

dr hab. inż. Agata Dudek, prof. PCz.
Katedra Inżynierii Materiałowej
Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów
Politechnika Częstochowska
Armii Krajowej 19
42-200 Częstochowa

Częstochowa, 2021-05-17

RECENZJA

Pracy doktorskiej mgr inż. GABRIELA STRUGAŁY pt.: „Wpływ modyfikatora nano-SiO₂ na odporność uderową kompozytu węglowo-epoksydowego”

opracowana na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej na Politechnice Gdańskiej (pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej z dnia 25.02.2021r.)

PRZEDMIOT I ZAKRES ROZPRAWY

Przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr inż. Gabriela Strugały jest analiza wpływu sferycznych nanocząstek SiO₂ na odporność uderową kompozytu węglowo-epoksydowego.

Praca została wykonana pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Marka Szkodo oraz promotora pomocniczego dr inż. Michała Landowskiego. Tematyka oraz badania stanowiące przedmiot rozprawy dotyczą dominujących obecnie na rynku włóknistych materiałów kompozytowych, które są powszechnie stosowane m.in. w przemyśle lotniczym, kosmicznym, motoryzacyjnym, do budowy statków, jachtów, łodzi, różnego rodzaju zbiorników, urządzeń, anten, sprzętu sportowego, medycznego czy też elementów budowlanych. Materiały te obecnie są stosowane coraz powszechniej ze względu na ich wysoki stosunek wytrzymałości do masy oraz korzystne i wyjątkowe właściwości, takie jak: wysoka trwałość, sztywność, wytrzymałość na zginanie, właściwości tłumiące, czy odporność na korozję. Polimerowe kompozyty włókniste, wykorzystywane w różnego rodzaju konstrukcjach w formie wielowarstwowych laminatów, posiadają również wady, m.in. charakteryzują się dużą wrażliwością na obciążenia uderowe.

Uwzględniając powyższe informacje uważam, że podjęty przez Pana Gabriela Strugałę temat jest aktualny, ważny oraz oryginalny.

Praca liczy łącznie 138 strony. W części pierwszej zatytułowanej „Przegląd literatury” Autor przedstawił przegląd stanu wiedzy i techniki w przedmiocie podejmowanego zagadnienia, opracowany na podstawie bogatej i aktualnej literatury (180 pozycji literatury). Przegląd ten, napisany bardzo poprawnie pod względem merytorycznym, zawiera opis najważniejszych zagadnień związanych z kompozytami włóknistymi o osnowie polimerowej. Część ta została podzielona na pięć rozdziałów, w których Doktorant przedstawił opis technologii wytwarzania kompozytów włóknistych, charakterystykę materiałów składowych, w tym również rolę dodatków modyfikujących. Dokonał ponadto opisu właściwości kompozytów CFRP, ze szczególnym uwzględnieniem odporności udarowej. Ostatni rozdział tej części pracy zawiera charakterystykę badań nieniszczących wykorzystywanych do oceny zniszczeń udarowych w kompozytach.

Przegląd literatury napisany w sposób wyczerpujący i klarowny, należy ocenić bardzo wysoko, ponieważ potwierdza, że Doktorant dysponuje aktualną wiedzą w zakresie prowadzonych badań.

Część druga pracy to „Badania własne”, w którym Doktorant zamieścił sześć rozdziałów: „Geneza, cel, teza, zakres i plan pracy”, „Dobór materiałów głównych”, „Metodyka badań własnych”, „Wyniki badań własnych”, „Dyskusja wyników” oraz „Wnioski”. W rozdziale pierwszym Pan Gabriel Strugała sformułował tezę pracy: „Dodatek nanocząstek SiO₂ do osnowy kompozytu węglowo-epoksydowego wpłynie na wzrost odporności na nisko-energetyczny udar oraz zmniejszy rozległość powstających zniszczeń”.

W celu potwierdzenia powyższej tezy Doktorant opracował plan badań, który zawiera m.in. dobór materiałów głównych i pomocniczych, z których następnie wytworzono nanokompozyty o zróżnicowanej zawartości nanocząstek SiO₂ - 1%, 2%, 3%, 5%, 6%, 7% oraz 8% wag. W kolejnym etapie badań dokonano oceny morfologii oraz dyspersji nanocząstek w osnowie kompozytu, oceny adhezji osnowy do wzmocnienia, przeprowadzono badania udarowe, badania kompozytów za pomocą metod NDT (non-destructive testing) oraz analizę obszaru zniszczeń.

W pracy zostały prawidłowo sformułowane dwa cele naukowe: „Określenie wpływu modyfikatora nano-SiO₂ na odporność udarową kompozytu węglowo-epoksydowego” oraz „Ocena odporności udarowej kompozytów węglowo-epoksydowych modyfikowanych nano-SiO₂ przy nisko-energetycznych udarach analizowanych na podstawie charakterystyk dynamicznych oraz badań NDT”. Należy ocenić, że Doktorant w sposób prawidłowy i konsekwentny zrealizował w pracy założone cele, które stanowią wyzwanie zarówno o charakterze poznawczym jak i utylitarnym.

Rozdział 7 pracy Pana Gabriela Strugały przedstawia opis doboru materiałów głównych, dokonany na podstawie literatury przedmiotu oraz baz materiałów kompozytowych dostępnych na rynku polskim.

Rozdział 8, „Metodyka badań własnych”, zawiera kompleksowy opis materiału badawczego z uwzględnieniem procesu projektowania kompozytów węglowo-epoksydowych modyfikowanych nano SiO₂, ich wytworzenia oraz opis metodyki badań mikroskopowych, uderzeniowych, badań NDT zniszczeń uderzeniowych w tym przeprowadzonych z użyciem metody radiografii komputerowej oraz metody aktywnej termografii.

W rozdziale 9 Autor zamieścił wyniki oraz analizę otrzymanych badań. Rozdział 10 zawiera dyskusję badań a rozdział 11 wnioski. Praca zawiera ponadto streszczenie w języku polskim i angielskim.

Praca opatrzona jest 180 pozycjami literaturowymi fundamentalnymi dla zagadnienia. Obszerny przegląd literatury jest trafny, wyczerpujący i obejmuje liczące się publikacje, na podstawie których została wnikliwie przeprowadzona analiza stanu zagadnienia, co świadczy o dobrym rozeznaniu przez Doktoranta tematyki będącej przedmiotem rozprawy.

Potwierdzam, że recenzowana praca mieści się w dyscyplinie naukowej inżynieria materiałowa i w pełni wpisuje się w najnowsze trendy badań zmierzające w kierunku znajomości wpływu składowych materiałów kompozytu na zachowanie się w sytuacji uderzeniowego obciążenia co ma istotne znaczenie np. w procesie projektowania i eksploatacji odpowiedzialnych konstrukcji inżynierskich.

OCENA WARTOŚCI MERYTORYCZNEJ PRACY

W pracy doktorskiej, Pan Gabriel Strugała wykorzystał szereg metod i technik badawczych z właściwie zaplanowaną sekwencją badań i logicznym, przejrzystym podziałem na etapy badawcze.

Doktorant zrealizował szeroki program badań z zastosowaniem nowoczesnych metod badawczych, w tym m.in. transmisyjnego mikroskopu elektronowego TEM, skaningowego mikroskopu elektronowego SEM, metody radiografii komputerowej czy metody aktywnej termografii. Wyniki przeprowadzonych doświadczeń, w pracy, zostały opisane w sposób jasny i czytelny z wykorzystaniem prawidłowej terminologii stosowanej w inżynierii materiałowej. Praca została napisana poprawnie merytorycznie, w sposób bardzo staranny redakcyjnie, edytorsko, językowo i stylistycznie.

Recenzowana praca wnosi istotne wartości merytoryczne tak o charakterze poznawczym, jak i empirycznym. Do najważniejszych osiągnięć Doktoranta należy zaliczyć:

- potwierdzenie skuteczności zastosowania mieszania mechanicznego nanocząstek SiO_2 i braku konieczności stosowania skomplikowanych i czasochłonnych metod do rozbijania aglomeratów nanocząstek,
- zaproponowanie i zastosowanie autorskiego rozwiązania pomiaru obszaru zniszczenia udarowego metodą aktywnej termografii,
- stwierdzenie, że im mniejsza zastosowana energia udaru tym większy wpływ na mechanizm absorpcji energii przez kompozyty miała modyfikacja nanocząsteczkami SiO_2 ,
- wykazanie, że modyfikacja nanocząsteczkami przyczyniła się do zwiększenia adhezji pomiędzy osnową a włóknem węglowym,
- udokumentowanie licznymi wynikami badań, że najkorzystniejsze zmiany skutkujące zwiększeniem odporności na niskoenergetyczny udar zaobserwowano dla kompozytów, w których zawartość nanocząstek SiO_2 wynosiła od 5-8% wag.,
- potwierdzenie, że im mniejsza energia udaru tym silniejszy był efekt wpływu nanocząstek SiO_2 na odporność udarową,
- sformułowanie wniosku, że największe zmiany w odporności udarowej, w tym również zmniejszenie zasięgu i obszaru zniszczeń udarowych, zaobserwowano dla największej zawartości nanocząstek SiO_2 , która wynosiła 8%wag.

Doktorant stwierdza, że kompozyty wytwarzane w ramach pracy zostały wykonane według autorskiego projektu, który został przedstawiony na rys. 24. Recenzentka zgłasza jednak niedosyt podawanych informacji i prosi o przedstawienie czym konkretnie projekt ten różni się od znanej i stosowanej metody infuzji próżniowej. W pracy wykonano ponadto badania zniszczeń udarowych metodą aktywnej termografii, gdzie całkowity obszar zniszczenia we wszystkich próbkach zarejestrowano według autorskiego rozwiązania (rys. 30). Proszę o wyjaśnienie na czym polegała proponowana nowość/modyfikacja tego rozwiązania?

Proszę również o wyjaśnienie czym kierował się Doktorant przy wyborze liczby warstw wzmocnienia (cztery warstwy).

W części pracy „Dyskusja wyników” Doktorant potwierdza wcześniejsze obserwacje dokonane podczas badań, i nie dokonuje analizy przyczyn zaobserwowanych tendencji. W pracy została pominięta analiza kompozytu z 2% wag. zawartością nano - SiO_2 , dla którego uzyskiwano najniższe wyniki podczas badania zniszczeń udarowych. Proszę o odniesienie się do tego faktu.

WNIOSEK KOŃCOWY

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana Gabriela Strugały pt.: „**Wpływ modyfikatora nano-SiO₂ na odporność uderową kompozytu węglowo-epoksydowego**” stanowi samodzielne opracowanie aktualnego i złożonego zagadnienia. Praca przygotowana jest na wysokim poziomie merytorycznym, metodycznym i redakcyjnym. Doktorant podjął istotny z teoretycznego i praktycznego punktu widzenia problem badawczy związany z polimerowymi kompozytami włóknistymi i udowodnił, że opanował metody badawcze stosowane w inżynierii materiałowej i potrafi się nimi prawidłowo posługiwać. Potwierdził również, że posiada pogłębioną wiedzę teoretyczną i specjalistyczną w zakresie tematyki rozprawy doktorskiej. Pan Gabriel Strugała w pełni zrealizował postawione w pracy cele naukowe i dowiódł słuszności badawczej tezy uzyskując rezultaty mające bardzo istotne znaczenie aplikacyjne.

Stwierdzam, że praca doktorska spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, sformułowane w obowiązujących przepisach i na tej podstawie stawiam **wniosek o dopuszczenie** Pana Gabriela Strugały do publicznej obrony rozprawy w dyscyplinie „Inżynieria Materiałowa” przed Radą Dyscypliny Inżynierii Materiałowej na Politechnice Gdańskiej.

