

Streszczenie

Celem pracy jest opracowanie innowacyjnych kompozytów o osnowie duroplastycznej, wzmacnianych materiałami syntetycznymi i dedykowanych do pracy w warunkach kriogenicznych. Badania zostały zrealizowane we współpracy z Zakładami Tworzyw Sztucznych IZO-ERG, w odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie na materiały kompozytowe do zastosowań w warunkach ekstremalnych. Nowo opracowany kompozyt został ukierunkowany na zastosowania w obszarach technologicznie zaawansowanych, w których materiały narażone są na działanie skrajnie niskich temperatur. Potencjalne obszary implementacji obejmują lotnictwo, kosmonautykę, przemysł motoryzacyjny oraz morski. Istotnym polem wykorzystania są również systemy kriogeniczne, takie jak zbiorniki do magazynowania paliw kriogenicznych, instalacje przesyłowe, elementy infrastruktury badawczej, a także inne urządzenia wymagające wysokiej niezawodności i stabilności eksploatacyjnej w warunkach ekstremalnych.

Osiągnięciem naukowym niniejszej pracy jest wyselekcjonowanie optymalnego rozwiązania materiałowego spośród ośmiu różnych kompozycji żywic, obejmujących żywicę epoksydową, utwardzacz, rozpuszczalnik i katalizator, a także określenie parametrów procesowych prowadzących do wytworzenia laminatu epoksydowo-szklanego o zoptymalizowanych właściwościach mechanicznych, termicznych i elektrycznych. Opracowanie wielowarstwowego materiału kompozytowego o unikatowych parametrach użytkowych poszerzyło ofertę handlową firmy, bezpośrednio zwiększając jej konkurencyjność na rynku globalnym. Wprowadzenie nowego asortymentu przez IZO-ERG wzbogaciło portfolio w zakresie nowoczesnych materiałów przyszłości wytwarzanych w Polsce, przyczyniając się jednocześnie do wzrostu prestiżu przedsiębiorstwa oraz umocnienia jego pozycji zarówno na rynku krajowym, jak i międzynarodowym.

W pierwszym etapie badań mechanicznych przeprowadzono testy udarowości, które umożliwiły wstępną ocenę materiałów referencyjnych oraz wybór najbardziej obiecujących wariantów kompozytów do dalszych analiz. Następnie wykonano kompleksowe badania mechaniczne, obejmujące statyczną próbę trójpunktowego zginania, próbę rozciągania, wyznaczanie modułu Younga, statyczną próbę czteropunktowego zginania oraz ocenę odporności na pękanie. Równolegle przeprowadzono badania termiczne, takie jak przewodnictwo cieplne, DMTA, DSC, TGA, TMA oraz analizę emisyjności. Dla celów porównawczych zrealizowano również badania elektryczne, pozwalające na wyznaczenie

optymalnych parametrów dla materiałów stosowanych jako izolatory. Ostatecznie wyniki próbek wytworzonych w warunkach laboratoryjnych zestawiono z wynikami uzyskanymi dla próbek w skali przemysłowej. Uwzględniając aktualne wymagania środowiskowe oraz regulacje Unii Europejskiej, przeprowadzono także analizę cyklu życia produktu (LCA) oraz ocenę śladu węglowego.

Najlepsze właściwości uzyskano dla kompozytów EP_4_2, EP_AD_1 i EP_AD_2, które charakteryzują się wysoką udarnością, wytrzymałością na zginanie powyżej 700 MPa oraz stabilnością modułu Younga w temperaturze kriogenicznej. Materiały te wykazały niską rozszerzalność cieplną, wysoką sztywność (do 16 GPa) i spełniły wymagania elektroizolacyjne, osiągając wytrzymałość elektryczną 25–29 kV/mm. Analiza LCA potwierdziła niższy wpływ środowiskowy żywicy A względem żywicy B.

Kompozyt EP_4_2_ind, wytworzony w warunkach przemysłowych, wykazuje wyższe właściwości mechaniczne, termiczne oraz elektryczne w porównaniu z jego odpowiednikiem otrzymanym w warunkach laboratoryjnych. Różnice te wynikają z zastosowania nowoczesnych urządzeń przemysłowych, które umożliwiają automatyzację procesu oraz precyzyjną kontrolę parametrów wytwarzania. Dodatkowo, materiał EP_4_2_ind osiąga nieco lepsze wyniki niż dwa najlepsze rozwiązania laboratoryjne EP_AD_1 i EP_AD_2, odpowiednio o około 1,83% i 1,36%. Można więc wnioskować, że przeprowadzenie procesu wytwarzania tych kompozytów w skali przemysłowej pozwoliłoby na dalszą poprawę ich właściwości użytkowych.

Badania wykonane w projekcie wykazują, że opracowanie autorskiego rozwiązania materiałowego w postaci kompozytu wielowarstwowego o osnowie duroplastycznej, charakteryzującego się wysokimi właściwościami mechanicznymi, termicznymi i elektrycznymi oraz stabilnością w szerokim zakresie temperaturowym środowiska pracy, przełoży się na wydłużenie czasu eksploatacji i niezawodność gotowych produktów aplikowanych w warunkach kriogenicznych.