

Stopy magnezu są obecnie intensywnie badane, ponieważ stanowią obiecującą grupę biomateriałów na implanty, głównie z uwagi na ich gęstość, zbliżoną do gęstości naturalnych kości, która jest niższa niż gęstość materiałów stosowanych obecnie, takich jak stale nierdzewne, czy stopy tytanu. Ponadto odpowiedni dobór składu chemicznego, mikrostruktury i właściwości mechanicznych stopów magnezu pozwala na zaprojektowanie implantów biodegradowalnych, które w sposób kontrolowany rozkładają się w organizmie, eliminując konieczność przeprowadzania dodatkowej operacji w celu ich usunięcia po procesie leczenia. Jednak z drugiej strony stopy magnezu charakteryzują się stosunkowo niską odpornością na korozję, szczególnie w roztworach wodnych, jak ludzkie płyny fizjologiczne. Ekspozycja na takie środowisko korozyjne prowadzi do szybkiego pogorszenia ich właściwości i powstawania wodoru, który dodatkowo ma niezwykle szkodliwy wpływ na właściwości mechaniczne stopów magnezu i może doprowadzić do przedwczesnego uszkodzenia implantu, pod wpływem obciążeń znacznie mniejszych, niż zakładana wytrzymałość materiału. Jednocześnie większość badań koncentruje się na poprawie ogólnej odporności na korozję stopów magnezu, podczas gdy wiedza na temat ich korozji w środowisku płynów fizjologicznych, zawierającym również wodór, jest bardzo ograniczona i niekompletna, co uzasadnia konieczność podjęcia tego złożonego problemu w niniejszym projekcie.

Głównym celem projektu jest identyfikacja zjawisk i mechanizmów, zachodzących podczas procesów korozji wybranych stopów magnezu na biodegradowalne implanty w środowisku sztucznych płynów fizjologicznych, w obecności wodoru i w czasie oddziaływania statycznych i dynamicznych obciążeń mechanicznych oraz bakterii, a także ocena wpływu składu chemicznego i mikrostruktury na te procesy i mechanizmy. Warunki te odzwierciedlają realne warunki pracy biomateriałów, stosowanych na implanty i stwarzają możliwość kompleksowego zbadania i dogłębnego zrozumienia tych istotnych zjawisk, ich znaczenia w projektowaniu przyszłych implantów oraz możliwości zapobiegania ich niebezpiecznym i niespodziewanym uszkodzeniom poprzez odpowiedni dobór mikrostruktury i właściwości materiału. Jako materiał badawczy wybrane zostały trzy stopy, reprezentujące trzy różne grupy stopów magnezu: stop WE43, zawierający pierwiastki ziem rzadkich, stop ZX50, niezawierający dodatku pierwiastków ziem rzadkich oraz nowoczesny amorficzny stop Mg Am35. Pierwiastki ziem rzadkich, obecne w niektórych z powszechnie stosowanych komercyjnych stopów magnezu, rozważanych jako potencjalne biomateriały, mają szkodliwy wpływ na organizm ludzki. Dlatego istotne jest badanie nowych stopów, niezawierających ich dodatku, jak stop ZX50. Nowoczesne stopy amorficzne posiadają bardzo wysoką wytrzymałość i odporność na korozję, dlatego uznawane są za jedno z najbardziej obiecujących materiałów do zastosowań biomedycznych. Wymagają jednak dalszych badań, również pod kątem odporności na korozję w środowiskach, zawierających wodór.

Materiał badawczy zostanie zróżnicowany zarówno pod względem składu chemicznego, jak i mikrostruktury – badane stopy zostaną poddane obróbce cieplnej, konwencjonalnej przeróbce plastycznej oraz przeróbce nowoczesną metodą dużych odkształceń plastycznych KoBo, aby sprawdzić możliwość poprawy ich właściwości, szczególnie plastyczności, która ma kluczowe znaczenie w przypadku pęknięcia materiału w środowisku korozyjnym. Procesy degradacji właściwości mechanicznych w środowisku sztucznych płynów fizjologicznych zawierających wodór zostaną ocenione zarówno pod wpływem działania obciążeń statycznych, jak i dynamicznych (cyklicznie zmiennych) oraz w obecności wybranych bakterii. Ta kompleksowa metoda badawcza pozwoli dokładniej zasymulować rzeczywiste warunki pracy tych materiałów i umożliwi lepsze zrozumienie i scharakteryzowanie procesów niszczenia w obecności wodoru. Badania zawartości wodoru i analiza mikrostruktury pozwolą określić rolę wodoru w pogarszaniu właściwości mechanicznych i przedwczesnym niszczeniu badanych materiałów. Planuje się również zbadanie zmian stężenia jonów w środowisku korozyjnym, odzwierciedlających przenikanie poszczególnych pierwiastków do organizmu człowieka podczas stopniowego rozkładu implantów wytworzonych z materiałów na bazie magnezu.

Planowane badania, które mają stanowić jedno z pierwszych tego typu badań na świecie, powinny umożliwić poznanie zjawisk i mechanizmów, zachodzących podczas korozji biomateriałów na bazie magnezu oraz procesów ich niszczenia, spowodowanych obecnością wodoru, w środowisku sztucznych płynów fizjologicznych, w szczególności w przypadku nowoczesnego stopu ZX50 oraz amorficznego szkła metalicznego Mg Am35. Określona zostanie rola składu chemicznego i mikrostruktury w procesach pęknięcia wywołanego wodorem i zaproponowane zostaną możliwe sposoby zapobiegania tym zjawiskom. W ujęciu praktycznym, zaplanowane w niniejszym projekcie badania pozwolą ocenić potencjał modyfikacji mikrostruktury wywołanych obróbką cieplną, przeróbką plastyczną oraz metodą dużych odkształceń plastycznych KoBo, jako możliwych sposobów ochrony przed negatywnym wpływem wodoru poprzez poprawę plastyczności stopów oraz ich pozostałych właściwości mechanicznych.