

Tytan i jego stopy są bardzo atrakcyjną grupą materiałów, która znajduje zastosowania w wielu gałęziach przemysłu, w szczególności w sektorze ochrony zdrowia. Materiały na bazie tytanu, które są aktualnie stosowane do produkcji implantów, charakteryzują się pewnymi ograniczeniami m.in. niekompatybilnością mechaniczną (dużo wyższym modułem sprężystości w porównaniu do kości ludzkiej), powodowaniem reakcji alergicznych (z uwagi na zawartość niektórych pierwiastków stopowych np. niklu), czy problemami przy procesach obróbki plastycznej.

Niniejszy projekt dotyczy kompleksowego i wieloskalowego zbadania roli dodatku azotu w biomedycznych, bezniklowych stopach z pamięcią kształtu na bazie Ti-Nb i Ti-Zr. W zależności od zawartości azotu stopy te charakteryzują się efektem pamięci kształtu, czyli po odkształceniu przy odpowiedniej temperaturze oraz następnym nagrzeniu do nowej, wyższej temperatury odzyskują pierwotny kształt lub supersprężystością, czyli odwracalnym odkształceniem rzędu kilku procent, które jest dużo większe niż w przypadku konwencjonalnych metali. Ponadto stopy te posiadają wysoką biozgodnością z uwagi na brak niklu, który może powodować reakcje alergiczne jak w przypadku powszechnie stosowanych stopów z pamięcią kształtu na bazie Ti-Ni. Literatura przedmiotu opisuje, że dodatek azotu ogranicza indukowaną naprężeniem przemianę fazową w stopach Ti-Nb-N, jednak ten mechanizm deformacji jest niekonwencjonalny i nadal pozostaje niejasny. Oznacza to, że w zależności od potrzeb stopy Ti-Nb-N mogą przejawiać charakterystyki pamięci kształtu, supersprężystości z pętlą histerezy, czy nieliniowej supersprężystości połączonej z wysoką wytrzymałością. Ponadto stopy te posiadają bardzo dobre parametry tłoczne przy obróbce plastycznej na zimno. Sprawia to, że stopy Ti-Nb-N mają duży potencjał aplikacyjny jako biomateriały nowej generacji przy wytwarzaniu np. stentów, łuków ortodontycznych oraz implantów chirurgicznych lub dentystycznych. Jednocześnie jak donoszą najnowsze publikacje naukowe dodatek azotu pozwala na podobne modyfikacje charakterystyk mechanicznych w innych systemach stopów, w tym na bazie Ti-Zr. Nowe stopy Ti-18Zr-3Nb-2Mo-3Sn-N, posiadają moduł sprężystości około 40 GPa, który jest bardzo bliski modułowi sprężystości kości ludzkiej. Perspektywiczne zastosowanie tych stopów może znacząco poprawić zgodność połączenia kość-implant. Uszkodzenie tego połączenia jest z jednym z efektów niepożądanych przy eksploatacji aktualnie stosowanych materiałów na implanty, które posiadają wysoki moduł sprężystości (powyżej 100 GPa). W ramach projektu zostanie zbadany w różnych skalach wpływ zawartości azotu na aktywność przemiany martenzytycznej, efekt pamięci kształtu i supersprężystość stopów Ti-Nb-N oraz Ti-Zr-Nb-Mo-Sn-N przy użyciu podejścia teoretycznego i technik eksperymentalnych. Wytworzenie stopów zostanie zrealizowane w Japonii, na Uniwersytecie w Tsukubie w ramach współpracy z jednym z wiodących laboratoriów badawczych stopów tytanu na świecie. Zastosowane zostaną obliczenia ab initio, wybrane narzędzia do charakteryzacji mikrostruktury i składu fazowego oraz próby rozciągania monitorowane metodami pomiarów połowych, aby odpowiedzieć na następujące pytania.

1. Jaki jest wpływ azotu na właściwości sprężyste i pamięci kształtu w stopach na bazie Ti-Nb i Ti-Zr?

2. W jaki sposób zawartość azotu zmienia cechy mikrostrukturalne, lokalne i globalne charakterystyki odkształcenia, i odpowiedzi termiczne tych stopów w procesie rozciągania?

Oczekuje się, że projekt przyniesie efekt synergiczny prowadzący do innowacyjnych wyników, które mogą mieć znaczenie zarówno w przemyśle, jak i nauce. Lepsze zrozumienie tego zagadnienia pozwoli na bardziej świadome projektowanie zaawansowanych stopów i w konsekwencji produktów w sektorze biomedycznym.