

Cel główny

Wzrost odporności na zużycie powłok amorficznego węgla (a-C:H) na podłożach ze stali narzędziowej (316L), poprzez wprowadzenie w ich strukturę nano- czy stek metalicznych (Cu, Nb, Ta, Zr, AgPt, oraz Ag) z jednoczesnym zachowaniem bardzo dobrych właściwości biologicznych amorficznego węgla.

Badania podstawowe realizowane w projekcie

Bio-trybologiczne powłoki o osnowie z amorficznego węgla (a-C:H), wzmocnione metalicznymi nano-cząstkami zostaną one na powierzchni ze stali narzędziowej (316L). Powłoki wytworzone będą przy wykorzystaniu nowoczesnej techniki hybrydowej PLD (laserowej ablacji PLD- Pulsed Laser Deposition wspomaganą techniką magnetronową).

Powłoki amorficznego, nieimplantowanego węgla charakteryzują się niskim współczynnikiem tarcia oraz wysoką odpornością na zużycie mechaniczne. Materiał ten jest również biologicznie obojętny (bardzo dobry bio-materiał). Powodują wad powłok a-C:H są wysokie, ciskające naprężenia własne, które obniżają ich siłę przylegania do podłoża. Obecnie w celu poprawy właściwości powłok amorficznego węgla, w ich strukturę wprowadzają się nano- czy stki metaliczne (Ti, W, Ag, Cr etc). Do tej pory zwracano uwagę jedynie na właściwości mechaniczne.

W proponowanym projekcie wykorzystana zostanie nowa grupa metalicznych nano- czy stek: Cu, Nb, Ta, Zr, AgPt, oraz Ag. Rodzaj nano- czy stek metalicznych został dobrany w celu obniżenia naprężeń własnych powłok a-C:H, zwikszenia jakości przylegania powłoki do podłoża, zwikszenia odporności na zużycie, jednocześnie nie utrzymując odpowiednio wysokie właściwości bio-kompatybilności (jakimi cechują się nieimplantowane powłoki a-C:H).

Powłoki zostaną poddane kompleksowej diagnostyce mechanicznej oraz biologicznej. Badania mechaniczne dotyczyć będą testów trybologicznych oraz wytrzymałościowych. Testy trybologiczne będą polegały na analizach indentacyjnych, odporności na zużycie poprzez test kul-tarcza w temperaturze otoczenia i podwyższonej, oraz określenia siły przylegania powłoki do podłoża poprzez test zarysowania. Testy wytrzymałościowe/ zmęczeniowe polegać będą na cyklicznym odkształcaniu materiału w próbie rozciągania. Odkształcenie zadawane będzie w zakresie sprężystym podłoża, czyli stali narzędziowej 316L (100-250 MPa). Analizy biologiczne polegać będą na określeniu jakości przylegania komórek eukariotycznych, cytotoksyczności, aktywacji układu krzepnięcia oraz odpowiedzi immunologicznej powierzchni.

Powłoki przed i po testach mechanicznych oraz biologicznych poddane zostaną szczegółowej analizie mikrostrukturalnej przeprowadzonej przy wykorzystaniu skaningowej (SEM) oraz transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM). Przeprowadzona analiza pozwoli na określenie mechanizmów zużycia bio-trybologicznego w skali nano- a nawet atomowej. W celu określenia wpływu implantacji metalicznymi nano- czy stkami powłok typu a-C:H na naprężenia własne, przeprowadzona zostanie charakterystyka naprężeń własnych powłok nieimplantowanych oraz implantowanych przy wykorzystaniu techniki rentgenowskiej (XRD).

Powody podjęcia danej tematyki badawczej

Nano-kompozytowe, bio-trybologiczne powłoki o osnowie amorficznego węgla (a-C:H), charakteryzują się niskim współczynnikiem tarcia, wysoką odpornością na zużycie mechaniczne, oraz wysoką bio-kompatybilnością. Materiał ten, ze względu na swoje właściwości mógłby być szeroko wykorzystywany w różnych gałęziach przemysłu jak np.: medycyna, lotnictwo, elektronika. Wadą tego typu powłok jest słaba jakość przylegania do podłoża, wysokie naprężenia własne oraz słaba stabilność termiczna, co w znacznym stopniu ogranicza ich zastosowanie. Od niedawna, w celu obniżenia naprężeń własnych oraz zwikszenia właściwości mechanicznych powłok typu a-C:H, w ich strukturę wprowadzają się metaliczne nano- czy stki. Do tej pory zwracano głównie uwagę na poprawę właściwości mechanicznych tego typu powłok. Amorficzny węgiel jest bardzo dobrym bio-materiałem. W ramach proponowanego projektu w strukturę amorficznego węgla, wprowadzona zostanie nowa grupa nano- czy stek metalicznych (Cu, Nb, Ta, Zr, AgPt, oraz Ag). Nano- czy stki zostały tak dobrane, aby umożliwiły obniżenie naprężeń własnych powłok a-C:H, pozwoliły na zwikszenie jakości przylegania powłok do podłoża oraz wpłynęły na zwikszenie odporności na zużycie, równocześnie nie obniżając wysokich właściwości bio-kompatybilności nieimplantowanego a-C:H. Aspekt bio-zgodności będzie na równi kontrolowany z właściwościami mechanicznymi.

Opracowywane w ramach wniosku projektowego powłoki, poddane zostaną kompleksowej diagnostyce mechanicznej i biologicznej oraz szczegółowej diagnostyce mikrostrukturalnej przy wykorzystaniu technik rentgenowskich oraz mikroskopii elektronowej. W przypadku uzyskania pozytywnych wyników w proponowanym projekcie, temat bio-trybologicznych powłok na bazie amorficznego węgla implantowanego metalicznymi nano- czy stkami rozwijany będzie w ramach projektów aplikacyjnych, co jest zgodne z polityką projektów Narodowego Centrum Nauki oraz Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.