

WPŁYW MODYFIKACJI DREWNA TOPOLOWEGO IZOCYJANIANAMI NA NIEKTÓRE JEGO WŁAŚCIWOŚCI

Maciej Ławniczak

Instytut Mechanicznej Technologii Drewna WSR w Poznaniu

Synopsis: Results of research work aimed at the determination of the effect of poplar wood modification with preparation „Izocyn PP-85” (diisocyanate-diphenylomethan) and mixture of Izocyn PP-85 with Izocyn PT Desmodur L) at the ratio 9:1, and 7:3 on some properties of modified wood are discussed in the paper. Oven-dry wood was treated and conditioned afterwards under room conditions. Following properties of the modified wood have been determined: swelling in water and moist air, hygroscopicity, water absorption capacity, and static bending strength.

I. GENEZA ZAGADNIENIA I CEL PRACY

Drewno jako materiał konstrukcyjny wykazuje obok znanych powszechnie zalet również szereg wad, z których za najważniejsze można uznać: higroskopijność i związane z nią pęcznienie i kurczenie się drewna, różne w poszczególnych kierunkach anatomicznych; anizotropia budowy anatomicznej i wynikająca stąd anizotropia wytrzymałości, niska odporność na ścieranie oraz podatność na działanie czynników biologicznych (grzyby, bakterie, owady).

Poprawienie stabilności wymiarowej drewna oraz ograniczenie pozostałych wymienionych wad można uzyskać przez:

— częściowe usunięcie lub odizolowanie grup OH drogą chemicznego zablokowania lub bezpośredniej ich eliminacji;

— wypełnienie przestrzeni wolnych w tkance drzewnej substancją, która nie zmienia swej objętości przy zmianie względnej wilgotności otaczającego powietrza lub pod wpływem działania wody, a jednocześnie zwiększa wytrzymałość drewna;

— wzmocnienie struktury drewna drogą sieciowania poprzecznego substancji składowych drewna między sobą oraz z substancją wprowadzoną do tkanki drzewnej.

Właściwości drewna ulegają poprawie w największym stopniu wówczas, gdy występują jednocześnie wszystkie wymienione zjawiska.

Badania naukowe, zmierzające do ograniczenia tych podstawowych wad drewna prowadzone są od dawna. W okresie ostatnich kilkunastu lat prowadzono badania zmierzające do połączenia drewna — polimeru naturalnego — z polimerami syntetycznymi. Większość tworzyw sztucznych charakteryzuje się dużą odpornością na działanie wody i wykazuje minimalną lub nawet zerową nasiąkliwość, jednak ich wytrzymałość mechaniczna jest dość niska. Powiązanie substancji drzewnej z tworzywami sztucznymi poprawia nie tylko właściwości drewna, ale również — w pewnym zakresie — właściwości wytrzymałościowe tworzyw sztucznych, gdyż włókna celulozowe w znacznym stopniu wzmacniają polimer syntetyczny. Niewątpliwie najbardziej efektywną metodą łączenia drewna z tworzywami syntetycznymi jest wprowadzenie do drewna molekuł monomeru, które w dalszej kolejności należy w drewnie spolimeryzować. Monometry występujące w postaci cieczy łatwo przenikają w głąb tkanek drzewnej, gdzie mogą podlegać procesowi polimeryzacji, a nawet kopolimeryzacji ze składnikami substancji drzewnej. Podczas polimeryzacji monomerów w drewnie w niektórych przypadkach mogą powstać również polimery blokowe z cząsteczkami celulozy, hemicelulozy, a nawet ligniny przez powstanie wiązań typu $\text{—O—CH}_2\text{—}$, $\text{CH}_2\text{—O—C}$ lub innych. W wyniku powstawania wiązań chemicznych uzyskuje się doskonałe wypełnienie struktury drewna. Trwałe powiązanie polimeru naturalnego, jakim są składniki substancji drzewnej z polimerem syntetycznym, powoduje modyfikację drewna naturalnego i powstanie układu drewno-polimer.

Proces polimeryzacji monomerów w drewnie można zainicjować działaniem promieniowania o wielkiej energii w temperaturze pokojowej lub działaniem ciepła w obecności inicjatorów chemicznych.

W ostatnich latach pojawiły się informacje wskazujące na możliwość modyfikacji drewna również izocyjanianami i wodnymi roztworami żywic poliuretanowych [1-4]. Dwuizocyjaniany o bardzo aktywnych grupach NCO reagują z grupami hydroksylowymi bez dodatku inicjatora. Grupy hydroksylowe znajdujące się w drewnie są zdolne do reakcji z izocyjanianami. Ponieważ dwuizocyjaniany jako produkty pośrednie w przemyśle tworzyw sztucznych charakteryzują się niskim ciężarem cząsteczkowym, możliwe jest podczas nasycania drewna ich penetracja do ścian komórkowych.

W związku z tym uznano za celowe przeprowadzenie badań zmierzających do stwierdzenia wpływu modyfikacji drewna dwuizocyjanianami krajowej produkcji na zmianę niektórych właściwości drewna.

II. METODYKA BADAŃ I OPIS PRZEPROWADZONYCH DOŚWIADCZEŃ

1. DOBÓR MATERIAŁU DRZEWNEGO

Przeprowadzone przez autora badania wykazały, że przy tej samej zawartości w zmodyfikowanym drewnie polimeru syntetycznego, w tym większym zakresie poprawiają się właściwości drewna, im mniejszą ma ono gęstość. Z tego względu do badań użyto drewna topolowego charakteryzującego się małą gęstością. Za celowością użycia do badań tego drewna przemawiał ponadto fakt, że topola jest przedstawicielem gatunków szybko rosnących i że drewna topolowe jest łatwo nasycalne.

Materiał drzewny do badań wyrobiono z przyobwodowych części przekroju kłody oraz z tych samych stref przyrostów rocznych, co zapewniło otrzymanie możliwie jednorodnego materiału doświadczalnego. Do nasycania użyto drewno w stanie zupełnie suchym w postaci graniaków o wymiarach $35 \times 35 \times 150$ mm w liczbie 10 graniaków na każdy wariant roztworu nasycającego.

2. DOBÓR RODZAJU IZOCYJANIANÓW

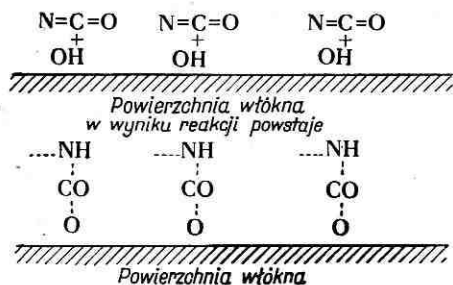
Z dotychczas podejmowanych prób modyfikacji drewna izocyjanianami na szczególną uwagę zasługują prace doświadczalne Burmestera [1, 2]. W doświadczeniach tych do modyfikacji drewna sosnowego i bukowego zastosowano dwuizocyjanian Desmodur L, którego odpowiednikiem krajowym jest izocyn PT. Do nasycania drewna stosowano Desmodur L rozcieńczony dwuchlorometanem w stosunku 1:1.

Do badań z tego zakresu można zaliczyć pracę Hartmana [4], który do modyfikacji drewna gatunków amerykańskich zastosował wodne roztwory żywicy poliuretanowej Nopcothane D-603 i Nopcothane 701.

Zaletą izocyjanianów w zastosowaniu do modyfikacji drewna jest możliwość ich polimeryzacji w drewnie bez katalizatora. Bardzo aktywne grupy izocyjanianów $N=C=O$ łatwo reagują ze związkami zawierającymi grupy hydroksylowe, a do takich związków należy przede wszystkim celuloza. Schemat wiązania grup izocyjanianowych z grupami hydroksylowymi celulozy przedstawia rys. 1. Dwuizocyjaniany z parzystą liczbą atomów węgla tworzą wiązania przestrzenne o dużej sile międzycząsteczkowej wywołanej wiązaniami wodorowymi.

Izocyjaniany sieciując włókna zmniejszają ich zdolność do zwilżania i pęcznienia pod wpływem wody. Dwuizocyjaniany natomiast oprócz obniżania zdolności zwilżania wzmacniają nasycane nimi materiały, podwyższają ich wytrzymałość na rozciąganie oraz temperaturę mięknięcia [5].

W związku z tym, do badań wchodzących w zakres niniejszej pracy zdecydowano się zastosować dwuizocyjaniany krajowej produkcji, a przede wszystkim izocyn PP-85 oraz częściowo jako składnik dodatkowy izocyn PT.



Rys. 1 Schemat wiązania grup izocyjanianowych z grupami hydroksylowymi celulozy

Za celowością wyboru izocynu PT przemawiał fakt, że był on stosowany w doświadczeniach prowadzonych przez Burmestera i że jako mieszanina niskocząsteczkowych żywic poliuretanowych zawiera wolne grupy izocyjanianowe i jest w praktyce stosowany jako czynnik sieciujący. Wymienione izocyny pochodziły z produkcji Zakładów Doświadczalnych „Izochem” w Bydgoszczy.

Izocyn PP-85 jest technicznym dwuizocyjanianem 4,4-dwufenylometanu.

Zawarte w nim wolne grupy —N=C=O pozwalają temu związkowi łatwo wchodzić w łańcuchowe reakcje poliaddycji ze związkami wielowodorotlenowymi.

Użyty do badań izocyn PP-85 był słabo zamgloną cieczą barwy ciemnej, charakteryzował się zawartością czynnych grup NCO 28,5% cz. wag., co w przeliczeniu na dwuizocyjanian dwufenylometanu wynosi 85% cz. wag. Lepkość izocynu PP-85 w temperaturze 25°C wynosiła 600 cP, gęstość natomiast 1,23 g/cm³.

Izocyn PT jest mieszaniną niskocząsteczkowych żywic poliuretanowych, otrzymanych w reakcji poliaddycji toluilenodwuiizocyjanianu z alkoholami wielowodorotlenowymi. Izocyn PT jest lepłą cieczą stanowiącą 75-proc. roztwór żywicy w rozpuszczalniku — octanie etylu. Dzięki wolnym grupom N=C=O izocyn PT jest bardzo reaktywny w stosunku do innych związków lub polimerów zawierających ugrupowania z czynnym wodorem.

Zastosowany do badań izocyn PT miał postać lepkiej, jasnożółtej cieczy o zawartości czynnych grup NCO 13,47% oraz wolnego izocynu TDI 4,3% i substancji nielotnych (żywicy) 74%. Charakteryzował się lepkością w temperaturze 25°C 1870 cP oraz gęstością wynoszącą 1,18 g/cm³.

Do nasycania drewna zdecydowano się stosować następujące składry roztworów nasycających:

- 100% izocynu PP-85,
- 90% izocynu PP-85 + 10% izocynu PT,
- 70% izocynu PP-85 + 30% izocynu PT.

Ograniczenie zastosowania izocynu PT jako częściowego dodatku do izocynu PP-85 wynikło stąd, że izocyn PT jest cieczą o dużej lepkości. W związku z tym bez uprzedniego rozcieńczenia izocynu PT nie da się

wprowadzić do błon komórkowych drewna. Ponieważ izocyn PT jest bardzo reaktywny w stosunku do polimerów i innych związków zawierających ugrupowania z czynnym wodorem, przeto wprowadzenie go do drewna wspólnie z izocynem PP-85, charakteryzującym się mniejszą lepkością, powinno wywrzeć korzystny wpływ na zmianę niektórych właściwości zmodyfikowanego drewna.

3. DOBÓR SPOSOBU NASYCANIA

Podstawą właściwego zmodyfikowania drewna jest odpowiednie jego nasycenie roztworem dwuizocyjanianów. Stopień zmodyfikowania drewna jest zależny przede wszystkim od stopnia penetracji monomeru do ścianek komórkowych. Rozmieszczenie jakiegokolwiek związku chemicznego w drewnie, zdaniem Schuercha [6], zależy od charakteru funkcjonalnych grup cząsteczki zdolnych do tworzenia wiązań wodorowych. Dlatego też substancja przeznaczona do nasycania drewna powinna wykazywać zdolność do tworzenia silnych wiązań wodorowych. Penetracja roztworu chemicznego do drewna zależy jednakże nie tylko od charakteru wiązań wodorowych, od ciężaru cząsteczki, lepkości i lotności, ale również od anatomicznej budowy i stanu wilgotnościowego drewna i sposobu nasycania. Drewno można nasycać mając na uwadze osiągnięcie następujących trzech celów:

- pełne wypełnienie wszystkich przestrzeni komórkowych;
- utworzenie powłoki nasycającej na wewnętrznych i zewnętrznych stronach ścian komórkowych lub częściowe wypełnienie przestrzeni komórkowych;
- wprowadzenie środka nasycającego do wnętrza ścian komórkowych.

Ponieważ z praktycznego punktu widzenia najtrudniejszym zadaniem jest zrealizowanie celu trzeciego, przeto w badaniach wchodzących w zakres niniejszej pracy starano się osiągnąć cel pierwszy, a mianowicie pełne wypełnienie przestrzeni komórkowych przez zastosowanie zmiennych parametrów nasycania.

Przebieg czynności, mających na celu uzyskanie pełnego nasycenia, przedstawiał się następująco:

- a) załadunek graniaków do zbiornika nasycającego,
- b) wytworzenie podciśnienia w zbiorniku nasycającym drewno o wysokości $0,9 \text{ kG/cm}^2$ i utrzymywanie go przez okres 1 godz.,
- c) wprowadzenie do zbiornika roztworu nasycającego o temperaturze 20°C ,
- d) podwyższenie ciśnienia do wysokości 4 kG/cm^2 i utrzymywanie go przez okres 3 godz.,
- e) redukcja nadciśnienia do ciśnienia atmosferycznego i pozostawienie graniaków w zbiorniku przez okres 20 godz.,
- f) wyjęcie graniaków ze zbiornika nasycającego.

Stosując wymienione parametry nasycania zdawano sobie sprawę, że o tym, gdzie i ile substancji wprowadzono do drewna decydują ponadto takie czynniki, jak udział drewna wczesnego i późnego, właściwości fizyczne i chemiczne substancji składowych drewna i inne.

Graniaki nasycone roztworem izocyjanianów w celu utworzenia się usieciowanych cząstek stałego polimeru klimatyzowano przez okres trzech miesięcy w pomieszczeniu pracowni w temperaturze $18 \pm 2^\circ\text{C}$ i o względnej wilgotności $60 \pm 5\%$. Tak długi okres klimatyzacji miał na celu osiągnięcie całkowitego utwardzenia się w drewnie wprowadzonej substancji nasycającej. Zaznaczyć należy, że zasadniczym czynnikiem powodującym polimeryzację dwuizocyjanianów w drewnie są grupy wodorotlenowe oraz cząsteczki wody sorpcyjnej [2].

4. OKREŚLANIE WŁAŚCIWOŚCI ZMODYFIKOWANEGO DREWNA

W celu stwierdzenia efektu modyfikacji drewna określano spęcznie drewna w wodzie o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ oraz w powietrzu o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ i względnej wilgotności $94 \pm 3\%$. Próbkę w liczbie 10 szt. z każdej serii nasycania o ściśle zorientowanych przyrostach rocznych i o wymiarach $30 \times 30 \times 10$ mm (ostatni wymiar wzdłuż włókien) umieszczono w wodzie. Próbkę tę wyrobiono z uprzednio nasyconych graniaków o wymiarach $35 \times 35 \times 150$ mm, których przekrój zmniejszono do wymiaru 30×30 mm oraz długość do 130 mm, przez równomierne usunięcie warstw zewnętrznych. Odształcenia wilgotnościowe próbek mierzono w kierunku stycznym i promieniowym z dokładnością do 0,01 mm w odstępach czasu: 1, 3, 6, 9, 24, 72, 120, 240 godz.

W celu określenia spęczenia próbek w wilgotnym powietrzu, umieszczano je w komorze klimatyzacyjnej w odległości 10 mm od lustra wody, również w liczbie 10 z każdej serii nasycania. Zmiany wymiarów próbek nawilżanych w wilgotnym powietrzu określano przez ich ważenie w odstępach czasu: 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 35 i 42 dni.

Spęczenie próbek obliczono w stosunku do ich wymiaru przed nawilżaniem w stanie zupełnie suchym.

Nasiąkliwość próbek moczonych w wodzie oraz higroskopijność próbek nawilżanych w wilgotnym powietrzu określano przez ich ważenie w odstępach czasu przyjętych dla oznaczenia spęczenia. Próbkę ważono z dokładnością do 0,05 g. Nasiąkliwość i higroskopijność obliczano w stosunku do ciężaru próbek przed nawilżaniem w stanie zupełnie suchym.

Wytrzymałość na zginanie statyczne oznaczono na próbkach o wymiarach $4 \times 10 \times 15$ mm wyrobionych z uprzednio zmodyfikowanych graniaków drewna przy zastosowaniu urządzenia do badania właściwości mechanicznych tworzyw sztucznych „Dynstat”. Każdą serię badań przeprowadzono na 30 próbkach. Podczas badania wytrzymałości na zginanie statyczne kierunek działania siły obciążającej odpowiadał kierunkowi promieniowemu w drewnie.

Badanie właściwości fizycznych zmodyfikowanego drewna topolowego przeprowadzono na próbkach o wilgotności $8 \pm 1\%$. Wynikło to z faktu, że podczas trzymiesięcznego klimatyzowania nasyconych próbek w pracowni uległy one nawilżeniu, a podjęcie prób ich wysuszenia do stanu zupełnie suchego napotkało na trudność, gdyż podczas ogrzewania próbek po przekroczeniu temperatury 70°C zaobserwowano na powierzchni wycieki w postaci spienionego poliuretanu.

Badania wytrzymałości na zginanie statyczne przeprowadzono na próbkach o wilgotności 8% oraz na próbkach w stanie maksymalnego spęczenia uzyskanego po dwumiesięcznym moczeniu ich w wodzie.

III. WYNIKI DOŚWIADCZEŃ I ICH ANALIZA

1. WPŁYW MODYFIKACJI DREWNA TOPOLOWEGO NA STABILNOŚĆ WYMIAROWĄ

Wpływ modyfikacji drewna topolowego izocyjanianami na przebieg i wielkość pęcznienia podczas nawilżania w powietrzu o względnej wilgotności $94 \pm 3\%$ i o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ obrazują rys. 2 i 3, natomiast podczas moczenia w wodzie o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ — rys. 4 i 5.

Z wykresów tych wynika, że modyfikacja drewna nie tylko zmniejsza szybkość pęcznienia, ale również jego końcową wartość.

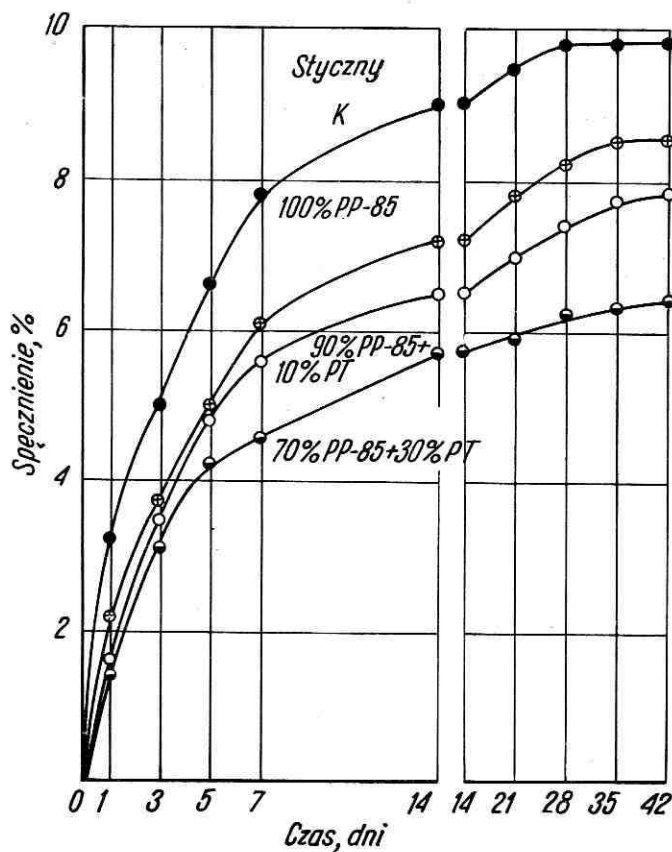
Największy wzrost stabilności wymiarowej wykazało drewno zmodyfikowane przez nasycenie roztworem składającym się w 70% z izocynu PP-85 oraz w 30% z izocynu PT. Najmniejszy wskaźnik zmniejszenia pęcznienia (WZP¹) wykazało drewno zmodyfikowane samym izocynem PP-85 (tab. 1 i 2). Wskaźnik zmniejszenia pęcznienia zmodyfikowanego drewna spada wraz z czasem nawilżania i moczenia drewna. W początkowym okresie nawilżania wynosił od ok. 40 do ok. 60% , natomiast po 42 dniowym nawilżaniu tylko od 13 do 35% .

Wypływa stąd wniosek praktyczny, że zmodyfikowane drewno wykazuje szczególnie dużą stabilność wymiarową przy krótkotrwałym nawilżaniu i moczeniu. Spowodowane to jest niewątpliwie tym, że tylko część powstałego w drewnie polimeru syntetycznego jest trwale związana z substancją drzewną w postaci kopolimeru, którego powiązanie zapewnia trwałą wzrost stabilności wymiarowej drewna. Pozostała część znajdującego się w drewnie polimeru syntetycznego wypełnia wolne przestrzenie, przez co blokuje dostęp wilgotności do ścian komórkowych i zmniejsza szybkość pęcznienia drewna, co można zaobserwować szczególnie w początkowym okresie nawilżania zmodyfikowanego drewna.

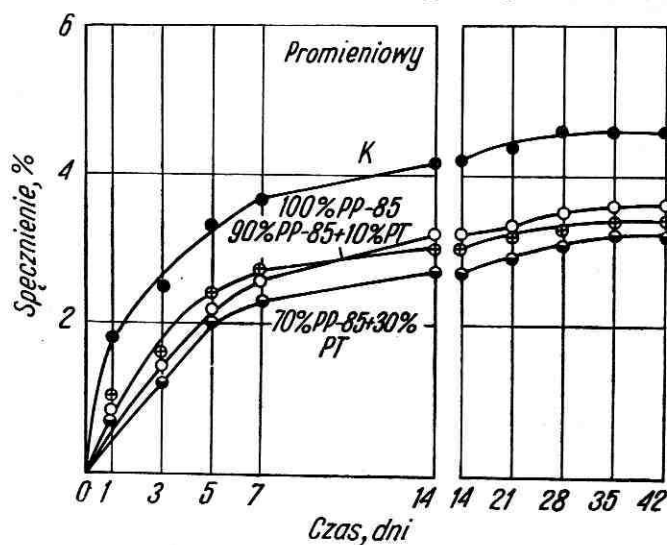
Zaznaczyć należy, że w praktyce w większości wypadków drewno na-

¹ Wskaźnik zmniejszenia pęcznienia obliczono w myśl wzoru:

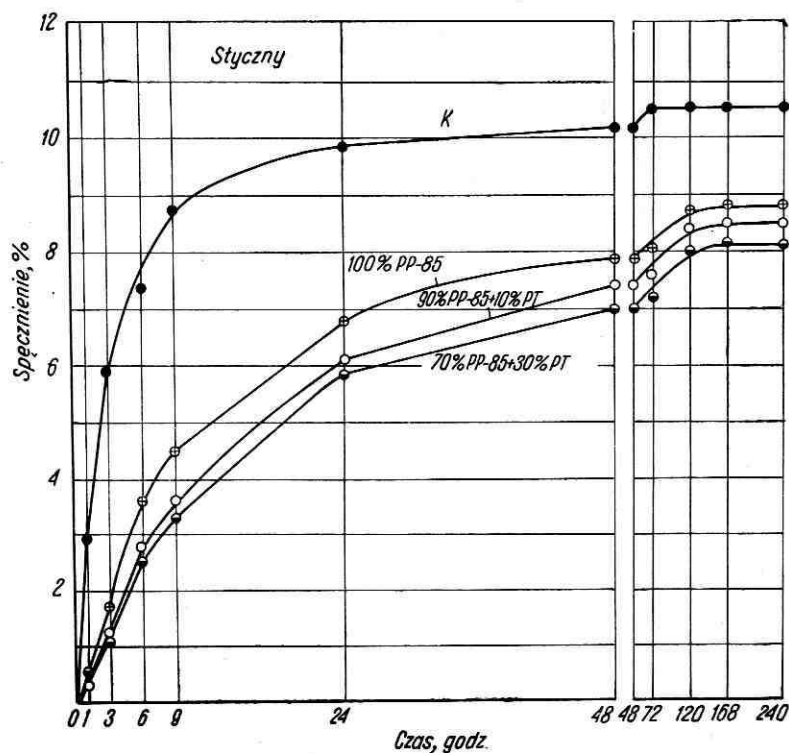
$$\text{WZP} = \frac{Sp_n - Sp_m}{Sp_n} \cdot 100 [\%], \text{ gdzie: } Sp_n - \text{spęczenie drewna naturalnego, } Sp_m - \text{spęczenie drewna zmodyfikowanego.}$$



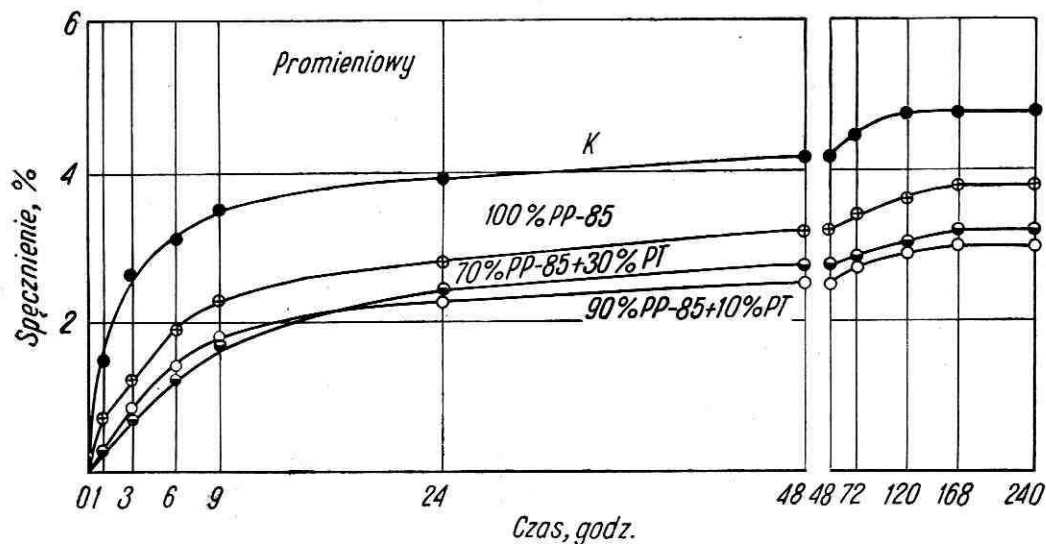
Rys. 2. Wpływ nawilżania w powietrzu o wilgotności $94 \pm 3\%$ i o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ na kinetykę pęcznienia zmodyfikowanego drewna topolowego w kierunku stycznym



Rys. 3. Wpływ nawilżania w powietrzu o wilgotności $94 \pm 3\%$ i o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ na przebieg pęcznienia zmodyfikowanego drewna topolowego w kierunku promieniowym



Rys. 4. Wpływ moczenia w wodzie o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ na przebieg pęcznienia zmodyfikowanego drewna topolowego w kierunku stycznym



Rys. 5. Wpływ moczenia w wodzie o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ na przebieg pęcznienia zmodyfikowanego drewna topolowego w kierunku promieniowym

Tabela 1

Wpływ modyfikacji drewna topolowego izocyjanianami na spęcznienie podczas nawilżania w powietrzu o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ i o względnej wilgotności $94 \pm 3\%$

Skład substancji wprowadzonej do drewna	Ilość sub-stancji w drewnie	Kierunek pomiaru																	
		promieniowy									styczny								
		czas obserwacji w dniach																	
		1	3	5	7	14	21	28	35	42	1	3	5	7	14	21	28	35	42
	%	wskaźnik zmniejszenia pęcznienia, %																	
100% PP-85	111	45	36	27	27	29	27	28	26	26	31	26	21	22	20	18	16	13	13
90% PP-85+ 10% PT	95	56	44	53	30	24	25	24	22	22	50	30	24	28	28	26	25	22	21
70% PP-85+ 30% PT	105	61	52	39	38	36	34	33	31	31	56	38	33	41	37	38	37	36	35

Tabela 2

Wpływ modyfikacji drewna topolowego izocyjanianami na wskaźnik zmniejszenia pęcznienia podczas moczenia w wodzie temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$

Skład substancji wprowadzonej do drewna	Kierunek pomiaru																				
	Ilość substancji w drewnie	promieniowy										styczny									
		czas obserwacji w godz.																			
		1	3	6	9	24	48	72	120	168	240	1	3	6	9	24	48	72	120	168	240
	wskaźnik zmniejszenia pęcznienia %																				
100% PP-85	111	53	54	39	34	28	24	25	25	21	21	83	71	51	48	31	23	23	17	16	16
90% PP-85+10%PT	95	80	69	55	54	41	41	40	40	38	38	90	80	62	59	38	28	27	20	19	19
70% PP-85+30%PT	105	80	73	61	57	39	36	38	38	33	33	83	81	66	62	41	31	32	24	23	23

rażone jest tylko na krótkotrwałe zmiany wilgotności, i to w ograniczonym zakresie, w zależności od warunków jego użytkowania, a tym samym rzadko pęcznieje do wartości maksymalnych.

Stąd wniosek praktyczny, że zmodyfikowane drewna topolowe może znaleźć zastosowanie tam, gdzie jest wymagana zwiększona stabilność wymiarów i kształtu oraz duża dokładność obróbki mechanicznej.

2. WPŁYW MODYFIKACJI DREWNA TOPOLOWEGO NA HIGROSKOPIJNOŚĆ I NASIĄKLIWOŚĆ

Przebieg wzrostu wilgotności drewna podczas nawilżania w powietrzu o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ i o względnej wilgotności $94 \pm 3\%$ obrazuje rys. 6, natomiast podczas moczenia w wodzie — rys. 7. Z krzywych przedstawiających przebieg nawilżania próbek wynika, że zmodyfikowane drewno nawilża się wolniej i w mniejszym zakresie od drewna naturalnego. Higroskopijność i nasiąkliwość zmodyfikowanego drewna, podobnie jak pęcznienie, są uzależnione od rodzaju i składu izocyjanianów użytych do modyfikacji drewna. Jak wynika z danych zawartych w tabelach 3 i 4,

Tabela 3

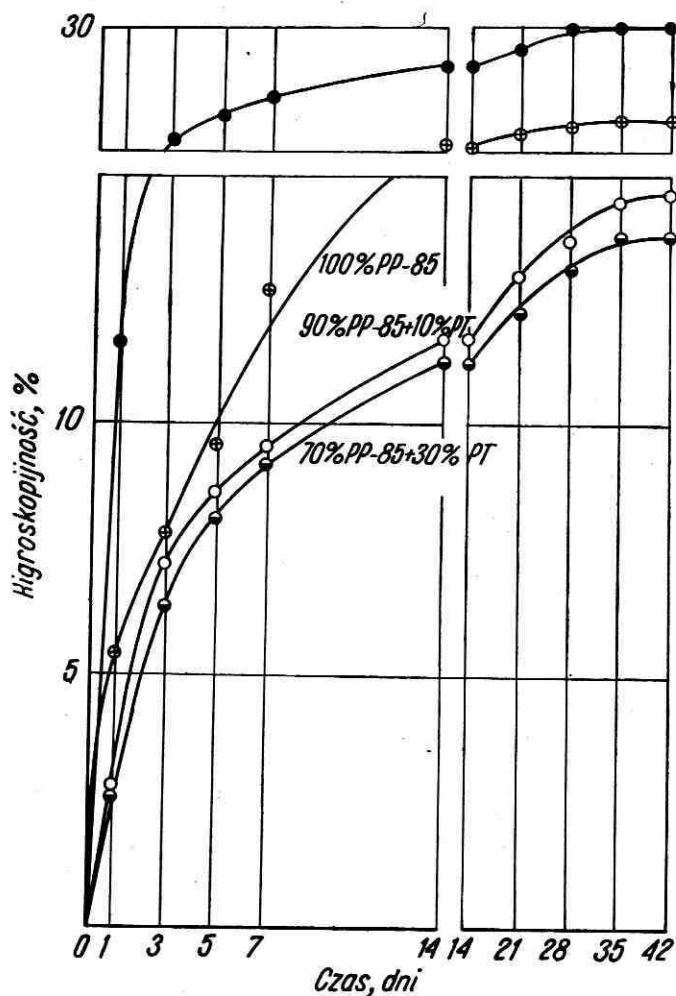
Wpływ modyfikacji drewna topolowego izocyjanianami na wskaźnik zmniejszenia higroskopijności podczas nawilżania w powietrzu o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ i o względnej wilgotności $94 \pm 3\%$

Skład substancji wprowadzonej do drewna	Ilość substancji w drewnie %	Czas obserwacji w dniach									
		1	3	5	7	14	21	28	35	42	
		wskaźnik zmniejszenia higroskopijności, %									
100% PP-85	111	54	53	51	44	43	42	42	38	38	
90% PP-85+10% PT	95	77	56	56	58	56	55	55	52	52	
70% PP-85+30% PT	105	78	60	59	60	58	57	57	55	55	

Tabela 4

Wpływ modyfikacji drewna topolowego izocyjanianami na nasiąkliwość podczas moczenia w wodzie o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$

Skład substancji wprowadzonej do drewna	Zawartość substancji w drewnie %	Czas obserwacji w godzinach									
		1	3	6	9	24	48	72	120	168	249
		wskaźnik zmniejszenia nasiąkliwości, %									
100% PP-85	111	73	68	67	67	71	72	72	73	72	70
90% PP-85+10% PT	95	80	72	70	72	74	76	78	79	72	70
70% PP-85+30% PT	105	87	80	78	78	83	82	81	81	81	81

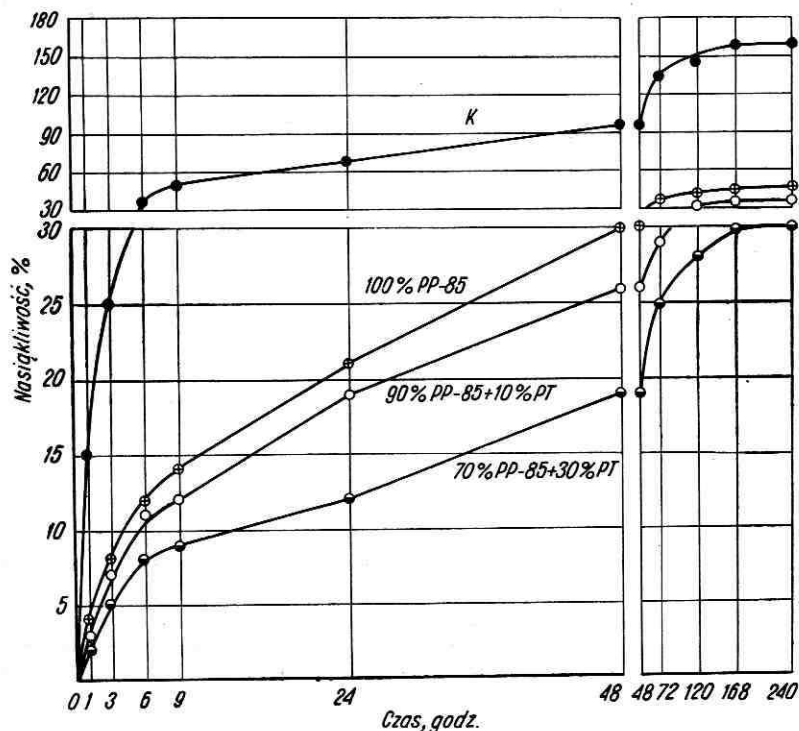


Rys. 6. Wpływ modyfikacji drewna topolowego na przebieg higroskopijności podczas nawilżania w powietrzu o wilgotności względnej $94 \pm 3\%$ i o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$

wskaźnik zmniejszenia higroskopijności (WZH) i nasiąkliwości (WZN^2) jest większy od wskaźnika zmniejszenia pęcznienia. Wskaźnik zmniejszenia higroskopijności po 42 dniach nawilżania kształtuje się w granicach $38\text{--}55\%$.

Równowaga higroskopijna drewna zmodyfikowanego po 42-dniowym nawilżaniu w powietrzu o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$ i względnej wilgotności $94 \pm 3\%$ wynosi $13\text{--}18\%$. Stąd należy wnioskować, że poważna część grup hydro-

² $\text{WZN} = \frac{N_n - N_m}{N_n} \cdot 100 [\%]$, gdzie: N_n — nasiąkliwość drewna naturalnego, N_m — nasiąkliwość drewna zmodyfikowanego.



Rys. 7. Wpływ modyfikacji drewna topolowego na przebieg nasiakliwości podczas moczenia w wodzie o temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$

ksylowych w drewnie wskutek modyfikacji została pozbawiona reaktywności higroskopijnej.

Wskaźnik zmniejszenia nasiakliwości zmodyfikowanego drewna jest bardzo duży i jak wynika z tabeli 4 kształtuje się w granicach 70-81% dla całego okresu obserwacji. Spowodowane to jest dużą zawartością w drewnie substancji modyfikującej, która po nasyceniu wynosiła 95-111% w odniesieniu do ciężaru drewna w stanie zupełnie suchym.

Mniejsza higroskopijność i nasiakliwość zmodyfikowanego drewna topolowego świadczą o jego dużej odporności na działanie zmiennych czynników atmosferycznych.

3. WPŁYW MODYFIKACJI DREWNA TOPOLOWEGO NA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ZGINANIE STATYCZNE

Wyniki badania wytrzymałości na zginanie statyczne zmodyfikowanego i naturalnego drewna topolowego zestawiono w tabeli 5. Z danych tych wynika, że zmodyfikowane drewno topolowe ma w stanie suchym o prawie 60% większą wytrzymałość na zginanie statyczne od drewna naturalnego. Natomiast zmodyfikowane drewno badane w stanie maksymalnego spęcznienia wykazuje jeszcze większy wzrost wytrzymałości

na zginanie statyczne, który kształtuje się w granicach 76-92⁰/. Spostrzeżenia te upoważniają do wysunięcia hipotezy, że część wprowadzonych do drewna izocyjanianów uległa trwałemu powiązaniu z substancją drzewną, co przejawia się szczególnie wzmocnieniem drewna w stanie maksymalnego spęcznienia. Wydaje się, że im większa ilość izocyjanianów połączyła się trwale z substancją drzewną, tym mniej wody znajduje się w ściankach komórkowych spęczniałego drewna. Rezultatem tego jest mniejszy spadek wytrzymałości zmodyfikowanego drewna w stanie mokrym w porównaniu z drewnem naturalnym.

Tabela 5

Wpływ modyfikacji drewna topolowego izocyjanianami na wytrzymałość na zginanie statyczne

Skład substancji wprowadzonej do drewna	Gęstość g/cm ³	Wytrzymałość na zginanie statyczne drewna							
		o wilgotności 8±1%				w stanie maksymalnego spęcznienia			
		M		±σ		M		±σ	
		kG/cm ²	%	kG/cm ²	%	kG/cm ²	%	kG/cm ²	%
Drewno naturalne	0,43	557	100	112,4	20,2	280	100	34,6	12,3
100% PP-85	0,78	862	155	69,8	8,1	492	175	44,6	9,1
90% PP-85+10%PT	0,80	882	158	76,5	8,7	522	186	33,9	6,1
70% PP-85+30%PT	0,83	906	163	81,4	9,0	537	192	41,2	7,8

W zależności od stopnia wzrostu wytrzymałości na zginanie statyczne zmodyfikowanego drewna użyte do jego modyfikacji składy substancji nasycającej można sklasyfikować w następującej kolejności:

- 70⁰% izocynu PP-85+30⁰% izocynu PT,
- 90⁰% izocynu PP-85+10⁰% izocynu PT,
- 100⁰% izocynu PP-85.

Stąd wypływa wniosek praktyczny, że dodatek izocynu PT do izocynu PP wywiera dodatni wpływ na przebieg modyfikacji drewna.

IV. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników badań można sformułować następujące wnioski.

1. Drewno topolowe zmodyfikowane izocynem PP-85 oraz mieszaniną izocynu PP-85 i izocynu PT w stosunku 9:1 i 7:3 wykazuje wyraźny wzrost stabilności wymiarowej. Wskaźnik zmniejszenia pęcznienia zmodyfikowanego drewna w początkowym okresie nawilżania kształtuje się 40-60⁰%, natomiast po 6-tygodniowym nawilżaniu 13-35⁰%.

2. Wskaźnik zmniejszenia się higroskopijności zmodyfikowanego drewna przy użyciu wymienionych izocyjanianów wynosi 38-55⁰%, natomiast wskaźnik zmniejszenia nasiąkliwości 70-81⁰%.

3. Gęstość drewna zmodyfikowanego wykazuje wartość o 81 do 93⁰% wyższą od gęstości topolowego drewna naturalnego.

4. Wytrzymałość na zginanie statyczne zmodyfikowanego drewna topolowego badanego przy wilgotności 8⁰% wzrosła o prawie 60⁰% w stosunku do drewna naturalnego. W wypadku badania zmodyfikowanego drewna w stanie maksymalnego spęcznienia wzrost wytrzymałości na zginanie statyczne dochodzi do 92⁰%.

5. Najlepszą poprawę właściwości wykazało drewno zmodyfikowane przez nasycenie substancją o składzie 70⁰% izocynu PP-85+30⁰% izocynu PT.

6. Należy prowadzić dalsze prace zmierzające do opracowania bardziej skutecznych metod modyfikacji zapewniających większy wzrost stałości wymiarowej i wytrzymałości drewna.

LITERATURA

1. Burmester A.: Zur Vergürung von Holz durch strahlenpolymerisierte Kunststoff-Monomere. „Holz als Roh u.-Werkstoff” 1967, 1, 11-25.
2. Burmester A.: Einfluss der Holzfeuchtigkeit bei der Düsocyant-Tränkung auf physikalische und mechanische Eigenschaften von Polymerholz. „Holz als Roh u.-Werkstoff” 1970, 5, 183-186.
3. Czvikovszky T.: Wood-plastic combination by monomer impregnation and radiation polymerization. „Atomic Energy Review” 1968, 3, 3-39.
4. Hartman S.: Modified Wood with Aqueous Polyurethane Systems. „Forest Prod. J.” 1969, 5, 39-42.
5. Olczak W.: Poliuretany. WNT, Warszawa 1968.
6. Schuerch C.: Treatment of wood with gaseous reagents. „Forest Prod. J.” 1968, 3, 47-53.

Мацей Лавничак

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ ТОПОЛЯ ИЗОЦИАНАТАМИ НА НЕКОТОРЫЕ ЕЕ СВОЙСТВА

Краткое содержание

Древесина, как конструкционный материал, имеет ряд недостатков, к которым следует, прежде всего, отнести малую стабильность размеров. В течение ряда лет ведутся интенсивные исследования с целью повышения стабильности размеров древесины.

Целью исследований, проводящихся в рамках настоящей работы, было определение влияния модификации тополевой древесины „изоцином PP-85” и „изоцином PT” на изменение стабильности размеров древесины, а также на изменение гигроскопичности, водопоглощения и прочности на статический изгиб. Древесина пропитывалась в сухом состоянии после предварительного удаления воздуха и создания давления 4 кг/см² в течение 3 часов. Пропитанные таким образом образцы древесины размером 35×35×150 мм содержали от 95 до 111% изоцианатов. После пропитки образцы кондиционировались в течение 3 месяцев в атмосфере лаборатории, а затем подвергались испытаниям.

Из проведенных исследований следует, что показатель уменьшения разбухания модифицированной древесины в начальной фазе увлажнения составлял от 40 до 60, а после увлажнения на протяжении 6 недель — от 13 до 35. Показатель уменьшения гигроскопичности составлял от 38 до 55, а водопоглощения — от 70 до 81. Прочность на статический изгиб модифицированной тополевой древесины, испытываемой при влажности 8%, возрастала приблизительно на 60% по сравнению с натуральной древесиной. В случае испытания модифицированной древесины в состоянии максимального разбухания увеличение прочности на статический изгиб доходило до 92%. Большее увеличение прочности на статический изгиб при испытании модифицированной древесины в состоянии максимального разбухания объясняется, по всей вероятности, тем, что часть изоцианатов образовала устойчивое соединение с древесинным веществом, что привело к меньшему содержанию воды в клеточных стенках максимально увлажненной древесины. Результатом этого является меньшее снижение прочности модифицированной древесины в мокром состоянии по сравнению с натуральной древесиной.

Отсюда следует практический вывод, что модифицированная древесина при сжатии поперек волокон более устойчива к действию повышенной температуры, чем натуральная древесина.

Maciej Ławniczak

EFFECT OF POPLAR WOOD MODIFICATION WITH ISOCYANATES ON SOME OF ITS PROPERTIES

Summary

Wood as a construction material is not free from some drawbacks among which relatively poor dimensional stability can be regarded as one of most important. Several years ago, extensive research has been initiated aimed at the improvement of this vital property. Also in this work it was intended to find and determine the effect of poplar wood modification with the compound „Izocyn PP-85” and mixture of „Izocyn PP-85” with „Izocyn PT” (Desmodur L) on changes in dimensional stability, hygroscopicity, water absorption capacity, and static bending strength of modified wood.

Dry poplar wood was treated, after air evacuation, with treating solution under the pressure of 4 kG/cm² during 3 hours time. Samples of 35×35×150 mm treated this way, were then conditioned during 3 month period under room conditions of the laboratory, and subsequently subject to testing.

Test results demonstrated that the antishrink efficiency of modified poplar wood in the initial process of moistening was 40-60, and after 6 weeks of moistening only 13-35. Index of hygroscopicity decrease was 38-55, and index of water absorption capacity 70-81.

Static bending strength of modified poplar wood, at 8% moisture content, increased by about 60% in relation to untreated wood. When modified wood was tested in state of maximum swelling, static bending strength increase amounted to 92%. Higher increase of static bending strength featured by swelled to maximum modified poplar wood, can be probably attributed to permanent bonding occurring between wood substance and the part of isocyanates absorbed, which resulted in lower moisture content of cell walls in maximum swelled wood. This phenomenon explains lower decrease of the strength of wet modified wood in comparison with wet untreated one.