



Kraków, 17 grudnia 2020 r.

Najnowsze badania magnezu torują drogę nowym materiałom biomedycznym

Materiały stosowane w biomedycynie muszą cechować się kontrolowaną biodegradowalnością, odpowiednią wytrzymałością i całkowitym brakiem toksyczności dla ludzkiego organizmu. Poszukiwanie takich materiałów nie jest więc prostym zadaniem. W tym kontekście naukowcy od dłuższego czasu interesują się magnezem. Wykorzystując między innymi spektroskopię anihilacji pozytonów, badaczom udało się wykazać, że magnez poddany powierzchniowej obróbce mechaniczno-ściernej uzyskuje niezbędne dla materiału biokompatybilne właściwości.

W ostatnim czasie coraz większe zainteresowanie zyskują materiały korodujące w sposób kontrolowany. W szczególności dotyczy to biomedycyny, gdzie stosuje się implanty wykonane z polimerów naturalnych lub syntetycznych. Ich zaletą jest łatwość dostosowania szybkości rozkładu w warunkach fizjologicznych. Z drugiej strony, właściwości mechaniczne tych materiałów ulegają pogorszeniu w środowisku organizmu ludzkiego, przez co nie nadają się do zastosowań narażonych na duże obciążenia. Z tego powodu dobrym rozwiązaniem wydają się być implanty metaliczne stworzone na bazie całkowicie nieszkodliwego dla ludzkiego organizmu magnezu.

Magnez jest najlżejszym metalem, który można używać w zastosowaniach konstrukcyjnych. Ze względu na swoje właściwości mechaniczne, termiczne i elektryczne oraz biodegradowalność, a także kontrolowane tempo korozji, wzbudza duże zainteresowanie badaczy zajmujących się biokompatybilnymi implantami. Pomimo tych zalet, zastosowanie magnezu jako biomateriału używanego przy produkcji implantów okazało się niełatwe ze względu na stosunkowo wysoką szybkość korozji w środowisku ludzkiego ciała. Problem ten da się jednak pokonać, stosując odpowiednie powłoki.

W trakcie wieloletnich badań zauważono, że rozdrobnienie mikrostruktury materiałów nie tylko poprawia ich właściwości mechaniczne, ale może także wyraźnie zwiększyć odporność korozyjną. Dlatego międzynarodowy zespół naukowy, kierowany przez dr hab. Ewę Dryzek z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, postawił sobie za cel ilościowe zbadanie wpływu powierzchniowej obróbki mechaniczno-ściernej SMAT (Surface Mechanical Attrition Treatment) komercyjnego magnezu na jego odporność korozyjną. W tej metodzie duża liczba twardych kulek o średnicy kilku milimetrów uderza w powierzchnię obrabianego materiału, powodując odkształcenie plastyczne warstwy przypowierzchniowej lub warstwy leżącej tuż pod nią. Odkształceniu plastycznemu towarzyszy wytworzenie dużej liczby defektów sieci krystalicznej.

Do scharakteryzowania mikrostruktury zastosowano typowe techniki badawcze, takie jak mikroskopia świetlna i elektronowa, dyfrakcja promieni rentgenowskich oraz elektronów rozproszonych wstecznie, a także pomiary mikrotwardości.

„Badania mikroskopowe ujawniły stopniowo zmieniającą się mikrostrukturę warstwy wierzchniej materiału, powstałej podczas obróbki SMAT. Zaobserwowaliśmy znaczne rozdrobnienie ziaren w pobliżu obrobionej powierzchni. Głębiej widoczne były bliźniaki odkształcenia, których gęstość malała wraz ze wzrostem odległości od tej powierzchni” – wyjaśnia dr hab. Dryzek.

W ramach opisywanych prac po raz pierwszy użyto również spektroskopii anihilacji pozytonów PAS (Positron Annihilation Spectroscopy). Technika ta jest metodą nieniszczącą i pozwala na identyfikację defektów sieci krystalicznej na poziomie atomowym. Polega ona na tym, że gdy pozytony trafiające do próbki materiału napotykają swoje antycząstki – elektrony – anihilują i zamieniają się w fotony, które można rejestrować. Pozyton, który na swojej drodze znajdzie puste miejsce w sieci krystalicznej, może zostać w nim schwytyany, co wydłuża czas do momentu jego anihilacji. Pomiar czasu życia pozytonów daje badaczom obraz struktury próbki na poziomie atomowym.

Celem zastosowania tej metody było między innymi uzyskanie informacji na temat rozkładu defektów sieci krystalicznej w warstwie powierzchniowej powstałej w wyniku obróbki SMAT, a także badania warstwy materiału o grubości rzędu kilku mikrometrów, leżącej tuż pod obrobioną powierzchnią oraz powiązanie uzyskanych informacji z własnościami korozyjnymi. Jest to o tyle ważne, że defekty sieci krystalicznej determinują kluczowe właściwości materiałów. Z tego względu procedura ta znajduje również zastosowanie w metalurgii i technologiach półprzewodnikowych.

„Średni czas życia pozytonów w warstwie o grubości 200 mikrometrów uzyskanej w wyniku trwającej 120 sekund obróbki SMAT wykazuje wysoką stałą wartość 244 pikosekund. Oznacza to, że wszystkie emitowane ze źródła pozytony docierające do tej warstwy anihilują w defektach struktury, którymi są wakacje – czyli braki atomów w węzłach sieci krystalicznej – związane z dyslokacjami. Warstwa ta odpowiada silnie odkształconemu obszarowi z rozdrobnionymi ziarnami. Głębiej średni czas życia pozytonów maleje, co wskazuje na zmniejszającą się koncentrację defektów, osiągając w odległości około 1 milimetra od powierzchni wartość charakterystyczną dla dobrze wygrzanego magnezu o stosunkowo małej gęstości defektów struktury, który stanowił materiał porównawczy” – opisuje szczegóły prac doktorant Konrad Skowron, główny autor artykułu i pomysłodawca badań.

Proces SMAT w istotny sposób wpłynął także na zachowanie próbek magnezu podczas elektrochemicznych testów korozyjnych. Zmiany struktury wywołane przez SMAT zwiększyły podatność magnezu na utlenianie anodowe, intensyfikując tworzenie się powłoki wodorotlenkowej na powierzchni oraz w konsekwencji prowadząc do lepszej odporności na korozję. Potwierdzają to dane uzyskane dzięki użyciu wiązki pozytonów w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej. Wyniki pokazują, że oprócz granic ziaren i podziaren obecnych na powierzchni, także inne defekty krystaliczne, takie jak dyslokacje i wakacje, mogą odgrywać istotną rolę w zachowaniu korozyjnym magnezu.

„Obecnie prowadzimy analogiczne badania dla tytanu. Tytan jest metalem szeroko stosowanym w lotnictwie, motoryzacji, energetyce i przemyśle chemicznym. Służy również jako materiał do produkcji urządzeń i implantów biomedycznych. Ekonomicznie akceptowalna metoda, umożliwiająca uzyskanie czystego tytanu o mikrostrukturze gradientowej z ziarnem o wielkości nanometrycznej w warstwach przylegających do powierzchni, może otworzyć szersze perspektywy zastosowania tytanu w wyrobach ważnych dla gospodarki i dla poprawy komfortu życia człowieka” – mówi dr hab. Dryzek.

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych wysoko punktowanych czasopiśmie naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W 2017 roku Komisja Europejska przyznała IFJ PAN prestiżowe wyróżnienie „HR Excellence in Research” jako instytucji stosującej zasady „Europejskiej Karty Naukowca” i „Kodeksu Postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych”. W kategoryzacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

KONTAKT:

dr hab. Ewa Dryzek
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel. +48 12 662 8370
e-mail: ewa.dryzek@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. Konrad Skowron, Ewa Dryzek, Mirosław Wróbel, Paweł Nowak, Marianna Marciszko-Wiąckowska, Léa Le Joncour, Manuel François, Benoit Panicaud i Andrzej Baczyński
„Gradient Microstructure Induced by Surface Mechanical Attrition Treatment (SMAT) in Magnesium Studied Using Positron Annihilation Spectroscopy and Complementary Methods”
Materials 2020, 13, 4002
[DOI: 10.3390/ma13184002](https://doi.org/10.3390/ma13184002)

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ifj.edu.pl/>
Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk

<http://press.ifj.edu.pl/>
Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ20201217_foto1.jpg HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2020/12/17/IFJ20201217_foto1.jpg
Powierzchniowa obróbka mechaniczno-ścierna (SMAT) magnezu poprawia jego wytrzymałość i odporność na korozję. (Źródło: IFJ PAN)