

## **Vademecum materiałów do produkcji kompozytów**

Autor: Marzena Cwalina

Jak mawiał Steve Jobs – „Innowacja odróżnia lidera od naśladowcy”, dlatego też aby utrzymać pozycję lidera w każdej branży, należy myśleć nie o tym, co jest dziś ale o tym co możemy mieć jutro.

Kompozyty znane są od wielu tysięcy lat. Cegły wzmocnione słomą czy sklejka były materiałem powszechnie stosowanym i przetrwały nawet do dzisiejszych czasów. Skoro wynikową połączenia dwóch lub więcej materiałów o unikalnych właściwościach może być materiał o wymaganych parametrach, dlaczego nie rozwijać tej technologii? Od czego zależy sukces w projektowaniu i wytwarzaniu materiałów kompozytowych? Tutaj odpowiedź nie jest trudna – od odpowiedniej jego konstrukcji i doboru właściwych materiałów składowych.

Dlatego też własności materiału kompozytowego determinowane są poprzez:

- rodzaj zbrojenia;
- rodzaj żywicy;
- stosunek udziału zbrojenia do żywicy;
- orientację włókien w materiale kompozytowym.

Pierwsze dwa podpunkty ukazują jak ważnym elementem jest wybór odpowiednich włókien oraz żywicy. Oba materiały nie powinny jedynie spełniać wymagań wytrzymałościowych założonych dla elementu finalnego, ale powinny również być ze sobą kompatybilne. Dodatkowo, stosunek udziału włókien do udziału żywicy w finalnym wyrobie powinien być tak dobrany, aby wszystkie włókna zostały całkowicie powleczone żywicą a przestrzenie pomiędzy nimi całkowicie wypełnione. Ponieważ laminaty są materiałami silnie anizotropowymi, orientacja włókien w kompozycie ma kluczowe znaczenie. Musi być ona dostosowana do kierunku działających obciążeń, gdyż najlepsze własności włókien przebiegają w kierunku ich długości a nie w przekroju poprzecznym.

Prawdziwy przełom w rozwoju materiałów kompozytowych nastąpił w latach 40-tych XX wieku i nierozdzielnie był związany z technologią wytwarzania wzmocnień w postaci włókien – najpierw szklanych, następnie węglowych i aramidowych.

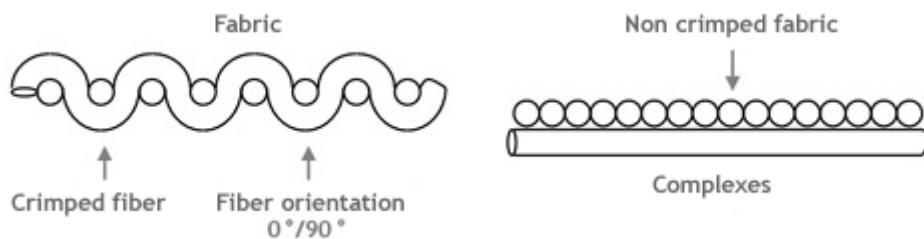
W dzisiejszych czasach materiałami stosowanymi do wytwarzania włókien stanowiących zbrojenie jest szkło (najczęściej typu E-, rzadziej R-, S-, T- czy AR-), węgiel oraz aramid. Swoją popularnością, choć w mniejszym zakresie, cieszą się również włókna bazaltowe oraz naturalne (np. lniane).

Włókna występujące w laminacie mają postać włókien ciętych lub ciągłych w postaci rowingu, mat, tkanin plecionych czy też szytych.

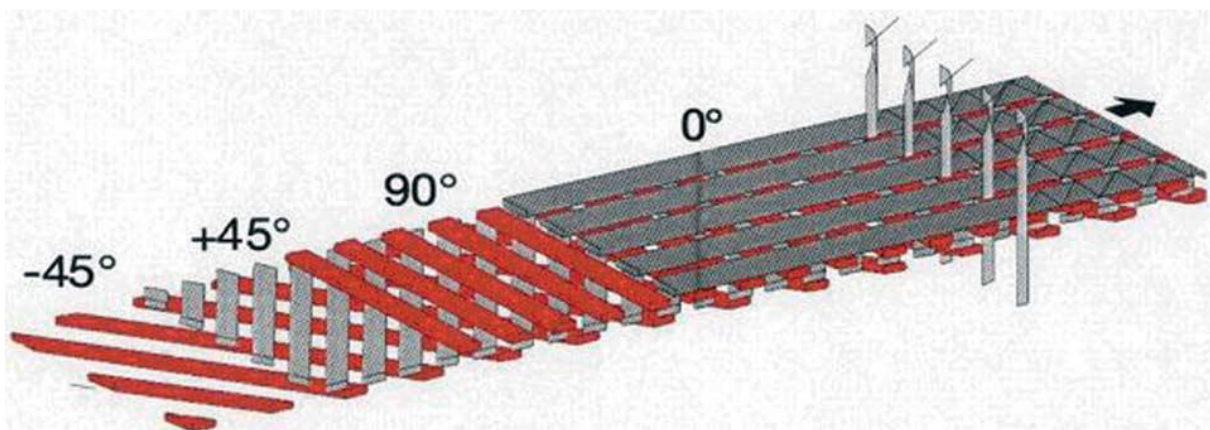
Rowing jest niczym innym jak nawiniętym na szpulę pasmem włókien z zastosowaniem skrętu lub bez. Na rynku dostępne są różnego rodzaju rowingi szklane, węglowe (np. firmy Toho Tenax) oraz aramidowe.

Przy produkcji tkanin plecionych wykorzystywane są podstawowe rozwiązania stosowane w tradycyjnym tkactwie. W połączeniu z wyspecjalizowanym i precyzyjnym osprzętem wytwórczym pozwalają na uzyskanie wysokojakościowych materiałów, które spełniają najbardziej rygorystyczne wymogi nowoczesnego przemysłu. Innowacyjne technologie wytwórcze pozwalają na wyprodukowanie praktycznie każdego rodzaju splotu, jednak najpowszechniej do zastosowań przemysłowych wykorzystywane są: PLAIN (splot płócienny 1x1), TWILL (splot skośny 2x2 lub 2x1) oraz SATIN (splot satynowy). Firma Milar, wiodący dystrybutor materiałów do produkcji kompozytów, oferuje swoim klientom szeroką gamę tkanin plecionych oraz hybryd i tkanin tzw. dekoracyjnych.

W ofercie znajdują się również innowacyjne rozwiązania w postaci wielokierunkowych tkanin szytych (NCF – non crimp fabrics) firmy Saertex. To co sprawia, że tkaniny te są tak wyjątkowe to proces ich wytwarzania. Składają się one z dwóch lub więcej warstw z włókien zorientowanych względem siebie w jednym kierunku, które w kolejnych etapach układane są warstwowo i na końcu zszyte razem dla późniejszego łatwiejszego przetwarzania.



Rys. 1. Porównanie konstrukcji tkanin plecionych (po lewej) oraz szytych (po prawej) [źródło: materiały firmy Saertex].



Rys. 2. Przykładowa konstrukcja tkaniny szytej [źródło: materiały firmy Saertex].

Oddzielną grupę materiałów stanowią wzmocnienia wstępnie zaimpregnowane żywicą czyli prepregi.

Prepregi wywarły znaczący wpływ na ewolucję wielu dziedzin przemysłu w końcu XX w. Używane początkowo jedynie w lotnictwie, bardzo szybko znalazły zastosowanie w nowej generacji superszybkich pociągów i statków. Wiele gałęzi przemysłu dopiero odkrywa korzyści stosowania prepregów i ich zalet ponad konwencjonalne materiały.

Czym jest prepreg?

Najkrócej rzecz ujmując jest to zbrojenie zaimpregnowane żywicą. Ze względu na ilość systemów żywicznych, rodzajów materiałów stanowiących wzmocnienie, czy też ich formę, obecnie mamy możliwość doboru "prepregu idealnego", który będzie dostosowany do indywidualnych wymagań klienta.

Ze względu na formę, w jakiej występuje zbrojenie, prepregi możemy podzielić na:

- prepregi w postaci jednokierunkowej - wzmocnienie w postaci rowingu, jedynie w jednym kierunku
- prepregi w postaci tkaniny - wzmocnienie w wielu kierunkach, w postaci tkaniny plecionej o splotach PLAIN (płóciennym), TWILL (skośnym), SATIN (satynowym) lub też w postaci multiaxialnych tkanin sztych.

Zbrojenie zapewnia prepregom maksymalne własności mechaniczne: doskonałą wytrzymałość i sztywność, jak również dobre własności termiczne, elektryczne oraz chemiczne, powodując jednocześnie znaczne obniżenie wagi elementu finalnego.

Ze względu na rodzaj materiału, z którego wykonano wzmocnienie, prepregi możemy podzielić na:

- szklane (szkło typu E i R lub S);
- węglowe (włókna standardowe, włókna HM oraz HS);
- aramidowe.

Matryca, którą stanowi system żywiczny, łączy włókna w materiale kompozytowym i utrzymuje je w wybranej orientacji. Podstawowym celem żywicy jest przenoszenie obciążeń na włókna oraz ich osłona przed działaniem czynników zewnętrznych. To żywica determinuje maksymalną temperaturę przetwarzania i pracy prepregu.

Ze względu na rodzaj systemu żywicznego, wyróżniamy prepregi:

- epoksydowe o bardzo dobrych własnościach mechanicznych;
- fenolowe o wyśmienitej odporności na działanie ognia;
- bismaleimidowe BMI (oraz poliiimidowe) o bardzo dobrej odporności na wysokie temperatury.

Wyłącznie od zastosowanego systemu żywicznego zależy okres przydatności. Dla prepregów przechowywanych w temperaturze ok. 0°C czas ten wynosi ok. 3 miesięcy, w temperaturze (-18°C) standardowy okres przydatności wynosi 12 - 18 miesięcy.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom klientów niemiecki producent prepregów - firma C-M-P, wprowadziła do swojej oferty prepregi, które można magazynować w temperaturze pokojowej nawet do 45 dni. Są wyjątkowo łatwe w pracy. Można je wygrzewać w temperaturze minimum 70°C bez autoklawu.

Kolejnym parametrem krytycznym przy doborze składowych elementu kompozytowego jest wybór odpowiedniej żywicy. Prawdłowo dobrana żywica powinna spełniać założone

parametry wytrzymałościowe i zmęczeniowe, być odporna na działanie czynników zewnętrznych, doskonale pokrywać włókna i być łatwa w przetwarzaniu. Z drugiej strony powinna również spełniać wymagania norm i wytycznych dotyczących środowiska oraz BHP a jej cena powinna być dostosowana do założonego poziomu.

Spośród wielu istniejących na rynku rozwiązań najpopularniejszymi są żywice:

- Poliestrowa;
- Winyloestrowa;
- Epoksydowa.

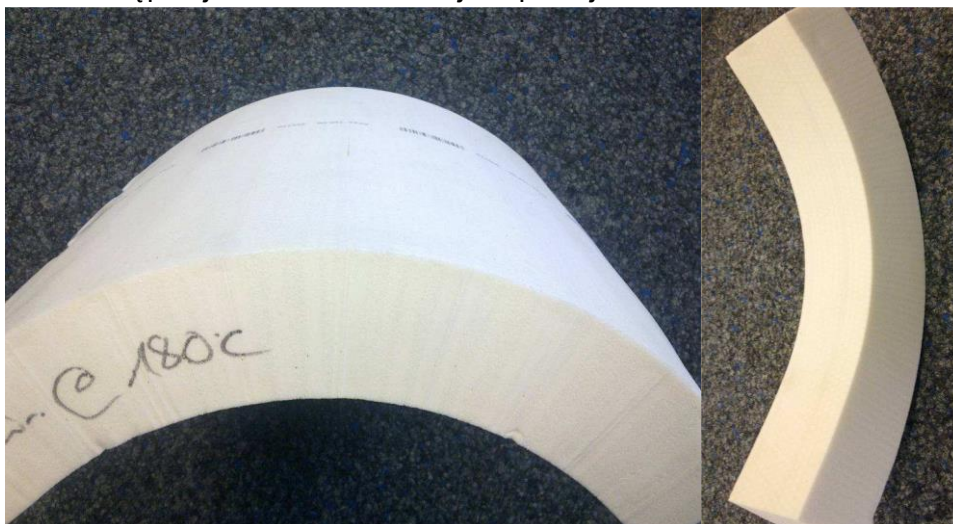
Każda z wyżej wymienionych żywic ma zespół zalet, ale i również wad, które niejednokrotnie ograniczają ich zastosowanie. Tabela nr 1 „w pigułce” pokazuje cechy definiujące zakres ich stosowania. Bazując na tych informacjach, można pokusić się o stwierdzenie, że żywice poliestrowe stosowane są w najprostszych laminatach przemysłowych, którym nie są stawiane wysokie wymagania wytrzymałościowe, żywice winyloestrowe tam, gdzie głównie wymagana jest odporność na działanie wody z kolei epoksydy (np. firmy Spolchemie) w wysokowydajnych strukturach kompozytowych.

Tabela 1. Zalety i wady żywic.

Zalety	Wady
<b>Żywica poliestrowa</b>	
Łatwa w przetwarzaniu, niska temperatura oraz szybki czas utwardzania kontrolowany przez ilość akceleratora/katalizatora	Wysoka zawartość styrenu, palność
Podwyższona odporność na działanie wody żywic izoftalowych	Umiarkowane własności mechaniczne
Niska cena	Duży skurcz
	Wysoka absorpcja wody, podatność na osmozę
<b>Żywica winyloestrowa</b>	
Wyższe niż poliestrów własności mechaniczne, większa twardość i sprężystość	Wysoka zawartość styrenu (>30%)
Dobra odporność chemiczna/korozyjna	Cena wyższa niż poliestrów
Wyższa niż poliestrów odporność na działanie wody	Duży skurcz
Zmienny czas reakcji, krótki czas utwardzania	Wymagane dotwardzanie dla polepszenia własności
	Słaba przyczepność do utwardzonych elementów (utrudniona naprawa)
<b>Żywica epoksydowa</b>	
Bardzo wysokie własności mechaniczne. Bardzo dobrze przylega do włókien (nadmiar żywicy nie jest wymagany).	Wyższa cena
Utwardzona żywica wykazuje wybitną wytrzymałość zmęczeniową i odporność na mikropęknięcia	Utwardzanie oraz dotwardzanie (temp. Ok 50°C)

Wysoka odporność na działanie temperatury oraz wody	Wymagane precyzyjne mieszanie dokładnie odmierzonych składników.
Niski skurcz. Niższe naprężenia wewnętrzne, dłuższe utwardzanie (duże elementy).	Wymagane szkolenie pracowników
Brak substancji lotnych.	

W momencie pojawienia się kompozytów zrozumiano, że zastosowanie dodatkowo materiałów przekładkowych znacząco obniży masę laminatu przy zachowaniu ich znakomitych parametrów wytrzymałościowych. Od samego początku jako materiały przekładkowe stosowano drewno balsa i pianki PVC. Materiały te istnieją na rynku od bardzo dawna, tak więc minimalizacja masy przy jednoczesnej maksymalizacji wytrzymałości została opanowana do perfekcji. Od kilku lat naukowcy we współpracy z technologami prowadzili badania nad materiałami, które mogłyby zrewolucjonizować rynek materiałów przekładkowych. Liderem na tym polu jest firma Airex, która wprowadziła na rynek pianki termoformowalne na bazie PET – I i II generacji z dodatkową impregnacją SealX lub bez. Pianka ta oprócz szerokiego wachlarza zalet dostępna jest również w wersji niepalnej.



Zdj. 4. Pianka PET firmy Airex [źródło: materiały firmy Airex].

Wraz z rozwojem materiałów do wytwarzania struktur kompozytowych, zmianom ulegały również procesy wytwarzania tychże materiałów. W dzisiejszych czasach nadal spotkamy na rynku produkty wytwarzane metodą kontaktową (laminowanie ręczne) ale również takie, przy produkcji których wykorzystano podciśnienie – metoda worka próżniowego oraz infuzji oraz nadciśnienie – proces autoklawowy. Dlatego też firma Airtech od samego początku oferuje klientom szeroką gamę materiałów pomocniczych do technik próżniowych oraz wysoko zaawansowane materiały do technik autoklawowych.

Każda z wymienionych wcześniej grup materiałów wymaga stałego doskonalenia, dlatego też producenci nie spoczywają na laurach i stale pracują nad rozwojem już istniejących materiałów jak i wdrażaniem nowych rozwiązań, co czyni ich liderami na światowym rynku.

Wszystkie wymienione w artykule materiały dostępne są w ofercie firmy Milar Sp. z o.o.