

## Laminowanie w praktyce

Rynek materiałów kompozytowych jest jedną z branż, które w ciągu ostatnich kilku lat zanotowały znaczny wzrost produkcji. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom klienta polska firma Milar Sp. z o.o. członek niemieckiej grupy Biesterfeld AG, który swoją pozycję na rynku kompozytowym budował 20 lat efektywnie wspiera również producentów z krajów wschodnich. W chwili obecnej jest czołowym dostawcą wiodących na całym świecie producentów materiałów do wytwarzania kompozytów w postaci warstwowych laminatów. W szerokiej ofercie produktów oferowanych przez Milar znajdują się m.in.: tkaniny plecione szklane, węglowe oraz aramidowe oraz prepregi firmy Hexcel Composites, tkaniny szyte firmy Saertex, pianki PVC, PET oraz drewno balsa firmy Airex, materiały do techniki infuzji oraz worka próżniowego firmy Airtech Europe Sarl, żywice firmy Spolchemie, żelkoty firmy Polyprocess, roving firmy Teijin Carbon, polipropylenowe plastry miodu firmy ThermHex oraz środki rozdzielające firmy Jost Chemicals. Oprócz sprzedaży oferuje swoim klientom również wsparcie techniczne wysoko wykwalifikowanych technologów, którzy pomogą zarówno przy wyborze produktu jak i wdrożeniu nowych technologii. Biuro Biesterfeld i magazyn w Kijowie zapewnia sprawną obsługę logistyczną i zapasy buforowe pod zamówienia ramowe.

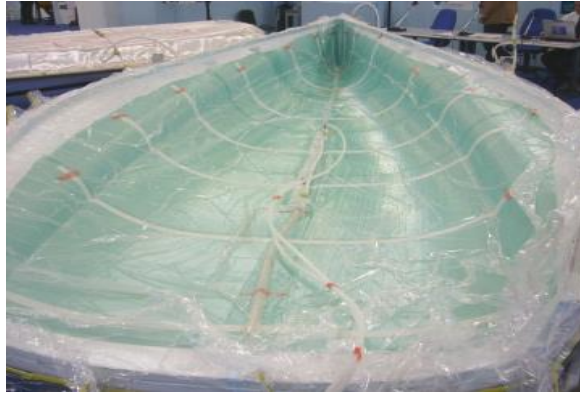
W obecnych czasach istnieją 3 główne metody wytwarzania laminatów:

- laminowanie ręczne,
- metoda worka próżniowego oraz
- metoda infuzji.

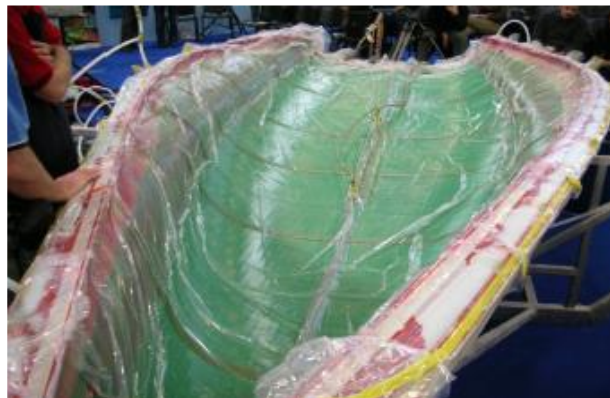
Do najstarszych i najprostszych metod produkcji laminatów należy laminowanie na mokro czyli tzw. laminowanie ręczne. W metodzie tej wyrób powstaje w wyniku nakładania na siebie kolejnych warstw odpowiednich materiałów stanowiących zbrojenie. Na powierzchni zewnętrznej wyrobu znajduje się żelkot, który w procesie technologicznym jest nakładany w pierwszej kolejności za pomocą pędzla lub natryskowo. Materiały nośne, które nadają laminatom odpowiednie właściwości fizyko-mechaniczne to najczęściej maty lub tkaniny szklane, które są przesycające odpowiednio dobraną żywicą.

Kolejną metodą wytwarzania laminatów jest proces z użyciem worka próżniowego, który łączy cechy laminowania ręcznego i prasowania ciśnieniowego w formach zamkniętych. Dzięki niej możliwe jest zastosowanie mechanicznego docisku kompozytu w momencie jego utwardzania co pozwala na odprowadzenie powietrza zamkniętego pomiędzy warstwami laminatu oraz odsączenie nadmiaru żywicy. Dzięki temu możliwe jest zwiększenie udziału zbrojenia w laminacie o ok. 5% a tym samym zmniejszenie udziału żywicy w stosunku do laminatów wykonywanych ręcznie.

Ostatnią z wymienionych metod jest metoda infuzji. Spośród tych trzech to właśnie infuzja jest procesem najbardziej zaawansowanym technologicznie ale też pozwalającym na uzyskanie najlepszego stosunku zbrojenia do żywicy co wiąże się z uzyskaniem lepszych właściwości mechanicznych i wytrzymałościowych. Początki infuzji datowane są na lata 70-te XX wieku. Pierwsze zastosowanie znalazła w produkcji kompozytów na potrzeby lotnictwa wojskowego. W ciągu ostatnich dziesięciu lat widoczny jest znaczny wzrost zainteresowania tą technologią w budowie już nie tylko samolotów, ale i jachtów, łodzi motorowych, łopatek elektrowni wiatrowych i wielu innych elementów.



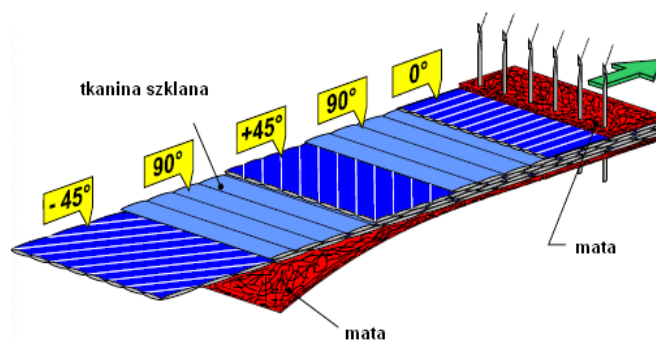
**Rys. 1.** Forma przygotowana do rozpoczęcia procesu infuzji



**Rys. 2.** Zassanie żywicy oraz impregnacja tkanin

Metoda infuzji polega na układaniu suchego zbrojenia do formy z wcześniej nałożonym żelkotem, ułożenie tkaniny delaminacyjnej oraz siatki usprawniającej płynięcie żywicy, szczelnym zamknięciu formy workiem próżniowym (rys. 1.) a następnie wytworzeniu podciśnienia i zassaniu żywicy, która równomiernie przesącza zbrojenie (rys. 2). Etapy tworzenia laminatu na bazie żywicy epoksydowej pokazane zostały w Tabeli 1.

Jako zbrojenie szczególnie polecane jest stosowanie multiaxialnych tkanin lub matotkanin szytych dedykowanych do procesu infuzji, gdyż ich specjalna konstrukcja ulepsza proces płynięcia żywicy oraz pozwala na mniejsze jej zużycie (rys. 3). Bardzo często w procesie celem zwiększenia grubości laminatu przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej masy oraz właściwości wytrzymałościowych stosowane są materiały przekładkowe w postaci drewna balsy, pianek PVC, PET czy plastrów miodu. Odpowiednio dobrana żywica o obniżonej lepkości w laminacie pełni rolę spoiwa (lepiszcza). W zależności od przeznaczenia stosowany jest rodzaj żywicy, który zapewnia pożądane właściwości np.: palno-dymowe, odporność na wysokie temperatury oraz ma wpływ na parametry mechaniczne i elektryczne produktu.



**Rys. 3.** Budowa multiaxialnych tkanin szytych

**Tabela. 1.** Etapy tworzenia laminatu w procesie infuzji

PRZEBIEG INFUZJI	PROPONOWANE MATERIAŁY
nałożenie rozdzielacza	Firma: Jost Chemicals Produkt: Model Sealer S-31, Treil Part 310
nałożenie żelkotu (po wyschnięciu przechodzimy do następnego etapu)	Firma: Polyprocess Produkt: GCIG X Series A.S.A
ułożenie w formie suchego zbrojenia (polecane jest stosowanie kleju w spreju, który ułatwia poprawne ułożenie tkanin)	Firma: Saertex Produkt: np. tkanina szklana dwukierunkowa 0/90, gramatura 600g/m <sup>2</sup> + 300 g/m <sup>2</sup> CSM – A14EB540-00620-01300-487330 Firma: Airtech Produkt: Klej w spreju AIRTAC 2
ułożenie materiałów przekładkowych	Firma: AIREX AG Produkt: np. niepalna pianka na bazie PET T92.100
naklejenie na brzegach formy taśmy uszczelniającej oraz taśmy mocującej	Firma: Airtech Produkt: Taśma uszczelniająca AT200 Taśma mocująca Airhold 10 CBS
doklejenie na całym obwodzie formy kanału spiralnego, którym będzie odsysane powietrze	Firma: Airtech Produkt: Przewód pełen PE 1/2 itp. Przewód spiralny PE 1/2 itp.
ułożenie delaminażu	Firma: Airtech Produkt: Econostich, Econo ply J
ułożenie medium pozwalającego na szybsze rozprowadzenie żywicy	Firma: Airtech Produkt: Greenflow 75
ułożenie kanałów doprowadzających żywicę	Firma: Airtech Produkt: Przewód Spiralny PE1/2 itp., Omega Flow, RIC
ułożenie i doklejenie (na brzegach formy) folii próżniowej	Firma: Airtech Produkt: Big Blue L100
wytworzenie podciśnienia i zassanie żywicy	Firma: Airtech Produkt: zbiornik tzw. „resin trap” : RB451 Firma: Vacmobile Europe Produkt: Pompa Vacmobile 20/2 Firma: Spolchemie Produkt: żywica epoksydowa do infuzji CHSE 574-0512 komponent A+B
po utwardzeniu żywicy, odformowanie gotowego laminatu	

### Zalety techniki infuzji

Metoda infuzji pozwala nie tylko na uzyskiwanie laminatów o doskonałych parametrach wytrzymałościowych, ale również znacznie przyspiesza produkcję wielkogabarytowych elementów. Pozwala ograniczyć emisję szkodliwych związków chemicznych. Do licznych pozostałych zalet tej techniki należą:

- automatyzacja i przyspieszenie procesu (infuzja wielu warstw zbrojenia)
- możliwość doboru różnych żywic i tkanin
- brak kontaktu z żywicą (ważne w przypadku żywic poliestrowych)
- obniżenie kosztów wykonania laminatów

Mimo wielu zalet technika infuzji niesie z sobą również pewne niedogodności, do których należy konieczność wyszkolenia pracowników produkcyjnych oraz dostosowanie form do specyfiki tej metody (dodatkowe 10 cm ranty pozwalające na ułożenie przewodów).

Celem uzyskania dodatkowych informacji zapraszamy na stronę internetową [www.milar.pl](http://www.milar.pl).