

Współczesny przemysł coraz częściej potrzebuje materiałów, które nie tylko są bardzo wytrzymałe, ale jednocześnie odporne na odkształcenie plastyczne w pokojowych i wyższych temperaturach. Niestety, w tradycyjnych materiałach metalicznych poprawa jednej właściwości często odbywa się kosztem drugiej, zwiększając wytrzymałość, tracimy na plastyczności. Celem tego projektu jest znalezienie sposobu na przełamanie tego ograniczenia.

Dlatego powyższy projekt ma na celu opracowanie nowego sposobu wzmocnienia nowoczesnych stopów metali (tzw. stopów o wysokiej entropii lub złożonym składzie chemicznym), który polega na połączeniu intensywnej obróbki mechanicznej z precyzyjną obróbką cieplną. Kluczową rolę odgrywa tu tzw. hydrostatyczne wyciskanie, czyli ściskanie materiału pod wysokim ciśnieniem, oraz krótki proces wygrzewania w podwyższonej temperaturze.

Wstępne wyniki są imponujące. Dzięki zastosowaniu tej metody uzyskano aż sześciokrotny wzrost wytrzymałości stopu (osiągając wartość 3020 MPa), co czyni go jednym z najmocniejszych znanych materiałów metalicznych. Co ważne, materiał ten nadal zachowuje plastyczność, co jest rzadkością przy tak wysokiej wytrzymałości.

Przyczyna tak bardzo dobrych własności tkwi w mikrostrukturze. Pod wpływem obróbki plastycznej w metalu tworzą się tzw. bliźniaki, czyli uporządkowane struktury krystalicznej. W miejscach, gdzie się one przecinają, powstają idealne warunki do formowania się nanometrycznych cząstek, wydzielen, o innej strukturze krystalicznej (typu bcc). Te cząstki, tworząc trójwymiarową siatkę przypominającą kształtem tetraedry, znacząco wzmacniają granice faz w materiale, czyniąc go znacznie bardziej odpornym na odkształcenia plastyczne.

Szczególne właściwości tego stopu wynikają z dwóch kluczowych czynników:

- bardzo niskiej energii błędów ułożenia, co sprzyja rozporządkowaniu stopu oraz tworzeniu się bliźniaków i innych mechanizmów odkształcenia,
- złożonego składu chemicznego, który umożliwia powstawanie zarówno stabilnych, jak i nietrwałych (ale wzmacniających) wydzielen.

Jednak aby poznać maksymalne możliwości tego materiału oraz mechanizm tego procesu, projekt ma za zadanie odpowiedzieć na kilka kluczowych pytań:

1. Jak obróbka mechaniczna wpływa na kinetykę i sposób tworzenia się wydzielen?
2. Jakie znaczenie mają początkowy rozmiar ziaren oraz ich ułożenie krystaliczne?
3. W jaki sposób skład chemiczny materiału wpływa na jego przemiany strukturalne, np. powstawanie bliźniaków czy zmian fazowych?
4. Jakie dokładnie są właściwości tych nanometrycznych cząstek: ich rozmiar, skład, struktura krystaliczna i odporność na wysokie temperatury?

Odpowiedzi na te pytania pozwolą opracować nowe strategie projektowania stopów nie tylko ekstremalnie wytrzymałych, ale również odpornych plastycznie i możliwych do zastosowania w najbardziej wymagających warunkach, np. w lotnictwie, energetyce czy przemyśle kosmicznym.