

# NOWE POGLĄDY NA PLASTYCZNOŚĆ METALI.

Przez prof. H. Mierzejewskiego (Warszawa).

(Dokończenie do str. 291, w № 39 r. b.)

Każdego, komu nie są obce współczesne kierunki myśli naukowej związane z postępani atomistyki, uderzyć musi fakt pozostania dotychczas na uboczu od tego prądu nauki zagadnień wytrzymałościowych. Pierwszym, kto śmiało sformułował ten stan rzeczy, był nieodżałowanej pamięci M. Smoluchowski<sup>1)</sup>. Oto są jego słowa:

„Do najważniejszych obecnie roztrząsanych, a po części wyjaśnionych problemów teorii kinetyczno-atomistycznej należy rozszerzenie się tej teorii na ciała stałe<sup>2)</sup>. Do niedawna badania fizyki odnosiły się przeważnie do stanu gazowo-ciekłego, gdy tymczasem wiadomości nasze o własnościach ciał stałych są zadziwiająco niedostateczne. Pochodzi to stąd, że niejednorodność i krystaliczno-ziarnista struktura materiałów utrudnia tu bardzo otrzymanie ścisłych wyników doświadczalnych, z drugiej strony stąd, że owe proste założenia teoretyczne, które przyjmujemy w fizyce gazów, tutaj nie wystarczają. Pole do pracy w zakresie fizyki ciał stałych jest olbrzymie. Do dziś dnia nie potrafimy ściśle określić warunków, od których zależy pęknięcie, czy złamanie materiału. Ledwie że rozpoczęto badania nad plastycznością ciał stałych. Posiadamy zaledwie kilka danych co do sprężystości kryształów“.

W tym krótkim ustępie Smoluchowski z właściwą sobie odwagą i przenikliwością ujawnił stan rzeczy i wytknął plan działania na przyszłość. Jakież to drogi teoretyczne i doświadczalne prowadzą naprzód w myśl naukowego testamentu Smoluchowskiego?

Jedną z nich odnaleźć można we wskazanej przez Smoluchowskiego pracy Borna nad dynamiką siatki krystalicznej. Born oparł się w niej na źródłowej, całe życie obejmującej, działalności, wielkiego fizyka getyngenskiego Voigt'a, który wspólnie z innymi z krystalografii, będącej nauką pomocniczą dla innych gałęzi wiedzy, stworzył samodzielną fizykę kryształów. Naszkicowaną przez Voigt'a<sup>3)</sup> molekularną teorię kryształów Born znakomicie rozwinął, rozszerzając ją na wszystkie działy fizyki teoretycznej. W ostatnich pracach<sup>4)</sup> Born uprościł metody rachunkowe i znakowania i tym sposobem doprowadził do wyrażenia współczynników sprężystości w postaci symetrycznych funkcji odległości węzłów siatki krystalicznej. Jakkolwiek usiłowania Born'a zmierzają głównie w kierunku wyjaśnienia praw dotyczących ciepła właściwego i optycznych własności ciał stałych, to jednak stanowią one i punkt wyjścia dla molekularnej teorii sprężystości. Spektrografia röntgenowska dostarcza nam z dnia na dzień tyle nowych wiadomości o budowie krystalicznej metali, że fizyczne uzasadnienie atomistycznej teorii sprężystości staje się sprawą coraz bardziej aktualną.

Nie należy jednak przeceniać wartości metod Born'a, który rozważa dotychczas własności dynamiczne ośrodka krystalicznego o nieograniczonej rozciągłości i pomija w zupełności zjawiska, zachodzące na pograniczu tego ośrodka, na powierzchni kryształów metalowych, lub w miejscach styku ziarn krystalicznych. Na przeszkodzie pod tym względem stoją trudności matematyczne i niedostateczna znajomość własności poszczególnych kryształów. Z chwilą gdy zdobędziemy więcej materiału doświadczalnego, można będzie pokusić się o rozszerzenie ogólnej teorii Born'a w zastosowaniu do warstwy powierzchniowej, a następnie przejść do ustalenia teorii ciał quasi-izotropowych, której początki dał już Voigt w swej fizyce kryształów.

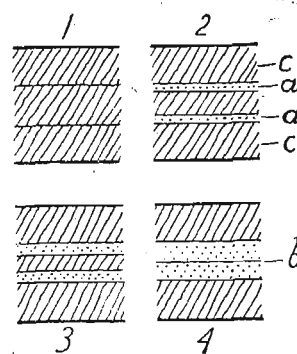
Jakkolwiek prace Born'a są podstawowe dla teoretycznego ujęcia zagadnienia związku pomiędzy budową metali

a ich własnościami mechanicznymi i fizycznymi, to nie ulega wątpliwości, że punkt ciężkości spoczywa obecnie w badaniach doświadczalnych. W tym kierunku na żywą uwagę zasługują prace Bealby'ego,<sup>5)</sup> którego poglądy zyskały w ostatnich czasach zasłużony rozgłos i popularność w Anglii.

Prace Bealby'ego są nawskroś oryginalne. Bogactwo myśli rywalizuje w nich ze sztuką eksperymentowania. Uporczywość w dążeniu do zamierzonego celu, systematyczność w szukaniu zależności pomiędzy wszystkimi wchodzącymi w rachubę czynnikami, prostota w wypowiadaniu osiągniętych wyników, nadają działalności Bealby'ego cechy, pokrewne badaniom Faraday'a. Bez wątpienia Bealby w wielu zagadnieniach wyłamał się z przemożnego wpływu panujących w danym okresie poglądów, szukając samodzielnie rozwiązań.

Pierwsze rozdziały swej cennej książki, ujmującej w jednolitą całość jego działalność naukową, Bealby poświęca kształtom budowy, wywołanym przez napięcia powierzchniowe w płynach i ciałach stałych, wykazując na długim szeregu faktów głębokie analogie pomiędzy ciekłym a stałym stanem skupienia. Dalej streszcza on swe wielostronne badania nad skupianiem się cząsteczek przy wykrywalizowaniu się metali z cieczy i z roztworów, rozpadaniu się struktury pod wpływem działania temperatury, oraz gazów i par. Oddzielny rozdział poświęca Bealby zjawiskom kohezji i przyciągania drobnych cząstek przez ciała na ich powierzchni.

Badania nad polerowaniem, najdawniej znane ogólnie, zasługują na specjalną uwagę. Już przed laty Bealby wypowiedział pogląd, że powierzchniowa warstwa metalu traci przez polerowanie swój charakter krystaliczny i że w danym wypadku mamy do czynienia ze szklistym stanem skupienia. Ten śmiały pogląd, który spotkał się z licznymi zarzutami, przeprowadza on konsekwentnie, wyprowadzając wnioski z licznych po mistrzowsku przeprowadzonych badań mikroskopowych. Dla uwydatnienia stopnia precyzji, z jaką Bealby badał grubość błon szklistych na powierzchni ciał krystalicznych wystarczy powiedzieć, że wyznaczył on w r. 1909, a więc na kilka lat przed Bragg'ami grubość molekularnej wystawy kalejtu z tą samą zupełnie dokładnością, jaką umożliwiła następnie ten pomiar spektrografia röntgenowska.



Rys. 6.

Ten swój początkowy pogląd na budowę warstwy powierzchniowej ciał polerowanych Bealby rozszerzył na zjawiska zachodzące z jednej strony przy „utwardzaniu“ mechanicznym metali (écrouissage), a z drugiej przy hartowaniu<sup>6)</sup>. Według Bealby'ego w pobliżu powierzchni poślizgowych metale i inne ciała krystaliczne przechodzą w stan bezpostaciowy, zaznaczający się dużą twardością. Na tej drodze Bealby wyjaśnia również i pękanie ciał krystalicznych pod działaniem obciążeń przemennych (rys. 6).

Odrębność szklistego i krystalicznego stanu skupienia w metalach Bealby uzasadnia na podstawie systematycznego badania własności mechanicznych, cieplnych, elektrycznych, akustycznych i optycznych metali odkształcanych plastycznie. Cennym zakończeniem prac doświadczalnych

<sup>1)</sup> M. Smoluchowski. Kierunki i zagadnienia nauki dzisiejszej. Poradnik dla samouków, Tom II. Fizyka, str. 346.

<sup>2)</sup> Smoluchowski cytuje tu pracę M. Born'a: Dynamik der Kristallgitter. Lipsk, 1915.

<sup>3)</sup> W. Voigt. Lehrbuch der Kristallphysik. Lipsk 1910.

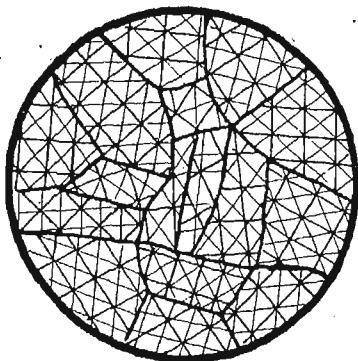
<sup>4)</sup> M. Born. Zur Thermodynamik der Kristallgitter. Z. für Physik. VII tom, 4 i 5 zeszyt 1921, str. 217—248.

<sup>5)</sup> Sir George Bealby. F. R. S. Aggregation and Flow of Solids. Being the Records of an experimental Study of the Microstructure and physical Properties of Solids in various States of Aggregation. 1900—1921. Macmillan, Londyn 1921.

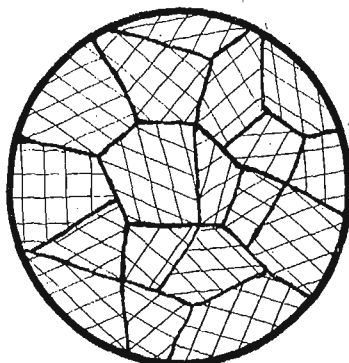
<sup>6)</sup> W. Broniewski. Zasady metalografii str. 212.

Bealby'ego jest wyjaśnienie przez niego kwestji, dotyczących optycznych własności cienkich błon metalowych, które tak gorąco zainteresowały Faraday'a u schyłku jego życia.

Prace Bealby'ego wprowadzają w bogaty świat różnorodnych własności i skomplikowanych zjawisk, zachodzących w metalach pod wpływem obróbki mechanicznej. Jedne z nich mają bezpośrednie znaczenie w kierunku wyjaśnienia istoty odkształcenia plastycznego, inne zapoznają nas z całością zagadnienia atomistycznej budowy metali. Dla wyjaśnienia plastyczności metali byłoby cennym wyznaczyć doświadczalnie odległości pomiędzy płaszczyznami poślizgowymi różnych metali w identycznych warunkach układu naprężeń, oraz, o ile to jest możliwe, zbadać zasięg bezładu molekularnego w pobliżu płaszczyzn przesunięć krystalicznych, o istnieniu którego świadczy wydzielające się ciepło.



Rys. 7.



Rys. 8.

Na specjalną uwagę zasługują zapoczątkowane od niedawna przez Polanyi'ego badania struktury włóknistej (Faserdiagramme) walcowanych blaszek metalowych i cienkich drutów ciągniętych. W ciekawej pracy teoretycznej<sup>1)</sup> Polanyi sformułował różne rodzaje symetrii włóknistej i zarazem ustalił podstawy do interpretacji odnośnych widm röntgenowskich. Badania doświadczalne Polanyi'ego, Weissenberga i inn.<sup>2)</sup> dotyczą zorientowania poszczególnych ziarn krystalicznych wskutek kierunkowego odkształcenia plastycznego metali.

Rys. 7 przedstawia otrzymany przez tych badaczy schematyczny przekrój drutu, ciągniętego z metali, jak wolfram lub żelazo, których siatka krystaliczna składa się z sześciu centrowanych przestrzennie. Zorientowanie poszczególnych ziarn krystalicznych względem osi drutu było badane zapomocą metody Bragga, polegającej na odbijaniu od powierzchni przekroju drutu cienkiej wiązki promieni Röntgena. Okazało się przytem, że przekątne ściannkowe elementarnych sześciu, należących do poszczególnych ziarn, są równoległe do osi drutu, co można wyrazić w postaci symbolu krystalograficznego:

$$[110] \parallel D.$$

Rys. 8 przedstawia analogiczny przekrój drutu, wykonanego z jednego z tych metali, które, jak miedź lub glin, posiadają siatkę krystaliczną, składającą się z sześciu centrowanych ściannowo. Doświadczenie wykazało, że jedno z ziarn krystalicznych są tak zorientowane względem osi drutu, że równoległymi do niej są przekątne przestrzenne elementarnego sześciu, zaś w pozostałych ziarnach równoległe do osi drutu leżą krawędzie sześciu. Otrzymujemy tym sposobem t. zw. podwójną strukturę włóknistą, którą możemy wyrazić w postaci prostego symbolu:

$$[111] \parallel D + [100] \parallel D.$$

Dwoistość w ugrupowaniu odkształconych ziarn krystalicznych przedstawia schematycznie zapomocą odmiennego zakreskowania rys. 8.

Wielkie znaczenie dla wyjaśnienia mechanizmu odkształceń plastycznych posiada otrzymanie jednolitych większych kryształów metali w postaci cienkich drutów równocześnie przez Gomperza'a w Niemczech i Carpenter'a w Anglii. Nie ulega wątpliwości, że zbadać własności mechanicznych jednolitych kryształów metalowych przy ogólnej znajomości struktury atomowo-krystalicznej, sprawdzić za pośrednictwem spektrografii röntgenowskiej posunąć naprzód ustalenie fizycznych podstaw wytrzymałości materiałów i być może doprowadzić do wyjaśnienia głębszego tych tak różnorodnych własności poszczególnych metali poza granicą plastyczności, jakie ujawnił Codron w swych doświadczeniach nad skrawaniem.

## ROZBIÓRKA ZNISZCZONYCH CZĘŚCI MOSTU KS. JÓZEFA PONIATOWSKIEGO W WARSZAWIE.

W związku z przystąpieniem do odbudowy zniszczonego mostu ks. Poniatowskiego w Warszawie, na czasie jest obecnie przypomnieć o pracach przy jego rozbiórce, wykonanych pod kierunkiem inż. Bronisława Plebińskiego.

Most ten w dn. 5 sierpnia 1915 r., t. j. w trzy lata po ukończeniu robót, a w dwa po otwarciu dla ruchu, wysadzony został przez saperów rosyjskich przy opuszczaniu Warszawy.

Pierwotnie projektowano podobno wysadzenie jedynie dwu środkowych przęseł od strony Warszawy, i dopiero później, bezpośrednio przed ewakuacją, zdecydowano się na zburzenie dwu dalszych przęseł od strony Pragi. Zapewne miało to na celu zabezpieczenie się na wypadek, gdyby wybuchy w dwu pierwszych przęsłach nie były dość silne i nie przerwały komunikacji po moście. Traf zrzadził, że przypuszczenie to sprawdziło się niemal w zupełności, wzmiankowane bowiem przęsła dotknięte zostały wybuchem stosunkowo znacznie lżej.

Podminowanie mostu wykonano w ten sposób, że miny umieszczono w filarach 3 i 5, oraz w zwornikach przęseł 5 i 6.

<sup>1)</sup> M. Polanyi. Das Röntgen-Faserdiagramm. Zeitschrift für Physik. Tom 7. Zeszyt 3, z 8 list. 1921, str. 149-180. K. Weissenberg: „Spiralfaser“ und „Ringfaser“ im Röntgendiagramm. Z. f. Physik. Tom 8. Zeszyt 1, str. 20-31. M. Polanyi: Röntgenographische Bestimmung von Kristallanordnungen. Naturwissenschaften. Zesz. 16, z dnia 21/IV. 1922.

<sup>2)</sup> M. Ettisch, M. Polanyi und K. Weissenberg (Kaiser Wilhelm Forschungsinstitut w Dahlem pod Berlinem): Ueber Faserstruktur bei Metallen. Z. f. Physik. Tom 7, z. 3, str. 181.

W filarach ułożono je w zbudowanych ad hoc galerjach, które połączono z jezdnią zapomocą studzienek, przykrytych płytami żeliwnymi. Pomimo założenia min, ruchu na moście do ostatniej niemal chwili nie przerywano, zmniejszając jedynie szybkość biegu pojazdów i wozów, w obawie wstrząśnięć, któreby mogły wywołać przedwczesne wybuchy. Miny połączono zapomocą przewodów z centralą elektryczną, ustawioną na Pradze w bliskości jednego z dworców kolejowych.

Wybuchy nastąpiły około 6-ej rano. Zniszczyły one dwa filary i cztery środkowe przęsła, zamieniając renesansowe formy mostu w bezkształtne rumowiska o dziwnych poszarpanych linjach (rys. 1).

Rozmiary zniszczenia byłyby o wiele większe, gdyby nie ta okoliczność, że w projekcie mostu każdy z filarów obliczono również na działanie jednostronnego parcia sąsiednich dźwigarów, zwiększając w tym wypadku współczynniki dopuszczalnych ciśnień i naprężeń.

Przebieg wybuchów był według wszelkiego prawdopodobieństwa następujący: Nasamprzód wysadzono minę w filarze Nr. 3, co zniszczyło środkową część filaru i pozbawiło dźwigary w sąsiednich przęsłach jednostronnego oparcia, skutkiem czego dźwigary, pod wpływem wagi własnej, zaczęły opadać ku dołowi, obracając się około pozostałych na miejscu łożysk przegubowych. Jednocześnie działanie siły ciężkości spowodowało powstanie wewnętrznych momentów, które zgłębiły dźwigary w miejscach najsłabszych, t. j. w zwornikach, zmieniając paraboliczne ich kształty na zlekka ostrołukowe (rys. 1); dźwigary wkrótce zatrzymały się, zaczepiając wystającymi końcami górnych swych pasów o krawędzie filaru.

Nastąpiło zderzenie się granitu z żelazem, które wywołało z jednej strony pewne nieznaczne zresztą, odchylenie się