obecnej chwili są w opracowaniu, powinny odpowiadać nowym podwyższonym wymaganiom.

Z uwagi na szczupłość ram niniejszego referatu ograniczymy się do naszkicowania kilku tylko zagadnień, dotychczas nie omawianych w literaturze odlewniczej, a mianowicie:

zagadnienia metodyki konstruowania odlewów oraz

paru zagadnień dotyczących wytrzymałości i sztywności odlewów.

Metodyka konstruowania odlewów

Konstruowanie składa się z części wyuczonej, do której należy, między innymi, znajomość technologii, oraz części opartej na osobistych wartościach konstruktora — na jego umysłowości i metodzie pracy. Aby uzyskać optymalne wyniki, należy stworzyć takie reguły konstruowania, które usystematyzowane według pewnej kolejności stworzyłyby metodę konstruowania, pomocną przy rozwiązywaniu praktycznych zadań zawodowych, szkoleniu nowych kadr konstruktorów, przy krytyce rozwiązań obcych oraz samokrytyce rozwiązań własnych.

Metoda konstruowania uczy myślenia konstrukcyjnego, przy czym zależy ona na ogół w niewielkim tylko stopniu od kierunku specjalizacji. Stworzenie metody konstruowania i przekazanie jej uczącym się oraz konstruktorom-praktykom pozwoliłoby z jednej strony osiągnąć u początkujących stan dojrzałości znacznie szybciej, niż to ma miejsce obecnie, z drugiej strony umożliwiłoby konstruktorom odkrycie istniejących luk myślowych i zmniejszyłoby prawdopodobieństwo popełniania błędów konstrukcyjnych.

Konstruowanie polega w dużym stopniu na umiejętności konkretyzowania przeciwieństw, które zachodzą pomiędzy zadaniami ruchowymi określonymi przez użytkownika danej konstrukcji, a możliwościami wykonania, które ustala technolog przetwarzający myśl konstruktora zawartą w rysunku w gotowy wyrób. Chodzi o to, aby umieć krytycznie ocenić istnienie tych przeciwieństw i znaleźć najtrafniejsze rozwiązanie godzące te przeciwieństwa. Zadanie jest tym bardziej skomplikowane, im dalej idą ządania użytkowników, im wyżej stoi technika materiałowa oraz im większą rozporządza się ilością środków produkcyjnych.

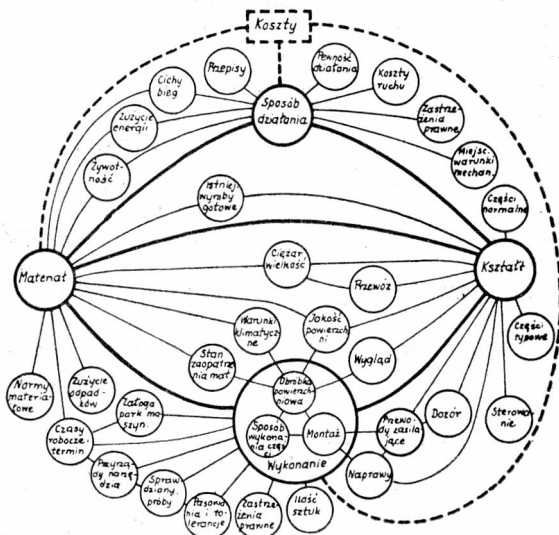
Zadanie konstrukcyjne nie jest prostym zadaniem jednostkowym, lecz jest sumą zadań częściowych, które razem dopiero tworzą zadanie całkowite. Zadania częściowe dadzą się ująć w dwie grupy:

- grupe zadań ruchowych stawianych zwykle przez użytkownika, jak: działanie, zużycie energii, dozór w ruchu, naprawy, żywotność, ciężar, wielkość, przewóz, przepisy ruchu itp.;
- grupe zadań wykonawczych zależnych od: możliwości produkcyjnych, rodzaju materiału, wymaganej dokładności wykonania itp.

Spośród zadań częściowych węzłowymi zadaniami są:

1. sposób działania, 2. kształt, 3. materiał, 4. sposób wykonania.

Układ zadań oraz ich wzajemne powiązanie przedstawiono w postaci schematu na rys. 1 [3]. Na schemacie tym dla uproszczenia usunięto niektóre takie skojarzenia, które się krzyżują.



Rys. 1. Metodyczny układ częściowych zadań konstrukcyjnych i wzajemne ich powiązanie

Dzięki temu otrzymano układ dość prosty i łatwy do zapamiętania. Nie mniej jednak należy pamiętać, że schemat nie podaje wszystkich skojarzeń i że niektóre z nich mogą czasem odgrywać poważną rolę (np. skojarzenie wielkości przedmiotu z rozporządzalnym parkiem maszynowym, miejscowych warunków klimatycznych, z doborem materiału itp.).

Jeżeli chodzi o konstrukcję odlewów, to ilość zadań częściowych, które ma rozwiązać konstruktor, ulega poważnemu zmniejszeniu. Odpada mianowicie większość zadań dotyczących sposobu działania maszyny, jej obsługi, nadzoru itp.

Do zadań konstruktora odlewów nie należy wprowadzić analiza działania mechanizmów, musi on jednak otrzymać od głównego konstruktora maszyny dane dotyczące: wielkości oraz rodzaju sił działających na odlew, uderzeń, drgań, różnic temperatury, które mogą wywołać dodatkowe naprężenia oraz zmienić charakter pasowania części, dodatkowych wpływów chemicznych itp. W wielu przypadkach konstruktor musi brać pod uwagę działania magnetyczne i elektryczne.

Przy rozwiązywaniu prostych zadań dotyczących konstrukcji odlewów oraz przy nauce konstrukcji odlewów schemat przedstawiony na rysunku 1 może być uproszczony w sposób pokazany na rysunku 2.

Zanalizujmy nieco bliżej, jakie czynniki należy brać pod uwagę przy rozwiązywaniu zadań konstrukcyjnych w ujęciu przedstawionym na rysunku 2.

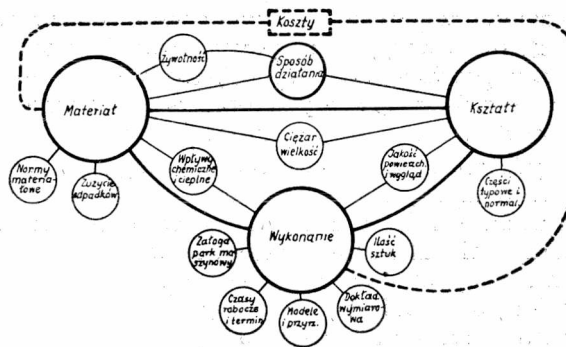
Kształt odlewu określony zasadniczo sposobem działania maszyny ustala się nadając odle-

wowi możliwie proste formy geometryczne. Najważniejszymi czynnikami wpływającymi poza tym na kształt odlewu są: własności materiału, wielkość i ciężar odlewu, sposób jego wykonania oraz możliwość zastosowania części typowych lub normalnych, dla wykonania których są gotowe rysunki, modele, przyrządy i dokumentacja technologiczna.

Na dobór materiału wpływają: sposób pracy odlewu (zależny od sposobu działania maszyny, w skład której wchodzi odlew), kształt odlewu, jego wielkość i ciężar (a także grubość ścian), wpływy chemiczne i cieplne, sposób wykonania, możliwość zużycia odpadków, istniejące normy materiałowe oraz koszt nabycia materiału.

Jeżeli własności materiału są wyższe niż żądane przez zadania ruchowe, wtedy oznacza to, że materiał w tej konstrukcji nie jest wykorzystany. Taki materiał może być stosowany tylko wtedy, gdy własności niewyżyskane są otrzymane bez dodatkowych kosztów — np. większa od wymaganej wytrzymałość stopów kwasoodpornych, których zasadniczą i decydującą cechą jest odporność na działanie kwasów.

Sposób wykonania odlewu ustala się w zależności od: jego kształtu, wymiarów, ilości wykonywanych sztuk, żądanej dokładności wymiarowej, istniejących modeli i przyrządów, długości czasów roboczych, terminu, załogi, parku ma-



Rys. 2. Uproszczony metodyczny układ częściowych zadań konstrukcyjnych występujących przy projektowaniu odlewów

szynowego, materiału, wpływów chemicznych i cieplnych, od wymaganej jakości powierzchni i wyglądu oraz od dopuszczalnej wysokości kosztu.

Konstruktor ustalając założenia do projektu oraz krytykując gotowy projekt powinien, jak powiedziano wyżej, przeprowadzić analizę konstrukcji według ustalonej metody — np. posługując się schematami rys. 1 i 2. W celu znalezienia optymalnego rozwiązania konstrukcyjnego, z punktu widzenia stawianych żądań, najczęściej stosuje się wycenę punktową jakości poszczególnych rozwiązań w zależności od doniosłości oraz intensywności występowania poszczególnych cech.

Na tym kończymy omawianie metodyki konstruowania odlewów. Ze względu na brak miejsca nie przeprowadzamy analizy możliwości kojarzeń poszczególnych cech według schematów rysunku 1 i 2.

Niektóre zagadnienia dotyczące wytrzymałości i sztywności odlewów

Klasyczne metody obliczeń wytrzymałości, stosowane powszechnie w budowie maszyn, opierają się częstokroć na fikcyjnym zbyt uproszczonym modelu obciążeń statycznych oraz na sztywnych współczynnikach bezpieczeństwa. Metody te czasem nie dadzą się pogodzić z postulatem ekonomicznego konstruowania, ani ze współczesnym stanem nauki.

Trudności obliczeniowe oraz brak odpowiednich wzorów sprawiły, że wymiary konstruowanych części częstokroć są ustalane na oko na podstawie analogii z innymi dawniej skonstruowanymi częściami lub na podstawie empirycznych wzorów. Wzory te często nie mają teoretycznych podstaw, a czasem są zupełnie błędne.

Zdaniem niektórych konstruktorów, przeprowadzanie obliczeń wytrzymałościowych odlewów w większości przypadków w ogóle nie jest potrzebne, gdyż grubości przekrojów, które muszą być przyjęte ze względów odlewniczych, są na ogół większe od tych, które otrzymuje się z obliczeń wytrzymałościowych.

Pogląd ten może być uzasadniony tylko w odniesieniu do małych i słabo obciążonych odlewów, ogólnie jednak biorąc — nie jest słuszny, a to z następujących powodów:

- Ciężar odlewów stanowi średnio od 40 do 90% ciężaru maszyny; jasne więc jest, że największą redukcję ciężaru maszyny można osiągnąć właśnie przez zmniejszenie ciężaru odlewów.
- W przeważającej ilości przypadków, wtedy nawet, gdy grubość ścian odlewu jest dyktowana względami technologicznymi a nie ich wytrzymałością, w grę wchodzi sztywność odlewu, która nakazuje konstruktorowi obliczyć wielkość odkształceń odlewu pod wpływem sił zewnętrznych i różnic temperatury.
- Konstruktor w wielu przypadkach nie zna dokładnie możliwości, które stwarza nowoczesne odlewnictwo. Metody konstrukcyjne, które były dobre przed kilkudziesięciu a nawet przed kilkunastu laty, gdy liczone się z wytrzymałością żeliwa na rozciąganie równą 14 kG/mm², nie są odpowiednie dzisiaj, gdy konstruktor rozporządza żeliwem modyfikowanym o wytrzymałości 40 kG/mm², żeliwem sferoidalnym o wytrzymałości 55 kG/mm², żeliwem zbrojonym, różnymi rodzajami staliwa specjalnego, gdy do dyspozycji stoi odlewanie w kokilach, odlewanie odśrodkowe, ciśnieniowe, precyzyjne itd.

Kapitulowanie z góry przed trudnościami obliczeniowymi byłoby pójdziem po linii najmniejszego oporu. Rozwiązanie niektórych zagadnień wymaga wprowadzić określenia naprężeń i odkształceń w odlewach o kształcie skomplikowanych statycznie niewyznaczalnych belek, przestrzennych ram, żebrowanych płyt, skorup itp. Zagadnienia te jednak staną się mniej trudne z chwilą, gdy zostaną opracowane odpowiednie podręczniki.

W poważniejszych przypadkach konstruktor powinien mieć możliwość przeprowadzenia odpowiednich badań metodą elastooptyczną, tenometryczną, metodą kruchych pokryw itp.

W celu uporządkowania dalszych rozważań, wszystkie odlewy — ze względu na ich zasadniczy kształt decydujący o sposobie obliczeń — dzielimy na następujące klasy:

1 — belki, 2 — ramy i kratownice, 3 — płyty, 4 — skorupy, 5 — złożone korpusy.

Odlewy należące do poszczególnych klas z kolei dzielimy na grupy (np. 1.1 — belki proste, 1.2 — belki zakrzywione, 1.3 — belki zbrojone) te zaś na podgrupy.

W obrębie każdej podgrupy będą występowały zagadnienia zależne od: sposobu zamocowania odlewu, sposobu obciążenia odlewu i sztywności odlewu (sztywny i wiotki).

Spośród wielu zagadnień wytrzymałościowych dotyczących konstrukcji odlewów poruszamy tylko trzy zagadnienia, a mianowicie:

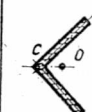
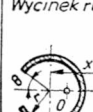
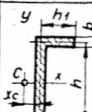
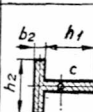
- zagadnienie konstrukcji odlewów o kształcie belek prostych podlegających skręceniu,
- zagadnienie konstrukcji odlewów o kształcie płyt gładkich o równomiernej wytrzymałości,
- zagadnienie konstrukcji odlewów o kształcie płyt żebrowanych.

Konstrukcja odlewów o kształcie belek podlegających skręcaniu

Wiadomo, że jeżeli wypadowa siła poprzecznych działających na belkę nie przechodzi przez tzw. „środek sił poprzecznych“ przekroju belki, to poza zginaniem występuje również skręcanie belki. Położenie „środka sił poprzecznych“ kilku często stosowanych przekrojów podano w tabelicy 1.

Tabela 1

Położenie środka sił poprzecznych kilku często stosowanych profili lanych belek skręcanych

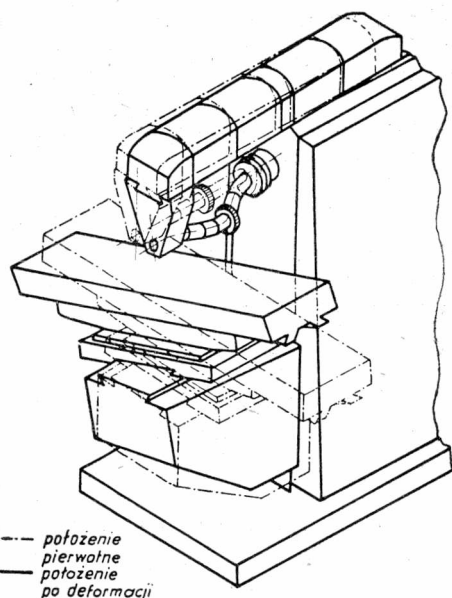
Poz.	Kształt przekroju	Położenie środka sił poprzecznych	Poz.	Kształt przekroju	Położenie środka sił poprzecznych
1		Środek sił poprzecznych w punkcie przecięcia środkowych linii pitek.	3		$x_c = \frac{2r}{\pi - \theta} \sin \theta \cos \theta$ $\cdot [(\pi - \theta) \cos \theta + \sin \theta]$ Dla pełnej rury z rozcięciem $(\theta = 0)$ $x_c = 2r$
2		$x_c = \frac{h^2 x_y}{J_x}$ gdzie: J_{xy} - moment osiowy względem osi x i y; J_x - moment bezw. całej powierzchni względem osi x Przy stałym b: $x_c = \frac{h^2 h^2 b}{4 J_x}$	4		$x_c = \frac{1}{2} \left(\frac{b_1^3 h_f}{12} + \frac{b_2^3 h_w}{12} \right)$

Jeżeli przekrój ma dwie osie symetrii (np. okrąg koła, prostokąt), to środek sił poprzecznych leży na przecięciu tych osi (tzn. w środku ciężkości przekroju 0). Jeżeli przekrój ma jedną oś symetrii, to środek sił poprzecznych leży na tej osi. Należy zwrócić uwagę, że środek sił poprzecznych przekroju ceowego leży na zewnątrz, poza obrysem przekroju, a kątownika — w pobliżu jego krawędzi.

Jest rzeczą jasną, że konstruktor powinien starać się tak ukształtować przekrój odlewu, żeby wypadkowa przechodziła przez środek sił poprzecznych przekroju. Nie zawsze jest to możliwe, szczególnie wtedy, gdy siły działające na odlew są zmienne co do kierunku, wielkości i punktu przyłożenia. Należy jednak podkreślić, że w bardzo licznych przypadkach szkodliwe skracanie odlewów jest wywołane tylko niedopatrzaniem konstruktora lub brakiem jego orientacji, co do położenia środka sił poprzecznych przekroju.

Jako ilustracja przeprowadzonych rozważań może służyć rysunek 3, przedstawiający, w jaki sposób odkształcają się części frezarki podczas pracy; jak widać, duża ilość części jest jednocześnie zginana i skręcana.

Rozważmy z kolei zagadnienie wytrzymałości i sztywności przy skręcaniu przekrojów zamkniętych i otwartych. Jasne jest, że belki o przekrojach zamkniętych są znacznie wytrzy-



Rys. 3. Odształcenia części frezarki podczas pracy

malsze i sztywniejsze niż belki o przekrojach otwartych i dlatego powinny być stosowane, o ile tylko to jest możliwe.

Stosowanie przekrojów otwartych często jest konieczne ze względu na konstrukcyjne, w bardzo licznych jednak przypadkach zostają one użyte tylko dlatego, że konstruktor nie potrafi właściwie ocenić stopnia osłabienia odlewu przez nadanie mu przekroju otwartego lub też wskutek tego, że przecenia on trudności odlwania przekrojów zamkniętych.

Napężenie styczne, które powstaje przy skręcaniu, wynosi:

$$\tau = \frac{M_s}{W_k}$$

a odpowiedni kąt skręcania:

$$\varphi = \frac{M_s l}{G J_k}$$

Wzory określające W_k i J_k dla najczęściej spotykanych przekrojów lanych belek podano w tablicy 2.

Tablica 2

Charakterystyka często stosowanych profili lanych belek skręcanych

Poz.	Kształt i wymiary przekroju	Wzory do obliczenia współczynnika geometrycznego sztywności na skrec. J_k	Wzory do obliczenia największych naprężeń stycznych $\tau = \frac{M_s}{W_k}$
1	Pierścien kołowy zamknięty o stałej grubości g ($\frac{D}{g} = \alpha$) 	$J_k = J_0 \frac{\pi D^4}{32} (1 - \alpha^4) \approx 0,1 D^4 (1 - \alpha^4)$ J_0 - biegunowy moment bezwładności przekroju	$W_k = \frac{\pi D^3}{16} (1 - \alpha^4) \approx 0,2 D^3 (1 - \alpha^4)$ $\tau = \frac{M_s}{\pi D^3 (1 - \alpha^4)} \approx \frac{M_s}{0,2 D^3 (1 - \alpha^4)}$ (na zewnętrznym obrysie przekroju) $\tau_1 = \tau \frac{D}{g}$ (na wewnętrznym obrysie przekroju)
2	Pierścien kołowy nie zamknięty o stałej grubości g (g małe w stosunku do promienia r) 	$J_k = \frac{2}{3} \pi r g^3$	$\tau = \frac{6 \pi r + 1,8 g}{(2 \pi r g)^2} M_s$ (na wewnętrznym i zewnętrznym obrysie w punktach oddalonych od krawędzi)
3	Pierścien cienkościenny o dowolnym kształcie o stałej grubości g , s-długość linii środka (kreskowanej) F , pow. wewnątrz linii środka pierścienia 	$J_k = \frac{4 F g}{s}$	$\tau = \frac{M_s}{2 g F}$ (przy małym g naprężenia są rozłożone równomiernie)
4	Pierścien o dowolnym kształcie i zmiennej grubości g . Oznaczenia s i F jak w poz. 3 	$J_k = \frac{4 F^2}{\oint \frac{ds}{g}}$ (wzór Bredta)	Naprężenia w punktach na AB $\tau = \frac{M_s}{2 g F}$ największe τ w miejscach, gdzie g jest najmniejsze.
5	Pierścien o dowolnym kształcie niezamknięty o stałej grubości. Oznaczenia s jak w poz. 3 	$J_k = \frac{1}{3} s g^3$	$\tau = \frac{M_s (3s + 1,8g)}{s^2 g^2}$ (na wewnętrznym i zewnętrznym obrysie w punktach oddalonych od krawędzi)
6	Profile cienkościenne złożone z prostokątów o wymiarach $b_i \times g_i$, przyczem $b_i > 4g_i$ 	$J_k = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n (b_i g_i^3)$ wg. Föppla $I_{\alpha=1,30; L=1,00}$ $[1,30 < \alpha < 1,00]$ $+ \alpha = 1,17$	Największe naprężenie powstaje w środkowej części prostokąta, mającego największą grubość g_{max} $\tau = \frac{M_s}{\sum (b_i g_i)} g_{max}$ $i = 1, 2, \dots, n$ Jeżeli promienie zaokrągleń są małe, naprężenia na wewnętrznych krawędziach mogą być większe od obliczonych.

Zanalizujemy, jak duże różnice naprężeń i kątów skręcenia wykazują podobne profile zamknięte i otwarte o tej samej powierzchni przekroju.

Najpierw rozpatrzmy przekroje o kształcie cienkiego pierścienia kołowego: a — zamkniętego, b — niezamkniętego ze szparą wzdłuż tworzącej (tabl. 2, poz. 1 i 2).

Naprężenie styczne i kąty skręcenia w obu przypadkach wynoszą:

$$\tau_a = \frac{M_s}{0,2 D^3 (1 - \alpha^4)}; \quad \tau_b = \frac{6 \pi r + 1,8 g}{(2 \pi r g)^2} M_s$$

$$\varphi_a = \frac{M_s l}{G \cdot 0,1 D^4 (1 - \alpha^4)}; \quad \varphi_b = \frac{3 M_s l}{G \cdot 2 \pi r g^3}$$

Przyjmując w obu przypadkach jednakową średnicę D oraz grubość ścianki $g = \frac{D}{20}$, otrzymamy:

$$\tau_a = 14,8 \frac{M_s}{D^3} ; \quad \tau_b = 410 \frac{M_s}{D^3}$$

$$\varphi_a = 30 \frac{M_s l}{G D^4} ; \quad \varphi_b = 8100 \frac{M_s l}{G D^4}$$

Jak widać, przecięcie pierścienia spowodowało 28-krotny wzrost naprężeń oraz 270-krotne powiększenie kąta skręcenia przekroju.

Porównanie wytrzymałości i sztywności przekroju prostokątnego, dwuteowego i skrzynkowego podano w tablicy 3 (poz. 1, 4 i 3). Jak widać,

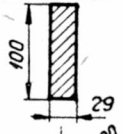
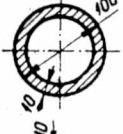
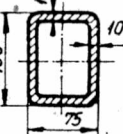
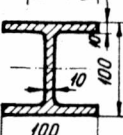
przez „środek sił poprzecznych“. W przeciwnym przypadku belka jest jednocześnie zginana i skręcana; przy tym przekroje, które przed odkształceniem były płaskie, ulegają spaczeniu („deplanacji“). W belce powstają dodatkowe naprężenia styczne i normalne, które w niektórych przypadkach mogą osiągnąć duże wartości.

Odróżniamy skręcanie „swobodne“ (lub „czyste“) i skręcanie „skrępowane“ belek o otwartym profilu.

Skręcaniem swobodnym nazywamy takie skręcanie, przy którym wszystkie przekroje po-

Tablica 3

Porównanie wytrzymałości i sztywności 4 profilów lanych belek o tej samej powierzchni przekroju poprzecznego

Przekrój poprzeczny		Ciężar w kg	Największy dopuszczalny moment zginający			Największy dopuszczalny moment skręcający			
			ze względu na naprężenia		ze względu na ugięcie (stosunek liczbowy)	ze względu na naprężenia		ze względu na kąt skręcania	
			w kgcm	stosunek liczbowy		w kgcm	stosunek liczbowy	w kgcm	stosunek liczbowy
Kształt	Poz.		4	5	6	7	8	9	10
	1	22	48,3·Gg	1,0	1,0	2,7·Ts	1,0	66·G·φ	1,0
	2	22	58,2·Gg	1,2	1,15	116·Ts	43	580·G·φ	8,8
	3	22	66,3·Gg	1,4	1,5	104·Ts	38,5	2070·G·φ	31,4
	4	22	90·Gg	1,8	1,9	12 Ts	4,5	126·G·φ	1,9

01/900/55 - tow 3

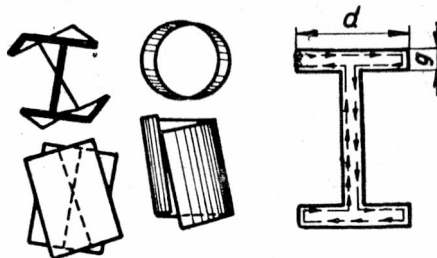
stosunek wytrzymałości na skręcanie tych trzech belek wynosi 1:4,5:38,5, a stosunek sztywności: 1:1,9:31,4. Porównanie to obrazuje, jak katastrofalne skutki może wywołać niewłaściwa konstrukcja spowodowana nie dość wnikliwą analizą pracy odlewu.

Przy obliczaniu naprężeń i kątów skręcenia przekrojów o różnych kształtach (zamkniętych i otwartych) posługujemy się wzorami podanymi w tablicy 2 (poz. 3—6).

Z kolei przechodzimy do omówienia pracy belek cienkościennych. Praca belek cienkościennych o zamkniętym przekroju niewiele różni się od pracy belek pełnych — pod warunkiem, że nie zachodzi odkształcenie obręsu.

Dla belek cienkościennych o profilu otwartym zasada zachowania płaskich przekrojów podczas odkształcenia ma ograniczony zakres. Jest ona słuszna, jak wiadomo, tylko wtedy, gdy wypadkowa sił poprzecznych przechodzi

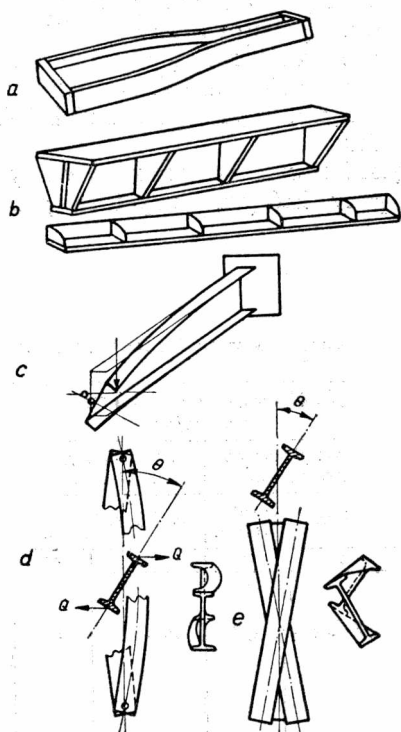
przez belki nie posiadają naprężeń normalnych, a naprężenia styczne są jednakowo rozłożone we wszystkich przekrojach (rys. 4). Skręcaniem skrępowanym nazywamy takie skręca-



Rys. 4. Przykłady belek skręcanych swobodnie

nie, przy którym istnieją przeszkody do swobodnego pacyenia się przekrojów poprzecznych. Przemieszczenie punktów profilu wzdłuż osi belki jest skrępowane i, w związku z tym, powstają naprężenia normalne.

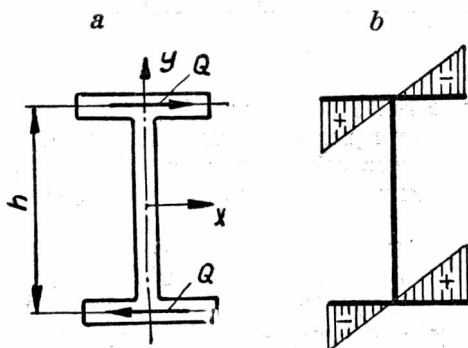
Skrepowanie swobodnego odkształcenia poprzecznych przekrojów belki może być spowodowane różnymi przyczynami, jak: zamknięcie końca profilu za pomocą sztywnej przegrody



Rys. 5. Przykłady skrepowania belek: a, b — belki z przegrodami; c — belka utwierdzona jednym końcem; d — belka utwierdzona obu końcami; e — belka skrepcana swobodnie

(rys. 5a), gęste rozmieszczenie sztywnych żeber poprzecznych (rys. 5b), sztywne zamocowanie jednego końca belki (rys. 5c) lub obu końców belki (rys. 5d), zmiana wymiarów przekroju poprzecznego wzdłuż długości belki itp.

Ten rodzaj skrepcania można nazwać również skrepcaniem giętnym, gdyż pojawienie się w przekrojach poprzecznych naprężeń normal-



Rys. 6. Naprężenia zginające w półkach belki dwuteowej podanej skrepcaniu skrepcowanemu

nych równocześnie z dodatkowymi tnącymi wywołuje zginanie podłużnych elementów belki, co nie ma miejsca przy czystym skrepcaniu, gdzie wszystkie podłużne elementy pozostają prostymi po odkształceniu.

Przy tego rodzaju skrepcaniu w półkach belki dwuteowej pojawiają się podłużne naprężenia rozłożone nierównomiernie na szerokości półek,

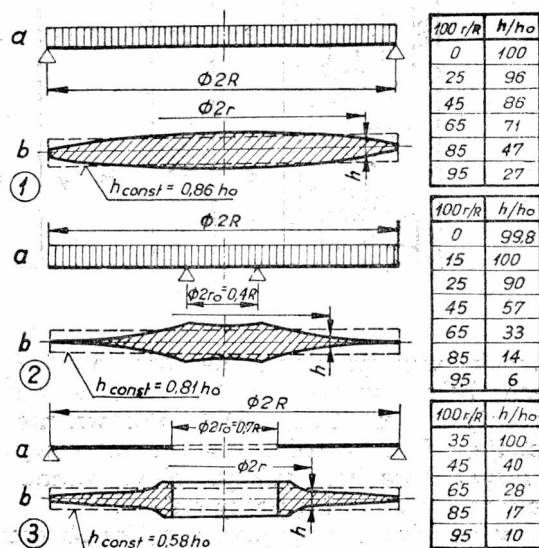
wskutek czego powstaje ich zginanie z tym, że górna i dolna półka zginają się w różne strony względem osi poziomej. Wykres normalnych naprężeń od zginania podczas skrepcania dwuteownika podano na rysunku 6. W celu poglądowego przedstawienia różnicy odkształceń przy skrepcaniu czystym i skrepcanym, na rys. 5d i 5e pokazano odkształcenia belki dwuteowej poddanej skrepcaniu skrepcowanemu (zamocowanie obustronne — rys. 5d) i skrepcaniu swobodnemu (rys. 5e).

Ogólna teoria obliczania cienkościennych belek na jednoczesne zginanie i skrepcanie opracowana przez Własowa oraz Wagnera i Kappusa jest dosyć skomplikowana i nie będziemy jej omawiali; potrzebne dane można znaleźć w literaturze. Należy jednak podkreślić, że wobec coraz szerszego stosowania odlewów cienkościennych zagadnienie metody ich obliczania staje się bardzo aktualne.

Konstrukcja odlewów o kształcie płyt gładkich o równomiernej wytrzymałości

Z kolei przechodzimy do omówienia konstrukcji odlewów o kształcie płyt gładkich o równomiernej wytrzymałości.

W pracy tej rozpatrzmy płyty kołowe o równomiernej wytrzymałości przy obciążeniu osiowo symetrycznym, jako mające największe znaczenie z punktu widzenia konstrukcji mechanicznych. Dla zilustrowania zagadnienia podamy parę przykładów; obszernie omówienie zagadnienia można znaleźć w pracy prof. Z. Brzoński [5].



Rys. 7. Płyty kołowe o równomiernej wytrzymałości przy obciążeniu osiowo symetrycznym: a — sposób obciążenia płyty; b — kształt płyty o równomiernej wytrzymałości oraz zarys równoważnej płyty o stałej grubości (h_{const})
1, 2, 3 — różne przypadki obciążeń płyt

Na rysunku 7 pokazano:

1. płytę swobodnie opartą na obwodzie zewnętrznym i obciążoną równomiernie na całej powierzchni,
2. płytę opartą na okręgu koła o promieniu pośrednim (r_0) i obciążoną równomiernie na całej powierzchni,

3. płytę opartą na obwodzie zewnętrznym i obciążoną równomiernie na brzegu otworu wewnętrznego (r_0).

Na rysunkach oznaczonych literami *a* pokazano sposób oparcia i obciążenia płyt. Na rysunkach oznaczonych literami *b* pokazano kształt płyt; w tabliczkach obok rysunków podano stosunek grubości płyty h na promieniu r do największej grubości płyty h_0 ; ponad to na rysunkach *b* liniami przerywanymi wykreślono zarys płyt o stałej grubości (h_{const}), w których naprężenia zredukowane w najbardziej niebezpiecznym przekroju osiągają taką samą wielkość, jak w płytach o równomiernej wytrzymałości.

Płyty o równomiernej wytrzymałości są znacznie lżejsze od płyt o stałej grubości, gdyż mają cieńszą stronę zewnętrzną, decydującą o ciężarze. Z obliczeń wynika, że dla rozpatry-

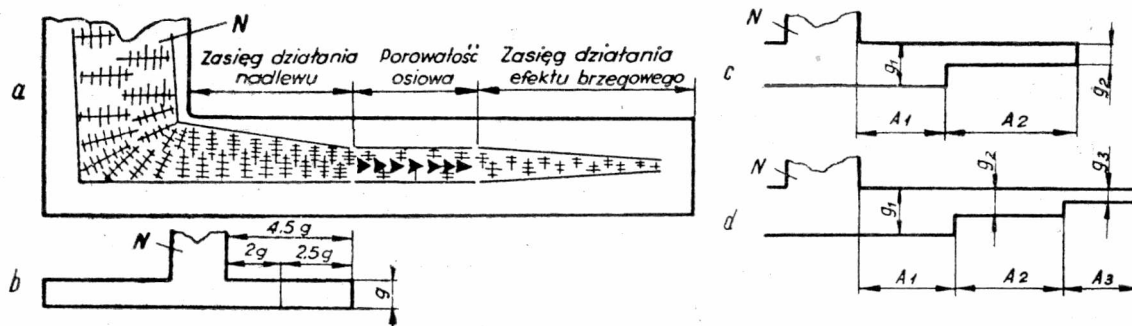
Wynika stąd, że przy zwykłym nadlewie cięzarowym zabezpieczona jest ścisłość płyty poziomej o stałej grubości w odległości równej $4,5g$ (rys. 8b).

Rozpatrzmy teraz płyty poziome o grubości zmniejszającej się schodkowo w miarę oddalania się od środka płyty zaopatrzonego w nadlew (rys. 8c, d). Tutaj dzięki temu, że ściana odlewu o grubości g_1 ogrzewa od czoła cieńszą ściankę (g_2), ta zaś jeszcze cieńszą ściankę (g_3) itd., zasięg działania nadlewu rozszerza się znacznie (efekt „klina cieplnego”). Wielkość tego zasięgu można wyrazić wzorami:

$$A_1 = 4,5 (g_1 - g_2); A_2 = 3,5g_1;$$

w płycie trzystopowej (rys. 8d): $A_1 = 4,5(g_1 - g_2)$.

$A_2 = 3,5g_2 - g_3; A_3 = 3,5g_2$. Wyniki omówio-



Rys. 8. Zasięg działania nadlewów i „efektu brzegowego” na likwidację porowatości osiowej w stalowych płytach poziomych

wanych trzech przypadków płyt o stałej wytrzymałości oszczędność na ciężarze w porównaniu z płytami o h_{const} wynosi odpowiednio: 26%, 56% i 46%. Liczby te pozwalają zorientować się, jak duże oszczędności materiału mogą być zrealizowane dzięki racjonalnemu ukształtowaniu ścian odlewów. Jednocześnie trzeba pamiętać, że ugięcie płyt o równomiernej wytrzymałości jest 1,5–3 razy większe niż płyt o stałej grubości.

Należy podkreślić, że konstruktorzy bardzo rzadko kształtują ściany odlewów jako płyty o równomiernej wytrzymałości — w przeciwieństwie do lanych zginanych belek, którym z reguły są nadawane kształty belek o równomiernej wytrzymałości.

Rozpatrzmy teraz zagadnienie kształtowania lanych gładkich płyt z punktu widzenia odlewniczego; ograniczmy się przy tym do poziomych płyt stalowych.

Działanie ciśnienia metalostatycznego ciekłego staliwa zawartego w nadlewie, jak wykazały badania Pelliniego [6], rozciąga się w ścianach poziomych na odległość równą w przybliżeniu dwóm grubościom ściany ($2g$) — rys. 8a. Jednocześnie brzeg odlewu, który jest chłodzony nie tylko z obu boków, lecz i od czoła, krzepnie prędzej niż reszta odlewu nie wykazując porowatości osiowej; zasięg „efektu brzegowego”, jak wykazały badania, rozciąga się w głąb płyty na odległość równą w przybliżeniu $2,5g$ (rys. 8a).

nych badań mają ogromne znaczenie dla konstruktora, dając mu praktyczne wskazówki, jak ma kształtować obrys odlewu, aby otrzymać odlew bez wad.

Poprzednio stwierdziliśmy, że nadając odlewowi kształt płyty o równomiernej wytrzymałości (zamiast płyty o stałej grubości — rys. 7) uzyskuje się oszczędność ciężaru w granicach 25–55%. Teraz widzimy, że zastosowanie przy konstrukcji tego rodzaju płyt zilustrowanych na rysunku 8 pozwoli nam, poza oszczędnością na materiale płyty, również na znaczną redukcję ciężaru nadlewów.

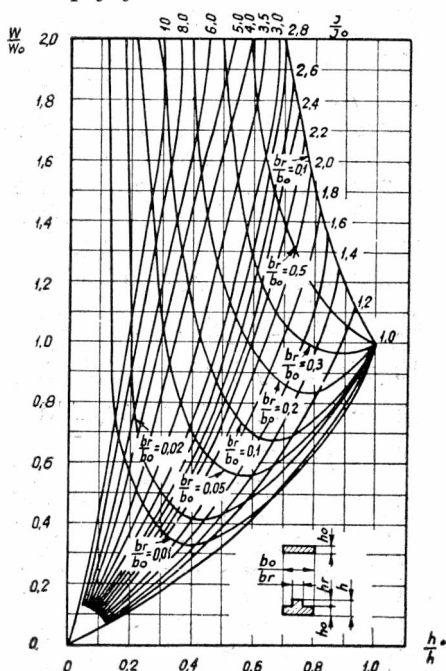
Analiza tego zagadnienia stanowi doskonały przykład, jak wielkie oszczędności mogą być zrealizowane dzięki naukowemu ujęciu problemu zarówno od strony wytrzymałościowej, jak od strony odlewniczej.

Konstrukcja odlewów o kształcie płyt żebrowanych

Grubość, wysokość i rozstawienie żebrowek powinny być tak dobrane, żeby zapewnić płycie: a. wymaganą wytrzymałość, b. możliwie dużą sztywność przy najmniejszym ciężarze.

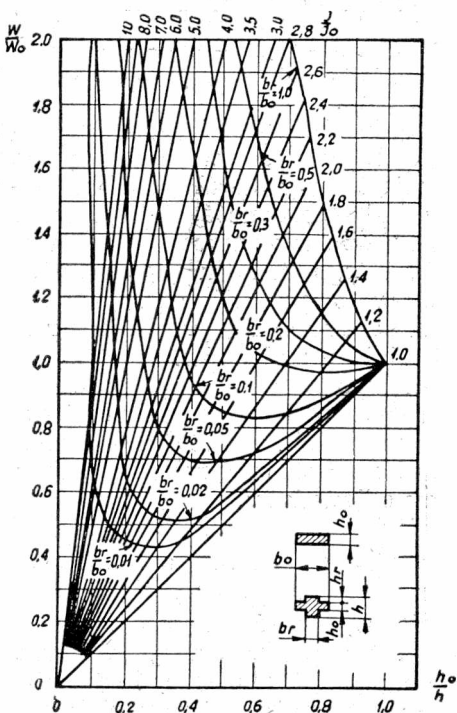
Wprowadzenie żebrowek może nie tylko powiększyć, lecz również zmniejszyć największe dopuszczalne obciążenie płyty przy zginaniu. Jasne jest, że zaprojektowanie przesadnie wysokich i cienkich, rzadko rozstawionych żebrowek wpływa nieznacznie tylko na powiększenie momentu bezwładności J , natomiast, wskutek

dużego powiększenia odległości pomiędzy warstwą obojętną i skrajnymi włóknami w żebdach, może poważnie zmniejszyć wskaźnik wytrzymałości płyty W .



Rys. 9. Wykres do obliczania płyt żebrowanych jednostronnie

Przy doborze wymiarów i rozstawieniu żebrowania można posługiwać się wykresami przedstawionymi na rysunku 9 (dla płyt żebrowanych jednostronnie) i rysunku 10 (dla płyt żebrowanych dwustronnie).



Rys. 10. Wykres do obliczania płyt żebrowanych dwustronnie

Na osi odciętych wykresów podano stosunek grubości h_0 do wysokości całkowitej h , na osi rzędnych — stosunek wskaźnika wytrzymałości płyty żebrowanej W do wskaźnika wytrzymałości płyty bez żebrowania W_0 . Sto-

sunek grubości żebra b_r do odległości pomiędzy osiami sąsiednich żebrowań b_0 określa rodzina krzywych b_r/b_0 . Stosunek momentów bezwładności płyty żebrowanej i płyty bez żebrowania J/J_0 określa rodzina linii wychodzących z początku układu współrzędnych.

Sposób korzystania z wykresów rysunku 9 i 10 jest następujący:

1. oblicza się wielkość W potrzebną ze względu na wytrzymałość płyty,
2. zakłada się grubość h_0 i oblicza się W_0 ,
3. dla ustalonego W/W_0 prowadzi się na wykresie linię poziomą,
4. ustala się racjonalny stosunek h_0/h i dla tego stosunku prowadzi się na wykresie linię pionową,
5. punkt przecięcia linii W/W_0 oraz h_0/h określa stosunki J/J_0 oraz b_r/b_0 ,
6. sprawdza się, czy otrzymana wielkość J jest wystarczająca ze względu na sztywność płyty oraz czy stosunek b_r/b_0 jest racjonalny. Jeżeli tak nie jest, dobiera się inny stosunek h_0/h i powtarza się obliczenie.

Dla płyty nieżebrowanej:

$$J_0 = \frac{b_0 h_0^3}{12} ; \quad W_0 = \frac{b_0 h_0^2}{6}$$

Dla płyty żebrowanej obustronnie:

$$J = \frac{(b_0 - b_r) h_0^3 + b_r h^3}{12}$$

$$W = \frac{(b_0 - b_r) \cdot h_0^3 + b_r h^3}{12 \cdot 0.5 h}$$

Stąd

$$\frac{J}{J_0} = 1 - \frac{b_r}{b_0} + \frac{b_r}{b_0} \left(\frac{h}{h_0} \right)^3$$

$$\frac{W}{W_0} = \frac{h_0}{h} - \frac{b_r}{b_0} \cdot \frac{h_0}{h} + \frac{b_r}{b_0} \left(\frac{h}{h_0} \right)^2$$

Stosunek ciężarów płyty żebrowanej Q i nieżebrowanej Q_0 równa się stosunkowi powierzchni ich przekrojów (F i F_0):

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{F}{F_0} = \frac{(b_0 - b_r) h_0 + b_r h}{b_0 h_0} = 1 - \frac{b_r}{b_0} + \frac{b_r}{b_0} \cdot \frac{h}{h_0}$$

Na rysunku 11 pokazano przykład doboru wymiarów płyt. Interesujące nas wielkości dla tych płyt są następujące:

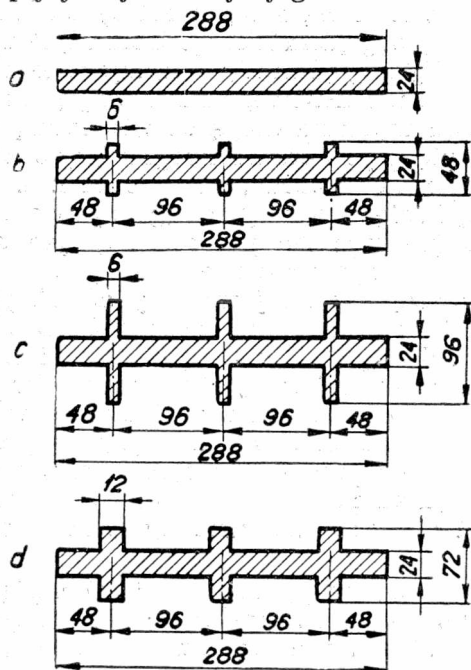
Szkic	$\frac{b_r}{b_0}$	$\frac{h_0}{h}$	$\frac{J}{J_0}$	$\frac{W}{W_0}$	$\frac{Q}{Q_0}$
a	0	1	1	1	1
b	0.0625	0.5	1.44	0.72	1.06
c	0.0625	0.25	4.95	1.24	1.17
d	0.15	0.33	4.25	1.41	1.25

Jasne jest, że płyta b jest skonstruowana błędnie, gdyż wskutek niewłaściwego ukształtowania żebrowania, stosunek W/W_0 jest mniejszy od jedności. Spośród dwóch płyt c i d pierwszeństwo należy oddać płycie d (mającej niższe i grubsze żebra) ze względu na jej większą wy-

trzymałość przy prawie takiej samej sztywności i ciężarze co płyta c.

Dobierając grubość i wysokość zeber należy zwrócić uwagę, że krzywe wyrażające stosunek W/W_0 posiadają głębokie minima dla określonych wartości $\frac{h_0}{h}$ i $\frac{b_r}{b_0}$. Wybrane przez nas wymiary zeber powinny być takie, żeby wartości W/W_0 leżały poza minimum.

Zamiast płyt żebrowanych można stosować także płyty o jednostajnej grubości z usztyw-



Rys. 11. Przykład doboru wymiarów płyt żebrowanych

nieniami o postaci fal składających się z odcinków paraboli, odcinków okręgu koła lub trapezów. Płyty tego rodzaju są wytrzymałe i sztywne, zaś brak zgrubień, które powstają w płytach żebrowanych u nasady zeber, jest korzystny przy stosowaniu materiałów mających skłonność do tworzenia jam skurczowych. Wadami tego rodzaju płyt są: większy koszt wykonania modeli i rdzennic oraz niebezpieczeństwo otrzymania odlewów o nierównej grubości ścian w razie niestarannego złożenia formy. Niebezpieczeństwa tego można uniknąć stosując odpowiednie modele i przymiary.

Literatura

1. M. Skarbiński: Konstrukcja odlewów PWT 1956.
2. M. Skarbiński: Projektowanie procesów technologicznych w odlewni. PWT 1954
3. H. Wögerbauer: Die Technik der Konstruierens. R. Oldenburg. 1943
4. C. Volk: Der konstruktive Fortschritt. J. Springer. 1941
5. Z. Brzoska: Płyty o równomiernej wytrzymałości przy obciążeniu osiowo symetrycznym. Arch. bud. maszyn. Tom 1. Zeszyt 3. 1954
6. W. Pellini: Caracteristiques thermiques de la solidification des pièces moulées. Congres International de Fonderie. Ass. Technique des Fonderie. 1953
7. E. Randich: Strength and stiffness of ribbed plates. Machine Design. Str. 143, 1949
8. N. Aczerkan.: Rasczet i konstruirowanie metaloreżuszczych stankow Maszgiz. 1952
9. J. Roark: Formulas for stress and strain. Mc Graw-Hill. 1943
10. Dzieło zbiorowe. Konstruktor a odlewnik. 1938. Pod ogólną redakcją K. Gierdziejewskiego

MARIAN OLSZEWSKI

621.746.6:536.421.4:532.5

Współczesny stan wiedzy o własnościach metali ciekłych

W referacie omówiono znaczenie dokładniejszego poznania własności fizycznych metali ciekłych, jako jednego z czynników prowadzących do dalszego unaukowania odlewnictwa.

Omówiono pewne własności fizyczne ciekłych metali i ich znaczenie w odlewnictwie. Podany został projekt planu systematycznych badań na tym odcinku; wymieniono również przykłady niektórych badań krajowych, a w szczególności prace nad pompą elektromagnetyczną do metali ciekłych.

Wstęp

Cechą charakterystyczną nowoczesnej techniki jest, jak wiadomo, dążność do opierania wszelkich procesów produkcyjnych, oraz rozwiązań konstrukcyjnych na ścisłych, naukowych podstawach.

Rosnące wymagania ze strony przemysłu budowy maszyn, urządzeń i wszelkiego rodzaju aparatury nie mogą pozostać bez echa również i w dziedzinie produkcji odlewniczej, w głównej mierze nastawionej na zaspokojenie potrzeb tych przemysłów. Spełnienie tych, często bardzo

wysokich żądań odnośnie asortymentu odlewów, dokładności ich wymiarów, własności materiału, ekonomiczności produkcji itd. nie jest już możliwe w oparciu o tradycyjne, niejednokrotnie jeszcze rzemieślnicze metody postępowania.

Nie jest więc rzeczą przypadku, że w czasach ostatnich jesteśmy świadkami ogromnego postępu technicznego w odlewnictwie. Cechą tego postępu jest coraz to śmielsze opieranie procesów produkcyjnych odlewniczych na odpowiednich obliczeniach, a więc na metodzie matematyczno-fizycznej analizy poszczególnych etapów wytwarzania odlewów.

Ten proces unaukowania odlewnictwa przebiega, rzecz jasna, dzięki rozwojowi innych nauk jak np. techniki cieplnej, fizyki metali, metaloznawstwa, chemii fizycznej, wytrzymałości materiałów, nauki o materiałach formierskich i innych.

Zorganizowane w poszczególnych krajach Odlewnicze Instytuty Naukowo-Badawcze, dysponujące odpowiednio wyposażonymi laboratoriami, mają za zadanie między innymi dążyć

do coraz to większego zastosowania osiągnięć wymienionych nauk do odlewnictwa.

Instytuty te, łącznie z odpowiednimi Instytutami Uczelnianymi, poprzez ciągły kontakt z przemysłem, spełniają więc rolę placówek, którym w udziale przypadło zadanie przeprowadzania planowych, systematycznych prac na odcinku unaukowiania odlewnictwa.

Wprowadzanie w życie tych osiągnięć przebiegać będzie coraz szybciej ze względu na fakt ciągłego zwiększania się w odlewniach personelu inżynieryjno-technicznego o specjalności odlewniczej, zaznajomionego z teoretycznymi podstawami odlewnictwa.

Oczekiwać więc należy jeszcze większego postępu technicznego w odlewnictwie z chwilą, gdy odlewnicy-ruchowcy poprzez swe codzienne, a celowe spostrzeżenia, dostarczą odlewnikom-teoretykom, większą niż dotychczas ilość danych praktycznych dla dalszego ich teoretycznego opracowania.

Na proces unaukowiania odlewnictwa ma, jak się przekonamy poniżej, duży wpływ poznanie własności metali ciekłych. Stwierdzić trzeba, że o ile własności metali i stopów w stanie stałym, jako własności użytkowe, były od dawna i są w dalszym ciągu tematem systematycznych prac naukowo-badawczych, które doprowadziły do bardzo poważnych osiągnięć, o tyle badania różnych własności metali ciekłych nie wyszły, zasadniczo biorąc, do tej pory, poza obręb zainteresowań uniwersyteckich pracowni fizycznych i fizyko-chemicznych. Badania te, zresztą sporadyczne, nie uwzględniały zazwyczaj metali i stopów interesujących odlewników, a prowadzone były raczej pod kątem widzenia sprawdzenia tej czy innej hipotezy lub postawienia nowej teorii. Zresztą trudności w budowie odpowiedniej aparatury i eksperymentowaniu w temperaturach wysokich, tj. takich, z którymi najczęściej spotyka się odlewnik, były przyczyną, że większość tych badań przeprowadzana była w temperaturach stosunkowo niskich.

Jednak i te, stosunkowo wąskie badania, mają dla techniki bardzo duże znaczenie, gdyż wyprzedziły one zainteresowania odlewników (i metalurgów) i dlatego mogą być dla nich źródłem i drogowskazem przy ustalaniu tematów przyszłych systematycznych prac naukowo-badawczych na odcinku dokładnego poznania własności metali ciekłych dla potrzeb nowoczesnego odlewnictwa. Metodyka tych badań musi być jednak częstokroć odpowiednio zmodyfikowana lub opracowana od nowa.

Znaczenie własności metali ciekłych w odlewnictwie

Metale ciekłe, tj. ciecze metaliczne, nie różnią się od cieczy zwykłych; jedynie tylko wysoka ich temperatura utrudnia eksperymentowanie, co jest powodem dużych rozbieżności w danych liczbowych, wyrażających daną własność.

Są to więc substancje izotropowe, bezpostaciowe. Pewien stopień stwierdzonej w cieczach metalicznych anizotropii (spowodowanej obecnością pewnej ilości mikrokryształów) obniża

się w miarę coraz to większego przegrzania metalu ponad jego temperaturę topliwości.

Omówimy tu najważniejsze własności cieczy metalicznych interesujące odlewników (i metalurgów).

1. Napięcie

powierzchniowe $\left(\frac{\text{dyna}}{\text{cm}}, \frac{\text{erg}}{\text{cm}^2}\right)$

a. Uwagi ogólne

Wiekść napięcia powierzchniowego dla danego metalu (stopu) w określonej temperaturze nie jest wielkością stałą, a zależy od ośrodka gazowego, względem którego bada się to napięcie (np. Hg względem H_2 wykazuje większe napięcie powierzchniowe, aniżeli względem N_2); poza tym uzyskana drogą doświadczalną wielkość napięcia powierzchniowego zależy od zastosowanej metody badań, a mianowicie: a. czasu zetknięcia się ośrodka gazowego z powierzchnią metalu (im czas ten jest dłuższy, tym σ jest mniejsze — spowodowane to jest tworzeniem się wielocząsteczkowej warstwy adsorbcyjnej), b. stopniem zabezpieczenia się podczas pomiarów od dostępu tlenu do powierzchni metalu (duże rozbieżności w wynikach pomiarów mogą mieć miejsce zwłaszcza w wypadku badania łatwo utleniających się metali, np. glinu), c. czasu pozostawiania metalu w stanie ciekłym przed rozpoczęciem pomiaru, d. obecności wszelkich obcych wtrąceń lub zanieczyszczeń chemicznych.

Metale wykazują duże wartości napięć powierzchniowych w porównaniu ze zwykłymi cieczami. Tak np. napięcie powierzchniowe stali o zawartości 0,15% C dochodzi w temperaturze 1600°C do $2000 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$, czyli przewyższa prawie 30-krotnie wartość σ dla wody w 20°C ($\sigma = 72,75 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$), a przecież, jak wiadomo, i woda jest pod tym względem wyraźnym wyjątkiem, gdyż wartości σ dla większości cieczy organicznych i nieorganicznych zawierają się tylko w granicach $22 \div 26 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$.

Inne metale, jak np. antymon, bizmut, cyna, miedź, ołów i rtęć zależnie od temperatury wykazują σ od 350 do $1100 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$.

Napięcie powierzchniowe metali maleje z zasady ze wzrostem temperatury; wpływ ten nie jest jednak zbyt znaczny, przynajmniej w wypadku zbadanych najlepiej metali niskotopliwych.

Napięcie powierzchniowe stopów nie jest z reguły własnością addytywną, tj. nie da się wyliczyć z reguły dodawania się udziałów napięć powierzchniowych wnoszonych proporcjonalnie przez poszczególne składniki stopu. Wynika to z równania Gibbsa (1877) podającego zależność adsorpcji od napięcia powierzchniowego i powstającego stąd podziału składników stopowych na kapilarnie aktywne, koncentrujące się na powierzchni faz (adsorbcja dodatnia), czyli obniżające napięcie powierzchniowe rozpuszczalnika i kapilarnie nieaktywne, rozcień-

czające się na powierzchni faz (adsorbcja ujemna) czyli zwiększające napięcie powierzchniowe.

Stwierdzone zostało, że dla niektórych stopów (np. Fe-C) przy danej temperaturze σ może osiągnąć jedno lub dwa maksima w miarę wzrostu zawartości tego lub innego składnika.

Dodać należy, że wyciąganie zbyt ogólnych wniosków co do praw rządzących napięciami powierzchniowymi stopów jest w obecnej chwili utrudnione z powodu zbyt małej znajomości σ dla metali czystych (wyjściowych).

b. Uwagi praktyczne

1. Napięcie powierzchniowe wiąże się ściśle ze zwilżalnością, która wyraża się wielkością kąta granicznego Θ . Kąt ten mierzony od powierzchni ciała stałego (faza 3) od strony wnętrza kropli metalicznej (faza 1) na nim spoczywającej, do stycznej poprowadzonej do krzywizny kropli w miejscu zetknięcia kropli z tym ciałem, w kierunku fazy gazowej (faza 2), jest wynikiem równowagi 3 par napięć powierzchniowych na granicy faz:

a. ciecz metaliczna—gaz (σ_{12}); wielkości te podają tablice zestawione na podstawie wyników badań laboratoryjnych — są to wspomniane powyżej wartości napięcia powierzchniowego;

b. substancja (ciało) stała—gaz (σ_{23}); nie jest znana dotychczas metoda pomiaru tej wielkości;

c. substancja (ciało) stała—ciecz (σ_{13}) — nie znamy również metody pomiaru tej wielkości.

Nie wnikając w szczegóły wyprowadzenia kąta granicznego, które znaleźć można w każdym podręczniku chemii fizycznej (np. A. Brodski, Chemia fizyczna, t. I, cz. II, str. 221), ustalić można, że

a. ciecz metaliczna zwilża substancję stałą (np. ściankę formy) tj. tworzy menisk wklęsły, gdy napięcie powierzchniowe metal—gaz (σ_{12}) wspomaga ilościowo swym działaniem napięcie powierzchniowe metal—ciało stałe (σ_{13}); wówczas $\Theta < 90^\circ$; przykład: stal źle odtleniona, posiadająca na swej powierzchni tlenki żelaza, zwilża materiał formierski, co prowadzi do wnikiwania metalu pomiędzy ziarna materiału formierskiego, a więc do przypaleń; Al_2O_3 zaś wpływa przeciwnie;

b. ciecz metaliczna nie zwilża substancji stałej (np. ścianki formy), gdy kąt graniczny $\Theta > 90^\circ$; przykład: szkło—rtęć, metal—materiał formy;

c. teoretyczny wypadek, gdy $\Theta = 90^\circ$ jest wypadkiem krańcowym, granicznym.

2. Napięcie powierzchniowe ma istotny wpływ na kinetykę procesu krystalizacji, a więc na intensywność powstawania ośrodków krystalizacji i liniową prędkość krystalizacji, która wzrasta w miarę zmniejszania się energii powierzchniowej (napięcia powierzchniowego); zjawisko rozdrabniania składników strukturalnych pewnych stopów przemysłowych (siluminu, żeliwa, staliwa) spowodowane jest wprowadzeniem do ciekłego metalu substancji powierzchniowo aktywnych (Na, K; Ca-Si, Fe-Si; Ti, Va, Al), obniżających napięcie powierzchniowe na granicy kryształ—ciecz,

a więc powodujących zmniejszenie się promieni zarodków krystalizacji (przy stałym stopniu przechłodzenia stopu). Wpływ dodatku modyfikatorów do stopów na ich krystalizację nie jest jednak dotychczas należycie wyjaśniony.

Obok napięcia powierzchniowego na proces krystalizacji wpływają również i inne czynniki, jak np. lepkość.

3. Napięcie powierzchniowe ma wpływ na wielkość wydzielających się z metalu pęcherzyków gazowych; obok innych czynników wpływa ono również na wielkość kropli surówki w wielkim piecu i żeliwa w żeliwiaku, oraz na przebieg reakcji na granicy faz: metal—żużel w procesach metalurgicznych.

2. L e p k o ś ć (tarcie wewnętrzne)

a. Uwagi ogólne

Jak wiadomo, odróżnia się:

a. Lepkość dynamiczną η (układ fizyczny CGS — $\frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{sek}}$, puaz (P); układ techniczny — $\frac{\text{kG} \cdot \text{sek}}{\text{m}^2}$;

$$1 \text{ puaz} = 0,0102 \frac{\text{kG} \cdot \text{sek}}{\text{m}^2}.$$

b. Lepkość kinematyczną ν (układ fizyczny CGS — $\frac{\text{cm}^2}{\text{sek}}$, stokes (St); układ techniczny $\frac{\text{m}^2}{\text{sek}}$; $1 \text{ stokes} = 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{sek}}$), którą oblicza się ze wzoru

$$\nu = \frac{\eta}{d}$$

gdzie: d — gęstość $\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$.

Metale ciekłe i stopy wykazują niewielkie na ogół wartości lepkości dynamicznej η w porównaniu z pospolicie znanymi cieczami, jak np. z wodą ($\eta = 0,01 \text{ P}$ przy $20,2^\circ\text{C}$), bo nieprzekraczające zazwyczaj $0,04 \text{ P}$. Różnią się one przeto pod tym względem wybitnie od żużli ($\eta = 3$ do 50 P).

Kinematyczna natomiast lepkość metali ciekłych, ze względu na ich stosunkowo dużą gęstość jest niższa od lepkości kinematycznej wody.

Lepkość dynamiczna danego metalu lub stopu maleje ze wzrostem temperatury; zależność tą ujmują mniej lub więcej złożone wzory wykładnicze (J. I. Frenkiela, H. Eyringa). Krzywe, wyrażające przeto tę zależność w układzie $\lg \eta - \frac{1}{T}$

(gdzie T — temperatura bezwzględna w $^\circ\text{K}$) zbliżają się swym przebiegiem do linii prostej.

Ciśnienie, według J. I. Frenkiela, nie wywiera żadnego praktycznego wpływu na lepkość metali.

Co się zaś tyczy lepkości stopów, to dopiero przyszłe badania wskazać mogą drogę do jej obliczenia. Nad lepkością stopów Fe-C i Cu-Sn pracowali m.in. A. M. Samarin i L. A. Szwarzman, zaś A. M. Butow i jego współpracownicy nad stopami Pb-Sn.

b. Uwagi praktyczne

Znając współczynnik lepkości obliczyć możemy, czy w danych warunkach przepływ metalu jest regularny (laminarny), czy też burzliwy (turbulentny). Ponieważ jednak kryterium tego granicznego stanu, wyrażone znaną wartością liczby Reynoldsa = 2320, nie sprawdza się na ogół w wypadku przepływu metali ciekłych (metalodynamiki), więc też wartość tę przyjmuje się dla różnych metali różną (np. dla staliwa $Re_{kr} = 7000$); sprawa ta wymaga przeto dalszego wyjaśnienia.

Lepkość metalu ciekłego wpływa na prędkość wypływania zawartych w nim domieszek obcych (wtrąceń niemetalicznych, gazów); zgodnie z prawem Stokesa prędkość ta maleje ze wzrostem η .

Ze wzrostem lepkości zmniejsza się prędkość reakcji i dyfuzji w procesach chemicznych w kąpielach metalowej.

Ciecze bardzo lepkie, szybko ochłodzone, mogą nie zdążyć wykryształizować; jednak, co się tyczy metali ciekłych, to ze względu na praktyczną niemożliwość przeprowadzenia należytego szybkiego ich ochłodzenia, wstrzymanie kryształizacji w metalu nie da się przeprowadzić.

Tarcie wewnętrzne metalu obniża jego lejućność.

Wielkość η ma również duże znaczenie w fizyce teoretycznej, a mianowicie w teorii dyfuzji i sprężystości.

Lepkość metali ciekłych winna być tematem szczególnie wnikliwych badań laboratoryjnych. Osiągnięcia w dziedzinie konstrukcji wiskozy-metrów do metali ciekłych i metodyce badań (T. P. Yao, V. Kondik; E. G. Szwidkowski) winny być u nas dokładnie przestudiowane.

3. Płynność φ (rhes — $\frac{\text{cm sek}}{\text{g}}$)

Jako pojęcie fizyczne, płynność metalu jest odwrotnością lepkości dynamicznej wyrażonej w puazach:

$$\varphi = \frac{1}{\eta}$$

Im φ jest większe, tym metal jest bardziej płynny i odwrotnie.

Jednak pospolicie znane pojęcia rzadko- i gęstopłynności są raczej pojęciami technologicznymi, znajdującymi swój wyraz w lejućności.

4. Ruchliwość r ($\frac{\text{sek}}{\text{cm}^2}$)

Ruchliwością nazywa się stosunek gęstości cieczy do jej lepkości dynamicznej; wielkość ta jest więc odwrotnością lepkości kinematycznej.

$$r = \frac{d}{\eta} = \frac{1}{\nu}$$

Ruchliwość, obok innych własności metali, wpływa na zachowanie się metalu w piecu podczas jego „gotowania“, na rynnę spustowej i w kadzi, w układzie wlewowym i w samej formie. Im ruchliwość („żywość“) cieczy metalicznej jest większa, tym dłużej zachowa ona nadany jej ruch; spowodowane to jest dużą

energiją kinetyczną ruchu (dużą gęstością), a małym tarciećm wewnętrznym, tłumiącym ten ruch.

Ze wzrostem temperatury ruchliwość cieczy metalicznej wzrasta (wprawdzie d maleje, ale w jeszcze większym stopniu maleje η).

Najbardziej ruchliwym ze zbadanych dotychczas metali jest rtęć, bowiem wykazuje ona (w 0°C) r równą aż 805 rhesów; usprawiedliwia to jej tradycyjną nazwę „żywego srebra“.

Najmniej ruchliwymi metalami są sól i potas ($r = 15\div 18$).

Stopy metaliczne są na ogół średnioruchliwe (np. ruchliwość stali o zawartości 0,45% C wynosi w temperaturze 1550°C 182 rhesy).

5. Inne własności

Omówione powyżej własności metali ciekłych nie wyczerpują, rzecz jasna, całości zagadnienia. Rozważyć należałoby bowiem wartości liczbowe i praktyczne znaczenie takich własności, jak np. ciepło topienia i parowania, prężność pary, gęstość, współczynnik przewodnictwa temperatury, skurcz i inne. Sprawa ta winna być tematem oddzielnego artykułu.

W artykule tym powinno być podkreślone znaczenie własności metali ciekłych w takich zagadnieniach jak: własności mechaniczne metali i stopów w stanie krzepnącym, proces kryształizacji w warunkach narzuconych, odlewanie ciągle, odlewanie magnesów trwałych w polu magnetycznym i inne.

O konieczności uaktywnienia badań nad metalami ciekłymi

Wydaje się rzeczą celową podkreślić, że i te, choć jak dotychczas, dość skromne osiągnięcia eksperymentalne na odcinku poznania wartości liczbowych podstawowych parametrów metali ciekłych, wzbudziły duże zainteresowanie ze strony odlewników-teoretyków.

Potwierdzają to np. wypowiedzi niektórych naszych kolegów zagranicznych. Oto co pisze na ten temat np. A. A. Ryżikow, autor znanego wśród nas dzieła pt. „Teoreticzeskoje osnovy litiejnogo proizwodstwa (str. 327): „...celem rozwiązania omówionych powyżej zasadniczych teoretycznych zagadnień odlewnictwa, szczególne znaczenie posiadają fizyko-termiczne stałe ciekłych i stałych metali i stopów. Tym złożonym tematem winien zająć się jeden z naszych fizyko-technicznych Instytutów“.

Przytoczona opinia jest tym bardziej charakterystyczna, i godna rozważenia, że przecież właśnie w Związku Radzieckim badaniom tym poświęca się dużo uwagi, jak to wywnioskować można np. choćby z treści licznych artykułów ogłaszanych w periodykach Akademii Nauk ZSRR, a omawiających wyniki eksperymentalne i zagadnienia teoretyczne związane ze wzmiankowanym tematem i problematyki specjalnych zjazdów naukowych.

A więc odlewnictwo oczekuje na przeprowadzenie dalszych systematycznych badań nad metalami ciekłymi, wyniki których wykorzystanie zostaną do dalszego teoretycznego pogłębiania i poszerzania podstaw odlewnictwa, a tym

samym do udoskonalania i upraszczania obliczeń praktycznych.

Konieczność rozpoczęcia systematycznych badań tego rodzaju dojrzewa coraz bardziej również w gronie odlewników polskich; zacytowana powyżej wypowiedź A. A. Ryżikowa utrwała nas jeszcze bardziej w tym przekonaniu.

W związku z tym nasuwa się pytanie, czy istnieją możliwości przeprowadzenia w kraju takich badań według ściśle określonego planu, oraz jak badania takie mogłyby być zorganizowane?

Biorąc pod uwagę, że prace te byłyby:

a. kosztowne, a to ze względu na konieczność opracowania dokumentacji złożonej aparatury, zastosowania do jej budowy wysokowartościowych materiałów i zaopatrzenia jej w odpowiednią precyzyjną aparaturę pomocniczą i użycia podczas doświadczeń również najczystszych metali, niejednokrotnie rzadkich i kosztownych;

b. bardzo pracochłonne, a możliwe że niejednokrotnie mało efektywne, zwłaszcza jeśli chodzi o prace przygotowawcze i eksperymentalne;

c. długotrwałe ze względu na trudności zawarte w samej tematyce badań, oraz na brak szerszych kadr naukowych, przeszkolonych w tego rodzaju pracach, jak również konieczność wdrożenia uzyskanych danych do istniejących teorii odlewniczych,

praktyczną będzie rzeczą przedyskutować możliwości przystąpienia do realizacji postawionego zadania.

Realizację tego problemowego planu prac, można by było podzielić na 2 etapy.

Etap pierwszy (plan przejściowy). Ustalić należy, jakie własności i jakich metali i stopów zbadać należy w pierwszym rzucie, kierując się przy tej decyzji zasadą ich największego praktycznego znaczenia. Tematykę tych prac należałoby uzgodnić z odpowiednimi Katedrami Wyższych Uczelni i Zakładami Instytutów Naukowo-Badawczych (jak np. Instytutem Odlewnictwa, Instytutem Metalurgii i in.), biorąc za zasadę — przynajmniej w pierwszym stadium prac — nie zdawiania tematów. Typując miejsce wykonania tych prac brać trzeba, rzecz jasna, realne możliwości wykonania tych badań, czyli uwzględnić przede wszystkim stan wyposażenia pracowni w odpowiednią aparaturę i materiały, oraz zainteresowanie odnośnej placówki omawianą tematyką.

Nadzieją na pomyślne wyniki planowanych prac napawa fakt, że niektóre z naszych placówek naukowo-badawczych posiadają pewną tradycję w przeprowadzaniu takich samych lub podobnych prac.

Wykonawcami niektórych prac mogliby być aspiranci lub magistranci. Również prace te mogłyby być tematem prac kandydackich.

Postępując w ten sposób można by było za lat kilka zebrać dość obfity materiał doświadczalny uzyskany w wyniku badań na różnych metalach i stopach w różnych temperaturach.

Materiał ten, po skonfrontowaniu go z osiągnięciami zagranicznymi, wniósłby, po odpowiednim opracowaniu teoretycznym, bardzo wiele

elementów do sprawy dalszego unaukowiania odlewnictwa.

E t a p d r u g i (plan długofalowy). Niezależnie od tego, już teraz zastanowić się należy, czy nie byłoby rzeczą celową przystąpić w czasie najbliższym do zorganizowania w kraju samodzielnej placówki naukowo-badawczej, wokół której grupowałyby się wszystkie zagadnienia dydaktyczne i naukowe, związane z własnościami metali w stanie ciekłym i krzepnącym. Mogłaby to być np. powołana przy jednej z Wyższych Uczelni Katedra Metali Ciekłych.

Choć trudno jest w danej chwili podać organizację wewnętrzną takiej przyszłej placówki, autor pozwala sobie poddać pod dyskusję plan zorganizowania na początek pracowni następujących:

1. Pracownia stopów niskotopliwych.

2. Pracownia stopów wysokotopliwych.

Podział taki uzasadnia się odmienną metodyką badań w temperaturach stosunkowo niskich i wysokich.

3. Pracownia projektowania aparatury badawczej. Punkt ten nie wymaga bliższych wyjaśnień.

4. Pracownia badań przemysłowych metali ciekłych (ekipa badawcza).

5. Pracownia projektowania nowych procesów technologicznych otrzymywania ciekłych stopów.

6. Pracownia pomiarowej aparatury ogniotrwałej i materiałoznawstwa fizyko-chemii wysokich temperatur.

7. Pracownia modelowania procesów odlewniczych.

8. Pracownia sporządzania dokumentacji naukowo-badawczej.

9. Pracownia budowy aparatów prototypowych.

Wydaje się, że zorganizowana w ten sposób placówka, spełniałaby, przynajmniej w okresie początkowym, swe zadanie. Zresztą, w czasie późniejszym, już po zdobyciu odpowiednich doświadczeń z jej pracy, ulec mogłaby ona odpowiedniemu przeorganizowaniu, stosownie do wymagającej się dalszej problematyki.

W związku z wymienionym powyżej punktem 6 nasuwa się również myśl o konieczności przystąpienia do opracowania dzieła, traktującego o rodzajach, własnościach i zakresie zastosowania różnych, najczęściej specjalnych materiałów używanych do budowy aparatury naukowo-badawczej przeznaczonej do pracy w wysokich temperaturach.

Przykłady badań krajowych nad metalami ciekłymi

Badania takie mają już w kraju pewną tradycję. Tak np. systematyczne badania na tym odcinku przeprowadzał już w r. 1936 i latach następnych A. Krupkowski ze swoimi współpracownikami: S. Balickim i A. Piotrowskim. Tematem prac było zagadnienie kinetyki utleniania się metali ciekłych. W wyniku tego opracowana została metodyka badań utleniania się ciekłego bizmutu, niektórych brązów, cyny, cynku, miedzi, ołowiu, niklu i srebra. Prace te do-

przewodzący do uzyskania danych liczbowych, zezwalających na teoretyczne uogólnienie tego, tak ważnego zjawiska, jakim jest proces utleniania się metali ciekłych, oraz sposobu przeprowadzania praktycznych obliczeń z tej dziedziny.

Z tytułową problematyką wiąże się również badania M. Śmiałowskiego nad wodorem w stali i J. Forysta nad napięciem powierzchniowym stopionej cyny, ołowiu i bizmutu. Praca St. Gębalskiego nad wpływem podwyższonego ciśnienia krzepnięcia na własności stali i żeliwa wnosi również pewien dorobek w interesującą nas dziedzinę.

Badania te wymienilem przykładowo nie analizując bliżej ich wyników, gdyż podane są one w odpowiednich publikacjach. Możliwą jest jednak rzeczą, że przeoczyłem pewne godne wzmianki osiągnięcia innych krajowych badaczy. To ewentualne niedociągnięcie postaram się jednak usunąć w planowanym obszerniejszym artykule, poświęconym specjalnie osiągnięciom krajowych badaczy na odcinku pogłębiania naszych wiadomości o metalach ciekłych.

Z nieopublikowanych prac wymienię badania przeprowadzone na Wydziale Odlewnictwa AGH, w Katedrze Technologii Formy.

1. Określenie napięcia powierzchniowego ciekłych niemieszających się z sobą metali przy zastosowaniu tzw. metody leżącej kropli.

W oparciu o publikacje P. W. Helda i S. K. Czuczmarewa oraz S. I. Popiela, O. A. Jesina i J. P. Nikitina przeprowadzono pomiar napięcia powierzchniowego na granicy faz: ciekły cynk—ciekły ołów. Z otrzymanych wyników nie jesteśmy dotychczas zbyt zadowoleni, a to z powodu małej powtarzalności się danych liczbowych. Najbardziej prawdopodobną przyczyną tego jest brak odpowiedniej aparatury, oraz czystych metali; wymienieni bowiem uczeni radzieccy kładą szczególny nacisk na czystość metalu, twierdząc, że na uzyskane wyniki mogą w dość znacznym stopniu wpłynąć minimalne choćby tylko zanieczyszczenia, np. ołowiu sodem. W każdym razie dotychczasowe wyniki prób wykazały, że im kropla ołowiu w (cynku) jest mniejsza (< 3 mm), tym wyniki są dokładniejsze.

Próbowano wykorzystać tę metodę również do określania napięcia powierzchniowego zwykłego, tj. metal ciekły—gaz, a to przez analogię z podobnym oznaczeniem przy pomocy metody kropli zwisającej, skrzepłej. Badania te również nie doprowadziły do zadowalających wyników, a to z powodu utleniania się metalu (cyny). Planuje się jednak dalsze kontynuowanie tych prac, tym razem już na metalach nieutleniających się, względnie w atmosferze gazów obojętnych.

Dodać należy, że celem zbadania profilu geometrycznego otrzymanych kropli (po ich przecięciu) dla wypośrodkowania jej głównych promieni krzywizny, niezbędnych do obliczenia σ_{12} , zastosowano z powodzeniem mikroskop warsztatowy. Ciekawą jest rzeczą przestudiowanie profilu takiej kropli, powiększonego kilkadziesiąt razy: uzyskane punkty pomiarowe dają

wprost idealny, prawie niczym nie zakłócony przebieg szukanej krzywej; w wypadku natomiast cyny, skrzepłej na powietrzu, stwierdzono również w jej wierzchołku wpływ skurczu (spłaszczenie, lekkie zakłębienie się powierzchni).

Biorąc pod uwagę to, że profile kropli mogą być zdejmowane z tak wielką dokładnością, dalsze próby powinny wypaść bardziej pomyślnie.

2. Badania nad pompą elektromagnetyczną do metali ciekłych.

Prace te, rozpoczęte przez autora w r. 1950 w Katedrze Odlewnictwa, a kierowane przez prof. M. Czyżewskiego i prof. A. Krupkowskiego, zakończone zostały w zasadzie w r. 1955, w Katedrze Technologii Formy. Przyspieszeniu tych prac stała na przeszkodzie głównie trudność w budowie i skompletowaniu odpowiedniej aparatury. Myślą przewodnią tych prac była idea wykorzystania siły motorycznej prądu elektrycznego w polu elektromagnetycznym do odlewania ciśnieniowego w formach piaskowych. Pomyślnie wyniki tych prac, choć przeprowadzonych dotychczas tylko na rtęci, zezwalają już na wstępne zaprojektowanie urządzeń do odlewania ciśnieniowego tym sposobem. Głównym elementem tych urządzeń będzie pompa elektromagnetyczna.

Wyjaśnić należy, że pompy elektromagnetyczne posiadają bardzo prostą konstrukcję i są bardzo dogodne w eksploatacji. Składają się bowiem z elektromagnesu, między nabiegunkami którego umieszczona jest nieruchoma, spłaszczona, zwykle pozioma rurka przepływowa, wypełniona ciekłym metalem. Z chwilą przepuszczenia przez metal prądu w kierunku prostopadłym do osi podłużnej rurki, a zarazem prostopadłym do kierunku linii magnetycznych, metal zaczyna się zachowywać tak samo, jak przewód w silniku elektrycznym, tj. porusza się w pewnym kierunku (zgodnie z zasadą lewej ręki), czyli zaczyna płynąć w kierunku podłużnej osi rurki. Pompy takie, podobnie jak każde inne pompy i wentylatory, posiadają również własną charakterystykę roboczą, wyrażaną zależnością między jej wydatkiem a wielkością przeciwcisnienia.

Maksymalne, możliwe teoretycznie do uzyskania w takiej pompie ciśnienie p (kG/cm²) wyraża się wzorem

$$p = 1,02 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{B \cdot J}{b}$$

gdzie:

- B — indukcja magnetyczna w szczelinie elektromagnesu (metal ciekły) w gaussach,
- J — natężenie prądu elektrycznego w amperach, płynącego w kierunku prostopadłym do kierunku B ,
- b — grubość warstwy metalu w rurce przepływowej w cm, mierzona w kierunku B .

Ze wzoru tego widać, że wielkość ciśnienia maksymalnego zmieniać można w dość szero-

kich granicach i, że możliwe teoretycznie do uzyskania ciśnienia zasługują na uwagę. Tak np. w wypadku, gdy $B = 10000$ gaussów, $J = 1000$ amperów, a $b = 0,1$ cm, to

$$p = 1,02 \cdot 10^{-7} \cdot 10^4 \cdot 10^3 \cdot 10 = 10,2 \text{ kG/cm}^2.$$

Zmieniając zaś przy podanych powyżej przykładowych charakterystykach pompy (tj. elektromagnesu i rurki ciśnieniowo-przepływowej) natężenie prądu np. do 10000 amperów, uzyskane ciśnienie wyniosłoby już 102 kG/cm².

Maksymalna zaś wysokość pompowania zależy również od ciężaru właściwego metalu ciekłego; wzrasta ona proporcjonalnie w miarę obniżania się tego ciężaru, jak to podaje wzór

$$h = \frac{10 p}{\gamma}$$

gdzie:

h — wysokość pompowania w metrach,

γ — ciężar właściwy metalu (przy danej temperaturze) w $\frac{\text{G}}{\text{cm}^3}$

p — maksymalne ciśnienie pompowania w kG/cm².

Z tego wzoru widać, że maksymalna wysokość pompowania np. ciekłego aluminium ($\gamma \approx 2,7 \text{ G/cm}^3$ w ostatnim przykładzie obliczenia ciśnienia maksymalnego, wynosiłaby aż około 380 m!

Dodać należy nawiasem, że pompy elektromagnetyczne mogą być zastosowane również do pompowania wszelkich innych cieczy, pod warunkiem, że posiadają one odpowiednie przewodnictwo elektryczne, jak np. kwasy, zasady i sole.

Wspomniane powyżej badania krajowe doprowadziły do opracowania metodyki odpowiednich doświadczeń, oraz zezwoliły na zdobycie danych liczbowych od dalszych rozwiązań konstrukcyjnych z tego zakresu.

Bliższe szczegóły tych badań podane zostaną zresztą w przygotowywanym obecnie do druku artykule specjalnym.

Kończąc omawianie tego zagadnienia dodam jeszcze, że A. H. Barnes z Argonne National Laboratory (Nucleonics, 1, 1953) podaje, że pompy takie znajdują również zastosowanie do przepompowywania stopu sodu z potasem, jako czynnika chłodzącego w reaktorach.

Prace krajowe potwierdzają również wszystkie podkreślane przez wspomnianego autora zalety pomp elektromagnetycznych, a mianowicie, że są one kompletnie szczelne, nie posiadają żadnych ruchomych części, itp.

Dodać należy, że pionierem na odcinku budowy pomp do metali ciekłych był już E. F. Northrup (1907), jednak dopiero w latach ostatnich zaczęto się interesować więcej tą sprawą.

Uwagi końcowe

Na zakończenie niniejszego artykułu autor pragnie oświadczyć, że zdaje sobie należycie sprawę z zawartych w nim niedociągnięć, zwłaszcza na odcinku nieproporcjonalnego, być może nawet i pobieżnego potraktowania poruszonych zagadnień w stosunku do wymagań praktyki. Autor ma jednak nadzieję, że na grudniowym zjeździe Kolegów Odlewników dyskusja wskaże te nurtujące codziennie problemy praktyczne, a zapewne niejednokrotnie i teoretyczne, na które należałoby w przyszłości położyć większy nacisk przy opracowywaniu artykułów o podobnej tematyce i przy planowaniu ewentualnych systematycznych badań laboratoryjnych i przemysłowych na tym odcinku.

Dlatego też udział Kolegów w szerokiej dyskusji zjazdowej na ten, po raz pierwszy poruszony przez Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Odlewników Polskich — przy pełnym zrozumieniu i poparciu Komitetu Hutnictwa Polskiej Akademii Nauk — złożony, lecz zarazem ciekawy temat będzie bardzo cennym wkładem członkowskim w realizację takich zamierzeń.

Mgr inż. ROMAN KRZESZEWSKI

621.74:621.753.1:311.2

Zastosowanie niektórych metod statystycznych do ustalania odchyłek wymiarowych odlewów

W referacie przedstawiono wyniki pomiarów odchyłek wymiarowych odlewów żeliwnych. Otrzymane wyniki porównano z wartościami proponowanymi przez normy na odchyłki wymiarowe odlewów. Istniejące znaczne rozbieżności wyjaśniono przyjęciem niewłaściwych zależności między wielkością odchyłki a wymiarem odlewu.

Wstęp

Współczesne rozwiązanie cyklu produkcyjnego polega w głównej mierze na wyeliminowaniu operacji ręcznych pozostawiając je jedynie tam, gdzie rzeczywiście są one nieuniknione. Spowodowane jest to dążnością zarówno do uzyskania możliwie dużej dokładności wykonania jak i maksymalnego wykorzystania obrabiarzek. Z tych powodów obróbkę półfabrykatów

jakimi są odlewy przeprowadza się w specjalnych przyrządach umożliwiających szybkie i dokładne ustawienie określonej a poddawanej obróbce powierzchni względem narzędzia. Zastępując w ten sposób podstawy ustawcze jakimi są punkty i rysy traserskie przez podstawy oporowe, unika się pracy traserskiej, ze względu na wymaganą dokładność bardzo kosztownej, jak również odpada ustawianie i mocowanie odlewu na obrabiarce, odpada obawa niezachowania prostopadłości czy nierównoległości powierzchni obrabianych względem narzędzi.

Zastępowanie podstaw ustawczych przez oporowe jest jednym z zasadniczych kierunków racjonalizacji technologii obróbki mechanicznej,

jednakże wyeliminowanie indywidualnego ustawiania pociąga za sobą konieczność spełnienia niektórych specjalnych warunków co nie zawsze okazuje się ekonomiczne możliwe a nawet celowe. Przede wszystkim powiększają się znacznie wymagania odnośnie dokładności półfabrykatów. Przy korzystaniu z podstaw oporowych zmuszeni jesteśmy do obrabiania odlewów o mniejszych tolerancjach niż byłoby to konieczne przy stosowaniu podstaw ustawczych. Zaniechanie trasowania i indywidualnego ustawiania oznacza zwiększenie wymagań w stosunku do całej organizacji procesu technologicznego.

Odlew powinien być zatem wykonany w taki sposób, aby po ustawieniu go w odpowiednim przyrządzie, bez żadnych dodatkowych operacji można było przeprowadzić obróbkę mechaniczną, która ze swej strony doprowadziłaby do otrzymania elementu odpowiadającego warunkom technicznym. Dla urzeczywistnienia tej wymienności odlewy powinny mieć równe parametry geometryczne określające ich kształt, wymiary oraz położenie w przyrządzie. Jednak ponieważ absolutna równość wymiarów nawet dwóch odlewów wskutek błędów wykonania jest niemożliwa, niezbędna jest ich równość przybliżona. Znaczy to, że określony wymiar odlewu nie powinien się różnić od wymiaru „idealnego” zwanego nominalnym więcej niż o określoną wielkość, która nosi nazwę odchyłki dopuszczalnej. Niezbędne jest następnie, aby błędy wykonania nie przekraczały tych ustalonych odchyłek dopuszczalnych. Wynika stąd, że między odlewem i przyrządem powinna być spełniana zasada całkowitej wymienności — zasada stosowana szeroko w budownictwie maszynowym. Jest to zagadnienie o olbrzymiej wadze zwłaszcza w przypadku obrabiania na wydziale mechanicznym zakładów odlewów pochodzących z kilku odlewni.

Napotyka się tu jednak na pewne sprzeczności pomiędzy wymaganiami technologii mechanicznej i odlewniczej. Wymagania technologii mechanicznej nastawione są na wysoką dokładność wykonania odlewów, przy małych nadatkach na obróbkę, co prowadzi zwykle do znacznych trudności w technologii odlewniczej a niekiedy stawia ją wobec niemożliwych do pokonania trudności.

Wymagania technologii odlewniczej nastawione są raczej na rozszerzenie zakresu odchyłek dopuszczalnych a tym samym na ułatwienie produkcji. Zbyt szerokie tolerancje wykonania odlewów wywierają wielki wpływ na ekonomię i wydajność obróbki. Usunięcie zbyt licznych warstw materiału powoduje zwiększenie zużycia narzędzi i energii elektrycznej lub co gorzej prowadzi niekiedy do zaburzeń w procesie technologicznym przez konieczność wprowadzania dodatkowych operacji lub zmiany przyrządów lub obrabiarek.

Uwzględniając wszystkie podane wyżej czynniki dochodzimy do wniosku, że właściwe ustalenie tolerancji wymiarowych odlewów jest zagadnieniem o pierwszorzędym znaczeniu. Rozwiązanie podanych wyżej sprzeczności przy

zachowaniu pełnej wymienności między odlewem i przyrządem możliwe jest tylko wtedy, jeśli dokładność wykonania jest uzasadnioną ekonomicznie dla odlewnika i będzie odpowiadała wymaganiom technologii mechanicznej. W przypadku kiedy rozwiązanie takie jest niemożliwe musimy uciec się do wymienności niezupełnej t. zn. do dopasowywania odlewu do przyrządu.

Ogólny stan zagadnienia

Na ogół przyjęto uważać, że odchyłki wymiarowe odlewów są proporcjonalne do badanego wymiaru odlewu i zależność tych dwu wielkości jest analogiczna z zależnościami obserwowanymi u przedmiotów obrabianych mechanicznie, lub ściślej biorąc, obrabianych za pomocą toczenia i szlifowania.

W ten sposób ujmuje zagadnienie P. P. Berg [1] sądząc, że w przypadku starannej produkcji odlewów żeliwnych w formach piaskowych przy formowaniu maszynowym dokładność odlewów może się wahać w granicach 7÷8 klasy dokładności OST WKS 1010.

Również G. A. Aparin i J. I. Gorodeckij [2] wyrażają zdanie, że dokładność wymiarowa odlewów żeliwnych wykonanych dokładnie w formach piaskowych może się wahać w granicach dokładności odpowiadających 8 lub 9 klasie OST WKS 1010.

Istniejące normy dokładności wykonania odlewów żeliwnych ujmują zagadnienie analogicznie zakładając wzrost odchyłek wymiarowych odlewów jedynie w zależności od wymiaru odlewu.

Tablica 1

Wymiar odlewu w mm	klasy dokładności odlewów		
	1	2	3
	odchyłka w milimetrach		
do 100	2,0	2,5	3,0
100 do 200	2,0	3,0	4,0
200 „ 300	2,0	3,5	5,0
300 „ 500	2,5	5,0	7,0
500 „ 800	3,0	6,0	8,0
800 „ 1200	4,5	8,0	10,0
1200 „ 1800	6,0	10,0	13,0
1800 „ 2600	8,0	13,0	16,0
2600 „ 3800		16,0	20,0
3800 „ 5400		20,0	25,0
5400 i wyżej		25,0	35,0

Tablica 1 podaje za A. Sokołowskim [3] tolerancje odlewów z żeliwa szarego zgodnie z GOST 1855/43. Tolerancje podane są w zależności od wymiaru mierzonego. Tablica podaje górne i dolne odchyłki w stosunku do wymiaru nominalnego dla powierzchni nie podlegających obróbce. Jeśli zamierza się wykorzystać te dane do obliczania nadatków bezpośrednio, to należy jak zaleca A. Sokołowski uwzględniać tylko część odchyłki skierowaną w głąb metalu. Odchyłki w przeciwnym kierunku przy określaniu obliczeniowej wielkości nadatku nie uwzględnia się, gdyż zwiększa ona pewność „wydania” odlewu.

Identycznie jak norma GOST-1855 ujmuje sprawę tolerancji wymiarowych odlewów norma resortowa RN-53/MPM-22011.

Porównując wielkości tolerancji wykonania odlewów z tolerancjami dokładności wykonania elementów obrabianych mechanicznie ujętymi w normie RN-53/MPM-22011 stwierdzimy, że przy nominalnych wymiarach w przybliżeniu do 1000 mm tolerancje dla odlewów 1 klasy dokładności są równe tolerancjom dla elementów obrabianych mechanicznie w 8 klasie dokładności. Przy nominalnych wymiarach powyżej 1000 mm tolerancje odlewów są na ogół równe tolerancjom wykonania części obrabianych mechanicznie w 9 klasie dokładności.

Norma ISA na tolerancje wymiarowe przewiduje klasy 13 do 18 jako określające granice wahań wymiarowych odlewów. Są to tak zwane Tolerancje Hutnicze (HT) obejmujące tak jak cały układ ISA zakres do 500 mm [4]. Tu również obserwujemy wzrost odchyłki wymiarowej odlewu wraz ze wzrostem jego wymiaru nominalnego. Jest rzeczą ciekawą, że normy te uzależniają wielkość odchyłki wymiarowej odlewu od jego wielkości nie uwzględniając zupełnie wpływu stopnia skomplikowania formy odlewniczej na dokładność odtworzonego przez nią odlewu.

Zagadnienie to poruszył w swoim artykule H. Jungbluth [5] omawiając doświadczenia O. Hengstenberga zreferowane w biuletynie zakładów Kruppa. Zwrócił on uwagę, że przy wybieraniu podstaw obróbczych należy uwzględniać przede wszystkim te elementy odlewu, które najmniej zależą od technologii odlewniczej. W dalszym ciągu na przykładzie obudowy przekładni samochodu omówił wpływ złożoności formy na dokładność odtwarzanego przez nią elementu odlewu, ilustrując swoje wyniki krzywymi rozkładu kilku wymiarów tego odlewu. Stwierdził on, że wraz ze wzrostem ilości elementów formy odtwarzających dany element odlewu wzrasta rozrzut wymiarów. Następną cenną uwagę O. Hengstenberga jest zwrócenie uwagi na możliwość zastosowania metod statystycznych do ustalania odchyłek wymiarowych odlewów.

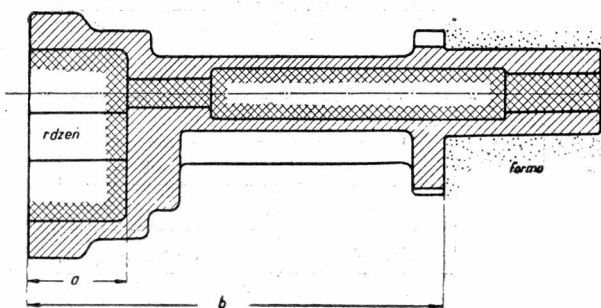
W. M. Szestopał [6] analizując normę GOST-1855 zwraca uwagę, że jest ona niezwiązana z normami odchyłek na elementy wyposażenia modelowego, luzy w znakach rdzeniowych itp. Stwierdza on w dalszym ciągu swoich rozważań konieczność obliczeniowego ustalania odchyłek wymiarowych form odlewniczych drogą zastosowania metod używanych w budownictwie maszynowym, opartych na rachunku prawdopodobieństwa. Na zakończenie W. M. Szestopał również zwraca uwagę na zależność dokładności wykonania elementu odlewu od złożoności formy odlewniczej. Zagadnienie to zostało szerzej omówione przez autora niniejszego referatu w jednym z artykułów [7, 8].

Reasumując dotychczasowy dorobek w dziedzinie tolerancji odlewów należy stwierdzić, że opracowane dotychczas układy zakładają proporcjonalność między wymiarem odlewu a jego odchyłką. Ogłoszone natomiast prace zwracające wprawdzie uwagę na zależność odchyłki wymiarowej odlewu od złożoności formy odlewniczej przedstawiają albo teoretyczne jedy-

nie rozważania, albo podają wyniki bardzo szczupłych, gdyż przeprowadzonych zaledwie na kilku odlewach, badań.

Część doświadczalna

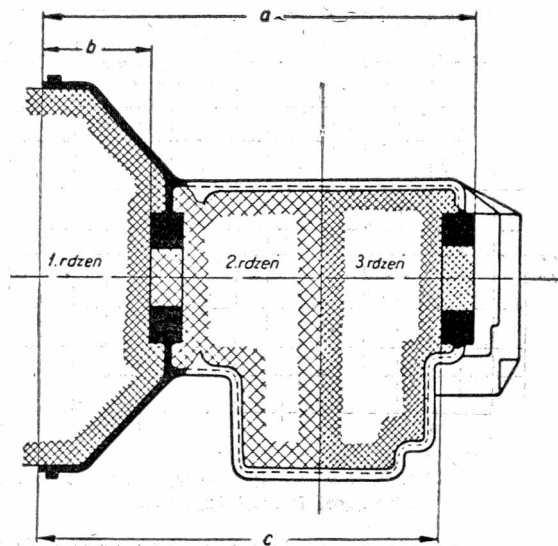
Już wstępne zbadanie kilku odlewów odtwarzanych przez formę i rdzenie wskazuje, że odchyłki wymiarowe nie są proporcjonalne do wymiarów nominalnych a zależą bardzo silnie od stopnia skomplikowania formy odlewniczej. Dla przykładu przeanalizujemy odlew obudowy



Rys. 1. Odlew kadłuba pompki olejowej silnika spalinowego

skrzyni biegów oraz odlew pompki olejowej. Sposób formowania pompki podaje rysunek 1, a sposób formowania obudowy skrzyni biegów rysunek 2.

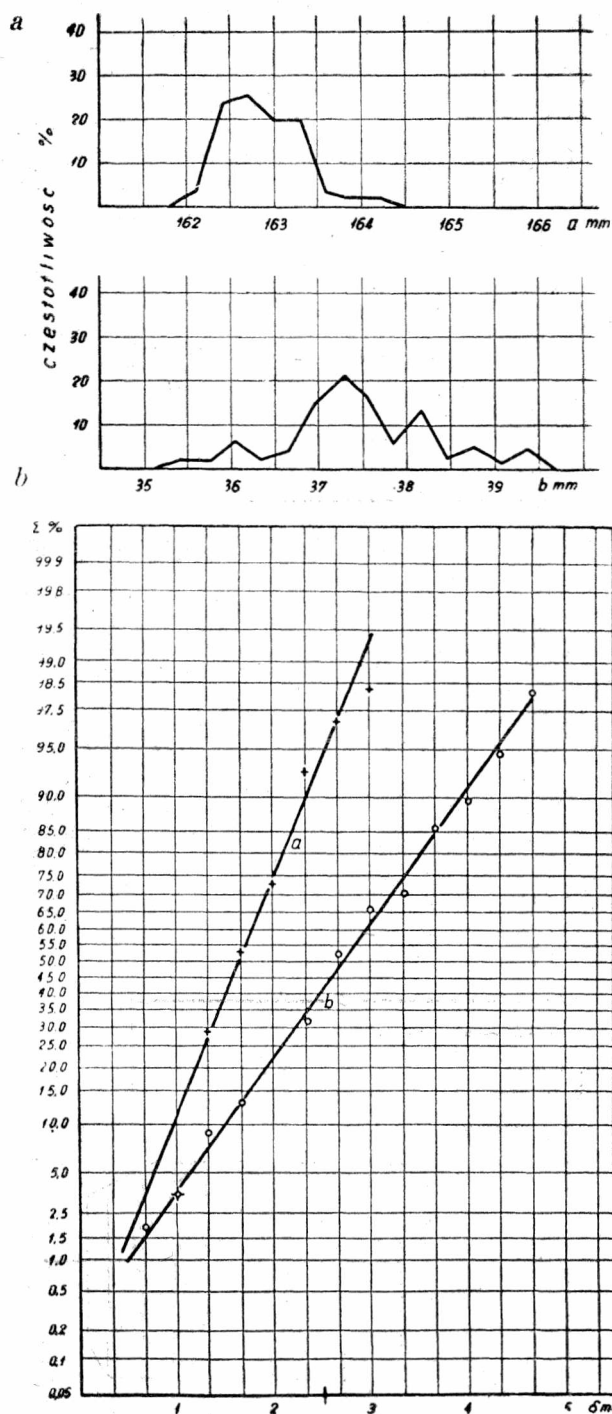
Celem uniknięcia wpływu przypadkowości na wielkość ustalanych odchyłek wymiarowych postanowiono oprzeć się na metodzie statystycznej wychodząc z założenia, że na wymiar odlewu wpływa wielka ilość czynników, a uzyskiwana różnica między pewnym wymiarem przeciętnym a każdym z wymiarów rzeczywistych uzależniona jest od wielkiej ilości na ogół niezależnych między sobą przyczyn.



Rys. 2. Odlew obudowy skrzyni biegów

Odchyłki wymiarów zaznaczonych na rysunkach 1 i 2 podają wykresy przedstawione na rysunkach 3 i 4. Jak widać wielkość odchyłek jest ściśle związana ze sposobem w jaki odtwarzany jest dany element odlewu, a ich rozkład odpowiada w przybliżeniu rozkładowi normal-

nemu. W dalszym ciągu przeprowadzono pomiary na 20 różnych odlewach żeliwnych, przy czym wyniki rejestrowano na specjalnych formularzach, których układ umożliwiał bezpośrednie otrzymanie z danych pierwotnych zarówno



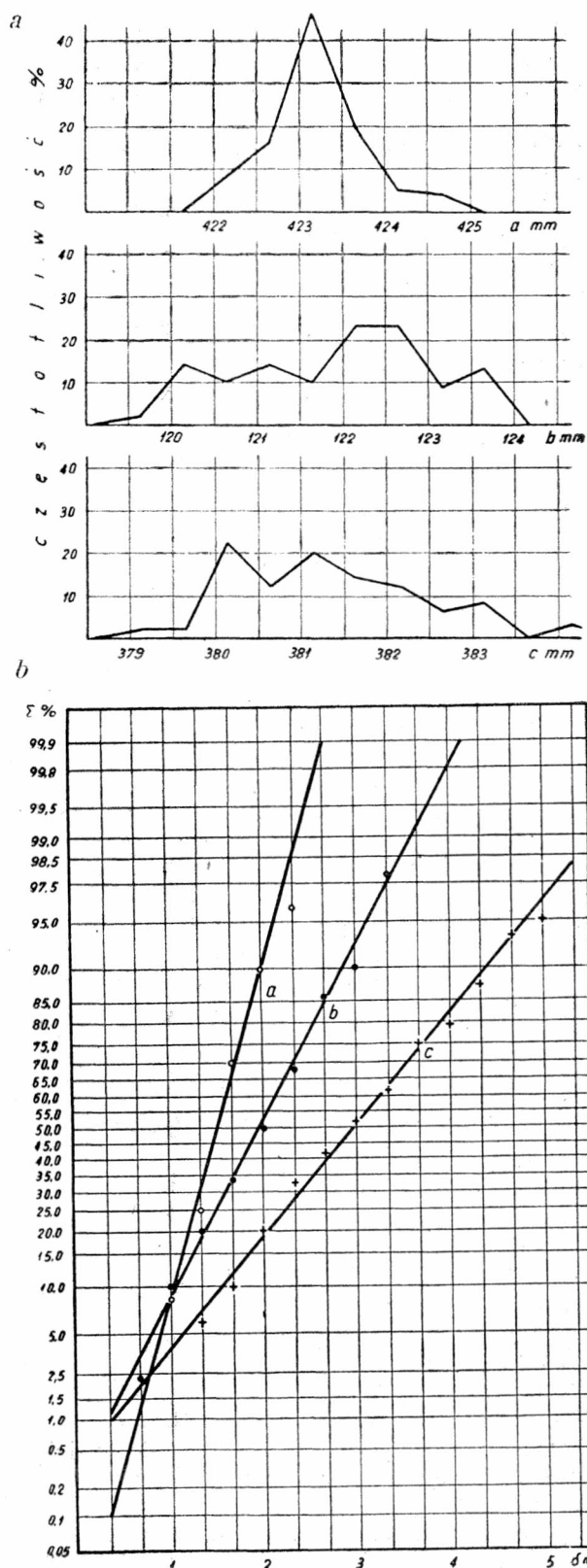
Rys. 3. Odchyłki wymiarów pompki olejowej zaznaczonych na rys. 1: a — wieloboki liczebności; b — wykres w siatce odpowiadającej funkcji Laplace'a

szeregu rozdzielczego jak również wykreślenie wieloboku liczebności oraz obliczenie wartości średniej i średniego kwadratowego odchylenia. Przykład wypełnionego arkusza podaj rysunek 5¹⁾.

1) materiał doświadczalny zebrano podczas prac nad ustalaniem odchyłek wymiarowych odlewów żeliwnych prowadzonych wspólnie z mgr inż. Marcinkowskim Janem z Zakładu Instruktażu i Ekspertyz Instytutu Odlewnictwa.

Badane odlewy formowane były maszynowo. Rżenie wykonywano w rdzenniciach ręcznie.

Uzyskane w ten sposób wyniki naniesiono następnie na układ współrzędnych $\delta = f(L)$ zaznaczając jednocześnie sposób odtwarzania elementu odlewu, którego odchyłkę wymiarową określa punkt na wykresie podanym na rys. 6.



Rys. 4. Odchyłki wymiarów obudowy skrzyni biegów zaznaczonych na rys. 2: a — wieloboki liczebności; b — wykres w siatce odpowiadającej funkcji Laplace'a

Ze względu na to, że konstruktor zastrzegł dokładność wykonania odlewów zgodnie z wymaganiami 15 klasy dokładności ISA na wy-

gdzie: δ — odchyłka wymiaru,
 d — średnica przedmiotu
 l — długość przedmiotu

Obecność w równaniu stałej C wskazuje, że równanie powyższe jest równaniem rodziny krzywych. Zakładając podobieństwo geometryczne przedmiotów tzn. przyjmując stały stosunek długości do średnicy możemy odchyłkę uzależnić jedynie od średnicy przedmiotu, czyli:

$$\delta = f(C, d)$$

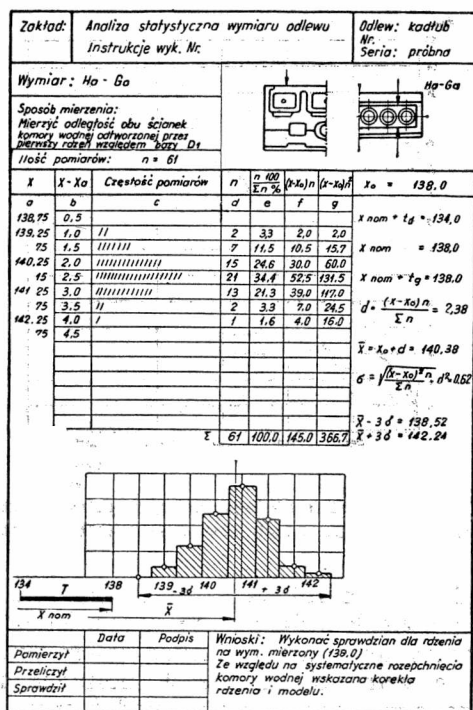
Przystępując do wyznaczania formy rozwiązania podanej wyżej zależności musimy stwierdzić, że niemożliwym jest ustalenie jej, wychodząc z rozważań teoretycznych. Trudnością na jakie napotykalibyśmy przy rozwiązywaniu uzyskanych równań różniczkowych skazałyby z góry nasze usiłowania na niepowodzenie. Z tego powodu musimy uciec się do pomocy teorii podobieństwa, które jednak nie da nam poglądu na rzeczywiste zależności tych wielkości od czynników wpływających na dany proces. Z tego powodu na ogół każda analiza zjawisk oparta na teorii podobieństwa powinna zostać zawsze przebadana w drodze eksperymentalnej. Nie mniej jednak metoda ta pozwala znacznie skrócić objętość pracy doświadczalnej i zezwala na otrzymanie cennych uogólnień.

Teoria podobieństwa jest nauką o podobieństwie zjawisk. W przypadku podobieństwa geometrycznego dwóch figur stosunek wszystkich odpowiednich wielkości jest stały. Rozciągając pojęcie podobieństwa na procesy technologiczne możemy zakładając podobieństwo dwóch procesów przenosić wnioski z jednego układu na drugi.

Przypuśćmy, że równania:

$$\delta_1 = f(d_1) \text{ i } \delta_2 = f(d_2)$$

wyrażają zależność między odchyłką wymiaru



Rys. 5. Przykład arkusza do pomiarów statycznych odchyłek wymiarowych odlewów

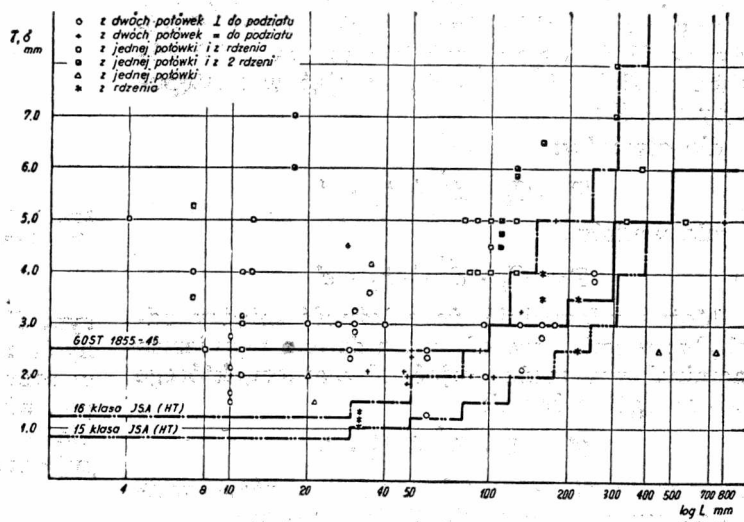
kres powyższy naniesiono zależność $T = f(L)$ odpowiadającą tej klasie. Ponadto wykreślono zależność $T = f(L)$ odpowiadającą drugiej klasie dokładności według GOST-1855 oraz RN-53/MPM-22011. Położenie punktów będących wynikami pomiarów względem wykreślonych zależności wskazuje na silną rozbieżność porównywanych wielkości. Należy zatem uznać, że ustalanie odchyłek wymiarowych na podstawie wymienionych wyżej norm jest sprzeczne z doświadczeniem i nie odpowiada warunkom technologii odlewniczej.

Omówienie wyników pomiarów

Jak wiemy, jednym z zadań systematyzacji odchyłek wymiarowych jest ustalenie zależności wielkości tolerancji od wymiarów nominalnych, przy czym powinniśmy mieć możność przypisywania temu samemu wymiarowi różnej wielkości odchyłki zależnie od założonej, ekonomicznej dokładności wykonania.

Przeprowadzone przy użyciu metod statystycznych i rachunku prawdopodobieństwa badania wykazały, że w przypadku obrabianych przy pomocy toczenia elementów cylindrycznych wielkość odchyłki przy ustalonych warunkach procesu technologicznego jest zależna od długości i średnicy przedmiotu,

$$\delta = f(C, d, l)$$



Rys. 6. Zależność tolerancji (T) i odchyłki wymiarowej (δ) odlewu od wymiaru odlewu

i wymiarem dwóch elementów cylindrycznych obrabianych w tych samych warunkach. Celem określenia postaci funkcji $f(d)$ założymy zmienną wymiarów obydwu elementów x razy. Zgod-

nie z prawem podobieństwa możemy napisać następujący stosunek:

$$\frac{f(xd_1)}{f(xd_2)} = \frac{f(d_1)}{f(d_2)} = \text{const}$$

Różniczkując to równanie względem x otrzymamy:

$$f'(xd_1) \cdot f(xd_2) \cdot d_1 - f'(xd_2) \cdot f(xd_1) \cdot d_2 = 0$$

skąd:

$$d_1 \frac{f'(xd_1)}{f(xd_1)} = d_2 \frac{f'(xd_2)}{f(xd_2)}$$

Stosunek ten jest ważny przy dowolnej wielkości x , stąd dla uproszczenia możemy przyjąć ją jako równą jedności. Otrzymamy zatem:

$$\frac{f'(d)}{f(d)} d = \text{const} = a$$

Po przekształceniu i scałkowaniu otrzymamy:

$$f(d) = C \cdot d^a$$

czyli, że funkcja wyrażająca prawo podobieństwa technologicznego jest funkcją wykładniczą. Te ogólne rozważania zostały w zupełności potwierdzone praktyką w dziedzinie tolerancji średnic. Przeprowadzone badania przedmiotów o różnych średnicach obrabianych różnymi metodami, na różnych obrabiarkach i przy różnych kwalifikacjach robotnika pozwoliły ustalić, że dokładność obróbki w przypadku $l:d = \text{const}$ jest związana z dużym przybliżeniem zależnością wykładniczą:

$$T = C \cdot d^b$$

gdzie: T — tolerancja,
 d — średnica wałka,
 C i b stałe.

Przeprowadzona bardziej wnikliwa analiza pozwala stwierdzić, że błędy produkcyjne są wynikiem sumowania dwóch błędów, mianowicie błędów technologicznych i błędów pomiaru. Suma ich wyrażona jako funkcja średnicy daje nam prawo podobieństwa produkcyjnego. W ścisły sposób funkcje wyrażające prawa podobieństwa produkcyjnego możemy ująć w następujący sposób:

dla otworów:

$$T = C_1 \cdot d^{\frac{1}{2}} + b_1 \cdot d$$

dla wałków:

$$T = C_2 \cdot d^{\frac{1}{3}} + b_2 \cdot d$$

Można udowodnić, że zależność między odchyłką wymiarową odlewu a danym wymiarem nominalnym można ująć równaniem, którego postać ogólna brzmi:

$$T = C'_1 \cdot L^{\frac{1}{2}} + b'_1 \cdot L$$

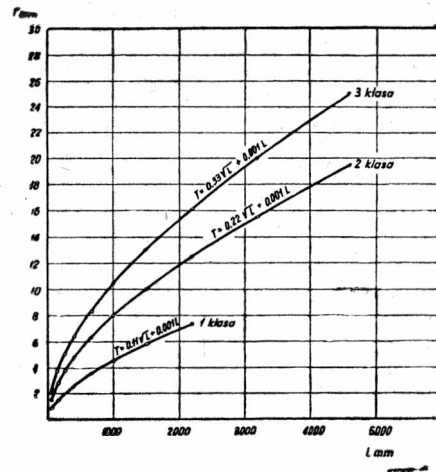
przy czym dla każdej klasy mamy różne wartości współczynnika C'_1 . Wykres podanej wyżej zależności dla trzech klas dokładności wykonania odlewów podaje rysunek 7. Na rysunku 8 wykreślono przebieg zależności:

$$T = C'_1 \cdot L^{\frac{1}{2}} + b'_1 \cdot L$$

oraz zależności:

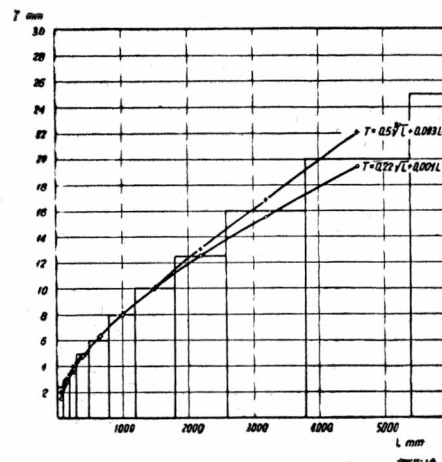
$$T = C'_2 \cdot L^{\frac{1}{3}} + b'_1 \cdot L$$

dla drugiej klasy dokładności wykonania odlewów. Jednocześnie wykreślono zastrzeżone przez normę RN-53/MPM-22011 wartości odchyłek.



Rys. 7. Zależność odchyłek wymiarowych odlewów od wymiarów odlewów dla trzech klas dokładności wykonania

Widzimy, że zależności te z zupełnie dostateczną dokładnością podają wielkości odchyłek dla omawianej klasy. Można zatem przypuszczać, że wartości podane w normach zostały obliczone w oparciu o prawo podobieństwa technologicznego identyczne z prawem obowiązują-



Rys. 8. Zależność odchyłek wymiarowych odlewów od wymiarów odlewów w drugiej klasie dokładności przy założeniu różnych zależności funkcjonalnych

cym dla przedmiotów cylindrycznych obrabianych mechanicznie. Nic zatem dziwnego, że w przypadku odlewów różnorodnych zarówno pod względem kształtu jak i metod wytwarzania prawo to nie znajduje zastosowania i wykazuje znaczne rozbieżności z praktyką.

Wytyczne normalizacji odchyłek wymiarów odlewów

Technologia odlewnictwa oparta jest na odtworzeniu w odlewie kształtu modelu. A. Sokółowski wylicza następujące przyczyny niedokładności odlewów:

1. niedokładności wykonania modeli i rdzen-
 nic a także zniekształcenia ich w eksploatacji,

2. błędy składania form,
3. rozbicie formy przez model,
4. odkształcenie formy przy odlewaniu,
5. niedokładne określenie skurczu odlewniczego,
6. wpływ obróbki cieplnej odlewów,

przypisując decydujące znaczenie następującym czynnikom:

1. materiałowi odlewów,
2. wymiarowi i ciężarowi odlewów,
3. ukształtowaniu formy,
4. sztywności odlewu i modelu.

Należy jednak zaznaczyć, że nie wyliczono tu wszystkich przyczyn, które mogą zaważyć na dokładności odlewu. Przyczyny wywołujące błędy produkcyjne w wymiarach odlewów są jak wiemy bardzo liczne. W szczególności w przypadkach seryjnej produkcji na maszynach możemy tu zaliczyć:

1. Błędy maszyny wywołane jej niedokładnością,
2. błędy omodelowania: zużycie i błędy wykonania modeli i rdzennic, złe ustawienie modelu na płycie,
3. błędy urządzeń pomocniczych: zużycie i skrzywienie sworzni, odkształcenia skrzynek, zużycie otworów prowadzących, deformacje podstawek do suszenia rdzeni,
4. wahania w warunkach pracy: zmiany temperatury zalewania, wahania w stopniu zagęszczenia form, wahania w jakości materiałów formierskich,
5. wahania jakości materiału odlewów: wahania składu chemicznego,
6. błędy pracownika: złe ustawienie rdzeni w formie, wpływ lokalnych napraw formy, niestaranne klamrowanie formy.

Omawiane przyczyny mogą w różnym stopniu znaleźć swoje odbicie w procesie technologicznym odlewni nadając jej w pewnym stopniu indywidualne piętno. W dominujący sposób jednak będą się zaznaczać takie czynniki jak ilość, dokładność wykonania i montażu poszczególnych elementów formy jak również wielkość odlewu. Wielkość zatem odchyłki wymiarowej odlewu powinniśmy uzależnić zarówno od jego wielkości jak i od ilości elementów formy. Nieuwzględnienie tego czynnika przy

normowaniu odchyłek wymiarowych odlewów lub opieranie zagadnienia normalizacji na prawach podobieństwa technologicznego słusznego dla technologii mechanicznej będzie prowadziło do rozwiązań mających jedynie orientacyjne znaczenie.

Wnioski

1. Przeprowadzona analiza statystyczna odchyłek wymiarowych odlewów żeliwnych pozwoliła stwierdzić znaczne rozbieżności z wielkościami odchyłek zalecanymi przez istniejące normy, co wskazuje na konieczność uznania tych danych jako wstępnych wskazówek przy projektowaniu procesu technologicznego. Ustalenie rzeczywistych odchyłek wymiarowych powinno nastąpić w drodze badań statystycznych po ostatecznym ustaleniu technologii.

2. Zaobserwowane rozbieżności są wywołane przyjęciem dla odlewów prawa podobieństwa technologicznego obowiązującego w technologii mechanicznej przedmiotów cylindrycznego kształtu o określonym stosunku długości do średnicy.

3. Wynika stąd potrzeba podjęcia systematycznych badań, które umożliwiłyby ustalenie praw opisujących z dostateczną dla praktyki dokładnością zagadnienie tolerancji wymiarowych odlewów.

Literatura

1. P. P. Berg — Prowierka kaczestwa otlivok — Maszgiz, Moskwa 1950
2. G. A. Aparin, J. E. Gorodeckij — Dopuski i tiechniczieskie izmierienija — Maszgiz, Moskwa 1950
3. A. Sokołowski — Kurs tiechnologii maszynostrojienija cz. I — Maszgiz, Moskwa 1947
4. W. Moszyński — Pasowania w budowie maszyn — PWT, Warszawa 1949
5. H. Jungbluth — Die Zusammenarbeit zwischen Giesser, Konstrukteur und Bearbeitungsfachmann — Giesserei 1938 str. 442/7
6. W. M. Szestopał — K waprośu rarczota tocznosti litiejnych form — Litiejnoje Proizwodstwo 4/1952
7. R. Krzeszewski — Teoretyczne problemy w zagadnieniu dokładności wykonania odlewów — Przegląd Odlewnictwa 2/1953
8. R. Krzeszewski, J. Marcinkowski — Zastosowanie metod statystycznych do ustalania odchyłek wymiarowych odlewów — referat na konferencję odlewniczą w Instytucie Odlewnictwa w r. 1953
9. Norma GOST 1855 — 43
10. Norma RN-53/MPM-22011



Kronika

„PODSTAWY NAUKOWE ODLEWNICTWA“

Takie to hasło nosi konferencja naukowo-techniczna, organizowana przez Komitet Hutnictwa Polskiej Akademii Nauk przy współudziale Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Odlewników Polskich.

Konferencja odbędzie się w Warszawie w Pałacu Kultury i Nauki, sala Nr 2203 w dniach 6, 7 i 8 grudnia 1955 r.

Porządek dzienny konferencji obejmuje: W dniu 6 grudnia 1955 r. o godz. 10-tej zagajenia konferencji dokona prof. mgr inż. Gabriel Kniagin. Po zagajeniu referat wprowadzający pt. „Podstawy Naukowe Od-

lewnictwa“ wygłosi mgr inż. Jerzy Lutostawski. Następnie referat wygłosi prof. mgr inż. Michał Skarbiński pt. „Podstawy właściwej konstrukcji odlewów“. Dzień 7 grudnia 1955 r. od godz. 9-tej obejmie referaty: mgr inż. Romana Krzeszewskiego pt. „Zestawienie niektórych metod statystycznych i matematycznych przy ustalaniu odchyłek wymiarowych odlewów“ — zast. prof. mgr inż. Mariana Olszewskiego pt. „Współczesny stan wiedzy o własnościach metali ciekłych“, oraz referat mgr inż. Kazimierza Hessa pt. „Maksymalne dopuszczalne czasy zalewania form odlewniczych żeliwem“. W trzecim dniu 8 grudnia 1955 r. zostaną

zorganizowane dla uczestników konferencji wycieczki dla zwiedzenia Pałacu Kultury i Nauki oraz Fabryki Samochodów Osobowych na Żeraniu.

Uczestnicy konferencji otrzymają przed konferencją Nr 11/1955 „Przeglądu Odlewnictwa” obejmujący referaty prof. inż. Gabriela Kniaginina, prof. mgr inż. Michała Skarbińskiego, mgr inż. Romana Krzeszewskiego oraz zast. prof. mgr inż. Mariana Olszewskiego, natomiast referat mgr inż. Kazimierza Hessa wydany będzie jako odrębna broszura i otrzymają go uczestnicy w pierwszym dniu konferencji. Udział w konferen-

cji mogą wziąć tylko osoby posiadające imienne zaproszenia. Zaproszenia wysyła Komitet Organizacyjny Konferencji Kraków, ul. Straszewskiego 28 lokal Zarządu Głównego Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Odlewników Polskich.

Czynna jest również Ekspozycja Komitetu Organizacyjnego mająca swą siedzibę w Warszawie, ul. Czackiego 3/5 w lokalu Oddziału Warszawskiego Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Odlewników Polskich.

R. G.

621.74:92 (Agricola G.)

G. Agricola — wielki metalurg epoki Odrodzenia¹⁾

Georgius Agricola (zwany także *Bauer* lub *Pauer*) urodził się 24 marca 1494 roku w Glaucho w Saksonii [1, 2]. Po ukończeniu szkoły w swym rodzinnym mieście wstąpił na uniwersytet w Lipsku, gdzie studiował teologię, filozofię i filologię. Mając 24 lata rozpoczął nauczanie w szkole miejskiej w Zwickau. W 1520 roku wydaje swą pierwszą pracę — była to krótka gramatyka łacińska. Szybko jednak wraca do dalszych studiów. W Lipsku uczęszcza na medycynę, po czym w 1524 roku wyjeżdża do



Rys. 1. Nowy tzw. niski piec do wytopienia żelaza (starym piecem była dymarka). W piecu tym prawdopodobnie rozpoczęto wytopianie ciekłej surówki

Włoch, gdzie na uniwersytetach w Bolonii i Padwie uzupełnia swe wiadomości w zakresie języków, filozofii, medycyny i nauk przyrodniczych.

Po powrocie do Niemiec w 1526 roku Agricola pracując jako lekarz w Joachimowie a po tym w Chemnitz zbliżył się do zawodu górniczego i hutniczego. W tym okresie pracuje także nad mineralogią. Na podstawie swych studiów pisze liczne rozprawy jak: „O naturze kopalin”, „O miarach i wagach” i wiele innych. Do interesujących odlewnictwo dzieł Agricoli należy praca „O dawnych i nowych kopalniach metali”

1) W roku bieżącym upływa 400 lat od śmierci G. Agricoli.

[3] a przede wszystkim najśłynniejsza „De re metallica libri XII” [1, 2].

Dnia 21 listopada 1555 roku, po krótkiej chorobie Agricola zmarł i pochowany został w kaplicy zamkowej w Zeitz.

W swej rozprawie „O dawnych i nowych kopalniach metali” Agricola opierając się na starożytnych autorach, wymienia kolejno odkrywców niektórych metali jak: złoto, srebro, miedź, cynę i żelazo. Następnie opisuje dawne i współczesne sobie kopalnie wymienionych wyżej metali (także i bizmutu) w Europie, Azji i Afryce. Między innymi wspomina o kopalniach rud ołowiu w Olkuszu, o kopalniach rud złota, srebra i miedzi w Karpatach, jak również na Śląsku.

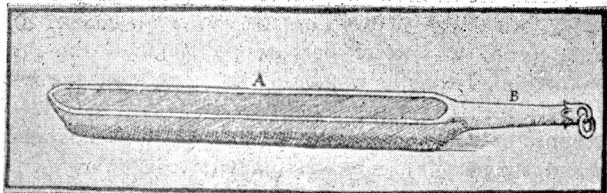
„De re metallica” składa się z dwunastu ksiąg, w których pisze kolejno o zawodzie hutnika i górnika i jego pożyteczności, o poszukiwaniach złóż, o prawie górniczym, opisuje urządzenia i maszyny górnicze, badania laboratoryjne rudy, wytopianie metali (złoto, srebro, miedź, ołów, bizmut, rtęć, cyna, żelazo — rys. 1) i stal, antymon, a ściślej crudum Sb_2S_3 , oddzielanie metali szlachetnych od nieszlachetnych oraz otrzymywanie soli kuchennej, sody, saletry, alunu, wiotriolu, siarki i szkła.

Dzieło Agricoli, ilustrowane jest 292 sztychami i, jak widać z tego zestawienia, obejmuje przeważającą część ówczesnego rzemiosła metalowego i chemicznego. Trzeba przy tym dodać, że opis jest bardzo dokładny — na jego podstawie można szczegółowo odtworzyć konstrukcję maszyn i urządzeń górniczych, urządzeń do wzbogacania rudy, pieców hutniczych i przemysłowych oraz przebieg procesów technologicznych.

W swych dziełach Agricola niejednokrotnie wspomina o polskich metodach pracy opisując np. polski sposób płukania rud ołowiu, wytopiania ołowiu oraz oddzielania srebra od ołowiu.

Dzieło „De re metallica” porusza znacznie więcej tematów dotyczących górnictwa i hutnictwa, aniżeli odlewnictwa, jednak i odlewnik może znaleźć tam szereg interesujących szczegółów. Przede wszystkim należy wymienić tu budowę i sposób prowadzenia pieców hutniczych, z których korzystali także odlewnicy. Poza tym Agricola w wielu miejscach wspomina o przedmiotach odlewanych, przeważnie z miedzi jak np. kokile do odlewania gąsek z różnych metali (rys. 2). Pisze także o odlewaniu armat (głównie „z mieszaniny miedzi i cyny”) oraz o odlewaniu kulek z ołowiu (rys. 3). Pewne

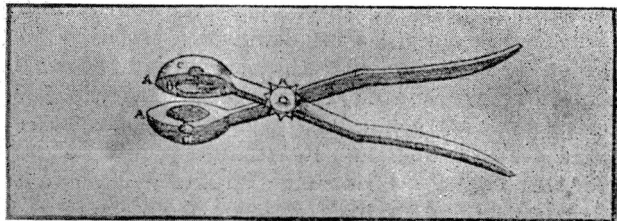
wzmianki wskazują, że za czasów *Agricola* w Europie wytapiano już surówkę, którą przerabiano



Rys. 2. Kokila do odlewania gąsek: A — kokila, B — uchwyt

na stal w prowizorycznej fryszerce sporządzonej w ognisku kowalskim.

Ciekawym dla odlewników jest także fakt, że *Agricola* dużo korzystał z dzieła „Della piro-



Rys. 3. Kokila do odlewania kulek z ołowiu, A — kleszcze, B — półokrągły otwór, C — wlew

technia“ słynnego włoskiego odlewnika *Vannucio Biringuccia*, o którym wspomina we wstępie do swego dzieła.

Agricola, poświęciwszy się z zamiłowaniem przybranemu zawodowi potrafił obiektywnie

przedstawić trudne życie i ciężką pracę górnika i hutnika wyrażając się o niej ze szczerą i szacunkiem.

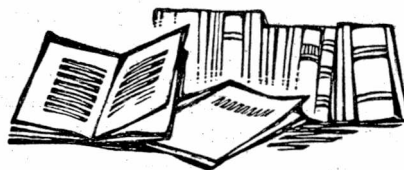
Będąc wybitnym humanistą epoki Odrodzenia *Agricola* zwrócił uwagę na technikę i przemysł. W dziełach jego uderza głęboko naukowe podejście do zagadnień technicznych, a przede wszystkim oparcie się nie na starożytnych autorytetach, ale na obserwacji i doświadczeniu. *Agricola* zwalczał stale nienaukowe poglądy widząc w różnych mitycznych przypowieściach konsekwentnie materialistyczną treść.

Najwyraźniejszym przejawem naukowego światopoglądu *Agricola* i wybitnie dalekowzrocznym, jest położenie dużego nacisku na badania laboratoryjne, którym poświęca całą siódmą księgę. „Jeśli hutnik — ostrzega *Agricola* — nie będzie posługiwał się starannie tymi metodami badawczymi, to przetapianie rudy na metal, jak powiedziano, przynosić będzie tylko straty, a co najmniej nie da żadnego pożytku“. Te słowa, choć pisane czterysta lat temu pozostają jak najbardziej aktualne także dzisiaj.

Literatura

1. *Georg Agricola* — „Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen“ VDI Verlag GMBH, Berlin 1928.
2. *Majewski J.* — „Jerzego Agricoli o starożytnych i nowych kopalniach ksiąg dwoje“, Wydawnictwo „Technika“, Katowice 1931.
3. *Piastrak F.* — „Jerzego Agricoli „De re metallica“, Nakładem Towarzystwa Politechnicznego, Lwów 1903.

Mgr inż. Jerzy Piaskowski



Przegląd pism technicznych

L. I. FANTAŁOW

621.746.6:532.5

Hydrodynamika ciekłych metali

W dniach 10÷11.I.1955 r. Sekcja Odlewnicza Komisji do Spraw Technologii przy Instytucie Maszynoznawstwa Akademii Nauk ZSRR pod przewodnictwem prof. L. I. Fantałowa i prof. P. N. Aksjonowa zorganizowała konferencję naukową poświęconą zagadnieniu „Hydrodynamika ciekłych metali“. W konferencji wzięło udział około 300 pracowników nauki i przemysłu.

Przebieg konferencji wykazał, że w ostatnich latach nagromadzono sporo materiału doświadczalnego i wyjaśniono niektóre zjawiska fizyczne, związane z przepływem ciekłych metali. Obecny stan zagadnienia oraz potrzeby praktyki wymagają uogólnienia zebranego materiału, opracowania teoretycznych podstaw hydrodynamiki metali ciekłych i nakreślenia perspektywy dalszych prac w tym kierunku.

W czasie trwania konferencji wygłoszono następujące referaty.

B. W. Rabinowicz — „Przedmiot i zadania hydrauliki metali ciekłych“. Autor zdefiniował hydraulikę metali

ciekłych jako dyscyplinę stanowiącą rozdział technologii odlewnictwa, zajmującą się, przy zastosowaniu metod teoretycznych i doświadczalnych badaniem własności fizycznych metali ciekłych, praw ich równowagi i ruchu, mechanizmu zaniku ruchu metalu wskutek ochładzania, procesów zachodzących między przepływającym metalem ciekłym a ciałami stałymi (elementami formy) itp. Właściwości hydrauliki odlewniczych metali ciekłych wynikają zarówno ze specyfiki cieczy — stopu odlewniczego, jak również z charakteru ścianek kanałów przepływowych, utworzonych przez waźnie z masy formierskiej. Proces przepływu metalu w kanałach formy stanowi rzadki przypadek przepływu pod ciśnieniem cieczy o zmiennej lepkości w rurach przepuszczalnych dla gazu, bez filtrowania.

W referacie rozpatrzono leśność metalu jako funkcję jego temperatury i składu chemicznego podczas przepływu w formach zimnych i podgrzanych. Podano wyniki badania przepływu metalu w długich kanałach.

Stwierdzono, że: a. współczynnik oporu formy jest funkcją czasu trwania przepływu, b. przy zalewaniu formy dobrze przegrzanym metalem krystalizacja na ściankach kanałów zachodzi w nieznacznym stopniu. Badanie procesów przepływu metalu pozwoliło na przeprowadzenie prac, dotyczących racjonalnej konstrukcji układu wlewowego metodą modelowania. Wprowadzone w szeregu zakładów nowe konstrukcje potwierdziły słuszność przewidywań teoretycznych przyczyniając się do polepszenia jakości odlewów i zmniejszenia ilości braków.

E. G. Szwidkowski — „Lepkość metali ciekłych“. W referacie omówił autor trzy zagadnienia: strukturę ciekłego metalu, związek między strukturą i lepkością oraz rolę lepkości ciekłych metali w niektórych ważniejszych technicznych zastosowaniach hydrodynamiki i nauki o wymianie ciepła. Zgodnie z interpretacją danych analizy rentgenograficznej, podaną przez referenta, stopień uporządkowania cząsteczek strukturalnych w mikroelementach objętości jest funkcją położenia mikroelementu. W związku z tym ciekły metal zawiera mikroelementy objętości o mniejszym lub większym stopniu uporządkowania atomów. Taki obraz budowy ciekłego metalu pozwolił referentowi na przedstawienie jakościowego związku między lepkością i strukturą ciekłego metalu.

Referent uważa, że na lepkość ciekłego metalu wpływa okoliczność bardziej lub mniej ścisłego zgrupowania atomów. Nierozpuszczalne mikrodomieszki w stopach o różnej strukturze będą w rozmaity sposób wpływały na charakter zależności lepkości od temperatury. Referent rozpatrzył również niektóre właściwości procesów przepływu ciekłych metali oraz wymiany ciepła w nich, wynikające z ich małej lepkości kinematycznej.

W dziedzinie wymiany ciepła niewyjaśnione pozostaje zagadnienie stosowalności podstawowych wzorów przenoszenia ciepła w odniesieniu do metali ciekłych. Konieczne są dalsze badania zarówno zjawisk zachodzących na granicy: ciekły metal—ścianka formy przy istnieniu gradientu temperatury jak i samych warunków wymiany ciepła przy małej liczbie Prandtla, typowej dla metali ciekłych.

G. I. Goriag — „Metody pomiaru lepkości ciekłych metali i zależności lepkości od nierozpuszczalnych domieszek“. Autor podał krótki krytyczny przegląd metod wiskozymetrii ciekłych metali. Pierwszeństwo przyznaje metodzie skrętnej. Otrzymane przez niego wyniki doświadczeń potwierdziły wnioski E. G. Szwidkowskiego o zależności między strukturą i lepkością metali ciekłych.

A. Ch. Bregier — „Istota napięcia powierzchniowego metali ciekłych“. Autor przedstawił rozwój prac teoretycznych w tej dziedzinie. Prace te podzielił na dwie grupy: 1. prace, w których decydującą rolę w wielkości σ przypisuje się dodatkowej energii potencjalnej atomów zewnętrznych i energii podwójnej warstwy elektrycznej, 2. prace, w których obrany model metalu pozwala na określenie roli energii kinetycznej gazu elektronowego w powstaniu napięcia powierzchniowego tj. roli podstawowej właściwości odróżniającej ciekły metal od innych cieczy. Pogląd na istotę napięcia powierzchniowego rozwijał się w ostatnich latach (1949—1953) głównie w kierunku polepszenia dokładności obliczeń Bregiera i Żuchowskiego, w których wartość σ wyliczano jako powierzchniowe zagęszczenie energii wahań własnych gazu elektronowego. W szeregu

prac uzyskano pewną poprawę zgodności tej teorii z praktyką i poza głównym czynnikiem — energią kinetyczną elektronów wyjaśniono rolę energii potencjalnej warstwy podwójnej (10÷20% wielkości σ) i ostatecznej wysokości bariery potencjalnej (2÷4% wielkości σ). Istnienie w niektórych przypadkach rozbieżności między teorią i praktyką wskazuje na konieczność dalszego rozwoju teorii i zwiększania dokładności doświadczalnego określania wielkości σ .

W. K. Siemienzenko — „Zależność między własnościami ciekłej fazy i tworzącym się z niej agregatem krystalicznym“. W referacie wykazano że nowoczesna metalurgia wykorzystuje szeroko wpływ drobnych domieszek na własności mechaniczne, cieplne i inne metali i stopów. Doświadczalnie określono wpływ tych samych domieszek na wartość napięcia powierzchniowego, strukturę i rekrytalizację. Otrzymane wyniki potwierdzają pogląd o pierwszorzędnej roli zjawisk powierzchniowych przy oddziaływaniu drobnych domieszek na napięcie powierzchniowe, strukturę i temperaturę rekrytalizacji. Stwierdzono, że aktywne popowierzchniowo domieszki rozdrabniają strukturę i podwyższają temperaturę rekrytalizacji, podczas gdy domieszki biernie nie zmieniają struktury lub nawet zwiększają grubość ziarn i obniżają temperaturę rekrytalizacji. Wpływ domieszek na mikrotwardość, badany równolegle z ich wpływem na napięcie powierzchniowe, nie jest dostatecznie wyjaśniony z teoretycznego punktu widzenia.

A. A. Klaczko i L. L. Kunin — „Wyniki pomiarów napięcia powierzchniowego metali“. Autorzy zestawili różne metody pomiaru. Wykazali, że dla metali łatwo topliwych najdokładniejsza jest metoda maksymalnego ciśnienia w pęcherzu gazowym. Z wystarczającą dokładnością pomierzono w ostatnich latach napięcie powierzchniowe cyny, rtęci, bizmutu i ołowiu. Dla innych piętnastu metali i dziesięciu stopów wyniki otrzymane przez różnych autorów wykazują pewne rozbieżności. Napięcie powierzchniowe zależy od fazowego stanu stopu. Bardzo ciekawe prawidłowości obserwuje się podczas badania wpływu modyfikatorów na napięcie powierzchniowe metali i ich stopów. Powierzchniowo aktywne metale, sód i potas, obniżają napięcie powierzchniowe cyny i ołowiu. W stali austenicznej aktywny powierzchniowo jest bor. Wprowadzając do tej stali bor w ilości odpowiadającej najwyższej aktywnej koncentracji, wziętej z krzywej: napięcie powierzchniowe—koncentracja boru, otrzymuje się twardą stal o strukturze drobnodziarnistej. W przypadku takich stopów wielofazowych, jak silumin czy żeliwo, obserwuje się skomplikowane zależności napięcia powierzchniowego od działania modyfikatorów. Tuż po wprowadzeniu sodu napięcie powierzchniowe siluminu wzrasta, po czym maleje w miarę wytrzymywania metalu w stanie ciekłym i to tym szybciej, im wyższa jest temperatura. Napięcie powierzchniowe żeliwa modyfikowanego magnezem jest wyższe od napięcia powierzchniowego żeliwa modyfikowanego; wynika to z powstawania w tym pierwszym przypadku węgla magnezu wiążącego aktywny powierzchniowo węgiel w warstwie adsorpcyjnej. Podczas wytrzymywania w stanie ciekłym żeliwa modyfikowanego magnezem jego napięcie powierzchniowe stopniowo maleje zbliżając się do wartości właściwych dla żeliwa modyfikowanego żelazokrzemem.

A. M. Korolkow — „Zależność między składem chemicznym metalu i jego własnościami“. Autor przed-

stawił wyniki prac nad określeniem lejności przez zalewanie stopu do formy podgrzanej. Dla stopów Al-Si i Pb-Sb stwierdził przesunięcie maksimum lejności w stosunku do ich składu eutektycznego oraz doszedł do wniosku, że lejność zależy głównie od pojemności cieplnej stopu, jego przewodnictwa cieplnego i charakteru krystalizacji.

T. I. Orłowa — „Badanie ruchu metali w kanałach“. Podano właściwości przepływu metali w pierwszym okresie zapełniania kanału, gdy metal znajduje się w ruchu o charakterze nieustalonym. Do określania prędkości przepływu stosowano oscylograf. Na podstawie wyników badań przedstawiono ciekawy projekt labiryntowej próbki do badania lejności metali.

B. B. Gulajew — „Proces zapełniania metalem formy odlewniczej“. Autor przedstawił dane o lejności staliwa i określił czynniki powodujące tworzenie się stałego naskórka na ściankach formy podczas przepływu w niej metalu. Według autora przy obliczaniu układu wlewowego dla odlewów cienkościennych należy wychodzić z warunków zapełniania formy, dla odlewów zaś grubościennych — z warunków krzepnięcia metalu w układzie wlewowym (w nadlewach).

E. Z. Rubinowicz — „Opory hydrauliczne przy przepływie ciekłych metali w prostych kanałach“. Zgodnie z autorem ruch ciekłego metalu można upodobnić do turbulentnego przepływu podgrzanej cieczy o zmiennej lepkości. Uwzględniając krótkotrwałość procesu, przegrzanie metalu i małą długość kanałów układu wlewowego w pierwszym przybliżeniu można przyjąć przepływ metalu za izotermiczny, wykorzystując do obliczeń ogólnie przyjęte wzory hydrauliki. Badanie przepływu cieczy modelowych (tłuszczu, naftaliny, parafiny) pozwala przypuszczać, że przepływ metalu w temperaturach bliskich początkowi krystalizacji można przyrównać do sączenia się cieczy przez siatkę krystaliczną lub do przeciekania cieczy typu roztworów koloidalnych (stopy eutektyczne). Podkreślając bezpodstawność analitycznych metod obliczeń autor stwierdził, że dalsze prace w dziedzinie hydrauliki metali ciekłych powinny się opierać na zastosowaniu teorii podobieństwa, wymagającej szerokiego zakresu prac doświadczalnych.

W. O. Jakowlew — „Opory dynamiczne przy przepływie metali w prostych kanałach“. W referacie podano wyniki badań przepływu żeliwa w kanałach cylindrycznych o średnicy 10, 14 i 20 mm, długości 1000 mm, przy stałym naporze wynoszącym 300 mm słupa metalu i temperaturach metalu, wynoszących 1320, 1340, 1360 i 1380°C. Opracowując wyniki otrzymano wartość współczynnika oporu, jako funkcji liczby Reynoldsa oraz parametru, zależącego od temperatury zalewanego metalu, temperatury formy i temperatury krystalizacji metalu.

K. I. Miłycyn — „Podstawowe zagadnienia i metody badania zasilania odlewów“. Autor przedstawił wyniki zastosowania izotopów radioaktywnych do badania procesów ruchu metalu z nadlewu do wnęki formy

przy krystalizacji. Stwierdził, że zasilanie odlewów lepsza się ze wzrostem stopnia czystości stopu.

J. N. Fridlender — „Wpływ warunków wytopu i odlewania stopów aluminium na powstawanie błonek tlenkowych w odlewach“. Autor wykazał, że podczas przelewania metalu z kadzi do mieszalnika a także podczas wypływania metalu z mieszalnika przy wysokim ciśnieniu (na początku zalewania) tworzy się sporo piany i błonek tlenkowych, przechodzących następnie do wlewka. W przypadku znaczniejszych odkształceń podczas przeróbki plastycznej wtrącenia typu błonki tlenkowej rozmieszczają się wzdłuż linii płynięcia metalu i powodują przerwy w ciągłości materiału. Brak ten zlikwidowano przez wyeliminowanie wszelkich możliwych czynników, powodujących powstawanie piany i błonki tlenkowej podczas odlewania.

M. W. Szarow — „Obróbka stopów lekkich w stanie ciekłym i jej wpływ na własności odlewów“. W referacie rozpatrzono zagadnienie pogorszenia mechanicznych własności odlewów o określonym składzie chemicznym wskutek powstawania w nich porowatości gazowej, wskutek obecności wtrąceń niemetalicznych i tworzenia się struktury gruboziarnistej. Na podstawie krytycznego rozpatrzenia różnych sposobów odlewania podano zalecenia zapewniające otrzymanie zdrowego odlewu.

A. J. Radin — „Reakcje aluminium i jego stopów z gazami podczas wytopu oraz wpływ zanieczyszczeń ciekłego metalu na własności mechaniczne odlewów“. Według autora zasadnicze wady odlewów aluminiowych spowodowane są reakcjami aluminium oraz węgla i azotka aluminium z parą wodną. Powierzchniowa błonka tlenków chroni metal od reakcji z gazami. Konieczne jest zapobieganie zanieczyszczeniu ciekłego stopu składnikami odznaczającymi się wysoką aktywnością chemiczną w stosunku do pary wodnej. Do otrzymania zdrowych odlewów konieczne jest odgazowanie metalu lub spowodowanie krystalizacji pod ciśnieniem. Duże znaczenie ma prawidłowa konstrukcja układu wlewowego. Odnosnie omawianego zagadnienia pierwszeństwo należy dać formom metalowym przed formami piaskowymi.

A. P. Pronow — „Wpływ aluminium na fizyczne i chemiczne własności stali“. Omówiono wpływ Al na lejność stali oraz na jej własności mechaniczne.

W. G. Gruzin — „Kontrola temperatury ciekłej stali“. Autor wskazał na duże znaczenie tego zagadnienia w produkcji staliwa. Przedstawiona przez niego termopara W-Mo w miejsce termopary PtRh-Pt znajduje szerokie zastosowanie w odlewnictwie.

B. J. Miedowar — „Zależność między wykresem stanu stopu i skłonnością do pęknięć na gorąco oraz własnościami mechanicznymi metalu stanowiącego szew spawalniczy przy spawaniu elektrycznym stali austenitycznych“.

Cz. P.

Litiejnoje Proizwodstwo nr 5/1955

Jeśli chcesz regularnie otrzymywać miesięcznik „PRZEGŁĄD ODLEWNICTWA“ i systematycznie zaznajomić się z jego treścią — wpłacaj w wyznaczonych terminach prenumeratę!

Przedpłatę na I kwartał r. 1956 prosimy wpłacać na konto PKO — Warszawa — 1-6-100020, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw „RUCH“ ul. Srebrna 12. Warszawa.



CHASOPISMA NADESŁANE KRAJOWE

HUTNIK zeszyt nr 9/55 zawiera m. in. następujące artykuły: Inż. B. Maligłowski — „Sto lat Fabryki Lin i Drułu w Zabrzu“, Inż. Z. Steininger — „Wpływ dodatków stopowych na własności patentowanych drutów stalowych“, Inż. J. Pochański — „Liny kablo-betonowe“, Inż. Leszek Kuś — „Fosforanowanie drutów i prętów przed ciągnięciem na zimno oraz jej znaczenie dla przemysłu ciążarskiego“, Inż. A. Krzemiński — „Nowoczesne zgrubne ciążarki do drutu“, Inż. A. Krzemiński „Ulepszenia w ogrzewaniu gazowych pieców do patentowania drutu“, dział: „Nowości z dziedziny hutnictwa“ przynosi prace: S. Mrowczyk — „Radzieckie badania nad spiekaniem rud krzywo-roskich“, W. Drozd — „Cynkowanie ciągle taśmy stalowej metodą Sędzimir“.

PRZEGLĄD TECHNICZNY zeszyt nr 8/55 zawiera m.in. następujące artykuły: S. Halicki — „Polska technika w służbie handlu zagranicznego“, inż. Cz. Stepnowski — „Aktywizacja gospodarcza regionu bużańskiego na tle wykorzystania wód rzeki Bugu“, prof. inż. J. Tymowski — „Przygotowanie kadr dla przemysłu maszynowego“, D. Nomańczuk — „Zadania techników w walce o oszczędne zużycie materiałów“, prof. L. Uzarowicz — „Rodzaje mechanizacji i przenośne narzędzia mechaniczne do wykonywania pracochłonnych czynności ręcznych“, inż. J. Metera — „Postęp techniczny w zakresie aparatury i metod radiologii przemysłowej w świetle międzynarodowej konferencji w Brukseli“, dr J. Pazdur — „Rola Przeglądu Technicznego w rozwoju polskiej techniki“, oraz działy: Nowiny techniczne z pracy zagranicznej, Wolna trybuna, Sprawy organizacyjne NOT i Stowarzyszeń.

PRZEGLĄD MECHANICZNY zeszyt nr 8/55 przynosi m.in. następujące artykuły: — „XXIV Międzynarodowe Targi Poznańskie“, kand. n. inż. M. Damasiewicz — „Badanie ruchu maszyny metodą doświadczalno-rachunkową“, mgr inż. T. Demeter, mgr inż. A. Gołuch, mgr inż. J. Rajtor — „Zastosowanie materiałów zastępczych do wyrobu przekładni ślimakowych“, mgr inż. R. Błocki — „Anormalne pasowania“, mgr inż. M. Radwan — „Szczególne warunki projektowania hutniczego taboru wagonowego“, mgr inż. A. Gołuch — „Sprzęgła podatne“ (dokończenie), mgr inż. M. Suckewer — „O celowości stosowania walczków w budownictwie kotłów parowych“, mgr inż. W. Wysłouch — „Osiągnięcia NRD w dziedzinie spalania pyłu węglowego na parowozach“.

MECHANIK w zeszycie nr 8/55 zamieszczono m. in. następujące artykuły: — „Postęp techniczny przede wszystkim“, inż. J. Ptużek — „Zastosowanie obróbki plastycznej w wielkoseryjnej produkcji gwintowników“, inż. S. Górecki — „Przybliżone profilowanie noży kształtowych“, W. G. — „Tokarki z napędem zapewniającym stałą szybkość skrawania“, inż. S. Zbierski — „Nowa organizacja technologicznego przygotowania produkcji“, inż. K. Bosiacki — „Maszyny przeróbki plastycznej na Targach Lipskich“, inż. mech. J. Żyśk —

„Obróbka cieplna pilników“ (dokończenie), mgr M. Wajs — „Rozwój polityki płac w przemyśle maszynowym Polski Ludowej“, S. T. — „Drażnienie za pomocą ultradźwięków“, Z. Dżisiewski — „Oprzysiężowanie do frezowania szczęk samocentrujących uchwytów tokarskich“, oraz działy: Skrzynka techniczna, Usprawnienia.

NORMALIZACJA w zeszycie nr 8/55 znajdujemy m.in. następujące artykuły: mgr inż. B. Planeta — „O lepsze wykorzystanie normalizacji“, inż. T. Wysocki, mgr inż. B. Zenowicz i mgr inż. M. Żyżewski — „Skutki techniczno-ekonomiczne normalizacji“, G. Szymkiewicz — „Uzasadnienie merytorycznych postanowień projektów norm“, dr inż. T. Schwartz — „Normalizacja urządzeń elektrotermicznych“, mgr inż. F. Ciborowski, mgr inż. Z. Gajewski — „Konstanta czy kopel“, oraz działy: Normalizacja w resortach, Technika normalizacyjna, z pracą: mgr inż. J. Galinowski — „O popularyzację tematyki prac normalizacyjnych“. Dział Kronika, publikacje, wydawnictwa zawiera m. in. pracę: „Współpraca stowarzyszeń naukowo-technicznych z PKN“.

CHASOPISMA NADESŁANE ZAGRANICZNE

LITIEJNOJE PROIZWODSTWO w zeszycie nr 8/55 zamieszczono m.in. następujące artykuły: A. A. Gorskow — „Rezerwy odlewnictwa uralskiego“, I. T. Garkusza — „Udoskonalanie procesów w zakładach przemysłowych Charkowa“, I. B. Sokoł i A. S. Jewsiejew — „Zasady organizacji zmechanizowanych odlewni, pracujących metodą „wosku traconego“, I. A. Nitowski — „Produkcja lemieszki stalowych z ostrzem ze stali stopowej“, N. P. Dubinin — „Wykres strukturalny dla żeliwa odlewianego do form metalowych“, N. P. Aksjonow — „Działanie mechanizmów krat do wybijania odlewów i sit wibracyjnych“, J. M. Umanski — „Piec płomienny „Mietchimprom“ do topienia stopów aluminium“, K. I. Basow i M. I. Mnogoliet — „O metodzie badania wtrąceń siarczkowych w staliwie“, L. S. Sapiro — „Mechanizm powstawania pęcherzy gazowych w odlewach“, P. J. Sorokin — „O przegrzaniu staliwa konwertorowego“, K. P. Bunin i E. N. Potriebnoj — „O mechanizmie wpływu hartowania na stopień grafityzacji“, W. G. Pietrow — „Z doświadczeń stalingradzkiej fabryki traktorów“, A. L. Moroz — „Odlewianie płyt stalowych do form wilgotnych“, M. W. Simonow — „Rdzenie metalowe“, I. J. Bykow — „Składanie kompletu modelowego przy odlewaniu precyzyjnym“, A. A. Slepniev — „Zastosowanie kokili aluminium przy odlewaniu aluminium“, N. A. Sokolowa — „Zastosowanie gipsu do wykonywania modeli kokili i ochładzalników“, N. N. Wiejrauch — „Wykonywanie odlewów ciężkich i średnich w formach kombinowanych i półtrwałych z zastosowaniem specjalnych przyrządów“.

FONDERIE w zeszycie nr 6/55 zamieszczono m.in. następujące artykuły: J. Tiglot — „Odlewy metalowe w budownictwie okrętów wojennych, a szczególnie

Wydawca: Państwowe Wydawnictwa Techniczne — Warszawa, ul. Mazowiecka 2/4

Kolegium redakcyjne: mgr inż. Stanisław Buzek, zast. prof. inż. Edmund Janicki, doc. mgr inż. Platon Januszewicz, prof. inż. Gabriel Kniagin, mgr inż. Jerzy Lutosławski, zast. prof. inż. Stanisław Pelczarski, mgr inż. Jur Piszczak, mgr inż. Jerzy Wójcik

Redaktor Naczelny: doc. mgr inż. Czesław Kalata

Sekretarz Redakcji: Jadwiga Gierdziejewska



w budowie urządzeń napędowych. Warunki kontroli i produkcji", C. Mascré — „Normalizacja i stosowanie próbek na rozciąganie do mikrozrywarki Chevenarda dla kontroli odlewów ze stopów aluminium", V. Kuhn — „Kolorymetria i jej zastosowanie do chemicznej analizy żeliwa", G. Aubron — „Przykład ciepłej obróbki żeliwa. Wyżarzanie zmniejszające", a w dziale „Rady praktyczne dla odlewników" pracę: „Obróbka cieplna odlewów staliwnych". Dokończenie.

METALLURGIE zeszyt nr 5/55 obejmuje m.in. następujące artykuły: R. Pollitz — „Doświadczenia z zastosowaniem łożysk z tworzyw sztucznych przy walcarkach w zakładzie „Wilhelm Florin" w Henningsdorfie", E. Dörfling i H. Kauf — „Przez zastosowanie nowoczesnej odzieży ochronnej do ulżenia w pracy i zwiększenia wydajności", H. Bethge — „Powiększenie trwałości narzędzi i części narażonych na ścieranie przez naosforowanie", K. Merz i M. Schnabel — „Metoda szybkiego oznaczania chromu w stali", H. Mathiske — „Zastosowanie dźwięku i ultradźwięku w metalurgii", Z. Wusatowski — „Zastosowanie suwaka do rozwiązywania wzorów Wusatowskiego".

GIESSEREITECHNIK zeszyt nr 5/55 obejmuje m.in. następujące artykuły: S. Wadowitz — „Pokojuowe wykorzystanie energii atomowej i jej znaczenie dla odlewnictwa", W. Bachsch — „Maszyny odlewnicze na Targach Lipskich", M. Weidner — „Analiza rentgenograficzna i jej zastosowanie do kontroli materiałów formierskich i pomocniczych w odlewnictwie", M. J. Kudrin — „Radzieckie zakłady brykietowania wiórow", K. Stölzel — „Mechanizacja opróżniania garnków żarzalniczych i przygotowania rudy w odlewniach żeliwa ciągłego", H. Klotz — „Wykonywanie modeli sposobem „koszowym", W. Budde — „Normatywy dla odlewów żeliwnych", J. S. Sajenko — „Naprawianie cienkościennych odlewów żeliwnych przez spawanie", P. Dietrich — „Okrągłe czy prostokątne nadlewy przy odlewach staliwnych".

GIESSEREITECHNIK zeszyt nr 6/55 przynosi m.in. następujące artykuły: — „Konferencja Odlewnicza w Lipsku 1955 r.", F. Naumann — „Zwiększanie wydajności w odlewnictwie", J. Czikel i J. Hirsch — „Likwacja odwrotna w odlewniach żeliwnych", J. Müller i H. Ohmann — „Sposoby uzyskiwania struktury drobnziarnistej w odlewach z metali nieżelaznych", G. Gertz — „Konstruowanie odlewów ze szczególnym uwzględnieniem warunków odlewniczych", J. Czikel i H. Grossmann — „Pomiar czasów przy próbie lejnkości oraz jego znaczenie naukowe i techniczne", A. Guhl — „Podstawy ustalania wymiarów układu wlewowego", R. Keilatz — „Stan współczesny i perspektywy rozwojowe odlewnictwa kokilowego", J. Czikel i inni — „Uwagi odnośnie zależności wyników analizy sitowej i przepuszczalności materiałów formierskich", J. Czikel i G. Nickel — „Sporządzanie masy formierskiej z zastosowaniem magnezytu dla bardzo wysokich temperatur zalewania", J. Czikel i R. Richter — „Dane techniczne i bilans materiałowy instalacji doświadczalnej do suchej regeneracji materiałów formierskich", W. Bachsch — „Zagadnienie dalszego rozwoju budownictwa maszyn i urządzeń odlewniczych", H. Ohmann — „Oszczędzanie cyny dzięki zastosowaniu wysokojakościowych stopów miedzi", H. Rieger — „Obniżanie kosztów własnych dzięki zastosowaniu metod nowatorskich", M. Pasternak — „Nadlewy łatwo usuwalne przy odlewach ze stopów lekkich". Dział Przegląd pism technicznych zawiera prace: — „Jakość odlewów i wartość pH piasków formierskich", — „Odporność na ścieranie fosforowego żeliwa perlitycznego", — „Wypalanie miejsc wadliwych w odlewach staliwnych za pomocą elektrod węglowych", — „Żeliwiak „metalurgiczny" i jego zastosowanie", — „Mechanizm wtysko-

wy dla automatów do odlewów ciśnieniowych", — „Zrastanie się wtrąceń grafitu sferoidalnego w żeliwie".

GIESSEREI zeszyt nr 13/55 zawiera m.in. następujące artykuły: W. Patterson — „Przyczynek do nomenklatury materiałów i wyrobów odlewniczych", A. Gabriel — „Odlewy żeliwne na Targach Przemysłu Niemieckiego w Hannoverze w r. 1955", A. Geck — „Ekonomia czynnika ludzkiego jako zadanie kierownictwa produkcji". Dział Przegląd pism technicznych obejmuje prace: — „Wpływ gliny wypalanej „na śmierć" na własności masy formierskiej związanej gliną", — „Niebezpieczeństwo krzemicy w odlewni" a dział Z praktyki odlewniczej: F. Host — „Rdzawe plamy na powierzchni odlewów, spowodowane pudrem formierskim", H. Hosse — „Zastosowanie palników gazowych w odlewni".

GIESSEREI w zeszycie nr 14/55 znajdujemy m.in. następujące artykuły: G. Lieby — „Charakterystyczne własności stopów odlewanych pod ciśnieniem", F. Althof — „Topienie i skłonność do pęknięć gorących staliwa manganowego", A. Gabriel — „Odlewy żeliwne na Targach Przemysłu Niemieckiego w Hannoverze w r. 1955". Prócz artykułów głównych znajdujemy następujące prace w działach: Przegląd pism technicznych — „Wpływ rozwoju przemysłowego na odlewnictwo ciśnieniowe w południowej Kalifornii", — „Ciśnieniowe odlewanie stopów magnezu w maszynie z podgrzewaną komorą", — „Odlewy ciśnieniowe ze stopów cynku", — „Odlewanie żeliwa, staliwa i metali nieżelaznych do form metalowych", Z praktyki odlewniczej: L. Frede — „Kartoteka doświadczeń laboratoryjnych przy nauczaniu odlewnictwa", Pytania i odpowiedzi: — „Zużycie ciepła do suszenia i studzenia mas formierskich i rdzeniowych", — „Wady odlewnicze w szyjach walców", — „Wady odlewnicze w ciężkich odlewach stojaków do maszyn".

GIESSEREI w zeszycie nr 15/55 zamieszczono m.in. następujące artykuły: E. Piwowarsky i E. G. Nickel — „Metalurgia żeliwa wysokojakościowego modyfikowanego i sferoidalnego", W. Bernard — „Określanie czasów w formiarni ręcznej" a w dziale Przegląd pism technicznych prace: — „Stan naprężenia i zniekształcenia na powierzchni granicznej dwóch kryształów", — „Polerowanie żeliwa do badań metalograficznych", — „Odlewanie magnezu do form piaskowych w USA", — „Konferencja odlewnicza w Lipsku". W dziale Pytania i odpowiedzi: — „Odsiarczanie żeliwa", — „Ochładzalniki przy odlewach z żeliwa ciągłego", — „Odlewanie cienkościennych naczyń oraz części do silników elektrycznych", — „Zabrakowanie odlewów stojaków do maszyn wskutek rys naprężeniowych", — „Dmuchawy do żeliwiaków", — „Ubijanie wykładziny żeliwiaka o średnicy 900 mm".

JOURNAL OF THE IRON AND STEEL INSTITUTE zeszyt nr 7/55 obejmuje m.in. następujące artykuły: Ch. Burns — „Peryskop do badania wnętrza pieców", A. Goodall — „Zanurzalny pirometr do pieca martenowskiego", H. G. Jones, W. M. Davies, P. D. Dickerson — „Badania instalacji transportu materiałów za pomocą przepływu śrutu ołowianego w analogicznym modelu", Komitet Metod Analitycznych — „Oznaczanie niklu. Opracowanie metody stosowanej do wszelkich rodzajów stali", E. T. Turkdogan, L. E. Leake — „Termodynamika roztworu węgla w stopach żelaza. Część IV: Rozpuszczalność węgla w stopach Fe-Si-P", J. C. Hudson, J. F. Stanners — „Odporność niskostopowych stali na korozję", J. A. Pope, A. K. Mohamed — „Trwałe odkształcenia plastyczne wywołane pojedynczym i powtarzanym sferycznym uderzeniem".

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

KSIĄŻKI TECHNICZNE DLA ROBOTNIKÓW

Spis ten obejmuje zarówno książki znajdujące się w obrocie księgarskim, jak i wyczerpane. Te ostatnie znaleźć można i korzystać z nich w bibliotekach.

MECHANIKA — WYBÓR

- BIELECKI S.: Przyrządy do pomiaru ciśnienia i temperatury. 1955, s. 80, zł 3.—
 BLESZYŃSKI T.: Spawanie szyn termitem. 1953, s. 44, zł 3.—
 BORKOWSKI W.: Praca na automatach tokarskich. Seria „Będę Fachowcem”. 1954, s. 68, zł 2.50
 BOSSE E.: Wykonywanie tłoczników. Tłum. z niem. K. Szopski. 1952, s. 78, zł 5.60
 CHRZANOWSKI M.: Geometria dla robotników. 1954, s. 90, zł 3.50
 GERST W., POPOW W.: Szybkościowa obróbka metali w zakładach budowy maszyn. Tłum. z ros. K. Ukielski. 1950, s. 94, zł 5.40
 HENNEL S., ROZPEDEK S.: Wysokowydajne toczenie nożem Kolesowa. 1953, s. 56, zł 4.50
 KAMIŃSKI Z.: Wiercenie. Seria „Będę Fachowcem”. 1954, s. 40, zł 1.50
 KAWECKI J.: Blacharstwo. 1952, s. 238, zł 13.80
 KAWECKI W.: Frezowanie. Najprostsze roboty. 1955, s. 90, zł 3.50
 LISIAK K.: Gwintowanie ręczne. Seria „Będę Fachowcem”. 1954, s. 44, zł 2.—
 ŁUKASZEK J.: Poradnik tokarza-metalowca. 1953, s. 316, zł 25.20
 MAJEWSKI D.: Arytmetyka dla robotników. 1954, s. 172, zł 6.—
 MARDYKIN P. M.: Produkcyjne metody skrobania. Tłum. z ros. Z. Kościółek. 1952, s. 39, zł 1.—
 MERMON W.: Jak obchodzić się z obrabiarką. Seria „Będę Fachowcem”. 1954, s. 48, zł 2.—
 NIEŻEWIENKO G. S.: Moje doświadczenia przy szybkościowej obróbce metali. Tłum. z ros. Z. Żurakowski. 1954, s. 65, zł 3.—
 NOISZEWSKI L.: Pomocnik formierza. Seria „Będę Fachowcem”. 1954, s. 70, zł 2.—
 ORDOWSKI S.: Jak posługiwać się najprostszymi warsztatowymi narzędziami mierniczymi. Seria „Będę Fachowcem”. 1955, s. 32, zł 1.70
 PAWLIKOWSKI J.: Struganie. Seria „Będę Fachowcem”. 1954, s. 42, zł 2.40
 PAWLIKOWSKI J.: Struganie i strugarki. 1950, s. 100, zł 4.70
 PILARCZYK J.: Kurs spawania elektrycznego w pytaniach i odpowiedziach. Wyd. 4. 1954, s. 91, zł 2.50
 PIOTROWSKI P.: Najprostsze roboty tokarskie w kłach. 1954, s. 88, zł 4.—
 PIOTROWSKI P.: Obróbka metali pilnikiem. Seria „Będę Fachowcem”. 1954, s. 87, zł 4.90
 PIOTROWSKI P.: Ślusarstwo. Wyd. 2. 1954, s. 156, zł 9.—
 PIWOŃSKI T.: Formowanie za pomocą modeli uproszczonych. 1955, s. 155, zł 5.—
 PIWOŃSKI T.: O czym powinien wiedzieć rdzeniarz. 1953, s. 84, zł 5.—

- STAUB F.: Zastosowanie mikroskopu do badania stali i żeliwa. Wyd. 2. 1954, s. 63, zł 3.—
 STAUB F.: Zastosowanie mikroskopu do badań stopów metali nieżelaznych. 1955, s. 112, zł 14.—
 ŚWIĄTEK J.: Pomoc przy obsłudze żeliwiaka. Seria „Będę Fachowcem”. 1954, s. 47, zł 2.—
 SZUPP B.: Kurs spawania acetylenowego w pytaniach i odpowiedziach. Wyd. 5 niezmienione. 1953, s. 108, zł 4.—
 THERMAN E., TURIN M.: Szybkościowe metody pracy tokarza H. S. Bortkiewicza. Tłum. z ros. S. Grzymałowski. 1950, s. 60, zł 3.—
 VOELLNAGEL A.: O warsztatowych narzędziach mierniczych. Seria „Będę Fachowcem”. 1954, s. 56, zł 2.—
 WINOGRADOW L.: Podstawowe wiadomości dla ustawiaczy tłoczników. Tłum. z ros. R. Baranowicz. 1951, s. 60, zł 3.—
 WITKOWSKI J.: Szkicowanie techniczne. 1953, s. 67, zł 3.50
 ZIELIŃSKI P.: Ładowacz żeliwiaka. 1955, s. 59, zł 2.20

ENERGOELEKTRYKA I PRZEMYSŁ ELEKTROTECHNICZNY — WYBÓR

- DOBROWOLSKI T.: Światłówka i jej zastosowanie. 1955, s. 71, zł 3.20
 ELBAUM J., REICHER J.: Elektryczne aparaty rozruchowe i regulacyjne. Montaż — obsługa — naprawa. 1954, s. 215, zł 12.—
 GODLEWSKI G.: Stacje transformatorowo-rozdzielcze napowietrzne. Budowa i montaż. 1955, s. 256, zł 20.—
 GRABOWSKI Z.: Napowietrzne linie elektroenergetyczne. Budowa i eksploatacja. 1955, s. 256, zł 20.—
 LIS B.: Liczniki energii elektrycznej. Działanie — użytkowanie — instalowanie. 1953, s. 140, zł 7.50
 NAZAREWSKI J.: Racjonalizatorstwo w Zakładach Wytwórczych Aparatów Wysokiego Napięcia im. J. Dymitrowa. 1955, s. 112, zł 5.50
 PYSZKOWSKI L.: Instalacje elektryczne przewodem kabelkowym. 1954, s. 43, zł 3.—
 SKONIECZNY M.: Elektryczne przyrządy pomiarowe. 1953, s. 160, zł 5.50
 SZALEK R.: Światłówki. Działanie — montaż — eksploatacja. 1954, s. 59, zł 3.50
 URBANOWICZ H.: Posługiwanie się schematami w energoelektryce. 1955, s. 92, zł 4.10
 ŻOŁĘDZIOWSKI S.: Próby stanu izolacji elektroenergetycznych. 1954, s. 44, zł 3.—
 ŻYCKI Z.: Obsługa silnika synchronicznego. 1954, s. 61, zł 3.50

TELEELEKTRYKA — WYBÓR

- BARANOWSKI J.: Bezpieczna obsługa radiowęzła. Bibl. Radiomechanika. 1955, s. 79, zł 3.—
 BATRAKOW A. W., KŁOPOW A. J.: Poznaj odbiornik telewizyjny. Tłum. z ros. W. Rabęcki. 1955, s. 59, zł 2.50
 BODAK S. I.: Wskazówki do montażu aparatury radiowej. 1955, s. 170, zł 8.—
 KŁOPOW A. J.: Telewizja. Tłum. z ros. W. Rabęcki. 1955, s. 89, zł 4.20
 SZCZUREK M.: Poradnik radioamatora. 1954, s. 463, zł 28.—

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki i u kolporterów zakładowych



Z PRAC INSTYTUTU ODLEWNICTWA

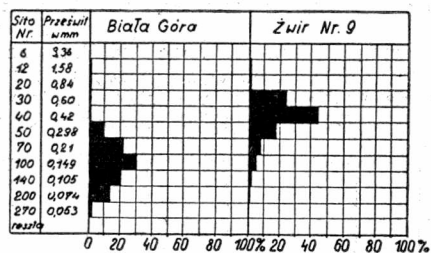
Olej talowy „ST” — nowe spoiwo rdzeniowe

Problem zastąpienia w odlewnictwie oleju lnianego, pełnowartościowego produktu spożywczego, innym spoiwem rdzeniowym, tanim i łatwo dostępnym, jest problemem pierwszorzędny dla naszego przemysłu odlewniczego. Z punktu widzenia gospodarki państwowej należy stwierdzić, że stosowanie wartościowych produktów spożywczych dla celów odlewniczych jest niewłaściwe. Do tych produktów oprócz wymienionego już oleju lnianego należy zaliczyć również skrobię ziemniaczaną. Produkty te używane do wyrobu mas rdzeniowych zostają w trakcie odlewania metalu spalane.

Olej lniany zaliczany jest do spoiw rdzeniowych najwyższej klasy. Nadaje on masom rdzeniowym niską wytrzymałość na ściskanie na wilgotno, około 0,05 kG/cm², oraz wysoką na sucho, przekraczającą 19,7 kG/cm². Olej lniany jest również spoiwem niehygroskopijnym. Do tej klasy spoiw należy również zaliczyć tran rybi i olej „C”, oraz spoiwa syntetyczne jak żywice fenolowo-formaldehydowe i mocznikowo-formaldehydowe. Żywica mocznikowa 121 należy do typu żywicy mocznikowo-formaldehydowych. Stosowanie jej jako spoiwa rdzeniowego przynosi szereg korzyści ekonomicznych i technologicznych, wymaga jednak zamontowania odciągów z wentylatorami nad mieszarkami, suszarniami oraz nad stanowiskami, gdzie zalewa się formy metalem.

Pewne gatunki odlewów, jak odlewy grzejników i kotłów centralnego ogrzewania, odlewy dla przemysłu motoryzacyjnego wymagają bezwzględnie stosowania spoiw najwyższej klasy. Niedobór spoiw olejowych krajowych uzupełnia się importem z zagranicy, np. spoiwa czeskiego „Ista”.

Odlewnie stosujące jako spoiwa rdzeniowe olej „C” lub olej „Ista” napotykać nieraz na poważne trudności spowodowane niejednakowymi własnościami technologicznymi mas rdzeniowych z tymi spoiwami. Czę-



Rys. 1. Wykres ziarnistości piasków kwarcowych

sto się zdarza, że nawet w pojedynczej jednostce opakowania spoiwa wykazują niejednakowe własności. Nierównomierność własności wymienionych spoiw rdzeniowych odbija się zdecydowanie ujemnie na własnościach technologicznych mas rdzeniowych, sporządzanych przy użyciu tych spoiw.

Przytoczone powyżej względy zwróciły uwagę na konieczność opracowania nowego spoiwa rdzeniowego, opartego na krajowych produktach łatwo dostępnych. Jednym z takich krajowych produktów okazał się uboczny produkt przemysłu celulozowego, który nazywano olejem talowym lub olejem „ST”. W skład tego oleju wchodzi: olej roślinny o charakterze nienasyconym w ilości 30÷35%, kwas abietynowy i dwuhydroabietynowy w ilości 60÷65% oraz woda w ilości do 5%. Olej talowy jest gęstą substancją olejastą o kolorze brązowym, o zapachu żywicznym. Olej ten, gęsty w temperaturze 10÷15°C, staje się łatwo płynny przy podgrzaniu. Do sporządzania mas rdzeniowych najlepiej jest go dodawać po lekkim podgrzaniu, gdyż w ten

sposób zapewnia się szybsze wymieszanie go z piaskiem. Można go również dodawać w postaci gęsto-płynnej. Mieszanie masy trwa wtedy dłużej o kilka minut.

Badania z olejem talowym przeprowadzono posługując się piaskiem kwarcowym drobnoziarnistym z kopalni Biała Góra, o liczbie ziarnistości 85, o zawartości

Tablica 1

Własności mas z samym olejem talowym

Piasek kwarcowy biała Góra	Olej talowy %	Przepuszczalność		Przepuszczalność	Wytrzymałość na ściskanie		Wytrzymałość na rozciąganie	Wytrzymałość na ugięcie	Twardość
		na wilgotno	ściskanie kg/cm²		na ściskanie kg/cm²				
						na sucho			
100 cz.	2,0	110	0,04	140	17,7	3,27	0,56	79	
100 cz.	2,5	110	0,06	150	19,7	5,75	0,80	95	
100 cz.	3,0	105	0,07	120	19,7	5,50	0,85	96	

gliny wiążącej 0,90%, oraz piaskiem kwarcowym gruboziarnistym, tzw. żwirem Nr 9 z Sieradza, o liczbie ziarnistości 34,4, o zawartości gliny wiążącej 0,75%. Rysunek 1 podaje wykresy ziarnistości wymienionych piasków. W tablicy 1 przedstawiono własności mas z dodatkiem samego oleju talowego. Czas mieszania masy na mieszarce laboratoryjnej typu „Simpson” wynosił 10 minut. Do prób użyto piasku suchego. W tablicy 2 podano wyniki badań mas z olejem talowym

Tablica 2

Własności mas z olejem talowym z dodatkiem oleju lniankowego

Piasek kwarcowy Biała Góra	Olej talowy %	Olej lniankowy %	Przepuszczalność		Wytrzymałość na ściskanie KG/cm²		Przepuszczalność		Wytrzymałość na ściskanie KG/cm²		Wytrzymałość na rozciąganie KG/cm²		Wytrzymałość na ugięcie KG/cm²		Twardość
			na wilgotno		na sucho		na wilgotno		na sucho		na wilgotno		na sucho		
100 cz.	1,0	0,5	100	0,02	120	19,0	4,95	1,09	78						
100 cz.	1,5	0,5	100	0,03	125	19,7	6,50	1,50	93						
100 cz.	2,0	0,5	100	0,04	120	19,7	7,30	1,70	93						
100 cz.	2,5	0,5	100	0,04	115	19,7	7,50	1,75	95						
100 cz.	1,0	1,0	97	0,03	115	19,7	15,1	4,10	98						
100 cz.	2,0	1,0	110	0,03	110	19,7	18,0	4,30	95						

i z dodatkiem oleju lniankowego (oleju lniankowego nie należy utożsamiać z olejem lnianym). Do piasku dodawano najpierw olej lniankowy, mieszano do 2 minut, i następnie dodawano olej talowy. W porównaniu z własnościami mas podanych w tablicy 1 widać korzystny wzrost wytrzymałości spowodowany dodatkiem oleju lniankowego.

Z kolei przebadano masy z olejem talowym z dodatkiem dekstryny. Dekstrynę rozpuszczano w 1% gorącej wody. Dodatek dekstryny, jak to było do przewidzenia, podwyższył własności wytrzymałościowe mas w porównaniu do mas z samym olejem talowym. Wyniki tych badań zostały umieszczone w tablicy 3. Przeprowadzono również badania własności mas z olejem talowym z dodatkiem oleju lniankowego. Podobnie jak dodatek oleju lniankowego, również i dodatek oleju lniankowego, i to w stopniu jeszcze większym, podwyższył własności wytrzymałościowe tych mas w stosunku do mas z samym olejem talowym. Wyniki badań ujęto w tablicy 4. Badania, wyniki których przedstawiono

Tablica 3

Własności mas z olejem talowym z dodatkiem dekstryny

Pisak kwarcowy Biała Góra	Olej talowy %	Dekstryna %	Woda %	Przepuszczalność		Wytrzymałość na ściskanie		Przepuszczalność		Wytrzymałość na ściskanie		Wytrzymałość na rozciąganie		Twardość
				na wilgotno	na suchu	na wilgotno	na suchu	na wilgotno	na suchu	na wilgotno	na suchu			
												kg/cm ²	kg/cm ²	
100 cz.	2,0	0,5	1,0	110	0,04	120	✓ 19,7	5,27	0,93	90				
100 cz.	2,5	0,5	1,0	108	0,05	115	✓ 19,7	7,10	1,15	94				
100 cz.	2,0	1,0	1,0	105	0,06	110	✓ 19,7	8,7	1,30	93				

w tablicach 1-4, były przeprowadzone na piasku drobnoziarnistym z Białej Góry.

W tablicy 5 ujęto wyniki badań z piaskiem gruboziarnistym, tzw. żwirem nr 9. Próby przeprowadzono z olejem talowym z dodatkiem oleju lniankowego, oraz z olejem talowym z dodatkiem dekstryny rozpuszczonej w gorącej wodzie

Tablica 4

Własności mas z olejem talowym z dodatkiem oleju lniankowego

Pisak kwarcowy Biała Góra	Olej talowy %	Olej lniany °	Przepuszczalność		Przepuszczalność	Wytrzymałość na ściskanie		Wytrzymałość na rozciąganie	Wytrzymałość na ugięcie	Twardość
			na wilgotno	na suchu		na suchu	na suchu			
100 cz.	1,0	0,5	100	0,02	110	> 19,7	12,4	3,10	86	
100 cz.	2,0	0,5	100	0,02	110	> 19,7	15,4	3,30	90	

Opisane powyżej badania dotyczyły wytrzymałości mas rdzeniowych oraz ich przepuszczalności, przy czym próbki suszono po 2 godziny w temperaturze 220°C. Jedną z ważnych cech spoiwa jest także higroskopijność mas rdzeniowych z olejem talowym przeprowadzono szereg prób porównawczych z olejem lnianym — spoiwem uważanym za niehigroskopijne. Dla określenia stopnia higroskopijności sporządzono standartowe próbki jak do badań wytrzymałości na ściskanie. Po

Tablica 5

Własności mas rdzeniowych z olejem talowym, opartych na piasku kwarcowym gruboziarnistym

Żwir nr 9	Olej talowy %	Olej lniankowy %	Dekstryna %	Woda %	Przepuszczalność		Wytrzymałość na ściskanie kg/cm ²		Przepuszczalność		Wytrzymałość na ściskanie kg/cm ²		Wytrzymałość na rozciąganie kg/cm ²		Wytrzymałość na ugięcie kg/cm ³	Twardość l
					na wilgotno		na suchu		na suchu		na suchu					
100 cz.	1,0	0,5	—	—	—	0,01	430	> 19,7	13,5	2,95	97					93
100 cz.	1,5	0,5	—	—	—	0,01	440	> 19,7	15,0	3,58	93					93
100 cz.	2,0	0,5	—	—	—	0,01	410	> 19,7	16,1	4,70	95					78
100 cz.	1,5	—	0,5	1,0	—	0,01	450	19,5	4,3	0,78	78					95
100 cz.	2,0	—	0,5	1,0	—	0,02	460	19,5	5,8	0,91	88					88

wysuszeniu ich w odpowiedniej temperaturze, właściwej dla danej masy, i po zważeniu umieszczano je na podkładkach porcelanowych w eksikatorze, którego dolna część napełniona była wodą, a atmosfera nasyciona parą wodną. Za czas pozostawiania próbek w eksikatorze przyjęto 2, 4, 8, 16 i 32 godziny. Po wyjęciu próbek z eksikatora ważono je ponownie, obliczano przyrost ciężaru w gramach i przeliczano na przyrost ciężaru w procentach. Masy sporządzano z piasku kwarcowego z Białej Góry. W tablicy 6 podano składy badanych mas, a na rysunku 2 przedstawiono wykres ujmujący zależność pomiędzy przyrostem procentowym a czasem pozostawiania próbek w eksikatorze. Numery

krzywych na rysunku 2 odpowiadają składom mas według tablicy 4. Z przebiegu krzywych widać, że masy z olejem talowym są równie mało higroskopijne jak masy z olejem lnianym. Dodatek skrobi lub dekstryny zwiększa higroskopijność odpowiednich mas,

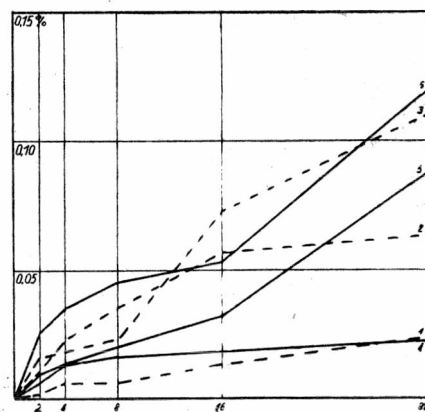
Tablica 6

Składy badanych mas

Nr masy	Pisak kwarcowy	Olej lniany %	Olej talowy %	Skrobia sklejająca	Dekstryna %	Woda %	Temperatura suszenia °C	Czas suszenia w godzinach
1	100 cz.	1,0	—	—	—	4,0	220	2
2	100 cz.	1,0	—	0,5	—	4,0	220	2
3	100 cz.	1,0	—	—	0,5	4,0	220	2
4	100 cz.	—	2,5	—	—	—	220	2
5	100 cz.	—	2,5	0,5	—	1,0	220	2
6	100 cz.	—	2,5	—	0,5	1,0	220	2

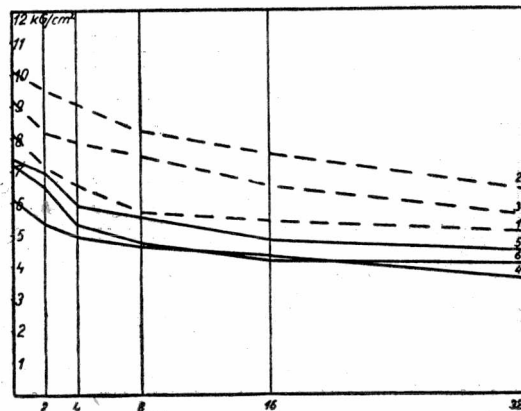
ale zwiększenie higroskopijności przy masach z olejem lnianym jest analogiczne do zwiększenia przy masach z olejem talowym

Wpływ higroskopijności na własności wytrzymałościowe na rozciąganie podany jest na rysunku 3. Próby



Rys. 2. Zależność pomiędzy procentowym przyrostem ciężaru próbek a okresem czasu pozostawiania próbek w eksikatorze

te przeprowadzono sporządzając standartowe próbki na rozciąganie. Próbkę po wysuszeniu w odpowiedniej temperaturze umieszczano w eksikatorze z wodą na określony czas. Po upływie tego czasu próbki wyjmo-



Rys. 3. Zależność pomiędzy wytrzymałością na rozciąganie próbek a czasem pozostawiania próbek w eksikatorze

wano z eksikatora i rozciągano. Dodatek skrobi lub dekstryny zwiększa higroskopijność rdzeni, ale jak widać z rysunku 3, spadek wytrzymałości na rozciąganie nie jest duży, a rdzenie wykonane z tych mas można zalewać nawet po pozostawieniu ich na kilkanaście godzin w wilgotnej formie.

Wydzielalność gazów z mas rdzeniowych z olejem talowym jest analogiczna do wydzielalności gazów z mas z olejem lnianym. Odpowietrzanie rdzeni również przedstawia się tak samo jak przy masach z olejem lnianym. Natomiast rdzenie, w których sporządza się rdzenie, należy przy masach z olejem talowym nieco częściej smarować naftą niż przy masach z olejem lnianym — po wykonaniu 4 lub 5 rdzeni. Jak widać z omówionych uprzednio badań, czas i temperatura suszenia mas rdzeniowych z olejem talowym są podobne jak przy masach z olejem lnianym. Po wyjęciu z suszarni rdzenie mogą być jeszcze nieco miękkie — stwardnieją całkowicie w czasie stygnięcia; miękkość ta spowodowana jest obecnością kalafonii w oleju talowym. Po wysuszeniu rdzenie nie zmieniają swych wymiarów.

Zagadnienie warunków bezpieczeństwa i higieny pracy przy masach rdzeniowych z olejem talowym jest analogiczne jak przy masach z olejem lnianym.

Należy jeszcze podkreślić, że do mas z olejem talowym należy stosować suche piaski kwarcowe. W przypadku użycia piasków wilgotnych olej talowy rozpradza się w masie nierównomiernie. Powoduje to uzyskanie niższej wytrzymałości rdzeni.

Korzyści ekonomiczne stosowania nowego spoiwa rdzeniowego stają się całkiem oczywiste przy porównaniu jego ceny z cenami innych spoiw. 1 kg oleju talowego kosztuje 6,30 zł, 1 kg oleju lnianego — 16,50 zł, 1 kg oleju „C” — 19,25 zł, 1 kg „Isty” — 8,80 zł, 1 kg oleju lniankowego — 7,61 zł. Należy jeszcze zwrócić uwagę na fakt, że olej talowy jest artykułem nieregulowanym i jest dostępny dla odlewnictwa w każdej ilości. Powyższe zestawienie cen wskazuje odlewniom możliwość realnej obniżki kosztów własnych.

Olej talowy „ST” stosowany jest już od kilku miesięcy w niektórych naszych odlewniach i zdaje doskonale egzamin jako nowe spoiwo rdzeniowe. Odlewnie te stosowały dawniej jako spoiwo rdzeniowe olej „C” lub „Istę” i miały wtedy większy procent braków w samych rdzeniach i w odlewach niż obecnie.

doc. dr Jan Buciewicz
mgr Tadeusz Rzepa

Technologia topienia i odlewania mosiądzów manganowych

Szybko rozwijająca się akcja wprowadzania do przemysłu niskomiedziowych mosiądzów manganowych, jak również wzrastające zapotrzebowanie na tanie i wysokowytrzymałe odlewy z mosiądzów manganowych, skłoniły Instytut Odlewnictwa do podjęcia w 1954 r. pracy badawczej nad technologią topienia i odlewania tych stopów. W zagadnieniu mosiądzów manganowych problemy techniczne łączą się bardzo ściśle z ekonomicznymi, toteż jakkolwiek zasadniczym celem badań było opracowanie technologii, względy ekonomiczne wymagały ponadto przystosowania jej do aktualnych możliwości i warunków produkcyjnych naszego przemysłu.

Prace nad powyższymi zagadnieniami zaplanowano bardzo szeroko i wyczerpująco, a dla jak największego powiązania z praktyką przeprowadzono je porównawczo jednocześnie w Instytucie Odlewnictwa, Rafinerii Metali oraz w zakładowych odlewniach kilku fabryk armatur. Wobec dużej ilości stosowanych w praktyce nisko- i wysokomiedziowych mosiądzów manganowych badania nad ich technologią przeprowadzono na dwóch najpopularniejszych stopach tego typu. Ze względu na różny stan zaawansowania przemysłu w dziedzinie technologii oraz związane z tym trudności i potrzeby plan badań nad obydwojoma stopami był nieco odmienny, jakkolwiek celem umożliwienia naukowych porównań i uogólnień oparty o te same założenia i koncepcje metodyczne.

Badania nad technologią topienia i odlewania niskomiedziowego mosiądzu manganowego MM47

Stosownie do ogólnie przyjętego dwufazowego systemu produkcji odlewów ze stopów miedzi badania nad mosiądzem MM47 podzielono na:

a. zagadnienia związane z produkcją, czyli wytopeniem gasek,

b. zagadnienia związane z przetopem gasek, czyli produkcją gotowych odlewów.

Zasadniczym problemem produkcji gasek było określenie możliwości wyrabiania ich ze złomu, a tym samym ograniczenia zużycia czystych metali, zwłaszcza deficytowej miedzi. Jako materiał zastępczy czystych metali wytypowano złom mosiądzów zwyczajnych (złom stopów MO60, M60, MO59, M59 itp.) oraz złom ZnAl-i, zawierających dodatki Al w granicach do 4% (złom stopów Z40, Z41, Z43). Ze względu na różną ilość i rodzaj zanieczyszczeń wprowadzanych wraz ze złomem całkowita eliminacja czystej miedzi i cynku mogła się okazać niemożliwa; z tych też względów postanowiono przeprowadzić ją stopniowo, zastępując najpierw sam cynk złodem ZnAl, następnie samą miedź złodem mosiądzu, i wreszcie równocześnie i cynk i miedź złodem mosiądzu i ZnAl. Skład chemiczny wsadu do produkcji gasek wyliczano ze składu chemicznego ostatecznych odlewów za pomocą wzoru:

$$X_w = X_g (1 + 0,01 Z_w) \text{ części}$$

gdzie: X_w = zawartość dowolnego składnika wsadu do produkcji gasek w częściach,

Z_w = procentowa zmiana zawartości dowolnego składnika wskutek przetopu wsadu na gaski,

$X_g = X_o (1 + 0,01 Z_g) \text{ części}$ = zawartość dowolnego składnika stopowego w gaskach,

X_o = procentowa zmiana zawartości dowolnego składnika wskutek przetopu gasek.

Zestawiając poszczególne kombinacje wsadowe uzyskano stopniowanie zawartości złomu we wsadach do produkcji gasek w granicach od 0–84,7%.

Topienie w pierwszej, drugiej i czwartej kombinacji wsadowej przeprowadzano w Instytucie Odlewnictwa i fabrykach armatur według opracowanej uprzednio jednolitej instrukcji w tyglowych piecach gazowych i kokosowych, produkcję natomiast gasek według kombinacji trzeciej, tj. ze złomu mosiądzu i czystego cynku, przeprowadzano w rafinerii na piecach indukcyjnych niskiej częstotliwości. Dokładna analiza badań przeprowadzonych na materiale gasek wyprodukowanych w opisany powyżej sposób wykazuje zasadnicze różnice między składem chemicznym wsadu i trzymanymi gaskami, jak również niezgodność z przewidywaniami. Różnice te spowodowane są stratami zgaru, zachodzącego podczas topienia, oraz segregacją w odlewach. O wielkości tych różnic decydują warunki topienia, w pierwszym zaś rzędzie udział złomu i zanieczyszczeń Al we wsadzie oraz rodzaj pieca, toteż celem otrzymania gasek o pożądanym składzie chemicznym czynniki te należy bezwarunkowo uwzględnić i stosownie do tego obliczać skład wsadu. Najracjonalniejszym z punktu widzenia ekonomii i technologii sposobem produkcji gasek okazało się topienie ich ze złomu mosiądzu i czystego cynku w warunkach badań przeprowadzanych w rafinerii metali, tj. przy użyciu wielotopowych pieców indukcyjnych. Sposób ten po uzgodnieniu z zakładem i wielokrotnym wypróbowaniu ujęto w szczegółową instrukcję technologiczną, zakończoną warunkami odbiorczymi. Ponieważ warunkiem otrzymania gasek gwarantujących wysoką jakość odlewów jest jedynie racjonalny dobór wsadu oraz utrzymanie zawartości zanieczyszczeń w granicach określonych warunkami odbiorczymi wyżej wymienionej instrukcji, należy przypuszczać, że w przyszłości możliwa będzie produkcja gasek MM47 również ze złomu mosiądzów specjalnych oraz ZnAl-i.

Badania nad technologią produkcji odlewów przeprowadzono na otrzymanych uprzednio gaskach po uzupełnieniu ich dodatkami czystych metali do składu założonego. Przetopy przeprowadzano w piecach tyglowych w Instytucie Odlewnictwa oraz fabrykach armatur według opracowanej uprzednio instrukcji. Wyniki badań przeprowadzonych na materiale otrzymanych odlewów dowodzą, że jakkolwiek straty powstałe wskutek przetopu gasek na gotowe odlewy są mniejsze niż przy produkcji gasek, są one jednak dość znaczne, wskutek czego materiał odlewów wykazywał niewłaściwą strukturę i zbyt niskie własności. Na jakość własności materiału odlewów decydujący wpływ

posiada również zawartość Al we wsadzie, obecność którego powyżej pewnej wielkości uniemożliwia osiągnięcie wysokiej plastyczności. Stwierdzono, że z punktu widzenia jakości odlewów rodzaj materiału wsadowego czyli gasek nie odgrywa w zasadzie żadnej roli, a warunkiem otrzymania odlewów o wysokich własnościach jest wyłącznie odpowiedni skład chemiczny i stopień zanieczyszczenia wsadu tak dobrany, by po przetopieniu i związanych z tym nieuniknionych stratach dał w rezultacie stop o pożądanym składzie. Dokładna analiza badań nad produkcją odlewów pozwoliła ponadto wprowadzić szereg poprawek składu chemicznego stopu oraz ustalić zakres jego wahaní konieczny dla zagwarantowania wysokiej jakości odlewów.

W dalszym ciągu badań nad możliwościami produkcji odlewów na drodze jednorazowego przetopu z pominięciem etapu produkcji gasek udowodniono, że w sposób ten otrzymać można równie dobre, a nawet lepsze wyniki, przy czym przy doborze składu chemicznego wsadów oraz warunków topienia obowiązują te same warunki, co przy topieniu podwójnym.

Uwzględniając naniesione poprawki składu chemicznego, zachodzące wskutek topienia i odlewania, określono przy pomocy podanych uprzednio wzorów skład chemiczny gasek oraz wsadu do ich produkcji w zakresach gwarantujących wysoką jakość ostatecznych odlewów.

Celem opracowania pełnej technologii odlewniczej stopu MM47 przeprowadzono w Instytucie Odlewnictwa na jednolitym materiale gaskowym dokładne badania nad możliwościami udoskonalenia produkcji odlewów na drodze rafinacji żużlowej, gazowej, oraz modyfikacji, okazujących duże korzyści w odlewnictwie stopów miedzi. Przeprowadzone badania wykazały, że jakkolwiek rafinacja żużlowa nie zapobiega zupełnie charakterystycznym dla mosiądzów manganowych i bardzo często dyskwalizującym odlewom wadom zażużeń tlenkami manganu, daje jednak duże możliwości podwyższenia własności ich na drodze regulacji i ograniczenia wielkości zgaru składników stopowych, a tym samym utrzymania składu chemicznego stopów w najkorzystniejszych granicach. Z tego punktu widzenia najlepszą powłoką przy topieniu stopu MM47 jest węgiel drzewny, ewentualnie fluoryt, niekorzystne natomiast są żużle sodowe, które ze względu na duży zgar (szczególnie manganu) oraz wysoką cenę uznano za nieekonomiczne i nieprzydatne.

Wyniki badań wpływu rafinacji sprężonym azotem na własności odlewów rafinowanych żużlowo lub produkowanych bez zastosowania jakiejkolwiek rafinacji wykazały, że jakkolwiek ilość i jakość charakterystycznych wad zażużeń pozornie nie zmniejszyła się, to jednak mechaniczne działanie sprężonego azotu na kąpiel metalu w dużej mierze oczyszcza ją od submikroskopowej zawiesiny wtrąceń niemetalicznych, a przez to bardzo znacznie podwyższa wszystkie własności metalu. Wobec nieznacznego nakładu kosztów oraz dużych możliwości podwyższenia jakości odlewów rafinację gazową należy uznać za bezwzględnie korzystną, szczególnie przy racjonalnym zestawieniu z rafinacją żużlową. Zalety jej stają się specjalnie widoczne, a stosowanie wprost konieczne w przypadku przetopu specjalnie zanieczyszczonych wsadów oraz gdy z jakichkolwiek powodów rafinacja żużlowa nie może być należyście przeprowadzona.

Badania nad możliwością ulepszenia odlewów na drodze modyfikowania dodatkami Al i jego stopów z krzemem dowiodły w sposób oczywisty, że modyfikacja jest jedyną praktyczną metodą całkowitej eliminacji wad odlewniczych mosiądzu MM47, bez zastosowania której osiągnięcie wysokich własności odlewów oraz utrzymanie braków w granicach praktycznej opłacalności produkcyjnej byłoby niemożliwe.

Technologia topienia i odlewania wysokomiedziowego mosiądzu manganowego MM58

Przeszczepiony ze źródeł radzieckich mosiądz MM58 nie spełniał w praktyce krajowej spodziewanych nadziei z powodu utrudniającej ogromnie produkcję skłonności do charakterystycznych wad zażużeń tlenkami manganu. Przyczyną tego było nieopanowanie dotychczas nieznanego u nas w kraju technologii topienia tego stopu. Śladem prowadzącym do celu przy opracowywaniu racjonalnej technologii topienia stopu MM58 były doskonałe wyniki modyfikacji stopu MM47 i pokrewnych mu niskomiedziowych mosiądzów manganowych oraz wyjątkowo wysoka zawartość Al, dopuszczana przez normę dla MM58.

W odróżnieniu od pierwszej części niniejszej pracy pominięto w tym przypadku technologię produkcji gasek, opanowaną już przez rafinerię metali. Omówienie wyników rafinacji gasek MM58 przy pomocy różnych żużli wykazało, że, podobnie jak poprzednio, rafinacja żużlowa stwarza możliwości regulacji stopnia aktywności atmosfery, a tym samym pozwala na częściową eliminację wad zażużeń, co wpływa na podwyższenie własności materiału. Ponieważ jednak własności mosiądzu MM58 nie są tak ściśle uzależnione od składu chemicznego jak własności stopu MM47, konsekwencje odstępstwa od reguły są w tym przypadku odpowiednio mniejsze. Z punktu widzenia ekonomii oraz wpływu na skłonność do zażużeń najodpowiedniejszym pokryciem dla stopu MM58 wydaje się być izolujące redukujące pokrycie węgla drzewnego ewentualnie fluorytu. Niekorzystne natomiast ze względu na szczególnie duże straty manganu i innych dodatków jest dotychczas zalecane pokrycie żużli sodowych.

Na podstawie obserwacji wyników rafinacji gazowej gasek MM58 stwierdzić można, że jakkolwiek rafinacja gazowa, równie jak i żużlowa, nie eliminuje w zupełności wad zażużeń i wskutek tego dużego rozrzutu własności materiału, jednakże w zestawieniu z racjonalnie przeprowadzoną rafinacją żużlową znacznie podwyższa własności odlewów. Z tych też względów stosowanie jej przy topieniu stopu MM58 jest bardzo wskazane.

Modyfikacja mosiądzu MM58 okazała się również bardzo korzystna. Modyfikacja aluminium i jego stopami pozwoliła w zupełności wyeliminować trudne dotychczas do opanowania wady zażużeń, ujawniła niespodziewanie wysokie własności mechaniczne mosiądzu MM58 oraz umożliwiła odlewanie wysokojakościowych odlewów różnego rodzaju i wielkości. Na temat mechanizmu modyfikacji oraz jej zalet praktycznych powtórzyć można wszystko to samo, co powiedziane zostało w odniesieniu do stopu MM47.

Reasumując całość badań nad stopem MM58 należy stwierdzić, że na drodze racjonalnej technologii topienia, opartej o rafinację i modyfikację, zapobiec można w zupełności trudnym do uniknięcia wadom odlewniczym, ograniczyć straty zgaru oraz podwyższyć własności odlewów w stosunku do istniejącej normy. Biorąc pod uwagę niskie koszty realizacji w porównaniu z bardzo dużym efektem opłacalność opracowanej technologii jest widoczna. W związku z ujawnieniem na drodze nowej technologii niespodziewanie wysokich własności mosiądzu MM58 należałoby albo podwyższyć odpowiednio wymagania normy i umożliwić przez to wykorzystanie mosiądzu MM58 zamiast droższych stopów do więcej odpowiedzialnych konstrukcji, lub zmienić jego skład w sensie zastąpienia 2% miedzi cynkiem, co pozwoliłoby utrzymać własności stopu w granicach normy, a przyniosłoby poważne oszczędności miedzi.

mgr inż. Krzysztof Rutkowski