

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

Praca doktorska pt.: **”Analiza możliwości zwiększenia odporności cieplnej rejestratorów lotniczych poprzez zastosowanie osłon z polimerowych kompozytów ablacyjnych”**

Autor: Paweł Przybyłek

Data: 05.11.2018

Praca doktorska zatytułowana „Analiza możliwości zwiększenia odporności cieplnej rejestratorów lotniczych poprzez zastosowanie osłon z polimerowych kompozytów ablacyjnych” dotyczy przygotowania i badania właściwości cieplnej wybranych kompozytów polimerowych. Oceniano właściwości wytrzymałościowe i cieplne nanokompozytów hybrydowych na bazie żywic epoksydowych (Epidian 52) oraz różnych włókien (włókna szklane, aramidowe, węglowe).

Praca obejmowała opis: rejestratorów lotniczych oraz stawianych im wymagań, użytego w pracy programu badań doświadczalnych materiałów ablacyjnych, badań odporności cieplnej osłony rejestratora lotniczego oraz podsumowanie uzyskanych wyników. Najpierw wytypowano skład kompozytów w oparciu o analizę wybranych właściwości potencjalnych składników kompozytów. Następnie zaprojektowano plan badań oraz statystycznie zanalizowano uzyskane wyniki badań,

Ponadto Kandydat przedstawił obszerny przegląd literaturowy dotyczący materiałów ablacyjnych i zawierający 168 cytowanych prac badawczych. Autor jest współtwórcą pięciu artykułów z listy czasopism filadelfijskich (z IF), uczestnikiem konferencji naukowych krajowych i zagranicznych.

Praca doktorska przedstawiona została w prawie typowy, klasyczny sposób, a uzyskane wyniki zestawiono w tabelach i na rysunkach.

1. Ogólna charakterystyka pracy doktorskiej

Praca doktorska dotyczy badań kompozytów epoksydowych zawierających trzy rodzaje włókien (aramidowe, węglowe, szklane) oraz napełniacz glinokrzemianowy przeznaczonych na uniwersalną osłonę termoochronną rejestratorów parametrów lotu. W części teoretycznej przeprowadzono opis istniejących rejestratorów lotniczych oraz ich klasyfikację. Wraz z metodami badań obudów ochronnych rejestratorów lotniczych ukazano wymagania stawiane rejestratorom lotniczym. Przedstawiono będące przedmiotem badań obudowy zabezpieczające moduły informacji oraz zapewniające właściwe parametry pracy urządzeń statku powietrznego w różnych warunkach ich eksploatacji. Opracowano również program doświadczalnych badań polimerowych kompozytów ablacyjnych. Następnie, dokonano oceny uzyskanych termoochronnych właściwości ablacyjnych kompozytów (temperatura powierzchni ablacyjnej, temperatura tylnej powierzchni ścianki próbki izolującej dla kompozytów grupy I i II, szybkość ablacji oraz właściwości wytrzymałościowych kompozytów I i II). Na koniec, eksperymentalnie określono w warunkach charakterystycznych dla katastrofy lotniczej przeprowadzono długotrwałą próbę cieplną dwu osłon termicznych. Zostały również opisane materiały ablacyjne z uwzględnieniem krótkiej ich charakterystyki i metody oceny ich właściwości termoochronnych.

Należy podkreślić, że pomimo szeroko rozpowszechnionego i podejmowanego w ostatnich dekadach tematu, niniejsza praca stanowi obecnie wyzwanie technologiczne.

Przedstawione wyniki wskazują, że dodatek 15 % wag. montmorylonitu skutkowało obniżeniem temperatury tylnej powierzchni ścianki próbki izolującej t_s o około 40%, zmniejszeniem średniego względnego ablacyjnego ubytku masy U_a o około 60% oraz zmniejszeniem szybkości ablacji v_a o około 40%;

Natomiast, zwiększony udział włókien szklanych powodował podwyższenie temperatury tylnej powierzchni ścianki próbki izolującej t_s o około 20%, co oznacza spadek jej właściwości termoochronnych. Stwierdzono również, że zwiększenie ilości włókien węglowych skutkuje obniżeniem średniego względnego ablacyjnego ubytku masy U_a o około 60% oraz zmniejszeniem szybkości ablacji v_a o około 30 %;

Przedstawiona praca jest jedynie częścią znacznie szerszego tematu naukowego poświęcanego polimerowym termoodpornym kompozytom ablacyjnym. W ciągu ostatnich kilkudziesięciu dekad, polimery kompozytowe hybrydowe przyciągnęły bardzo dużą uwagę, ze względu na szczególne ich właściwości, takie jak znaczna wytrzymałość właściwa, sztywność właściwa oraz wysoka odporność termiczna. Materiały te są nadal przedmiotem intensywnych badań, szczególnie w dziedzinie przemysłu lotniczego mając na uwadze bezpieczeństwo pasażerów i ochronę specyficznego sprzętu.

Prezentacja i interpretacja przedstawionych na rysunkach oraz w tabelach wyników jest adekwatna do postawionych założeń.

2. Uwagi

Pomimo ukazania celowości podejmowania w ramach pracy doktorskiej badań i dobrej interpretacji uzyskanych wyników, istnieją pewne niedociągnięcia, które w sposób istotny nie wpływają na jakość pracy i prezentowane wyniki:

- W streszczeniu nie wyeksponowano wszystkich najistotniejszych wyników. Streszczenie, stanowiące bardzo ważny element pracy lub artykułu naukowego, powinno bowiem przedstawiać w skondensowanej formie wszystkie główne elementy pracy;
- Brak jest wyraźnego podziału części doświadczalnej (materiały, przygotowanie kompozytów, ocena właściwości ablacyjnych, analiza statystyczna otrzymanych wyników, ...);
- W części doświadczalnej powinna być zamieszczona charakterystyka jedynie włókien, które zostały użyte w pracy;
- Ocenę wytrzymałości na ścinanie międzywarstwowe przeprowadzono na podstawie badania trójpunktowego zginania próbek bez wytłumaczenia istoty badania oraz nie powołując się na adekwatne do oznaczeń równania;
- Brak jest określenia warunków badania właściwości (prędkość deformacji, wymiar próbek, ilość badanych próbek dla każdego kompozytu);
- Niektóre zdania są nieprawidłowe lub wymagają wyjaśnienia;
- Autor prezentuje niektóre rysunki bez tytułów lub jednostek na osi y i x. Te uwagi dotyczą rysunków: 2.7 (str. 63), 7.20 (str. 147), 7.22(str. 148),

- Nanocząstki bentonitu i montmorylonitu różnią się składem i pochodzeniem. Nazwa „Bentonite” dotyczy rodzaju pęczniejącej w wodzie gliny w pobliżu Fort Benton. Natomiast nazwa „Montmorillonite” pochodzi od francuskiego miasteczka Montmorillon, gdzie są osady gliny.
- Brak pozycji literaturowej dla przedstawionej wartości modułu montmorylonitu;
- Niektóre angielskie słowa są zapisane z błędami lub źle tłumaczone (przykład: „oxygen indeks”, „ignation temperature”, na stronie 85);
- Niektóre jednostki (przykład: *heat release rate*, oraz Total na stronie 85);
- W przypadku właściwości wytrzymałości materiałów, nie bierze się pod uwagę zmiany o 6% (str. 122). Ogólnie, przyjmuje się do 10% błędów w wartościach właściwości mechanicznych
- Naprężenia Von Mises’a przedstawione na stronie 148 (rysunek 7.21) wymagają wytłumaczenia;
- Brak źródeł (pozycje literaturowe dla wielu równań (przykład równanie szybkości ablacji 3.1 na stronie 73).

3. Pytania

Pomimo, że uzyskane wyniki są dobrze przedstawiane i omawiane, istnieją pewne niejasne kwestie lub zjawiska, które wymagają wyjaśnienia lub wytłumaczenia. Zaleca się wyjaśnienie lub wytłumaczenie następujących kwestii:

- Autor zastosował 3% i 15% montmorylonitu (MMT) w celu poprawy właściwości kompozytów epoksydowych. Jednakże udowodniono, że maksimum 10% MMT jest wystarczające do polepszenia właściwości polimerów. Co było powodem do użycia tak dużej ilości nanocząstek?;
- Na podstawie jakich charakterystycznych właściwości dobrano żywicę epoksydową Epidian 52 oraz utwardzacze PAC, TFF i Z-1?;
- Z otrzymanych wyników (tabela 6.1, strona 117): udowodniono że, temperatura maksymalnej tylnej powierzchni ścianki próbki izolującej jest najniższa dla kompozytów hybrydowych zawierających 15% wag. montmorylonitu. (Kompozyty grupy 1 i grupy 2). Z czego wynika ta różnica? Z obecności MMT lub włókien?;
- Zbadano zarówno ubytek masy jak i właściwości termiczne przygotowanych kompozytów hybrydowych. Jaki może być związek ubytek masy badanych kompozytów ze ich stabilnością termiczną?;
- Jak można wytłumaczyć, że udarność kompozytów zawierających 3% wag MMT jest wyższa o około 25% w porównaniu do kompozytów z 15% wag nanocząstek (rysunek 6.9, strona 122)?;
- Jeżeli 2^3 dlaczego zastosowano aż 6 składowe funkcje odpowiedzi y (3 parametry termochronne właściwości ablacyjne: maksymalna temperatura tylnej powierzchni ścianki próbki izolującej, względny ablacyjny (erozyjny) ubytek masy i średnia szybkość ablacji oraz 3 parametry mechaniczne: wytrzymałość na rozciąganie, wytrzymałość na ścinanie międzywarstwowe, udarność;

- Dlaczego przy doborze kompozytu na osłonę obudowy rejestratora lotniczego przyjęto za kryterium wytrzymałość na rozciąganie (rysunki 6.10, 6.11 i 6.12) a nie udarność;

Autor pracy doktorskiej wykazał ogólną wiedzę oraz umiejętność prowadzenia samodzielnych badań i analizowania uzyskanych wyników. Otrzymywanie i kompleksowa interpretacja wyników badań pozwalają stwierdzić, że zgodnie z ustawą o stopniach naukowych i tytułach oraz stopniach i tytule w sztuce ("Dziennik" Ustawa "- Dz. U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595), rozprawa jest zgodna z wymaganiami doktorskimi.

W związku z powyższym rozprawa doktorska mgr Pawła Przybyłek: "Analiza możliwości zwiększenia odporności cieplnej rejestratorów lotniczych poprzez zastosowanie osłon z polimerowych kompozytów ablacyjnych " jest oceniona pozytywnie i zalecam jego obronę publiczną w celu uzyskania stopnia doktora w dziedzinie Budowa i Eksploatacji Maszyn.

Radom, 05.11.2018

prof. dr hab. inż. Mohamed Bakar
Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny w Radomiu
im. Kazimierza Pułaskiego
Katedra Technologii Materiałów Organicznych
Chrobrego 27, 26-600 Radom – Polska

