

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Materiałowej
Katedra Technologii Materiałowych
mgr inż. Barbara Helizanowicz

Użycie preimpregnatów o niskiej gramaturze do wytwarzania metodą autoklawową płyt z kompozytu polimer-włókno węglowe zawierających krzywizny o małym promieniu

Rozprawa doktorska w dyscyplinie inżynieria materiałowa w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy” we współpracy ze Śląskim Centrum Naukowo-Technologicznym Przemysłu Lotniczego Sp. z o.o.

Promotor: dr hab. inż. Mateusz Koziół, Prof. Pol. Śl.

Promotor pomocniczy: dr inż. Aleksandra Bogdan-Włodek

Streszczenie

Niniejsza praca powstała we współpracy ze Śląskim Centrum Naukowo-Technologicznym Przemysłu Lotniczego Sp. z o.o. w odpowiedzi na rosnące zainteresowanie wykorzystaniem prepregów o niskiej gramaturze do wytwarzania zaawansowanych kompozytowych struktur zawierających krzywizny w technologii autoklawowej. Prepregi o niskiej gramaturze cieszą się coraz większą popularnością ze względu na możliwość obniżenia masy, zwiększenia możliwości konstrukcyjnych oraz poprawy wytrzymałości w przypadku obciążeń w płaszczyźnie. Do tej pory nie określono jednak wpływu gramatury prepregu na procesy formowania oraz wytrzymałość w przypadku obciążeń oddziałujących poza płaszczyznę. Cel pracy ukierunkowano na zrozumienie wpływu gramatury na jakość oraz wytrzymałość struktur kompozytowych, zawierających krzywizny. Dla osiągnięcia założonego celu wybrano dwa takie same jednokierunkowe prepregi węglowo-epoksydowe, różniące się jedynie gramaturą: prepreg o niskiej gramaturze, wynoszącej 75 g/m^2 oraz prepreg o konwencjonalnej gramaturze, wynoszącej 150 g/m^2 . Przeprowadzone badania obejmowały w pierwszej kolejności porównanie właściwości prepregów w stanie nieutwardzonym, wpływające na kształtowanie wyrobów zawierających krzywizny w technologii autoklawowej: współczynnik zagęszczenia, sztywność przy zginaniu oraz zachowanie przy ścinaniu w płaszczyźnie. Następnie porównano właściwości mechaniczne płaskich laminatów wytworzonych na bazie wybranych prepregów (wytrzymałość na rozciąganie, wytrzymałość na zginanie, wytrzymałość na ścinanie międzywarstwowe ILSS oraz wytrzymałość przy ścinaniu w płaszczyźnie). W dalszej kolejności, również na bazie tych samych prepregów, wytworzono kompozytowe próbki w postaci zakrzywionych belek, o różnej geometrii krzywizny, do badań wytrzymałości. Ocenie poddano proces wytwarzania oraz jakość wytworzonych próbek. Kontroli jakości dokonano poprzez ocenę wizualną, pomiary geometryczne, wyznaczenie gęstości oraz udziału komponentów, badania nieniszczące metodą aktywnej termografii w podczerwieni oraz badania obszarów reprezentatywnych metodą tomografii komputerowej. Wytworzone próbki poddano badaniom wytrzymałościowym metodą zginania czteropunktowego (CBS).

Dla próbek, które uległy zniszczeniu poprzez delaminację, wyznaczono także wytrzymałość na rozciąganie międzywarstwowe ILTS. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono większą podatność prepregu o gramaturze 75 g/m^2 na powstawanie defektów podczas wytwarzania struktur zakrzywionych w technologii autoklawowej ze względu na większą zmianę grubości w trakcie konsolidacji, niższą sztywność przy zginaniu oraz brak podatności do odkształcenia poprzez ścinanie w płaszczyźnie. Badania właściwości płaskich laminatów wykazały zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie w kierunku 90° oraz ILSS w przypadku zastosowania prepregu o gramaturze 75 g/m^2 . W trakcie badania próbek zakrzywionych zaobserwowano zależność CBS od geometrii krzywizny. Dla najmniejszych promieni krzywizny oraz najmniejszych kątów pomiędzy płaszczyznami tworzącymi krzywiznę, większą wytrzymałość wykazały próbki wykonane z prepregu o gramaturze 150 g/m^2 . Dla tych układów geometrii zaobserwowano także zniszczenie poprzez delaminację oraz wyznaczono ILTS. Wyższą ILTS otrzymano dla próbek wykonanych z prepregu o gramaturze 150 g/m^2 . Dla próbek o większych promieniach krzywizny oraz kątach pomiędzy płaszczyznami, wyższą CBS wykazały próbki wykonane z prepregu o gramaturze 75 g/m^2 . W ten sposób wykazano, że wpływ gramatury na wytrzymałość laminatów zakrzywionych jest zależny od geometrii krzywizny oraz stanu obciążenia wyrobu. Dla najmniejszych kątów rozwarcia pomiędzy ramionami i promieni krzywizny, wyższą CBS wykazano dla laminatów wykonanych z prepregu o gramaturze 150 g/m^2 , jednak wraz ze zwiększaniem kąta rozwarcia ramionami oraz promienia krzywizny, różnica pomiędzy CBS próbek o tej samej geometrii zmienia się na korzyść prepregu o gramaturze 75 g/m^2 .