

Modelowanie numeryczne oraz wrażliwość charakterystyk aerodynamicznych na kształt i właściwości materiałowe paralotni

mgr inż. Paulina Maślanka

Promotor

prof. dr hab. inż. Ryszard Korycki

STRESZCZENIE

Paralotnie to urządzenia przeznaczone do szybowania; ich skrzydła mają obrys eliptyczny w rzucie prostopadłym. Skrzydła składają się z górnych i dolnych brytów oraz żeber, które są materiałami tkanymi połączonymi szwami. W związku z tym paralotnie definiowane są jako obiekty latające bez elementów usztywniających. Pozostałe podstawowe elementy paralotni to: linki, taśmy nośne oraz uprzęż.

Rozwój paralotni jest interesujący z punktu widzenia nauki, tj. inżynierii materiałowej, aerodynamiki i mechaniki lotu. Tematem rozprawy doktorskiej jest modelowanie numeryczne oraz wrażliwość charakterystyk aerodynamicznych na kształt i właściwości materiałowe paralotni.

Badania laboratoryjne przeprowadzono na 10 różnych tkaninach paralotniowych pod względem składu materiałowego oraz właściwości ogólnych, strukturalnych i mechanicznych.

Z analizy tkanin paralotniowych/spadochronowych wynika, że charakteryzują się one dobrym stosunkiem wytrzymałości do masy powierzchniowej oraz niską przepuszczalnością powietrza. Wszystkie rozpatrywane próbki to tkaniny PA 6.6 powlekane żywicami poliuretanowymi

lub silikonem/poliuretanem. Na podstawie zapisów SEM można stwierdzić, że tkaniny są wykonane z przędz multiflamentowych i charakteryzują się splotem typu rip-stop. Grupy funkcyjne charakterystyczne dla analizowanych próbek zostały wskazane za pomocą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera.

Spośród analizowanych tkanin wybrano trzy, które poddano starzeniu UV, termicznemu i mechanicznemu (wielokrotne zginanie).

Największy wpływ na właściwości mechaniczne ma starzenie spowodowane promieniowaniem UV. Nie obserwuje się istotnego wpływu mrożenia na właściwości mechaniczne badanych próbek. Wielokrotne zginanie ma największy wpływ na zmianę przepuszczalności powietrza spośród wszystkich rozpatrywanych czynników starzeniowych.

Uzyskane wyniki laboratoryjne zostały wykorzystane w dalszych etapach badań.

W kolejnych krokach wprowadzony został algorytm wielostopniowy; dotyczył on analizy numerycznej w ujęciu CFD (Computational Fluid Dynamics) i obliczeń strukturalnych MES (Metoda Elementów Skończonych) wykonanych na modelu tradycyjnego skrzydła paralotni rekreacyjnej w kolejności: (1) badanie wstępnego wpływu przepuszczalności powietrza na charakterystyki aerodynamiczne z zastosowaniem narzędzia porous media; (2) ponowne obliczenie opływu paralotni po zastosowaniu dokładniejszych wyników

przepuszczalności, tj. z uwzględnieniem rzeczywistego spadku ciśnienia działającego na materiał podczas lotu; (3) badanie naprężeń i odkształceń w materiałach pokrycia paralotni; (4) określenie wpływu odkształcenia na właściwości aerodynamiczne paralotni.

Na podstawie uzyskanych wyników CFD można stwierdzić, że wzrost przepuszczalności powietrza ma wpływ na pogorszenie właściwości aerodynamicznych paralotni. Najlepsze właściwości prezentowała paralotnia pokryta materiałem nieprzepuszczającym powietrza.

Rozkład ciśnienia działającego na materiały poszycia paralotni uzyskano na podstawie obliczeń CFD oraz wartości przyjętego współczynnika obciążenia. W rozpatrywanych materiałach odkształcenie maleje wraz ze wzrostem wytrzymałości materiału na rozciąganie i/lub spadkiem ciśnienia działającego na materiał.

Współczynniki bezpieczeństwa rozpatrywanych materiałów nie ulegających degradacji wahają

się w granicach 4 – 6. Jednak obliczenia strukturalne pokazują, że wartości tego współczynnika mogą znacznie się zmniejszyć, gdy analizuje się materiały poddane starzeniu.

Z obliczeń CFD wynika, że odkształcenie spowodowane ciśnieniem działającym na materiał ma istotny wpływ na pogorszenie właściwości aerodynamicznych paralotni.

Wielostopniowa optymalizacja pozwoliła określić wpływ właściwości materiału na charakterystyki aerodynamiczne paralotni i dzięki temu może być użytecznym narzędziem do doboru materiałów pokryciowych korzystnych dla rozważanych konstrukcji i założeń.

Kolejny rozdział rozprawy koncentruje się na przedstawieniu modelu paralotni jednopowłokowej. Model skrzydła paralotni pokrytego jedynie górnymi brytami ma istotne znaczenie z punktu widzenia pakowności i masy finalnego produktu. Właściwości aerodynamiczne i zachowanie materiału dla proponowanej geometrii są korzystne.

W ostatniej części opisano wstępne obliczenia szacujące zachowanie się i współczynniki bezpieczeństwa szwów i linek, jak również transport ciepła przez uprząż. Te tematy zostały wprowadzane jako elementy do rozważań w przyszłej pracy naukowej.

Każdy element globalnego układu paralotni charakteryzuje się odmiennymi zachowaniami, które wymagają osobnego opisu fizycznego i matematycznego. Złożenie wszystkich części tworzy globalny model, który ma zupełnie inne cechy niż te, które wynikają bezpośrednio z modeli cząstkowych. Budowa, opis i rozwiązanie całkowitego modelu jest bardzo złożonym problemem, daleko wykraczającym poza zakres rozprawy doktorskiej.