

Streszczenie

Głównym celem dysertacji jest określenie przyczyn niskiej wytrzymałości płyt kompozytowych oraz opracowanie metod wzmocnienia ich struktury. Opisano aktualne technologie i metody wykonywania kanałów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, w tym wykorzystanie w nich płyt wielowarstwowych. Rozpoznano aktualny stan wiedzy w zakresie materiałów kompozytowych oraz przedstawiono problematykę badań właściwości mechanicznych kanałów zbudowanych z płyt wielowarstwowych. Przeanalizowano strukturę wielowarstwowych płyt na bazie wełny mineralnej oraz wykonano szereg badań materiałowych dla poszczególnych składowych kompozytu. Zaproponowano nową metodę badania płyt kompozytowych stosowanych w wentylacji na eksperymentalnym stanowisku badawczym. Stworzono model numeryczny, uwzględniający warstwową budowę kompozytu, który umożliwił symulację zachowania się płyt w zakresie nieliniowym przy uwzględnieniu dużych przemieszczeń i rozwoju uszkodzeń. Dzięki symulacjom wykonanym dla różnych wymiarów płyt zaproponowano autorską zależność opisującą maksymalne dopuszczalne ciśnienia płyt wielowarstwowych z rdzeniem z wełny mineralnej, uwzględniający faktyczną wytrzymałość płyt. Rozpoznano zagadnienie wzmocnienia struktury płyt kompozytowych oraz możliwości zastosowania materiałów na bazie włókien węglowych. Zaproponowano prototypowe modele wzmocnień w kilku wariantach oraz zaprezentowano wyniki ich badań: doświadczalnych oraz numerycznych, które potwierdziły skuteczność zastosowanych rozwiązań i zwiększyły zakres bezawaryjnej pracy ponad 2,5 krotnie. Modele numeryczne wykorzystano do optymalizacji ilości wzmocnień płyt kompozytowych zbudowanych na bazie wełny mineralnej, dzięki czemu stwierdzono, że można zachować oczekiwane efekty wytrzymałościowe przy jednoczesnym znaczącym zmniejszeniu ilości wzmocnień. W wyniku prac nad wzmocnieniami płyt, Urząd Patentowy RP udzielił patent na wynalazek pt. „Wzmocniona płyta wielowarstwowa, zwłaszcza do budowy kanałów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych”, z nr P.433174.

Słowa kluczowe: kanały kompozytowe, kanały wentylacyjne, kompozyty, wytrzymałość, wzmocnienia

Abstract

The main purpose of this dissertation is to determine the reasons for the low strength of composite plates and to develop methods for strengthening their structure. Current technologies and methods of making ventilation and air-conditioning ducts, including the use of multi-layer boards, are described. The current state of knowledge in the field of composite materials is recognized and the problems of testing the mechanical properties of ducts built from multi-layer boards are presented. The structure of multilayer boards with mineral wool core was analyzed and a number of material tests were carried out for the individual

components of the composite. A new method for testing composite plates used in ventilation on an experimental test stand was proposed. A numerical model was created, taking into account the layered structure of the composite, which made it possible to simulate the nonlinear behavior of the plates, taking into account large displacements and damage development. Thanks to the simulations performed for various dimensions of the plates, an Author's formula for the maximum allowable pressure of multilayer boards with a mineral wool core was proposed, taking into account the actual strength of the plates. The issue of strengthening the structure of composite plates and the possibility of using carbon fiber-based materials was recognized. Prototype models of reinforcements in several variants were proposed and the results of their tests were presented: experimental and numerical, which confirmed the effectiveness of the solutions used and increased the failure-free range by more than 2.5 times. Numerical models were used to optimize the number of reinforcements of composite plates with mineral wool core, which showed that the expected strength effects could be maintained while significantly reducing the number of reinforcements. As a result of the work on panel reinforcements, the Polish Patent Office granted a patent for an invention entitled "Reinforced multilayer plate, especially for the construction of ventilation and air-conditioning ducts," with No. P.433174.

Keywords: composite air ducts, ventilation air ducts, composites, strength, durability, reinforcements