

T A B L I C A V.

Zestawienie wyników badania spoiny blachy Nr. III metodami: roentgenograficzną, metalograficzną i mechaniczną.

Miejsce pobrania próbki we- dlug roentge- nogramu		OPIS ROENTGENOGRAMU SPOINY (porówn. fot. 9, Pl. III)										W	Y	N	I	K	I	B	A			D		A		Ń	
												M a k r o s k o p o w y c h				M i k r o s k o p o w y c h				R _r kg/mm ²		A ₁₀ %		Miejsce pęknięcia		Wygląd złomu	
15		Obraz spoiny ciemny. Ciemna plama o średnicy ok. 8 mm.										Na całym przekroju liczne, bardzo drobne pęcherzyki (średnicy około 0,05 mm).				(Struktura ferrytyczna, grubo-ziarnista. Między ziarnami ferrytu cementyt skoagulo- wany i perlit sorbityczny. Materiał przegrzany. Średni- ca ziaren maks. 0,2 mm.				47,8	16,6	Poza spoiną		Drobnoziar- nisty z prze- wężeniem			
16		Dwie ciemne plamy o średnicy 2 mm.										Brak pęcherzyków. Bliżej nie badano.				Jak w miejscu 15.				48,8	16,6	Jak w miejscu 15.		Jak w miejscu 15.			
17		Ciemna plama o średnicy 3 mm. Na środku spo- iny podłużna biała plamka.										Jak w miejscu 15.				Jak w miejscu 15.				47,7	7,7	Na spoinie		Gruboziar- nisty			
18		Obraz spoiny jasny, przedzielony ostrą linią na 2 części. Pośrodku ciemna plamka o średnicy 3 mm, a na niej 2 białe, ostro zarysowane krop- ki o średnicy 0,5 mm.										Pośrodku spoiny pęcherz o średnicy 0,4 mm. Wierzchołek stożka spawania przesunięty względem podstawy. Całkowite przetopienie blach. Wyciek spoiwa na dolną powierzchnię. Pęcherzyk. Blachy wadliwie zestawione, prze- sunięte o 1/3 grubości..				Ferryt z dużym dodat- kiem perlitu sorbitycz- nego.				39,3	3,3	Na spoinie		Średnio- ziarnisty			
19		Jak w miejscu 18, lecz brak ciemnych plam i ja- snych kropek.										Obraz podobny do miejsca 18.				Jak w miejscu 18.				43,0	6,0	Na spoinie		Jak w miej- scu 15			
20		Obraz spoiny jasny. Pośrodku ciemna plama o średnicy 3 mm, obok niej ukośna jasna plamka długości 6, szerokości 0,5 mm.										Wyciek spoiwa na dolną stronę szwu, w nim niewielkie szczeliny oraz dwa pęcherze o średnicy 0,4 mm. Całkowite przetopienie blach. Spoiwo na górnej powierzchni rozla- ne płasko i szeroko.				Jak w miejscu 15.				48,8	18,3	Poza spoiną		Jak w miej- scu 15			
21		Obraz spoiny niewyraźny. Pośrodku, wzdłuż, du- żo białych plamek. Jedna jasna plama, nieostra, otoczona ciemną aureolą.										N i e b a d a n o				N i e b a d a n o				N i e b a d a n o							
IIIa		Jak w miejscu 20. Brak plam. Przez środek prze- chodzi dość wyraźna linia podziału.										Brak pęcherzy. Bezpośrednie stopienie blach. Spoiwo tylko na górnej powierzchni, płasko rozlane. Blachy nieco przesunięte względem siebie.				Struktura perlityczno-sorbi- tyczna z wystąpieniami troo- styżkowymi i szczątkową siatką ferrytu. Materiał silnie nawęglony.				48,1	16,6	Poza spoiną		Jak w miej- scu 15			
IIIb		Jak w miejscu IIIa.										Jak w miejscu IIIa. Zestawienie blach dobre.				Jak w miejscu 15.				42,9	3,3	Na spoinie		Gruboziar- nisty			
22		Obraz spoiny zupełnie zatarty. Duża ciemna pla- ma z licznymi jasnymi plamkami.										Na całym przekroju liczne pęcherzyki. Bezpośrednie stopienie blach. Spoiwo tylko na dolnej stronie (Fot. 13, Pl. IV).				Struktura Widmannstättena. Spoiwo bardzo silnie nawę- glone (Fot. 16, Pl. IV).				30,4	2,0	Na spoinie		Gruboziar- nisty			
23		Jak w miejscu 22.										Kilka pęcherzy. Całkowite przetopie- nie blach. Spoiwo tylko na dolnej stronie. Wyciek.				Jak w miejscu 22.				25,4	0,0	Na spoinie		Gruboziar- nisty z dziu- rami			
24		Jak w miejscu 22.										N i e b a d a n o				N i e b a d a n o				N i e b a d a n o							
25		Pośrodku spoiny duża (średn. ok. 20 mm), bar- dzo ciemna, a na tej biała plama.										Wielki pęcherz (karb), sięgający do połowy grubości spoiny. Siatkowane pęknięcie spo- iny. Stożkowe przetopienie materiału blach. Na górnej powierzchni płasko rozlana war- stwa spoiwa, u dołu znaczny wyciek spoiwa bez pęcherzy (Fot. 14, Pl. IV).				Jak w miejscu 22.				47,6	16,6	Poza spoiną		Jak w miej- scu 15			
26		Jak w miejscu 25.										N i e b a d a n o				N i e b a d a n o				16,0	0,0	Na spoinie		—			
27		Obraz spoiny podzielony bardzo ostrą podłużną li- nią. Pośrodku spoiny cztery wyraźne białe plamki.										N i e b a d a n o				N i e b a d a n o				N i e b a d a n o (Spoina pękła przy wycinaniu próbki)							

J. CZOCHRALSKI i W. GARLICKA

O szybkości krystalizacji sodu oraz o związku między atomowym ciepłem krzepnięcia i szybkością krystalizacji pierwiastków

*Sur la vitesse de cristallisation du sodium et l'influence de la chaleur
de cristallisation sur la vitesse de cristallisation des éléments*

TREŚĆ: Określono metodą Czochrałskiego szybkość krystalizacji sodu pod warstwą ksylenu, osiągając najwyższą wartość 360 mm/min. Zestawiono wszystkie, do tej pory zmierzone, maksymalne szybkości krystalizacji pierwiastków, przyczem stwierdzono istnienie odwrotnej zależności szybkości krystalizacji od atomowego ciepła krzepnięcia.

W s t ę p.

W dalszym rozwoju badań nad szybkością krystalizacji podjęto pracę nad sodem. Metal ten, posiadający niski punkt topności, wybrano jako materiał, pozwalający na dokładniejsze opanowanie warunków cieplnych przy krystalizacji. Osiągnięcie maksymalnej szybkości krystalizacji wymaga bowiem stworzenia warunków doskonałego odpływu ciepła krystalizacji.

Według Tammanna¹⁾, w zakresie przechłódzeń, w których istnieje maksymalna szybkość krystalizacji, temperatura, panująca na granicy ciecz/kryształ, równa jest punktowi topnienia. W nowszych pracach wysunięto pewne argumenty, częściowo natury termodynamicznej²⁾, częściowo oparte na doświadczeniach³⁾, przemawiające za tem, że na granicy

ciecz/kryształ istnieje temperatura niższa od punktu topnienia.

Wychodząc z punktu widzenia termodynamiki, temperatura krzepnięcia jest temperaturą równowagi między cieczą i kryształem, a jednostronny i nieodwracalny proces krystalizacji zajść może, o ile ta temperatura zostanie przekroczona, czyli przy pewnym przechłodzeniu płaszczyzny granicznej.

Przechłodzenie granicy ciecz/kryształ może być tem dalej posunięte¹⁾, im lepsze panują w otoczeniu warunki odprowadzania ciepła, a więc np. im silniej jest przechłodzona ciecz krystalizująca i im niższą jest temperatura kąpieli, w której pomiary są wykonywane. Przy pewnym zaś, ściśle określonym przechłodzeniu granicy ciecz/kryształ, zostaje osiągnięta maksymalna szybkość krystalizacji. Nawiązując więc do wykresu Tammanna, w całym obszarze temperatur przechłodzenia kąpieli, w którym występuje maksymalna szybkość krystalizacji, temperatura na granicy ciecz/kryształ jest stała, ale nie koniecznie równa punktowi topnienia.

Doświadczenia²⁾, przeprowadzone na salolu metodą, co do której jednak możnaby mieć pewne zastrzeżenia, wykazały istnienie tempe-

¹⁾ G. Tammann, Z. phys. Chem., 26, 307 (1898); Kristallisieren u. Schmelzen, Leipzig (1903).

²⁾ G. Masing, Wissenschaftliche Veröffentlichungen Siemens-Konzern, 8, 24 (1929).

³⁾ H. Pollatschek, Z. phys. Chem., A, 142, 289 (1929).

¹⁾ H. Freundlich, Kapillarchemie, S. 446, Leipzig (1922).

²⁾ H. Pollatschek, l. c.

ratury niższej od punktu topnienia na granicy ciecz/kryształ.

Przechodząc do warunków cieplnych, jakie panują w metodzie *Czochrałskiego*¹⁾ oznaczania szybkości krystalizacji metali, trzeba zauważyć, że głównym czynnikiem, odprowadzającym ciepło krystalizacji, jest tworzący się kryształ, ze względu na dużą różnicę przewodności cieplnej metalu i kąpieli lub atmosfery, która otacza miejsce wzrostu kryształu. Kąpiel lub atmosfera odgrywa tu rolę pośrednią, mianowicie odprowadza i unosi ciepło z wytworzonego kryształu. Ten jednokierunkowy odpływ ciepła krystalizacji stwarza warunki powstania pojedynczego kryształu, a przez to pomiar szybkości krystalizacji staje się pomiarem narastania warstw kryształu w odróżnieniu do innych metod, w których kierunek odpływu ciepła i kierunek krystalizacji nie są równoległe, wskutek czego metody te przeważnie nie doprowadzają do tworzenia się jednego kryształu. Uważając zaś, podobnie jak inni autorzy²⁾, że krystalizacja jest problemem molekularnym lub atomowym, badanie krystalizacji na przedmiocie monokrystalicznym upraszcza drogę do poznania praw, kierujących krystalizacją.

Próby przechłodzenia sodu.

Ponieważ bezpośredni pomiar temperatury na granicy ciecz/kryształ w metodzie *Czochrałskiego*, jak i w innych dotychczas stosowanych metodach oznaczania szybkości krystalizacji, nie da się skutecznie, przeto dla zorientowania się co do ogólnej zdolności sodu do przechładzania, wykonano próby przechłodzenia niezależnie od pomiarów szybkości krystalizacji.

Sód umieszczony był w próbówce cienkościenniej, wypełnionej ksylenem, uprzednio osuszonym zapomocą $CaCl_2$ i Na . Podczas doświadczeń próbówka była zamknięta zapomocą rurki z $CaCl_2$, należało bowiem chronić sód przed powstaniem na nim tlenku, który mógłby wywoływać samorzutną krystalizację. Pomimo tych ostrożności nie zdołano zachować powierzchni sodu całkowicie czystej. Sód roztopiano przed próbą w kąpieli parafinowej,

ogrzewanej palnikiem gazowym, i przegrzewano go do temperatury 130° (temperatura wrzenia ksylenu około 140°). Niektórzy autorzy^{1) 2) 3)} przypuszczają bowiem, że w świeżo stopionym metalu występują ułamki siatki przestrzennej i cząsteczki anizotropowe, które podczas dalszego ogrzewania zmieniają się w procesie nieodwracalnym w cząsteczki izotropowe.

Spod przegrzanej próbówki z sodem, nie zmieniając jej położenia i nie wywołując wstrząsów, wysuwano gorącą kąpiel, a wsuwało na jej miejsce drugą o stałej temperaturze. Kąpiel parafinowa, służąca jako termostat, ogrzewana była elektrycznie zapomocą drutu oporowego, temperaturę jej zaś można było regulować zapomocą opornika i termoregulatora. Nastawiając termostat na szereg temperatur, osiągnęto różne szybkości spadku temperatury sodu. Temperatury sodu i termostatu mierzono zapomocą termometru rtęciowego z podziałką co $1/2$ stopnia, a szybkość spadku temperatury w okolicy punktu krzepnięcia określano zapomocą zegarka sekundowego.

Tablica I podaje otrzymane wyniki.

T A B L I C A I.

Temperatura kąpieli parafinowej w stopniach C	Szybkość spadku temperatury w stopniach na minutę	Otrzymane maksymalne przechłodzenie w stopniach
19	75	0
50	46	0
60	37	0,5
70	27	0
80	18	0
19 ⁴⁾	13	1,0
90	8,3	2,0
92	5,8	0
95	3,1	0
Stygnięcie Na od 130° wraz z kąpielą	2	1,6

¹⁾ P. Othmer, Z. anorg. allgem. Chem., 91, 209 (1915).

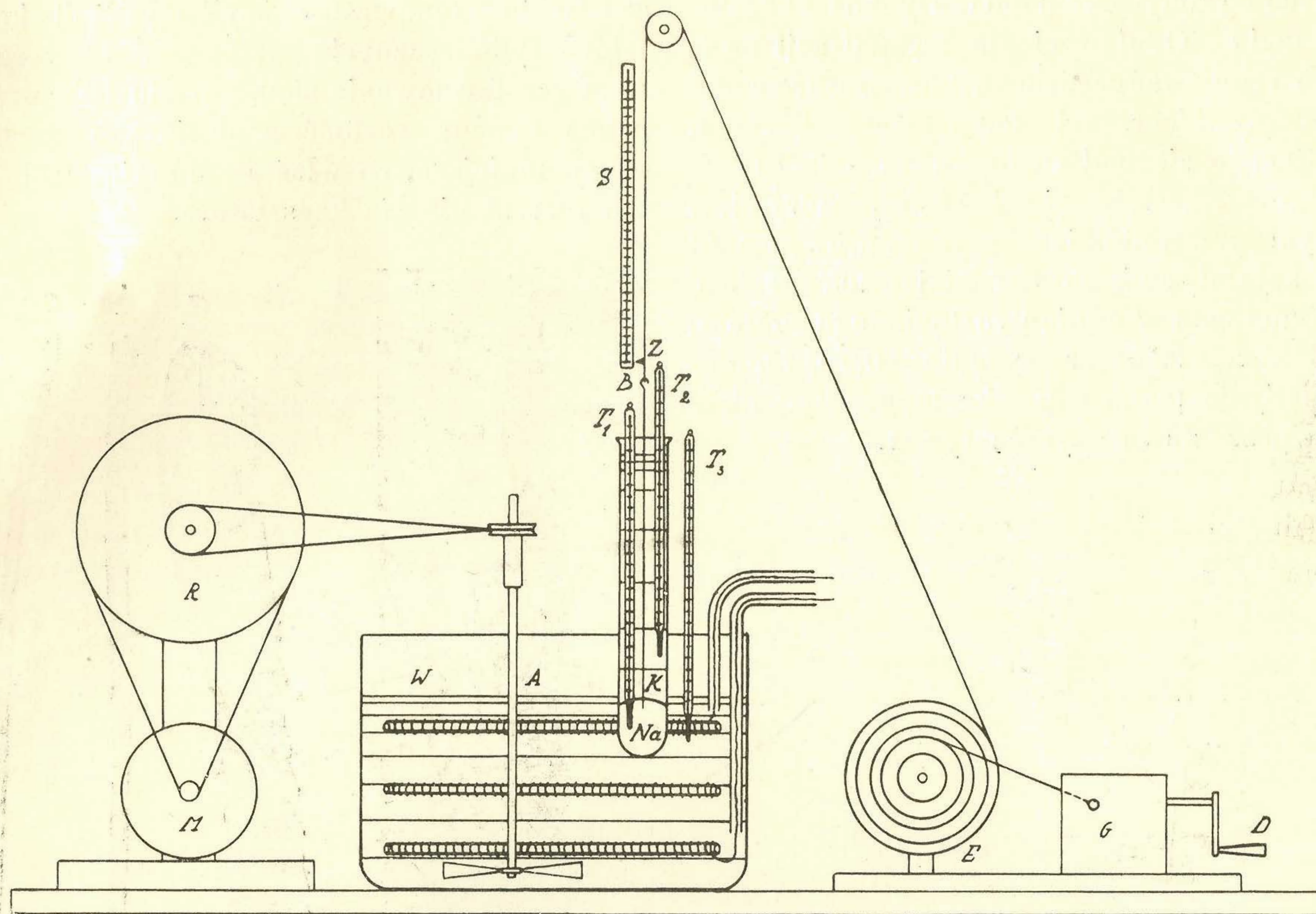
²⁾ G. Tammann, Lehrbuch der Metallographie, S. 3, (1921).

³⁾ K. Schaum, Z. anorg. allgem. Chem., 120, 241 (1922).

⁴⁾ Chłodzone powietrzem.

¹⁾ J. Czochrański, Z. phys. Chem., 92, 219 (1918).

²⁾ W. Kossel, Quantentheorie u. Chemie, (1928).



Rys. 1. Schemat aparatury do mierzenia szybkości krystalizacji sodu.

A, mieszadło; *B*, wyciągacz; *D*, korba; *E*, przekładnia; *G*, mechanizm gramofonowy; *K*, ksylen; *M*, silnik; *Na*, sól; *R*, przekładnia; *S*, skala; *T*₁, *T*₂, *T*₃, termometry; *W*, kąpiel parafinowa; *Z*, wskazówka.

We wszystkich przypadkach, kiedy udało się uzyskać przechłodzenie, trwało ono jedynie bardzo krótko ($\frac{1}{2}$ minuty), poczem samorzutnie temperatura podnosiła się do temperatury krzepnięcia. Maksymalne przechłodzenie, jakie zdołano osiągnąć, wynosiło więc 2° . Możliwym jest, że przy zachowaniu jeszcze większych ostrożności, zwłaszcza odnośnie czystości sodu, możnaby osiągnąć większe przechłodzenie.

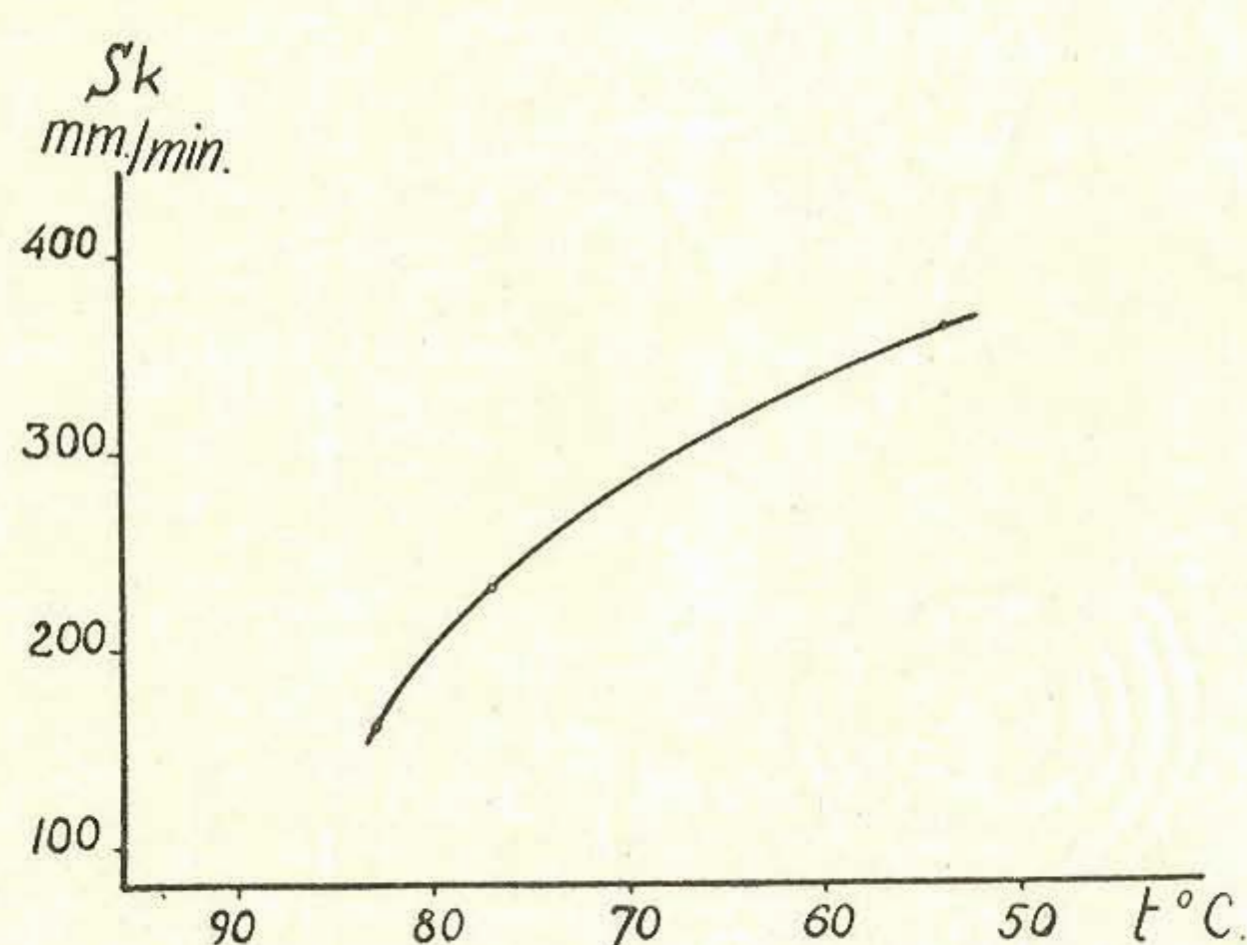
Badanie szybkości krystalizacji sodu metodą Czochralskiego.

Sód, umieszczony w próbówce z ksylenem, ogrzewany był elektrycznie w łaźni parafinowej. Temperaturę łaźni regulowano podobnie jak poprzednio, przyczem dla wyrównania różnic temperatury stosowano mieszadło (60 obr./min.), napędzane motorkiem elektrycznym. Jako wyciągacza używano drutu srebrnego o średnicy 1mm, zaostrego na końcu. Wyciągacz był wprowadzany w ruch prostoliniowy zapomocą

mechanizmu gramofonowego, nakręcanego ręcznie. Regulację szybkości można było przeprowadzać albo skokami, zapomocą pięciostopniowej przekładni, albo, jeśli chodziło o węższy zakres szybkości, zapomocą regulatora odśrodkowego (Rys. 1).

Na podstawie prób wstępnych ustalono następujące warunki cieplne doświadczeń: Probówkę z sodem przegrzewano w piecyku elektrycznym do pewnej temperatury, zależnej od dalszych warunków pomiaru, i przenoszono ją następnie szybko do kąpieli parafinowej o stałej temperaturze 107° , przyczem probówkę zanurzano na taką głębokość, aby poziom sodu był narówni z poziomem parafiny. Temperatura ksyleny, jako chłodzonego zgóry i z boków powietrzem, spadała znacznie szybciej niż temperatura sodu, otoczonego parafiną. Po pewnym zaś czasie ustalała się równowaga; np. jeżeli temperatura początkowa ksyleny i sodu była 130° , to po 12 minutach temperatura ksyleny osiągała prawie stałą wartość 54° , temperatura sodu $98,5^{\circ}$. W tak ustalonych warunkach

cieplnych wykonywano pomiar szybkości krystalizacji sodu. Odpływ ciepła krystalizacji można było regulować częściowo temperaturą sodu, przede wszystkim zaś temperaturą ksylenu, znajdującego się nad roztopionym sodem i otaczającego tworzący się kryształ, który jest głównym przewodnikiem przy odprowadzaniu ciepła krystalizacji. Pozostawiając temperaturę sodu (mierzoną w środku roztopionego metalu) stałą i równą $98,5^{\circ}$ (przegrzanie o $0,9^{\circ}$), regulowano jedynie temperaturę ksylenu. Otrzymane wyniki przedstawia wykres rys. 1.



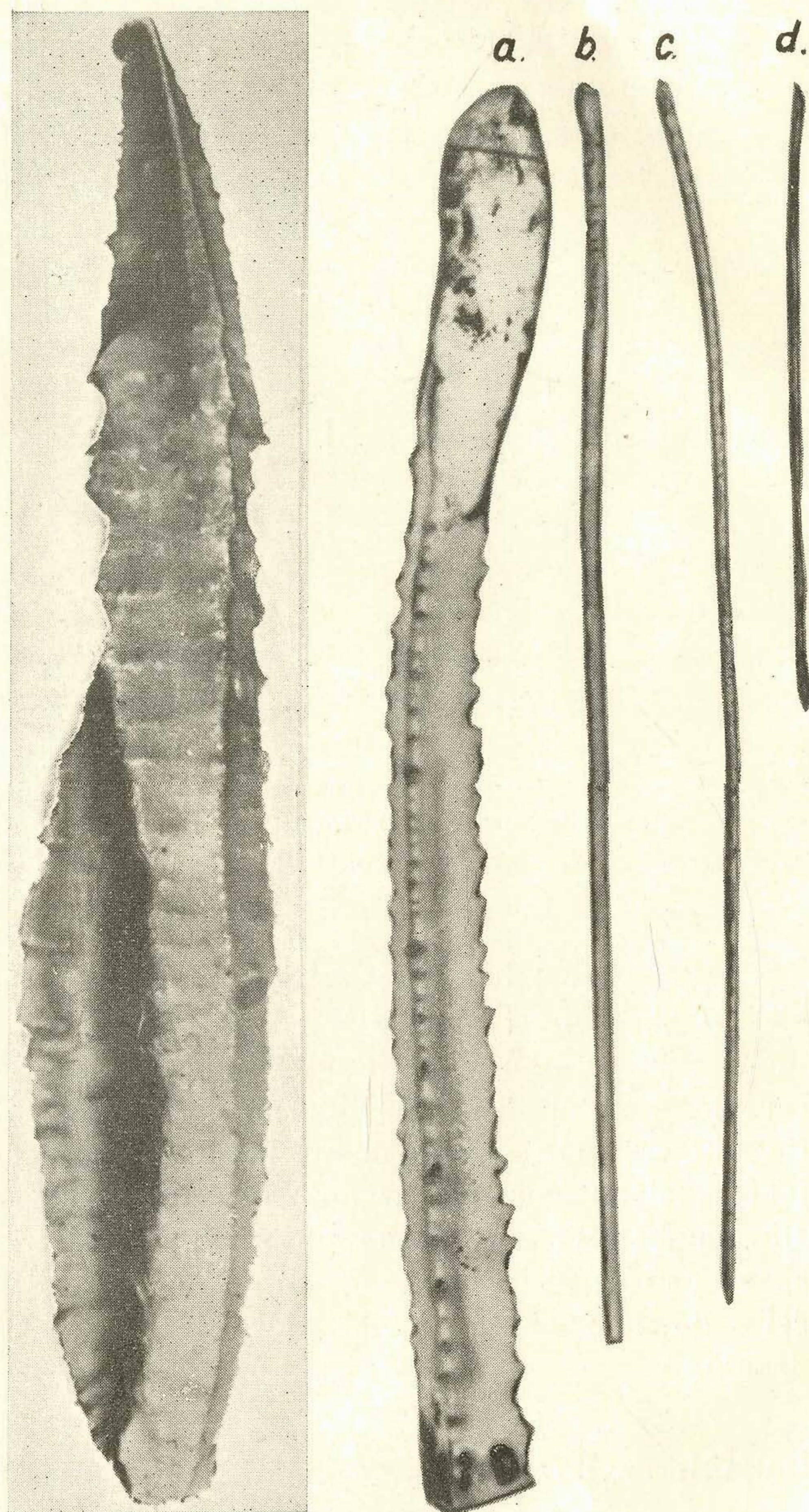
Rys. 2. Zależność szybkości krystalizacji sodu od temperatury ksylenu. Sk — szybkość krystalizacji, t — temperatura ksylenu.

Jak widać z wykresu, maksymalna osiągnięta szybkość krystalizacji wynosi 360 mm/min.

Zbadanie dalszego przebiegu krzywej i sprawdzenie, czy krzywa poza punktem 360 mm/min. ma przebieg prostoliniowy, co byłoby dowodem, że szybkość 360 mm/min. jest maksymalną szybkością krystalizacji, pociągałoby za sobą obniżenie temperatury ksylenu poniżej 54° . W stosowanych zaś warunkach, podczas regulowania temperatury ksylenu na wartość 54° , następowała samorzutna krystalizacja.

Przy wykonywaniu pomiarów zauważono pewną zależność formy powstającego kryształu od warunków temperatury i szybkości wyciągania. Mianowicie, przy małych szybkościach wyciągania, niewiększych od 80 mm/min., w temperaturze sodu około 98° , a temperaturze ksylenu 82° do 88° , otrzymywano dendrytyczne kryształy sodu (fot. 1 i 2a). Zjawisko to można tłumaczyć w następujący sposób: Forma cylindryczna kryształów ma swe źródło w działaniu napięcia powierzchniowego. W przypadku otrzymywania kryształów dendrytycznych warunki odprowadzania ciepła są wyraźnie gor-

sze (wyższa temperatura ksylenu) niż dla kryształów cylindrycznych, przez co temperatura w sferze formowania się kryształu jest wyższa, a tem samem wartość napięcia powierzchniowego mniejsza, co właśnie sprzyja swobodnemu rozrastaniu się kryształu.



Fot. 1. Dendrytyczny kryształ sodu, $\times 2$.

Fot. 2. Dendrytyczny (a) i cylindryczne (b, c, d) kryształy sodu, $\times 2$.

Wnioski ogólne.

Największą osiągniętą w niniejszej pracy szybkością krystalizacji sodu jest 360 mm/min.; wartość ta w znacznym stopniu przewyższa szybkości, otrzymane dla innych metali me-

tołą Czochralskiego^{1) 2) 3)}. Trzeba tu jednak zwrócić uwagę na wartości przewodności cieplnej i ciepła krzepnięcia sodu. Wielkości te, łącznie zestawione, przedstawia tablica II.

W trzeciej kolumnie tablicy podano atomowe ciepła krystalizacji, gdyż, jak to we wstępie zaznaczono, krystalizacja jest problemem atomowym i przy rozpatrywaniu jej należy to uwzględniać. Z zestawienia w tablicy II wynika, że między ciepłem atomowym krystalizacji i szybkością krystalizacji zachodzi pewna zależność. Jeśli tę zależność rozszerzyć na inne pierwiastki, co prawda nieliczne, zbadać dotychczas pod względem szybkości krystalizacji, to żaden z nich nie stanowi wyłomu. Wprawdzie otrzymano⁴⁾ dla cyny wartości daleko wybiegające poza wyżej wymienione, lecz nie dotyczą one wzrostu pojedynczego kryształu, a pozatem wynik ten wydaje się raczej przypadkowy.

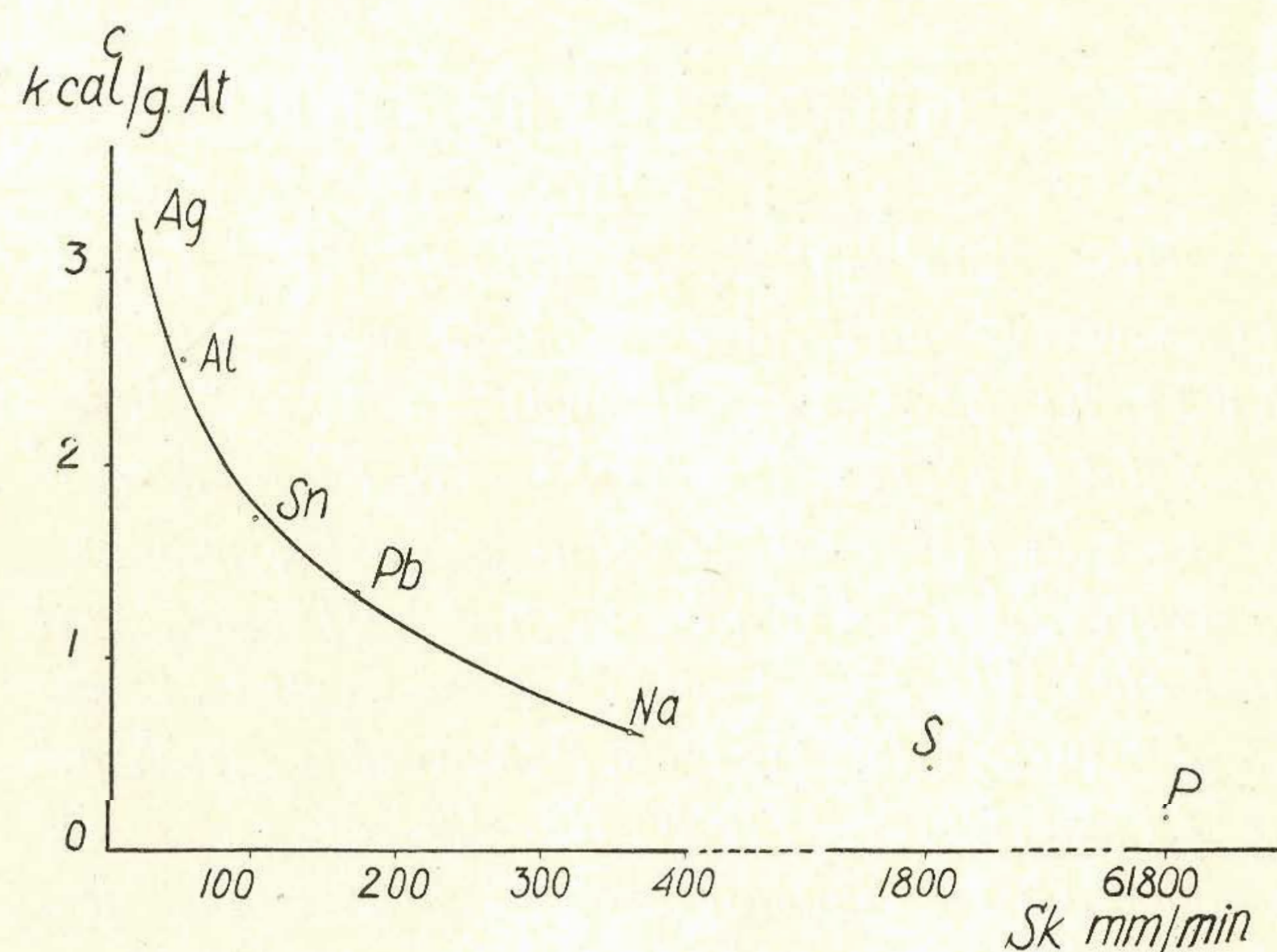
T A B L I C A II.

Metal	Przewodność cieplna ⁵⁾	Ciepło krystalizacji ⁶⁾	Szybkość krystalizacji w mm/min.
	$\frac{\text{cal}}{\text{cm. sek. stop.}}$	$\frac{k \text{ cal}}{g \text{ atom}}$	
Au	0,75	3,21	24
Al	0,46	2,55	40
Sn	0,15	1,74	100
Pb	0,083	1,34	170
Na	0,36	0,63	360

Widać (rys. 2), że fosfor, który spośród pierwiastków, występujących w normalnych warunkach w stanie stałym, ma najniższe atomowe ciepło krystalizacji, wykazuje jednocześnie największą szybkość krystalizacji. Był to

pierwszy pierwiastek, na którym dokonano¹⁾ pomiaru szybkości krystalizacji metodą *U*-rurek, w dalszym ciągu rozwiniętą przez *Tammanna*. Oznaczenie szybkości krystalizacji siarki było również wykonane metodą *U*-rurek²⁾.

Opierając się więc na dotychczas dostępnych liczbach, wydaje się, że istnieje pewna ogólna zależność między szybkością i ciepłem atomowym krystalizacji ciał prostych. Nie rozstrzyga to bynajmniej sprawy, że wszystkie otrzymane doświadczalnie liczby stanowią maksymalne szybkości krystalizacji, przeciwnie, jest możliwe, że w zależności od warunków



Rys. 3. Zależność szybkości krystalizacji szeregu pierwiastków (*Sk*) od atomowego ciepła krystalizacji (*c*).

pomiaru, a zwłaszcza w zależności od czystości badanego ciała, ulegną one pewnym przesunięciom. Lecz jeśli nie są to wartości bezwzględne szybkości krystalizacji, to w każdym razie są jej wartościami przeciętnymi dla materiałów o podobnym stopniu czystości. Przy jednakowym podwyższeniu stopnia czystości lub jednakowym udoskonaleniu metod oznaczania szybkości krystalizacji wielkości te przesunęłyby się prawdopodobnie równomiernie do wyższych wartości.

Dotychczasowe zresztą teorie, dotyczące szybkości krystalizacji, uzależniają szybkość od przechłodzenia, warunkującego dobre odrowadzanie ciepła krystalizacji, a więc pośrednio od ciepła krystalizacji, ograniczając się do rozpatrywania poszczególnej substancji w zależności od tych czynników.

¹⁾ Z. Beckerówna, Wiad. Inst. Met., 1, 7 (1934).

²⁾ H. Jabłońska, Wiad. Inst. Met., 1, 11 (1934).

³⁾ I. Makowska, Wiad. Inst. Met., 1, 14 (1934).

⁴⁾ G. Tammann u. H. J. Rocha, Z. anorg. allgem. Chem., 216, 17 (1934).

⁵⁾ Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, Berlin (1923), str. 1289.

⁶⁾ Tamże, str. 1467. (Spośród rozbieżnych wartości ciepła krystalizacji wybrano maksymalne).

¹⁾ D. Gernez, Compt. rend., 95, 1282 (1882).

²⁾ D. Gernez, Compt. rend., 96, 1300 (1883).

Ujęcie liczbowe i ogólne dla szeregu substancyj w odniesieniu do gram-atomu nietylko potwierdza poprzednie założenie, ale jednocześnie rzuca światło na wartości dla tych metali, dla których pomiary szybkości krystalizacji

nie były wykonane, lecz których ciepło atomowe krystalizacji jest znane.

Warszawa, 1936.

Zakład Metalurgji i Metaloznawstwa
Politechniki Warszawskiej.

Kristallisationsgeschwindigkeit des Natriums. (Zusammenhang zwischen der atomaren Kristallisationswärme und Kristallisationsgeschwindigkeit einiger Metalle und Nichtmetalle).

von J. CZOCHRAŁSKI und W. GARLICKA

Zusammenfassung

I. Kristallisationsgeschwindigkeit des Natriums.

Die Kristallisationsgeschwindigkeit des Natriums wurde nach der Methode von J. Czochralski bestimmt und zwar in einem Bade von Xylol (Abb. rys. 1, S. 41). Das Natrium, das in einem zylindrischen Gefäß unter Xylol geschmolzen wurde, befand sich in einem Paraffinbad, das durch eine Widerstandsspirale geheizt wurde. Zum Temperatenausgleich war ein Rührwerk vorgesehen. Die Zugvorrichtung für die Nadelkristalle bestand in einem Grammophonwerk, das mittels verschiedener Uebersetzungsscheiben und einem mechanischen Dämpfer reguliert wurde. Als höchster Wert der Kristallisationsgeschwindigkeit wurden 360 mm/Min. erhalten.

Bei Ziehgeschwindigkeiten unter 80 mm/Min., 98° Temperatur der Schmelze, 82 bis 88° Temperatur des Xylol wurden Kristalldendriten erhalten; das Aussehen eines solchen Dendriten ist in der Textabbildung Fot. 1 wiedergegeben. Offenbar steht die Kristallisationsform mit der Oberflächenspannung und der Temperatur im Zusammenhang. Zylindrische Kristalle (Fot. 2 b, c, d) wurden dagegen erhalten bei einer Temperatur von über 98° der Schmelze und bei einer Temperatur von über 54° des Xylol-Bades.

In der Zahlentafel I sind die Versuchsergebnisse betreffend die Unterkühlung, Badtemperatur, Abkühlungsbereiche sowie Grade der erzielten Unterkühlung zusammengestellt. Schaulinie Rys. 1 gibt die Abhängigkeit der Kristallisationsgeschwindigkeit (S_k) von der Badtemperatur (t) wieder.

II. Zusammenhang zwischen der atomaren Kristallisationswärme und Kristallisationsgeschwindigkeit einiger Metalle und Nichtmetalle.

In der Zahlentafel II ist die Wärmeleitfähigkeit in cal/cm. Sek. Graden, die Kristallisationswärme in cal/g At. und die Kristallisationsgeschwindigkeit in mm/Min. wiedergegeben. In der Schaulinie Rys. 2 ist die Beziehung zwischen den beiden letzten Eigenschaften graphisch abgetragen worden und zwar unter Mitberücksichtigung der Elemente, deren Kristallisationsgeschwindigkeit bekannt ist. Die Werte für S und P sind aus der Publikation von D. Gernez entnommen (U-rohrmethode). Hierbei wurde festgestellt, dass die Kristallisationsgeschwindigkeit in umgekehrter Proportion zu der atomaren Kristallisationswärme steht. Obigem gemäss scheint eine allgemeine Abhängigkeit zwischen der atomaren Kristallisationsgeschwindigkeit der Elemente zu bestehen. Die Zahlen bedürfen indes noch einer weiteren Erhärtung und dies umsomehr, als es nicht ganz sicher ist, ob die bis jetzt bekannten Zahlen der Kristallisationsgeschwindigkeit als Maximalwerte angesehen werden können. Darüber hinaus dürfte auch der Reinheitsgrad der Metalle einen gewissen Einfluss auf die erhaltenen Zahlen ausüben.

Warszawa, 1936.

Institut für Metallurgie und Metallkunde
der Technischen Hochschule.