



You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the University of Silesia in Katowice

Title: Zastosowanie techniki mikroidentacji do oceny modyfikacji radiacyjnej UHMW polietylenu w aspekcie ograniczenia skutków deformacji plastycznej polimerowych elementów endoprotez

Author: Joanna Maszybrocka, Jerzy Cybo, Adrian Barylski

Citation style: Maszybrocka Joanna, Cybo Jerzy, Barylski Adrian. (2009). Zastosowanie techniki mikroidentacji do oceny modyfikacji radiacyjnej UHMW polietylenu w aspekcie ograniczenia skutków deformacji plastycznej polimerowych elementów endoprotez. "Czasopismo Techniczne. Mechanika" (R. 106, z. 3 (2009) s. 215-219).



Uznanie autorstwa - Na tych samych warunkach - Licencja ta pozwala na kopiowanie, zmienianie, rozprowadzanie, przedstawianie i wykonywanie utworu tak długo, jak tylko na utwory zależne będzie udzielana taka sama licencja.



UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

MECHANIKA

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS

MECHANICS

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-M/2009

ZESZYT 3

ROK 106

ISSUE 3

YEAR 106

JOANNA MASZYBROCKA, JERZY CYBO, ADRIAN BARYLSKI*

ZASTOSOWANIE TECHNIKI MIKROINDENTACJI DO
OCENY MODYFIKACJI RADIACYJNEJ UHMW
POLIETYLENU W ASPEKCIE OGRANICZENIA SKUTKÓW
DEFORMACJI PLASTYCZNEJ POLIMEROWYCH
ELEMENTÓW ENDOPROTEZ

THE APPLICATION OF MICROINDENTATION
FOR AN ASSESSMENT OF RADIATION MODIFICATION
OF UHMWPE FROM THE ASPECT OF REDUCING THE
EFFECTS OF PLASTIC DEFORMATION OF POLYMER
ELEMENTS OF ENDOPROSTHESES

Streszczenie

W pracy dokonano metodą mikroindentacji oceny skuteczności modyfikacji radiacyjnej polietyleny GUR 1020 i 1050 przeznaczonych na elementy endoprotez. Uzyskane charakterystyki mikromechaniczne wykazały, że napromieniowanie elektronami podwyższa odporność badanych gatunków polimeru na odkształcenie plastyczne i może prowadzić do istotnego wzrostu trwałości eksploatacyjnej elementów endoprotez.

Słowa kluczowe: UHMW polietylen, napromieniowanie elektronami, próba ściskania, odkształcenie plastyczne i sprężyste

Abstract

The paper includes an assessment of the effectiveness of radiation modification, through microindentation, of GUR 1020 and 1050 polyethylene used for elements of endoprostheses. The micromechanical characteristics obtained have shown that irradiation with electrons en-

* Dr Joanna Maszybrocka, prof. dr hab. Jerzy Cybo, mgr Adrian Barylski, Katedra Materiałoznawstwa, Wydział Informatyki i Nauki o Materiałach, Uniwersytet Śląski w Katowicach.

hances the resistance to plastic deformation of the polymer types investigated and may lead to a significant increase in operational durability of endoprosthesis elements.

Keywords: UHMW polyethylene, electron irradiation, compression test, plastic and elastic deformation

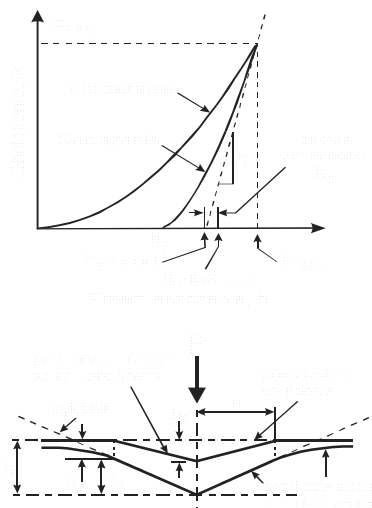
1. Wstęp

UHMWPE od ponad 40 lat jest powszechnie wykorzystywanym materiałem do produkcji elementów łożyskowych endoprotez stosowanych w zabiegach całkowitej alloplastyki stawów. Mimo wielu zalet, jakimi niewątpliwie cechuje się materiał, występują także czynniki ograniczające możliwość długotrwałej eksploatacji implantu w organizmie. Za jeden z najpoważniejszych uważa się problem znacznej podatności polietylenu do deformacji plastycznej i zużycia ściernego [1, 2]. Biorąc pod uwagę różnorodność stosowanych obecnie przez producentów zabiegów kształtujących polietylen przeznaczony na elementy endoprotez, istotne znaczenie ma rozważenie związku między uzyskiwanymi właściwościami oraz ich zmianami, zachodzącymi w wyniku czynników eksploatacyjnych (np. deformacja plastyczna wywołana cyklicznym ruchem pacjenta). Celem niniejszej pracy jest wykorzystanie metody mikroindentacji do oceny skuteczności modyfikacji radiacyjnej polietylenu przeznaczonego na elementy endoprotez w aspekcie możliwości ograniczenia skutków deformacji plastycznej.

2. Materiał i metodyka badań

Badaniami objęto dwa gatunki produkowanego obecnie polietylenu o ultra wysokiej masie cząsteczkowej do zastosowań medycznych GUR 1020 i GUR 1050 (Poly Hi Solidur Deutschland GmbH). Napromieniowanie materiału wiązką elektronów (o energii 10MeV) różnej wartości dawkami umożliwiło uzyskanie szeregu przypadków o zmiennym stopniu usieciowania. Próbki obciążano (ściskano) jednoosiowo tak, aby uzyskać zróżnicowanie efektywnego odkształcenia plastycznego (e_p) materiału polimerowego [3].

W niniejszej pracy zastosowano metodę mikroindentacji do wyznaczenia charakterystyki mikromechanicznej UHMWPE oraz jej zmian pod wpływem napromieniowania wiązką elektronów. Dążono do określenia skuteczności jego ochronnej roli przed wpływem odkształceń wywołanych obciążeniem eksploatacyjnym. Pomiary właściwości mikromechanicznych wykonano za pomocą urządzenia Micron-Gamma. Zastosowano węgłbnik Berkovicha o kącie piramidy 65° , nacisk 1N, prędkość narastania obciążenia i odciążania 1 N/min, czas wytrzymania próbki pod maksymalnym naciskiem 15 s. Twardość wyznaczono jako stosunek maksymalnej siły obciążającej węgłbnik do powierzchni odcisku pod odciążeniem. Wielkość powierzchni określano na podstawie geometrii penetratora i wielkości zagłębienia. Technika badawcza umożliwiła precyzyjną rejestrację krzywej obciążenie – głębokość penetracji węgłbnika.



Rys. 1. Krzywa obciążenie-odciążenie oraz deformacja materiału pod węgelnikiem

Fig. 1. Load-unload curve and deformation of material under a penetrator

Zgodnie z metodą Olivera-Phara moduł Younga wyznaczano uwzględniając nachylenie stycznej do początkowej części krzywej odciążenia. Krzywa obciążenie-odciążenie stanowiła źródło informacji o tendencji odkształcenia materiału podczas testu i pozwoliła na wyznaczenie, takich parametrów jak: W_t – całkowita praca indentyjna (całkowite pole pod zarejestrowaną krzywą obciążenie – odciążenie), W_{sp} – praca odkształcenia sprężystego (pole pod krzywą odciążenia), W_{pl} – praca odkształcenia plastycznego (pole wewnątrz krzywej obciążenie – przemieszczenie). Wytrzymując podczas testu indentyjnego próbkę UHMWPE pod maksymalnym obciążeniem przez $t=15s$ dokonano zarazem oceny skłonności poszczególnych wariantów materiałowych do płynięcia Δh .

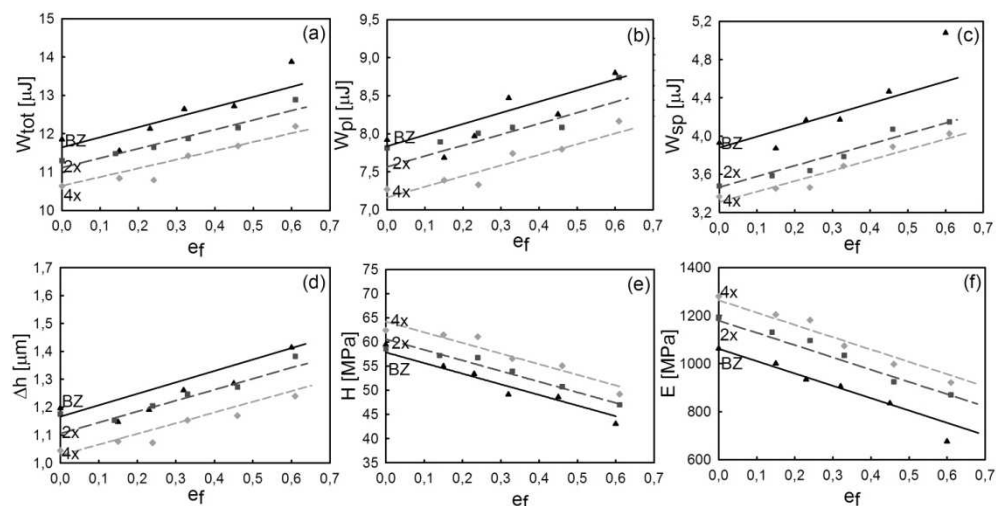
3. Analiza wyników

Zmiany budowy i właściwości polietylenu wywołane modyfikowaniem radiacyjnym wywierają istotny wpływ na zachowanie się materiału podczas obciążeń eksploatacyjnych. W przypadku obu polimerów stwierdzono ten sam kierunek zmian właściwości mechanicznych, aczkolwiek o różnej intensywności. Ze względu na ograniczoną objętość artykułu dokumentację przedstawiono na przykładzie GUR 1050.

Rozważając próbki nie poddane modyfikacji radiacyjnej (polimer wejściowy BZ) stwierdza się, że naprężenia ściskające, a w konsekwencji zgniot UHMWPE, wywołuje spadek twardości i modułu sprężystości, proporcjonalny do odkształcenia plastycznego e_f (rys. 2e, f). Wzrastający stopień zgniotu powoduje też zwiększenie podatności materiału do pełzania oraz odkształceń plastycznych i sprężystych (rys. 2a-d).

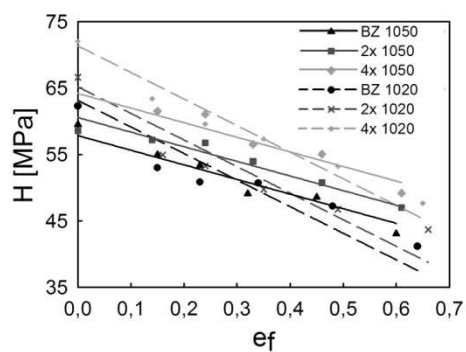
Napromieniowanie wiązką elektronów skutkuje wzrostem twardości i modułu sprężystości badanych odmian polietylenu, zależnym od zastosowanej dawki (rys. 2e, f). Ograni-

czona zostaje zdolność do pełzania, co przejawia się zmniejszeniem wartości przyrostu głębokości penetracji pod obciążeniem (rys. 2d). Wzrost dawki napromieniowania wywołuje zmniejszenie wartości pracy indentacji W_{tot} i jej składowych W_{sp} i W_{pl} , co wskazuje na spadek podatności polimeru do odkształcenia podczas działania obciążeń eksploatacyjnych (rys. 2a, c)



Rys. 2. Charakterystyka mikromechaniczna próbek GUR 1050

Fig. 2. Micromechanical characteristics of the samples GUR 1050



Rys. 3. Porównanie zmian twardości GUR 1020 i 1050

Fig. 3. Comparison of changes in hardness GUR 1020 and 1050

4. Podsumowanie

Uzyskane charakterystyki mikromechaniczne materiału wskazują na możliwość podwyższenia trwałości eksploatacyjnej badanych gatunków polimeru na panewki endoprotez w wyniku zastosowania modyfikacji radiacyjnej wiązką elektronów. GUR 1020 i 1050 wykazują ten sam kierunek zmian właściwości w wyniku oddziaływań zewnętrznych (napromieniowanie wiązką elektronów, odkształcenie plastyczne). Intensywność tych zmian jest jednak różna, co szczególnie uwidacznia porównanie zmian twardości na rys. 3. Znacznie mniejszy spadek twardości w wyniku odkształcenia plastycznego wskazuje, że gatunek GUR 1050 jest polietylenem o większej odporności na deformację trwałą, co może wynikać z prawie dwukrotnie większego ciężaru cząsteczkowego. Przedstawione wyniki zostaną w następnym etapie uzupełnione o badania morfologiczne polietylenu oraz zweryfikowane w zakresie odporności na deformację i zużycie podczas testów tribologicznych.

Literatura

- [1] Kurtz S., *The UHMWPE Handbook: Ultra-High Molecular Weight Polyethylene in Total Joint Replacement*, Elsevier Academic Press, San Diego 2004.
- [2] Maszybrocka J., *Właściwości mikromechaniczne oraz skutki pracy w węźle tarcia polietylenu kształtowanego za pomocą wstępnego odkształcenia i napromieniowania elektronami*, praca doktorska, Uniwersytet Śląski, Wydział Informatyki i Nauki o Materiałach, Sosnowiec 2005.
- [3] Barylski A., Cybo J., Maszybrocka J., *Odkształcenie nowej generacji polimerów na implanty medyczne w świetle próby ściskania*, Tworzywa sztuczne w budowie maszyn, Kraków 2009 – w druku.