



## Stopy metali w protetyce dentystycznej

Ł. Reimann<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie,  
email: lukasz.reimann@polsl.pl

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono charakterystykę stopów metali stosowanych w inżynierii stomatologicznej na protezy stałe. Wyszczególniono kryteria które powinny spełniać materiały wykorzystywane w kontaktach z tkanką ludzką. Dokonano podziału stopów metali i porównania ich wybranych własności.

**Abstract:** In work was presented metals alloys characterization which are used in dentistry engineering on constant prosthesis. Were specified criteria which had to be perform by materials used in contact with human tissue. In the work also was done division the metals alloys used in dentistry engineering and compared selected properties.

**Słowa kluczowe:** stomatologia, stopy metali szlachetnych, alergienność metali

### 1. WSTĘP

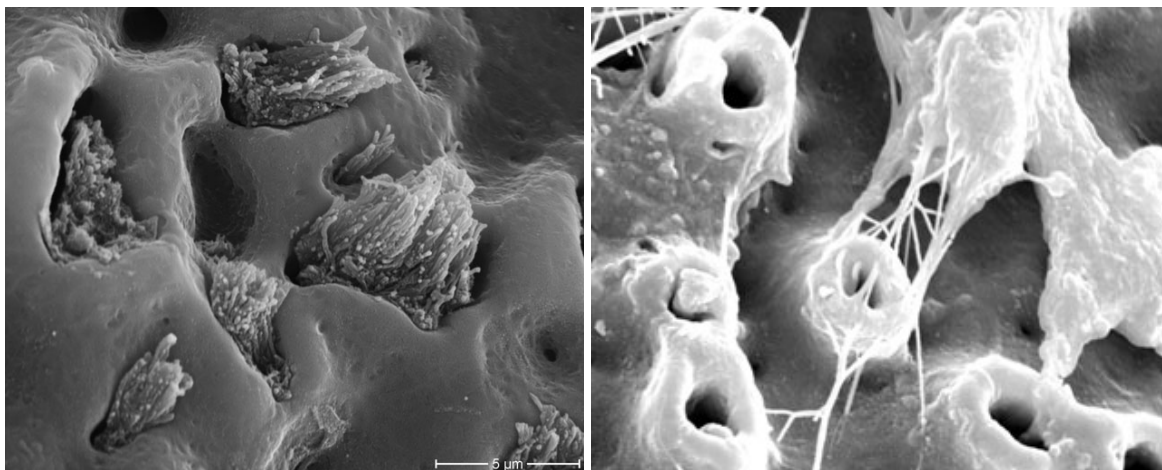
We współczesnej stomatologii wykorzystuje się cały szereg różnorodnych materiałów inżynierskich, wśród których znajdują się: ceramika, tworzywa polimerowe, metale i ich stopy oraz połączenia tych materiałów zwane kompozytami. Każda z wymienionych grup materiałowych charakteryzuje się różnymi własnościami:

- metale: wytrzymałe, dobrze przewodzące ciepło i prąd,
- ceramika: twarda i krucha,
- polimery: lekkie i rozciągliwe;

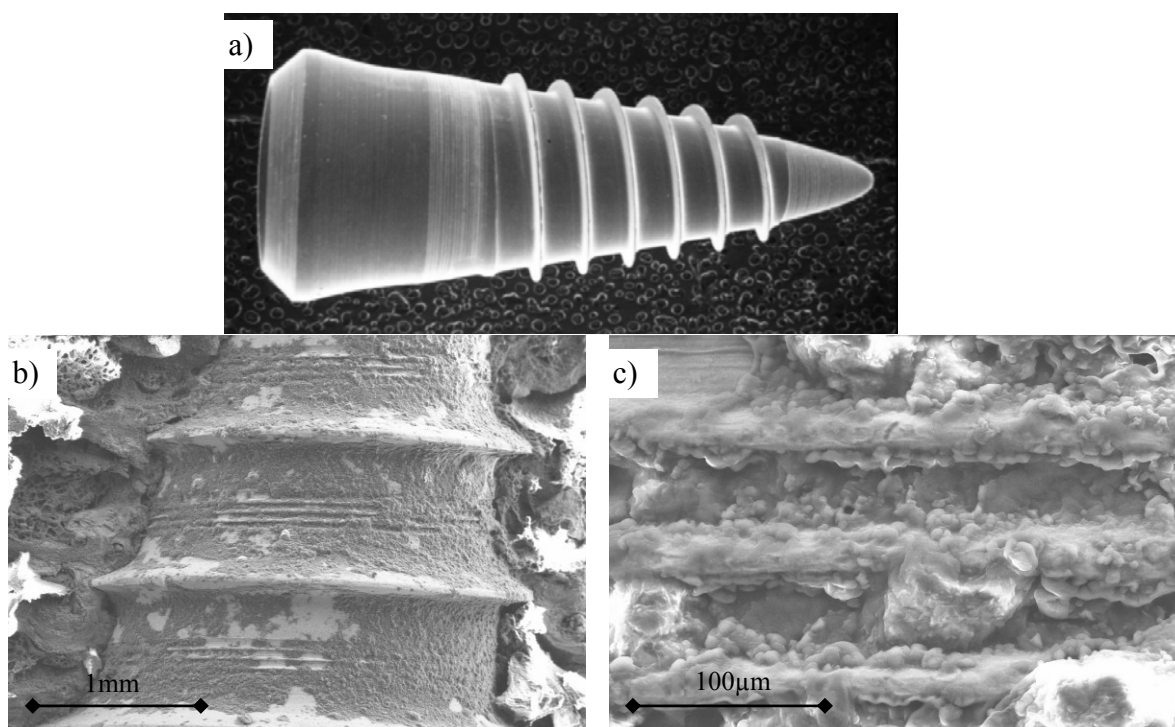
a co z tym związane różnymi możliwymi miejscami zastosowania, np. wytwarzanie protez, wszczepów, uzupełnienia ubytków itp. Sama znajomość własności dostępnych materiałów jest niewystarczająca, obecnie wykorzystuje się metody projektowania oraz doboru materiałów dotyczące ich indywidualnego zastosowania, uwzględniając ich zachowanie w organizmie człowieka.

Do badań pomagających przewidzieć zachowanie się materiałów w kontakcie z tkankami żywymi można wykonać wykorzystując np. elektronowy mikroskop skaningowy (rys. 1 i 2), pozwalający na obserwację powierzchni w bardzo dużym zakresie powiększeń (od kilku razy do kilkudziesięciu tysięcy).

Odnaleziono czaski człowieka, których wiek określa się na ok. 5 tys. lat p.n.e., w których odnaleziono otwory, pozwalają przypuszczać, że już wtedy znane było leczenie zębów przez ich borowanie. Do tego zabiegu używano prawdopodobnie cięciwy łuku, która obracała krzemienne „wiertło” (rys. 3) [6].



Rys. 1. Obrazy z elektronowego mikroskopu skaningowego przedstawiające powierzchnię implantów tytanowych oraz porastającej je tkanki [10]



Rys. 2. Obrazy z elektronowego mikroskopu skaningowego: a) zdjęcie makroskopowe wszczepu tytanowego, b, c) wszczepy wyjęty z kości [10]

Metale znajdują zastosowanie w stomatologii od setek lat. Pierwszym materiałem metalowym wykorzystanym w dentystyce było złoto (folia złota), które upychano do ubytków (rys. 4). Metoda ta nie mogła być wykorzystywana przy wykonywaniu koron i mostów, ze

względu na małą wytrzymałość konstrukcji, dlatego też zaczęto dodawać do złota inne pierwiastki i do powszechnego użytku weszły stopy metali. Pierwszy most, który zachowuje swoje funkcje użytkowe, został wykonany z tytanu i był wszczepiony w połowie lat sześćdziesiątych XX wieku przez Szweda [6].



Rys. 3. Historyczne metody borowania uszkodzonych zębów [6]



Rys. 4. Dziury w zębach, wypełnione folią złota [6]

## 2. STOPY METALI STOSOWANE W PROTETYCE STOMATOLOGICZNEJ

Stopy metali są materiałami bardzo szeroko stosowanymi w protetyce stomatologicznej m. in. ze względu na trwałość i korzystne własności mechaniczne. Jednakże aby stopy metali były dopuszczone do stosowania w połączeniu z tkanką żywą, muszą spełniać określone wymagania, ponieważ mogą one stanowić czynnik patogenny. Należy zatem stopy dobierać w taki sposób, żeby szkodliwe działanie zostało całkowicie (lub w jak największym stopniu) wyeliminowane [1÷4].

Stopy metali muszą spełniać także szczegółowe wymagania w odniesieniu do wytrzymałości mechanicznej, fizycznej i technologicznej. Dlatego w protetyce stomatologicznej nie stosuje się materiałów przypadkowych, tylko takie które zostały przebadane.

### 2.1. Klasyfikacja dentystycznych stopów metali ze względu na temperaturę topnienia

Do materiałów metalowych, które spełniają postawione warunki (biologiczne i mechaniczne) i są wykorzystywane jako stomatologiczne materiały inżynierskie zaliczyć możemy [3, 4, 8]:

- stopy metali średniotopliwych: złoto, złoto-platyna, srebro-pallad – jedną z ich zalet jest to, że charakteryzują się wysokim potencjałem elektrochemicznym:
  - złoto +1,8 V,
  - srebro +0,8 V,
  - platyna +1,2 V,
  - pallad: +0,9 V,który decyduje o tym, że w minimalnym stopniu ulegają procesom korozyjnym;

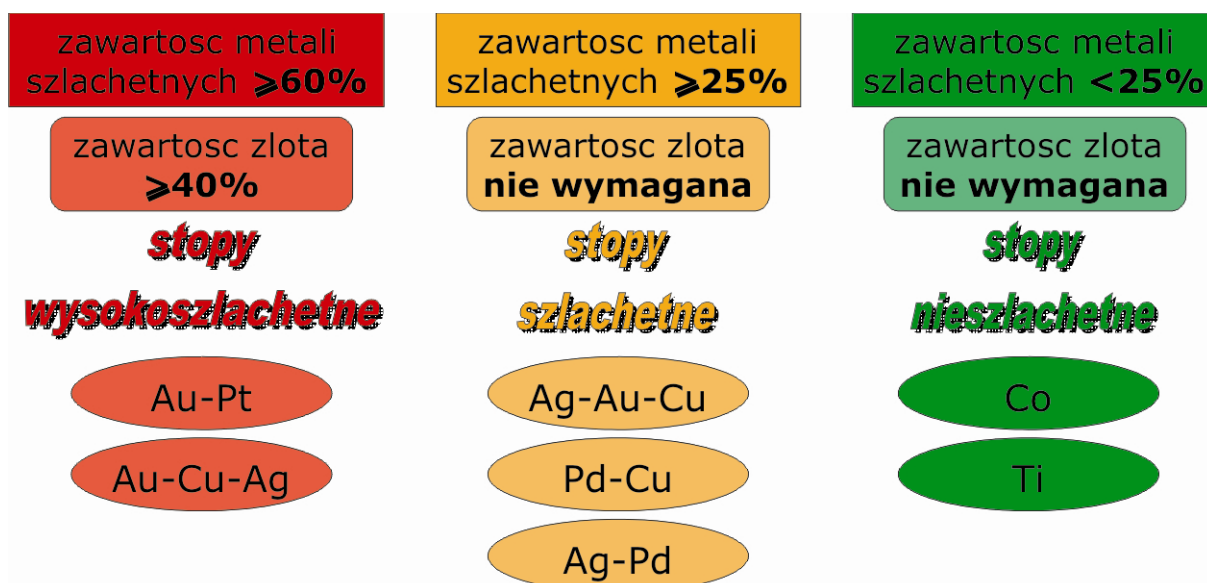
- stopy metali wysokotopliwych: kobalt-chrom, nikiel-chrom, tytan. Obecność niklu w stopach przeznaczonych jako inżynierski materiał biomedyczny nasuwa ciągle wątpliwości, ponieważ, z jednej strony nikiel wpływa korzystnie na odporność na korozję, sprężystość, wytrzymałość i twardość, natomiast z drugiej strony powoduje uwalnianie jonów, zapalenie kieszonki dziąsłowej i sinoszare zabarwienie zęba. Dodatkowo część z pacjentów jest uczulona na nikiel, który wywołuje u nich alergię (rys. 5). Ze względu na możliwe skutki uboczne po zastosowaniu stopów z niklem, w Europie są one stopniowo wycofywane z użytku.



Rys. 5. Reakcja alergiczna organizmu na zastosowany materiał protezy [9]

## 2.2. Klasyfikacja dentystycznych stopów metali ze względu na udział masowy metali szlachetnych

Stopy metali wykorzystywane w inżynierii stomatologicznej można sklasyfikować, ze względu na zawartość metali szlachetnych, w trzech grupach, spełniających określone warunki zawartości pierwiastków w stopie (rys. 6).



Rys. 6. Klasyfikacja stopów metali wykorzystywanych w inżynierii stomatologicznej [5]

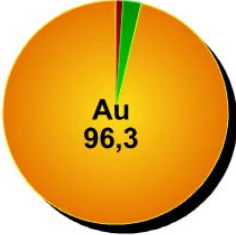

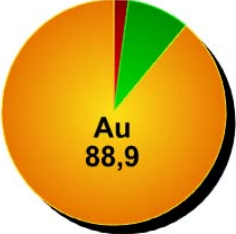

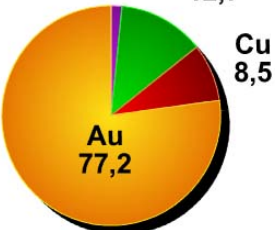

### 2.2.1. Stopy wysokoszlachetne

Stopy te charakteryzują się dużą gęstością (powyżej  $13 \text{ g/cm}^3$ ), co pozytywnie wpływa na proces ich odlewania. Dodatkami stopowymi wprowadzanymi do nich mogą być [1, 2, 5]:

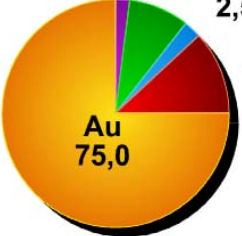

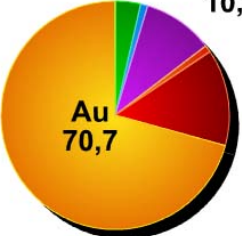

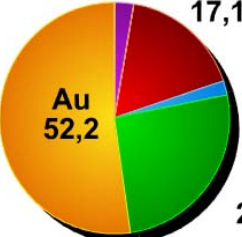

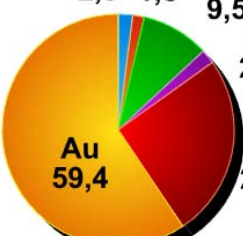

- Cu i Ag – zwiększają twardość oraz wytrzymałość,
- Pd i Pt – podwyższają temperaturę likwidus (przejścia w stan ciekły), ze względu na swoje wysokie wartości temperatury topnienia

W tabelicy 1 przedstawiono przykładowe stopy wysokoszlachetne i ich wybrane własności, pozwalające określić obszar zastosowania materiału.

Tablica 1. Stopy wysokoszlachetne wykorzystywane w inżynierii stomatologicznej [7]

Skład chemiczny	Przykład zastosowania	Własności
<p>Inne 1,1 Pt 2,6</p> <p>Au 96,3</p> 		<p><math>T_f</math>: <math>1030 \div 1070 \text{ } ^\circ\text{C}</math>            Gęstość: <math>19,0 \text{ g/cm}^3</math>  <math>R_{p0,2}</math> = <math>230 \text{ MPa}</math>            Twardość: <math>100 \text{ HV}</math></p>
<p>Inne 2,1 Pt 9,0</p> <p>Au 88,9</p> 		<p><math>T_f</math>: <math>1080 \div 1150 \text{ } ^\circ\text{C}</math>            Gęstość: <math>18,8 \text{ g/cm}^3</math>  <math>R_{p0,2}</math> = <math>355 \text{ MPa}</math>            Twardość: <math>180 \text{ HV}</math></p>
<p>Inne 1,6 Ag 12,7 Cu 8,5</p> <p>Au 77,2</p> 		<p><math>T_f</math>: <math>1045 \div 1140 \text{ } ^\circ\text{C}</math>            Gęstość: <math>18,4 \text{ g/cm}^3</math>  <math>R_{p0,2}</math> = <math>450 \text{ MPa}</math>            Twardość: <math>195 \text{ HV}</math></p>



Skład chemiczny	Przykład zastosowania	Własności
<p>Zn 2,0 Pt 8,6 Inne 2,5 Ag 11,9 Au 75,0</p> 		<p><math>T_f</math>: 945÷1035 °C Gęstość: 16,8 g/cm<sup>3</sup> Wydłużenie A= 8,0% Twardość: 205 HV</p>
<p>Inne 0,01 Pt 3,59 Sn 1,0 Cu 10,0 Zn 1,0 Ag 13,7 Au 70,7</p> 		<p><math>T_f</math>: 860÷925 °C Gęstość: 15,6 g/cm<sup>3</sup> <math>R_{p0,2}</math> = 505 MPa Twardość: 220 HV</p>
<p>Sn 2,7 Ag 17,1 Inne 2,0 Pd 26,0 Au 52,2</p> 		<p><math>T_f</math>: 1185÷1230 °C Gęstość: 13,8 g/cm<sup>3</sup> <math>R_{p0,2}</math> = 530 MPa Twardość: 255 HV</p>
<p>Zn 2,0 Inne 1,6 Pd 9,5 Pt 2,0 Ag 25,5 Au 59,4</p> 		<p><math>T_f</math>: 1020÷1100 °C Gęstość: 14,4 g/cm<sup>3</sup> <math>R_{p0,2}</math> = 480 MPa Twardość: 225 HV</p>

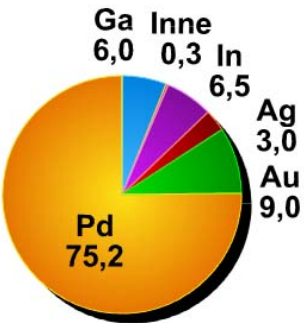

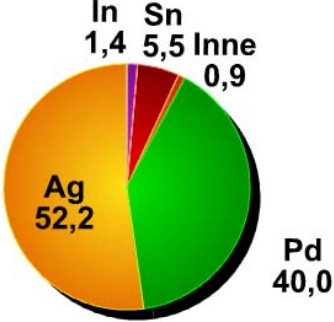

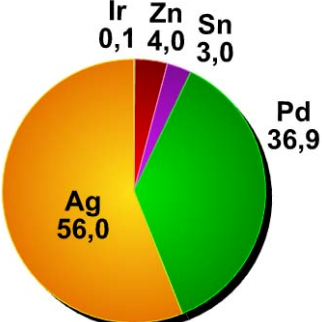

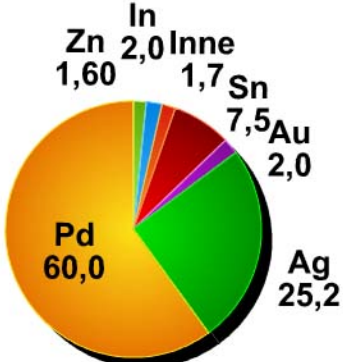

### 2.2.2. Stopy szlachetne

Stopy te charakteryzują się niższą gęstością niż stopy wysokoszlachetne, wynoszącą 10÷12 g/cm<sup>3</sup>. Wyróżnia się kilka systemów stopów, np. Pd-Ag, Pd-Cu-Ga, Ag-Pd. Własności zostały przedstawione w porównaniu z poprzednią grupą [1, 2, 5]:

- twardość i wytrzymałość stopów szlachetnych, w porównaniu z wysokoszlachetnymi jest na porównywalnym poziomie lub nawet większa,
- odporność na korozję jest zbliżona lub niższa od stopów wysokoszlachetnych.

W tabelicy 2 przedstawiono przykładowe stopy szlachetne i ich wybrane własności, pozwalające określić obszar zastosowania materiału.

Tabela 2. Stopy szlachetne wykorzystywane w inżynierii stomatologicznej [7]

Skład chemiczny	Przykład zastosowania	Własności
<p>Ga 6,0 Inne 0,3 In 6,5 Ag 3,0 Au 9,0 Pd 75,2</p> 		<p><math>T_f</math>: 1140÷1335 °C            Gęstość: 11,3 g/cm<sup>3</sup>  <math>R_{p0,2}</math> = 495 MPa            Twardość: 295 HV</p>
<p>In 1,4 Sn 5,5 Inne 0,9 Ag 52,2 Pd 40,0</p> 		<p><math>T_f</math>: 1100÷1150 °C            Gęstość: 10,7 g/cm<sup>3</sup>  <math>R_{p0,2}</math> = 355 Mpa            Twardość: 190 HV</p>
<p>Ir 0,1 Zn 4,0 Sn 3,0 Pd 36,9 Ag 56,0</p> 		<p><math>T_f</math>: 1050÷1130 °C            Gęstość: 10,9 g/cm<sup>3</sup>  <math>R_{p0,2}</math> = 330 Mpa            Twardość: 170 HV</p>
<p>In 2,0 Inne 1,7 Sn 7,5 Au 2,0 Pd 60,0 Ag 25,2 Zn 1,60</p> 		<p><math>T_f</math>: 1100÷1260 °C            Gęstość: 10,8 g/cm<sup>3</sup>  <math>R_{p0,2}</math> = 610 Mpa            Twardość: 275 HV</p>

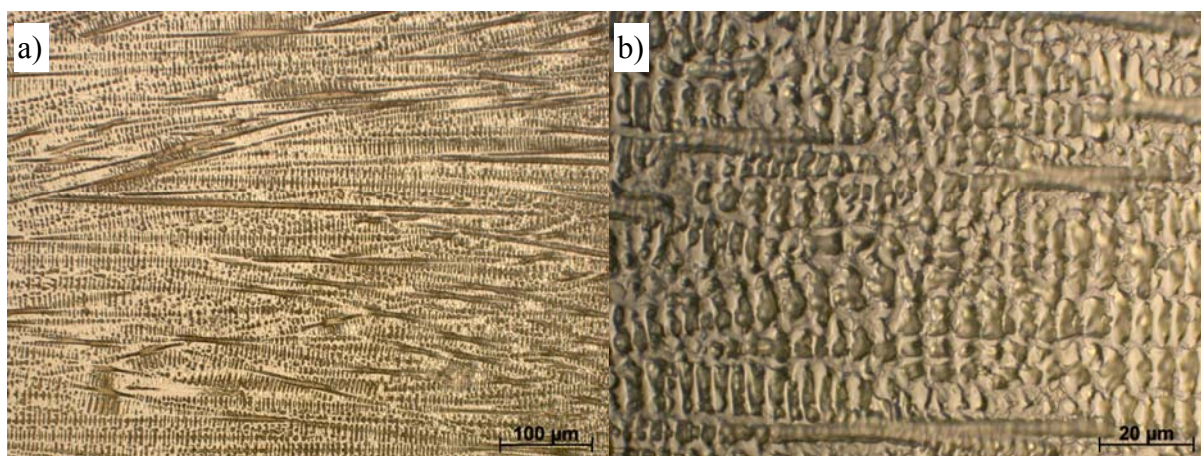
### 2.2.3. Stopy nieszlachetne

Do tej grupy materiałów należą stopy na bazie kobaltu i stopy na bazie tytanu. Charakteryzują się one niską gęstością [1, 2, 5]:

- stopy kobaltu ok. 7,5 g/cm<sup>3</sup>,
- stopy tytanu ok. 4,5 g/cm<sup>3</sup>,

wysoką wytrzymałością i dużą twardością. Stosowanie ich, ze względu na niższą odporność na korozję niż stopy szlachetne, jest ciągle rzadsze, choć są materiałami zdecydowanie tańszymi od stopów wysokoszlachetnych lub szlachetnych (rys. 8). Ze stopów na bazie kobaltu wykonuje się korony, mosty i protezy szkieletowe, natomiast ze stopów na bazie tytanu przede wszystkim wszczepy (implanty).

Na rysunku 7 przedstawiono mikrostrukturę jednego z grupy stopów na bazie kobaltu.



Rys. 7. Mikrostruktura stopu Co<sub>25</sub>Cr<sub>7</sub>Mo<sub>5</sub>W<sub>1</sub>Si, trawiony HCl: a) powiększenie 200x, b) powiększenie 1000x

W tabelicy 3 przedstawiono przykładowe stopy nieszlachetne i ich wybrane własności, pozwalające określić obszar zastosowania materiału.

Tabela 3. Stopy nieszlachetne wykorzystywane w inżynierii stomatologicznej [7]

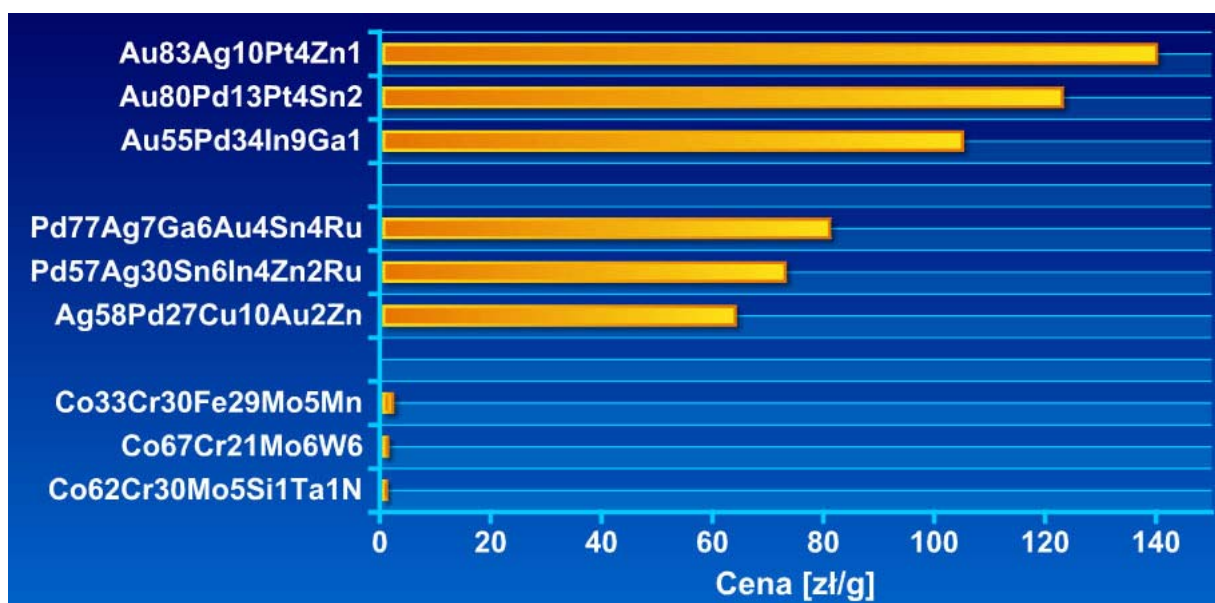






### 3. PODSUMOWANIE

Istnieje bardzo duża grupa stopów metali stosowanych w protetyce dentystycznej. Stopy te różnią się od siebie wieloma cechami, począwszy od składu chemicznego, przez własności, odporność na korozję, do zastosowań i ceny. Podczas doboru materiału na protezę stałą: koronę czy most, należy zawsze zaplanować jakiego rodzaju własności dla indywidualnie wykonanego uzupełnienia będą konieczne, szczególną uwagę zwracając na zjawiska powstające podczas kontaktu materiału z tkankami żywymi. Dzięki uwzględnieniu kryteriów biotolerancji i biokompatybilności, zmniejszamy ryzyko wystąpienia stanów zapalnych czy alergicznych, w konsekwencji zapewniając estetykę wykonywanego uzupełnienia protetycznego. Dobór materiałów inżynierskich do zastosowań w stomatologii powinien zatem zawsze opierać się na dwóch równoważnych poziomach, z których jednym są własności mechaniczne, a drugim eliminacja potencjalnego szkodliwego oddziaływania z organizmem człowieka.



Rys. 8. Ceny wybranych stopów metali stosowanych w inżynierii stomatologicznej

„Praca była współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Projektu „Aktywizacja społeczności akademickiej jako element realizacji Regionalnej Strategii Innowacji” POKL.08.02.01-24-019/08”

## LITERATURA

1. R.G. Craig, J.M. Powers, J.C. Wataha, Materiały stomatologiczne, Wydawnictwo Elsevier Urban & Partner, Wrocław, 2000
2. L.A. Dobrzański, Metaloznawstwo opisowe stopów metali nieżelaznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2008
3. P. Krawczyk, Metale w technice dentystycznej, Nowoczesny Technik Dentystyczny, Nr 1 (2006), s. 19÷23
4. Z. Raszewski, Stopy metali, Nowoczesny Technik Dentystyczny, Nr 2 (2006), s. 16÷19
5. S.F. Rosenstiel, M.F. Land, J. Fujimoto, Współczesne protezy stałe, Wydawnictwo Czekaj Sp. Z o.o., Lublin, 2002
6. Strona www: <http://www.wynalazki.mt.com.pl/>
7. Strona www: <http://www.ivoclarvivadent.pl/>
8. Strona www: <http://www.iwiedza.net/>
9. Strona www: <http://dentysta-szczyrek.pl/>
10. Strona www: <http://www.impl.pl/>