# EKOLOGICZNY SAMOCHÓD. WZMOCNIONE TWORZYWA SZTUCZNE W TECHNICE MOTORYZACYJNEJ. ROZWAŻANIA KONSTRUKCYJNE.

**Część 2**

**KAROL BIELEFELDT[1], WŁADYSŁAW PAPACZ[2], JANUSZ WALKOWIAK[3]**

Uniwersytet Zielonogórski

## Streszczenie

W artykule przedstawiono przegląd zastosowań polimerów wzmocnionych i kompozytów polimerowych w budowie pojazdów samochodowych. Szczególną uwagę zwrócono na części i podzespoły przenoszące duże obciążenia. Analizie poddano elementy nadwozia pojazdu, układu napędowego, zawieszenia oraz podzespoły komory silnika. Każdorazowo opisywano budowę podzespołu, rodzaj użytego do jego budowy materiału oraz obciążenia jakim jest poddawany. Części do analizy dobierano tak, aby pokazać postęp technologiczny jaki następuje w stosowaniu tworzyw wzmocnionych do budowy struktur nośnych współczesnych pojazdów. Artykuł zakończono wnioskami dotyczącymi tendencji rozwojowych oraz kierunków dalszych badań w obszarze stosowania polimerów wzmocnionych na odpowiedzialne podzespoły i części pojazdów.

**Słowa kluczowe:** kompozyty polimerowe, nadwozie pojazdu, układ napędowy, resor kompozytowy.

## 1. Wstęp

Zastosowanie materiałów polimerowych do budowy pojazdów to nie tylko proste zastępowanie metali innym materiałem. Materiały takie, szczególnie tworzywa wzmocnione, umożliwiają dowolne kształtowanie przekroju poprzecznego wytwarzanego elementu a wraz z nim i jego sztywności. Możliwe jest wykonywanie części o przewidywalnych charakterystykach sztywnościowych oraz projektowanie multifunkcjonalnych podzespołów pojazdów. Stosując tworzywa wzmocnione, a zwłaszcza kompozyty polimerowe często można znacznie uprościć konstrukcję podzespołu bez ograniczania jego funkcjonalności.

[1] Uniwersytet Zielonogórski Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy i Eksploatacji Maszyn, 65-516 Zielona Góra, ul. Prof. Z. Szafrana 4, e-mail: k.bielefeldt@ibem.uz.zgora.pl, tel. 68 328 26 69
[2] e-mail: w.papacz@ ibem.uz.zgora.pl, tel. 68 328 24 66
[3] e-mail: j.walkowiak@ ibem.uz.zgora.pl, tel. 68 328 23 47

Elementy konstrukcyjne wykonane ze wzmocnionych tworzyw sztucznych w porównaniu ze stalowymi posiadają wyższą wytrzymałość zmęczeniową, są odporne na korozję oraz są kilkakrotnie lżejsze od swoich metalowych odpowiedników. Istotną zaletą wzmocnionych materiałów polimerowych jest sposób powstawania i rozwój uszkodzenia pod wpływem obciążeń zmęczeniowych. Elementy wykonane z tych materiałów, w przeciwieństwie do stalowych, nie pękają w sposób gwałtowny, co istotnie przyczynia się do wzrostu bezpieczeństwa eksploatacji pojazdu.

## 2. Wybrane zastosowania – rozważania konstrukcyjne

Zastosowanie wzmocnionych tworzyw sztucznych na nadwozia pojazdów i ich elementów dobrze oddaje stan ich aktualnego rozwoju. Z tych materiałów wykonuje się nie tylko nieobciążone elementy nadwozia, jak np. błotniki, pokrywy i osłony, ale również podzespoły nośne: zderzaki, płaty dachu, elementy zawieszeń i coraz częściej kompletne nadwozia samonośne. Znakomicie obrazują to konstrukcje samochodów wyścigowych, w których kompozyty polimerowe są bardzo szeroko stosowane do budowy nadwozi i licznych podzespołów nośnych. W samochodzie BMW Sauber F1 cała struktura nośna jest wykonana z kompozytów polimerowych wzmocnionych włóknami węglowymi. Sztywność takiej konstrukcji jest porównywalna ze sztywnością konstrukcji stalowej, natomiast masa jest aż pięciokrotnie mniejsza. Podobnie w samochodzie Porsche Carrera GTF do konstrukcji skorupowej podwozia wykorzystano kompozyt CFRP[4] z osnową z żywicy epoksydowej. W tym samochodzie po raz pierwszy seryjnie zastosowano wykonaną z kompozytu ramę silnika i skrzyni biegów, która łącznie z przedziałem kierowcy i pasażera tworzy główną strukturę nośną pojazdu [1]. W stosunku do konstrukcji stalowej wzrosła sztywność nadwozia, a jego masa w porównaniu z konstrukcją stalową zmalała o ok. 40%. Podobne efekty uzyskano wykorzystując kompozyty polimerowe w samochodzie Bugatti Veyron. Samochód ten powstał przy współpracy firmy Carbo Tech Composites [2]. Do jego budowy wykorzystano kompozyty polimerowe zbrojone włóknami węglowymi i włóknami aramidowymi.

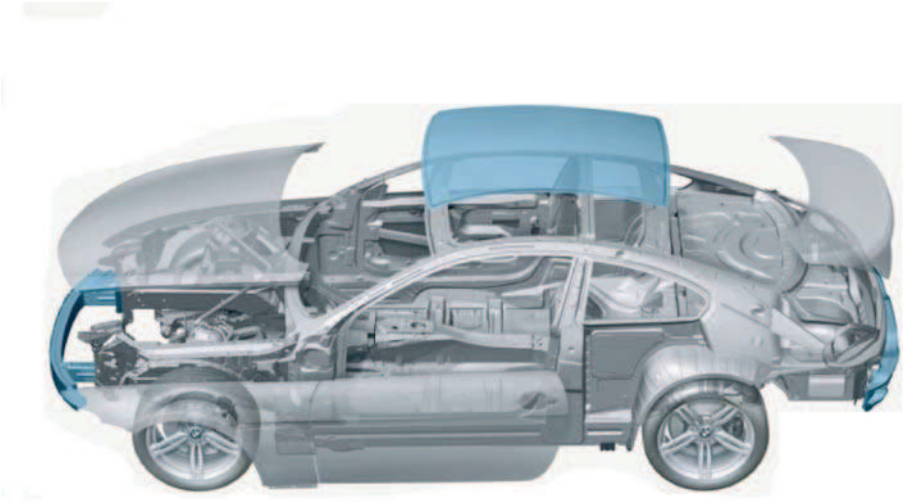
Koncern BMW konsekwentnie dąży do zwiększania udziału kompozytów polimerowych w konstrukcji swoich pojazdów. Stosuje je zarówno na obciążone, jak i nieobciążone elementy nadwozia. Przykładowo kompozyty węglowe zastosowano do budowy struktury nośnej dachu nadwozia (rys. 1). Rozwiązanie to zwiększyło sztywność nadwozia oraz odporność dachu na przebicie, co zwiększyło bezpieczeństwo pasażerów w przypadku wywrócenia się pojazdu.

W modelach BMW 6 zastosowano tworzywa SMC wzmacniane włóknem szklanym do budowy pokrywy bagażnika. Natomiast w sportowej wersji tego pojazdu z kompozytu polimerowego wzmacnianego włóknem węglowym wykonano płat dachu i belki zderzaków (rys. 2).

W obu przypadkach kompozytowe poszycie dachu jest klejone do nadwozia. Proces technologiczny produkcji dachu obejmuje jego kształtowanie na sucho, nasycanie żywicą

[4] CFRP – *carbon fiber reinforced polymer* (ang.) – materiał polimerowy wzmocniony włóknami węglowymi

**Rys. 1. Poszycie dachu wykonane z kompozytu węglowego – BMW 3 [3].**



**Rys. 2. Pokrywa bagażnika wykonana z SMC oraz belki zderzaków i dach z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem węglowym (kolor niebieski) – BMW 6 [4, 5].**

(metodą RTM) i pokrycie lakierem bezbarwnym. Cienkościenne belki zderzaków natomiast produkuje się metodą nakładania warstwa po warstwie na rdzeń, który jest usuwany po nasyceniu żywicą i utwardzeniu [6].

Plany firmy BMW zakładają rozszerzenie stosowania tworzyw wzmacnianych włóknami węglowymi na duże elementy struktury nośnej, np. całe nadwozia, czy szkielety ścian bocznych nadwozia. Będzie to prowadziło do dalszego ograniczenia masy pojazdu i poprawy bezpieczeństwa w ruchu drogowym.

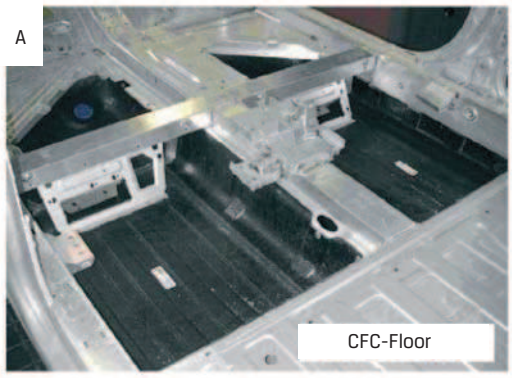
Na rysunku 3 pokazano prototypowy szkielet ściany bocznej nadwozia BMW 3, a na rysunku 4 nadwozie typu coupe koncepcyjnego pojazdu sportowego tej firmy. Do budowy tego nadwozia użyto kombinacji kompozytu węglowego i aluminium.

**Rys. 3. Koncepcyjny projekt szkieletu ściany samochodu koncernu BMW [7].**

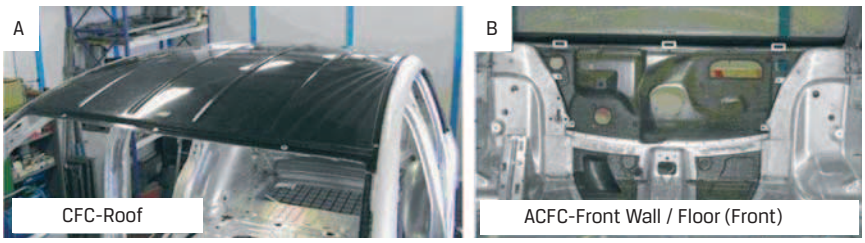
**Rys. 4. Nadwozie lekkiego pojazdu koncepcyjnego firmy BMW. Część przednia (jasny kolor): ze stopów aluminium; pozostała część: kompozyt węglowy [8].**

Przedział pasażerski i część tylna została wykonana z kompozytu polimerowego, a część przednia ze stopu aluminium. Taka konstrukcja pozwoliła zmniejszyć masę nadwozia pojazdu o 50% w stosunku do nadwozia stalowego i 30 % w porównaniu do nadwozia aluminiowego [8]. Nadwozie samonośne pojazdu i jego elementy składowe to najbardziej obciążone podzespoły. Przenoszą one zarówno obciążenia pochodzące od układu napędowego w trakcie przenoszenia momentu z silnika do kół pojazdu, obciążenia związane z masą poszczególnych podzespołów, jak i obciążenia związane z oporami ruchu i oddziaływaniem drogi na pojazd. W trakcie jazdy jest ono poddawane szczególnie niekorzystnym, zmiennym obciążeniom skręcającym i zginającym. Zatem materiały do budowy nadwozi powinny charakteryzować się dużą wytrzymałością na obciążenia zmęczeniowe w złożonym stanie naprężeń. Do budowy analizowanych konstrukcji stosowano kompozyty węglowe o objętościowej zawartości włókna ok. 50%. Materiały te pozwalają kształtować cechy wytrzymałościowe poprzez rodzaj i kierunek użytego zbrojenia.

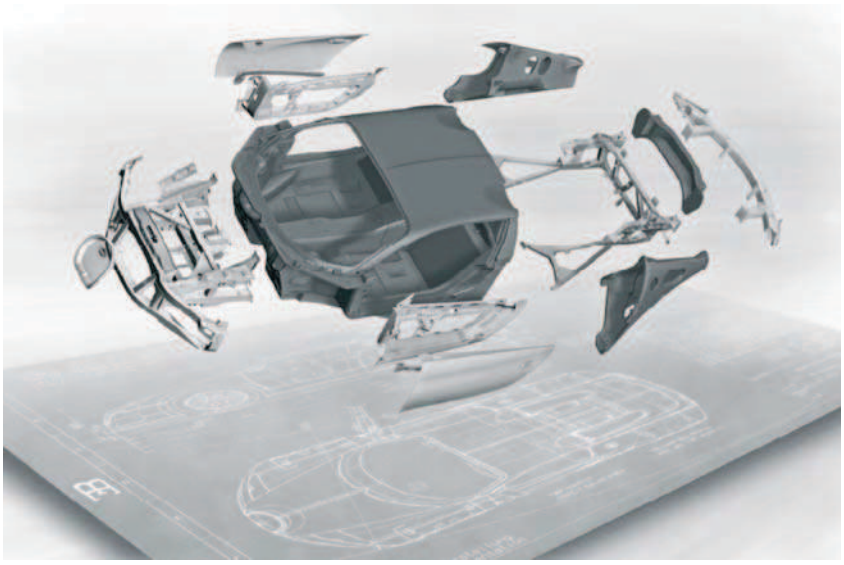
Firma Audi zastosowała kompozyt epoksydowy zbrojony tkaniną węglową do budowy podłogi (rys. 5) i poszycia dachu nadwozia samonośnego. Natomiast do budowy grodzi środkowej zastosowano kompozyt epoksydowy zbrojony kombinacją włókien aramidowych i węglowych – ACFC. Konstrukcje te pokazano na rysunku 6 [9].




**Rys. 5. Struktura nadwozia Audi A2; A – dolna powierzchnia nadwozia wykonana z włókien węglowych [9].**




**Rys. 6. Elementy nadwozia Audi A2 [9]:**
**A – poszycie dachu z włókien węglowych, B – ściana grodziowa z włókien aramidowo-węglowych.**



**Rys. 7. Bugatti Veyron – struktura konstrukcji: kabina, osłony boczne, belka tylna wykonane z włókna węglowego (kolor ciemny) [10].**

W samochodzie Bugatti Veyron produkowanym przez koncern Volkswagena [10] z kompozytu polimerowego wzmacnianego włóknem węglowym wykonano zasadniczą część konstrukcji samonośnego nadwozia, a mianowicie cały przedział pasażerski, tzw. Monocoque. Optymalizacja konstrukcji była wynikiem symulowanych badań na obciążenia skrętne. Z zastosowaniem kompozytów szklanych (GFK) wykonano spoiler dachowy, ponieważ tu umieszczona jest obudowa GPS. Włókna szklane w przeciwieństwie do włókien węglowych nie przewodzą prądu. W przeważającej części użyto również GFK do wykonania nadkoli. Od strony nie narażonej na uderzenia zanieczyszczeń umieszczone zostały anteny sensorów kontroli ciśnienia powietrza w kołach. Nadkola wykonane całkowicie z kompozytów węglowych, stanowiłyby tzw. klatkę Faraday'a i tłumiłyby sygnały (216 względnie 433 MHz). Kompozyty węglowe zastosowano na elementy zewnętrzne pojazdu, między innymi na spoiler tylny i zderzak przedni. Jedynie podłużnice wykonano ze stali. Na rysunku 7 struktury kompozytowe oznaczono ciemniejszym kolorem. Zastosowany kompozyt węglowy charakteryzuje się bardzo wysoką wytrzymałością na zginanie. Dopuszczalne naprężenia gnące dochodzą do 1600 MPa, a moduł sprężystości sięga 180 MPa. Uwzględniając niską gęstość kompozytu (ok. 1,8 kg/dm$^3$) otrzymano bardzo lekkie i sztywne nadwozie.

Elementem równie często wykonywanym z tworzyw sztucznych są zderzaki samochodowe. Zastosowanie tworzyw sztucznych do ich budowy wiąże się z wieloma zaletami, między innymi: brakiem uszkodzeń w przypadku drobnych kolizji, brakiem korozji, łatwością optycznej i konstrukcyjnej integracji zderzaka z elementami nadwozia, polepszeniem współczynnika cx, łatwością montażu, efektywnością ekonomiczną, niewielką masą. Zderzaki samochodowe powinny przede wszystkim zapewniać bezpieczeństwo pieszych. Na niewielkie uderzenia muszą reagować elastycznie. Sprężysta reakcja

konstrukcji zderzaka nie jest wskazana, ponieważ zachodziłoby wówczas tzw. „odbijanie". Wymagania takie spełniają opisane wyżej poliuretany, których właściwości lepkosprężyste można programować poprzez odpowiedni dobór gęstości składników chemicznych materiału. W Motor Industry Research Association[5] przeprowadzono próby ze zderzakami wykonanymi z tego typu materiałów. Wykazano, że na uderzony z prędkością 40 km/h model nóg pieszego, na poliuretanowy zderzak oddziaływało przyspieszenie w wysokości ok. 130 g. Jest to znacznie poniżej ustawowej wartości granicznej wynoszącej 200 g (dyrektywa unijna 2003/102/EG). Standardowe zderzaki seryjne stosowane obecnie, powyższą wartość przekraczają wielokrotnie [11].

Na rysunku 8 pokazano belkę zderzaka samochodu BMW M6 wykonaną z kompozytu węglowego. Belka przenosi obciążenia pochodzące od uderzeń pojazdu na podłużnice nadwozia lub ramy. Sama belka narażona jest głównie na duże obciążenia gnące. Kompozyt użyty do budowy analizowanej belki zawiera objętościowo 50% włókien węglowych, przy czym 42% tych włókien jest zorientowana równolegle do osi belki, a 58% pod kątem ± 45° do niej. Konstrukcja zapewnia taką samą jak stalowa ochronę nadwozia, a ponadto powoduje obniżenie środka ciężkości pojazdu i redukcję masy podzespołu o ok. 50% w porównaniu do konstrukcji stalowej (zderzak przedni) i ok. 30% w stosunku do konstrukcji aluminiowej (zderzak tylny). Podzespół jest produkowany opisaną już metodą RTM. Kompozytowe belki zderzaków nie wymagają ochrony antykorozyjnej, są mocowane do nadwozia bez malowania.

**Rys. 8. Kompozytowe belki zderzaków samochodu BMW M6 [11].**

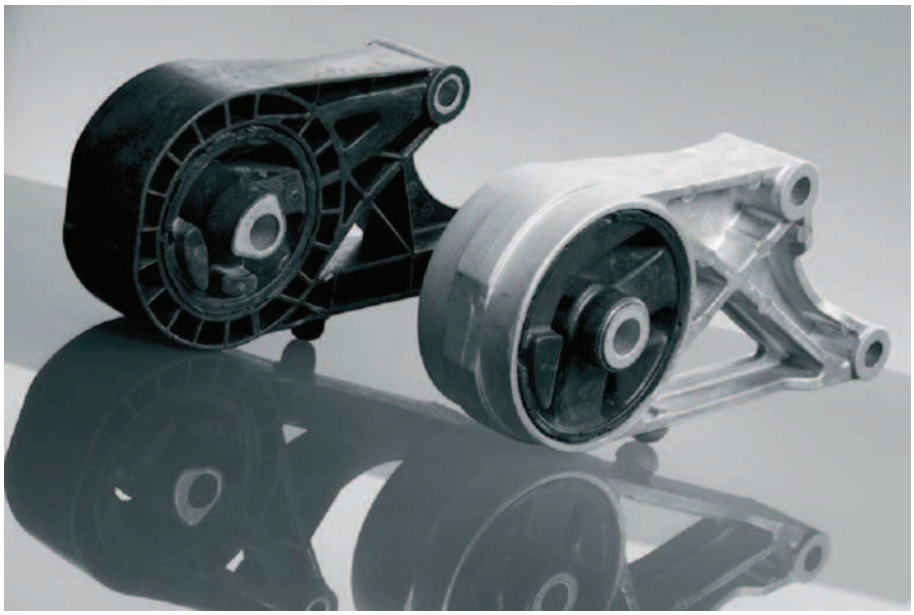
[5] MIRA Nuneaton, Warwickshire (GB)

Rozwiązania konstrukcyjne z zastosowaniem wzmocnionych tworzyw sztucznych stopniowo przejmują także bardzo odpowiedzialne funkcje w zakresie mocowania i stabilizowania silnika. W 2006 roku w samochodach Opel Vectra i Saab 9-3 [12] zastosowano poliamid wzmocniony włóknem szklanym (PA66 GF50) do budowy elementów mocowania silnika. Podzespół ten, oprócz przenoszenia ciężaru silnika na nadwozie, jest odpowiedzialny za wytworzenie momentu reakcyjnego przeciwdziałającego momentowi napędowemu generowanemu przez silnik. Elementy podpór obciążane są siłami ściskająco-rozciągającymi oraz momentem gnącym. Drgania oraz obciążenia dynamiczne są mocno tłumione przez elementy gumowe lub przez poduszki olejowe, zatem obciążenia zmęczeniowe nie są dominującymi. Zastąpienie stopu aluminium tworzywem wzmocnionym przyczyniło się do obniżenia masy podzespołu o ok. 35% oraz lepiej wytłumiło drgania silnika. Na rysunku 9 pokazano opisane wyżej rozwiązanie. W korpusie kompozytowym osadzono tuleje gumowe. Podzespół opracowała i produkuje firma ContiTech. Firma przewiduje możliwość dalszego obniżenia masy produkowanego podzespołu poprzez optymalizację sposobów zbrojenia tworzywa. Możliwe będzie obniżenie masy podzespołu o ok. 50 % w stosunku do części wykonanej ze stopu aluminium.

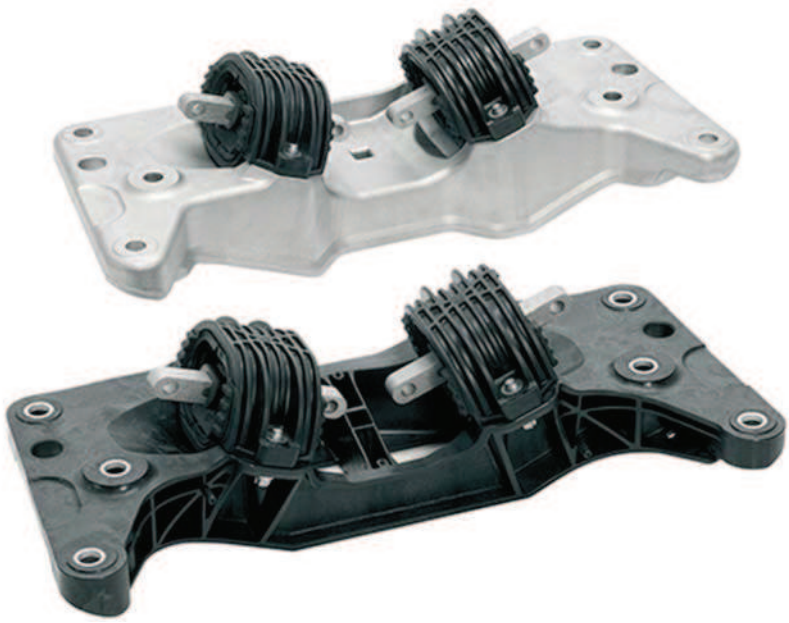
W samochodach BMW 5 Serii Gran Turismo 550i [13] standardowo montowana jest poprzeczna belka mocowania silnika wykonana ze wzmocnionego poliamidu 66 (rys. 10). Zastosowanie długiej belki nośnej pozwoliło na zoptymalizowanie konstrukcji pod względem skuteczniejszego tłumienia drgań silnika. Kompozytowa belka zapewnia wymaganą wytrzymałość oraz odporność na podwyższoną temperaturę. Zamiana materiału spowodowała redukcję masy podzespołu o ok. 30% w porównaniu z częścią metalową.

Tworzywa wzmocnione włóknami znajdują również zastosowanie w znacznie obciążonym zespole napędowym. Od lat 80 ubiegłego wieku seryjnie produkowano wały napędowe z kompozytu polimerowego zbrojonego włóknem szklanym. Były one głównie stosowane w pojazdach z napędem wielu osi lub wszędzie tam, gdzie wymagały tego względy bezpieczeństwa biernego. Obecnie producenci pojazdów ponownie interesują się tymi konstrukcjami. Spowodowane jest to chęcią redukcji masy układów napędowych pojazdów. Na rysunku 11 przedstawiono taką konstrukcję wykonaną z kompozytu węglowego.

Wał napędowy obciążany jest głównie momentem skręcającym wynikającym wprost z momentu napędowego generowanego przez silnik pojazdu. Moment ten wywołuje w materiale naprężenia styczne. Uzyskanie wymaganej wytrzymałości na ścinanie w materiale kompozytowym wymaga więc ułożenia włókien zgodnie z kierunkiem naprężeń stycznych. Wały narażone są również na złamanie w wyniku osiągnięcia tzw. prędkości krytycznej, która zależy głównie od masy własnej wału, masy niewyrównoważeń, długości wału oraz od modułu sprężystości materiału użytego do budowy wału. Z tego też powodu stalowe wały często wymagają podparcia w środkowej części lub wręcz podzielenia długiego wału na dwa oddzielne. Zastąpienie stali kompozytem węglowym pozwala uniknąć dzielenia, a ponadto powoduje zmniejszenie masy wału od 15 do 40 % w zależności od rodzaju użytego wzmocnienia. Kompozytowy wał wzmocniony włóknem węglowym nie tylko powoduje zmniejszenie jego masy. Wały takie mogą być dłuższe, gdyż mają prędkość krytyczną większą niż stalowe. Poważnym ograniczeniem w stosowaniu tego materiału jest jego wysoka cena. Jednak zastąpienie wielosekcyjnego wału stalowego jednosekcyjnym wałem kompozytowym, może przyczynić się do obniżenia kosztów całej konstrukcji.



**Rys. 9. Podpora reakcyjna momentu silnika wykonana ze stopu Al i wzmocnionego poliamidu [12].**

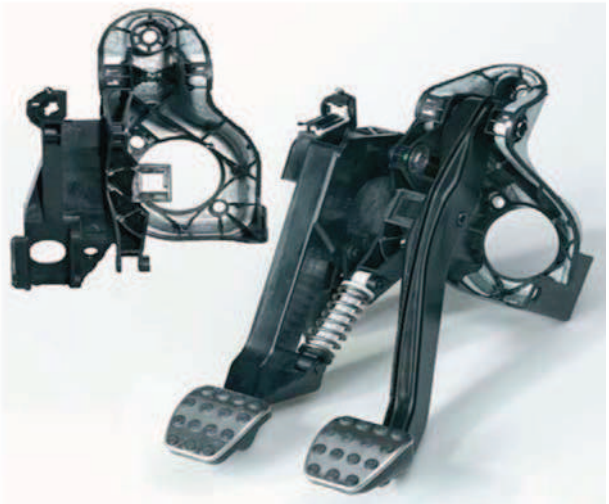


**Rys. 10. Belka poprzeczna z PA66 + GF; kolor ciemniejszy - konstrukcja kompozytowa [13].**

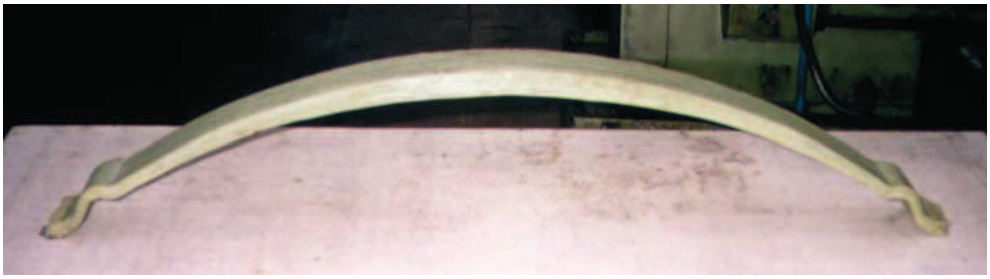
**Rys. 11. Konwencjonalny wał Cardana (góra) i prototypowy wał kompozytowy (dół) [14].**

Również w innych układach samochodów znajduje się przykłady zaawansowanych konstrukcji ze wzmocnionych tworzyw sztucznych. Na rysunku 12 pokazano pedały sprzęgła i przyspieszenia wykonane z PA6 GF30. Ich zastosowanie spowodowało obniżenie o 50 ÷ 70% masy podzespołu oraz zmniejszenie kosztu wytwarzania [15].

W zawieszeniu współczesnych pojazdów także znajdujemy wiele podzespołów wykonanych z kompozytów polimerowych. W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku w Wyższej



**Rys. 12. Pedały sprzęgła i przyspieszenia z PA6 GF30 [15].**



**Rys. 13. Resor kompozytowy bez uchwytów mocujących.**

Szkole Inżynierskiej w Zielonej Górze wykonano z kompozytu epoksydowego serię prototypowych resorów kompozytowych, jak ten przedstawiony na rysunku 13. Resory te przeszły długotrwałe stanowiskowe badania eksploatacyjne (zmęczeniowe) oraz badania trakcyjne na poligonie Wyższej Szkoły Oficerskiej w Pile [16, 17]. Pomimo, że resory nasze z powodzeniem spełniały wymagania stawiane resorom samochodowym, to do dzisiejszego dnia nikt nie zainteresował się zastosowaniem tej konstrukcji.

Elementy te w dalszym ciągu, ze zmienną intensywnością, są obiektem naszych badań oraz przedmiotem publikacji [16, 17, 18], chociaż poważni producenci mają problemy w tym zakresie. W roku 1990 MAN w swoich pojazdach zastosował resory kompozytowe, z których musiał się wycofać z uwagi na brak zrozumienia klientów wobec takiej wersji resorów [19]. Dzisiaj wprawdzie istnieje o wiele większa akceptacja użytkowników do stosowania tworzyw sztucznych i zastosowanie tego elementu staje się znowu obiektem zainteresowania producentów. Tym niemniej zachodzi jeszcze potrzeba dalszych badań, zwłaszcza przy montażu takiego resoru przy przedniej osi, gdzie cały moment hamowania przenoszony byłby przez ten element.

## 3. Tendencje rozwojowe – perspektywy i ograniczenia

Przeprowadzona analiza wybranych konstrukcji podzespołów pojazdów wykonanych z polimerów wzmocnionych lub z kompozytów polimerowych wyraźnie pokazuje tendencję do łączenia wielu funkcji w jednej części lub zespole. Materiały kompozytowe pozwalają na kształtowanie cech wytrzymałościowych dzięki czemu takie zabiegi są możliwe. Takie integrowanie dodatkowych elementów konstrukcyjnych w jednym elemencie będzie nadal wzrastać, prowadzi to do uproszczeń obniżających koszty produkcji pojazdu.

W przyszłości dużo większą rolę pełnić będą tworzywa wzmocnione różnymi włóknami ciągłymi. Zostaną one wykorzystane do budowy struktur nośnych pojazdów. Ten proces występuje obecnie w pojazdach wyścigowych. Możliwości technologiczne pozwolą na przenoszenie obciążeń, przy znacznie mniejszej masie podzespołów. Łatwe kształtowanie przekrojów poprzecznych, możliwość ich płynnej zmiany umożliwi uzyskiwanie wymaganych sztywności i stref zgniotu konstrukcji nadwozia, a to przyczyni się do wzrostu

bezpieczeństwa biernego. Rozwiną się też rozwiązania zapewniające możliwość stosowania polimerowych konstrukcji wzmocnionych na elementy poszycia pojazdu na bazie półwyrobów. Spowoduje to dalszą optymalizację technologii wytwarzania.

Powstaną zmodyfikowane materiały konstrukcyjne na bazie tworzywa sztucznego z dodatkiem składników o cechach wytworzonych na zamówienie konstruktorów. Może to być na przykład polimerowy materiał szczególnie przydatny do zastosowań w podwyższonych temperaturach, albo też tworzywo wysoce odkształcalne, dające się jednak zastosować w warunkach znacznych obciążeń mechanicznych, a zwłaszcza dynamicznych.

Prace rozwojowe bezwzględnie będą musiały być skierowane na polepszenie jakości powierzchni zewnętrznych, tak aby w zastosowaniach na zewnątrz pojazdu wyeliminować drogie czynności uszlachetniające powierzchnie. Z uwagi na koszty tych technologii nieodzowne są dalsze prace rozwojowe w zakresie konstrukcji narzędzi formujących oraz przebiegu procesu technologicznego.

W obszarze konstrukcyjnym widoczne są tendencje stosowania konstrukcji lekkich, hybrydyzacji części, a w tym elementów hybrydowych tworzywo/tworzywo oraz wykonawstwa modułów i montażu modułowego. Istotnym elementem rozwoju zastosowań tworzyw sztucznych w technice motoryzacyjnej będzie niewątpliwie szersze wykorzystywanie materiałów wzmocnionych na konstrukcje nośne – na obciążone części i zespoły samochodów, na przykład w układzie napędowym lub jako elementy zawieszenia pojazdu. Z uwagi na wysoką wytrzymałość doraźną i zmęczeniową szczególną rolę zajmą kompozyty polimerowo-węglowe. W tym przypadku prognozy są wyjątkowo korzystne. Konstrukcje kompozytowe na bazie włókien węglowych będą musiały być tak rozwinięte, aby jako systemy modułowe mogły być stosowane w produkcji wielkoseryjnej.

Tendencje rozwojowe w stosowaniu wzmocnionych tworzyw sztucznych obejmują nie tylko konstrukcje, materiały i technologie. Oczekuje się dalszego rozwoju komputerowych metod obliczeniowych, obejmujących kompletny łańcuch od próbek i wyznaczenia danych wyjściowych, przez symulację do walidacji zarówno podzespołów pojazdu, jak też jego całości.

Wobec przewidywanego intensywnego rozwoju zastosowań tworzyw sztucznych w budowie samochodów nieodzowny jest również rozwój technologii napraw, łącznie ze szkoleniami personelu technicznego

## 4. Podsumowanie

Celem artykułu było pokazanie czytelnikowi postępu jaki dokonuje się obecnie w obszarze konstruowania struktur pojazdów przenoszących obciążenia. Następuje zastępowanie konwencjonalnych materiałów, stali i stopów aluminium, tworzywami polimerowymi, a w tym tworzywami wzmacnianymi na różne sposoby. Zmiany konstrukcyjne dotyczą nie tylko nadwozia pojazdu. Nowe materiały stosuje się również do budowy układów napędowych i zawieszeń pojazdów. Proces wymaga zaangażowania ogromnego potencjału badawczego. Prowadzone badania muszą obejmować proces wytwarzania komponentów

tworzyw oraz ich wzmocnień, procesy technologii poszczególnych części i podzespołów, a ponadto badania wytrzymałościowe wytworzonych części. Należy podkreślić, że stosowanie tworzyw polimerowych, szczególnie na odpowiedzialne podzespoły pojazdów, wiąże się ze zmianą „filozofii" projektowania. Oprócz typowych prac konstrukcyjnych, konstruktor również zmuszony jest do projektowania cech wytrzymałościowych samego materiału, uwzględniania wielu często wzajemnie wykluczających się własności, np. cech izotropowych włóknistych kompozytów polimerowych.

## Literatura

[1] http://www.motortrend.com (5.05.2010)

[2] OCZOŚ K.: *Kompozyty włókniste – właściwości, zastosowanie, obróbka ubytkowa*. Mechanik 07/2008.

[3] http://www.bayer-baysystems (16.08.2010)

[4] http://www.insideline.com/bmw/m6 (7.05.2010)

[5] http://photos.autoexpress co.uk/images/front_picture_library_UK/dir_7.jpg (7.05.2010)

[6] STAUBER R. C.: *Das Automobil der Zuknunft - Chancen und Anforderungen an Kunststoffe und Kunststofftechnologien.* Kunststoffe im Automobilbau, VDI - Verlag 2009.

[7] http://archiwum.automotoserwis.com.pl/artyk/2006-11/artyk.htm (7.05.2010)

[8] DERKS M., BIRZLE F., PFITZER H.: *CFK- Technologie bei der BMW Group – Heute/Zukunft,* Kunststoffe im Automobilbau, VDI - Verlag 2007.

[9] DEINZER G. H., REIM H., HERMES Ch. i inni: *Class A mit CFK - Beispiel Heckklappe Gallardo Spyder*, Kunststoffe im Automobilbau, VDI - Verlag 2007.

[9] www.plastech.pl (17.04.2010)

[10] SCHAUERTE O., SCHREIBER W., FINKBEINER A. i inni: *Der Einsatz von leistungsfähigen Kunststoffen im Bugatti Veyron*, Kunststoffe im Automobilbau, VDI - Verlag 2007.

[12] RAU W., SCHNEIDER D., AUMER B. i inni: *Polyamid in der Triebwerklagerung Entwicklung hochbelastbarer Drehmomentstützen*, Kunststoffe im Automobilbau, VDI - Verlag 2008.

[13] Informacja prasowa BASF, P-10-189 (19.03.2010)

[14] KEUERBERGER M.: *Kunststoff-Trends im Powertrain,* Kunststoffe im Automobilbau, VDI - Verlag 2008.

[15] http://techcenter.lanxess.com (11.01.2010)

[16] PAPACZ W.: *Basic dynamic parameters of composite leaf springs*, Journal of KONES - Powertrain and Transport, 16, 1/2009.

[17] BIELEFELDT K., DOBRUCKI K.: *Resor samochodowy z krajowego kompozytu polimerowego.* Materiały – V Seminarium „Tworzywa sztuczne w budowie maszyn", Kraków 1988.

[18] ROMANÓW F., WALKOWIAK J., PAPACZ W.: *Technologia wytwarzania resorów kompozytowych. Projektowanie, Stosowanie i Eksploatacja Elementów Maszyn i Urządzeń z Tworzyw Sztucznych.* Pr. zb. pod red. J. Koszkula, Konferencje 12, Wyd. Politechniki Częstochowskiej 1996.

[19] HAEBERLE H., ROSSOL M.: *Kunststoffe federn Lkws,* Kunststoffe im Automobilbau, VDI - Verlag 2010.