

Kompozyty polimerowe są obecnie szeroko stosowane w wielu gałęziach przemysłu, zaczynając od elementów dla lotnictwa i motoryzacji i kończąc na sprzęcie sportowym i przedmiotach użytku codziennego. Swoją popularność zawdzięczać wyjątkowym właściwościom, do których można zaliczyć właściwości izolacyjne (zarówno cieplne, jak i elektromagnetyczne), odporność na korozję, ale przede wszystkim bardzo wysoką wytrzymałość (w porównaniu do tradycyjnych stali i stopów metali) przy bardzo niskiej masie (średnio 7-krotnie mniejszej od masy stali). Ze względu na unikatowe właściwości, te materiały znajdują zastosowanie w najbardziej odpowiedzialnych aplikacjach, m.in. przy produkcji wielu elementów samolotów (np. poszycie, skrzydła, stateczniki), elementów samochodów (np. elementy nadwozia, osie), elementów łodzi i jachtów (np. kadłuby).

Jednak stosowanie kompozytów do produkcji elementów w przemyśle motoryzacyjnym lub lotniczym wiąże się z koniecznością oszacowania zachowania tych materiałów w różnych warunkach użytkowych. Ze względu na swój skomplikowany budowę wewnętrzną, a także specyficzne właściwości poszczególnych ich składników, kompozyty zachowują się w sposób zupełnie odmienny, niż tradycyjna stal i jej stopy. Jednym z takich przypadków jest rozgrzewanie się kompozytów polimerowych pod działaniem drgań lub cyklicznego obciążenia, które często jest nieuniknionym zjawiskiem przy użytkowaniu maszyn. Biorąc pod uwagę niską przewodność cieplną polimerów stosowanych przy produkcji kompozytów, ciepło, powstające na skutek drgań, jest gromadzone, a temperatura ich powierzchni w takich warunkach może wzrosnąć nawet do 150°C. Rozgrzewanie się elementu kompozytowego powoduje nieodwracalne zmiany wewnętrznej jego struktury, co prowadzi do obniżenia jego właściwości wytrzymałościowych, a w konsekwencji do zniszczenia.

Pierwszym celem podejmowanych badań jest dokładne zbadanie procesu degradacji (stopniowej utraty właściwości wytrzymałościowych i użytkowych) kompozytów polimerowych pracujących pod działaniem drgań i obciążenia cyklicznego. W celu scharakteryzowania tego procesu zaplanowano kompleksowe badania. Pierwotnie, elementy kompozytowe zostaną poddane długotrwałym obciążeniom zmieniowym w warunkach obciążenia cyklicznego, podczas których obserwowana będzie zmiana rozkładu temperatury na powierzchni z wykorzystaniem kamery rejestrującej promieniowanie podczerwone, mierzone będą siły i przyspieszenia z wykorzystaniem odpowiednich czujników w celu zbadania zmian wytrzymałości oraz rejestrowana będzie emisja akustyczna, pozwalająca na wychwycenie chwili, w której będzie powstawała pierwsza pęknięcia wewnątrz badanego elementu, z wykorzystaniem specjalistycznych mikrofonów oraz narzędzi matematycznych stosowanych do obróbki uzyskanych sygnałów. Ponadto, badane elementy na różnych stadiach degradacji zostaną poddane skanowaniu z wykorzystaniem rentgenowskiej tomografii komputerowej, która jest techniką pomiarów opartą na prześwietlaniu badanego elementu promieniowaniem rentgenowskim pod różnymi kątami, a następnie zbudowaniu trójwymiarowej mapy struktury wewnętrznej badanego elementu. Takie badania pozwolą na oszacowanie wewnętrznych uszkodzeń w elemencie w różnych etapach degradacji z bardzo dużą dokładnością. Aby zbadać zmiany chemiczne podczas tego procesu zastosowana zostanie metoda spektroskopii Ramana, pozwalająca na uzyskanie składu chemicznego badanego materiału poprzez pomiar rozproszenia odpowiednich fal przepuszczanych przez badany materiał. W wyniku badań spektroskopowych możliwe będzie uzyskanie informacji o procesach chemicznych zachodzących podczas degradacji.

Uzyskane wyniki umożliwią dokładne określenie zjawisk zachodzących podczas degradacji oraz określenie bezpiecznego zakresu temperatury, przy którym rozgrzewanie się elementu kompozytowego nie będzie powodować wzrostu degradacji. Wyniki te będą istotne zarówno przy projektowaniu nowych, bezpieczniejszych konstrukcji z kompozytów polimerowych, jak i przy użytkowaniu istniejących konstrukcji. Określone mechanizmy degradacji i zakresy temperatury pozwolą na wydłużenie żywotności użytkowanych konstrukcji oraz zapobieganie awariom spowodowanym samorozgrzaniem.

Wystąpienie zjawiska samorozgrzania nie zawsze powoduje degradację i może być wykorzystane przy badaniach nieniszczących elementów kompozytowych. Opracowanie nowej metody badań nieniszczących elementów wykonanych z kompozytów polimerowych wykorzystującej zjawisko samorozgrzania stanowi drugi cel podjętych badań. Aby osiągnąć ten cel, uwzględnione zostaną zakresy temperatury samorozgrzania wyznaczone w pierwszym etapie badań, przy której nie zachodzi degradacja. Wywołując samorozgrzanie w badanych elementach kompozytowych w tym zakresie temperatur wyeliminowany zostanie negatywny wpływ zjawiska samorozgrzania. Metoda będzie polegała na pobudzeniu badanego elementu do drgań przy różnych częstotliwościach, co pozwoli na podgrzanie elementu o kilka stopni. Następnie, przy pomocy kamery rejestrującej promieniowanie podczerwone, obserwowana będzie powierzchnia badanego elementu. Jeżeli element będzie zawierał uszkodzenia (np. wady produkcyjne, pęknięcia, wady powierzchniowe), ciepło z jego powierzchni będzie odprowadzane do otoczenia w inny sposób, niż w przypadku nieuszkodzonych obszarów elementów. Różnice te będą obserwowalne na mapach temperatury, tj. w obszarach, gdzie będzie występować uszkodzenia temperatura będzie wyższa, niż w obszarach nieuszkodzonych. Dodatkowo, do uzyskanych map rozkładu temperatury zostaną zastosowane specjalistyczne narzędzia matematyczne, które pozwolą na uwidocznienie uszkodzonych obszarów, co ułatwi stwierdzenie wystąpienia uszkodzenia. Ostatecznie, opracowany zostanie program testowy, zawierający opracowane narzędzia matematyczne oraz rzeczywiste przykłady, które można będzie wykorzystać do nauki i zastosowania opracowanej metody oraz do kontynuacji badań naukowych.

Metoda badań nieniszczących z wykorzystaniem zjawiska samorozgrzania może znaleźć zastosowanie w inspekcji pojazdów lądowych i powietrznych oraz innych konstrukcji wykonanych z kompozytów polimerowych, gdzie zastosowanie obecnie stosowanego podejścia pobudzenia impulsem cieplnym badanego elementu nie jest możliwe. Oczekuje się, że metoda znajdzie zastosowanie w badaniach dużych powierzchni, co obecnie sprawia trudności przy wykorzystaniu znanych metod badań nieniszczących.

Zaproponowany cykl badań skierowany jest na dokładne poznanie mechanizmów zniszczenia elementów kompozytowych naruszonych na działanie zjawiska samorozgrzania oraz, przede wszystkim, na zwiększenie bezpieczeństwa projektowanych i obecnie używanych elementów kompozytowych.