

Inż. JAN CZÓCHRAŁSKI.

METALoznawstwo w ŚWIEtle ZADAń PRAKTYKI.

Odbitka z „Przeglądu Technicznego“, r. 1926.

WARSZAWA
1926

300

Inż. JAN CZOCHRALSKI.

Metaloznawstwo w świetle zadań praktyki.

Odbitka „Przeglądu Technicznego“, r. 1926.

WARSZAWA

1926

1089
36

44134

III

Quesada 1089 36



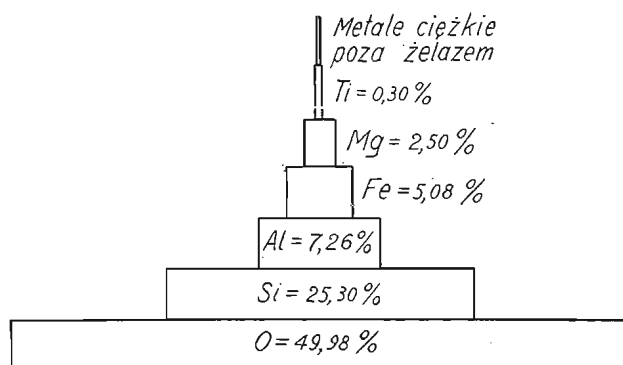
CZĘŚĆ I.

Struktura metali i jej znaczenie w odlewnictwie.^{*)}

Wpierw nim metal lub stop zostanie poddany bliższemu badaniu, mającemu wyjaśnić, czy nadaje się on do danego szczególnego celu, winny być spełnione pewne zgóry ustalone wymagania. Wymagania te mogą dotyczyć po części rozpoznania danego metalu w przyrodzie, po części jego ciężaru właściwego, po części zaś obrabialności, odlewalności oraz ewent. in. ważnych jego właściwości.

Dostępność naturalna metalu jest najważniejszym czynnikiem określającym w większości wypadków możliwość jego zastosowania. Podane na rys. 1 zestawienie wykresne wykazuje zawartość odsetkową poszczególnych pierwiastków chemicznych w skorupie ziemskiej. Wynika z niego interesujący wniosek, że największy udział w budowie powłoki ziemskiej przypada na tlen i krzem, które łącznie stanowią ponad 75% jej składników. Żelazo nie jest bynajmniej metalem występującym w pokaźnej ilości, ustępuje w tym względzie pierwszeństwo glinowi. Jeśli nadto weźmiemy pod uwagę, że ciężar właściwy Al stanowi zaledwie $\frac{1}{3}$ ciężaru wł. żelaza, to wystąpi wyraźnie uderzająca wyższość glinu pod względem jego dostępności. Zawartość objętościowa Al w skorupie ziemskiej otwiera zupełnie nowe perspektywy techniczne; metal ten odegra niewątpliwie w walce z żelazem rolę decydującą. Stopy glinowe mogą być jeszcze obecnie uważane w pewnym stopniu za twory nowe, jakkolwiek uczyniono już znaczny krok naprzód na drodze ich rozwoju. Duch wy-

larczy kilku przodujących badaczy z tej dziedziny pojął możliwość wytwarzania wysokowartościowych i uszlachetnionych stopów glinu, drogą jego stapiania z innymi składnikami i następnie hartowania (podobnie jak stali). Stopy te wykazały już w niektórych wypadkach, że mogą wyjść zwycięsko ze współzawodnictwa z żelazem i ze stopami stalowymi. Byłoby jednak przedwczesne wypowiadanie się dziś już o wynikach walki żelaza z glinem, ponieważ decydujące znaczenie mieć tu będą tylko i wyłącznie względy celowości. Rozwój techniki da obu metalom obszerne pola zastosowań, należy jeno pracować jeszcze nad tem, by charakterystyczne zalety kryjące się we własnościach tych tak różnych tworzyw odpowiednio ocenić i całkowicie wyzyskać. Żelazo jest ze względu na wysoki spłcz. sprężystości olbrzymem wśród metali. Natomiast uszlachetnione stopy glinowe są w porównaniu z żelazem niemal nieważkie i jako ma-



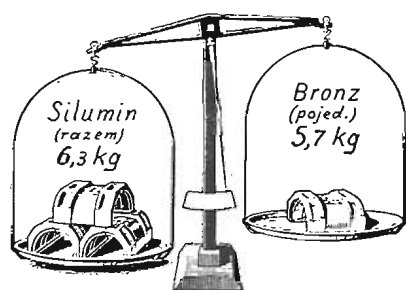
Rys. 1. Zestawienie wykresne zawartości %owej składników skorupy ziemskiej.

terjał budowlany ulegają wobec tego całkiem innym prawom niż żelazo.

Należałoby oczekiwać, że takie metale, jak miedź, cynk i ołów są — po żelazie — najbardziej rozpowszechnione; ich stanowisko jako tworzywa przedmiotów codziennej potrzeby usprawiedliwia też to przypuszczenie, wedle jednak ich dostępnych zasobów, będą one zastąpione magnezem. Metal ten jest również nadzwyczaj interesujący z punktu widzenia technologicznego i przyniesie nam zapewne — w rzędzie niewyczerpanych praw natury — wiele jeszcze niespodzianek. Co do magnezu, to sprawa jego stałości jest jeszcze zagadnieniem wymagającym wielce dokładnych badań. Pomiędzy miedzią, cynkiem, ołowiem z jednej strony, a magnezem z drugiej, mieści

^{*)} Odczyt wygłoszony na walnym zebraniu Czeskosłowackiego Stowarzyszenia Odlewników w Pilźnie, w d. 27 września 1925 roku.

się pokrewny żelazu tytan, który tylko dlatego mało jeszcze znalazł zastosowań technologicznych, że pozostawał dotąd w cieniu tytana—żelaza. Być jednak może, że nastąpi czas, gdy i ten metal uzyska należne mu prawa obywatelstwa.



Rys. 2. Porównanie ciężaru właściwego siluminu i bronzu.

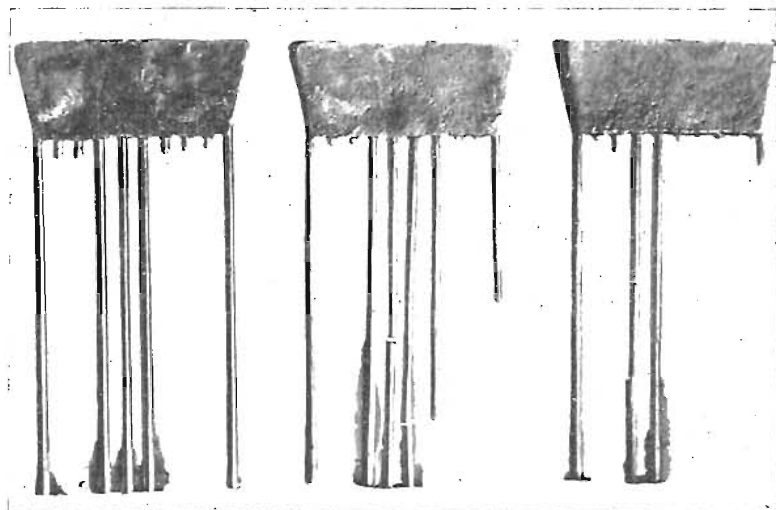
Miedź i ołów, do których należy dodać też i cynę, mają zapewne swój okres rozkwitu już poza sobą. Natura dała ich człowiekowi w stanie do pewnego stopnia gotowym, aby mógł on na tych stosunkowo prostych metalurgicznie metalach zacząć rozwijać wiedzę hutniczą. Jednak będą one — obok niklu, srebra i złota — jeszcze w dalszej przyszłości odgrywały rolę bardziej podrzędną.

Poza temi głównymi — przeblyskują jeszcze niektóre rzadkie metale, co do których poszczególni badacze wypowiadają się rozmaicie.

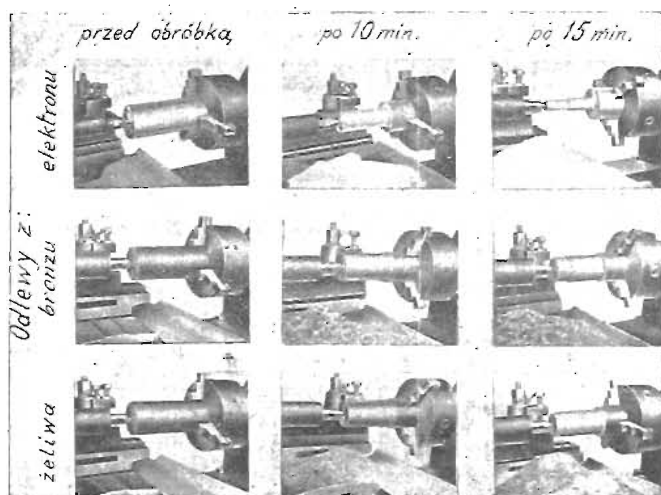
Atoli i cięż. właśc. może w wielu razach oddziaływać decydująco na zastosowalność metali, jako że nie jest obojętne, czy mamy w ciągu długiego czasu mieć do czynienia z dużymi, czy też z małymi masami. Wraz z doskonaleniem techniki wytwarzania energii napędowej, przekonano się stopniowo, na podstawie szeregu bilansów rocznych, że energia ta kosztuje i że drogą zmniejszenia masy poruszających się mechanizmów można znacznie obniżyć wydatki na jej wytwarzanie. Lecz i technologicznie prowadzą nieraz wielkie masy do nadmiernych naprężeń części ustrojów, tak że przez zmniejszenie ciężarów osiąga się również postęp techniczny, pomijając już oszczędności przy przeładowywaniu i przewożeniu. Rys. 2 obrazuje stosunek cięż-

róbce elektronu jest możliwe stoczenie niemal całego pręta w ciągu 15 min. pracy tokarki, to przy toczeniu żeliwa i bronzu osiągnięto tu zaledwie połowę tego wyniku. Często wyniki obróbki wpływają tak znacznie na kalkulację kosztów, że może się okazać dogodniejszym wytwarzanie danej części nawet z droższego surowca. Elektron stanowi w tym względzie przykład typowy. Podobne zjawisko mamy przy zastosowaniu uszlachetnionego stopu glinowego, znanego pod nazwą „Skleron'u”.

Obok dostępności naturalnej, cięż. właśc. i lepszej lub gorszej obrabialności, występuje odlewność, jako cecha miarodajna przy określaniu ekonomiczności zastosowania danego metalu lub stopu. Jak wiadomo, większość metali czystych nie nadaje się do odlewania, o ile chodzi o wykonywanie z nich cokolwiek złożonych odlewów. Czysty glin i czysta miedź dają pod tym względem dobrze znane przykłady niedogodności. Badanie jednak odlewności metali trudno przeprowadzić dokładnie. Metody czysto naukowe tych badań są dziś jeszcze mało rozwinięte, musimy zatem



Rys. 4. Pręciki odlane z rozm. stopów aluminowych: 1) stop Al—Si; 2) stop aluminium z 8% Zn i 2% Cu; 3) stop aluminium z 8% Cu.



Rys. 3. Zestawienie porównawcze obrabialności żeliwa, bronzu i elektronu.

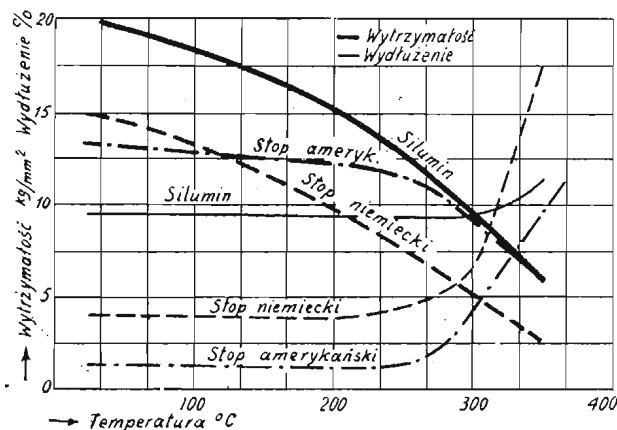
żarów właściwych stopu glinowo-krzemowego i bronzu. Bardzo pouczające jest też zestawienie lżejszej względnie cięższej obróbki skrawaniem żeliwa, bronzu i elektronu, podane na rys. 3. Gdy przy ob-

zadowolić się jedynie próbami technologicznymi. Rys. 4 obrazuje miniaturowe pręciki lane. Próbką 1 dotyczy siluminu, czyli stopu glinu z krzemem, próbka 2—niemieckiego stopu glinowego o zawartości 8% Zn i 2% Cu, próbka 3—amerykańskiego stopu glinowego, zawierającego 8% Cu. Odlewność próbek 1 i 2 jest prawie jednakowa. Możemy to w ten sposób ustalić, że zmierzmy długości poszczególnych pręcików i zsumujemy je. Stop amerykański, próbka 3, wykazuje odlewność o ok. 30% gorszą. Znamienną jest przytem jeszcze okoliczność następująca, wynikająca z tego doświadczenia. W próbkach 2 i 3, pręciki są przy zastyganiu w paru miejscach przerwane, co wskazuje, iż obadwa stopy są w stanie ciepłym mniej wytrzymałe i mało ciągliwe, gdy tymczasem silumin odznacza się pod tym względem wyższymi właściwościami. Badanie tą łatwą metodą technologiczną umożliwia więc nie tylko przekonanie się w pewnym stopniu o odlewności danego metalu, ale rzuca nadto głębsze światło na własności metalu, w szczególności na jego zachowanie się podczas stygnięcia (krzepnięcia), a zwłaszcza na kruchość w stanie ciepłym.

Do cech, które już przed zastosowaniem metalu winny być zupełnie wyjaśnione, należą także własności metalu rozgrzanego. Inżynier i technik zbyt mało

jednak poświęca tym sprawom uwagi. Jeśli stop ma być zastosowany do pracy w wyższych temperaturach, to łatwo mogą powstać sprzeczności pomiędzy jego zachowaniem się a zbadaniami poprzednio jego własnościami. Żelazo i stopy żelaza są wogóle odporne na działanie ciepła aż do temperatury 500°. Własności ich pogarszają się najczęściej nie tak dalece, by zaważyło to na bezpieczeństwie ich zastosowania. Dla

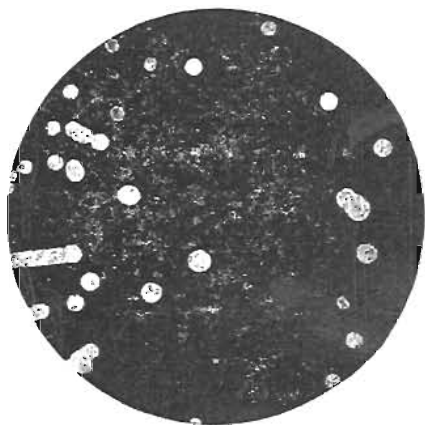
stkie możliwe stopniowania: zarówno krystalne półplastyczne wśród minerałów (np. krystalne gipsu), jak i kruche prawie jak szkło krystalne metali, jak naprz. arsenu i antymonu. Zachodzi więc mniej lub więcej stopniowe przejście między temi własnościami, jakkolwiek istotnie typowe krystalne minerałów są przeważnie kruche, a charakterystyczne krystalne metali—najczęściej bardzo ciągliwe. Nietylko ciągliwe krystalne metali, lecz również i półplastyczne krystalne minerałów posiadają urządzenia, które nadają im szczególną właściwość obrabialności zapomocą zgniotu. Są to w półplastycznych krystalach minerałów t. zw. powierzchnie poślizgu, pozwalające na przesunięcie cząsteczek lub zewnętrzne zburzenie tworzywa, zaś w bar-



Rys. 5. Wykres zależności wytrzymałości i wydłużenia od temperatury dla stopów aluminium.

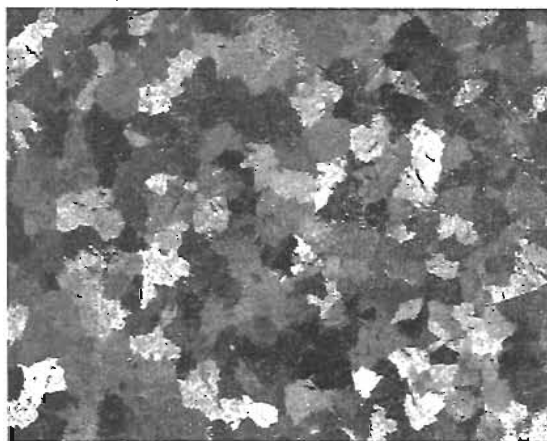
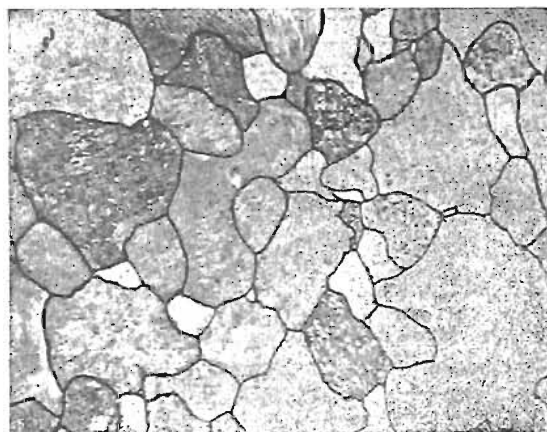
wszystkich innych metali ta temperatura krytyczna jest znacznie niższa. Temperatura kilkuset stopni może już ich własności zmienić decydująco. Zachowanie się najważniejszych stopów odlewniczych glinu wykazuje rys. 5. Stop niemiecki jest w tym względzie najbardziej wrażliwy, za nim następuje amerykański, a potem silumin.

Widzimy więc, że wpierw nim rozpoczniemy wszechstronne badania szczególnych własności mechanicznych jakiegoś metalu lub stopu, dobrze zrobimy, jeśli zdamy sobie jaknajdokładniej sprawę z wspomnianych powyżej czynników gospodarczych i technologicznych. Dopiero wtedy może się odlewnik zwrócić do zagadnień węższych, związanych z budową i własnościami jego wytworów a mogących posiadać charakter najróżnorodniejszy. Co zaś jest właściwie wiedzą o pewnym metalu lub o pewnym stopie?



Rys. 6. Jądra krystalizacji w betolu (wedł. Tammann'a).

Ze metale składają się z krystalów, musiano się już stopniowo nasłuchać aż do uprzykrzenia, a jednak niejedni stojący dalej nie jest jeszcze o tem w zupełności przekonani. Krystal bowiem jest pojmowany jako twór kruchy, zaś metale są—przeciwnie—wyjątkowo plastyczne i ciągliwe. Jest jednak wszystko jedno, gdzie zachodzi różnica pomiędzy kruchym krystalem minerału a plastycznym krystalem metalu. Różnica ta jest tylko pozorna, istnieją bowiem wszy-



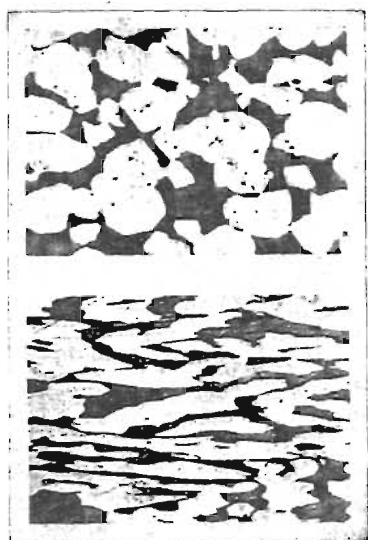
Rys. 7. Powiększ. linjowe 560.

Górny: czyste żelazo, wytrawione granice krystalów (wedł. Gürtlera), dolny: odlew glinowy, wytrawione pola krystalów (kwasem fluorowym i solnym).

dzo plastycznych krystalach metali powierzchnie poślizgu są tak dalece rozwinięte, że zachodzić w nich może bardziej ciągle przesunięcie najmniejszych cząsteczek we wszystkich punktach ciała i równoczesne przesunięcie najmniejszych cząstek we wszystkich punktach przekroju. Wówczas cała budowa siatki przestrzennej zostaje mniej lub więcej silnie wstrząśnięta. Minerały więc i metale różnią się raczej stopniem niż rodzajem przebiegów poślizgu.

Ze metale składają się z zbiorowisk pojedynczych krystalów, dowodzą liczne zjawiska. Znajdujemy w nich te same objawy wzrastania co do rodzaju krystalizacji i jej szybkości, te same zjawiska przy wytrawianiu, tę samą budowę i te same objawy optyczne, które zachodzą w krystalach minerałów. Co do wewnętrznego przebiegu krzepnięcia, można powie-

dzień o nim krótko, co następuje. Jeśli roztopiony metal pozostawimy samemu sobie, to jak tylko nastąpi ochłodzenie do temperatury topnienia, odrazu—z początku poniżej granicy dostrzegania zapomocą mikroskopu—tworzą się jądra kryształów, stopniowo wzra-



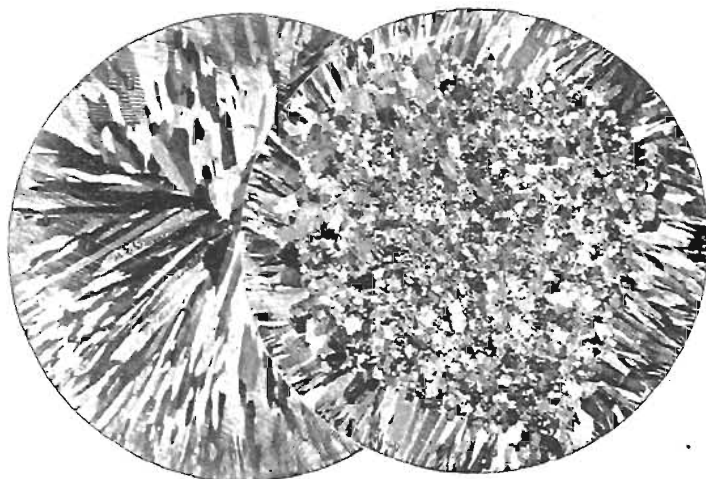
Rys. 8. Pow. linj. 210.

Mosiądz alfa-beta. Jasne — kryształy α , ciemne — kryształy β . Wytraw. ciepłym H_2SO_4 1:1.

stające do coraz większych tworów. Przebieg ten nie może być wprawdzie uwidoczniiony przy obserwowaniu metali, natomiast może być łatwo obserwowany przy krzepnięciu roztopionych przezroczystych soli. Obrazuje to rys. 6. Widoczne tu jądra mają już prze-ważnie dość znaczny okres wzrastania poza sobą. Rozumie się, większy kryształ podłużny, widoczny z lewej strony, odbył już dłuższy okres wzrastania, niż małe kryształki okrągłe obok niego. Jądra rosną z tych ośrodków coraz dalej, dopóki w roztopionej masie znajdzie się dla nich miejsce; również zrozumiałe jest, iż w pewnej chwili stykają się one z tworami sąsiednimi i że w ten sposób kończy się przebieg wzrastania. W swym rozpędzie podczas wzrastania, szkielety krystaliczne przenikają do każdej luki, gdzie tylko jest jeszcze materia roztopiona. Stąd powstają zygawkowate kształty wieloboków, podane na rys. 7. Górny rysunek przedstawia budowę miękkiego żelaza, dolny zaś obrazuje budowę czystego aluminium. Różnorodność zabarwienia ziaren przypisać należy tylko różnorodności stopnia oddziaływania odczynnika użytego do wytrawienia. Przebieg wytrawiania może być bowiem tak prowadzony, że w obrazie trawienia uwidoczną się głównie bądź to obwody kryształów, bądź też poszczególne pola krystaliczne. Stosownie do tego, pierwszy rodzaj wytrawiania nazywamy wytrawianiem granic kryształów, zaś drugi—wytrawianiem ich pól. Poza tem, na podstawie wytrawiania pól, można też z łatwością określić orientację poszczególnych kryształów, posługując się pewną metodą optyczną.¹⁾

Jeżeli mamy w pewnym stopie dwa lub więcej składników struktury, to możemy najczęściej zróżniczkować je i uwidocznąć drogą odpowiedniego wytrawiania. Rys. 8 uwidocznia taki obraz dla gatunków mosiądzu kutego. Jasne pola odpowiadają kry-

ształom mosiądzu α , ciemne — mosiądzu β . Dolny rysunek wykazuje szczególny kształt kryształów α i β , które są tu wydłużone. Budowę igielkową, jeszcze silniej wyrażoną, wykazuje rys. 9, otrzymany z pręta wykonanego z bronzu aluminowego; w prawej czę-

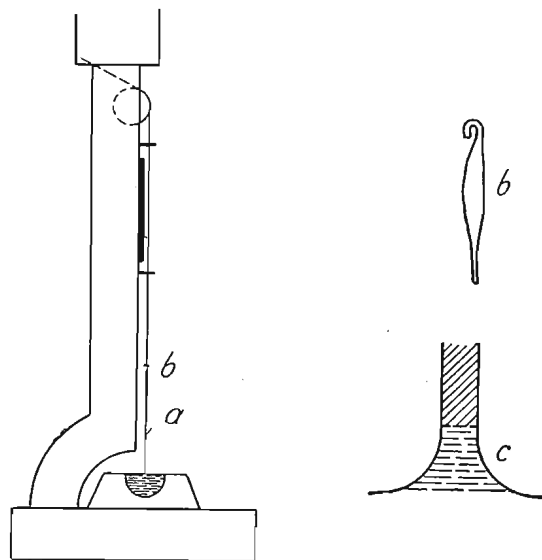


Rys. 9. Wielk. prawie rzecz.

Budowa igielkowa dwu prętów z bronzu glinowego. Naprawo—budowa igielkowa tylko przy brzegach, nalewo — sięga aż do środka. Wytraw. nadsiarczanem amonu 1:10.

ści rysunku budowa igielkowa występuje tylko przy obwodzie, natomiast w lewej — rozszerza się na całą powierzchnię aż do środka pręta. Zdarza się to często, że kryształy mające jednakową szybkość wzrastania we wszystkich kierunkach osi mogą w pewnych warunkach przybierać postać igielkową; powrócimy do tego zjawiska później.

Szybkość wzrastania kryształów jest ograniczona w czasie. Możemy ją wyznaczyć w pierwszym przybliżeniu w sposób prosty zapomocą urządzenia pokazanego schematycznie na rys. 10. Metoda polega zasadniczo na tem, że z tygla napelnionego rozto-

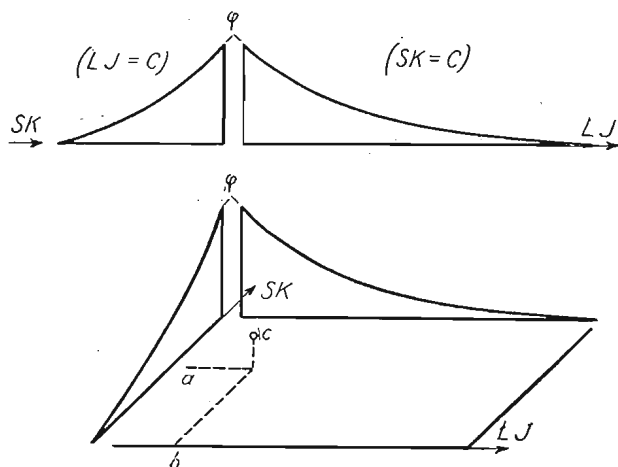


Rys. 10. Urządzenie do mierzenia szybkości krystalizacji metali.

pionym metalem wyciąga się nić metalową zapomocą uchwyty b , podnoszonego za pośrednictwem mechanizmu zegarowego. Podniesiona skutkiem włóskowości nić metalowa krzepnie pod działaniem ochła-

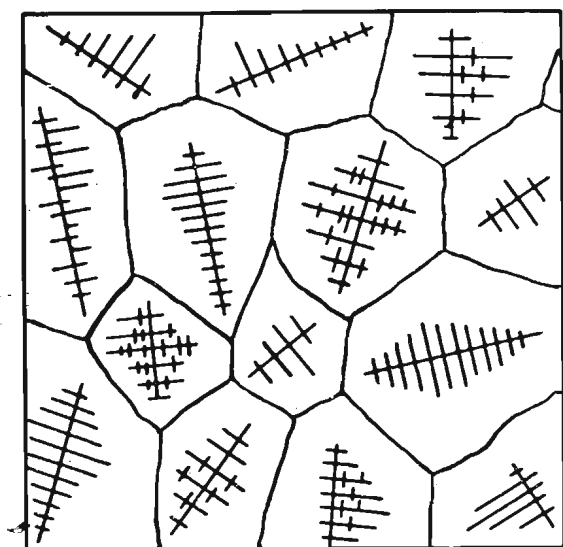
¹⁾ Z. anorg. Chemie. 144, str. 131 (1925).

dzania przez otaczające powietrze. Na utworzonym w ten sposób jądrze kryształu krystalizują się coraz dalsze cząstki metalu, tak że przy ciągłym wyciąganiu naci otrzymuje się jednorodny kryształ pojedynczy odnośnego metalu. Przy pewnej prędkości wyciągania, możemy uzyskiwać jednakowe kryształy poje-



Rys. 11. Zależność szybkości krystalizacji i liczby jąder do wielkości kryształów.

dyńcze z roztopionej masy. Prędkość ta odpowiada w przybliżeniu szybkości krystalizacji. Wynosi ona dla



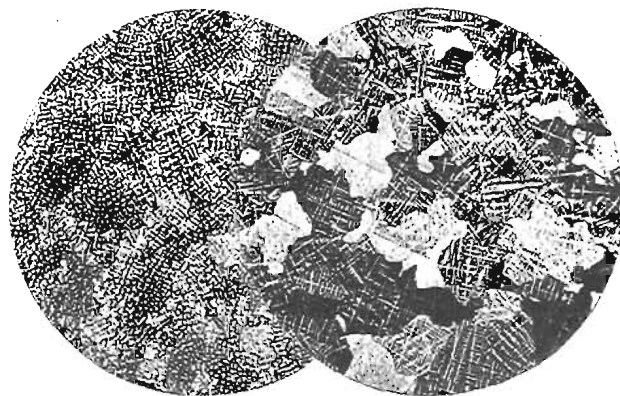
Rys. 12. Budowa choinkowa kryształów — rysunek schematyczny wedł. Desch'a.

TABELA I.

Metal	SK Szybkość kryształ. mm/min.	LJ Liczba jąder cm ³ /min.
Sn	90	9
Zn	100	10
Pb	140	3,8

Sb, Zn i Pb — jak widzimy z tab. I — 90, 100 i 140 mm/min., — otrzymane drogą przeliczenia ilości jąder tworzących się w ciągu 1 min. w 1 cm³ wynoszą: 9, 10 i 3,8. Minutową liczbę jąder tworzących się

w jednostce objętości oznaczamy przez LJ²⁾. Obie te wartości — liczba jąder i szybkość krystalizacji (SK)³⁾ określają jednoznacznie wypadkową wielkość ziarna φ skrzepnietego metalu, która jest tem

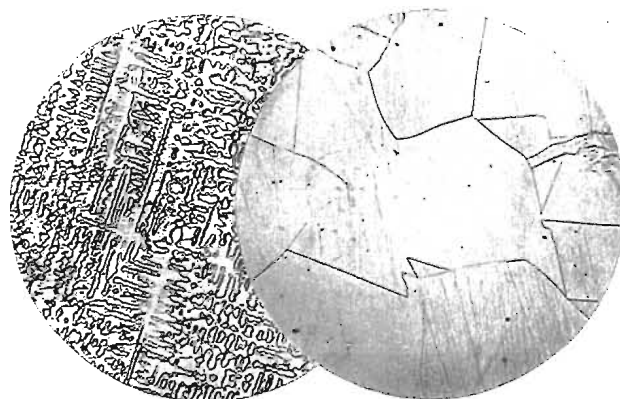


Rys. 13. Pow. linj. 100.

Skrzepnięte w postaci choinkowej kryształy mieszane miedzi i cynku.

Wytraw. zapomocą przesyconego amonjakiem kawałka waty.

większą, im większa jest szybkość krystalizacji przy stałej liczbie jąder, wzgl. im mniejsza jest ilość jąder, przy stałej szybkości krystalizacji (rys. 11). Z obu górnych wykresów częściowych otrzymujemy wykres przestrzenny (dolny), który przedstawia współzależ-



Rys. 14.

Na lewo — bronz skrzepnięty dendrytycznie (pow. linj. 50).

Na prawo — bronz o budowie jednorodnej osiągniętej przez wyżarzanie. (pow. linj. 250).

Wytraw. kawałkiem waty nasyconym amonjakiem.

ność rozpatrywanych wartości. Tak więc naprz. szybkości krystalizacji a i liczbie jąder b odpowiada wielkość ziarna c . Naodwrot, z tych wartości może być wyprowadzona każda inna.

Prócz tych ogólnych zależności, można często znaleźć w metalu skrzepnietym — po ostygnięciu — jeszcze pewne ślady, blisko związane z historią jego

²⁾ W literaturze niemieckiej przyjęto oznaczenie KZ (Kernzahl). Patrz T a m m a n n. Lehrbuch der Metallographie. 1914, str. 3 (przyp. autora).

³⁾ Niemieckie oznaczenie KG (Kristallisationsgeschwindigkeit).

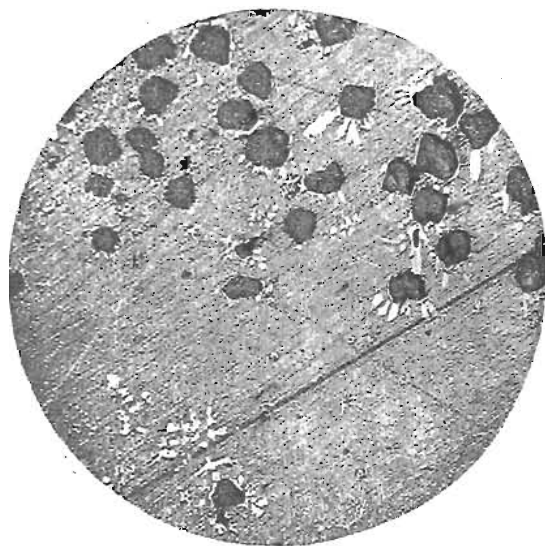
powstania. Zjawiska te zwykle się spotyka, może być jednak, że ich w pewnych wypadkach nie znajdziemy, ponieważ zależą one od przebiegów, jakie zachodziły poprzednio w danym metalu. Do zjawisk tych należy naprz. budowa dendrytyczna (choinkowa), czyli



Rys. 15. Prawie $\frac{1}{2}$ wielk. rzecz.

Dendrytyczny układ kryształów na powierzchni łyżki.
Powierzchnia nie wytrawiona.

stajnie na pojedyncze kryształy stopu. Kryształy te nie są więc skutkiem tego jednorodne, co też wychodzi na jaw po wytrawieniu. Już w r. 1875 zwrócił Künzel⁴⁾ uwagę, że dobry bronz panewkowy nie może być jednorodnym, lecz musi odznaczać się pewną



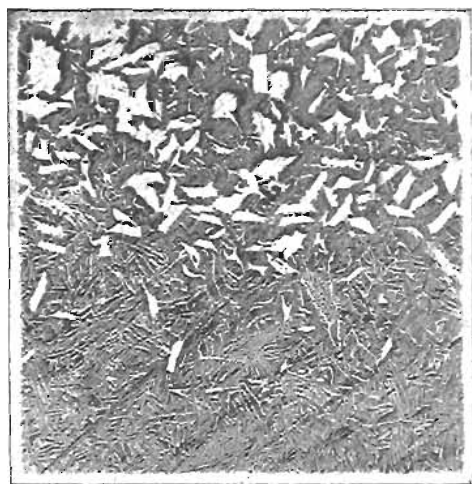
Rys. 17.

Pow. linj. 40.

Miejscowe niewymieszanie w odszlachetnionym stopie glinowo — krzemowym. Niewytrawione.

pewna planowość w występowaniu poszczególnych części składowych stopu. Budowę dendrytyczną obrazują rys. 12 i 13, — pierwszy w postaci schematycznej, a drugi — na mikrofotografii. W tym ostatnim wypadku, który dotyczy bronzu cynowego, budowa choinkowa powstaje dlatego, że na początku krzepnięcia wydzielają się bogatsze w miedź ziarna, które

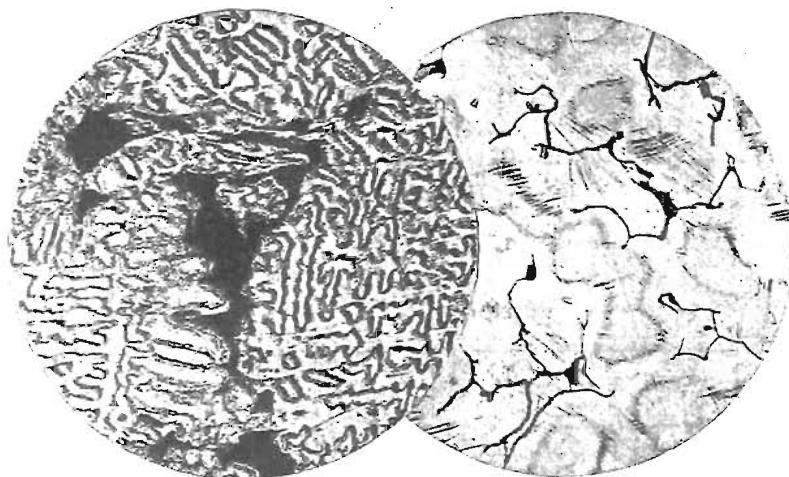
niejednostajnością struktury. Te miejscowe objawy niejednostajności (rys. 14 z lewej strony) mogą być usunięte drogą wyżarzania (rys. 14 z prawej). Ujednostajniony w ten sposób bronz cynowo-cynkowy nie nadaje się jednak podobno do wyrobu panewek; twierdzenie to wszakże wymaga jeszcze sprawdzenia drogą dalszych badań. W innych wypadkach budowa choinkowa może być znów szkodliwą, gdyż wskutek różnic twardości metalu może powodować w przedmiotach codziennego użytku nierównomierne ścieranie się ich powierzchni. Uwidocznia to rys. 15 na przykład



Rys. 16.

Pow. linj. 50.

Oczyszczony stop łożyskowy (t. zw. metal ujednostajniony). Wytraw. gorącym H_2SO_4 1:1.



Rys. 18.

Pow. linj. 150.

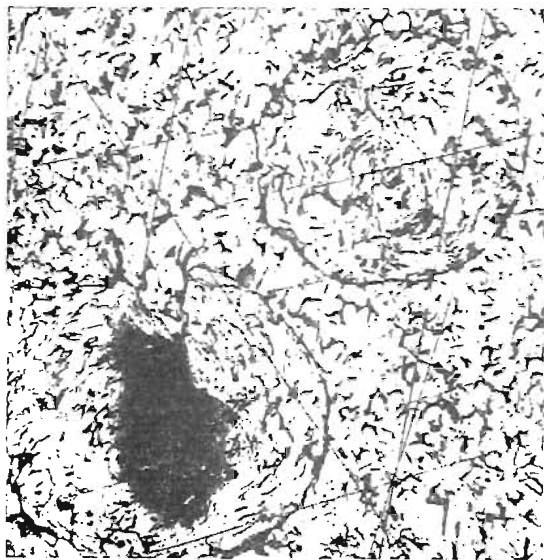
Na lewo — szczeliny dendrytyczne w bronzie.
Na prawo — szczeliny w postaci nitek w bronzie.
Wytraw. kawałkiem waty nasyczonej amoniakiem.

wobec zbyt szybkiego zwykle postępowania przebiegu krzepnięcia nie mogą się znów rozdzielić jedno-

⁴⁾ Künzel. Ueber Bronzlegierungen, Drezno 1875.

dzie łyżki wazowej. W takich przedmiotach jest więc budowa choinkowa zawsze niepożądana.

Budowa choinkowa może powstawać we właściwy sobie sposób we wszelkich możliwych stopach; w metalach zaś zupełnie czystych nie mogą powsta-

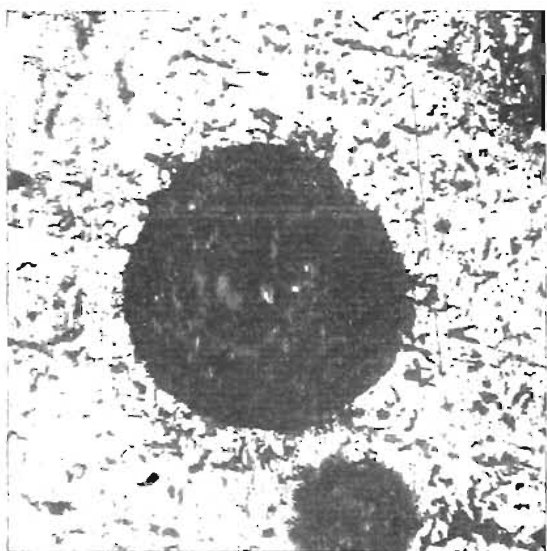


Rys. 19.

Pow. linj. 50.

Jamy odlewnicze w aluminium, zakryte podczas przygotowywania próbki. Wytraw. kwasem solnym i fluorowym.

wać twory choinkowe (dendryty), ponieważ w nich niema żadnych przeszkód do jednostajnego mieszania. Prócz przeszkód ku ogólnemu mieszaniu międzykryształowemu, mogą zachodzić w metalu roztopionym zjawiska niejednostajnego mieszania miejscowe-



Rys. 20.

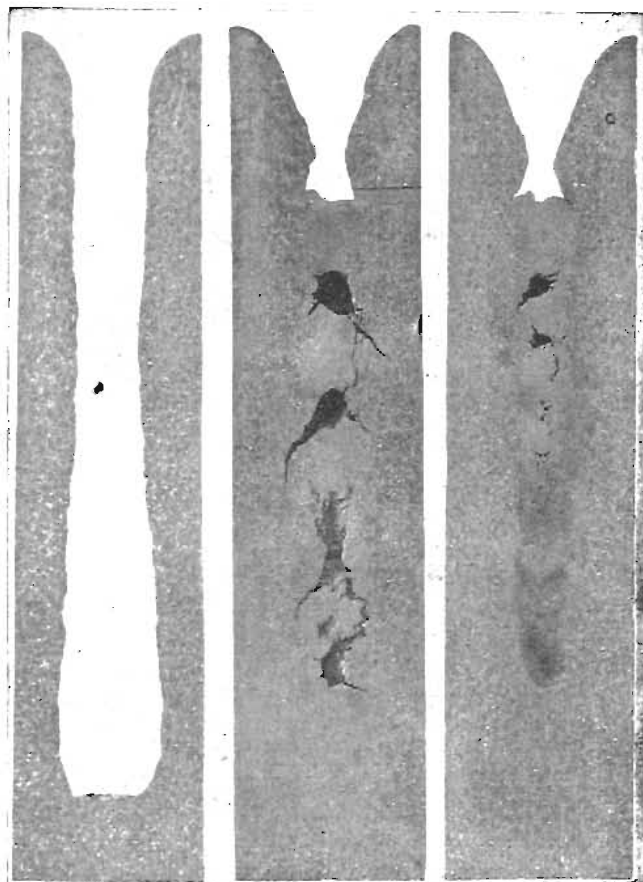
Pow. linj. 50.

Podobna do rys. 19 próbka, po usunięciu opilek.

Wytraw. kwasem fluorowym i solnym.

go, bądź skutkiem różnic ciężarów właściwych, bądź skutkiem odparowania lub innych tego rodzaju zjawisk. Przebieg ten obrazuje rys. 16 w t. zw. metalu normalnym (ujednostajnionym), czyli w stopie ołowiu, antymonu i miedzi. Oczywiście nie jest rzeczą obojętną,

czy wał opiera się o powierzchnię metalu mającego strukturę odpowiadającą górnej, czy też dolnej części rysunku 16. Doświadczenie wykazuje, że stopy ołowiane z domieszką antymonu są tak skłonne do niejednostajnego mieszania, że nie nadają się do zastosowania w łożyskach znacznie obciążonych. Tę wadę ich można zmniejszyć zapomocą dodania pewnych domieszek metalowych do stopu, nie można jej jednak usunąć zupełnie. Inną postać niejednostajnego mieszania miejscowego wykazuje rys. 17 na przykładzie próbki siluminu o budowie igiełkowej. Duże, skupio-



Rys. 21.

Ok. 1/4 wielk. rzecz.

Jamy odlewnicze w blokach odlanych z aluminium.

Blok I: wypróżniony po rozpoczęciu krzepnięcia.

„ II: pozostawiony swobodnemu krzepnięciu.

„ III: jak II, lecz przy ochładzaniu dolnej części.

Wytraw. kwasem fluorowym i solnym.

ne gdzieś krysztály składają się z krzemu. Przez poprawne „uszlachetnienie” stopu, mogą być te krysztály sprowadzone znów do postaci drobnych cząstek, rozmieszczonych jednostajnie.

Na powierzchniach złomu, przekroju lub obróbki występują często znane a niepożądane porowatości. Powstają one skutkiem różnic objętości metalu roztopionego a skrzepniętego. Dopóki te różnice objętości nie mogą być wyrównane, musi odlewnik walczyć z tem zjawiskiem. Żaden metal nie stanowi tu wyjątku. Ten niepożądany objaw może być zwalczany tylko drogą pośrednią, mianowicie tylko drogą miejscowego lub przestrzennego oddziaływania na przebieg krzepnięcia. Szczeliny wewnętrzne mogą być rozpoznane naj-

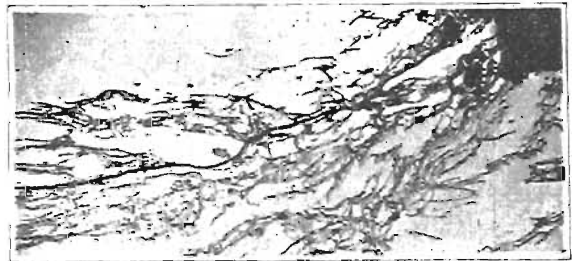
częściej po tem, że obok nich występują jeszcze zarisy choinkowe kryształów. Wskutek wyczerpania się zasobu roztopionego metalu w danem miejscu, wstrzymuje się wzrastanie kryształów, wpierw nim przekrój zostanie całkowicie wypełniony. Powstającą wówczas szczelinę w odlewie, o zarysach dendrytycznych podaje rys. 18. Jeżeli ścianki takich szczelin zetkną się ze sobą, to wyglądają one pod mikroskopem jak cienkie nitki, mogące wprowadzić w błąd obserwatora swym zwodniczym wyglądem (rys. 19). Wprawniejszy obserwator stwierdzi jednak łatwo — na podstawie ich postaci — że są to szczeliny dendrytyczne. Pęcherze w odlewie mogą również łatwo być przyjęte za ściągnięte szczeliny, jak to widać z rys. 19. Powstaje to stąd, że jamki stanowiące przecięty pęcherz zostają wypełniane przy wygładzaniu próbki metalograficznej. Jeżeli jednak taka warstewka pokrywająca jamkę zostanie pod mikroskopem podniesiona zapomocą igły, to powstanie wyraźny obraz pęcherza, jak to wykazuje np. rys. 20.

Jak można przeciwdziałać w zasadzie szczelinom wewnętrznym, rozważymy w paru słowach na podstawie rys. 21. Pierwszy blok, po pewnym czasie od chwili krzepnięcia, został przewrócony i wypróżniony. Wskazuje on rozszerzenie kanału wewnętrznego w dolnej części. Tłumaczy się to tem, że przez czas wlewania metalu ciepło dopływa wciąż do tego miejsca, tak że krzepnięcie odbywa się z opóźnieniem. Drugi blok był pozostawiony krzepnięciu naturalnemu. Brakująca objętość roztopionego metalu nie mogła być wyrównana drogą wsysania, skutkiem czego mamy głęboko sięgającą szczelinę. Trzeciemu blokowi dano również możność swobodnego krzepnięcia, z tą jeno różnicą, że dolną jego część bardzo intensywnie ochładzano wodą. Ten zabieg umożliwił wyparcie szczeliny do górnej części bloku. Stosując go, wraz z ostrożnem dolewaniem metalu, można łatwo wytwarzać bloki pełne, jak wskazuje rys. 22. Próby te dotyczą czystego glinu. Wpływ szkodliwy domieszek ciał postronnych, tych t. zw. w literaturze angielskiej „Sonims”, bywa po części przeceniany, po części zaś niedoceniany. Stosownie do ich postaci, ilości i rozmieszczenia, mogą one oddziaływać w tym lub innym kierunku. Jeżeli tworzą one warstewki leżące w poprzek kierunku obciążeń, to są w niektórych wypadkach nadzwyczaj szkodliwe i niebezpieczne, o ile spój-

ność metalu jest przez nawarstwienie osłabiona; gdy natomiast przechodzą równolegle do kierunku obciążeń, wówczas naogół bywają mniej szkodliwe. Działają one tak, jakby pręt był podzielony na pasma osiowo, co — jak wiadomo — nie wywiera bardzo silnego wpływu na wytrzymałość i inne właściwości fizyczne.

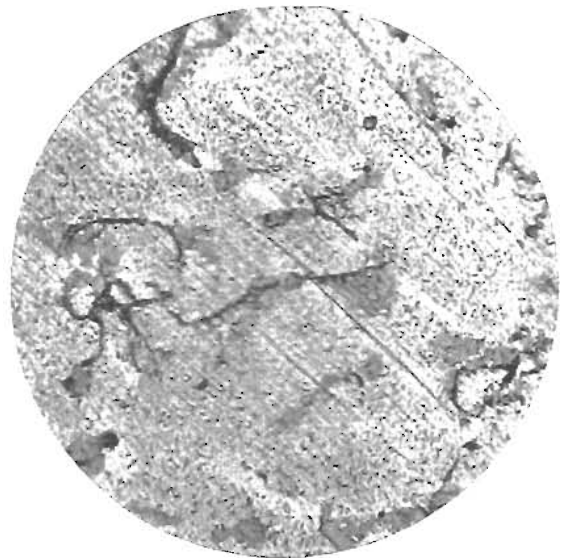


Rys. 22. Ok. 1/4 wielk. rz. Celowo odlany poprawnie blok aluminiowy, prawie bez jam. Wytraw. kwasem fluorowym i solnym.



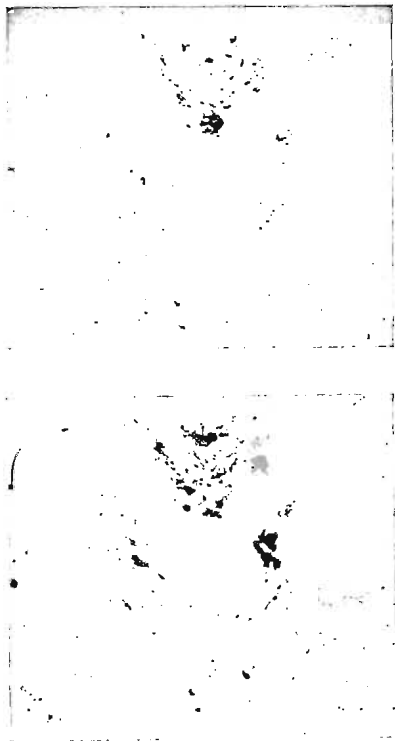
Rys. 23. Pow. linj. 50. Pręt z brązu aluminowego z żyłkami glinki. Niewytrawiany.

Nie mając dokładnych danych co do stosunków geometrycznych ich rozmieszczenia, można tylko bardzo niewiele powiedzieć o szkodliwości tych domieszek niemetalicznych. Rys. 23 wykazuje budowę pręta z brązu aluminowego o dużych skupieniach glinki. Podczas walcowania nastąpiło właśnie w tem niebezpiecznym miejscu rozerwanie pręta. Skupienia glinki w aluminium uwidocznią też rys. 24. Są one — w przeciwieństwie do rys. 23 — rozsiane zupełnie bezplanowo, skutkiem czego szkodliwość ich jest znacznie zmniejszona. Zadaniem metalurga jest więc możliwie dokładne ustalenie zawartości takich domieszek niemetalicznych i zdanie sobie sprawy z ich rozmieszczenia. Pewne domieszki w żelazie udaje się

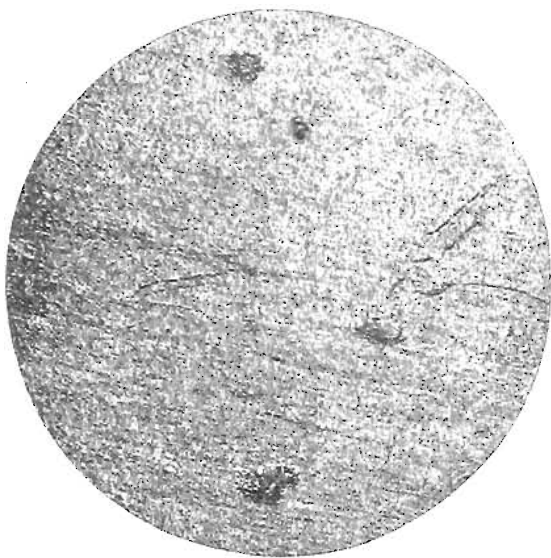


Rys. 24. Pow. linj. 800. Domieszki glinki w aluminium. Próbką niewytrawianą.

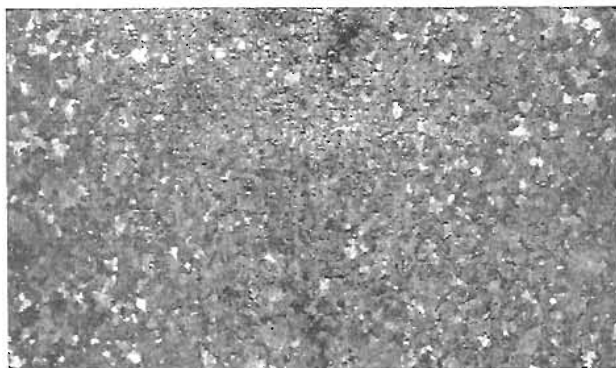
wykrywać mniej lub więcej dokładnie drogą prób Heyn'a-Bauer'a, wzgl. Baumann'a. W aluminium zaś i w stopach aluminiowych możemy ustalić niektóre zanieczyszczenia, jak siarkę, fosfor, zapomocą „próby kontaktowej”, polegającej poprostu na nałożeniu wilgotnego papieru bromosrebrnego. Takie odbitki



Rys. 25. Odbitki „kontaktowe” z próbek aluminiowych, zawierających domieszki fosforu i siarki.



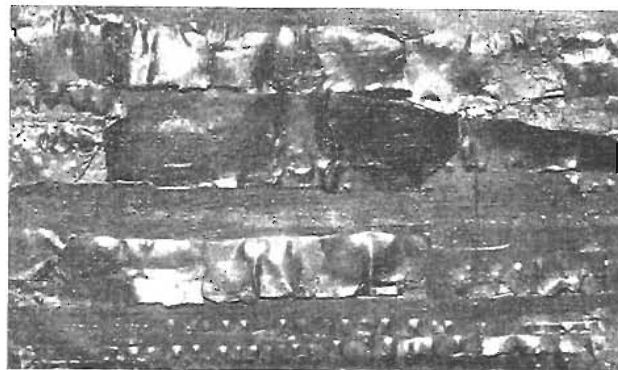
Rys. 26. Blacha aluminiowa z wadliwościami powierzchniowymi. Niewytrawiana. Pow. linj. 10-kr.



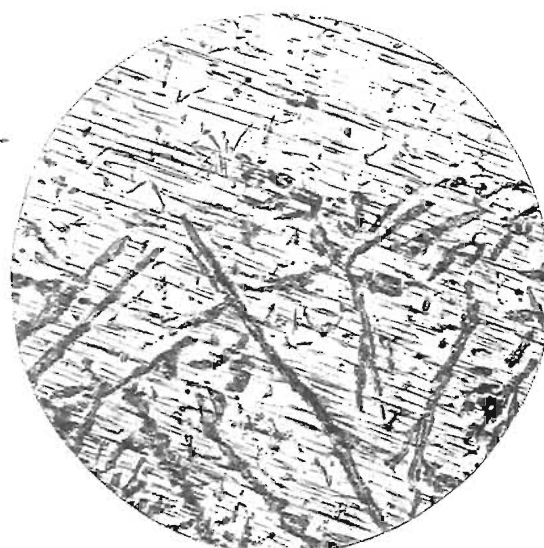
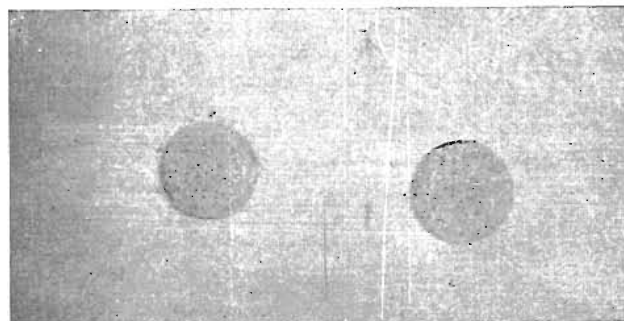
Rys. 27. Blok odlewu aluminiowego z porowatym pasem w środku. Wytraw. kwasem fluorowym i solnym. Prawie $\frac{3}{4}$ wielk. rzecz.

„kontaktowe” próbek aluminiowych o różnych zawartościach fosforu i siarki podaje rys. 25.

Wadliwości powierzchniowe, uwidoczniające się przy walcowaniu metali, rzadko bywają wywołane domieszkami, natomiast powstają bardzo często jako skutki jam odlewniczych i szczelin wewnętrznych



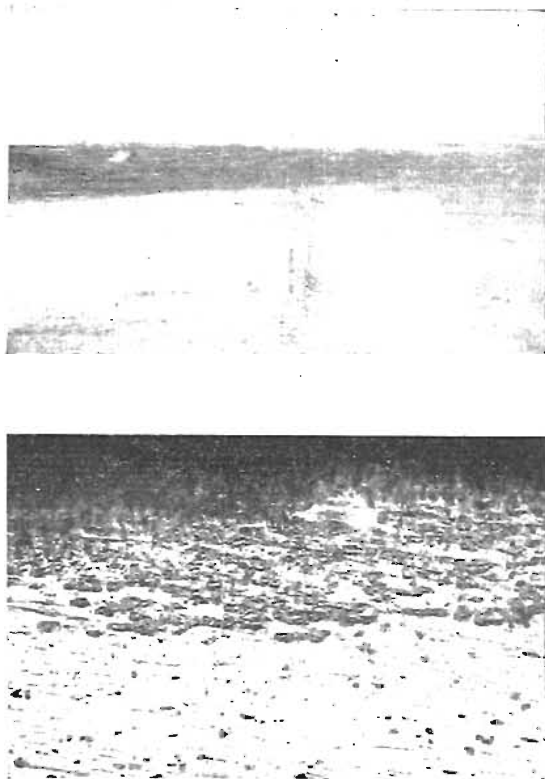
Rys. 28. Pow. linjowe 5-kr. Ten sam blok co na rys. 27, po wywalcowaniu zeń blachy 1-mm-owej. Powierzchnia zewn. łuskowata. Niewytraw.



Rys. 29. Ok. $\frac{1}{2}$ wielk. rzecz. U góry: Płytki aluminiowa z osadzonemi w niej wkładkami ze stopu bogatego w żelazo. Niewytraw. W środku: Przekrój w miejscu osadzenia wkładek. Niewytraw. Na dole: Przejście od pasa bogatego w żelazo do tworzywa podstawowego próbki, w silniejszym powiększeniu (75-krotnem). Niewytraw.

Przykłady podobnych objawów widzimy na rysunkach 26—28, przedstawiających wadliwe blachy, o powierzchniach pęcherzowatej lub zgoła zdartej. Szczeliny były takie szczeliny, wykazują też i po walcowaniu budowę warstwową i zakładki na powierzchni.

Jeżeli w poddawane walcowaniu płytki aluminiowe wtłoczmy kawałki stopu aluminium bogatego w żelazo (rys. 29) i dalej je przewalujemy, to z reguły spoistość pomiędzy metalami w tych miejscach nie ustanie. Rys. 30 uwidoczni końcową część pręta ponad 10 m długości po przewalowaniu wraz z wtło-

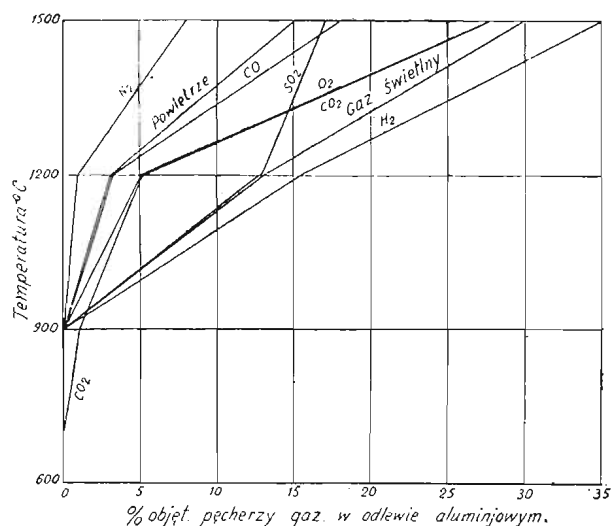


Rys. 30.

U góry: Płytki aluminiowa z osadzoną w niej wklódką ze stopu bogatego w żelazo, po przewalowaniu. Końcowa część wywalcowanej wklódky. Ok. $\frac{3}{4}$ wielk. rzecz. Wytraw. kwasem fluorowym i solnym.

U dołu: Przekrój poprzeczny blachy przewalowanej. Pow. linij. 250. Niewytrawiany.

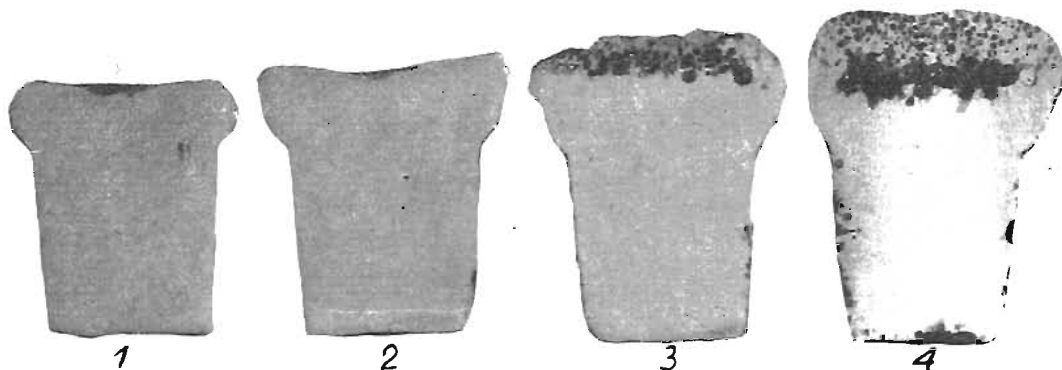
gólnie interesujące są rys. 27 i 28. Rys. 27 obrazuje próbkę z odlanego bloku glinowego z wyraźnie występującym pasmem porowatym, zaś rys. 28—tę samą próbkę po przewalowaniu na cienką blachę. Miejsca



Rys. 31. Zdolność aluminium pochłaniania gazów w różnych temperaturach.

czonym poprzednio obcym metalem. Próba ta udowadnia wyraźnie, jak b. mały wpływ wywiera niejednorodność materiału na walcowność tworzywa w razie całkowitego zapełnienia przekroju. Natomiast jamy i szczeliny w przekroju powodują znaczne zmiany rozkładu naprężeń, a zatem najczęściej i rozrywanie tworzywa. Łatwo możemy się o tem przekonać, wywiercając większe otwory w płycie przed jej walcowaniem.

Zważywszy szkodliwy wpływ jam odlewniczych, łatwo zrozumieć, że i domieszki gazów oddziałują



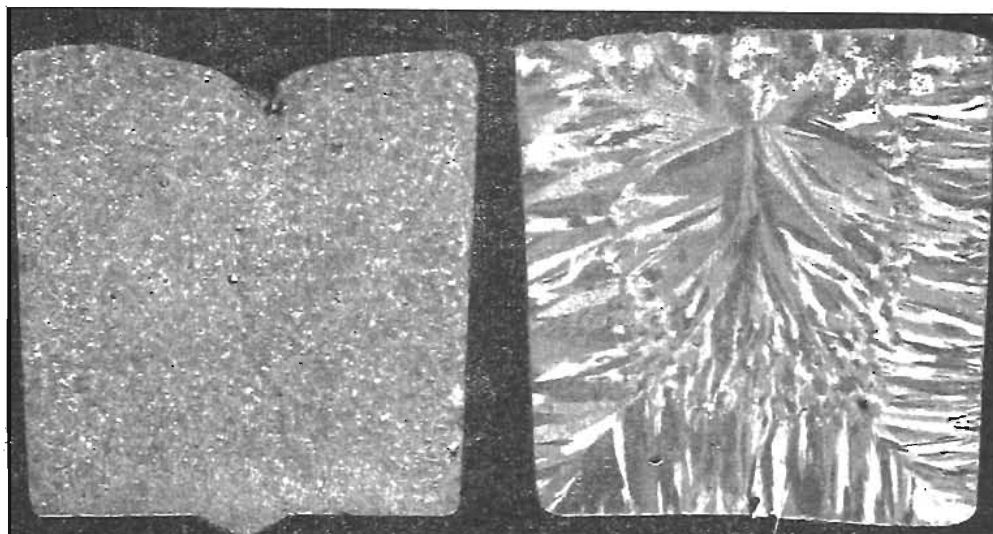
Rys. 32. Odlewy aluminiowe (przekroje), topione w gazie świetlnym w temperaturach: 1—650°; 2—900°; 3—1200°; 4—1500°.

nie zawierające wewnętrznych szczelin w odlewie dały zupełnie dobrą blachę, wówczas gdy odcinki, w któ-

szkodliwie na własności metali. Gazy mogą być zawarte w metalu lub stopie bądź w roztworze (a więc

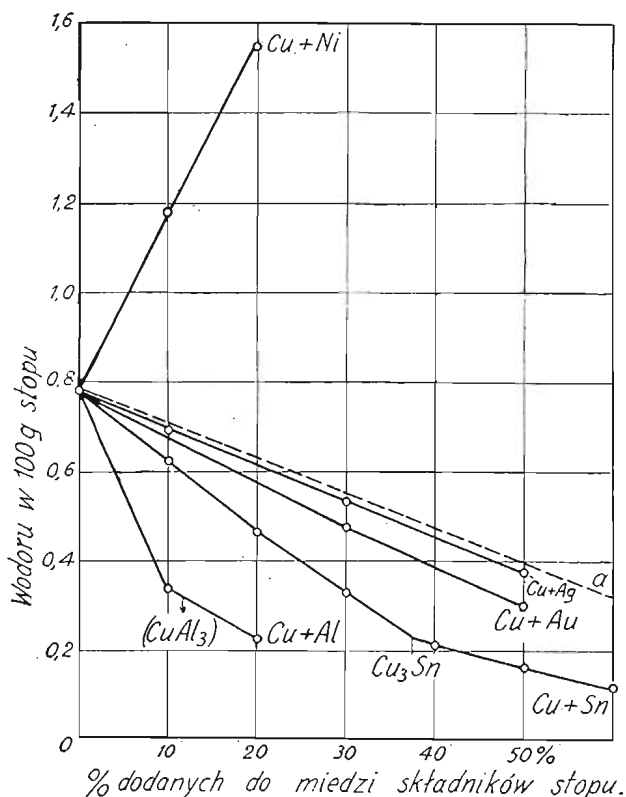
w postaci niewidocznej), bądź też występować w postaci pęcherzy. Zdolność metali i stopów pochłaniania gazów do roztworu wzrasta wraz z ich temperaturą topnienia, zmienia się więc w odwrotny sposób w stosunku do roztworów wodnych, w których rozpuszczalność ciał spada ze wzrostem temperatury topnienia. Na rys. 31 mamy tę zależność przedstawioną wykreślnie. Najmniejszym powinowactwem odznacza się Al względem azotu. Przy krzepnięciu, bardzo znaczna część gazów wydziela się w postaci pęcherzy, co też powoduje porowatość odlewu. Objaw ten był punktem wyjścia do wyznaczenia zawartości objętościowej rozpuszczonych gazów, przyczem próbkę nagrzewano w silnym strumieniu odnośnego gazu. Wygląd przekroju takich próbek, topionych w atmosferze gazu świetlnego, podaje rys. 32. Metoda ta nadaje się tylko do ba-

danie Sieverts'a i Krumbhaar'a *) i jak obrazuje rys.



Rys. 34.

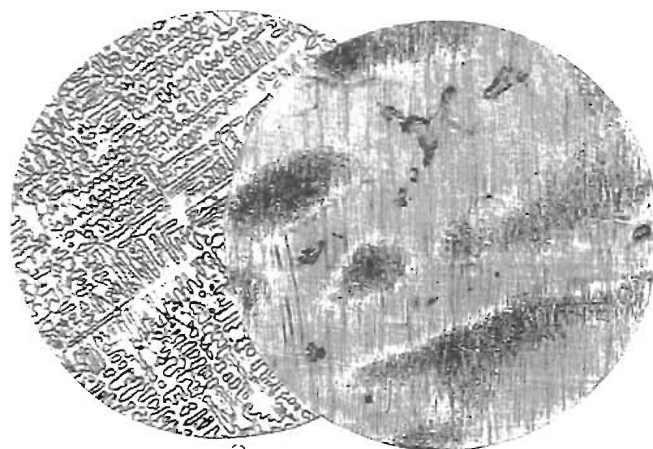
Bloki miedziane. Na lewo: odlany normalnie, na prawo — odlany w stanie przegrzanym. Wytraw. nadsiaczanem amonu 1:10.



Rys. 33. Pochłanianie wodoru przez różne ciekłe stopy miedzi

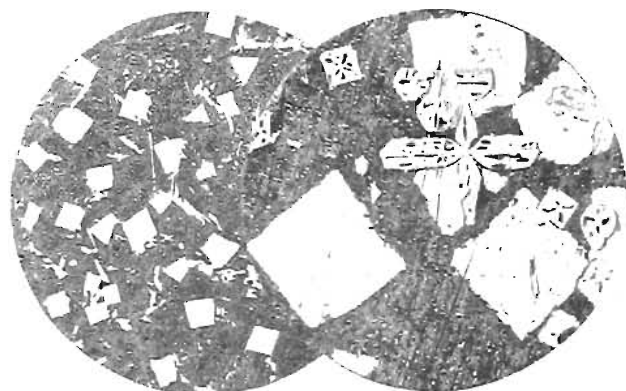
dań technicznych, naukowe zaś metody są narazie jeszcze zbyt mało opracowane, by mogły dać dokładny wynik pomiaru.

W obecności rozmaitych składników w stopie, zdolność pochłaniania gazów przez ten metal lub stop może być znacznie zmniejszona, jak to wykazały ba-



Rys. 35. Bronz.

Na lewo: odlany normalnie. Pow. linj. 50
Na prawo: odlany w stanie przegrzanym. Pow. linj. 150.
Wytraw. kawałkiem waty nasyczonej amonjakiem.



Rys. 36. Stop łożyskowy

Pow. linj. 150.

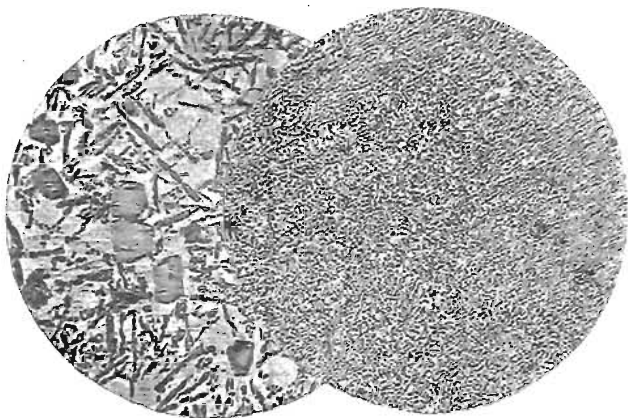
Na lewo: odlany normalnie, na prawo — przegrzany.
Wytraw. kwasem solnym.

33. Płynna miedź wykazuje naogół tem mniejszą chłonność wodoru, im więcej zawiera domieszki ja-

*) Berichte Chem. Ges., 43, str. 893 (1910).

kiegokolwiek innego metalu. Wyjątek stanowi tylko nikiel, który w przeciwieństwie do innych podnosi u miedzi chłonność gazów.

Odlew przegrzany odznacza się zawsze niekorzystnie budową gruboziarnistą; dotyczy to wszystkich metali bez wyjątku, zarówno czystych — jak np. miedź



Rys. 37.

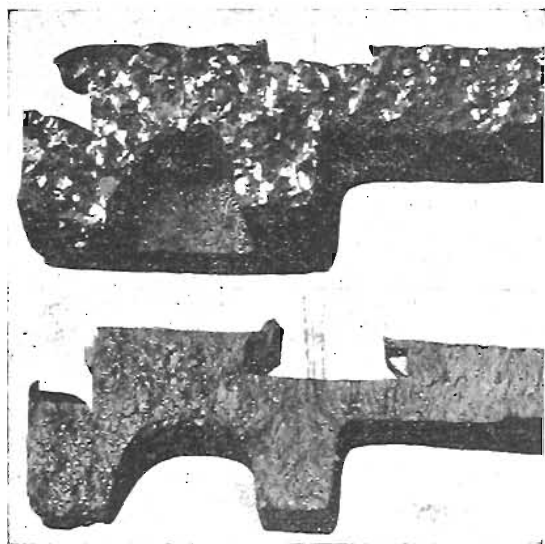
Na lewo: Pow. linj. 150.

Stop aluminowo — krzemowy, nieuszlachetniony.

Na prawo: Pow. linj. 150.

Stop aluminowo — krzemowy, uszlachetniony.
Niewytrawiony.

(rys. 34), jak również stopów, a więc naprz. bronzu (rys. 35), białego stopu łożyskowego (rys. 36) i t. d. Zawsze wielkość kryształów metalu przegrzanego jest większa (p. prawe części rysunków), niż w metalu podgrzewanym umiarkowanie lub bardzo słabo (lewe części powyższych rysunków). Na to w technice zwraca się wciąż jeszcze zbyt mało uwagi, choć już od-



Rys. 38.

Wielk. prawie rzecz.

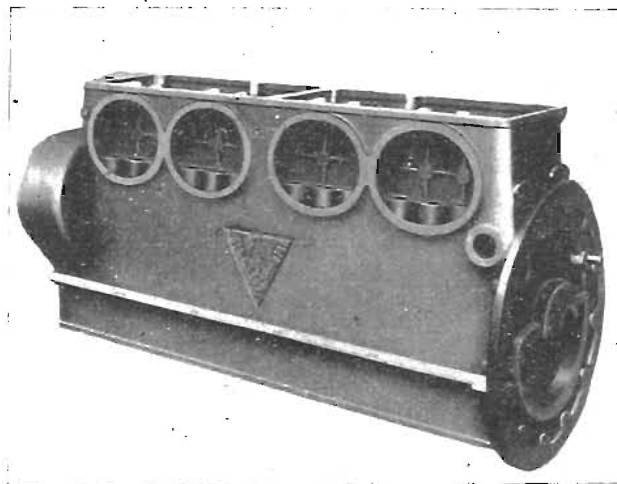
U góry: odlew siluminowy, gruboziarn. nieuszlachetniony (złom).

Na dole: odlew siluminowy, drobnoziarnisty, uszlachetniony (złom).

dawna można było ustalić doświadczalnie, na podstawie szeregu badań, zależność pomiędzy wielkością kryształów a temperaturą odlewania stosowanych w technice metali.

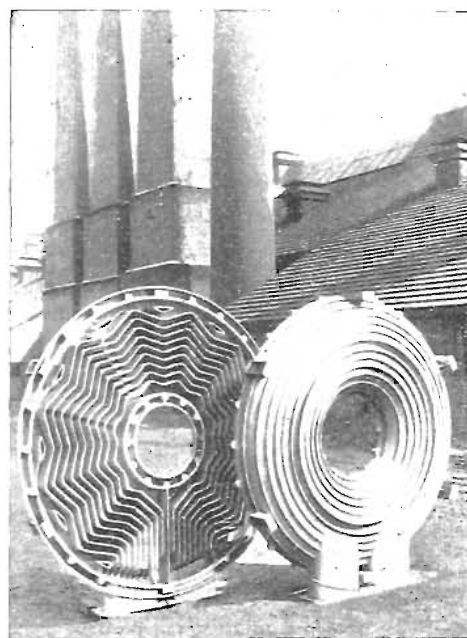
Im bardziej drobnoziarnisty jest odlew, tem wyższe liczby wykażą badania jego własności mechanicznych. Atoli drobnoziarnistość nie oznacza jeszcze naj-

większego możliwego stopnia rozszczepienia (Dispersität). Ostatnio pośrednie stopnie drobnoziarnistości, aż do najwyższego stopnia rozszczepienia, zaczęły szczególnie przykuwać uwagę odlewników. Bódcem do prac w tym kierunku były — obok rozdrobnienia



Rys. 39. Wielki odlew siluminowy.

(Verfeinerung) stopu eutektycznego w żeliwie perlitycznym — przebiegi uszlachetniania siluminu. Przyszła metalografia stwierdzi jeszcze prawdopodobnie w tym zakresie wiele nowych zjawisk. Jak gruboziarnista struktura stopu glinowo-krzemowego przechodzi przy uszlachetnianiu w drobnoziarnistą siluminu, wykazuje rys. 37. Zmiana ziarnistości staje się dostrzegalną nawet w złomie, w którym wyraźnie widać zmianę budowy gruboziarnistej (rys. 38 górny)

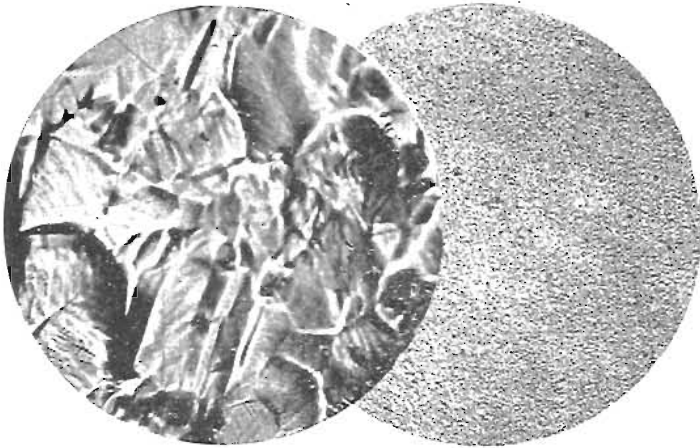


Rys. 40. Duży odlew siluminowy.

na drobnoziarnistą, przypominającą wygląd złomu stali (rys. 38 dolny). Ten nowy stop glinowo-krzemowy wykazuje tak doskonałą odlewność, że może być stosowany do wykonywania odlewów, odpowiadających pod względem wymiarów i kształtów wszelkim wymaganiom. Wielkie odlewy siluminowe uwi-
docniają rys. 39 i 40.

Jak już wspomniano powyżej, na własność metali i stopów oddziaływa jeszcze, prócz wielkości ziaren, ich ukształtowanie. Wpływ wielkości ziaren jest o tyle wyraźny, że przy odkształceniu pozasprężystym części konstrukcyjnych może na ich powierzchniach zewnętrznych wystąpić grodzkowatość, spowodowana mechaniczną niejednorodnością budowy (rys. 41, lewa strona), wówczas gdy tworzywa drobnoziar-

tości wzdłuż prostej $a-b$. Proste $ba, b'a', b''a'', b'''a'''$ — odpowiadają pośrednim stopniom wielkości ziaren. Zmiany własności mechanicznych w zależności od orientacji pojedynczego kryształu miedzi wykazuje

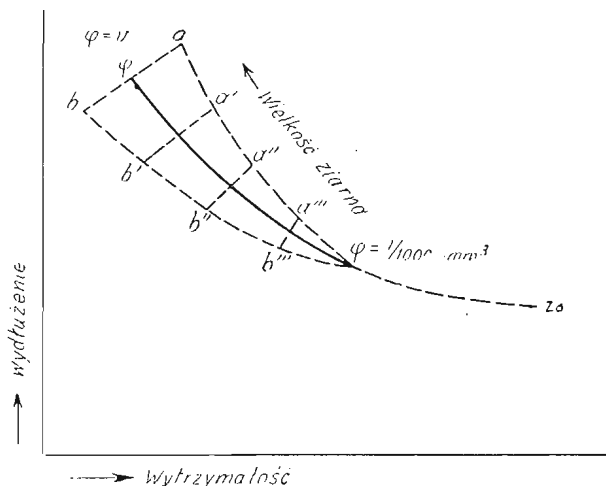


Rys. 41. Pow. linj. 5.

Na lewo: blacha tłoczona z mosiądzu α o wyglądzie grodzkowatym, powstałym podczas próby rozerwania, skutkiem gruboziarnistości.

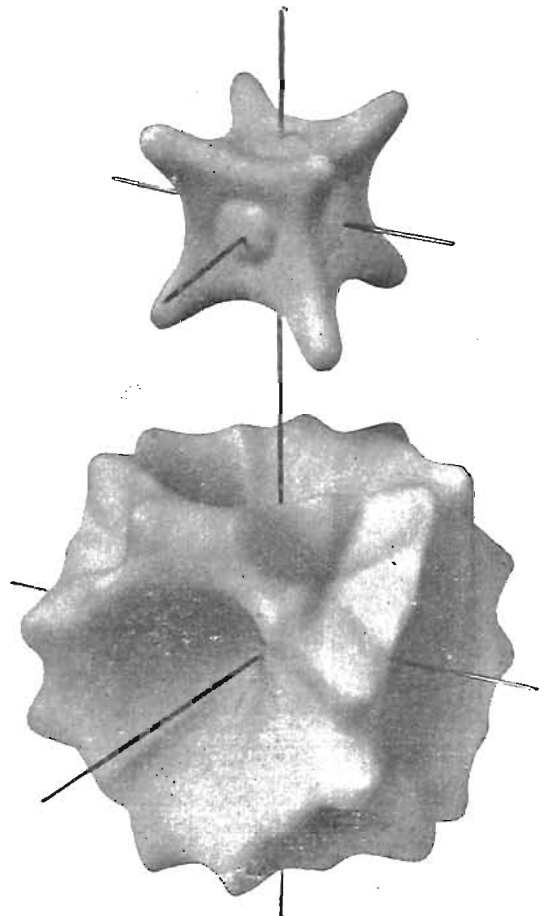
Na prawo: blacha tłoczona z mosiądzu α , wykazująca płaską powierzchnię, wobec dostatecznej drobnoziarnistości.

niste tego wadliwego objawu nie wykazują (rys. 41, prawa str.). Pochodzi to stąd, że już poszczególne kryształy wywierają tu pewien wpływ na cały układ kryształów, z których się ciało składa. Pojedyncze zaś kryształy metali posiadają różne własności w kierunkach różnych ich osi; ich wytrzymałość, twardość, ciągliwość i sprężystość może ulegać dość znacznym

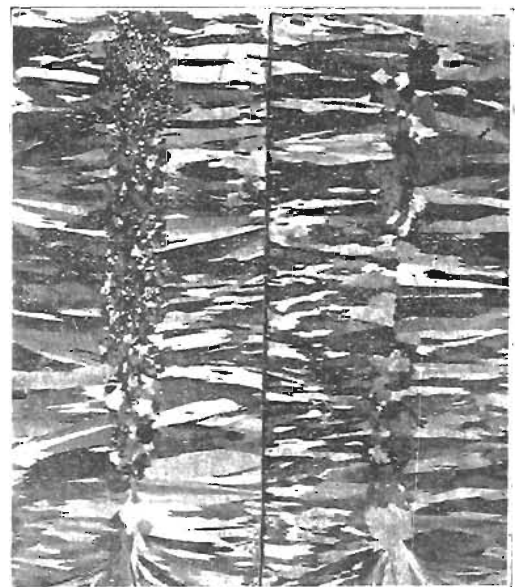


Rys. 42. Zależność wytrzymałości i ciągliwości metali lanych od wielkości kryształów.

wahaniom. Uwidocznia to rys. 42. Ze wzrostem wielkości ziaren, wytrzymałość i ciągliwość ich stopniowo wzrasta, aż do objętości ziarna $\varphi_m = 1/1000 \text{ mm}^3$ (odpowiadającej średnicy ok. $1/10 \text{ mm}$). Przy dalszym powiększaniu się ziaren, uwidocznia się już zmienność wartości wytrzymałości i ciągliwości. Zmienność ta staje się największą, jeśli mamy do czynienia z jednym tylko kryształem, gdyż wówczas przy próbie rozciągania otrzymujemy wszelkie możliwe war-



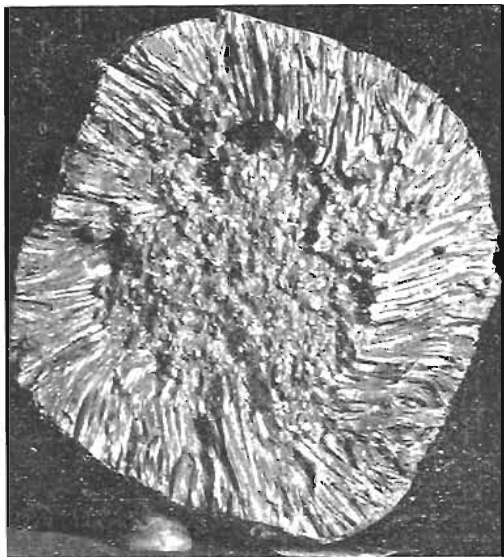
Rys. 43. Modele wytrzymałości i ciągliwości kryształu miedzi.



Rys. 44. Pow. linj. $1/2$. Struktura niejednorodna igielkowa brzozy aluminowej. Wytraw. nadsiaczanem amonu 1:10.

rys. 43, na którym przedstawione są modele wytrzymałości i ciągliwości. Biorąc pod uwagę tę zmienność kierunkową, zrozumiemy łatwo, dlaczego metale gruboziarniste mają w porównaniu do drobnoziarnistych tak

różne cechy. Może się jednak zdarzyć, że całe grupy kryształów przybierają prawie jednakową orientację krystalograficzną, jak gdyby były kierowane jakąś niewidzialną siłą. Najczęściej spotykamy to przy budowie igielkowej grup krystalicznych, jak to obrazuje charakterystyczny rys. 44. Prowadzi to nieraz do anomalij przy obróbce. Naprzykład pręt z bronzu aluminowego, podany na rys. 45, złamał się przy walcowaniu na gorąco. Setki prętów o podobnej budowie



Rys. 45. Wielk. prawie rzecz.

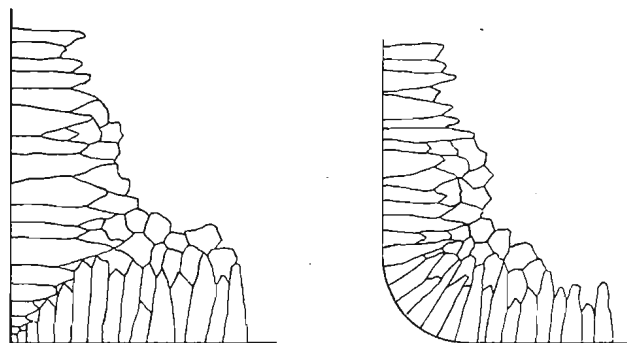
Pręty z bronzu aluminowego o budowie igielkowej, złamane przy walcowaniu na gorąco. Niewytrawione.

wykazały ten sam objaw. Można było ustalić, że pręty te nie tylko posiadały budowę igielkową na obwodzie, lecz nadto kryształy w nich były podobnie zorjentowane krystalograficznie, i to w większości wypadków tak, że ich oś główna skierowana była prostopadle do powierzchni ochładzania. Gdy brane były próbki z obwodów tych prętów i poddawane były próbom na rozciąganie, to przybierały one kształt eliptyczny w przekroju (rys. 46, prawy). Taki nie-



Rys. 46.

Na lewo: pręt o budowie drobnoziarnistej. Po rozerwaniu zachował przekrój kołowy. — Na prawo: gruboziarnisty pręt ze zwężonym eliptycznym przekrojem po rozerwaniu (Przekroje przed próbą oznaczone są kółkami przerywanymi).



Rys. 47. Układ igielkowy kryształów w odlewach (wedł. Desch'a).

Na lewo: odlew o przekroju prostokątnym; na prawo — odlew z krawędziami zaokrąglonemi.



Rys. 48. Wielk. prawie rzecz.

Układ igielkowy kryształów w przecie z bronzu aluminowego, z krawędziami zaokrąglonemi. Wytraw. nadsiarczanem amonu 1:10.



Pow. 1/linj. 0,3.

pożądany rodzaj orientacji może prowadzić naturalnie do całkiem szczególnych objawów, i czasem grupa kryształów może wykazać własności zbliżone do właściwych próbie kryształu pojedynczego. Ponieważ zaś w ciele pojedynczego kryształu zachodzą daleko idące różnice własności w różnych jego kierunkach, i różnice te przekraczają znacznie granice wahań spotykane w zbiorowisku kryształów, przeto może się łatwo zdarzyć, że zbiorowisko takie zostanie już zniszczone przy minimalnem obciążeniu rozciągającym.

Niedogodne geometrycznie ustawienie ziaren może pociągnąć za sobą jeszcze dalsze osłabienie własności mechanicznych zespołu kryształów. Pogląd ten spotykamy zwłaszcza w literaturze angielskiej. Rys. 47 niech posłuży za wyjaśnienie powyższego. Podany na nim z lewej strony układ, skutkiem stojących jak

igły nad sobą kryształów, ma wykazywać mniejszą wytrzymałość w kierunku dwusiecznej kąta, niż układ promieniowy kryształów igielkowych wokół krawędzi zaokrąglonej na prawym rysunku. Jest to prawdopodobne, jednak mniej lub więcej problematyczne. Próba wprowadzić — jeśli się wogóle udaje, zdaje się rzadko tylko to potwierdzać. Bądź co bądź wszakże można taki układ promieniowy kryształów osiągnąć zapomocą zaokrąglenia ostrych krawędzi. O mniejszej lub większej celowości takiego sposobu zdecydować jeszcze doświadczenie.

Powyższy zbiór przykładów niech będzie dowodem, w jak znacznej mierze musi współczesny odlewnik opierać się na gruntownej znajomości całokształtu własności tworzyw. Im bardziej pogłębi on swą wiedzę o tworzywach, tem lepszymi wynikami uwieńczone będą jego wysiłki.

CZĘŚĆ II.

Gospodarka techniczna w przemyśle metalowym i jej rozwój naukowo-techniczny w ostatnich latach. *)

Księgowość materiałoznawcza.

W każdym zawodzie potrzebna jest odpowiednio ukształtowana księgowość. Lekarz prowadzi swój dziennik, chemik notuje swe spostrzeżenia w sposób bardziej systematyczny, zakłady badawcze zaś przeszły od prostszej formy notowań do nieco więcej rozwiniętej. Niemniej i inżynier fabryczny musi posiadać bardzo szczegółowe zbiory danych statystycznych, ponieważ stanowią one zasadniczą część składową organizacji wytwórczości. Atoli obeznany z metodami badań materiałów technolog nie rozporządza dziś jeszcze taką księgowością, któraby mu dawała możność głębszej znajomości własności stosowanych przezeń tworzyw. Jeśli porównamy stosowaną w technice księgowość z tą, jaką prowadzi się w handlu, to stwierdzimy z żalem, że odpowiada ona może tylko notatnikowi kupca. Prowadzenie systematyczne ksiąg materiałoznawczych jest jeszcze czemś nieznanem dla inżyniera, jakkolwiek są one już bodaj w użyciu w niektórych zakładach. Poniższymi uwagami postaramy się pobudzić do systematycznego prowadzenia wspomnianych ksiąg materiałoznawczych.

Oczywiście księgowość materiałoznawcza nie powinna się rozwijać czysto mechanicznie, je-no budować ją zawsze należy na podstawach czysto naukowych. Tylko wtedy będziemy mogli ująć całość kształt zakresu danej pracy i wyciągnąć wszystkie wnioski z naszych spostrzeżeń techniczno-naukowych. Jedną jeszcze uwagę musimy dodać w sprawie księgowości materiałoznawczej, mianowicie co do pewności danych liczbowych. Liczby są środkiem niebez-

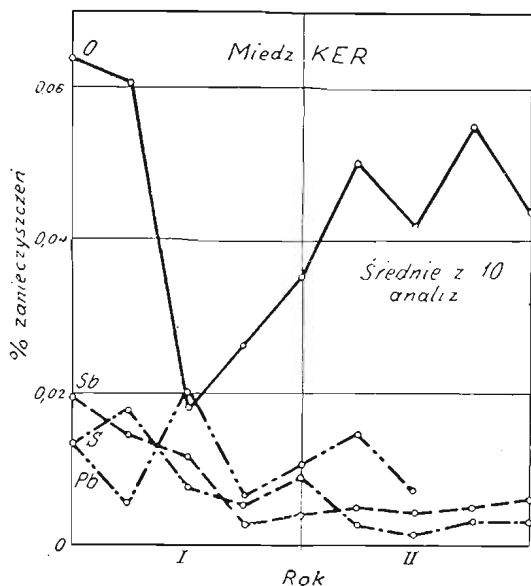
piecznym. Można niemi równie dobrze czegoś dowodzić, jak czemuś zaprzeczać, jeśli ich pewność nie jest wystarczająca. Mylne liczby są wobec tego gorsze, niż brak liczb.

Dane liczbowe, jakimi rozporządzamy, są po części pochodzenia nowszego, po części zaś sięgają czasów przedwojennych. Otóż właśnie tym danym przedwojennym powinniśmy więcej poświęcić uwagi, ponieważ wówczas obszerne zestawienia statystyczne wykonywane były stosunkowo rzadko i podczas wojny niemal nigdzie ich nie prowadzono nadal. Dziś zaś słyszymy ciągle pytania, jakie były wówczas własności materiału, jaki był jego skład chemiczny, dane fizyczne, charakterystyki jakości i jak się ustosunkowują dzisiejsze dane co do materiałów względem ówczesnych? Niestety, w większości wypadków pokazuje się, że te wartościowe dane są dla nas stracone na zawsze. Gdybyśmy chcieli dziś zbadać właściwości amerykańskiego zlewka walcowniczego wyrobu przedwojennego, to musielibyśmy stwierdzić ze smutkiem, że w całych Niemczech, a może nawet i w całej Europie i innych częściach świata, nie można znaleźć ani jednego takiego pręta, chyba że przypadkowo gdzieś natrafimy na podobny, pędzący swój skromny żywot, zabytek niemal muzealny. Atoli badania materiałów przedwojennych stają się dziś nieraz b. potrzebne, ponieważ ówczesne nasze pomiary nie odpowiadały w znacznym stopniu tym żądaniom, które bieżąco muszą stanowić podstawę ścisłego materiałoznawstwa. Dane liczbowe podane poniżej nie mogą żadną miarą rościć sobie pretensji do bezwarunkowej pewności, zwłaszcza jeśli chodzi o dane przedwojenne. Ponieważ jednak nie mogą być one poddane żadnej dalszej rewizji, ani poprawkom, przeto ich ogłoszenie w tej właśnie postaci zdaje się nie być niepożądanem.

*) Referat wygłoszony na dorocznym zjeździe T-wa Metaloznawczego w 1925 r. we Wrocławiu.

Kontrola chemiczna surowców.

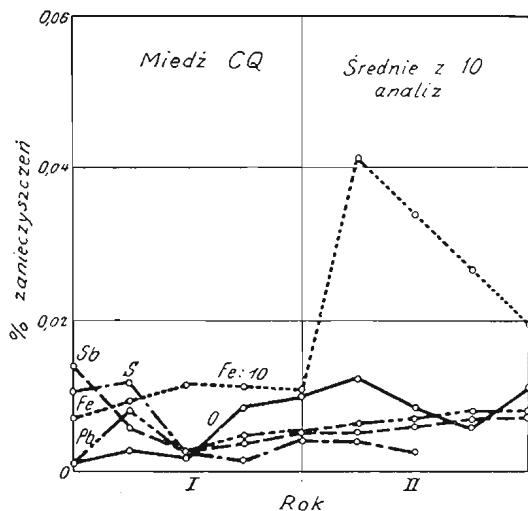
Jednym z najważniejszych warunków zasadniczych uporządkowanej wytwórczości jest kontrola chemiczna surowców. Jeśli jest ona wykonywana dość starannie, to ustrzeżę wytworzenie od niespodzianek, które częstokroć mogą mieć



Rys. 1.

Charakterystyka chemiczna miedzi KER.

poważne następstwa. Staranna kontrola surowców wymaga od inżyniera warsztatowego zwrócenia szczególnej uwagi na to, by dodatkowe zanieczyszczenia nie obniżyły jakości wyrobów. Obrane jej metody dadzą tem prędzej wyniki dodatnie, im wyższe wymagania będzie można postawić zespołowi techników i ich pomocników. Wszystkie jednak te prace i wysiłki będą dopóty bezużyteczne, dopóki się nie usunie samych wadliwości surowców, które mogą pokrzyżować najlepsze metody wytwórcze. Technolog więc,



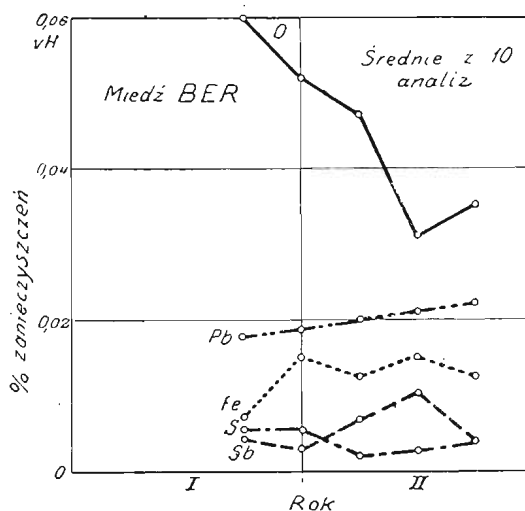
Rs. 2.

Charakterystyka chemiczna miedzi CQ.

myślący kategoriami współczesnymi, powinien wziąć sobie za zasadę, by brać do przeróbki tylko takie surowce, o których własnościach może w każdej chwili się dowiedzieć. Będzie on wówczas w znacznym stopniu ustrzeżony od przypadkowości, zależnej od składu chemicznego surowców, a nadto będzie mógł poświęcać znacznie mniej uwagi wyrobom z tych su-

rowców, niż wtedy, gdy wytwarzanie opiera się na materiałach niedostatecznie zbadanych zawczasu. Jeżeli wytwarzanie będzie naogół tak zorganizowane, że zanieczyszczenie metalami obcymi nie będzie mogło nastąpić, to zaspokojone będą najdalej idące wymagania, stawiane dziś wielkiemu przemysłowi współczesnemu.

Źródłem, kryjącym w sobie mniej lub więcej poważne niebezpieczeństwo, jest stosowanie starych metali i starych stopów. Nad sprawą tą, w większości zakładów, przechodzi się jeszcze zupełnie bez troski do porządku dziennego. Często też wychodzi się z tego bez szwanku. Czasem jednak nienormalne cechy muszą być przypisane sposobowi użycia starego metalu. Na zasadzie wszelkich możliwych rozważań, dodaje się starych metali, w postaci znajdującej się w handlu, do odlewów. Decydującymi tu są rozważania dotyczące względów konkurencyjnych, jednak postępuje się tak również i w wielu innych wypadkach. Zastosowanie mieszanek surowców jest jeszcze dziś w większości wytwórni nieznane. Jednakże mogą się one więcej niż opłacić, nie tylko ze względu na ulepszenie własności materiałów, lecz również i z powodów natury techniczno-gospodarczej. Z punktu widzenia ulepszenia własności o tyle, że po pierwsze mogą być przez nie rzeczywiście usunięte



Rys. 3.

Charakterystyka chemiczna miedzi BER.

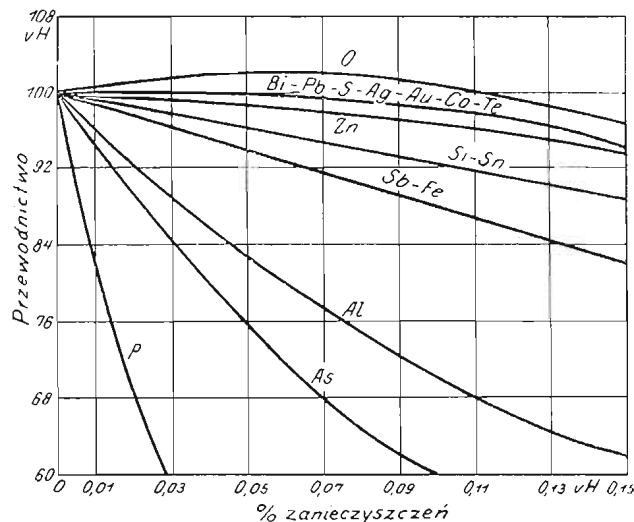
niejednostajności w wytwarzaniu, a powtóre dlatego, że pewne domieszki szkodliwe mogą być łatwo rozcieńczone aż do granic, w których nie wywierają wpływu; ze względów techniczno-gospodarczych, — ponieważ zysk na rachunku braków, t. zn. w ustosunkowaniu zdalnych do niezdatnych wyrobów, wystąpi wyraźnie, nie mówiąc już o bezcennej wartości opinii zakładu, jaką nabywa on, wytwarzając wysokiej jakości wyroby. Niedbałą kontrolę może tylko rzadko zastąpić staranne wykonanie, gdyż jest to sprzeczne z surowym żądaniem znajomości obrabianych twórczyw. Dalsze bowiem przebiegi przeróbki i uszlachetniania są raczej kwestią wprawy wykonawców, to też na tem polu przedewszystkiem może się ujawnić znaczenie umiejętnego wytwarzania. Dokładna dopiero znajomość własności surowców, połączona ze starannością wykonania, wskaże przemysłowi drogi przyszłości. Jak te obydwa czynniki ze sobą się splatają, wyjaśnić mogą poniższe przykłady, oparte na najważniejszych w technice metalach (poza żelazem).

Miedź.

Dane statystyczne z kontroli chemicznej miedzi, jako surowca, są zobrazowane na rys. 1—4. Poszczególne ich punkty podają zawsze wartości średnie z 10 analiz. Na osiach poziomych odcinamy lata wytwarzania, na pionowych — zawartość zanieczyszczeń w setnych odsetki, jeśli niema innego na rysunku oznaczenia. Miedź marki KER (huty C. W. Kaiser et Co., Berlin), rys. 1, oraz BER (Baltimore Copperworks, Baltimore), rys. 3, razi swą wielką zawartością tlenu, wówczas gdy szczególnie ceniona miedź amerykańska, marki CQ (Raritan Copperworks), rys. 2, oraz niemiecka miedź rafinowana MRA (Mansfelder Raffinade Kupfer), rys. 4, wykazuje o wiele mniejszą zawartość tlenu. Zawartość ołowiu, żelaza, antymonu, siarki jest we wszystkich wypadkach niższą niż 0,02%. Znamionną jest zawartość niklu w miedzi rafinowanej MRA.

Przy krytycznym rozbiórce tych krzywych, wydaje się cokolwiek osobliwym bardzo spadzisty ich przebieg w wielu wypadkach. Czujemy się uprawnieni do postawienia pytania, czy te szybkie zmiany spowodowane są tylko warunkami spracy, czy też i chemik-analityk ccskolwiek tu się przyczynił. Znajomość licznych danych statystycznych powinna zatem nie tylko być pomocną kierownikowi warsztatu w jego pracy zawodowej, lecz przyjść z pomocą również chemikowi i dać mu narzędzie surowej krytyki jego własnej pracy. Taki materiał wykresowy ma jeszcze tę zaletę, że obrazuje sprawę plastycznie i ułatwia szybkie i pewne wykrywanie sprzeczności. Na pytanie, dlaczego musimy znać dokładnie skład chemiczny, daje odpowiedź wykres na rys. 5, obrazujący zależność przewodności elektrycznej miedzi elektrolitycznej od zawartości procentowej zanieczyszczeń. Potwierdzając, że również i czysta miedź nie jest metalem jednostajnym, lecz stopem, przewodność elektryczna wzrasta początkowo do pewnej wartości wraz z powiększeniem odsetki tlenu, aż osiągnie maximum przy ok. 0,06—0,09% O. Od tego zaś punktu przewodność elektryczna stopniowo spada. W istocie zawartość tlenu nie ulepsza przewodności elektrycznej miedzi; czyni ją tylko gęstszą. Wy-

ru obniżają jednak przewodność elektryczną miedzi jeszcze więcej, niż domieszka tlenu lub nawet jakiegokolwiek metalu. Zazwyczaj przeto nabywamy na przewodniki znacznie chętniej miedź, zawierającą pewną domieszkę tlenu, niż jakiegokolwiek in. składnika stopu. Domieszki obniżające przewodność elektryczną

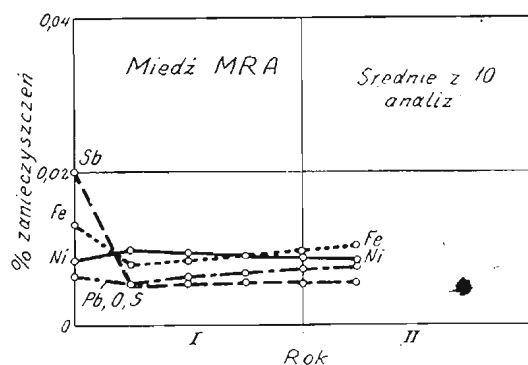


Rys. 5.
Zależność przewodnictwa elektrycznego miedzi elektrolitycznej od zanieczyszczeń.

miedzi, w kolejności stopnia ich oddziaływania, są następujące: arsen, aluminium, antymon, żelazo, krzem, cyna, cynk, bizmut, ołów, siarka, srebro, złoto, kobalt i tellur.

Nie wszystkie jednak własności mogą być tak jednoznacznie ustalone, w ich zależności od odsetkowej zawartości zanieczyszczeń, jak przewodność elektryczna. I właśnie ważne technologiczne własności, jak wytrzymałość, ciągliwość, plastyczność, są dziś wyznaczane metodami, które prowadzą do tak znacznych rozbieżności pomiarów, że małe wpływy pewnych domieszek w stopie zupełnie giną w obszarze tych rozbieżności. We wszystkich tych wypadkach trudne jest przeto ustalenie ścisłych danych co do wpływów poszczególnych zanieczyszczeń na własności metalu. Materiał liczbowy, nagromadzony w olbrzymiej ilości w instytucjach badawczych, niewiele więc może się przyczynić do dania choćby przybliżonych wskazówek w tym względzie. Technolog, który musi przerobić pręty miedziane o przekroju 100 cm² na druty o średnicy 0,02 mm, odczuwa w niektórych wypadkach bardziej dokładnie pewne różnice jakości materiału, niż nasze precyzyjne maszyny pomiarowe. Nie mamy dziś jeszcze żadnych danych materiałoznawstwa, opartych na podstawach naukowych, co do wpływu pewnych domieszek, zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym. Pomimo to niektóre tworzywa mogą być rozpoznane dość wyraźnie co do ich oddziaływania szkodliwego. Najszkodliwszymi z nich zdają się być metale ołów i bizmut. Ołów w domieszce kilku dziesiątych, zaś bizmut — kilku setnych procentu, czyni miedź łamliwą na zimno i na gorąco oraz najczęściej niezdatną zupełnie do wyciągania. Co zaś do działania innych zanieczyszczeń i środków zapobiegawczych przeciwko nim, panuje jeszcze zupełny brak pewnych danych.

Również co do roli tlenu są wciąż podnoszone wątpliwości i zastrzeżenia. Próby utleniania, jak i próby przetapiania przy użyciu drzewa i węgla drzewnego, dają wyniki oceniane wciąż



Rys. 4.
Charakterystyka chemiczna miedzi MRA.

nika stąd, że miedź zawierająca tlen lepiej się nadaje do odlewania, niż metal pozbawiony zupełnie tlenu. Zupełnie beztlenowa miedź nie może być nawet wogóle odlewana fabrycznie, bo podczas krzepnięcia powstają w niej liczne pęcherze. Wadę tę można częściowo usunąć przez dodanie środków redukujących, jak np. fosforu, co zresztą prowadzi implícite znów do wytwarzania stopu. Nieznaczne zawartości fosfo-

jeszcze subiektywnie (na oko), nie stanowią zaś pomiarów ścisłych i naukowych. Być może wszakże, iż poświęcamy zbyt wiele uwagi tlenowi, przeocząc natomiast uwzględnienie ważniejszych czynników innego rodzaju. Tych należy szukać w grubości ziarn i w ich układzie, innymi słowy w morfologii kryształów.

Zwróćmy, zupełnie pobieżnie, uwagę na znaczenie tych dwu czynników przy obróbce drogą zgniotu.



Rys. 6.
Pręty miedziane, popękane przy walcowaniu
(zmniejszone do $\frac{1}{8}$).

Nieraz daje się zauważyć, że przy walcowaniu powstają rysy na krawędziach w całych serjach prętów (wirebar), jakkolwiek warunki pracy w niczym się nie zmieniły. Temperatura zlewaków walcowanych, liczba obrotów walców, sposób i długość żarzenia, rodzaj i stopień zmniejszenia przekroju pozostają te same, a mimo to część przerobionego metalu wykazuje rysy poprzeczne, jak na rys. 6. Również pod względem składu chemicznego nie dostrzega się żadnych nieprawidłowości, jedynie pod względem wielkości ziarn i ich rozmieszczenia różnią się pręty porysowane od wykonanych bez zarzutu, wykazując mianowicie budowę gruboigielkową, mogącą w krańcowych wypadkach przybierać postać podaną na rys. 7a. Metale

kowego, którego budowa odpowiadała w przybliżeniu podanej na rys. 7a. Materiał ten nie zupełnie nadawał się do wysokich obciążeń, zachodzących przy kalibrowaniu rombów (skośnem). Wykazał przeto już po pierwszych przejściach liczne grube rysy poprzeczne podobnie jak uwidocznione na rys. 6. Przy kalibrowaniu rombów jest zawsze poddawana bezpośredniemu ścisnieniu tylko jedna z dwu par krawędzi, leżących średnicowo przeciwległe, gdy tymczasem druga para — leżąca równolegle do poziomu — jest o tyle obciążona, o ile ciągliwość pozwala na wydłużenie metalu przy krawędziach. Jeżeli materiał jest bez zarzutu pod względem mechanicznym, to zwykle odpowiada on do pewnych granic temu warunkowi. Atoli przy budowie gruboigielkowej, plastyczność tworzywa z reguły od razu się wyczerpuje. Daje się to rozpoznać po tworzeniu się złomu. Tu krawędzie wspomniane muszą zatem wykazywać wszelkie dowody wadliwej obróbki zgniotem. Rekrytalizacja odnośnych obszarów musi się opóźniać w stosunku do innych części przekroju. Dowód tego mamy na rys. 8, w prawnym jego rogu. Stopień odkształcenia nie wystarczał do sprowadzenia rekrytalizacji. Sposstrzegamy prawie zawsze, że w pobliżu rysy brak charakterystycznych oznak dokonanej rekrytalizacji. Znamienne jest dalej, że kąt przeciwległy nie wykazuje żadnych anomalii rekrytalizacji. Zachodzi to dlatego, że średnicowo przeciwległe krawędzie zlewka są metalograficznie nierównoznaczne, ponieważ jedna z nich — skutkiem ukształtowania formy — jest chłodzona przez formę, gdy druga — przez powietrze. Doświadczenie zaś wykazuje, że tylko krawędzie ochładzane przez formę są skłonne do pęknięć, natomiast chłodzone powietrzem, jeśli wogóle wykazują to zjawisko, — to naogół w pojedynczych zaledwie wypadkach. Nadto należy zaznaczyć, że kąt równoważny prawemu, mieszczący się na rys. na dole, wykazuje ziarna rekrytalizowane normalnie. Objasnia się to jednak z łatwością tem, że mamy tu po-



Rys. 7-a.

Przekrój złe walcującego się pręta miedzianego, o budowie igielkowej.

Wytraw. nadżarzanem amonu
1:10.

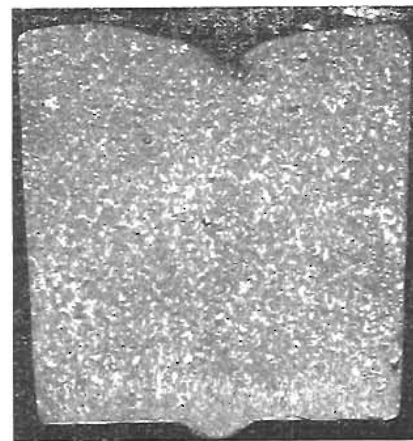
Ok. $\frac{2}{3}$ wielk. rzecz.

Rys. 7-b.

Przekrój dobrze walcującego się pręta miedzianego o budowie drobnoziarnistej.

Wytraw. nadżarzanem amonu
1:10.

Ok. $\frac{2}{3}$ wielk. rzecz.



o budowie igielkowej odznaczają się zazwyczaj słabszymi własnościami mechanicznymi. Często w tych wypadkach zależy od kalibrowania walców, czy tworzywo przejdzie jeszcze nieuszkodzone przez walcarkę, czy też otrzyma wówczas pierwsze ślady zniszczenia w postaci rys krawędziowych lub większych pęknięć.

Taki krańcowy wypadek obciążeń krytycznych może być w niektórych wypadkach wywołany już samem kalibrowaniem walców. Uwidoczniają to w sposób bardzo pouczający rys. 8 i 9. Rys. 8 wskazuje budowę po walcowaniu pręta pierwotnie gruboigiel-

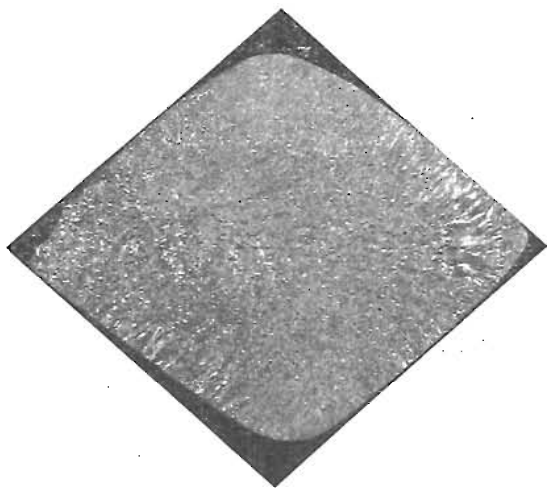
lową tej pary krawędzi, która poddana była bezpośrednio naciskowi walców.

Zupełnie inaczej jednak zachowuje się takie tworzywo gruboigielkowe, jeżeli obciążamy je nie w kalibrze rombówym, lecz w płaskim (rys. 9). Nacisk nie jest wówczas wywierany w kierunku dwóch średnicowo przeciwległych kątów, lecz prostopadle do boku zlewka. Cały więc przekrój jest tu dosyć równomiernie poddawany naciskowi walców.

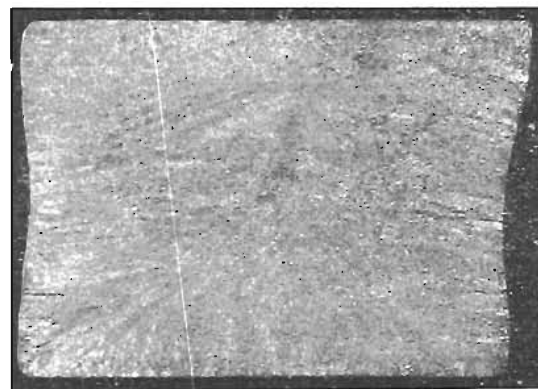
Metal jest wprowadzany też rozciągany, ale — jak wiadomo — wszystkie metale mogą wytrzymywać bez uszkodzeń o wiele znacznie większe odkształcenia pod

działaniem tego obciążenia ciągnąco-cisnącego, niż przy obciążeniu wyłącznie rozciągającym. Wypadek ten wykazuje w sposób jaskrawy, że i obliczenia walcownika mogą do niczego nie doprowadzić, jeżeli nie weźmie on należycie pod uwagę pewnych elementarnych wła-

wierzchnie ochładzania. Zespół kryształów jest więc mniej lub więcej zbliżony do kryształu pojedynczego. Tą właśnie niemal jednakową orientacją krystalograficzną powinnyby się przedewszystkiem objaśniać wielkie różnice własności mechanicznych pomiędzy metalami skryształizowanymi gruboigielkowo a drobnopięnistymi.



Rys. 8. Ok. $\frac{1}{3}$ wielk. rzecz.
Przekrój zlewka miedzianego, walcowanego w kalibrze rombowym, o obciążeniu niejednostajnym.
Wygląd po pierwszym przejściu.
Wytraw. nadsiaczanem amonu 1:10.



Rys. 9. Ok. $\frac{1}{5}$ wielk. rzecz.
Przekrój zlewka miedzianego, walcowanego w kalibrze płaskim, o dość jednostajnym obciążeniu.
Wygląd po pierwszym przejściu.
Wytraw. nadsiaczanem amonu 1:10.

ściwości materiału. Zalety kalibrowania rombowego daje się w wielu wypadkach uzasadnić zaledwie z trudnością, jeśli nie bierze się pod uwagę dogodniejszych geometrycznie warunków tego kalibrowania, umożliwiających nieco zwiększoną wydajność walcarek. Zaletą, być może nie do pominięcia, kalibrowania skośnego jest zresztą to, że może być ono stosowane na zmianę do prętów okrągłych i czworokątnych.

Niższe własności mechaniczne metalu o budowie gruboigielkowej można przypisać rozm. przyczynom. Biorąc czysto geometrycznie, budowa gruboigielkowa może być uważana za niekorzystną już dlatego, że jest ona mniej zespolona i związana. Ma się wrażenie, że rysy i pęknięcia mogą tu łatwiej się rozszerzać, niż w zbiorowiskach drobnokryształistycznych, nawet wtedy, gdy zakładamy, że pęknięcie przecina poszczególne kryształy. Ale jest jeszcze inna okoliczność, która zdaje się w znacznym stopniu przyczyniać do osłabienia przekroju, a jest nią podobna orientacja igiełek. Zwracano na to uwagę już przed kilku laty^{*)}, a więc przedtem nim mogło to być jeszcze stwierdzone drogą badań roentgenograficznych. Ponowne badania roentgenograficzne orientacji, przeprowadzone łącznie z E. Schmid'em, dały wartości następujące:

Metal	Próba	Orientacja
Aluminium . . .	1	jedna oś główna jest równoległa do osi igielki, z odchyleniami w granicach 0—8°.
"	2	
"	3	
Miedź	1	jedna oś główna jest równoległa do osi igielki; odchylenia w szą od 0—8°.
"	2	
"	3	

Wszystkie więc prawie igielki opierają się jedną osią główną (normalną sześcianu) pionowo o po-

Opisane tu zjawiska nie są bynajmniej właściwe tylko miedzi, przeciwnie — mogą być dostrzeżone we wszystkich możliwych metalach i stopach. Są one zatem zjawiskami podstawowymi i nie mogą być objaśniane tylko technologicznie. Im trudniej daje się metal walcować, tem więcej też ujawnia się wpływ grubości ziarn i ich rozmieszczenia na jego obrabialność. Jako znane przykłady tego rodzaju, możemy przytoczyć bronz cynowy o 4, 6 i 8% cyny (t. zw. bronz pocztowy) oraz bronz o zawartości 1% magnezu, wykazujące bardzo znaczne trudności przy obróbce zgniotem. Jeżeli nadto zlewki tych metali wykazują budowę gruboigielkową, o podobnej orientacji ziarn, to trudności te znacznie wzrosną, tak że w niektórych wypadkach może zająć konieczność wyrzucenia całych partij odlewów. Podobne wypadki mogą się zdarzyć również z bronzem aluminjowym o zawartości 6—8% Al. To że budowa gruboigielkowa występuje często w żelazie i aluminium i może prowadzić do znacznych anomalij walcowania, stwierdzano już częściej. Najbardziej wrażliwy na to jest jednak cynk. W ostatnich czasach często pisano o tem, że w Ameryce kęsy mogą być przewalcowywane za jednym ciągiem do 1 mm. O ile te wiadomości są słuszne, tego jeszcze nie wiemy. W każdym razie bliższe informacje o tem byłyby pożądane.

Kilka setnych procentu zawartości fosforu może znacznie obniżyć liczbę zgień miedzi, przyczem przewodność jej nie spadnie w równie znacznym stopniu. Przy walcowaniu płyt miedzianych ważne jest zwrócenie uwagi na to, że ich górna część (odpowiadająca górnej części zlewka) nosi cechy szczególne. W Anglii i w Ameryce oznacza się zazwyczaj górną część zlewka (skrępnietą na powietrzu) wyrazem „top”; również gotowe blachy otrzymują takie oznaczenie na przedniej swej części. Jak wiadomo, skrępnietą na powietrzu strona bloku jest zawsze znacznie bogatsza w podtlenki, niż strona dolna, stykająca się z formą

^{*)} „Der Körnungsgrad und die physikalisch-technischen Eigenschaften der Metalle”. Stahl und Eisen, t. 36 (1916), str. 863.

odlewniczą. Zawartość podtlenków w górnej części może sięgać aż do 10-krotnej i wyżej. Wiadomo zaś, że miedź bogata w podtlenki daje się polerować tylko z trudnością; powierzchnie polerowane są pokryte matowymi obłokami. Tego ujemnego z punktu widzenia wyglądu zewnętrznego zjawiska można uniknąć, gdy się ma odpowiednio poznaczone obie powierzchnie zewnętrzne.

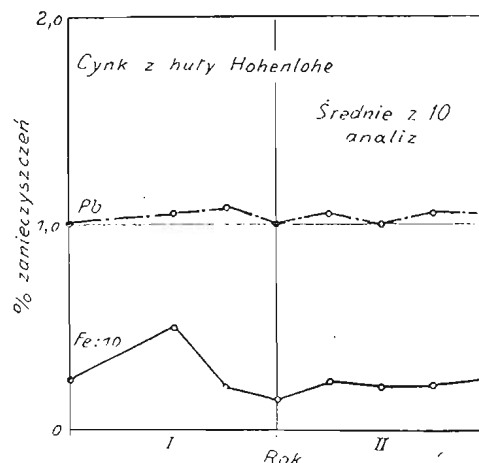
Przy badaniu miedzianych skrzyń ogniowych stosuje się wciąż jeszcze próba zginania na gorąco. Badanie to jest ogólnie uznane za bardzo celowe. Przy jego wykonaniu należy jednak mieć na względzie, że każde dodatkowe odkształcenie może też spowodować zjawiska rekrytalizacji, w której wyniku kryształki będą tem grubsze, im drobniejsze były odkształcenia pozasprężyste. W wielu wypadkach wystarczy już przepiłowanie pręta, by podczas próby zginania na gorąco spowodować rekrytalizację pasków brzeżnych. Po wytrawieniu potem takich próbek, mogą być łatwo na ich podstawie wyciągnięte mylne wnioski co do jakości zlewów, gdy tymczasem zjawisko jest spowodowane jedynie dodatkowymi odkształceniami pozasprężystymi. W niektórych wypadkach, istotnie dawały takie mylne wnioski podstawy do reklamacyj. Wypadek ten wskazuje z całą wyrazistością, jak łatwo mogą zachodzić ważne zmiany budowy metali mocniej wyżarzonych; powinno by to być szczególnie brane pod uwagę w warsztatach, mających do czynienia ze skrzyniami ogniowymi, które przez czas dłuższy były w użyciu. Drobne uszkodzenia, przez zacięcie lub uderzenie, mogą pociągnąć za sobą bardzo daleko idące zjawiska rekrytalizacji, których niebezpieczeństwo jest tem większe, im mniejszy jest stopień odkształcenia pozasprężystego. W takich razach należy zawsze oczekiwać grubych ziarn, które w wypadkach krańcowych, przy pewnej grubości blachy, mogą rozrosnąć się do kryształów o średnicy kilku cali. Dawniej, gdy o rekrytalizacji wiedzano mało, uważano zwykle taki materiał za przepalony.

Cynk.

Rysunki 10 — 13 dają zestawienie wykresne danych statystycznych, dotyczących składu chemicznego niektórych ważniejszych gatunków cynku. Poszczególne punkty krzywych stanowią znów wartości przeciętne z 10 analiz. Na osiach poziomych odcięto lata wytwarzania, na pionowych — zawartości zanieczyszczeń w setnych odsetki (jeśli niema szczególnego oznaczenia). Cynk Hohenlohego, rys. 10, cynk z huty Pauliny, rys. 12, i cynk z huty Fryderyka, rys. 13 wykazują prawie zupełną stałość składu. Zawartość ołowiu stanowi wciąż ok. 1%, zawartość żelaza waha się od 0,03% do 0,05%. Cynk z huty Hugo, rys. 11, wykazuje prawie taką samą zawartość żelaza, natomiast zawartość ołowiu waha się w nim w granicach 1—2%.

Liczne gatunki cynku rozróżnia się zasadniczo wedł. zawartości ołowiu, jako cynk surowy o 1,5% Pb, odpowiadający rys. 11, cynk o składzie gwarantowanym, w którym zawartość ołowiu nie może przekraczać 1,5% — temu żądaniu odpowiadają gatunki wedł. rys. 10, 12 i 13, wreszcie cynk czysty (wysokowartościowy), o zawartości ołowiu poniżej 0,1%. Zawartość ołowiu w cynku jest sprawą wielkiej doniosłości, gdy cynk ma być użyty do wytwarzania mosiądzu. Gatunki tego ostatniego nadające się do tłoczenia muszą być możliwie

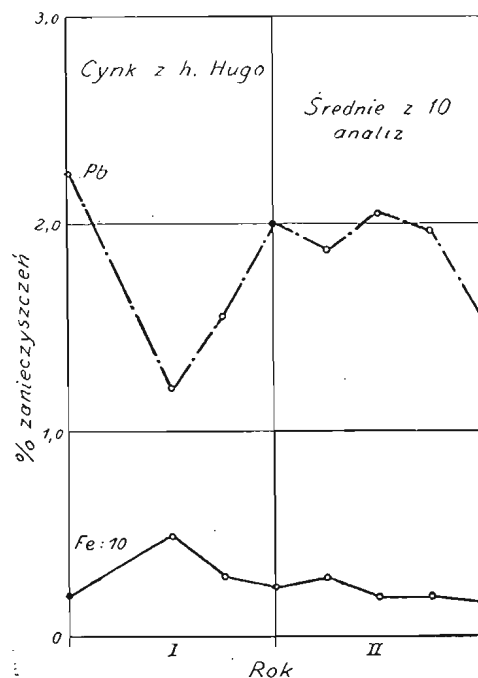
wolne od ołowiu, jeśli blachy mają być mocno ciągnięte. Wówczas domieszka Pb nie może przekraczać kilku setnych odsetki. Dlatego też do wytwarzania tego gatunku mosiądzu używa się najczystszy cynk wysokowartościowy. Odwrotnie rzecz się przedstawia, gdy chodzi o t. zw. mosiądz śrubowy, w którym właśnie wysoka zawartość ołowiu jest po-



Rys. 10.

Charakterystyka chemiczna cynku Hohenlohego.

żądana. Jeżeli mosiądz śrubowy ma się odznaczać łatwą obrabialnością, to musi on zawierać ok. 2—3% ołowiu. Na takie rodzaje mosiądzu jest celowe używanie cynku surowego, o zawartości ołowiu do 5%. Gdy próbowano zastosować początkowe wiadomości z metalografii do przemysłu metalowego, to w nie-



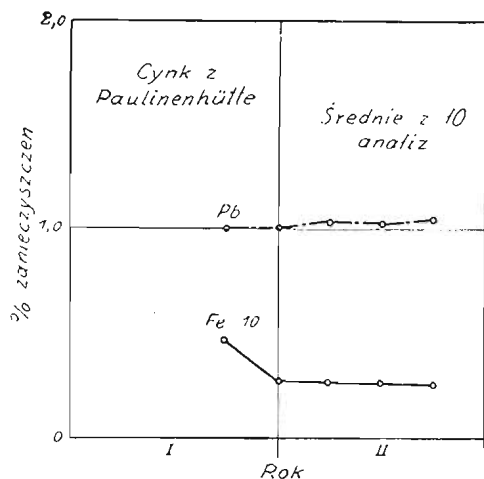
Rys. 11.

Charakterystyka chemiczna cynku Hugo.

których wypadkach starano się o obniżenie zawartości ołowiu w mosiądzu śrubowym aż do śladów. Wkrótce atoli porzucono ten pomysł, ponieważ przekonano się, że zakłady obrabiające mosiądz śrubowy jednogłośnie podniosły zarzuty przeciw wolnemu od ołowiu mosiądzowi.

Cynk należy do metali wyjątkowo kruchych. Ta własność jego jest oparta na łupliwości metalu równoległej do płaszczyzny głównej. Skłonność do łupliwości wewnątrz kryształów wykazuje wyraźnie rys. 14. Płaszczyzny łupliwości nie przebiegają wzdłuż granic ziarn, lecz przecinają poszczególne kryształy liniami prawie prostymi. Nadto wykazuje cynk skłon-

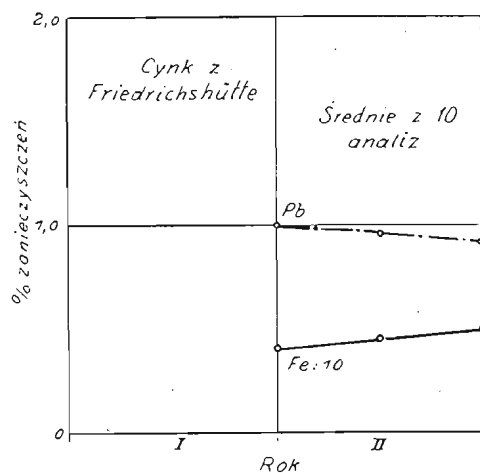
kość w wypadkach wyciągnąć w ten sposób w niteczki o paru setnych mm grubości. Może w końcu nauczymy się wyzyskiwać technologicznie tę znamioną własność kryształów cynku (podobnie zachowuje się również cyna).



Rys. 12.

Charakterystyka chemiczna cynku z „Paulinenhütte“.

ność do transkryształizacji, jak to wskazuje rys. 15. Jest rzeczą zrozumiałą, że budowa transkryształizacyjna (kryształy wskrośne), łącznie z wyraźną łupliwością cynku, tworzą zeń metal wyjątkowo wrażliwy na przeróbkę. Technolog przeto, mając z tym metalem do czynienia, starać się musi szczególnie o wytworzenie budowy drobnoziarnistej już przy odlewaniu, jeśli chce uniknąć zakłóceń przy obróbce zgniotem. Cynk należy do tych metali, które przy ob-



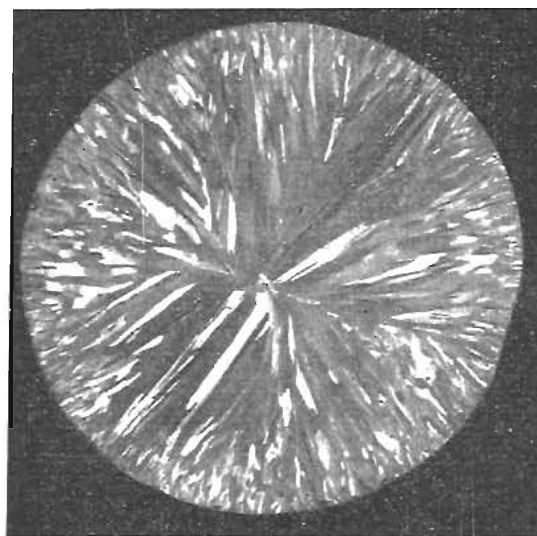
Rys. 13.

Charakterystyka chemiczna cynku z „Friedrichshütte“.

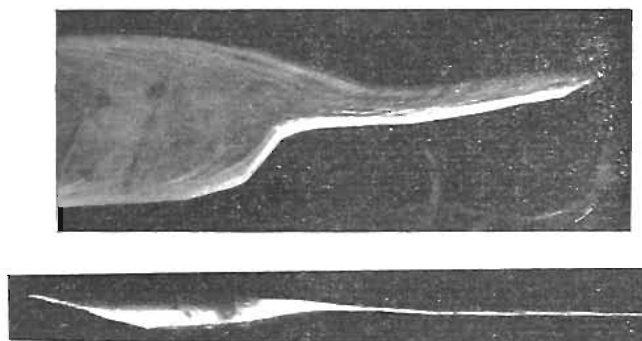
róbce zgniotem zachowują się najbardziej niejednolicie. Nienormalnie wielkie wydłużenie i plastyczność występuje wciąż na zmianę z łamliwością i bardzo łatwą łupliwością. Jak dalece może być posunięta ciągłość, wskazują obie podane na rys. 16 próbki pojedynczych kryształów cynku wedł. Polanyi'ego. Kryształy o średnicy kilku milimetrów dają się w nie-



Rys. 14. Łupanie się kry ztałów cynku na zimno. Powiększenie linj. 16-krotne.



Rys. 15. Przekrój żle walcującego się pręta cynkowego o kryształach igielkowych. Około $\frac{2}{3}$ wielk. rzecz.

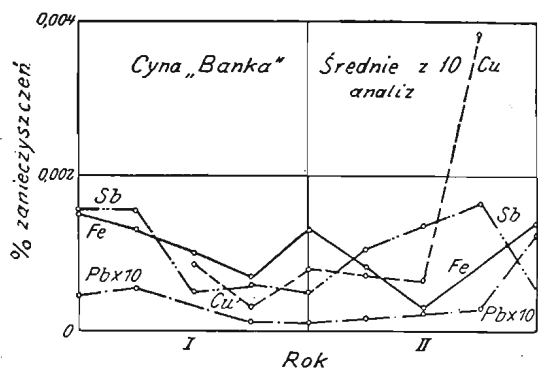


Rys. 16. Pojedyncze kryształy cynku o nienormalnie długim stożku płynięcia (według Polanyi'ego).

Cyna.

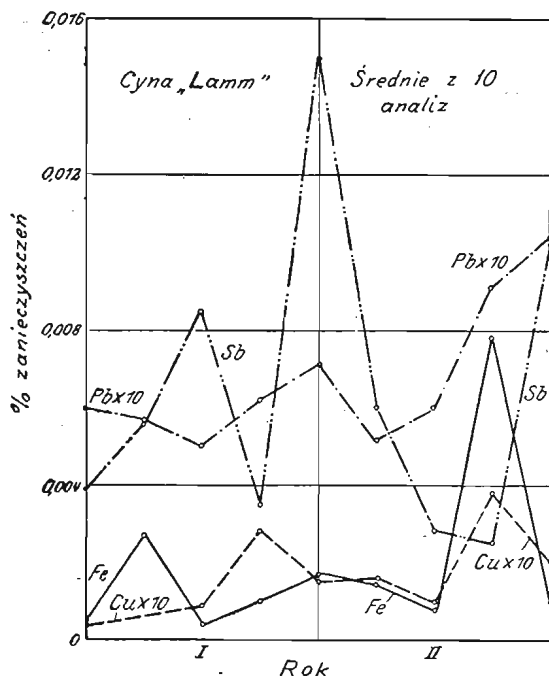
Dane statystyczne, wyjęte z kontroli chemicznej cyny „B a n k a”, znanej ze swej wybitnej czystości, oraz równie znanej, lecz mniej czystej — „L a m m”, podają wykreślnie rys. 17 i 18. Poszczególne punkty

wykresów oparte są znów na średnich z wyników 10 analiz. Na osiach poziomych odcięto lata wytwarzania, na pionowych — zanieczyszczenia w tysięcznych odsetki. Jeśli pominiemy jedną wyjątkowo wysoką cyfrę zawartości miedzi na rys. 17, to możemy stwierdzić, że zawartość żelaza, antymonu i miedzi w cynie „Banka” waha się ok. 0,001%, wówczas gdy domieszka ołowiu sięga średnio 0,004% (rys. 17) Cyna „Lamm” zawiera średnio żelaza i antymonu w ilości paru tysięcznych odsetki, miedzi — paru setnych odsetki i ołowiu — do ok. $\frac{1}{10}$ ‰.



Rys. 17. Charakterystyka chemiczna cyny „Banka”.

Cyna jest najważniejszym składnikiem bronzu i bronzu cynowego. Jej stopy bywają odtlenniane celowo zapomocą fosforu miedzi i miedniaku cynowego. Zawartość fosforu powinna wynosić, po odtlenu-



Rys. 18. Charakterystyka chemiczna cyny „Lamm”.

niu, zaledwie parę setnych odsetki. Bronz daje się przerabiać na druty zaledwie z trudnością (bronz drutowy o 6% Sn). Wynika to z obecności domieszek soli cynowych (cynianów), które oddziałują niekorzystnie, tworząc łuskę na powierzchni. Dlatego też płyty do walcowania odlewa się najczęściej sposobem t. zw. odśrodkowym. Liczba obrotów formy wirującej wynosi przytem od 300 do 500 na min. W ten sposób odrzuca się zanieczyszczenia mechaniczne do

obwodu, skutkiem czego szkodliwe ich działanie znacznie się osłabia.

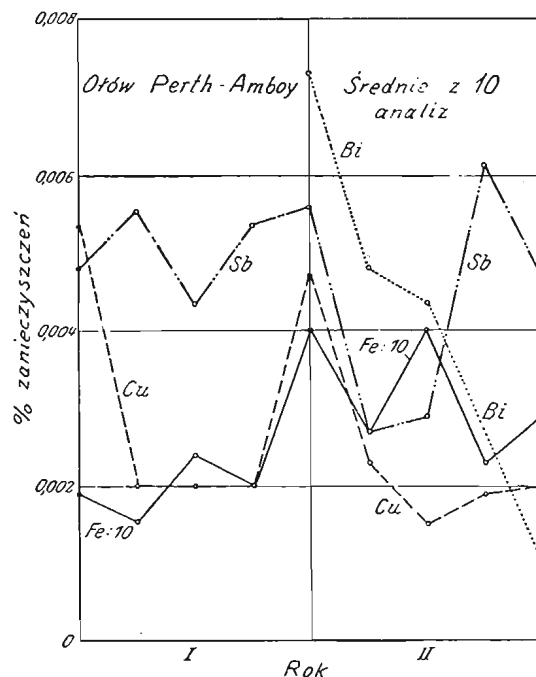
Na szkodliwy wpływ wywierany przez aluminium na cynę zwrócili pierwsi uwagę Heyn i Wetzel. Niewielka domieszka aluminium może już popsuć cynę. Płatek cynfolji, zawierającej zaledwie parę setnych odsetki aluminium, rozpada się na drobniutkie cząstki już podczas leżenia na składzie. Uwidocznia to rys. 19, wedł. Heyn'a i Wetzel'a²⁾). Wiadomość ta zainteresuje zapewne wytwórców arkuszy i tubek cynowych.



Rys. 19. Cynfolja, która stała się kruchą po dłuższym leżeniu, wskutek niewielkiej domieszki aluminium. (Według Heyn'a i Wetzel'a).

Ołów.

Rys. 20, 21 i 22 obrazują niektóre dane statystyczne, dotyczące składu chemicznego kilku gatunków miękkiego ołowiu. Każdy poszczególny punkt wykresu odpowiada znów 10-ciu analizom. Na osiach poziomych mamy lata wytwarzania, na pionowych — zawartości zanieczyszczeń w tysięcznych odsetki. Wszystkie 3 gatunki ołowiu odznaczają się niezwykle małą zawartością żelaza, sięgającą zaledwie 0,001%, wówczas gdy zawartość antymonu sięga 0,006%. Zawartość miedzi zajmuje w przybliżeniu miejsce pośrednie pomiędzy temi dwoma składnikami. Dla oceny miękkiego ołowiu szczególnie ważną jest zawartość bizmutu, która w dobrych gatunkach tego metalu powinna wynosić z reguły zaledwie parę tysięcznych



Rys. 20. Charakterystyka chemiczna cyny z Perth Amboy.

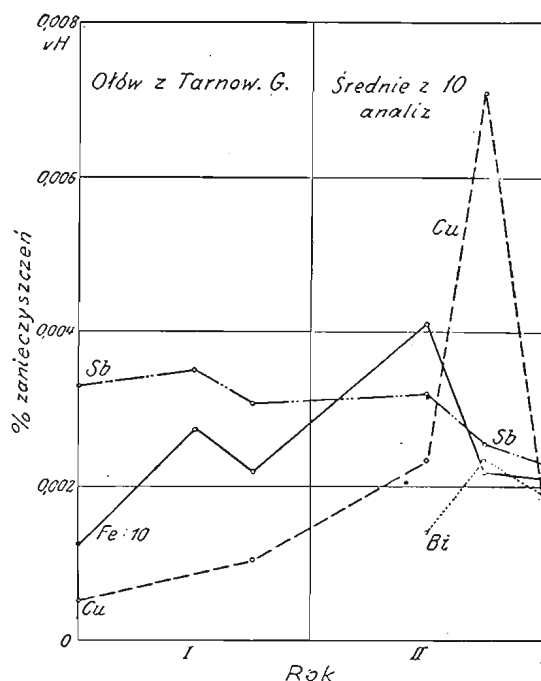
odsetki, w innych gatunkach zaś — nie więcej niż parę setnych odsetki. Gatunki o wyższej jeszcze zawartości bizmutu mogą być używane tylko do celów szczególnych, ponieważ mieszanina o niskiej temperaturze eutektycznej czyni miękkiego ołowiu w stanie nagrzanym. Głównymi dziedzinami zastosowań o-

²⁾ Mitteil. d. K. W. Inst. f. Metallforschung, t. 1, str. 4.

łowi są: wytwarzanie kabli, wytwarzanie rur oraz stopów żelazkowych.

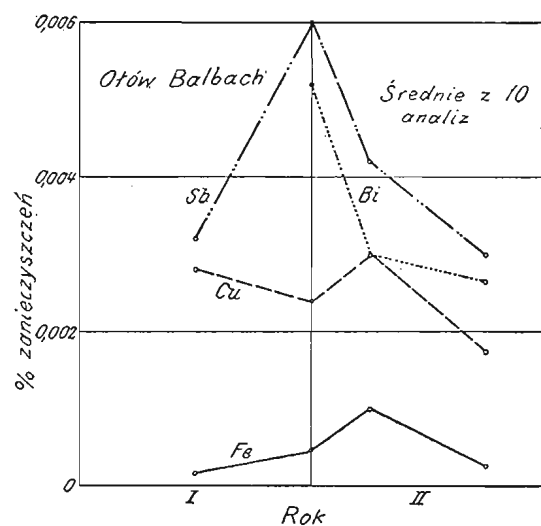
Wedł. nowszych danych, do ołowiu służącego do wyrobu pancerzy kablowych dodaje się $\frac{1}{2}\%$ kadmu,

można uzyskać rury całkowite dowolnej długości. Urządzenie maszynowe do tego przebiegu jest wyjątkowo proste i w wielu wypadkach może zastąpić znane kosztowne prasy do ołowiu⁵⁾.



Rys. 21. Charakterystyka chemiczna cyny z Tarnowskich Gór.

zamiast cynku i antymonu³⁾ (3 wzgl. 1%). Mało znanym, lecz z punktu widzenia technologicznego szczególnie ciekawym sposobem, jest t. zw. sposób rzutowy (Stossverfahren) wytwarzania rur ołowianych. Sposób ten opiera się na tej samej zasadzie, co tworzenie pojedynczych kryształów z roztopionych metali⁴⁾. Metal płynny wylewa się raptownie na trzpień, przyczem część metalu krzepnie w postaci pierścienia. W dalszym cią-

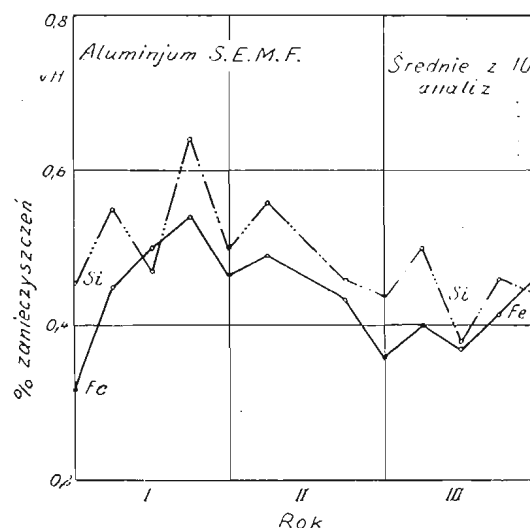


Rys. 22. Charakterystyka chemiczna cyny z „Balbach”.

gu, na tym zaczątku rury, krystalizują się nowe cząstki metalu. Prowadząc ten przebieg w sposób ciągły,

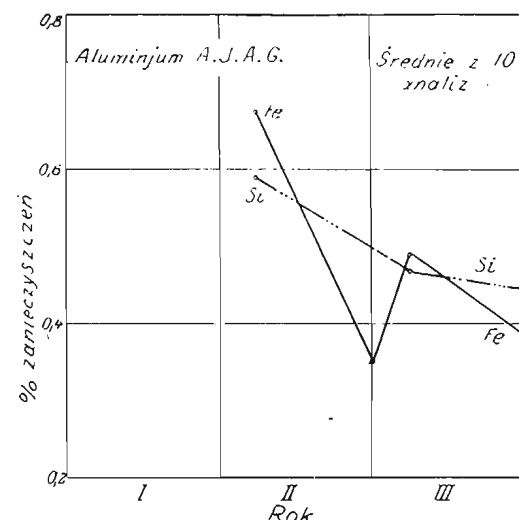
Aluminiujm.

Wreszcie rys. 23, 24, 25 i 26 dają zestawienie dat statystycznych, obejmujących skład chemiczny rozm. gatunków aluminium. Poszczególne punkty są



Rys. 23. Charakterystyka chemiczna aluminium S. E. M. F.

to znów średnie wartości z 10 analiz. Na osiach poziomych odcinamy lata, na pionowych — zanieczyszczenia w dziesiętnych odsetkach. Charakterystyki chemiczne podanych na wykresach 4-ch gatunków aluminium, mian. N.A.C. (Northern Aluminium Comp.), B.A.C. Ltd. (British Aluminium Co. Ltd.), S.E.M.F. (Société Electro-Métallurgique Française) i A.I.A.G. (Aluminium Industrie A.-G. w Neuhausen) różnią się zasadniczo niewiele. Obie marki amerykańskie mają



Rys. 24. Charakterystyka chemiczna aluminium A. J. A. G.

najniższą zawartość żelaza i krzemu, natomiast aluminium pochodzenia francuskiego i szwajcarskiego

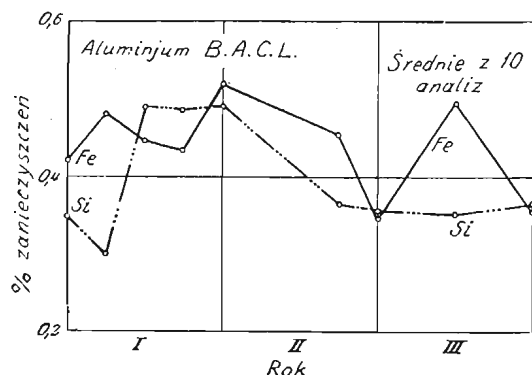
³⁾ Patent niem. 405148 wytwórni A. E. G.

⁴⁾ Zeitschr. f. Phys. Chemie t. 92 (1917), str. 219.

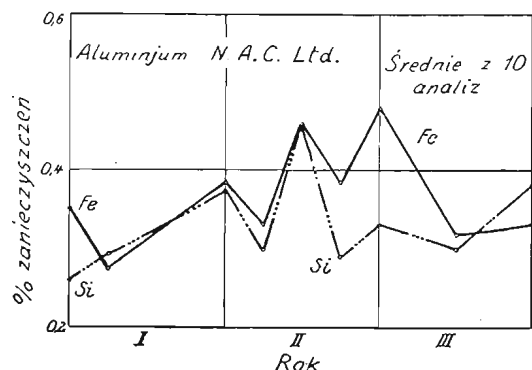
⁵⁾ Pat. niem. 380336 Metallbank und Metallurg. Gesellschaft.

zawiera nieco więcej tych domieszek. Znamienne jest dalej, że zawartość żelaza równoważy się prawie z zawartością krzemu. W ostatnich czasach wytworzono nowym sposobem amerykańskim ⁷⁾ aluminium bardzo czyste, o zawartości żelaza i krzemu w ilości zaledwie paru setnych odsetki. Metoda jego wytwarzania jest

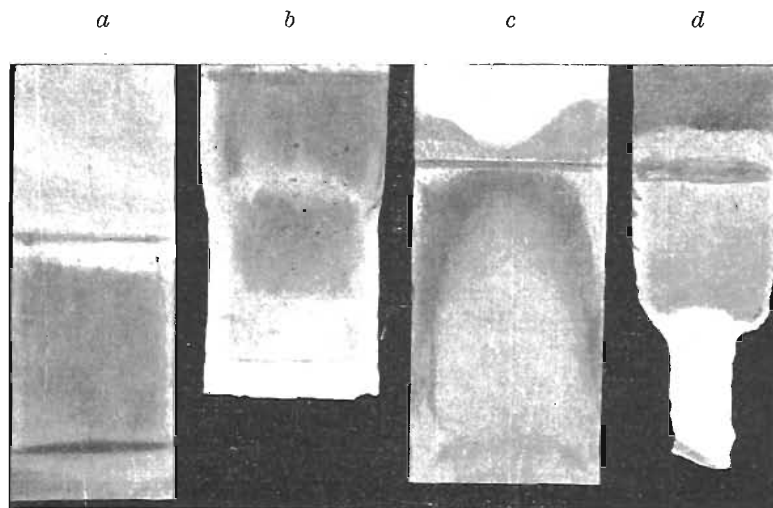
ła zasadniczo bez zmian, to na dolnej, nieuszlachetnionej, wystąpiły grube nagryzienia. Korozja zaszła tu już tak daleko, że od pręta oddzieliła się krucha kora o grubości kilku milimetrów. Wiele narzekań na małą odporność chemiczną stopów aluminiowych znikłoby, gdyby uszlachetnianie było wykonywane z niezbędną tu większą starannością. Do najbardziej znanych stopów, nadających się do uszlachetniania, należą dziś — obok duraluminium ⁷⁾ — skleron (stop zawierający lit) ⁸⁾, jak również aeron ⁹⁾ i lauta ¹⁰⁾ (obydwa są stopami aluminiowo-krze-



Rys. 25. Charakterystyka chemiczna aluminium B. A. C. L.



Rys. 26. Charakterystyka chemiczna aluminium N. A. C. Ltd.



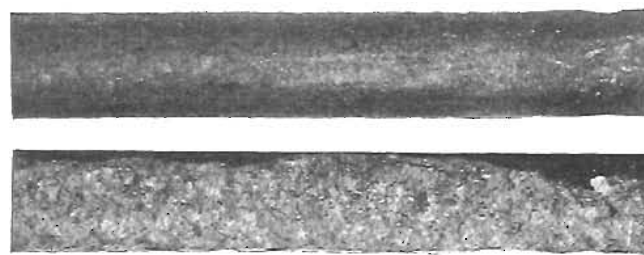
Rys. 27 a—c.
Korozja blachy aluminiowej, pokrytej i niepokrytej kadmem ^{2/3} wielkości rzeczywistej.
Próbka a—pokryta kadmem; b—niepokryta, obie po 6 godzin. działania 2,5%-go roztworu azotanu rtęci w słabym kwasie siarkowym.
Próbka c—pokryta kadmem, d—niepokryta, obie po 48 godz. działania 2,5%-go roztworu azotanu rtęci w słabym kwasie siarkowym.

już o tyle opracowana, że wyrób jest sprzedawany po cenie ok. 2-krotnie wyższej od ceny aluminium zwykłego.

W zakresie odporności stopów aluminium na rozm. wpływy, należy zaznaczyć niektóre postępy, jakie w ostatnich czasach się ujawniły. Szczególnie dobrą odporność na nagryzanie (korozję) daje powlekanie kadmem. Rys. 27 podaje próbki aluminiowe zabezpieczone w ten właśnie sposób (rys. 27a i 27c), obok próbek niepowleczonych (rys. 27b i d). Czas oddziaływania 2,5%-go roztworu azotanu rtęci wynosił: dla próbek a i b — 6 godz., zaś dla c i d — 48 godz. Jest rzeczą ciekawą, że próbka d w znacznej mierze rozpuściła się już w ciągu tego czasu, wówczas gdy próbki a i c pozostały jeszcze prawie bez zmian. Powłoka kadmowa wykazała również i pod działaniem innych odczynników, iż zapewnia próbkom większą odporność. Powłoki te zdają się więc być znacznie lepszymi, niż cynowe.

Stopy aluminiowe dające się hartować mają na ogół tę własność, że po uszlachetnieniu są odporniejsze, niż nieuszlachetnione. Stan próbki z aluminium uszlachetnionego, w porównaniu z próbką nieuszlachetnioną takiegoż składu, po kilkuletnim oddziaływaniu wpływów atmosferycznych, wykazuje rys. 28. Wówczas gdy próbka górna, uszlachetniona, pozosta-

ła mowem o pewnej zawartości miedzi. Za stop szczególnie odporny na wodę morską uchodzi t. zw. stop K. S. ¹¹⁾; zawiera on obok magnezu jeszcze trochę an-



Rys. 28. Wysokowartościowy stop aluminiowy, poddany wieloletniemu oddziaływaniu powietrza atmosferycznego:

- a) — uszlachetniony (prawie nie zmieniony),
- b) — nieuszlachetniony (znacznie nagryziony) ok. $\frac{3}{4}$ w. n.!

tymonu. Natomiast stopy tylko Cu—Al wykazały się jako bardzo słabo odporne na działania chemiczne w ciągu czasu dłuższego, tak że musiano stopniowo

⁹⁾ Zmodyfikowany sposób Hoopes'a T-wa Aluminium Company of America.

⁷⁾ Dürener Metallwerke A. G., Düren, Nadrenja.

⁸⁾ Metallbank und Metal. Gesellschaft A. G.

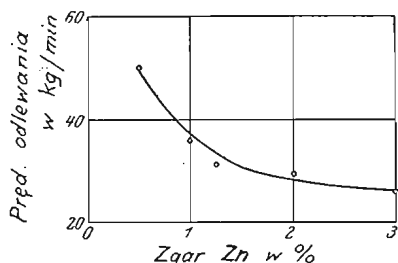
⁹⁾ Metallbank und Metal. Gesellschaft A. G.

¹⁰⁾ Vereinigte Aluminiumwerke A. G., Lautawerk.

¹¹⁾ Zeitschr. d. V. D. I., 1923, str. 643.

zaniechać ich stosowania, w stanie nieuszlachetnionym, na przewodniki powietrzne.

Wielokrotnie już i z różnych stron podnoszono, jak wielkie nadzieje nowych możliwości budzą nowe stopy metalowe. Atoli nadzieje te będą mogły tylko wtedy się spełnić, gdy się uda urzeczywistnić również oczekiwania co do jakości stopów samych. Rozwój techniczny nie dopuszcza w tym względzie żadnych ustępstw. Jeśli przytem nie osiąga się jeszcze wyższości technicznej tych tworzyw, to w każdym razie względy ogólnonarodowe lub gospodarcze zmu-

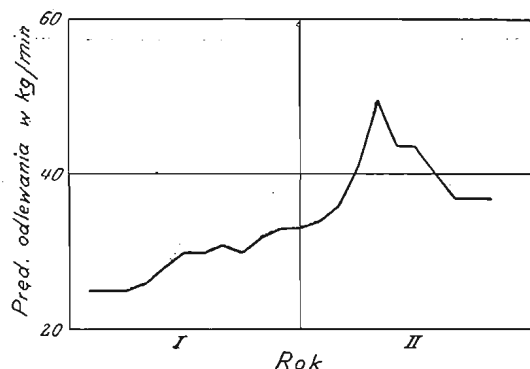


Rys. 29. Zależność zgaru cynku (w mosiądzu) od predkości odlewania.

szażą do wytworzenia takiego materiału, któryby się odznaczał dłuższą trwałością. Słusznie zatem wszczęto wyteżoną pracę międzynarodową na polu nowoczesnych stopów aluminiowych. Jesteśmy jednak dopiero na początku tej pracy i ten początek wykazuje już, jak daleko odeszliśmy od czystego aluminium i jak bardzo skłonni jesteśmy oddawać pierwszeństwo wysokowartościowym stopom aluminiowym, jako tworzywu technicznemu.

Kontrola warsztatowa.

Zadania technika nie ograniczają się jednak do rozbioru statystycznego przebiegów wytwórczych; rozbiór ten jest jeno fundamentem do dalszej nadbudowy całokształtu jego pracy. Celem rozważań niniej-

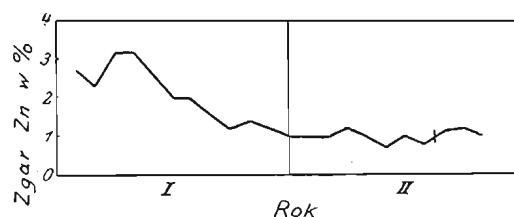


Rys. 30. Wzrost wydajności odlewni mosiądzu.

szych nie jest poprzestanie na pracach czysto warsztatowego charakteru, przeciwnie, chodzi tu o podkreślenie tych tylko czynników technologicznych, które wiążą się najsilniej z całą tą nadbudową dalszych prac inżyniera. Istnieje wiele przebiegów, pochodzących jeszcze z czasów przedtechnicznych i dotąd w swych głównych częściach jeszcze mało zbadanych. Należą do nich przebiegi uszlachetniania odlewów i metali w stanie stałym i płynnym oraz wiele zjawisk uszlachetniania termicznego, żeby wymienić choć-

by niektóre przykłady z węższego zakresu metaloznawstwa.

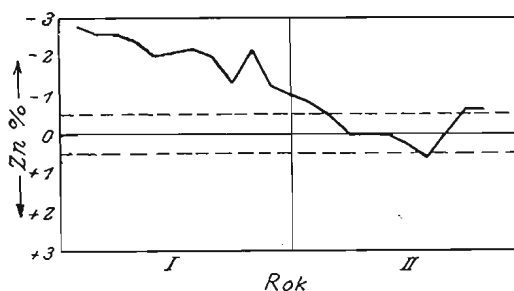
Jeżeli poddamy rozbirowi analitycznemu i ocenie naprz. przebieg odlewania, to spotkamy się na pierwszym może miejscu z pytaniem, jaki wpływ wywiera prędkość odlewania na zgar cynku w mosiądzu o zawartości ok. 40% Zn. Odpowiedź na to pytanie daje krzywa uwidoczniona na rys. 29. Przy wydajności odlewni 25 kg/min, wynosi zgar cynku 3%. Ze wzrostem zaś wydajności, zgar zmniejsza się, przy wydajności 30 kg, zgar cynku wynosi tylko 1½%, przy 40 kg — zaledwie ok. 0,8%, wówczas gdy przy nienormalnie wysokiej wydajności 55 kg/min, zgar



Rys. 31. Zgar cynku podczas odlewania mosiądzu.

ten stanowi jeszcze 0,5%. Wartość powyższą należy uważać za największą wydajność. Z drugiej strony, wydajność 25 kg na minutę, związaną ze zgarem 3% Zn. należałoby uznać za prawie przeciwwskazaną, ponieważ przy jeszcze wolniejszej pracy metal może łatwo skrzepnąć podczas odlewania. Z krzywej możemy wywnioskować, że braki składu chemicznego metalu mogą być w znacznym stopniu wyrównane odpowiednią prędkością odlewania.

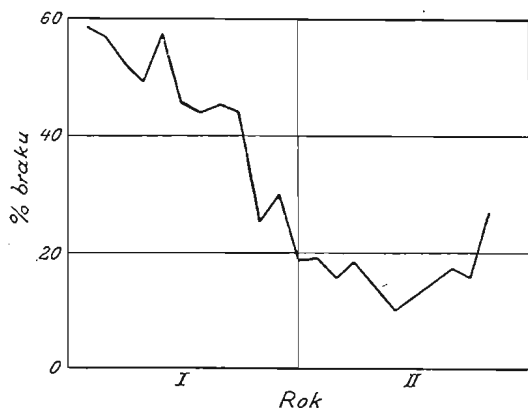
Takie rozgraniczenie przebiegów zasadniczych od podrzędnych i mniej ważnych należy do najdonioślejszych zadań współczesnego technologa. Jak się odbija uwzględnienie tego prostego czynnika na bilansie warsztatowym, wykażą dalsze przykłady. Rys. 30 wykazuje wzrost wydajności odlewni w ciągu dwu lat wytwarzania. Początkowa wydajność 25 kg mogła być zwiększona stopniowo do 50 kg, czyli mogła się powiększyć o 100%.



Rys.32. Odchylenia od przepisanej składu metalu (mosiądzu).

Ponieważ odlewanie zajmuje stosunkowo b. mało czasu, w porównaniu z innemi przebiegami obróbki, przeto zwiększenie jego prędkości nie wywiera widocznego wpływu na oszczędność płac, natomiast niepożądane zmiany składu chemicznego stopu, w danym wypadku mosiądzu, znacznie się zwiężają, jak to wskazuje rys. 31. Widoczne na początku tej krzywej duże odchylenia odpowiadają niskim początkowo wartościom prędkości odlewania, zaś przy największych wartościach prędkości (wydajności) odlewania odchy-

lenia spadają do $\frac{1}{3}$ zaledwie poprzednich wartości (1% zamiast ok. 3%). Odchylenia od wartości przepisanych są podane na rys. 32. Jeśli obierzemy za podstawę tolerancję w wąskich granicach $\pm 0,5\%$ Zn w mosiądzu (niektóre zakłady przyjmują ją nawet



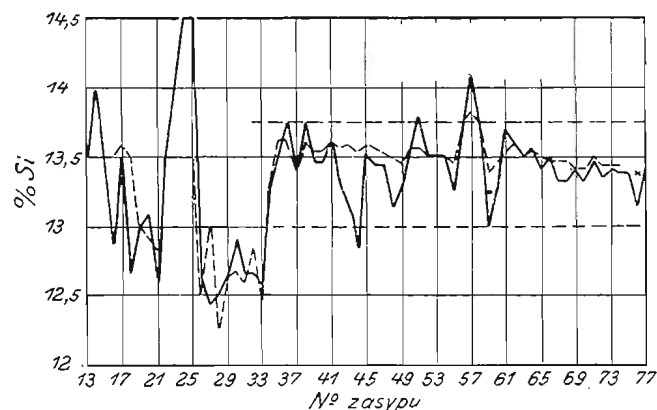
Rys. 33. Brak wskutek wadliwego składu chem. mosiądzu.

w wysokości $\pm 1\%$), to przekonamy się, że w pierwszym roku pracy przekracza się nawet $\pm 1\%$ -wą tolerancję, wówczas gdy już w drugim roku mogła być prawie cały czas utrzymana tolerancja $\pm 0,5\%$. Prócz tego, średni skład metalu, który zawierał poprzednio za mało cynku, a za dużo miedzi, zbliża się bardzo do przepisanego stosunku. Jako skutek przyjętej wąskiej tolerancji $\pm 0,5\%$ Zn, otrzymamy przedstawione na rys. 33 ilości braków, skutkiem odchylenia od należytego składu chemicznego odlewów. Jak widzimy, % braku mógł być już w krótkim czasie znacznie obniżony: z 60% do 40%, dalej do 20%, a nawet czasami do 10%. Jest to, oczywiście, tylko przykład.

Na przeszkodzie ku ścisłej kontroli materiałów technicznych stoi wciąż przede wszystkim niedoskonałość chemicznych metod badania. Kontrola analityczna nie jest dostatecznie pomocna technologowi w pokonywaniu licznych i trudnych zadań, o tyle, by mógł w niej znaleźć niezbędne oparcie. Można dziś nawet powiedzieć, że analiza tworzyw pod żadnym względem nie dotrzymała kroku innym postępom techniki. Na szczęście, zdają się ukazywać w ostatnich czasach zupełnie nowe drogi analizy materiałów. Wspomnijmy tu o analizie roentgenospektrograficznej, która zapowiada wprowadzenie w przyszłości dużych zmian w tej dziedzinie. Powyższe zdanie nie może zresztą w żadnym razie pomniejszyć podstawowych zasług chemii analitycznej na wszystkich polach działalności przemysłowej, technicznej i naukowej. Takie uogólnienie mogłoby być wypowiedziane tylko przy zupełnej nieznajomości rzeczy. Przytoczone tu słowa krytyki dotyczą raczej bezpośredniego zastosowania praktycznego metod chemii analitycznej w twórczej pracy przemysłowej, kiedy jeden przebieg musi bez straty czasu następować za drugim (wielkie piece, przetapianie z węglem i inne metody rafinowania); słowa te mają raczej na celu zwrócenie ogólnej uwagi na nowe drogi zasadnicze analizy tworzyw wogóle. Dziś bowiem technik czy inżynier, obeznany z kontrolą materiałów drogą badań technicznych, stoi często zupełnie bezradny i opuszczony. Metody określania składu wymagają najczęściej zbyt dużo czasu i są niezbyt pewne. W zakresie więc udoskonalenia kontroli analitycznej musi nastąpić zmiana zasadnicza.

W zakresie badań metalograficznych otworzono pewne nowe drogi do kontroli materiałów. Wymieńmy choćby wyznaczanie planimetrowaniem zawartości podtlenków miedzi w miedzi, węgla w żelazie i wielu in. składników. W związku z tem byłoby może interesujące poddanie ocenie porównawczej wyników badań mikrograficznych i chemiczno-analitycznych. Porównanie takie daje rys. 34. Dotyczy on badań zawartości krzemu w stopie aluminowo-krzemowym znanym pod nazwą „siluminu“. Krzywa wykreślona linją ciągłą odpowiada tu danym analizie chemicznej, zaś linja przerywana — wynikom prób metalograficznych, opartych na metodzie planimetrowania, zamiast której w wielu wypadkach może być zastosowana poprostu ocena na oko. Duże początkowo odchylenia w danych o zawartości Si mogłyby być przypisane brakom analizy chemicznej, jak wykazało dokładne sprawdzenie. Przy analizach zaś precyzyjnych, ujawnia się daleko idąca zgodność wyników metody chemicznej z wynikami metody planimetrowania. Zaczynając od 41-go zasypu uwidoczniają się ponownie odchylenia, które — jak dowiodły znów dokładne sprawdzenia — pochodzą z większej rozbieżności (Streuung) danych analizy chemicznej. Wyniki liczbowe świadczą, że dane analizy chemicznej i metalograficznej siluminu różnią się pomiędzy sobą zaledwie o kilka dziesiątych odsetki; zarazem jednak wykazują one, że wyniki uzyskane drogą chemiczno-analityczną częściej są błędne. Opisany wypadek dotyczy warunków o tyle dogodnych, że silumin stanowi typowy stop eutektyczny, w którym drobne odchylenia od składu eutektycznego dają się w obrazie mikroskopowym wyjątkowo łatwo dostrzec. Niewątpliwie jednak analiza metalograficzna mogłaby i w wielu innych wypadkach dać wyniki równie dobre.

O dużem znaczeniu statystycznych metod oceny, które rozwinęły się w ostatnich czasach w u-



Rys. 34. Porównanie wyników prób chemicznych i metalograficznych, dotyczących zawartości %-wej krzemu w siluminie. Linje ciągłe — odpowiadają próbom chemicznym, przerywane — metalograficznym.

systematyzowaną naukę, t. zw. badań statystycznych, wielokrotnie już mówiono. Wspomniemy więc tu tylko doniosłe wywody Daves'a¹¹⁾ i Goerens'a¹²⁾. Metoda ta pozwala jak żadna inna ocenić

¹¹⁾ Zeitschr. d. V. D. I., 1923, str. 643.

¹²⁾ Stahl und Eisen, 1923, str. 1191.

w sposób pewny i jasny wydajność wytwórni. Dopiero na podstawie wyników badań tą metodą stają się jasne dla inżyniera czynniki, wpływające na przepisanie i gwarantowany skład chem. tworzywa. Nie tylko częstość sama, ale i charakter krzywej częstości świadczy o dobroci i in. własnościach tworzyw. Zagłębiając się w zależności wykrywane przez badania statystyczne, zyska nauka o badaniach materiałów nowe zupełnie środki pomocnicze.

Zestawienie podane w tabeli 1 dowiedzie mniej wtajemniczonym istnienia pewnego niemiłego zjawiska w wytwórniach metalowych; chodzi o tłoczenie w matrycach. Zwykle obawiano się dyskusowania publicznego tych liczb, a jednak są one dla każdej wytwórni pouczające. Porównanie wykazuje, że mamy tu na każdym kroku wyniki b. mierne, a zarazem jest rzeczą zadziwiającą, jak małe są odchylenia w poszczególnych wytwórniach. Dzieląc odpowiednio przebiegi wytwarzania, otrzymujemy, że w odlewni I przypada strat: na popiół 2,2%, na rozpryskiwanie 1,5%, na zgar 2,5%, razem 6,2%, zaś w odlewni II — na popiół 4,0%, na rozpryskiwanie 3,75%, na zgar 3,25%, razem więc 11%, wreszcie w trzeciej odlewni (zagranicznej) III — razem traci się 5% wsadu. Wówczas więc, gdy wytwórnie I i III wykazują w przybliżeniu jednakowe liczby strat, to odlewnia II ma je prawie dwukrotnie większe. Przy wytwarzaniu zlewów odpada (wliczając tu i odcięte porowate części zlewów) w wytwórni I 10,5%, w wytwórni II — 11,5%, zaś w zagranicznej wytwórni III — 8% odlewu. Znowu więc odlewnia II osiąga najwyższe liczby strat, zaś straty w odlewni III są dość znacznie mniejsze. Odpadki przy tłoczeniu wynoszą: w zakładzie I 35%, w zakł. II 31%, a w zagranicznym zakł. III — 37,7%. Jest rzeczą godną uwagi, że zakład II odznacza się najmniejszą ilością odpadków przy tłoczeniu, wówczas gdy zakład III osiąga liczbę najwyższą (37,7%); wytwórnia II zajmuje miejsce pośrednie. Robi to takie wrażenie, jak gdyby zakłady I i II staranniejsz odsewalały półprodukt, niż zakład III, która to okoliczność uwydatnia się przy obliczeniu ogólnej ilości zdalnych do użytku wyrobów tłoczonych. Ogól-

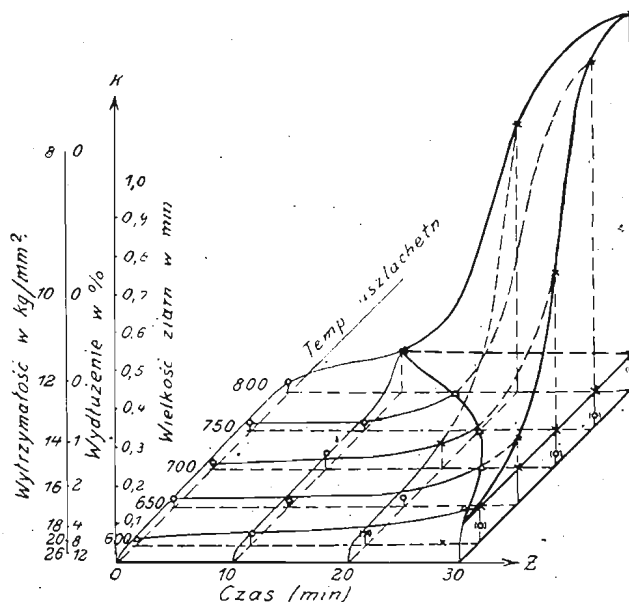
Tabela I.

Straty warsztatowe w odlewni i tłoczni.

Przebieg	Wytwór- nia I	Wytwór- nia II	Wytwór- nia III	Uwagi
Odlewanie { Popiół Prysk. Zgar	2,2% 1,5% 2,5%	4% 3,5—4% 3—3,5%	2% 3%	W stos. do wsadu
Obcinanie zlewów	10,5%	11—12%	8%	W stos. do odlewu
Tłoczenie (odpadki)	35%	30—32%	37,7%	W stos. do cięż. bloków tłoczonych
Razem	51,7	51,5—55,5	50,7	—

na ilość odpadków wynosi w wytwórni I 51,7%, w wytwórni II — 53,5%, zaś w wytw. III — 50,7%. Różnica wynosi zatem zaledwie 2,8%. Wypadek ten wy-

kazuje z całą jaskrawością bezsensowność otaczania metod wytwarzania tajemniczością. Nie pomysły bowiem przemysłowe wpływają decydująco na sprawy techniczne, lecz przede wszystkim własności materiałów, które domagają się swych praw w sposób niezawodny i stanowczy. Jak wogóle w życiu, tak i w gospodarce materiałowej, zawsze wynik odpowiada założeniom.



Rys. 35. Wykres wpływów temperatury i czasu na przebieg uszlachetniania siluminu.

Na zakończenie wskażemy jeszcze, jak przy uporządkowanym kierownictwie warsztatowym uzyskuje się wyniki liczbowe, zapewniające dokładną kontrolę wyrobów. Przebieg uszlachetniania siluminu¹³⁾ jest — jak wiadomo — zależny w wysokim stopniu z jednej strony od temperatury, zaś z drugiej — od czasu trwania przebiegu. Obydwa te czynniki uwarunkowują osiągalny stopień drobnosci ziaren. Atoli wielkość ziaren odlewu zależy nadto od warunków stygnięcia odlewu. Ponieważ warunki te, przy odlewaniu siluminu, mogą być uważane za mniej lub więcej stałe (piasek formierski, małe wahania temperatury odlewania), przeto wpływ ich może być od biedy w rozważaniach naszych pominięty. Ponieważ dalej wielkość ziaren oddziaływa na wytrzymałość i ciągliwość, więc powinny być ustalone zupełnie określone zależności liczbowe pomiędzy warunkami pracy, z jednej strony, a wielkością ziaren, wytrzymałością i ciągliwością — z drugiej. Zależności te są uwidocznione na rys. 35. Im w wyższej temperaturze przystępujemy do uszlachetniania, tem musi ono trwać krócej. Natomiast przy niższych temperaturach uszlachetniania musi być jednak czas trwania przebiegu dość duży, ażeby było zapewnione zmieszanie współreagujących tworzyw drogą dyfuzji. Jeżeli postawimy za warunek dla odlewu, że wielkość jego ziaren ma nie przekroczyć 0,1 mm, to będą musiały być odrzucone wszystkie wytworzone stopy, których wielkość ziaren przekracza podaną granicę, t. zn. wszystkie stopy, których budowie odpowiadać będzie obszar ponad płaszczyznę przeprowadzoną myślowo przez punkt 0,1 mm, równoległą do

¹³⁾ Zeitschr. f. Metallkunde, 1923, str. 78.

dolnej płaszczyzny poziomej wykresu. Ta część wykresu, obejmująca obszar krytyczny, zaznaczona jest wyraźniej na rys. grubszymi linjami. Najdogodniejsze warunki pracy leżą poniżej tego obszaru krytycznego. Ażeby więc uzyskać drobnoziarnistą budowę, powinna być temperatura uszlachetniania możliwie niska, zaś czas trwania przebiegu — odpowiednio krótki. Jak bardzo odbija się wpływ wielkości ziaren na własnościach mechanicznych wyrobu, wskazują liczby wytrzymałości i wydłużenia podane na liniach pionowych obok wykresu rys. 35. Na podstawie takiego wykresu pracy, wytwarzanie może być zawsze skierowane znów na właściwe tory, po każdej przypadkowej anomalji.

Powyższa próba zobrazowania rozwoju naukowo-technicznego przemysłu metalowego w ostatnich la-

tach, na podstawie tych niewielu przykładów, musiała się oczywiście ograniczyć do pobieżnego naszkicowania głównych tylko jego punktów. Przeniesienie wypowiedzianych wniosków na wypadki takie same lub podobne jest rzeczą fachowca-praktyka, który w swej pracy łączyć musi możliwości praktyczne z dążeniami naukowo-technicznymi. I jeszcze jedno. Często się słyszy utyskiwania na to, że dążenia naukowe w praktyce nie zawsze zmierzają do tego, do czego zmierzać powinny. Często też oskarża się w związku z tem naukę samą, zbyt często tylko pomawia się ją o nadmierną rozbudowę urządzeń. Prawdziwa przyczyna kryje się nie w zawodności wiedzy naukowo-technicznej, lecz raczej w tem, że nie zawsze się nam udaje traktować rzeczy dostatecznie naukowo.

