

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty WILK
pt.: „Kształtowanie elementów konstrukcji lotniczych z kompozytów typu
GLARE” – podstawa opracowania recenzji - pismo Dziekana Wydziału Budowy
Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej nr RM-530-22-02-2015
z dnia 16 października 2015 r.

1. Ocena celowości i aktualności tematyki badawczej

Przedstawiona do recenzji praca pt.: „Kształtowanie elementów konstrukcji lotniczych z kompozytów typu GLARE” zrealizowana została w ramach projektu badawczego „Nowoczesne technologie materiałowe w przemyśle lotniczym” finansowanego z funduszy strukturalnych w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (POIG), Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 - Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego .

Analiza obecnego stanu wiedzy w obszarach projektowania i wytwarzania nowych konstrukcji lotniczych potwierdza w dużym stopniu pogląd, że o postępie w ich rozwoju decydować będą materiały i technologie. Szybki rozwój przemysłu lotniczego wymusza stosowanie nowych materiałów spełniających wysokie wymagania konstrukcyjne, technologiczne i eksploatacyjne. Od nowo opracowywanych materiałów wymaga się wysokiej wytrzymałości przy zachowaniu małej masy i ograniczeniu kosztów ich wytwarzania. Warunki te spełniają materiały kompozytowe, których składniki mogą być modyfikowane w celu otrzymania struktury charakteryzującej się właściwościami spełniającymi wymagania stawiane konstrukcjom lotniczym. Poszerzanie wiedzy o materiałach kompozytowych w sposób ciągły umożliwia uzyskiwanie coraz nowszych, niekiedy wcześniej nieznanych ich właściwości fizycznych i mechanicznych, w tym technologicznych i użytkowych. Równolegle obserwuje się wzrost wymagań wobec prowadzących badania w zakresie znajomości wiedzy z obszarów pokrewnych,

warunkujących i ukierunkowujących prace badawcze. Ciągłe poszukiwanie nowych materiałów, w tym kompozytowych wymusza realizację badań ukierunkowanych na opracowywanie zaawansowanych technologii ich wytwarzania. W produkcji materiałów kompozytowych przeznaczonych na aplikacje lotnicze, kompozyty hybrydowe typu GLARE znajdują coraz szersze zastosowanie. Dostępna w literaturze wiedza, dotycząca tych materiałów obejmuje głównie charakterystyki użytkowe oraz strukturę materiału gotowych wyrobów. Brak jest szczegółowych danych dotyczących warunków wytwarzania i kształtowania elementów konstrukcji lotniczych o skomplikowanej geometrii. Dlatego uwzględnienie tej tematyki w opiniowanej rozprawie doktorskiej uważam za w pełni uzasadnione. Wybór tematu dokonany został zgodnie z aktualną potrzebą rozwoju nowoczesnych technologii wytwarzania materiałów kompozytowych i ich kształtowania, niezbędnego dla poprawy efektywności krajowego przemysłu lotniczego. Celem głównym prowadzonych badań jest rozszerzenie wiedzy o procesie wytwarzania oraz kształtowania materiałów kompozytowych typu GLARE przeznaczonych na konstrukcje lotnicze. Praca wpisuje się więc w aktualne trendy inżynierii materiałowej.

2. Charakterystyka pracy

Opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Wilk pt. „Kształtowanie elementów konstrukcji lotniczych z kompozytów typu GLARE” stanowi obszerne opracowanie charakteryzacji zagadnień uściślonych w jej tytule. Łączna objętość pracy wynosi 126 stron. Rozprawa składa się z 4 rozdziałów i wykazu literatury źródłowej (93 pozycje, w tym 13 z materiałów dostępnych w Internecie). Zawiera 108 rysunków - w postaci wykresów, schematów i obrazów mikrostruktury oraz 11 tablic. Praca jest napisana w układzie klasycznym. Po wprowadzeniu w problematykę rozprawy (*1. Wprowadzenie*), przedstawiono w części monograficznej (*2. Studium literatury*) zagadnienia stanowiące jej tematykę. Studium literatury zawiera systemowo opracowane zagadnienia wprowadzające w obszar problematyki dotyczącej zastosowań materiałów kompozytowych w przemyśle lotniczym oraz ich charakterystyki z uwzględnieniem właściwości mechanicznych - w szczególności właściwości plastycznych. Autorka w sposób szczegółowy dokonała podziału i klasyfikacji materiałów kompozytowych ze względu na rodzaj materiału osnowy oraz rodzaj, objętość i sposób rozmieszczenia fazy wzmacniającej. Scharakteryzowała dokładnie budowę i właściwości kompozytów typu GLARE oraz metody wytwarzania z tych materiałów elementów konstrukcji lotniczych. Doktorantka wykazała się znajomością zagadnień

dotyczących podstawowych zjawisk towarzyszących procesom wytwarzania oraz kształtowania kompozytów typu GLARE. Zna aktualnie realizowane programy badawcze krajowe i międzynarodowe w tematyce materiałów kompozytowych, które coraz częściej zastępują materiały metaliczne w budowie konstrukcji lotniczych. Pani mgr inż. Małgorzata Wilk znalazła w pracach opisanych w Studium Literatury także pewną niszę dla własnych badań, która w dodatku wiąże się bezpośrednio z Jej praktyką przemysłową dotyczącą wytwarzania wyrobów z tej grupy materiałów kompozytowych.

W podrozdziale 2.5 Doktorantka przedstawiła wnioski z krytycznej analizy stanu zagadnienia, które umożliwiły wytypowanie materiałów do badań oraz wybór metod wytwarzania profili kompozytowych. W podrozdziale 2.6 zawarła tezę oraz dokonała charakterystyki celów pracy – oceny wpływu warunków wytwarzania oraz kształtowania elementów z hybrydowych materiałów kompozytowych typu GLARE na ich właściwości. Do badań własnych Doktorantka wybrała kilka rodzajów materiałów kompozytowych (oznaczonych GLARE 1, 2, 3 i 6) zakładając, że zrealizuje główny cel poznawczy pracy – charakterystykę procesu wytwarzania, a także cel technologiczny – opracowanie parametrów procesu kształtowania umożliwiającego uzyskanie właściwości mechanicznych determinujących ich przydatność do zastosowania w praktyce przemysłowej. Jednym z celów, które Doktorantka przedstawia w tej części pracy jest „poszukiwanie nowych zastosowań w przemyśle lotniczym”. Nie za bardzo wiadomo co mając na myśli. Sformułowanie to jest niefortunne biorąc pod uwagę temat pracy oraz szerokie rozpowszechnienie tego rodzaju materiału m.in. na elementy kadłuba samolotu Airbus A380, czy podłogę w takich samolotach jak: Boeing 737, LearJet 45. Dodatkowo na podstawie przeprowadzonych badań, które nie wyjaśniają wszystkich krytycznych warunków wytwarzania materiałów kompozytowych w ramach pracy, nie można twierdzić z przekonaniem o jakości uzyskanych materiałów determinujących ich możliwości aplikacyjne w przemyśle lotniczym.

W rozdziale 3 (*3. Badania własne*) Doktorantka przedstawiła program badań własnych. Jednakże w rozdziale tym brakuje wydzielonej części, która charakteryzuje w sposób jednoznaczny metodykę badań. Każdy z podrozdziałów zawierający poszczególne etapy badań rozpoczyna się od opisu sposobu oraz metod badawczych. Nie ułatwia to Recenzentowi analizy wszystkich prac badawczych przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej, a przede wszystkim zasadności ich wykonania i połączenia wyników w ramach prowadzonych badań. Brak logicznej formy przedstawienia wyników przejawia się już na wstępie pracy, w której Doktorantka zamieszcza rozdział *3.2. Badania teoretyczne*. Przedstawiona charakterystyka właściwości kilku rodzajów materiałów kompozytowych

powinna być umieszczona w części literaturowej. Doktorantka może powoływać się na te wyniki w trakcie opisu badań własnych. Można się domyślać, że Autorka w ten sposób chciała wprowadzić Czytelnika w tematykę możliwości kształtowania materiałów kompozytowych przeznaczonych na aplikacje lotnicze, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości, które potwierdzają przydatność tych materiałów na elementy konstrukcji lotniczych. Na podstawie analizowanych prac innych zespołów badawczych dokonuje wyboru metod, które zamierza wprowadzić w praktykę badawczą w ramach realizowanych badań niezbędnych do uzyskania wyników, które udowodniłyby postawioną tezę.

Praca zawiera liczne błędy edytorskie oraz niedopatrzania, które pomniejszają ostateczną ocenę pracy, w którą Autorka niewątpliwie włożyła dużo wysiłku. Pozwolę sobie wymienić kilka uwag dotyczących nieprawidłowo użytych terminów, które Doktorantka stosuje dokonując charakterystyki materiałów kompozytowych. Str. 52 „*wśród czynników, które wpływają na parametry kompozytu, należy wymienić – rodzaj, udział objętościowy, grubość i ilość warstw fazy metalicznej...*” – tego terminu można użyć w przypadku materiałów kompozytowych wzmocnianych cząstkami metalicznymi. W przypadku laminatów powinno się używać terminów: elementów wykonanych ze stopu metali, w tym przypadku chodzi o blachy ze stopu aluminium. Udział objętościowy dotyczy wydzieleni faz w stopach metali, tu raczej chodzi o udział procentowy w objętości konstrukcji kompozytowej – tak też wynika z definicji angielskiej MVF – *metal volume fraction* – zawartość procentowa metalu/stopu w materiale kompozytowym. Na wielu fotografiach przedstawiających zdjęcia makroobszarów badanych materiałów kompozytowych, Autorka używa terminu „budowa” – w tym przypadku chodzi o przekrój poprzeczny wybranych materiałów. Wspomnieć należy również o wielu błędach literowych, interpunkcyjnych oraz graficznych, które czynią niejednokrotnie wypowiedź Autorki niezrozumiałą. Stosowanie przez Doktorantkę zbyt rozbudowanych zdań, w których niejednokrotnie brakuje łącznika uniemożliwia Czytelnikowi zrozumieć myśl zawartą w tekście dysertacji, np.:

Str. 28 – „Moduł Younga E , jest jedną z najważniejszych właściwości mechanicznych potrzebnych konstruktorom (od E i grubości elementu zależy sztywność konstrukcji) można również przewidywać na podstawie reguły mieszanin dla pojedynczej warstwy kompozytu wzmocnionego jednokierunkowymi włóknami ciągłymi przy obciążaniu rozciągającym w kierunku długości włókien (rys.2.10).

Ponadto stosuje opisy pod rysunkami zarówno w języku polskim jak i angielskim (np.: rys.2.15, 3.62).

3. Ocena pracy

Doktorantka zrealizowała założony cel pracy. Przedstawiła wiele cennych danych o znaczeniu poznawczym – potwierdziła możliwość wytworzenia wysokiej jakości elementów konstrukcyjnych z materiałów kompozytowych typu GLARE z uwzględnieniem wymaganych właściwości i zakładanych materiałów stosowanych do wytworzenia profilu. Wnioski z wykonanych badań zostały poprawnie przedstawione i nie wychodzą poza zakres prowadzonych doświadczeń. Zostały sformułowane na podstawie analizy otrzymanych wyników badań. Należy jednak zaznaczyć, że Wnioski powinny zamieszczać się w części końcowej rozprawy, która stanowi podsumowanie dyskusji wyników, którą Autorka prowadzi w trakcie opisu badań. Doktorantka zamieszcza wnioski z poszczególnych badań na końcu rozdziałów, co jest kłopotliwe przy końcowej ocenie analizowanych wyników badań.

Praca nie jest pozbawiona usterek. Pierwsze z nich wymieniłam w podsumowaniu części literaturowej. Dodatkowo Czytelnik spotyka się z błędami, które wynikają prawdopodobnie z nieprawidłowego podziału części dotyczącej badań własnych. Widać, że Doktorantka gubi się w utrzymaniu prawidłowej logiki opisu uzyskanych w trakcie realizacji pracy wyników badań. I tak np. gdzie Autorka zamieściła wyniki „zawartości względnej fazy międzymetalicznej (MVF)”? W tabeli 3.2 nie ma wyników tych badań, są zawarte w tablicy 3.3. Doktorantka nie powinna używać kolokwializmów, które umniejszają jakość opiniowanej rozprawy: str. 61 – „w trakcie procesu gięcia kompozytu GLARE 3 2/1-0,5 słyszalne były trzaski...”. Powinno być: w trakcie prowadzenia próby gięcia zarejestrowano dźwięki, które mogłyby świadczyć o pękaniu badanego materiału kompozytowego”. W jaki sposób Autorka rejestrowała te dźwięki? Str. 61: „gięcie GLARE 6 doprowadziło do otrzymania pofalowanej struktury (rys. 3.9 d)” – czy powinno być: proces gięcia prowadzono w celu uzyskania odpowiedniego kształtu elementu z materiału kompozytowego. Str. 62. „na rys. przedstawiono odpowiedni widok rozwarstwienia w kompozycie...” – co to znaczy odpowiedni? Takich błędów jest wiele i Doktorantka powinna jednak prowadzić analizę wyników w sposób jednoznaczny, używając terminologii, która potwierdza Jej wiedzę z obszaru badań materiałowych. Dodatkowo dokonując analizy wyników uzyskanych w trakcie prowadzenia prób wytrzymałościowych powinno używać się jednostek umożliwiających prawidłową interpretację właściwości mechanicznych badanych elementów – tj. w MPa.

Stwierdzone niedociągnięcia pracy nie stanowią jednak przeszkody w jej sumarycznej pozytywnej ocenie. Autorka określiła warunki wytwarzania materiałów kompozytowych typu GLARE, które różniły się zawartością elementów ze stopów aluminium, przedstawiając

analizę wyników badań z uwzględnieniem kompleksowego oddziaływania parametrów wytwarzania i warunków kształtowania plastycznego. Rozprawa należy do nielicznych zajmujących się tą problematyką w przypadku materiałów kompozytowych typu GLARE. Cechuje ją odpowiedni warsztat badawczy i materiał eksperymentalny, a także stanowi podstawę do osadzenia jej wyników w technologii wytwarzania materiałów kompozytowych.

W podsumowaniu mojej recenzji, we wniosku końcowym stwierdzam, że rozprawę doktorską mgr inż. Małgorzaty Wilk oceniam pozytywnie zarówno ze względu na aktualność tematyki badawczej, jak i sposób jej realizacji. Stwierdzam, że Doktorantka wykazała dobre opanowanie technik laboratoryjnych. W mojej ocenie rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Wilk spełnia w pełni wymagania stawiane naukowej pracy kwalifikowanej do tego stopnia i wnioskuję do Rady Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej o dopuszczenie do jej publicznej obrony.

