

W przypadku zastosowań konstrukcyjnych, w wielu laboratoriach na świecie poszukuje się materiałów charakteryzujących się dużym stosunkiem wytrzymałości do gęstości, a także dobrą odkształcalnością. Prowadzone badania wykazały, że stale wielofazowe posiadające cechy kompozytu charakteryzują się dużymi wartościami wymienionych parametrów. Te stale zawdzięczają swoje wysokie własności mieszaninie faz, z których się składają. Ostatnie badania wykazały, że nadal istnieją duże możliwości poprawy własności stali poprzez kontrolę ich niejednorodnej mikrostruktury. W projekcie przeważono fakt, że ograniczeniem dla poprawy własności są sprzeczne efekty występujące w mikrostrukturze wielofazowej. Z jednej strony mikrostruktura zawierająca twarde składniki w miękkiej osnowie posiada bardzo dobrą wytrzymałość i globalną odkształcalność. Z drugiej strony, duże różnice własności między fazami powodują obniżenie lokalnej odkształcalności, która jest niezbędna w niektórych procesach. Istnieje więc potrzeba prowadzenia badań związanych z projektowaniem mikrostruktury o łagodniejszych gradientach własności, co pozwoli na znaczną poprawę lokalnej odporności na pękanie. Stąd celem projektu jest opracowanie modeli, które pozwolą przewidywać rozkłady różnych parametrów mikrostruktury i obliczać gradienty własności.

Konwencjonalne modele deterministyczne nie są w stanie przewidywać rozkładów parametrów mikrostruktury. Naszym celem jest opracowanie metodologii modelowania, która wykorzysta stochastyczne zmienne wewnętrzne i uwzględni losowy charakter niektórych zjawisk metalurgicznych. Taki model umożliwi efektywne przewidywanie rozkładów parametrów mikrostruktury i własności materiałów wielofazowych, wynikających z procesu wytwarzania. Wyniki symulacji z wykorzystaniem modelu pozwolą wyznaczyć optymalne parametry wytwarzania, co pozwoli na uzyskanie wymaganej mikrostruktury i własności. W naszym wcześniejszym projekcie opracowaliśmy rozwiązanie równania ewolucji uwzględniając stochastyczny charakter gęstości dyslokacji i wielkości ziarna przy odkształcaniu na gorąco. Własności wyrobu końcowego są jednak kształtowane poprzez kontrolę przemian fazowych podczas chłodzenia po tym procesie. Dlatego w obecnym projekcie skupimy się na opracowaniu stochastycznego modelu przemian fazowych. Model będzie uwzględniał losowy charakter zarodkowania nowej fazy i opracowane zostanie rozwiązanie równania różniczkowego dla zmiennych stochastycznych.

Szczególną uwagę położymy na matematyczne podstawy obydwu aspektów rozwiązania. Przeanalizowane zostaną szczególne przypadki, dla których będzie możliwe wyznaczenie dokładnych, matematycznych warunków, które zapewnią jednoznaczność rozwiązania. Ta wiedza będzie wykorzystana jako wzorcowy test dla rozwiązania numerycznego. Oczekujemy, że zostaną wyznaczone dokładne matematyczne rozwiązania dla uproszczonych równań. Pozwoli to na eliminację błędów rozwiązań numerycznych związanych z szybką akumulacją błędów. Wiedza o rozwiązaniach analitycznych pozwoli na uniknięcie pułapek w rozwiązaniu numerycznym i na wybór najlepszego algorytmu numerycznego.

Współczynniki modelu zostaną wyznaczone metodami identyfikacji. Przeprowadzona zostanie weryfikacja modelu przez porównanie z wynikami doświadczalnymi. Kolejnym zadaniem będzie poszukiwanie korelacji między parametrami niejednorodnej mikrostruktury i własnościami mechanicznymi. Wykorzystamy statystycznie reprezentatywny element mikrostruktury, który zostanie zaprojektowany na podstawie wyników obliczeń modelem stochastycznym. Element ten zostanie odkształcony (symulacja metodą elementów skończonych) i obliczone zostaną gradienty własności.

W projekcie będą rozważane dwa praktyczne zastosowania modelu. Pierwsze to symulacja typowego procesu przemysłowego i wykorzystanie modelu do optymalizacji parametrów technologicznych. Drugie zastosowanie będzie związane z uwzględnieniem niepewności danych wejściowych, wynikających z zakłóceń pomiarów czujnikami. Model pozwoli określić niepewność uzyskanych w wyniku procesu własności mechanicznych wyrobu.

Głównym wynikiem projektu będzie narzędzie numeryczne i metodyka jego tworzenia, polegająca na stochastycznej analizie przemian fazowych. Oczekuje się, że wyniki projektu dostarczą nowej wiedzy dotyczącej kontrolowania niejednorodności mikrostruktur wielofazowych podczas przemian fazowych i będą wsparciem badań nad rozwojem nowoczesnych stali.