

Barbara Schmidtówna.

O budowie krystalicznej drzewa.

Über die Kristallstruktur des Holzes.

Zusammenfassung.

Die Untersuchungen von Pieńkowski¹⁾ zeigten, dass der Gleichrichtungsgrad der Cellulosekristalle von der Dicke der Jahresschicht des Holzes abhängt und mit der Kompaktheit des letzteren wächst.

Dieselben Experimente, die für einige andere Holzgattungen (Erlen, Buchen, Birken) unternommen wurden, ergaben gleiche Resultate.

Es wurde weiter festgestellt, dass innerhalb derselben Jahresschicht der Gleichrichtungsgrad sich ändert. Für Eschen- und Ulmenholz weist der Sommer-, für Föhren- und Erlenholz der Frühlingszuwachs eine exaktere Gleichrichtung auf. Die Gleichrichtung ist im allgemeinen immer grösser in den kompakten Teilen. Die Figuren 3 und 4 stellen Röntgen-diagramme der Eschen- und Föhrenproben dar, die von den beiden oben genannten Teilen ausgeschnitten waren.

Man kann jedoch beobachten, dass in derselben Jahresschicht der Gleichrichtungsgrad von der Dicke der Jahresschicht abhängt, wie man es auf der Fig. 4 sieht. Die Ziffern auf den Figuren geben die Dicke der Jahresschicht im untersuchten Punkte an.

Man untersuchte weiter die Abhängigkeit der Zugfestigkeit des Holzes von dem Gleichrichtungsgrad.

Um die Zugfestigkeit zu messen, wurden Holzplatten von der in Fig. 5 angegebenen Gestalt verwendet, wo auch die zur Befestigung der Proben dienenden Griffe sichtbar sind. Mittels der Zugmaschine von Amsler wurde die zum Auseinanderreißen der Holzplatten nötige Kraft mit einer Genauigkeit von 0,5 kg gemessen. Die Kraft war von der Grössenordnung von 50 bis 100 kg, je nach dem Querschnitt der Platten und der Holzgattung. Die Durchmesser wurden mittels einer

¹⁾ Pieńkowski, ZS. f. Phys. 63, 610, 1930; Spraw. P. T. F. V, 275, 1931.

Mikrometerschraube bis auf 0,01 mm genau bestimmt. Der Querschnitt der Holzproben betrug zwischen 2 und 7 mm². Da jedoch die Holzplatten nicht genau planparallel waren, muss man den Fehler der ganzen Messung zu etwa 10% ansetzen.

Das Holz wurde anfangs vor und nach dem Auseinanderreißen röntgenographisch untersucht, da aber keine Unterschiede festgestellt wurden, nahm man weiterhin die Diagramme nur nach dem Auseinanderreißen auf. Die Intensitätsmaxima auf den Kreisringen wachsen bei Zunahme der Zugfestigkeit (Fig. 6).

Als vorläufiges Mass der Gleichrichtung wurde die halbe Breite des Maximums der Mikrophotometerkurve angenommen ($\frac{1}{2}[\Delta \varphi]$). In Fig. 7 ist die Abhängigkeit dieser Grösse von der Zugfestigkeit dargestellt. Wie man sieht, wächst die Festigkeit der betreffenden Holzprobe mit dem Gleichrichtungsgrad. Die Kurve ist an den aus verschiedenen Teilen des Frühlingszuwachses eines Faserbandes ausgeschnittenen Föhrenholzproben aufgenommen.

Herrn Prof. S. Pieńkowski möchte ich für die Anweisung des Themas und die wertvollen Ratschläge während der Arbeit meinen herzlichsten Dank aussprechen. Ich danke auch Herrn Prof. W. Broniewski, dem Leiter der technischen Metallurgie-Anstalt, für die Überlassung der zu den Zugfestigkeitsmessungen benötigten Apparate.

Warschau, Institut der Experimentalphysik der Universität.

Eingegangen am 20. Juli 1931.

Badania prof. Pieńkowskiego nad budową krystaliczną drzewa ¹⁾ wykazały, iż stopień uporządkowania krystalitów celulozy pozostaje w związku z budową anatomiczną drzewa. Sosna i świerk wykazują doskonalsze uporządkowanie w warstwach rocznych cieńszych, wiąz, brzość i jesion — w grubszych. Interpretując otrzymane wyniki na podstawie danych technologii drzewa, prof. Pieńkowski doszedł do wniosku, że uporządkowanie krystalitów celulozy zwiększa się wraz ze ściślością drzewa oraz że krystality te stanowią zbiór uporządkowany w stosunku do ścianek komórki.

Pracę niniejszą podjęto celem bliższego zbadania powyższych zależności.

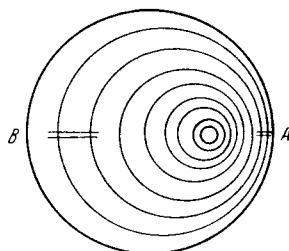
Płytki drzewa grubości około 0,5 cm były prześwietlane wiązką promieni X o średnicy 1 mm w kierunku prostopadłym do włókien. Promieni X dostarczała lampa Coolidge'a z antikatodą miedzianą pod napięciem 30 KV i przy prądzie 15 mA.

¹⁾ S. Pieńkowski, Spraw. P.T.F. V, 275, 1931; ZS. f.Phys. 63, 610, 1930.

Po 10—12 godzinnej ekspozycji otrzymywano klisze o dobrze wykształconych pierścieniach. Aby mierzyć rozkład natężeń wzdłuż pierścieni, zbudowano specjalny przyrząd¹⁾ dostosowany do mikrofotometru M o l l a. Mechanizm zegarowy, miast przesuwając kliszę, obracał ją dokoła osi, dzięki czemu wiązka światła, padająca na termoelement, przesuwała się wzdłuż pierścienia. Otrzymywano tym sposobem krzywe mikrofoto-metryczne jak na rys. 4 i 6.

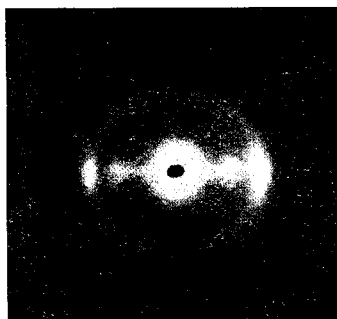
Stosując te metody, zbadano kilka gatunków drzew: olchę, buk, brzozę. Ze względu na swą budowę anatomiczną należą one do kategorii drzew, w których uporządkowanie krystalitów celulozy winno być lepsze w warstwach rocznych cieńszych. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, iż istotnie stopień uporządkowania jest większy w słojach o mniejszym przyroście rocznym.

Zajęto się dalej zbadaniem zmian, jakie powinny zachodzić w uporządkowaniu, gdy wzdłuż tej samej warstwy rocznej przechodzimy od punktu *A* do punktu *B* (rys. 1). Jako materiału użyto sosny o ekscentrycznie wykształconych warstwach rocznych, tak że grubość ich w punkcie *A* wynosiła 0,4 mm, w punkcie *B* — 3 mm. Okazało się, że uporządkowanie stopniowo wzrasta przy zbliżaniu się do punktu *A*, gdzie osiąga maximum (najmniejsza grubość warstw).

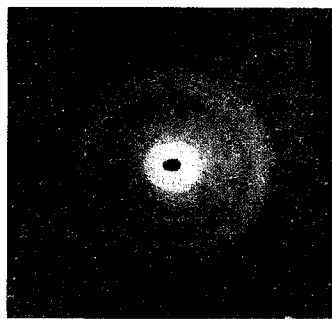


Rys. 1.

W jednym jedynie punkcie otrzymano wynik nieoczekiwany: dwie sąsiednie próbki miały zupełnie różny stopień uporządkowania. Po bliższym zbadaniu okazało się, że były one wycięte nie z tej samej części warstwy rocznej, lecz jedna z wiosennego, druga z letniego przyrostu.



Przyrost wiosenny



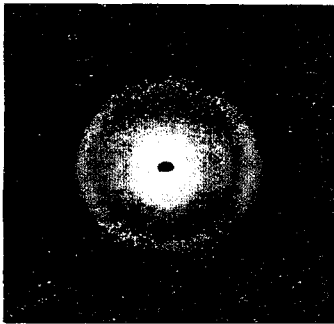
Przyrost letni

Rys. 2. Sosna

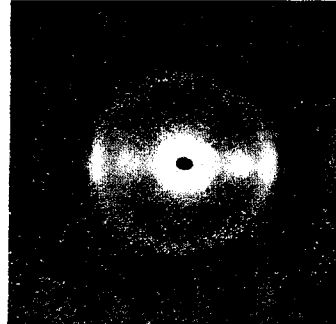
¹⁾ Bliższy opis i rysunek: S. Piękowski, Spraw. P. T. F., I. c.

Wynik ten wskazywał, że między stopniem uporządkowania krystalitów celulozy w obrębie tej samej warstwy rocznej muszą istnieć daleko idące różnice, w zależności od pory roku w jakiej dane komórki narastały.

Rzeczywiście, płytki wycięte z części wiosennej i letniej na tym samym promieniu dały po prześwietleniu promieniami X zupełnie różne rentgenogramy (rys. 2). Doświadczenia powtórzono dla różnych próbek sosny i zawsze część wiosenna, ścisła, dawała uporządkowanie znacznie lepsze niż część letnia. Tak samo zupełnie zachowuje się olcha, natomiast dla jesionu i wiązu zmiany zachodzą w kierunku odwrotnym (rys. 3). Zawsze jednak drzewo ścisłe jest lepiej uporządkowane.



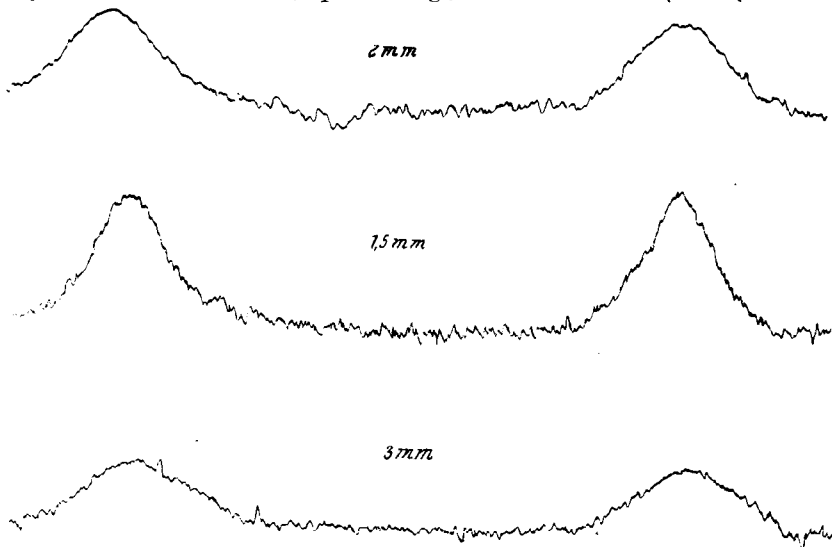
Przyrost wiosenny



Przyrost letni

Rys. 3. Jesion

Wobec tego wyniku należało powtórzyć próby z sosną o ekscentrycznych warstwach, biorąc pod uwagę oddzielnie każdą z części warstwy



Rys. 4.

rocznej. Wykonano to, przyczem okazało się, że zarówno w jednej, jak i w drugiej części są zmiany w stopniu uporządkowania w zależności od grubości warstwy rocznej, przyczem większe różnice występują w części wiosennej. Krzywe mikrofotometryczne (rys. 4) przedstawiają rozkład natężeń wzdłuż pierścienia ooz dla próbek wyciętych z wiosennej części sosny. Najostrzejsze maximum (najlepsze uporządkowanie) wykazuje krzywa, odpowiadająca najcieńszej warstwie 1,5 mm. Poprzednio zatem obserwowane zmiany stopnia uporządkowania w zależności od grubości warstwy rocznej należy przypisać wpływowi dwu czynników:

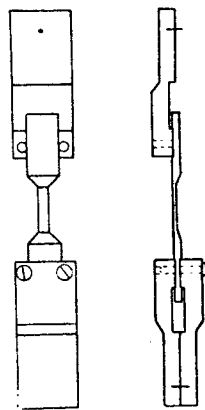
- 1) procentowej zawartości komórek z przyrostu letniego i wiosennego,
- 2) zmianom w obrębie tej samej części warstwy rocznej.

Jak już wyżej zaznaczono, z badań tych i poprzednich wynikało zupełnie jasno, iż stopień uporządkowania krystalitów celulozy wzrasta wraz ze ścisłością drzewa. Ścisłość jednak jest tą cechą, od której zależy wartość drzewa jako tworzywa, jego własności mechaniczne, jak wytrzymałość i t. d. Nasuwało się więc pytanie, czy nie istnieje jakiś bezpośredni związek między stopniem uporządkowania i własnościami mechanicznymi drzewa, podobnie jak to ma miejsce dla metali. Wiemy przecież, jak duży wpływ na zwiększenie wytrzymałości ma walcowanie, co tłumaczymy porządkowaniem kryształów.

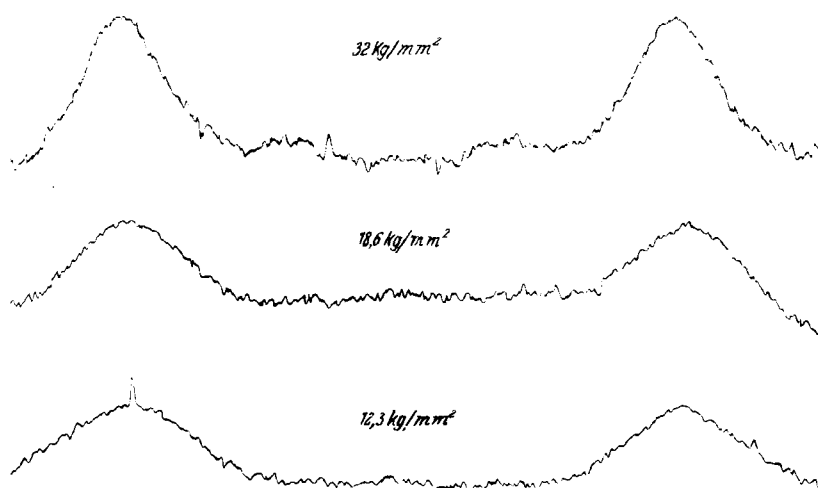
Gdy mamy do czynienia z drzewem, trudność polega na tem, że stopień uporządkowania zmienia się w obrębie tej samej warstwy rocznej, należało zatem zbadać płytki, wycięte z tej samej części słoja, których grubość zatem nie przekraczała kilku dziesiątych milimetra.

Aby zmierzyć ich wytrzymałość na rozerwanie, nadawano płytkom kształt wskazany na rys. 5, gdzie widzimy również uchwyty, w których próbki były zaciskane. Całość zamocowywano w szczękach maszyny próbierczej *Amslera*, która pozwalała odczytać siłę rozrywającą z dokładnością do 0,5 kg. Siły występujące były rzędu 50—100 kg, zależnie od przekroju próbki oraz rodzaju drzewa. Przekrój mierzono śrubą mikrometryczną z dokładnością do 0,01 mm. Badane próbki miały przekroje od 2 do 7 mm². Ponieważ jednak ścianki próbek nie były dokładnie równoległe, należy błąd całego pomiaru przyjąć jako 10%.

Drzewo prześwietlane było promieniami X przed rozerwaniem i po rozerwaniu. Ponieważ nie zachodziły dostrzegalne zmiany, prześwietlano je później tylko po rozerwaniu. Maxima krzywych mikrofotometrycznych, otrzymanych z tych zdjęć, zaostrzały się w miarę wzrostu wytrzymałości próbki (rys. 6).

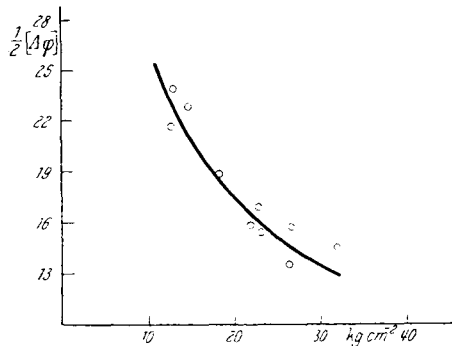


Rys. 5.



Rys. 6.

Jako prowizoryczną miarę stopnia uporządkowania przyjęto połówkową szerokość maximum krzywej $\frac{1}{2} [\Delta g]$. Na wykresie (rys. 7) mamy zależność tej właśnie wielkości od wytrzymałości. Widzimy, iż wraz ze wzrostem stopnia uporządkowania wzrasta wytrzymałość.



Rys. 7.

Podana krzywa dotyczy próbek wycinanych z różnych punktów wiosennej części warstwy rocznej tej samej sosny. Dla części letniej nie udało się dotychczas otrzymać bezspornych rezultatów ze względu na ogromną kruchość drewna, co wysoce utrudnia pomiar wytrzymałości.

Streszczenie wyników.

- 1) Stopień uporządkowania krystalitów celulozy dla olchy, buku i brzozy jest większy w drzewie o przyroście rocznym mniejszym.
- 2) W obrębie tej samej warstwy rocznej stopień uporządkowania zmienia się: dla sosny i olchy lepsze uporządkowanie wykazuje część wiosenna, dla jesionu i wiązu — część jesienna. Ogólnie: lepsze uporządkowanie wykazuje część ściślejsza.

- 3) Wytrzymałość na rozerwanie wzrasta wraz ze stopniem uporządkowania krystalitów celulozy.

Panu Profesorowi S. Pińkowskiemu składam najserdeczniejsze podziękowanie za wskazanie tematu i światłe kierownictwo pracą.

Dziękuję również Panu Prof. Broniewskiemu, Kierownikowi Zakładu Metalurgicznego Politechniki Warszawskiej za pozwolenie dokonania pomiarów wytrzymałości, oraz Panu inż. Wesołowskiemu, asystentowi tegoż Zakładu, za chętną pomoc.

Zakład Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego.

Rękopis otrzymany dnia 20 lipca 1931.
