



PRACE INSTYTUTU MATERIAŁÓW INŻYNIERSKICH I BIOMEDYCZNYCH

Struktura i własności drutów ortodontycznych wykonanych ze stopu NiTi

E. Giza ^a, B. Ziębowicz ^b, P. Malara ^c

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Kierunek Inżynieria Materiałowa na profilu Inżynierii Stomatologicznej., Studenckie Koło Naukowe Nanotechnologii i Materiałów Funkcjonalnych
e-mail: ewelina.giza1666@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
e-mail: boguslaw.ziebowicz@polsl.pl

^c Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
e-mail: piotr.malara@polsl.pl

Streszczenie: W artykule opisane zostały aspekty dotyczące materiału z którego są wytwarzane druty ortodontyczne, jakie powinny być ich własności, jakie mają zastosowanie w zakresie protetyki oraz jakim aspektem należy się przyjrzeć aby móc stwierdzić jak ważnym elementem całego aparatu ortodontycznego jest drut ortodontyczny. W drugiej części artykułu zostały przeprowadzone badania mające na celu zbadanie struktury powierzchni i składu chemicznego wybranych drutów ortodontycznych w różnych przedziałach czasu ich eksploatacji. Do badań użyto mikroskopu skaningowego SEM wraz z przystawką EDS do analizy składu chemicznego oraz mikroskopu sił atomowych AFM w trybie bezkontaktowym.

Abstract: In the article are described aspects related to the material from which they are produced wires that should be their property and they are applied in the field of prosthetics, so you should look at in order to determine how important element of the braces is an orthodontic wire. In the second part of the article has been carried out a study to examine the surface structure and chemical composition of selected orthodontic wires one type at different intervals of their exploitation. For testing used a scanning electron microscope SEM with EDS analysis of the chemical composition and atomic force microscopy AFM non-contact mode.

Słowa kluczowe: stomatologia, ortodoncja, druty ortodontyczne, AFM, SEM.

1. WSTĘP

Druty ortodontyczne stanowią bardzo ważny element podczas całego procesu leczenia ortodontycznego pacjentów, niezależnie od wady jaką posiadają. Wytwarzane są one ze stali

austenitycznych chromowo-niklowo-molibdenowych, stopów niklowo-tytanowych, tytanu, stopów tytanu oraz stopów kobaltowo-chromowych [1,2,3].

Obecnie lekarze zajmujący się ortodontcją posiadają szerokie spektrum metod leczenia wad zgryzowych. Nowoczesne podejście do problemów związanych z leczeniem wad zgryzu stanowi trudne zadanie ponieważ potrzebne są dokładne analizy i diagnozy stawiane wobec założeń leczniczych, które mają na celu doprowadzenie leczenia ortodontycznego do pełnego sukcesu. Przy każdej wizycie pacjenta w gabinecie lekarskim dokonywana jest szybka diagnoza i analiza postępów oraz przebiegu zmian w jamie ustnej pacjenta. Postępowanie takie jest nieodłączną częścią leczenia i gwarantuje jego skuteczność. Do każdego pacjenta lekarz ortodonta podchodzi indywidualnie, co zapewnia właściwe dobranie programu leczniczego i planowanie działań w tym zakresie [1,3,4,5].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie podstawowych zagadnień dotyczących drutów ortodontycznych – ich zastosowania, podstawowych własności oraz jakości ich powierzchni.

2. WŁASNOŚCI MATERIAŁÓW ORTODONTYCZNYCH

2.1. Struktura materiałów ortodontycznych z metalu.

Stopy na druty ortodontyczne używane są w formie kutej. Ich kształt nadawany jest przez producenta i wytwarzany poprzez mechaniczną zmianę kształtu w wysokich temperaturach, czyli podczas tzw. procesów termomechanicznych [6,7].

Cały proces wytwarzania drutów ortodontycznych rozpoczyna się od formowania wlewek poprzez stapianie ze sobą poszczególnych metali i łączeniu ich w formach. Po ich połączeniu stopy mają strukturę polikrystaliczną, w skład której wchodzi mikroskopijnej wielkości kryształy - ziarna. Gotowe odlewy poddawane są mechanicznym deformacjom w wysokich temperaturach, których celem jest zmniejszenie na przekrojach poprzecznych i zmiana pierwotnego kształtu ziaren w mikrostrukturze odlewów. W mikrostrukturze drutów ortodontycznych ziarna są wydłużone [6,7].

3. WŁASNOŚCI DRUTÓW ORTODONTYCZNYCH

Dla ortodonta bardzo ważnym aspektem jest charakterystyka odkształcenia drutu podczas przykładanego obciążenia, siły. Przed samym procesem dowiązywania drutu do zamka, musi on zostać odkształcony w taki sposób, aby nie osiągnął punktu pęknięcia. Po przywiązaniu drutu do zamka jego elastyczność podczas odkształceń będzie już tylko potrzebna wówczas, gdy następować będzie przesunięcie zęba. To, czy drut pozostanie w zadanym mu kształcie i formie zależy od jego własności fizycznych, przekroju oraz długości pręseł pomiędzy zamkami a zębami [7,8,9,10].

Aby drut zaczął się odkształcać potrzebne jest przyłożenie obciążenia. Im większe obciążenie, tym większe odkształcenie. Drut odkształca się sprężysto dopóki nie osiągnie swej granicy plastyczności. Po odłożeniu obciążenia drut wróci do swojego poprzedniego kształtu. Jeżeli natomiast drut jest stopniowo naprężany powyżej wartości granicy plastyczności nastąpi jego dalsze odkształcenie i wówczas przyjmie on trwały kształt odmienny od początkowego [7,8,9].

3.1. Zjawiska korozyjne występujące w drutach ortodontycznych

Korozja, jest zjawiskiem oddziaływania fizykochemicznego i elektrochemicznego występującym pomiędzy materiałem metalowym a środowiskiem jakie go otacza. Wynikiem korozji jest uszkodzenie korozyjne, które powoduje obniżenie własności metalu. Podstawowym podziałem zjawisk korozyjnych ze względu na typ występujących reakcji jest

podział na korozję elektrochemiczną oraz chemiczną. Czasami korozja również zachodzi przy zjawiskach fizycznych, erozji, zużycia podczas tarcia czy kawitacji [11]. Jak wiadomo stałe aparaty ortodontyczne cieszą się coraz większym zainteresowaniem, przez co zaczęto zwracać większą uwagę na aspekty korozyjności części składających się na aparat. Jama ustna jest nietypowym miejscem, gdzie mamy do czynienia z dużą wilgotnością, zmiennymi temperaturami i wahaniami się poziomu pH, co niewątpliwie sprzyja procesom korozyjnym [12,13]. Materiały, których przeznaczeniem jest ich eksploatacja w jamie ustnej muszą być biokompatybilne, nietoksyczne i odporne na korozję bardziej niż inne materiały. Odporność na procesy korozyjne jest bardzo ważna, gdyż środowisko jamy ustnej jest bardzo niekorzystne. Produkty korozji są niemiłe widziane, gdyż mogłyby niekorzystnie wpływać na organizm człowieka poprzez odkładanie się w nim. Mając na uwadze wszelkie niepożądane skutki korodowania materiału zwiększa się nacisk na dobranie odpowiedniego składu chemicznego dla materiału, który będzie mieć styczność z żywymi tkankami.

4. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE.

4.1. Materiał do badań.

Do badań wytypowano druty ortodontyczne firmy Legend o przekroju okrągłym (ϕ 0,16 mm) wykonane ze stopu nitinol (NiTi 0,16) po różnych okresach eksploatacji w jamie ustnej tj. drut nowy, jednomiesięczny, sześciomiesięczny oraz osiemnastomiesięczny. W tabeli 4.1. przedstawiono skład chemiczny drutów wykorzystanych do badań na podstawie kart charakterystyk producenta.

Tab.4.1.1. Przybliżony procentowy skład chemiczny drutów ortodontycznych NiTi 0,16.

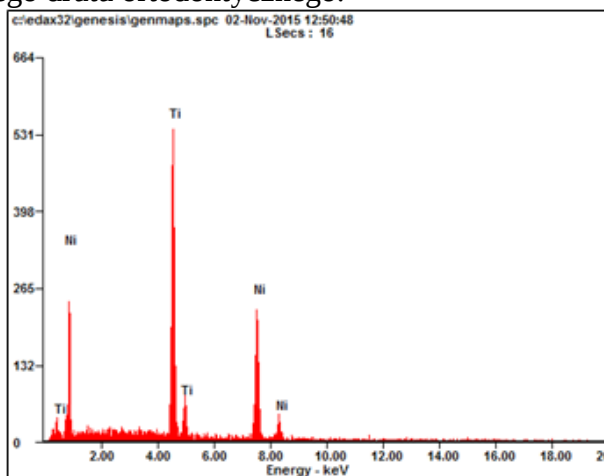
Tab.4.1.1. Approximate percentage chemical composition of NiTi orthodontic wires 0,16.

Składnik	Ti	Ni	Nb	Cu	Fe	Co	Cr
Skład %	50-70	30-50	10-20	5-10	1-5	1-5	<3,00

4.2. Wyniki badań i ich omówienie

4.2.1. Wyniki z badania EDS

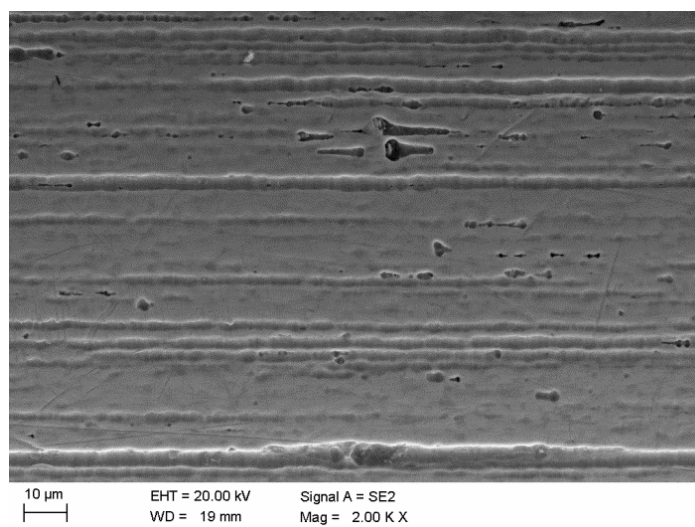
Na Rys.4.2.1.1. oraz Rys.4.2.1.2. przedstawiono wyniki analizy składu chemicznego EDS nowego drutu ortodontycznego.



Element	Wt%	At%
TiK	44.22	49.28
NiK	55.78	50.72
Matrix	Correction	ZAF

Rys.4.2.1.1. Wyniki analizy chemicznej EDS dla drutu nowego.

Rys.4.2.1.1. The results of chemical analysis EDS for the new the wire.



Rys.4.2.1.2. Obszar, dla którego przeprowadzono analizę chemiczną EDS drutu nowego (pow. 2000 x).

Rys.4.2.1.2. The area for which conducted a chemical analysis EDS of the new wire (zoom 2000 x).

Analiza EDS wykazała obecność pierwiastków Ti 44,22% oraz Ni 55,78 %. Skład chemiczny stopu w porównaniu z danymi producenta nieznacznie różni się od stanu rzeczywistego wykazanego w badaniu EDS co przedstawiono w tabeli 4.2.1.1.

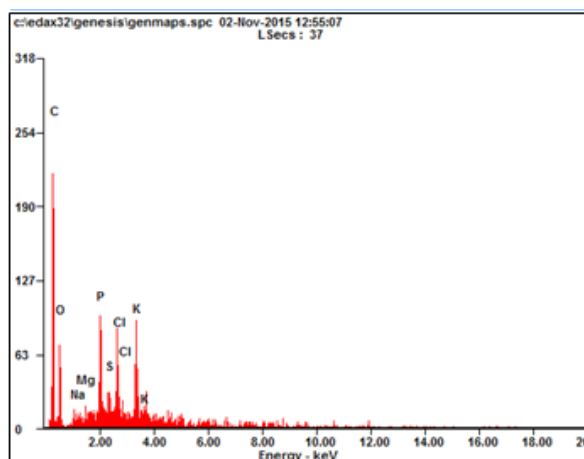
Tab.4.2.1.1. Porównanie wyników badania EDS z danymi podanymi przez producenta drutu ortodontycznego.

Tab.4.2.1.1. Comparison of the results of the study EDS data provided by the manufacturer of orthodontic wire.

Pierwiastek	Zawartość % EDS	Zawartość % producent
Ti	44,22	50-70
Ni	55,78	30-50

Zawartość Ti mieści się w zakresie podanym przez producenta natomiast Ni powinna być w zakresie 30-50 %, a w rzeczywistości wynosi 55,78%. Większa ilość Ti może być spowodowana tym, że do analizy wytypowano tylko jeden obszar, który jest niereprezentatywny dla całej próbki.

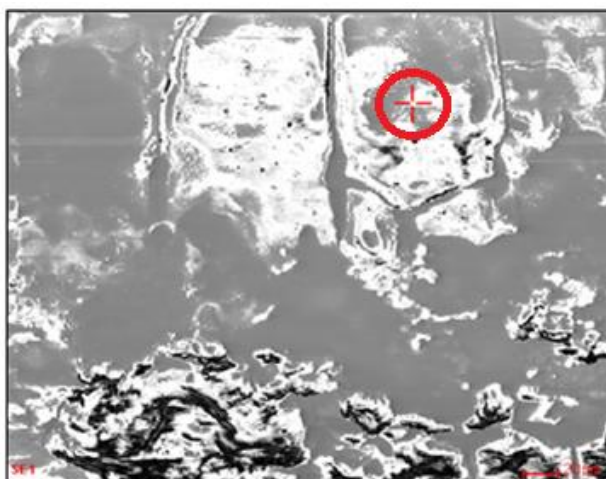
Na Rys.4.2.1.3., Rys.4.2.1.4., przedstawiono wyniki analizy składu chemicznego EDS osadu znajdującego się na drucie ortodontycznym użytkowanym przez osiemnaście miesięcy przez pacjenta.



Element	Wt%	At%
CK	69.04	80.40
OK	14.70	12.85
NaK	00.77	00.47
MgK	00.46	00.27
PK	04.11	01.85
SK	01.28	00.56
ClK	03.98	01.57
KK	05.66	02.02
Matrix	Correction	ZAF

Rys.4.2.1.3. Wyniki analizy składu chemicznego EDS osadu na drucie ortodontycznym użytkowanego przez osiemnaście miesięcy.

Rys.4.2.1.3. The results of the analysis of the chemical EDS composition of the sediment on the orthodontic wire used by eighteen months.



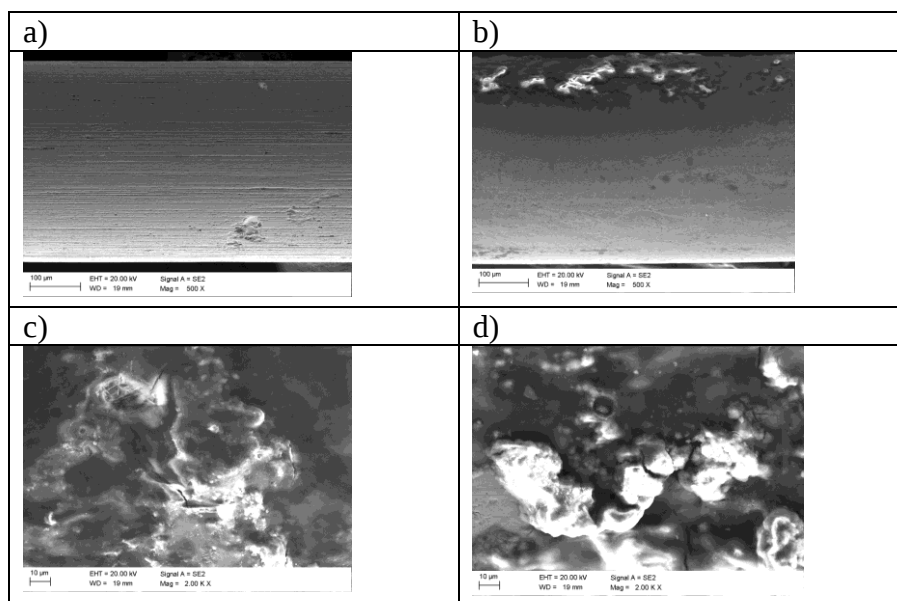
Rys. 4.2.1.4. Obszar, w którym przeprowadzono analizę składu chemicznego drutu ortodontycznego użytkowanego przez osiemnaście miesięcy.

Rys.4.2.1.4. The area in which the analysis of the chemical composition of the orthodontic wire used by eighteen months.

Podczas prowadzonych obserwacji w obszarze badawczym wykryto, że na powierzchni badanego materiału zgromadziła się duża ilość osadu. Osad ten jest kamieniem nazębnym (fosforan wapnia), o czym świadczy obecność wapnia i fosforu w ilości odpowiednio 1,39% oraz 2,69% a także produktów powstałych podczas spożywania różnej jakości i ilości jedzenia oraz napojów, palenia papierosów, jak i stosowania substancji mających na celu utrzymywanie czystości w jamie ustnej. Duża obecność węgla może być spowodowana również obecnością taśmy węglowej wykorzystanej do przyklejenia próbki na stolik.

4.2.1.2. Wyniki badania SEM

Na Rys. 4.2.1.2.1. przedstawiono drut ortodontyczny po różnych okresach eksploatacji.



Rys.4.2.1.2.1. Obraz SEM dla a) drutu nowego - nieeksploatowanego (pow. 500x); b) jednomiesięcznego (pow. 500 x); c) drutu sześciomiesięcznego (pow. 2000 x); d) drutu osiemnastomiesięcznego (pow. 500 x).

Rys.4.2.1.2.1. SEM images of a) the new wire - operated (zoom 500x); b) wire one-month (zoom 500 x); c) wire six-months (zoom 2000 x); d) wire eighteen-months (zoom 500 x).

Na Rys. a) przedstawiono obraz SEM drutu nieeksploatowanego. Zauważono, że na powierzchni nowego drutu widnieją niewielkie zarysowania oraz wżery spowodowane prawdopodobnie uszkodzeniami mechanicznymi podczas wytwarzania i transportowania drutu. Zarysowania i wżery na powierzchni materiału mogą skutkować większym osadzaniem się w tych obszarach zabrudzeń, drobnoustrojów i kamienia nazębnego. Na Rys. b) przedstawiono obraz SEM drutu jednomiesięcznego. Zaobserwowano zwiększoną ilość zabrudzeń na strukturze powierzchni, w których odkłada się osad będący kamieniem nazębnym. Na Rys. c) przedstawiono obrazy SEM drutu sześciomiesięcznego. Zaobserwowano dwukrotnie zwiększoną ilość zabrudzeń na strukturze powierzchni, w których odkłada się osad będący kamieniem nazębnym. Na Rys. d) przedstawiono obrazy SEM drutu osiemnastomiesięcznego. Zaobserwowano dwukrotnie zwiększoną ilość zabrudzeń na strukturze powierzchni, w porównaniu z drutem sześciomiesięcznym, w których odkłada się osad będący kamieniem nazębnym.

5. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań wysunięto następujące wnioski:

Nowy drut ortodontyczny charakteryzuje się dobrym przygotowaniem powierzchni. Nie występują na nim głębokie zarysowania oraz wżery. Zauważono jedynie nieliczne wyrwy i niewielkie rysy na jego powierzchni.

Przeprowadzona analiza składu chemicznego EDS potwierdziła skład chemiczny stopu podany przez producenta w karcie charakterystyk produktu.

Druty ortodontyczne po osiemnastu miesiącach użytkowania w jamie ustnej pacjenta charakteryzują się licznymi zarysowaniami spowodowanymi uszkodzeniami mechanicznymi,

które mogły powstać podczas eksploatacji aparatu ortodontycznego, którego drut był częścią. W zarysowaniach tych odłożyła się znaczna ilość osadu, co może wpływać niekorzystnie na zdrowie pacjenta.

Skład chemiczny osadu zbadany przy pomocy EDS wskazuje na występowanie kamienia nazębnego.

LITERATURA

- 1.T. Rakosi, Thomas M.Grabner, *Leczenie ortodontyczne i ortopedyczne wad zębowo-twarzowych*, Wyd. CZELEJ, Lublin 2011.
2. I. Karłowska, *Zarys współczesnej ortodoncji*, Wyd. PZWŁ, Warszawa 2012.
3. B. Kahl-Nieke, *Wprowadzenie do ortodoncji*, Wyd. Medyczne Urban & Partner, Wrocław 1999.
4. W. R. Proffit, Henry W. Fields, David M. Server, *Contemporary Orthodontics*, Elsevier, Wyd. Science Health Division, 2006.
5. Z. Rathel, *Ortodoncja w zarysie*, Wyd. PZWŁ, Warszawa 1968.
- 6.W. A. Brantley, T. Eliades, *Materiały ortodontyczne w ujęciu naukowym i klinicznym*, Wyd. CZELEJ, Lublin, 2003.
7. R.H.A. Samuels, J.D. Peak, *Use of Nikel-titanium closed-coil spring to align unerupted teeth: A case report*, Am J Orthod Dentofac Orthop 1998.
8. Red. W. Chladek, J. Kasperski, *Biomateriały i mechanika w stomatologii*, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Medycznej, Zabrze, 2010.
9. Craig, Powers, Wataha, *Materiały stomatologiczne*, Wrocław 2000.
- 10.T. Eliades, *Research Methods In Orthodontics*, Published by Springer –Verlag Berlin Heidelberg, 2013
11. L.A. Dobrzański, *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo*, Wyd. Naukowo-Techniczne, 2003.
12. M. Mikulewicz, K. Chojnacka, *Sposoby oceny efektów korozji materiałów stosowanych w ortodoncji*, Przem. Chem. 2011; T90 nr 4:s.606-609.
13. L. Castro, S. Merino, B. Levenfeld, A. Varez, J. Torralba, J. *Mater. Processing Technol.* 2003, 143-144, 397.

