

Soldenhoff, Bożena

Zastosowanie sztywnych pianek poliuretanowych do uzupełniania ubytków drewna w obiektach zabytkowych

Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo 7 (91), 145-153

1979

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Zakład Konserwacji Elementów
i Detali Architektonicznych

Bożena Soldenhoff

ZASTOSOWANIE SZTYWNYCH PIANEK POLIURETANOWYCH DO UZUPEŁNIANIA UBYTKÓW DREWNA W OBIEKTACH ZABYTKOWYCH

Zarys treści. Badania nad uzyskaniem masy służącej do uzupełniania dużych ubytków w drewnianych obiektach zabytkowych, pozwoliły stwierdzić, że wszystkie wymogi konserwatorskie w tym względzie spełniają pianki poliuretanowe.

Obiekty drewniane znajdujące się zarówno we wnętrzach budynków, jak i na zewnątrz, narażone są na działanie szeregu niszczących czynników, takich jak: zmienne warunki wilgotności i temperatury, bezpośrednie działania mikroorganizmów i owadów itd.¹ Czynniki te powodują nie tylko osłabienie struktury drewna, obniżenie jego właściwości mechanicznych, ale często doprowadzają do powstania głębokich pęknięć lub ubytków o różnym charakterze, kształcie i wielkości. Ze względów zarówno konserwatorskich (zagłębienia w drewnie są z reguły miejscem gromadzenia się kurzu, brudu, wody — a więc mogą być źródłem dalszego zakażenia i niszczenia obiektów), konstrukcyjnych, jak i estetycznych ubytki wymagają uzupełnienia nowymi substancjami.

Masy uzupełniające ubytki drewna po to, żeby mogły spełniać w sposób właściwy swoje zadanie, muszą odpowiadać pewnym określonym właściwościom:

- dobrze łączyć się z drewnem,
- posiadać jednorodną strukturę,
- tworzyć masy porowate przepuszczalne dla wody i powietrza, o higroskopijności i nasiąkliwości zbliżonej do drewna,
- posiadać zbliżone do drewna właściwości mechaniczne i termiczne,
- posiadać zbliżoną do drewna szybkość chłonięcia i oddawania pary wodnej, kurczliwość i pęcznienie,

¹ J. Ważny, *Współczesne poglądy na rozkład drewna w obiektach zabytkowych*, *Ochrona Zabytków* 1/1968, s. 17—20; A. J. Stamm, *Wood deterioration and its prevention*, [w:] *Conservation of Stone and Wooden Objects*, New York Conference IIC 1970, s. 1—11.

- być odporne na działanie czynników atmosferycznych,
- nie ulegać starzeniu,
- być odporne na działanie mikroorganizmów i owadów,
- nie kurczyć się w trakcie twardnienia,
- twardnieć w warstwach o dowolnej grubości i objętości,
- być łatwe w nakładaniu w każdych warunkach.

W dalszej części pracy będziemy dla ułatwienia nazywali masy uzupełniające kitami.

Uzupełnianie ubytków drewna przeprowadza się w praktyce konserwatorskiej trzema sposobami.

1. Flekowanie — metoda polegająca na wstawianiu w miejsce ubytku nowego, odpowiednio dobranego kawałka drewna. Zabieg ten wymaga specjalnego przygotowania podłoża, tzn. powiększenia ubytku w celu nadania mu określonej formy geometrycznej, a tym samym zniszczenia części jego substancji zabytkowej.

2. Zakładanie mas będących mieszaniną wypełniacza (najczęściej są to trociny drewniane) i roztworu spoiwa w rozpuszczalniku. Spoiwem mogą być zarówno kleje naturalne, jak i żywice syntetyczne. Podstawowymi wadami tego typu mas są: silne kurczenie się w trakcie odparowywania rozpuszczalnika, tworzenie struktur niejednorodnych wskutek migracji spoiwa ku powierzchni, konieczność nakładania w cienkich warstwach.

3. Uzupełnianie ubytków mieszaniną wypełniacza i spoiwa bez rozpuszczalnika, tężącego w całej masie (mieszaniny woskowo-żywiczne, żywice epoksydowe, poliestrowe itp.)². Stosowane w tej metodzie materiały oraz sposoby ich łączenia umożliwiają otrzymanie kitów o bardzo różnych właściwościach w zależności od charakteru i potrzeb danego obiektu zabytkowego. Możemy z nich tworzyć masy odpowiadające większości postulatów przedstawionych powyżej. Tak więc, dobierając różne ilości wypełniaczy i spoiw otrzymujemy tworzywo o określonej porowatości, nasiąkliwości i właściwościach mechanicznych. Jednakże nie jesteśmy w stanie spełnić jednego warunku — przygotować masy, której reakcja na zmiany wilgotności miałaby — podobnie jak drewno — charakter anizotropowy. Cecha ta nie powinna mieć praktycznie większego znaczenia przy uzupełnianiu niewielkich ubytków czy pęknięć drewna, jak również przy uzupełnianiu drewna poddanego uprzednio impregnacji wzmacniającej. Impregnacja bowiem wydatnie zmniejsza wrażliwość drewna na zmiany wilgotności, ograniczając tym samym jego stopień kurczenia i pęcznienia. W obu wyżej wymienionych przypadkach uzupełnienie ubytku masą inaczej „pracującą” niż drewno nie powinno wywoływać na styku tych dwóch materiałów zbyt wielkich naprężeń, które

² S. Wójcik, *Zagadnienie wypełniania ubytków w zniszczonych, niepolichromowanych, drewnianych rzeźbach zewnętrznych*, Materiały Zachodnio-Pomorskie, t. 11, Szczecin 1965, s. 793—837.

mogłyby doprowadzić do powstania pęknięć w obiekcie zabytkowym lub wypadnięcia kitu. Zagadnienie to nabiera dopiero znaczenia przy uzupełnianiu dużych ubytków i to dodatkowo w drewnie nieimpregnowanym, w obiektach znajdujących się na zewnątrz i narażonych na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych.

Ponieważ w chwili obecnej nie jesteśmy w stanie stworzyć masy, która naśladowałaby anizotropowe właściwości drewna wydaje się, że rozwiązanie problemu należy poszukiwać w zastosowaniu substancji porowatej i jednocześnie na tyle elastycznej, że z łatwością poddawałaby się pracy drewna, nie wywołując niebezpiecznych dla obiektu naprężeń. Wyomogom tym odpowiadają szeroko stosowane w różnych dziedzinach gospodarki poliuretanowe tworzywa piankowe zwane powszechnie piankami poliuretanowymi.

Pianki poliuretanowe produkowane są w przemyśle w ogromnej ilości odmian. Ogólnie dzieli się je na pianki elastyczne i sztywne. Powstają w wyniku reakcji izocyjanianów z polioliolami i wodą³. Izocyjaniany spełniają w procesie powstawania pianki podwójną rolę: przedłużają cząsteczki polioliol przez reakcje z grupami wodorotlenowymi, a w reakcji z wodą powodują wydzielanie się CO₂.

W trakcie tworzenia się pianki możemy wyróżnić trzy etapy. Po połączeniu wszystkich komponentów zaczyna wydzielać się gazowy czynnik spieniający (najczęściej jest to CO₂ powstały wskutek reakcji izocyjanianu z wodą). Po osiągnięciu stanu nasycenia cieczy, CO₂ wydziela się z roztworu tworząc początkowo małe pęcherzyki. Stopniowo wzrasta ich ilość i wielkość. Polimer tworzy coraz cieńsze błony wokół pęcherzyków. W niektórych rodzajach pianek przy zetknięciu się sąsiadujących z sobą błon powstają formy „żeberek”, dodatkowo wzmacniające konstrukcję. Jednocześnie w wyniku stale postępującego procesu poliaddycji zwiększa się lepkość cieczy, co uniemożliwia ujście gazu na zewnątrz. Na tym etapie następuje gwałtowny wzrost objętościowy pianki i trwa on aż do momentu zaniku wydzielania gazu. Proces ten zaczyna się od chwili zmieszania komponentów i trwa od kilku do kilkunastu minut.

Po ustaniu wzrostu objętościowego pianki następuje drugi etap, tzw. stabilizacja pianki, czyli dalsze reakcje poliaddycji i sieciowania żywicy. Przechodzi ona z fazy ciekłej w stałą.

Trzeci etap to utwardzanie pianki — tworzenie polimeru usieciowa-

³ W. Olczyk, *Poliuretany*, Warszawa 1968, s. 120—122. Od charakteru i funkcyjności dioli zależy wytrzymałość i odporność chemiczna pianek. W piankach elastycznych przeważają diole dwufunkcyjne, w sztywnych natomiast trój- i więcej funkcyjne. Produkowane są głównie na bazie kwasu adypinowego i glikoli etylenowych. Nazwy handlowe powszechnie stosowanych poliestrów i polieterów — Desmophen, Multron, Daltocel, Selectrofoam. Izocyjaniany — najczęściej stosuje się mieszaninę izomerów dwuizocyjanianu 2,4 i 2,6 — toliolenu oraz technicznego dwuizocyjanianu dwufenylometanu.

nego. Pełną wytrzymałość większość pianek uzyskuje już po upływie 24 godzin.

Poza polioliolami i izocyjanianami w skład mieszanin tworzących pianki wchodzi cały szereg innych substancji, takich jak: katalizatory⁴, środki powierzchniowo czynne⁵, ewentualnie porofory⁶, środki obniżające palność, plastyfikatory itd.

Pianki poliuretanowe są materiałem, który możemy dość dowolnie modyfikować, uzyskując produkty o pożądanych właściwościach fizycznych i mechanicznych. Można więc uzyskać tworzywo pod wieloma względami podobne do drewna. Nie reagują one co prawda na zmiany wilgotności otoczenia, jednak mogą być na tyle elastyczne, że będą się swobodnie poddawały wielokierunkowej pracy drewna. Poza tym łatwość w ich stosowaniu była dodatkowym bodźcem do podjęcia prób nad wykorzystaniem tego tworzywa w uzupełnianiu ubytków drewna w obiektach za- bytkowych.

Do badań użyto dwóch rodzajów pianek sztywnych otrzymanych z laboratorium badawczego Zakładów Chemicznych ZACHEM w Bydgoszczy⁷.

1. Typ SYSPUR o składzie: Isocyanat MR — 115 części wag. i Polioliol — 100 części wag. Jest to pianka o dużych porach, stosunkowo miękka i krucha, gęstość 0,05 g/cm³, powiększa swoją objętość w trakcie spieniania około 15-krotnie.

2. Skład: Desmodur 44V — 120 części wag. i Bypolet 34A — 100 części wag. Pianka drobnoporowata, twarda, o gęstości 0,2 g/cm³, powiększająca w trakcie spieniania swoją objętość 8-krotnie.

Celem badań było określenie wzajemnego oddziaływania połączeń zdrowego, nieimpregnowanego drewna i pianki poliuretanowej w zmieniających warunkach wilgotności. W tym celu przygotowano kształtki drewna sosnowego około metrowej długości, wydrążone w środku — tworzyły formę korytka. Wymiary: szerokość 14,5 cm, wysokość 5,5 cm i grubość ścian około 1,5 cm. W korytka wlewano odpowiednie ilości zmieszanych

⁴ Ibid., s. 123—127. Dla odpowiedniego kierowania procesami spieniania poliuretanów stosuje się szereg katalizatorów działających na poszczególne reakcje. Katalizatory aminowe stosowane są do pianek na bazie poliestrów, a katalizatory cynoorganiczne do pianek na bazie polieterów.

⁵ Ibid., s. 127—128. Środki powierzchniowo czynne dodaje się w celu uzyskania bardzo równomiernej i drobnej struktury pianki. Najczęściej stosuje się preparaty silikonowe, sulfonowane kwasy tłuszczowe, pochodne celulozy, olej rycynowy, estry kwasu akrylowego i metakrylowego itd.

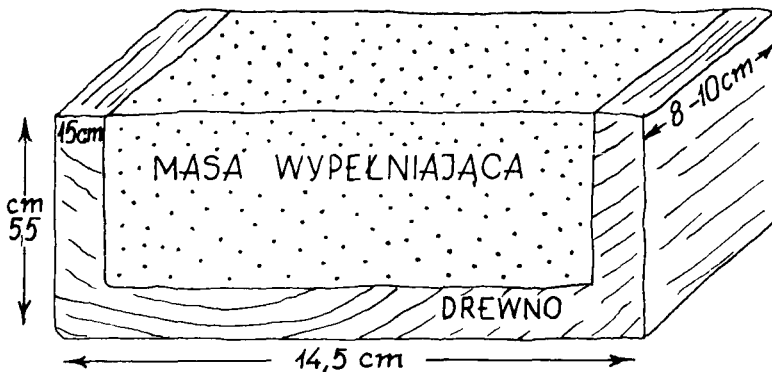
⁶ Ibid., s. 134. Przy produkcji niektórych rodzajów pianek nie wykorzystuje się reakcji izocyjanianu z wodą dla wytworzenia CO₂, lecz dodaje inne środki spieniające, takie jak: fluorowe pochodne węglowodorów, aceton, octan etylu, metanol, etanol, azot, tlen, powietrze itp.

⁷ Autorka pragnie bardzo serdecznie podziękować pracownikom Laboratorium za udzielenie szeregu cennych rad i pomoc w uzyskaniu materiału do badań.

komponentów pianek, a po wyrośnięciu i stwardnieniu nadmiar pianki ścięto, wyrównując jej powierzchnię z brzegami kształtki. Jednocześnie dla celów porównawczych przygotowano dwie podobne formy drewniane wypełnione kitami z mieszaniny trocin i żywicy epoksydowej. Użyto trocin sosnowych o granulacji 0,75—0,5 mm i żywicy Epidian 5 w stosunkach wagowych 1:1 i 1,5:1. Żywicę utwardzano dodatkiem 15% trójetylenoczteroaminy. Przed założeniem masy wypełniającej powierzchnia drewna pokryta została cienką warstewką żywicy Epidian 5 z utwardzaczem w celu zwiększenia przyczepności⁸. Po utwardzeniu kitów wszystkie przygotowane kształtki pocięto na próbki o długości 8—10 cm. W ten sposób uzyskano próbki, w których masa wypełniająca styka się z dużą powierzchnią drewna, głównie z przekrojami dwóch kierunków anatomicznych: promieniowym i stycznym — mających największy udział w procesach kurczenia i pęcznienia. Kształt takich próbek ilustruje rys. 1.

Próbki z wszystkimi rodzajami kitów (po 6 sztuk z każdego rodzaju) poddano działaniu zmiennych warunków wilgotności. Stosowano na przemian suszenie w temp. 40—50°C do momentu uzyskania stałej masy i nawilżanie w atmosferze bliskiej 100% wilgotności względnej. Tak postępowano w 5 kolejnych cyklach. W następnych, próbki zamiast przetrzymywania w wilgotnej atmosferze moczo w wodzie, co znacznie skróciło czas doświadczenia. W ten sposób drewno znajdowało się w krańcowych warunkach, czyli ulegało na przemian maksymalnemu kurczeniu i pęcznieniu (wilgotność drewna przekraczała punkt nasycenia włókien).

Obserwacje dokonane w trakcie doświadczenia wykazały, że już po dwóch cyklach próbki wypełnione kitami z żywicy epoksydowej i trocin o stosunkach wagowych 1:1 pękły na granicy drewno—kit. W wyniku pracy drewna w połączeniu z kitem słabo reagującym na zmiany wilgotności („sztywnym”) nastąpiło wyraźne odspojenie. Po czterech cyklach



1. Kształtka drewna wypełniona kitem

⁸ Tego typu zabieg wykonuje się przy zakładaniu wszystkich kitów, których spoiwem jest żywica epoksydowa (również w uzupełnieniach kamienia, ceramiki itp.). Ilość żywicy, jaka znajduje się w kicie, jest na ogół niewystarczająca dla właściwego spojenia z drewnem.

podobnie zareagowały próbki z masą o mniejszej zawartości żywicy epoksydowej. Nastąpiło dalsze pogłębienie destrukcyjnych zmian w próbkach omówionych poprzednio — kity uległy niemal całkowitemu odspojeniu (rys. 2), a w trzech przypadkach boczne ścianki drewna pękły i odpadły.



2. Przykład odspojenia kitu od drewna w wyniku działania zmiennych warunków wilgotności

Natomiast drewno wypełnione piankami poliuretanowymi po 20 cyklach pozostało bez zmian. Nie zaobserwowano żadnych odspojen ani pęknięć drewna. Na tym doświadczenie przerwano.

Z przeprowadzonego doświadczenia można wyciągnąć następujące wnioski:

— sztywne pianki poliuretanowe można stosować jako masy wypełniające ubytki drewna,

— pianki bardzo dobrze łączą się z drewnem i nie tracą przyczepności podczas silnego kurczenia i pęcznienia drewna,

— mimo, że zastosowano pianki sztywne to jednak wykazują one pewną elastyczność⁹, która najzupełniej wystarczyła do tego, aby pianka dość swobodnie poddawała się różnokierunkowej pracy drewna. Brak jakichkolwiek pęknięć, deformacji czy odspojen świadczy o tym, że w trakcie bardzo drastycznych warunków doświadczenia między partią drewna a kitu nie wytworzyły się zbyt duże różnice naprężeń, jak to miało miejsce w pozostałych rodzajach kitów,

— z obu użytych rodzajów pianek — pianka nr 1 o gęstości $0,05 \text{ g/cm}^3$ okazała się zbyt słaba mechanicznie, aby mogła spełniać rolę kitu do drewna. Łatwo może ulec uszkodzeniom mechanicznym.

Pianki poliuretanowe zdają się spełniać większość zdefiniowanych na początku tego artykułu postulatów dobrego kitu do drewna. Nie odpowiadają one jedynie warunkom zbliżonej do drewna higroskopijności i nasiąkliwości. Użyte w doświadczeniu pianki miały porowatość zamkniętą¹⁰. Wydaje się jednak, że te cechy pianek nie powinny mieć większego

⁹ W. Olczyk, op. cit., s. 193. Elastyczność graniczna sztywnych pianek poliuretanowych o gęstości $0,2 \text{ g/cm}^3$ zamyka się w granicach do 10%.

¹⁰ Ibid., s. 193—197. Adsorpcja wody przez sztywne pianki maleje wraz ze wzrostem gęstości. I tak np. przy gęstości $0,03$ wynosi $2,2 \text{ g/dcm}^3$, a przy gęstości $0,064$ już tylko $0,2 \text{ g/dcm}^3$.

znaczenia dla późniejszego zachowania się kitu i drewna. Postulat przepuszczalności dla pary wodnej i powietrza ma bowiem zabezpieczać warstwy drewna bezpośrednio stykające się z kitem przed kondensacją w nich wody. Zjawisko to związane jest jednak z różnicą temperatur obu sąsiadujących z sobą środowisk. Pianki poliuretanowe znane są powszechnie z swoich doskonałych właściwości izolacji cieplnej¹¹. Ponieważ podobne właściwości posiada drewno, zjawisko kondensacji pary wodnej nie powinno tu występować.

Sztywne pianki poliuretanowe posiadają ponadto szereg dodatkowych cech, które podnoszą ich wartość jako materiału stosowanego do celów konserwatorskich. Są nimi: doskonała adhezja do wielu materiałów, szczególnie porowatych, odporność na temperaturę, światło i czynniki chemiczne. Właściwości te zależą w dużej mierze od stosowanych produktów wyjściowych, a przede wszystkim od gęstości pianki. Im większa gęstość, tym większa odporność na działanie różnych czynników. Poza tym są proste w użyciu i posiadają ogromne możliwości modyfikacji. Można nimi z łatwością wypełniać dowolnej wielkości ubytki drewna, jak też — jeżeli będzie to konieczne — bez większego trudu usunąć je mechanicznie z obiektu.

W praktycznym stosowaniu pianek muszą być jednak spełnione pewne warunki. Wspomniano już wyżej, że proces tworzenia się pianek jest reakcją wybitnie egzotermiczną. We wnętrzu polimeryzującego bloku pianki wytwarza się temperatura około 120—130°C. Jest ona zresztą niezbędna dla prawidłowego i równomiernego procesu spieniania. Stosując jednorazowo zbyt duże ilości komponentów i dążąc do utworzenia grubego bloku możemy spowodować wytworzenie się tak wysokich temperatur, że nastąpi samozapłon. Dlatego w praktyce nie powinno się dopuszczać do tworzenia warstw grubszych niż 15—20 cm. Jeżeli zachodzi konieczność uzupełnienia głębszych ubytków drewna, można zabieg wykonać w dwóch, a nawet trzech ratach, nakładając kolejne warstwy pianki po spolimeryzowaniu i ochłodzeniu pierwszej. Dla lepszego połączenia obu warstw należy powierzchnię pianki naciąć ostrym przedmiotem.

Zapewne spotkamy się tutaj z zarzutem stosowania w trakcie konserwacji zabiegu, w wyniku którego wytwarza się tak wysoka temperatura. Należy zatem wyjaśnić, że temperatury rzędu 120—130°C powstają w wewnętrznych (środkowych) partiach pianki. Na brzegach, a więc w miejscach styku z materiałem zabytkowym są niższe i nie przekraczają 100°C. Ponadto temperatura dość szybko opada z chwilą ustania procesu wydzielania się substancji gazowej, tzn. po kilkunastu minutach. Jeżeli — chcąc uniknąć powstawania wysokich temperatur — będziemy wytwarzać pianki o niewielkiej grubości (2—4 cm) uzyskamy wtedy tworzywo spie-

¹¹ Pianki poliuretanowe są w chwili obecnej najpopularniejszym materiałem izolacyjnym stosowanym w przemyśle chłodniczym.

nione nieprawidłowo. Lepiej jest więc tworzyć kity z dużym nadmiarem i po utwardzeniu ścinać do żądanych grubości.

W skład kompozycji pianek wchodzi zwykle pewne ilości wody. Od jej bowiem zawartości zależy w dużej mierze szybkość procesu spieniania i charakter pianki. Między innymi, odpowiednio regulując dodatki wody możemy w szerokim zakresie modyfikować pianki i tym samym uzyskiwać różne ich gęstości. Jak wiadomo, drewno zawiera zawsze pewien procent wody, która może mieć wpływ na proces spieniania pianki, przynajmniej w jego początkowym okresie. Drewno stosowane do doświadczeń posiadało około 12—13% wilgotności. Po wypełnieniu kształtek pianką okazało się, że w miejscach styku z drewnem (do wysokości około 1 cm) pianka miała znacznie większe i nieregularne pory. W tym wypadku nie miało to jakichś negatywnych skutków, wydaje się jednak, że przy większym zawilgoceniu drewna reakcja izocyjanianu z wodą może być bardzo gwałtowna i spowodować nieregularne spienienie dużych partii kitu¹².

Pozostaje jeszcze sprawa opracowania powierzchni kitów — bardzo ważna dla wyglądu estetycznego zabytków. Pianki poliuretanowe, nakładane zwykle z pewnym nadmiarem są niesłychanie łatwe w modelowaniu. Można ich powierzchnię dowolnie kształtować przy pomocy ostrego noża albo dłuta. Nie powinny one stwarzać żadnych kłopotów w opracowaniu powierzchni, modelowaniu profilów lub innych form rzeźbiarskich. Pozostaje jednak sprawa koloru i faktury powierzchni. Jeżeli obiekt jest polichromowany, to miejsca uzupełnionych ubytków drewna będą bardzo dobrym podłożem do wykonania rekonstrukcji. Ścięta powierzchnia pianki z otwartymi porami łatwo i trwale łączy się z gruntem malarskim. Więcej kłopotu przysporzy niewątpliwie scalenie powierzchni kitów w obiektach drewnianych niepolichromowanych. W tym wypadku, w zależności od charakteru przedmiotu zabytkowego możemy postępować w różny sposób. Stosować piankę bardzo drobno porowatą i modelować fakturę drewna odpowiednimi narzędziami, a następnie scalić kolorystycznie powierzchnię przy pomocy farb. Można też zabarwiać na odpowiedni kolor całą masę kitu. Pianki poliuretanowe łatwo pigmentuje się stosując pigmenty całkowicie pozbawione wody i tylko takie, które w swoim składzie nie posiadają grup zdolnych do reakcji z izocyjanianami.

Jest jeszcze jeden sposób scalania miejsc ubytków z pozostałymi partiami drewna, a mianowicie naklejanie na powierzchnię pianki odpowiednio dobranych usłojeniem i kolorem cienkich kawałków forniru. Wykonane próby wykazały, że trwale można połączyć fornir z pianką przy

¹² Zagadnienie to wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań mających na celu ustalenie górnej granicy wilgotności drewna bezpiecznej dla procesu spieniania albo stosowania środków odwadniających powierzchnię drewna.

pomocy takich klejów jak butapren, poliocetan winylu zarówno w rozpuszczalniku, jak i w dyspersji wodnej.

Z pianek poliuretanowych można wykonywać bardzo dokładne odlewy w formach przygotowanych z kauczuków silikonowych. Łatwość uzyskania bardzo precyzyjnie oddanej faktury i koloru dowolnego materiału może być przydatna w pracach konserwatorskich zarówno przy sporządzaniu kopii, jak i przy rekonstrukcjach.

W niniejszym artykule przedstawiono tylko część badań nad zastosowaniem pianek poliuretanowych. Cały szereg zagadnień wymaga jeszcze opracowania, przede wszystkim stosowanie różnych pianek o znacznie większej gęstości niż użyte w doświadczeniach.

Bożena Soldenhoff

APPLICATION OF STIFF FOAMED POLYURETHANES FOR FILLING UP OF LOST PARTS IN WOOD

(Summary)

The aim of presented investigations is to elaborate a method of filling up of big lost parts in wooden monuments.

The mass for filling up of the lost parts would satisfy many conditions among which the main are: homogeneous structure, water absorption, hygroscopicity, swelling and contraction near to those wood properties, resistance to weather and biologic agents, possibility of putting all the mass at once and setting in whole the mass.

Those conditions are satisfied by foamed polyurethanes. These resins are foamed directly on the object and have good adhesion to wood. They form the mass of sufficient elasticity making an easy work of wood to be possible. The last property is especially valuable at filling up of the lost parts in non-impregnated wood reacting strongly to changes of humidity in environment of the object. Besides of that the foamed polyurethanes are easy to use and can be modified by many means what permits them to be applied for different kinds of wood.