

**Rozprawa doktorska mgr inż. Piotra Augustyna zatytułowana:
Termoplastyczne kompozyty polimerowe modyfikowane laserowo i
metalizowane prądowo o właściwościach ekranujących pole
elektromagnetyczne.**

STRESZCZENIE

Przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej było określenie i próba rozwiązania głównych problemów metalizowania prądowego kompozytów polimerowych poprzez dobór napełniaczy przewodzących, określenie ich zawartości w termoplastycznych osnowach polimerowych, oraz odpowiednie napromienienie laserowe. Celem doboru napełniacza oraz modyfikacji laserowej było uzyskanie lokalnego wzrostu przewodności elektrycznej i skutecznej metalizacji prądowej takich kompozytów. Ponadto, opracowane kompozyty charakteryzowały się właściwościami ekranującymi promieniowanie elektromagnetyczne.

Na podstawie dostępnej literatury przedmiotu przeanalizowano teoretyczne zagadnienia związane z tematem rozprawy. Obejmują one problemy związane z obecnie stosowanymi w przemyśle metodami metalizowania tworzyw polimerowych, metalizowaniem polimerów „przewodzących strukturalnie”, doboru napełniaczy przewodzących dla kompozytów polimerowych oraz metalizowanie prądowe kompozytów polimerowych. Omówiono parametry i warunki przeprowadzania galwanicznego osadzania powłok na metalach jako pewnego rodzaju odniesienia dla metalizacji prądowej polimerów. Do realizacji tezy niniejszej rozprawy zastosowano takie techniki badawcze jak: analiza termiczna, badania zwilżalności oraz swobodnej energii powierzchniowej, badania właściwości mechanicznych w tym wytrzymałość na rozciąganie oraz dynamiczną analizę mechaniczną, określono wytrzymałość złącz adhezyjnych, badania właściwości elektrycznych w tym: badania rezystywności powierzchniowej, przenikalności elektrycznej, badania skuteczności ekranowania pola elektromagnetycznego, badania morfologii powierzchni oraz badania składu chemicznego EDX.

Badania w niniejszej rozprawie zostały podzielone na dwie główne części: badania wstępne oraz badania zasadnicze. W badaniach wstępnych przebadano najbardziej

popularne materiały polimerowe takie jak: akrylonitrylo-butadieno-styren (ABS), polistyren (PS), polilaktyd (PLA), poliamid 6 (PA6), Politereftalan etylenu (PET), poliwęglan (PC), w celu wyboru osnowy najbardziej podatnej na ablację laserową. W badaniach użyto lasera Nd:YAG emitującego promieniowanie o długości fali 1064 nm. Rezultatem tej części badań było wybranie ABS jako materiału na osnowę kompozytu. Następnie wykonano kompozyty o osnowie ABS zawierające wypełniacze węglowe: sadzę przewodzącą (CB), nanorurki węglowe (CNT), nanowłókna węglowe (CNF), płatki grafenu (GNP) oraz wypełniacze metaliczne: włókna miedzi (Cu(F)), proszki miedzi (Cu(P)), mosiądzu (CuZn) i cyny (Sn). Wykonano badania rezystywności powierzchniowej kompozytów oraz wpływu promieniowania laserowego na wartość rezystywności powierzchniowej. Rezultatem badań wstępnych było wybranie kompozytu o osnowie ABS wraz z domieszkami: proszkiem cyny oraz włóknami miedzi. Kompozyty te były przedmiotem badań zasadniczych.

W badaniach zasadniczych wytworzone kompozyty zostały poddane szczegółowej analizie termicznej, właściwości mechanicznych, chemicznych, elektrycznych oraz morfologii powierzchni. Rezystywność powierzchniowa tych kompozytów charakteryzuje się wartością typową dla dielektryków, co umożliwia ich stosowanie jako podłoża dla ścieżek przewodzących prąd elektryczny w układach elektrycznych, elektronicznych czy mechatronicznych.

Do modyfikacji kompozytów zastosowano dwa typy laserów: Nd:YAG o długości fali 1064 nm, oraz femtosekundowy Jasper X0-20 o podstawowej długości fali 1030 nm wraz z modułem do generacji wyższych harmonicznych HGM o długości fali 343 nm. Dokonano analizy porównawczej rezultatów modyfikowania powierzchni kompozytów promieniowaniem IR ($\lambda=1030$ nm), UV ($\lambda=343$ nm) oraz modyfikowanych najpierw promieniowaniem UV a następnie IR. Dokonano również analizy porównawczej efektów metalizowania powierzchni kompozytów modyfikowanych UV a następnie IR dla różnych parametrów wiązki lasera. Na podstawie otrzymanych wyników badań stwierdzono, że kompozyty o osnowie ABS, domieszkowane mieszaniną włókien miedzi oraz proszku cyny w proporcjach 15% obj. Cu(F) i 10% obj. Sn lub 12,5% obj. Cu(F) i 12,5% obj. Sn umożliwiają selektywne, prądowe metalizowanie powierzchni kompozytu, po wcześniejszym zmodyfikowaniu warstwy wierzchniej promieniowaniem laserowym o długości fali 343 nm a następnie 1030 nm. Wprowadzone domieszki przewodzące do osnowy kompozytu zwiększają istotnie skuteczność ekranowania pola

elektromagnetycznego. Stwarza to możliwość zastosowania tego kompozytu jako obudowy, przegrody czy ekrany ograniczające wpływ pola elektromagnetycznego, zarówno na sprzęt elektroniczny jak i ludzi, w sektorze przemysłowym (radiotechnicznym, elektrotechnicznym, elektronicznym) oraz militarnym. Część rozprawy doktorskiej jest przedmiotem zgłoszenia patentowego w Urzędzie Patentowym pod numerem P.442699 oraz przed Europejskim Urzędem Patentowym pod numerem EP.23168818.