

08 CZE 2018

dr hab. inż. Marek Rośkiewicz, prof. WAT
Wojskowa Akademia Techniczna

Warszawa, 2018-05-29

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Angeliki Wronkovicz nt.
„Non-destructive evaluation of composite aircraft elements based on ultrasonic testing and image analysis”

Niniejszą recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej dr hab. inż. Anny Timofiejczuk, prof. nzw. Politechniki Śląskiej – pismo nr RMT0-1034/D/006/17/18 z dnia 18 kwietnia 2018 r.

1. Ogólna, formalna charakterystyka pracy

Recenzowana rozprawa została przedstawiona na 140 stronach maszynopisu i zawiera poza wykazem oznaczeń i skrótów oraz wprowadzeniem:

- rozdział drugi, w którym Doktorantka dokonała przeglądu literatury dotyczącej: polimerowych materiałów kompozytowych wzmocnianych włóknami, technologii ich wytwarzania, produkcyjnych i eksploatacyjnych wad i uszkodzeń występujących w tego typu materiałach, nieniszczących metod ich wykrywania z szczególnym uwzględnieniem techniki ultradźwiękowej oraz strategii eksploatacji statków powietrznych, w których m.in. istotnymi czynnościami obsługowymi są badania nieniszczące;

- rozdział trzeci opisujący cel i zakres pracy;

- rozdział czwarty zawierający: opis źródeł niepewności pomiaru w metodzie ultradźwiękowej oraz opis czynników wpływających na ocenę otrzymanych wyników jak również metody analizy obrazów ultradźwiękowych (w tym metody segmentacji obrazu) i metody trójwymiarowych rekonstrukcji uszkodzeń w kompozytach;

- rozdział piąty, w którym przedstawiono wyniki analiz eksperymentalnych dotyczących niepewności pomiaru techniką ultradźwiękową materiałów kompozytowych wzmocnianych włóknami węglowymi oraz zdefiniowano optymalne parametry pomiaru;

- rozdział szósty, w którym Doktorantka zaprezentowała wyniki testów eksperymentalnych dotyczących zastosowania różnych metod segmentacji obrazów otrzymanych dla dwóch elementów kompozytowych badanych metodą ultradźwiękową, w tym również metod

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 08 CZE 2018

nr 112310/2018

12/12

nieparametrycznych związanych z analizą histogramu obrazu z uwzględnieniem kryterium MBA (Minima-Between-Peaks);

- rozdział siódmy zawierający analizę wyników badań eksperymentalnych w zakresie przestrzennej rekonstrukcji uszkodzeń uderzeniowych typu BVID (Barely Visible Impact Damage) z wykorzystaniem obrazów ultradźwiękowych wykonanych w trybie C-skan i B-skan oraz wyniki referencyjne w postaci rekonstrukcji uszkodzeń wykonanych techniką tomografii komputerowej,

- rozdział ósmy zawierający wyniki badań elementów kompozytowych przeprowadzonych zgodnie z proponowanymi wcześniej metodykami w obszarze uszkodzeń typu BVID i uszkodzeń w postaci delaminacji – łącznie z rekonstrukcją 3D oraz dyskusję tych wyników,

- wnioski z przeprowadzonych badań i analiz,

- wykaz cytowanej literatury, zawierający 177 pozycji.

2. Ocena tematu i zakresu pracy

W przedłożonej pracy Autorka podjęła ważny temat związany z potrzebą efektywnej diagnostyki elementów konstrukcyjnych statków powietrznych, które coraz częściej wykonywane są z polimerowych materiałów kompozytowych wzmacnianych włóknami węglowymi. O ile diagnostyka materiałów metalowych stosowanych w tzw. elementach pierwszorzędowych konstrukcji lotniczych była rozwijana na przestrzeni kilkudziesięciu ostatnich lat o tyle diagnostyka polimerowych materiałów kompozytowych jest doskonała intensywnie dopiero od kilkunastu lat po wprowadzeniu tego typu materiałów do konstrukcji samolotów firmy Boeing i Airbus. Ocena stanu technicznego elementów kompozytowych samolotów i śmigłowców wciąż jest wyzwaniem technicznym, szczególnie dla personelu technicznego bezpośrednio zaangażowanego w obsługę statków powietrznych. Proponowane w pracy rozwiązania mogą być wykorzystywane nie tylko w diagnostyce konstrukcji lotniczych, ale również w diagnostyce innych współczesnych pojazdów, w których materiały kompozytowe znajdują również szerokie zastosowanie. Co prawda badania dotyczyły elementów wykonanych wybranymi technologiami – infuzji i jak się należy domyślać technologią z wykorzystaniem autoklawu (elementy samolotu MiG-29), które nie są jedynymi metodami wytwarzania elementów konstrukcyjnych statków powietrznych, ale problemy podniesione w pracy będą dotyczyć również materiałów wytwarzanych innymi sposobami dedykowanymi materiałom kompozytowym. Należy się spodziewać, że zwiększenie efektywności diagnostyki tego rodzaju materiałów będzie skutkowało skróceniem czasu realizacji procesów obsługowych statków powietrznych, co w przypadku konstrukcji lotniczych przekłada się bezpośrednio na zmniejszenie kosztów ich eksploatacji. Rozwiązania

polegające na optymalizacji informacji uzyskiwanej w czujników ultradźwiękowych są znane z licznych publikacji, ale dotyczą głównie rozwiązań dedykowanych medycynie. Doktorantka zaproponowała efektywniejsze wykorzystanie wyników pomiarów ultradźwiękowych w obszarze diagnozowania kompozytowych elementów konstrukcyjnych statków powietrznych, co jest problematyką mniej rozpoznaną. Podjęcie tej tematyki uważam za celowe i pożyteczne.

3. Ocena rozprawy

Do podstawowych zalet rozprawy pod względem wyboru metod i zakresu badań, opracowania i prezentacji wyników oraz badawczego wkładu Autorki zaliczam:

- a) podjętą tematykę, bardzo szeroki zakres wykonanych badań eksperymentalnych oraz próbę ich weryfikacji metodą tomografii komputerowej,
- b) badania eksperymentalne w obszarze diagnostyki materiałów kompozytowych z najczęściej spotykanymi w eksploatacji uszkodzeniami konstrukcji lotniczych: typu BVID oraz delaminacja,
- c) przeprowadzenie zaawansowanych analiz w celu uzyskania trójwymiarowej rekonstrukcji uszkodzeń materiałów kompozytowych na podstawie badań ultradźwiękowych wykonanych w trybie C-skan i B-skan,
- d) racjonalne wykorzystanie technik komputerowych, zarówno do analizy otrzymywanych obrazów ultradźwiękowych i edytorskiej strony pracy.

Zadaniem recenzenta jest wykazanie, że recenzowana praca wnosi oryginalny wkład w rozwój określonej dziedziny naukowej, za który uważam udowodnienie możliwości efektywniejszego wykorzystania wyników testów ultradźwiękowych w zakresie diagnostyki bardzo wymagających polimerowych materiałów kompozytowych oraz opracowanie metodologii nieparametrycznej analizy (segmentacji) obrazu i trójwymiarowej rekonstrukcji uszkodzeń. Przedstawiona praca świadczy o dobrym przygotowaniu Doktorantki do prowadzenia badań eksperymentalnych oraz umiejętnym korzystaniu z zaawansowanych programów analityczno-obliczeniowych, co stanowi dobrą podstawę do samodzielnego prowadzenia dalszych badań naukowych. Lektura całości rozprawy sprawia bardzo pozytywne wrażenie. Rozprawa jest logiczna, nie mam również poważniejszych uwag co do prowadzonego eksperymentu oraz poprawności wnioskowania, chociaż wnioski końcowe wydają mi się zbyt rozbudowane poprzez powtarzanie opisu prac wykonanych w poszczególnych rozdziałach.

Uwagi i spostrzeżenia wynikające z lektury opracowania, na które oczekuję wyjaśnień od Doktorantki:

- statystyczna analiza błędów powstałych podczas realizacji testów eksperymentalnych wymaga głębszego komentarza, chociażby podania liczby próbkowań,
- grubość badanych paneli była większa od 2 mm, podczas gdy we współczesnych statkach powietrznych typu general aviation wykorzystuje się kompozytowe elementy pokrycia które są szczególnie narażone na uszkodzenia typu „impact” o grubości ok. 1 mm – czy proponowane w pracy rozwiązania będzie można wykorzystać w przypadku tego typu konstrukcji?
- testy eksperymentalne prowadzono tylko dla elementów wykonanych metodą infuzji nie podejmując prób z elementami kompozytowymi wykonanymi innymi technologiami - czy w przypadku innych technologii należy spodziewać się podobnie pozytywnych wyników?
- czy naprawiane elementy kompozytowe, w których również jako materiały naprawcze wykorzystuje się kompozyty polimerowe (ale wzmacniane np. włóknami borowymi) i połączenia adhezyjne będzie można diagnozować z wykorzystaniem proponowanych rozwiązań?

4. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę zakres i poziom recenzowanej pracy doktorskiej oraz jej bezpośredni związek z praktyką inżynierską stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim w rozumieniu art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595. Wnioskuje zatem o dopuszczenie mgr inż. Angeliki Wronkowicz do publicznej obrony Jej rozprawy.

