



2922
116

ĆWICZENIA I PRACE
Z METALOGRAFJI



BIBLIOTEKA MIEJSCOWA W SZCZECINIE
ul. Piłsudskiego 10
339



120

DR. INŻ. WITOLD BRONIEWSKI

Profesor Politechniki Warszawskiej

ĆWICZENIA I PRACE Z METALOGRAFJI

CZĘŚĆ I

ĆWICZENIA Z METALOGRAFJI

669.

WYDAWNICTWO KASY IM. MIANOWSKIEGO
INSTYTUT POPIERANIA NAUKI
WARSZAWA 1929 PAŁAC STASZICA



120

Drukarnia i Litografia
p. f. „JAN COTTY”
w Warszawie, Kapucyńska 7



CZĘŚĆ I

ĆWICZENIA Z METALOGRAFJI.

W S T Ę P.

Podręcznik ten obejmuje opis studenckich ćwiczeń i prac dyplomowych z metalografii, wykonywanych w Zakładzie Metalurgicznym Politechniki Warszawskiej.

W części pierwszej zajmować się będziemy jedynie ćwiczeniami.

Organizacja tych ćwiczeń zajęła mi lat pięć, gdyż dotąd w literaturze metaloznawczej, nietylko polskiej ale i obcej, niema ani jednego podręcznika, któryby pracę w tej dziedzinie ułatwił. Gdyby mi się udało lukę tę wypełnić, uważałbym swe zadanie za spełnione.

Unikałem, w miarę możliwości, wszelkich cytatał, by nie przekroczyć zamierzonego zakresu podręcznika, zwłaszcza że podany tu materiał pomocniczy ma tylko znaczenie drugorzędne. Znany studentom z wykładów, ułożony jest przeważnie kompilacyjnie i ulega stałym zmianom przy ukazywaniu się prac nowszych.

Przy organizowaniu ćwiczeń i prac dyplomowych, pomocny mi był w pierwszym rzędzie, Adjunkt Zakładu Metalurgicznego Dr. Inż. A. Krupkowski.

Z wielkiem również oddaniem się brali udział w pracach organizacyjnych i bieżących pp. asystenci: W. Domański (pierwszy asystent), I. Feszczenko-Czopiowski, obecny profesor Krakowskiej Akademji Górniczej, Br. Hackiewicz, K. Hanczke, St. Makowski († w 1925), J. Obrębski, T. Picchowski i A. Wojtkiewicz.

Wszystkim współpracownikom swoim, których w większym lub mniejszym stopniu uważać mogę za współautorów tej pracy, winienem wdzięczność za okazaną mi pomoc.

N. Broniewski

ĆWICZENIA Z METALOGRAFJI.

Ćwiczenia te są podzielone na dwie serje. Pierwsza obowiązkowa jest dla wszystkich studentów VI semestru Wydziału Mechanicznego, po wysłuchaniu odnośnych wykładów w semestrze poprzednim. Ma ona na celu zapoznanie z techniką badania materiałów zapomocą mikroskopu i pary termoelektrycznej.

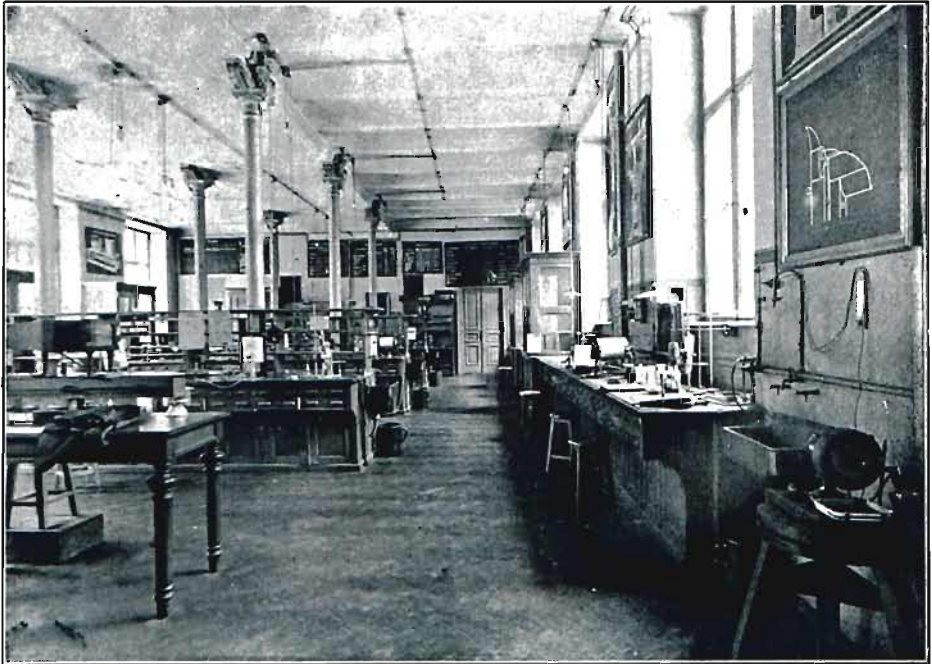
Druga serja ćwiczeń, obowiązkowa jedynie dla studentów VII semestru grup technologicznej, wojskowej i komunikacyjnej, ma na celu praktyczne zastosowanie nabytych uprzednio wiadomości do potrzeb przemysłowych.

Każda z tych serji składa się z 10 ćwiczeń, rozłożonych na przeciąg 14 tygodni w tym celu, by studenci mogli je odrabiać według z góry określonej kolejności, poczynwszy od ćwiczenia 1-go lub 6-go jak to wskazuje tablica I.

TYDZIEŃ:		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
S E K C J A	I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
	II		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
	III			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	IV				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	V					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	VI	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5				
	VII		6	7	8	9	10	1	2	3	4	5			
	VIII			6	7	8	9	10	1	2	3	4	5		
	IX				6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	
	X					6	7	8	9	10	1	2	3	4	5
N U M E R Y Ć W I C Z E Ń															

Tablica I. Kolejność odrabianych ćwiczeń.

Sala ćwiczeń mieści 30 ćwiczących. Ogólny jej widok jest przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Ogólny widok sali ćwiczeń.

Ćwiczenia są odrabiane przez sekcje z 3 studentów. Uwzględniany jest jednak, o ile to możliwe, pierwiastek pracy indywidualnej, tak że w znacznej ilości wypadków, ćwiczenie bywa wykonane przez każdego studenta niezależnie od innych, do sekcji należących. Takich indywidualnych ćwiczeń jest w pierwszej serii 8, w drugiej 4.

Przy ćwiczeniach o charakterze zbiorowym, wymagającym współdziałania całej grupy, podział pracy wskazany jest w instrukcji.

Obowiązuje przy ćwiczeniach następujący regulamin:

REGULAMIN.

Ćwiczenia. Ćwiczenia odbywać się będą w poniedziałki, środy i piątki od godz. 15-ej do godz. 18-ej.

P. P. Studenci, zapisani do jednej sekcji (pod literami A, B, C), wykonywać będą ćwiczenia wspólnie.

Student, opuszczający, bez uzasadnionych powodów, jedno ćwiczenie lub z jakiegokolwiek powodu dwa ćwiczenia, traci prawo do odrabiania ćwiczeń następujących i zostaje skreślony z listy.

Sprawozdania. Z odrobionych ćwiczeń należy pisać szczegółowe sprawozdania z podaniem schematów urządzeń i rysunków budowy obserwowanych stopów. Sprawozdania te należy pisać atramentem w zwykłych zeszytach i składać co tydzień w skrzynce przy wejściu do Zakładu w następujących terminach: serja poniedziałkowa, najpóźniej we czwartek, serja środowa, najpóźniej w sobotę, serja piątkowa, najpóźniej we wtorek.

W dniu ćwiczeń, zeszyty z przejrzanymi sprawozdaniami będą zwracane.

Napisy na zeszytach należy zrobić na specjalnych nalepkach, które będą wydawane w Zakładzie.

Student, zalegający z dwoma sprawozdaniami, może być skreślony z listy ćwiczących.

Colloquia. Po ukończeniu ćwiczeń P. P. Studenci podlegać będą egzaminowi (teoretycznemu lub praktycznemu) z zakresu ćwiczeń, decydującem o ich zaliczeniu.

Od tego egzaminu zwolnieni być mogą ci, którzy uzyskali, za sprawozdania z ćwiczeń, stopień dobry lub bardzo dobry.

Przyrządy. Ze względów higienicznych zaleca się P. P. Studentom zaopatrywanie się we własny pulweryzator wskazanego modelu.

PIERWSZA SERJA ĆWICZEŃ.

Ćwiczenia te mają głównie na celu zapoznanie z techniką badania materiałów za pomocą mikroskopu i ognia termoelektrycznego. Przy ćwiczeniach mikrograficznych (1 — 5) student bada kilkanaście próbek stopów (żeliwa, stali, metali łożyskowych i stopów miedzi) z punktu widzenia budowy i wpływu na nią obróbki termicznej. Równocześnie zapoznaje się on z techniczną stroną metalografji, jak polerowanie próbek, trawienie, inkluzja, nastawianie, pomiar wielkości kryształów i technika analizy mikrograficznej. Stosowane są przytem, w każdym ćwiczeniu mikroskopy metalograficzne coraz to innego typu od najprostszego, własnego wyrobu (w ćwiczeniu I-szem), do dużego, możliwie doskonałego mikroskopu w ćwiczeniu 5-tem.

Przejście do drugiej połowy ćwiczeń stanowi makroskopja (ćw. 6-te), za pomocą której student ustala stopień likwacji i rodzaj obróbki mechanicznej badanych próbek. Następne 4 ćwiczenia poświęcone są kalibrowaniu termopary i pirometru optycznego oraz zastosowaniu nabytych

wiadomości do ustalenia krzywych topliwości stopów i punktów przelomowych stali.

Rozplanowanie ćwiczeń pierwszej serii przedstawia rys. 2-gi.

Na sali zastają studenci *a)* potrzebne im przyrządy, *b)* instrukcje do wykonywania ćwiczenia i *c)* pomoce naukowe w postaci wykresów, mikrofotografji i t. d. ułatwiające orjentowanie się w otrzymanych wynikach.

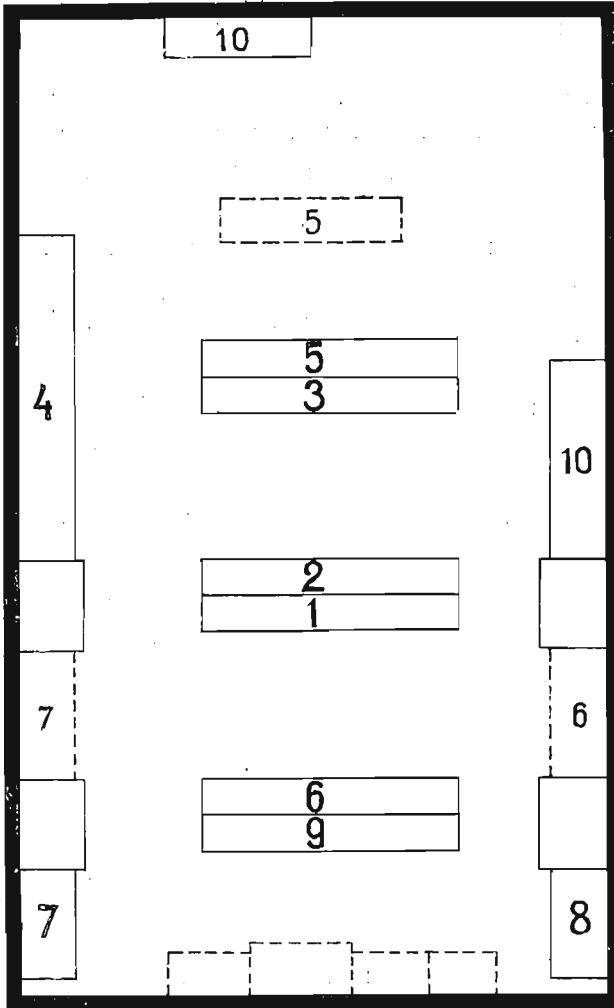
W tym też porządku prowadzony jest opis ćwiczeń.

ĆWICZENIE 1-sze.

Polerowanie próbek i obserwacja mikroskopowa.

Rozpoczyna się ćwiczenie od całkowitego montowania nader uproszczonego mikroskopu metalograficznego.

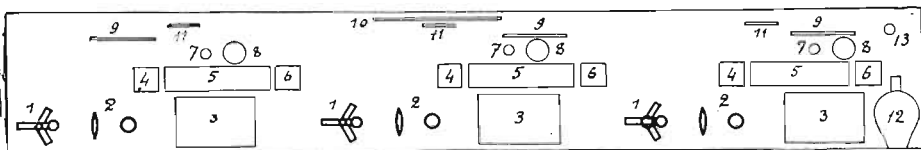
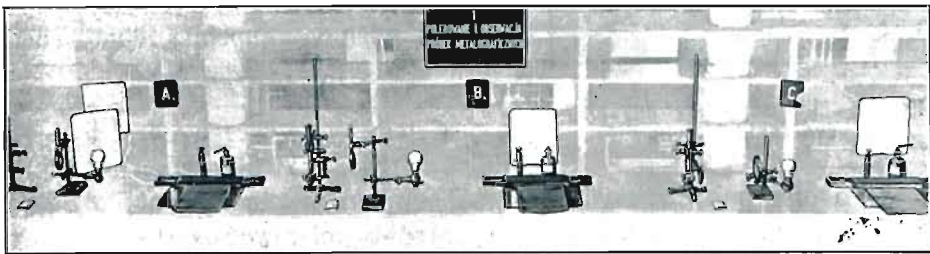
Zmontowany mikroskop służy do obserwacji wypolerowanych i wytrawionych przez studentów próbek surowców białych, pod- i nadeutektycznych, przy stosunkowo małym powiększeniu.



Rys. 2. Plan sali przy pierwszej serii ćwiczeń.

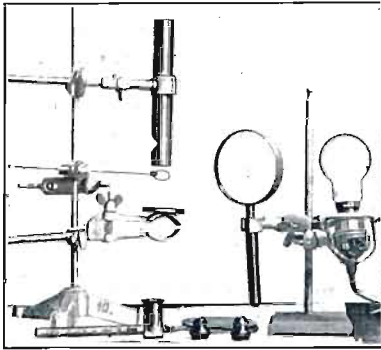
a) *Przyrządy.*

Ogólne ustawienie przyrządów przedstawia rys. 3. W dolnej jego części, na schemacie, uwidocznione są №№, odpowiadające inwentarzowi tego ćwiczenia. W spisie przyrządów, przy mikroskopach, wskazane są współczynniki powiększeń K , zależne od długości tubusu (K_1), siły obiektywu (K_2) i okularu (K_3), tak że powiększenie mikroskopu wyrażone jest przez iloczyn $P = K_1 K_2 K_3$. Przy soczewkach podana jest ich ogniskowa (f).



Rys. 3. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 1-szem.

№	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Mikroskop uproszczony, $K_1 = 0,92$. Korytko z plasteliną. Kartka białego papieru.	3
2	Statyw z lampką elektryczną i soczewką $f = 20$ cm.	3
3	Tafla szklana $25 \times 35 \times 0,4$ cm. do polerowania. Papier émeri 0000 i potée 0000	3.
4	Obiektyw a_3 Zeissa, $K_2 = 6,6$; Obiektyw № 3 Reicherta, $K_2 = 11,8$; Okular № 3 Zeissa, $K_3 = 6,7$	3
5	Poduszka do polerowania	3
6	Próbki (dwie) surowca białego w pudełku	3
7	Odczynnik do wytrawiania próbek	3
8	Buteleczka z zawiesziną tlenu żelazowego i pulweryzátorem	3
9, 10, 11	Tablice z instrukcjami i napisami	7
12	Mieszek ręczny do suszenia próbek	1
13	Słoiczek z roztworem nadmanganianu potasu dla dezynfekcji puiweryz. bez №	1
bez №	Tablica z fotografjami i rysunkami surowców białych	1
bez №	Tablica z wykresem topliwości stopów Fe-C	1



Rys. 4. Mikroskop używany przy ćwiczeniu 1-szem.

Śród tych przyrządów zasługuje na uwagę mikroskop metalograficzny (rys. 4) o możliwie najprostszej budowie.

Korpus tego mikroskopu zbudowany został ze statywu chemicznego i z odcinka rury gazowej. Jako oświetlacz służy szkło przykrywkowe, umocowane plasteliną na końcu pręcika. Przy małych powiększeniach, nie przekraczających 100, mikroskop ten daje zupełnie dobre wyniki.

b) Instrukcje.

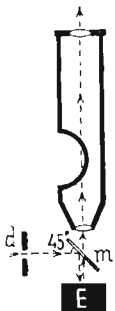
Celem tego ćwiczenia jest ustawienie uproszczonego mikroskopu metalograficznego oraz polerowanie i obserwacja próbki metalograficznej.

A. Polerowanie. I. Otrzymane próbki polerować na papierze szmirglowym 0000, zmieniając co minutę ich położenie tak, by rysy się krzyżowały pod kątem prostym: Dokładnie zmyć wodą, suszyć zapomocą miecha.

II. Polerować w identyczny sposób, na papierze szmirglowym potée 0000, aż znikną poprzednie grube rysy. Zmyć wodą i wysuszyć.

III. Ostatecznie polerować tlenkiem żelazowym, zawieszonym w wodzie i rozpylonym, zapomocą pulweryzatora, na deseczkę, obciągniętą sukniem. Polerowanie odbywa się, jak poprzednio, aż do całkowitego zaniku rys na powierzchni próbki, oglądanej gołym okiem. Zmyć wodą i suszyć.

B. Wytrawianie. Paru kroplami odczynnika (4%-wy kwas pikrynowy w roztworze alkoholowym) pokryć, zapomocą pałeczki szklanej, wypolerowaną płaszczyznę próbki tak, by odczynnik wytworzył powierzchnię nieco wypukłą. Poruszać próbką, nachylając ją zlekka, by odczynnik na próbce zmywał jej powierzchnię aż z błyszczącej stanie się zamgloną. Zmyć wodą i wysuszyć.



Rys. 5.
Schemat 1-szy.

C. Ustawienie mikroskopu do małych powiększeń. I. Soczewkę ustawić na takiej odległości od lampy, by promienie były zlekka zbieżne (ognisko na odległość 1 m.).

II. Płytkę szklaną *m*. (schemat 1-szy) umieścić tuż poniżej obiektywu, pod kątem 45° do osi mikroskopu. Przesłone *d*, zarówno jak i lampę z soczewką, ustawić na wysokości płytki tak, by promień padał na środek płytki. Kierunek promieni sprawdzić zapomocą kawałka białego papieru lub patrząc z boku przez płytkę na lampę.

III. Próbkę utwierdzić w mastyku, kładąc ją wypolerowaną powierz-

chnią na stół i przyciskając z góry rynienką z mastykiem aż do zetknięcia brzegów rynienki ze stołem.

IV. Próbkę *E*, wraz z rynienką, ustawić na podstawce pod obiektywem i podnieść w górę, aż obraz stanie się widoczny. Bliskość obrazu zwiastuje jasna plamka, która, w miarę zbliżania próbki do obiektywu, rośnie i przechodzi w obraz. Większy ruch wykonywuje się na statywie, mniejszy zapomocą śruby.

V. O ile obraz jest tylko częściowo widoczny, zmienić kąt nachylenia płytki (*m*). O ile oświetlenie nie jest jednostajne, zmienić zlekka położenie lampy oświetlającej.

VI. Obserwować kolejno powierzchnie obu próbek. O ile dadzą się zauważyć rysy, ponownie je polerować tlenkiem żelazowym, wytrawić i obserwować.

D. Ustawianie mikroskopu do silniejszych powiększeń. I. Wykręcić obiektyw *a*₃ Zeissa i wkręcić na jego miejsce obiektyw № 3 (Reicherta).

II. Umieścić płytkę szklaną, pod kątem 45° do osi mikroskopu, w wycięciu powyżej obiektywu (schemat 2-gi); przesłonę soczewkową i lampę ustawić na wysokości płytki.

III. Próbkę umieścić poniżej obiektywu i regulować nachylenie płytki i położenie lampy, by świetlny ślad, padający z obiektywu na próbkę, miał kształt okrągły.

IV. Podnosić i opuszczać próbkę aż obraz, widziany przez mikroskop, stanie się zupełnie wyraźny. Przy zbliżaniu próbki do obiektywu, bliskość obrazu wskazuje zjawienie się plamy świetlnej, przechodzącej następnie w obraz.

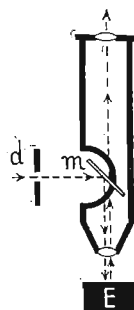
V. Ostatecznie uregulować, jak poprzednio, oświetlenie.

VI. Narysować widziane przez mikroskop obrazy obu próbek.

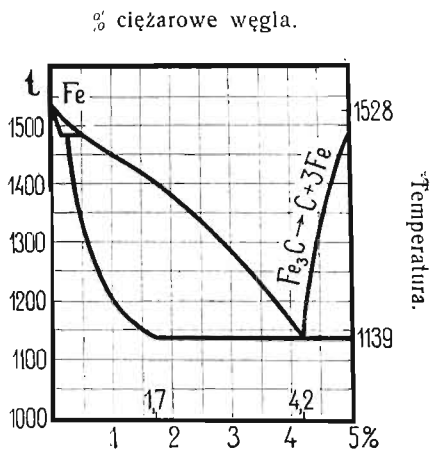
c) Pomoce.

Pomoce naukowe przy 1-szem ćwiczeniu składają się z wykresu topliwości stopów żelazo-węgiel i z reprodukcji budowy obserwowanych próbek.

Wykres topliwości stopów żelaza z węglem (rys. 7), według koncepcji Goerens-Wüsta, umieszczony jest, w wielkim formacie, na ścianie sali ćwiczeń, ułatwiając zrozumienie budowy obserwowanych surowców.

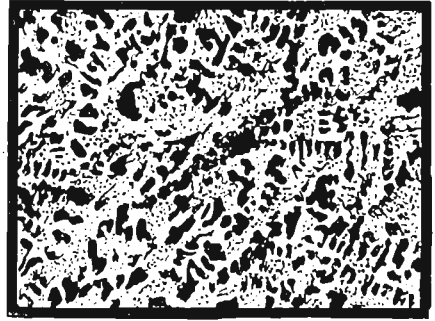
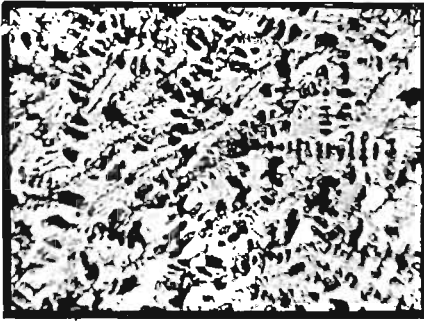


Rys. 6.
Schemat 2-gi.

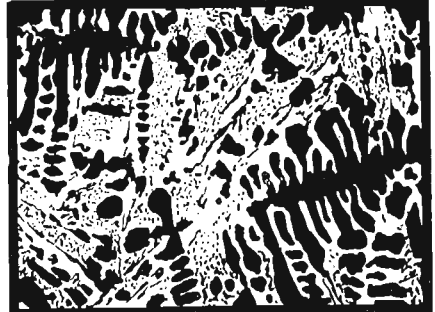


Rys. 7. Wykres topliwości stopów żelaza z węglem.

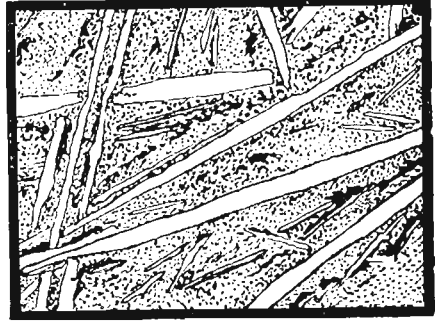
Reprodukcje typowych surowców białych wykonane są w dwóch powiększeniach, przy których były obserwowane przez studentów (rys. 8, 9, 10 i 11).



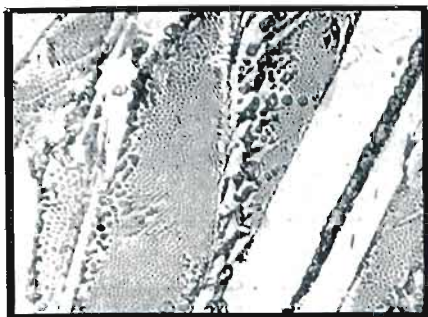
Rys. 8. Surowiec biały podeutektyczny. Ciemne dendryty roztworu stałego granicznego na tle ledeburitu. $P = 40$. Na lewo mikrofotografia, na prawo rysunek piórkiem.



Rys. 9. Poprzeczna próbka przy znaczniejszem powiększeniu $P = 75$.



Rys. 10. Surowiec biały nadeutektyczny. Jasne kryształy cementytu na tle ledeburitu. $P = 40$. Na lewo mikrofotografia, na prawo rysunek piórkiem.



Rys. 11. Poprzeczna próbka przy znaczniejszem powiększeniu $P = 75$.

Mikrofotografje są wykonane, sposobem pigmentowym na blaszkach niklowych, odtwarzając przez to, możliwie dokładnie, obraz widziany pod mikroskopem.

Obok umieszczone są reprodukcje mikrografji, wykonane piórkem i wskazujące metodę, według której student może wystarczająco ściśle odrysować widziany przez siebie obraz, jak tego żąda instrukcja.

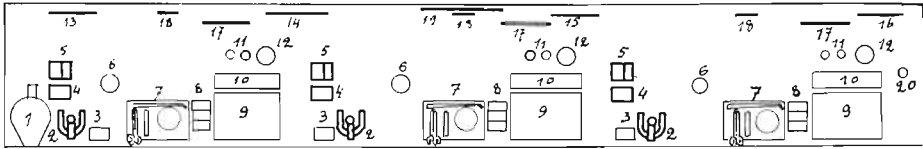
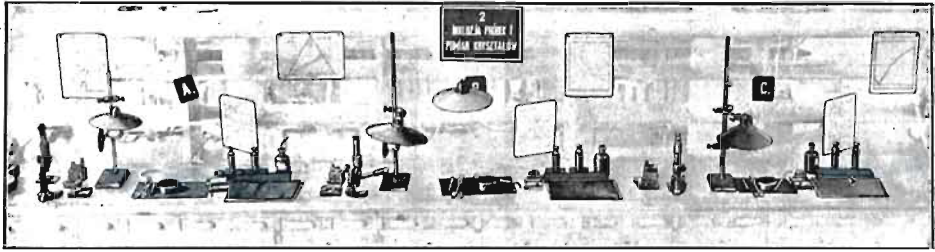
ĆWICZENIE 2-gie.

Pomiar kryształów i inkluzja małych próbek.

Przy ćwiczeniu 2-gim student rozporządza już prawdziwym mikroskopem metalograficznym, typu warsztatowego, bez śruby mikrometrycznej. Badana bywa próbka surowca szarego inkludowana w szelaku i próbka stopu łożyskowego, w której mierzona jest wielkość kryształów zapomocą okularu podziałowego. Powiększenie dochodzi już do 250.

a) Przyrządy.

Ogólne ustawienie przyrządów przedstawia rys. 12. Schemat wskazuje №№ odpowiadające inwentarzowi.



Rys. 12. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 2-giem.

Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Mieszek ręczny do suszenia próbek	1
2	Mikroskop warsztatowy Reicherta ($K_1 = 1,2$) z oświetlaczem Florence'a	3
3	Objektyw № 3 Leitz, $K_2 = 13,2$. Objektyw № 5 Leitz, $K_2 = 40,0$. Okular № 2 Leitz, $K_3 = 5,5$. Okular podziałowy $K_3 = 5,5$.	3
4	Błazka stalowa o znanej grubości, inkludowana w oprawce.	3
5	Lampka elektryczna do oświetlacza 4 v.	3
6	Bateria kieszonkowa 4 v. do oświetlacza.	3
7	Paleczka szelaku do inkluzji. Dmuchałka z rurką gumową. Szczypce. Płytki żelazna	3
8	Próbki stopów łożyskowych i surowca szarego. Rurki do inkludowania. Korytko z plasteliną	3
9	Tafla szklana do polerowania. Papier émeri 0000 i potée 0000.	3
10	Poduszka do polerowania	3
11	Odczynniki: 1) 1% H_2CrO_4 i 10% HCl + woda (odczynnik chromowy) 2) nasycony roztwór wodny kwasu pikrynowego	3
12	Buteleczka z zawiesiną tlenu żelazowego i pulweryzátorem	3
13—19	Tablice z instrukcjami, napisami i wykresami	11
20	Słoiczek z roztworem nadmanganianu potasowego dla dezynfekcji pulweryzátora	1
bez Nr	Tablica z mikrofotografiami i rysunkami badanych stopów	2

b) Instrukcje.

Ćwiczenie to ma na celu: badanie stopów łożyskowych i określenie wymiarów ich składników oraz inkluzję małych próbek, ułatwiającą ich polerowanie.

A. Badanie stopów łożyskowych. I. Próbkę stopu łożyskowego wypolerować, wytrawić (5 sek.) odczynnikami chromowym, umocować w ryńnicy z mastykiem i umieścić o kilka mm. poniżej obiektywu № 3 mikroskopu, zaopatrzono go w oświetlacz.

II. Obrócić oświetlacz, by się oparł o korpus mikroskopu. Posługując się białą kartką, skierować za pomocą lusterka światło lampy wewnątrz oświetlacza. Sprawdzić, czy na próbce widać okrągłą tarczę promienia oświetlającego. Uregulować odległość mikroskopu, by obraz był dobrze widoczny. Ponownie uregulować oświetlacz.

III. Narysować, obserwowany pod mikroskopem, obraz i objaśnić budowę danego stopu, mającego skład chemiczny: $Pb = 80\%$, $Sb = 20\%$ ¹⁾.

IV. Zastąpić próbkę stopu łożyskowego przez oprawkę z inkludowaną blaszką stalową o grubości przeciętnej $e_0 = 150 \mu$ ($\mu = 0,001 \text{ mm}$). Zaopatrzyć mikroskop w okular podziałowy; ustawić tak, by obraz blaszki stalowej był wyraźnie widoczny i zmierzyć jej grubość w trzech miejscach. Gdy przeciętna tych trzech pomiarów wyraża się przez d_0 podziałek okularu, stałą powiększenia k oblicza się przez $k = \frac{e_0}{d_0}$, długości zaś e , obserwowane pod mikroskopem, wyrażone będą w „ μ ” przez wzór $e = kd$, gdzie d jest odnośną ilością podziałek okularu.

V. Umieścić ponownie pod mikroskopem próbkę stopu łożyskowego i zmierzyć wymiary trzech przeciętnych kryształów.

B. Inkluzja małych próbek. I. Zmienić oświetlenie mikroskopu. Do tego należy wyjąć z oświetlacza jego zakończenie z lusterkiem i wstawić na to miejsce małą lampkę, włączoną do obwodu z baterijką kieszonkową i przerywaczem prądu.

II. Małym płomykiem gazowym ogrzać koniec prętu z szelaku, by stopiona jego kropla upadła na płytę żelazną. Umocować próbkę na płycie, wciskając ją do ogrzanej kropli szelaku. Następnie, nakryć próbkę rurką do inkludowania tak, by zajęła jej środek. Rurkę zlekka ogrzać i napełnić szelakiem, posługując się małym płomykiem gazowym. Po skrzepnięciu szelaku, rurkę lekkim uderzeniem odłączyć od płyty.

III. Inkludowaną, w ten sposób, próbkę szarego surowca wypolerować na papierze szmirglowym, by jej część inkludowana stała się widoczną. O ile na szelaku widać wklęsłości, spowodowane przez pęcherzyki, ogrzać tę powierzchnię, pokryć ją kilku kroplami szelaku i nanowo polerować.

IV. O ile boki rurki są ostre, zaokrąglić je pilnikiem lub na szli-fierce. Wypolerować próbkę na papierze szmirglowym potée i za pomocą tlenku żelazowego.

¹⁾ Inne składy: 20% Sb, 80% Sn i 80% Pb, 15% Sb, 5% Sn.

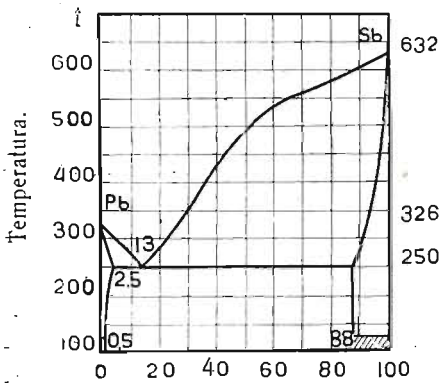
V. Obserwować próbkę pod mikroskopem i odrysować widziany obraz.

VI. Wytrawić kwasem pikrynowym w roztworze wodnym, wymyć i wysuszyć. O ile na powierzchni próbki, po wytrawieniu, daje się zauważyć nalot żółtawy (a nie szary, jak być powinno), należy przy myciu pocierać zlekka palcem (czystym) powierzchnię próbki, by usunąć ten osad kwasu pikrynowego.

VII. Wytrawioną powierzchnię obserwować pod mikroskopem i odrysować.

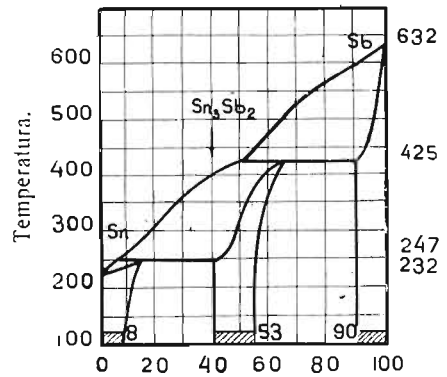
VIII. Zastąpić obiektyw № 3 przez silniejszy obiektyw № 5. Obserwować próbkę i odrysować szczegóły zaobserwowanej budowy.

Skład ciężarowy.

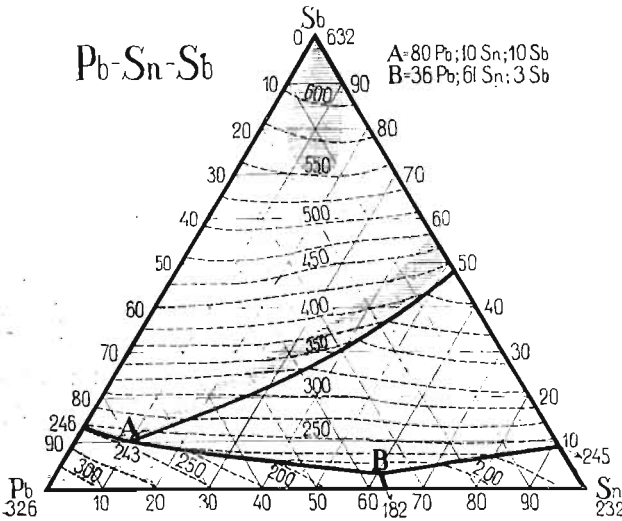


Rys. 13. Wykres topliwości stopów ołów-antymon.

Skład ciężarowy.



Rys. 14. Wykres topliwości stopów cyna-antymon.



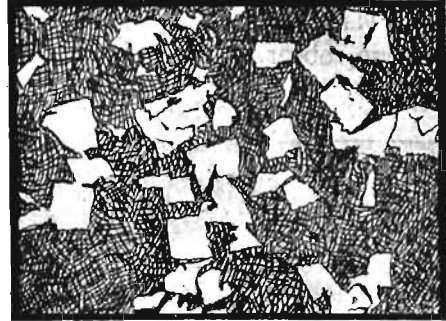
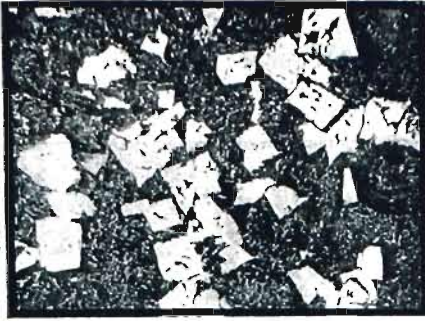
Rys. 15. Wykres topliwości stopów ołów-cyna-antymon.

c) Pomoce.

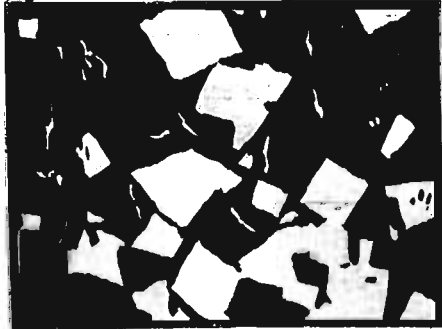
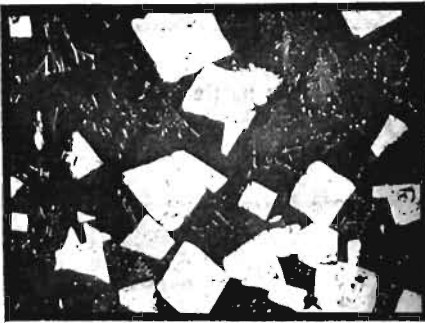
Pomoce składają się z wykresów topliwości stopów łożyskowych, badanych przy ćwiczeniu 2-gim i z odnośnych mikrografji.

Wykresy topliwości obejmują stopy podwójne ołów-antymon (rys. 13) i cyna-antymon (rys. 14) a także stopy potrójne cyna-ołów-antymon (rys. 15).

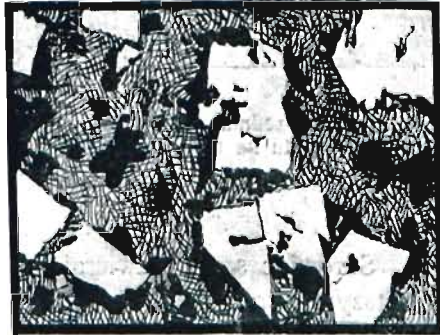
Na podstawie tych wykresów, studenci wskazują w swych sprawozdaniach sposób krzepnięcia badanych stopów i wyjaśniają ich budowę.



Rys. 16. Stop zawierający 80% Pb, 20% Sb. Jasne kryształy antymonu na tle eutektyki. $P=80$. Na lewo mikrografia, na prawo rysunek.



Rys. 17. Stop zawierający 80% Sn, 20% Sb. Jasne kryształy roztworu stałego antymonu w związku Sn_3Sb_2 (około 50% Sb) na tle roztworu stałego granicznego o 9% antymonu. $P=80$. Na lewo mikrografia, na prawo rysunek.



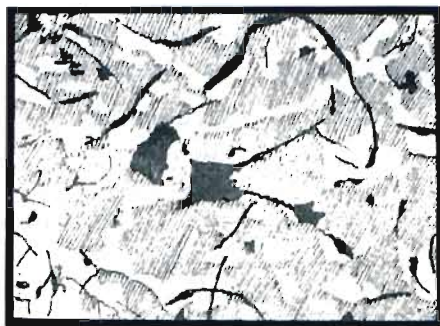
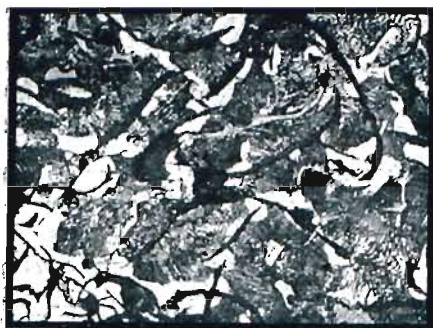
Rys. 18. Stop łożyskowy o składzie: 80% Pb, 15% Sb, 5% Sn. Jasne kryształy antymonu na tle ciemnej eutektyki podwójnej ołów-antymon i szarej eutektyki potrójnej. $P=80$. Na lewo mikrografia, na prawo rysunek.

Budowę obserwowanych stopów łożyskowych przedstawiają rysunki 16, 17 i 18. Mikrografje wykonane są sposobem pigmentowym na metalowych płytkach, rysunki wykonane są piórkiem.

Na rysunkach 19 i 20 przedstawione są mikrofotografje surowca szarego, obserwowanego po wypolerowaniu i wytrawieniu.



Rys. 19 Surowiec szary nietrawiony. Czarne kryształy grafitu na tle metalu. $P = 250$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek.



Rys. 20. Poprzednia próbka po wytrawieniu roztworem kwasu pikrynowego. Czarne kryształy grafitu na tle jasnego ferrytu i szarego perlitu. $P = 250$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek.

Surowiec szary, zawierający grafit-ferryt-perlit (rys. 20) jest najpopularniejszym wśród gatunków przemysłowych i dla tego najczęściej używany przy ćwiczeniu. Od czasu do czasu zastępują go inne gatunki surowca szarego o składnikach grafit-ferryt i grafit-perlit-cementyt.

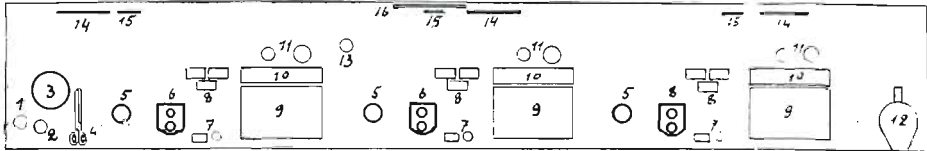
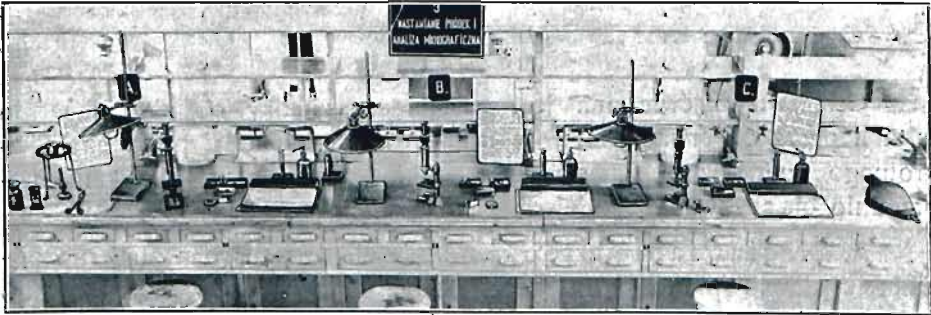
ĆWICZENIE 3-cie.

Nastawianie próbek i analiza mikrograficzna.

Przy ćwiczeniu 3-im przechodzi student do badania stali wyżarzanej. Rozporządza on mikroskopem bardziej doskonałym, ze śrubą mikrometryczną i oświetlaczem, pozwalającym na znacznie większe powiększenia (około 500, tu stosowane). Próbki stali zostają tak nastawione, by mogły być badane w tym samym miejscu kolejno dwoma odczynnikami dla odróżnienia ferrytu od cementytu. Następnie, w próbce stali podeutektoidalnej, zawartość węgla ma być oznaczona z dokładnością 0,1% zapomocą okularu siatkowego.

a) Przyrządy.

Ustawianie przyrządów przedstawia rys. 21, na schemacie którego wskazane są №№ odpowiadające inwentarzowi.



Rys. 21. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 3-im.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Stoik z 4% roztworem pikratu sodowego w ługu sodowym ¹⁾	1
2	Klepsydra 5-cio minutowa	1
3	Trójnog z trójkątem i tygielkiem porcelanowym do gotowania pikra- tu sodowego	1
4	Szczypce używane przy trawieniu pikratem sodowym	1
5	Lampa elektryczna z przesłonką	3
6	Mikroskop Reicherta ze śrubą mikrometryczną i oświetlaczem Rejtö. K ₁ = 1,2	3
7	Przyrząd do nastawiania próbek i korytko z plasteliną	3
8	Obiektyw N ^o 4 Reicherta, K ₂ = 16; Obiektyw N ^o 7 Reicherta, K ₂ = 60; Okular N ^o 3 Leitza, K ₃ = 6,6; Okular N ^o 3 Leitza z podziałką siatkową, K ₃ = 6,6; Próbki stali	3
9	Tafla szklana do polerowania; Papier émeri 0000 i potée 0000	3
10	Poduszka do polerowania	3
11	Stoiczek z 4% roztworem kwasu pikrynowego w alkoholu; Stoiczek z zawiesiną tlenku żelazowego w wodzie i pulweryzátorem	3
12	Mieszek ręczny do suszenia próbek	1
13	Stoiczek z roztworem nadmanganianu potasowego dla dezynfekcji pul- weryzatorów	1
14,15,16	Tablice z instrukcjami i napisami	7
bez N ^o	Tablice z fotografjami i rysunkami badanych próbek stali	2

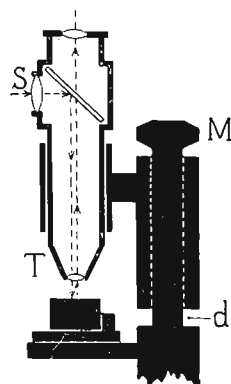
b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest zastąpienie analizy chemicznej węgla w stali przez obserwację mikrograficzną. O ile zachodzi potrzeba kilkakrotnego wytrawiania, „nastawianie próbki“ pozwala na odszukanie poprzednio obserwowanego miejsca.

A. Nastawianie próbki. I. Jeżeli dana próbka stali nie posiada wąskiego pionowego karbu, zrobić go zapomocą cienkiej piłki. Wypolerować próbkę, wytrawić 4% alkoholowym roztworem kwasu pikrynowego i umieścić na stoliku mikroskopu, zaopatrzonego w oświetlacz i w przyrząd do nastawiania.

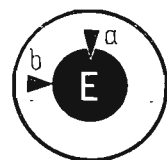
¹⁾ Odczynnik ten przygotowuje się w sposób następujący. Do 100 cm.³ 20% ługu sodowego dodaje się 4 gr. kwasu pikrynowego. Po 30 minutowem gotowaniu odsącza się roztwór i przechowuje w ciemności.

II. Ustawić mikroskop. Do tego (rys. 22) obniżyć tak tubus *T*, by obiektyw znajdował się na odległości 1 mm. od powierzchni próbki. Sprawdzić, czy droga wolna *d* dla ruchu mikrometrycznego wynosi 2—3 mm. Umieścić lampę oświetlającą na odległości 50 cm. od mikroskopu na wysokości soczewki *S* oświetlacza. Przez ruch tubusu *T* ustawić mikroskop aż do ukazania się obrazu, uzupełnić ustawianie przez obrót śruby mikrometrycznej *M*.



Rys. 22. Ustawienie mikroskopu.

III. Ustawić pod mikroskopem przyrząd do nastawiania: nóż *a* (rys. 23) wstawić do karbu próbki *E*, opierając jej bok o nóż *b*. Przesuwając przyrząd do nastawiania pod mikroskopem, wybrać obraz charakterystyczny dla budowy stopu. Przytwierdzić plasteliną przyrząd do nastawiania do stolika mikroskopu. Odrysować widziany obraz.



Rys. 23. Przyrząd do nastawiania.

IV. O ile widziany pod mikroskopem obraz wykazuje białe kryształy na szarym tle perlitu, należy odróżnić zapomocą alkalicznego roztworu pikratu sodowego, czy te białe kryształy są cementytem, czy ferrytem.

Próbkę stali ponownie wypolerować i umieścić na 5 minut (mierzonych klepsydrą) do wrzącego roztworu pikratu sodowego. Wypolerowaną powierzchnię umieścić ku górze, dla uniknięcia pęcherzyków powietrza. Wyjąć próbkę, obmyć, pocierając zlekka czystym palcem wytrawioną powierzchnię, wysuszyć i obserwować ustawiając, jak poprzednio, próbkę pod mikroskopem, opartą karbem o nóż *a*. O ile kryształy, widziane na tle perlitu, pociemniały, jest to cementyt, o ile pozostały jasne, jest to ferryt. Widziany obraz odrysować i porównać z poprzednim.

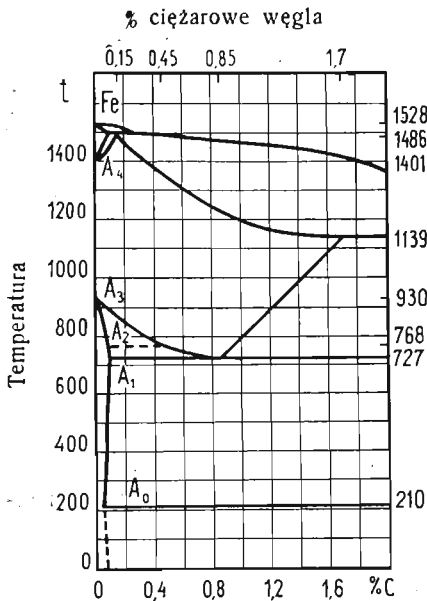
B. Analiza mikrograficzna. I. Mikrograficznie może być określona zawartość węgla w stali, dobrze wyżarzonej i zawierającej sumarycznie mniej niż 0,5% domieszek Mn, Ni, Cr, Si i nie więcej niż 0,8% C.

Całkowicie ciemny obraz wskazuje na czysty perlit, czyli na zawartość 0,8% węgla. Zupełnie jasny obraz wskazuje na ferryt, prawie całkowicie pozbawiony węgla. Obraz utworzony w połowie z jasnego ferrytu, w połowie z ciemnego perlitu wskazuje 0,4% węgla i t. d.

II. Próbki stali pondeutektoidalnej wypolerować i wytrawić alkoholowym roztworem kwasu pikrynowego.



III. Zaopatrzyć mikroskop w okular podziałowy o 100 kratkach. Zliczyć ilość n kratek w których perlit zajmuje większą część powierzchni. Procentowa zawartość węgla wynosić będzie: $\%C = 0,008 n$. Powiększenie powinno być wystarczające na to, by uboższe składniki mikrograficzne stopu mogły zajmować przeszło połowę pola krater.



Rys. 24. Wykres przemian zachodzących w stali węglistej.

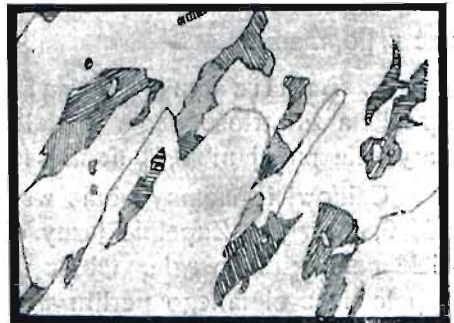
IV. Zmienić obiektyw № 4 na silniejszy № 7. Obserwować i odrysować szczegóły budowy perlitu w stali wyżarzanej.

c) Pomoce.

Pomoce naukowe składają się z wykresu przemian zachodzących w stali, (rys. 24) umieszczonego, w wielkim formacie, na ścianie sali ćwiczeń i z reprodukcji obserwowanych próbek stali.

Reprodukcje próbek, wykonane jak poprzednio, mikrofotografią pigmentową na metalu i rysunkiem piórkowym, odnoszą się do stali pod- i nad-eutektoidalnej.

Stal pod-eutektoidalna, trawiona kwasem pikrynowym, przedstawiona jest w dwóch powiększeniach, z których słabsze (rys. 25) pozwala na analizę mikrograficzną, silniejsze (rys. 26) różniczkowuje części składowe perlitu.

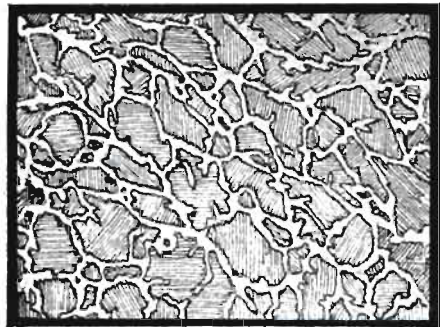


Rys. 25. Stal o 0,2% C. Jasne krysztale ferrytu na tle perlitu. P = 125.

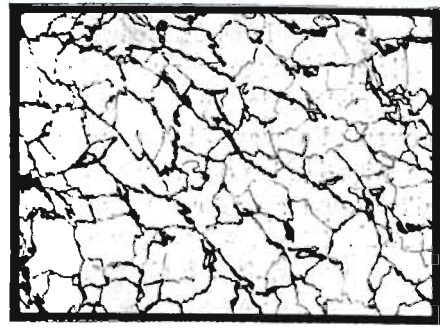
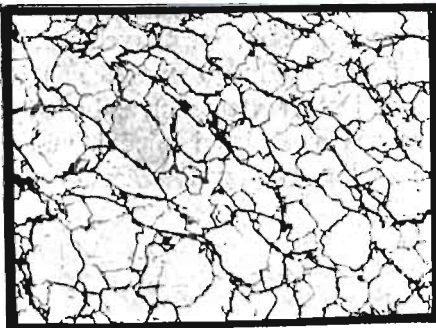


Rys. 26. Stal o 0,4% C. Jasne kryształy ferrytu na tle perlitu. P = 500.

Stal nadeutektoidalna przedstawiona jest również w dwóch powiększeniach, w każdym zaś z tych powiększeń budowa została uwydatniona przez kolejne wytrawianie tego samego miejsca kwasem pikrynowym i pikratem sodowym (rys. 27 — 30).



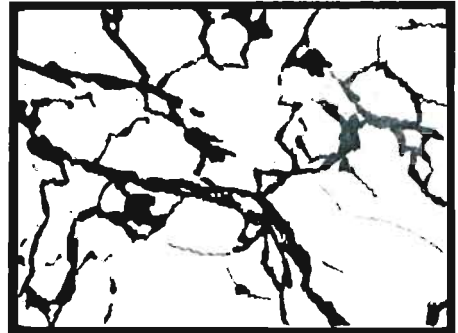
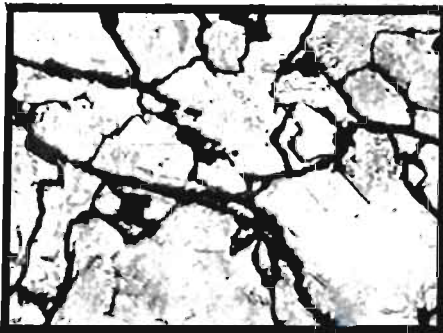
Rys. 27. Stal o 1,5% C trawiona kwasem pikrynowym. Jasne kryształy cementytu na tle perlitu. P = 125.



Rys. 28. Poprzednia próbka trawiona pikratem sodowym. Ciemne kryształy cementytu na tle perlitu. P = 125.



Rys. 29. Próbką przedstawioną na rys. 27 przy znaczniejszem powiększeniu. P = 500.



Rys. 30. Próbką przedstawioną na rys. 28 przy znaczniejszem powiększeniu. P = 500.

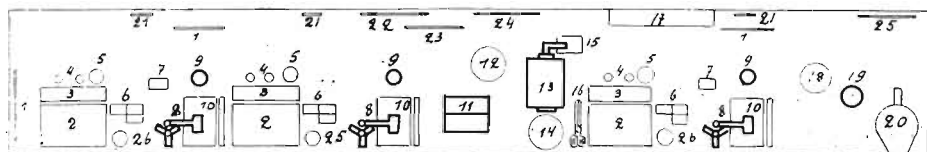
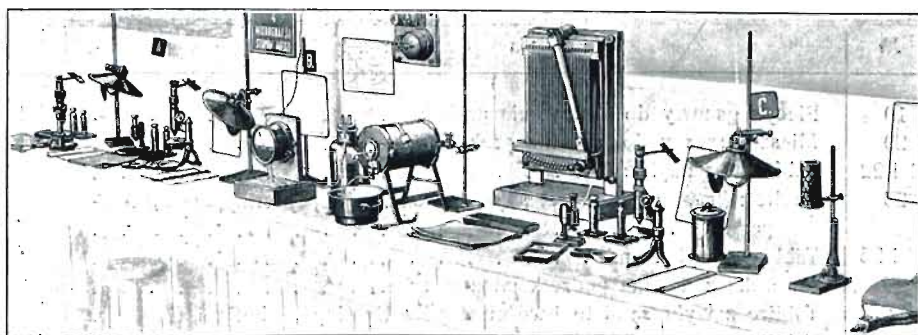
ĆWICZENIE 4-te.

Mikrografja stopów miedzi.

Ćwiczenie 4-te poświęcone jest stopom miedzi, z których część podlega obróbce termicznej dla wykorzenia błędnego mniemania iż tylko stale dają się hartować. Obserwowana jest przytem zmiana budowy bronzu glinowego, lub cynowego, budowa zaś mosiądzu i miedzi, mniej lub więcej utlenionej, odrysowana zostaje zapomą przystosowanego do mikroskopu aparatu rysunkowego.

Przyrządy.

Ustawienie przyrządów przedstawia rys. 31, zaopatrzony w schemat wskazujący odpowiednie №№ inwentarza.



Rys. 31. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 4-tem.

Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Tablica z instrukcją	3
2	Tafla szklana do polerowania. Papier émeri 0000 i poté 0000	3
3	Poduszka do polerowania	3
4	Śłoiczki z odczynnikiem jodowym (10% roztwór alkoholowy); Śłoiczki z odczynnikiem chromowym (roztw. wodny 10% HCl i 1% H ₂ CrO ₄)	3
5	Śłoiczki z zawiesiną tlenku żelaza i pulweryzatorami	3
6	Próbki stopów miedzi (3). Blaszka stalowa, o znanej grubości, inkludowana w oprawce	3
7	Aparat do poziomego ustawiania próbek. Szkiełka z plasteliną do umocowania próbek	2
8	Mikroskop z zębatką i śrubą mikrometryczną, (Reichert), K = 1,2. Oświetlacz Rejtö. Przyrząd rysunkowy według Abbego. Okular Reicherta № 4, K ₃ = 7,1. Obiektyw Reicherta № 5, K ₂ = 34;	3
9	Lampa elektryczna (Philips Argenta) z przesłoną	3
10	Linijka z podziałką milimetrową, arkusz białego papieru	3
11	Galwanometr do pomiaru temperatury	1
12	Ślój z wodą do zimnych końców termopary	1
13	Oporowy piec elektryczny	1
14	Naczynie z wodą do hartowania	1
15	Statyw z umocowaną w nim termoparą	1
16	Szczypce	1
17	Opornik	1
18	Ślój z watą	1

№	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
19	Piecyk gazowy do hartowania próbek	1
20	Mieszek ręczny do suszenia próbek	1
21 i 22	Tabliczki z napisami	4
23	Tablica: krzywa zależności siły elektromotorycznej termopary od temperatury	1
24 i 25	Tablice z wykresami	3
26	Miseczka z dwoma pędzelkami z waty	3
bez №	Tablice z wykresami topliwości stopów Cu-Cu ₂ O, Cu-Sn i Cu-Zn	4
bez №	Tablice z fotografiami i rysunkami stopów miedzi	3
bez №	Nożna polerka rotacyjna	1

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest zaznajomienie z budową stopów miedzi i przemianami, którym podlegają niektóre z nich pod wpływem obróbki termicznej.

A. Hartowanie stopów miedzi. I. Puścić prąd do pieca elektrycznego, zatrzymując ogrzewanie przy 700°.

II. Odpolerować daną próbkę № 1, o składzie 24% Sn, 76% Cu ¹⁾ z początku na papierach szmirglowych, następnie na polerce nożnej, poczem wytrawić odczynnikami chromowym do chwili lekkiego zamglenia powierzchni lub wystąpienia zarysu komórek krystalicznych.

III. Ustawić poziomo wytrawioną powierzchnię próbki. W tym celu umieścić próbkę powierzchnią trawioną ku górze na plastelinie, znajdującej się na szkiełku i przycisnąć dość mocno tłoczek aparatu do ustawiania próbek, tak żeby powierzchnia próbki, włożonej o kilka mm. do plasteliny, całkowicie przyległa do płaskiej części tłoczka.

IV. Ustawić mikroskop, jak w poprzednim ćwiczeniu. Większe przesunięcie wykonywuje się za pomocą zębátky, mniejsze śrubą mikrometryczną.

V. Narysować i wyjaśnić, według wykresu, budowę stopu.

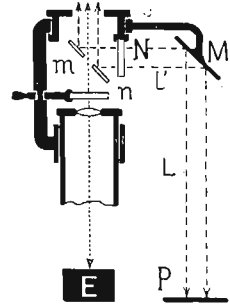
VI. Utrzymać daną próbkę w piecu elektrycznym przy 700° przez 1/2 godz., poczem szybko zahartować w wodzie. Podczas ogrzewania badać inne stopy miedzi.

VII. Zdrzeć warstwę tlenków na szlifierce, polerować na papierach szmirglowych, na polerce nożnej i trawić odczynnikami chromowym.

VIII. Narysować obserwowany obraz i wyjaśnić na wykresie budowę stopu.

¹⁾ Inny skład: 9% Al, 91% Cu.

B. Obserwacja stopów miedzi. I. Umocować, do górnej części mikroskopu przyrząd rysunkowy (rys. 32) w którym lustro m , zaopatrzone po środku w mały otworek, doprowadza do oka równocześnie promienie z próbki E i papieru rysunkowego P . O ile pole papieru rysunkowego jest zbyt jasne, tak że obraz próbki staje się niewyraźny, osłabić należy promień L przez ustawienie zielonkawego szkła N ; o ile zbyt jasne jest pole próbki, tak że niewidocznym się staje obraz przerysowany, osłabia się jej promień przez ustawienie zielonkawego szkła n .



Rys. 32. Przyrząd rysunkowy.

II. Odpolerować i wytrawić kolejno odczynnikami chromowym dane próbki, obserwować pod mikroskopem, wyjaśnić i narysować za pomocą przyrządu rysunkowego budowę każdej z nich.

Nr próbki.	Skład chemiczny.	Rodzaj obróbki termicznej.
Nr 2	5% Cu_2O , 95% Cu	Powoli studzona ¹⁾
Nr 3	40% Zn, 60% Cu	Powoli studzona ²⁾

III. O ile próbki mosiądzu i miedzi wykazują, pomimo dokładnego polerowania, rysy pochodzące od zgniotu przy wstępnym polerowaniu i utrudniające dalszą obserwację, należy zdjąć wierzchnią warstwę metalu, postępując w następujący sposób: pokryć niewytrawioną powierzchnię próbki 10% roztworem jodu w alkoholu i poczekać 15 sek., potem umieścić próbkę w strumieniu wody i zetrzeć czystym mokrym palcem warstwę białego osadu, następnie trawić odczynnikami chromowym.

C. Oznaczenie powiększenia mikroskopu. Zamiast próbki, umieścić pod mikroskopem inkludowaną płytkę stalową o grubości $e = 150 \mu$. Na miejsce papieru rysunkowego umieścić podziałkę milimetrową na której pozorna grubość płytki stalowej, widzianej pod mikroskopem, wynosi k mm. Wobec tego, że przebieg promienia od podziałki wynosi $L + L'$ cm., zaś przebieg promienia od próbki wynosi l cm., powiększenie mikroskopu X wyrażone będzie przez wzór:

$$X = \frac{10^3 k}{e} \frac{l}{L + L'}$$

Zmierzyć $L + L'$ oraz l i obliczyć X .

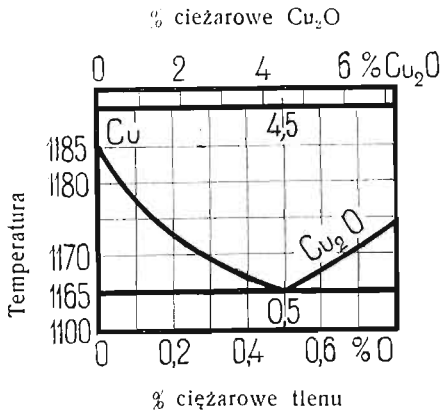
¹⁾ Inne składki: miedź elektrolityczna i 2% Cu_2O , 98% Cu.

²⁾ Inne składki: 33% Zn, 67% Cu i 10% Sn, 90% Cu po odłaniu i po wyżarzeniu.

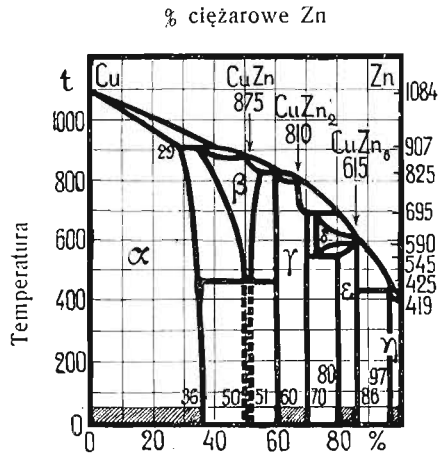
c) *Pomoce.*

Pomoce naukowe przy ćwiczeniu 4-tem składają się z wykresów topliwości, wykresów własności mechanicznych i z reprodukcji badanych stopów.

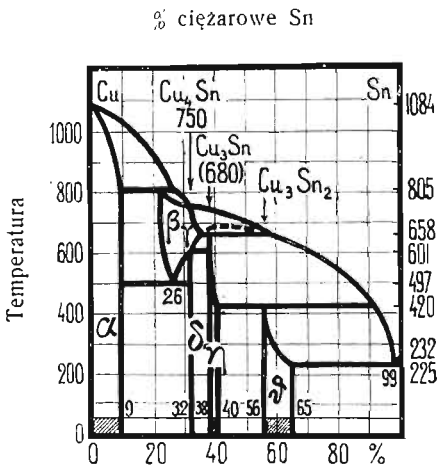
Wykresy topliwości miedzi z tlenkiem miedziawym (rys. 33), miedzi z cynkiem (rys. 34) i miedzi z cyną (rys. 35) umieszczone zostały w dużym formacie na ścianie sali ćwiczeń. Fragment z wykresu topliwości miedzi z glinem (rys. 36), dotyczący bronzów glinowych, umieszczony jest przy stole ćwiczebnym.



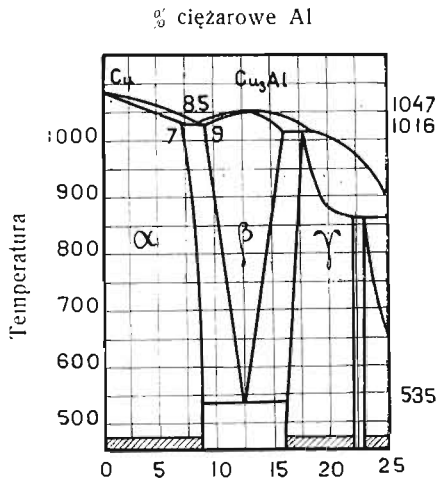
Rys. 33. Wykres topliwości miedzi z tlenkiem miedziawym.



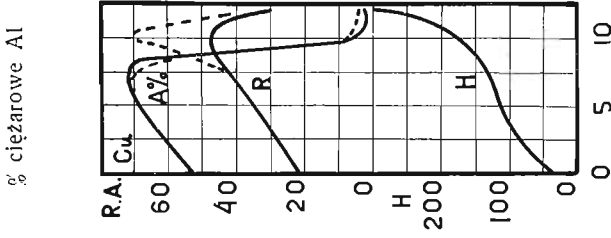
Rys. 34. Wykres topliwości miedzi z cynkiem.



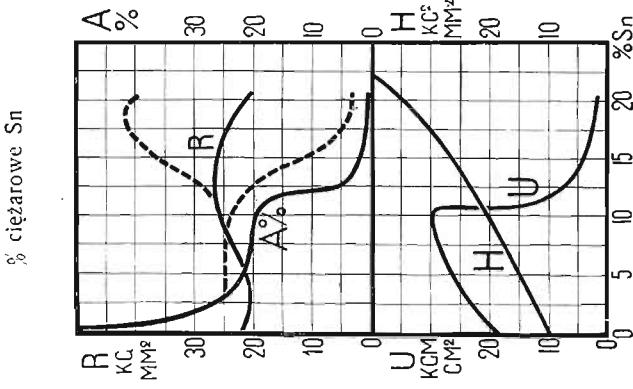
Rys. 35. Wykres topliwości miedzi z cyną.



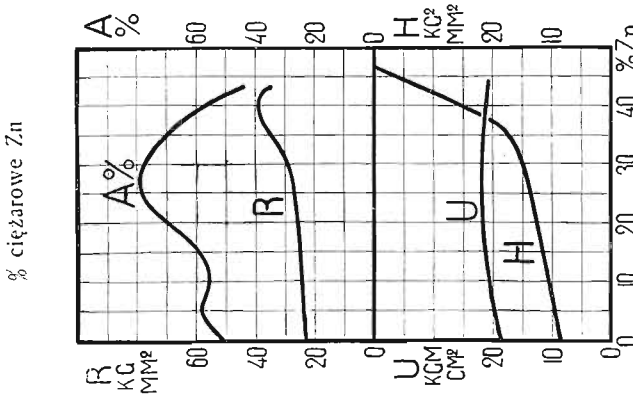
Rys. 36. Część wykresu topliwości miedzi z glinem



Rys. 39. Mechaniczne własności bronzów glinowych. R — wytrzymałość na rozzerwanie; A% — wydłużenie w % przy rozzerwaniu; H — twardość Brinella. Linje ciągłe odnoszą się do stopów wyzorzonych poniżej 500°, linje przerywane do stopów hartowanych powyżej 550°.



Rys. 38. Mechaniczne własności stopów miedzi z cyną. R — wytrzymałość na rozzerwanie; A% — wydłużenie w % przy rozzerwaniu; H — twardość Brinella i U — udarność. Linje ciągłe odnoszą się do stopów wyzorzonych poniżej 500°, linje przerywane do stopów hartowanych powyżej 600°.

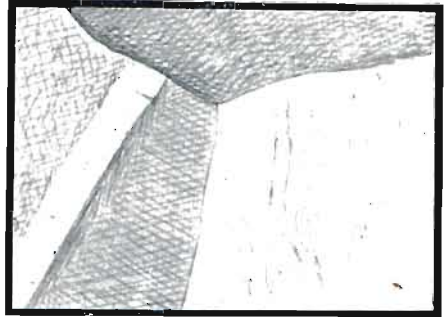
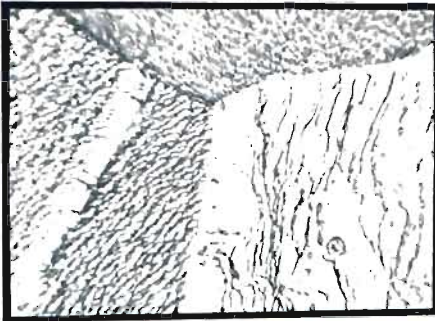


Rys. 37. Mechaniczne własności stopów miedzi z cynkiem. R — wytrzymałość na rozzerwanie; A% — wydłużenie w % przy rozzerwaniu; H — twardość Brinella i U — udarność.

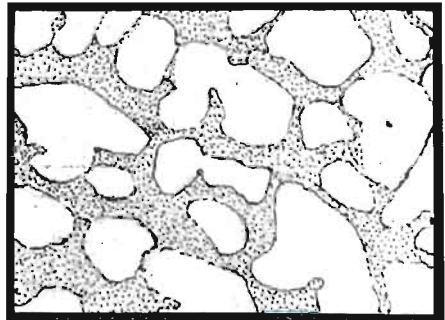
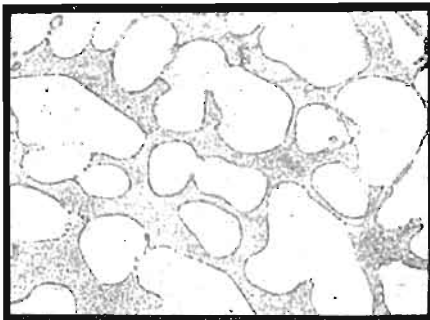
Wykresy, wyrażające własności mechaniczne stopów w zależności od składu, dotyczą jedynie technicznie używalnych stopów miedzi z cynkiem (rys. 37), miedzi z cyną (rys. 38) i miedzi z glinem (rys. 39). Dla stopów miedzi z cyną i z glinem uwydatniony został na tych wykresach wpływ hartowania.

Reprodukcje badanych stopów są przy 4-tym ćwiczeniu dość liczne, gdyż każdy student otrzymuje inne stopy do obserwacji. Umieszczone są one w trzech tablicach, przyczem mikrofotografje wykonane zostały metodą pigmentową na blaszkach z miedzi i z mosiądzu.

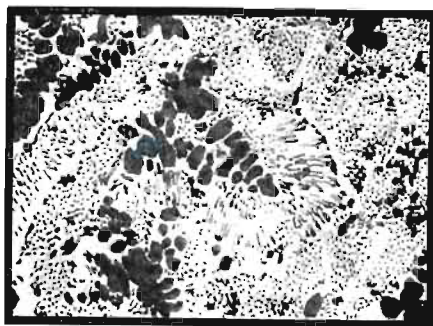
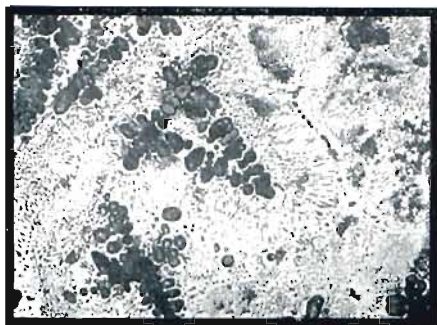
Pierwsza tablica odnosi się do miedzi (rys. 40, 41 i 42).



Rys. 40. Miedź elektrolityczna. Widać zarysy kryształów i komórek. $P = 300$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek tuszeni.

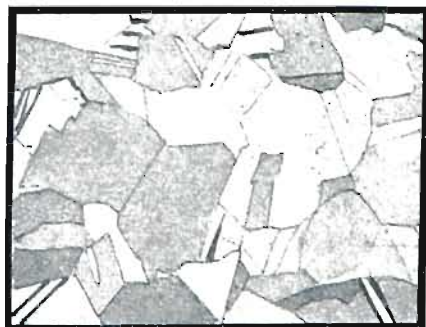
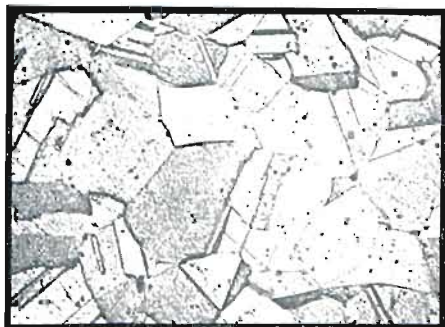


Rys. 41. Podeutektyczny stop miedzi z Cu_2O . Jasne kryształy miedzi na tle eutektyki. $P = 300$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek piórkem.

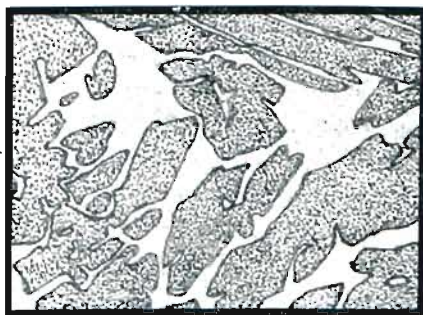
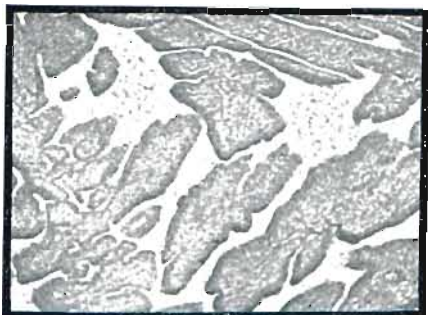


Rys. 42. Nadeutektyczny stop miedzi z Cu_2O . Ciemne kryształy tlenku miedziawego na tle eutektyki. $P = 300$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek piórkim.

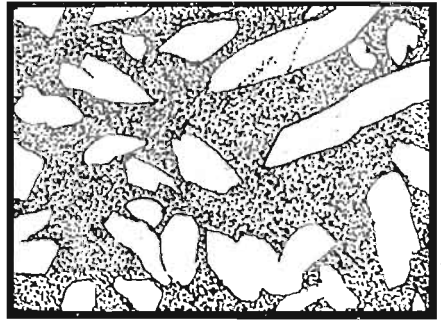
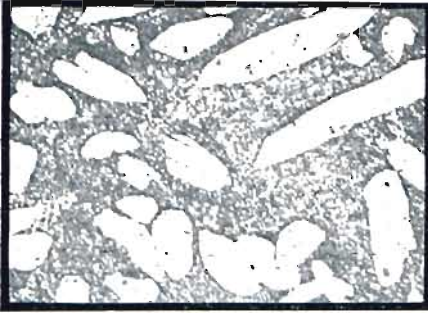
Druga tablica odnosi się do dwóch mosiądzów i do bronzu glinowego przed obróbką termiczną i po niej (rys. 43, 44, 45 i 46).



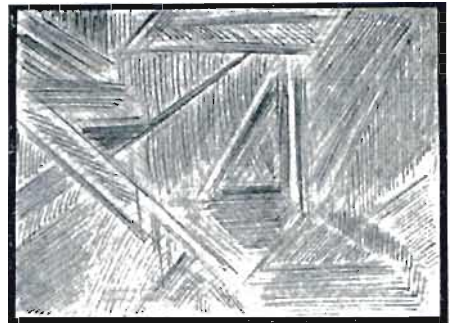
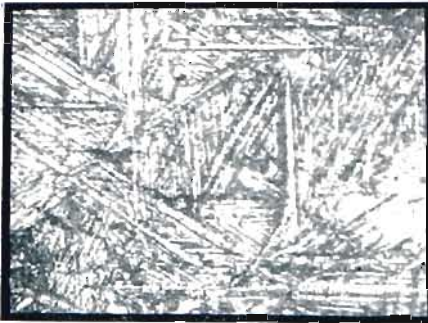
Rys. 43. Mosiądz 1-go gatunku o 33% Zn po wyżarzeniu. Komórki roztworu stałego ze smugami zgniotoweni. $P = 300$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek tuszem.



Rys. 44. Mosiądz 2-go gatunku o 40% Zn po wyżarzeniu. Jasne kryształy roztworu stałego granicznego (36% Zn) na tle związku CuZn . $P = 300$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek piórkim.

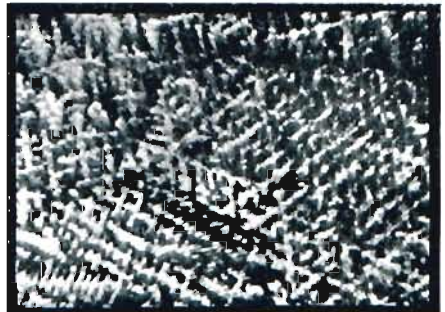
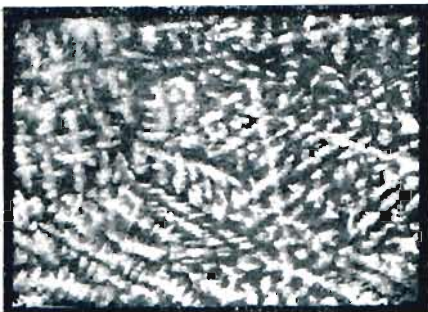


Rys. 45. Bronz glinów o 9% Al po wyżarzeniu. Jasne kryształy roztworu stałego granicznego (7% Al) na tle mieszaniny tego roztworu ze związkem Cu_3Al . $P = 300$. Na lewo mikrofotografia, na prawo rysunek piórkem.

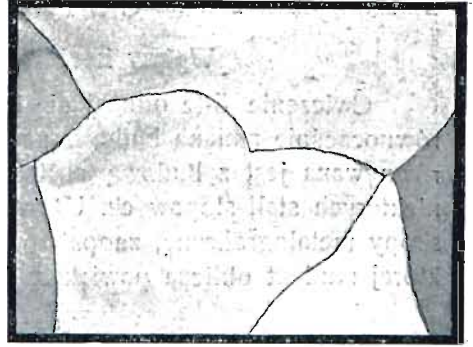
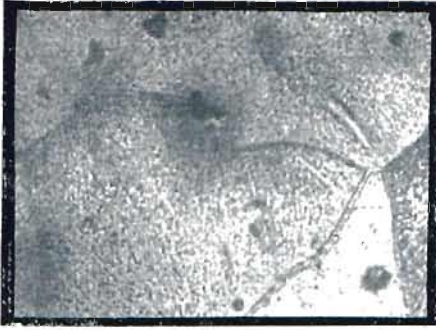


Rcs. 46. Poprzednia próbka po zahartowaniu. Martenzytyczny układ kryształów roztworu stałego. $P = 300$. Na lewo mikrofotografia, na prawo rysunek tuszem.

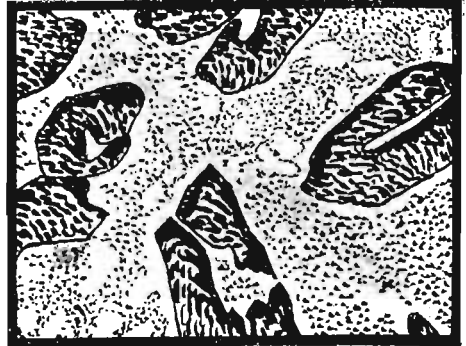
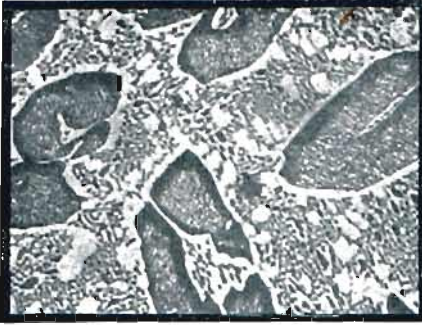
Trzecia tablica zawiera reprodukcje bronzów cynowych (rys. 47, 48, 49 i 50) i uwypatnia zmiany zachodzące pod wpływem obróbki termicznej.



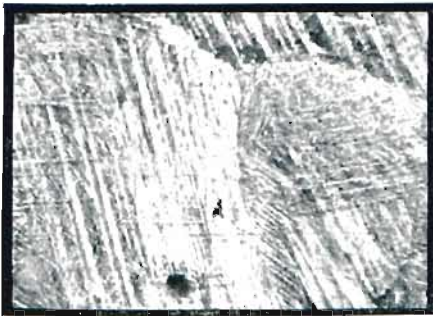
Rys. 47. Bronz o 10% Sn po odlaniu. Roztwór stały niejednorodny o jasnych dendrytach bogatszych w miedź. Na ciemno zarysowują się granice komórek. $P = 300$. Na lewo mikrofotografia, na prawo rysunek tuszem.



Rys. 48. Poprzednia próbka po wyżarzeniu. Komórki roztworu stałego niejednostajnie cieniowane z powodu odmiennej orientacji kryształów. $P = 300$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek tuszem.



Rys. 49. Bronz o 24% Sn po wyżarzeniu. Ciemne kryształy roztworu stałego granicznego (12% Sn) na tle eutektoidu (27% Sn). $P = 300$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek piórkiem.



Rys. 50. Poprzednia próbka po zahartowaniu. Kryształy i komórki roztworu stałego. $P = 300$. Na lewo mikrofotografja, na prawo rysunek tuszem.

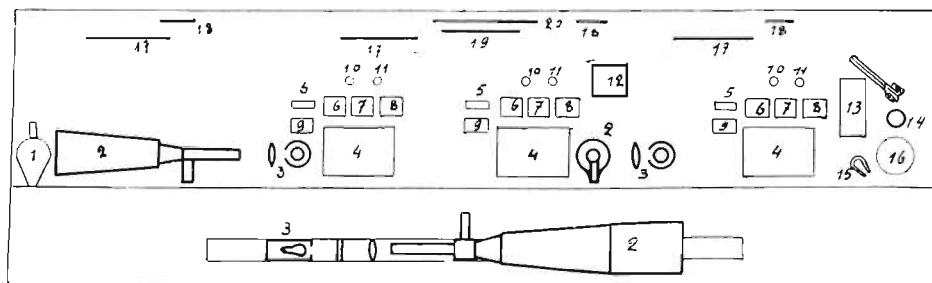
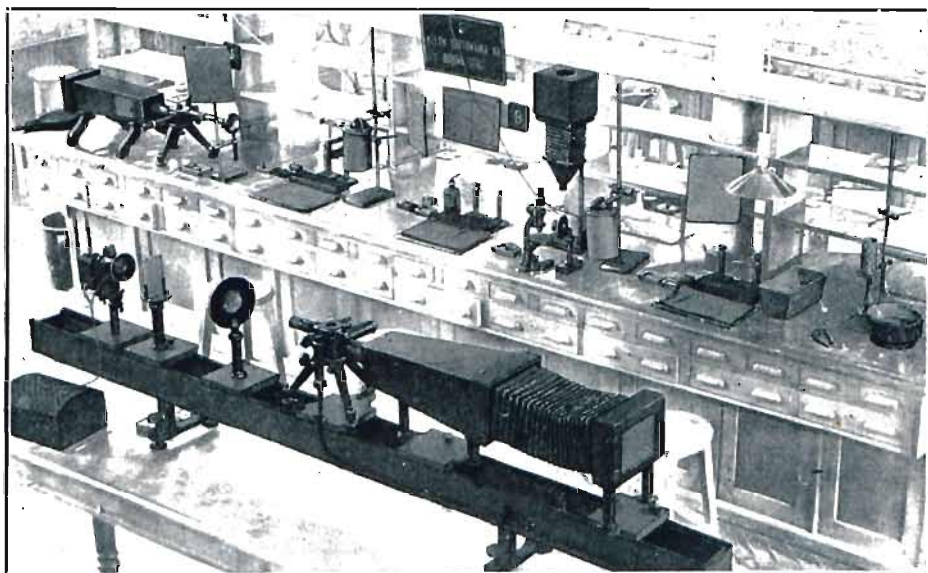
ĆWICZENIE 5-te.

Wpływ hartowania na budowę stali.

Ćwiczenie 5-te odnosi się do hartowania stali. Obserwowana jest równocześnie zmiana budowy perlitycznej na martenzytyczną, ta zaś porównywana jest z budową austenityczną, otrzymywaną przy hartowaniu niektórych stali stopowych. Używane są, przy tem ćwiczeniu, duże mikroskopy metalograficzne, zaopatrzone w kamerę fotograficzną, na matówce której student oblicza powiększenie ewentualnej fotografii.

a) Przyrządy.

Ogólne ustawienie przyrządów przedstawia rys. 51. Schemat wskazuje № № odpowiadające inwentarzowi.



Rys. 51. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 5-tem.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Mieszek ręczny do suszenia próbek	1
2 A	Metalograficzny poziomy mikroskop Pellina z kamerą fotograficzną, K ₁ = 1,7	1
2 B	Mikroskop Reicherta ¹⁾ z zębatką i śrubą mikrometryczną, zaopatrzony w oświetlacz Nacheta, K ₁ = 1,2 (kamera fotograficzna pod N ^o 12)	1
2 C	Metalograficzny mikroskop poziomy Pellina z kamerą fotograficzną, K ₁ = 1,7 (na osobnym stole)	1
3	Lampy elektryczne do oświetlania mikroskopów	3
4	Tafla szklana do polerowania, papier émeri 0000, papier potée 0000	3
5	Linijka z podziałką milimetrową	3
6 i 7	Próbki badanej stali (2)	3
8	Okular Reicherta, N ^o 5, K ₃ = 10,7; Okular projekcyjny Zeissa; Objektyw Reicherta N ^o 5, K ₂ = 40; " " N ^o 3, K ₂ = 13	3
9	Skala 1 mm. = 100 podziałek	3
10 i 11	Odczynniki: 4% roztwór kwasu azotowego w alkoholu izoamylowym i 4% roztwór alkoholowy kwasu pikrynowego	3
12	Statyw z pionową kamerą fotograficzną do mikroskopu 2 B	1
13	Krzemionka infuzoryjna. Szczypce	1
14	Piecyc gazowy do hartowania	1
15	Magnes	1
16	Naczynie z wodą do hartowania	1
17—20	Tablice z instrukcją i napisami	8
bez N ^o	Tablice z fotografjami i rysunkami badanych stopów	1
bez N ^o	Nożna polerka i szlifierka rotacyjna	1

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest zbadanie wpływu obróbki termicznej stali na jej budowę oraz porównanie martenzytycznej budowy stali hartowanej z austenityczną budową stali stopowej.

A. Hartowanie i wyżarzanie. I. Wypolerować próbkę stali (około 0,8% C), posługując się nożną polerką rotacyjną. Wytrawić alkoholowym roztworem kwasu pikrynowego w ciągu 1/2 min. O ile obraz perlitu stanie się widoczny pod mikroskopem, jest to stal wyżarzona; o ile kwas pikrynowy nie uwidoczni wyraźnie budowy, wypolerować próbkę ponownie i wytrawić 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu izoamylowym aż do wyraźnego ujawnienia budowy martenzytycznej (igły, prze-

¹⁾ Mikroskop ten został obecnie zastąpiony przez metalograficzny poziomy mikroskop Leitz'a z kamerą.

cinające się pod kątem 30° lub 60°). Jest to stal hartowana. O ile obraz jest zamglony, przetrzeć próbkę, po wytrawieniu, bardzo lekko na tarczy polerki. Opisać i odrysować otrzymaną budowę stali.

II. a) O ile stal jest wyżarzona, umocowuje się badaną próbkę do drutu i ogrzewa się w płomieniu piecyka gazowego aż do zniknięcia ferro-magnetyzmu, co się rozpoznaje przez dotknięcie sztabką magnesową. Po zniknięciu ferro-magnetyzmu ogrzewa się próbkę jeszcze przez 5 min. dla dokładniejszego rozpuszczenia cementytu, poczem szybko wyjmuje się z ognia i wrzuca do wody.

b) O ile stal jest hartowana, umocowuje się badaną próbkę do drutu i wyżarza przez 15 min. na płomieniu palnika bunzenowskiego, rozgrzewając do czerwoności. Następnie wyjmuje się próbkę z ognia i kładzie do krzemionki infozoryjnej dla zapewnienia powolnego stygnięcia.

III. Po obróbce termicznej (hartowanie, czy wyżarzanie), powierzchnię próbki zdziera się na szlifierce, conajmniej na głębokość 0,5 mm., by zdjąć warstwę odwęgloną podczas ogrzewania. Następnie próbkę poleruje się i wytrawia roztworem kwasu pikrynowego, o ile została wyżarzona i roztworem kwasu azotowego, o ile została hartowana. Otrzymany obraz obserwować pod mikroskopem i odrysować.

B. Badanie stali austenitycznej. I. Stwierdzić, czy i o ile badana próbka jest przyciągana przez magnes, w porównaniu z próbką żelazną.

II. Wypolerować daną próbkę, trawić 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu izoamylowym, lub roztworem alkoholowym kwasu pikrynowego, obserwować pod mikroskopem i odrysować budowę.

C. Ustawienie mikroskopu do fotografowania i oznaczenie powiększenia. I. Zmienić obiektyw № 5 na № 3. Zastąpić próbkę przez stalową płytkę mikrometryczną: 1 mm. = 100 podziałek i ustawić tak, by skala była na środku pola widzenia. Nie zdejmując płytki mikrometrycznej ze stolika, zmienić obiektyw na poprzedni i ponownie uregulować położenie obserwowanej podziałki.

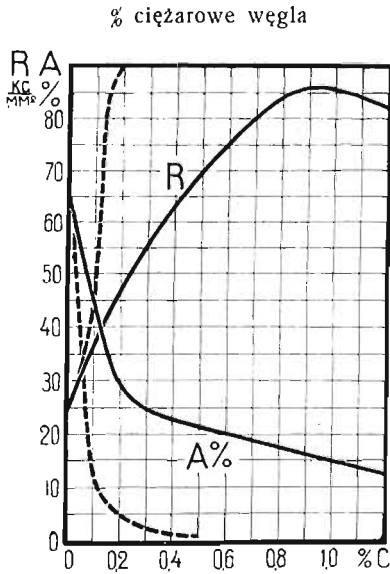
II. Usunąć szybką matową, osłabiającą siłę światła. Rzucić obraz podziałki na matówkę kamery fotograficznej i uregulować ustawienie tak, by podziałki występowały wyraźnie. Zmierzyć odległość n podziałek = p mm. Powiększenie obrazu $x = 100 \frac{p}{n}$.

III. Zastąpić płytkę mikrometryczną przez próbkę i uregulować ustawienie, by obraz stał się wyraźnym na matówce.

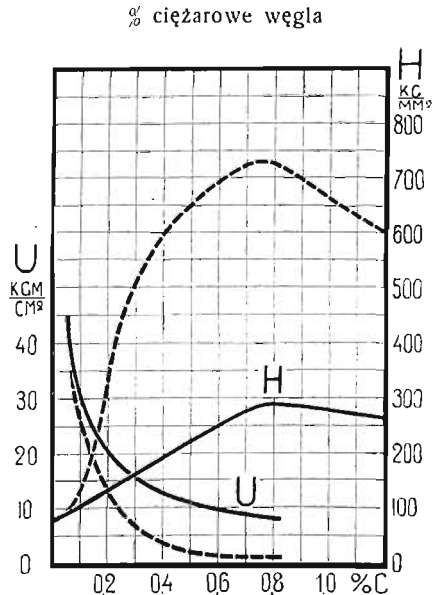
c) Pomoce.

Przy ćwiczeniu 5-tym pomoce naukowe składają się z wykresów wskazujących wpływ hartowania na własności mechaniczne stali i z reprodukcji badanych stopów.

Wykresy podają, w zależności od składu, wytrzymałość na rozernanie, wydłużenie przy rozernaniu (rys. 52), twardość i udarność (rys. 53).

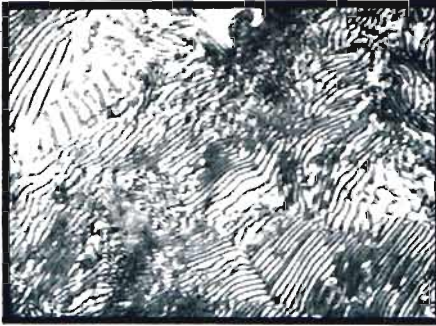


Rys. 52. Właściwości mechaniczne stali węglowych. R — wytrzymałość na rozernanie, A% — wydłużenie w % przy rozernaniu. Linje ciągłe odnoszą się do stali wyżarzonych, linje przerywane do hartowanych.

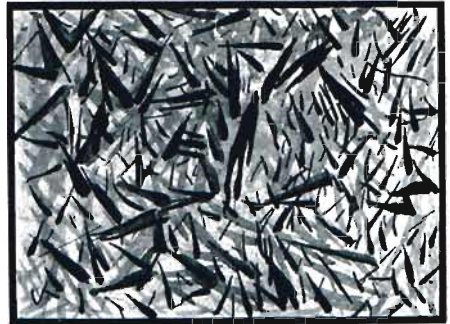
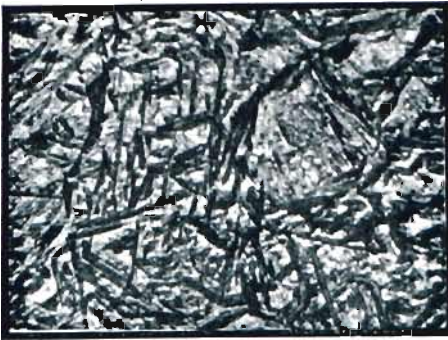


Rys. 53. Właściwości mechaniczne stali węglowych. H — twardość i U — udarność. Linje ciągłe odnoszą się do stali wyżarzonych, linje przerywane do hartowanych.

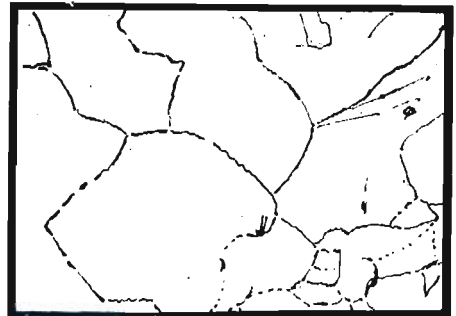
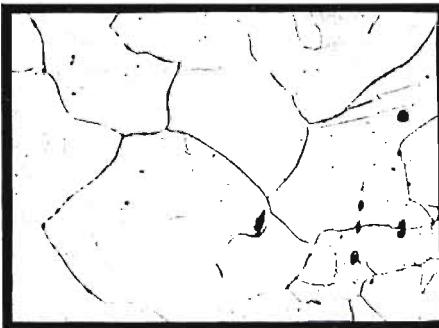
Mikrofotografie pigmentowe na płytkach metalowych i odnośne rysunki wskazują zmianę budowy perlitycznej na martenzytyczną (rys. 54 i 55) oraz budowę poliedryczną stali austenitycznej (rys. 56).



Rys. 54. Stal o 0,8% C po wyżarzeniu. Budowa perlityczna, widać drobną mieszaninę kryształów cementytu i ferrytu. $P = 600$. Na lewo mikrofotografia, na prawo rysunek piórkami.



Rys. 55. Poprzednia próbka po zahartowaniu. Budowa martenzytyczna. $P = 600$. Na lewo mikrofotografia, na prawo rysunek tuszem.



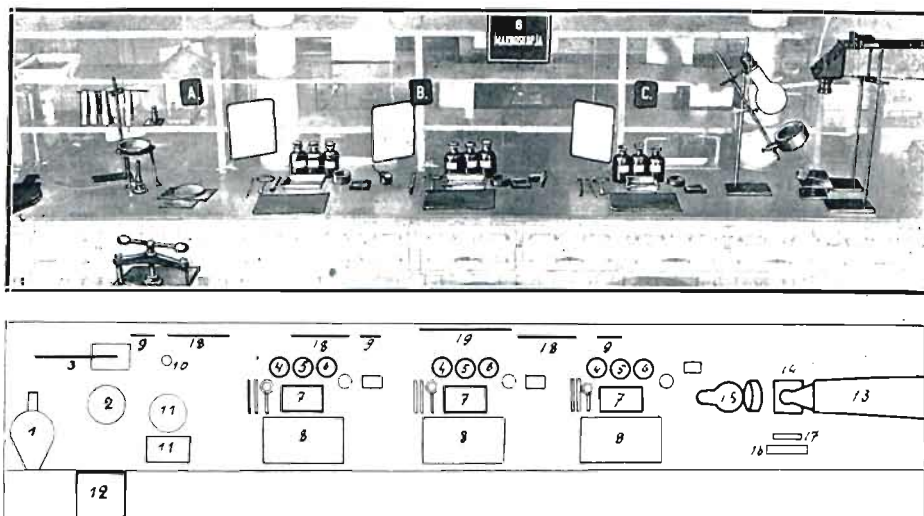
Rys. 56. Stal o 25% niklu szybko studzona. Budowa austenityczna. $P = 200$. Na lewo mikrofotografia, na prawo rysunek piórkami.

ĆWICZENIE 6-te.

Makroskopia.

Ćwiczenie 6-te, odosobnione pod względem treści, daje wiadomości z ważnej, pod względem praktycznym, dziedziny makroskopji. Próbki stali bada się kolejno odczynnikami kwaśnym, jodowym i miedziowym, w celu wyznaczenia stopnia segregacji zanieczyszczeń i warunków uprzedniej obróbki mechanicznej.

Ustawienie przyrządów przedstawia rys. 57, na schemacie którego wskazano № № inwentarza.



Rys. 57. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 6-tem.

№	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Mieszek ręczny do suszenia próbek	1
2	Klej w miseczce. Trójnóg i palnik	1
3	Statyw do zawieszania pasków pokrytych klejem	1
4—6	Odczynniki: 1. Chromowy: 1% H_2CrO_4 , 10% HCl + woda;	
	2. Heyna: 9% roztwór chlorku miedziowo-amonowego w wodzie;	
	3. Jodowy: 10% roztwór jodu w alkoholu	3
7	Wanienka 13×18 cm. Żelazko (stara piła z zagiętym końcem); Pędzelek do jodiny. Pręcik żelazny z watą na końcu	3
8	Papier émeri 0000 i potée 0000. Próbki do badań	3

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
9	Tabliczki z literami	3
10	Buteleczka z farbą olejną. Korek gumowy. Ściereczka	1
11	Papier do odcisków. Krążek i płytka gumowa. Płyta żelazna. Tektura	1
12	Prasa do robienia odcisków	1
13	Kamera fotograficzna, ustawiona na 4 statywach. Czarne sukno, urządzenie do projekcji, obiektyw $f = 27$ cm.	1
14	Stół do podnoszenia próbki.	1
15	Statyw z dużą dwuwypukłą soczewką ($f = 17$ cm.) i lampą (Philips-Argenta 300 w)	1
16	Linijka z podziałką centymetrową	1
17	Linijka z podziałką milimetrową	1
18 i 19	Tablice z instrukcjami i napisami	4
	Na osobnym stole:	
	Deski drewniane do polerowania	3
bez N ^o	Fotografie i rysunki badanych próbek	1

b) *Instrukcje.*

Celem ćwiczenia jest badanie, na podstawie rysunku trawienia obserwowanego gołym okiem, zanieczyszczeń w stali i obróbki jakiej podlegała.

A. Odczynnik kwasowy. I. Próbką obramowana zostaje natłuszczonym papierem, tworząc dno naczynia napełnionego kwasem.

Po roztopieniu kleju tłuszczowego (50% kalafonji, 25% sadła i 25% parafiny), przeciągnąć przez niego pasek papieru, poczem zawiesić na pręciku aż przestanie być lepkim.

II. Odcinek szyny wypolerować na papierze szmirglowym émeri 0000, przemyć wodą i wysuszyć przy pomocy mieszka. Uzupełnić polerowanie na papierze potée 0000, przemyć i wysuszyć.

III. Ogrzać na palniku płaskie żelazko, przyłożyć przygotowany pasek papieru połówką jego szerokości do próbki i dotknąć go żelazkiem w miejscu stykania się z próbką. Okleić w ten sposób próbkę dookoła, oprowadzając odpowiednio żelazkiem. Sprawdzić wodą szczelność otrzymanego naczynia.



Rys. 58.
Trawienie próbki.

IV. Na powierzchnię próbki, umieszczonej w wanience, (rys. 58) nalać odczynnika o składzie 10% kwasu solnego, 1% kwasu chromowego. Poruszać zlekka wanienkę.

V. Po wymyciu i wysuszeniu próbki, obserwować rysunek trawienia, odrysować go i wyciągnąć wnioski o jakości badanego materiału.

VI. Przy wystarczająco głębokiem trawieniu odczynnikiem kwaśnym, może być próbka użyta jako klisza drukarska. W tym celu należy korkiem gumowym, zamoczonym w farbie drukarskiej, natrzeć powierzchnię próbki, poczem przetrzeć ją delikatnie ściereczką prawie do sucha. Na tekturze położyć cienką płytkę gumową, na niej wilgotny papier; następnie umieścić próbkę wytrawioną powierzchnią ku dołowi, przykryć ją płytą żelazną i krążkiem gumowym. Wsunąć to wszystko pod prasę i zacisnąć pół obrotem korby.

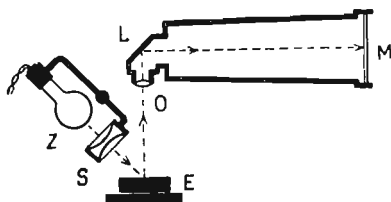
B. Odczynnik miedziowy. I. Przekrój rury, wypolerowany jak poprzednio wskazano, zwilżyć odczynnikiem Heyna (9% wodny roztwór chlorku miedziawo-amonowego) za pomocą waty owiniętej na końcu pręcika. Nacierać zlekka powierzchnię, dopóki nie wystąpi obraz trawienia.

II. Próbkę trawioną dokładnie przemyć wodą i wysuszyć. Obserwowany obraz narysować i wyciągnąć wnioski dotyczące materiału i jego obróbki.

C. Odczynnik jodowy. I. Wypolerowaną powierzchnię konstrukcji nitowej pokryć, za pomocą pędzelka, odczynnikiem jodowym (10% roztwór jodu w alkoholu). Pociągać zlekka pędzelkiem dopóty, dopóki brunatne zabarwienie nie zniknie i obraz nie wystąpi wyraźnie.

II. Próbkę przemyć wodą i wysuszyć. Obraz narysować i wyciągnąć wnioski dotyczące materiału i jego obróbki.

D. Urządzenie do fotografii. I. Wkręcić obiektyw *O* do lustra *L* kamery fotograficznej (rys. 59). Umieścić pod nim próbkę *E* na stoliku i oświetlić ją za pomocą żarówki *Z* i soczewki *S*.



Rys. 59. Fotografowanie makroskopij.

II. Obserwować badany obraz na matówce *M*, ustawiając próbkę na właściwą odległość od obiektywu, przez ruch stolika i, o ile by się ten ruch okazał niewystarczający, przez podnoszenie lub opuszczanie kamery fotograficznej.

III. Umieścić na próbce podziałkę centymetrową nakreśloną na papierze. Wymierzyć odległość kresek widocznych na matówce i obliczyć powiększenie urządzenia fotograficznego.

Plan pracy.

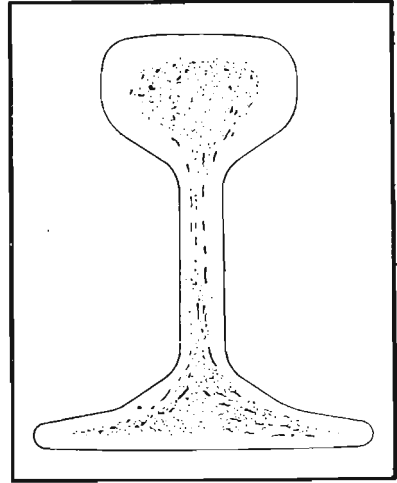
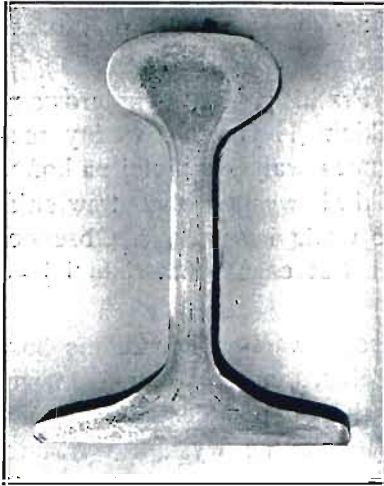
Student A.
Oświetla próbkę

Student B.
Reguluje położenie próbki.

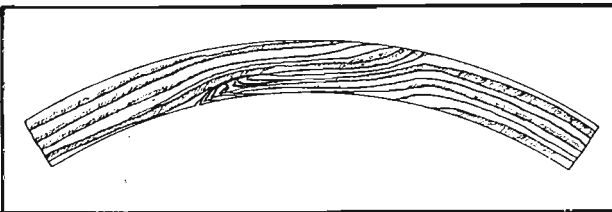
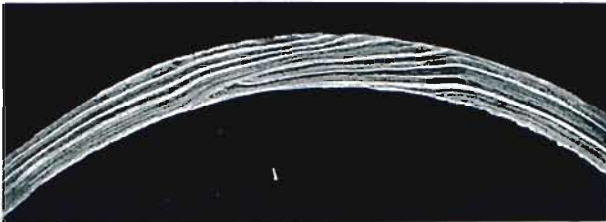
Student C.
Obserwuje obraz na matówce i pokazuje go st. A i B.

c) *Pomoce.*

Pomoce naukowe, przy tem ćwiczeniu, składają się jedynie z fotografji i rysunków badanych próbek. Próbki te są zazwyczaj w ten sposób dobierane, że jedna z nich wskazuje segregację materiału przy odlewie,



Rys. 60. Przekrój szyny trawiony odczynnikiem chromowym. Na lewo fotografja na prawo rysunek piórklem.



Rys. 61. Przekrój rury ze szwem, trawiony odczynnikiem miedziowym. Na górze fotografja, na dole rysunek piórklem.

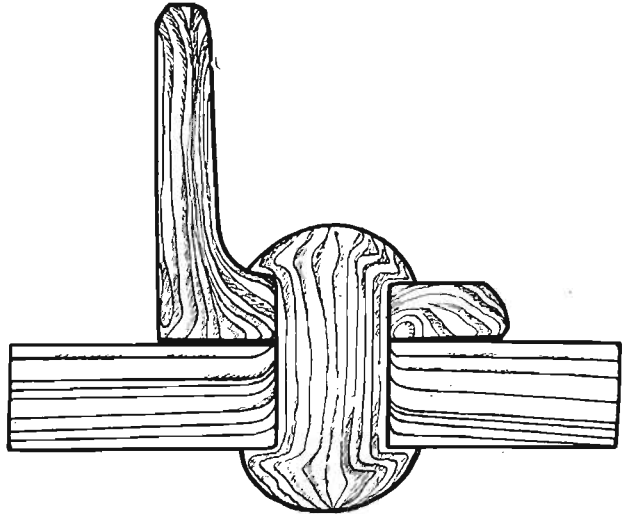
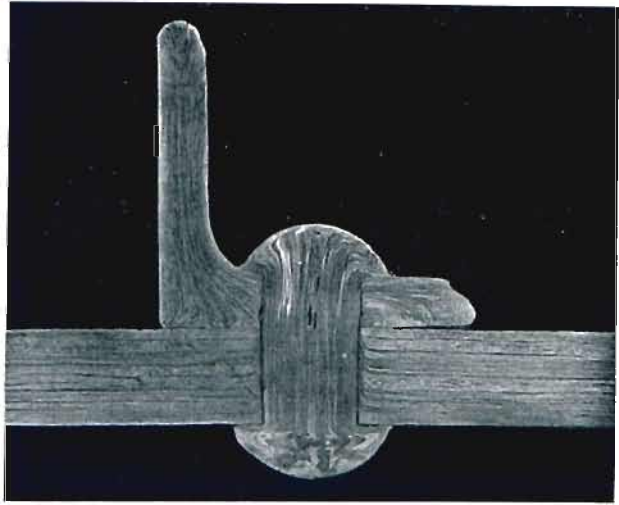
dwie zaś inne dają możliwość stwierdzenia uprzedniej obróbki mechanicznej.

Do wykazania segregacji, może z powodzeniem, służyć żelazo profilowe lub szyna (rys. 60). Fosfor i siarczki, krzepnące na ostátku, gromadzą się w części środkowej próbki i dają możliwość wnioskowania o stanie zanieczyszczenia metalu i o warunkach odlewu (odlew gorący lub zimny).

Do stwierdzenia obróbki mechanicznej użyte były odcinek spawanej rury i przekrój konstrukcji nitowej.

Na przekroju rury widać dokładnie spoinę która może ujść uwadze przy nie stosowaniu badań makroskopowych (rys. 61).

Przekrój konstrukcji nitowanej (rys. 62) wskazuje, że otwory na nity były przebijane, a nie wiercone i daje poznać stronę od której nitowanie było wykonane.



Rys. 62. Przekrój nitu mostowego trawiony jodyną. Na górze fotografia, na dole rysunek piórkiem.

ĆWICZENIE 7-me.

Spawanie i wzorcowanie termopary.

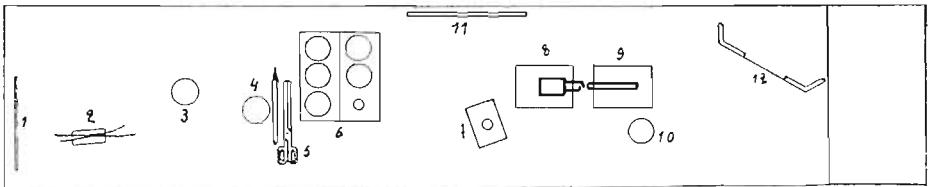
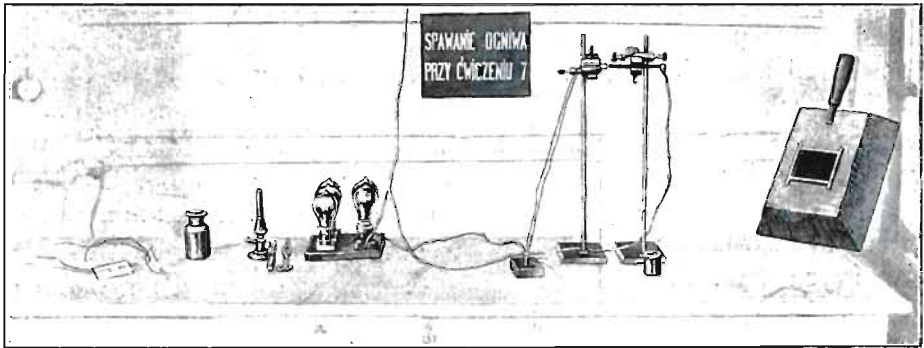
Ostatnie cztery ćwiczenia poświęcone są kalibrowaniu pirometrów i ich zastosowaniu. Rozpoczyna je ćwiczenie 7-me przez elektryczne spawanie termopary i jej wzorcowanie w temperaturach wrzenia naftaliny,

siarki i cynku. Wyprowadzone stąd wzory 2-go i 3-go stopnia ustalają stopień błędu przy używaniu interpolacyjnego wzoru parabolicznego.

a) Przyrządy.

Spawanie i wzorcowanie termopary odbywa się kolejno przy dwóch stołach (rys. 2), których urządzenie poniżej podajemy.

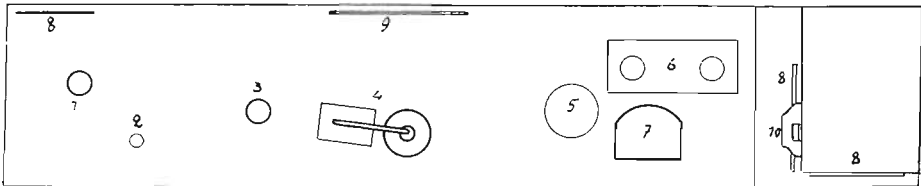
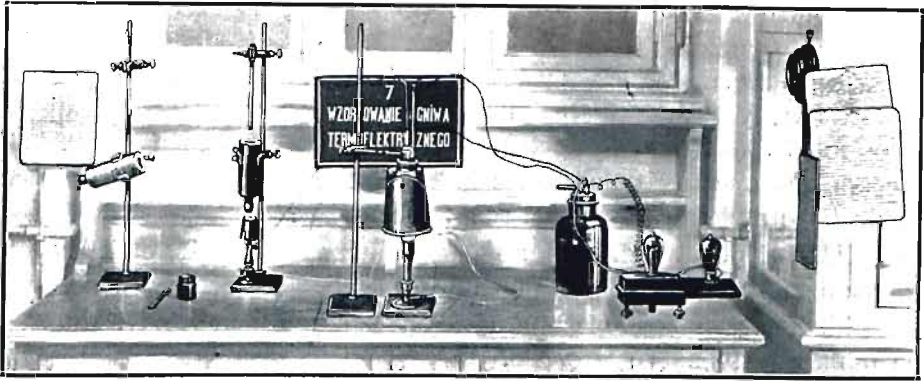
Przy spawaniu termopary, ustawienie przyrządów wskazuje rys. 63.



Rys. 63. Ustawienie przyrządów przy spawaniu termopary.

Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Tablica z instrukcją	1
2	Druty do trzech termopar (nichrom-konstantan)	6
3	Słoiczek z boraksem	1
4	Palnik bunzenowski	1
5	Szczypce i pilnik. Uchwyt	1
6	Opornik z lampek węglowych (obecnie manganinowy)	1
7	Zacisk dla termopary	1
8	Statyw z urządzeniem do umocowania termopary	1
9	Statyw z umocowanym węgielkiem. Drucik (do badania kierunku prądu).	1
10	Szklanećka z wodą	1
11	Tablica z napisem	1
12	Szkoło niebieskie, umocowane w osłonce	3

Przy wzorcowaniu termopary, ustawienie przyrządów wskazuje (rys. 64).



Rys. 64. Ustawienie przyrządów przy wzorcowaniu termopary.

N ^o	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Statyw z probówką z naftaliną i rurką szklaną do termopary. Palnik bunzenowski	1
2	Słoiczek ze sproszkowanym węglem drzewnym i łyżeczką drewnianą	1
3	Statyw z probówką z siarką i szklaną rurką do termopary. Palnik bunzenowski	1
4	Statyw z piecykiem do gotowania cynku. Pokrywa do tygielka z cynkiem zaopatrzona w otwór. Statyw z kwarcową rurką ochronną do termopary. Palnik Mekera	1
5	Słój do zanurzania zimnych końców termopary. Termometr do mierzenia temperatury wody. Termopara	1
6	Opornik (z lampek elektrycznych, obecnie manganinowy)	1
7	Galwanometr Siemens	1
8 i 9	Tablice z instrukcjami i napisami	5
10	Barometr ścienny	1

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest znalezienie zależności pomiędzy temperaturą sporządzonej przez studentów termopary i jej siłą elektromotoryczną.

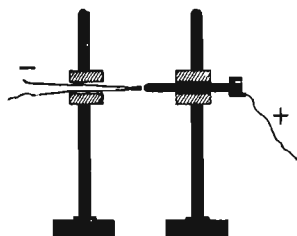
A. Spawanie termopary. I. Włączyć do zacisku termoparę, i włożyć do kontaktu opornika zatyczkę. Do bieguna, połączonego z pałeczką węglową, dołączyć kawałek drutu i, zamykając obwód przez włożenie do wody końców tego drutu i termopary, sprawdzić kierunek prądu w obwodzie. (Większe wydzielanie gazu wskazuje biegun ujemny). Termopara powinna być połączona z biegunem ujemnym. Gdyby kierunek prądu był niewłaściwy, zmienić go, przekładając zatyczkę.

II. Ująć obydwie druty termopary w uchwyt ręczny pomiędzy ołowianami arkuszami i skrócić za pomocą szczypców wystające końce.

III. Zmoczyć skręcone końce wodą, posypać boraksem i stopić go na płomieniu palnika gazowego.

IV. Oczyszczyć pilnikiem sam koniec skręconych drutów.

V. Umocować termoparę w statywie (rys. 65), zbliżyć węgiel do końca termopary, wytwarzając łuk, aż się utworzy stopiona kulka. Obserwować tylko przez ciemne szkło.



Rys. 65. Ustawienie termopary przy spawaniu.

B. Pomiar. I. Umocować w statywie pionowo probówkę z naftaliną, zanurzyć w niej termoparę (nichrom — nikielina) z rurką ochraniającą w ten sposób, by lut termopary mieścił się o dwa — trzy centymetry nad poziomem naftaliny, w miejscu objętym oprawą gipsową.

II. Ustawić galwanometr za pomocą poziomnicy i sprowadzić wskazówkę na podziałkę zerową. Połączyć galwanometr z przewodami termopary i opornikiem.

III. Probówkę ogrzewać stopniowo, za pomocą palnika gazowego, aż do wrzenia naftaliny. Stałe odchylenie strzałki galwanometru, niezmiennie przynajmniej w ciągu 3 minut podczas wrzenia naftaliny, odczytać na skali i zanotować. Będzie ono odpowiadać punktowi wrzenia naftaliny: $217,96^\circ + 0,058(p - 760)$, gdzie p jest ciśnieniem atmosferycznym, odczytanym na barometrze. Odczytać temperaturę t z zimnych końców termopary.

IV. Probówkę z naftaliną usunąć. Termoparę, w sposób powyżej opisany, wzorcować przy temperaturze wrzenia siarki: $444,5^\circ + 0,09(p - 760)$. Po dokonaniu pomiaru, przechylić probówkę z siarką do położenia prawie poziomego.

V. Przykryć cynk, znajdujący się w tygielku na statywie, odrobiną węgla drzewnego (około 0,5 grama), zakryć przykrywką z otworem, umocować porcelanową rurkę ochraniającą o 1 cm. ponad poziomem cynku,

ogrzewać większym palnikiem aż do wrzenia cynku: $918^{\circ} + 0,125$ ($p - 760$), wzorcując termoparę w sposób powyżej opisany ¹⁾.

C. Obliczenia. I. Z układu 3 równań typu $e = A(t - t_0) + B(t^2 - t_0^2) + C(t^3 - t_0^3)$, gdzie e oznacza siłę elektromotoryczną, t — kolejno temperaturę wrzenia naftaliny, siarki i cynku, t_0 — temperaturę zimnych końców termopary, obliczyć współczynniki A , B i C .

II. Z układu 2 równań typu: $e = a(t - t_0) + b(t^2 - t_0^2)$, gdzie t oznacza kolejno temperaturę wrzenia siarki i cynku obliczyć współczynniki a i b . Wykreślić na papierze milimetrowym, posługując się otrzymanym wzorem, krzywą zależności siły elektromotorycznej od temperatury.

III. Obliczyć i porównać wyniki dwóch poprzednich wzorów (punkty I i II) przy temperaturach 700° i 1000° dla sprawdzenia, czy zgadzają się one w granicach błędów doświadczalnych.

IV. Interpretować matematycznie i fizycznie znaczenie wzorów typu:

$$e = a(t - t_0) + b(t^2 - t_0^2) \text{ i}$$

$$e' = a'(t - t_0) + b'(t - t_0)^2$$

używanych przy wzorcowaniu ogniw termoelektrycznych.

Plan pracy.

Student A.	Student B.	Student C.
Ustawia i obserwuje galwanometr.	Gotuje naftalinę.	Odczytuje barometr i termometr.
Odczytuje termometr.	Obserwuje galwanometr.	Gotuje siarkę.
Gotuje cynk (ogrzewanie około 15 min.).	Odczytuje termometr.	Obserwuje galwanometr.

c) Pomoce.

Pomoc naukową, przy tem ćwiczeniu, stanowi jedynie tablica II-ga, ułatwiająca obliczenie współczynników przy wzorach mających ująć wyniki kalibrowania termopary. Rys. 66 wskazuje przytem pochodzenie wzoru I-go jako różnicy dwóch odcinków krzywej wyrażonej wzorem $e = at + bt^2$. Rys. 67 wskazuje pochodzenie wzoru II-go przez przesunięcie osi siły elektromotorycznej z 0° do t_0 .

¹⁾ Zamiast cynku może być użyty przy kalibrowaniu termopary kadm, którego punkt wrzenia wyraża wzór:

$$778 + 0,11(p - 760).$$

Temperatura krzepnięcia srebra $F = 961^{\circ}$ również może służyć w tym celu. Ustala się wtedy krzywą topliwości srebra zgodnie ze wskazaniami ćwiczenia 8-go.

TABLICA II.

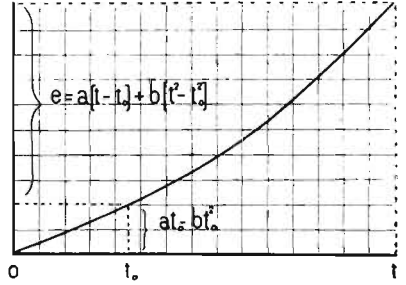
Wzory na współczynniki równań stosowanych przy wzorcowaniu termopary.

Oznaczenia: e — odchylenie galwan. odpowiadające temper. t
 e_1 — odchylenie galwan. odpowiadające t_1 — temper. wrzenia naftaliny
 e_2 — odchylenie galwan. odpowiadające t_2 — temper. wrzenia siarki
 e_3 — odchylenie galwan. odpowiadające t_3 — temper. wrzenia cynku
 t_0 — temperatura pokojowa.

I. $e = a(t - t_0) + b(t^2 - t_0^2) = [at^2 + bt^2] - [at_0^2 + bt_0^2]$ według rys. 66-go.

$$b = \frac{1}{t_3 - t_2} \left[\frac{e_3}{t_3 - t_0} - \frac{e_2}{t_2 - t_0} \right]$$

$$a = \frac{e_2}{t_2 - t_0} - b(t_2 + t_0) = - \left[\frac{e_3(t_2 + t_0)}{t_3 - t_0} - \frac{e_2(t_3 + t_0)}{t_2 - t_0} \right]$$

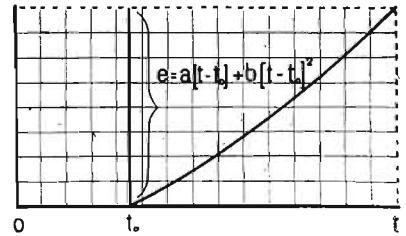


Rys. 66.
Wykres odpowiadający wzorowi I.

II. $e' = a'(t - t_0) + b'(t - t_0)^2$ według rys. 67-go,

$$b' = \frac{1}{t_3 - t_2} \left[\frac{e'_3}{t_3 - t_0} - \frac{e'_2}{t_2 - t_0} \right]$$

$$a' = \frac{e'_2}{t_2 - t_0} - b'(t_2 - t_0) = - \frac{1}{t_3 - t_2} \left[\frac{e'_3(t_2 - t_0)}{t_3 - t_0} - \frac{e'_2(t_3 - t_0)}{t_2 - t_0} \right]$$



Rys. 67.
Wykres odpowiadający wzorowi II.

III. $e = A(t - t_0) + B(t^2 - t_0^2) + C(t^3 - t_0^3)$

$$C = \frac{1}{t_3 - t_1} \left[\frac{\frac{e_3}{t_3 - t_0} - \frac{e_2}{t_2 - t_0}}{t_3 - t_2} - \frac{\frac{e_2}{t_2 - t_0} - \frac{e_1}{t_1 - t_0}}{t_2 - t_1} \right]$$

$$B = \frac{1}{t_3 - t_2} \left[\frac{e_3}{t_3 - t_0} - \frac{e_2}{t_2 - t_0} \right] - C \cdot (t_3 + t_2 + t_0) = \frac{1}{t_3 - t_1} \left[- \frac{t_2 + t_1 + t_0}{t_3 - t_2} \left(\frac{e_3}{t_3 - t_0} - \frac{e_2}{t_2 - t_0} \right) + \frac{t_3 + t_2 + t_0}{t_2 - t_1} \left(\frac{e_2}{t_2 - t_0} - \frac{e_1}{t_1 - t_0} \right) \right]$$

$$A = \frac{e_3}{t_3 - t_0} - B(t_3 + t_0) - C(t_3^2 + t_3 t_0 + t_0^2) =$$

$$= \frac{e_1}{t_1 - t_0} \left[t_3^2(t_0 + t_2) - t_2^2(t_0 + t_3) \right] + \frac{e_2}{t_2 - t_0} \left[t_1^2(t_0 + t_3) - t_3^2(t_0 + t_1) \right] + \frac{e_3}{t_3 - t_0} \left[t_2^2(t_0 + t_1) - t_1^2(t_0 + t_2) \right]$$

$$\frac{t_3^2(t_0 + t_2) - t_2^2(t_0 + t_3) + t_1^2(t_0 + t_3) - t_3^2(t_0 + t_1) + t_2^2(t_0 + t_1) - t_1^2(t_0 + t_2)}{t_3^2(t_0 + t_2) - t_2^2(t_0 + t_3) + t_1^2(t_0 + t_3) - t_3^2(t_0 + t_1) + t_2^2(t_0 + t_1) - t_1^2(t_0 + t_2)}$$

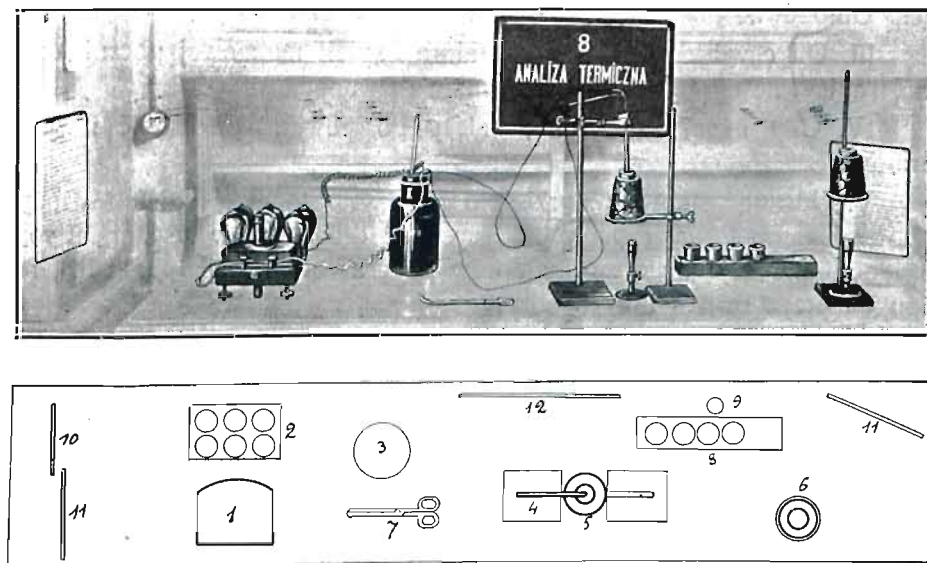
ĆWICZENIE 8-me.

Analiza termiczna.

Skalibrowana termopara użyta zostaje, w ćwiczeniu 8-em, do analizy termicznej mało skomplikowanych stopów, np. cyny z ołowiem. Na 6-ciu próbkach wyznaczane są krzywe topliwości, dające podstawę do wyprowadzenia wykresu krzepnięcia i odnośnych krzywych przystanków.

a) Przyrządy.

Ustawienie przyrządów przedstawia rys. 68.



Rys. 68. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 8-em.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Galwanometr Siemens	1
2	Opornik z lampek węglowych (obecnie manganinowy)	1
3	Stół z urządzeniem do zanurzania zimnych końców termopary i termometrem	1
4	Termopara (nichrom-konstantan) w żelaznej rurce ochronnej, umocowana na statywie	1
5 i 6	Piecyk gazowy na statywie i palnik Mekera	2
7	Szczypce	1
8	Forma gipsowa z 6 stopami w tygielkach	1
9	Stoik ze sproszkowanym węglem drzewnym i drewnianą łyżeczką	1
10 — 12	Tablice z instrukcjami i napisami	6

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest wykonanie wykresu krzepnięcia układu ołów—cyna, na podstawie krzywych stygnięcia kilku poszczególnych stopów.

I. Włożyć tygiel z metalem do piecyka, umocowanego na statywie i roztopić metal pod warstwą (1 mm.) węgla drzewnego.

II. Po dokładnem wymieszaniu pałeczką węglową przesunąć statyw ze stopem bliżej termopary, przykryć pokrywką z otworem w środku i zanurzyć do płynnego metalu termoparę, zaopatrzoną w rurkę ochraniającą. Umocować przewody na zaciskach galwanometru.

III. Od chwili, w której temperatura kąpeli metalowej pocnie opadać, zapisywać co $\frac{1}{2}$ minuty wskazania galwanometru.

IV. Gdy metal zakrzepnie, należy go powtórnie roztopić i wyjąć termoparę.

V. Odsunąć statyw z uprzednio badanym stopem, tygiel włożyć z powrotem do formy gipsowej. Przysunąć drugi statyw ze stopem roztopionym przez jednego ze studentów podczas obserwacji (punkt III), robionych przez dwóch innych.

VI. Podobne badania wykonać z pozostałymi stopami z układu Pb-Sn.

VII. Przystąpić do wykreślenia na papierze milimetrowym krzywych chłodzenia, odkładając, w odpowiedniej skali, na osi poziomej czas, na osi pionowej siły termoelektryczne ogniwa. Obliczyć temperatury punktów załamania i przystanków oraz wykonać, na tej podstawie, wykres krzepnięcia i krzywą przystanków w zależności od składu wagowego badanych stopów.

Zależność odchylenia galwanometru od temperatury podana jest w załączonym przy ćwiczeniu wykresie (rys. 69).

Plan pracy.

Stopy № 1 i № 2.

Student A.
Rozgrzewa kolejno stopy

Student B.
Daje znak co pół min. (5 sek. przed terminem; „uważać“, w terminie: „patrz“).

Student C.
Reguluje galwanometr i odczytuje jego odchylenia.

Wykonywuje pracę, opisaną dla studenta B.

Stopy № 3 i № 4.
Wykonywuje pracę, opisaną dla studenta C.

Wykonywuje pracę opisaną dla studenta A.

Wykonywuje pracę, opisaną dla studenta C.

Stopy № 5 i № 6.
Wykonywuje pracę, opisaną dla studenta A.

Wykonywuje pracę, opisaną dla studenta B.

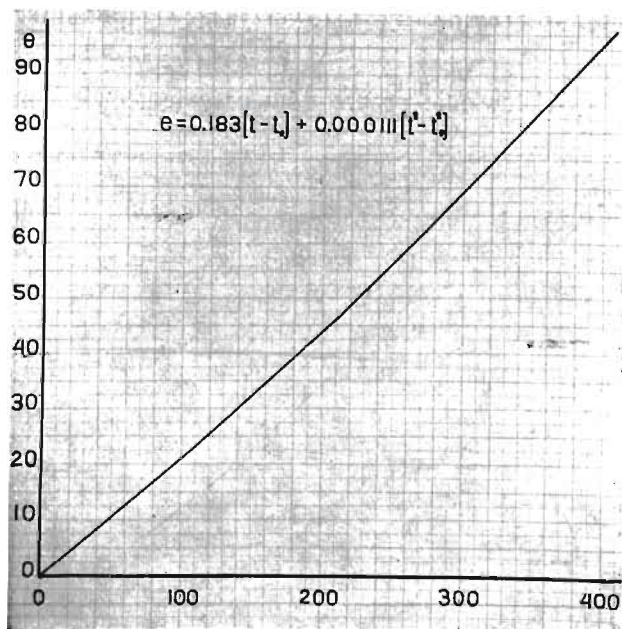
Stopy ¹⁾.

№	Skład chemiczny.		Waga w gr.
1.	Pb = 0%	Sn = 100%	80
2.	Pb = 20%	Sn = 80%	80
3.	Pb = 37%	Sn = 63%	80
4.	Pb = 50%	Sn = 50%	100
5.	Pb = 75%	Sn = 25%	100
6.	Pb = 100%	Sn = 0%	110

c) Pomoce.

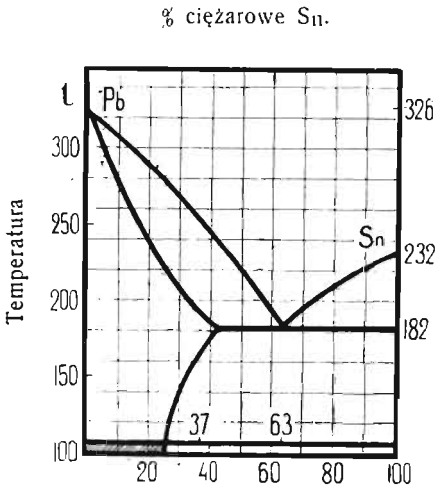
Przy tem ćwiczeniu pomoce naukowe ograniczają się do wykresu zależności odchylenia galwanometru od temperatury termopary i do wykresu topliwości badanych stopów.

Wykres zależności odchylenia (e) galwanometru od temperatury (t) termopary (rys. 69) otrzymany został przez uprzednie jej kalibrowanie i służy do graficznego wyznaczenia temperatury punktów szczególnych na krzywych stygnięcia.



Rys. 69. Zależność odchylenia galwanometru od temper. termopary.

¹⁾ Użyte być mogą przy tem ćwicz. również stopy ołowiu z antymonem i cynku z kadmem.



Rys. 70. Wykres topliwości stopów ołowiu z cyną.

Wykres topliwości stopów ołowina służy do kontroli wyników otrzymanych podczas ćwiczenia.

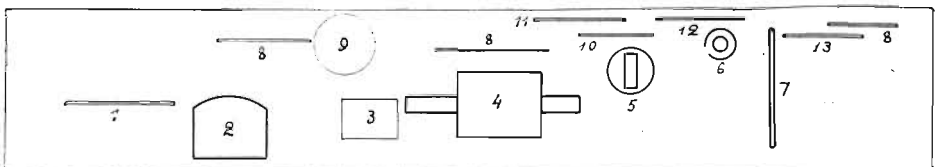
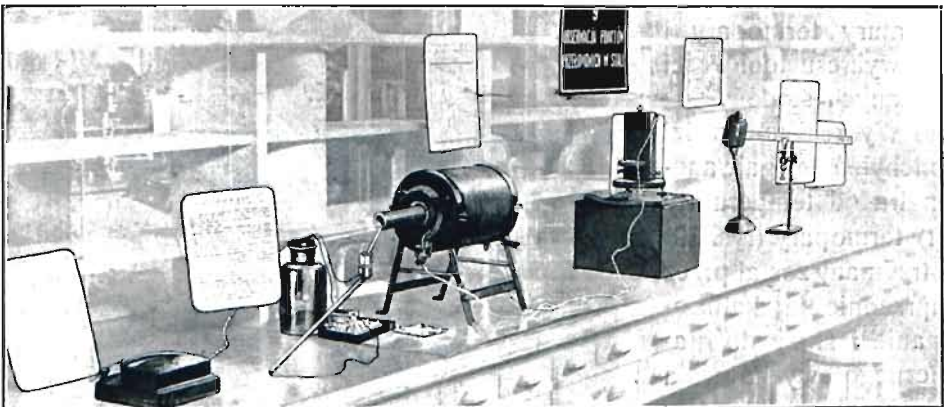
ĆWICZENIE 9-te.

Obserwacja punktów przełomowych w stali.

W ćwiczeniu 9-tym student przechodzi do wyznaczenia, metodą różnicową, termicznych punktów przełomowych w stali. Jedna termopara wskazuje wtedy temperaturę próbki ogrzewanej w piecu elektrycznym, gdy druga podaje różnicę temperatur pomiędzy badaną próbką i wzorcem, nie wykazującym punktów przełomowych. Na podstawie otrzymanych danych, zostają obliczone i wykreślone krzywe Osmonda, Roberts-Austena i Rosenhaina, wskazujące temperatury objawów termicznych, towarzyszących punktom przełomowym.

a) Przyrządy.

Ustawienie przyrządów przy tem ćwiczeniu przedstawia rys. 71.



Rys. 71. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 9-tym.

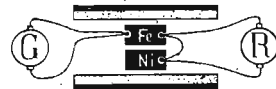


Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Tablica: krzywa zależności odchyłań galwanometru od temperatury termopary	1
2	Galwanometr Siemens	1
3	Azbest do obwinienia i izolowania próbek i do zatykania otworów w piecu	1
4	Oporowy piec elektryczny, w nim: rura porcelanowa 60 cm. dł., termopara, termopara różnicowa, próbka stali, także próbka nichromu. Druciki do obwiązania próbek	1
5	Galwanometr zwierciadlany na podstawce z płyty ołowianej, wołjoku i pudełka	1
6	Lampka elektryczna na giętkiej nóżce	1
7	Skala milimetrowa na statywie	1
8	Tablica z instrukcją	3
9	Słój z urządzeniem do zanurzania zimnych końców termopary i termometr	1
10 — 13	Tablice z wykresami	3

b) Instrukcje.

Celem tego ćwiczenia jest wyznaczenie punktów przełomowych stali przez obserwację czasu, potrzebnego na stygnięcie przy rozmaitych temperaturach (krzywa Osmonda), czy też przez obserwację różnicy temperatur pomiędzy badaną próbką i próbką obojętną (krzywe Roberts — Austena i Rozenhaina).

A. Wyznaczanie punktów przełomowych metodą różnicową Roberts — Austena. I. Termopara różnicowa nichromkonstantan, posiada dwa luty, z których jeden jest umieszczony pomiędzy połówkami kawałka stali, drugi zaś w tak zwanej próbce obojętnej (z niklu lub nichromu). Galwanometr *R* wskazuje różnicę temperatur tych ciał. Druga termopara, połączona z galwanometrem *G*, wskazuje temperaturę stali (rys. 72).



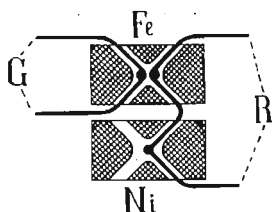
Rys. 72.
Ustawienie galwanometrów przy metodzie różnicowej.

II. W nacięciu krzyżowym, zrobionem piłką na jednej połowce próbki stali, umieszcza się lut termopary wskazującej temperaturę i jeden lut termopary różnicowej, poczem przykłada się drugą połówkę próbki i związuje drutem żelaznym (rys. 73). Drugi lut termopary różnicowej, umieszcza się, w analogiczny sposób, w próbce obojętnej. Obie próbki, oddzielone od siebie

tekturą azbestową i owinięte cienką warstwą tej tektury, związuje się drutem nichromowym i umieszcza się dokładnie w środku pieca elektrycznego.

III. Po włączeniu pieca elektrycznego w sieć, odczytywać i notować co $\frac{1}{2}$ min. odchylenia galwanometrów G i R .

IV. Po ogrzaniu pieca do temperatury 1000° , należy prąd przerwać, a podczas oziębiania do 400° , w ten sam sposób, odczytywać i notować zarówno odchylenia E galwanometru G (temperatura stali), jak i odchylenia e galwanometru R (różnica temperatur stali i nichromu).



Rys. 73.

Schemat termopar przy metodzie różnicowej.

V. Wyniki obserwacji uzmysłowić w postaci krzywych ogrzewania i chłodzenia (patrz wzory), odkładając, w obranej skali, na osi odciętych odchylenia galwanometru G , na osi zaś rzędnych odchylenia galwanometru R , czyli $e = f(E)$.

VI. Obliczyć temperatury przełomowe, zaznaczone na krzywej różnicowej największym kątem nachylenia ku osi odciętych. Zależność odchylenia galwanometru G od temperatury wyrażona jest przez krzywą podaną na wykresie.

B. Wyznaczanie punktów przełomowych metodą Osmonda. I. Na podstawie danych, otrzymanych ze wskazań galwanometru G , wyznaczyć dla każdego jego odchylenia czas w sek. potrzebny do oziębiania (lub ogrzewania) próbki o 1 podziałkę galwanometru.

II. Odkładając na osi odciętych odchylenia galwanometru G , a na osi rzędnych odpowiadający czas, wyznaczony w poprzednim punkcie, wykreślić krzywą Osmonda, czyli $\Delta T / \Delta E = f(E)$. Oznaczyć temperatury punktów przełomowych, wskazanych przez maxima otrzymanej krzywej.

C. Wskazanie punktów przełomowych metodą Rozenhaina. I. Na podstawie danych poprzednio otrzymanych wyznaczyć, dla każdego odchylenia galwanometru G , zmianę odchylenia galwanometru R , odpowiadającą oziębianiu (lub ogrzewaniu) o 1 podziałkę galwanometru G .

II. Wykreślić odnośną krzywą, jako funkcję odchylenia galwanometru G , czyli $\Delta e / \Delta E = f(E)$ i wyznaczyć temperaturę punktów przełomowych, wskazanych przez maxima krzywej.

III. Wyniki, otrzymane metodą A, B i C porównać.

Plan pracy.

Student A.

Student B.

Student C.

Ogrzewanie.

Łączy próbki z termoparami.

Ustawia galwanometr *G*.
Wkłada próbki do pieca.

Ustawia galwanometr *R*.

Odczytuje odchylenia galwanometru *G*.

Odczytuje odchylenia galwanometru *R*.

Daje znak co 1/2 minuty (5 sek. przed terminem: „uważać“, w terminie: „patrz“).

Ochładzanie.

Odczytuje odchylenia galwanometru *R*.

Daje znak co 1/2 minuty.

Odczytuje odchylenia galwanometru *G*.

c) Pomoce.

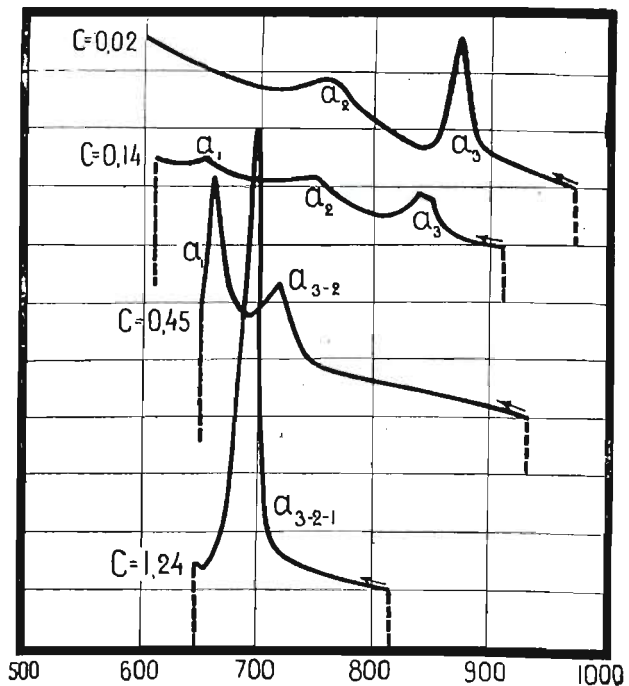
Pomocami naukowemi przy ćwiczeniu 9-tem są wykresy wskazujące punkty przełomowe stali o rozmaitej zawartości węgla.

Rys. 74. przedstawia krzywe Osmonda przy oziębianiu dla czterech gatunków stali węglistej.

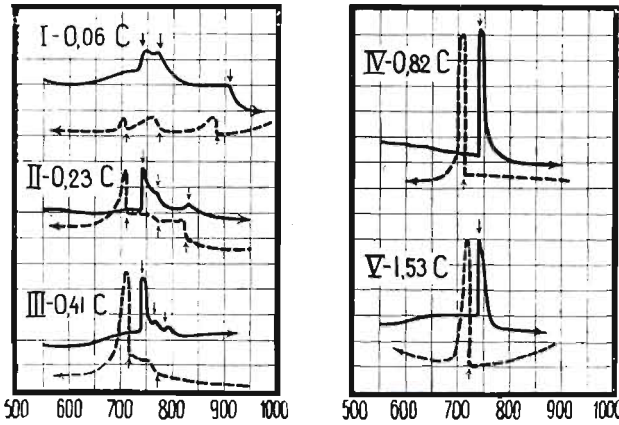
Na rys. 75. przedstawione są krzywe różnicowe Roberts-Austena dla pięciu gatunków stali węglistej.

Nareszcie tablica III i rys. 76 dają przykład pomiarów punktów przełomowych, zgodnie z instrukcją, dla próbki stali perlitycznej.

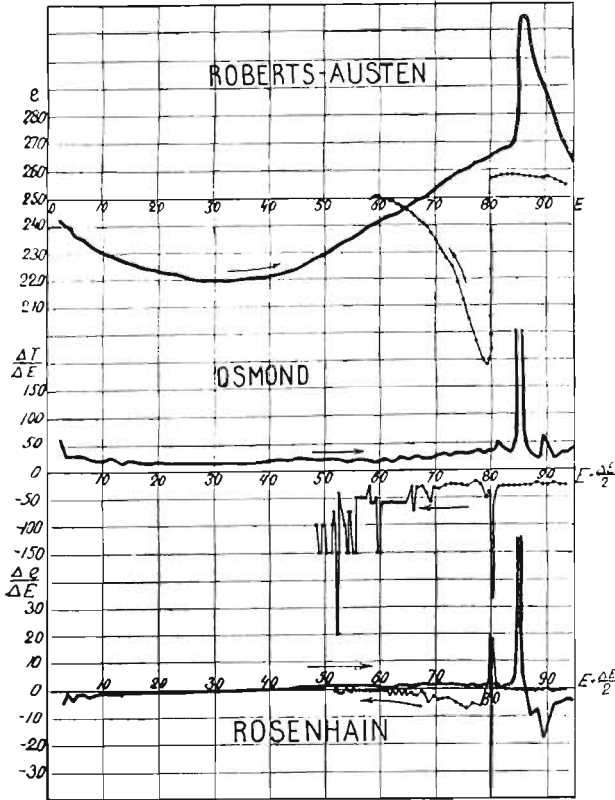
Pierwsza kolumna tablicy wskazuje № pomiaru. Z następnych 9 kolumn, jedynie 2, 4 i 8 dają bezpośrednie wyniki pomiarów czasu *T* oraz



Rys. 74. Krzywe Osmonda dla stali zawierającej od 0,02 do 1,24% C.



Rys. 75. Krzywe Roberts-Austena dla stali zawierającej od 0,06 do 1,53% C.



Rys. 76. Krzywa Roberts-Austena, Osmonda i Rosenhaina według pomiaru na stali perlitycznej (0,8% C).

odnośnych odchyień obu galwanometrów E i e . Wszystkie inne kolumny dają jedynie wyniki obliczeń, pochodzących z tych danych pierwotnych. Mianowicie kolumny 3, 5 i 9 dają odstępy dwóch kolejnych pomiarów T , E i e .

Odkładając wielkości e na osi pionowej, zaś E na osi poziomej otrzymujemy krzywe Roberts-Austena. Stosunek $\frac{\Delta T}{\Delta E}$ daje wielkość proporcjonalną do czasu potrzebnego na ogrzewanie próbki o 1° (kolumna 7-ma). Odnosząc tę wielkość na osi pionowej, zaś $E + \frac{\Delta E}{2}$ (kolumna 6-ta) na osi poziomej otrzymamy krzywą Osmonda.

Stosunek $\frac{\Delta e}{\Delta E}$ (kolumna 10-ta) daje wielkość zbliżoną do pochodnej krzywej Roberts-Austena, gdy zaś jest odniesiona do wartości $E + \frac{\Delta E}{2}$, tworzy krzywą Rosenhaina. Rys. 76 podaje wykres tych trzech krzywych według przytoczonego próbnego pomiaru.

Ponadto do pomocy przy ćwiczeniu 9-em należy wykres wskazujący zależność odchyień galwanometru od temperatury termopary.

TABLICA III.
Przykład obliczeń punktów przełomowych w stali.

N ^o	Godzina T	Odstępy ΔT	Odchylenia E Galwan. G.	Odstępy ΔE	$E + \frac{\Delta E}{2}$	$\frac{\Delta T}{\Delta E}$	Odchylenia e Galwan. R.	Odstępy Δe	$\frac{\Delta e}{\Delta T}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0		2,5				243,0		
2	30 sek.	30 sek.	3,0	0,5	2,75	60	241,0	-2,0	-4
3	1 m. 30 s.	30	4,0	1,0	3,5	30	240,0	-1,0	-1
4	2 m.	30	5,0	1,0	4,5	30	237,0	-3,0	-3
5	2 m. 30 s.	30	6,0	1,0	5,5	30	236,0	-1,0	-1
6	3 m.	30	7,0	1,0	6,5	30	234,0	-1,2	-1,2
7	3 m. 30 s.	30	8,1	1,1	7,55	27	232,5	-2,3	-2
8	4 m.	30	9,5	1,4	8,8	21,4	231,0	-1,5	-1
9	4 m. 30 s.	30	11,0	1,5	10,25	20	229,5	-1,5	-1
10	5 m.	30	12,1	1,1	11,55	27	228,5	-1,0	-0,9
11	5 m. 30 s.	30	14,0	1,9	13,05	15,8	227,0	-1,5	-0,8
12	6 m.	30	15,5	1,5	14,75	20	226,0	-1,0	-0,7
13	6 m. 30 s.	30	17,1	1,6	16,3	18,75	225,0	-1,0	-0,62
14	7 m.	30	19,1	2,0	18,1	15,0	224,0	-1,0	-0,5
15	7 m. 30 s.	30	21,0	1,9	20,05	15,8	223,0	-1,0	-0,53
16	8 m.	30	23,0	2,0	22,0	15,0	221,5	-1,5	-0,75
17	8 m. 30 s.	30	25,0	2,0	24,0	15,0	221,0	-0,5	-0,25
18	9 m.	30	27,0	2,0	26,0	15,0	220,0	-1,0	-0,5
19	9 m. 30 s.	30	29,0	2,0	28,0	15,0	220,1	0	0
20	10 m.	30	31,0	2,0	30,0	15,0	220,0	0	0
21	10 m. 30 s.	30	33,0	2,0	32,0	15,0	220,0	0	0
22	11 m.	30	35,0	2,0	34,0	15,0	220,5	0	0
23	11 m. 30 s.	30	37,0	2,0	36,0	15,0	221,0	+0,5	+0,25
24	12 m.	30	39,0	2,0	38,0	15,0	221,3	+0,3	+0,15
25	12 m. 30 s.	30	39,0	1,8	39,0	16,6	222,0	+0,7	+0,4
26	13 m.	30	40,8	1,8	41,7	16,6	222,0	+1,0	+0,55
27	13 m. 30 s.	30	42,6	1,9	43,55	15,8	223,0	+1,0	+0,51
28	14 m.	30	44,5	1,7	45,35	17,6	224,0	+2,0	+1,2
29	14 m. 30 s.	30	46,2	1,8	47,1	16,6	226,0	+2,0	+1,1
30	15 m.	30	48,0	2,0	49,0	15,0	228,0	+2,0	+1,0
31	15 m. 30 s.	30	50,0	1,5	50,75	20	230,0	+2,0	+1,3
32	16 m.	30	51,5	1,5	52,25	20	232,0	+2,0	+1,3
33	16 m. 30 s.	30	53,0	2,0	54,0	15	234,0	+2,0	+1,0
34	17 m.	30	55,0	1,5	55,75	20	236,0	+2,0	1,3
35	17 m. 30 s.	30	56,5	1,5	57,25	20	238,0	+2,0	+1,3
36	18 m.	30	58,0	1,8	58,9	16,6	240,0	+2,0	+1,1
37	18 m. 30 s.	30	59,8	1,4	60,5	21,4	242,0	+1,2	+0,8
			61,2	1,8	62,1	16,6	243,2	+1,0	+0,55

ĆWICZENIE 10-te.

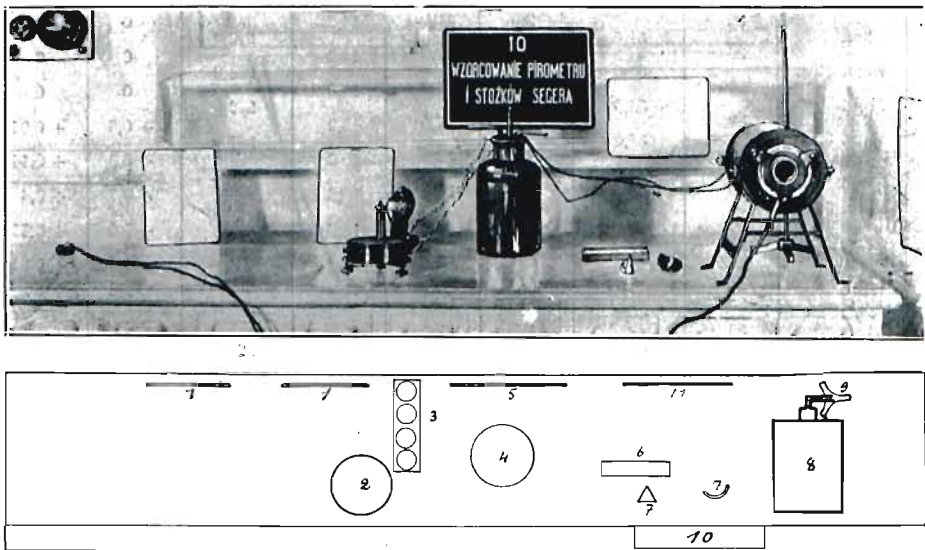
Wzorcowanie stożków Segera i pirometru optycznego.

Ostatnie ćwiczenie (10-te) pierwszej serii dotyczy wzorcowania stożków Segera i pirometru optycznego. Zachowanie się stożków Segera, ustawionych w oporowym piecu elektrycznym, porównywane jest ze wskazówkami termopary. Pirometr optyczny, mianowicie luneta Ferry'ego, kalibrowany jest przez wyznaczenie, za jego pomocą, krzywych krzepnięcia srebra, stopionego na mekerowskim palniku gazowym i niklu, stopionego w piecu kryptolowym. Zależność temperatury od wskazówek pirometru ujęta zostaje we wzór wykładniczy.

a) Przyrządy.

Wzorcowanie stożków Segera i pirometru optycznego odbywa się przy dwóch stołach (rys. 2), których urządzenie poniżej podajemy.

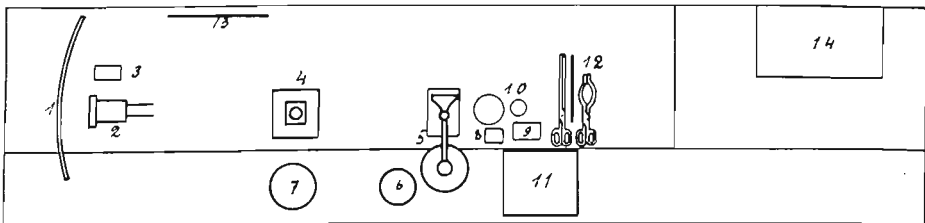
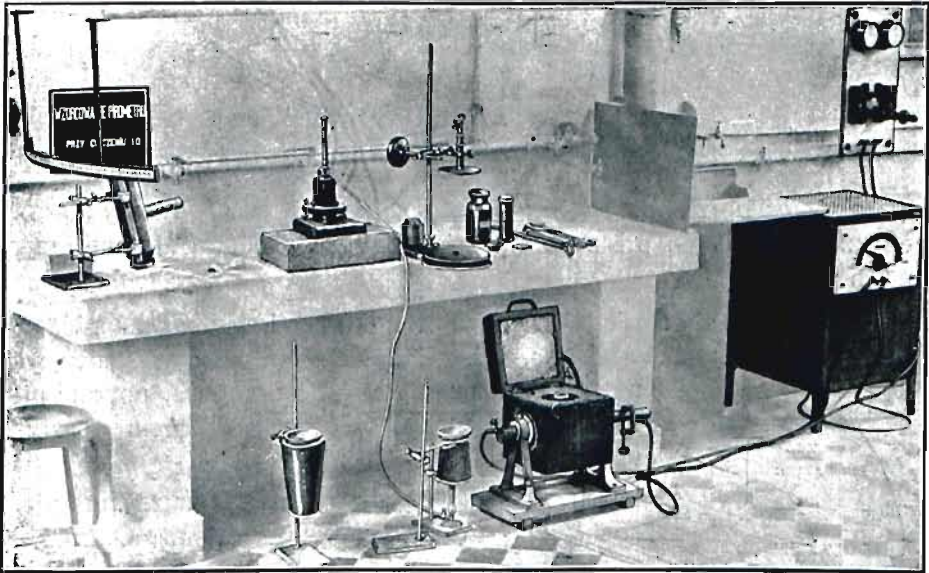
Ustawienie przyrządów przy wzorcowaniu stożków Segera wskazuje rys. 77.



Rys. 77. Ustawienie przyrządów przy wzorcowaniu stożków Segera.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Tablice z instrukcją	3
2	Galwanometr Chauvin i Arnaud	1
3	Opornik z lamp węglowych (obecnie manganinowy)	1
4	Słój z urządzeniem do zanurzania zimnych końców termopary; termopara, termometr	1
5	Tablica z napisem	1
6	Korek szmatowy z otworem pośrodku, dla obserwacji stożków Haczyk żelazny z drutu do ustawiania i wyciągania z pieca blaszki ze stożkami	1
7	Zgięta blaszka z urządzeniem do ustawiania stożków Segera	1
8	Stożki Segera o różnych temp. topliwości ($t < 1000$)	3
9	Oporowy piec elektryczny	1
10	Statyw do utrzymywania termopary w piecu	1
11	Opornik do pieca elektrycznego	1
11	Tablica: krzywa zależności odchylenia galwanometru od temperatury	1

Ustawienie przyrządów przy wzorcowaniu pirometru optycz. wskazuje rys. 78.



Rys. 78. Ustawienie przyrządów przy wzorcowaniu pirometru optycznego.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Skala milimetrowa o długości 1 m.	1
2	Statyw z lampką elektryczną	1
3	Przerywacz prądu	1
4	Galwanometr zwierciadłany, ustawiony na płycie ołowianej, wojtoku i podstawie szamotowej	1
5	Statyw z tarczą ochronną (azbestową i żelazną) oraz pirometr Ferry'ego	1
6	Piecyk gazowy z urządzeniem do nagrzewania tygielków ze srebrem. Statyw z tarczą ochronną szamotową. Tygielek z czystym srebrem	1
7	Piecyk gazowy i tygielek ze srebrem, pokrytem tlenkiem Mg . . .	1
8	Błaszki do centrowania pirometru z otworem okrągłym małym i ze szkiełkiem niebieskim (do obserwowania niklu)	1
9	Szkiełko niebieskie	3
10	Stoiki z kryptolem i z tlenkiem magnezu	1
11	Elektryczny piec kryptolowy. Grafitowy tygiel, o zaprawie magnezytowej, z niklem, pokrytym tlenkiem magnezu. Tarcza ochronna szamotowa	1
12	Szczypce i pałeczka porcelanowa	1
13	Tablica z napisem	1
14	Opornik do pieca kryptolowego	1

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest ustalenie temperatur topliwości stożków Segera, przez porównanie ich z termoparą i wzorcowanie lunety pirometrycznej Ferry'ego, przez porównanie ze znanymi temperaturami krzepnących metali.

A. Sprawdzanie stożków Segera. I. Umieścić na blaszce żelaznej, nasadzając na ostrza, trzy stożki Segera według malejących numerów i wsunąć ostrożnie do pieca, poczem piec zamknąć specjalnym korkiem z otworem obserwacyjnym w środku.



Rys. 79.
Opadanie stożków Segera.

II. Odnotowywać co 1 min. temperaturę pieca i wykreślić odnośną krzywą ogrzewania. Odnotować temperatury, odpowiadające dwom pozycjom każdego stożka (rys. 79). Porównać znalezione temperatury z temperaturami, wskazanymi na topliwość stożków.

B. Wzorcowanie lunety Ferry'ego. I. Zapalić palnik gazowy, znajdujący się pod tygielkiem ze srebrem S i ustawić lunetę w położeniu, wskazanem na schemacie (rys. 80).

II. Nastawić okular lunety L na odległość ogniskową, w stosunku do lutu T termopary, przez wysuwanie -go z lunety. Przy dobrem nastawieniu, drobne nierówności termopary, mającej kształt krzyża, winny się ostro rysować.

III. Po roztopieniu srebra, skierować lunetę na zwierciadlistą jego powierzchnię i nastawić na odległość przez zbliżanie lub oddalanie obiektywu O zapomocą obrotu śruby. Przy dobrem nastawianiu powierzchnia metalu (i ewentualne żuźle) winna się ostro zarysować, zwłaszcza na granicy tygla i metalu. Lut termopary winien znajdować się w środku widzialnego obrazu powierzchni metalu, co można stwierdzić przez nałożenie na zasłonę ochronną blaszki z wąskim otworem: obraz winien wtedy pozostać jednakowo wyraźny.

IV. Zapalić lampkę, oświetlającą skalę, zanotować punkt zerowy, zamknąć obwód zawierający termoparę lunety i galwanometr. Zgasić palnik i odczytywać odchylenia galwanometru co 10 sek. dla otrzymania krzywej krzepnięcia.

V. Przenieść palnik z pod tygielka ze srebrem czystym pod tygielek ze srebrem pokrytym cienką warstwą tlenku magnezowego (MgO), zapalić palnik i poczekać aż się srebro stopi (około 25 min.). Wyznaczyć, jak poprzednio, krzywą krzepnięcia.

VI. Puścić prąd do pieca elektrycznego i zwiększać w ciągu $\frac{1}{2}$ godz. jego natężenie do 120 amp. Obserwować przez niebieskie szkło chwilę roztopienia się pokrytego warstwą tlenku magnezowego niklu, poczem ustawić lunetę podobnie, jak w punkcie III, lecz posługując się zasłoną ze szkła niebieskiego. Przerwać prąd idący do pieca i odczytywać co 10 sek. odchylenie galwanometru.

VII. Wykreślić krzywe krzepnięcia czystego srebra, srebra pokrytego warstwą MgO i niklu, pokrytego warstwą MgO . Porównać dwie pierwsze krzywe. Przyjmąć dwie ostatnie krzywe, za podstawę do kalibrowania pirometru, wyznaczając współczynniki a i n równania:

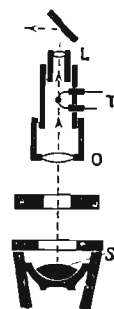
$$e = a \left[\frac{T}{1000} \right]^n$$

gdzie e oznacza odchylenie galwanometru, T — temperaturę bezwzględną. Jako temperaturę topnienia przyjmąć należy dla srebra $f = 961$, dla niklu $f = 1451$. Mamy wtedy:

$$n = 6,886 (\lg e_2 - \lg e_1)$$

$$\lg a = 1,6288 \lg e_1 - 0,6288 \lg e_2$$

Wykreślić zależność odchyień od temperatury w obrębie $T = 0^\circ - 2000^\circ$ i wskazać granicę stosowności.



Rys. 80.
Schemat
ustawienia
pirometru.

Plan pracy,

Student A.

Ustawia i obserwuje stożki w piecu oporowym.

Sprawdza nastawienie lunety, daje znak.

Odnotowuje krzywą krzepnięcia Ag. + MgO.

Ustawia lunetę nad Ni + MgO.

Student B.

Obserwuje ogrzewanie pieca oporowego.

Odnotowuje krzywą krzepnięcia srebra.

Ustawia lunetę nad Ag + MgO, daje znak.

Daje znak.

Student C.

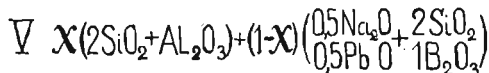
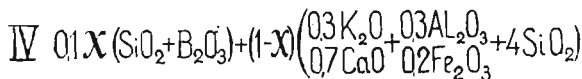
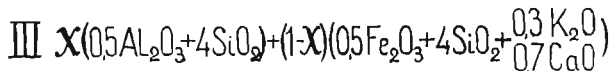
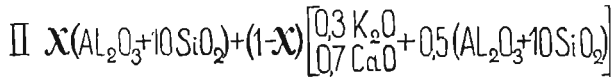
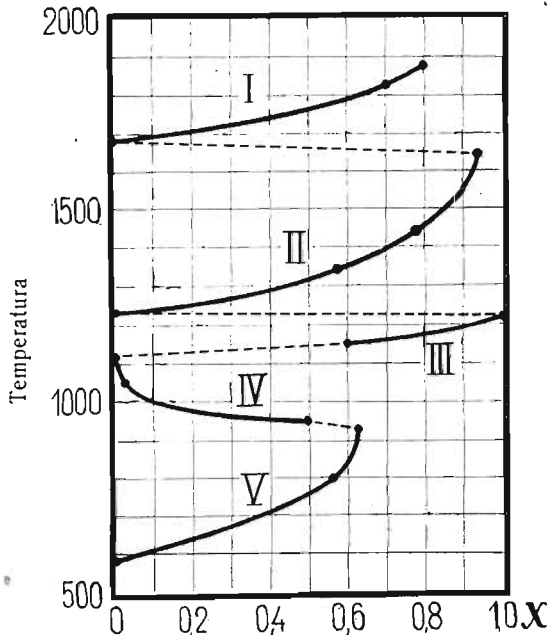
Puszczą prąd do pieca kryptolowego, zapala palnik pod srebrem i ustawia lunetę.

Pilnuje pieca kryptolowego.

Pilnuje pieca kryptolowego.

Odnotowuje krzywą krzepnięcia Ni + MgO.

Skład.



Rys. 81. Temperatury topienia stożków Segera w zależności od ich składu. Na dole skład stożków odniesiony do jednostki ciężarowej.

c) Pomoce.

Pomoce przy ćwiczeniu 10-tem składają się z tablicy, wyrażającej zależność odchylenia galwanometru od temperatury termopary i z tablicy wskazującej temperaturę opadania stożków Segera w zależności od ich składu.

Tablica, wskazująca zależność odchylenia galwanometru od temperatury termopary, stosowana jest przy wzorcowaniu stożków Segera i obejmuje temperatury do 1000°.

Tablicę wskazującą temperatury topienia stożków Segera w zależności od ich składu podaje rys. 81.

Wykres ten przedstawia skład 5 rozmaitych gatunków stożków Segera obejmujących obszar temperatury od 600° do 1900°.

Czynności asystenta przy ćwiczeniach 1-szej serii.

Instrukcje ogólne.

Asystent powinien przed ćwiczeniami:

1. Ustawić, w porządku, przyrządy potrzebne do ćwiczeń.
2. Podolewać odczynników i zawiesinę tlenku żelazowego.
3. Zamienić uszkodzone papiery do polerowania.
4. Zetrzeć papierem szmirglowym szlify mikrograficzne, przygotowane przez uprzednio pracujących studentów.
5. Dopilnować by stoły, na których odbywają się ćwiczenia, wytarte zostały przez woźnego.

Instrukcje szczegółowe.

Ćwiczenie 1.

Sprawdzić czy szkiełka oświetlaczy nie są uszkodzone.

Ćwiczenie 2.

1. Wytopić z pierścieni uprzednio zainkludowany surowiec.
2. Sprawdzić działanie baterijek suchych elementów.
3. Przygotować paleczki szelaku.

Ćwiczenie 3.

Oczyścić tygiel do próby z pikratem sodowym.

Ćwiczenie 4.

1. Wyżarzyć próbki brązu cynowego i glinowego oraz zamienić uszkodzone przez obróbkę termiczną.
2. Przygotować nowe arkusze papieru do rysowania.
3. Przygotować watę do trawienia.
4. Sprawdzić działanie termopary.

Ćwiczenie 5.

Sprawdzić próbki stali węglistej i zamienić uszkodzone przez obróbkę termiczną.

Ćwiczenie 6.

1. Sprawdzić czy jest klej i farba drukarska.
2. Przygotować papier do odbitek i pasków.
3. Przygotować watę do trawienia.

Ćwiczenie 7.

1. Sprawdzić czy próbówki nie uległy pęknięciu i dosypać do nich siarki i naftaliny.
2. Przygotować kawałek cynku i sprawdzić czy jest węgiel drzewny.

Ćwiczenie 8.

1. Sprawdzić działanie termopary.
2. Sprawdzić czy tygielki ze stopami są w porządku i czy jest węgiel drzewny.

Ćwiczenie 9.

1. Sprawdzić działanie termopar, zwykłej i różnicowej.
2. Sprawdzić ustawienie galwanometru.

Ćwiczenie 10.

1. Sprawdzić działanie termopary przy wzorcowaniu stożków.
2. Przygotować stożki.
3. Sprawdzić czy tygiel z niklem nie uległ uszkodzeniu i ustawić piec kryptolowy.
4. Sprawdzić ustawienie galwanometru.

DRUGA SERJA ĆWICZEŃ.

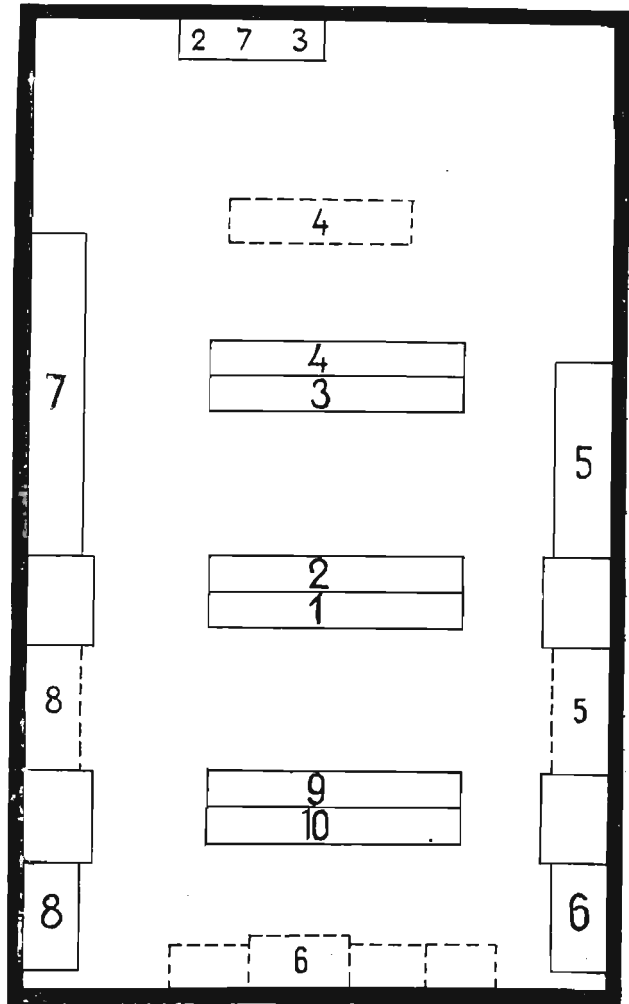
Ćwiczenia pierwszej serji dają studentom wystarczające wiadomości dla późniejszego stosowaniu mikroskopu metalograficznego i pirometru, nie poruszają jednak prawie zupełnie zastosowań do zagadnień przemysłowych. Jest to zadaniem serji drugiej.

Pierwsza połowa ćwiczeń serji drugiej stanowi również pewną całość przez zastosowanie w nich pomiaru twardości metodą Le Grix. Po-

miar ten może być stosowany nawet na małych inkludowanych próbkach.

W drugiej serji ćwiczeń zbadany zostaje wpływ odpuszczania na stal hartowaną lub zgniecioną, zależność własności stali szybko-tnącej od sposobu jej obróbki termicznej i uwydatnione są czynniki wpływające na jakość spoiny elektrycznej. Poza tem badają studenci warunki cementowania i wyrobu żelaza kuto-lanego, ustalają zanieczyszczenie surowca i stali fosforem i siarką i kończą analizą mikrograficzną, pozwalającą im na określenie gatunku stali i rodzaju jej obróbki termicznej.

Rozplanowanie ćwiczeń serji 2-giej przedstawia rys. 82-gi.



Rys. 82. Plan sali przy drugiej serji ćwiczeń.

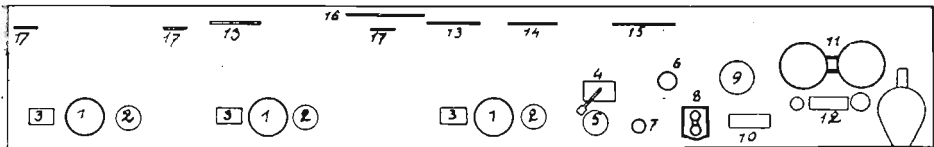
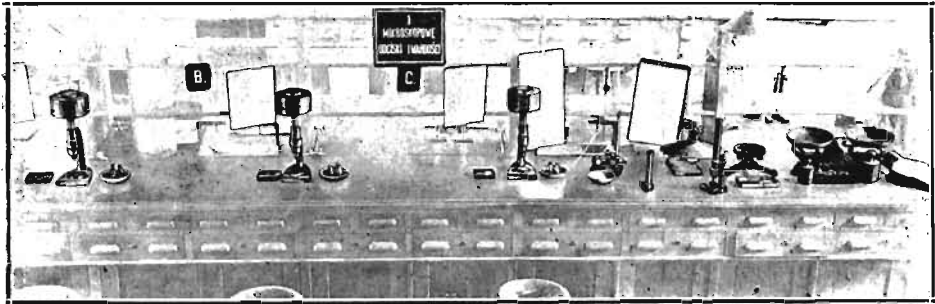
ĆWICZENIE 1-sze.

Mikroskopowe odciski twardości.

Drugą serję ćwiczeń rozpoczyna wzorcowanie przyrządu Le Grix. Odciski twardości są tu wykonane kulką 1 mm. (względnie 3 mm.) pod ciśnieniem 12 kg. i mierzone pod mikroskopem. Wzorcowanie polega na porównaniu tych wyników z normalnymi odciskami Brinella.

a) Przyrządy.

Ogólne ustawienie przyrządów przedstawia rys. 83.



Rys. 83. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 1-szem.

Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Aparat Le Grix, zaopatrzony w krążek grubego papieru do podkładania pod próbki	3
2	Oprawka z kulką $d = 1,19$ mm. i z kulką $d = 3,18$ mm. Kulki zapasowe	3
3	Próbki stali i stopów miedzi z odciskami Brinella	3
4	Korek z igłą namagnesowaną umieszczony w uchwycie statywu	1
5	Miseczka	1
6	Lampa (Philips Argenta) na statywie	1
7	Mikroskop № 1 do pomiaru odcisków Brinella, 1 podziałka okularu $= \frac{1}{20}$ mm.	1
8	Mikroskop № 2 do pomiaru odcisków mikroskopowych, 1 podziałka okularu $= \frac{1}{200}$ mm.	1
9	Stolik do sprawdzania równoległości płaszczyzn próbek poziomnicą. Pozłomnica. (Obecnie nie używane)	1
10	Mikrometr do sprawdzania średnic kulek. Linijka Le Chateliera. Płytką z podziałką 1 mm. = 100 podziałek	1
11 i 12	Waga z odważnikami	1
13-17	Tablice z instrukcjami, obliczeniami twardości i napisami	10

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest pomiar twardości, zapomocą małej kulki pod niewielkim ciśnieniem i porównanie obliczonej liczby twardości z normalną liczbą Brinella.

A. Odciski Brinella. I. Ustawić mikroskop pomiarowy № 1 i określić powiększenie, odpowiadające jednej podziałce okularu, posiłkując się odległością kresek na linijce Le Chateliera w miejscu, gdzie wynosi ona np. 5 mm.

II. Zmierzyć średnicę d normalnych odcisków Brinella, wykonanych poprzednio na danych próbkach stali i stopu miedzi. Odcisk, umieszczony w środku pola widzenia, zostaje wymierzony w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach, przekręcając okular o 90° . Jako ostateczny wymiar dla każdego odcisku należy wziąć średnią arytmetyczną wymienionych wymiarów.

III. Zmierzyć średnice odcisków zapomocą linijki Le Chateliera i porównać ich wymiary z poprzednio otrzymanymi.

IV. Posługując się wzorem $H = \frac{P}{S} \frac{\text{kg.}}{\text{mm.}^2}$, gdzie S — powierzchnia odcisku w $\text{mm.} = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})$ a P — siła naciskająca w kg. , obliczyć liczby twardości. Przyjmąc, jako dane, D — średnicę kulki naciskającej = 10 mm., P — dla stali = 3000 kg. , P — dla stopów miedzi = 500 kg. d oznacza zmierzoną średnicę odcisku w mm. (Przy obliczaniu twardości posługiwać się można wywieszoną tablicą)

B. Odciski mikroskopowe. I. Zakreślić na odwrotnej stronie próbki stalowej kółko atramentem i w jego obrębie zrobić, przy pomocy przyrządu Le Grix, trzy odciski mniejszą (1 mm.) kulką. Odciski winny tworzyć w przybliżeniu trójkąt równoboczny.

II. Próby odcisku dokonać należy w następujący sposób. Opiera się obydwą łokcie o stół, ujmuje się w obie ręce gwint mikrometryczny, obraca się go wolno, obserwując odległość między kuleczką a powierzchnią próbki (kulka odbija się w próbce jak w zwierciadle). W pobliżu zetknięcia kuleczki z powierzchnią należy zwolnić tempo jej opuszczania. Gwint należy przestać obracać, gdy cały ciężar spocznie na kulce, co się wyczuje po łatwym obracaniu się gwintu. Po upływie 1 min. obraca się gwint ostrożnie w stronę przeciwną, podnosząc z wolna kulkę.

III. Ustawić mikroskop pomiarowy № 2 i określić powiększenie, odpowiadające jednej podziałce okularu posiłkując się płytką mikrometryczną (100 kresek płytki = 1 mm).

IV. Z przyrządu Le Grix, do pomiaru twardości, odjąć nakrętkę, zawierającą kulkę, wyjąć ciężar naciskający i zważyć go razem z nakrętką.

V. Określić zapomocą śruby mikrometrycznej średnicę kulki, użytej do wykonania odcisku, zakładając ją na uszko namagnesowanej igły.

VI. Zmierzyć średnice odcisków i wyliczyć liczby twardości, podobnie, jak w punktach II i IV-A pomiarów odcisku Brinella.

VII. Zamiast nakrętki z małą kulką, wkręcić do przyrządu Le Grix nakrętkę z większą (3 mm.) kulką stalową. Zmierzyć średnicę tej kulki zapomocą śruby mikrometrycznej. Zrobić na próbce stopu miedzi trzy odciski twardości, podobnie jak w punktach I i II-B.

VIII. Zmierzyć średnice wykonanych odcisków i wyliczyć twardości, podobnie, jak w punktach II i IV pomiarów odcisku Brinella.

IX. Określić współczynnik poprawki $K = \frac{\text{Liczba Brinella normalna}}{\text{Liczba Brinella mikroskopowa}}$ dla stali i stopów miedzi.

Plan pracy.

Student A.

Student B.

Student C.

Ustawia mikroskop № 1.

Ustawia mikroskop № 2.

Sprawdza wyniki otrzymane przez studentów A i B.

Praca indywidualna według instrukcji.

c) Pomoce.

Jako pomoce naukowe są, przy ćwiczeniu 1-szem, cztery tablice do obliczania twardości według średnicy odcisków.

Dwie z tych tablic odnoszą się do normalnych odcisków Brinella, wykonanych zapomocą kulki o średnicy 10 mm. bądź to dla stali, pod ciśnieniem 3000 kg. (tablica IV-ta), bądź to dla innych stopów pod ciśnieniem 500 kg. (tablica V).

Dwie ostatnie tablice odnoszą się do odcisków mikroskopowych, wykonanych pod ciśnieniem 12 kg., bądź to kulką 1 mm. dla stali, (tablica VI), bądź to kulką 3 mm., dla innych metali (tablica VII).

TABLICA IV.

Liczby twardości dla stali

uzyskane przy nacisku $P = 3000$ kg. na kulkę stalową o średnicy $D = 10$ mm., obliczone na podstawie wzoru:

$$H = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} = \frac{3000}{\frac{\pi \cdot 10}{2} [10 - \sqrt{100 - d^2}]}$$

H — liczba twardości w kg/mm^2 , d — średnica odcisku w mm., Δ — różnica liczb twardości, odpowiadająca różnicy średnicy odcisku = 0,05 mm. (partes proportionales)

d	H	Δ	d	H	Δ	d	H	Δ
2,20	780	35	3,75	262	7	5,35	123	2
2,25	745	33	3,80	255	7	5,40	121	3
2,30	712	30	3,85	248	7	5,45	118	2
2,35	682	29	3,90	241	6	5,50	116	2
2,40	653	26	3,95	235	6	5,55	114	3
2,45	627	26	4,00	229	6	5,60	111	2
2,50	601	23	4,05	223	6	5,65	109	2
2,55	578	23	4,10	217	5	5,70	107	2
2,60	555	21	4,15	212	5	5,75	105	2
2,65	534	20	4,20	207	5	5,80	103	2
2,70	514	19	4,25	202	5	5,85	101	2
2,75	495	18	4,30	197	5	5,90	99	2
2,80	477	17	4,35	192	5	5,95	97	1
2,85	460	16	4,40	187	4	6,00	96	2
2,90	444	15	4,45	183	4	6,05	94	2
2,95	429	14	4,50	179	5	6,10	92	2
3,00	415	14	4,55	174	4	6,15	90	1
3,05	401	13	4,60	170	3	6,20	89	2
3,10	388	13	4,65	167	4	6,25	87	1
3,15	375	12	4,70	163	4	6,30	86	2
3,20	363	11	4,75	159	3	6,35	84	1
3,25	352	11	4,80	156	4	6,40	83	2
3,30	341	10	4,85	152	3	6,45	81	1
3,35	331	10	4,90	149	3	6,50	80	2
3,40	321	10	4,95	146	3	6,55	78	1
3,45	311	9	5,00	143	3	6,60	77	2
3,50	302	9	5,05	140	3	6,65	75	1
3,55	293	8	5,10	137	3	6,70	74	1
3,60	285	8	5,15	134	3	6,75	73	1
3,65	277	8	5,20	131	3	6,80	71,6	1
3,70	269	7	5,25	128	2	6,85	70,4	
			5,30	126	3			

TABLICA V.

Liczby twardości dla stopów,
uzyskane przy nacisku $P = 500$ kg. na kulkę stalową o średnicy $D = 10$ mm, obliczone
na podstawie wzoru:

$$H = \frac{\pi D}{2} [D - \sqrt{D^2 - d^2}] = \frac{\pi \cdot 10}{2} [10 - \sqrt{100 - d^2}]$$

H — liczba twardości w kg/mm^2 , d — średnica odcisku w mm, Δ różnica liczb twardości odpowiadająca różnicy średnicy odcisku = 0,05 mm (partes proportionales)

d	H	Δ	d	H	Δ	d	H	Δ
2,00	158		3,65	46		5,35	29,5	
		8			1			0,4
2,05	150		3,70	45		5,40	20,1	
		7			1			0,4
2,10	143		3,75	44		5,45	19,7	
		7			2			0,4
2,15	136		3,80	42		5,50	19,3	
		6			1			0,4
2,20	130		3,85	41		5,55	18,9	
		6			1			0,3
2,25	124		3,90	40		5,60	18,6	
		5			1			0,4
2,30	119		3,95	39		5,65	18,2	
		5			1			0,4
2,35	114		4,00	38		5,70	17,8	
		5			1			0,3
2,40	109		4,05	37		5,75	17,5	
		5			1			0,3
2,45	104		4,10	36		5,80	17,2	
		4			0,7			0,4
2,50	100		4,15	35,3		5,85	16,8	
		4			0,9			0,3
2,55	96		4,20	34,4		5,90	16,5	
		3			0,8			0,3
2,60	93		4,25	33,6		5,95	16,2	
		4			0,8			0,3
2,65	89		4,30	32,8		6,00	15,9	
		3			0,8			0,3
2,70	86		4,35	32,0		6,05	15,6	
		3			0,8			0,3
2,75	83		4,40	31,2		6,10	15,3	
		3			0,7			0,2
2,80	80		4,45	30,5		6,15	15,1	
		3			0,7			0,2
2,85	77		4,50	29,8		6,20	14,8	
		3			0,7			0,3
2,90	74		4,55	29,1		6,25	14,5	
		2			0,7			0,3
2,95	72		4,60	28,4		6,30	14,2	
		3			0,6			0,2
3,00	69		4,65	27,8		6,35	14,0	
		2			0,7			0,3
3,05	67		3,70	27,1		6,40	13,7	
		2			0,6			0,2
3,10	65		4,75	26,5		6,45	13,5	
		2			0,6			0,2
3,15	63		4,80	25,9		6,50	13,3	
		2			0,5			0,3
3,20	61		4,85	25,4		6,55	13,0	
		3			0,6			0,2
3,25	59		4,90	24,8		6,60	12,8	
		2			0,5			0,2
3,30	57		4,95	24,3		6,65	12,6	
		2			0,5			0,2
3,35	55		5,00	23,8		6,70	12,4	
		1			0,5			0,3
3,40	53		5,05	23,3		6,75	12,1	
		2			0,5			0,2
3,45	52		5,10	22,8		6,80	11,9	
		2			0,5			0,2
3,50	50		5,15	22,3		6,85	11,7	
		1			0,5			0,2
3,55	49		5,20	21,8		6,90	11,5	
		2			0,4			0,2
3,60	47		5,25	21,4		6,95	11,3	
		1			0,5			0,2
			5,30	21,9		7,00	1,11	
					0,4			

TABLICA VI.

Liczby twardości dla stali

uzyskane przy nacisku $P = 12$ kg. na kulkę stalową o średnicy $D = 1,19$ mm. obliczone na podstawie wzoru:

$$H = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} = \frac{12}{\pi \cdot 1,19 \cdot [1,19 - \sqrt{1,19^2 - d^2}]}$$

H — liczba twardości w kg/mm^2 , d — średnica odciska w mm. Δ — różnica liczb twardości, odpowiadająca różnicy średnicy odcisku $= 0,005$ mm. (partes proportionales).

d	H	Δ	d	H	Δ	d	H	Δ
0,140	776		0,245	252		0,350	121	
		52			10			3
0,145	724		0,250	242		0,355	118	
		47			10			3
0,150	677		0,255	232		0,360	115	
		43			9			3
0,155	634		0,260	223		0,365	112	
		40			9			3
0,160	594		0,265	214		0,370	109	
		36			8			3
0,165	558		0,270	206		0,375	106	
		33			7			3
0,170	525		0,275	199		0,380	103	
		30			7			2,6
0,175	495		0,280	192		0,385	100,4	
		27			7			2,6
0,180	468		0,285	185		0,390	97,8	
		25			6			2,6
0,185	443		0,290	179		0,395	95,2	
		24			6			2,5
0,190	421		0,295	173		0,400	92,7	
		22			6			2,4
0,195	399		0,300	167		0,405	90,3	
		20			6			2,2
0,200	379		0,305	161		0,410	88,1	
		18			5			2,1
0,205	361		0,310	156		0,415	86,0	
		17			5			2,0
0,210	344		0,315	151		0,420	84,0	
		16			5			2,0
0,215	328		0,320	146		0,425	82,0	
		15			5			1,9
0,220	313		0,325	141		0,430	80,1	
		14			4			1,9
0,225	299		0,330	137		0,435	78,2	
		13			4			1,9
0,230	286		0,335	133		0,440	76,3	
		12			4			1,8
0,235	274		0,340	129		0,445	74,5	
		11			4			1,7
0,240	263		0,345	125		0,450	72,8	
		11			4			1,7

Metoda obliczenia tablicy

Wzór na twardość daje się rozłożyć w szereg Taylora:

$$H = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} = \frac{4P}{\pi d^2} - \frac{P}{\pi \cdot D^2} - \frac{4 \cdot P \cdot 1}{\pi \cdot d^2 \cdot 16} \left[\frac{d}{D} \right]^4$$

Poprzestając na pierwszych dwóch wyrazach, otrzymujemy z dostateczną dokładnością

następujący wzór: $H = \frac{3P}{\pi d^2} - \frac{P}{\pi \cdot D^2}$

TABLICA VII

Liczby twardości dla stópów

otrzymane przy nacisku $P = 12$ kg. na kulkę stalową o średnicy $D = 3,18$ mm, obliczone na podstawie wzoru:

$$H = \frac{P}{\frac{\pi \cdot D}{2} [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} = \frac{12}{\frac{\pi \cdot 3,18}{2} [3,18 - \sqrt{3,18^2 - d^2}]}$$

H — liczba twardości w kg/mm², d — średnica odcisku w mm., Δ — różnica liczb twardości, odpowiadająca różnicy średnicy odcisku = 0,005 mm. (partes proportionales)

d	H	Δ	d	H	Δ	d	H	Δ
0,240	266		0,395	97,5		0,550	50,2	
0,245	255	11	0,400	95,0	2,5	0,555	49,3	0,9
0,250	245	10	0,405	92,6	2,4	0,560	48,4	0,9
0,255	235	10	0,410	90,4	2,2	0,565	47,5	0,9
0,260	226	9	0,415	88,3	2,1	0,570	46,7	0,8
0,265	217	9	0,420	86,3	2,0	0,575	45,8	0,9
0,270	209	8	0,425	84,3	2,0	0,580	45,0	0,8
0,275	202	7	0,430	82,4	1,9	0,585	44,3	0,7
0,280	195	7	0,435	80,5	1,9	0,590	43,6	0,8
0,285	188	7	0,440	78,6	1,9	0,595	42,8	0,7
0,290	182	6	0,445	76,8	1,8	0,600	42,1	0,7
0,295	176	6	0,450	75,1	1,7	0,605	41,4	0,7
0,300	170	6	0,455	73,4	1,7	0,610	40,7	0,7
0,305	164	6	0,460	71,8	1,6	0,615	40,0	0,7
0,310	159	5	0,465	70,2	1,6	0,620	39,3	0,7
0,315	154	5	0,470	68,8	1,4	0,625	38,7	0,6
0,320	149	5	0,475	67,4	1,4	0,630	38,1	0,6
0,325	144	4	0,480	66,0	1,4	0,635	37,5	0,6
0,330	140	4	0,485	64,4	1,4	0,640	36,9	0,6
0,335	136	4	0,490	63,2	1,2	0,645	36,3	0,6
0,340	132	4	0,495	62,0	1,2	0,650	35,8	0,5
0,345	128	4	0,500	60,8	1,2	0,655	35,2	0,6
0,350	124	3	0,505	59,5	1,2	0,660	34,7	0,5
0,355	121	3	0,510	58,5	1,1	0,665	34,2	0,5
0,360	118	3	0,515	57,3	1,2	0,670	33,7	0,5
0,365	115	3	0,520	56,2	1,1	0,675	33,2	0,5
0,370	112	3	0,525	55,1	1,1	0,680	32,7	0,5
0,375	109	3	0,530	54,0	1,1	0,685	32,2	0,5
0,380	106	3	0,535	52,9	1,1	0,690	31,7	0,5
0,385	103	3	0,540	52,0	0,9	0,695	31,3	0,4
0,390	100	3	0,545	51,1	0,9	0,700	30,8	0,5
		2,5			0,9			0,4

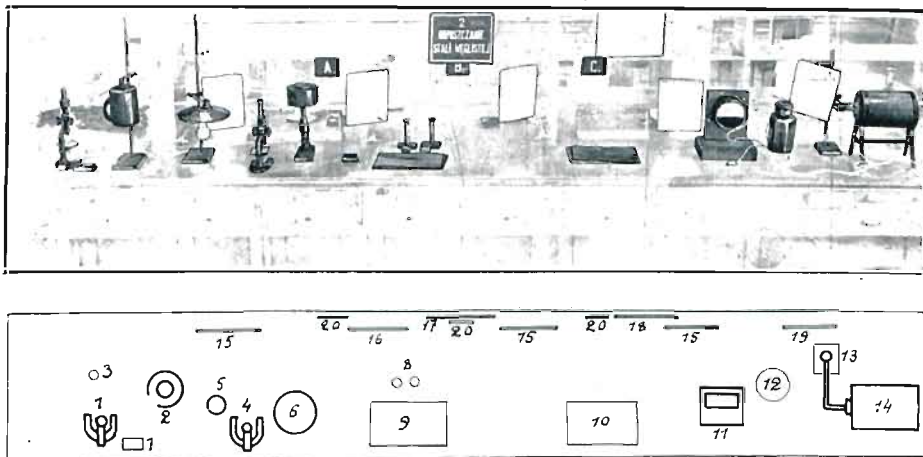
ĆWICZENIE 2-gie.

Odpuszczanie i łagodne hartowanie stali węglistych.

W ćwiczeniu 2-gim stal perlityczna, uprzednio zahartowana, odpuszczona zostaje przy 400° , dając kolejno osmondyt i sorbit. Inna próbka, zahartowana w oleju rzepakowym wykazuje mieszaninę martenzytu z troostytem. Budowę próbek obserwuje się zapomocą obiektywu imersyjnego, dającego największe osiągalne powiększenia (około 1300); równocześnie badana jest zależność twardości od budowy.

a) Przyrządy.

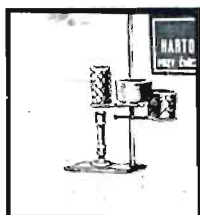
Ogólne ustawienie przyrządów przedstawia rys. 84.



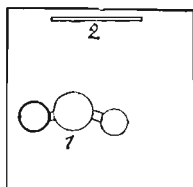
Rys. 84. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 2-gim.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Mikroskop obserwacyjny Reicherta, $K_1 = 1,2$. Okular Leitza N ^o 5, $K_3 = 9,5$. Obiektyw Reicherta N ^o 3, $K_2 = 11,8$. Obiektyw imersyjny Nacheta, $K_2 = 117$	1
2	Statyw z lampą do mikroskopu	1
3	Słoiczek z olejkim cedrowym do imersji, słoiczek z eterem, kawałek płótna do wycierania obiektywu	1
4	Mikroskop pomiarowy, 1 podziałka = 0,005 mm.	1
5	Statyw z lampą do oświetlenia mikroskopu pomiarowego	1
6	Aparat Le Grix z kulką $d = 1,19$ mm i krążek papieru	1

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
7	Próbki stali C=0,8% i 0,4%; korytko z plasteliną.	1
8	Odczynniki: 4%-wy roztwór kwasu azotowego w alkoholu izoamylowym, 4%-wy roztwór alkohol. kwasu pikrynowego.	1
9 i 10	Tafla szklana do polerowania, papier émeri 0000, papier potée 0000	2
11	Galwanometr Keiser i Schmidta	1
12	Słój z wodą do termopary. Termometr.	1
13	Statyw do utrzymywania termopary i termopara	1
14	Piec oporowy elektryczny	1
15-20	Tablice z instrukcjami, wykresami i napisami	10



Hartowanie w oleju odbywa się osobno (rys. 82). Ustawienie używanych przy tym przyrządów podaje rys. 85.



Rys. 85.
Ustawienie przyrządów przy hartowaniu.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Piecyk gazowy do hartowania próbek, blaszanki z olejem i wodą, palnik Bunzenowski duży. Magnes	1
2	Tablica z napisem	1

b) *Instrukcje.*

Cel^{em} tego ćwiczenia jest obróbka termiczna stali, dająca składniki przejściowe pomiędzy perlitem i martenzytem (osmondyt, troostyt, sorbit).

A. Odpuszczanie. I. Ustawić mikroskop obserwacyjny i pomiarowy mikroskop, którego każda podziałka odpowiada 0,005 mm.

II. Zetrzeć na szlifierce z powierzchni próbki hartowanej stali (N^o 1), o zawartości około 0,8% węgla, warstwę tlenków i odpolerować.

III. Zrobić trzy odciski twardości (po 1 min.) przy pomocy przyrządu Le Grix i, posługując się tablicą, obliczyć odpowiednią liczbę twardości.

IV. Wytrawić próbkę 4% roztworem kwasu pikrynowego przez 15 sek. W razie nieczynności tego odczynnika, odpolerować zlekką i wytrawić 4% roztworem alkohol. kwasu azotowego. Obserwować budowę, widzianą pod mikroskopem obserwacyjnym, zaopatrzonym w obiektyw № 3. Zmienić ten obiektyw na imersyjny, umieścić na próbce, za pomocą pałeczki szklanej, kroplę olejku cedrowego, opuścić powoli obiektyw, by go kropla ta dotknęła, obserwować i odrysować otrzymany obraz. Po użyciu imersyjnego obiektywu, wytrzeć go płótnem, zlekką zwilżonem eterem.

V. Ogrzać próbkę przez godzinę w piecu elektrycznym przy temperaturze 400°, przyczem prąd należy regulować opornikiem.

VI. Wyjąć próbkę z pieca i ostudzić ją w powietrzu; zedrzeć na szlifierce warstwę tlenków i odpolerować.

VII. Zrobić trzy odciski twardości (po 1 min.) i zmierzyć je pod mikroskopem pomiarowym; obliczyć liczbę twardości i porównać ją z poprzednią (punkt III), poczem wytrawić 4% roztworem alkohol. kwasu pikrynowego, obserwować pod mikroskopem obserwacyjnym z obiektywem № 3 i imersyjnym; narysować widziany obraz.

B. Hartowanie stali w oleju. I. Odpolerować próbkę stali wyżarzanej (№ 2), o zawartości węgla około 0,4%.

II. Zrobić trzy odciski twardości, zmierzyć je mikroskopem pomiarowym i obliczyć odpowiednią liczbę twardości.

III. Trawić próbkę 4% alkohol. roztworem kwasu pikrynowego i narysować obraz widziany pod mikroskopem obserwacyjnym z obiektywem № 3 i imersyjnym.

IV. Zawiesić próbkę na drucie i ogrzać na palniku gazowym powyżej temperatury krytycznej (zanik magnetyzmu), następnie zahartować w oleju.

V. Zedrzeć warstwę tlenków na szlifierce, odpolerować i zrobić 3 odciski, dokonać ich pomiaru, obliczyć odpowiednią liczbę twardości i porównać z poprzednią (punkt II-B).

VI. Wytrawić próbkę 4% alkohol. roztworem kwasu pikrynowego. W razie nieczynności tego odczynnika, zlekką odpolerować próbkę i wytrawić 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu izoamylowym. Obserwować i odrysować obraz widziany pod mikroskopem obserwacyjnym z obiektywem № 3 i imersyjnym. Porównać obrazy przed i po zahartowaniu próbki (punkt III-B).

Plan pracy.

Student A.

Ustawia mikroskop pomiarowy.

Puszcza prąd i obserwuje temperaturę pieca.

Odpuszcza próbkę № 1, polewuje ją, bada twardość i trawi.

Student B.

Ustawia mikroskop obserwacyjny.

Polewuje próbkę № 2, bada twardość i trawi.

Ogólna obserwacja.

Hartuje w oleju próbkę № 2 i polewuje.

Ogólna obserwacja.

Student C.

Polewuje próbkę № 1, bada jej twardość i trawi.

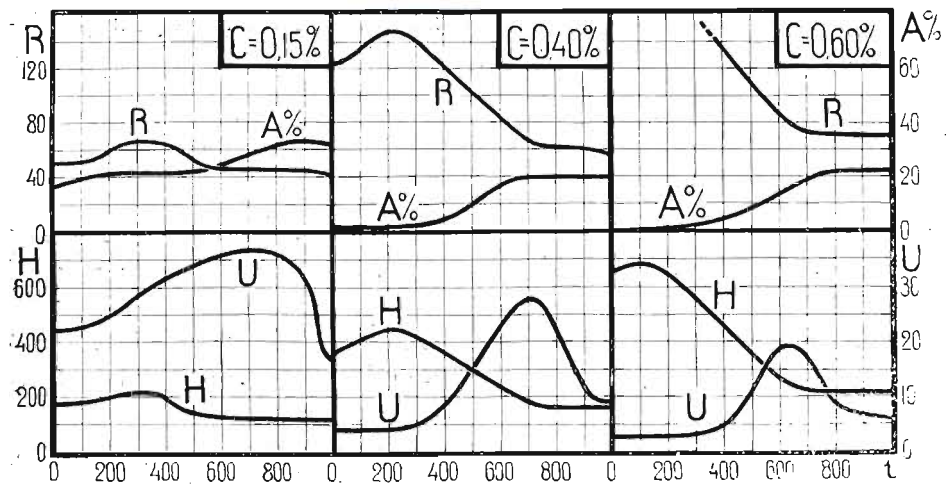
Bada twardość próbki № 2 poczem ją trawi.

c) Pomoce.

Pomoce przy ćwiczeniu 2-gim składają się głównie z wykresów, wyrażających zmianę własności mechanicznych stali pod wpływem odpuszczania oraz z mikrografji stali odpuszczonych i łagodnie hartowanych.

Wykres własności mechanicznych stali, w zależności od temperatury odpuszczania (rys. 86), wskazuje silny wpływ obróbki termicznej nawet na stale ubogie w węgiel ($C = 0,15\%$) i konieczność stosowania odmiennych temperatur na odpuszczanie zależnie od tego, czy się pragnie uzyskać znaczną wytrzymałość na rozzerwanie i twardość, czy znaczną udarność.

Temperatura odpuszczania.



Rys. 86. Zależność własności mechanicznych od temperatury odpuszczania dla stali zawierającej 0,15%, 0,4% i 0,6% C. R — wytrzymałość na rozzerwanie, A% — wydłużenie przy rozzerwaniu, H — twardość i U — udarność.

Mikrografje odnoszące się do odpuszczania wyobrażają budowę osmondytyczną (rys. 87) i sorbityczną (rys. 88), która wtedy powstaje.



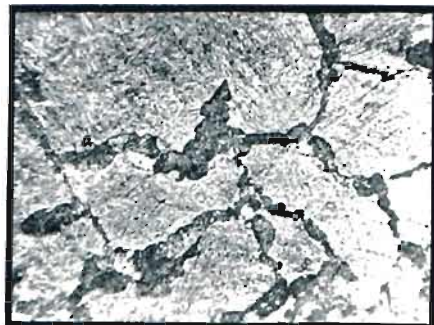
Rys. 87. Stal o 0,8% C odpuszczona przy 400°. Osmondyt. P = 1300.



Rys. 88. Poprzednia próbka odpuszczona dłużej lub przy wyższej temperaturze. Sorbit miejscami przechodzący w perlit. P = 1300.



Rys. 89. Stal o 0,4% C po wyżarzeniu. Jasny ferryt na tle perlitu. P = 130.



Rys. 90. Poprzednia próbka po zahartowaniu w oleju. Ciemny troostyt na tle martenzytu. P = 130.

Mikrografje, odnoszące się do hartowania stali w oleju, przedstawiają budowę stali przed hartowaniem (rys. 89) i przejście jej na mieszaninę martenzytu z troostytem po zahartowaniu (rys. 90 i 91).

Pozatem, do pomocy przy ćwiczeniu 2-gim należy tablica wskazująca temperaturę zależnie od odchylenia galwanometru oraz tablica VI pozwalająca na obliczenie twardości stali na podstawie średnicy odcisków mikroskopowych.



Rys. 91. Poprzednia próbka przy znaczniejszym powiększeniu. Ciemny troostyt i jaśniejszy martenzyt. P = 1300.

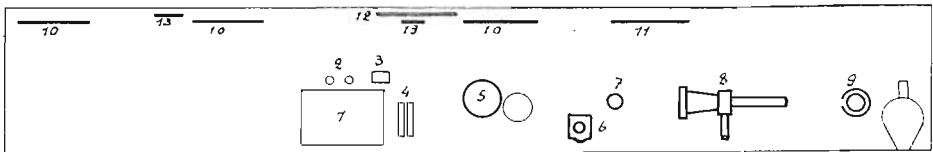
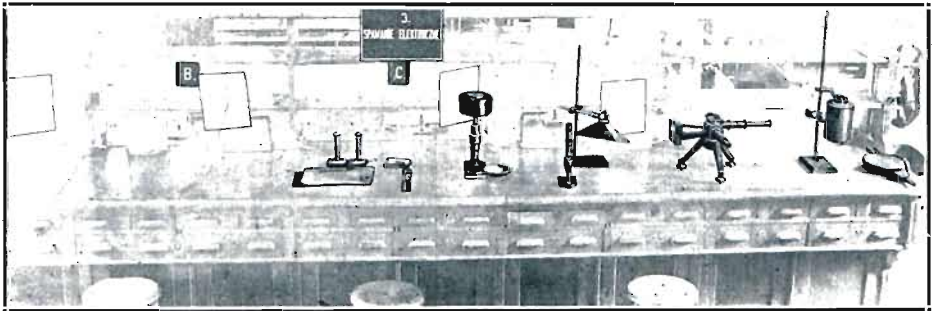
ĆWICZENIE 3-cie.

Spawanie elektryczne.

Ćwiczenie 3-cie poświęcone jest badaniu spoiny elektrycznej. Obliczona zostaje najpierw wydajność energetyczna spawania na jednostkę długości i wagi spoiny. Spoina ta ulega następnie badaniu, wykazującemu różnicę pomiędzy wynikami otrzymanymi zapomocą gołej elektrody i pokrytej powłoką odtleniającą. Badania te odbywają się przez makroskopię, mikrografję i pomiar twardości.

a) Przyrządy.

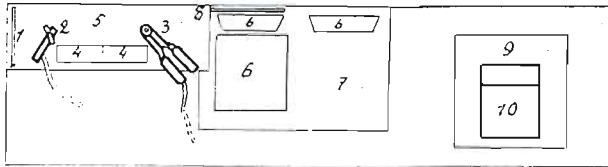
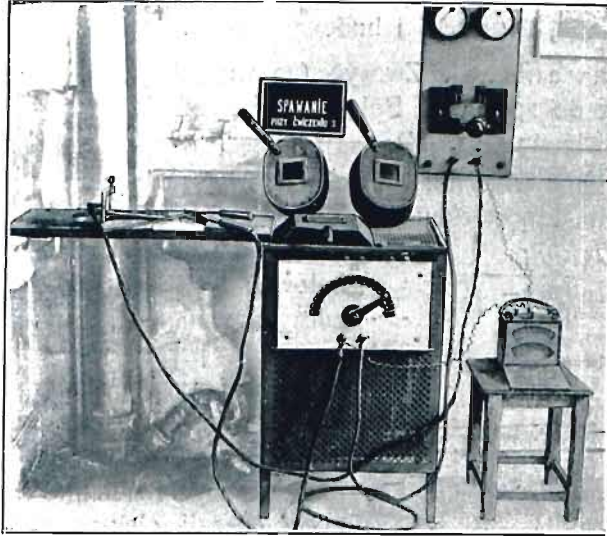
Ustawienie przyrządów przy badaniu spoiny przedstawia rys. 92. Oddzielnie odbywa się spawanie.



Rys. 92. Ustawienie przyrządów przy badaniu spoiny elektrycznej.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Tafla szklana do polerowania, papier émeri 0000 i potée 0000.	1
2	Odczynniki: 1) 4%-wy roztwór kwasu azotowego w alkoholu izoamylowym, 2) 10%-wy roztwór jodu w alkoholu;	
	Pendzelek do jodiny	1
3	Rynienka z plasteliną.	1
4	Sztabki żelazne do spawania elektrycznego.	2
5	Aparat Le Grix i krążek papieru	1
6	Mikroskop pomiarowy, I podziałka = 0,005 mm.	1
7	Statyw z lampą elektr. do oświetlania mikroskopu pomiarowego	1
8	Mikroskop Pellina, $K_1 = 1,7$; okular N ^o 5, $K_3 = 9,8$; obiektyw N ^o 3, $K_2 = 15,2$; obiektyw NC Zeissa, $K_2 = 27,2$	1
9	Statyw z lampą do oświetlania mikroskopu	1
10-13	Tablice z instrukcjami i napisami	8
bez N ^o	Polerka i szlifiierka rotacyjna. Piła	1

Ustawienie przyrządów przy spawaniu przedstawia rys. 93.



Rys. 93. Ustawienie przyrządów przy spawaniu elektrycznym.

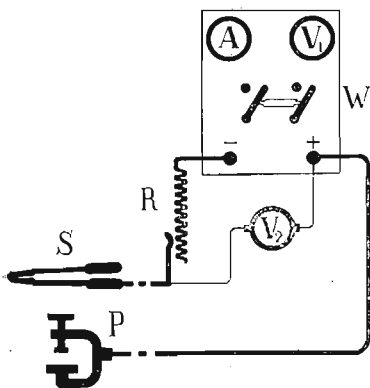
Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Zasłona z blachy	1
2	Uchwyt z przewodnikiem	1
3	Szczypce z przewodnikiem	1
4	Płytki szamotowe do unieszczenia przedmiotu spawanego	2
5	Deska obita blachą	1
6	Ochraniacze (szkło niebieskie do oczu)	3
7	Opornik	1
8	Tablica z napisem	1
9	Taburek do ustawiania voltomierza	1
10	Voltomierz	1
bez Nr	Tablica z voltomierzem, amperomierzem i przerywaczem	1

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest badanie spoiny elektrycznej pod względem przylegania, twardości i budowy metalu.

A. Spawanie. I. Zważyć (na wagach przy ćwiczeniu 1) płytki przygotowane do spawania. Połączyć przewodniki elektryczne według załączonego schematu (rys. 44).

II. Zamknąć włącznik *W* i obserwować przez maskę demonstrowane przez asystenta lub mechanika spawanie. Zanotować, czy było dokonane drutem z powłoką, czy bez powłoki. Zanotować czas spawania, natężenie prądu odczytane na amperomierzu i napięcie, wskazane przez oba voltomierze, przy spawaniu drugiej strony płytek drutem odmiennego gatunku. Po ukończeniu spawania zważyć spawane płytki, zmierzyć długość szwu i obliczyć rzeczywiste zużycie energii elektrycznej w Kw., przypadające na: a) 1 cm. szwu pojedynczego i b) na 1 kg. stopionego metalu elektrod. Obliczyć % wykorzystanej energii w stosunku do zużytej, przyjmując, że na stopienie 1 kg. żelaza potrzeba 0,4 K. W. G.



Rys. 44. Schemat ustawienia przyrządów przy spawaniu elektrycznym.

III. Spróbować spawać, około 2 min., samemu na innej płytce.

B. Badanie spoiny. I. Naznaczyć na spawanych płytkach stronę spawania drutem z powłoką i bez powłoki, potem przeciąć płytkę piłką prostopadle do spoiny, odciąć końce i odpolerować.

II. Ustawić mikroskop obserwacyjny i pomiarowy mikroskop, każda podziałka którego odpowiada 0,005 mm.

III. Obserwować odpolerowaną powierzchnię próbki pod mikroskopem z obiektywem № 3 i porównać obraz spawania drutem z powłoką i bez powłoki.

IV. Zrobić 3 odciski (1 min.) na spoinie, 3 odciski na płytce w pobliżu spoiny i 3 odciski na płytce w oddaleniu od spoiny. Zmierzyć je pod mikroskopem pomiarowym i porównać wyniki.

V. Wytrawić próbkę alkoholowym roztworem jodu, pociągając jej powierzchnię pendzelkiem. Obserwować obraz trawienia gołym okiem i pod mikroskopem, zaopatrzonym w obiektyw № 3.

VI. Odpolerować próbkę powtórnie, trawić 4% roztworem alkoholowym kwasu azotowego i obserwować pod mikroskopem, zamieniając obiektyw № 3 na obiektyw N C Zeissa. Zmierzyć, pod mikroskopem pomiarowym, przeciętną wielkość kryształów na spoinie, na płytce w pobliżu spoiny i w oddaleniu od spoiny.

VII. Wyciągnąć ogólne wnioski co do użytku powłoki. Powłoka ta składa się z 2 warstw, z których jedna zabezpiecza od utleniania, a druga redukuje ewentualne tlenki.

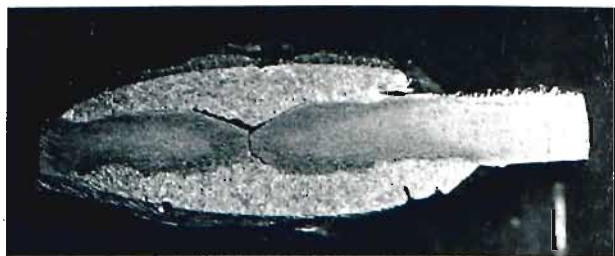
Plan pracy.

Student A.	Student B.	Student C.
Ustawia mikroskop pomiarowy.	Ustawia mikroskop obserwacyjny.	Łączy przewodniki według schematu.
Demonstrowanie spawania 1-ej strony płytki. — Ogólna obserwacja.		
	Spawanie 2-ej strony płytki.	
Notuje czas spawania.	Obserwuje natężenie prądu na A i napięcie sieci na V_1 .	Obserwuje napięcie łuku na V_2 .
Odcina i poleruje spoinę.	Bada twardość poza miejscem spawania.	Bada twardość spoiny, potem trawi jodem.
	O b s e r w a c j a o g ó l n a .	
Mierzy przeciętną wielkość kryształów w miejscu spawania.	Poleruje i trawi kwasem azotowym.	Mierzy przeciętną wielkość kryształów poza miejscem spawania.
	O g ó l n a o b s e r w a c j a .	

c) Pomoce

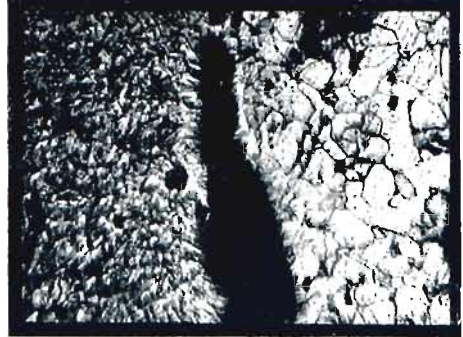
Pomoce przy ćwiczeniu 3-ciem składają się z makroskopji i kilku mikrografji.

Makroskopja spoiny (rys. 95) wskazuje lepsze, naogół, wyniki, otrzymane przy ręcznym spawaniu, elektrodami o powłoce od tleniającej.



Rys. 95. Mikroskopja spoiny. Górna spoina wykonana została elektrodami o powłoce od tleniającej, dolna elektrodami bez powłoki. $P = 2$.

Mikrografje wskazują szczegóły budowy przy zetknięciu spoiny z metalem spawanym (rys. 96) i wpływ ciepła wydzielonego przy spawaniu na wzrost kryształów spawanego metalu (rys. 97).



Rys. 96. Spoina elektryczna. Na lewo, udatna wykonana elektrodami z powłoką. Na prawo początek szczeliny w spoinie wykonanej elektrodami bez powłoki. Widać grubsze kryształy blachy spawanej i drobniejsze kryształy spoiny. $P = 250$.



Rys. 97. Blacha spawana. Na lewo, budowa drobnoziarnista zdala od spoiny. Na prawo budowa gruboziarnista w pobliżu spoiny. $P = 250$.

Pozatem, do pomocy przy ćwiczeniu 3-ciem należy tablica VI, dająca obliczenie twardości stali w zależności od średnicy odcisków mikroskopowych.

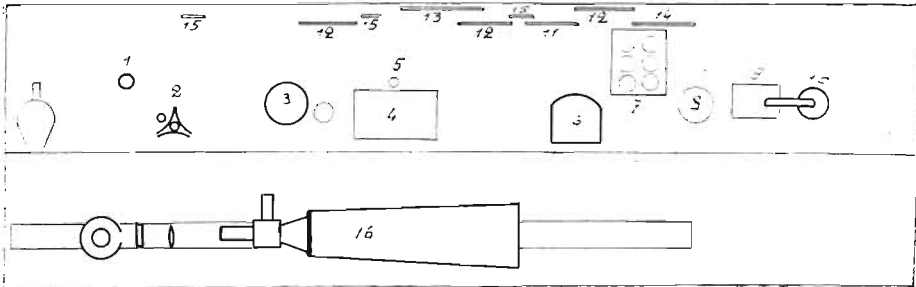
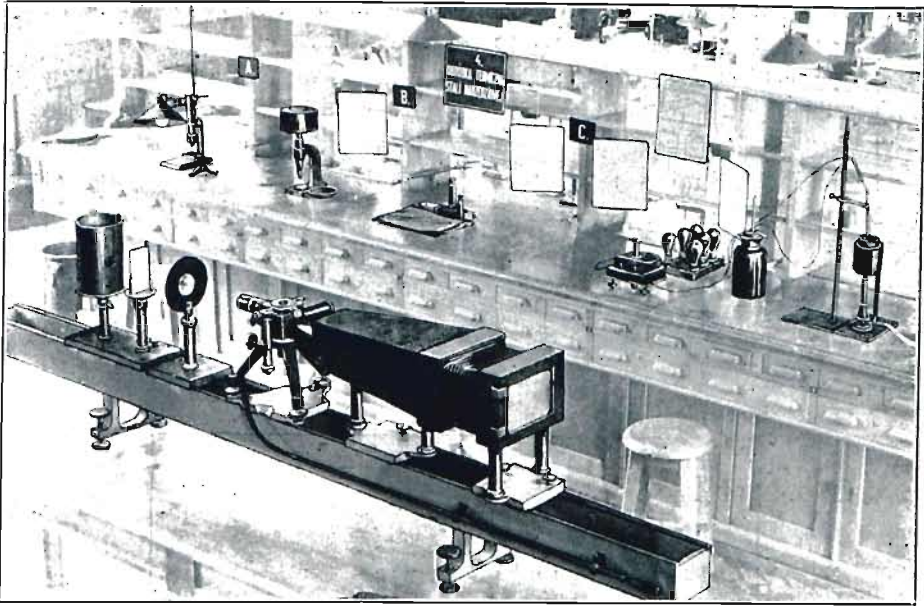
ĆWICZENIE 4-te.

Obróbka termiczna stali szybko tnącej.

Termiczna obróbka stali szybko tnącej stanowi przedmiot ćwiczenia 4-go. Obserwowana jest budowa i mierzona twardość takiej stali w stanie surowym, po zahartowaniu przy 1250° i po odpuszczeniu pomiędzy 550° i 600° .

a) Przyrządy.

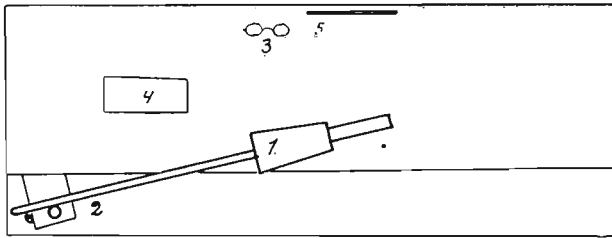
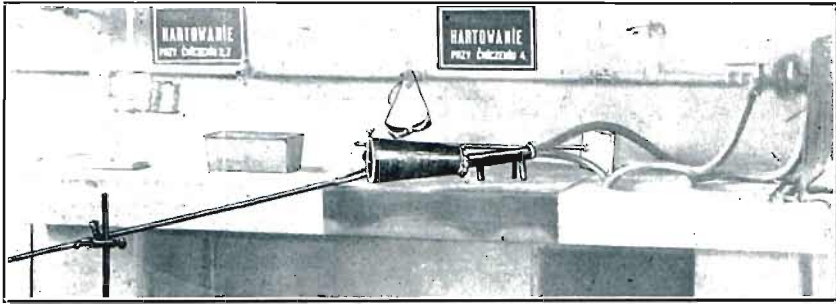
Ustawienie przyrządów przy badaniu stali szybko tnącej przedstawia rys. 98. Oddzielnie odbywa się hartowanie tej stali.



Rys. 98. Ustawienie przyrządów przy badaniu stali szybko tnącej.

Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Lampa do oświetlania mikroskopu	1
2	Mikroskop pomiarowy. Podziałka = 0,005 mm.	1
3	Aparat Le Grix i krążek papieru; kulki w miseczce	1
4	Tafla szklana do polerowania, papier émeri 0000, papier potée 0000.	1
5	Odczynnik (1% H ₂ CrO ₄ ; 10% HCl; woda) rynienka z plasteliną, próbka stali narzędziowej	1
6	Galwanometr Siemens	1
7	Opornik z lampek węglowych (obecnie manganinowy).	1
8	Stół z wodą dla termopary i termometr	1
9	Statyw do utrzymywania termopary.	1
10	Płecyk gazowy i tygiel żelazny z ołowiem.	1
11-15	Tablice z instrukcjami, wykresami i napisami	10
16	Mikroskop Pellina, K ₁ =1,7. Okular № 5 Reicherta, K ₃ =10,7. Obiektyw 2,0 mm Zeissa imersyjny, K ₂ =96,2.	1

Ustawienie przyrządów przy hartowaniu stali szybko tnącej przedstawia rys, 99.



Rys. 99. Ustawienie przyrządów przy hartowaniu stali szybko tnącej.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Piec gazowy do hartowania stali narzędziowej	1
2	Statyw z pręt ^{em} żelaznym do przylutowywania próbek stali narzędziowej	1
3	Okulary niebieskie	1
4	Wanienka z olejem do hartowania	1
5	Tablica z napisem	1

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest ustalenie wpływu poszczególnych czynników obróbki termicznej na budowę i twardość stali narzędziowej.

A. Materiał surowy. I. Ustawić mikroskop obserwacyjny i mikroskop pomiarowy, którego każda podziałka odpowiada 0,005 mm.

II. Wypolerować daną próbkę stali narzędziowej szybko tnącej, która została uprzednio wyżarzona przez ogrzanie do 850° i wolno oziębianą w ciągu 3 godzin. Zrobić 3 odciski twardości przy pomocy przyrządu Le Grix, wykonać ich pomiar pod mikroskopem pomiarowym i, posługując się tablicą, obliczyć odpowiednią liczbę twardości.

III. Wytrawić próbkę kwaśnym odczynnikiem chromowym (1% H_2CrO_4 + 10% HCl + woda), obserwować budowę, widzianą pod mikroskopem obserwacyjnym, zaopatrzonym w obiektyw Nr. 3. Zmienić obiektyw Nr. 3 na imersyjny Zeissa, umieścić na soczewce obiektywu kroplę olejku cedrowego, obserwować i odrysować otrzymany obraz. Po użyciu obiektywu imersyjnego, wytrzeć go płótnem, zlekką zwilżonem eterem.

B. Hartowanie. I. Spoić zapomocą łuku elektrycznego daną próbkę stali szybko tnącej z prętem żelaznym i ogrzać ją w płomieniu dużego palnika gazowego, z nadmuchem od sprężarki powietrznej, z początku powoli, aż do jasno czerwonego żaru (około 800°), następnie szybko, aż do temperatury białego żaru (około 1200°) i utrzymać przy tej temperaturze przez 5 min, by zdążyły się rozpuścić karbidy podwójne.

II. Zahartować w oleju rzepakowym, poczem odciąć próbkę i wypolerować.

III. Zrobić 3 odciski (po 1 min.) przy pomocy przyrządu Le Grix, dokonać ich pomiaru pod mikroskopem, obliczyć odpowiednią liczbę twardości i porównać z poprzednią (punkt II-A).

IV. Wytrawić próbkę kwaśnym odczynnikiem chromowym i narysować obraz, obserwowany pod mikroskopem, posiłkując się obiektywem Nr. 3 i imersyjnym.

C. Odpuszczanie. I. Rozgrzać na palniku mekerowskim ołów, pod warstwą węgla drzewnego, do 600° , posiłkując się parą termoelektryczną do pomiaru temperatury.

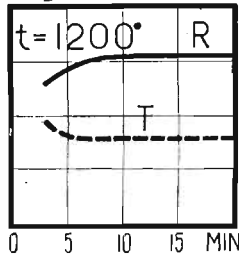
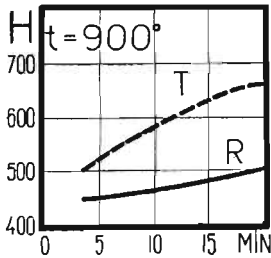
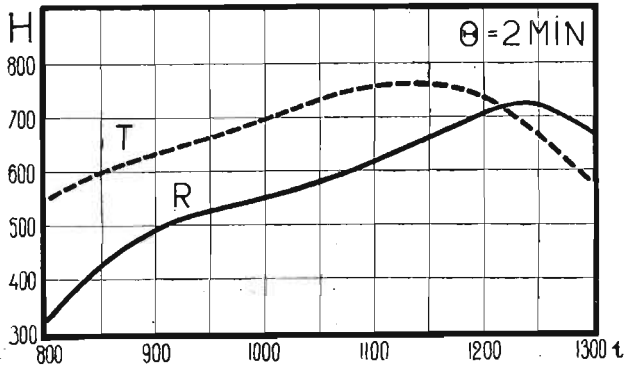
II. Uwiązać próbkę stali na drucie i zanurzyć na 20 min. do ołowiu przy temperaturze 550° — 600° C.

III. Wypolerować odpuszczoną próbkę, zmierzyć 3 odciskami jej twardość na aparacie Le Grix, wytrawić kwaśnym odczynnikiem chromowym, obserwować i odrysować widzianą pod mikroskopem budowę, posiłkując się obiektywem Nr. 3 i imersyjnym.

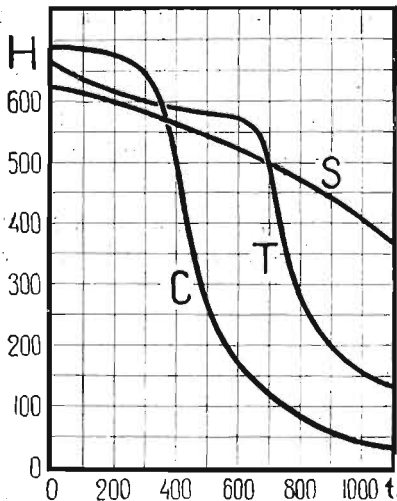
IV. Wyciągnąć wnioski, dotyczące hartowania, odpuszczania i wyżarzania stali narzędziowej na podstawie pomiarów twardości i obserwowanej budowy.

Plan pracy

Student A.	Student B.	Student C.
Ustawia mikroskopy	Poleruje próbkę wyżarzoną	Bada twardość poczem trawi
	Ogólna obserwacja.	
Poleruje próbkę hartowaną	Bada twardość poczem trawi	Grzeje próbkę i hartuje
	Ogólna obserwacja.	
Bada twardość, poczem trawi	Odpuszcza próbkę w ołowiu	Poleruje próbkę odpuszczoną
	Ogólna obserwacja.	



Rys. 100. Twardość stali narzędziowej szybko tnącej po zahartowaniu w oleju (T) i po odpuszczeniu, przez 40 minut, przy 580° (R). Na górze — zależność od temperatury po 2-minutowym ogrzaniu przy temperaturze t . Na dole, zależność od czasu ogrzania przed hartowaniem przy 900° i 1200° .



Rys. 101. Zależność twardości od temperatury dla narzędzi ze stali węglistej (C), stali szybko tnącej (T) i stellite (S).

c) *Pomoce.*

Pomoce przy ćwiczeniu 4-tym składają się z wykresów twardości stali narzędziowej, w zależności od warunków obróbki termicznej i temperatury, oraz z kilku mikrografii.

Na jednej z tych tablic przedstawiona jest zależność twardości stali szybko tnącej od temperatury i czasu ogrzewania przed hartowaniem, a także wpływ odpuszczania na twardość (rys. 100). Widać z tej tablicy, że odpuszczenie może, zależnie od warunków hartowania, albo zmniejszyć twardość albo ją powiększyć.

Druga tablica (rys. 101) wskazuje twardość stali narzędziowej węglistej (C), stali szybko tnącej (T) i stellite (S) w zależności od temperatury. Widać tu, że do 350° najtwardszą jest stal węglista, następnie, do 700° , stal szybko tnąca i dopiero przy wyższych temperaturach stellite. Wybór najlepszego, w danych warunkach, materiału narzędziowego zależy więc od maksymalnej temperatury, do której może się ogrzać ostrze pracującego narzędzia.

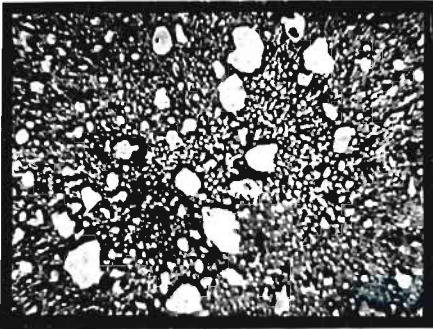
Mikrografje przedstawiają zależność budowy stali szybko tnącej od jej obróbki termicznej.

W stali niehartowanej (rys. 102),

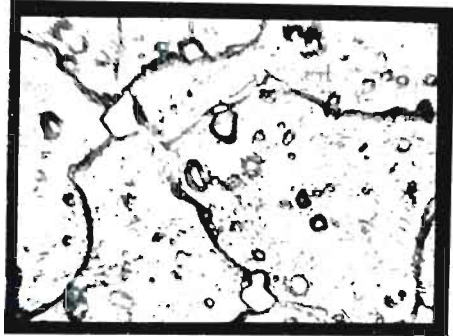


zbyt miękkiej, widać liczne jasne karbidy o wysokiej zawartości wolframu (około 60% W). Po zahartowaniu, przy wysokiej temperaturze, przeważna część tych karbidów przechodzi do roztworu, resztę zaś widać na tle austenitycznym (rys. 103). Odpuszczanie zmienia austenit na ciemną mieszaninę martenzytu z osmondytem i nadaje stali narzędziowej odpowiednią twardość (rys. 104).

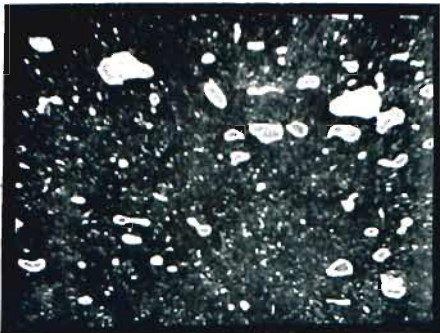
Ostatnia mikrografja (rys. 105) przedstawia budowę stellitu.



Rys. 102. Stal szybkoznęca przed obróbką termiczną. Jasne karbidy na tle perlitycznym. P = 1000.



Rys. 103. Poprzednia próbka, po zahartowaniu przy 1250°. Karbidy na tle austenitu częściowo zamienionego na martenzyt. P = 1000.



Rys. 104. Poprzednia próbka, po odpuszczeniu przy 600°. Karbidy na tle martenzytu i osmondytu. P = 1000.



Rys. 105. Stellit trawiony wodą królewską. P = 1000.

Pozatem do pomocy przy ćwiczeniu 4-tem należy tablica VI, dająca obliczenia twardości stali w zależności od średnicy odcisków, oraz wykres temperatur termopary w zależności od odchyżeń galwanometru.

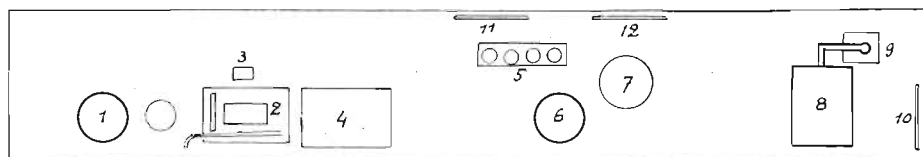
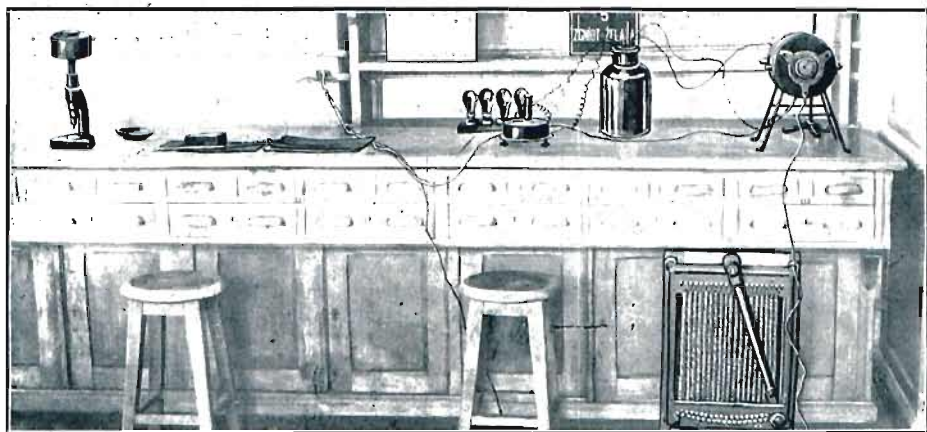
ĆWICZENIE 5-te.

Zgniot żelaza.

Badaniom zgniotu żelaza poświęca się ćwiczenie 5-te. Próbki zgniecione, przez młotowanie, żelaza poddawane są ogrzewaniu w piecu elektrycznym pomiędzy 450° i 950° . Po oziębieniu, badana jest ich budowa, wielkość kryształów i twardość. Dane te wskazują ważną pod względem praktycznym, temperaturę rekrytalizacji oraz zależność wielkości kryształów od stopnia zgniotu i temperatury odpuszczania.

a) Przyrządy.

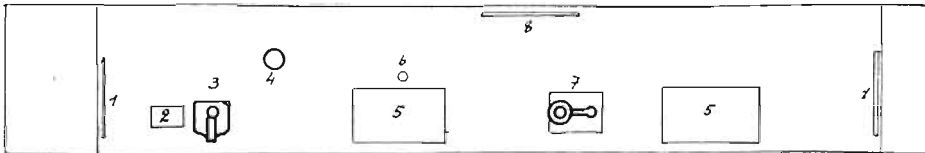
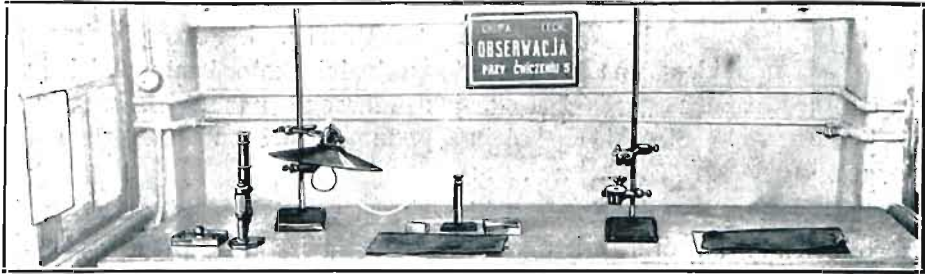
Przy ćwiczeniu 5-tem przyrządy ustawione są na dwóch stołach (patrz rys. 82). Ustawienie przyrządów na pierwszym stole przedstawia rys. 106.



Rys. 106. Ustawienie przyrządów na pierwszym stole przy badaniu zgniotu żelaza.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Aparat Le Grix i krążek papieru. Kulki w miseczce	1
2	Przyrządy do inkluzji próbek: płyta żelazna, palnik - dmuchawka, pałeczka szelaku i szczytce	1
3	Próbka drutu żelaznego o średnicy 5 mm, 2 obrączki do zainkludowania, korytko z plasteliną, punktownik	1
4	Tafla szklana, papier émeri 0000 i potée 0000	1
5	Opornik z lampek węglowych (obecnie manganinowy)	1
6	Galwanometr Chauvin-Arnaux	1
7	Stół z wodą do termopary. Termometr, termopara	1
8	Piec elektryczny z opornikiem	1
9	Stawy do utrzymywania termopary	1
10-12	Tablice z instrukcjami, wykresami i napisami	6

Ustawienie przyrządów na drugim stole przedstawia rys. 107.



Rys. 107. Ustawienie przyrządów na drugim stole przy badaniu zgniotu żelaza.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Tablica z instrukcją	1
2	Próbka stali miękkiej ze śladem po odcisku Brinella	1
3	Mikroskop pomiarowy. Podziałka = 0,005 mm, korytko z plasteliną. Drugi okular, bez podziałki, N ₂ 4, K ₃ = 7,1	1
4	Stawy z lampą do oświetlania mikroskopu	1
5	Tafla szklana, papier émeri 0000 i potée 0000.	2
6	Odczynnik: 4%-wy roztwór wodny kwasu azotowego	1
7	Lupa ze statywem.	1
8-9	Tablica do pomiarów twardości i z napisem	2

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest zbadanie wpływu zgniotu i wyżarzenia na twardość i wymiary kryształów zgniecionego metalu.



Rys. 108. Druć inkludowany.

A. *Materiał surowy.* I. Ustawić lupę i mikroskop pomiarowy, każda podziałka którego odpowiada 0,005 mm.

II. Puścić prąd przez piec elektryczny, zatrzymując ogrzewanie przy 450° C.

III. Odciać od drutu żelaznego, 5 mm. średnicy (ogrzanego uprzednio do 950° i zahartowanego przy tej temperaturze) około 10 mm., inkludować na długość, jak to wskazano na szkicu (rys. 108), wypolerować i zmierzyć twardość, robiąc 2 odciski.

IV. Trawić 1% roztworem wodnym kwasu azotowego i zmierzyć przeciętny wymiar kryształów.



Rys. 109. Oznaczenie blaszek.

B. *Wpływ wyżarzenia.* I. Pozostały drut rozklepać na kowadłe do grubości około 1 mm. Odciać nożycami 5 blaszek, jak wskazano na szkicu (rys. 109) i blaszki te kolejno ponumerować punktownikiem (., . . , ::, :::).

II. Każdą z blaszek, za wyjątkiem pierwszej uwiązać oddzielnie na drucie i ogrzewać w ciągu 15 min. przy następujących temperaturach:

- . .) między 450 i 500°
- . . .) „ 600 i 650°
- ::) „ 750 i 800°
- :::) „ 900 i 950°

III. Wszystkie 5 blaszek złożyć kolejno, w porządku numerów, związać w pęczek cienkim drutem, zainkludować i wypolerować (rys. 110). Zrobić po 2 odciski (po 1 min.) na każdej i zmierzyć je pod mikroskopem pomiarowym.



Rys. 110. Inkluzja blaszek.

IV. Trawić blaszki 4% roztworem wodnym kwasu azotowego (1/2 min.) i zmierzyć pod mikroskopem przeciętną wielkość kryształów. Zmienić okular pomiarowy na № 4 i obserwować charakter kryształów.

V. Wykreślić na papierze milimetrowym krzywe, odkładając na osi odciętych średnie temperatury wyżarzenia, a na osi rzędnych, odpowiadające im liczby twardości i wielkości otrzymanych kryształów.

C. Wpływ stopnia zgniotu. I. Wypolerować daną próbkę z bardzo miękkiej stali (około 0,1% C), która po otrzymaniu odcisku Brinella została wyżarzona w ciągu 30 min. przy 800°, poczem powierzchnia próbki została zrównana.

II. Wytrawić próbkę 4% roztworem wodnym kwasu azotowego dla uwidocznienia śladu odcisku, spowodowanego przez rekrytalizację zgnieczonego metalu.

III. Obserwować pod lupą i mikroskopem, zaopatrzonym w okular Nr. 4, rozmieszczenie kryształów dookoła miejsca zgniotu i odrysować widziane obrazy. Zmienić okular Nr. 4 na pomiarowy i zmierzyć przeciętną wielkość kryształów w środku odcisku, na jego obwodzie i na metalu niezgniecionym.

Plan pracy

Student A.

Rozklepuje drut, odcina blaszki, numeruje i wiąże. Ustawia lupę. Poleruje daną próbkę ze śladem odcisku, trawi i mierzy wielkość kryształów.

Student B.

Odcina kawałek drutu, inkluduje, robi 2 odciski twardości, trawi i mierzy wielkość kryształów.

Student C.

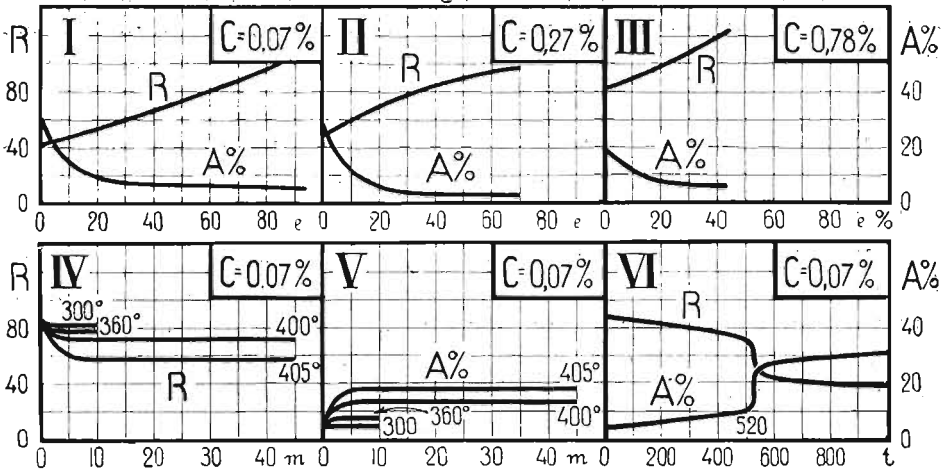
Rozgrzewa piec. Ustawia mikroskop. Wyżarza blaszki, inkluduje, poleruje, robi odciski, dokonytuje ich pomiaru, mierzy wielkość kryształów.

Ogólna obserwacja wszystkich próbek.

c) Pomoce.

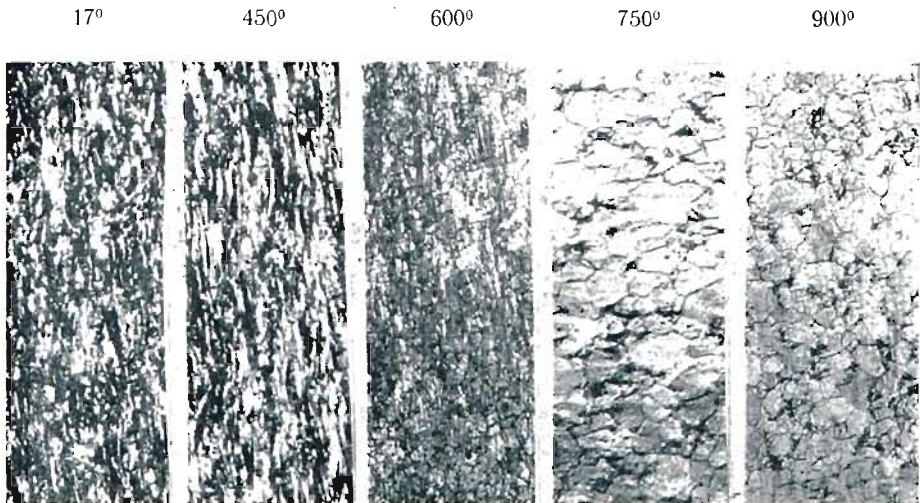
Pomoce przy ćwiczeniu 5-tem składają się z wykresu, wyrażającego własności wytrzymałościowe stali w zależności od stopnia zgniotu i następującego po nim odpuszczania, oraz z mikrografji wskazującej budowę odpuszczoną po zgnieciu stali.

Na pierwszych trzech odcinkach wykresu (rys. 111) widzimy zmianę własności wytrzymałościowych trzech rozmaitych gatunków stali w zależności od stopnia zgniotu wyrażonego w %. Następne dwa odcinki (IV i V) wskazują zmianę własności wytrzymałościowych, zgniecionej do 70%, najmiększej stali w zależności od czasu jej odpuszczania przy pewnej temperaturze. Nareszcie, ostatni odcinek wskazuje zmianę tych własności w zależności od temperatur odpuszczania.



Rys. III. Właściwości wytrzymałościowe zgniecionej stali. R-wytrzymałość na rozernanie, A%-wydłużenie przy rozernaniu, e-zgniót w %, m-czas wyżarzania w minutach, t-temperatura wyżarzania.

Mikrografje przedstawione na rys. 112, odnoszą się do ostatniego odcinka (VI) poprzedniego wykresu. Wskazują one budowę odpuszczanej przy rozmaitych temperaturach stali. Widzimy tam, dopiero przy 600°, rekrytalizację zgnieczonego metalu i wzrost kryształów większy przy 750°, niż przy 900°.



Rys. 112. Odpuszczanie zgniecionej stali (0.1% C) przy wskazanych nad mikrografjami temperaturach. P = 150.

Pozatem, do pomocy przy ćwiczeniu 5-tym należy tablica do obliczania twardości i wykres wzorcowanej termopary.

ĆWICZENIE 6-te.

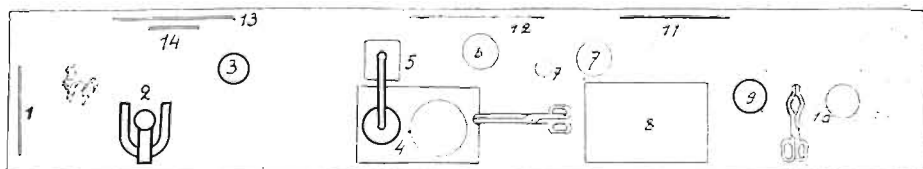
Badanie zanieczyszczeń stali i surowca.

W 6-tym ćwiczeniu ustalone zostają zanieczyszczenia surowca i stali. Elektroliza w ługu sodowym, zarówno jak i trawienie pikratem sodowym, wykazuje, pod mikroskopem, zawartość fosforu w surowcu. Odczynnik miedziowy Steada pozwala rozpoznać, również pod mikroskopem, segregację w stali i jej zanieczyszczenie fosforem i tlenkami żelaza. Wreszcie, metoda Baumana uwydatnia siarczki przez kontaktową odbitkę próbki stalowej na papierze bromo-żelatynowym, zwilżonym słabym roztworem kwasu siarkowego.

a) Przyrządy.

Przy ćwiczeniu 6-tym, przyrządy ustawione są na dwóch stołach (patrz rys. 82).

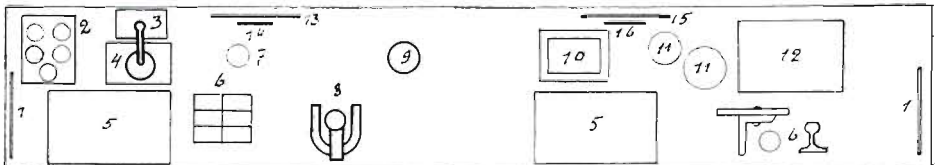
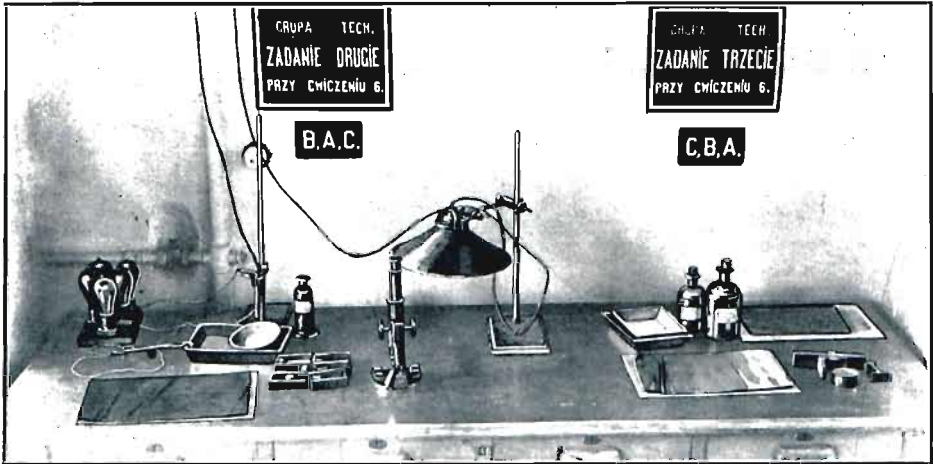
Ustawienie przyrządów na pierwszym stole, dla badania stali odczynnikiem miedziowym, przedstawia rys. 113.



Rys. 113. Ustawienie przyrządów do badania stali odczynnikiem miedziowym.

№	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Tablica z instrukcją	1
2	Mikroskop Reicherta, $K_1 = 1,1$; okular № 2 Zeissa, $K_3 = 5$; obiektywy № 3 Leitz, $K_2 = 13,25$; korytko z plasteliną	1
3	Lampa i statyw z przestonką,	1
4	Wanienka i miseczka porcelanowa; próbki stali zanieczyszczonej fosforem	1
5	Statyw szklany podtrzymujący ujemny biegun	1
6	Opornik (1 lampa węglowa), szczypce połączone z opornikiem.	1
7	Odczynniki: 4% roztwór kwasu pikrynowego w alkoholu i odczynnik Steeda o składzie następującym: chlorku miedziowego krystalicz- nego 1 gr., chlorku magnezowego krystalicznego 4 gr., kwasu solnego stężonego 2 cm. ³ , wody 18 cm. ³ , alkoholu metylowego (drzewnego) 100 cm. ³	1
8	Tafla szklana do polerowania. Papier émeri 0000 i potée 0000.	1
9	Tygielak na trójnogu do gotowania pikratu sodowego. Palnik	1
10	Odczynnik: 4% roztwór alkaliczny pikratu sodowego. Szczypce.	1
12 i 12	Tablice z wykresami i napisami.	4

Ustawienie przyrządów na drugim stole dla badania surowca przez elektrolizę w ługu sodowym i stali przez odbitkę na papierze bromożelatynowym przedstawia rys. 114.



Rys. 114. Ustawienie przyrządów do badania surowca przez elektrolizę w ługu sodowym i stali przez odbitkę na papierze fotograficznym.

N ^o	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Tablice z instrukcją	2
2	Opornik (5 lampek węglowych) szczytce połączone z opornikiem. :	1
3	Statyw szklany do utrzymywania bieguna ujemnego	1
4	Wanienka i miseczka porcelanowa	1
5	Tafla szklana, papier émeri 0000 i potée 0000.	2
6	Próbki surowca thomasowskiego i stali	3
7	Odczynnik: 10%-wy roztwór wodny NaOH	1
8	Mikroskop Reicherta, $K_1 = 1,2$. Okular N ^o 2 Reicherta, $K_3 = 5$. Objektyw Leitz, $K_2 = 14,5$; korytko z plasteliną	1
9	Lampa do oświetlania mikroskopu	1
10	Wanienki	2
11	Odczynnik: 3%-wy roztwór wodny H_2SO_4 ; utrwalacz.	1
12	Papier fotograficzny	3
13-16	Tablice z napisami.	4
bez N ^o	Mieszek do suszenia próbek	1
bez N ^o	Akumulator 6 vol.	1

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest badanie drogą obserwacji mikroskopowej, lub zapomocą odbitek na papierze fotograficznym zanieczyszczeń stali i surowca.

A. Odczynnik miedziowy. I. Ustawić mikroskop obserwacyjny.

II. Odpolerować daną próbkę stali. Obserwować ją pod mikroskopem przed i po trawieniu kwasem pikrynowym. Narysować obserwowane obrazy.

III. Wypolerować próbkę ponownie. Nalać do miseczki odczynnika Steada. Ująć próbkę w szczytce połączone z biegunem dodatnim i zanurzyć całkowicie do tego odczynnika. Opór w obwodzie powinien przytem utrzymać natężenie prądu poniżej 0,05 amperów (opornik z lampkami¹⁾).

IV. Przerwać prąd, wlać z powrotem odczynnik do butelki, obmyć próbkę i wysuszyć w strumieniu powietrza.

¹⁾ Jest to sposób trawienia wskazany przez Le Chateliera i Lemoina (1915). Trawienie może być również wykonane sposobem wskazanym przez Charpy i Bonnerota (1918). Próbkę umieszcza się wtedy w odczynniku, aż się prawie całkowicie pokryje cienką warstwą miedzi. Warstwa ta zostaje usunięta przez pocieranie wataż zwilżoną amonjakiem.

V. Obserwować powierzchnię próbki pod mikroskopem i naszkicować otrzymany obraz. Objąsnić znaczenie widzianych śladów trawienia, uważając, że odczynnik zabarwia głównie kryształy ferrytu najmniej zanieczyszczone fosforem, węglem lub tlenkiem żelaza.

B. Elektroliza w ługu sodowym. I. Ustawić mikroskop obserwacyjny.

II. Odpolerować daną próbkę surowca.

III. Nalać do miseczki ługu sodowego (Na OH) i, ujawszy próbkę w szczytce, wytrawiać elektrolitycznie około 20 sek., uważając, by natężenie prądu wynosiło około 1 amp. (opornik lampowy).

IV. Odczynnik wlać do butelki z powrotem, próbkę obmyć i wysuszyć w strumieniu powietrza.

V. Obserwować próbkę pod mikroskopem, ustalając jej położenie przy pomocy nastawienia.

VI. Próbkę ponownie wypolerować, gotować ją w pikracie sodowym w ciągu 5 min. i po wysuszeniu porównać pod mikroskopem otrzymany obraz z poprzednim (p. V).

VII. Objąsnić znaczenie widzianych śladów trawienia, uważając, że elektroliza w ługu potasowym zabarwia eutektykę żelazo — węgiel — fosfor, zaś pikrat sodowy zabarwia zarówno cementyt (słabiej), jak i eutektykę fosforową (silniej).

C. Odbitki na papierze fotograficznym. I. Wypolerować daną próbkę stali na papierach émeri 0000 i potée 0000.

II. Nalać do jednej miseczki 3% roztworu wodnego kwasu siarkowego, do drugiej 20% roztworu podsiarkanu sodu. Zanurzyć papier bromożelatynowy do roztworu kwasu uprzednio nalanego i poczekać 0,5 min.

III. Wyjąć papier fotograficzny, umieścić na płycie szklanej, światłoczułą powierzchnią ku górze, położyć na nim próbkę stroną odpolerowaną i poczekać 3 min.

IV. Zdjąć próbkę, wymyć papier pod kranem i zanurzyć do roztworu podsiarkanu sodu, poczekać 5 min., poczem wyjąć papier, wymyć wodą pod kranem.

V. Objąsnić znaczenie odbitki, zważając, że ciemne plamy spowodowane są przez obecność siarki. Otrzymana odbitka załączona zostaje do sprawozdania.

Plan pracy.

Student A.

Wykonuje ćwiczenie A.

" " B.
" " C.

Student B.

Wykonuje ćwiczenie B.

" " C.
" " A.

Student C.

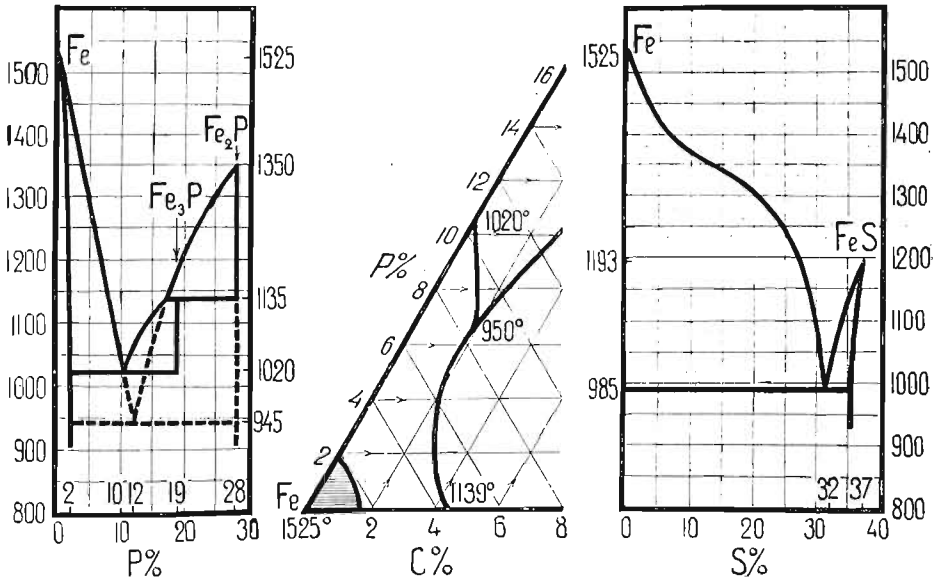
Wykonuje ćwiczenie C.

" " A.
" " B.

c) Pomoce.

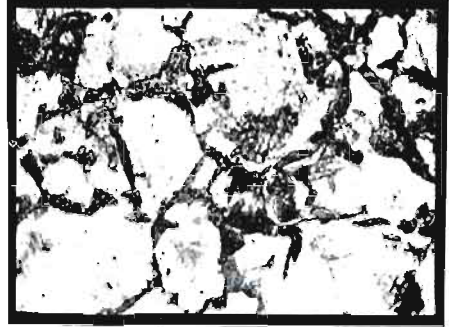
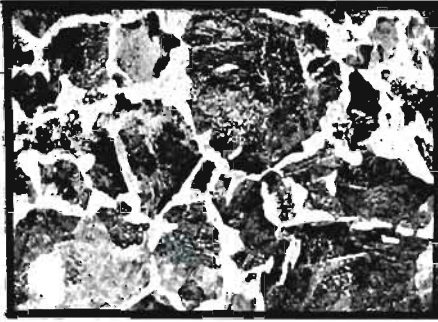
Pomoce przy ćwiczeniu 6-tym składają się z tablicy wykresów i z kilku reprodukcji badanych próbek.

Wykresy (rys. 115) odnoszą się do częściowych układów topliwości żelaza z fosforem i węglem i żelaza z siarką.

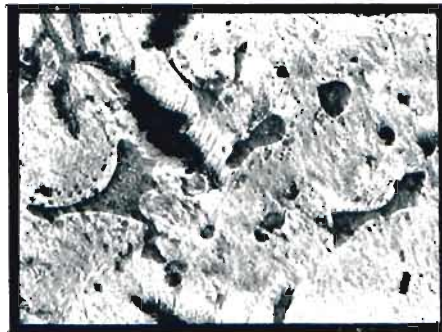


Rys. 115. Od lewej strony ku prawej: częściowe wykresy topliwości żelaza z fosforem, żelaza z fosforem i węglem i żelaza z siarką. Procenty wagowe.

Reprodukcje badanych stopów odnoszą się do prób wykonanych odczynnikiem Steada na stali (rys. 116), do elektrolizy surowca w ługu sodowym (rys. 117) i do próby kontaktowej na papierze fotograficznym (rys. 118).



Rys. 116. Stal wżarzona o 0,6% C. Na lewo, trawiona kwasem pikrinowym. Jasne kryształy ferrytu na tle perlitu. Na prawo, trawiona odczynnikiem Steada. Ciemne kryształy ferrytu na jaśniejszym tle perlitu. $P = 70$.

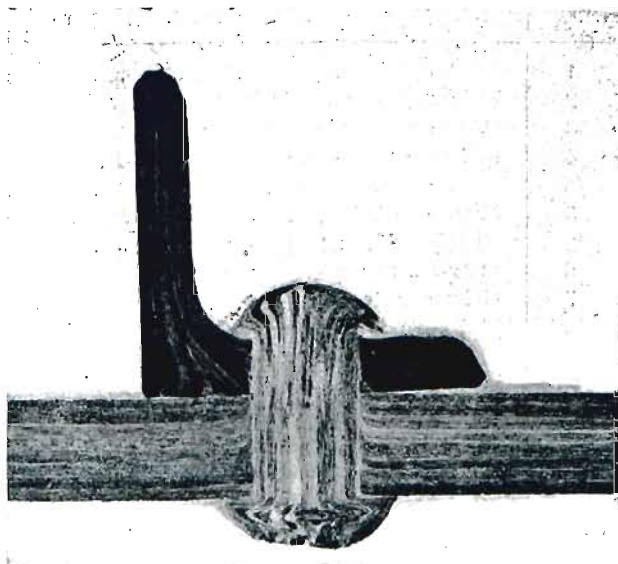


Rys. 117. Surowiec thomasowski. Na lewo, u góry trawiony kwasem pikrynowym. Czarne kryształy grafitu i białe komórki eutektyki Fe-C-P na szarym tle perlitu. Na prawo, trawiony przez elektrolizę w ługu sodowym. Czarny grafit i eutektyka Fe-C-P na jasnym tle perlitu. Na dole, trawiony pikratem sodowym. Czarny grafit i ciemna eutektyka Fe-C-P na szarym tle perlitu $P = 70$.

ĆWICZENIE 7-me.

Cementowanie i odwęglanie I.

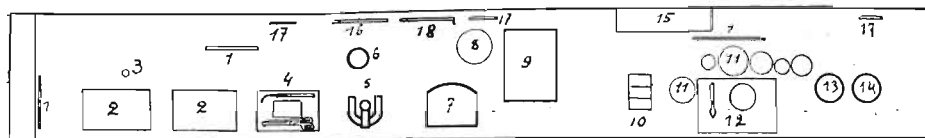
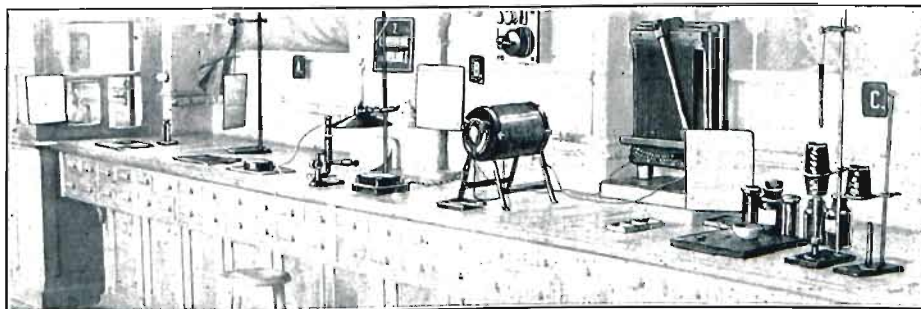
Cementowaniu i odwęglaniu poświęcono dwa kolejne ćwiczenia. W pierwszym z nich (7-mem) wykonywana jest szybka cementacja czankami i powolna metodą Carona. Równocześnie odbywa się odwęglanie surowca białego na żelazo kutolane. Wyniki szybkiej cementacji badane są natychmiast; badania, dotyczące wyników powolnej cementacji i odwęglania, odłożone zostają do następnego ćwiczenia (8-go).



Rys. 118. Przekrój nitu mostowego odbity metodą Baumana. Makroskopję tej próbki przedstawia rys. 62.

a) Przyrządy.

Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 7-em przedstawia rys. 119. Hartowanie po cementacji odbywa się osobno na przyrządach, które służyły przy ćwiczeniu 2-gim i zostały przedstawione na rys. 85.



Rys. 119. Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 7-em.

№	N a z w a p r z y r z ą d u	Ilość
1	Tablica z instrukcją	3
2	Tafla szklana do polerowania, papier émeri 0000 i potée 0000. . .	2
3	Odczynnik: nasycony roztwór wodny kwasu pikrynowego.	
4	Podstawka żelazna do inkludowania, palnik-dmuchawka, pałeczka szelakna, szczypcy.	1
5	Mikroskop Leitz'a, $K_1 = 1,2$; Okular № 2, $K_3 = 5$; Obiektyw № 3 Leitz'a, $K_2 = 13,15$; korytko z plasteliną	1
6	Statyw z lampą elektryczną i przesłonką do oświetlania mikroskopu	1
7	Galwanometr Siemens'a	1
8	Słój z wodą do termopary. Termopara. Termometr.	1
9	Piec elektryczny oporowy (obecnie 2 piece).	1
10	Próbki: drut grubszy ($d = 5$ mm), drut cieńszy ($d = 3$ mm) surowiec biały, 3 oprawki do inkludowania.	1
11	Stoiki z rudą żelazną (Fe_2O_3), z kaolinem, z mieszaniną do cementowania (40% $BaCO_3$, 60% C), z szamotem. Pasta do cementowania o składzie: cjanek potasowy 8%, żelazo-cjanek potasowy 8%, proszek węglowy (sadza) 50%, węgiel sodowy 15%, fluorek wapniowy 7%, piasek miazki 7%, żelatyna 5%, woda do gęstości miodu; Pałeczka szklana, miseczka z kawałkami węgla drzewnego, 2 tygielki żelazne, szczypcy, drut do ustawienia tygielków w piecu	1
12	Miseczka i łyżeczka	1
13	Piecik gazowy i rurka żelazna do szybkiego cementowania.	1
14	Piecik gazowy do ogrzewania drutu	1
15	Opornik do pieca elektrycznego (obecnie 2).	1
16-18 bez №	Tablice z wykresami i napisami	5
	Mieszek do suszenia próbek	1

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest: powierzchniowe nawęglanie miękkiej stali przez żarzenie jej w otoczeniu mieszaniny nawęglającej, oraz otrzymanie surowca kuto-lanego, przez żarzenie w wysokiej temperaturze surowca białego, otoczonego tlenkiem żelaza.

A. Powolne cementowanie i odwęglanie. I. Uciąć piłką kawałek grubszego drutu ($d = 5$ mm.) długości 3 cm.

II. Wsypać do tygielka suchej mieszaniny cementującej. ($40\% BaCO_3 + 60\% C$), włożyć ucięty kawałek drutu, dosypać mieszaniny cementującej i ubić ją szklaną pałeczką.

III. Przygotować w miseczce gęstą masę z mielonego szamotu, małej ilości kaolinu i wody do zalepiania szpar.

IV. Przykryć tygielek pokrywką i zalepić szpary przygotowaną masą.

V. Otrzymany kawałek białego surowca o przeciętnym składzie: $C = 3\%$, $Si = 0,6\%$, $Mn = 0,4\%$ złamać w imadle na 2 części.

VI. Umieścić odłamany kawałek surowca w tygielku i przysypać rudą żelazną (Fe_2O_3) poczem przykryć pokrywką i zalepić szpary gliną, podobnie jak w punkcie III i IV.

VII. Oba tygielki wsunąć ostrożnie do pieca elektrycznego ¹⁾, zamknąć wylot i puścić słaby prąd. Sprawdzić położenie termopary.

VIII. Zwiększać stopniowo prąd, za pomocą opornika, aż temperatura osiągnie 950° i utrzymać tę temperaturę w ciągu 2 godz., poczem prąd przerwać i zostawić próbki do następnego ćwiczenia.

IX. Zainkludować drugi koniec surowca białego w oprawkę (№ 1), wypolerować, wytrawić wodnym roztworem kwasu pikrynowego i odrysować widziany pod mikroskopem obraz.

B. Szybkie cementowanie. I. Zapalić palnik gazowy Mekera i poczekać około 15 min., by piecyk przyjął wysoką temperaturę (około 1000°).

II. Ogrzać zlekka kawałek cieńszego drutu ($d = 3$ mm.) o długości 5 cm., zanurzyć go do przygotowanej pasty i wysuszyć ostrożnie nad płomieniem palnika.

III. Włożyć do rurki żelaznej kawałek węgla drzewnego, wielkości grochu oraz przygotowany kawałek drutu, poczem opuścić rurkę żelazną do piecyka. Po 20 min. nagrzewania zmniejszyć powoli płomień palnika, aż rurka żelazna przestanie się żarzyć. Wyjąć drut z rurki.

IV. Od zacementowanego drutu odciąć piłką kawałek długości 1 cm., zainkludować w oprawkę (№ 2), wypolerować, wytrawić wodnym roztworem kwasu pikrynowego, odrysować widziany pod mikroskopem obraz i zachować do pomiarów przy następnym ćwiczeniu.

V. Drugi kawałek zacementowanej próbki uwiązać na drucie, ogrzać szybko do jasnej czerwoności w płomieniu palnika i zahartować w wodzie.

VI. Odłamać od zahartowanego drutu kawałek długości 1 cm., zainkludować w małą oprawkę (№ 3), wypolerować, wytrawić wodnym roztworem kwasu pikrynowego i odrysować widziany pod mikroskopem obraz.

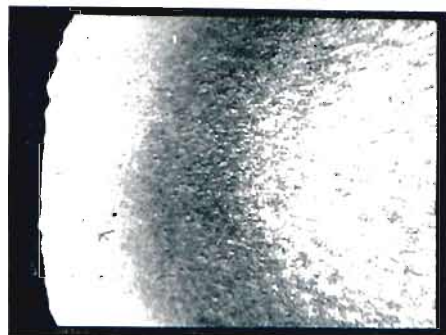
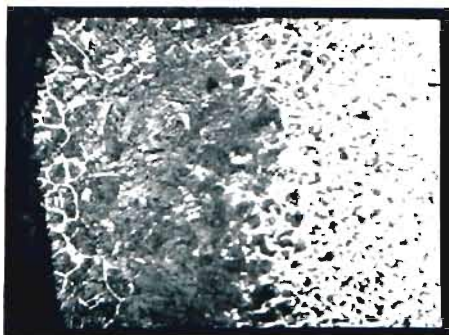
¹⁾ Odwęglanie odbywa się obecnie w innym piecu niż cementowanie.

Plan pracy.

Student A.	Student B.	Student C.
Przygotowuje próbkę do powolnego cementowania.	Przygotowuje masę do zalipiania szpar.	Przygotowuje próbkę surowca do odwęglania.
Obserwuje temperaturę pieca w ciągu 1 godz.	Cementuje cienki drut. Inkluduje, poleruje i trawi próbkę wyzarzoną.	
Inkluduje, poleruje i trawi próbkę białego surowca.	Obserwuje temperaturę pieca w ciągu 2-ej godz.	Hartuje cementowany drut, inkluduje, poleruje i trawi.
Ogólna obserwacja pod mikroskopem.		

c). Pomoce.

Pomoce przy ćwiczeniu 7-em ograniczają się do reprodukcji próbkki drutu żelaznego cementowanego za pomocą pasty cjanowej (rys. 120).



Rys. 120. Drut żelazny szybko cementowany pastą cjanową. Na lewo, przy powolnym stygnięciu. Widać kolejne warstwy jasnego cementytu na tle perlitu, szarego perlitu i jasnego ferrytu na tle perlitu. Na prawo, poprzednia próbka po zahartowaniu. Widać kolejne warstwy jasnego martenzytu, ciemnej mieszaniny martenzytu z troostytem i szarego ferrytu. $P = 80$.

Pozatem, do pomocy przy tem ćwiczeniu należy tablica wskazująca odchylenie galwanometru w zależności od temperatury termopary.

ĆWICZENIE 8-me.

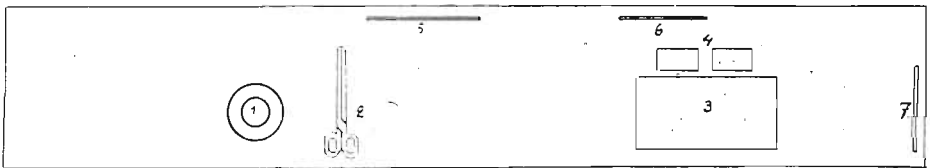
Cementowanie i odwęglanie II.

Próbki żelaza, po cementowaniu metodą powolną i surowca, po odwęglaniu, nie mogą być obserwowane przy ćwiczeniu 7-em z powodu braku czasu. Obserwacja ta wykonana zostaje przy ćwiczeniu 8-em. Po-

zatem, odbywa się tu cementowanie miedzi w parach cynku, jako łatwy przykład cementowania metalowego.

a) *Przyrządy.*

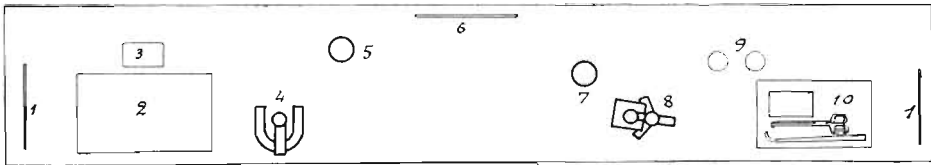
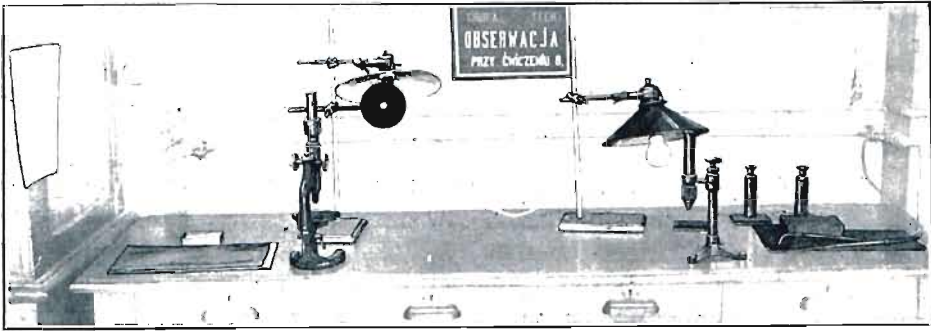
Przy ćwiczeniu 8-em przyrządy ustawione są na dwóch stołach (rys. 82). Na pierwszym stole, wykonywane jest cementowanie miedzi cynkiem (rys. 121).



Rys. 121. Ustawienie przyrządów przy cementowaniu miedzi cynkiem.

Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Piecyk gazowy do ogrzewania cynku, tygiel do cynku z pokrywą, pałeczka węglowa	1
2	Stoiczek z węglem drzewnym, łyżeczka, szczypcy	1
3	Tafla szklana do polerowania, papier émeri 0000 i potée 0000	1
4	Drut miedziany	2
5-7	Tablice z instrukcją i napisami	3

Obserwacja cementowanych próbek odbywa się przy drugim stole (rys. 122).



Rys. 122. Ustawienie przyrządów przy obserwacji cementowanych próbek.

Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Tablice z instrukcją	2
2	Tafla szklana, papier émeri 0000 i potée 0000.	1
3	Próbki (z poprzedniego ćwiczenia)	5
4	Mikroskop, $K_1 = 1,2$; okular № 2 Zeissa, $K_3 = 5$; obiektyw Reicherta № 5, $K_2 = 39,9$	1
5	Lampa z przesłonką do oświetlania mikroskopu obserwacyjnego	1
6	Tablica z napisem	1
7	Lampa do oświetlania mikroskopu pomiarowego	1
8	Mikroskop pomiarowy. Podziałka = 0,02 mm.	1
9	Odczynniki: 1) Jod w wodnym roztworze jodku potasowego (10% J+20% KJ+woda), 2) nasycony roztwór wodny kwasu pikrynowego, 3) odczynnik chromowy (1% H_2CrO_4 , 10% HCl + woda)	1
10	Podstawa żelazna do inkludowania, palnik-dmuchałka. Pałeczka szelaku. Oprawki do inkludowania. Korytko z plasteliną. Szczypce.	1

b) Instrukcje.

Celem tego ćwiczenia jest badanie głębokości i charakteru warstwy nawęglonej na żelazie i odwęglonej na surowcu, oraz cementowanie miedzi parą cynku.

A. Badanie cementowania i odwęglania. I. Ustawić mikroskop obserwacyjny i mikroskop pomiarowy, którego każda podziałka odpowiada 0,02 mm.

II. Zmierzyć głębokość warstwy próbki nawęglonej przez pastę cjanową (obrączka № 2) i obliczyć szybkość cementacji w mm./godz.

III. Wyjąć z tygielków próbki i przeciąć na połowę. Zainkludować, od strony przekroju, kawałek odwęglonego surowca (obrączka № 4) i kawałek wolno cementowanego drutu (obrączka № 5), polerować, trawić nasyconym roztworem wodnym kwasu pikrynowego i obserwować pod mikroskopem. Widziany obraz odrysować.

IV. Zmierzyć, pod mikroskopem pomiarowym, głębokość warstwy wolno nacementowanej (obrączka № 5) i obliczyć szybkość cementacji w mm./godz.

V. Porównać pod mikroskopem obserwacyjnym charakter szybkiego i wolnego cementowania pod względem budowy warstwy nawęglonej.

VI. Zmierzyć głębokość dwóch warstw widocznych na próbce surowca odwęglonego: 1) od krawędzi próbki do początku warstwy czystego perlitu i 2) od krawędzi próbki do początku warstwy zawierającej grafit. Obliczyć odpowiednie szybkości odwęglania w mm./godz.

B. Cementowanie miedzi. I. Zapalić, znajdujący się pod tygielkiem palnik Mekera i poczekać pół godz. na ustalenie się wysokiej temperatury, poczem zdjąć pokrywkę, włożyć kawałek cynku do tygielka, przykryć go warstwą węgla i poczekać (kilka minut) do chwili, gdy zacznie się wydzielać para cynku.

II. Uwiązać na drucie żelaznym załączony kawałek drutu miedzianego ($d = 3$ mm.). Dla uniknięcia skroplenia się pary cynku na zimnej powierzchni drutu, ogrzać go szybko na płomieniu palnika, poczem wsunąć przez otwór w pokrywce, by się znajdował całkowicie w parze cynku, w oddaleniu około 1 cm. od powierzchni roztopionego metalu. Zamknąć otwór tygielka korkiem węglowym.

III. Po 5 minutach cementowania zgasić palnik i poczekać, aż tygielk ostygnie (około 15 min.), poczem wyjąć drut miedziany, przeciąć na połowę, zainkludować od strony przekroju i wypolerować.

IV. O ile rysy wytworzone na próbce, przy polerowaniu wstępnym, nie dadzą się usunąć przez dalsze polerowanie, rozpuścić odczynnikiem jodowym (jod w wodnym roztworze jodku potasu) porysowaną powierzchnię zainkludowanego drutu i zetrzeć czystym palcem w strumieniu wody utworzony biały osad, poczem wytrawić odczynnikiem chromowym.

V. Odrysować widziany pod mikroskopem obserwacyjnym obraz i zmierzyć głębokość nacementowanej warstwy pod mikroskopem pomiarowym. Wyprowadzić wnioski dotyczące budowy warstwy nacementowanej.

P l a n p r a c y .

Student A.

Ustawia mikroskop obserwacyjny. Cementuje drut miedziany, inkluduje, polezuje, trawi i mierzy głębokość jego warstwy nacementowanej.

Student B.

Ustawia mikroskop pomiarowy. Inkluduje próbkę odwęglonego surowca, polezuje i trawi. Mierzy głębokość warstw odwęglonych.

Student C.

Wyjmuje z pieca tygielki, inkluduje odcinek drutu powoli cementowanego polezuje i trawi. Mierzy głębokość warstwy nawęglonej, uzyskanej przy powolnym i przy szybkim cementowaniu.

Ogólna obserwacja próbek.



Rys. 123. Drut żelazny powoli cementowany. Widać kolejne warstwy: cementytu na tle perlitu, samego perlitu i drobnoziarnistego ferrytu na tle perlitu. $P = 50$.

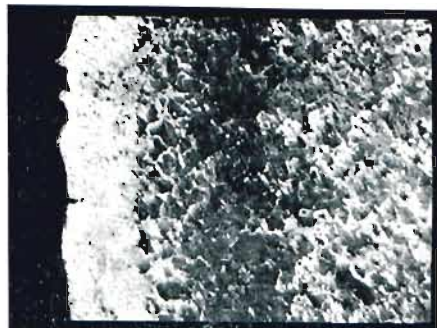
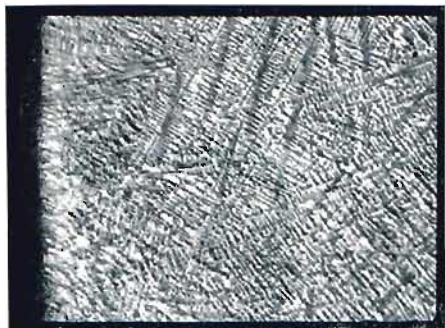
c) Pomoce.

Pomoce przy tem ćwiczeniu składają się jedynie z reprodukcji mikrografji obserwowanych próbek.

Mikrografję drutu powoli cementowanego przy ćwiczeniu 7-em przedstawia rys. 123.

Na rys. 124 podano wyniki odwęglania białego surowca przy ćwiczeniu 7-em.

Ostatnia mikrografja (rys. 125) przedstawia wyniki cementowania miedzi cynkiem.



Rys. 124. Na lewo, surowiec biały podeutektyczny przed odwęglaniem. Na prawo, poprzednia próbka po odwęglaniu. Widać kolejno jasną warstwę ferrytu, ciemną warstwę stali perlitycznej i nienaruszony surowiec szary. P = 50.

ĆWICZENIE 9-te i 10-te.

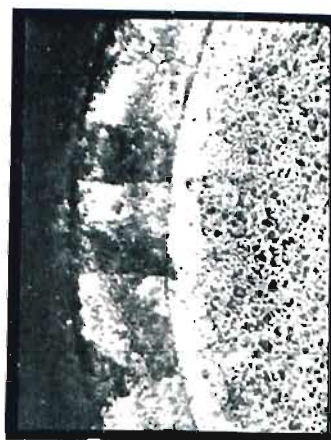
Analiza mikrograficzna.

Ostatnie dwa ćwiczenia 9-te i 10-te dotyczą analizy mikrograficznej stopów żelaza z węglem. Student otrzymuje na każdym z tych ćwiczeń po 7 próbek, które mają należeć do jednej z następujących kategorii: surowiec biały podeutektyczny, biały nadeutektyczny, surowiec szary, stal wyżarzona podeutektoidalna, stal wyżarzona nadeutektoidalna, stal o perlicie ziarnistym, stal hartowana austenityczna, hartowana martenzytyczna, hartowana o mieszaninie austenitu z martenzytem, hartowana o mieszaninie martenzytu z troostytem, stal odpuszczona o budowie osmondytycznej lub sorbitycznej, stal narzędziowa o karbidach podwójnych. Analiza polega na dżagnozie składnika, co w stalach węglistych daje poznać obróbkę, której podlegały.

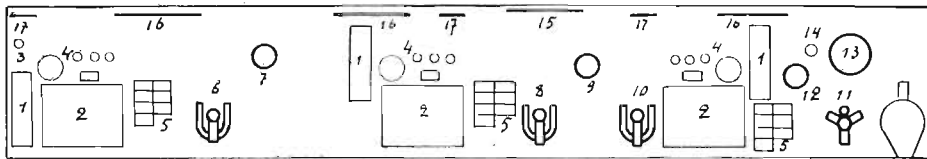
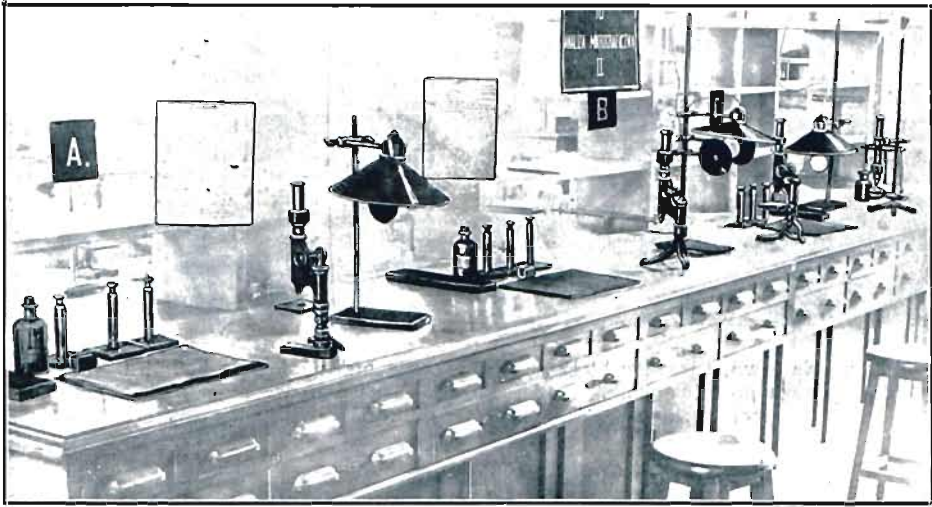
W obu ćwiczeniach 9-tem i 10-tem ustawienie przyrządów jest identyczne. Nie różnią się też ich instrukcje. Różnice zachodzą dopiero w składzie i budowie próbek podlegających analizie mikrograficznej.

a) Przyrządy.

Ustawienie przyrządów przy ćwiczeniu 9-tem i 10-tem przedstawia rys. 126.



Rys. 125. Druk miedziany cementowany cynkiem. Widać kolejne warstwy mosiądzu i miedzi. P = 50.



Rys. 126. Ustawienie przyrządów przy analizie mikrograficznej,

Nr	Nazwa przyrządu	Ilość
1	Poduszka do polerowania	3
2	Tafla szklana do polerowania, papier émeri 0000 i potée 0000	3
3	Słoiczek z płynem (KMnO ₃) do dezynfekcji pulweryzatorów.	1
4	Słoiczek z 1lenkiem żelaza i pulweryzátorem, odczynniki: 4% roztwór alkoholowy kwasu pikrynowego, 4% roztwór HNO ₃ w alkoholu izoamylowym, 10% roztwór jodu w alkoholu, korytka z plasteliną, sztabka magnezu	3
5	7 próbek do analizy (z nich jedna nie rozpoznawana przez asystenta)	3
6, 8 i 10	Mikroskop Reicherta, K ₁ = 1,2; obiektyw № 5 Leitza, K ₃ = 39,9; okular № 4 Reicherta, K ₃ = 7,4; oświetlacz Rejtö	3
7, 9	Lampa elektryczna z przesłónką do oświetlania mikroskopu	2
11	Mikroskop do wstępnej obserwacji, K ₁ = 1,2; obiektyw aa Zeissa, K ₂ = 7,35; okular № 1 Leitza K ₃ = 4	1
12	Lampa elektryczna z przesłónką do oświetlania mikroskopu.	1
13	Tygielek porcelanowy na trójnogu, szczypce, palnik.	1
14	Odczynnik: pikrat sodowy w roztworze alkalicznym.	1
15-17	Tablice z instrukcjami i napisami	7
bez Nr	Mieszek do suszenia próbek i pólterka rotacyjna	1

b) *Instrukcje.*

Celem tego ćwiczenia jest odróżnianie składników metalograficznych stali i wyciąganie stąd wniosków, dotyczących obróbki termicznej i składu chemicznego.

I. Zanieczyszczenia. Wypolerować daną próbkę i wyjaśnić drogą obserwacji mikroskopowej, czy zawiera ona grafit, żuźle i porowatość i.

II. Składniki odpuszczania. Wytrawić 4% roztworem alkoholowym kwasu pikrynowego w ciągu 5 sek. Ujawniają się wtedy składniki przejściowe: osmondyt, sorbit i troostyt. O ile ujawniona zostanie budowa jednolita, o ciemnym zabarwieniu, jest to osmondyt. Sorbit przedstawia budowę przejściową od osmondytu do perlitu. Troostyt przejawia się w formie ciemnych zaokrąglonych plam na niewytrawionem tle martenzytu. W tym ostatnim wypadku obecność martenzytu da się ujawnić według punktu V.

III. Składniki wyżarzania. W razie ujemnych wyników trawienia w ciągu 5 sek., trawić próbkę dłużej (30 sek.) kwasem pikrynowym. W zaobserwowanej budowie daje się rozpoznać perlit. W razie wątpliwości, czy współlistniejące z perliem niezabarwione odczynnikami kryształły są ferrytem lub cemenytem trawić, po uprzednim wypolerowaniu, przez 5 min. wrzącym roztworem pikratu sodowego. Wskazać rodzaj materiału: stal, surowiec biały, surowiec szary. W pierwszym wypadku wskazać przybliżony % węgla.

Perlit ziarnisty również zostaje uwidoczniiony próbą zapomocą pikratu sodowego.

IV. Składniki hartowania. Jeżeli próbka, trawiona kwasem pikrynowym (przez czas od 0,5 do 1 min.), ujawni poliedryczne kryształy, mogą one być ferrytem lub austenitem. Trawić wtedy, po uprzednim wypolerowaniu, roztworem alkoholowym jodu, który zabarwia austenit w stali manganowej, pozostaje natomiast niezabarwionym lub słabo się zabarwia ferryt i austenit w stali niklowej. Sprawdzić wyniki obserwacji przy pomocy sztabki magesowej.

V. Przy słabem działaniu kwasu pikrynowego na daną próbkę w ciągu 30 sek., wytrawiać ją następnie 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu izoamylowym. Mogą się wtedy uwidocznic igielki kryształów martenzytu, skierowane częstokroć do siebie pod kątem 30° i 60°.

lub poliedryczne kryształy austenitu i ferrytu. Te ostatnie należy odróżnić sposobem wskazanym w punkcie IV.

VI. Kolejność obserwacji. Obserwacje mikroskopowe należy robić kolejno pod słabym powiększeniem (mikroskop do wstępnej obserwacji) i pod silnym powiększeniem (mikroskopy indywidualne).

Wyniki klasyfikacji należy przedstawić p. Asystentowi do zatwierdzenia.

W sprawozdaniu należy do każdej ukłasyfikowanej próbki podać próby, którym podlegała i otrzymane każdorazowo wyniki.

a) *Pomoce.*



Rys. 127. Stal o 1,5% C hartowana. Trawiona kwasem azotowym. Jaśniejsze kryształy martenzytu na tle austenitu. $P=300$.

Stopy żelaza badane przy ćwiczeniu 9-tym i 10-tym były już przeważnie obserwowane przez studentów w poprzednich ćwiczeniach obu serji.

Jedynie dwa gatunki stali, dotąd nie badane, mianowicie mieszanina martenzytu z austenitem (rys. 127) i perlit ziarnisty (rys. 128) uzupełniają umieszczone w pomocach mikrografje.



Rys. 128. Stal o 1,5% C bardzo wolno studzona. Na lewo, po wytrawieniu kwasem pikrynowym, widać zaokrąglone jasne kryształy cementytu na tle ferrytu. Na prawo, po wytrawieniu pikratem sodowym, widać ciemne kryształy cementytu na tle ferrytu. $P=300$.

Czynności asystenta przy ćwiczeniach II serii.

Instrukcje ogólne.

Asystent powinien przed ćwiczeniami:

1. Ustawić, w porządku, przyrządy potrzebne do ćwiczeń.
2. Podolewać odczynników i zawiesiny tlenku żelazowego.
3. Zamienić uszkodzone papiery do polerowania.
4. Zetrzeć, papierem szmirglowym, szlify mikrograficzne, przygotowane przez uprzednio pracujących studentów.
5. Dopilnować by stoły, na których odbywają się ćwiczenia, wytarte zostały przez woźnego.

Instrukcje szczegółowe.

Ćwiczenie 1-e.

Sprawdzić, czy próbki z normalnemi odciskami Brinella są jeszcze zdatne do odcisków mikroskopowych i, ewentualnie, zastąpić je przez nowe.

Ćwiczenie 2-e.

1. Wyżarzyć próbkę przeznaczoną do hartowania i zahartować próbki przeznaczone do odpuszczania.
2. Sprawdzić termoparę.

Ćwiczenie 3-ie.

Zastąpić próbkę spawaną przez nową.

Ćwiczenie 4-te.

1. Wyżarzyć próbkę stali narzędziowej.
2. Sprawdzić termoparę.
3. Sprawdzić czy jest węgiel drzewny.

Ćwiczenie 5-te.

1. Wytopić z pierścieni zainkludowane próbki.
2. Umieścić nową próbkę drutu do zgniotu.
3. Sprawdzić termoparę.
4. Sprawdzić stan próbki przeznaczonej do stwierdzenia wpływu stopnia zgniotu na wielkość kryształów i, ewentualnie, zastąpić ją przez nową.

UZUPEŁNIENIA DO KATALOGU WYDAWNICTW I KOMISÓW

KASY IM. MIANOWSKIEGO

(od 1 października 1928 do 1 listopada 1929 r.).

	Zł. g
<i>Acta Biologiae Experimentalis</i> . Vol. II. (1928)	25.—
" " " " V. III (1929)	25.—
<i>Acta Societatis Botanicorum Poloniae</i> . Vol. VI Nr. 1 (1929)	5.—
" " " " Vol. VI Nr. 2 (1929)	5.—
<i>Archiwum hydrobiologii i rybactwa</i> , T. III. Nr. 1/2 (1928)	12.—
<i>Archiwum Karwickie</i> , opracował i wydał Stan. Teodor Dunin Karwicki	2.—
<i>Archiwum mineralogiczne</i> Towarzystwa Naukowego Warszawskiego T. II. 1926 (1928)	8.—
— T. III. 1927 (1928).	12.—
— T. IV. 1928 (1929).	12.—
<i>Ateneum Wileńskie</i> R, III zesz. 10 — 11	5.—
" " IV " 12	5.—
" " IV " 13	6.—
" " V " 14	6.—
Bartel K. Wykresy niektórych danych statystycznych, odnoszących się do gospodarczego życia Polski w latach 1924 — 1928	2.50
— Kilka uwag o praktyce parlamentarnej w Polsce	1.—
<i>Bibliografja geologiczna</i> Polski Nr. 6 (1927) zebrała R. Danysz-Flaszerowa	—.70
<i>Bieżące zagadnienia polityki gospodarczej</i> . IV Sprawozdanie z działalności komisji opiniodawczej pracy przy p. Prezesie Kom. Ekon. Ministrów za okres od 17.XII 26 r. do 1.VII 1928 r.	6.—
Bigo T.* Związki publiczno-prawne w świetle ustawodawstwa polskiego	7.50
Bobek W. „Argenida“ Wacława Potockiego w stosunku do swego oryginału	3.60
Bruderer W. Złoza ropy w Polsce. Kosmacz, z 4 rysunkami i z tablicami w tek- ście (Biuletyn Stacji Geolog. 14).	4.50
Ciszewski S.* Prace etnologiczne. T. II	12.—
Cizancourt de H. O budowie przedmurza polskich Karpat Wschodnich ze szki- cem tektonicznym i tablicą przekrojów Biuletyn Stacji Geolog. 12	2.50
— Złoza ropy w Polsce. Harkłowa z 7 ryc. i 9 fablicami w tekście (Biule- tyn Stacji Geolog. 15)	6.—
Czudek A. Osobliwości i zabytki przyrody województwa śląskiego z mapkami, z 1 rys. i 21 fotografjami	1.50
Dederko B. Majątek narodowy Polski. (odbitka z Rocznika zbioru Prac Za- kładu Polityki Ekonomicznej S. G. G. W.)	3.—
<i>Djarjusz</i> Walnej Rady warszawskiej z r. 1710	18.—
Drozdowicz-Jurgielewiczowa J. Technika powieści Żeromskiego (Studja z za- kresu historii literatury polskiej Nr. 8)	6.—

<i>Dwie polskie rzeczywistości. Rozmowa z prezesem Rady Ministrów prof. Dr. Kazimierzem Bartlem</i>	—80
<i>Geologiczna konferencja Karpacka w Borysławiu 13—15 maja 1923 r. (Biuletyn Stacji Geolog. 2)</i>	—60
Grabski W. Wieś i folwark. Drobne i duże gospodarstwa rolne ze stanowiska ekonomicznego (odbitka z Rocznika Zbioru Prac Zakładu Polityki Ekon. S. G. G. W.)	3.—
— Wieś polska na tle ewolucji dziejowej. Wstęp do historii wsi w Polsce.	1.—
— Historia wsi w Polsce	12.—
Hauswald E. Przemysł. (oprawne)	15.—
Hoszowski F. Ceny we Lwowie w XVI i XVII wieku, z przedmową prof. Fr. Bujaka	15.—
<i>Kalendarz astronomiczny T-wa Miłośników Astronomji na r. 1929</i>	6.—
Karaffa-Korbutt K. Higjena pracy (oprawne)	10.50
Karwasińska J.* Archiwa Skarbowe Koronne i Obojga Narodów (Rocznik Kom. Histor. T. 1 z. 2)	4.—
Katz K. Analizy solanek węglanych i wód rzecznych regionu borysławskiego (Biuletyn Stacji Geolog. 17).	5.—
<i>Kopalnie ropy i gazów ziemnych w Polsce pod redakcją K. Tołwińskiego z. 1 Słoboda Rungurska (Biuletyn Stacji Geolog. 18)</i>	4.—
— z. 2. Bitków, Majdan, Rypne, Nahujowice (Biuletyn Stacji Geolog. 18) .	4.—
Korecki E. Ze studjów nad źródłami „Żwierciadła” Reja	3.30
Krajewski S. Szkic geologiczny okolic Opaki, z mapą i przekrojami (Biuletyn Stacji Geolog. 4).	2.40
<i>Mapa geologiczna — Borysław — Tustanowice — Mrażnica — w skali 1:10,000 z warstwicami stropu piaskowca borysławskiego, opracował K. Tołwiński i inni.</i>	9.—
<i>Mapa strukturalna — Borysław w skali 1:5,000, opracował K. Tołwiński i inni.</i>	17.50
<i>Materiały, odnoszące się do działalności Rządu za rok 1928. Sprawozdania Ministerstw (karton)</i>	12.—
Minkiewicz R. Potentialité autochromatique de l'oeil humain: Chromatentopsie autogène, endogène, et exogène. I patrie: Au seuil de la perceptibilité (w tem streszczenie po polsku)	1.80
Morozewicz J. Mariupolit i jego krewniaki, z 11 rysunkami	14.—
<i>Nauka polska, * jej potrzeby: organizacją i rozwój</i> T. X	18.—
„ „ „ „ „ „ T. XI.	—.—
<i>Niedomagania parlamentaryzmu. Wywiad z prezesem Rady Ministrów prof. Dr. Kazimierzem Bartlem</i>	—50
<i>Ochrona przyrody, Organ Państwowej Komisji Ochrony Przyrody z. 8</i>	6.—
Piętka H. Słuszność w teorii i praktyce.	10.—
<i>Plany przeglądowe miast polskich Serja, I</i>	24.—
<i>Podręcznik do zbierania i konserwowania zwierząt, należących do fauny polskiej z. 1. Wstęp do faunistyki. O zbieraniu fauny morskiej. Protozoa — Pierwotniaki</i>	1.40
<i>Prace filologiczne. T. IX. (1920) (na składzie w Kasie Mian.)</i>	12.—
<i>Prace filologiczne, wydawane przez J. Baudoina de Courtenay A. A. Kryńskiego, Z. Łempickiego, W. Porzezińskiego S. Słońskiego i S. Szobera, T. XIII (1928)</i>	18.—

	Zł. gr.
<i>Prace Instytutu im. Nenckiego</i> . T. IV Nr. 3/4 (marzec 1928)	3.—
<i>Prace Państwowego Muzeum Zoologicznego</i> . T. VII z. 2/3 (l. XI. 1928)	3 60
<i>Prace Polskiego Instytutu Geologicznego</i> . T. II z. 3 1929 (vide Morozewicz)	14.—
<i>Prace T-wa Przyjaciół Nauk w Wilnie</i> . Wydział Nauk Matematycznych i Przyrodniczych. T. III (1925 — 1926) 1927	12.—
T. IV (1927).	12.—
<i>Przegląd filozoficzny</i> . Rocznik XXXI zes. 3 (1928).	4.—
„ XXXI zes. 4 (1928).	4.—
„ XXXII zes. 1/2 (1929).	6.—
<i>Przegląd geograficzny</i> . T II (zmiana ceny)	5.—
T. VIII z. 1/2 (1928).	6.—
„ z. 3/4 (1928).	6.—
Przeworska J. i Walicki M. Strop z XVI w. kościoła w Boguszycach	4.—
Raczyński J. Centralne barokowe kościoły województwa Lubelskiego	10.—
Riggenbach E. Jak może młodzież chronić przyrodę	1.80
<i>Rocznik Chemji</i> . Organ Polskiego T-wa Chemicznego, Tom VIII (1928)	
z. 5. 6. 7. 8, 9 po	2.50
Tom IX (1929) z. 1. 2 po	2.50
Tom IX (1929) z. 3/4	3.—
Tom IX (1929) z. 5	2.50
Tom IX (1929) z. 6	2.50
Tom IX (1929) z. 7	2.50
Sierpiński W. * Zarys teorii mnogości cz. I. Liczby pozaskończone, wyd. III przejrane i uzupełnione.	12.—
Słowacki J. Samuel Zborowski (wydanie krytyczne).	15.—
<i>Sprawozdanie Komisji Ankietowej: Badania warunków i kosztów produkcji oraz wymiany:</i>	
Tom I Budownictwo mieszkaniowe	6.—
„ II Cegła	2.—
„ III Cement	3.—
„ IV Drzewo	6.—
„ V Węgiel	14.—
„ VI Przemysł piekarski	2.—
„ VII Młynarstwo	3.—
„ VIII Przemysł i handel mięsny	3.—
„ IX Przemysł cukrowniczy	7.—
„ X Nawozy sztuczne	5.—
„ XI Mleczarstwo	2.—
„ XII Nafta	7.—
„ XIII Żelazo i stal	6.—
„ XIV Włókiennictwo	4.—
„ XV Garbarstwo	7.—
<i>Sprawozdanie Polskiego Instytutu Geologicznego</i> . Tom IV z. 3/4 z 13 tablicami i 9 rycinami	16.25
— To samo T. V z. 1/2	—.—
<i>Sprawozdanie z działalności Państwowej Rady Ochrony Przyrody w roku 1928.</i> Napisł prof. Władysław Szafer, przewodniczący T. R. O. P.	—50
<i>Studia do dziejów sztuki w Polsce</i> . T. I	20.—

