

Modyfikacja topografii i morfologii powierzchni metalu celem poprawy wytrzymałości połączenia w laminatach metalowo-włóknistych

Laminaty metalowo-włókniste są aktualnie interesującą grupą materiałów hybrydowych, które składają się z naprzemiennie ułożonych warstw metalu i kompozytu polimerowo-włóknistego. Taka kombinacja pozwala uzyskać nową generację materiałów o ulepszonych właściwościach w stosunku do poszczególnych tworzących je składników. Charakteryzują się niską gęstością, wysoką wytrzymałością statyczną i zmęczeniową, ale także wysoką odpornością na uderzenia i korozję. W laminatach metalowo-włóknistych najczęściej stosowanymi materiałami są stopy aluminium w szczególności 2024-T3 lub 7475-T6. Aktualnie, laminaty na bazie tytanu cieszą się szczególnie dużym zainteresowaniem, ze względu na ich korzystne właściwości, takie jak wysoka wytrzymałość zmęczeniowa, odporność na uderzenia, czy odporność korozyjna.

Jednakże, problemem pozostaje modyfikacja powierzchni metalu, w celu uzyskania odpowiedniej adhezji na powierzchni rozdziału metal-kompozyt. Ponieważ pełni ona kluczową rolę w przeniesieniu naprężeń pomiędzy warstwami metalu i kompozytu, a także pozwala na uzyskanie wysokiej wytrzymałości i jakości połączenia. Dlatego też niezwykle ważnym i złożonym aspektem pozostaje modyfikacja powierzchni aluminium i tytanu w laminatach metalowo-włóknistych. Dane literaturowe wskazują, że w przypadku stopów tytanu nie ma jednej metody zapewniającej wysoką adhezję na powierzchni rozdziału metal-kompozyt. Natomiast skuteczną i powszechnie stosowaną metodą modyfikacji powierzchni aluminium dla laminatów metalowo-włóknistych jest anodowanie w kwasie chromowym (CAA), niestety metoda jest szkodliwa zarówno dla organizmów ludzkich i środowiska.

Celem badawczym pracy jest określenie zależności pomiędzy strukturą modyfikowanej powierzchni metalu z wykorzystaniem metody wyładowań elektrycznych MAO (Micro- Arc Oxidation) w połączeniu z warstwą zol-żel, a adhezją na powierzchni rozdziału metal-kompozyt w laminatach metalowo-włóknistych, w tym analiza odporności na pękanie międzywarstwowe. Ponadto, celem badań jest porównawcza ocena mechanizmów zniszczenia na powierzchni rozdziału metal-kompozyt, w zależności od zastosowanych parametrów procesu wyładowań elektrycznych w roztworze elektrolitu. Przedmiotem weryfikacji będą laminaty metalowo-włókniste na bazie stopów aluminium i tytanu wytwarzane z zastosowaniem techniki autoklawowej. Ze względu na fakt, że cechują się najkorzystniejszymi właściwościami, szczególnie w połączeniu z kompozytem węglowym. Dzięki temu mogą znaleźć szerokie zastosowanie w przemyśle lotniczym, kosmicznym czy motoryzacyjnym.

Efektom prowadzonych badań w proponowanym zakresie będzie uzyskanie charakterystycznej topografii i morfologii powierzchni aluminium 2024-T3 i tytanu GRADE 2, która może znacząco wpłynąć na poprawę adhezji na powierzchni rozdziału metal-kompozyt, w porównaniu do obecnie stosowanych konwencjonalnych metod elektrochemicznych uznanych za szkodliwe (dotychczas stosowane metody były niewystarczające i generowały negatywny wpływ na środowisko). Ponadto, efektem pracy będzie ocena wpływu otrzymanej struktury metalu na wytrzymałość połączenia na powierzchni rozdziału metal-kompozyt, a także analiza wpływu morfologii na oddziaływanie z kompozytem epoksydowym.

Ogólny plan badań obejmuje szereg prac związanych z planowanym zakresem prac i tematyką badawczą. W ramach badań planowana jest modyfikacja powierzchni aluminium i tytanu z zastosowaniem zmiennych parametrów procesu utleniania plazmowego oraz z zastosowaniem proekologicznych warstw pośrednich typu zol-żel. Następnie przeanalizowana zostanie struktura, morfologia i właściwości fizykochemiczne zmodyfikowanych powierzchni metali. Kolejno, zostanie przeprowadzona weryfikacja i analiza wpływu modyfikowanej powierzchni badanych metali na adhezję na powierzchni rozdziału metal-kompozyt. Weryfikacja wytrzymałości połączenia zostanie przeprowadzona poprzez badanie odporności na pękanie międzywarstwowe w oparciu o normy dla materiałów kompozytowych. Ponadto, zaplanowano przeprowadzenie badań odporności na uderzenia dynamiczne niskiej prędkości. Kolejno, zostanie przeprowadzona analiza wytrzymałości połączenia na powierzchni rozdziału metal-kompozyt, oprócz porównania wartości wytrzymałości, zostanie przeprowadzona szczegółowa ocena morfologii powierzchni metalu w obszarze zniszczenia pod kątem mechanizmów zniszczenia, w zależności od różnych metod modyfikacji powierzchni.

Oczekiwane wyniki planowanych badań wniosą szereg nowych aspektów do dziedziny inżynierii materiałowej dzięki wykorzystaniu podstawowej wiedzy z zakresu nauk o powierzchni i kształtowania warstwy wierzchniej metali. Rozwój dyscypliny inżynierii materiałowa będzie dotyczył przede wszystkim opracowania laminatów metalowo-włóknistych ze zmodyfikowaną warstwą wierzchnią metalu. Jest wysoce prawdopodobne, że dyscyplina inżynierii materiałowa zostanie poszerzona o specjalistyczną wiedzę z zakresu technologii modyfikacji powierzchni metali, w szczególności modyfikacji powierzchni stopów tytanu, w celu maksymalizacji adhezji na powierzchni rozdziału metal-kompozyt. Dzięki uzyskaniu odpowiednich właściwości warstwy wierzchniej metalu takich jak morfologia, topografia i właściwości fizykochemiczne.