

Tomasz Kwiatkowski

NOWY MATERIAŁ KONSTRUKCYJNY - KOMPOZYT

Wprowadzenie

W ostatnich latach innowacyjność w dziedzinie rozwiązań technicznych wymusiła lepsze wykorzystanie nowych materiałów - nowych dla tego właśnie zastosowania. Tworzywa te cechują się szczególnymi właściwościami, jakich nie uzyskują tradycyjne materiały. Mówimy tu o kompozytach, które stwarzają nieograniczone możliwości kształtowania nowych materiałów o konkretnych właściwościach. Kompozyty nazywane są przez wielu „materiałami XXI wieku” i coraz częściej znajdują zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu [1-4].

Kompozyty i ich wykorzystanie

Kompozyt jest to połączenie co najmniej dwóch różnych (pod względem chemicznym) materiałów, przy czym ich połączenie zachodzi na poziomie makroskopowym. Coraz częściej inżynierowie sięgają po rozwiązania niekonwencjonalne, które sprostają ich oczekiwaniom i wymaganiom. Kompozyty dzięki teoretycznie nieograniczonym możliwościom kształtowania spełniają te warunki. Dodatkowym atutem kompozytów staje się rosnąca tendencja do stosowania materiałów konstrukcyjnych o mniejszej gęstości, większej wytrzymałości, lepszych właściwościach użytkowych i ekologicznych. Najczęściej używanymi kompozytami są tzw. kompozyty włókniste. Podział kompozytów wzmacnianych włóknami prezentuje rysunek 1. Naprężenia w kompozytach (trzeba tu podkreślić, że są to ogólne wzory wykorzystywane do obliczeń ogólnych zależności wytrzymałościowych w kompozytach) można obliczyć, wykorzystując wzór:

$$\sigma_{komp} = \sigma_w \cdot V_w + \sigma_{osn}(1 - V_w) \quad (1)$$

Moduł Younga kompozytu z włóknami ciągłymi zależy od przyłożonego obciążenia i rozłożenia włókien. I tak dla kompozytu **obciążonego równoległe do osi włókien** moduł Younga określa się wzorem:

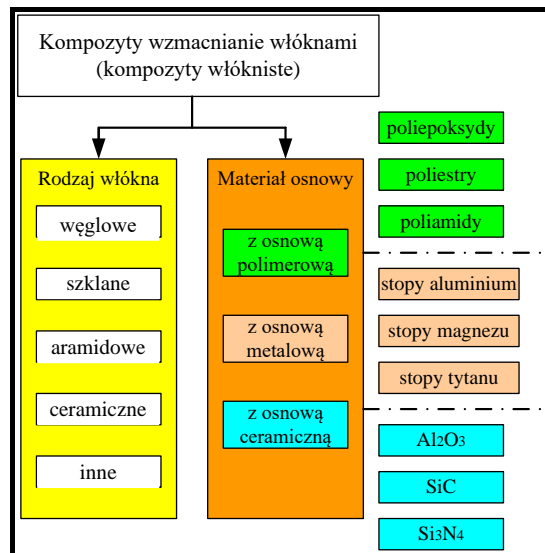
$$E_{komp} = E_{osn} \cdot V_{osn} + E_w \cdot V_w = E_{osn}(1 - V_w) + E_w \cdot V_w \quad (2)$$

natomiast dla kompozytu **obciążonego prostopadle do osi włókien** wykorzystuje się wzór:

$$E_{komp} = \frac{E_{osn} \cdot E_w}{E_w \cdot V_{osn} + E_{osn} \cdot V_w} = \frac{E_{osn} \cdot E_w}{E_w(1 - V_w) + E_o \cdot V_w} \quad (3)$$

gdzie: $\sigma_{komp}, \sigma_w, \sigma_{osn}$ - odpowiednio, naprężenia kompozytu, włókien i osnowy, E_{komp}, E_{osn}, E_w - odpowiednio, moduł Younga kompozytu, osnowy i włókien, V_{osn}, V_w - ułamki objętości osnowy i włókien, przy czym ($V_{osn} + V_w = 1$).

Kompozyty te znajdują zastosowanie przede wszystkim w takich branżach, jak przemysł lotniczy, kosmiczny, motoryzacyjny czy budowlany, gdzie redukcja masy wywiera duży wpływ na projektowany obiekt, maszynę lub pojazd [4].



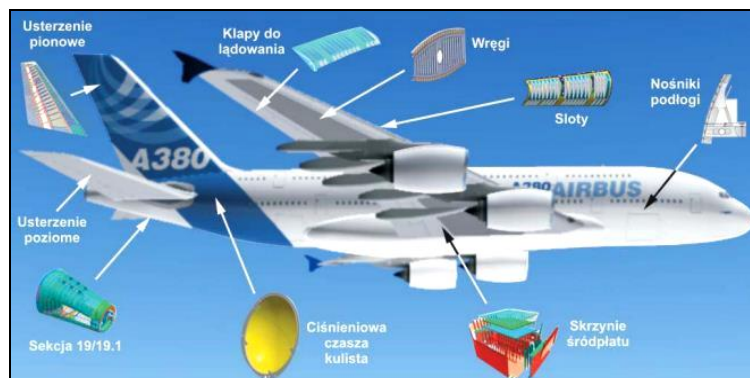
Rys. 1. Podział kompozytów wzmacnianych włóknami [4]

Najlepszym przykładem takiego wykorzystania kompozytów włóknistych jest firma Airbus, która wykonała ten zabieg na podwoziu samolotu A380 (rys. 2), gdzie około 22% struktury podstawowej samolotu (w stosunku wagowym) wykonano prze-

ważnie z kompozytów CFRP [5-7]. Natomiast we wprowadzonym do eksploatacji w 2008 roku Boeingu 787 Dreamliner udział wykorzystania kompozytów sięgał aż 50%. Aktualnie można zaobserwować, że zapotrzebowanie na kompozyty w lotnictwie nie tylko wojskowym, ale także pasażerskim (cywilnym) wciąż rośnie.

W motoryzacji tworzywa te zaczęto wprowadzać od momentu, gdy w latach siedemdziesiątych ceny ropy naftowej osiągnęły wysoki poziom. I tak przykłado-

wo w USA w latach 2000-2004 zastosowanie polimerów w transporcie wzrosło z 7,5 do 8,4%, a w Europie doszło aż do 10% [5, 8]. Wprowadzanie kompozytów jest zabiegiem dalekowzrocznym, a oszczędności wynikające z tego zabiegu widać dopiero w fazie eksploatacji. Dobrym przykładem jest tu przemysł samochodowy, w którym wprowadzenie tworzyw sztucznych spowodowało redukcję masy samochodu o 10%, co zmniejszyło zużycie paliwa o 5÷7% oraz poprawiło sztywność konstrukcji o 40% (w stosunku do konstrukcji stalowej) [8, 9]. Konstrukcje kompozytowe zastosowane zostały w porsche carrera GT (roczniki 2004-2006) - jednym z pierwszych samochodów (rys. 3), w którym zastosowano takie rozwiązanie [5, 10]. Kolejnym przykładem jest wykonany z włókna węglowego monokok w mclarenie MP4-12C oraz nowym lamborghini - model aventador (rys. 4) [8, 11]. Znaczny wpływ na rynek motoryzacyjny wywiera także Unia Europejska, której ustalenia dotyczące pojazdów do 3,5 tony narzucają rygorystyczne normy odnośnie do odzyskiwania i przetwarzania materiałów użytych do produkcji pojazdów (ma ono wynieść do 2015 roku aż 95%). Jest to kolejny argument przemawiający za wykorzystaniem w bardzo szerokim spektrum materiałów kompozytowych [8]. Duże zastosowanie znalazły one także w budownictwie, gdzie stosunek masy do wytrzymałości materiału ma znaczenie przy projektowaniu i umacnianiu konstrukcji. Wpłynęło to na coraz częstsze wykorzystywanie materiałów kompozytowych do tworzenia i wzmacniania istniejących obiektów. Przeważnie do tych celów wykorzystuje się kompozyty na bazie włókna węglowego.



Rys. 2. Przykłady różnych zastosowań w ramach 22% udziału CFRP w budowie samolotu Airbus A380 [5]

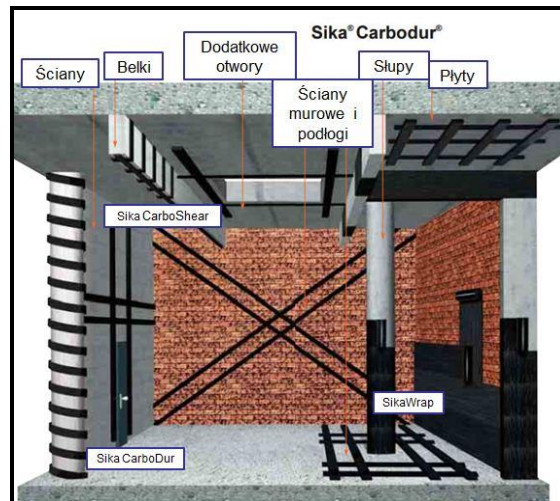


Rys. 3. Porsche Carrera GT z wykonaną z CFRP ramą podwozia [5]



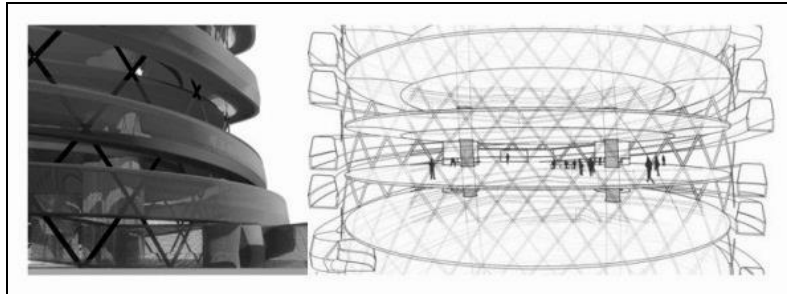
Rys. 4. Monokok wykonany z kompozytu CFRP od lewej w McLarenie, po prawej w Lamborghini [8, 11]

Kompozyty te są jedną z najnowszych technologii, której zadaniem jest wzmocnienie i stabilizacja konstrukcji. Stanowią metodę zwiększania nośności konstrukcji betonowych, murowanych, drewnianych i stalowych. Montowane w strefie rozciąganych elementów konstrukcyjnych stanowią zbrojenie zewnętrzne, którego zadaniem jest zwiększenie wytrzymałości elementu na rozciąganie, zginanie, redukcję rozwarcia rys oraz zmniejszenia ugięcia. Stosowany system charakteryzuje się małymi wymiarami i niewielkim ciężarem własnym oraz bardzo wysoką wytrzymałością na rozciąganie i bardzo wysoką wytrzymałością zmęczeniową [12]. Technologię tę wykorzystują na przykład firmy S&P oraz Sika (rys. 5), które stworzyły własne systemy wzmocnień konstrukcji budowlanych. Kompozyty stają się coraz częściej materiałem wzmacniającym i stabilizującym konstrukcje. Ze względu na swoje niezwykle właściwości są alternatywą dla tradycyjnych materiałów, takich jak stal czy beton. Idealnym przykładem jest pionierski projekt Petera Testa o nazwie Carbon Tower (rys. 6) zaproponowany w 2002 roku. Jest to konstrukcja składająca się z kompozytów głównie na bazie włókna węglowego.



Rys. 5. System wzmocnień firmy Sika [13]

Ten 40-piętrowy budynek jest jednym z najbardziej interesujących projektów XXI wieku i może wytyczyć nowe kierunki poszukiwań dla budowniczych i architektów [14].



Rys. 6. Carbon Tower - od lewej widok zewnętrzny, po prawej schemat konstrukcji [14]

Dodatkowym atutem przemawiającym za wykorzystywaniem kompozytów stają się coraz częściej narzucane normy wymagające stosowania materiałów o dużej możliwości przetwórczej i małej szkodliwości dla środowiska naturalnego.

Podsumowanie

Zastosowanie kompozytów jest coraz powszechniejsze. Po materiały te sięgają firmy z najróżniejszych gałęzi przemysłu. Dążenie do udoskonalania i szukania nowych form architektonicznych i konstrukcyjnych sprawia, że kompozyty otwierają nowe możliwości kształtowania otoczenia. Wprowadzenie ich w produkty ogólnie dostępne (np. rowery, kijki do nart czy wędki) spowodowało na pewno podwyższenie jakości wyrobów, zapewniając użytkownikom pewien komfort, gdy tymczasem nie zdajemy sobie sprawy, że są one produktem kompozytowym.

Literatura

- [1] Hyla I., Ślężona J., Kompozyty elementy mechaniki i projektowania, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- [2] Ashby M.F., Jones D.R.H., Materiały inżynierskie, Tom 1, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995.
- [3] Bełzowski A., Podstawowe wiadomości o próbach wytrzymałości materiałów kompozytowych, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2007.
- [4] Kurzak L., Kwiatkowski T., Aluminium profile reinforced with carbon fibre: numerical analysis, Transfer innowacji 2013, 27, 110-112.
- [5] Oczos K.E., Kompozyty włókniste - właściwości, zastosowanie, obróbka ubytkowa, Mechanik 2008, 7, 578-592.
- [6] [Online] 2013, <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a380family/innovation/>
- [7] [Online] 2013, <http://airbus-a380-pictures.blogspot.com/>

- [8] Gis M., [Online] 26 września 2013. <http://autokult.pl/2013/09/26/materialy-konstrukcyjne-w-nowoczesnych-pojazdach-samochodowych-cz-2>
- [9] Birkett D., Polymers on the move, Educ. Chem. 2007, 44, 11.
- [10] [Online] 2013, <http://www.designnews.pl/menu-gorne/artukul/article/zwycieskie-kompozyty/>
- [11] [Online] październik 2013, http://www.motogazeta.mojeauto.pl/Technika/Monokok_w_nowym_Lamborghini,a,183494.html
- [12] Kwiatkowski T., Charakterystyka i wykorzystanie stopów aluminium oraz taśm węglowych w budownictwie, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2011 nr 167, Budownictwo 17, 112-118.
- [13] Katalog firmy Sika Poland, Wzmocnienia konstrukcji materiałami kompozytowymi, 2013.
- [14] Buck P., Pająkiewicz M., [Online] 14 marca 2013, <http://www.kns.b2me.pl/art-kompozyty-weglowe-w-architekturze-i-budownictwie,133,2.html>

Streszczenie

W pracy przedstawiono ogólne zależności obliczania naprężeń w materiałach kompozytowych. Omówiono także ich wykorzystanie w różnych gałęziach przemysłu. Pokazano również przykłady zastosowania taśm węglowych do wzmacniania konstrukcji.

New material of construction - composite

Abstract

The paper presents general dependences concerning the calculation of stresses in composite materials and their application in different branches of industry. The examples of the carbon tapes applications to construction reinforcement are also shown.