

Kolektor z kompozytu alternatywą odlewu

A. Micker^a, R. Owsiański

^a Katedra Materiałoznawstwa i Technologii Bezwiórowych, Politechnika Opolska, ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, Polska

Otrzymano 11.04.2011; zaakceptowano do druku 26.11.2011

Abstrakt

W artykule przedstawiono nowoczesną alternatywną metodę wykonywania elementów z materiałów kompozytowych, które do tej pory wykonywane były wyłącznie na drodze odlewania. Przedstawione zostały zalety wynikłe z zastosowania tej technologii i materiałów inżynierskich do produkcji kolektora dolotowego do silnika. Zastosowanie technologii wykonywania kolektora z kompozytu będzie miało również korzystny wpływ na środowisko.

Słowa kluczowe: materiały kompozytowe, kolektor dolotowy.

Właściwości

Wysoka wytrzymałość i sztywność przy niewielkiej masie właściwej to czynniki, które przyczyniły się do wzrostu zainteresowania materiałami kompozytowymi w przemyśle. Obecnie obserwuje się tendencję wzrostową wykorzystania materiałów kompozytowych w stosunku do stopów odlewniczych. Do takiego wzrostu przyczyniła się niewygórowana cena i ogólna dostępność materiałów osnowy i zbrojących kompozyt. W kompozytach zbrojonych włóknami to właśnie one są fazą, która przenosi obciążenia. Osnowa (matrix) rozdziela obciążenia (sama praktycznie nie przenosi obciążeń) na włókna oraz pełni w nich rolę ochronną, aby zabezpieczyć fazę wzmacniającą od czynników środowiskowych. Tak skonstruowany materiał kompozytowy zapewnia najbardziej korzystne właściwości zarówno mechaniczne jak i wytrzymałościowe przy możliwie niskim ciężarze właściwym. Niezależnie od rodzaju matrycy i włókien, wszystkie kompozyty włókniste mają pewne wspólne cechy, z których najważniejsze to:

- wyraźna zależność własności mechanicznych od procesu technologicznego produkcji kompozytu,
- duży rozrzut wartości charakterystyk mechanicznych (sztywnościowych i wytrzymałościowych) dla tego samego kompozytu,

- zależność charakterystyk mechanicznych (sztywnościowych i wytrzymałościowych) od budowy geometrycznej kompozytu. [1]

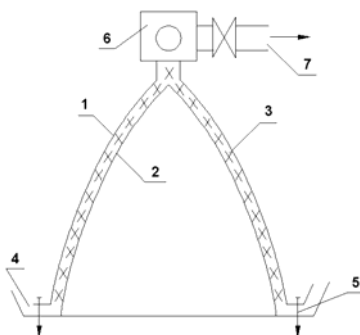
Kompozyty składają się przeważnie z warstw (lamin), które tworzą włókna spojone żywicą. Włókna w warstwie mogą posiadać bardzo zróżnicowane formy począwszy od włókien krótkich rozmieszczonych w sposób chaotyczny aż do włókien zorientowanych w jednym kierunku. Ten drugi typ występuje najczęściej. Materiał powstały z połączenia kilku warstw umieszczonych jedna na drugiej i połączone ze sobą w sposób nierozłączny nazywa się laminatem. Przyjmuje się, że poszczególne warstwy w laminatach są obrócone względem przyjętego układu odniesienia – przyjmują konfigurację nie osiową, w przeciwnym wypadku mówimy o laminacie jednokierunkowo zbrojonym włóknami.

Osnowa w kompozytach to przede wszystkim warstwa ochronno-izolująca włókna (zbrojenie) przed czynnikami zewnętrznymi. Rozdziela ona przenoszone obciążenia na włókna – sama w znikomym stopniu ma wpływ na parametry wytrzymałościowe kompozytu. Wyróżniamy dwie podstawowe grupy osnów: termoutwardzalne i termoplastyczne. Podział taki wywodzi się z procesów zachodzących podczas ich otrzymywania. Żyvice termoplastyczne w odróżnieniu od termoutwardzalnych umożliwiają po ich ogrzaniu na zmiękczenie

materiału i ponowne jego utwardzenie po obniżeniu temperatury. Taki proces jest całkowicie odwracalny w przedziale temperaturowym, którego wartością maksymalną jest temperatura topnienia. Żywyce termoutwardzalne po zakończonym żelowaniu nadają zadany kształt i zmiany temperaturowe nie powodują zmiany sztywności materiału, jednak powodują, że uzyskane tworzywo jest bardziej kruche niż by było po zastosowaniu żywicy termoplastycznej. Gama zastosowań nowoczesnych materiałów kompozytowych jest praktycznie ograniczona jedynie poprzez ludzką wyobraźnię. Obecnie materiały te, a w szczególności kompozyty węgla w osnowie żywicy epoksydowej znalazły zastosowanie praktycznie w każdej dziedzinie życia. Z tego typu materiałów wytwarza się m.in. sprzęt sportowy, karoserie samochodów, instrumenty muzyczne, poszycia łodzi i samolotów, endoprotezy stawów w medycynie oraz elementy osprzętu silników takie jak, kolektory dolotowe, elementy obudowy itp. Włókno węglowe ma jedną znaczącą przewagę nad metalami. Mianowicie jest to sposób, w jaki pochłania on energię. Metale takie jak stal odkształcają się plastycznie, natomiast materiał wytworzony z włókna węglowego w osłonie żywicy epoksydowej rozpada się na wiele drobnych elementów np. przy zderzeniu podczas wypadku – efektywność pochłaniania energii kompozytu węglowego jest wysoka.

Technologia

Technologia otrzymywania gotowego elementu kompozytowego jest zróżnicowana w zależności od oczekiwań, jakie stawiane są wyjściowemu materiałowi. W przypadku, kiedy z takiego materiału wytwarzamy kolektor dolotowy do silnika spalinowego konieczne jest odpowiednie ułożenie względem siebie kolejnych warstw (lamin) materiału zbrojącego, które będą gwarantowały odpowiednio wysoką sztywność i odporność na występujące podczas pracy silnika drgania i wibracje. Warstwy tkaniny zazwyczaj orientowane są względem siebie pod kątem 45°. Dla uzyskania najlepszych parametrów geometrycznych (odwzorowania formy) konieczne jest wykorzystanie technologii ciśnieniowo-próżniowego formowania pomiędzy dwiema sztywnymi formami. System ciśnieniowo-próżniowy zapewnia optymalne przesycenie warstw żywicą oraz docisk materiału do formy (Rys 1).



Rys. 1. Urządzenie do formowania między dwiema sztywnymi formami: 1 – forma zewnętrzna, 2 – forma wewnętrzna, 3 – zbrojenie, 4 – rynna z żywicą i utwardzaczem, 5 – śruby, 6 – zawory, 7 – odprowadzenie do pompy próżniowej [2].

Podobnie jak w procesie odlewania jakość gotowego wyrobu zależy od jakości formy i staranności jej przygotowania. Konieczność zastosowania technologii formowania pomiędzy dwiema sztywnymi formami jest wymuszona wymaganiami, jakie stawiane są wewnętrznej powierzchni kolektora – możliwie wysoka gładkość. Ponieważ element ten jest widoczny, to jego zewnętrzna powierzchnia również powinna być wykonywana jak najlepiej.

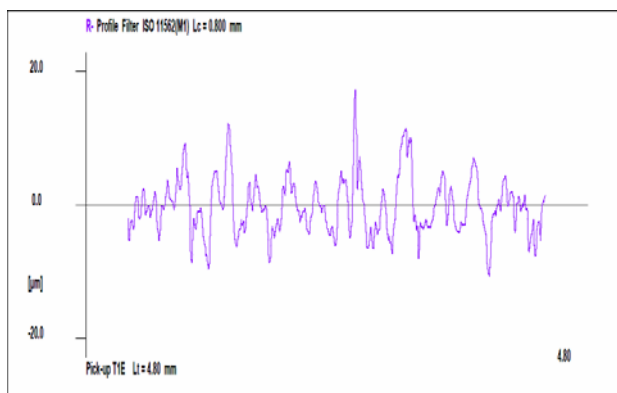
Proponowana technologia wytwarzania kolektora dolotowego zakłada, aby kolektor był wykonywany z dwóch symetrycznych połówek, które umożliwią precyzyjne ukształtowanie powierzchni wewnętrznej i uzyskanie odpowiedniej jej jakości. Po sklejeniu mieszanką żywicy epoksydowej i utwardzacza utworzą gotowy półfabrykat, który aby mógł być użytkowany zgodnie ze swoim przeznaczeniem będzie uzupełniony o elementy aluminiowe: mocowanie do bloku silnika i mocowanie przepustnicy. Takie rozwiązanie eliminuje ewentualne problemy, np. rozwarstwianie się kompozytu podczas wiercenia otworów. Elementy aluminiowe będą połączone tą samą techniką, jaką łączone były części kolektora. Proces wytwarzania wymaga uwzględnienia czasów technologicznych takich jak:

- czas starzenia rozdzielacza,
- czas żelowania żywicy po wymieszaniu z utwardzaczem,
- czas wygrzewania i oddziaływania podwyższonego ciśnienia (ok. 0.5 MPa) na element.

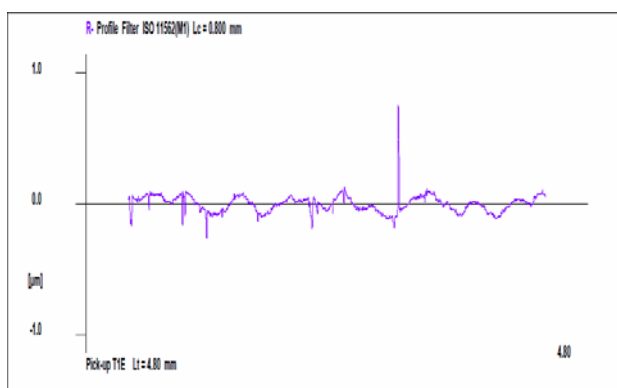
Zalety i wady

Kolektor dolotowy wykonany z nowoczesnego kompozytu włóknistego wyróżnia się bardzo dobrymi parametrami wytrzymałościowymi oraz parametrami użytkowymi, jakie mają znaczenie dla osiągnięć silnika, a są to: bardzo niska masa właściwa oraz niska chropowatość powierzchni. Dzięki tak wysokiemu parametrowi jakości powierzchni przepływ powietrza jest zbliżony do przepływu laminarnego – nie będą występować zawirowania. Zatem przepustowość tego elementu będzie większa w porównaniu do przepustowości takiego samego elementu wykonanego na drodze odlewania.

Na rysunku 2 oraz 3 zaprezentowano wyniki pomiaru jakości powierzchni wg parametru jej chropowatości (R_a) odpowiednio: dla kolektora wykonanego na drodze odlewania oraz na próbce wykonanej metodą warsztatową z włókna węglowego w osnowie żywicy epoksydowej. Wartości parametru jakości powierzchni prezentują się następująco: dla modelu odlewane: $R_a = 3,37 \mu\text{m}$, a dla materiału kompozytowego $R_a = 0,05 \mu\text{m}$. Zatem różnica jest znacząca. Jako wadę tej technologii należy wymienić stosunkowo długi czas jaki musi upłynąć pomiędzy kolejnymi operacjami w procesie technologicznym oraz konieczność precyzyjnego układania kolejnych lamin względem siebie, tak aby uzyskane parametry były zgodne z założeniami konstrukcyjnymi.

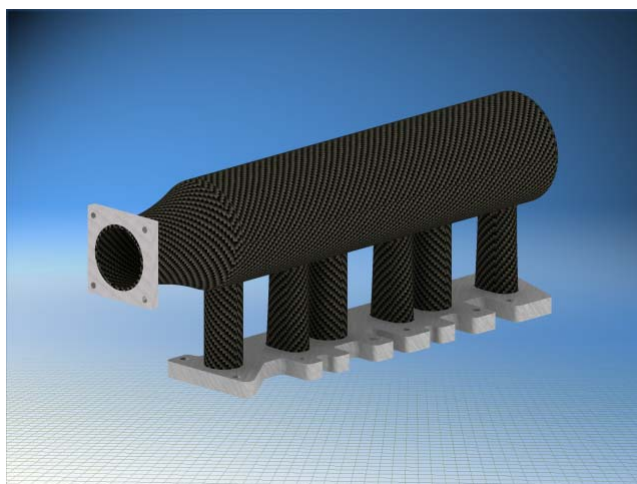


Rys. 2. Jakość powierzchni odlewanej



Rys. 3. Jakość powierzchni kompozytowej

Technologia odlewania jest skomplikowana, wymaga uwzględnienia takich parametrów jak skurcz metalu podczas krzepnięcia, zastosowanie pochyleń ścian pionowych elementu, wykonanie odpowiednich rdzeni, kanałów układu wlewowego itp. Energochłonność całego procesu odlewania jest bardzo duża, przy czym najwięcej energii zużywa się na doprowadzenie metalu do stanu ciekłego. W całościowym ujęciu procesu odlewania należy również zwrócić uwagę na jego wpływ na środowisko, czyli emisję pyłów i gazów do atmosfery i sposoby ograniczania ich emisji. Przy zastosowaniu kompozytów włóknistych do produkcji kolektorów nakład energetyczny procesu jest znacznie niższy. Stosowane żywice termoutwardzalne po wymieszaniu z utwardzaczem zapoczątkowują reakcję egzotermiczną w wyniku, której utrwała się nadany kształt. Do niewątpliwych zalet produkcji kolektorów z kompozytu węglowego należy również wysoka powtarzalność wymiarów geometrycznych każdego elementu (w zależności od zastosowanej technologii) oraz możliwość wykonania krótkiej serii bądź nawet pojedynczego egzemplarza/prototypu nie ponosząc przy tym znacznych kosztów związanych z uruchomieniem nowej produkcji – tak jak to ma miejsce w odlewniach (koszty nowych form, rdzeni, ewentualnie kokili).



Rys. 4. Wizualizacja kolektora wykonanego z kompozytu węglowego

Podsumowanie i wnioski

Podsumowując, kolektor wykonany z zastosowaniem nowoczesnych technologii kompozytowych umożliwia wytwarzanie wyrobu o parametrach przewyższających parametry uzyskiwane na drodze odlewania. Jakość powierzchni kompozytowej odpowiada jakości powierzchni elementu odlewane, który dodatkowo został poddany bardzo dokładnej (oraz drogiej) obróbce wykańczającej – polerowaniu. Zatem nakład pracy dla uzyskania jednakowej jakości powierzchni jest znacznie mniejszy przy wytwarzaniu kolektora z kompozytu węglowego. Nie bez znaczenia jest również strona wizualna takiego typu elementów – kolektor prezentuje się bardzo dobrze. Dlaczego zatem obecnie przeważnie wykonywane są tego typu elementy na drodze odlewania? Odpowiedź wydaje się prosta – Istnieje odpowiednio rozwinięta i przystosowana infrastruktura, funkcjonują wielkie przemysłowe odlewnie, których dzienna produkcja liczona jest w tysiącach sztuk. Natomiast elementy produkowane z nowoczesnych materiałów włóknistych wymagają odmiennej technologii, której zastosowanie przyniesie znaczne korzyści techniczne i ekologiczne.

Literatura

- [1] J. German, Podstawy mechaniki kompozytów włóknistych, Politechnika Krakowska, Kraków 2001.
- [2] K. Konsztowicz, Kompozyty wzmacniane włóknami. Podstawy technologii, Skrypt nr 1027 AGH, Kraków 1986, s. 164-168.
- [3] K. Czoś, Mechanik, Kompozyty włókniste – właściwości zastosowania, obróbka ubytkowa, 2008, nr 7.