

Celem niniejszego projektu jest opracowanie nowatorskiego modelu komputerowego technologii spiekania wspomaganego polem elektrycznym, po angielsku zwanej FAST (ang. field assisted (or activated) sintering technology). Spiekanie jest technologią wytwarzania materiałów polegającą na konsolidacji materiału proszkowego w podwyższonej temperaturze (niższej od temperatury topnienia). W technologii FAST temperatura spiekania jest uzyskiwana za pomocą prądu elektrycznego. Przewodzący proszek jest umieszczony w grafitowej matrycy i poddany ciśnieniu wywieranemu przez dwa grafitowe stemple. Prąd elektryczny płynący przez narzędzia i proszek nagrzewa je dzięki efektowi Joule'a.

Ważną zaletą technologii FAST w stosunku do konwencjonalnych technik spiekania jest znacznie wyższa efektywność dzięki szybkiemu nagrzewaniu ciepłem Joule'a oraz szybsze zagęszczanie i konsolidacja proszku ponieważ efekt Joule'a w strefie kontaktu podwyższa lokalnie temperaturę i zwiększa intensywność dyfuzji, która jest głównym mechanizmem zagęszczania w spiekaniu.

Technologia FAST jest uważana za kluczową technologię wytwarzania nowej generacji materiałów. Z krótkim czasem procesu jest związana główna zaleta tej technologii – możliwość spiekania materiałów bez niepożądanego rozrostu ziaren. Przy dużych zaletach technologii FAST, jej złożony charakter powoduje również trudności. Modelowanie komputerowe stanowi cenne narzędzie do lepszego zrozumienia i projektowania procesów wytwarzania technologią FAST.

Modelowanie procesu FAST stanowi jedno z większych wyzwań w modelowaniu materiałów. Rezultat procesu FAST jest wynikiem złożonego oddziaływania zjawisk elektrycznych, cieplnych oraz mechanicznych, dlatego proces FAST powinien być modelowany jako sprzężone zagadnienie termo-elektryczno-mechaniczne. W literaturze naukowej, można znaleźć niewiele prac zawierających w pełni sprzężone modele termo-elektryczno-mechaniczne technologii FAST, a bardzo mało z tych prac przedstawia modele pozwalające bezpośrednio symulować ewolucję mikrostruktury w czasie procesu FAST. Badania proponowane w niniejszym projekcie mają na celu wypełnienie tej luki.

Celem projektu jest opracowanie numerycznego modelu uwzględniającego różne pola fizyczne (ang. multiphysics) występujące w procesie FAST oraz zjawiska zachodzące na różnych poziomach obserwacji, w skali mikro- i makroskopowej. Model mikroskopowy będzie rozwinięty w ramach tak zwanej metody elementów dyskretnych (ang. DEM – discrete element method). Jest to stosunkowo nowa metoda modelowania, w której materiał jest reprezentowany przez liczny zbiór cząstek (elementów dyskretnych) oddziałujących między sobą poprzez siły kontaktu. Jest to metoda odpowiednia do modelowania materiałów proszkowych. Niniejszy projekt jest rozszerzeniem wcześniejszych prac nad modelowaniem spiekania proszków metodą elementów dyskretnych oraz wieloskalowego prowadzonych przez zespół kierowany przez kierownika projektu.

Badania w niniejszym projekcie będą również obejmować opracowanie modelu metody elementów skończonych procesu FAST w skali makroskopowej. Modele mikroskopowy i makroskopowy będą ze sobą powiązane. Symulacje makroskopowe zostaną wykorzystane do ustalenia warunków brzegowych w zagadnieniu w skali mikroskopowej. Wyniki symulacji w skali mikroskopowej posłużą do wyznaczenia efektywnych właściwości makroskopowych, które będą wykorzystane w symulacjach w skali makroskopowej. obydwa modele, w skali mikro- i makroskopowej, będą uwzględniały sprzężone wzajemnie trzy pola fizyczne: pole temperatury, elektryczne i mechaniczne.

Badania teoretyczne i numeryczne będą powiązane z badaniami doświadczalnymi technologii FAST zastosowanej do proszków miedzi i związku międzymetalicznego NiAl. Pomiary doświadczalne pozwolą uzyskać parametry potrzebne w symulacjach numerycznych. Badania doświadczalne procesów FAST dostarczą informacji o wpływie parametrów procesów oraz ewolucji gęstości materiału zagęszczanego. Wyniki badań doświadczalnych będą niezbędne do opracowania i walidacji modeli numerycznych.

Proponowane badania będą miały kilka elementów oryginalnych w stosunku do aktualnego stanu wiedzy w dziedzinie numerycznego modelowania technologii FAST.