

Streszczenie pracy doktorskiej mgr Joanny Maszybrockiej

„Właściwości mikromechaniczne oraz skutki pracy w węzle tarcia polietylenu kształtowanego za pomocą wstępnego odkształcenia i napromieniowania elektronami”

Duża podatność do zużycia i plastycznej deformacji panewek endoprotez, które w około 90% przypadków są nadal wykonywane z polietylenu, stanowi istotny problem z punktu widzenia trwałości zabiegów alloplastyki. Mimo wieloletnich badań uzyskiwane rezultaty ciągle odbiegają od oczekiwanego standardu, za który uznaje się liniowy ubytek wymiaru panewki ok. 50µm/rok. Dawałoby to szansę nawet 30 letniego okresu użytkowania endoprotezy.

W pracy wykazano przy zastosowaniu krótkotrwałych i tanich badań właściwości mikromechanicznych oraz sklerometrycznych – alternatywnych dla czasochłonnych testów tribologicznych – że istnieje efektywna możliwość kształtowania odporności polietylenu na zużycie za pomocą oddziaływań zmieniających budowę polietylenu w wyniku wstępnego odkształcenia plastycznego i napromieniowania wiązką elektronów. Oceniono także rodzaj i zasięg skutków współpracy tego materiału w układzie polimer-metal.

Stwierdzono, że łączne zastosowanie wymienionych oddziaływań powoduje duży stopień przestrzennego uporządkowania struktury, będący skutkiem zmian nanostrukturalnych, wywołanych zmniejszeniem udziału, ilości i wielkości centrów objętości swobodnej polimeru, a tym samym wzajemnej odległości jego cząsteczek. Efekty przebudowy zostają już ujawnione podczas obróbki skrawaniem, ponieważ powstająca struktura stereometryczna odzwierciedla morfologię materiału i charakteryzuje jakość powierzchni łożyskowej z polietylenu. Analiza wartości parametrów pozwala sformułować wstępną prognozę odporności na zużycie.

W wyniku wywołanych zmian nanostrukturalnych polietylenu następuje istotna poprawa właściwości mikromechanicznych oraz odporności na zużycie i trwałą deformację, przy równoczesnym zachowaniu dobrych właściwości sprężystych. Badania sklerometryczne pozwalają zarazem na określenie mechanizmu mikrozużycia. W omawianym przypadku jest to wyciskanie, w którym dominuje mechanizm mikroskrawania nad odkształceniem plastycznym.

W zakresie analizy skutków tarcia wykazano, że główny efekt czynników kształtujących polietylen panewek endoprotez jest związany przede wszystkim ze zmniejszeniem podatności polimeru do trwałej deformacji. Konsekwencją tego jest ograniczenie podczas procesu tribologicznego: grubości warstwy wierzchniej odkształconej plastycznie, jej stopnia krystaliczności, a tym samym ilości twardych produktów zużycia powstających w wyniku fragmentacji fazy lamelarniej. Zmniejszeniu zużycia sprzyja również uzyskanie w warunkach eksploatacyjnych mieszanej (płaskiej i krawędziowej) orientacji lamel względem powierzchni roboczej oraz rotacja części lamel usytuowanych krawędziowo w kierunku tarcia. Stwierdzono ponadto, że w odmianach polietylenu napromieniowanych dawką 26 i 52 kGy elektronów po wcześniejszym odkształceniu plastycznym, także w czasie procesu tribologicznego zachodzą zmiany nanostrukturalne centrów objętości swobodnej. Powodują one dodatkowy wzrost stopnia przestrzennego uporządkowania, a w konsekwencji poprawę odporności na zużycie, zaś w przypadku polimeru mniej usieciowanego (dawka 26 kGy) – również podwyższenie właściwości mikromechanicznych.

Przeprowadzone badania potwierdziły skuteczność metody kształtowania polietylenu na panewki endoprotez według koncepcji ZBWW KM UŚ. Wykazały też zasadność stosowania badań mikromechanicznych i scratch testu do analizy zmian właściwości oraz selekcji materiału badawczego. Przyczyniły się ponadto do opracowania ilościowych zależności przyczynowo-skutkowych między parametrami nanostruktury polimeru i jego właściwościami. Związki te mogą być wykorzystane do prognozowania właściwości funkcjonalnych na podstawie spektroskopowych badań mikropróbek polietylenu.