



Przedmioty wykonane z poliestrowego laminatu odznaczają się bardzo dużą wytrzymałością mechaniczną i odpornością na działanie czynników atmosferycznych. Nic też dziwnego, że wodniacy chętnie budują łodzie z tego tworzywa.

Na fotografii — laminowany pokład łodzi żaglowej bezpośrednio po wyjęciu z formy.



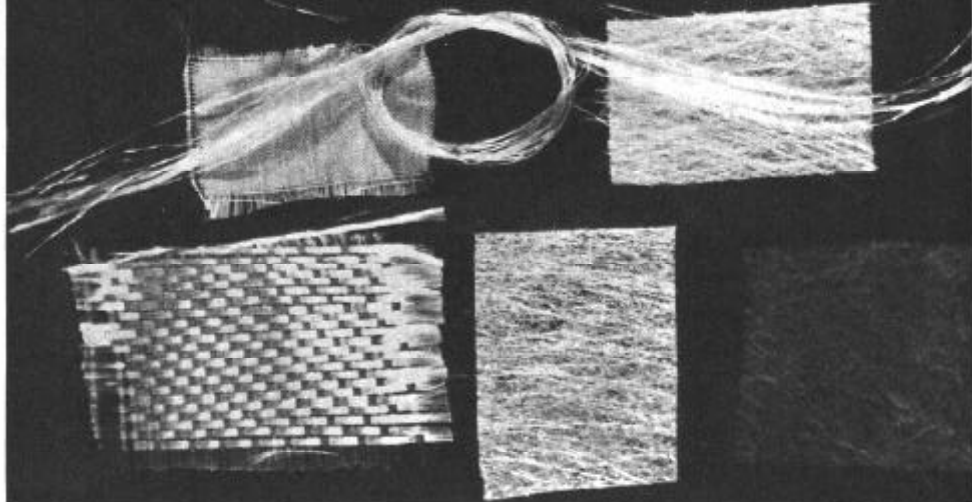
KONSTRUKCJE Z LAMINATU — mgr inż. Andrzej Moldenhawer ● **PROSTY PRZYRZĄD DO OBSERWACJI BIOLOGICZNEGO SPRZEŻENIA ZWROTNEGO** — Edward Lepak ● **O KLEJACH I KLEJENIU (dokończenie)** — mgr Stefan Sekowski ● **OSTRZENIE NARZĘDZI (j.k.)**

KONSTRUKCJE Z LAMINATU

We współczesnej technice coraz powszechniej znajdują zastosowanie przedmioty wykonywane z połączenia żywic syntetycznych i włókna szklanego. Łodzie, przyczepy kempingowe, karoserie sportowych samochodów, skrzynki do kolportażu prasy, kontenery, osłony motocykli wykonywane są na zimno z tego znakomitego materiału, który w łatwy sposób umożliwia uzyskanie gładkich, przedmiotów odpornych na korozję, a równocześnie o bardzo skomplikowanych kształtach. W jaki sposób posługiwać się tymi tworzywami? Wydaje się, że dobrym przykładem będzie tutaj aerodynamiczna osłona do motocykla lub motoroweru (rys. 1), którą z takiego tworzywa łatwo można wykonać w dowolnym kształcie.

Przed opisem wykonania tego rodzaju skorupy podamy kilka krótkich wiadomości na temat materiałów, z których osłona będzie wykonana. Z dostępnych na rynku żywic syntetycznych najłatwiej zdobyć żywicę poliestrową — „Polimal”. Jest to gęsta ciecz o jasnożółtej barwie sprzedawana w cenie detalicznej 80 zł za kilogram, która zmieszana z utwardzaczem i przyspieszaczem tworzy w temp. pokojowej po kilku godzinach twarde i kruche tworzywo. Dlatego też na konstrukcje, w której

występują obciążenia (przy osłonie motocyklowej — np. uderzenie w czasie wywrócenia się) nie stosujemy czystej żywicy, ale wzmacniamy ją szklanym włóknem w formie maty lub tkaniny (fot.). Obecnie w Polsce produkowanych jest kilka gatunków maty szklanej oraz tkaniny szklanej. Składają się one z pasemek zawierających aż kilka tysięcy cieniutkich szklanych nitok, każda grubości 10 mikronów; w tej formie szkło daje się zginać bez złamań, a równocześnie ma bardzo wysoką wytrzymałość na rozzerwanie, przy dużej odporności chemicznej. Jeżeli więc sporządzoną z takiego szkła tkaninę lub matę przeświecać żywicą z dodanymi utwardzaczem i przyspieszaczem, to wówczas po paru godzinach uzyskamy lekką, twardą i niełamliwą skorupę. W rzeczywistości jednak dla uzyskania ładnej i gładkiej powierzchni wykonać trzeba wiele czynności. Przede wszystkim trzeba mieć bardzo gładką formę negatywową. W przypadku posiadanego wzorca, jeżeli np. jeden z kolegów ma ładną osłonę przy swoim motocyklu, można z niej zdjąć formę posługując się gipsem. Na formę należy, po odkręceniu wszystkich metalowych części wystających na zewnątrz i zatkaniu dziur plasteliną, nanieść kilkakrotnie za pomocą ściereczki



Plótno szklane, rowing oraz mata szklana o gramaturze 150—450 g/m²

pastę do butów, przy czym pomiędzy poszczególnymi nacieraniami poczekać, żeby poprzednia warstwa wyschła. Na w ten sposób przygotowaną powierzchnię wylewamy gips wymieszany z wodą, a następnie po jego wyschnięciu zdejmujemy całą skorupę. Operacja ta nie zawsze się udaje, dlatego też należy bardzo dobrze przygotować powierzchnię wzorca, żeby nie nastąpiło przyklejenie gipsu do lakieru. Po wyschnięciu formy negatywowej malujemy ją, za pomocą pistoletu natryskowego lub pędzla, lakierem olejnym lub nitro, a następnie po wyschnięciu kilkakrotnie pokrywamy środkiem oddzielającym. Dobór środka oddzielającego i jego naniesienie stanowi jeden z trudniejszych elementów przy wykonywaniu skorup laminatowych, ponieważ w przypadku przyklejenia się laminatu do formy następuje na ogół jej uszkodzenie.

Należy także pamiętać, że stosowanie tłustych środków oddzielających (np. nr 1 lub 4) uniemożliwia późniejsze lakierowanie powierzchni żelkotu. W formie gipsowej można wykonać kilka identycznych osłon, na pewno więc znajdują się wśród kolegów chętni do posiadania podobnego wyposażenia.

Na dobrze wypolerowanej i pokrytej środkiem oddzielającym formie nega-

tywowej kładziemy za pomocą pistoletu lub pędzla pierwszą warstwę żelkotu, czyli mieszaniny żywicy oraz pigmentu (barwnika). W podpisie do rys. 2 (przekroju laminatu) podano dokładny skład żelkotu, ponieważ jednak w warunkach amatorskich mogą być kłopoty ze zdobyciem podanych składników, żelkot można wykonać, we własnym zakresie, w sposób następujący.

Do czystej żywicy „Polimal 109” dodajemy dla jej zagęszczenia krzemionki koloidalnej lub też białego talku w ilości, przy której żywica nie spływa z pionowej płaszczyzny. Równocześnie dodajemy barwnika (pigmentu). Aby otrzymać biały żelkot, jako pigmentu użyjemy bieli tytanowej, dostępnej czasem na rynku, w ilości około 5% masy żywicy. W przypadku innych kolorów, należy zdobyć pigment, czyli barwnik w pożądanym kolorze, odporny na działanie światła. Ze zdobyciem pigmentu mogą być duże kłopoty, ponieważ w chemicznych sklepach bywa on bardzo rzadko.

Kolor niebieski, niestety, w niezbyt ładnym odcieniu, można otrzymać przez dodanie ultramaryny, kolor czarny zaś przez dodatek sadzy angielskiej.

Żelkot uciera się w kamiennym garnku porcelanową kopyścią tak jak ciasto

w czasie jego wyrobu. Dla uzyskania dobrego efektu czynność ta powinna trwać co najmniej 1 godzinę. Po stwierdzeniu, że masa żelkotu jest jednobarwna i pozbawiona grudek, dodaje się do niej przyspieszacz i utwardzacz w proporcjach liczonych dla czystej żywicy. Dla ułatwienia należy już wcześniej odmierzyć oba odczynniki.

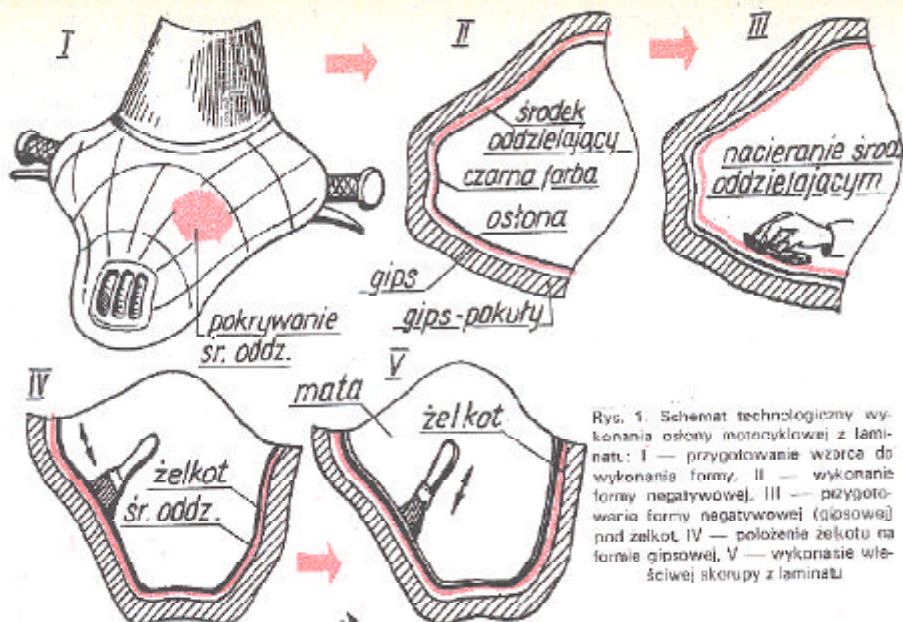
Następnie pędzłem równomiernie nanosimy żelkot na całą powierzchnię formy, przy czym grubość warstwy żelkotu określamy na zasadzie przeświecania barwy, jaką miała forma. Dlatego też w przypadku jasnego żelkotu formę należy malować na czarno, w przypadku zaś żelkotu ciemnego formę malujemy na białe.

Po tej operacji należy odczekać minimum 24 godziny, ażeby żelkot stwardniał i dopiero wówczas dokonać właściwego laminowania, tj. pokrycia żelkotu cienką warstwą żywicy z utwardzaczem i przyspieszaczem, a następnie położenia na niej jednej jak najcieńszej warstwy maty i przesylenia jej żywicą. Ponieważ czynność ta jest dość trudna, w przypadku laminowania po raz pierwszy nieraz popełnia się poważne błędy. Opiszemy szczegółowo wszystkie czynności według kolejności ich wykonywania.

W pokrytej żelkotem formie, gołymi rękami, rozkładamy cięte nożyczkami kawałki maty w ten sposób, żeby jak najlepiej układały się one na sucho na całej powierzchni (rys. 4). Jeżeli w niektórych miejscach, np. na dużych wypukłościach czy też załamaniach, mata nie chce się ułożyć, nacinamy ją nożyczkami. Następnie przygotowujemy naczynie o pojemności nie większej niż 1 l i ważymy je. Po włożeniu na ręce gumowych rękawiczek nalewamy do naczynia czystej żywicy i ważymy powtórnie, starając się uzyskać pełną wagę, np. 0,5 czy też 1 kg. Do tej żywicy wlewamy utwardzacz i mieszamy obie ciecze drewnianą łopatką. Na koniec do wymieszanej cieczy wlewamy

przyspieszacz za pomocą pipety. Ponownie mieszamy przyrządzoną ciecz i rozpoczynamy laminowanie, tj. maczanie pędzla w żywicy, a następnie smarowanie powierzchni żelkotu. Na posmarowaną powierzchnię żelkotu kładziemy kawałki maty według poprzedniego ułożenia i ciągle mokrym pędzlem staramy się przybić matę do żelkotu w ten sposób, żeby cała powierzchnia maty była przesycona żywicą. Im większą wprawę ma wykonujący ten zabieg, tym mniejszą ilość żywicy zużyje na przesylenie maty. Praktycznie ilość żywicy potrzebna na przesylenie wynosi od 50 do 70% ciężaru maty. Żywicę, która nam została, możemy użyć w ten sposób, że na większych powierzchniach można położyć dodatkową warstwę maty i przesyć ją wspólnie z poprzednią warstwą. Opisaną technologię pokazano na rys. 3 i 4.

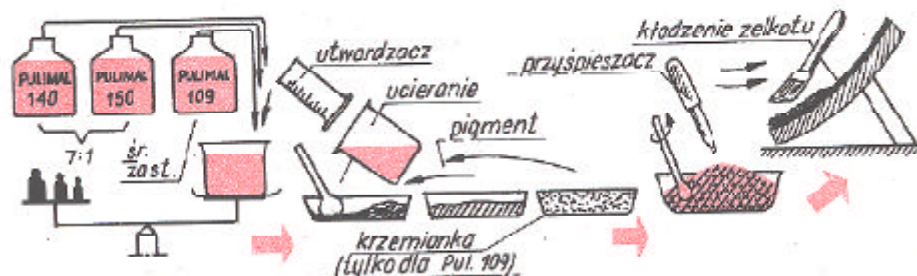
Po zakończeniu tej operacji należy jak najszybciej umyć pędzle i naczynia w denaturacie, a rękawiczki — w denaturacie z dodatkiem trocin. Ten etap, oznaczający położenie pierwszej warstwy, wymaga odczekania ponownie 24 godzin dla stwardnienia (żelowania) żywicy. W ostatnim etapie kładziemy już wszystkie warstwy, na które powinny się składać: minimum 1 warstwa tkaniny szklanej i jedna lub kilka maty. Przy czym może być to mata grubsza, o gramaturze 450. Nakładanie tkaniny i przesylenie wykonamy podobnie jak poprzednio, jednakże nie należy mieszać w naczyniu większej ilości żywicy z utwardzaczem i przyspieszaczem, ponieważ łatwo może nastąpić reakcja egzotermiczna. Praktycznie przebiega to w ten sposób, że w pewnej chwili żywica robi się gorąca, a następnie wydobywa się z niej dym. Żywica w ciągu paru minut rośnie jak ciasto drożdżowe, jest pełna pęcherzy i natychmiast utwardza się. Ażeby temu zapobiec, po dodaniu do żywicy utwardzacza wylewa się ją częściowo do mniejszego naczynia, waży i dodaje odpowiednią ilość przyspie-



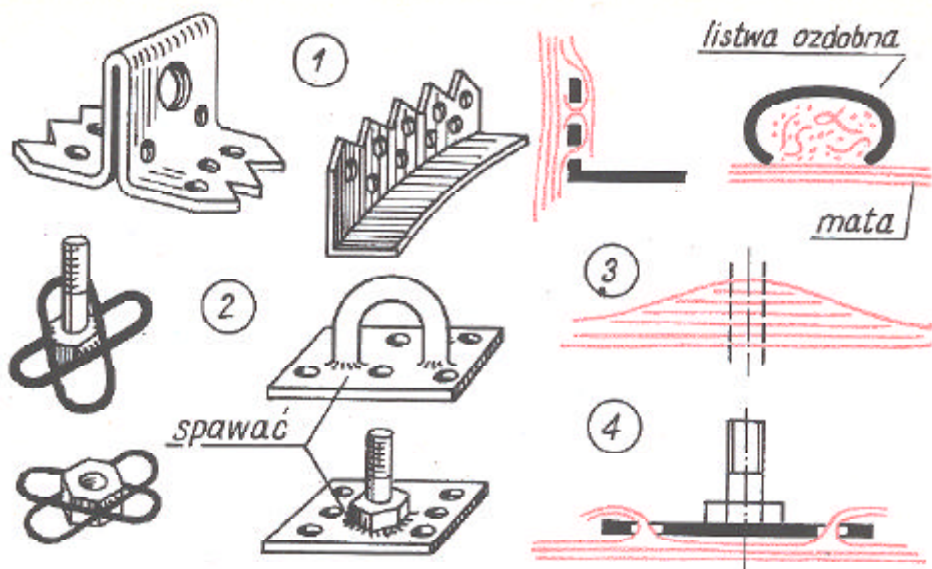
Rys. 1. Schemat technologiczny wykonania osłony motorykowej z laminatu: I — przygotowanie wzorca do wykonania formy, II — wykonanie formy negatywowej, III — przygotowanie formy negatywowej (gipsowej) pod żelkot, IV — położenie żelkotu na formie gipsowej, V — wykonanie właściwej skory z laminatu



Rys. 3. Schemat technologiczny przygotowania żywicy z dodatkami do wykonania żelkotu. Przy użyciu wagi kuchennej odmierzamy odpowiednią ilość żywicy, do której dodajemy utwardzacz (metodą miareczkowania). Po rozważeniu masy do mniejszych naczyń dodajemy przyspieszacz miareczkowany pipetą

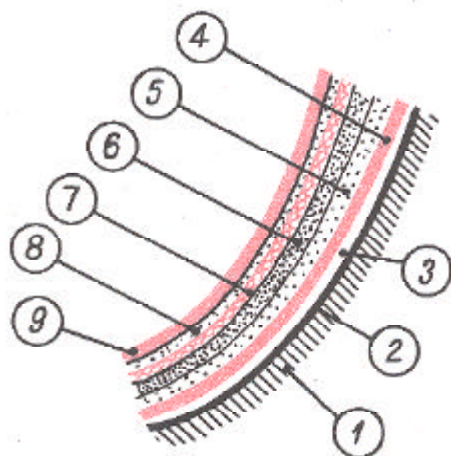


Rys. 4. Schemat technologiczny przygotowania żelkotu. Przy użyciu wagi kuchennej odmierzamy odpowiednie ilości różnych żywic i po zmieszaniu dodajemy utwardzacz metodą miareczkowania. Następnie, po wymieszaniu, dodajemy krzemionkę oraz pigment mieszając i ucierając aż do otrzymania odpowiednio gęstej pasty. Na zakończenie dodajemy przyspieszacz, posługując się pipetą. Całość mieszamy i rozkładamy pędzlem na powierzchni



Rys. 5. Przykłady połączenia skorupy laminatowej z elementami metalowymi: 1 — typowa uchwyty z blachy (w otwory przed laminowaniem wprowadzić pasma tkaniny), 2 — kotwienie śrub, nakrętek i uchwyty, 3 — wzmocnienia skorupy przed wywierceniem otworów pod okucie, 4 — przykład właminowania śruby

Rys. 2. Struktura typowej skorupy formy oraz dna łoża: 1 — forma negatywna z laminatu 5 mm, 2 — żelkot czarny, 3 — środek oddzielający, 4 — żelkot zewnętrzny (1000 g — Polimal 140, 100 g — Polimal 150, 4—8 g — naftenian kobaltu, 12—20 g — ketoneks, 50 g — pasta (pigmentowa)), 5 — mata 300+Polimal 109 z przyspieszczaczem i utwardzaczem, 6 — mata 450+Polimal 109 z dodatkami, 7 — tkanina szklana 500 (S121), 8 — mata 450+Polimal 109 z dodatkami, 9 — topkot (1000 g — Polimal 140, 50 g — talk, 20 g — Korektor 4, parafinowy, przyspieszczacz, utwardzacz i pasta pigmentowa jak dla żelkotu).



szacza, a następnie jak najszybciej zużywa.

Po wykonaniu kilkuwarstwowej skorupy uzyskujemy po jednej stronie gładką, lśniącą powierzchnię, po drugiej zaś matową, nierówną fakturę, na której widać kawałki maty, miejsca ich łączeń i ślady po pędzlu. Chcąc uzyskać

powierzchnię bardziej estetyczną, należy po obcięciu brzegów skorupy wewnętrzną stronę pokryć topkotem, tj. warstwą gęstej mieszaniny żywicy z barwnikiem oraz dodatkiem talku i korektora. Skład ilościowy topkotu zaznaczony jest na rys. 2. Topkot o konsystencji gęstej papki nanosi się pędzlem, żeby otrzymać

jednorodną fakturę całej wewnętrznej powierzchni. Dodatek korektora — składnika dostępnego w sklepach chemicznych — ma na celu usunięcie „pocenia się” wewnętrznej powierzchni laminatu. Ponieważ pokryta topkotem powierzchnia nie jest równa, często stosuje się dodatkowe pokrycie jej dużymi kroplami lakieru. Efekt ten, maskujący nierówności, łatwo jest uzyskać przez rozpylenie kolorowej farby nitro przez prostą dyszę złożoną z dwóch rurek, z których jedna połączona jest z pompką samochodową, a druga zanurzona w naczyniu z lakierem. Należy tak dobrać szybkość pompowania, żeby uzyskać na powierzchni topkotu pojedyncze krople w wymiarach 1 do 3 mm.

Skorupy wytwarzane z tkaniny szklanej i żywicy umożliwiają właminowywanie w nie różnych oku i części metalowych (rys. 5), co bardzo ułatwia montowanie ich, w naszym przypadku do motocykla. W miejscu, gdzie chcemy połączyć skorupę z częściami metalowymi, właminujemy w zależności od potrzeby dodatkowy element łączący. W tym celu do nakrętki lub śruby należy przyspawać dziurkowaną blazkę lub kilka drutów, a następnie zabezpieczając gwint nakrętki przed zaklejeniem, np. przez posmarowanie go plasteliną, całość przykładamy do skorupy i kilku kawałkami tkaniny i żywicą skleamy razem. Podczas tych operacji zasadą jest, aby uzyskać jak największą powierzchnię łączącą laminat z metalem. Ponieważ wytrzymałość laminatu jest znacznie mniejsza od wytrzymałości metalu, powierzchnia łączenia powinna być jak największa. Przyklejanie samego metalu do laminatu poliestrowego, bez użycia specjalnych chemikaliów jest niecelowe, ponieważ wcześniej czy później nastąpi nieuchronne rozdzielanie obu materiałów. Dlatego też, chcąc np. przykleić ozdobną listwę czy też inne elementy metalowe, należy uprzednio połączyć je, w sposób niewidoczny, z laminatem, a dopiero potem przykleić

je klejąc żywicą zawsze laminat do laminatu. Wielką zaletą skorupy laminatowej jest to, że grubość jej zależy od uznania konstruktora, dlatego też w miejscach, gdzie przewidujemy połączenia klejone czy też normalne śrubowe, możemy już wcześniej zastosować odpowiednio wzmocnienia, tj. położenie w łączonym miejscu wielu warstw tkaniny. Np. przewidując przewiercenie w laminacie otworu i przykręcenie elementu łączącego za pomocą śruby, możemy w tym miejscu wcześniej właminować kilka wyciętych z tkaniny czy też maty kółek o różnej średnicy (rys. 5).

Laminat wykonywany z żywicy i maty odznacza się łatwością kształtowania nawet bardzo skomplikowanych powierzchni, równocześnie jednak ma on niższą wytrzymałość aniżeli laminat złożony tylko z żywicy i tkaniny szklanej. Dlatego też na pierwszą warstwę z zasady kładzie się matę, ażeby uzyskać dobre pokrycie żelkotu (bez bąbli), na następne warstwy zaś, szczególnie jeżeli zależy nam na dużej wytrzymałości i małym ciężarze, należy stosować tkaninę szklaną.

Mgr inż. Andrzej Moldenhawer

TYPOWE ŻYWICE POLIESTROWE

POLIMAL 109

Jest to uniwersalna, wysokoreaktywna żywica, będąca 35-procentowym styrenowym roztworem nienasyconego poliestru. Po utwardzeniu odznacza się dość dużą sztywnością i twardością. Stosowana jest na dużą skalę do produkcji laminatów poliestrowo-szklanych, z których wytwarza się: helmy, łodzie, karoserie, zbiorniki, elementy konstrukcyjne itp., oraz do celów elektroizolacyjnych i jako główny składnik powłok do ochrony betonu przed korozją.

POLIMAL 140

Jest to nienasycona, tiksotropowa żywica poliestrowa, będąca styrenowym roztworem nienasyconego poliestru, zawierająca czynnik tiksotropujący — żel krzemionkowy. Żywicę tę stosuje się głównie jako żelkot do wyrobu przedmiotów z laminatów po-

liestrowych, w szczególności przy produkcji jednostek pływających, sprzętu sanitarnego oraz aparatury chemicznej.

POLIMAL 150

Jest to elastyczna żywica również nienasycona, będąca styrenowym rozwiązaniem produktu kondensacji bezwodników i glikoli. Jako żywica małoaktywna i o stosunkowo niewielkim skurczu, znajduje zastosowanie do sporządzania większych odlewów, o masie kilku kilogramów oraz uelastyczniania żywic innych typów, a także do zalewania obwodów elektrotechnicznych.

INICJATORY (utwardzacze żywicy)

NADTLENEK BENZOILU

Nadtlenek benzoilu w handlu występuje w postaci krystalicznej, zwykle z niewielką ilością wody, natomiast w przetwórstwie stosuje się go przeważnie w postaci 50-procentowej, pozbawionej wody pasty we ftalanie dwubutyli. Utwardzacz ten używa się w ilości 0,5—2,9 % części wagowych licząc na produkt suchy w temp. pokojowej, z dodatkiem przyspieszacza aminowego.

PASTA „WNCH HEKSANOX”

Jest to 50-procentowa pasta wodoronadtlenku cykloheksanonu we ftalanie dwubutyli, zawierająca około 6,5 % tlenu aktywnego. Inicjator ten stosuje się w ilości 2—5 % części wagowych — licząc na ilość żywicy — do utwardzania na zimno z dodatkiem odpowiednich przyspieszaczy.

KETONOX

Jest to 50-procentowy roztwór wodoronadtlenku metyloetyloketonu we ftalanie dwumetylowym, zawierający ok. 10 % tlenu aktywnego. Stosuje się go zwykle w ilości, 0,5—2 % części wagowych — licząc na ilość żywicy — do utwardzania na zimno z aktywatorami.

PRZYSPIESZACZE

PRZYSPIESZACZ KOBALTOWY — NAFTE- NIAN KOBALTU (najczęściej stosowany)

Znajduje zastosowanie jako aktywator utwardzania nienasyconych żywic poliestrowych w temperaturze pokojowej wobec wodoronadtlenków. Używa się go najczęściej w postaci roztworu styrenowo-benzenowego, o zawartości kobaltu 1—3 %. Roztwór o zawartości 1 % kobaltu dodaje się w ilości 0,2—1 cm³ na 100 g żywicy, co stanowi

w przeliczeniu na czysty kobalt 0,002—0,01 % żywicy.

DWUMETYLOANILINA

Jest do nabycia w handlu w postaci stężonej, lecz w zastosowaniu — jako przyspieszacza utwardzania nienasyconych żywic poliestrowych używa się jej najczęściej jako roztworu 5—10 % w styrenie w ilości 0,2—2 % na wagę żywicy.

Przykład układów utwardzających.

- I. Żywica poliestrowa Polimal 100 cz.wag.
Pasta WNCH Heksanox 4 cz.wag.
Naftenian kobaltu — roztwór o zawartości 1 % kobaltu 0,4 cz.wag.

Układ ten zaleca się do wykonywania niewielkich odlewów i laminatów. W razie konieczności obniżenia reaktywności układu (opóźnienia reakcji) należy zmniejszyć ilość inicjatora i przyspieszacza.

- II. Żywica poliestrowa Polimal 100 cz.wag.
Ketonox 2 cz.wag.

- III. Żywica poliestrowa Polimal 100 cz.wag.
Naftenian kobaltu — roztwór o zawartości 1 % kobaltu 0,4 cz.wag.

- III. Żywica poliestrowa Polimal 100 cz.wag.
Nadtlenek benzoilu w postaci 50-procentowej pasty we ftalanie dwubutyli 2 cz.wag.
Dwumetyloanilina, roztwór 10-procentowy w styrenie 0,5 cz.wag.

ŚRODKI ODDZIELAJĄCE

1. Wosk polietylenowy WP-1 (produkuje Szarżyna).
20—50 g wosku rozpuścić w 1000 g tetra mieszając pod wyciągiem w temp. 70°C, nanosić szmatką — laminat nie nadaje się do malowania.
2. Folia poliestrowa Estrafol, 2 razy na powierzchnię płaskie i o małej wypukłości. Laminat można malować.
3. Alkohol poliwinylowy „Winakol”. Po wyschnięciu tworzy błonę. Laminat można malować.
Przy natryskiwaniu pistoletem: alkohol poliwinylowy — 100 g, woda 630 g, alkohol etylowy 630 g, gliceryna 14 g, płyn „Ludwik” (środek do mycia) 14 g, dwuchromian potasu 14 g.
4. Środek zastępczy. Pasta do podłóg o małej zawartości parafiny z dodatkiem wosku pszczelego rozpuszczonego w tetra. Pokrywać szmatką kilkakrotnie, w odstęпах