

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU (W JĘZYKU POLSKIM)

Celem naukowym badań jest *kompleksowa analiza ustalenia metodami analitycznymi i numerycznymi (oraz weryfikacja doświadczalna) przejmowania ciepła przez cząstki proszku typu FeAl, w strumieniu gazowych produktów spalania detonacyjnego zachodzącego realnie w procesie technologicznym natryskiwania gazodetonacyjnego (DGS) powłok ochronnych.*

Osiągnięcie założonego celu wymaga przeprowadzenia szeregu obszernych badań w zakresie wyznaczenia stanu termodynamicznego fazy gazowej w warunkach detonacji w procesie DGS oraz właściwości termofizycznych materiału wsadu proszkowego i wytworzonych z niego wielofazowych powłok intermetalicznych typu Fe-Al z udziałem ceramiki tlenkowej Al_2O_3 .

Analiza współzależności identyfikowanych zjawisk cząstkowych wymiany ciepła pomiędzy cząstkami FeAl a otoczeniem gazowego strumienia detonacyjnego oraz efektów cieplnych przemian fazowych fazy FeAl w kontrolowanych warunkach procesu DGS, pozwoli na wiarygodne rozstrzygnięcie kwestii stanu skupienia cząstek FeAl w chwili ich zderzenia z materiałem podłoża, co jest niezmiernie istotne w aspekcie formowania intermetalicznej struktury wielofunkcyjnych powłok ochronnych typu FeAl o dużych walorach użytkowych, w perspektywie ich wykorzystania w sektorze energetyki cieplnej.

W efekcie przeprowadzonej analizy eksperymentalnej planuje się *modelowanie analityczne i numeryczne wymiany zjawisk cieplno-przepływowych, do określenia stanu cieplnego cząstek FeAl, jak i opracowanie modelu krystalizacji metastabilnej dla znacznego odchylenia od równowagi termodynamicznej, celem poznania mechanizmu tworzenia się asymetrycznych mikro-złączy w obszarze pojedynczych cząstek Fe-Al.* Model mikrosegregacji będzie uniwersalny i obejmie swoimi równaniami przypadek krystalizacji skrajnie nierównowagowej, prowadzącej do powstawania faz amorficznych. Dodatkowo opracowany zostanie model mikrosegregacji dla krystalizacji szybkiej, który uwzględniac będzie możliwość przesunięcia linii likwidus i solidus na skutek dużej prędkości krystalizacji.

Sformułowanie modelowego opisu teoretycznego zjawiska, uwzględniającego wymianę pędu oraz konwekcyjną wymianę ciepła pomiędzy cząstką FeAl i opływającym ją gazem, w połączeniu z badaniami numerycznymi i weryfikacją eksperymentalną założeń modelowych, pozwoli na precyzyjny opis tak ważnych zjawisk podstawowych, jak między innymi analizowane po raz pierwszy przewodzenie ciepła w objętości cząstki FeAl, przy jednoczesnym uwzględnieniu efektów radiacyjnych wymiany ciepła pomiędzy cząstką FeAl i ściankami lufy działa detonacyjnego.

Wyróżnione w ramach badań podstawowych zjawiska elementarne oparte na porównaniu wyznaczonych modelowo wartości czasów charakterystycznych: przyspieszania cząstek (τ_v), ich konwekcyjnego nagrzewania (τ_T) i dyfuzji ciepła (τ_a), pozwolą rozpoznać i potwierdzić występowanie konkretnych mechanizmów wymiany energii w przeprowadzonym eksperymentalnie procesie gazodetonacyjnego natryskiwania intermetalicznego wsadu proszkowego typu FeAl. Weryfikacja doświadczalna założeń modelowych oparta będzie o wyniki badań strukturalnych materiału powłokowego (składu chemicznego, budowy fazowej, mikrotekstury morfologicznej i krystalograficznej, a także dziedziczenia nadstruktury FeAl z cząstek proszku).

Pomimo, iż badania szczegółowe dotyczyć będą cząstek proszku intermetalicznego FeAl, to *opracowana metodyka modelowania, zarówno analitycznego jak i numerycznego, będzie miała charakter uniwersalny.* Umożliwi ona *kompleksową analizę zjawisk wymiany ciepła i masy oraz oddziaływania dynamicznego gazowego strumienia detonacyjnego na cząstki dowolnego typu materiału wsadu proszkowego, stanowiącego skondensowaną zawiesinę w dwufazowym metalizacyjnym strumieniu naddźwiękowym.* Ponadto, *określone w badaniach podstawowych elementarne właściwości termofizyczne dla heterogenicznej, wielofazowej struktury powłok intermetalicznych, stanowiąc będą fundamentalną wiedzę dla projektowania struktur kompozytowych na podstawie faz intermetalicznych typu Fe-Al w formie powłok ochronnych natrykiwanych cieplnie metodami naddźwiękowymi DGS i HVOF, ale również metodami plazmowymi (APS i VPS) oraz łukową (ARC).*

Merytoryczna koncepcja przedstawionych założeń wymaga interdyscyplinarnych badań eksperymentalnych i numeryczno-symulacyjnych z zakresu termodynamiki, mechaniki płynów, chemii i fizyki ciała stałego, z zastosowaniem bardzo zaawansowanych metodyk badawczych (przedstawionych w streszczeniu projektu – pkt. 2), w ramach których zostanie przeanalizowane zachowanie się dwufazowego strumienia metalizacyjnego w kontrolowanych warunkach procesu technologicznego DGS i jego wpływ na kształtowanie się struktury i przemian fazowych intermetalicznych powłok ochronnych typu Fe-Al.

Wymiernym efektem tych badań i analiz będzie wiedza naukowa i usystematyzowana baza danych o charakterze spójnych modelowych rozwiązań analitycznych i numeryczno-symulacyjnych, dających możliwość podjęcia prób optymalizacji parametrów technologicznych w procesie DGS i właściwości strukturalnych wytwarzanych tą metodą intermetalicznych powłok ochronnych typu Fe-Al.

Końcowym efektem projektu w ujęciu użytkowym, będzie propozycja zoptymalizowania wielofazowej struktury wytworzonej modelowo powłoki Fe-Al, z odwzorowaniem formowania się faz tlenkowych Al_2O_3 , nadających charakter cermetu, odpornego na oddziaływanie wysokiej temperatury w agresywnym środowisku, jakie panuje podczas spalania w kotle fluidalnym, np. w Elektrociepłowni Żerań.