

Piśmiennictwo

- [1] Paluch D., Szymonowicz M., Rutowski R., Milewski A., Pielka S., Solski L., Raczyński K.: Intraoperative studies and studies parameters of coagulation and fibrinolysis following implantation of DALLON H prostheses with greater surface wettability. *Polim Med* 32, (2002), 65-79.
- [2] Błażewicz S., Chłopek J., Błażewicz M.: Biomateriały węglowe i kompozytowe. W: *Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna, t.4, Biomateriały*, red. Błażewicz S., Stoch L., Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa (2003), 332-423.
- [3] Nawrot Z.: Biomateriały w kariochirurgii. W: *Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna, t.4, Biomateriały*, red. Błażewicz S., Stoch L., Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa (2003), 530-581.
- [4] Biological evaluation of medical devices. Part 12: Sample preparation and reference materials. PN-EN ISO 10993-12, (2005), 1-15.
- [5] Biological evaluation of medical devices. Part 4. Selection of tests for interactions with blood. PN-EN ISO 10993-4, (2003), 1-34.
- [6] Szymonowicz M., Łowkis B.: In vitro testing method of polymers candidate destined for contact with blood. *Polim Med* 20, 1-4, (1990) 43-54.

References

- [7] Szymonowicz M., Pielka S., Owczarek A., Haznar D., Pluta J.: Study on influence of gelatin-alginate matrices on the coagulation system and morphotic blood elements. *Macromolecular Symposia* 253, (2007), 71-76.
- [8] Szelest-Lewandowska A., Masiulanis M., Szymonowicz M., Pielka S., Paluch D.: Modified Poly(carbonateurethane). Synthesis, properties and biological investigation in vitro. *J. Biomed. Mat. Res. Part A*, 82, 12, (2007), 509-520.
- [9] Bomski H.: Podstawowe badania hematologiczne. WL PZWL Warszawa 1995.
- [10] Pielka S., Szymonowicz M., Paluch D., Karaś J., Librant Z., Karmelita-Buczyńska H., Jegerman Z.: Investigation of sulphur composites reaction on the coagulation system and cellular elements of blood. *Inż. Biomater.* 6, (2003), 63-66.
- [11] Pielka S., Szymonowicz M., Paluch D., Librant Z., Karaś J., Karmelita-Buczyńska H., Jegerman Z.: Estimation of the reaction of the state of corundum ceramics surface roughness on the chosen blood parameters. *Inż. Biomater.* 6, (2003), 59-62.

WPŁYW DODATKU GRAFITU NA STRUKTURĘ I WŁAŚCIWOŚCI SPIEKANYCH BIOMATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH NA BAZIE TYTANU

PIOTR DEPTUŁA, JAN R. DĄBROWSKI*

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA,
WYDZIAŁ MECHANICZNY
WIEJSKA 45C, 15-351 BIAŁYSTOK, POLSKA
*MAILTO: JRD@PB.EDU.PL

[Inżynieria Biomateriałów, 89-91, (2009), 140-142]

Wprowadzenie

Tytan i jego stopy uważa się za najbardziej obiecujące metaliczne biomateriały, z powodu kombinacji ich dobrych właściwości mechanicznych i biokompatybilności w środowisku tkankowym. Tytan i jego stopy są szeroko stosowane w medycynie, w produkcji elementów rekonstrukcyjnych dla zespołów kości i endoprotezoplastyce [1-4]. Zastosowanie stopów tytanu jako powierzchni tarcia w endoprotezoplastyce jest ograniczone przez słabe właściwości tribologiczne i słabą odporność na zużycie. Jest to poważnym mankamentem tego typu stopów implantacyjnych, co znacznie ogranicza ich zastosowanie w węzłach tarcia układów biologicznych (stawy, układy stomatologiczne) [5]. Liczne badania skupione są na modyfikacji właściwości tribologicznych tytanu, głównie za pomocą metod inżynierii powierzchni, jak implantacja jonów, azotowanie i osadzanie cienkich odpornych na zużycie warstw. Jednakże długoterminowe obserwacje powierzchni tarcia implantów wykazały niebezpieczeństwo lokalnych zniszczeń i rozwarstwienia cienkich warstw co intensyfikuje zużycie i może powodować potrzebę reimplantacji. Dodatek grafitu do tytanu, dla zmniejszenia współczynnika tarcia i zwiększenia odporności na zużycie, może dać wieloskładnikowy materiał, który nie będzie posiadał wymienionych wad [6-8].

THE INFLUENCE OF SINTERING TEMPERATURE ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF TITANIUM-GRAPHITE COMPOSITES

PIOTR DEPTUŁA, JAN R. DĄBROWSKI*

BIAŁYSTOK TECHNICAL UNIVERSITY,
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING,
45C WIEJSKA STR. 15-351 BIAŁYSTOK, POLAND
*MAILTO: JRD@PB.EDU.PL

[Engineering of Biomaterials, 89-91, (2009), 140-142]

Introduction

Titanium and its alloys are considered to be the most prospective metallic biomaterials due to the unique combination of good mechanical properties and biocompatibility in human tissue environment. Titanium and its alloys are widely used in medical applications, e.g. in manufacture of reconstructive elements for fixing of bone fragments, prosthetic implants, and joint endoprostheses [1-3]. The use of titanium alloys as bearing surfaces in total human replacements is limited by very poor tribological properties and wear resistance. This is a serious fault on this type of implant alloys, which significantly limit their application in biotribological systems (joints, dental system) [4]. Numerous research are focused on modification of titanium tribological properties mainly by means of surface engineering methods, like ion implantation, nitriding processes and deposition of thin wear resistance coatings. However, the long term observation of implants with surface treated friction elements showed the danger of local damage and delamination of hard layer which intensified materials wear and might cause necessity of revision surgery. The addition of graphite to lower the friction coefficient and increase wear resistance could produce a multi-component material that overcomes these disadvantages [5].

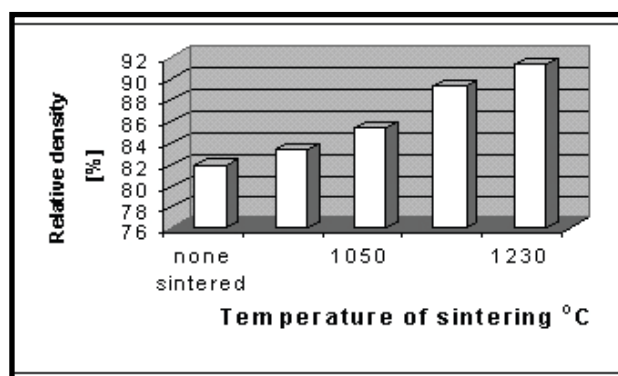
Celem prezentowanej pracy były badania materiałów kompozytowych na bazie tytanu z dodatkiem grafitu. W pracy badano wpływ modyfikatora na strukturę i właściwości użytkowe takich kompozytów.

Materiały i metodyka badań

Próbki wykonane były metodą metalurgii proszków. Badano materiały kompozytowe na bazie tytanu z dodatkiem 10% i 20% grafitu (Ti+C). Proszki czystego tytanu o rozmiarze ziaren poniżej 150 μ m oraz proszki grafitu były mieszane, prasowane na zimno pod ciśnieniem 500MPa i spiekane przez 3 godziny w próżni, w temperaturach 950, 1050, 1150 i 1230°C.

Mikrostruktura materiałów badana była przy pomocy skaningowego mikroskopu elektronowego Hitachi S-3000N. Badania twardości wykonano metodą Brinella, pomiary mikrotwardości badane były metodą Vickersa przy pomocy optycznego mikroskopu NEOPHOT-21.

Wyniki i dyskusja



RYS.1. Wpływ temperatury spiekania na zagęszczalność kompozytów Ti+10%C.
FIG.1. Influence of sintering temperature on Ti-10%C composites density.

Wypraski kompozytów z dodatkiem grafitu przed spiekaniem charakteryzowały się dobrą zagęszczalnością. Gęstość względna wyprasek była na poziomie 83% (RYS.1). Ten fakt można wytłumaczyć dobrymi właściwościami smarowymi grafitu podczas procesu prasowania. Gęstość materiałów po spiekaniu rosła wraz ze zwiększającą się temperaturą w procesie spiekania (RYS.1).

Największą zagęszczalność posiadał materiał spiekany w temperaturze 1230°C. To wskazuje na reakcje pomiędzy składnikami kompozytów w trakcie spiekania.

Mikrostruktura materiałów kompozytowych spiekanych w różnych temperaturach potwierdza ten fakt. W wyniku dyfuzji na granicy między fazami tytanu i grafitu pojawiła się nowa faza. RYS.2 pokazuje, że interakcje pomiędzy metaliczną osnową i modyfikatorem podczas spiekania obserwowane były we wszystkich badanych temperaturach spiekania.

Ilość nowej fazy – węglika tytanu rosła wraz ze wzrostem temperatury spiekania. Największą dyfuzję węgla zaobserwowano dla temperatury spiekania 1230°C.

Pomiędzy strukturą i twardością

The goal of the present investigation was to research the composite materials based on titanium powder with the addition of graphite. This study examined the influence of modifiers on the structure and functional properties of a such titanium composites.

Materials and method

Specimens were manufactured by means of powder metallurgy method. The composite materials based on titanium powder with 10% and 20% volume fraction of graphite (Ti+C) were investigated. Commercially pure titanium powder with the the particle size below 150 μ m with graphite were mixed, cold compacted under pressure of 500MPa, and sintered for 3 hour in vacuum at the temperature of 950, 1050, 1150 and 1230°C.

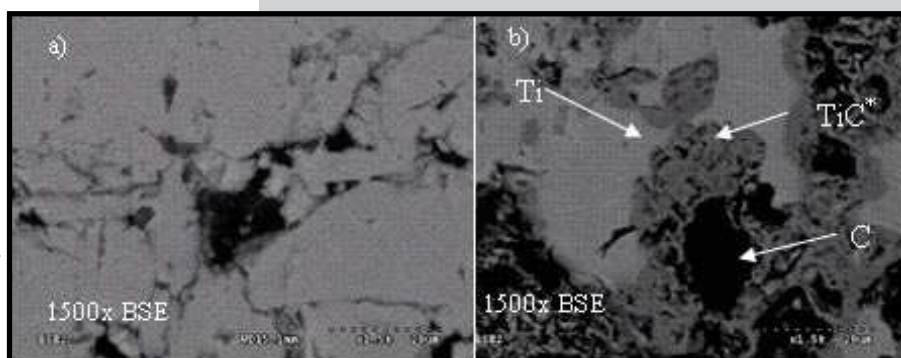
The microstructure of the composite materials was observed by means of scanning electron microscope Hitachi S-3000N. Hardness was measured by Brinell method, micro-hardness was measured by Vickers method with the optical microscope Neophot-21.

Results and discussion

The green specimens of composites with graphite addition before sintering were characterized by good compactibility. The relative density of received molder was about 83% (FIG.1). This fact could be explained by good lubricating effect of graphite during compaction process. Subsequently, material density increased as result of increasing temperature of sintering process (FIG.1). The biggest compactibility has material before sintering in 1230°C. It indicates the possibility of thermally activated reaction between components during sintering.

The microstructures of the composite materials titanium modifiers sintered under different temperatures confirmed this fact. As result of diffusion the new phase titanium carbide appeared on the border between titanium grains and graphite. FIG.2. showed that interactions between the metallic basis and modifier during sintering were observed in the whole range of investigated temperatures. The volume of titanium carbide increased with the increase temperature of sintering. Highest diffusion of carbon to titanium was noticed during sintering under the temperature of 1230°C.

A good correlation has been found between structural analysis and hardness of investigated composites. The results of macro-hardness measured by Brinell method as well as the average micro-hardness of material showed the significant influence of sintering temperature on composite properties. The macrohardness of titanium-graphite



RYS.2. Mikrostruktury kompozytów spiekanych w temperaturze: a) 950°C, b) 1230°C.
FIG.2. Microstructures of composites sintered under the temperature of: a) 950°C, b) 1230°C.

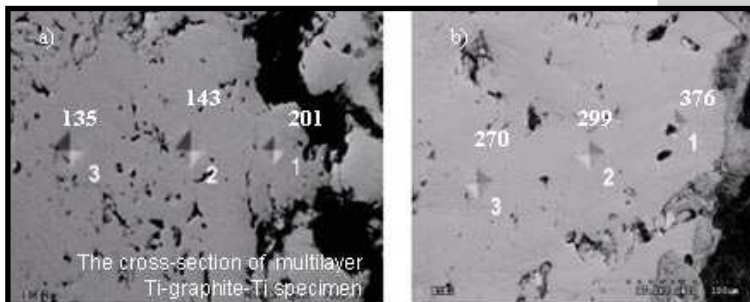
kompozytów znaleziono zależność. Wyniki badań twardości metodą Brinella jak i średnie wyniki mikrotwardości materiałów pokazały wpływ temperatury spiekania na właściwości kompozytów. Twardość kompozytu spiekanego w temperaturze 950°C wyniosła 90HB, podczas gdy twardość czystego tytanu wynosi 83,4HB. Twardość kompozytu spiekanego w temperaturze 1230°C była zbliżona do twardości stali wysoko węglowej (RYS.3). Wpływ temperatury spiekania na średnią wartość mikrotwardości kompozytów był bardziej istotny. Uzyskane wyniki pokazują interakcje pomiędzy metaliczną osnową i modyfikatorem podczas spiekania (RYS.4).

Bardzo optymistyczne wyniki badań wstępnych otrzymanych kompozytów stanowią ważną argumentację dla kontynuacji tych badań, szczególnie właściwości mechanicznych i charakterystyk tribologicznych.

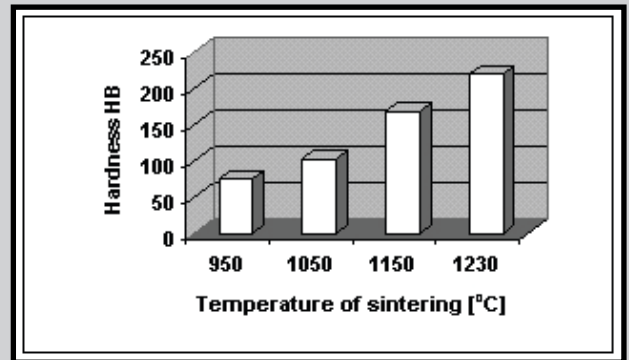
Podsumowanie

Ostatnie badania wskazują, że metalurgia proszków daje duże możliwości w produkcji nowych materiałów do zastosowań biomedycznych. Materiały kompozytowe na bazie tytanu z dodatkiem grafitu mają złożoną strukturę, będącą rezultatem oddziaływania pomiędzy tytanem i modyfikatorem podczas spiekania.

Zaobserwowany został znaczący wpływ temperatury spiekania na twardość kompozytów. Dodatkowo obecność cząstek węgla tytanu powinna mieć wpływ na spójność i właściwości materiałów kompozytowych na bazie tytanu. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że grafit korzystnie wpływa na właściwości kompozytów na bazie tytanu. Dodatek grafitu zmienia warunki tarcia, zmniejsza współczynniki tarcia i zużycie podczas tarcia. Badania wstępne wskazują, że wzrost zawartości grafitu (do 20%) korzystnie wpływa na obniżenie oporów ruchu i zużycia takich materiałów. Ocena właściwości mechanicznych i charakterystyk tribologicznych otrzymanych kompozytów będzie przedmiotem dalszych badań.



RYS.4. Wpływ dyfuzji węgla na mikrotwardość (HV_{0,1}) próbek tytanowych spiekanych w temperaturze: a) 950°C, b) 1230°C.
FIG.4. Influence of carbon diffusion on microhardness (HV_{0,1}) of titanium samples sintered under the temperature of: a) 950°C, b) 1230°C.



RYS.3. Wyniki pomiarów twardości kompozytów Ti+10%C.

FIG.3. Results of hardness measurements for Ti+10%C composites.

composites sintered under the temperature of 950°C approximated about 90HB, whereas hardness of pure bulk titanium amounts to 83,4HB. The hardness value of the composites with graphite sintered under 1230°C was similar to the high-carbon normalized steel (FIG.3).

The effect of sintering temperature on average microhardness of composites was even more substantial. Obtained results showed interactions between the metallic basis and modifier during sintering (FIG.4). The Vickers impressions and microhardness values are showed on these pictures.

Very optimistic results of the preliminary researches received composites, proclaim important argumentation for continuation this researches, especially mechanical properties and tribological characteristics.

Conclusion

The recent research showed that powder metallurgy method offers the possibility of producing a new materials for biomedical applications. Composite materials on the basis of titanium with graphite additions have a compound structure as result of reaction between the titanium and modifier during sintering process.

The significant strengthening effect of sintering temperature on composite hardness was observed. Additionally, the presence of graphite phase, appearing in-situ, should have a good influence on cohesion and properties of titanium based composite materials.

On the grounds of the obtained results it can be claimed that graphite yield good influence on titanium based composite materials. The graphite addition changed the friction conditions and ensured a significant decrease of the motion resistance and wear during friction. Preliminary researches shows that increase the volume fraction of graphite (up to 20%) favorably influence on decrease motion resistance and wear this type of composites. Estimation mechanical properties and tribological characteristics received composites will be a object for further research.

Piśmiennictwo

- [1]. Katti K.: Biomaterials in total hip replacement, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 39 (2004), s. 133-142.
- [2]. Kohn D.H.: Metals in medical applications. Current Opinion in Solid State and Materials Science (1998): 309-316.
- [3]. Long M., Rack H.J.: Review: Titanium alloys in total joint replacement - a materials science perspective. Biomaterials 19 (1998): 1621-1639.

References

- [4]. Bylica A., Sieniawski J.: Tytan i jego stopy. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1985
- [5]. Liu X., Chu P.K., Ding C.: Surface modification of titanium, titanium alloys, and related materials for biomedical applications. Materials Science and Engineering R7 (2004): 49-121.