

tacji, jest stosunkowo niewielkie, zaś zdolność przewozowa naszych kolei jest bardzo ograniczona.

Zresztą dziś zadaniem gospodarki cieplnej nie jest bynajmniej ograniczenie spożycia paliwa, jak to było w czasie wojny i w pierwszych latach po jej zakończeniu. Węgla mamy dość, lecz nawet po uwielokrotnieniu sprawności kopalń, po przewycięzeniu trudności przewozowych pozostaje, jak to było zaznaczone na początku, konieczność podniesienia współczyn-

nika wykorzystania energii cieplnej w pracy zakładów przemysłowych do granic możliwości najwyższych.

W ten sposób doskonalenie gospodarki cieplnej oznacza postęp techniki i organizacji pracy w przemyśle, gdzie koszt opału stanowią pokaźną część kosztów wytwarzania.

Po wojnie ożreżnej nastał czas również bezwzględnej wojny ekonomicznej, w której ostoje się lub zwycięży ten kto zdoła taniej wytwarzać towary.

Spektrogramy röntgenowskie żelaza i stali.

Czasopismo *Engineering* z 10 i 17 czerwca 1921 r. zamieszcza bliższe dane o ciekawej pracy d-ra Arne Westgren'a nad röntgenowskim widmem żelaza i stali. Badania opisywane były wykonane w zakładzie fizycznym uniwersytetu Lund (Szwecja) przy poparciu wytwórni łożysk kulkowych SKF (Svenska Kullagerfabrik). Westgren referował swą pracę na plenarnym zgromadzeniu angielskiego Instytutu Żelaza i Stali 6/V. 1921.

Jak wiadomo, pierwszemu M.v. Laue udało się w r. 1912 otrzymać zapomocą niezwykle prostej metody ostro i wyraźnie przedstawiające się zjawiska interferencji promieni röntgenowskich. Otrzymał on widma röntgenowskie, odpowiadające t. zw. widmom dyfrakcyjnym, jakie otrzymuje się zapomocą siatki dyfrakcyjnej, czyli układu możliwie największej liczby drobnych szczelin, znajdujących się w niezmiernie bliskich odległościach. W optyce stosuje się siatki, otrzymywane przez nacięcie kresczek w odległościach, wynoszących zaledwie tysięczne części milimetra. Odległość wynosi tu więc niewielką wielokrotność długości fali światła. Aby otrzymać podobne zjawiska z impulsami röntgenowskimi, należałoby odległości międzykreskowe utrzymać w granicach mniej więcej 10^{-8} cm = 1 Angström. Ale w tych samych granicach zawarte są odległości międzycząsteczkowe ciała stałego. Otóż Laue wpadł na myśl, aby stałe ciało z prawidłowo rozmieszczonymi cząsteczkami, a więc płytkę krystaliczną, użyć jako naturalną siatkę dyfrakcyjną dla promieni Röntgena. Okazało się, że cienka wiązka promieni Röntgena, przechodząca przez płytkę, wyciętą z jakiegokolwiek, dobrze ukształtowanego kryształu, daje na kliszy fotograficznej poza bezpośrednim punktem padania jeszcze pewną liczbę plamek rozmieszczonych prawidłowo, których układ daje się wyjaśnić najzupełniej dokładnie zapomocą praw interferencji fal świetlnych.

Nieco później angielscy badacze, W. H. i W. L. Bragg, ojciec i syn, skorzystali z tych zjawisk w celu opracowania metod wielkiej wartości praktycznej, polegających na badaniu promieni Röntgena, odbitych od powierzchni krystalicznej¹⁾.

Według metody Bragg'a kryształ podczas każdorazowego doświadczenia jest ustawiany (orientowany) w określony sposób względem kierunku promieniowania. Wymaga to szeregu uciążliwych prób. Debye²⁾ i Scherrer, oraz niezależnie Hull³⁾, wykazali, że oświetlając w ten sam sposób próbkę, składającą się z dużej liczby drobnitkich, chaotycznie rozłożonych kryształów, otrzymuje się podczas jednej ekspozycji wszystkie prążki interferencyjne, które przy metodzie Bragg'a wymagają szeregu ekspozycji. Jeśli mamy do czynienia ze znaczną liczbą rozmaitych położeń elementów symetrii kryształu względem kierunku promieniowania, to muszą się zdarzyć takie położenia pewnych kryształów, że zajdzie zjawisko interferencji. Jeśli mamy dostateczną liczbę różnych położeń kryształu, to zająć muszą wszystkie interferencje.

Debye wykonał swoje doświadczenia w sposób następujący: próbka, stłoczona z proszku w kształcie precyka, była umieszczona wewnątrz cylindrycznej kamery ołowianej, której wewnętrzną ściankę wyłożono filmem fotograficznym. Promienie Röntgena dostawały się do wnętrza kamery wążutką rurką i były skierowane na środek próbki.

Po ekspozycji, trwającej kilka godzin, na filmie wywołanej ukazywały się prążki, będące liniami przecięcia się walca filmowego ze stożkowymi powierzchniami promieniowania, których wierzchołki znajdowały się na oświetlonym przedmio-

cie. Prążki te są rozstawione symetrycznie względem środka spektrogramu. Mierzac odległość pomiędzy dwoma współzależnymi prążkami i znając promień walca filmowego, można obliczyć kąty wierzchołkowe stożków interferencyjnych.

Jeśli $\frac{\theta}{2}$ oznacza połowę takiego kąta wierzchołkowego, to otrzymujemy według Bragg'a

$$d = \frac{n \lambda}{2 \sin \frac{\theta}{2}}$$

gdzie d jest odległością pomiędzy dwiema sąsiednimi płaszczyznami atomowymi kryształu, λ — długością fali światła Röntgena, zaś $n = 1, 2, 3, \dots$, stosownie do tego, czy interferencja jest pierwszego, drugiego, trzeciego lub wyższego rzędu.

Każdy spektrogram Debye'a daje możność obliczenia szeregu wartości $\sin \frac{\theta}{2}$, wyznaczających wymiary siatki krystalicznej. Niech h_1, h_2, h_3 będą wyznacznikami⁴⁾ płaszczyzny krystalicznej, czyli odwrotnymi wartościami odcinków na osiach odnośnego układu współrzędnych; odstępów na osiach kryształu przyjmujemy za jednostki. Jeśli kryształ należy do układu regularnego, to odległości d pomiędzy wszelkimi możliwymi płaszczyznami kryształu, przechodzącymi przez węzły sieci przestrzennej daje wzór:

$$d^2 = \frac{a^2}{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2},$$

przyczem a jest bokiem elementarnego sześcianu. Stąd

$$a^2 = \frac{n^2 \lambda^2 (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2)}{4 \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

Jeśli równoległością elementarną jest zwykłym sześcianem, to wszystkim odległościom przy odpowiednim oświetleniu mogą odpowiadać interferencje. Jeśli jednak równoległością elementarną jest nieco bardziej złożony i jest np. centrowany przestrzennie (cubic centred cubic lattice), lub ściannkowo (face-centred cubic lattice), to niektóre interferencje są wyrugowane wskutek istnienia dodatkowych płaszczyzn atomowych w stosunku do zwykłego sześcianu.

Dla sześcianów wartości $\sin^2 \frac{\theta}{2}$ układają się tak, jak wyrazy szeregu kolejnych wartości $(h_1^2 + h_2^2 + h_3^2)$, gdy h_1, h_2 lub h_3 równa się 0, 1, 2, 3 i t. d. Tak więc dla zwykłej sieci sześcianowej $\sin^2 \frac{\theta}{2}$ daje szereg wartości proporcjonalnych do 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 i t. d.; dla centrowanej przestrzennie 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 i t. d.; dla centrowanej zaś ściannkowo 3, 4, 8, 11, 12, 16, 19 i t. d.⁵⁾ Tak więc pierwszym krokiem przy interpretowaniu spektrogramu Debye powinno być zbadanie wartości $\sin^2 \frac{\theta}{2}$, dotyczących pewnej długości fali świetlnej. Jeśli wartości te są uszeregowane według jednego z trzech, podanych wyżej szeregów, jest rzeczą wysoce prawdopodobną, że dany kryształ należy do układu regularnego. Z szeregu wartości $\sin^2 \frac{\theta}{2}$ można też wywnioskować do jakiej odmiany układu regularnego należy dany kryształ.

Wyniki sprawdza się obliczając dane, dotyczące objętości elementarnego sześcianu. Jeśli te obliczenia są zgodne z wynikami, można mieć większą pewność co do właściwej interpre-

¹⁾ X — Rays and Crystal Structure. London 1916.

²⁾ Göttingen Nachr. Math. phys. Klasse 27.II.1915.

³⁾ Physical Review 1917 r., str. 84 i 661.

⁴⁾ Z. Weyberg. Podstawy krystalografii. Lwów 1916 r. (przyp. H. M.).

⁵⁾ Hull. l. c.

