

OPIS ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Autor rozprawy doktorskiej: Gabriel Strugała

Tytuł rozprawy doktorskiej w języku polskim: Wpływ modyfikatora nano-SiO₂ na odporność uderową kompozytu węglowo-epoksydowego

Tytuł rozprawy w języku angielskim: The Influence of nano-SiO₂ modifier on impact resistance of carbon-epoxy composite

Język rozprawy doktorskiej: Polski

Promotor rozprawy doktorskiej: Marek Szkodo

Promotor pomocniczy rozprawy doktorskiej: Michał Landowski

Data obrony:

Słowa kluczowe rozprawy doktorskiej w języku polski: Kompozyt; Włókno węglowe; Żywica epoksydowa; Nanocząstki; Odporność uderowa; NDT;

Słowa kluczowe rozprawy doktorskiej w języku angielskim: Composite; Carbon fiber; Epoxy resin; Nanoparticles; Impact resistance; NDT;

Streszczenie

Rozprawa doktorska omawia wpływ sferycznych nanocząstek SiO₂ na odporność udarową kompozytu węglowo–epoksydowego. Pracę podzielono na dwie główne części: literaturową i badawczą. Pierwsza część zawiera kompleksowy przegląd aktualnej wiedzy z literatury przedmiotu poczynawszy od metod wytworzenia poprzez klasyfikację i charakterystykę materiałów składowych kompozytu, aż do przeglądu różnych nano–modyfikatorów osnowy wpływających na właściwości mechaniczne oraz udarowe. W tej części pracy scharakteryzowano również badania nieniszczące wykorzystywane do oceny zniszczeń udarowych w kompozytach. Na podstawie zebranych informacji teoretycznych, w drugiej części pracy wytypowano materiały składowe kompozytu oraz przyjęto metodykę badawczą (metoda wytworzenia, wzmocnienie, osnowa, nano–modyfikator, energie udaru, badania nieniszczące). W dalszej kolejności zdefiniowano tezę pracy, która ma następującą treść: dodatek nanocząstek SiO₂ do osnowy kompozytu węglowo–epoksydowego spowoduje wzrost odporności na nisko–energetyczny udar oraz zmniejszy rozległość zniszczeń. W oparciu o autorski projekt, metodą infuzji próżniowej wykonano kompozyty o zróżnicowanej zawartości nano–SiO₂: 0% (referencja), 1%, 2%, 3%, 5%, 6%, 7% oraz 8% wag. (produkt Nanopox® F400). Przy użyciu mikroskopów elektronowych sprawdzono morfologię oraz dyspersję nanocząstek. Następnie wszystkie kompozyty poddano udarom z energią: 1 J, 2 J, 3 J oraz 4 J. Na podstawie zarejestrowanych charakterystyk dynamicznych dla każdej z wymienionych wyżej zawartości nanocząstek oraz określonych powyżej energii udaru poddano analizie i ocenie charakterystyczne dane tj. rzeczywista energia udaru, energia zaabsorbowana, siła maksymalna, odkształcenie całkowite oraz odkształcenie trwałe. Na końcu, za pomocą badań nieniszczących (NDT), zbadano oraz oceniono zasięg (metodą radiografii komputerowej), oraz obszar zniszczeń udarowych (metodą aktywnej termografii opartej na autorskim rozwiązaniu). Na podstawie kompleksowej analizy wyników badań wykazano poprawę odporności udarowej wraz ze zmniejszeniem zniszczeń udarowych. Tym samym potwierdzono postawioną tezę pracy. W ostatniej fazie wyciągnięto wnioski określające jaką zawartość należy przyjmować jako optymalny zakres nano–modyfikacji, aby poprawić odporność udarową oraz zmniejszyć zasięg i obszar zniszczeń udarowych.

Summary

This PhD thesis discusses the influence of spherical SiO₂ nano-particles on the impact resistance of carbon-epoxy composite. The thesis has been divided into two main parts: literature and research. The former contains a comprehensive review of the current knowledge in the subject literary sources, beginning with the production methods, through classification and characterization of the component materials of composites and ending with the review of nano-modifiers of the matrix, that influence the mechanical properties and impact resistance of composites. This part of the thesis contains the characteristics of non-destructive tests applied to assess the impact damage in composites. On the basis of the collected theoretical information, in the second part of the thesis, components of a composite were selected and research methodology was adopted (production method, reinforcement, matrix, nano-modifier, impact energy, non-destructive tests). Further, the thesis of the work was defined. The thesis reads: Addition of SiO₂ nano-particles to the matrix of carbon-epoxy composite will cause an increase of impact resistance to low-energy impact and will decrease the extension of damage. On the basis of the authorial design, using the vacuum infusion method composites of varied content of nano-SiO₂: 0% (reference), 1%, 2%, 3%, 5%, 6%, 7% and 8% weight were made. (Nanopox® F400 products). With the aid of electron microscopes, morphology and dispersion of nano-particles were observed. Subsequently, all the composites were exposed to impacts with the energy of 1 J, 2 J, 3 J and 4 J. On the basis of the recorded dynamic characteristics for each of the nano-particle content and impact energy specified above, characteristic data were analysed and assessed. These included: the real impact energy, absorbed energy, maximum force, total deformation and permanent deformation. Finally, with the applied NDT tests range and area of the damage was tested and assessed, using, respectively, computer radiography method and active thermography method, based on author's own solution. On the basis of a complex analysis of the research results, an improvement of the impact resistance accompanied by decreasing the range of impact damage was proven. Thus, the thesis has been confirmed. In the last stage, conclusions regarding the content of nano-particles that should be assumed as the optimum range of nano-modification to improve the impact resistance and decrease the range and area of impact damage were drawn.
