

Podstawowymi zaletami rozdrobnienia ziaren do poziomu mikrostruktury ultradrobnoziarnistej (ultrafine-grained, UFG) są: znaczny wzrost wytrzymałości oraz istotne zmiany własności fizycznych. Otwiera to nowe możliwości zastosowania w innowacyjnych działach przemysłu, takich jak motoryzacja, lotnictwo, energetyka, wydobywczy czy bioinżynieria. Materiały UFG wykazują bardzo dużą wytrzymałość, niemożliwą do uzyskania za pomocą innych mechanizmów umocnienia. Szereg potencjalnych obszarów zastosowania otwiera się przed tego typu materiałami również w warunkach oddziaływania ekstremalnych np. wysokich naprężeń, obciążeń cyklicznych-zmieniowych czy też dynamicznych. Proponowany projekt ma na celu dostarczenie informacji na temat zależności pomiędzy stopniem rozdrobnienia mikrostruktury i własnościami w skalach od nano- do makro- w dynamicznych (próby odkształcania >1000s⁻¹) warunkach obciążenia. Metale i stopy o silnie rozdrobnionej mikrostrukturze, cz. sto do poziomu nanokrystalicznego, odgrywają coraz większą rolę w osi goni strukturalnej i funkcjonalnej integralności. Materiały ultradrobnoziarniste mają już za sobą pierwsze testy wytwarzania w skali przemysłowej - dostępne obecnie technologie pozwalają na otrzymanie ich w stosunkowo dużych ilościach (w postaci blach, prętów i drutów). Coraz częściej w różnego typu materiałach konstrukcyjnych pojawiają się nowoczesne stale np. mikrostopowe, które swoje podstawowe własności zawdzięczają oddziaływaniu złożonych mechanizmów umocnienia, w tym wydzieleniowego i roztworowego. Ich wyjątkowo atrakcyjność wynika jednak z dużej odporności na działanie niekorzystnych warunków eksploatacyjnych m.in. dużych gradientów temperatury i obciążenia uderzeniowego. To z kolei, jest efektem m.in. silnego rozdrobnienia mikrostruktury. Niestety, w dalszym ciągu te korzystne własności ocenia się jedynie poprzez proste porównanie zachowania się tych materiałów w warunkach obciążenia quasi-statycznych i dynamicznych. Projekt przyczyni się do rozszerzenia możliwości przewidywania i kontrolowania rozwoju mikrostruktury materiałów ultradrobnoziarnistych i nanostrukturalnych w ujęciu wieloskalowym, co pozwoli na optymalizację mechanizmów umocnienia w celu poprawy odporności tych materiałów na działanie obciążenia dynamicznego. Zastosowanie nowoczesnych metod analizy oraz technik badawczych, m.in. w efekcie współpracy z Los Alamos National Laboratory, MST8 (LANL), USA oraz wykorzystanie zaawansowanych modeli teoretycznych i symulacji komputerowej umożliwi stworzenie koncepcyjnego i matematycznego środowiska dla lepszego zrozumienia złożonych zjawisk zachodzących w badanych materiałach. Wynikająca z planowanych badań wiedza na temat związków konstytutywnych kontrolujących własności mechaniczne i fizyczne umożliwi otwarcie nowych obszarów badań materiałów ultradrobnoziarnistych i nanostrukturalnych, dodatkowo umocnionych wydzieleniowo i roztworowo. Podjęty zostanie problem stworzenia wieloskalowego modelu w celu optymalizacji morfologii oraz składu mikrostruktur ultradrobnoziarnistych materiałów przeznaczonych do pracy w warunkach obciążenia dynamicznego.

Zastosowanie zaawansowanych metod i instrumentów badawczych oraz nowoczesnych rozwiązań teoretycznych, będących w dyspozycji wykonawców projektu, pozwoli na dogłębne zrozumienie złożoności występujących w badanych materiałach zjawisk i mechanizmów w celu osiągnięcia nowych i unikatowych właściwości. Zbudowany zostanie opis konstytutywny obejmujący w sposób wieloskalowy zachowanie się mikrostruktury, m.in. oddziaływanie z dyspersyjnymi cząstkami faz obcych, w warunkach działania bardzo dużych próbek odkształcania (powyżej 1000 s⁻¹).

Przewidywane, wymierne efekty z realizacji projektu podzielą się na ogólnie na bezpośrednie i długofalowe. Do pierwszych zaliczyć należy wykorzystanie wyników badań podstawowych do badań stosowanych np. dla uruchomienia nowych technologii wytwarzania lub badania nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych o wysokiej wytrzymałości uderzeniowej. Podstawowym efektem długofalowym, w zakresie badań podstawowych, będzie zdobycie nowej wiedzy, bardzo istotnej z punktu widzenia intensywnie rozwijającej się inżynierii materiałów ultradrobnoziarnistych i nanostrukturalnych. Wśród efektów czysto naukowych wymieniać należy lepsze zrozumienie mechanizmów zachodzących wewnątrz i na styku pomiędzy składnikami struktury: nano (ziarna i cząstki faz obcych, krystalność) i mikro (ziarna, kolonie perlitu), a także wpływ tych zjawisk i mechanizmów na kształtowanie wytrzymałości uderzeniowej oraz plastyczności w warunkach obciążenia dynamicznego. Efekty te zostaną osiągnięte poprzez połączenie nowoczesnych technik badawczych, analizy teoretycznej i wieloskalowego komputerowego modelowania mikrostruktury. Potencjalne obszary zastosowania wyników proponowanego projektu są łatwe do zdefiniowania (energetyka, motoryzacja, przemysł zbrojeniowy, przemysł wydobywczy, itp.). Wynika to przede wszystkim z podobnych zagrożeń dla występujących w tych branżach materiałów konstrukcyjnych tj. niedostatecznej wytrzymałości na obciążenia uderzeniowe, zwłaszcza w zmieniających się warunkach temperatury i ciśnienia (w energetyce, górnictwie i przemysle motoryzacyjnym). Jednym z podstawowych, wymiernych efektów projektu będzie możliwość zdefiniowania źródła ograniczonej wytrzymałości materiałów ultradrobnoziarnistych i nanostrukturalnych. To z kolei, spowoduje zwiększenia konkurencyjności tych materiałów i produkowanych z nich wyrobów. Ponadto, proponowane rozwiązania przyczyni się do rozszerzenia wiedzy naukowej oraz możliwości badawczych zarówno materiałów ultradrobnoziarnistych, przede wszystkim metali i ich stopów, jak i procesów ich wytwarzania, którym towarzyszą dynamiczne warunki odkształcania. Uzyskane wyniki będą opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym. W ramach projektu przewiduje się zrealizowanie pracy doktorskiej i co najmniej dwóch prac dyplomowych.

Nowatorski charakter projektu wynika z realizacji dwóch podstawowych celów: (1) poprawa zrozumienia mechanizmów umocnienia występujących w ultradrobnoziarnistych i nanostrukturalnych materiałach umocnionych cząstkami faz obcych, poddanych dynamicznym warunkom obciążenia, (2) wykorzystując zdobyty, nową wiedzę zaproponowanie opisu konstytutywnego związków pomiędzy parametrami procesu obciążenia tj. temperatur, próbką i wielkością odkształcania a własnościami mechanicznymi tych materiałów.