

Wykorzystanie metali i ich stopów w protetyce stomatologicznej

The use of metals and their alloys in dental prosthetics

Joanna Smardz¹, Monika Skowron¹, Wojciech Florjański²

¹ Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu

² Uczestnik Studiów Doktoranckich w Katedrze i Zakładzie Protetyki Stomatologicznej,

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu

Kierownik: dr hab. *W. Więckiewicz*, prof.nadzw.

HASŁA INDEKSOWE:

protetyka stomatologiczna, metale, stopy metali

KEY WORDS:

dental prosthetics, metals, alloys

Streszczenie

W protetyce stomatologicznej znajdują zastosowanie zarówno metale szlachetne, jak i nieszlachetne. Główną różnicą pomiędzy metalami szlachetnymi a nieszlachetnymi jest ich biokompatybilność oraz odporność korozyjna. Wśród metali szlachetnych stosowanych w protetyce stomatologicznej możemy wymienić złoto, platynę, pallad, iryd i ruten. Wśród metali nieszlachetnych zastosowanie w stomatologii znajdują nikiel, chrom, kobalt, molibden, żelazo, tytan, wanad, glin, niob, tantal, wolfram. Częściej wykorzystuje się stopy metali, w wielu wypadkach wykazujące, w porównaniu z czystymi metalami, znacznie lepsze własności mechaniczne. Zaproponowano wiele podziałów stopów ze względu na ich skład, zastosowanie, mikrostrukturę, temperaturę topnienia oraz możliwość rozpuszczenia poszczególnych składników w stopie. Najczęściej wykorzystywany jest podział stopów wg ADA – dzielący je na wysokoszlachetne, szlachetne i nieszlachetne ze względu na procentowy skład złota. W protetyce stomatologicznej stosuje się przede wszystkim stopy złota, stopy srebro-palladowe, stopy na bazie chromu i kobaltu oraz stal chromowo-niklową.

Summary

The metals used in dental prosthetics can be divided into noble and base. The main advantage of noble metals over base metals is their biocompatibility and resistance to corrosion. We can include gold, platinum, palladium iridium and ruthenium to the noble metals. Among base metals used in dentistry we can mention nickel, chromium, cobalt, molybdenum, iron, titanium, vanadium, aluminum, niobium, tantalum, tungsten. Mainly alloys – mixture of metals are used instead of pure metals because they have better mechanical properties. There are many divisions of alloys in order to their composition, use, microstructure, melting point and the ability to dissolve the individual components in the alloy. The most commonly used is the division of alloys according to ADA – dividing them into high noble, noble and base due to the percentage composition of gold. In dental prosthesis gold alloys, silver-palladium alloys, chromium and cobalt alloys and stainless steel are used.

Wstęp

W protetyce stomatologicznej znajdują zastosowanie liczne metale zarówno szlachetne, jak i nieszlachetne. Metale szlachetne to zwyczajowa nazwa metali odpornych chemicznie, do których zalicza się platynowce oraz dwa metale z grupy miedziowców: złoto i srebro. Są to również metale, które w szeregu napięciowym przyjmują wartości dodatnie czyli mają dodatni potencjał standardowy. Metale szlachetne prawie nie ulegają korozji w warunkach otoczenia ze względu na to, że słabo reagują z innymi pierwiastkami. Nie rozpuszczają się w większości kwasów i w wodzie, są odporne na działanie stężonego kwasu solnego i innych kwasów beztlenowych. Większość metali szlachetnych można rozpuścić jedynie w wodzie królewskiej – mieszaninie kwasu solnego i azotowego.^{1,2} Do zalet wykorzystania metali szlachetnych w protetyce stomatologicznej zalicza się przede wszystkim ich biokompatybilność.³⁻⁴ Metale szlachetne mające zastosowanie w wykonawstwie prac protetycznych to: złoto, platyna, pallad, iryd i ruten. Srebro w metalurgii zaliczane jest do grupy metali szlachetnych, jednak z uwagi na wysoką reaktywność w środowisku jamy ustnej zostało włączone przez Amerykańskie Stowarzyszenie Dentystyczne (ADA) do materiałów podstawowych. Metale nieszlachetne zaś w formie elementarnej nie wykazują odporności korozyjnej, za wyjątkiem tytanu, glinu, niobu i tantal. Spośród metali nieszlachetnych wykorzystuje się głównie: nikiel, chrom, kobalt, molibden, żelazo, tytan, wanad, glin, niob, tantal, wolfram.

Czyste metale są rzadko wykorzystywane w protetyce stomatologicznej. Najczęściej stosuje się stopy metali. Nie stworzono dotąd stopu idealnego, który łączyłby wszystkie wymagania stawiane współcześnie stopom. Należą do nich łatwość topnienia, wykonywania odlewu, nieskomplikowana obróbka, odporność na korozję, biogodność, duża wytrzymałość oraz

odpowiednia ciągliwość i twardość. Stop jest zasadniczo połączeniem dwu lub większej ilości pierwiastków chemicznych. Do podstawowych stopów stosowanych w wykonawstwie uzupełnień protetycznych zalicza się stopy metali zarówno szlachetne, jak i nieszlachetne. Charakteryzują się one wiązaniem metalicznym jako jedynym lub występującym oprócz innych rodzajów wiązań. Zaproponowano wiele podziałów stopów.

Podział ze względu na zastosowanie:

- stopy podstawowe (kliniczne),
- stopy pomocnicze (niskotopliwe),
- stopy ćwiczebne (fantomowe).

Podział ze względu na mikrostrukturę:

- stopy jednofazowe,
- stopy wielofazowe.

Podział ze względu na temperaturę topnienia:

- stopy niskotopliwe,
- stopy średniotopliwe,
- stopy wysokotopliwe.

Podział ze względu na możliwość rozpuszczenia poszczególnych składników w stopie:

- homogenne,
- niehomogenne,
- graniczne.

Podział w oparciu o skład stopów:

- stopy złota,
- stopy metali nieszlachetnych.

Obecnie najczęściej stosowany jest podział zaproponowany przez ADA, który uwzględnia zawartość metali szlachetnych w stopie i pozwala na zakwalifikowanie do konkretnych grup również stopów zawierających w swym składzie zarówno metale szlachetne, jak i nieszlachetne:

- stopy niskoszlachetne,
- stopy szlachetne,
- stopy wysokoszlachetne.

W protetyce stomatologicznej najczęściej znajdują zastosowanie stopy złota, stopy srebro-palladowe, stopy na bazie chromu i kobaltu oraz stal chromowo-niklowa.⁵

Złoto i jego stopy

Złoto jest ciężkim, miękkim i błyszczącym metalem będącym najbardziej ciągliwym i kowalnym. Czyste złoto ma jasnożółty kolor i połysk, nie utlenia się w wodzie i powietrzu, ulega natomiast rozтворzeniu w wodzie królewskiej i zasadowych roztworach cyjanku, rozpuszcza się również w rtęci tworząc amalgamat.¹⁻² Złoto nie jest rozpuszczalne w kwasie azotowym, cecha ta była długo wykorzystywana jako test na obecność złota. W medycynie złoto znajduje zastosowanie w leczeniu chorób tkanki łącznej.⁶ Złoto jest również wykorzystywane w stomatologii. Posiada liczne właściwości fizykochemiczne pozwalające na jego wykorzystanie w protetyce stomatologicznej, należą do nich: biokompatybilność w stosunku do otaczających tkanek, właściwości bakteriostatyczne oraz brak reakcji alergicznych. Za występujące reakcje uczuleniowe odpowiedzialne są jedynie dodatki stopowe znajdujące się w stopach złota.⁷ Moduł i współczynnik elastyczności tego metalu są bardzo zbliżone do szkliwa zębów naturalnych. Złoto cechują: elastyczność, wytrzymałość, kowalność i odporność na korozję, łączy się ono w stopach z innymi metalami. W protetyce stomatologicznej znajdują zastosowanie przede wszystkim stopy złota, a do określenia zawartości czystego złota w stopie mają zastosowanie tzw. „próby złota”. Stopy złota określa się za pomocą systemu karatowego lub próby tysięcznej. System karatowy polega na określeniu czystego 100% złota 24 karatami, stop zawierający 50% złota będzie więc oznaczony 12 karatami i odpowiednio stop zawierający 75% złota będzie posiadał oznaczenie 18 karatów (tab. I). W protetyce stomatologicznej czyste złoto poza małymi wyjątkami nie znajduje zastosowania.⁸ Stosuje się złoto o karatowości 18, 20 i 22 karaty. Stopy złota można podzielić na kilka grup. Pierwszy podział określa szlachetność stopów.

T a b e l a I. Próba karatowa w zależności od zawartości procentowej złota

Próba karatowa	Zawartość Au w %
24	100
23	95,81
22	91,65
21	87,48
20	83,32
19	79,12
18	75,00
17	70,81
16	66,65
15	62,49
14	58,32
13	54,15
12	49,99
11	45,82
10	41,66

Według klasyfikacji ANSI – ADA wyróżnia się następujące grupy stopów:

- stopy wysokoszlachetne - zawierają wagowo przynajmniej 60% metali szlachetnych, w tym 40% Au,
- stopy szlachetne – zawierające co najmniej 25% metali szlachetnych,
- stopy o przewodze metali nieszlachetnych – zawierają mniej niż 25% metali szlachetnych (tab. II).

Drugi podział dotyczy twardości stopów. Wyróżnia się stopy twarde, średniotwarde i miękkie. Na twardość, sprężystość i temperaturę topnienia stopów złota mają wpływ dodawane w odpowiednich proporcjach dodatki stopowe. Do złota najczęściej dodaje się pallad i nikiel. Pallad zwiększa twardość stopu i odpowiada za zmianę koloru stopu na srebrny, nikiel natomiast prócz wyżej wymienionych cech

Tabela II. Stopy metali – kryteria podziału według ANSI/ADA (American National Standards Institute/ American Dental Association)

Rodzaj stopu	Zawartość złota (% wagowy)	Zawartość metali szlachetnych
Wysoko szlachetny	> 40 %	> 60 %
Szlachetny	Nieokreślona	> 25 %
O przewodze metali nieszlachetnych	Nieokreślona	< 25 %

zwiększa także sprężystość stopu. Innymi metalami wykorzystywanymi jako dodatki stopowe są miedź, srebro i cynk, kobalt, tytan, cyna i ind.⁶ W protetyce stomatologicznej wykorzystywane jest złoto galwaniczne, wykonane na jego bazie podbudowy prac protetycznych posiadają grubość 0,2-0,4 mm. Dzięki temu można na nią napalić większą ilość ceramiki, co zapewnia doskonałą estetykę. Struktury wykonane galwanicznie cechuje duża wytrzymałość i dobra szczelność brzeżna w porównaniu z tradycyjną metodą odlewniczą. Pomiędzy złotem galwanicznym, a stosowanym w odlewnictwie występuje różnica w strukturze krystalicznej. Złoto galwaniczne jest dzięki temu twardsze, co pozwala na możliwość jego większego obciążenia.⁸⁻¹² W protetyce stomatologicznej złoto można stosować do wykonywania zarówno uzupełnień protetycznych stałych, jak i ruchomych.

Stopy srebro-palladowe

Srebro jest pierwiastkiem chemicznym z grupy metali przejściowych. Cechuje je srebrzystobiała barwa oraz największa wśród metali przewodność elektryczna i termiczna. Jest metalem bardzo ciągliwym, kowalnym i nieco twardszym od złota, ma właściwości bakteriobójcze. Pallad natomiast należy do grupy niklowców. Również jest lśniącem, srebrzystobiałym, ciągliwym i kowalnym metalem.¹⁻² Stop srebro-palladowy zawiera 45% srebra, 24% palladu, 15% złota, 15% miedzi, 1% cynku, może również zawierać niewielką ilość

indu. Stop ten należy do grupy stopów szlachetnych wykazujących się dużą odpornością na korozję i zmatowienie ze względu na zawartość palladu.¹³ Charakteryzuje się bardzo szybkim twardnieniem podczas obróbki mechanicznej, przez co struktury z niego odlane mogą wykazywać większą łamliwość. Stopów zawierających duże ilości srebra nie należy stosować w przypadku bezpośredniego kontaktu ze środowiskiem jamy ustnej, ponieważ utlenia się pod wpływem działania siarki i chloru.^{6,14} W połączeniu z palladem w 15-30% zachowuje się jak 18-karatowe złoto, lecz nie dorównuje mu właściwościami.¹⁵ Stopy srebro-palladowe są wykorzystywane do wykonywania wkładów koronowo-korzeniowych oraz ćwieków do licówek ceramicznych.

Stopy kobaltowo-chromowe

Kobalt jest lśniącem, srebrzystym metalem z grupy przejściowej. Cechują go własności ferromagnetyczne. Chrom metaliczny natomiast jest srebrzystobiałym metalem z grupy przejściowej, który pod wpływem powietrza ulega zjawisku pasywacji, w wyniku którego na jego powierzchni powstaje warstwa tlenku chromu, która zapewnia ochronę przed korozją. Rozpuszcza się w rozcieńczonym kwasie siarkowym i solnym, natomiast w kwasie azotowym niezależnie od jego stężenia ulega pasywacji.^{1-2,16} Stopy kobaltu nazywane są stellitami. Cechuje je srebrzystobiała barwa, mają gęstość ok. dwa razy mniejszą od stopów złota. Temperatura topnienia stellitów jest

Tabela III. Wpływ poszczególnych metali na właściwości stopu Co-Cr

Kobalt	Zwiększa twardość i wytrzymałość, przewodność cieplną i elektryczną oraz odporność na działanie wysokich temperatur stopu.
Chrom	Podnosi wytrzymałość na zmiany kształtu oraz odporność na korozję.
Molibden	Zwiększa twardość i wytrzymałość stopu. Ogranicza żaroodporność stopu.
Wolfram	Zwiększa twardość i wytrzymałość stopu. Ogranicza żaroodporność stopu.
Nikiel	Obniża twardość, wytrzymałość oraz temperaturę topnienia stopu. Zwiększa przewodność cieplną i elektryczną stopu.
Żelazo	Obniża twardość i wytrzymałość stopu.
Beryl	Odpowiada za ujednorodnienie stopu.

zróżnicowana i waha się w granicach 1300-1435 st. C. Konwencjonalne stelly zawierają w swoim składzie ok. 60% kobaltu, 30% chromu, zmienną (4-17%) zawartość wolframu i około 0,1-3,2% węgla. Stopy stosowane w medycynie zawierają w swoim składzie 60% kobaltu, 30% chromu, 6-8% molibdenu, a pozostałe 2% stanowią inne dodatki stopowe. Najbardziej znane stopy Co-Cr to Cobaltium i Vitalium. Stelly mają wielofazową budowę i są najtwardszymi spośród stopów dentystycznych. Są odporne na ścieranie i rozciąganie, a ich stopień wytrzymałości na rozciąganie pod wpływem sił zewnętrznych jest jedynie nieco niższy niż w przypadku utwardzonych stopów złota. Należą do materiałów, w których odporność na ścieranie jest zależna od twardości stopu. Dodatki poszczególnych metali w stellitach mają wpływ na określone cechy stopu. (tab. III). Obróbka stellitów może być trudna i najczęściej prowadzona jest za pomocą narzędzi tnących zawierających w swym składzie węgliki spiekane w połączeniu z polerowaniem elektrolitycznym oraz mechanicznym. Stopy te wykazują doskonałą odporność na utlenianie i korozję, dlatego z dużym powodzeniem mogą być stosowane w środowisku jamy ustnej.^{4,5,17,18} Stopy kobaltowo-chromowe są wykorzystywane do odlewania koron, mostów, protez szkieletowych,

wykorzystywane są także w wykonawstwie prac kombinowanych.

Stopy niklowo-chromowe

Nikiel jest pierwiastkiem chemicznym należącym do grupy metali przejściowych. W formie metalicznej jest srebrzystobiałym, lśniąącym trudno korodującym i odpornym na ścieranie metalem. Poniżej temperatury 360 st. C wykazuje właściwości ferromagnetyczne.¹⁻² Stopy metali podatne na korozję uwalniają dużą ilość niklu, co może być przyczyną silnej alergii. Jest najbardziej alergizującym z metali.¹⁹ W Europie Zachodniej uczulenie na ten pierwiastek dotyczy 10% kobiet i 2% mężczyzn.⁷ W skład stopu wchodzi nikiel (70-80%), chrom (10-30%), molibden (6-9%) oraz wolfram, magnez, beryl i inne składniki (do 2%). Stopy niklowo-chromowe cechuje dobra odporność na korozję związana ze zjawiskiem pasywacji chromu, duży moduł sprężystości dzięki któremu minimalna grubość metalu w pracy protetycznej może wynosić 0,3 mm, oraz duża wytrzymałość plastyczna. Stopy te ze względu na małą gęstość i dużą kurczliwość mogą sprawiać trudności w technologicznym procesie odlewania. Są również twarde, co może sprawiać trudności w trakcie obróbki mechanicznej.^{3,15} Stopy niklowo-chromowe są wykorzystywane w wykonawstwie koron, mostów i protez częściowych.

Stal chromowo-niklowa

Stalą nazywamy wszystkie stopy żelaza, w których zawartość węgla wynosi 0,035-1,7%. Stal chromowo-niklowa jest stalą kwasoodporną, stopową. Składa się z 72-74% żelaza, 18-20% chromu, 8-10% niklu oraz około 0,2% węgla. Jest odporna na korozję dzięki wysokiemu potencjałowi elektrycznemu i charakteryzuje się dużą plastycznością. Obróbka chemiczna, mechaniczna oraz dodatki stopowe mają bezpośredni wpływ na bierność chemiczną stali. Stal chromowo-niklową cechuje większa niż w przypadku stopów złota spoistość, dzięki czemu po wypolerowaniu jej powierzchnia uzyskuje trwałą, lustrzaną połyśk. Obecnie znajduje zastosowanie do wyrobu drutu klamrowego, łuków podjęzykowych i tłoczonych płyt podniebiennych. Łączenie elementów stalowych odbywa się sposobem zgrzewalniczo-spawalniczym oraz przez punktowe zgrzewanie oporowe.^{3,15}

Stopy tytanu

Tytan jest pierwiastkiem chemicznym z grupy metali przejściowych. Jest lekki i odporny na korozję, charakteryzuje się także dużą odpornością mechaniczną. Cechuje go najwyższy stosunek wytrzymałości mechanicznej do ciężaru.^{1-2, 16} Tytan jest wykorzystywany w medycynie ze względu na biogodność.⁴ Rzadko zdarzają się reakcje alergiczne na tytan.^{7,20} Do najlepszych cech tego metalu należą biokompatybilność oraz odporność na korozję. Tytan charakteryzuje się również dużą reaktywnością z tlenem, dzięki czemu następuje jego samorzutne pokrycie szczelną warstwą tlenków, która jest nierozpuszczalna w kontakcie ze środowiskiem jamy ustnej. Mały ciężar właściwy tego metalu sprawia, że uzupełnienia protetyczne wykonane z tytanu są czterokrotnie lżejsze od tych wykonanych ze stopów chromowo-kobaltowych i dwukrotnie lżejsze od uzupełnień ze złota. Uzupełnienia wykonane z tytanu, ze względu na niższy stopień sprężystości,

powinny być pogrubione o ok. 30-40% w porównaniu z wykonanymi ze stopów metali nie-szlachetnych w celu zachowania odpowiedniej sztywności i odporności na skręcanie.²¹ Stopy tytanu wykazują niskie przewodnictwo cieplne, stanowiące ochronę dla błony śluzowej jamy ustnej. Tytan nie posiada również właściwości magnetycznych. Składnikiem podstawowym stopu jest tytan stanowiący 95% składu, do którego dodaje się złoto, srebro, miedź lub chrom. Ze stopów tytanu można wykonać różne uzupełnienia protetyczne: wkłady, korony, mosty, płyty protez, prace kombinowane oraz wszczepy. W praktyce tytan może sprawiać trudności technologiczne w przetwarzaniu i obróbce.²²

Podsumowanie

Metale i ich stopy znajdują szerokie zastosowanie w protetyce stomatologicznej. Do wykonywania prac protetycznych zdecydowanie częściej wykorzystuje się stopy metali ze względu na ich większą wytrzymałość mechaniczną. Rzadko natomiast wykorzystywane są metale w czystej postaci. Najbardziej pożądanymi cechami metali z punktu widzenia stomatologii jest biogodność i odporność na korozję, dlatego też często używa się metali szlachetnych, które posiadają obie te cechy. Na szczególną uwagę zasługują stopy złota, stopy srebro-palladowe, stopy na bazie chromu i kobaltu, stopy chromowo-niklowe, stal niklowo-chromowa oraz stopy na bazie tytanu, ponieważ są one najczęściej wykorzystywane w wykonawstwie prac protetycznych. Na wytrzymałość i komfort użytkowania pracy protetycznej ma wpływ wiele czynników, w tym dobór odpowiednich materiałów w trakcie jej wykonywania. Dobranie odpowiedniego rodzaju stopu, z którego wykonana będzie praca protetyczna, do warunków panujących w jamie ustnej pacjenta oraz wymagań stawianych wykonywanemu uzupełnieniu protetycznemu, jest niezbędnym elementem planowania leczenia.

Piśmiennictwo

1. *Lee JD*: Wiązanie a struktura, w: *Jurkowska K*, *Zwiężła chemia nieorganiczna*. Wyd. 1. PWN, Warszawa 1997, 89-101.
2. *Bieleński A*: Ciało stałe, w: *Podstawy chemii nieorganicznej*. Wyd. V. PWN, Warszawa 2002, 210-254.
3. *Marciniak J*: *Biomateriały*. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
4. *Hajduga M*, *Kalukin B*, *Kalukin A*: Biozgodność stopów protetycznych w funkcji czasu, *Akt Probl Biomech* 2009; 3: 53-58.
5. *Craig RG*, *Powers JM*, *Wataha JC*: Dentystyczne stopy szlachetne i lutowia, *Stopy nieszlachetne: odlewnicze oraz poddawane obróbce plastycznej* w: *Shaw H*, *Shaw JG*, *Materiały stomatologiczne*, Wyd Med Urban&Partner, Wrocław 2006, 351-399.
6. *Żelazowska R*, *Pasternak K*: Metale szlachetne: srebro (Ag), złoto (Au), Platyna (Pt) w biologii i medycynie. *Bromat Chem Toksykol* 2007; XL, 2: 205-209.
7. *Stwora I*, *Gawlik R*: Alergia w stomatologii. *Annales Academiae Medicae Silesiensis* 2013; 67, 1: 74-77.
8. *Kardasz P*, *Wolanek Z*: *Stopy*, w: *Suchorska-Dubina N*, *Materiałoznawstwo protetyczno-stomatologiczne*. Wyd. II PZWL, Warszawa 1976, 98-163.
9. *Bielecki A*, *Bielecka M*, *Panek H*, *Konopka T*: Złoto w stomatologii – dawniej i współcześnie, *Twój Przegl Stomat* 2005; 12: 26-29.
10. *Jedynak B*, *Szczyrek P*: Zastosowanie techniki galwanoforningu w protetyce stomatologicznej. *Protet Stomatol* 2010; LX, 1: 61-66.
11. *Dąbrowa T*, *Panek H*: Galwanoforningu w protetyce stomatologicznej. *Dent Med Probl* 2004; 41, 3: 27-30.
12. *Pihut M*, *Wiśniewska G*: Galwanoforningu – nowa technologia w technice dentystycznej, *Implantoprotetyka* 2004; 13: 7-10.
13. *Wataha JC*, *Shor K*: Palladium alloys for biomedical devices. *Expert Rev Med Devices* 2010; 7, 4: 489-501.
14. *Drążkiewicz K*, *Lukaszewski M*, *Czerwiński A*: Właściwości elektrochemiczne i charakterystyka powierzchni stopów palladu ze srebrem i miedzią. *Przem Chem* 2010; 89, 9: 1230-1235.
15. *Gołębiewska M*: *Materiałoznawstwo protetyczne*. Wyd. MCML, Białystok 2003.
16. *Greenwood NN*, *Earnshaw A*: *Chemistry of the elements*. Oxford; New York: Pergamon Press, 1984.
17. *Komorek Z*, *Józwiak S*, *Kuchta M*: Wpływ warunków wytwarzania na właściwości mechaniczne stopu stomatologicznego Co-Cr-Mo-C. *Archiwum odlewnictwa* 2006; 6, 18 (2/2): 279-282.
18. *Al Jabbari YS*: Physico-mechanical properties and prosthodontic applications of Co-Cr dental alloys: a review of the literature. *J Adv Prosthodont* 2014; 6, 2: 138-145.
19. *Wataha JC*, *Drury JL*, *Chung WO*: Nickel alloys in the oral environment. *Expert Rev Med Devices* 2013; 10, 4: 519-539.
20. *Fage SW*, *Muris J*, *Jakobsen SS*, *Thyssen JP*: Titanium: a review on exposure, release, penetration, allergy, epidemiology, and clinical reactivity. *Contact Dermatitis* 2016; 74, 6: 323-345.
21. *Koeck B*: Korony i mosty – wyniki badań długookresowych i ich następstwa, w: *Maślanka T*, *Korony i mosty*. Wyd Med Urban&Partner, Wrocław 1999; 365-373.
22. *Jedynak B*, *Mierzwińska-Nastalska E*: Metody przetwarzania tytanu stosowane w protetyce stomatologicznej. *Protet Stomatol* 2013; LXIII, 3: 224-233.

Zaakceptowano do druku: 20.11.2016 r.

Adres autorów: 50-425 Wrocław, ul. Krakowska 26.

© Zarząd Główny PTS 2016.