

## Ćwiczenie: „Laminaty poliestrowe”

### 1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze sposobami otrzymywania i właściwościami laminatów poliestrowo-szklanych.

### 2 Określenie podstawowych zagadnień

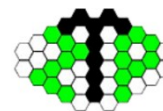
**Laminaty** (tworzywa wzmocnione, warstwowe) otrzymywane są w wyniku przesycania nośnika włóknistego cieklą żywicą (termo- lub chemoutwardzalną), a następnie utwardzenie jej. Powstały w ten sposób produkt charakteryzuje się znaczną wytrzymałością mechaniczną, niewielkim ciężarem właściwym, odpornością na korozję itd., nie wymaga również skomplikowanych technologii i metod otrzymywania. Jako materiały wzmacniające stosuje się w zależności od ich kształtu: włókna krótkie i długie (szklane, węglowe, grafitowe, aramidowe, itd.), maty oraz tkaniny (szklane, bawełniane, tekstylne). Jako spoiwo największe zastosowanie znalazły żywice: poliestrowe, epoksydowe, fenolowe, itd. Laminaty znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle szkodliwym (małe jednostki pływające – łodzie, jachty, kajaki, itd.), motoryzacyjnym (części karoserii, przyczepy campingowe), elektromaszynowym i budownictwie.

Zasadniczym czynnikiem wpływającym na efekt wzmocnienia w laminacie jest granica faz nośnik-spoivo. Jest to miejsce, w którym dochodzi do kontaktu i współpracy dwóch różnych składników kompozytu (laminatu), a o wytrzymałości mechanicznej decyduje stopień adhezji między żywicą a nośnikiem. Ideałem byłoby gdyby żywica ściśle przylegała na całej powierzchni włókna, a siła adhezji była co najmniej tak duża jak siła kohezji w samej żywicę. W rzeczywistości zjawiska występujące na granicach faz są bardziej skomplikowane i zależą od następujących czynników:

- składu chemicznego szkła,
- stopnia hydratacji powierzchni włókien,
- rodzaju i ilości uszkodzeń powierzchniowych,
- typu preparacji powierzchniowej włókien,
- budowy chem., składu i właściwości fizykochemicznych żywic,
- techniki wykonania i utwardzania laminatu.

Najbardziej rozpowszechnionymi materiałami z omawianej dziedziny są laminaty poliestrowo-szklane. Cechują je: bardzo dobre właściwości wytrzymałościowe, odporność na korozję oraz łatwość formowania wyrobów wielkogabarytowych. Wyroby mogą być eksploatowane w warunkach atmosferycznych przez ponad 30 lat, w czasie których mogą nastąpić jedynie niewielkie odbarwienia czy pogorszenie wytrzymałości.

Stosowana **żywica poliestrowa** jest roztworem małowcząsteczkowego poliestru nienasyconego w styrenie, który pełni rolę monomeru sieciującego. Poliestry nienasycone o budowie liniowej makrocząsteczek są rozpuszczalne i topliwe, dopiero w wyniku utwardzenia tworzą nierozpuszczalne w wodzie, tłuszczach, alkoholu, słabych roztworach kwasów, zasad i soli oraz nietopliwe tworzywo o usieciowanej strukturze przestrzennej. Utwardzanie żywic następuje w wyniku procesu kopolimeryzacji rodnikowej poliestru nienasyconego ze styrenem, a sieciowanie poliestru odbywa się poprzez tworzenie przez styren wiązań podwójnych między makrocząsteczkami żywic. Inicjatorem polimeryzacji są nadtlaki organiczne (nadtlenek dikumylu, benzoilu), dodatkowo stosuje się również przyspieszacze (dwumetyloanilina, naftalenian kobaltu). Ilość jednych i drugich ustala się doświadczalnie, w zależności od typu żywic i temperatury procesu, tak aby czas utwardzania mieścił się w granicach 0,5 – 1 godz. i



pozwalają na dokładne przesylenie wzmocnienia.

Stosowanie **włókien szklanych** i wykonanych z nich materiałów (mat, tkanin) w produkcji laminatów związane jest przede wszystkim z wysoką wytrzymałością na rozciąganie pojedynczego włókna oraz wystarczającej giętkości, które wznoszą wraz ze zmniejszaniem jego średnicy.

Włókna szklane otrzymywane są ze szkła glinoborokrzemowego o małej zawartości tlenków alkalicznych. Do zbrojenia używa się na ogół włókien o średnicy ok. 10 μm. Dzięki obecności w warstwie powierzchniowej włókna różnych kationów (w zależności od składu chem.) wykazuje ono charakter polarny, co jest przyczyną silnej adhezji do tworzyw sztucznych o budowie również polarnej (np. epoksydy). W przypadku łączenia z tworzywami mało polarnymi włókna wymagają obróbki powierzchniowej (preparacji), która poprawia ich zwilżalność i w rezultacie wpływa na stopień przesylenia nośnika spoiwem i wzrost wytrzymałości całego laminatu.

### 3 Metody

Proces laminowania polega na trwałym łączeniu adhezyjnym warstw wzmocnienia w kształcie arkuszy, taśm lub włókien przy pomocy spoiwa, którego głównym składnikiem jest polimer. Proces ten można prowadzić z wywieraniem, bądź bez wywierania ciśnienia, w temperaturze pokojowej lub podwyższonej. W zależności od rodzaju wzmocnienia, stosowanego narzędzia, kształtu formy oraz rodzaju spoiwa stosuje się następujące metody laminowania:

#### 3.1. Laminowanie natryskowe

Laminat wykonywany jest przy pomocy pistoletu natryskowego, z którego jednego przewodu podawana jest mieszanka żywicy z utwardzaczem, a z drugiego cięte włókno, a całość natryskiwana jest bezpośrednio na formę. Ciśnienie w pistolecie uzyskuje się zazwyczaj przy pomocy sprężonego powietrza. Metoda ta pozwala na wykonywanie laminatów na powierzchniach wiszących, ogranicza również straty żywicy podczas procesu. Laminowanie natryskowe stosowane jest w produkcji dużych przedmiotów, jak np. łodzie, karoserie samochodowe, czy w przypadku prac budowlanych – do natryskiwania izolacji dachów tuneli, zbiorników betonowych, itd.

#### 3.2. Przeciąganie

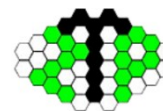
Powyższa metoda polega na ciągłym przesyłaniu długich włókien przy pomocy przeciągadła z dyszą formującą profile o różnych przekrojach

#### 3.3. Nawijanie

Metoda ta polega na nawijaniu ciągłego wzmocnienia włóknistego na rdzeń nadający kształt przyszłego wyrobu, który jest następnie usuwany lub niekiedy pozostaje w wyrobie jako jego część. Proces ten realizowany jest przy pomocy urządzeń do nawijania, dodatkowo ruch obrotowy wykonuje również rdzeń. Stosowane są dwa sposoby impregnacji (przesycania) włókien: impregnacja ciekłą żywicą w czasie nawijania wzmocnienia na rdzeń (sposób mokry); zastosowanie wzmocnienia preimpregnowanego suchego lub lepkiego (sposób suchy) – np. rovingu. Kolejne nawoje przylegają do siebie w sposób bardzo ścisły i wymagają silnego nacisku. W ten sposób wykonuje się różnego rodzaju zbiorniki ciśnieniowe i przemysłowe, rury, wędziska, boje, itd.

#### 3.4. Metoda kontaktowa

Metoda kontaktowa polega na ręcznym nanoszeniu kompozycji żywicznej na przygotowane arkusze nośnika i przesyłaniu ich przy pomocy pędzli, wałków, itd. Jest najprostszym, niewymagającym specjalistycznego



sprzętu sposobem formowania wielkogabarytowych laminatów. Nie wymaga stosowania dużych ciśnień i pozwala na stosowanie względnie tanich form: drewnianych, gipsowych, metalowych o dowolnym kształcie. Aby zabezpieczyć warstwę zewnętrzną laminatu przed negatywnym działaniem czynników atmosferycznych, uszkodzeniami mechanicznymi oraz podnieść estetykę wyrobu stosuje się tzw. żelkot, stanowiący mieszaninę żywicy z dodatkiem środków tiksotropowych, barwników i in.

### 3.4.1. Technika wykonania laminatu metodą kontaktową

W celu przeprowadzenia ćwiczenia należy przygotować odpowiednie akcesoria: naczynie do ciekłej żywicy, zestaw pędzli wałków, duży arkusz maty szklanej.

Wykonanie laminatu wymaga wykonania wcześniejszych czynności przygotowujących:

- przygotowanie wzmocnienia (nośnika) – z arkusza maty lub tkaniny należy wyciąć odpowiednią ilość wykrojów (warstw), zależną od pożądanej grubości laminatu;
- przygotowanie kompozycji żywicznej – żywicę poliestrową (Polimal) należy zmieszać dokładnie z odważoną ilością inicjatora, a następnie przyspieszacza; czynność ta musi być wykonana bezpośrednio przed procesem laminowania, aby uniknąć zżelowania kompozycji.

### 3.4.2. Opis metody – wykonanie laminatu

Na form pokrytą środkiem antyadhezyjnym kładzie się (za pomocą pędzla lub wałka) warstwę żelkotu, zapewniającą estetyczną powierzchnię wyrobu. Po utwardzeniu warstwy wierzchniej laminuje się pierwszą warstwę wzmocnienia. Ilość żywicy przypadającej na daną warstwę oblicza się w stosunku do gramatury wzmocnienia i jego rodzaju przyjmując, że w metodzie ręcznej zawartość szkła w laminacie może być następująca:

- Przy użyciu mat 25-35%
- Przy użyciu tkanin 35-47%
- Przy użyciu plecionek 40-50%

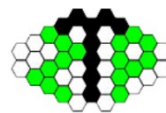
Dwie trzecie obliczonej na daną warstwę żywicy nanosi się na żelkot, po czym układa wzmocnienie i starannie roluje wałkiem, a na miejsca słabiej przesycone nanosi pozostałą część spoiwa. W ten sposób eliminuje się obecność pęcherzy powietrza w laminacie i tzw. suchych styków. Następnie czynność powtarza się, nanosząc najpierw część żywicy a potem kolejną warstwę maty i tak do osiągnięcia wymaganej grubości. Jako ostatnią warstwę laminatu układa się zwykle ciekłą tkaninę i powleka żywicą lakierniczą lub lakierem.

Laminaty utwardzane w temperaturze pokojowej są na ogół nietwardzone, dlatego poddaje się je dodatkowemu wygrzewaniu zwykle w temp. 60–120°C w czasie 1–10 godzin.

Po wykonaniu ćwiczenia wykorzystane wałki i pędzle należy umyć w rozpuszczalniku (acetonie), aby uniknąć ich sklejenia.

## 4 Bezpieczeństwo i higiena pracy

Żywice poliestrowe są cieczami łatwopalnymi, co wynika z obecności styrenu. Zapalają się zarówno od płomienia, jak i materiałów żarzących się. W trakcie laminowania ręcznego w powietrzu znajduje się znaczna ilość par styrenu, co wzmacnia dodatkowo niebezpieczeństwo pożaru. Dodatkowym czynnikiem szczególnie niebezpiecznym są inicjatory polimeryzacji, również łatwopalne i wybuchowe. W trakcie wykonywania ćwiczenia należy zatem zachować szczególną ostrożność. Pod żadnym pozorem nie używać płomienia. Należy również uwzględnić szkodliwość oddziaływania par styrenu na organizm ludzki. Wdychanie go działa drażniąco na układ oddechowy i narkotycznie na układ nerwowy.



## 5 Opracowanie wyników

Sprawozdanie z przebiegu ćwiczenia powinno zawierać opis czynności prowadzących do otrzymania laminatu, receptur mieszanki żywicznej oraz zestawienie zalet i wad metody kontaktowej na podstawie danych literaturowych.

## 6 Literatura

1. W. Królikowski, Z. Kłosowska-Wońkiewicz, P. Penczek: „Żywice i laminaty poliestrowe” WNT, Warszawa 1986;
2. W. Królikowski „Tworzywa wzmocnione i włókna wzmacniające” WNT, Warszawa 1988;
3. T. Broniewski, A. Iwasiewicz, J. Kapko, W. Płaczek: „Metody badań i ocena właściwości tworzyw sztucznych” WNT, Warszawa 1970