

WPLYW DOMIESZEK NA ZACHOWANIE SIĘ CEMENTU CHIRURGICZNEGO W WARUNKACH OBCIĄŻEŃ ZMIENNYCH

ALICJA BALIN¹, GRZEGORZ JUNAK¹, MARIA SOZAŃSKA²,
EWA KOLCZYK¹, JERZY TOBOREK³

¹ KATEDRA MECHANIKI MATERIAŁÓW, POLITECHNIKA ŚLĄSKA

² KATEDRA NAUKI O MATERIAŁACH, POLITECHNIKA ŚLĄSKA

³ ODDZIAŁ URAZOWO-ORTOPEDYCZNY,

SZPITAL MIEJSKI W SIEMIANOWICACH ŚLĄSKICH

E-MAIL: ALICJA.BALIN@POLSL.PL

[Inżynieria Biomateriałów, 65-66, (2007), 8-10]

Cementy chirurgiczne, należące do grupy kompozytów polimerowych, są biomateriałami od kilkadziesiątu lat stosowanymi do mocowania endoprotez stawów. Najczęściej implantowanym stawem jest staw biodrowy [1-4]. Spośród wielu cech cementu chirurgicznego, wpływających na trwałość cementowej endoprotezoplastyki stawu biodrowego, najbardziej istotne dla klinicznej weryfikacji protezy są te cechy, które uzależnione są wprost od oddziaływania cyklicznych obciążeń. Ponieważ zjawisko niszczenia cementu podczas ruchu człowieka odbywa się pod działaniem cyklicznych zmian obciążeń o dużych wartościach, można je z dużym prawdopodobieństwem określić jako zmęczenie w zakresie małej liczby cykli. Z tych względów w pracy zastosowano metodę badań zmęczenia niskocyklowego do oceny zachowania się cementu w sztucznym stawie biodrowym.

Stosowane w praktyce klinicznej cementy kostne, pomimo wielu modyfikacji, nadal jeszcze posiadają wady. Do podstawowych z nich, oprócz zbyt małej wytrzymałości zmęczeniowej i odporności na pękanie, należy wysoka temperatura powstająca w miejscu operacyjnym podczas polimeryzacji *in situ* masy cementu akrylowego, powodująca niszczenie tkanki kostnej [1-5]. W pracy podjęto próbę modyfikacji stosowanych cementów na osnowie polimetakrylanu metylu (PMMA) poprzez dodanie cząstek węgla szklanego o granulacji 10-160µm i udziale masowym 1,6%, a także cząstek tytanu o rozmiarach 25-150µm i udziale masowym 3,2%. Taką fizyczną modyfikację cementu zastosowano w celu zmniejszenia skurczu oraz wysokiej temperatury utwardzania tych materiałów.

Przeprowadzono badania zmęczeniowe niskocyklowe próbek z cementu o nazwie fabrycznej Palamed 40 bez domieszki oraz z domieszkami. Badania realizowano na maszynie serwohydraulicznej MTS-810 przy sterowaniu obciążeniem. Maszyna wyposażona jest w system cyfrowego sterowania Test STAR II. W celu dokładnego określenia wartości siły i odkształcenia badania realizowane były przy wykorzystaniu programu Test WARE SX. Zmianę obciążenia zamodelowano cyklem trójkątnym o częstotliwości 0,3Hz i maksymalnej sile 1500N. Przyjęto sposób obciążenia cyklicznego, który wywołuje naprężenia zmienne w obszarze naprężeń rozciągających, najbardziej niekorzystnych dla cementu. Wartości maksymalne naprężeń rozciągających wynosiły 25,8 MPa, a więc ok. 90% wytrzymałości na rozciąganie cementu [6,7]. Dla wszystkich próbek z cementu bez domieszki oraz modyfikowanego rejestrowane zależności zmiany obciążenia od odkształcenia w cyklu miały charakter pętli histerezy, co można tłumaczyć naturą lepkosprężystego zachowania się materiału [5,6]. Obserwowano zjawisko cyklicznego pełzania cementu, objawiające się przemieszczaniem się pętli histerezy (przyrost odkształcenia)

THE INFLUENCE OF THE ADDITIONS ON THE SURGICAL CEMENT BEHAVIOUR IN CHANGING LOAD CONDITIONS

ALICJA BALIN¹, GRZEGORZ JUNAK¹, MARIA SOZAŃSKA²,
EWA KOLCZYK¹, JERZY TOBOREK³

¹ DEPARTMENT OF MATERIALS MECHANICS,

SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

² DEPARTMENT OF MATERIALS MECHANICS,

SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

³ CASUALTY AND ORTHOPAEDIC WARD,

MUNICIPAL HOSPITAL IN SIEMIANOWICE ŚLĄSKIE

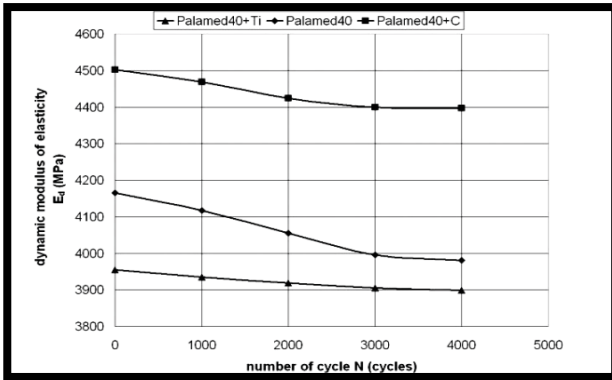
E-MAIL: ALICJA.BALIN@POLSL.PL

[Engineering of Biomaterials, 65-66, (2007), 8-10]

As polymer composites, bone cements are biomaterials that have been used for a few dozen years to fix human joints' endoprotheses. The artificial hip joint is the most often implanted joint [1-4]. From among many properties of surgical cement, which influence the durability of cement endoprothesesoplasty, the most important for a clinical verification are those which directly depend on the action of cyclic loads. The phenomenon of cement degradation during the person's movement takes place under the action of cyclic changes of loads of high values. Therefore, they can be defined with high probability as fatigue in the range of a small number of cycles. Bearing this mind, the authors have made an evaluation in this paper of cement behaviour in an artificial hip joint, applying the low cycle fatigue testing method.

The surgical cements, used in clinical practice, in spite of their numerous modifications, still have characterized the unprofitable features. Into the fundamental of them, except too small fatigue strength and fracture toughness, belong a high temperature forming in the operation place during polymerization *in situ* of acrylic cement mass, which destroys tissues [1-5]. In this work the used surgical cements of a PMMA – based (methyl polymethacrylate) have been modified of additions of glassy carbon in the form of powder of 10-160µm granulation (1,6%mas.), and titanium particles of a size in the range of 25-150µm (3,2%mas.). Such methods of physical modification of cement were applied for a purpose of reducing its shrinkage and high curing temperature.

The low cycle fatigue tests have been carried. The material for the research was surgical cement of the manufacturer's name Palamed 40 without an addition and the same cement with additions. The tests were conducted on a servohydraulic machine MTS-810, with load control. The machine is equipped with a digital control system Test STAR II. In order to ensure precise collection of all values of force and deformation, the tests were carried out using the Test WARE SX programme. A change of load was modelled with a triangular cycle of 0,3Hz frequency and maximum force equal 1500N. A method of cyclic loading of the samples was assumed which induces variable stresses in the area of tensile stresses, the most disadvantageous for cement. The maximum values of those stresses reached a value equal 25,8MPa, i.e. ca. 90% of cement's tensile strength [6,7]. For all samples of cement without an addition as well as those modified, the recorded dependencies of load change on deformation had the nature of a hysteresis loop, which can be explained by the nature of viscoelastic behaviour of the material [5,6]. A phenomenon of cement's cyclic creep

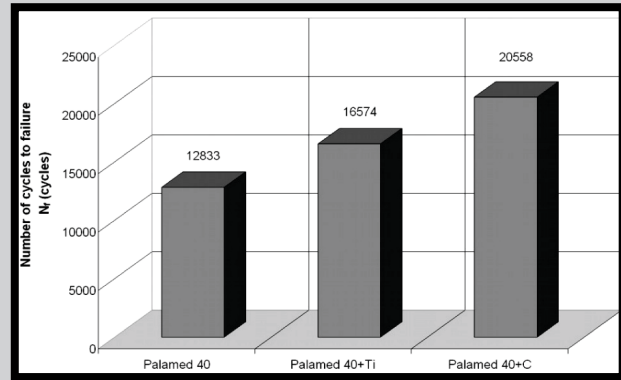


RYS.1. Zmiana dynamicznego modułu sprężystości E_d wraz z liczbą cykli N cementu Palamed 40 czystego oraz modyfikowanego tytanem i węglem szklistym.

FIG.1. The dynamic modulus of elasticity E_d changing with a growing number of cycles N for the Palamed 40 cement and Palamed 40 cement with additions (C -glassy carbon, Ti-titanium).

oraz zmniejszaniem ich kąta pochylenia wraz z liczbą cykli. Zmiany pochylenia pętli histerezy opisują zmienność modułu dynamicznego wraz ze wzrostem liczby cykli. Zmianę dynamicznego modułu sprężystości wraz z liczbą cykli N dla cementu czystego oraz po modyfikacji węglem szklistym i tytanem przedstawiono na RYS.1 [6]. Badania prowadzono do zniszczenia próbek, uzyskując wartości trwałości N_f (RYS.2).

Przeprowadzono również badania przełomów zmęczeniowych próbek oraz dokonano analizy składu chemicznego w wybranych mikroobszarach przełomów. Badania realizowano na mikroskopie skaningowym Hitachi S-3400 N wyposażonym w system mikroanalizy rentgenowskiej EDS firmy Thermo Noran z oprogramowaniem SYSTEM SIX. Przykładowy obraz powierzchni przełomu zmęczeniowego próbki z cementu Palamed 40 domieszkowanego węglem szklistym wraz z analizą składu chemicznego w wybranym mikroobszarze przedstawiono na RYS.3. Na podstawie obserwacji mikroskopowych oraz mikroanalizy składu chemicznego można stwierdzić, że pękanie cementu następowało najczęściej na granicy faz osnowa-cząstka napełniacza, którym był tlenek cyrkonu lub cząstka domieszki tytanu. W cemencie domieszkowanym węglem szklistym stwierdzono występowanie porów i dużych skupisk węgla w postaci kulek. Materiał ten pękał poprzez cząstki węgla i tlenku cyrkonu lub na granicach międzyfazowych osnowa-tlenek cyrkonu (RYS.3).

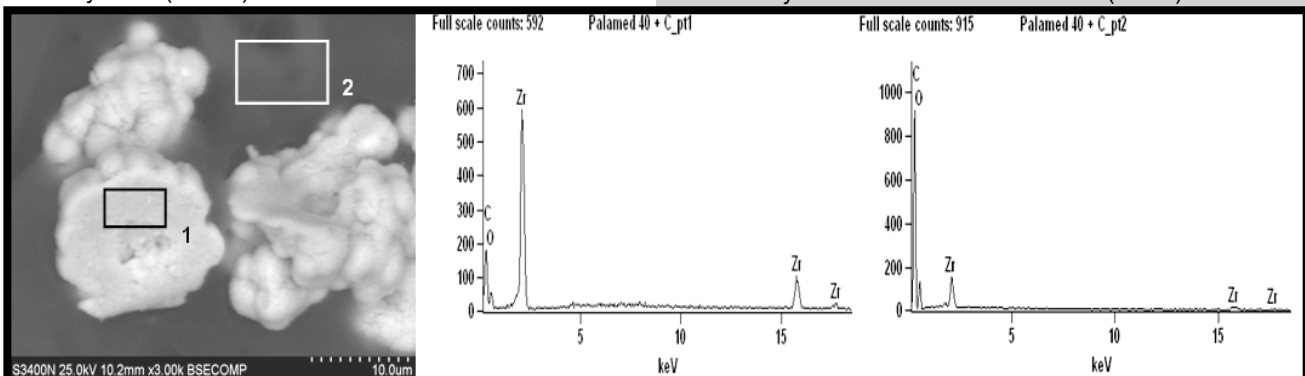


RYS.2. Wyniki badań zmęczeniowych niskocyklowych próbek z cementu Palamed 40 czystego oraz modyfikowanego tytanem i węglem szklistym.

FIG.2. Results of low cycle fatigue tests of the samples of Palamed 40 cement and Palamed 40 cement with additions (C-glassy carbon, Ti-titanium).

was observed, manifesting itself in the hysteresis loops' displacement (deformation growth) and in their angle inclination reduction with an increasing number of cycles. Changes in the hysteresis loop's inclination describe the variability of the dynamic module with an increasing number of cycles. The change in the dynamic modulus of elasticity with a growing number of cycles N for pure cement and for cement modified with glassy carbon and titanium is presented in FIG.1 [6]. The tests were conducted until samples' failure, obtaining the durability values N_f (FIG.2).

SEM examinations of sample fractures after they have been subjected to fatigue tests have been performed. The examinations were conducted on a scanning electron microscope Hitachi S-3400 N provided with the EPMA microanalysis' system EDS of the firm Thermo Norm, using the SYSTEM SIX programme. The example of the fatigue fracture surface of Palamed 40 cement with a glassy carbon addition together with local chemical constitution analysis on the selected microarea is presented in FIG.3. Basing on the microscopic observation and chemical microanalysis it can be stated, that the cracking process in cement occurs the most often when the material is split at particles boundary of a filling material (zirconium oxide) as well as titanium addition and matrix. In the cement with glassy carbon addition it has stated occurrence of a pores and a large carbon clusters in the form of the globules. This material is split through the carbon and zirconium oxide particles or on the phase boundary the matrix – zirconium oxide (FIG.3).



RYS.3. Przełom próbki cementu Palamed 40 domieszkowanego węglem szklistym po badaniach zmęczeniowych niskocyklowych oraz widmo rentgenowskie EDS zidentyfikowanych pierwiastków w mikroobszarach oznaczonych punktami 1 i 2.

FIG.3. Fracture surface of Palamed 40 cement with glassy carbon after low cycle fatigue tests and EDS spectrum of the identified elements on the microarea 1 and 2.

Modyfikacje fizyczne cementu na osnowie PMMA zarówno cząstkami węgla szklanego, jak i tytanu zmniejszyły jego skłonność do cyklicznego pełzania (RYS.1). Równocześnie cement z domieszką węgla szklanego wykazywał najwyższą trwałość N_f (RYS.2). Cechy te są korzystne z punktu widzenia praktyki klinicznej.

Podziękowania

Praca była finansowana przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego ramach projektu badawczego Nr 3 T08E 016 23.

Piśmiennictwo

- [1] Będziński R.: Biomechanika inżynierska. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.
 [2] Kühn K.-D.: Bone Cements. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000.
 [3] Łukaszczyk J.: Polimerowe i kompozytowe cementy kostne oraz materiały pokrewne. Polimery nr 2, 49, 2004, s. 79-88.
 [4] Marciniak J.: Biomateriały w chirurgii kostnej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1992.

Physical modification of a PMMA-based cement, both with glassy carbon and titanium particles, reduced its susceptibility to cyclic creep (FIG.1). The cement with glassy carbon addition proved the most great durability N_f (FIG.2). This features are profitable to clinical practice.

Acknowledgements

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education. Project No. 3 T08E 016 23.

References

- [5] Graham J., Pruitt L., Ries M., Gundian N.: Fracture and Fatigue Properties of Acrylic Bone Cement. The Journal of Arthroplasty 15, 8, 2000, p. 1028-1035.
 [6] Balin A., Junak G.: Investigation of cyclic creep of surgical cements. Archives of Materials Science and Engineering, vol. 28, 5, 2007, p. 281-284.
 [7] Verdonschot N., Huiskes R.: Mechanical Effects of Stem Cement Interface Characteristics in Total Hip Replacement. Clinical Orthopaedics and Related Research 329, 1996, p. 326-336.

WPŁYW WARSTWY WĘGLOWEJ NA WŁASNOŚCI UŻYTKOWE NARZĘDZI CHIRURGICZNYCH

J. MARCINIAK¹, Z. PASZENDA¹, M. BASIAGA¹, J. SMOLIK²

¹ INSTYTUT MATERIAŁÓW INŻYNIERSKICH I BIOMEDYCZNYCH, POLITECHNIKA ŚLĄSKA,
UL. KONARSKIEGO 18A, 44-100 GLIWICE, POLSKA

² INSTYTUT TECHNOLOGII EKSPLOATACJI,
UL. PUŁASKIEGO 6/10, 26-600 RADOM, POLSKA
E-MAIL: MARCIN.BASIAGA@POLSL.PL

[Inżynieria Biomateriałów, 65-66, (2007), 10-12]

Wprowadzenie

Chirurgiczne instrumentarium zabiegowe stanowi szczególną grupę sprzętu medycznego. Charakteryzuje się ono nieregularnością oraz zróżnicowaną intensywnością stosowania. Z uwagi na pracę w środowisku aktywnym chemicznie (płyny ustrojowe, leki) występuje konieczność jego sterylizacji po każdorazowym użyciu. Wymienione warunki użytkowania instrumentarium chirurgicznego determinują dobór tworzywa, które powinno zapewniać jego niezawodną eksploatację. Zasadniczą grupę tworzy metalowych stosowanych do produkcji instrumentarium chirurgicznego stanowią stale martenzytyczne i austenityczne [1-4]. Podstawową grupę instrumentarium stosowanego w chirurgii kostnej stanowią narzędzia tnące. Do tej grupy zaliczamy narzędzia tnące jedno-, dwu- i wieloostrowe. Do najczęściej stosowanych należą narzędzia wieloostrowe. Zaliczamy do nich m.in. wiertła oraz gwintowniki chirurgiczne. Stosowane są one przede wszystkim w trakcie zabiegów osteosyntezy z wykorzystaniem systemów stabilizacyjno-manipulacyjnych np. Polfix [1,5,6]. W praktyce klinicznej często obserwuje się jednakże niewystarczającą ich trwałość użytkową. Dlatego też zasadniczym celem prezentowanej pracy było określenie wpływu warstw węglowych na przebieg zużycia wiertel chirurgicznych.

INFLUENCE OF CARBON COATINGS ON FUNCTIONAL PROPERTIES OF SURGICAL INSTRUMENTS

J. MARCINIAK¹, Z. PASZENDA¹, M. BASIAGA¹, J. SMOLIK²

¹ INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS, SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
UL. KONARSKIEGO 18A, 44-100 GLIWICE, POLAND

² INSTITUTE FOR SUSTAINABLE TECHNOLOGIES,
UL. PUŁASKIEGO 6/10, 26-600 RADOM, POLAND
E-MAIL: MARCIN.BASIAGA@POLSL.PL

[Engineering of Biomaterials, 65-66, (2007), 10-12]

Introduction

An operational surgical instrumentarium is the special group of medical instruments. This group is characterised by an irregular and diverse intensity of use. Furthermore, because of a work in a chemically active environment (body fluids, drugs) it is necessary to sterilise them after each use. The mentioned working conditions of the surgical instrumentarium determine the selection of materials that should ensure reliable utilisation. The main group of metallic materials applied in surgical instrumentarium are martensitic, austenitic steels [1-4]. The main group of tools used in surgical operations are cutting tools. This group includes one-, two- and multiedge tools. The most frequent used belong to multiedge tools. Includes to them among other things surgical drills and screw taps. They are mainly used in osteosynthesis procedures realised with the use of the manipulation systems for example: Polfix [1,5,6]. In clinical practice, insufficient service life of drills is often observed. Therefore, the main aim of the work was the evaluation of carbon coatings in the course the wear of the surgical drills.