

Kompozyty metalowo-ceramiczne ze stopniowo zmieniającymi się udziałami objętościowymi obu faz (ang. *functionally graded materials, FGM*) są niezwykle pożądanymi materiałami konstrukcyjnymi, gdyż jednocześnie spełniają kilka funkcji wynikających z warunków eksploatacji konstrukcji (np. zewnętrzna strona elementu wykonanego z FGM jest odporna na zużycie ścierne dzięki dużemu udziałowi ceramiki, podczas gdy pozostała jego część zapewnia wytrzymałość mechaniczną dzięki przeważającej zawartości metalu). Sterując mikrostrukturą kompozytu i strukturą samego gradientu można wpływać na makroskopowe właściwości materiałów FGM. Kompozyty na osnowie ze stopów aluminium (ang. *aluminum-matrix composites, AMCs*) są jednymi z najczęściej badanych materiałów metalowo-ceramicznych z uwagi na ich niski ciężar właściwy, dobre przewodnictwo cieplne i wysoką wytrzymałość właściwą, trwałość i względnie niski koszt komponentów.

Celem naukowym projektu ALU-FGM jest zbadanie wpływu mikrostruktury kompozytów gradientowych o osnowie aluminiowej zbrojonych cząstkami (i) tlenku aluminium oraz (ii) węgla krzemu na resztkowe naprężenia cieplne powstające w fazach ceramiki i metalu podczas procesu wytwarzania tych kompozytów i ich wybrane właściwości cieplne i mechaniczne. Do osiągnięcia celu projektu zastosowane będą metody eksperymentalne i modelowanie numeryczne z wykorzystaniem obrazów tomograficznych struktury badanych materiałów. Do badań wybrano dwa kompozyty gradientowe na osnowie ze stopu AlSi12 zbrojone cząstkami ceramiki Al_2O_3 i SiC, składające się z czterech warstw o różnych proporcjach zawartości AlSi12 i ceramicznego zbrojenia (tzw. gradient skokowy).

Metodologia przyjęta w projekcie obejmuje wytworzenie kompozytów gradientowych metodą metalurgii proszków, charakterystykę ich mikrostruktury, zbadanie właściwości mechanicznych takich jak wytrzymałość na zginanie, ściskanie oraz odporność na pękanie, pomiar przewodności i rozszerzalności cieplnej oraz pomiary naprężeń resztkowych w metalowej osnowie i w fazie ceramicznej. Ważną częścią projektu jest modelowanie naprężeń resztkowych oraz wybranych właściwości cieplnych i parametrów pękania. Wpływ mikrostruktury analizowany będzie poprzez (i) zastosowanie dwóch rodzajów ceramiki jako fazy wzmacniającej, (ii) zmieniające się udziały objętościowe stopu aluminium i ceramiki oraz (iii) zastosowanie różnych wielkości cząstek ceramiki w warstwach FGM. Naprężenia resztkowe wyznaczone będą metodami dyfrakcji (neutronów i promieni X) oraz metodami optycznymi. Zadania modelowania dotyczą numerycznego wyznaczania rozkładu i wielkości naprężeń resztkowych, przewodności cieplnej i odporności na pękanie warstw kompozytów SiC/AlSi12 oraz Al_2O_3 /AlSi12. Wyniki symulacji MES uwzględniających zrekonstruowaną mikrostrukturę warstw kompozytowych za pomocą mikrotomografii porównane będą z wynikami pomiarów tych wielkości.

Badania zależności „wytwarzanie-mikrostruktura-właściwości” należą do najczęściej wybieranych tematów badań podstawowych z zakresu inżynierii materiałowej i mechaniki. W przypadku kompozytów z gradientem składu chemicznego badania tego typu zależności są złożone z uwagi na przestrzennie zmieniającą się strukturę materiałów FGM. Dlatego też, mimo że kompozyty na osnowie aluminiowej były intensywnie studiowane w literaturze, w przypadku tych samych kompozytów z gradientem składu chemicznego wiele pytań badawczych, w tym zagadnienia zawarte w tytule niniejszego projektu, nie doczekało się jeszcze systematycznej analizy. Projekt ALU-FGM dotyczy badań podstawowych, ale wybór tego konkretnego układu materiałowego do badań wynika z potencjalnego zastosowania kompozytów gradientowych Al_2O_3 /AlSi12 oraz SiC/AlSi12 w przemyśle samochodowym i elektronice.