

**Maciej HAJDUGA**, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała  
**Bolesław KALUKIN**, Akademia Techniczno-Humanistyczna / Firma Biomedyczna,  
Bielsko-Biała / Sędziszów Małopolski  
**Aldona KALUKIN**, Akademia Techniczno-Humanistyczna / Firma Biomedyczna,  
Bielsko-Biała / Sędziszów Małopolski

## BIOZGODNOŚĆ STOPÓW PROTETYCZNYCH W FUNKCJI CZASU

Streszczenie. Od przeszło 3000 lat główną grupą materiałów, przeznaczonych do implantacji w organizmie ludzkim są metale i ich stopy. W ostatnim stuleciu najczęściej używana była i jest do dzisiaj implantacyjna stal austenityczna. W ostatnich 30 latach częściowo wyparły ją stopy niklu, kobaltu czy tytanu.

Jedną z funkcji, mających wpływ na biogodność materiału jest czas przebywania konstrukcji w agresywnym środowisku płynów ustrojowych. Autorzy podjęli próbę określenia zakresu zmian w materiałach metalicznych, po długotrwałej implantacji w jamie ustnej.

Celem pracy jest określenie wpływu czasu użytkowania na zmianę właściwości materiałowych stopów stomatologicznych. W jej zakresie mieszczą się mikroskopowe badania metalograficzne, mikroanaliza rentgenowska oraz badania mikrotwardości.

Wstępna analiza wyników potwierdza tak szerokie rozpowszechnienie implantacyjnej stali austenitycznej.

### 1. WSTĘP

Materiały stosowane w organizmie ludzkim powinny oprócz odpowiednich właściwości mechanicznych cechować się wysoką biogodnością. Czyni je to przydatnymi w leczeniu i rehabilitacji człowieka [1].

Pierwszym etapem produkcji materiałów biokompatybilnych, jest nadanie im pożądanych cech mechanicznych, aby mogły bezpiecznie pracować w warunkach określonych obciążeń [2]. Tak zaprojektowany materiał poddaje się cyklowi testów biologicznych, mających określić jego wpływ na żywy organizm [1]. Pozytywny rezultat tych testów, pozwala na wprowadzenie materiału do obrotu, jako wyrób medyczny.

Jednak wysoce agresywne środowisko organizmu, może powodować zmiany w konstrukcji, związane z czasem ekspozycji. Dodatkowym czynnikiem ryzyka obarczone są materiały przewodzące ładunek elektryczny (materiały metaliczne). Projekt gotowej konstrukcji powinien wykluczać lub przynajmniej minimalizować możliwość wystąpienia ogniw galwanicznych [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Obszary w organizmie, zawierające płyny ustrojowe są szczególnie narażone na skutki reakcji elektro-chemicznych [3, 4, 5, 6, 7, 9].

Transport masy pomiędzy stopem a organizmem, może być powodem wielu groźnych schorzeń, jak również niekorzystnie wpływać na właściwości mechaniczne konstrukcji [10, 11, 12].

Badania materiałów metalicznych w funkcji czasu użytkowania, są istotne w określeniu stopnia zmian założonych pierwotnie parametrów, tak mechanicznych jak i biologicznych [13, 14].

Wyniki takich badań wyznaczają kierunek zmian w projektowaniu materiałów dla medycyny.

## 2. BADANIA WŁASNE

Analizie poddano części metaliczne oraz niemetaliczne użytkowanych uzupełnień protetycznych. Do badań przeznaczono część „protezy szkieletowej” (rys. 1) po pięcioletnim okresie użytkowania, sporządzonej ze sprężysto-twardego stopu protetycznego, o składzie chemicznym według danych producenta, podanym w wagowych procentach: Co – 64.8, Cr – 28.5, Mo – 5.3, Si, Mn i C – poniżej 1%. Przedmiotem analizy były również elementy „mostów protetycznych” (rys. 2 i 3) po ponad 20-to letnim przebywaniu w jamie ustnej. W czasie ich produkcji, materiałem wykorzystywanym do wykonywania części metalicznych takich konstrukcji była austenityczna stal implantacyjna AISI 316L. Stąd celem opisu stanu początkowego przyjęto skład chemiczny tej stali w procentach wagowych: Fe – 68.5, Cr – 17, Ni – 12, inne 2.5 [15].



Rys. 1. Widok ogólny „protezy szkieletowej”



Rys. 2. Część „mostu protetycznego”, przeznaczona do badań i opisana jako – **stal 1**

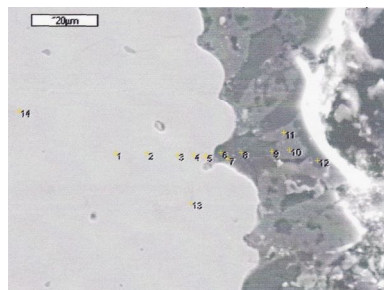


Rys. 3. Część „mostu protetycznego”, przeznaczona do badań i opisana jako – **stal 2**

Nadmienić należy również, iż materiał badawczy opisany jako stal 1 i stal 2, pochodził od różnych pacjentów.

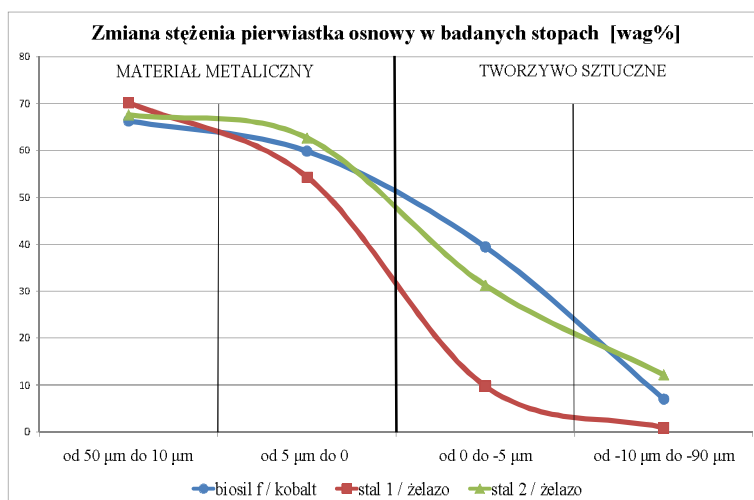
## 3. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Analizę zmian stężeń pierwiastków dokonano na przekrojach poprzecznych, badanych próbek w punktach mikroanalizy RTG, jak przykładowo przedstawiono na rysunku 4, analogicznie dla każdego z materiałów.



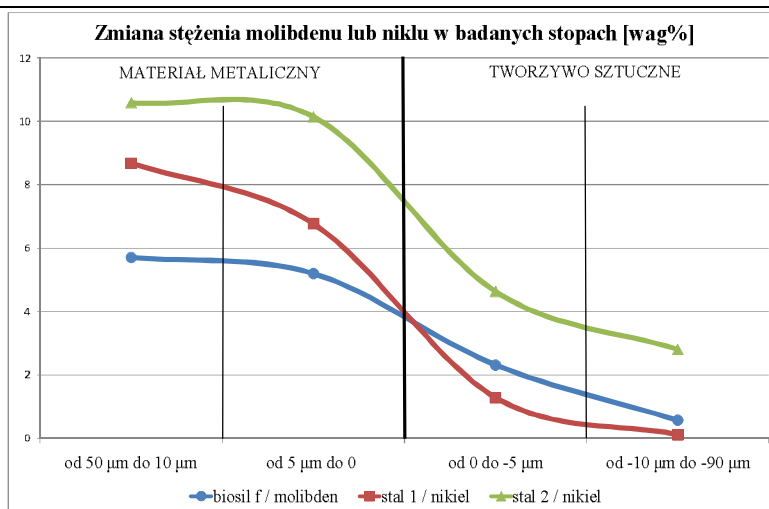
Rys. 4. Obraz z mikroskopii skaningowej dla stali 1, widoczne punkty mikroanalizy RTG, pow 1000x

Dla potrzeb analitycznych, dokonano podziału obszaru badawczego na cztery strefy, będące obrazem zakresu analizy w funkcji odległości od obserwowalnej granicy pomiędzy materiałem metalicznym a niemetalicznym. Stąd wyniki w strefach granicznych należy traktować jako informację o zmianach a nie o rzeczywistym stężeniu pierwiastka w danym punkcie pomiaru. Wyniki w poszczególnych strefach uśredniono. Zmiany stężeń, tak pierwiastków bazowych (żelaza czy kobaltu) jak również dodatków stopowych niklu lub molibdenu zachowują się w sposób oczekiwany (rys. 5, 6).

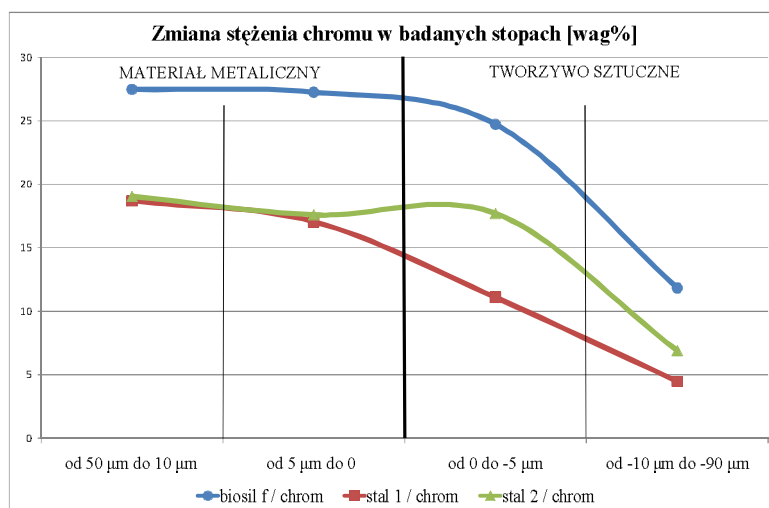


Rys. 5. Zmiana stężenia pierwiastka bazowego (kobaltu lub żelaza) dla badanych stopów wyrażona w [wag%]

Wysokie stężenie w częściach metalicznych (Co~66%, Fe~69%) i zanikające w częściach z tworzywa (Co~7%, Fe~5%), informują o transporcie masy pomiędzy częściami uzupełnień protetycznych, co obrazuje również wymianę ze środowiskiem zewnętrznym, ale na niewielkim obszarze w okolicy granicy materiałów.



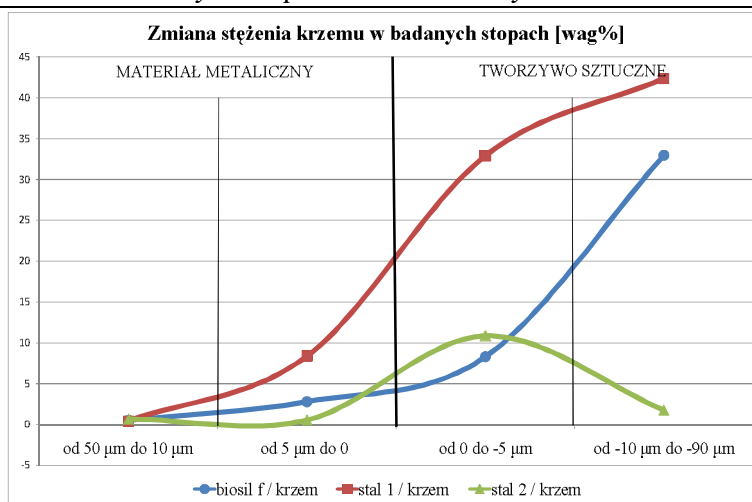
Rys. 6. Zmiana stężenia pierwiastków będących dodatkami stopowymi (molibdenu lub niklu) wyrażona w [wag<sup>0</sup>%]



Rys. 7. Zmiany stężenia chromu w badanych stopach wyrażona w [wag<sup>0</sup>%]

W przypadku chromu (rys. 7), niepokojąco wysokie stężenie rejestrowano w strefie oddalonej więcej niż 10  $\mu\text{m}$  od widocznej granicy materiałów. Są to wartości rzędu 5 do 12 procentów wagowych, przy stężeniu wyjściowym od 18 do 28 [wag<sup>0</sup>%]. Przy niskich wartościach stężeń innych pierwiastków metalicznych, stan taki świadczy o dużym transporcie masy. Pierwiastek ten stanowiący nieocenione zabezpieczenie przed korozją, może przedostawać się do organizmu, wywołując zaburzenia związane z jego podwyższonym stężeniem.

Zawartość krzemu, będącego wyznacznikiem pojawienia się tworzywa sztucznego rośnie wraz z oddalaniem się od granicy ze stopem protetycznym (rys. 8). Odmienne wyniki w przypadku materiału opisanego jako stal 2, jest wynikiem śladowych ilości tworzywa sztucznego w próbce, co widać na rysunku 3.



Rys. 8. Zmiana stężenia krzemu w badanych stopach wraz z odległością w [wag%]

#### 4. WNIOSKI

1. W przypadku zastosowania stopu protetycznego w połączeniu z tworzywem sztucznym, występuje transport masy pomiędzy materiałami w funkcji czasu.
2. Transport masy nie zależy od zastosowanego stopu protetycznego.
3. Niezależnie od zastosowanego stopu protetycznego, rejestrowane jest wysokie stężenie chromu w tworzywie sztucznym.
4. W przypadkach stosowania materiałów metalicznych na konstrukcje protetyczne, występuje niebezpieczeństwo przedostania się pierwiastków ciężkich do organizmu.
5. Badane stopy protetyczne spełniły założenia konstrukcyjne.
6. Najślabszym ogniwem w protetycznych konstrukcjach złożonych są materiały pośrednie, stosowane jako łącznik pomiędzy tworzywem sztucznym a stopem.

#### LITERATURA

- [1] J. Marciniak, Biomateriały, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002
- [2] K. Przybyłowicz, Metaloznawstwo, Wydanie piąte poprawione i uzupełnione, WNT, Warszawa 1992, 1994, 1996
- [3] M. Hajduga, A. Kalukin, B. Kalukin, „Odporność korozyjna stopów metalicznych na bazie kobaltu w obecności płynu ustrojowego”, Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej Zakładu Mechaniki Ogólnej i Biomechaniki 01/2007 „Aktualne problemy biomechaniki”, Wydawnictwo Katedry Mechaniki Stosowanej, Gliwice 2007, s. 39-44
- [4] M. Hajduga, A. Kalukin, B. Kalukin, „Odporność korozyjna stopów dentystycznych”, Ochrona przed korozją – wydanie specjalne 11s/A/2007, Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych SIGMA-NOT Spółka z o.o., Gliwice 2007, s. 187-191
- [5] M. Hajduga, A. Kalukin, B. Kalukin, IV Konferencja Naukowa „Majówka Młodych Biomechaników 2007” Szczyrk, 2007, sesja 3 – ref. 1
- [6] M. Hajduga, A. Kalukin, B. Kalukin, VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Inżynieria Stomatologiczna – Biomateriały”, Ustroń, 2007, ref. 37

- [7] M. Hajduga, A. Kalukin, B. Kalukin, XIII Ogólnopolskie Sympozjum Naukowo – Techniczne „Nowe Osiągnięcia w Badaniach i Inżynierii Korozyjnej”, Poraj, 2007, piątek – sala A, ref. 2
- [8] St. Błażewicz, L. Stoch, Biomateriały, Tom 4, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa 2003
- [9] E. C. Combe, Wstęp do materiałoznawstwa stomatologicznego, Wydawnictwo Medyczne Sanmedica, Warszawa, 1977
- [10] M. Hajduga, B. Kalukin, A. Kalukin, V Konferencja Naukowa „Majówka Młodych Biomechaników 2008”, Szczyrk, 2008, sesja 3 – ref. 1
- [11] B. Kalukin, A. Kalukin, M. Hajduga, IX Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Inżynieria Stomatologiczna – Biomateriały”, Ustroń, 2008, ref. 21
- [12] M. Hajduga, B. Kalukin, A. Kalukin, „*Odporność korozyjna stopów metalicznych na bazie kobaltu w obecności płynu ustrojowego*”, Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej Zakładu Mechaniki Ogólnej i Biomechaniki 02/2008 „Aktualne problemy biomechaniki”, Wydawnictwo Katedry Mechaniki Stosowanej, Gliwice 2008, s. 59-64
- [13] M. Hajduga, B. Kalukin, A. Kalukin, IX Seminarium Naukowe „Mechanika w Medycynie”, Rzeszów – Boguchwała, 2008, ref. 21
- [14] M. Hajduga, A. Kalukin, B. Kalukin, „*Ocena protezy dentystycznej po aplikacji w organizmie żywym*”, Mechanika w Medycynie 9, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2008, s. 85-90
- [15] H. Leda, Materiały w budowie maszyn i aplikacjach medycznych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2008

## BIOCOMPATIBILITY OF PROSTHETIC ALLOYS AS A FUNCTION OF TIME

Summary. From 3000 years the majority of materials made for implantation in the human body are metals and alloys. In the last century the most commonly used was steel austenitic implantation. In the past 30 years, it was partly replaced by nickel alloys, cobalt alloys and titanium. One of the functions having the affect on biocompatibility of material is time of construction in aggressive environment, body fluids. The authors undertook an attempt to determine the extent of changes in the metallic materials after long-term implantation in the oral cavity. The aim of this work is to determine the effect of time for a change of using the material used in dental alloys. In this field there are metallographic microscopic examinations, X-ray microanalysis and micro hardness. Preliminary analysis of the results confirms such a wide spread of implantation austenitic steel.