

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.

Materiał i metodyka badań

Badania przeprowadzono na wiertłach chirurgicznych o średnicy ϕ 6mm i długości $L=160$ mm. Wiertła wykonane zostały ze stali martenzytycznej X39Cr13 oraz austenitycznej (gatunek D wg PN-ISO 5832-1). Badane narzędzia poddano obróbce powierzchniowej obejmującej procesy pasywowania chemicznego (w roztworze wodnym HNO_3) oraz nanoszenia warstwy węglowej metodą magnetronową lub RF PACVD. Powłokę węglową z wykorzystaniem metody magnetronowej nanoszono w atmosferze $Ar+N_2+CH_4$ stosując magnetron cylindryczny z katodą grafitową. Narzędzia przeznaczone do badań były polaryzowane napięciem $U_{bias} = -100V$ o częstotliwości radiowej (RF). Proces nanoszenia warstwy metodą RF PACVD omówiono w pracy [7].

Pomiary stopnia zużycia ostrza narzędzi realizowane były w oparciu o zaproponowaną przez autorów metodologię badań [3,4]. W pracy określano szerokość starcia na powierzchni przyłożenia (VB_B i VB_{Bmax}) w odniesieniu do początkowego położenia obydwu krawędzi skrawających z wykorzystaniem mikroskopu warsztatowego. Pomiarów dokonywano kolejno po wywierceniu założonej wstępnie ilości otworów n (max 1000) w wołowej kości udowej.

Wyniki badań

Pierwszy etap pracy obejmował ocenę stopnia zużycia wiertel chirurgicznych wykonanych ze stali martenzytycznej X39Cr13. Pomiary szerokości starcia na powierzchni przyłożenia narzędzi nie poddanych procesowi obróbki powierzchniowej wykazały, iż proces zużycia ostrza wiertel w funkcji ilości wykonanych otworów przebiegał w sposób zróżnicowany na poszczególnych krawędziach skrawających. Świadczą o tym wartości analizowanych parametrów VB_B i VB_{Bmax} (TABELA 1). W dalszej kolejności przeprowadzono pomiary z wykorzystaniem narzędzi z naniesioną warstwą węglową metodą magnetronową i RF PACVD. Również dla tych wiertel obserwowano zróżnicowany przebieg procesu zużycia poszczególnych krawędzi ostrza. Stwierdzono jednakże mniejsze wartości szerokości starcia VB_B i VB_{Bmax} w odniesieniu do wiertel bez warstwy węglowej (TABELA 1).

Drugą grupę badanych wiertel stanowiły narzędzia wykonane ze stali Cr-Ni-Mo (gatunek D). Pomiary szerokości

Material and methods

The investigations were carried out on surgical drills of ϕ 6mm diameter and $L=160$ mm length. The drills were made of X39Cr13 martensitic and austenitic steels (D type according to PN-ISO 5832-1). The drills were chemically passivated (HNO_3 solution) and carbon coated by means of magnetron and RF PACVD methods. The $Ar+N_2+CH_4$ atmosphere and cylindrical magnetron with the graphite cathode were applied in the magnetron method. The investigated tools were polarized with the potential $U_{bias} = -100V$ of radio frequency. The carbon coatings process by means of RF PACVD method was discussed in the work [7].

The measurements of the wear grade of the edge of the tools was realized with the use of the methodology proposed by the authors [3, 4]. Wear land (VB_B i VB_{Bmax}) with respect to the initial location of both cutting edges with the use of a toolroom microscope was evaluated in the work. The measurements were recorded for preselected number of holes n (max. 1000) drilled in a bovine femur.

Results

The first stage of the work included the evaluation of wear grade surgical drills made of X39Cr13 martensitic steel. The measurements of the wear land of the tools without surface processing revealed that the wear process drills in the function of drilled holes was diverse on the individual cutting edges. It is proved by values of the analyzed VB_B i VB_{Bmax} parameters (TABLE 1). Further research was carried out on the tools with carbon coatings (magnetron and RF PACVD method). In these drills the diverse values of wear on the individual cutting edges were observed. However smaller values of the wear land VB_B i VB_{Bmax} compare to the drills without carbon coatings were observed (TABLE 1).

The second group of drills was tools made of Cr-Ni-Mo steel (D type). The measurements of the wear land of the tools without carbon coatings revealed that the wear process in the function of drilled holes ($n_{max}=500$) was also diverse on the individual cutting edges. The proposed surface treatment caused decrease of wear land VB_B i VB_{Bmax} for both carbon coatings methods (TABLE 2). In these tools the diverse values on the individual cutting edges were also observed.

Nr wiertła / Drill number	Nr krawędzi skrawającej / Number of the cutting edge	Szerokość starcia na powierzchni przyłożenia VB , mm / Wear land VB , mm							
		n=100		n=200		n=500		n=1000	
		VB_B	VB_{Bmax}	VB_B	VB_{Bmax}	VB_B	VB_{Bmax}	VB_B	VB_{Bmax}
Wiertła bez warstwy węglowej / Drills without carbon coatings									
1	1	0,065	0,090	0,125	0,195	0,245	0,325	0,315	0,565
	2	0,075	0,115	0,085	0,135	0,090	0,185	0,105	0,295
2	1	0,085	0,095	0,095	0,115	0,135	0,135	0,165	0,230
	2	0,080	0,085	0,090	0,120	0,100	0,120	0,115	0,230
Wiertła z warstwą węglową (metoda magnetronowa) / Drills with carbon coatings (magnetron method)									
1	1	0,015	0,06	0,06	0,14	0,11	0,18	0,15	0,22
	2	0,02	0,05	0,08	0,12	0,12	0,185	0,18	0,24
2	1	0,012	0,05	0,07	0,09	0,1	0,13	0,12	0,17
	2	0,02	0,07	0,05	0,11	0,08	0,157	0,13	0,25
Wiertła z warstwą węglową (metoda RF PACVD) / Drills with carbon coatings (RF PACVD method)									
1	1	0,01	0,02	0,015	0,025	0,032	0,057	0,06	0,08
	2	0,011	0,021	0,017	0,031	0,04	0,06	0,1	0,14
2	1	0,012	0,03	0,025	0,05	0,043	0,082	0,053	0,1
	2	0,015	0,025	0,035	0,045	0,062	0,1	0,068	0,12

TABELA 1. Wyniki pomiarów stopnia zużycia wiertel ze stali martenzytycznej.
TABLE 1. Results of the wear grade measurements drills made of martensitic steel.

Nr wiertła / Drill number	Nr krawędzi skrawającej / Number of the cutting edge	Szerokość starcia na powierzchni przyłożenia VB, mm / ear land VB, mm							
		n=100		n=200		n=500		n=1000	
		VB _B	VB _{max}	VB _B	VB _{max}	VB _B	VB _{max}	VB _B	VB _{max}
Wiertła bez warstwy węglowej / Drills without carbon coatings									
1	1	0,065	0,090	0,125	0,195	0,245	0,325	0,315	0,565
	2	0,075	0,115	0,085	0,135	0,090	0,185	0,105	0,295
2	1	0,085	0,095	0,095	0,115	0,135	0,135	0,165	0,230
	2	0,080	0,085	0,090	0,120	0,100	0,120	0,115	0,230
Wiertła z warstwą węglową (metoda magnetronowa) / Drills with carbon coatings (magnetron method)									
1	1	0,015	0,06	0,06	0,14	0,11	0,18	0,15	0,22
	2	0,02	0,05	0,08	0,12	0,12	0,185	0,18	0,24
2	1	0,012	0,05	0,07	0,09	0,1	0,13	0,12	0,17
	2	0,02	0,07	0,05	0,11	0,08	0,157	0,13	0,25
Wiertła z warstwą węglową (metoda RF PACVD) / Drills with carbon coatings (RF PACVD method)									
1	1	0,01	0,02	0,015	0,025	0,032	0,057	0,06	0,08
	2	0,011	0,021	0,017	0,031	0,04	0,06	0,1	0,14
2	1	0,012	0,03	0,025	0,05	0,043	0,082	0,053	0,1
	2	0,015	0,025	0,035	0,045	0,062	0,1	0,068	0,12

TABELA 2. Wyniki pomiarów stopnia zużycia wiertel chirurgicznych ze stali Cr-Ni-Mo.
TABLE 2. Results of the wear grade measurements surgical drills made of Cr-Ni-Mo steel.

starcia na powierzchni przyłożenia narzędzi bez warstwy węglowej wykazały, iż proces zużycia ich ostrzy w funkcji ilości wykonanych otworów ($n_{max}=500$) również przebiegał w sposób zróżnicowany na poszczególnych krawędziach skrawających. Zaproponowane w pracy warianty obróbki powierzchniowej spowodowały zmniejszenie wartości szerokości starcia VB_B i VB_{Bmax} dla obydwu metod nanoszenia warstwy węglowej – TABELA 2. Również dla tych narzędzi obserwowano zróżnicowane wartości mierzonych parametrów na poszczególnych krawędziach skrawających.

Podsumowanie

W ostatnim okresie autorzy pracy podjęli badania nad opracowaniem warunków kształtowania warstw na powierzchni narzędzi stosowanych w chirurgii kostnej [3,4,8]. Ich celem jest poprawa wytrzymałości mechanicznej oraz odporności na zużycie narzędzi. Poprawa ich trwałości użytkowej przyczyni się niewątpliwie do zwiększenia bezpieczeństwa realizowanych procedur chirurgicznych oraz przyniesie wymierne korzyści ekonomiczne z obniżenia ich kosztów.

Autorzy pracy zaproponowali metodologię oceny stopnia zużycia ostrza wiertel chirurgicznych [3,4]. Wyniki przeprowadzonych badań wykazują na korzystny wpływ procesu obróbki powierzchniowej na własności użytkowe wiertel. Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że najkorzystniejsze własności zapewnia proces nanoszenia warstwy węglowej metodą RF PACVD zarówno dla wiertel wykonanych ze stali martenzytycznej, jak i austenitycznej. W dalszej kolejności zostaną przeprowadzone badania narzędzi z naniesionymi warstwami po procesie ich sterylizacji parowej. Ponadto uzyskane w pracy wyniki wskazują na konieczność skorygowania geometrii ostrza wiertel celem wyeliminowania zróżnicowanego zużycia poszczególnych krawędzi skrawających.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana ze środków Ministra Nauki, wykonana w ramach realizacji Programu Wieloletniego „Doskonalenie systemów rozwoju innowacyjności w produkcji i eksploatacji w latach 2004–2008”.

Conclusions

Recently the authors have made an attempt to work out the conditions of forming layers on surfaces of tools used in bone surgery [3,4,8]. The aim of the work is an improvement of mechanical properties and wear resistance of tools. The improvement of service life of surgical tools will undoubtedly increase the safety of surgical procedures and reduce costs.

The authors proposed wear evaluation methodology of surgical drill edge [3,4]. The results of research showed good influence of surface processing on functional properties drills. Analysis of the obtained results showed that the best usefulness properties ensure carbon coatings obtained by means of RF PACVD method for drills made of martensitic as well as austenitic steel. The further the research will be focused on the tools with carbon coatings after sterilization process. Furthermore, the obtained results showed the necessity of correct selection of the edge geometry in order to eliminate the diverse wear of the individual cutting edges.

Acknowledgement

The work was funded by The Ministry of Science as the part of the long-term program “Development of innovation systems in production and utilization 2004-2008”.

Piśmiennictwo

References

- [1] Paszenda Z., Tyrlik-Held J.: Instrumentarium chirurgiczne. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2003.
- [2] Marciniak J.: Biomateriały. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [3] Marciniak J., Paszenda Z., Szewczenko J., Basiaga M., Gierzyńska-Dolna M., Lacki P.: The quality of tools used in bone surgery. Problemy Eksploatacji, 2006, 4, 179-186.
- [4] Marciniak J., Paszenda Z., Kaczmarek M., Szewczenko J., Basiaga M., Gierzyńska-Dolna M., Lacki P.: Wear investigations of tools used in bone surgery. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2007, 20, 1-2, 259 – 262.
- [5] Ramotowski W.: Stabilizatory płytkowe. Agencja Wydawnicza Zebra, Kraków 1998.
- [6] Kaczmarek M., Marciniak J.: Biomechanical and clinical evaluation of fixations with the use of the Polfix stabilizer. Medical Review, 2002, 59, 4, 38 - 39.
- [7] Smolik J., Walkowicz J.: Analysis and characterisation of diamond like a-C:H films obtained from pure methane by RF PACVD method, Tribologia, 2004, 6, 69-88.
- [8] Marciniak J., Paszenda Z., Walke W., Basiaga M., Smolik J.: DLC coatings on martensitic steel used for surgical instruments. Archives of Materials Science and Engineering, 2007, 28, 5, 285-288.