

AKTUALNY STAN PRAC BADAWCZYCH I WDROŻENIOWYCH W ZAKRESIE PRODUKCJI LIGNOMERU

Maciej Ławniczak

Instytut Mechanicznej Technologii Drewna AR w Poznaniu

GENEZA ZAGADNIENIA

W celu ograniczenia zużycia materiałów klasycznych w ostatnich latach prowadzi się intensywne badania zmierzające do opracowania technologii tworzenia nowych kompozytów materiałowych, charakteryzujących się doskonalszymi właściwościami od właściwości materiałów użytych do ich wyprodukowania.

Drewno — jako jeden z najstarszych materiałów konstrukcyjnych, oprócz wielu zalet wynikających z wysokiego stopnia organizacji struktury — jest obarczone wieloma wadami, które niejednokrotnie ograniczają możliwość stosowania drewna w praktyce. Do korzyści technicznych przemawiających za stosowaniem drewna w konstrukcjach należy zaliczyć przede wszystkim dużą jego wytrzymałość w stosunku do gęstości, szczególnie w kierunku równoległym do przebiegu włókien, jak również dużą sprężystość i zdolność tłumienia drgań oraz łatwość obróbki mechanicznej i łączenia na drodze klejenia. Wadą drewna jest mała stabilność wymiarowa, która ogranicza możliwość stosowania drewna w konstrukcjach i wyrobach narażonych na działanie zmiennych warunków atmosferycznych oraz małą wytrzymałość w kierunku prostopadłym do przebiegu włókien.

Mając na uwadze fakt, że produkcja drewna na drodze biosyntezy jest nieskończona w czasie, działania nauki winny być tak ukierunkowane, aby nie tylko ograniczyć wady drewna ale również poprawić jego szczytowe właściwości i przedłużyć trwałość użytkowania i to przynajmniej na tak długi okres, jaki jest niezbędny do jego odtwarzania przez przyrodę. Rezultatem tak ukierunkowanych badań winno być otrzymanie technologii produkcji materiałów o świadomie kształtowanych właściwościach, w zależności od wymagań stawianych przez użytkowników, a więc możliwość przestawienia się z produkcji materiałów ukształtowa-

nych przez przyrodę na produkcję materiałów odpowiadających określonym wymaganiom.

Dodać należy, że biologiczna fotosynteza drewna następuje bez energii pochodzenia mineralnego, a jego przerób cechuje korzystny bilans energetyczny. Surowiec drzewny w postaci żyjących drzew jest jedynym materiałem, którego masa zwiększa się bez ujemnych wpływów na środowisko i to przy zużywaniu dwutlenku węgla i wytworzeniu tlenu, natomiast nie dające się zużytkować odpady drzewne ulegające biologicznemu rozkładowi, wracają do ogólnego obiegu w przyrodzie.

Warunek jednoczesnej poprawy i przedłużenia trwałości użytkowania drewna spełnia tylko technologia tworzenia kompozytu materiałowego drewno - polimer. Polega ona na wprowadzeniu do drewna najmniejszych cząstek tworzyw sztucznych w postaci monomerów i ich zamiany w polimer.

Zrodzenie się idei tworzenia kompozytu materiałowego na bazie jednego z najstarszych materiałów konstrukcyjnych, jakim jest drewno i produktu najnowszego jakim są tworzywa sztuczne, należy uznać za przełom w badaniach i w rozwoju technologii doskonalenia właściwości i przedłużenia trwałości użytkowania drewna.

Za granicą najwięcej badań z zakresu tworzenia kompozytu drewno - polimer poświęcono polimeryzacji radiacyjnej, gdyż badania te były finansowane przez krajowe komisje energii atomowej. Badania te wykazały, że dla spolimeryzowania w drewnie monomerów niezbędne są duże dawki promieniowania, niejednokrotnie niszczące strukturę drewna [28], co wyraźnie obniża wytrzymałość otrzymanego kompozytu. Stwierdzono również, że budowa zakładów ze źródłem promieniowania radiacyjnego wymaga dużych nakładów inwestycyjnych a koszt polimeryzacji jest bardzo wysoki. Ponadto zachodzi konieczność zatrudnienia wysoko kwalifikowanych specjalistów. Ponieważ technologii tej nie można przenieść do zakładów podstawowej obróbki drewna, jakimi są tartaki, przeto drewno należy dostarczać do zakładów wyposażonych w źródła wielkiej energii, znajdujących się najczęściej w miastach uniwersyteckich. Z wymienionych przyczyn, produkcja kompozytu materiałowego drewno - polimer nie została w świecie szeroko rozpowszechniona. W krajach przynależnych do RWPG również nie uruchomiono produkcji w skali technicznej kompozytu drewno - polimer na drodze polimeryzacji radiacyjnej.

Podejmując w 1968 r. w Polsce badania zmierzające do opracowania technologii tworzenia kompozytu drewno - polimer wyszliśmy z założenia, że do wdrożenia i rozpowszechnienia technologia ta musi być dostosowana do stanu technicznego i kwalifikacji kadr zatrudnionych w przemyśle drzewnym.

W celu ograniczenia i wyeliminowania wad przypisywanych wówczas

polimeryzacji termicznej monomerów w drewnie, przeprowadzono wiele badań zmierzających do ustalenia kompozycji inicjatorów polimeryzacji oraz doboru rodzaju medium ogrzewczego i warunków obróbki termicznej, zapewniających spolimeryzowanie monomerów uprzednio wprowadzonych do drewna.

Przeprowadzone badania zostały uwieńczone sukcesem, polegającym na opracowaniu sposobu polimeryzacji monomerów w drewnie na drodze obróbki termicznej. Opracowany sposób polimeryzacji monomerów w drewnie został uznany przez Urząd Patentowy PRL 28.12.1974 r. za wynalazek na rzecz Akademii Rolniczej w Poznaniu z ważnością od 31.05.1971 r. Zachęciło to autora wynalazku do kontynuacji badań, mających na celu opracowanie technologii produkcji kompozytu materiałowego drewno - polimer oraz zaprojektowanie i wybudowanie pilotowego zakładu produkcji lignomeru.

STAN ZAAWANSOWANIA PRAC BADAWCZYCH

Badania zmierzające do opracowania technologii produkcji kompozytu materiałowego drewno - polimer na drodze polimeryzacji termicznej, przeprowadzone pod kierunkiem autora opracowania w Instytucie Mechanicznej Technologii Drewna Akademii Rolniczej w Poznaniu obejmowały następujące zagadnienia:

- dobór rodzaju i wilgotności drewna,
- dobór rodzaju monomeru,
- dobór substancji inicjujących proces polimeryzacji,
- dobór parametrów nasycania,
- dobór rodzaju medium przeznaczonego do obróbki termicznej,
- dobór parametrów obróbki termicznej.

DOBÓR RODZAJU I WILGOTNOŚCI DREWNA

Gatunki drewna stosowane w badaniach

Olcha — *Alnus glutinosa* Gaertn.

Brzoza brodawkowata — *Betula verrucosa* Ehrh.

Topola biała — *Populus alba* L.

Buk zwyczajny — *Fagus silvatica* L.

Sosna pospolita — *Pinus silvestris* L.

Jodła — *Abies alba* Mill.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że w produkcji lignomeru najbardziej przydatne jest drewno olchy, brzozy i topoli. Drewno buka ze

względu na dużą gęstość nasyca się znacznie mniej niż rodzaje drewna uprzednio wymienione. Drewno sosny i jodły może być również wykorzystane w produkcji lignomeru. Badania wykazały, że wilgotność drewna przeznaczonego do produkcji kompozytu drewno - polimer ma istotny wpływ na jakość otrzymanego lignomeru. Ponieważ styren jako ciecz niepolarna nie powoduje w zasadzie pęcznienia drewna, przeto w celu wprowadzenia styrenu do wnętrza ścian komórkowych, drewno winno znajdować się w stanie spęcznienia lub do styrenu należy dodać ciecze powodujące odkształcenia wilgotności drewna.

Wyniki przeprowadzonych badań dotyczących wpływu dodatku alkoholu metylowego do styrenu jako substancji spęczniającej [3] wykazały, że lignomer otrzymany z drewna nasyconego styrenem z 25% dodatkiem alkoholu metylowego charakteryzuje się gorszą jakością od lignomeru wyprodukowanego z drewna o wilgotności $10 \pm 2\%$ i samego styrenu.

Dotychczasowe doświadczenia w skali laboratoryjnej i technicznej wskazują, że drewno przeznaczone do produkcji lignomeru winno mieć wilgotność nie mniejszą niż 10% oraz nie wyższą niż 15%. Mniejsza wilgotność drewna wyraźnie wpływa na obniżenie stabilności wymiarów lignomeru i jego wytrzymałości w stanie mokrym, natomiast wilgotność powyżej 15% powoduje powstawanie w okresie polimeryzacji styrenu w drewnie naprężeń wewnętrznych, które przy podziale lignomeru na elementy mogą spowodować jego spękanie.

DOBÓR RODZAJU MONOMERU

Badaniami zmierzającymi do wytypowania rodzaju monomeru do produkcji kompozytu drewno - polimer w pierwszym etapie objęto monomer metakrylanu metylu, styrenu i octanu winylu [4]. Badania te wykazały, że najlepsze właściwości miał lignomer stanowiący kompozyt drewno - polistyren. Lignomer otrzymany z drewna nasyconego mieszaniną trzech wymienionych uprzednio monomerów wykazywał właściwości podobne do lignomeru stanowiącego połączenie drewna z polimetakrylanem metylu [4].

Za stosowaniem styrenu do produkcji kompozytu drewno - polimer na drodze polimeryzacji termicznej przemawia fakt, że charakteryzuje się on znacznie wyższą temperaturą wrzenia od metakrylanu metylu i, że w warunkach polskich styren jest 3-krotnie tańszy od metakrylanu metylu. W badaniach z zakresu polimeryzacji monomerów w drewnie na drodze radiacyjnej stosowano metakrylan metylu ze względu na znacznie mniejsze dawki promieniowania, niezbędne do jego spolimeryzowania w drewnie, od dawek potrzebnych do spolimeryzowania styrenu, które wynoszą ponad 20 Mrad.

DOBÓR SUBSTANCJI INICJUJĄCYCH

Dotychczasowe badania potwierdzają istotę polskiego wynalazku [7], że do spolimeryzowania monomerów w drewnie należy stosować jednocześnie dwa lub trzy rodzaje substancji inicjujących o zróżnicowanej temperaturze i czasie półrozpadu. Wieloletnie badania z tego zakresu, zmierzające do optymalnego doboru substancji inicjujących polimeryzację styrenu w różnych rodzajach drewna, przy stosowaniu zróżnicowanych parametrów obróbki termicznej, obejmowały: nadtlenek benzoilu, nadtlenek lauroilu [2, 8], Perkadox 16 (dwuwęglan bis-/4-t-butylocykloheksylu), Trigonox B (nadtlenek dwu-t-butyłu), Pianofor AN (2,2-azoizobutyronitryl) [15, 16], Genitron AZDN (2,2-azoizobutyronitryl), wodoronadtlenek mentapinanu [10, 17]. W wyniku tych badań ustalono, że najkorzystniej proces polimeryzacji styrenu w drewnie przebiega wówczas, kiedy jako substancje inicjujące stosuje się jednocześnie trzy inicjatory polimeryzacji o zróżnicowanej temperaturze i czasie półrozpadu w ilości od 0,9 do 1,5 cz. wag. w stosunku do masy styrenu. W przypadku produkcji lignomeru na bazie drewna sosnowego należy dodawać do styrenu więcej substancji inicjujących niż w przypadku stosowania na przykład drewna brzozy lub olchy. Dodać należy, że ustalona proporcja między styrenem a inicjatorami polimeryzacji jest aktualna podczas stosowania do produkcji lignomeru styrenu stabilizowanego z dodatkiem substancji inhibitujących. W przypadku tym część wyzwolonych rodników zostaje zużyta na neutralizację substancji inhibitujących znajdujących się w styrenie i w drewnie.

Obecność w styrenie trzech rodzajów substancji inicjujących w okresie obróbki termicznej kolejno inicjuje proces polimeryzacji. W początkowym okresie ulega rozpadowi na rodniki inicjator o najniższej temperaturze półrozpadu. Rodniki te neutralizują substancje inhibitujące, znajdujące się w styrenie i w drewnie a dopiero następnie inicjują proces polimeryzacji styrenu, któremu towarzyszy wyzwalać się ciepła i wzrost temperatury wewnątrz drewna. W następstwie do inicjacji włącza się drugi inicjator, powodując powstanie prepolimeru oraz dalszy wzrost tempertaury wewnątrz drewna, powodujący rozpad trzeciego inicjatora na rodniki, co przyspiesza zakończenie procesu polimeryzacji. W ten sposób prowadzony proces polimeryzacji styrenu ogranicza jego wydalenie z drewna, gdyż w okresie wzrostu temperatury wewnątrz drewna powyżej 100°C mamy już do czynienia z prepolimerem o zwiększonej lepkości.

DOBÓR PARAMETRÓW NASYCANIA

Podczas produkcji lignomeru pierwszym zabiegiem technologicznym jest nasycanie drewna monomerem. W celu możliwie równomiernego

nasycaenia drewna styrenem na całym przekroju — jak wiadomo ogólnie — stosuje się ewakuację powietrza z drewna a następnie wprowadza się styren, stosując nadciśnienie. Wielkość ciśnienia wywieranego przez styren jest uzależniona od rodzaju nasyconego drewna. Drewno gatunków liściastych rozpiezchłonaczyniowych oraz sosnowe bielaste można nasycać bez konieczności stosowania dodatkowego nadciśnienia. Doświadczenia przeprowadzone w skali technicznej wykazały jednak, że podczas nasycaenia drewna olchy i brzozy, z którego uprzednio ewakuowano powietrze, należy stosować ciśnienie od 4000 do 6000 hPa przez okres 3 godzin. Wymienione parametry nasycaenia zapewniają również wprowadzenie styrenu do warstw drewna porażonego przez grzyby, wskutek tak zwanego zaparzenia.

Podczas nasycaenia twardezielowego drewna sosnowego należy stosować schodkowy wzrost ciśnienia od 4000 do 10 000 hPa, a czas nasycaenia w zależności od grubości materiału należy odpowiednio wydłużyć. W przypadku tym styren wnikaający do drewna rozpuszcza substancje żywiczne, co ułatwia penetrację styrenu w głąb nasyconego drewna. Stopniowe zwiększanie ciśnienia styrenu w miarę rozpuszczania substancji żywiczych przyspiesza proces nasycaenia sosnowego drewna twardezielowego.

Podczas nasycaenia styrenem tarcicy sosnowej o grubości 100 mm okres nasycaenia przy wzroście ciśnienia do 10 000 hPa należy wydłużyć do 6 godzin. Podobne parametry nasycaenia należy stosować przy produkcji lignomeru z drewna jodłowego.

DOBÓR RODZAJU MEDIUM PRZEZNACZONEGO DO OBRÓBKI TERMICZNEJ

W celu prawidłowego przeprowadzenia procesu polimeryzacji monomerów w drewnie — zgodnie z istotą polskiego wynalazku [7], do obróbki termicznej drewna nasyconego styrenem należy stosować ciecz o stosunkowo dużej lepkości i o temperaturze wrzenia powyżej 170°C.

Stosowanie cieczy do obróbki termicznej zapewnia izolację drewna nasyconego monomerami przed inhibitującym działaniem tlenu znajdującego się w powietrzu oraz w początkowym okresie obróbki nagrzanie drewna do temperatury niezbędnej do zainicjowania procesu polimeryzacji, a następnie odbieranie ciepła wyzwalaającego się w drewnie w wyniku egzotermicznej reakcji procesu polimeryzacji styrenu. Stosowanie do obróbki termicznej cieczy umożliwia zarówno przekazywanie ciepła, jak również przejmowanie ciepła, a więc spełnia rolę medium grzewczego jak i medium chłodzącego, w zależności od etapu obróbki termicznej. W celu wyeliminowania wydalanania się monomeru z drewna w okresie nagrzewania drewna i inicjacji polimeryzacji, należy na drewno nasycone styrenem wywrzeć za pośrednictwem cieczy ogrzewczej ciśnienie 2000 hPa.

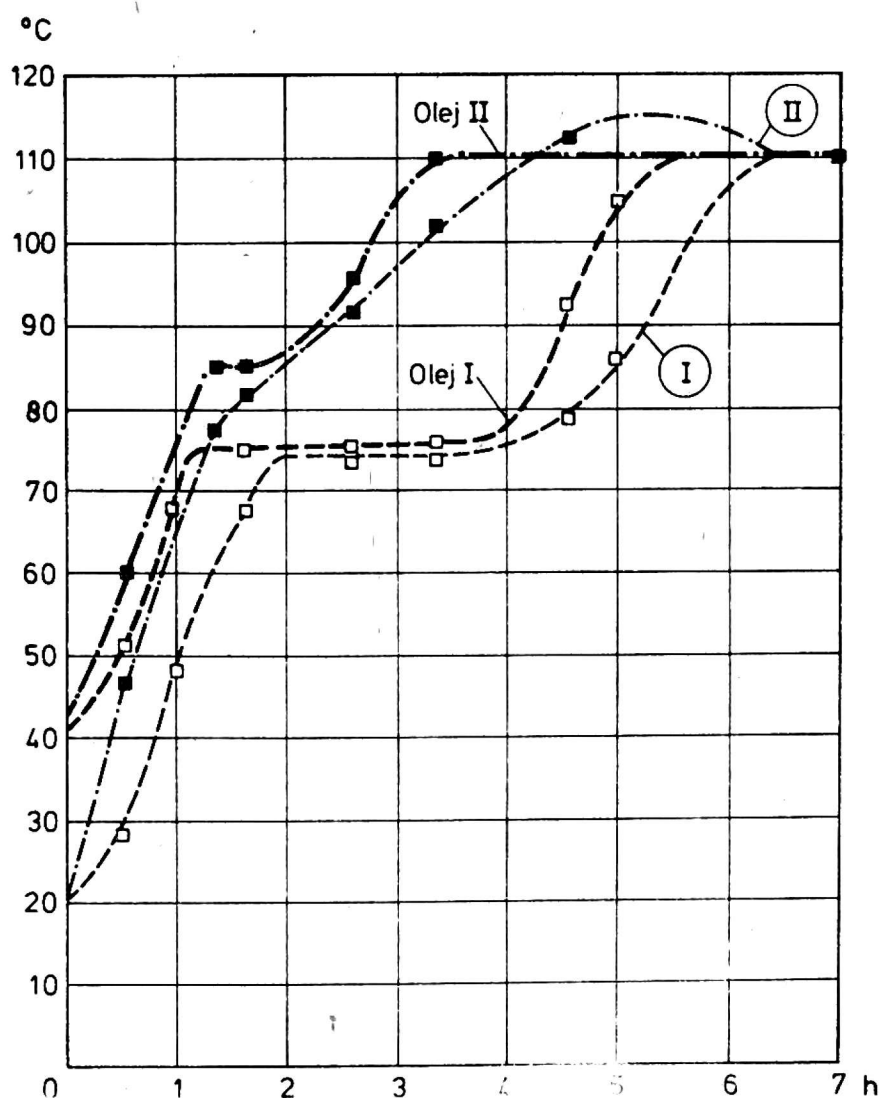
Schładzanie drewna cieczą w okresie procesu polimeryzacji styrenu zapobiega destrukcji lignomeru, zwłaszcza substancji drzewnej, wywołanej działaniem wysokiej temperatury.

Przeprowadzone doświadczenia w skali technicznej potwierdziły istotę wynalazku i wykazały, że do tego celu najlepiej nadaje się olej mineralny o dużej lepkości i odporny na działanie wysokiej temperatury.

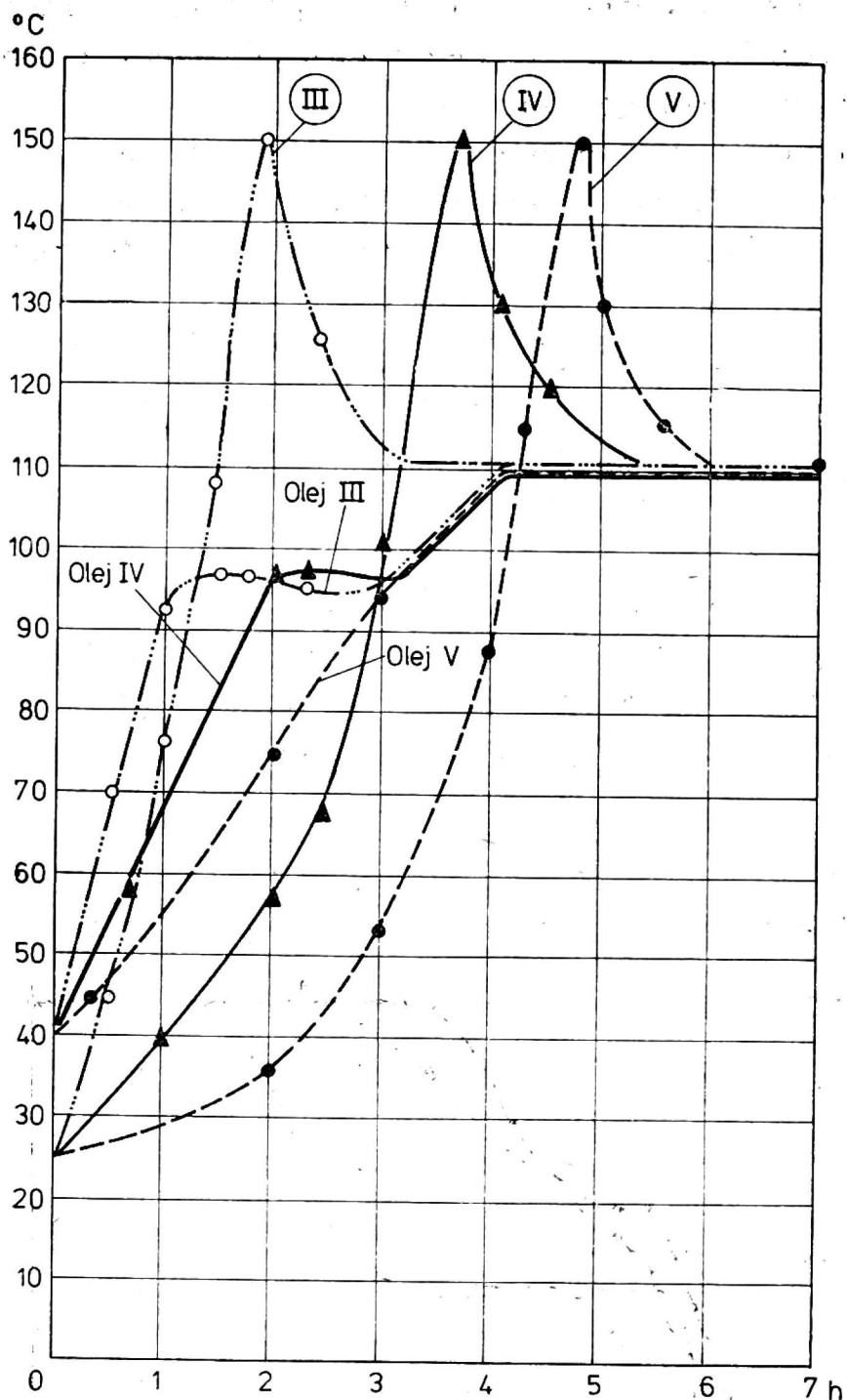
DOBÓR PARAMETRÓW OBRÓBKII TERMICZNEJ

W celu zainicjowania procesu polimeryzacji monomerów znajdujących się w drewnie, drewno należy nagrzać do odpowiedniej temperatury, która jest uzależniona od rodzaju i ilości inicjatorów dodanych na przykład do styrenu.

W przypadku jednoczesnego stosowania trzech rodzajów inicjatorów polimeryzacji, wystarczy drewno nagrzać za pośrednictwem oleju do temperatury powodującej rozpad inicjatorów o najniższej temperaturze półrozpadu. Podczas inicjacji procesu polimeryzacji następuje samorzutne



Rys. 1. Wpływ warunków obróbki termicznej olejem maszynowym Z-26 na przebieg procesu polimeryzacji styrenu w drewnie olchowym



Rys. 2. Wpływ warunków obróbki termicznej olejem maszynowym Z-26 na przebieg procesu polimeryzacji styrenu w drewnie olchowym

dalsze nagrzewanie drewna wskutek wyzwiania się ciepła reakcji polimeryzacji styrenu. Wpływ warunków obróbki termicznej na przebieg temperatury wewnątrz drewna olchowego nasyconego styrenem z dodatkiem trzech rodzajów inicjatorów (nadtlenek benzoilu, wodoronadtlenek kumenu i wodoronadtlenek mentapinanu) obrazują rysunki 1 i 2. Z rysunków tych wynika, że warunki obróbki termicznej mają istotny wpływ na przebieg procesu polimeryzacji styrenu w drewnie, czego objawem jest ilość wydzielanego ciepła powodującego wzrost temperatury wewnątrz drewna i czas po którym wystąpił pik temperatury.

Najlepszą stabilnością wymiarową charakteryzuje się lignomer, który został wyprodukowany w następstwie szybkiego podnoszenia się temperatury oleju do 95°C, tj. w okresie pierwszej godziny obróbki termicznej (III). Wpływ warunków obróbki termicznej na wytrzymałość lignomeru na zginanie statyczne przedstawiają liczby zestawione w tabeli 1.

Liczby te wykazują, że najwyższą wytrzymałością na zginanie statyczne charakteryzował się lignomer wyprodukowany przy zastosowaniu obróbki termicznej według wariantu III, IV i V, przy doprowadzeniu temperatury oleju do 95°C w okresie pierwszych trzech godzin obróbki termicznej. Stosowanie w początkowym okresie obróbki termicznej temperatury niższej od 95°C wyraźnie obniża jakość otrzymanego lignomeru. Badania jakości lignomeru wskazują na to, że obróbkę termiczną należy tak przeprowadzić, ażeby pik temperatury wewnątrz drewna wystąpił w pierwszych trzech godzinach obróbki termicznej i mieścił się w granicy od 120 do 160°C. Nagrzanie drewna do temperatury powyżej 120°C sprzyja depolimeryzacji niektórych polimerów naturalnych o niskim stopniu spolimeryzowania, wchodzących w skład substancji drzewnej, co jak się wydaje, sprzyja tworzeniu się wiązań łączących polimer syntetyczny z substancją drzewną. Przypuszczalnie to potwierdzają badania Czechowskiego i Zakrzewskiego [1], które wykazały, że lignomer w którym w okresie polimeryzacji wystąpiła temperatura 108°C miał tylko 4,5% polistyrenu trwale związanego z holocelulozą, natomiast w przypadku wystąpienia w lignomerze temperatury 132°C wzrosła ilość trwale związanego polistyrenu z holocelulozą aż do 12,7%. Natomiast temperatura powyżej 160°C powoduje przejście celulozy i ligniny w stan rozeszklenia, co szczególnie niekorzystnie wpływa na wytrzymałość lignomeru w stanie mokrym.

Tabela 1

Wpływ warunków obróbki termicznej na wytrzymałość lignomeru na zginanie statyczne

Wariant obróbki termicznej	Zawartość polistyrenu %	Wilgotność w chwili badania								
		powietrznie suche*				mokre**				
		R_g		$\pm\delta$		R_g		$\pm\delta$		V
		MPa	%	MPa	%	MPa	%	MPa	%	
I	96	102	150	14,5	13,1	60	181	8,6	12,6	
II	98	110	161	15,5	15,1	68	206	5,1	8,5	
III	96	134	197	10,2	13,2	77	233	10,2	13,2	
IV	100	138	202	19,9	14,4	80	242	10,3	12,8	
V	99	132	197	13,5	10,0	77	233	9,4	12,2	
Drewno	—	68	100	6,6	9,7	33	100	2,2	6,6	

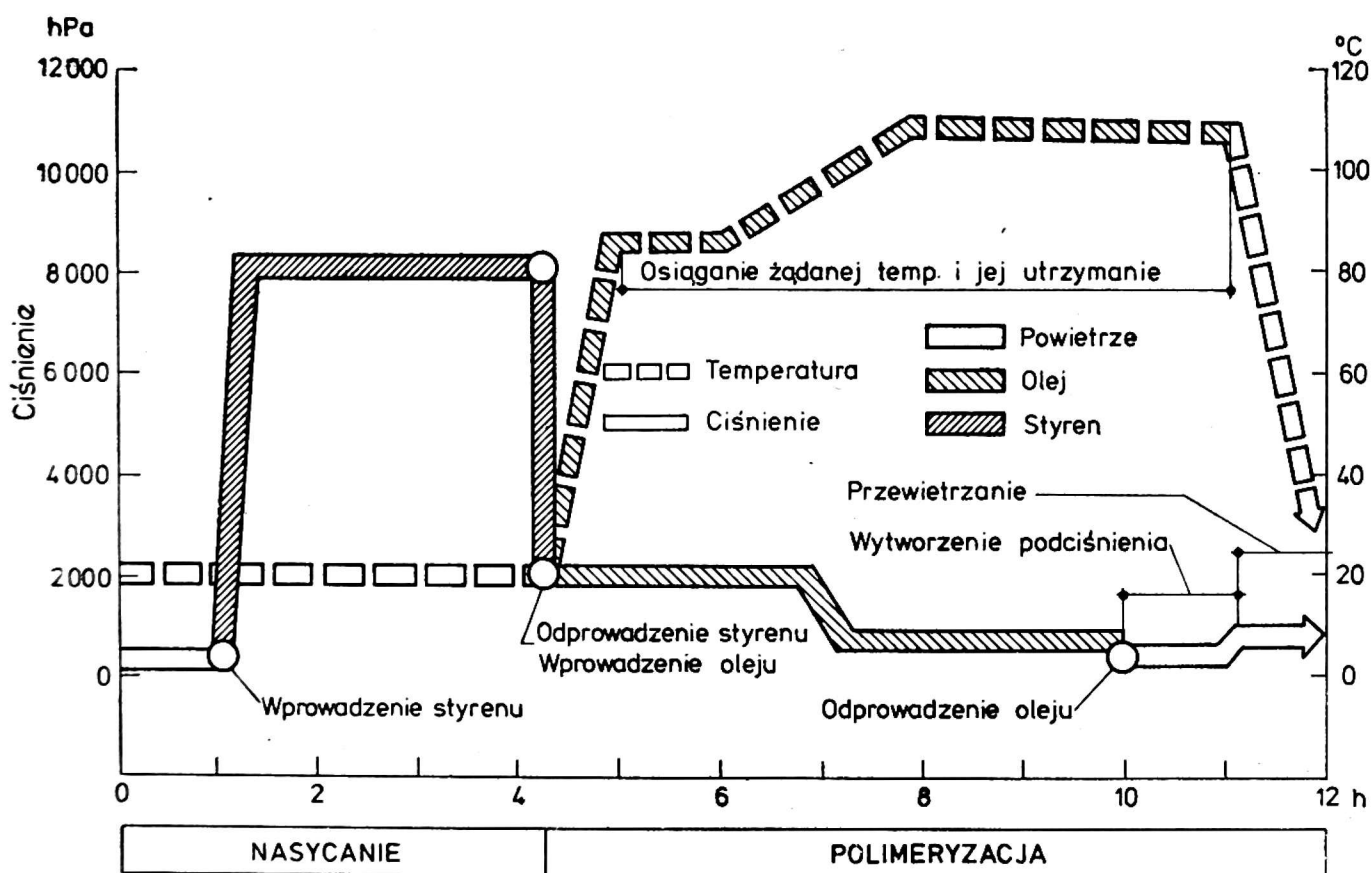
* $W = 8 \pm 2\%$.

** Maksymalnie nasycone wodą.

STAN ZAAWANSOWANIA PRAC WDROŻENIOWYCH W ZAKRESIE ROZPOWSZECHNIENIA TECHNOLOGII PRODUKCJI LIGNOMERU

W celu skrócenia procesu innowacyjnego autor przejął na siebie trud wybudowania pilotowego zakładu produkcji kompozytu materiałowego na bazie drewna i monomeru styrenu w oparciu o opracowany sposób polimeryzacji monomerów w drewnie na drodze polimeryzacji termicznej.

W wyniku tych działań w okresie jednego roku został zbudowany zakład doświadczalno-produkcyjny produkcji lignomeru nie mający żadnych wzorców, co wymagało zaprojektowania i wykonania wielu prototypów urządzeń i instalacji technologicznych. Stosowany w tym zakładzie proces technologiczny produkcji lignomeru schematycznie przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Schemat procesu technologicznego produkcji lignomeru

Wszystkie zabiegi technologiczne odbywają się w tym samym autoklawie, do którego wprowadza się drewno a wyprowadza się lignomer. Zakład doświadczalno-produkcyjny jest wyposażony w dwa autoklawy o pojemności 4 m³.

Opracowana technologia produkcji lignomeru — zgodnie z inżynierią materiałową — przez dobór odpowiedniego rodzaju drewna, rodzaju monomeru i składu inicjatorów polimeryzacji oraz przez dobór parametrów

nasycania i obróbki termicznej pozwala — na razie w ograniczonym zakresie — na świadome kształtowanie określonych z góry właściwości lignomeru w zależności od jego przeznaczenia.

Produkcja lignomeru w omawianym zakładzie została uruchomiona w listopadzie 1976 r.

Celem pilotowego zakładu produkcji lignomeru jest:

— udoskonalenie prototypowych urządzeń i instalacji technologicznych jak również uściślenie parametrów technologicznych;

— produkcja dużych partii informacyjnych lignomeru dla przyszłych użytkowników, którzy kupując lignomer przygotowują się do jego szerokiego stosowania po rozpowszechnieniu technologii produkcji;

— ustalenie danych niezbędnych do opracowania dalszych projektów zakładów produkcji lignomeru;

— szkolenie studentów i pracowników inżynierskich, wdrażających nową technologię do praktyki.

Na podstawie dwuletnich doświadczeń przeprowadzonych w skali technicznej opracowano założenia i wytyczne do projektowania zakładów produkcji lignomeru o wydajności rocznej 4-5 tys. m³. Posłużyły one do wykonania w 1978 r. studium technologiczno-konstrukcyjnego produkcji lignomeru. Biuro Projektowo-Technologiczne „BIPROTECHMA” z Gdańska wykonało projekt techniczny instalacji technologicznych oraz urządzeń niezbędnych do wyposażenia zakładu o zdolności produkcyjnej lignomeru 5 tys. m³ rocznie. Rozpoczęcie budowy przemysłowego zakładu produkcji lignomeru — zgodnie z ustaleniami — winno nastąpić w drugiej połowie roku 1980 r., a jej zakończenie planuje się na koniec 1981 r. Zakład ten buduje Wielkopolskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Drzewnego w Poznaniu na terenie Zakładu w Porążynie, oddalonego o około 40 km od Poznania. Budowę drugiego zakładu produkcji lignomeru o tej samej wydajności przewiduje się w latach 1983-1985.

Zaletą techniczno-ekonomiczną opracowanej technologii produkcji lignomeru jest wyeliminowanie nakładów inwestycyjnych niezbędnych na zakup i instalację źródła wielkiej energii, które według E. E. Jolmosa (Wood Preserv. News 43, 1965 s. 11-13) wynoszą 82% kosztów budowy zakładu produkcji kompozytu drewno - polimer. W przypadku stosowania opracowanej technologii są wymagane tylko nakłady inwestycyjne na urządzenia do nasycania jak w znanych technologiach zagranicznych, zwiększone dodatkowo o koszty instalacji ogrzewczej, które wynoszą tylko 20% kosztów urządzeń do nasycania. Nakłady inwestycyjne niezbędne do wybudowania zakładu produkcji lignomeru o rocznej wydajności 5 tys. m³ według omawianej technologii wynoszą:

— urządzenie i instalacje technologiczne	27 mln zł
— budowa pomieszczeń i magazynów	6 mln zł
Razem:	<u>33 mln zł</u>

W tym przypadku nakłady inwestycyjne wyniosą tylko około 20% nakładów niezbędnych do uruchomienia produkcji kompozytu drewno - polimer przy zastosowaniu polimeryzacji radiacyjnej. Według podanego źródła, koszty produkcyjne związane ze stosowaniem energii promieniowania wynoszą 65% ogólnych kosztów produkcyjnych. W przypadku stosowania energii cieplnej, jak to ma miejsce przy stosowaniu omawianej technologii, koszty produkcyjne wynoszą tylko 10% kosztów ogólnych (tab. 2). W tym przypadku proces polimeryzacji styrenu w drewnie na

Tabela 2

Koszty produkcji lignomeru z drewna olchy i sosny według opracowanej technologii

Składniki kosztów	Sosna		Olcha	
	koszt 1 m ³			
	zł	%	zł	%
Drewno w postaci półfabrykatów	4 500	29	5 880	29
Styren wraz z inicjatorami polimeryzacji	9 650*	61	12 740	63
Produkcja	1 600	10	1 600	8
Ogółem	15 750	100	20 120	100

* Cena 1 tony styrenu = 20 tys. zł.

drodze obróbki termicznej, przy doborze odpowiednich substancji inicjujących polimeryzację, jest procesem mało energochłonnym. W celu zainicjowania procesu polimeryzacji styrenu — jak już wspomniano uprzednio — na początku obróbki termicznej zachodzi konieczność nagrzania oleju tylko do temperatury 95°C, natomiast w dalszym etapie wskutek wydzielania się ciepła polimeryzacji olej nagrzewa się samorzutnie do temperatury około 110°C, niezbędnej do zakończenia procesu obróbki termicznej; olej nagrany w przewodach instalacji schładza się do temperatury 95°C i bez konieczności ponownego nagrzania wprowadza się do autoklawu nr 2 z drewnem nasyconym styrenem, w celu ponownego zainicjowania procesu polimeryzacji. Cykl zamknięty instalacji technologicznych i ciągłość produkcji zapewnia wykorzystanie do procesu technologicznego energii cieplnej powstałej w następstwie reakcji egzoter-

micznej procesu polimeryzacji styrenu. Stąd zapotrzebowanie na ciepło jest małe, gdyż jest ono potrzebne tylko do utrzymania wymaganej temperatury oleju.

Dalszą zaletą techniczną jest możliwość budowy zakładów produkcji lignomeru wyłącznie z urządzeń i instalacji oraz z materiałów produkcji krajowej. Jednocześnie nie zachodzi konieczność zakupu licencji na technologię i urządzenia.

LITERATURA

1. Czechowski Z., Zakrzewski R.: Wpływ rodzaju i stężenia inicjatorów polimeryzacji na przebieg polimeryzacji styrenu wprowadzanego do drewna. Materiały z Sympozjum nt. Modyfikacja drewna. Zesz. probl. Post. Nauk rol., z. 231, 1980, 81-87.
2. Helińska-Raczkowska L., Ławniczak M., Raczkowski J.: Wpływ rodzaju i stężenia inicjatora polimeryzacji wprowadzonych do drewna monomerów winylowych na niektóre właściwości układu drewno — polimer. PTPN. Prace Komisji Technologii Drewna. Poznań, t. III, z. 4, 65-105, 1973.
3. Ławniczak M.: Badania pęcznienia drewna w monomerach winylowych z dodatkiem metanolu. PTPN Wydział Nauk Technicznych. Prace Komisji Technologii Drewna. t. 3, z. 2, Poznań 1970, 25-47.
4. Ławniczak M.: Wpływ rodzaju monomeru winylowego spolimeryzowanego termicznie w drewnie na niektóre jego właściwości fizyczne. Fol. for. pol., ser. B, nr 10, 1971, 55-72.
5. Ławniczak M.: Modyfikacja drewna, właściwości i zastosowanie. Przem. drzew. 7, 1971, s. 4-7.
6. Ławniczak M.: Wlijanije termicznej polimeryzacji monomerów metilmetakrilata i stirola wdrewiesno-struzecznej plitie na jejo swoistwa. Mechanizieskaja obrabotka drierwiesiny, 15, 1971, 17-19.
7. Ławniczak M.: Sposób polimeryzacji monomerów w drewnie. Opis patentowy wynalazku polskiego, nr 81908.
8. Ławniczak M.: Zur Modifizierung von Holz durch thermische Polymerisation von Vinylmonomeren. Holzforschung, 8, 1972, 51-55.
9. Ławniczak M.: Modyficarea lemnului en ajutroul polimerièri termice a monomerilor de vinyl. Industria, Lemnului, 4, 1972, 141-147.
10. Ławniczak M.: Studia z zakresu modyfikacji drewna topolowego. PTPN. Wydział Nauk Technicznych. Prace Komisji Technologii Drewna, 1, 3, 1973, s. 3-42.
11. Ławniczak M.: Polymerholz: Neue Wege für thermische Polymerisation. Holz Zentralblatt, 138, 1973, 21-55.
12. Ławniczak M.: Necim modifikacije dreva monomerami putem termicka polimerizacije izrade u Polskoj. Drvna Industrija, 3-4, 1974, 55-59.
13. Ławniczak M.: Sposób modyfikacji monomerami putem termicznej polimeryzacji. Polska chazjajstwienaja wystawka. Moskwa 1974.
14. Ławniczak M.: Sposób polimeryzacji monomerów w drewnie. AR, Poznań 1975. Wyd. Specjalne: Szkoły Wyższe — Gospodarce Narodowej, Katowice 1975.
15. Ławniczak M.: Einfluss von Erwärmungstemperatur, Art und Konzentration des Reaktionsinitiators auf die Eigenschaften von Polymerholz, Holz als Roh u. Werkstoff 33, 6, 1975, 222-230.

16. Ławniczak M.: Der Einfluss einiger Initiatoren auf die thermische Aushärtung von Polymerholz. Holztechnologie, 2, 1976, 82-88.
17. Ławniczak M.: Badania zmierzające do opracowania technologii modyfikacji drewna monomerami na drodze polimeryzacji termicznej. PTPN, Wydział Nauk Technicznych, Prace Komisji Technologii Drewna, 5, 1976, 51-57.
18. Ławniczak M.: Naczin za proizvodstvo i oblasti na izpolzowanije na lignomera w Polsce. Drwoobrabotwaszcza i miebielna promyszlennost, 9, 1976, 262-265.
19. Ławniczak M.: Produkcja i właściwości lignomeru. Materiały z Sympozjum nt.: „Produkcja i kierunki zastosowania lignomeru” Laski - Mroczeń, 23.XI.1976.
20. Ławniczak M.: Produkcja, własności i możliwości zastosowania lignomeru. Przem. drzew. 5, 1977, 21-24.
21. Ławniczak M., Raczyński J.: Lignomer — produkcja, zastosowanie. Materiały z IV Sympozjum Ogólnopolskiego SITLiD nt.: Kierunki racjonalizacji przerobu i zużytkowania drewna. Zielonka 6-7 V 1977, 150-163.
22. Ławniczak M.: Proizvodstvo i ispolzowanije modificirovannoj drierwiesiny w Polsce. Dieriewoobrabatywajuszczaja promyszlennost, 7, 1977, 29-30.
23. Ławniczak M.: Modyfikacja i swoistwa drierwiesiny. Izd. Wysszaja Szkoła, 7. Mińsk 1977, 104-109.
24. Ławniczak M.: Wpływ rodzaju medium ogrzewczego i warunków obróbki termicznej na proces polimeryzacji styrenu w drewnie i niektóre właściwości lignomeru. Materiały z Sympozjum nt. Modyfikacja Drewna. Zesz. probl. Post. Nauk rol., z 231, 1980, 55-79.
25. Ławniczak M.: Procedura si utilizarea lignomerului in Polonia. Industria Lemnului, 29, 3, 1978, 109-113.
26. Ławniczak M.: Lignomer — Polymerholz in Polen. Holz und Kunststoffverarbeitung, 13, 5, 1978, 422-430.
27. Ławniczak M.: I Sympozjum Modyfikacja Drewna. Poznań - Laski 22-23.11.1977. Nauka polska 7, 1978, 26, 85-88.
28. Stevens M., Schalk J.: Improvement of the hydroscoptic properties of veneer sheets treated with three monomers systems. Holzforschung und Holzverwertung, 30, 1, 1978, 18-21.

Мацей Лавничак

НАСТОЯЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ВНЕДРИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИГНОМЕРА

Резюме

В статье рассматриваются исследования направленные на разработку технологии производства материального состава древесины - полимер путем термической полимеризации. Исследования охватывали следующие вопросы:

- подбор вида древесины и её влажности,
- подбор вида мономера,
- подбор вещества иницирующего процесс полимеризации,
- подбор параметров насыщения,
- подбор материала предназначенного для термической обработки,
- подбор параметров термической обработки.

Результаты лабораторных исследований принудили к построению пилотного завода производства лигномера. В статье рассматривается примененная в нем технология производства лигномера, цели, какие должны преследоваться пилотным заводом производства лигномера и экономические эффекты достигнутые в указанном заводе.

Maciej Ławniczak

PRESENT STATE OF RESEARCH AND EXTENSION WORKS IN THE LIGNOMER PRODUCTION

Summary

Research works aiming at working out the production technology of the material composition of wood - polymer by means of the thermic polymerization are presented in the paper. The questions of choice of:

- kind of wood and its moisture,
- monomer kind,
- a polymerization process initiating substance,
- saturation parameters,
- kind of the medium designated for thermic treatment,
- thermic treatment parameters,

were investigated.

The results of laboratory analyses compelled to building of a pilot lignomer production plant. The lignomer production technology applied there, the aims of the pilot lignomer production plant and economic effects reached in this plant are discussed in the paper.