

TECHNICZNE WŁAŚCIWOŚCI DREWNA WYBRANYCH GATUNKÓW Z NIEJEDNOLICIE ZABARWIONĄ TWARDZIELĄ

Witold Dzbeński

Katedra Fizyko-Chemicznych Podstaw Technologii Drewna SGGW-AR

Porównano najważniejsze właściwości drewna twardzieli, wykazującej patologiczne wady zabarwienia (tzn. drewna dębowego z wewnętrznym bielem), oraz drewna hebanu i zebrano, charakteryzującego się wrodzonym występowaniem naprzemianlegle ułożonych, jasnych i ciemnych pasm. Stwierdzono, że drewno jasno zabarwione wykazuje mniejszą gęstość i twardość oraz niższą wytrzymałość przy obciążeniach statycznych w porównaniu z drewnem ciemniej zabarwionym. Natomiast właściwości dynamiczne takiego drewna kształtują się niezależnie od różnic w jego zabarwieniu i gęstości.

WPROWADZENIE

Twardziel, stanowiąca wewnętrzną strefę zdrewniałych pni u wielu gatunków drzew, nie zawiera żywych komórek i w następstwie przesycenia substancjami twardzielowymi (m.in. związkami żywicznymi, gumami, garbnikami, barwnikami) nie uczestniczy w procesach przewodzenia wody i gromadzenia materiałów zapasowych. Zależnie od różnic w anatomicznej budowie i zabarwieniu drewna wyróżnia się [2, 8]: drzewa o twardzieli zabarwionej, drzewa z twardzielą nie zabarwioną oraz drzewa beztwardzielowe o skłonnościach do tworzenia tzw. fałszywej twardzieli.

W porównaniu z bielem drewno twardzieli zabarwionej (zwłaszcza intensywnie zabarwione drewno większości gatunków tropikalnych) charakteryzuje się zwiększoną naturalną trwałością, gęstością i twardością, a także jest zazwyczaj bardziej przydatne w zastosowaniach praktycznych [4, 10, 11].

Drewno twardzieli nie zabarwionej, przesyczonej tylko jasnopigmentowanymi substancjami twardzielowymi, staje się po przeschnięciu jednolicie zabarwione na całym przekroju poprzecznym; taka twardziel uważana jest na ogół za drewno różniące się od twardzieli innych drzew tylko brakiem zabarwienia [7, 8]. Nie zabarwiona twardziel może również

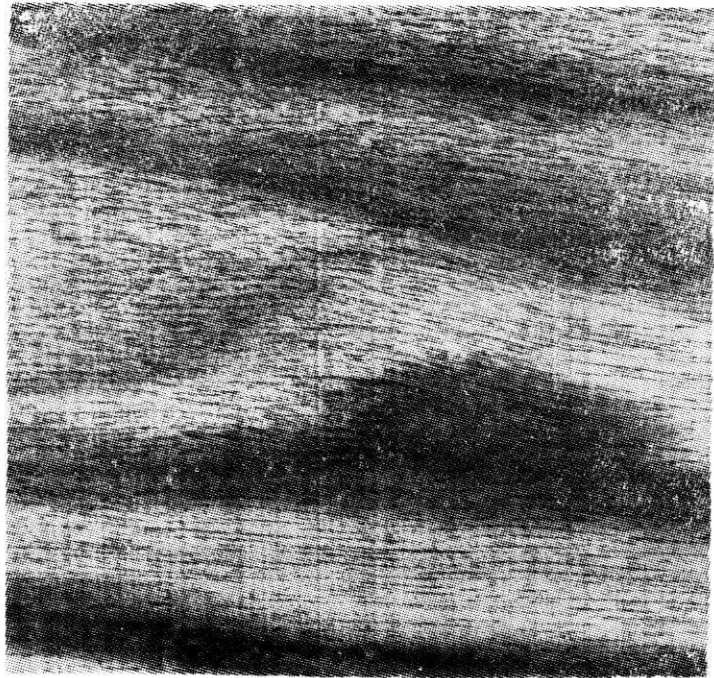
występować jako przejściowa — między białem a zabarwioną twardzielą — strefa drewna nie przewodzącego wody [2, 8]; nie zabarwiona twardziel wykazuje właściwości typowe dla początkowego etapu w procesie twardzielowania drewna [2, 8].

Fałszywa twardziel powstaje w drzewach beztwardzielowych z powodu czynników patologicznych lub w następstwie niekorzystnych warunków klimatycznych. Ze względu na patologiczny charakter powstających zmian nierównomiernie, chociaż często intensywnie, przesycona substancjami barwnymi fałszywa twardziel cechuje się nie zwiększoną wytrzymałością [1] przy niekorzystnej charakterystyce technologicznej, co w dużym stopniu ogranicza przydatność takiego drewna do przerobu przemysłowego [2, 7, 8, 15]. Niekiedy jasno zabarwiona fałszywa twardziel u buka może wykazywać wyższą zdrowotność i lepszą jakość [9] niż zgniła twardziel mrozowa, typowa dla drzew tego gatunku botanicznego [8].

Występująca u niektórych gatunków naturalna wielobarwność drewna wiąże się z nierównomiernym rozmieszczeniem substancji twardzielowych w surowcu [5], zwłaszcza związków chemicznych ciemnopigmentowanych [2, 10]. Następstwem tego zjawiska jest powstawanie naprzemianlegle ułożonych w strefie twardzieli, kontrastowych (ciemnych i jasnych) smug i pasm. Taka wielobarwność twardzieli może mieć charakter cechy wrodzonej, uwarunkowanej genetycznie jak u wielu gatunków tropikalnych (np. *Diospyros celebica* Bakh., *Microberlinia* sp., *Dalbergia* sp.). Może też być objawem patologicznym, związanym z powstawaniem tzw. wewnętrznego biału [2, 7, 8, 11, 15]. Wewnętrzny biel, umiejscowiony w strefie zabarwionej twardzieli, lecz nie zawierający substancji twardzielowych, zakłóca jednorodność budowy oraz fizyko-mechaniczne właściwości drewna, często drewna dębowego [8]. Obecność nie stwardzielowanych stref w twardzieli wiąże się zazwyczaj z obniżeniem gęstości i wytrzymałości drewna, na podobieństwo biału [11]. Tylko niekiedy różnice te są tak niewielkie, że można je pominąć w rozważaniach nad stanem technicznym drewna dębowego z wewnętrznym białem [3].

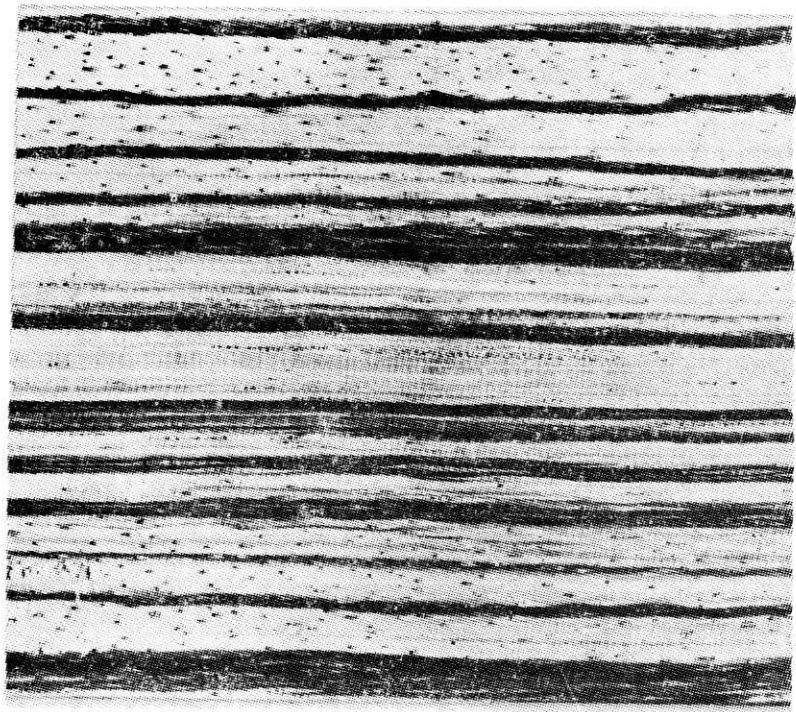
CEL PRACY

Ustalenie technicznej charakterystyki drewna z wielobarwną twardzielą ma duże praktyczne znaczenie w przypadku surowca, który znajduje zastosowanie zarówno w robotach zdobniczych (wystrój wnętrz mieszkalnych, meblarstwo, wyrób galanterii), jak i w technice (np. w produkcji instrumentów muzycznych). Zagadnienie to nie zostało do-



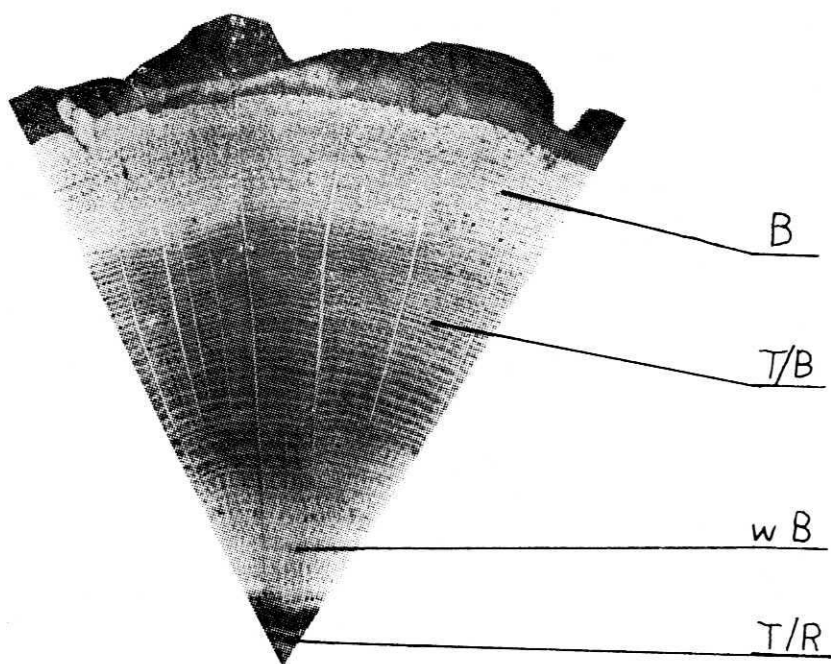
Rys. 1. Drewno hebanowe — *Diospyros crassiflora* Hiern
(przekrój styczny)

Bild 1. Ebenholz — *Diospyros crassiflora* Hiern.
(Tangentialschnitt)



Rys. 2. Drewno zebrano — *Microberlinia brazzavillensis* A. Chev
(przekrój promieniowy)

Bild 2. Zebrano — *Microberlinia brazzavillensis* A. Chev.
(Radialschnitt)



Rys. 3. Drewno dębowe z wewnętrznym bielem (przekrój poprzeczny)

B — biel, T/B — twardziel przy bielu, wB — wewnętrzny biel, T/R — twardziel przy rdzeniu

Bild 3. Der Mondring des Eichenholzes (Querschnitt)

B — Splintholz, T/B — splintnahes Kernholz, wB — Mondring, T/R — marknahes Kernholz

tychczas jednoznacznie naświetlone w literaturze przedmiotu. Dlatego w niniejszej pracy postanowiono zbadać wybrane właściwości fizyko-mechaniczne niejednolicie zabarwionej twardzieli celem określenia technicznej wartości drewna tropikalnego z dekoracyjnie pasiastą teksturą w porównaniu z drewnem dębowym wykazującym patologiczne symptomy nienormalnego twardzielowania.

MATERIAŁ DOSWIADCZALNY

Drewno z pasiastą teksturą, cenione jako materiał do robót dekoracyjnych, lecz budzące wątpliwości w zastosowaniach technicznych, dostarczyła firma Theodor Nagel z Hamburga. Były to pełnowymiarowe (grubości 50 mm, szerokości powyżej 200 mm i długości 1000 - 12000 mm), twardzielowe (szary, nietrwały i bezwartościowy biel został odrąbany na miejscu pozyskania surowca w Afryce), tarte półfabrykaty z pni drzew należących do dwóch rodzajów botanicznych: *Diospyros* sp. i *Microberlinia* sp.

W drewnie hebanu afrykańskiego (*Diospyros crassiflora* Hiern.) występują szare pasma, znacznie jaśniejsze od intensywnie czarnego tła pozostałej części twardzieli (rys. 1). Szczególnie licznie i w bardzo dekoracyjnej formie występują takie szare pasma w twardzieli tzw. hebanów makassarów (*Diospyros celebica* Bakh.), których drewno wykazuje jednakże nieco mniejszą trwałość naturalną niż jednolicie zabarwiona twardziel gatunków pokrewnych. Twardziel zebrano (*Microberlinia brazzavillensis* A. Chev.) jest zabarwiona na odcień złocistobrazowy z wąskimi (ok. 1 mm szerokości), ciemnobrazowymi, rozmieszczonymi co 5 - 10 mm podłużnymi pasmami, szczególnie efektownie wyglądającymi na promieniowym przekroju tego drewna (rys. 2). Drewno zebrane należy do gatunków umiarkowanie odpornych na rozkład grzybowy i żer termitów. Drewno twardzieli obu rodzajów botanicznych ma więc wygląd ciemnopigmentowanego materiału pożyczowanego jasno zabarwionymi smugami. Do badań porównawczych użyto pozornie podobnego, gdyż w strefie twardzieli również naprzemianlegle ciemno i jasno zabarwionego, drewna dębu bezszypułkowego (*Quercus petraea* Liebl.) z wewnętrznym bielem. Z pni trzech wyrosłych w środkowej Polsce drzew dębowych pozyskano wyrzynki zawierające albo podwójny (jeden z wyrzynków użyty do badań zasadniczych), albo pojedynczy wewnętrzny biel (dwa wyrzynki użyte do badań sprawdzających (rys. 3). W materiałoznawstwie drzewnym uważa się wewnętrzny biel za istotny przejaw nienormalnego twardzielowania, stanowiący zarówno wadę wyglądu zewnętrznego, jak również przyczynę obniżenia wartości technicznej surowca drzewnego.

METODYKA BADAŃ

Do badań użyto drewna dębowego o typowej słoistości (średnia szerokość słojów w bielu i twardzieli $\bar{B}_b = \bar{B}_t = 1,66$ mm, średnia gęstość powietrznosuchego drewna bielu i wewnętrznego bielu $\bar{\rho}_b = 668$ kg/m³ i twardzieli $\bar{\rho}_t = 715$ kg/m³) oraz drewna hebanowego (średnia gęstość twardzieli jasno zabarwionej $\bar{\rho}_{tj} = 1137$ kg/m³ i ciemno zabarwionych $\bar{\rho}_{tc} = 1227$ kg/m³) i drewna zebrano (średnia gęstość jasno zabarwionych partii twardzieli $\bar{\rho}_{tj} = 752$ kg/m³ i ciemno zabarwionych smug $\bar{\rho}_{tc} = 828$ kg/m³). Wyrobione z tego materiału próbki (570 próbek zasadniczych, kilkadziesiąt próbek rezerwowych) wyklimatyzowano zgodnie z wymaganiami normy ISO 3129 [14] w powietrzu o wilgotności względnej $\varphi = 65 \pm 3\%$ i temperaturze 293 ± 2 K do wilgotności równoważnej drewna W wynoszącej około 10%.

Były to:

a) mikroprobki o wymiarach $10 \times 10 \times 15$ mm do badania gęstości metodą stereometryczną (w sposób znormalizowany przez ISO) oraz wytrzymałości na ściskanie podłużne za pomocą maszyny wytrzymałościowej o dokładności pomiaru ± 10 N;

b) mikroprobki o wymiarach $3 \times 10 \times 15$ mm do badania wytrzymałości na zginanie statyczne wg DIN 53452 [12] oraz uderności wg DIN 53453 [13] za pomocą urządzenia typu Dynstat-Dys firmy Feinmechanik Ralf Kögel — Leipzig (dokładność pomiaru od $\pm 0,5$ do ± 2 ncm przy zakresie pomiarowym 0 ... 200 ncm);

c) próbki pełnowymiarowe do badania twardości kulką Brinella o średnicy 10 mm w twardościomierzu typu PW-106 firmy ZM Łucznik — Radom oraz do określenia (z dokładnością $\pm 0,1$ μ s) czasu propagacji fal ultradźwiękowych za pomocą próbnika materiałów typu 541 firmy Unipan — Warszawa.

Badania akustyczne przeprowadzono z zastosowaniem ultradźwięków o częstotliwości 0,5 MHz, używając głowic pomiarowych o średnicy czoła 13 mm i przetworników piezoelektrycznych.

WYNIKI BADAŃ

W tabeli 1 zamieszczono dane liczbowe charakteryzujące stan techniczny drewna niejednolicie zabarwionego. Określono w procentach wielkość zmiany właściwości drewna nie stwardzielowanego (wewnętrzny biel, jasne smugi) w porównaniu z ciemno zabarwioną twardzielią. Zmiany te uśredniono dla drewna hebanu i zebrano, natomiast w odniesieniu do drewna dębowego podano je w dwojaki sposób: jako wartości średnie dla całej twardzieli oraz jako wartości porównawcze (zamieszczone w nawiasach), ustalone dla dwóch sąsiednich stref, różnie zabarwionych, lecz bardzo podobnych pod względem słoistości.

Tabela 1 - Tabelle 1

Najważniejsze właściwości techniczne niejednolicie zabarwionego powietrznego drewna twardego gatunków botanicznych; w % podano wielkość zmiany właściwości drewna jasno zabarwionego w stosunku do drewna ciemno zabarwionego. Die wichtigsten technischen Eigenschaften von uneinheitlich gefärbtem, luftgetrocknetem Kernholz einiger botanischer Arten; in % angegeben ist die Größe der Änderungen des hellgefärbten Holzes im Verhältnis zum dunkelgefärbten Holz

Gatunek drewna Holzart	Rodzaj badanego materialu Untersuchtes Material	Gęstość Rohdichte $\bar{\rho}_{10}$ % kg/m ³	Wytrzymałość na:				Twardość Härte H_{811} % MPa	Udarność Schlagbiegefesti- gkeit $\bar{a}$ % J/cm ²	Prędkość fal ultradźwiękowych Ultraschallgeschwindigkeit		
			ściskanie podłużne Druckfestigkeit längs der Faser $\bar{\sigma}_c$ % MPa	zginanie statyczne Statische Biege- festigkeit $\bar{\sigma}_s$ % MPa	wzdłuż włókien längs der Faser $\bar{c}_{ }$ % m/s	w poprzek włókien quer zur Faser $\bar{c}_{\perp}$ % m/s					
Dąb bezszypułkowy Winterreihenholz (<i>Quercus petraea</i> Liebl.)	Biel B	750	75 (-4,2)	112 (-1,3)	60,6 (-0,9)	4,23 (+23,3)	5525 (0,0)	—	—	—	
	Twardziel T/B przy bieli	783	76		63,4	3,43	5525	—	—	—	
	Wewnętrzny biel I wB I	625	63 -12,8	79 -12,5	43,3 -22,2	2,36 -21,2	5372 -1,7	1703 (+2,4)			
	Twardziel T	650	68 (-3,8)	90 (-7,4)	48,1 (-12,2)	2,57 (10,0)	5404 (-8,2)	1662 (-0,6)			
	Wewnętrzny biel II wB II	627	-8,0	92 -12,1	49,8 -7,1	2,57 -6,4	5333 +1,4	1743 +1,5			
	Twardziel T/R przy rdzeniu	713	-12,1	73 (-15,1)	58,3 (-14,8)	5,37 (-6,8)	5512 (+0,4)	1774 (-1,7)			
Heban Ebenholz (<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern.)	Twardziel z jasnymi smugami	1137	-7,3	96	121	59,5	1,02	4134	1996	+1,7	
	Twardziel jednolicie czarna	1227		115 -16,5	134 -9,7	81,6	0,88	4143	1963		
Zbrano <i>Microberlinia brazzavillensis</i> A. Chev.)	Twardziel z jasnymi smugami	752	-9,2	72	101	56,8	2,53	5108	—	—	
	Twardziel ciemno zabarwiona	828		80 -10,0	115 -12,2	66,4	3,21	5026	—	—	

Analizując otrzymane wyniki, uściślono sugestie znane z literatury fachowej i stwierdzono, że gęstość drewna jasno zabarwionego jest we wszystkich zbadanych przypadkach niższa od gęstości drewna ciemno zabarwionego, a mianowicie: o 7,3% w drewnie hebanowym, o 9,2% w drewnie zebrano, o 3,8 do 12,8% w drewnie dębowym z wewnętrznym bielem. Wyższa gęstość ciemno zabarwionych stref jest spowodowana, jak to wykazano w badaniach chemicznych [5], obecnością w drewnie pigmentujących związków twardzielowych, takich jak barwniki, stopniowo utleniające się garbniki, a także różne inkrusty, które po przesyleniu ścian komórkowych lub osadzeniu się na ich powierzchni zwiększają masę materiału. Z badań własnych [6] wynika, że zmiany gęstości drewna wpływają w istotny sposób na wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna hebanowego (wsp. korelacji $r=0,9006$), zebrano ($r=0,7904$) i dębowego ($r=0,9083$). Niezależnie od przyczyny zakłóceń w rozkładzie gęstości, wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien jasno zabarwionych partii w porównaniu z partiami ciemno zabarwionymi jest niższa o 16,5% w drewnie hebanowym, o 10,0% w zebrano i o 7,4 do 15,1% w drewnie dębowym z wewnętrznym bielem (zewnątrzny biel jest słabszy zaledwie o 1,3%).

W podobny sposób można scharakteryzować twardość mierzoną w skali Brinella na przekroju czołowym drewna hebanowego (w materiale niezupełnie stwardzielowanym niższa o 27,1%), drewna zebrano (niższa o 14,6%) i drewna dębowego (niższa o 4,4 do 22,3%). Z badań własnych [6] wynika ponadto, że twardość wykazuje ścisły związek z gęstością drewna ($r=0,8257$).

Wytrzymałość na zginanie statyczne wiąże się z gęstością drewna tylko w niewielkim stopniu ($r=0,4144$), zależąc raczej od stopnia włókniistości materiału [6]. Wytrzymałość jasno zabarwionego drewna hebanowego jest niższa o 9,7%, a drewna zebrano o 12,2% w porównaniu z ciemno zabarwioną twardzielą tych gatunków drzew. Z obecnością wewnętrznego bielu wiąże się obniżka wytrzymałości drewna dębowego o 7,1 do 22,2%, podczas gdy w zewnętrznym biele obniżka ta jest prawie niezauważalna (zaledwie 0,9%). Brak istotnej ($r=0,1623$ według badań własnych [6]) współzależności z gęstością i intensywnością zabarwienia oraz różnokierunkową zmiennością (od -21,2% do +23,3%) wykazuje udarność badanego drewna. Niekiedy próbki bardzo gęstego i twardego drewna (zwłaszcza hebanowego) są tak kruche, że wykazują również niską udarność, co pośrednio można tłumaczyć silną lignifikacją blaszek środkowych (praktycznie nie uczestniczących w procesie twardzielowania), a nie postępujących nasycaniem ścian komórkowych za pomocą substancji twardzielowych. Związku z gęstością nie wykazuje również prędkość fal ultradźwiękowych przewodzonych wzdłuż włókien, gdyż zależy ona przede wszystkim od długości tych włókien. Nie mają istotnego znaczenia różnice w prędkości przewodzenia fal w poprzek jasno lub ciemno zabarwio-

nych stref w twardzieli dębu i hebanu. Drewna zebrano nie badano w tym kierunku, a to ze względu na niewielką szerokość na przemian jasnych i ciemnych, podłużnych pasm w twardzieli.

Znaczne zróżnicowanie większości fizykomechanicznych właściwości sprawia, że niejednolicie zabarwione drewno niektórych hebanów (tzw. makassarów) i zawsze pasiaste drewno zebrano są cenione dla swoich walorów dekoracyjnych. Jednakże drewno to — ze względu na niejednorodną strukturę, przypominającą twardziel dębową z wewnętrznym bielem — ma obniżoną wartość techniczną, co np. ogranicza jego przydatność do produkcji instrumentów muzycznych aerofonicznych i perkusyjnych. Przy zbliżonej prędkości rozchodzenia się fal akustycznych w niejednolicie zabarwionym drewnie twardzieli, znaczące zróżnicowanie jego gęstości wpływa niekorzystnie na oporność akustyczną [2, 8] takiego materiału.

WNIOSKI

W badaniach stwierdzono, że niezależnie od przyczyny niejednolitego zabarwienia twardzieli hebanu, zebrano i dębu drewno to wykazuje podobne prawidłowości, a mianowicie:

1. Drewno jasno zabarwionych stref wykazuje w porównaniu z drewnem ciemno zabarwionym:

- a) gęstość niższą o 3,8 do 12,8%;
- b) wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien niższą o 7,4 do 16,5%;
- c) wytrzymałość na zginanie statyczne niższą o 7,1 do 22,2%;
- d) twardość Brinella niższą o 6,4 do 27,1%.

2. Właściwości dynamiczne (udarność, prędkość ultradźwięków wzdłuż i w poprzek włókien) kształtują się różnorodnie, tzn. bez związku z intensywnością zabarwienia, gęstością i statycznymi właściwościami mechanicznymi tego drewna.

Praca wpłynęła do Redakcji w sierpniu 1990 r.

LITERATURA

1. Bauch J., Seehann G., Endeward R.: Charakterization of sapwood and brown heart in *Terminalia superba* Engl. et Diels. *Holzforschung* 1982, 36(5), 257 - 263.
2. Bosshard H. H.: *Holzkunde*. Band 2: Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. Birkhäuser Verlag — Basel und Stuttgart 1974.
3. Dujesiefken D., Liese W.: Vorkommen und Entstehung des Mondrings bei Eiche (*Quercus* sp.). *Forstwiss. Cbl.* 1986, 105, 137 - 155.
4. Dzbeński W., Kraińska H.: Badanie struktury i właściwości drewna gatunków tropikalnych. W: *Konf. Nauk. WTD SGGW-AR*. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa 1986, t. II, 75 - 84.
5. Dzbeński W., Krutul D.: Die chemische Zusammensetzung und Einfluß

- der Holzinhaltsstoffe auf die Eigenschaften des ZebranoHolzes. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. and Wood Technol. 1991 (w druku).
6. Dzbeński W., Wasilewska-Kamińska E.: Badanie właściwości technicznych wybranych gatunków drewna z niejednolicie zabarwioną twarzą. IIMD SGGW-AR Warszawa 1979 (maszynopis).
 7. Kollmann F. F. P., Côté W. A. Jr.: Principles of wood science and technology. Springer Verlag — Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1984 (1968).
 8. Krzysik F.: Nauka o drewnie. PWN, Warszawa 1978.
 9. Torelli N.: The ecology of discoloured wood as illustrated by beech (*Fagus sylvatica* L.). IAWA Bulletin n.s. 1984, 5 (2), 121 - 127.
 10. Wagenführ R.: Anatomie des Holzes. VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1984.
 11. Wagenführ R., Scheiber Chr.: Holzatlas. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1988.
 12. DIN 53452: Prüfung von Kunststoffen. Biegeversuch.
 13. DIN 53453: Prüfung von Kunststoffen. Schlagbiegeversuch.
 14. ISO 3129-1975: Wood — Sampling methods and general requirements for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization — Switzerland 1975.
 15. PN-79/D-01011: Drewno okrągłe — Wady. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa 1980.

TECHNICAL PROPERTIES OF SOME WOOD WITH MULTICOLOURED HEART

Summary

Main properties of heartwood with pathologically differentiated colour (e.g. of oak heartwood with included sapwood) were compared with the same properties of heartwood with inborn alternating dark and fair longitudinal strips. This last texture is highly appreciated in decorative veneers, for instance in these from ZEBRANO species (*Microberlinia* sp.), but may be feared harmful for, technical properties of double-coloured EBONY (*Diospyros* sp.). It has been found that — irrespective of the reason of colour differentiation — fair coloured wood parts show the density for 3,8 till 12,8% lower, compression strength for 1,3 till 16,5% lower, modulus of rupture for 0,9 till 22,2% lower and hardness for 4,4 till 27,1% lower than the dark coloured parts of the same heartwood. To the contrary, the dynamic properties — the impact bending strength and the ultrasound velocity along and across the fibres — are not affected by the difference in colour nor by the density of the heartwood in question.

Adres autora

Prof. dr hab. Witold Dzbeński

Szkoła Główna Gospodarstwa Wlejskiego-

Akademia Rolnicza w Warszawie

Katedra Fizyko-Chemicznych Podstaw Technologii Drewna
ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa