

Przestrzeń rozważań dla zbiorów wejściowych została ustalona na podstawie literatury [4,5,10,11,12] a następnie podzielona na trzy wartości rozmyte "mały, średni i duży", dla uproszczenia systemu. Baza reguł jest tworzona na podstawie doświadczenia lekarzy oraz przeglądu literatury [4,6,10,11]. Wynik procesu rozmytego wnioskowania i w następstwie optymalnej metody leczenia choroby Legg-Calvé-Perthesa, który jest wyjściem z systemu eksperckiego, wybierany jest automatycznie.

## Wnioski

Proponowana metoda może być bardzo użyteczna, ponieważ jak dotąd nie istnieje uniwersalny i jednolity sposób podejmowania decyzji o planowanym leczeniu choroby Perthesa. Leczenie tego rodzaju schorzenia zawsze było kontrowersyjne i utworzenie systemu eksperckiego umożliwiłoby podjęcie decyzji o odpowiednim leczeniu dzieci z chorobą Perthesa, biorąc pod uwagę najlepsze prognozy długoterminowe i celowość zapewnienia dziecku jak najszybszego powrotu do normalnej aktywności.

The domain of discourse for the input sets may be established based on the literature [4,5,10,11,12] and divided into fuzzy values: "small, average, large" for the simplicity of the system. Rule base is created based on the experience of the surgeons and the review of the literature [4,6,10,11]. As a result of fuzzy reasoning process, the optimal method for Legg-Calvé-Perthes' disease treatment – the output parameter of the expert system – can be automatically chosen.

## Conclusions

The proposed approach would a very substantial help to treat the considered illness as so far there are no uniform and unambiguous methods which can help to take decision about the Perthes' disease treatment. The medical course of Perthes' disease has always been controversial and this system can give the best advice for the appropriate management of the children with Perthes' disease assuring the fast returning to their normal activities.

## Piśmiennictwo

- [1] Stulberg D., Cooperman D.R., Wallenstein R.: The natural history of Legg-Calvé-Perthes disease. *J Bone Joint Surg* (1981); 63: 1095-1108.
- [2] Dega W.: Ortopedia i rehabilitacja. Tom I, red. Marciniak W., Szulc A., wyd. lek. PZWL, Warszawa 2003.
- [3] Sponseller P., Stephens H.: Ortopedia dziecięca. MEN, Kraków 2000.
- [4] Krzemiński M.: Wyniki leczenia choroby Perthesa osteotomią wazyżującą kości udowej. Rozprawa doktorska, Klinika Ortopedii Akademii Medycznej w Gdańsku, 1990.
- [5] Czapiński J.: Ocena odległych następstw choroby Perthesa leczonej zachowawczo w aspekcie kształtowania się stawu biodrowego. Rozprawa doktorska, Katera i Klinika Ortopedii Akademii Medycznej we Wrocławiu, 1994.
- [6] Yrjonen T.: Long-Term Prognosis of Legg-Calvé-Perthes Disease: A Meta – Analysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, Part B, 8: 169-172, 1999.
- [7] Łachwa A.: Rozmyty świat zbiorów, liczb, relacji, faktów, reguł i decyzji. Problemy współczesnej nauki, teoria i zastosowania. Akad. Oficyna Wyd. EXIT, Warszawa, 2001.

## References

- [8] Hardcastle P.H., Ross R., Hamalainen M., Mata A.: The Catterall grouping of Perthes' disease: an assessment of observer error and prognosis using the Catterall classification. *J Bone Joint Surg* (1980); 62: 428-431.
- [9] Farsetti P., Tudisco C., Caterini R., Potenza V., Ippolito E.: The Herring lateral pillar classification for prognosis in Perthes disease. *J Bone Joint Surg* (1995); 77: 739-742.
- [10] Wiig O., Terjesen T., Svenningsen S.: Inter-observer reliability of radiographic classifications and measurements in the assessment of Perthes' disease. *Acta Orthop Scand* (2002); 73 (5): 523-530.
- [11] Podeszwa D.A., Stanitski C.L., Stanitski D.F., Woo R., Mendelov M.J.: The effect of pediatric orthopaedic experience on interobserver and intraobserver reliability of the Herring lateral pillar classification of Perthes disease. *Journal of Pediatric Orthopaedics* (2000) 20: 562-564.
- [12] Broughton N.S., Brougham D.I., Cole W.G., Menelaus M.B.: Reliability of radiological measurements in the assessment of the child's hip. *J Bone Joint Surg* (1989); 71: 6-8.

## SKŁAD FAZOWY WARSTWY WIERZCHNIEJ BIOSTOPU Ti-6Al-4V PRZETOPIONEJ LASEREM

BEATA ŚWIECZKO-ŻUREK, MAGDALENA JAŹDZEWSKA,  
ANDRZEJ ZIELIŃSKI

WYDZIAŁ MECHANICZNY,  
POLITECHNIKA GDAŃSKA,  
UL. G. NARUTOWICZA 11/12, 80-952 GDAŃSK,  
E-MAIL: BSWIECZKO@MECH.PG.GDA.PL

[*Inżynieria Biomateriałów, 58-60,(2006),221-223*]

## Wprowadzenie

Wśród wielu technik poprawy własności powierzchni biostopów Ti proponowana jest także obróbka laserowa. Rezultaty uzyskane po zastosowaniu obróbki laserowej stopów Ti [1-3] wykazały dodatnie strony tej metody. Do tej pory obróbki dokonywano poprzez przetopienie warstwy laserem ekscymerowym. Metoda ta zwiększyła twardość

## THE PHASE COMPOSITION OF THE SURFACE LAYER OF LASER MELTED Ti-6Al-4V BIOALLOY

BEATA SWIECZKO-ZUREK, MAGDALENA JAZDZEWSKA,  
ANDRZEJ ZIELINSKI

GDANSK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, MECHANICAL DEPARTMENT,  
FACULTY OF MATERIAL ENGINEERING  
UL. G. NARUTOWICZA 11/12, 80-952 GDANSK,  
E-MAIL: BSWIECZKO@MECH.PG.GDA.PL

[*Engineering of Biomaterials, 58-60,(2006),221-223*]

## Introduction

Among different techniques of surface improvement of the Ti bioalloys, the laser surface treatment has been proposed. The results obtained with an use of a laser have revealed as a rule for Ti alloys [1-3] the advantages of this approach. So far results have been obtained by laser melting of a surface layer with an excimer laser. This procedure

i odporność stopu na korozję, ale uzyskane warstwy były stosunkowo cienkie. W pracy zastosowano laser o dużej mocy dla stopu schłodzonego w ciekłym azocie, aby uzyskać grubszą warstwę, która w strefie zewnętrznej złożona będzie z tlenku i azotku tytanu, ważnych faz w biostopach.

## Materiały i metody badań

Próbki zostały wykonane ze stopu Ti6Al4V. Skład chemiczny był następujący: 4,08%V, 6,39%Al., 0,17%Fe, 0,015%C, 0,1850%O, 0,0050%N, 0,0035%H.

Stop został przetopiony poprzez zanurzenie w kąpieli ciekłego azotu, laserem cząsteczkowym CO<sub>2</sub> TRUMPF TLF 6000 Turbo laserem z wiązką o szerokości 1x20 mm. Szerokość przetopionego ścięgu wynosiła 22-24 mm. Przetopienie laserowe wykonano w Centrum Techniki Laserowej na Politechnice w Kielcach, przy mocy lasera między 3 i 6 kW oraz prędkości skanowania 0.5 lub 1 m/min.

Badania metalograficzne całej warstwy wierzchniej wykonano za pomocą mikroskopu elektronowego skaningowego Tesla. Stop trawiono odczynnikami Krolla.

Badania warstwy powierzchniowej przeprowadzono z zastosowaniem dyfraktometrów: APD-3.5B w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej (IMIM) Polskiej Akademii Nauk w Krakowie oraz X'Pert na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej w Politechnice Gdańskiej (PG).

## Wyniki badań i dyskusja

W przetopionej laserowo warstwie zaobserwowano liczbę stref różniących się strukturą, twardością i grubością. Zaczynając od powierzchni wyróżniono następujące strefy:

1. grafitowa strefa: dendrytyczna, z powierzchniowymi dendrytami i cienkimi szczelinami;
2. złoto-żółta strefa: strefa azotku tytanu, z maksymalną wielkością ziarna 1.4 μm i twardością 1660 HV<sub>0,05</sub> jako przeciętną, zbliżoną 2650 HV<sub>0,05</sub>;
3. srebrno-biała strefa: nasycona azotem z przeciętną twardością 1440 HV<sub>0,05</sub>;
4. ciemna strefa: zawierająca czyste dendryty z przypadkowo skierowanymi osiami i igłami o jasnym kolorze: najcieńsza strefa w całej przetopionej powierzchni, o twardości 850 HV<sub>0,05</sub>;
5. jasna strefa: cienka, płytkowa struktura z licznymi wtrąceniami i twardością 715 HV<sub>0,05</sub>;
6. graniczna linia strefy dyfuzyjnej, obecna tylko w niektórych próbkach i częściach powierzchni;

Moc pobierana Power input [W]	Prędkość skanowania Scan rate [m/min]	Intensywność Intensity of reflexes					
		Ti	TiO <sub>x</sub>	VO <sub>x</sub>	V <sub>2</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>9</sub>	Ti <sub>x</sub> N	Ti <sub>3</sub> O
3000	1	53-65	98-100	64			
4000	1		41	31-100	50	34	
5000	1		20-56			26-43	100
6000	1		39-46			38-42	100
5000	0.5		30-100	60-68		41-51	55-81
6000	0.5		32-100	35		47	

TABELA 1.  
TABLE 1.

has resulted in hard and corrosion resistant but relatively thin layer. Therefore, the high power laser has been applied in this work for the alloy cooled in liquid nitrogen in order to obtain much thicker layer, composed in outer zone of titanium oxides and nitrides, the phases of great importance for bioalloys.

## Materials and methods

The specimens were made of the Ti6Al4V alloy. Its chemical composition was as follows: 4.08%V, 6.39%Al., 0.17%Fe, 0.015%C, 0.1850%O, 0.0050%N, 0.0035%H, et al.

The melting of the alloy was made, after immersion of the specimens in liquid nitrogen bath, with the molecular CO<sub>2</sub> TRUMPF TLF 6000 Turbo laser. The rectangular laser beam 1x20 mm was used. The width of melted band approached 22-24 mm. The laser melting was performed at Kielce University of Technology, Centre of Laser Techniques, at a laser power input between 3 and 6 kW, and a scan rate 0.5 or 1 m/min.

The metallographic examinations of the whole surface layer were made with the Tesla SEM. The etching was carried out with the Kroll reagent.

The phase examinations of the surface zone were made with the Philips X-ray diffractometers: APD-3.5B at the Institute of Metallurgy and Materials Engineering (IMME), Polish Academy of Sciences, Cracow, and X'Pert at the Faculty of Physics and Applied Mathematics, Gdansk University of Technology (GUT).

## Results and discussion

In the laser melted layer, the number of zones was observed which differed in color, structure, hardness and thickness. Beginning from the surface, the following important zones were distinguished:

1. black graphite color zone: dendritic zone, with some surface dendrites and thin cracks,
2. gold-yellow color zone: a zone of titanium nitride, maximum grain size 1.4 μm, hardness 1660 HV<sub>0,05</sub> as average, approaching even 2650 HV<sub>0,05</sub>,
3. silver-white color zone: saturated with nitrogen, average hardness 1440 HV<sub>0,05</sub>,
4. dark zone: containing clear dendrites with randomly oriented axes and bright needle precipitates, the thickest zone in entire melted layer, with hardness 850 HV<sub>0,05</sub>,
5. bright zone: thin, of lamellar structure, with numerous inclusions and hardness 715 HV<sub>0,05</sub>,
6. border line of diffusion zone, present only in some specimens and in part of the total layer,
7. zone containing some grain boundaries of the previous β phase in lamellar α phase structure, with microhardness 515 HV<sub>0,05</sub>,
8. heat affected zone (HAZ), likely only α phase, up to 1.65 mm.

The laser melting at high scan rate resulted in greater discontinuity and inhomogeneity of melted layer. The increase in laser power resulted in more visible particular zones and enhanced their features.

	TiO <sub>2</sub> Rutyl / rutile	TiO <sub>2</sub> Anataz / anatase	TiN	TiN <sub>0,3</sub>	Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub>	Ti <sub>2</sub> O
Ti6Al4V	+	+	+	+	+	+

TABELA 2.  
TABLE 2.

7. strefa zawierająca oddzielone ziarna byłej fazy  $\beta$  i płytkowej struktury fazy  $\alpha$ , o mikrotwardości  $515 \text{ HV}_{0,05}$ ;  
8. strefa wpływu ciepła (SWC), głębokość 1,65 mm;  
Przetopienie laserowe przy dużej prędkości skanowania prowadziło do dużej nieciągłości i niejednorodności. Wzrost mocy lasera spowodował lepsze wykształcenie warstwy i polepszenie jej cech.

Badania składu fazowego strefy bliskiej strefie przetopienia ujawniły obecność różnorodnych tlenków, azotków, złożonych faz, a nawet czystego pierwiastka Ti (TABELA 1). TABELA 2 ukazuje skład fazowy próbki wyznaczony przy użyciu goniometru X-Pert.

## Wnioski

Przetapianie laserowe stopu Ti-6Al-4V, schłodzonego w ciekłym azocie, przyniosły efekty w postaci szerokiej i twardej warstwy o bardzo złożonej mikrostrukturze. Strefy bliskie powierzchni wykazały obecność tlenków tytanu rutylu i anatazu oraz azotków przy zmodyfikowanej powierzchni stopu.

## Podziękowania

Autorzy są wdzięczni dr M. Gaździe (PG) i mgr R. Majorowi (IMM) za ich cenny wkład w wykonanie badań. Praca naukowa jest finansowana ze środków na naukę w latach 2005-2007 jako projekt badawczy.

## Piśmiennictwo

- [1] Yue T.M., Cheung T.M., Man H.C.: The effects of laser surface treatment on the corrosion properties of Ti-6Al-4V alloy in Hank's solution. *Journal of Materials Science Letters* 19 (2000) 205-208.  
[2] Yue T.M., Yu J.K., Mei Z., Man H.C.: Excimer laser surface treatment of Ti-6Al-4V alloy for corrosion resistance enhancement. *Materials Letters* 52 (2002) 206-212.

The examinations of the phase composition of zone close to the melted surface showed a variety of oxides, nitrides, complex phases and even pure element, Ti. In TABLE 2 the intensity of X-ray diffraction of reflexes measured by X-Pert goniometer are shown.

## Conclusion

The laser melting of the Ti-6Al-4V alloy cooled in liquid nitrogen effects in thick and hard layer of very complex phase microstructure. The near-surface zone shows a variety of rutile and anatase titanium oxides, and titanium nitrides, which are together of a great potential as surface modification of bioalloy is considered.

## Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the valuable contribution of Dr. Gazda, GUT, and Mr. Major, IMME. This scientific work has been financially supported by scientific funds in 2004-2005 as a research project.

## References

- [3] Guillemot F., Prima E. *et al.*, Ultraviolet laser surface treatment for biomedical applications of  $\beta$  titanium alloys: morphological and structural characterization. *Applied Physics A* 77 (2003) 899-904.

## ADHEZJA I WZROST LUDZKICH CHONDROCYTÓW NA POWIERZCHNI BIORESORBOWALNYCH MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH

ARKADIUSZ ORCHEL\*, ANNA DYLLA\*, KATARZYNA JELONEK\*,  
JANUSZ KASPERCZYK\*, PIOTR DOBRZYŃSKI\*\*,  
ALEKSANDER OWCZAREK\*\*\* IRENEUSZ BIELECKI\*\*\*\*,  
ZOFIA DZIERŻEWICZ\*

\*KATEDRA I ZAKŁAD BIOFARMACJI, WYDZIAŁ FARMACEUTYCZNY,  
ŚLĄSKA AKADEMIA MEDYCZNA,

UL. NARCYZÓW 1, SOSNOWIEC 41-200, POLSKA

\*\*POLSKA AKADEMIA NAUK, CENTRUM CHEMII POLIMERÓW,  
UL. M. SKŁODOWSKIEJ-CURIE 34, ZABRZE 41-819, POLSKA

\*\*\*\*KATEDRA I ZAKŁAD BIONIKI,

UL. OSTROGÓRSKA 30, 41-200 SOSNOWIEC, POLAND

\*\*\*\*ODDZIAŁ LARYNGOLOGII SPSPK NR 6, GÓRNOŚLĄSKIE CEN-  
TRUM ZDROWIA DZIECKA I MATKI W KATOWICACH.

UL. MEDYKÓW 16, 40-752 KATOWICE, POLSKA

[*Inżynieria Biomateriałów, 58-60,(2006),223-226*]

## GROWTH OF HUMAN CHONDROCYTES ON BIODEGRADABLE SYNTHETIC POLYMERS

ARKADIUSZ ORCHEL\*, ANNA DYLLA\*, KATARZYNA JELONEK\*,  
JANUSZ KASPERCZYK\*, PIOTR DOBRZYŃSKI\*\*,  
ALEKSANDER OWCZAREK\*\*\* IRENEUSZ BIELECKI\*\*\*\*,  
ZOFIA DZIERŻEWICZ\*\*

\*DEPARTMENT OF BIOPHARMACY, MEDICAL UNIVERSITY OF SILESIA,  
NARCYZÓW 1, SOSNOWIEC 41-200, POLAND

\*\*POLISH ACADEMY OF SCIENCES,

CENTRE OF POLYMER CHEMISTRY,

M. SKŁODOWSKIEJ-CURIE 34, ZABRZE 41-819, POLAND

\*\*\*DEPARTMENT OF BIONICS, MEDICAL UNIVERSITY OF SILESIA,

OSTROGÓRSKA 30, 41-200 SOSNOWIEC, POLAND

\*\*\*\*DEPARTMENT OF OTOLARYNGOLOGY,

MEDICAL UNIVERSITY OF SILESIA,

MEDYKÓW 16, KATOWICE 40-752, POLAND

[*Engineering of Biomaterials, 58-60,(2006),223-226*]