

Struktura i własności zamków ortodontycznych wykonanych ze stali Cr-Ni-Mo

Spierewka D.^a, Ziębowicz B.^b, Malara P.^c

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny
Studenckie Koło Naukowe Nanotechnologii i Materiałów Funkcjonalnych
email: spierewka.dominika@interia.pl

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
email: bogusław.ziebowicz@polsl.pl

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

Streszczenie: W artykule przedstawione zostały aspekty dotyczące zamków ortodontycznych ze względu na dobrany materiał inżynierski. Podana została charakterystyka ogólna, struktura zewnętrzna oraz związane z nią właściwości elementu. W drugiej części artykułu zostały przedstawione wyniki badań mające na celu określenie struktury powierzchni i składu chemicznego zamka ortodontycznego nowego oraz używanego jamie ustnej pacjenta przez okres 12 miesięcy. Badania przeprowadzono w elektronowym mikroskopie skaningowym.

Abstract: In the article are described aspects to the orthodontic bracket on account for engineering materials. General characteristics, exterior structure and related properties of the element have been given. In the second part of the article, research results were presented to determine the structure and chemical composition of the new orthodontic bracket and the orthodontic bracket placed in patient's oral cavity for 12 months. The study was conducted on a Scanning Electron Microscop (SEM).

Słowa kluczowe: stomatologia, ortodoncja, zamki ortodontyczne, SEM, EDS

1. WSTĘP

Olbrzymi postęp stomatologii, w tym ortodoncji oraz inżynierii biomedycznej sprawił, że coraz większa ilość populacji podejmuje leczenie ortodontyczne za pomocą aparatu stałego. Polega ono na przywróceniu prawidłowych warunków zębowych w jamie ustnej pacjenta.

Zamki ortodontyczne stanowią główne składowe aparatu ortodontycznego. Ich poprawne dopasowanie zapewnia dobre wyniki leczenia. Zamki narażone są na wiele niekorzystnych czynników, dlatego muszą charakteryzować się odpowiednimi własnościami oraz strukturą [1].

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Zamki ortodontyczne

Głównymi elementami utrzymującymi drut na właściwym miejscu są zamki ortodontyczne. Mogą być połączone za pomocą materiału łączącego do powierzchni zęba lub zgrzewane bezpośrednio do pierścieni. Wartości wbudowane w zamek ortodontyczny to in-out, anulacja i tork. Pozwalają one na manipulację rotacją oraz położeniem zębów [2].

Najczęściej stosowane są zamki metalowe. Charakteryzują się najlepszymi własnościami wytrzymałościowymi, łatwo usuwa się je z powierzchni zęba oraz są stosunkowo tanie. Ich wadę stanowi niska estetyka [3].

Dla pacjentów, dla których ważna jest jak najmniejsza widoczność elementów, zostały stworzone zamki przezroczyste (polimerowe) oraz białe (ceramiczne) [2].

2.2. Podział

Zamki ortodontyczne można podzielić ze względu na ilość występujących skrzydełek, wbudowany system, możliwość zastosowania drutów okrągłych lub prostokątnych, wielkość, a także materiał z jakiego został wykonany [3].

Elementy wytwarzane są z różnych grup materiałów inżynierskich. Wyróżnia się zamki ortodontyczne: metalowe, polimerowe, kompozytowe, ceramiczne [2].

Zamki wykonane z różnych materiałów charakteryzują się innymi własnościami mechanicznymi, optycznymi oraz estetycznymi. Główne różnice pomiędzy poszczególnymi elementami przedstawiono w tabl.1.

Tablica 1

Porównanie poszczególnych rodzajów zamków ortodontycznych [2]

Rodzaj zamka	Zalety	Wady	Estetyka	Stabilność kształtu
metalowy	dobre właściwości mechaniczne	brak wysokiej estetyki	duża widoczność	Wysoka
plastikowy	duża przejrzystość elementu	odkształcenia slotu, niskie własności wytrzymałościowe	mała widoczność	Niska
kompozytowy	możliwość wzmocnienia danej części elementu	nieznaczne ścieranie	średnia widoczność	Średnia
ceramiczny	barwa dopasowana do odcieni zębów	trudności podczas usuwania zamków z powierzchni zębów	mała widoczność	Wysoka

3. SKŁAD I STRUKTURA WEWNĘTRZNA

Zamki metalowe wytwarzane są ze stali odpornej na korozję Cr-Ni, stali Cr-Ni-Mo, stopu NiTi (Nitinol), a także z tytanu i jego stopów. Strukturę wewnętrzną zamków metalowych stanowi austenit [2].

Zamki ceramiczne wytwarzane są z tlenku glinu. W zależności od doboru sposobu wytwarzania możliwe jest osiągnięcie struktury polikrystalicznej lub monokrystalicznej (szafiru) o lepszych własnościach [1].

Zamki polimerowe wytwarzane są z poliuretanu za pomocą technologii MIM (Material Injection Molding) [4].

Zamki kompozytowe stanowią połączenie zamka ceramicznego z metalowym slotem lub zamka z tworzywa sztucznego z metalowym slotem [1].

4. BADANIA STRUKTURALNE

Zamki ortodontyczne typu Legend firmy GC Orthodontics wykonane ze stali Cr-Ni-Mo zostały poddane badaniom strukturalnym w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM). Pozwoliły one na analizę struktury w dużym powiększeniu, dzięki czemu możliwe było określenie chropowatości powierzchni.

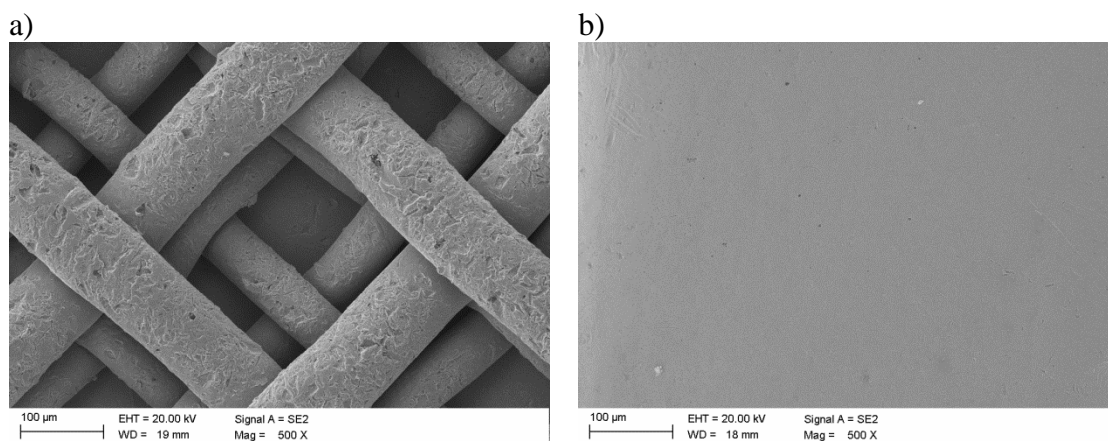
Skaningowy mikroskop elektronowy umożliwia zamocowanie przystawek pomiarowo-analitycznych. Najczęściej stosowana jest spektroskopia z dyspersją energii, w skrócie EDS. Polega ona na analizie promieniowania rentgenowskiego powstałego na skutek skanowania wiązką elektronów. Metoda EDS nie bazuje na określonych wcześniej wzorcach, dlatego możliwe jest określenie pierwiastków występujących w nieznanym materiale.

5. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Struktura zewnętrzna

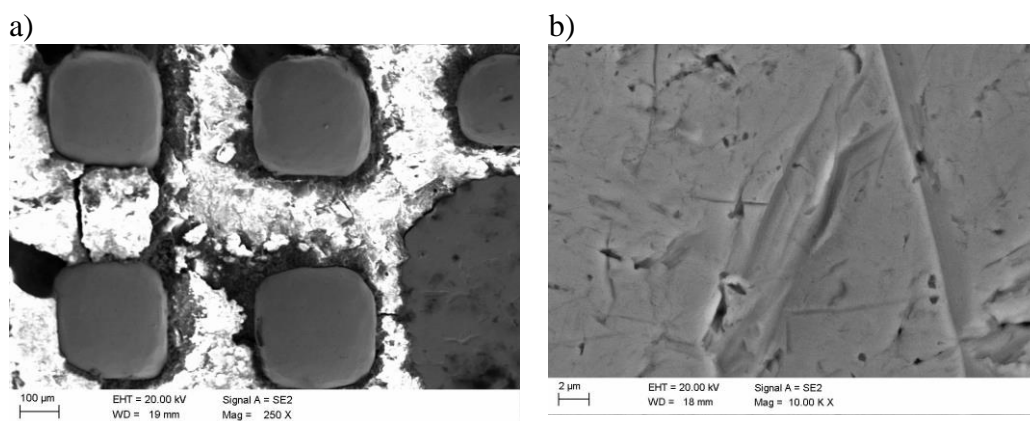
Podstawa zamka ortodontycznego musi cechować się wysoką chropowatością. Czynnikiem ten zapewni wysoką adhezję na połączeniu zamek ortodontyczny – materiał łączący – powierzchnia zęba. Najlepsze parametry połączenia osiągane są przy podstawie ukształtowanej na kształt siatki (rys.1.a). Składa się z trzech nałożonych na siebie warstw. Dzięki temu zamek posiada dobrą przyczepność i cechuje się prawidłową adhezją w stosunku do szkliwa. Tym samym obniża to prawdopodobieństwo złamania na styku podstawy zamka ortodontycznego i materiału łączącego. Na zdjęciu struktury o powiększeniu 500x obraz uwydatnia chropowatość na powierzchni włókien tworzących siatkę (rys.1.a) [2].

Korpus zamka powinien być gładki (rys.1.b). Niedopuszczalne są zarysowania, chropowatości i porowatości. Ich obecność prowadziłyby do silnego osadzania się na elemencie osadu organicznego, co skutkowałooby wystąpieniem kamienia, a następnie związanej z nim zjawiska korozji. Występują sporadyczne, delikatne zarysowania będące skutkiem nieodpowiedniego obchodzenia się z materiałem badawczym oraz niepoprawnego doboru transportu próbek. Mogą być potencjalnym źródłem zarazków po wprowadzeniu zamka do jamy ustnej pacjenta [4].



Rys. 1. Zdjęcie struktury zamka ortodontycznego nowego wykonane za pomocą mikroskopu SEM, a) – podstawa, b) – korpus

Na następnej stronie została przedstawiona struktura podstawy zamka używanego przez pacjenta przez okres 12 miesięcy (rys.2.a). Zamek ten różni się rozwiązaniem konstrukcyjnym podstawy od zamka badanego w pierwszej kolejności. Posiada małej wielkości kwadraty. Na środku znajduje się okrąg o średnicy trzech czworoboków. Przy powiększeniu 250x zmiany struktury powierzchni są nieznaczne (rys.2.a). Występują delikatne zarysowania. Białe pole stanowi materiał łączący, nieprzewodzący prądu, za pomocą którego zamek ortodontyczny został przymocowany do wytrawionej powierzchni szkliva. Jego dobre rozmieszczenie pozytywnie wpływało na przyczepność podczas użytkowania zamka. W materiale nie znaleziono oznak korozji. Oznacza to, że skład chemiczny podstawy badanego zamka został odpowiednio dobrany. Brak złamania zamka podczas czynności zdejmowania świadczy o jego dobrych własnościach mechanicznych.



Rys.2. Zdjęcie struktury zamka ortodontycznego przebywającego w jamie ustnej przez okres 12 miesięcy, wykonane za pomocą mikroskopu sSEM, a) – podstawa, b) – korpus

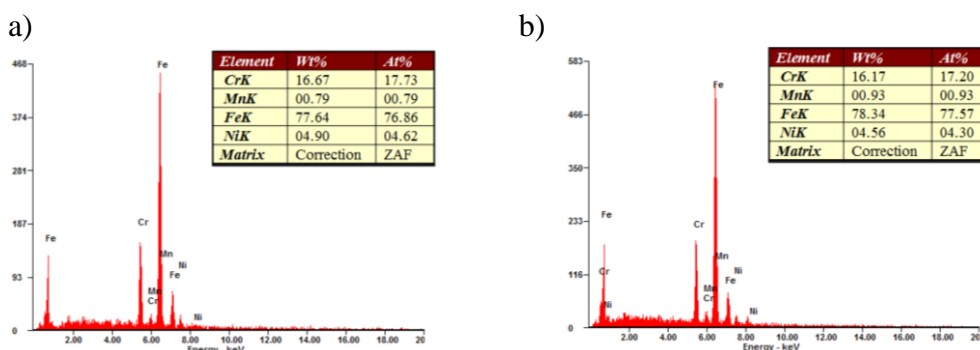
Badanie struktury korpusu zostało wykonane na styku skrzydełka zamka ortodontycznego (rys.3.4.6.a). Powiększenie 10000x ukazuje strukturę porysowaną (rys.2.b). Powierzchnia charakteryzuje się nierównościami. Rysy są skutkiem działań mechanicznych w obrębie skrzydełka. Można dostrzec również wyraźne wgłębienia. Mogły one powstać na skutek manewrowania narzędziami stomatologicznymi podczas zakładania ligatur. Dodatkowo

widoczna jest płytka nazębna, która odłożyła się w zagłębieniach podczas użytkowania aparatu ortodontycznego. Świadczy to o zbyt dużej chropowatości materiału. Ciemniejsze elementy to ubytki materiału. Stanowią one załazek do zapoczątkowania i powstania korozji. Element nie posiada widocznej korozji, co oznacza, że zamek posiada odpowiedni skład chemiczny względem otaczającego środowiska podczas użytkowania.

Analiza składu chemicznego

Badania zostały wykonane przy pomocy analizatora EDS będącego częścią składową mikroskopu skaningowego. Mikroanaliza pozwoliła na określenie pierwiastków znajdujących się w badanym materiale oraz ich udział procentowy. Analiza składu chemicznego zamka nowego wykazała wysoki udział chromu (rys.3.1). Pierwiastek ten stanowi 16,67% udziału w materiale. Gwarantuje to wysoką odporność korozyjną w badanym elemencie. Nikiel stanowi 4,90%, dzięki czemu dodatkowo została podniesiona odporność na działanie kwasów, a także uzyskana została struktura austenityczna. Analiza wykazała średnie ilości manganu, wynoszące 0,79%. Największą objętość zajmuje żelazo, którego procentowy udział wynosi 77,64%. Analiza składu chemicznego potwierdziła zgodność składu badanego materiału z kartą charakterystyk zamków ortodontycznych typu Legend podaną przez producenta.

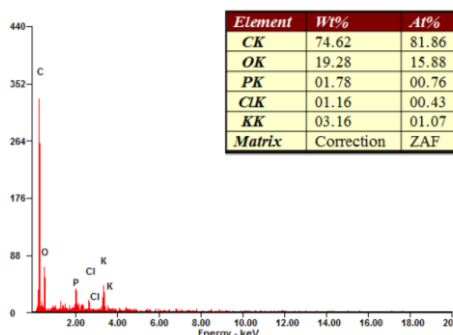
Analiza składu chemicznego zamka ortodontycznego używanego wykazała niewielkie różnice w stosunku do wyników badania zamka nowego (rys.3.2). Pierwiastek o najwyższej zawartości w materiale to żelazo wynoszące 78,34%. Chromu w materiale występuje nieznacznie mniej niż w przypadku zamka nowego, a jego udział procentowy wynosi 16,17%. Również zawartość niklu uległa niewielkiemu spadkowi do 4,56%. Udział procentowy manganu wzrósł do 0,93%. Badany zamek pokrywa się z danymi zamieszczonymi w karcie charakterystyk badanych zamków ortodontycznych podanymi przez producenta.



Rys.3. Analiza składu chemicznego zamka, a – nowego, b – używanego

Wykonano także analizę EDS nalotu znajdującego się na zamku używanym przez 12 miesięcy. Głównym składnikiem osadu jest węgiel, którego udział procentowy stanowi 74,62% (rys.4). Tlen stanowi 19,28% względem wszystkich składników materiału. Dodatkowo w osadzie występuje fosfor (1,78%) i potas (3,16%). Najmniejszy udział procentowy 1,16% stanowi chlor. Skład chemiczny badanego osadu świadczy o tym, że jest to kamień nazębny. Zarysowania w materiale stwarzają korzystne warunki do osadzania się płytki nazębnej. Duża ilość osadu może wskazywać na sporą ilość rys oraz niewystarczającej gładkości powierzchni. Może mieć to związek z brakiem właściwej higieny jamy ustnej

podczas leczenia ortodontycznego. Inną możliwością jest zbyt intensywne szcztokowanie zębów w wyniku czego materiał został zarysowany.



Rys.4. Analiza składu chemicznego nalotu znajdującego się na zamku używanym

6. WŁASNOŚCI

Wszystkie zamki niezależnie od składu chemicznego muszą cechować się odpornością na korozję. Wymagana jest od nich również stabilność kształtu oraz odporność na złamanie i nacisk. W innym wypadku podczas leczenia mogłoby dojść do deformacji lub uszkodzenia, co rzutowałoby na rotację, przemieszczanie zębów, a w rezultacie brak osiągnięcia oczekiwanych wyników, czyli poprawy stanu uzębienia i estetyki [4].

Kolejną zaletą elementów jest ich kwasoodporność. Jest to własność istotna ze względu na działanie kwasów w jamie ustnej pacjenta, a także na spożywanie różnego typu pokarmów i napojów, w szczególności gazowanych [5].

Kolejną własnością zamków jest ich nietoksyczność. Ze względu na bliskie położenie względem błon śluzowych, zamki muszą być bezpieczne dla organizmu człowieka. Niektóre zamki są również antyalergiczne. Warunkiem konieczności zastosowania tego typu zamków jest uczulenie na nikiel, które występuje u około 3% populacji [5].

Zamki ortodontyczne muszą charakteryzować się także odpowiednimi własnościami optycznymi. Ma to związek nie tylko z estetycznym wyglądem elementu, ale także z doбором materiału łączącego. W przypadku zamków o określonej przezierności możliwe jest zastosowanie materiału łączącego światło utwardzalnego [2].

7. PODSUMOWANIE

Zamki ortodontyczne posiadają istotny wpływ na cały proces leczenia. Ze względu na swoje unikalne właściwości nie ulegają korozji oraz przenoszą siły występujące podczas leczenia ortodontycznego na zęby pacjenta. Ważny jest dobór składu chemicznego, ponieważ jest on powiązany ze strukturą wewnętrzną materiału, która wpływa na poszczególne własności materiału. Dobrze przygotowana struktura zewnętrzna pozwala na ograniczenie lub wyeliminowanie osadu organicznego i korozji będącej jego następstwem.

8. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań wysunięto następujące wnioski:

1. Nowy zamek ortodontyczny charakteryzuje się dobrym przygotowaniem powierzchni. Nie występują na nim głębokie zarysowania oraz wżery. Zauważono jedynie nieznaczne wyrwy i niewielkie rysy na jego powierzchni.
2. Struktura podstawy nowego zamka ortodontycznego charakteryzuje się powierzchnią o dużej chropowatości sprzyjającej dobrej przyczepności zamka do powierzchni zęba.
3. Analiza składu chemicznego potwierdza skład chemiczny stopu podany przez producenta w karcie charakterystyk produktu.
4. Zamek ortodontyczny po 12 miesiącach użytkowania w jamie ustnej pacjenta charakteryzuje się licznymi zarysowaniami spowodowanymi tarcieniem drutu w slocie, w których odłożyła się znaczna ilość osadu, co jest niebezpieczne dla zdrowia pacjenta.
5. Analiza skład chemicznego osadu wskazuje na występowanie kamienia nazębnego.

LITERATURA

1. W.A. Brantley, T. Eliades, *Orthodontic materials: scientific and clinical aspects*, Thieme, 2001.
2. Red. A. Komorowska, *Materiały i techniki ortodontyczne*, Polskie Towarzystwo Ortodontyczne, Lublin, 2009.
3. J.C. Bennett, *Zasady wyboru zamków ortodontycznych*, Na podstawie II wydania oryginalnego, Wydawnictwo CZELEJ, Lublin, 2011.
4. G.P.F. Schmuth, E.A. Holtgrave, D. Drescher, *Ortodoncja praktyczna*, Wydawnictwo CZELEJ, Lublin, 1997.
5. J.C. Bennett, R.P. McLaughlin, *Stałe aparaty ortodontyczne*, Wydawnictwo CZELEJ, Lublin, 1999.

