FOLIA FORESTALIA POLONICA

Seria B, zeszyt 8 1968

WPŁYW OBRÓBKI TERMICZNEJ NA HIGROSKOPIJNE I TECHNICZNE WŁAŚCIWOŚCI DREWNA OLCHOWEGO I JAWOROWEGO

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ГИГРОСКОПИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ОЛЬХИ И ЯВОРА

THE INFLUENCE OF THE THERMAL PROCESSING ON THE HYGROSCOPICAL AND TECHNICAL PROPERTIES OF ALDER AND MAPLE WOOD

Aleksander Korzeniowski[1]

Katedra Mechanicznej Technologii Drewna SGGW

(Wpłynęło 5.II.1968)

Synopsis. Alder and sycamore maple boards with dimensions of 32×100×450 mm were heated in air with temperature of 170, 180, 190 or 200°C during 4, 6, 8 or 10 hours. There were examined: specific gravity, swelling in water and water absorption, equivalent moisture content and swelling in humid air as well as tensile strength across grain, impact resistance, dynamic bending strength and hardness, as also screw pulling force and the adhesion of phenol glue and polyurethane enamel. Wood deformation in the course of thermal processing has been also determined. It was found that the hygroscopy, swelling, tensile strength, impact resistance and screw pulling force were decreasing in proportion with temperature and the duration of processing.

I. GENEZA I CEL BADAŃ

Pęcznienie lub kurczenie się drewna, wywołane sorpcją lub desorpcją wilgoci w przedziale higroskopijnym, stanowią negatywne cechy tego materiału. Przykładem wyrobów, wymagających zachowania szczególnie dużej stałości wymiarów, są drewniane modele odlewnicze, stosowane do wykonywania form dla odlewanych elementów wyrobów metalowych.

---

[1] W doświadczeniach uczestniczyli: mgr inż. W. Dzbeński, dr inż. M. Matejak, mgr inż. K. Posadzki, mgr inż. R. Rabiej, mgr inż. D. Starecka, mgr inż. A. Starecki, st. technik H. Lewandowski i st. technik J. Porada.

Częściową stabilizację wymiarową drewna można osiągnąć przez:

1) zmniejszenie wahań wilgotności i temperatury powietrza w otoczeniu drewna;

2) wytworzenie na powierzchni drewna powłoki izolacyjnej — najczęściej lakierowej — trudno przenikliwej dla wilgoci;

3) zmniejszenie naturalnej higroskopijności drewna, czyli jego hydrofobizację.

Ograniczenie zmian wilgotności i temperatury powietrza w otoczeniu drewna może być osiągnięte tylko na drodze klimatyzacji pomieszczeń, co w wielu wypadkach jest niemożliwe do zrealizowania. Z kolei izolacyjność powłok zmniejsza się wskutek ich pękania lub uszkodzeń mechanicznych, powstających przy użytkowaniu wyrobów drewnianych. Dlatego za najbardziej skuteczną należy uznać hydrofobizację drewna, którą osiąga się zazwyczaj przez jego nasycanie (impregnację) substancjami hydrofobowymi lub przez podstawienie wolnych (reaktywnych) grup hydroksylowych w węglowodanowych składnikach drewna (głównie w celulozie) innymi, nie hydrofilnymi grupami chemicznymi. Do hydrofobizacji drewna przez nasycanie stosuje się ciekłe substancje organiczne, najczęściej monomery lub roztwory niskich polimerów żywic sztucznych (1, 9). Skuteczność tych zabiegów pod względem osiągalnego stopnia hydrofobizacji może być bardzo znaczna; jednocześnie uzyskuje się zwiększenie wytrzymałości i twardości drewna oraz jego ciężaru właściwego. Pomimo tych pozytywnych efektów, hydrofobizacja przez nasycanie drewna żywicami sztucznymi jest jeszcze rzadko stosowana w praktyce, gdyż wysoki koszt tej metody czyni ją opłacalną tylko dla specjalnych celów.

Mając na względzie zmniejszenie kosztu i uproszczenie technologii hydrofobizacji, zwrócono uwagę na możliwość obniżenia higroskopijności drewna przez działanie powietrza o podwyższonej temperaturze. Obserwacje praktyczne wskazują, że drewno suszone w temperaturze 60 do 80°C ma nieco mniejszą higroskopijność niż drewno suszone w temperaturze nie przekraczającej 35°C.

Niedawno spostrzeżenia te znalazły również wyjaśnienie naukowe. Okazało się bowiem, że ograniczenie ilości reaktywnych grup hydroksylowych można też uzyskać przez stosunkowo krótkotrwałe działanie wysokiej temperatury, które powoduje wzajemne zeteryfikowanie części tych grup z jednoczesnym wydzieleniem wody konstytucyjnej. Czas trwania takiego zabiegu i górna granica stosowanej temperatury są jednak ograniczone właściwościami chemicznymi drewna, głównie jego palnością.

Ostatnio opublikowane badania F. Kollmanna i A. Schneidera (3), A. Melcerowej (8), G. Kolosváry'ego (5) i D. Fengla (2) wskazują na możliwość znacznego zmniejszenia higroskopijności oraz skurczu i spęcznienia drewna przez jego obróbkę termiczną w powietrzu o temperaturze 170 do 200°C. Osiąga się to prawdopodobnie głównie

dzięki termolizie i zmniejszeniu zawartości hemiceluloz oraz pentozanów, stanowiących — poza celulozą — najbardziej higroskopijne i najsilniej pęczniejące składniki błon komórkowych drewna.

Prostota technologii obróbki termicznej w powietrzu wydaje się predestynować tę metodę hydrofobizacji do praktycznego zastosowania w przemyśle. O możliwościach zastosowania tej metody można jednak przesądzić dopiero po ustaleniu wpływu takiego zabiegu na fizyczne i mechaniczne właściwości drewna, które mogą ulegać obniżeniu wskutek częściowej termolizy jego składników.

Dlatego za cel badań przyjęto ustalenie zależności pomiędzy warunkami obróbki termicznej drewna a jego higroskopijnością oraz podstawowymi właściwościami technicznymi, które w równej mierze co higroskopijność i pęcznienie decydują o możliwości zastosowania drewna w produkcji uzyskiwanych z niego wyrobów. Badania te przeprowadzono głównie w aspekcie użycia obróbki termicznej jako zabiegu przygotowawczego w produkcji modeli odlewniczych. Z tego względu ograniczono się do zbadania tylko dwu rodzajów drewna, mających główne zastosowanie w tej produkcji, a mianowicie drewna olchy czarnej (*Alnus glutinosa* Gaertn.) i jaworu (*Acer pseudoplatanus* L.).

II. RODZAJE BADAŃ

Wyniki dotychczasowych badań (1, 2, 3, 4, 5, 8) wskazują, że największą stabilizację wymiarów drewna osiąga się po jego obróbce termicznej w powietrzu o temperaturze 170—190°C, jeśli czas tego zabiegu wynosi 6—8 godzin. Dlatego w badaniach przyjęto za podstawę wyjściową te same przedziały parametrów obróbki. Aby mieć pewność, że optymalne parametry obróbki dla nie zbadanych pod tym względem rodzajów drewna (olchy i jaworu) będą zawarte w założonych przedziałach, rozszerzono zakres temperatur do 170—200°C, a zakres czasu obróbki 4—10 godzin. Wychodząc z przewidywanych potrzeb praktycznych odstopniowano temperaturę powietrza co 10°C, a czas obróbki co 2 godziny, przyjmując następujące wartości tych parametrów: temperatura — 170, 180, 190 i 200°C; czas obróbki — 4, 6, 8 i 10 godzin.

Podstawowy czas obróbki ustalono na 8 godzin. Różnicując przy tym czasie temperaturę powietrza umożliwiono określenie wpływu tego zmiennego czynnika na badane właściwości drewna. Z kolei przy stałej temperaturze, wynoszącej 180°C, zróżnicowano czas obróbki termicznej, co umożliwiło określenie wpływu czasu tego zabiegu na właściwości drewna.

Za podstawowe właściwości drewna po obróbce termicznej przyjęto jego pęcznienie i nasiąkliwość w wodzie oraz zdolność wchłaniania pary wodnej z wilgotnego powietrza i wilgotność równoważną, osiąganą przez

drewno w powietrzu o określonej temperaturze i wilgotności względnej. Oprócz tego określono skurcz desorpcyjny drewna, zachodzący przy jego zupełnym wysuszeniu od stanu równowagi z powietrzem o wilgotności względnej 95% i temperaturze 25°C (czyli od stanu jego prawie całkowitego spęcznienia w wilgotnym powietrzu). Określono również ciężar właściwy drewna w stanie zupełnie suchym; zmniejszanie się tego ciężaru wskutek obróbki termicznej stanowi wskaźnik ubytku substancji drzewnej na drodze termolizy.

Spośród właściwości mechanicznych określono udarność, wytrzymałość na zginanie dynamiczne, wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien oraz twardość przekrojów podłużnych i przekroju poprzecznego. Są one podstawowymi właściwościami dla drewna w danym zastosowaniu przemysłowym.

Wreszcie określono najważniejsze technologiczne właściwości drewna, jak siłę wyciągania wkrętów oraz adhezję kleju i emalii. Do tych ostatnich badań zastosowano klej fenolowo-formaldehydowy AG i emalię poliuretanową DDL 2.

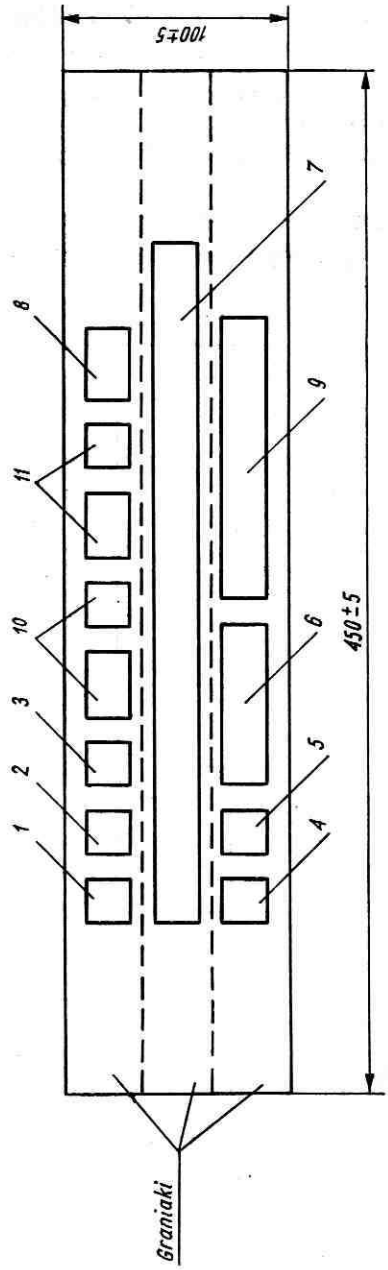
W badaniach powyższych właściwości drewna stosowano znormalizowane metody oznaczeń, według wymagań polskich norm. W przypadku braku odpowiednich norm, zastosowano metody ustalone na podstawie prób wstępnych, przeprowadzonych na materiale użytym do wykonania badań.

III. MATERIAŁ DOŚWIADCZALNY, ELEMENTY PRÓBNE I PRÓBKI

Drewno przeznaczone do badań zostało dostarczone w postaci nieobrzynanej tarcicy olchowej i jaworowej grubości nominalnej 32 mm, w odcinkach długości około 1 m i przeciętnej szerokości 20 cm. Większość tarcicy wykazywała przetarcie styczne; w momencie dostawy wilgotność drewna wynosiła $10+2\%$.

Tarcicę ostrugano jednostronnie, aby uwidocznić wady drewna, po czym wytrasowano na jej powierzchni położenie elementów próbnych, przeznaczonych do obróbki termicznej. Wymiary tych elementów wynosiły: długość — 450 ± 5 mm, szerokość — 100 ± 5 mm, grubość — 32—1 mm. Położenie elementów próbnych na powierzchni tarcicy zostało wyznaczone w taki sposób, aby osiągnąć równoległość krawędzi podłużnych do kierunku włókien drewna oraz wyeliminować wady struktury drewna (sęki, zawoje, zabitki itp.), faszywą twardziel i ślady zgnilizny twardej, jakie można było zauważyć na niektórych sztukach tarcicy.

Wycięte elementy podzielono następnie na serie liczące po 6 sztuk. Jedna z serii stanowiła materiał bazowy, badany bez obróbki termicznej; każda z pozostałych serii była przeznaczona do obróbki termicznej



Rys. 1. Rozmieszczenie próbek do określania następujących właściwości drewna w elemencie próbnym: *1* — nasiąkliwości, *2* — pęcznienia w wodzie, *3* — ciężaru właściwego, *4* — higroskopijności i wilgotności równoważnej, *5* — skurczu, *6* — wytrzymałości na rozciąganie w poprzek włókien, *7* — udarności i wytrzymałości na zginanie dynamiczne, *8* — twardości, *9* — siły wyciągania wkrętu, *10* — adhezji kleju, *11* — adhezji emalii

w odmiennych warunkach. Przy podziale na serie dobierano elementy w taki sposób, aby każda ich seria odznaczała się zbliżoną strukturą drewna. Takie postępowanie miało na celu zapewnienie porównywalności średnich wyników badania właściwości drewna, uzyskanych dla poszczególnych serii elementów.

Po obróbce termicznej każdy z elementów podzielono na 3 graniaki o wymiarach przekroju 32 × 32 mm. Z graniaków tych wykonano następnie próbki do badania fizycznych i mechanicznych właściwości drewna. Przyjęto przy tym zasadę wyrabiania z jednego elementu jednej próbki do każdego z przewidzianych badań. W ten sposób każdy element był reprezentowany w każdym badaniu właściwości drewna przez jedną próbkę. Dzięki temu wyeliminowano wpływ różnic właściwości poszczególnych elementów próbnych na średni wynik badania.

Podział elementu próbnego na graniaki i próbki do badania właściwości drewna przedstawiono schematycznie na rys. 1.

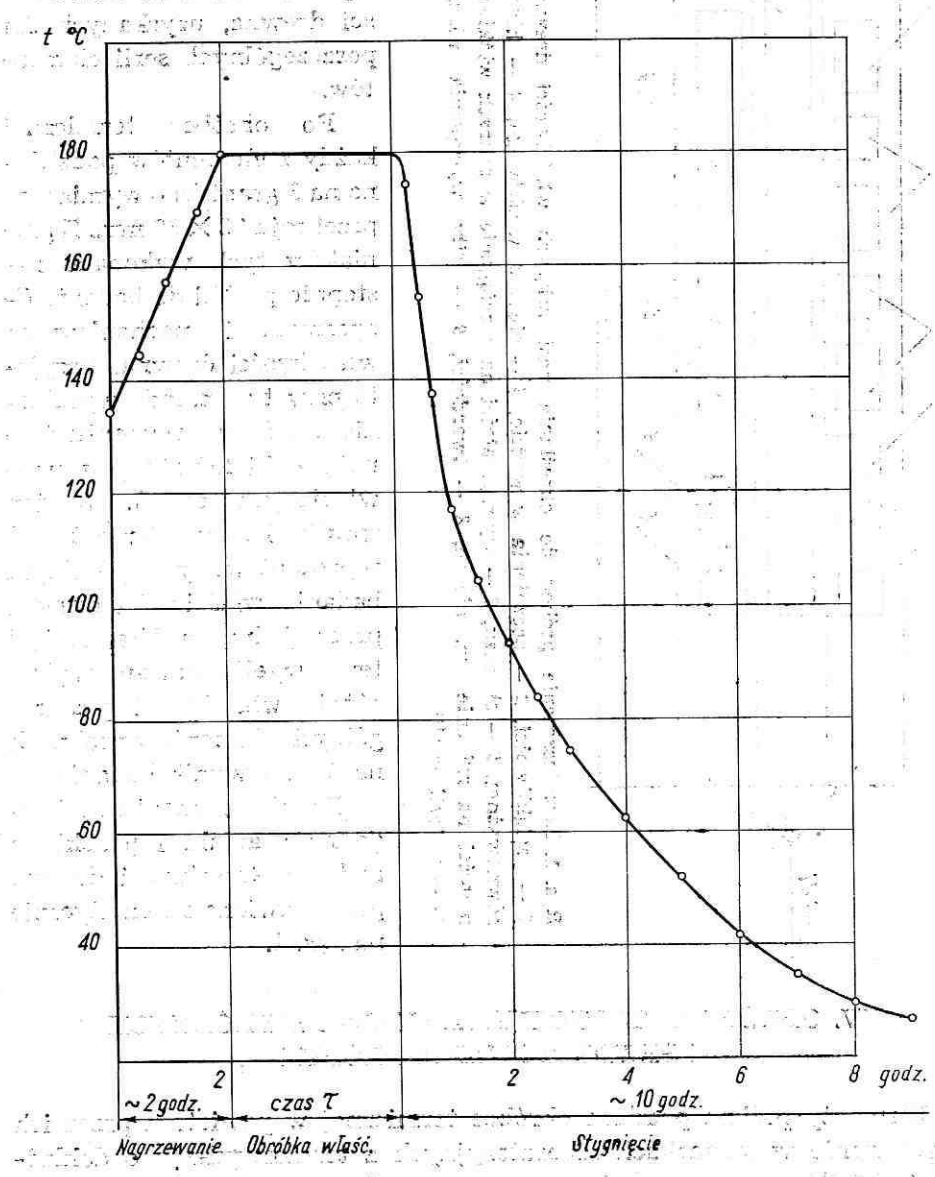
IV. OBRÓBKA TERMICZNA ELEMENTÓW PRÓBNYCH I PRZYGOTOWANIE PRÓBEK

Elementy próbne poddano obróbce termicznej w powietrzu przez ich nagrzewanie w suszarkach laboratoryjnych z termoregulacją o dokładności ±1,5°C. Próbki rozmieszczono w sposób zapewniający jednakowe

warunki obróbki termicznej obu rodzajów drewna. Końce elementów (czoła), narażone wskutek bliskości gorących ścian suszarki na silne działanie promieniowania cieplnego, zostały odrzucone przy wyrobie próbek do badania właściwości hydrofobizowanego drewna.

Przebieg obróbki termicznej w czasie przedstawiono schematycznie na rys. 2.

Proces obróbki termicznej podzielono na trzy kolejne fazy: nagrzewania, właściwej obróbki przy stałej założonej temperaturze oraz styg-



Rys. 2. Schemat obróbki termicznej elementów próbnych

nięcia. Elementy próbne wprowadzono do suszarki uprzednio nagrzanej do temperatury około 130°C, po czym w fazie nagrzewania podnoszono temperaturę do założonej wartości i utrzymywano ją na tym poziomie przez założony czas właściwej obróbki. Następnie wyłączano ogrzewanie i pozostawiano elementy próbne w zamkniętej suszarce, w której stygły one stopniowo do temperatury otoczenia, tj. do około 20°C. Przy tej temperaturze elementów wyjmowano je z suszarki, kończąc w ten sposób całkowity cykl obróbki termicznej. Parametry obróbki, zastosowane dla poszczególnych serii elementów próbnych w fazie właściwej obróbki, podano w tabeli 1.

Tabela 1

Parametry obróbki termicznej elementów próbnych

Seria elementów próbnych	0	1	2	3	4	5	6	7
Czas obróbki godz.	—[a]	8	4	6	8	10	8	4
Temperatura powietrza °C	20	170	180				190	200

a Seria porównawcza, nie poddana obróbce termicznej.

Po obróbce termicznej elementy próbne poddano oględzinom; stwierdzono zbrunatnienie drewna, którego odcień był tym ciemniejszy, im wyższa była temperatura i dłuższy czas obróbki. Zmiana barwy drewna olchowego była bardziej intensywna niż zmiana barwy drewna jaworowego. Końcowe odcinki elementów, znajdujące się w pobliżu ścian suszarki, uległy szczególnie silnemu zbrunatnieniu. W niektórych elementach wystąpiły też spękania czół głębokości do 5 mm (wzdłuż włókien). Stwierdzono również wydzielanie się produktów termicznego rozkładu drewna, które w postaci ciemnobrunatnego, smolistego nalotu osadzały się na wewnętrznych powierzchniach ścian suszarki.

Dalszym skutkiem obróbki termicznej były dość znaczne odkształcenia (zwichrowania) elementów. Po upływie 48 godzin od zakończenia obróbki wykonano pomiary tych odkształceń. Przeprowadzono je kładąc elementy na płaskiej płycie, z którą stykały się trzy naroża zwichrowanego elementu i mierząc suwmiarką o dokładności 0,05 mm odległość czwartego naroża od powierzchni płyty. Średnie wyniki tych pomiarów dla każdej serii elementów próbnych podano w tabeli 2.

Po wykonaniu pomiarów odkształceń każdy z elementów przecięto na 3 graniaki (rys. 1). Graniaki te ułożono w luźne, przewiewne stosy w pomieszczeniu laboratorium, gdzie temperatura wynosiła 20 ± 2°C, a wilgotność względna powietrza $65 \pm 15\%$. W pomieszczeniu tym przechowywano graniaki przez 2 miesiące. W ciągu tego okresu wilgotność hydrofobizowanego drewna stopniowo wzrastała, osiągając w końcu poziom bliski wilgotności równoważnej z powietrzem o wyżej podanych parametrach.

Tabela 2

Zestawienie właściwości drewna poddanego obróbce termicznej w powietrzu

Rodzaj drewna	Warunki obróbki termicznej		Zwichrowanie elementów próbnych	Właściwości fizyczne								
				nasiąkliwość w wodzie po 6 godz.	spęcznienie całkowite w wodzie w kierunku		ciężar właściwy		wilgotność równoważna w powietrzu o temperaturze 25°C i wilgotności względnej		skurcz od stanu równowagi z powietrzem o temperaturze 25°C i wilgotności 95% do stanu bezwodnego	
	temperatura	czas			promieniowym	stycznym	w stanie bezwodnym	w stanie równowagi z powietrzem o temperaturze 20°C i wilgotności wzgl. 65%	65%	95%	w kier. promieniowym	w kierunku stycznym
	t °C	τ godz.	Δ mm	N %	K_{re} %	K_{te} %	γ_o G/cm³	γ_w G/cm³	W_r %	W_r %	K_{rw} %	K_{tw} %
Olcha	bez obróbki		3,9	59,1	5,27	10,85	0,529	0,551	11,6	19,4	3,28	6,17
	170	8	5,1	39,9	3,09	7,24	0,505	0,517	6,1	14,2	2,01	4,49
	180	4	6,9	40,8	3,75	7,99	0,533	0,546	6,4	14,6	2,75	5,46
	180	6	5,9	33,7	2,85	6,81	0,498	0,506	5,6	12,9	2,28	3,78
	180	8	4,8	28,4	3,33	5,44	0,505	0,510	4,9	11,0	2,15	3,47
	180	10	5,8	38,7	2,76	5,96	0,463	0,470	5,1	10,8	2,05	3,52
	190	8	8,0	36,4	3,55	6,76	0,512	0,523	4,4	10,2	2,00	3,61
	200	4	8,5	31,2	2,88	5,37	0,484	0,506	4,4	9,9	2,19	3,41
Jawor	bez obróbki		1,0	48,4	4,90	9,59	0,583	0,615	12,3	20,1	4,26	5,97
	170	8	2,4	45,3	4,22	7,88	0,589	0,609	6,5	14,5	2,77	4,32
	180	4	2,6	33,1	4,75	8,06	0,616	0,634	6,8	14,6	3,14	4,61
	180	6	2,9	37,2	3,80	7,75	0,601	0,615	6,9	13,6	2,13	4,43
	180	8	4,6	32,6	4,13	6,80	0,591	0,599	5,5	11,9	2,52	3,49
	180	10	4,6	29,4	3,21	6,09	0,594	0,604	5,3	11,8	2,25	3,61
	190	8	3,0	32,7	3,06	5,29	0,582	0,590	4,3	9,7	1,75	2,81
	200	4	5,9	31,5	2,67	5,72	0,558	0,575	4,4	9,9	1,63	2,93

Właściwości mechaniczne w stanie równowagi z powietrzem o temperaturze 20°C i wilgotności względnej 65%

Rodzaj drewna	Warunki obróbki termicznej		Zwichrowanie elementów próbnych	twardość wg Brinella na przekroju			wytrzymałość na		udarność	siła wyciągania wkrętu Ø 4×30 mm	wytrzymałość na ścinanie (adhezja)	
	temperatura	czas		poprzecznym	promieniowym	stycznym	rozciąganie w poprzek włókien	zginanie dynamiczne			skleiny kleju fenolowego	powłoki emalii poliuretanowej
	t °C	τ godz	Δ mm	$H_\perp$ kG/mm²	H_r kG/mm²	H_t kG/mm²	$R_{r\perp}$ kG/cm²	R_{gd} kG/cm²	U kGm/cm²	P kG	R_t kG/cm²	R_t kG/cm²
Olcha	bez obróbki		3,9	4,70	2,47	2,41	23,9	900	0,47	133,7	129	96
	170	8	5,1	5,37	2,29	2,39	16,9	1030	0,35	107,6	112	92
	180	4	6,9	6,51	2,46	2,45	18,9	1085	0,51	131,6	117	108
	180	6	5,9	5,51	2,32	2,45	16,1	950	0,28	110,9	100	109
	180	8	4,8	5,80	2,42	2,47	15,0	915	0,26	107,1	93	68
	180	10	5,8	5,87	2,23	2,28	13,3	885	0,21	83,5	98	68
	190	8	8,0	5,55	2,14	2,26	12,6	951	0,36	77,2	88	101
	200	4	8,5	5,46	2,29	2,20	13,5	934	0,39	77,7	80	77
Jawor	bez obróbki		1,0	5,68	2,80	2,83	34,9	1346	0,69	206,8	162	128
	170	8	2,4	7,71	2,79	3,50	29,8	1351	0,50	207,6	168	116
	180	4	2,6	7,23	3,14	3,41	33,4	1525	0,64	204,8	170	148
	180	6	2,9	7,89	3,19	4,03	26,6	1365	0,47	201,0	164	161
	180	8	4,6	8,23	3,08	3,64	23,2	1270	0,40	164,7	178	114
	180	10	4,6	8,41	2,81	3,54	20,1	1215	0,38	163,7	155	162
	190	8	3,0	8,42	2,93	3,55	20,7	1146	0,43	152,3	177	116
	200	4	5,9	7,45	2,66	2,67	17,1	1082	0,25	156,2	121	89

W tym stanie graniaki poddano obróbce, wykonując z nich beleczki o wymiarach przekroju $20 \pm 0{,}3 \times 20 \pm 0{,}3$ mm. Na przekroju poprzecznym beleczek przyrosty roczne przebiegały stycznie do jednej z krawędzi, a długie krawędzie beleczek były równoległe do kierunku włókien z dokładnością $\pm 5°$. Z beleczek wykonano następnie próbki do badania poszczególnych właściwości drewna (rys. 1).

V. BADANIE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH

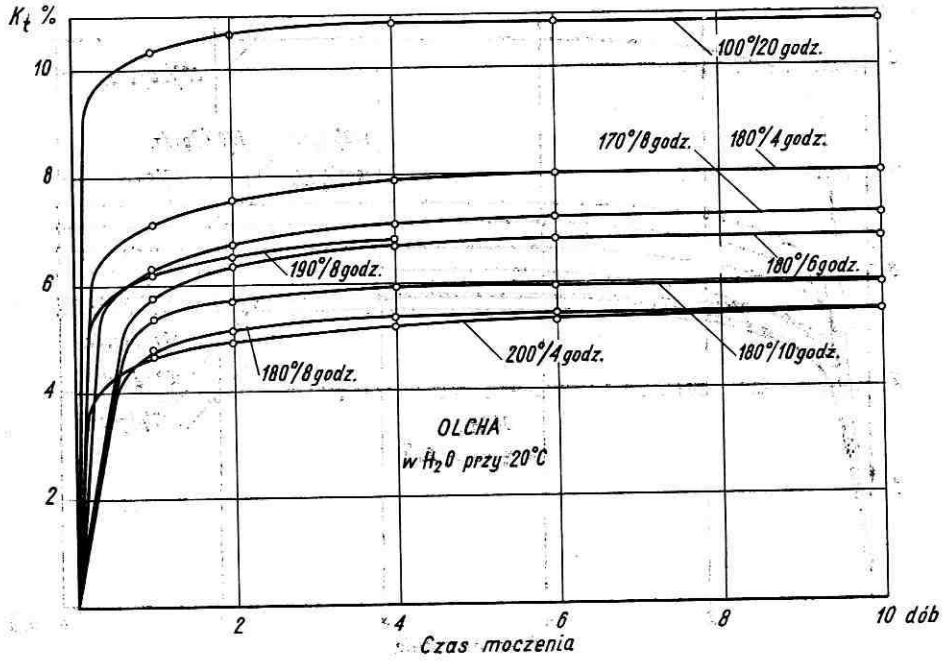
Nasiąkliwość N i pęcznienie K_o drewna oznaczono zgodnie z postanowieniami polskich norm PN-59/D-4119 oraz PN-55/D-04111. W określonych przez normy odstępach czasu próbki ważono i mierzono ich wymiary w kierunku promieniowym i stycznym przez okres 10 dni od chwili rozpoczęcia doświadczenia. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono wartości przyrostu wilgotności drewna i jego spęcznienia w kolejnych okresach. Średnie wyniki nasiąkliwości po 6 godzinach moczenia i całkowitego spęcznienia po 10 dniach moczenia próbek w wodzie zamieszczono w tabeli 2, a na rys. 3 i 4 przedstawiono graficznie dynamikę pęcznienia drewna poddanego obróbce termicznej w zróżnicowanych warunkach.

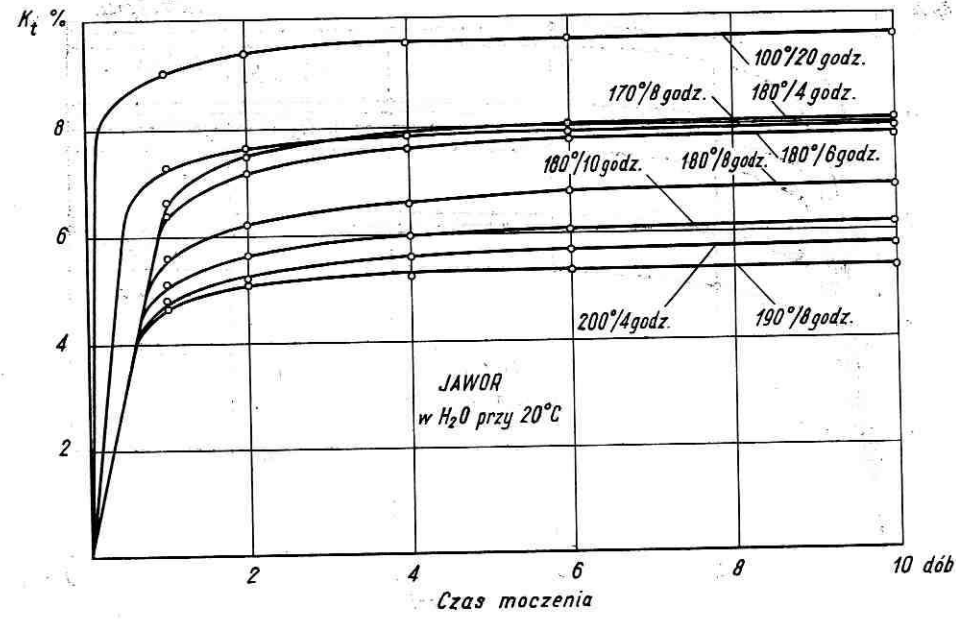
Badanie higroskopijności, wilgotności równoważnej drewna i jego skurczu desorpcyjnego przeprowadzono na próbkach o wymiarach $20 \times 20 \times 20$ mm. Badanie rozpoczęto od klimatyzacji próbek w komorze klimatyzacyjnej przy wilgotności powietrza 65% i temperaturze 25°C. Dokładność regulacji wilgotności powietrza w komorze wynosiła $\pm 2\%$, a dokładność regulacji temperatury $\pm 0{,}5$°C.

Próbki klimatyzowano w powietrzu o wyżej podanych parametrach aż do uzyskania stałego ciężaru; po zważeniu próbek w tym stanie podwyższono wilgotność względną powietrza w komorze do 95%, pozostawiając temperaturę na nie zmienionym poziomie. Następne kolejne ważenia próbek zostały przeprowadzone po 4, 8, 16, 24, 36, 48, 96, 168 i 216 godzinach od chwili umieszczenia próbek w powietrzu o wilgotności 95%. Pomiędzy dwoma ostatnimi ważeniami próbki nie wykazały już przyrostu ciężaru, wobec czego przyjęto, że osiągnęły one stan równowagi higroskopijnej i zmierzono ich wymiary w kierunku promieniowym oraz stycznym za pomocą mikromierza. Próbki ważono z dokładnością 0,001 G, a ich wymiary liniowe mierzono z dokładnością 0,01 mm.

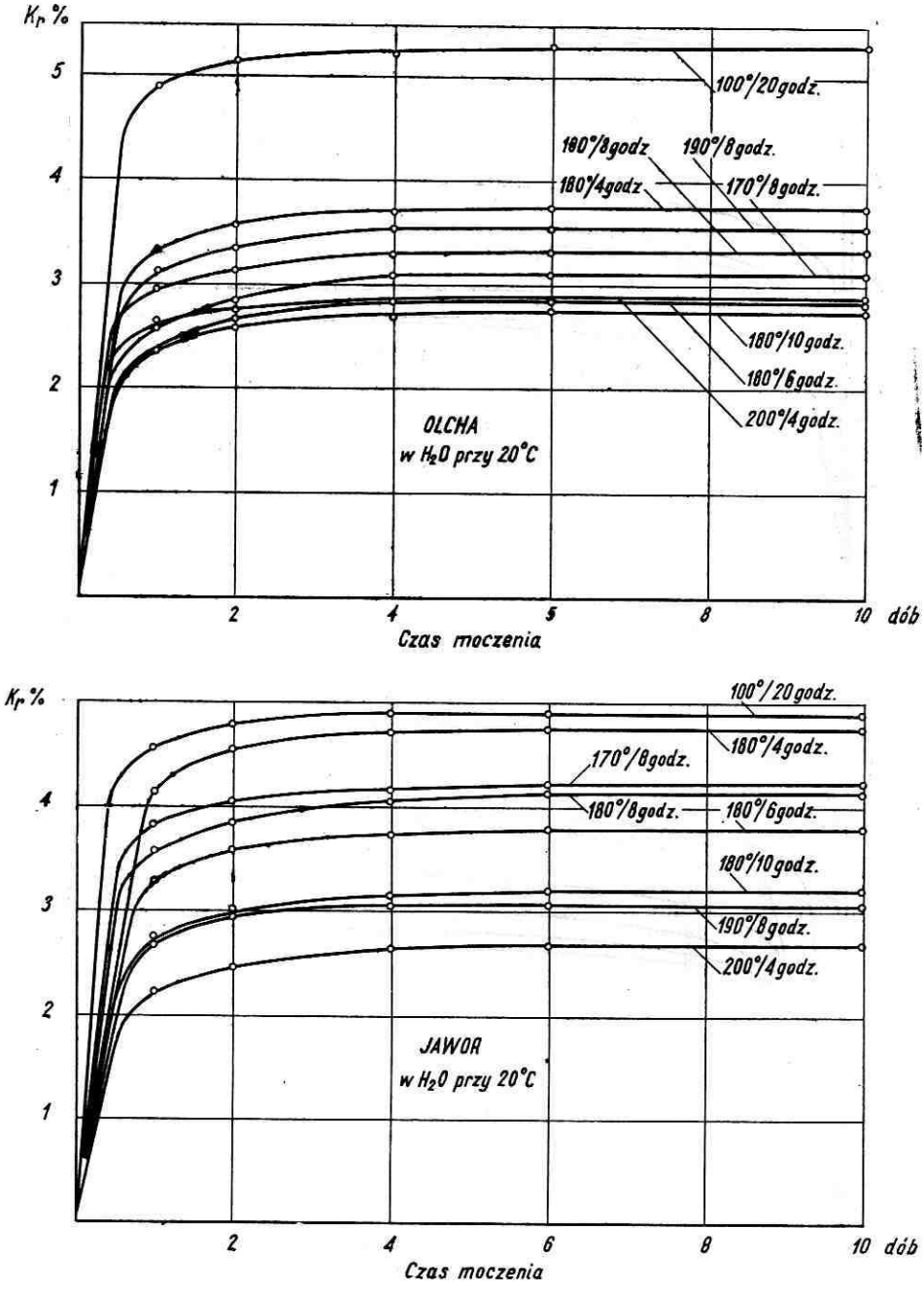
Zważone i pomierzone próbki wysuszono następnie do stanu bezwodnego w powietrzu o temperaturze $100 + 5$°C i powtórnie określono ich ciężar oraz wymiary w tym stanie. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono:

— wilgotność bieżącą drewna W podczas jego klimatyzacji w powietrzu o wilgotności 95%;





Rys. 3. Zależność spęcznienia w kierunku stycznym K_t od czasu moczenia w wodzie drewna obrobionego termicznie w różnych warunkach



Rys. 4. Zależność spęcznienia w kierunku promieniowym K_r od czasu moczenia w wodzie drewna obrobionego termicznie w różnych warunkach

— wilgotność równoważną drewna W_r przy wilgotności powietrza 65 i 95% oraz temperaturze 25°C;

— skurcz K_w od stanu wilgotności równoważnej z powietrzem o wilgotności względnej 95% do stanu bezwodnego.

Dynamikę sorpcji wilgoci (przyrostu wilgotności drewna) w powietrzu o wilgotności względnej 95% przedstawiono graficznie na rys. 5 i 6.

Ciężar właściwy γ_o określono zgodnie z wymaganiami polskiej normy PN/D-04101.

Średnie wartości wyników zestawiono w tabeli 2.

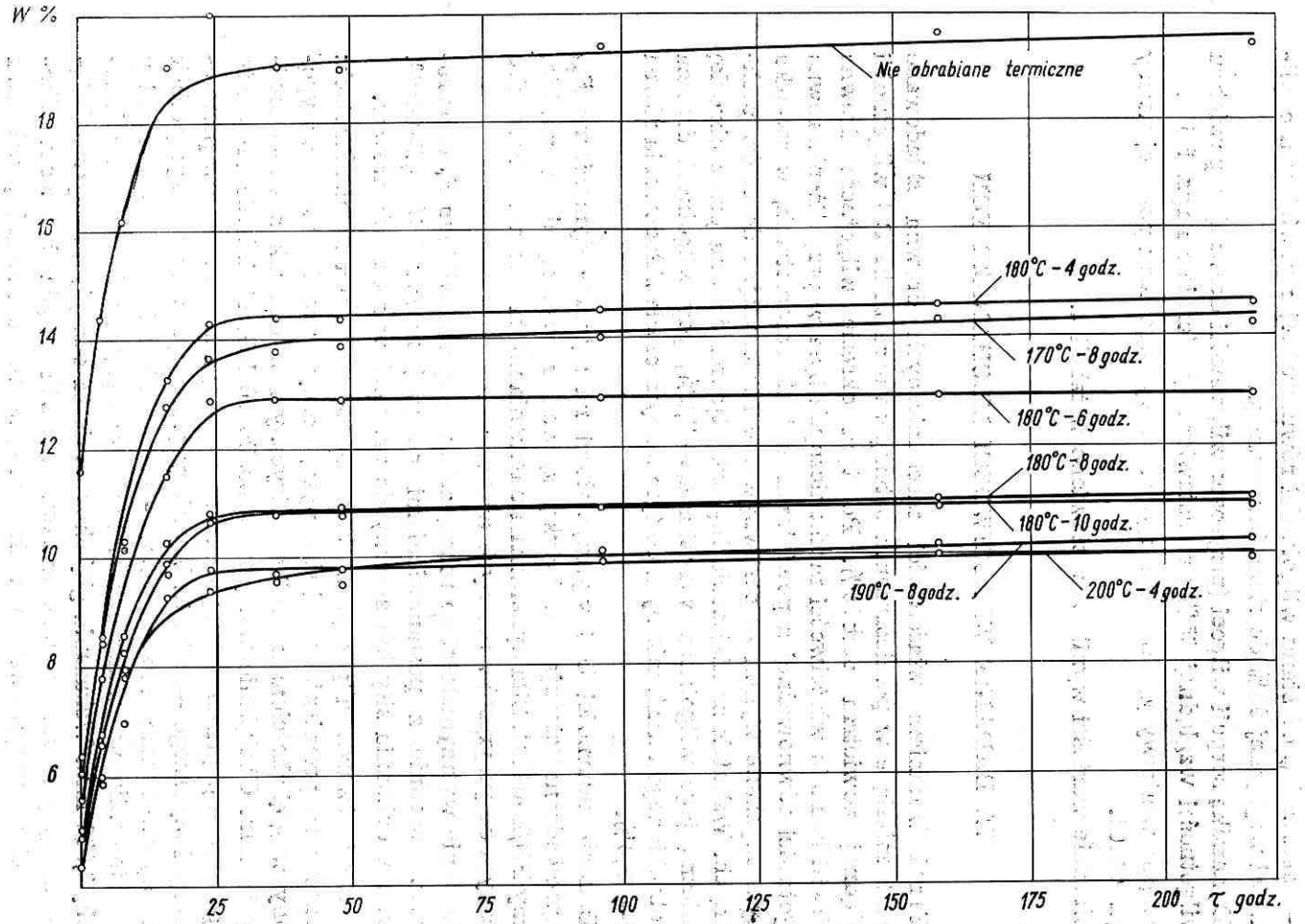
VI. BADANIE WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH

Przed badaniem właściwości mechanicznych drewna składowano przez 2 miesiące w pomieszczeniu o temperaturze 20±2°C i wilgotności względnej powietrza 65±15%. Po tym okresie wilgotność drewna w chwili badania właściwości mechanicznych była w przybliżeniu równa wilgotności równoważnej z powietrzem o tych parametrach, w związku z czym uzyskane wyniki są porównywalne i miarodajne do celów praktycznych. Wskutek zmniejszenia higroskopijności drewna przez obróbkę termiczną jego wilgotność wynosiła 4,5—7,5%, gdy wilgotność drewna nie obrabianego termicznie była po tym samym czasie składowania równa 11,5—12,0%.

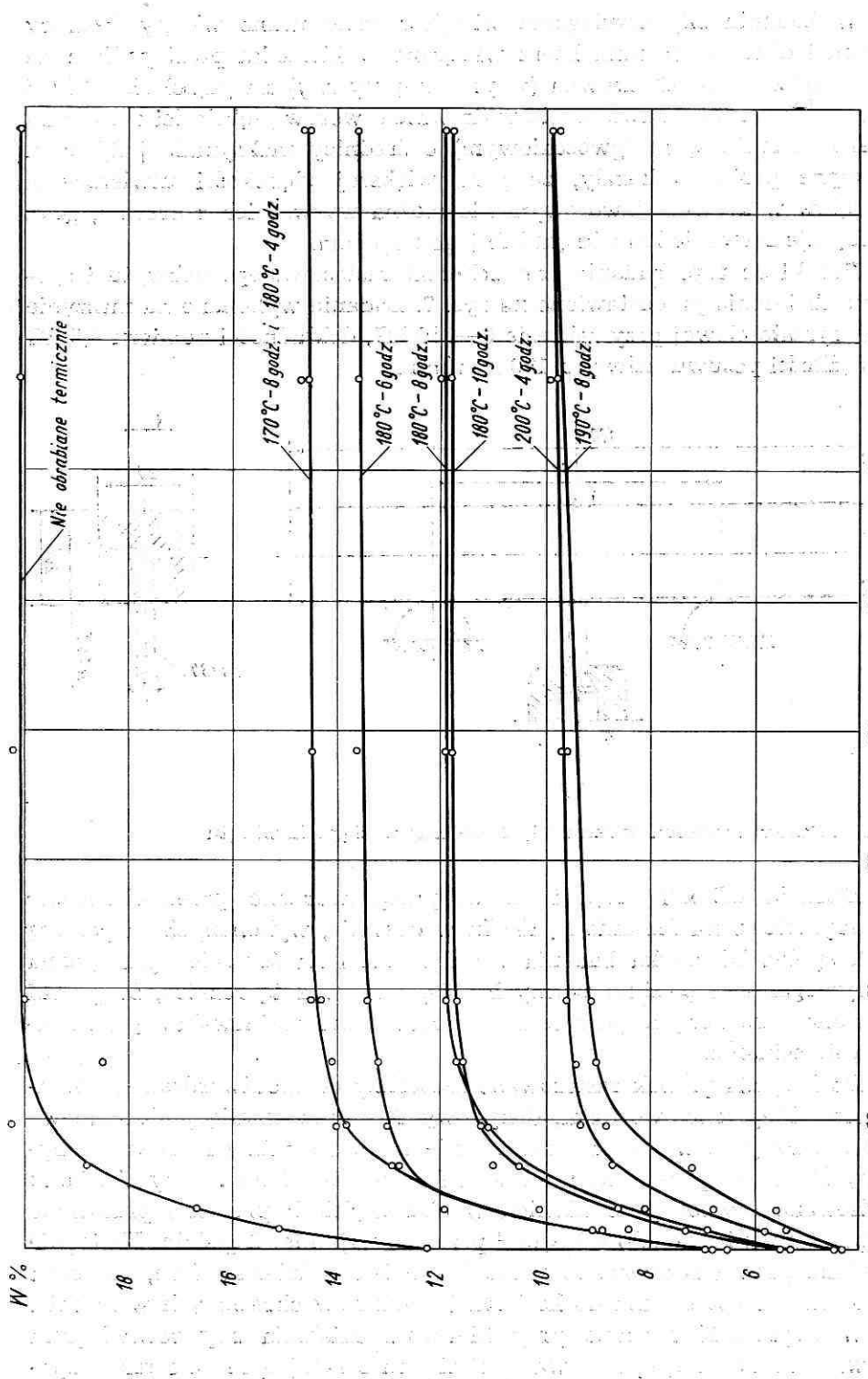
Badanie udarności U i wytrzymałości na zginanie dynamiczne R_{gd} przeprowadzono stosując metodykę zgodną z wymaganiami polskiej normy PN/D-04104. Siła dynamiczna uderzenia młota działała w kierunku stycznym do przyrostów rocznych drewna.

Badanie wytrzymałości na rozciąganie w poprzek włókien R_r przeprowadzono zgodnie z postanowieniami polskiej normy PN-54/D-04108. Kierunek działania siły był styczny do przyrostów rocznych drewna.

Badanie twardości przeprowadzono metodą Brinella na przekrojach: poprzecznym, promieniowym i stycznym, stosując twardościomierz wyposażony w głębokościomierz mikrometryczny i w tłocznik z kulką średnicy 10 mm. Obciążenie wstępne wynosiło 10 kG; obciążenie całkowite dla przekroju poprzecznego było równe 100 kG, a dla przekrojów promieniowego i stycznego — 60 kG. Wymiary przekroju poprzecznego próbek wynosiły 20×20 mm, a ich wysokość — 30 mm. Zamiast pomiaru średnicy wcisku tłocznika w badany materiał mierzono głębokość wcisku z dokładnością 0,002 mm. Wskazania głębokościomierza odczytywano przy obciążeniu wstępnym oraz po 30 sekundach od chwili odjęcia obciążenia całkowitego, które utrzymywano również przez 30 sekund. Różnicę tych dwu wskazań przyjmowano za głębokość wcisku trwałego (plastycznego). Na każdej powierzchni próbki wykonywano jeden pomiar twardości.



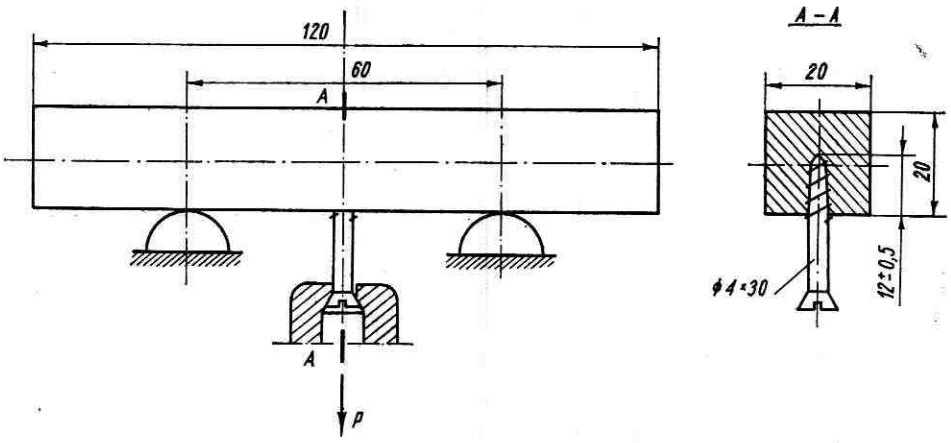
Rys. 5. Sorpcja wilgoci z powietrza o wilgotności względnej 95% i temperaturze 25°C przez drewno olchowe obrobione termicznie w różnych warunkach: W — wilgotność drewna, τ — czas nawilżania



Rys. 6. Sorpcja wilgoci z powietrza o wilgotności względnej 95% i temperaturze 25°C przez drewno jaworowe obrobione termicznie w różnych warunkach: W — wilgotność drewna, τ — czas nawilżania

W badaniu siły wyciągania wkrętów zastosowano wkręty średnicy 4 mm i długości 30 mm, które wkręcano w kierunku prostopadłym do przyrostów rocznych drewna (w przekrój styczny) na głębokość $12 \pm 0{,}5$ mm, po uprzednim nawierceniu w drewnie otworów głębokości ok. 10 mm wiertłem stożkowym (gwoździowym) o średnicy maksymalnej 2,5 mm. Wstępne próby wykazały, że przy większej głębokości utwierdzenia wkrętów w drewnie jaworowym nie można wyrwać ich z drewna, gdyż następuje zerwanie łba wkrętu lub jego trzpienia.

Próbki do tego badania oraz schemat zastosowanego uchwytu i sposobu obciążenia przedstawiono na rys. 7. Badanie wykonano na maszynie wytrzymałościowej przy zakresie 0—250 kG, dokładności pomiaru 0,5 kG i prędkości posuwu uchwytu 180 mm/min.



Rys. 7. Schemat sposobu badania siły P podczas wyciągania wkrętu

Badania adhezji kleju i emalii przeprowadzono przez określenie wytrzymałości na ścinanie R_t sklein w drewnie, wykonanych za pomocą tych spoiw. Metodyka badania wytrzymałości na ścinanie była zgodna z wymaganiami polskiej normy PN-59/D-04105 z tą różnicą, że próbki sklejano z dwu części, przy czym badana skleina znajdowała się w płaszczyźnie ścinania.

Do klejenia próbek zastosowano materiały chemoutwardzalne, a mianowicie klej fenolowo-formaldehydowy AG oraz emalię poliuretanową DDL 2. Przygotowanie oraz nanoszenie kleju i emalii na drewno odbywały się według instrukcji wytwórni tych materiałów. Przy sklejaniu zachowano równoległość włókien w obu częściach próbek i prasowano je pod ciśnieniem około 5 kG/cm^2 przez co najmniej 8 godzin. Następnie sklejone próbki sezonowano przez 1 tydzień w laboratorium, po czym obrobiono je ostatecznie do kształtu i wymiarów określonych w normie.

Wytrzymałość zbadano przy kierunku działania siły równoległym do włókien drewna; oprócz wartości siły niszczącej określano też w spo-

sób szacunkowy część powierzchni ścięcia zajętą przez drewno. Jeżeli zniszczenie zachodziło całkowicie w drewnie, stanowiło to dowód, że kohezja spoiwa (utwardzonego kleju lub emalii) i jego adhezja do drewna przekracza kohezję drewna, a uzyskany wynik liczbowy stanowi wytrzymałość na ścinanie drewna, nie zaś skleiny.

Średnie wartości liczbowe wyników badań zestawiono w tabeli 2.

VII. OPRACOWANIE, OMÓWIENIE I SYNTEZA WYNIKÓW

Wyniki badań zestawiono w tabeli 2, podając średnie arytmetyczne z 6 oznaczeń dla każdej z badanych właściwości drewna, obrobionego termicznie w jednakowych warunkach. Łączna liczba oznaczeń właściwości drewna wyniosła 2394. Obliczone wartości średnie przyjęto do dalszej analizy wyników badań.

W celu ułatwienia tej analizy każdą z właściwości drewna obrobionego termicznie wyrażono w odniesieniu do tej samej właściwości drewna nie obrabianego (porównawcza seria 0), której wartość liczbową przyjęto za 100%. Otrzymane w ten sposób liczby względne zestawiono w tabeli 3. Obliczono też procentowe różnice tych właściwości i właściwości drewna nie obrobionego termicznie, zaopatrując otrzymane liczby znakiem (+) dla zmian pozytywnych, a znakiem (—) dla zmian negatywnych z punktu widzenia technicznej jakości drewna. Liczby te zestawiono w tabeli 4.

Dynamikę pęcznienia drewna w wodzie oraz dynamikę sorpcji wilgoci z powietrza o wilgotności względnej 95% przedstawiono graficznie w zależności od czasu (rys. 3, 4, 5 i 6).

Wyniki badań pozwalają stwierdzić ogólną tendencję do zmniejszania się nasiąkliwości, wilgotności równoważnej (higroskopijności) oraz skurczu i pęcznienia drewna zarówno ze wzrostem temperatury obróbki termicznej, jak ze wzrostem czasu jej trwania. Oprócz tego — jak widać z rys. 8 — skurcz maleje ze spadkiem wilgotności równoważnej drewna, czyli ze spadkiem jego higroskopijności na skutek obróbki termicznej; zmniejszenie skurczu osiąga się więc dzięki spadkowi higroskopijności drewna.

Pozostałe właściwości drewna zależą również od temperatury i czasu trwania obróbki termicznej, jednak — w większości wypadków — zmiany tych właściwości zachodzą w kierunku niepożądanym. Tak na przykład większość mechanicznych właściwości drewna obniża się ze wzrostem temperatury i czasu trwania obróbki termicznej. Duży zwłaszcza jest spadek udarności i wytrzymałości na rozciąganie w poprzek włókien oraz spadek siły wyciągania wkrętów, szczególnie w wypadku drewna olchowego. W drewnie tym maleje także wytrzymałość na ścinanie sklein kleju fenolo-formaldehydowego. We wszystkich wypadkach ścięcie próbek w czasie badania wytrzymałości sklein zachodziło w całości w drewnie;

Tabela 3

Zestawienie właściwości drewna poddanego obróbce termicznej w powietrzu; wartości wyrażono w stosunku do wartości dla drewna nie poddanego obróbce

Rodzaj drewna	Warunki obróbki termicznej		Zwichrowanie elementów próbnych	Właściwości fizyczne									
				nasiąkliwość w wodzie po 6 godz.	spęcznienie całkowite w wodzie w kierunku		ciężar właściwy		wilgotność równoważna w powietrzu o temperaturze 25°C i wilgotności względnej		skurcz od stanu równowagi z powietrzem o temperaturze 25°C i wilgotności względnej 95% do stanu bezwodnego	
	temperatura	czas			promieniowym	stycznym	w stanie bezwodnym	w stanie równowagi z powietrzem o temperaturze 20°C i wilgotności wzgl. 65%	65%	95%	w kier. promieniowym	w kierunku stycznym
	t °C	τ godz	Δ %	N %	K_{ro} %	K_{to} %	γ_o %	γ_w %	W_r %	W_r %	K_{rw} %	K_{tw} %
Olcha	bez obróbki		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	170	8	131,0	93,5	58,6	66,7	95,0	94,0	52,6	73,2	61,3	72,8
	180	4	177,0	68,4	71,2	73,6	101,0	99,0	55,2	75,3	83,8	88,5
	180	6	151,0	76,8	54,1	62,8	94,0	92,0	48,3	66,5	69,5	61,3
	180	8	123,0	67,3	63,2	50,1	95,0	93,0	42,2	56,7	65,5	56,2
	180	10	149,0	60,8	52,4	54,9	88,0	85,0	44,0	55,7	62,5	57,1
	190	8	205,0	67,6	67,4	62,3	97,0	95,0	37,9	52,6	61,0	58,5
	200	4	221,0	65,0	54,6	49,5	91,0	92,0	37,9	51,1	66,8	55,3
Jawor	bez obróbki		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	170	8	240,0	67,5	86,1	82,2	101,0	99,0	52,8	72,1	65,0	72,4
	180	4	260,0	69,0	96,9	84,0	106,0	103,0	55,3	72,6	73,7	77,2
	180	6	290,0	57,1	77,6	80,8	103,0	100,0	56,0	67,7	50,0	74,2
	180	8	460,0	48,0	84,3	70,9	101,0	97,0	44,7	59,2	59,2	58,4
	180	10	460,0	65,4	65,5	63,5	102,0	98,0	43,1	58,8	52,8	60,5
	190	8	300,0	61,6	62,4	55,2	100,0	96,0	35,0	48,3	41,1	47,1
	200	4	590,0	52,8	54,5	59,6	96,0	93,0	35,8	49,3	38,3	49,1

Właściwości mechaniczne w stanie równowagi z powietrzem o temperaturze 20°C i wilgotności względnej 65%

Rodzaj drewna	Warunki obróbki termicznej		Zwichrowanie elementów próbnych	twardość wg. Brinella na przekroju			wytrzymałość na		udarność	siła wyciągania wkrętu Ø 4×30 mm	wytrzymałość na ścinanie (adhezja)	
	temperatura	czas		poprzecznym	promieniowym	stycznym	rozciąganie w poprzek włókien	zginanie dynamiczne			skleiny kleju fenolowego	powłoki emalii poliuretanowej
	t °C	τ godz	Δ mm	$H_\perp$ %	H_r %	H_t %	$R_{r\perp}$ %	R_{gd} %	U %	P %	R_t %	R_t %
Olcha	bez obróbki		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	170	8	131,0	114,3	92,7	99,2	70,7	115,0	74,0	80,5	86,8	95,8
	180	4	177,0	138,5	99,6	101,7	79,1	121,0	109,0	89,4	90,7	112,5
	180	6	151,0	117,2	93,9	101,7	67,4	106,0	60,0	82,9	77,5	113,5
	180	8	123,0	123,4	98,0	102,5	62,8	102,0	55,0	80,1	70,8	70,8
	180	10	149,0	124,9	90,3	94,6	55,6	98,0	45,0	62,5	76,0	70,8
	190	8	205,0	118,1	86,6	93,8	52,7	106,0	77,0	57,7	68,2	105,2
	200	4	221,0	116,0	92,7	91,3	56,5	104,0	83,0	58,1	62,0	80,2
Jawor	bez obróbki		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	170	8	240,0	135,7	99,6	123,7	85,4	100,0	72,0	100,4	103,7	90,6
	180	4	260,0	127,3	112,1	120,5	95,7	113,0	93,0	99,0	104,9	115,6
	180	6	290,0	140,3	113,9	142,4	76,2	101,0	68,0	97,2	101,2	125,8
	180	8	460,0	144,9	110,0	128,6	66,5	94,0	58,0	79,6	109,9	89,1
	180	10	460,0	148,1	100,4	125,1	57,6	90,0	55,0	79,2	95,7	126,7
	190	8	300,0	148,2	104,6	125,4	59,3	85,0	62,0	73,6	109,3	90,6
	200	4	590,0	131,2	95,0	94,3	49,0	80,0	36,0	75,5	74,7	69,5

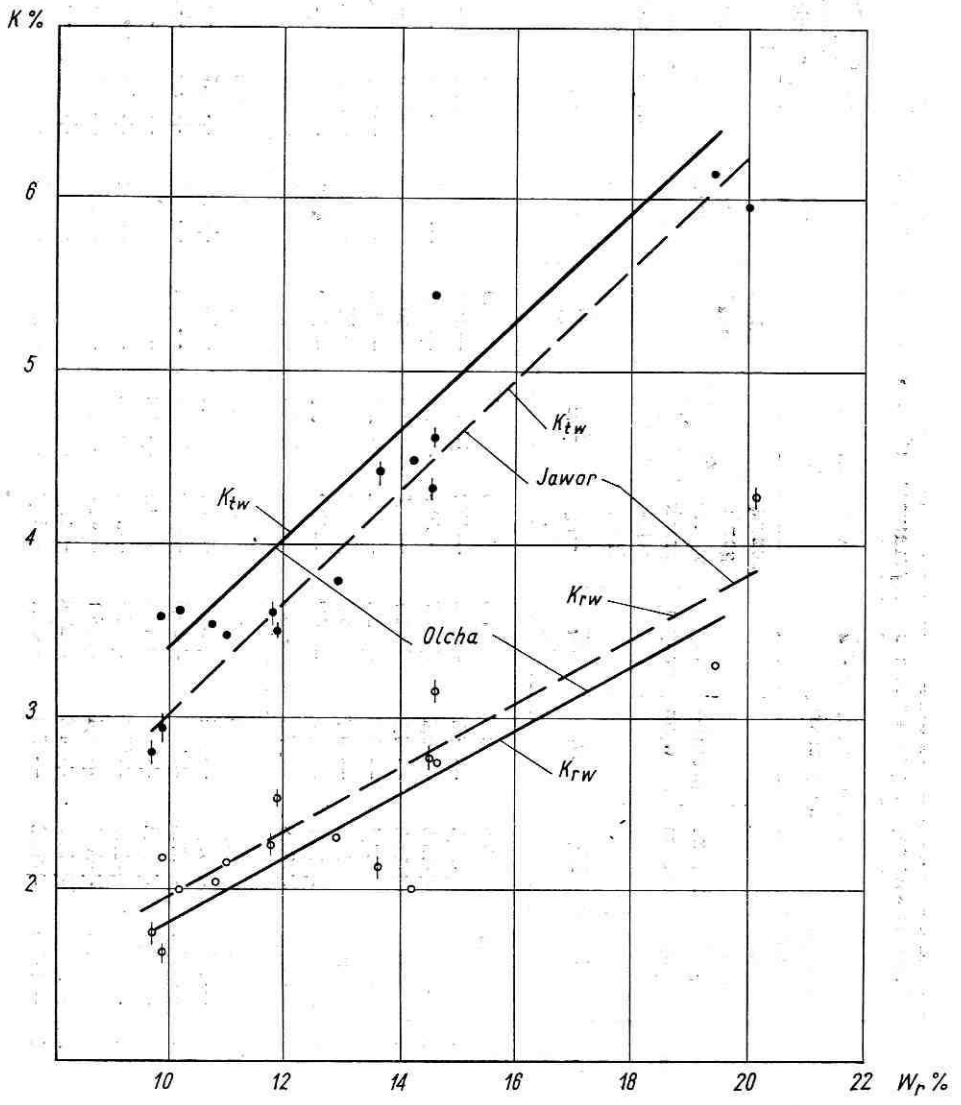
Tabela 4

Zmiany właściwości drewna, spowodowane przez jego obróbkę termiczną w powietrzu; zmiany pozytywne oznaczono znakiem (+), zmiany negatywne — znakiem (−), przyjmując za poziom odniesienia właściwości drewna nie poddanego obróbce

Rodzaj drewna	Warunki obróbki termicznej		Zwichrowanie elementów próbnych	Właściwości fizyczne								
				Nasiąkliwość w wodzie po 6 godz.	spęcznienie całkowite w wodzie w kierunku		ciężar właściwy		wilgotność równoważna w powietrzu o temperaturze 25°C i wilgotności względnej		skurcz od stanu równowagi z powietrzem o temperaturze 25°C i wilgotności względnej 95% do stanu bezwodnego	
	temperatura	czas			promieniowym	stycznym	w stanie bezwodnym	w stanie równowagi z powietrzem o temperaturze 20°C i wilgotności wzgl. 65%	65%	95%	w kier. promieniowym	w kierunku stycznym
	t °C	τ godz.	Δ %	N %	K_{ro} %	K_{to} %	γ_o %	γ_w %	W_r %	W_r %	K_{rw} %	K_{tw} %
Olcha	bez obróbki		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	170	8	−31,0	+6,5	+41,4	+33,3	−5,0	−9,0	+47,4	+26,8	+38,7	+27,2
	180	4	−77,0	+31,6	+28,8	+26,4	+1,0	−1,0	+44,8	+24,7	+16,2	+11,5
	180	6	−51,0	+23,2	+45,9	+37,2	−6,0	−8,0	+51,7	+33,5	+30,5	+38,7
	180	8	−23,0	+32,7	+36,8	+49,9	−5,0	−7,0	+57,8	+43,3	+34,5	+43,8
	180	10	−49,0	+39,2	+47,6	+45,1	−12,0	−15,0	+56,0	+44,3	+37,5	+42,9
	190	8	−105,0	+32,4	+32,6	+37,7	−3,0	−5,0	+62,1	+47,4	+39,0	+41,5
	200	4	−121,0	+35,0	+45,4	+50,5	−9,0	−8,0	+62,1	+48,9	+33,2	+44,7
Jawor	bez obróbki		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	170	8	−140,0	+32,5	+13,9	+17,8	+1,0	−1,0	+47,2	+27,9	+35,0	+27,6
	180	4	−160,0	+31,0	+3,1	+16,0	+6,0	+3,0	+44,7	+27,4	+26,3	+22,8
	180	6	−190,0	+42,9	+22,4	+19,2	+3,0	0,0	+44,0	+32,3	+50,0	+25,8
	180	8	−360,0	+52,0	+15,7	+29,1	+1,0	−3,0	+55,3	+40,8	+40,8	+41,6
	180	10	−360,0	+34,6	+34,5	+36,5	+2,0	−2,0	+56,9	+41,2	+47,2	+39,5
	190	8	−200,0	+38,4	+37,6	+44,8	0,0	−4,0	+65,0	+51,7	+58,9	+52,9
	200	4	−490,0	+47,2	+45,5	+40,0	−4,0	−7,0	+64,2	+50,7	+61,7	+50,9

Właściwości mechaniczne w stanie równowagi z powietrzem o temperaturze 20°C i wilgotności względnej 65%

Rodzaj drewna	Warunki obróbki termicznej		Zwichrowanie elementów próbnych	twardość wg Brinella na przekroju			wytrzymałość na		udarność	siła wyciągania wkrętu ∅ 4×30 mm	wytrzymałość na ścinanie (adhezja)	
	temperatura	czas		poprzecznym	promieniowym	stycznym	rozciąganie w poprzek włókien	zginanie dynamiczne			skleiny kleju fenolowego	powłoki emalii poliuretanowej
	t °C	τ godz.	Δ %	$H_\perp$ %	H_r %	H_t %	$R_{r\perp}$ %	R_{gd} %	U %	P %	R_t %	R_t %
Olcha	bez obróbki		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	170	8	—31,0	+14,3	— 7,3	— 0,8	—29,3	+15,0	—26,0	—19,5	—13,2	— 4,2
	180	4	—77,0	+38,5	— 0,4	+ 1,7	—20,9	+21,0	+ 9,0	— 1,6	— 9,3	+12,5
	180	6	—51,0	+17,2	— 6,1	+ 1,7	—32,6	+ 6,0	—40,0	—17,1	—22,5	+13,5
	180	8	—23,0	+23,4	— 2,0	+ 2,5	—37,2	+ 2,0	—45,0	—19,9	—30,0	—29,2
	180	10	—49,0	+24,9	— 9,7	— 5,4	—44,4	— 2,0	—55,0	—37,5	—24,0	—29,2
	190	8	—105,0	+18,1	—13,4	— 6,2	—47,3	+ 6,0	—23,0	—42,3	—31,8	+ 5,2
	200	4	—121,0	+16,0	— 7,3	— 8,7	—43,5	+ 4,0	—17,0	—41,9	—38,0	—19,8
Jawor	bez obróbki		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	170	8	—140,0	+35,7	— 0,4	+23,7	—14,6	0,0	—28,0	+ 0,4	+ 3,7	— 9,4
	180	4	—160,0	+27,3	+12,1	+20,5	— 4,3	+13,0	— 7,0	— 1,0	+ 4,9	+15,6
	180	6	—190,0	+40,3	+13,9	+42,4	—23,8	+ 1,0	—32,0	— 2,8	+ 1,2	+25,8
	180	8	—360,0	+44,9	+10,0	+28,6	—33,5	— 6,0	—42,0	—20,4	+ 9,9	—10,9
	180	10	—360,0	+48,1	+ 0,4	+25,1	—42,4	—10,0	—45,0	—20,8	— 4,3	+26,7
	190	8	—200,0	+48,2	+ 4,6	+25,4	—40,7	—15,0	—38,0	—26,4	+ 9,3	— 9,4
	200	4	—430,0	+31,2	— 5,0	— 5,7	—51,0	—20,0	—64,0	—24,5	—25,3	—30,5



Rys. 8. Zależność skurczu K od wilgotności równoważnej W_r przy wilgotności względnej powietrza 95% i temperaturze 25°C: K_{rw} — skurcz w kierunku promieniowym, K_{tw} — skurcz w kierunku stycznym

można stąd wnosić, że wskutek obróbki termicznej uległa obniżeniu wytrzymałość na ścinanie drewna olchowego, natomiast wytrzymałość sklein była większa od wytrzymałości drewna.

Ciężar właściwy drewna mało się zmienia wskutek obróbki termicznej, wykazuje jednak słabą tendencję spadkową. Drewno jaworowe zmniejszało swój ciężar właściwy w mniejszym stopniu niż olchowe.

Adhezja powłok emalii poliuretanowej jest, jak się wydaje, niezależna od warunków termicznej obróbki drewna; dość znaczny rozrzut wytrzy-

małości na ścinanie tej powłoki należy przypisać dużej wrażliwości emalii poliuretanowej na warunki otoczenia, panujące podczas jej nanoszenia na drewno i utwardzania. Zaobserwowano, że wilgotność względna powietrza wywiera zasadniczy wpływ na jakość powłoki; przy dużej wilgotności powietrza (powyżej 60%) powłoka ma wyraźnie porowatą strukturę, wskutek czego jej wytrzymałość gwałtownie maleje.

Pod wpływem obróbki termicznej twardość drewna olchowego na przekrojach promieniowym i stycznym nieznacznie zmniejsza się. Natomiast w drewnie jaworowym obserwuje się dość wyraźny wzrost twardości tych przekrojów. Twardość na przekroju poprzecznym wzrasta wskutek obróbki termicznej zarówno w drewnie olchowym, jak i w drewnie jaworowym.

Ogólnie można stwierdzić, że drewno olchowe jest bardziej podatne na działanie powietrza o podwyższonej temperaturze — zarówno w sensie pozytywnych, jak i negatywnych zmian właściwości — aniżeli drewno jaworowe.

Na podstawie dokonanej analizy wyników można ustalić właściwości drewna najbardziej zmieniające się pod wpływem obróbki termicznej w powietrzu i wykazując stosunkowo wyraźną zależność od temperatury i czasu trwania tego zabiegu. Biorąc jednocześnie pod uwagę negatywny lub pozytywny charakter zmian właściwości drewna dla jego przydatności do produkcji przemysłowej, podzielono te właściwości na dwie grupy:

właściwości fizyczne, zmieniające się w kierunku pozytywnym — spęcznienie w kierunku promieniowym i stycznym, skurcz w kierunku promieniowym i stycznym;

właściwości mechaniczne, zmieniające się w kierunku negatywnym — wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien, udarność, siła wyciągania wkrętów.

Dla każdej z tych dwu grup właściwości obliczono na podstawie danych tabeli 4 średnią wartość zmian, spowodowaną przez obróbkę termiczną drewna w określonych warunkach. Otrzymane w ten sposób wskaźniki przeciętnych pozytywnych zmian właściwości fizycznych i negatywnych zmian właściwości mechanicznych drewna zestawiono w tabeli 5. W tabeli tej zamieszczono również średnie wartości zwichrowania elementów próbnych.

W wyniku takiego postępowania dla każdej kombinacji parametrów obróbki termicznej i rodzaju drewna otrzymano trzy wskaźniki jakościowe, umożliwiające syntetyczną ocenę danego wariantu obróbki pod względem osiągniętego stopnia wymiarowej stabilizacji drewna, spadku jego właściwości mechanicznych oraz stopnia deformacji, który wpływa na wielkość niezbędnego nadmiaru na obróbkę skrawaniem, a tym samym na wydajność materiałową i koszty materiałowe produkcji. Zależnie od ważności każdego z tych czynników w danym wypadku, można na pod-

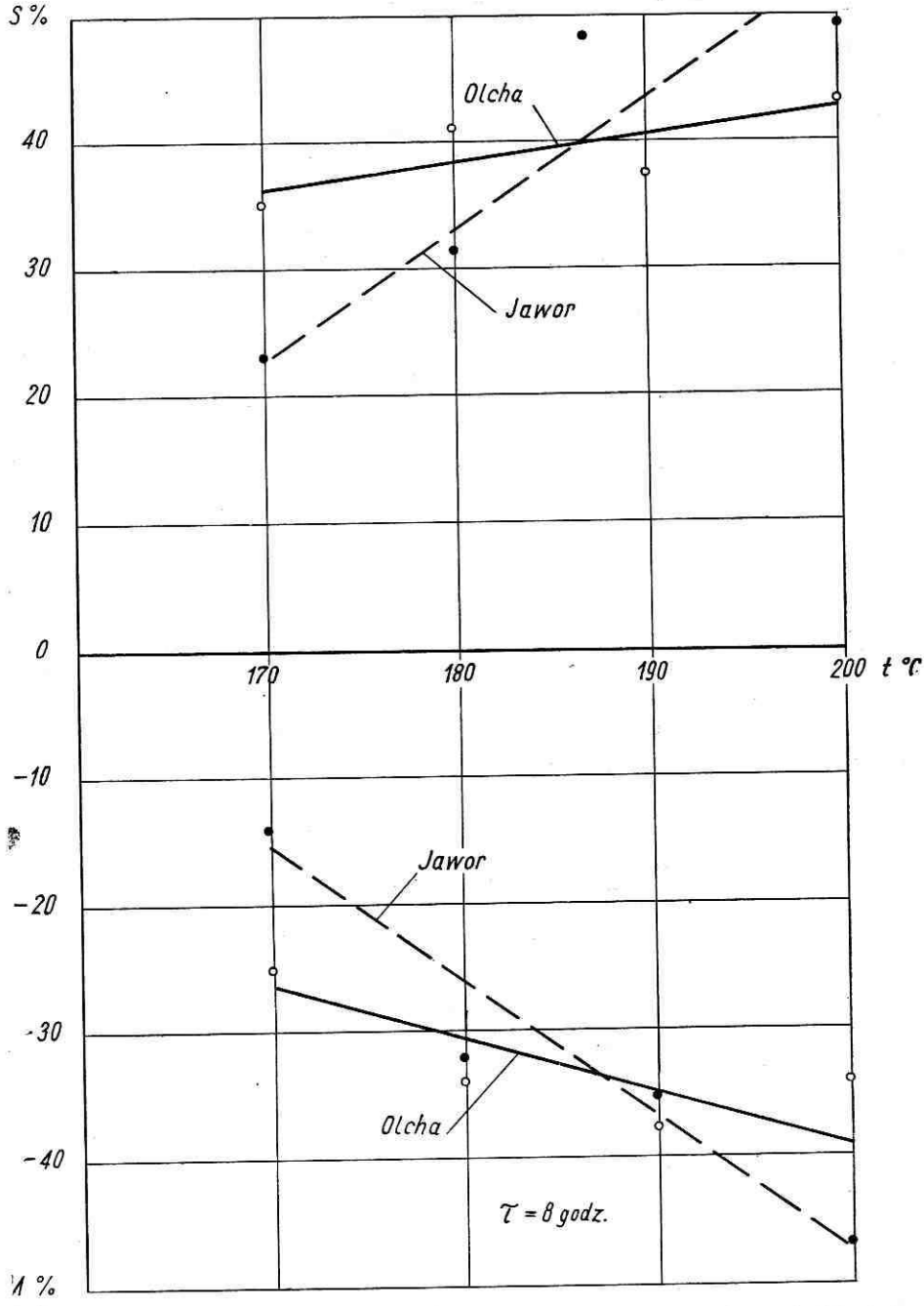
Tabela 5

Wskaźniki zmian właściwości drewna, spowodowanych przez jego obróbkę termiczną w powietrzu; zmiany pozytywne oznaczono znakiem (+), zmiany negatywne — znakiem (—)

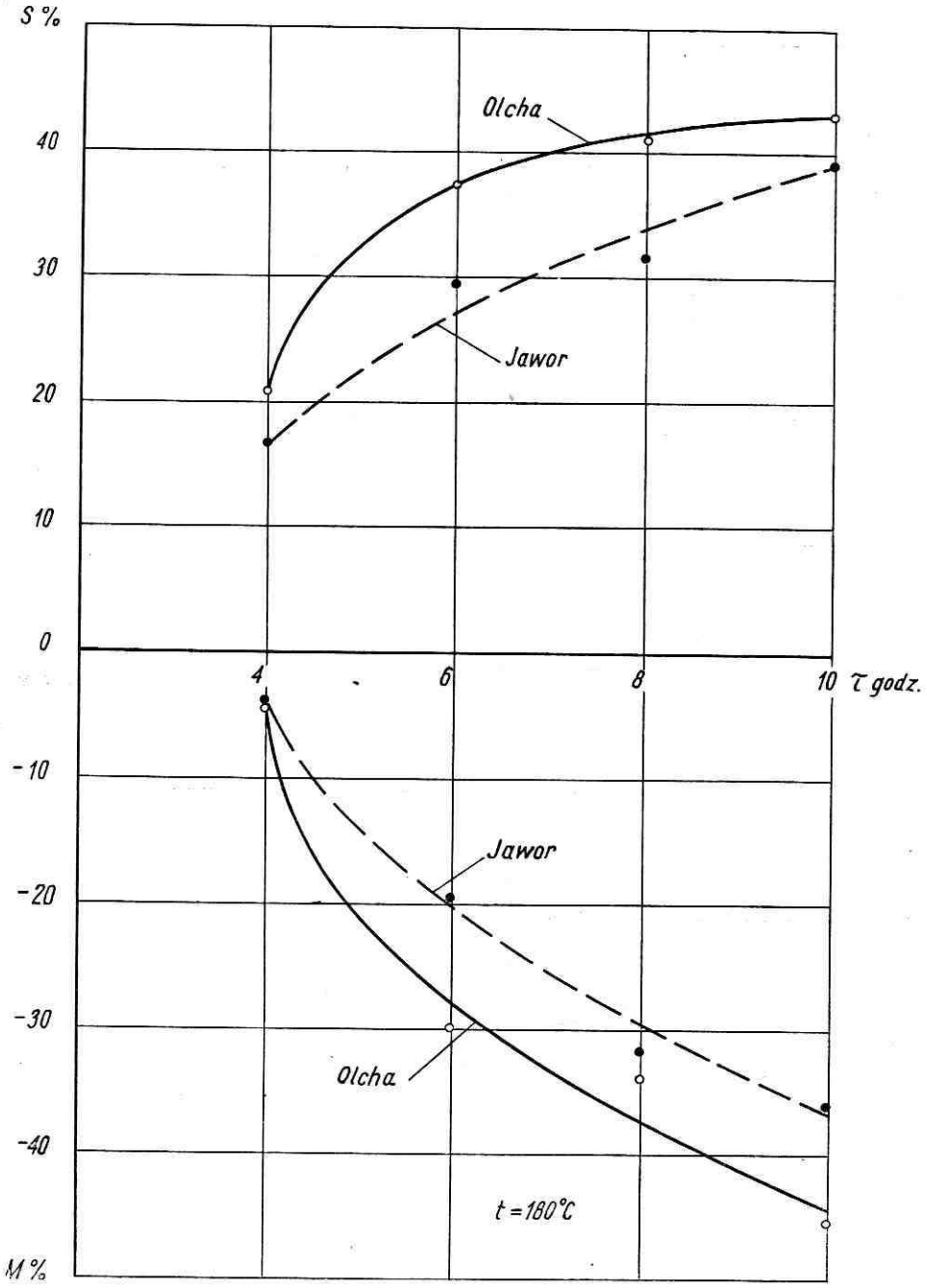
Rodzaj drewna	Warunki obróbki termicznej		Wskaźnik stabilizacji wymiaru drewna w poprzek włókien przy sorpcji lub desorpcji wilgoci	Wskaźnik obniżenia mechanicznych właściwości drewna	Zwichrowanie elementów próbnych	
	temperatura	czas			bezwzględne	w stosunku do wymiaru grubości
	t °C	τ godz.	%	%	mm	%
Olcha	bez obróbki		0,0	0,0	3,9	12,2
	170	8	+35,2	—24,9	5,1	15,9
	180	4	+20,7	— 4,5	6,9	21,6
	180	6	+38,1	—29,9	5,9	18,4
	180	8	+41,3	—34,0	4,8	15,0
	180	10	+43,3	—45,6	5,8	18,1
	190	8	+37,7	—37,5	8,0	25,0
	200	4	+43,5	—34,1	8,6	26,9
Jawor	bez obróbki		0,0	0,0	1,0	3,1
	170	8	+23,6	—14,0	2,4	7,5
	180	4	+17,1	— 4,1	2,6	8,1
	180	6	+29,4	—19,5	2,9	9,1
	180	8	+31,8	—32,0	4,6	14,4
	180	10	+39,5	—36,1	4,6	14,4
	190	8	+46,6	—35,0	3,0	9,4
	200	4	+49,6	—46,5	5,9	18,4

stawie wskaźników tabeli 5 stosunkowo łatwo dobierać odpowiednie, optymalne parametry obróbki termicznej. Należy jednak zastrzec się, że miarodajność wskaźnika deformacji (zwichrowania) drewna nie jest zupełna, gdyż wskaźnik ten wykazał dużą zmienność i małą regularność zależności od parametrów obróbki termicznej. Dlatego praktyczna przydatność tego wskaźnika jest ograniczona, w związku z czym dobór parametrów obróbki termicznej należałoby opierać w głównej mierze na dwu pierwszych wskaźnikach, tj. na wskaźniku stabilizacji wymiarowej drewna oraz na wskaźniku spadku jego właściwości mechanicznych.

Dane zawarte w tabeli 5 przedstawiono również graficznie w zależności od temperatury (rys. 9) oraz od czasu trwania obróbki termicznej (rys. 10). Z rys. 9 wynika, że w zbadanym przedziale 170—200°C stabilizacja wymiarowa drewna wzrasta proporcjonalnie do temperatury obróbki, a jego właściwości mechaniczne obniżają się odwrotnie propor-



Rys. 9. Zależność stabilizacji wymiarowej S i właściwości mechanicznych M od temperatury t obróbki termicznej drewna w powietrzu



Rys. 10. Zależność stabilizacji wymiarowej S i właściwości mechanicznych M od czasu τ obróbki termicznej drewna w powietrzu

cjonalnie do tej temperatury, przy czym charakter obu tych zależności jest prostoliniowy. Z nachylenia prostych, wyrażających te zależności dla drewna olchowego i dla drewna jaworowego, można wnioskować, że zarówno zależność stabilizacji, jak i zależność właściwości mechanicznych od temperatury obróbki jest słabsza dla drewna olchowego niż dla drewna jaworowego. Przy temperaturze około 187°C osiąga się jednakowe względne zmiany właściwości obu tych rodzajów drewna.

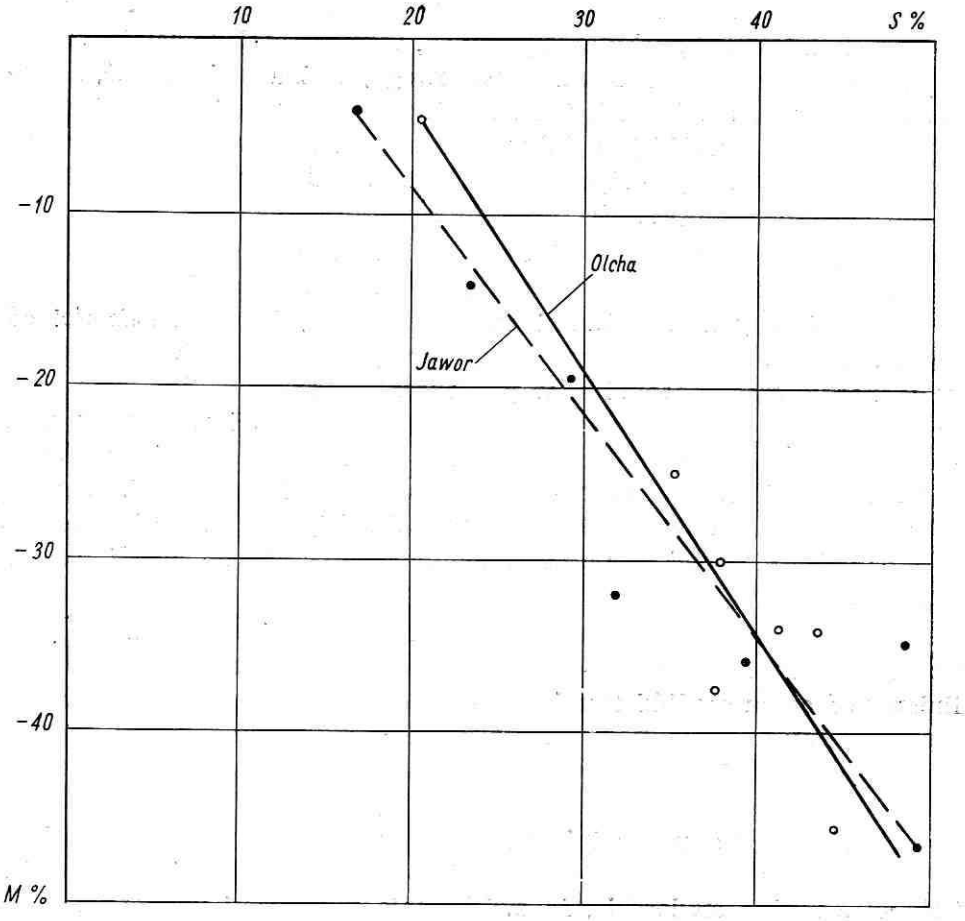
Zależność zmian właściwości drewna od czasu jego obróbki termicznej w powietrzu o temperaturze 180°C (rys. 10) ma ten sam kierunek, co zależność zmian tych właściwości od temperatury, jednak zależności od czasu obróbki są krzywoliniowe, a przyrosty zmian właściwości drewna na jednostkę czasu obróbki są w przybliżeniu jednakowe dla obu rodzajów drewna. Natomiast różny jest stopień stabilizacji wymiarów oraz spadku właściwości mechanicznych dla drewna olchowego i jaworowego, uzyskany po jednakowym czasie trwania obróbki termicznej. Drewno jaworowe wykazuje mniejsze zmiany właściwości, a więc mniejszą podatność na działanie powietrza o podwyższonej temperaturze, aniżeli drewno olchowe.

Jednakowy charakter zależności stabilizacji wymiarów drewna i jego właściwości mechanicznych — prostoliniowy od temperatury i krzywoliniowy od czasu obróbki termicznej — pozwala wnioskować, że powinna również istnieć regularna zależność mechanicznych właściwości drewna od stopnia stabilizacji jego wymiarów, osiągniętej dzięki tej obróbce. Jak wynika z graficznego opracowania (rys. 11), zależność taka rzeczywiście zachodzi. Jest ona prostoliniowa, przy czym proste charakteryzujące tę zależność dla drewna olchowego i jaworowego prawie się pokrywają. Tak więc można stwierdzić, że zwiększenie stabilizacji wymiarowej na drodze termicznej obróbki drewna musi jednocześnie pociągać za sobą określony spadek jego właściwości mechanicznych, wprost proporcjonalny do osiągniętego stopnia stabilizacji.

Zależności przedstawione na rys. 9, 10 i 11 uogólniają dane tabeli 5 i pozwalają na łatwiejszy wybór parametrów obróbki termicznej, zależnie od wymaganego stopnia stabilizacji wymiarów drewna i dopuszczalnego obniżenia jego właściwości mechanicznych.

WNIOSKI

1. Obróbka termiczna drewna olchowego i jaworowego w gorącym powietrzu zmniejsza jego higroskopijność, powodując tym samym hydrofobizację drewna. Dzięki temu możliwe jest znaczne zmniejszenie pęcznienia i skurczu przy zmianach wilgotności drewna w przedziale higroskopijnym.



Rys. 11. Spadek mechanicznych właściwości drewna *M* przy wzroście jego stabilizacji wymiarowej *S* wskutek obróbki termicznej w powietrzu

Działając na drewno powietrzem o temperaturze 180—190°C przez 8 godzin osiąga się przeciętne zmniejszenie spęcznienia i skurczu o blisko 38% w stosunku do wartości spęcznienia i skurczu, wykazywanych przez drewno nie poddane obróbce termicznej. Jednocześnie jednak mechaniczne właściwości drewna (wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien, udarność i siła wyciągania wkrętów) obniżają się przeciętnie około 35%. Obróbka termiczna zwiększa też deformacje drewna, co pociąga za sobą konieczność powiększenia nadmiaru na obróbkę skrawaniem.

Pozostałe fizyczne i mechaniczne właściwości drewna obrobionego termicznie nie ulegają istotnym zmianom z wyjątkiem barwy, która staje się tym ciemniejsza, im wyższa była temperatura i dłuższy czas trwania obróbki termicznej.

Zależność podstawowych właściwości drewna olchowego i jaworowego od parametrów jego obróbki termicznej w powietrzu podano na rys. 9 i 10.

2. Spadek mechanicznych właściwości drewna jest proporcjonalny do stopnia jego stabilizacji wymiarowej (rys. 11), osiągniętej dzięki obróbce termicznej w gorącym powietrzu. Wskutek tego nie można zalecić konkretnych wartości temperatury powietrza i czasu trwania obróbki termicznej drewna, optymalnych dla jego przemysłowego zastosowania. Wartości tych parametrów należałoby ustalać na podstawie wykresów (rys. 9 i 10), w zależności od wymaganego stopnia stabilizacji wymiarowej drewna i dopuszczalnego obniżenia jego właściwości mechanicznych.

3. Przed obróbką wymiarową należy drewno obrobione termicznie nawilżyć do wilgotności, jaką będzie ono miało w gotowym wyrobie. Jest to niezbędne do uzyskania niezmiennych wymiarów elementów wyrobów po ich obróbce wymiarowej. Cel ten można osiągnąć na drodze klimatyzacji drewna przez okres niezbędny do uzyskania ostatecznego poziomu jego wilgotności, który przy jednakowych warunkach klimatyzacji zależy od stopnia obniżenia higroskopijności drewna przez obróbkę termiczną. Ustalenie minimalnych czasów takiej klimatyzacji wymaga przeprowadzenia odrębnych badań; wyniki badania dynamiki sorpcji wilgoci z powietrza (rys. 5 i 6) wskazują, że czas klimatyzacji nie zależy od stopnia hydrofobizacji drewna.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ГИГРОСКОПИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ОЛЬХИ И ЯВОРА

Краткое содержание

На основе результатов исследований других авторов (2, 3, 5, 8) была выдвинута гипотеза, что термообработка горячим воздухом может применяться целью снижения гигроскопичности и сорбционных изменений размеров древесины. Для проверки правильности этой гипотезы, ольховая (*Alnus glutinosa* Gaertn.) и яворовая (*Acer pseudoplatanus* L.) древесина ввиде досок размерами в 32 × 100 × 450 мм была подвержена термообработке воздухом в температуре 170, 180, 190 или 200°C в течение 4, 6, 8 или 10 часов. После истечения 48 часов с момента окончания обработки были измерены деформации (коробление) досок, а потом через 2 месяца климатизировано их в воздухе температурой 20°C и относительной влажностью 65%.

Из каждой доски была сделана проба для исследования удельного веса, набухания в воде и водопоглощения, равновесной влажности в воздухе температурой 25°C и относительной влажностью 65 или 95%, усушки до безводного состояния, сопротивления растяжению поперек волокон и динамическому изгибу, сопротивление ударному изгибу, твердости методом Бринеля, силы извлечения винтов, а также адгезии фенольного клея и полиуретановой эмалии. Показателем адгезии было сопротивление

срезыванию клеевых швов, полученных путем этих вяжущих веществ. В большинстве применялись методы измерений, рекомендованные польскими стандартами.

Результаты исследований сопоставлено в табл. 2, с приведением тоже тех самых данных для древесины не подверженной термообработке. Потом вычислено изменения исследованных свойств, вызванные термообработкой древесины, выражая их относительно тех-же свойств древесины не подверженной обработке (табл. 3, 4 и 5).

Установлено, что термообработка вызывает гидрофобизацию древесины, значительно снижая ее гигроскопичность, а также усушку и набухание поперек волокон в тангенциальном и радиальном направлении; изменения этих свойств являются пропорциональными к температуре (рис. 10) и продолжительности (рис. 11) обработки. Одновременно происходят, однако, негативные изменения механических свойств древесины, а именно падение ее сопротивления растяжению поперек волокон, сопротивления ударному изгибу и силе извлечения винтов, которые тоже пропорциональны к температуре и продолжительности термообработки. Во время этой обработки возникают значительные деформации досок, а цвет древесины темнеет. Остальные исследованные свойства древесины тоже подвергаются некоторым изменениям, однако, они не так отчетливы, как свойства приведенные выше.

В заключении можно установить, что термообработка древесины горячим воздухом может применяться только тогда, когда допустимо некоторое снижение ее механических свойств и изменение цвета. Вследствие деформации досок это мероприятие снижает также объемный выход продукции.

THE INFLUENCE OF THERMAL PROCESSING ON THE HYGROSCOPICAL AND TECHNICAL PROPERTIES OF ALDER AND MAPLE WOOD

Summary

Basing on results of studies by other authors (2, 3, 5, 8) the hypothesis was put forth that the thermal processing with a hot air might be used in order to decrease the hygroscopicity and sorptive changes in wood dimensions. In order to verify this assumption, wood of alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) in a form of boards with dimensions of $32 \times 100 \times 450$ mm was subjected to thermal processing in the air with the temperature of 170, 180, 190 or 200°C during 4, 6, 8 or 10 hours. After 48 hours since the completion of processing, deformations (warps) of boards were measured and then during 2 months

boards were conditioned in the air with the temperature of 20°C and relative humidity of 65%.

From each board samples were taken for the examination of specific gravity, swelling in water and water absorption, equivalent moisture content in air with the temperature of 25°C and relative humidity of 65% or 95%, shrinkage to anhydrous state, tensile strength across grain and dynamic bending strength, impact resistance, hardness after Brinell's method, screw pulling force, and the adhesion of phenol glue and polyurethane enamel. Adhesion index provided the shear strength of wood glue joints obtained with the use of these bonds. In majority of tests there were used measurement techniques recommended by Polish Standards.

Research results are compared in table 2 giving also these same data for the wood not subjected to thermal processing. Afterwards there were calculated changes of the examined properties caused by thermal processing of wood and expressed against these same properties of wood not subjected to processing (tables 3, 4, and 5).

It was found that the thermal processing results in the hydrophobic condition of wood, considerably decreasing its hygroscopicity, as well as the shrinkage and swelling across grain in tangent and radial directions; changes in these properties are proportional with temperature (fig. 10) and duration (fig. 11) of processing. At the same time there occur, however, negative changes in mechanical properties of wood, namely the decrease in its tensile strength across grain, impact resistance, and screw pulling force, which are also proportional with temperature and duration of thermal processing. During this processing there occur considerable deformations of boards, while the colour of wood darkens. Other examined wood properties are also subjected to certain changes, however, not so obvious as the above mentioned ones.

In conclusion one can state that the thermal processing of wood with the hot air might be used only when certain lowering of its mechanical properties and change of colour are permissible. Due to the deformation of boards the treatment lowers also materials output.

LITERATURA

1. Berlin A. A.: Issledowanija w obłasti chimii i tiechnołogii obłagorożennoj drewiesiny i drewiesnych płasticzeskich mass. Moskwa–Leningrad 1950.

2. Fengel D.: Über die Veränderungen des Holzes und seiner Komponenten im Temperaturbereich bis 200°C. II Mitteilung. Die Hemicellulosen in unbehandeltem und in thermisch behandeltem Fichtenholz. „Holz als Roh- und Werkstoff" 1966.

3. Kollmann F., Schneider A.: Untersuchungen über den Einfluss von Wärmebehandlungen in Temperaturbereich bis 200°C und von Wasserlagerung bis 100°C auf wichtige physikalische und physikalisch-chemische Eigenschaften des Holzes. Köln-Opladen 1964.

4. Kollmann F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Bd II. Berlin-Göttingen-Heidelberg-München 1955.

5. Kolosváry G.: Faforgács és kenderpozdorjabútorlapok vizzel szembeni ellenállóképességének növelese a forgács, illetre pozdorja ellözetes hokezelése útján. „Faipar" 1965.

6. Krach H., Wojtowicz A.: Badania nad hydrofobizacją niektórych gatunków drewna liściastego. „Folia Forestalia Polonica" 1962, seria B, zesz. 4.

7. Krzysik F.: Nauka o drewnie. Warszawa 1957.

8. Melcerová A.: Über einige chemische Veränderungen bei thermischer Vergütung von Buchenholz. Perspektiven der Grundlagenforschung des Holzes. Bratislava 1963.

9. Seifert K.: Angewandte Chemie und Physikochemie der Holztechnik. Leipzig 1960.

TREŚĆ

I. Geneza i cel badań 13
II. Rodzaje badań 15
III. Materiał doświadczalny, elementy próbne i próbki 16
IV. Obróbka termiczna elementów próbnych i przygotowanie próbek . . . 17
V. Badanie właściwości fizycznych 22
VI. Badanie właściwości mechanicznych 25
VII. Opracowanie, omówienie i synteza wyników 29
Wnioski 39
Краткое содержание 41
Summary 42
Literatura 43