



Narzędzia spiekane stosowane w stomatologii

A. Filus^a, M. Kremzer^b, K. Gołombek^b, G. Matula^b

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Studenckie Koło Naukowe Metalurgii Proszków

email: annafilus04@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

email: marek.kremzer@polsl.pl, klaudiusz.golombek@polsl.pl, grzegorz.matula@polsl.pl

Streszczenie: Celem artykułu jest przedstawienie materiałów spiekanych wykorzystywanych w stomatologii na przykładzie wiertel stomatologicznych. Wiertło stomatologiczne składa się z wielu różnych materiałów tj.: węglików spiekanych, ferrytycznej stali odpornej na korozję i lutowiny. Obserwacja ich struktury była przeprowadzona przy użyciu SEM (ang. *Scanning Electron Microscopy*) oraz mikroskopu stereoskopowego. Wykorzystując również przystawkę EDS (ang. *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) zbadano skład chemiczny narzędzi. Praca przedstawia wyniki badań kształtu ostrzy narzędzi, struktury oraz wyniki pomiaru mikrotwardości.

Abstract: The aim of this article was to present the application of sintered materials in stomatology for example dental drills. A dental drill consists of different materials: sintered carbides, stainless ferrite steel and solder. The structure of these parts was seen by using SEM (Scanning Electron Microscopy) and stereomicroscope. Utilization of additional microscope elements EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) allowed checking chemical composition of this material. The paper presents microscopic images of structure of prepared test samples, microhardness and shapes of different dental drill's parts.

Słowa kluczowe: narzędzia spiekane, wiertła stomatologiczne, węglík spiekany

1. WSTĘP

Rozwój nowoczesnych spiekanych materiałów narzędziowych jest ściśle związany z wymaganiami stawianymi przez odbiorców. Istnieje konieczność tworzenia nowych rozwiązań, które spełnią oczekiwania rynku. Zęby są najtwardszymi kośćmi w organizmie ludzkim, dlatego do opracowywania ubytków stosuje się materiały, które są od nich bardziej wytrzymałe. Wiertła stomatologiczne spełniają określone funkcje i każde z nich może być wykorzystywane przy różnych zabiegach. Do uzyskania coraz to lepszych właściwości producenci tworzą nowe rozwiązania i połączenia innowacyjnych materiałów, które znajdują zastosowanie we współczesnym świecie oraz polepszają komfort życia. Najnowsze technologie

umożliwiają spajanie ze sobą całkiem odmiennych struktur, dzięki czemu możliwe jest otrzymanie elementów o unikalnych własnościach.

W ostatnich latach nastąpił znaczny rozwój technologii i materiałów stosowanych w stomatologii. Stosuje się coraz nowsze urządzenia, które mają polepszyć dokładność opracowywania ubytku, komfort pracy dentysty i samopoczucie pacjenta. W tym celu produkuje się wiertła w odpowiedni sposób, aby spełniały wszelkie wymagania. Są zbudowane z twardych węglików spiekanych, w których wykonuje się nacięcia tarczami diamentowymi. Wysokogatunkowa stal odporna na korozję zapewnia długotrwałe użytkowanie. W zależności od zastosowania wiertła dobierana jest odpowiednia ostrość i kąt natarcia. Procesami łączenia materiałów o różnych własnościach są lutowanie twarde oraz zgrzewanie tarcie obrotowe. W ten sposób otrzymujemy narzędzia, które łączą stosunkowo wysoką ciągliwość rdzenia przy wysokiej odporności na ścieranie i zużycie powierzchni. Najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie materiałów gradientowych, co umożliwia ogólnie rozumiana metalurgia proszków. Pozwala ona przy relatywnie łatwym sposobie wytwarzania na kontrolę rozkładu cząstek wzmacniających w osnowie, co zapewnia pełne wykorzystanie surowca i bardzo wysoką powtarzalność uzyskiwanych wyników. Istnieje wiele metod wytwarzania proszków metali i ich stopów. Główną grupę stanowią metody, które opierają się na reakcjach redukcji – utleniania, co prowadzi do uwolnienia metalu z jego związku za pomocą odpowiednio dobranej reduktora. Proszki metali można też uzyskać przez termiczny rozkład niektórych związków, ale tylko w przypadku wybranych metali [1,2].

Kolejną pożądaną cechą materiałów narzędziowych jest ich duża twardość, która powinna być większa niż twardość materiału obrabianego o co najmniej 30 HRC. Węgliki spiekane wyróżniają się spośród materiałów narzędziowych stosunkowo dużą twardością (1900-2500 HV). Jednak dość duża kruchość takich materiałów ogranicza ich zastosowanie z powodu dużych obciążeń dynamicznych związanych z pracą narzędzi skrawających [1].

Powszechnie znanymi narzędziami spiekanymi w stomatologii są wiertła i frezy stomatologiczne. Służą one do usuwania próchnicy, nadawania kształtu, usuwania nadmiarów wypełnień, obróbki materiałów protetycznych (protez z akrylu). Dawniej zalecano, aby ze stali szybko tnącej i innych stopowych stali narzędziowych produkować narzędzia precyzyjne, których nie da się wykonać ze spieków narzędziowych. Obecnie z węglików spiekanych można wykonać najbardziej precyzyjne mikronarzędzia, a stal szybko tnąca jest coraz rzadziej stosowana do wytworzenia skrawających narzędzi dentystycznych. Stosowanie nowoczesnych narzędzi zwiększa efektywność obróbki dzięki zmniejszeniu zużycia narzędzi i wydłużeniu czasu ich użytkowania przy zachowaniu wymaganych tolerancji wymiarowych [3,4].

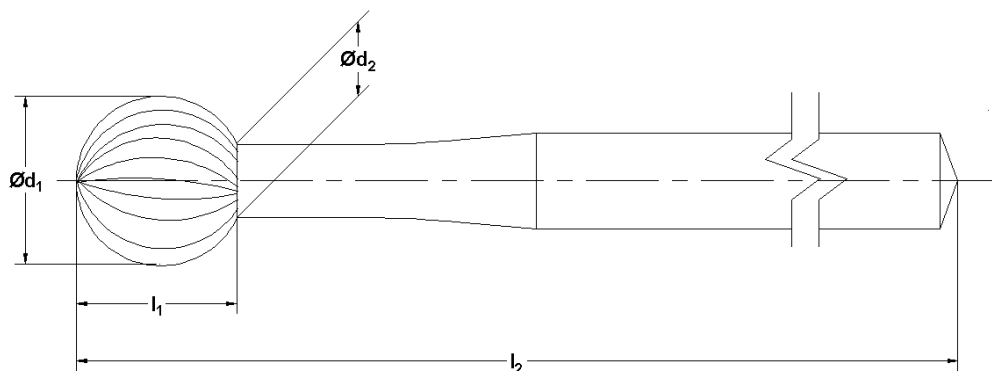
Od prędkości pracy wiertła i jego stopnia zużycia zależy szybkość i sprawność przeprowadzanego zabiegu, dokładność, rodzaj obróbki, komfort pracy dentysty i samopoczucie pacjenta [5].

Istnieje wiele rodzajów wiertel stomatologicznych [6]:

- a) różyczkowe – służą do usuwania zębiny próchnicowej,
- b) odwrócony stożek – wykonuje się nim podcięcia retencyjne po to, by wypełnienie nie zmieniło swojego położenia np. pod wpływem grawitacji,
- c) szczelinowiec – do otwarcia ubytku i nadania mu zarysu,
- d) szczelinowiec zwięzający się – do opracowywania punktowych i precyzyjnych ubytków np. w okolicach dziąseł,
- e) wykańczające (finiry) – nadają wymagany kształt oraz usuwają nadmiar wypełnienia,
- f) przecinacze koron – do usuwania np. starych koron,
- g) do usuwania amalgamatu,
- h) do usuwania dziąsła (Gingiva Trimmer) – usuwa dziąsła w sposób punktowy, by uniknąć nadmiernego krwawienia. Działa szybko i jednocześnie podczas pracy zasklepia ranę.

2. BADANIA WŁASNE

Badaniom poddano wiertła stomatologiczne z węgliku spiekanego. Powszechnie służą one do opracowywania ubytków, ponieważ przy ich zastosowaniu można łatwo i szybko usunąć szkliwo, zębinę i materiały wypełniające. Ich użytkowanie przez stomatologa jest bardziej akceptowane przez pacjentów, gdyż leczenie przebiega szybko i jest pozbawione wibracji w porównaniu z wiertłami stalowymi. Wiertło nr 1 (rys. 1) jest wykonane z węgliku spiekanego.



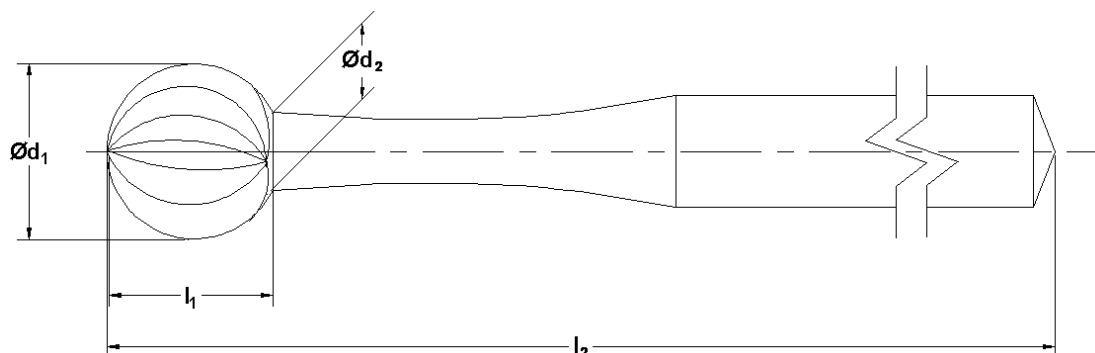
Rysunek 1. Schemat wiertła nr 1

Figure 1. Dental drill no. 1

Wymiary wiertła nr 1:

- $\Phi d_1 = 1,8$ mm,
- $\Phi d_2 = 1,12$ mm,
- $l_1 = 1,46$ mm,
- $l_2 = 19,0$ mm (trzonek typu 3, standardowy),
- liczba ostrzy – 8.

Wiertło nr 2 (rys. 2) jest wykonane z węgliku spiekanego pokrytego powłoką. Charakteryzuje się cienkim trzonkiem ułatwiającym głębokie wiercenie kanałowe. Ułatwia to pracę stomatologowi, gdyż taka budowa nie zasłania pola widzenia w lusterku podczas opracowywania ubytku.



Rysunek 2. Schemat wiertła nr 2

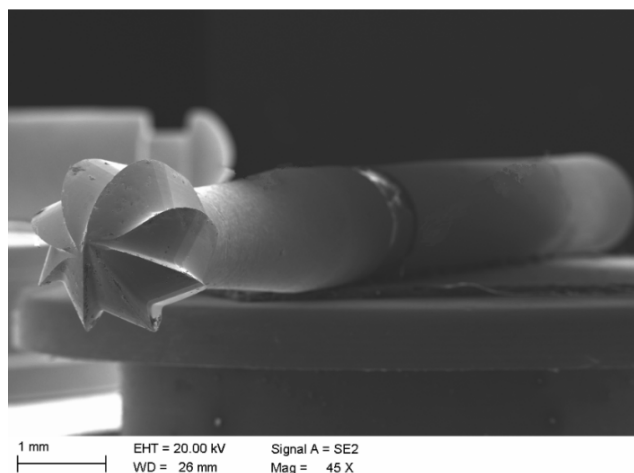
Figure 2. Dental drill no. 2

Wymiary wiertła nr 2:

- $\Phi d_1 = 1,2$ mm,
- $\Phi d_2 = 0,9$ mm,
- $l_1 = 1,5$ mm,
- $l_2 = 22,0$ mm (trzonek typu 1, standardowy),
- liczba ostrzy – 10.

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Przy użyciu mikroskopu SEM dokonano obserwacji budowy i struktury wiertła. Napięcie przyspieszające wynosiło w każdym przypadku 20.00 kV, a odległość robocza próbki od działa średnio była równa 15 mm. Wykorzystano elektrony wtórne SE. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono widok wiertła nr 1, w szczególności głowicę roboczą wiertła.



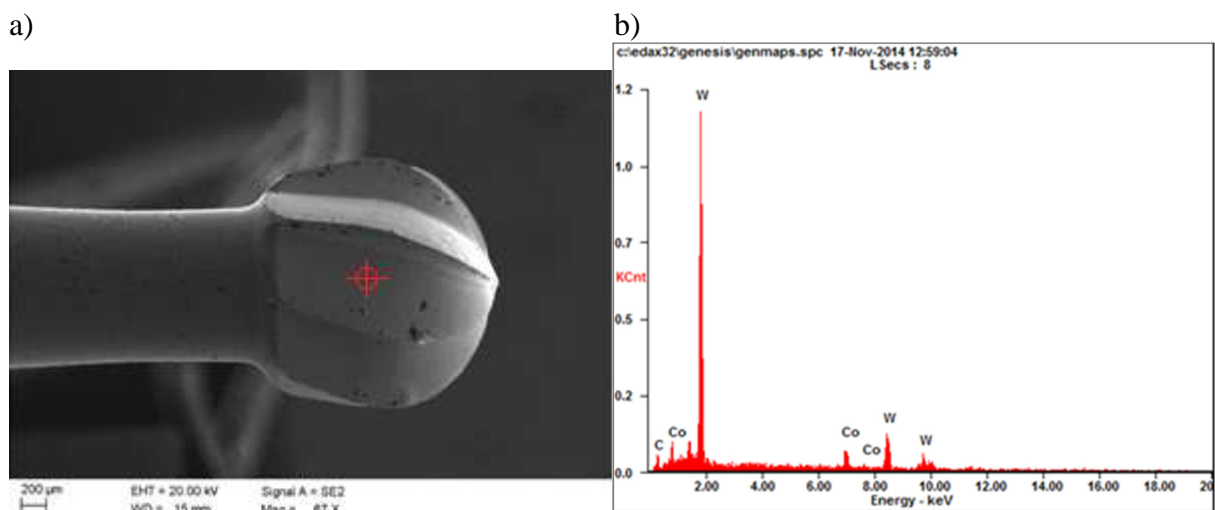
Rysunek 3. Wiertło nr 1 – obserwacja na mikroskopie skaningowym
Figure 3. Dental drill no. 1 – SEM

Dodatkowo na rysunku 4a zaznaczono obszar, na którym dokonano analizy EDS, przedstawionej na rysunku 4b. Na podstawie analizy składu chemicznego w mikroobszarach można wnioskować, że głowica robocza jest wykonana z węgla wolframu i metalowej osnowy kobaltowej, tj. klasycznego węgla spiekane. Dokładny udział pierwiastków przedstawiono w tabeli 1. W tabeli 2 przedstawiono wyniki badania składu chemicznego metodą EDS trzonka narzędzia, który wykonany jest ze stali odpornej na korozję z dodatkiem Cr, Mo i Si.

Tablica 1 Skład chemiczny głowicy wiertła nr 1

Table 1. Chemical composition of the drill's head

| Pierwiastek | Wt, % | At, % |
|-------------|-------|-------|
| C | 10,10 | 58,42 |
| Co | 09,48 | 11,18 |
| W | 80,42 | 30,40 |



Rys. 4. a) Głowica różyczkowa wiertła nr 1 od boku, b) wykres składu chemicznego EDS głowicy wiertła nr 1

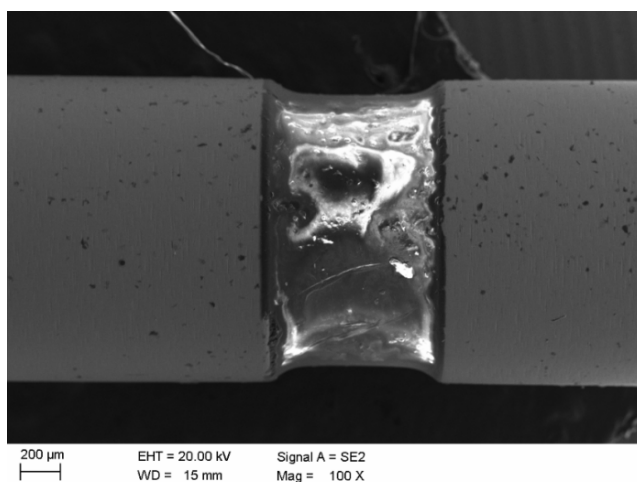
Fig. 4. a) Head of dental drill no. 1, b) diagram of chemical composition of a dental drill's head

Tablica 2. Skład chemiczny trzonka wiertła nr 1

Table 2. Chemical composition of the drill's grip

| Pierwiastek | Wt, % | At, % |
|-------------|-------|-------|
| Si | 00,98 | 01,93 |
| Mo | 02,31 | 01,33 |
| Cr | 14,39 | 15,29 |
| Fe | 82,32 | 82,45 |

Na rysunku 5 przedstawiono ozdobną powłokę lakierową, którą pokryto miejsce łączenia. Jej skład chemiczny został przestawiony w tablicy 3.



Rysunek 5. Powłoka ozdobna wiertła nr 1

Figure 5. Decorative layer on a dental drill no. 1

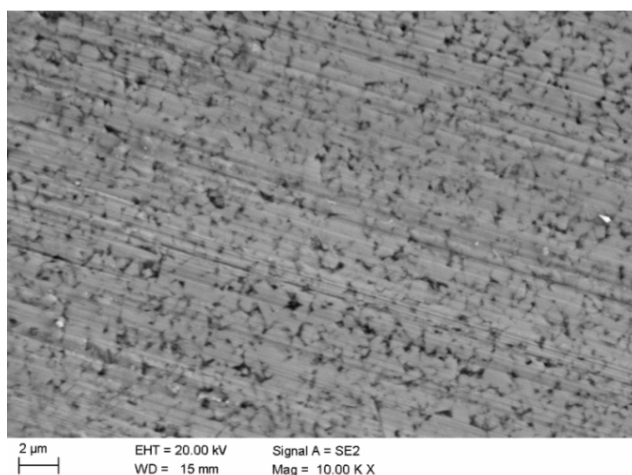
Tablica 3 Skład chemiczny powłoki ozdobnej wiertła nr 1

Table 3. Chemical composition of decorative layer on a dental drill no. 1

| Pierwiastek | Wt, % | At, % |
|-------------|-------|-------|
| C | 83,11 | 87,73 |
| O | 14,68 | 11,63 |
| Cl | 00,91 | 00,32 |
| Ti | 00,51 | 00,13 |
| Fe | 00,80 | 00,18 |

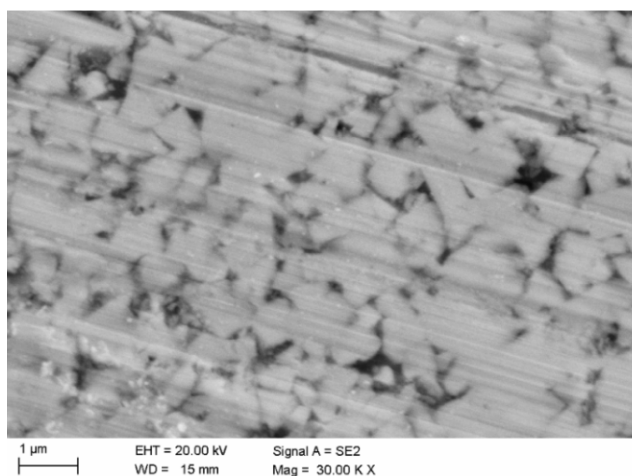
W widocznym miejscu wykonano nacięcie i tam naniesiono ozdobną powłokę, charakterystyczną dla producenta. W tym przypadku kolor zielony oznacza największą możliwą ostrość wiertła i największy kąt natarcia. Materiały były ze sobą zgrzewane obrotowo.

Na rysunkach 6 i 7 przedstawiono strukturę głowicy roboczej z węgla spiekanego. Analizując wielkość ziarna można stwierdzić, że cząstki zastosowanego proszku WC miały wymiar ok. 1 μm .



Rysunek 6 Struktura głowicy wiertła nr 1

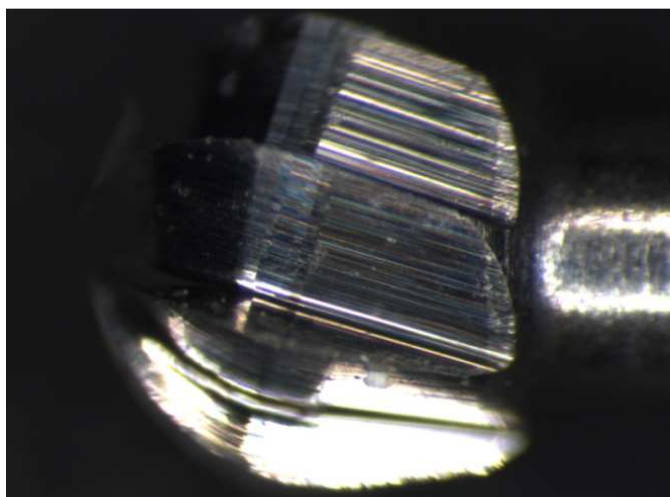
Figure 6. Structure of drill's head no. 1



Rysunek 7 Struktura głowicy wiertła nr 1

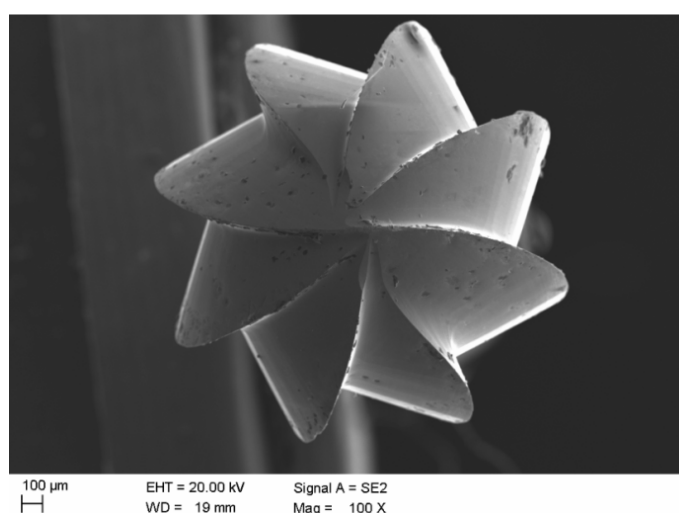
Figure 7. Structure of drill's head no. 1

Ciemniejsze obszary pomiędzy ziarnami to osnowa kobaltowa równomiernie rozmieszczona w całej objętości spieku. W strukturze nie stwierdzono występowania dużych porów obniżających własności mechaniczne. Można dostrzec również rysy, które powstały podczas szlifowania wiertła diamentową tarczą szlifierską podczas jego produkcji (rys. 8).



Rysunek 8. Rysy na powierzchni głowicy wiertła nr 1
Figure 8. Scratches on a surface of head drill no. 1

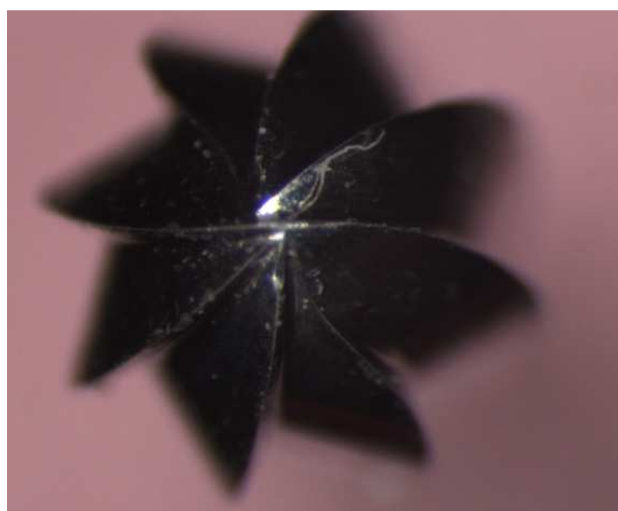
Rysunek 9 przedstawia zdjęcie wiertła z góry przy powiększeniu 100x. Widać kształt różyczkowy, co potwierdza również rysunek 10 wykonany na mikroskopie stereoskopowym. Taka budowa końcówki wiertła umożliwia skuteczne cięcie jego powierzchnią czołową.



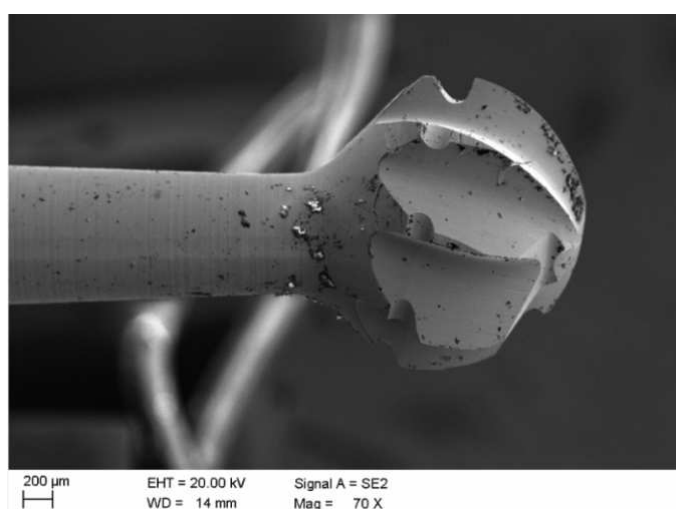
Rysunek 9. Kształt różyczkowy głowicy wiertła nr 1 powierzchnia czołowa
Figure 9. Characteristic shape of a dental drill's no. 1 head – SEM

Rysunek 11 głowicę roboczą wiertła nr 2 przy powiększeniu 70x. Ma ona również kształt różyczkowy, co potwierdza również rysunek 12 wykonany na mikroskopie stereoskopowym. Widać na niej nacięcia, które zostały wykonane podczas produkcji tarczami diamentowymi dla ułatwienia skrawania zębiny podczas leczenia. Tu dostrzegalne są również rysy, które powstały podczas szlifowania przy produkcji wiertła. Rysunek 13 przedstawia widok wiertła z góry przy powiększeniu 100x. Można zauważyć wyraźny kształt różyczkowy oraz nacięcia umożliwiające łatwiejsze skrawanie zębiny podczas leczenia. Podobne cechy można dostrzec na rysunku 14, tj. zdjęciu pochodzącego z mikroskopu stereoskopowego.

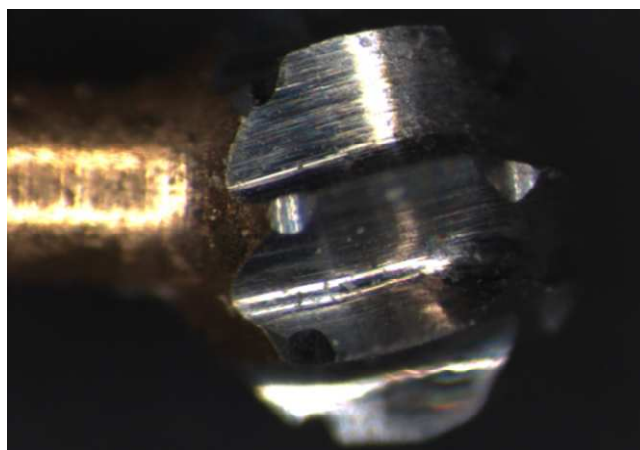
Rysunek 15 przedstawia końcówkę, uchwyt wiertła na kątnicę szybkoobrotową z widocznym spłaszczeniem i rowkiem, które służą do połączenia z zaciskiem w turbinie. Jest ona wykonana ze stali ferrytycznej odpornej na korozję, co wynika z analizy składu chemicznego metodą EDS przedstawionego w tabelicy 4.



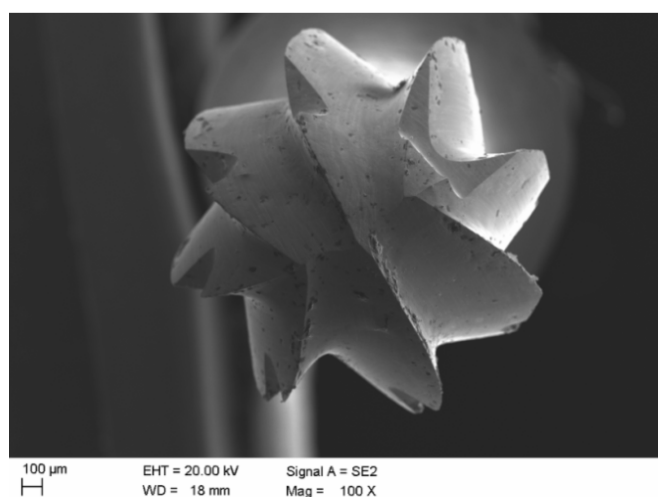
Rysunek 10. Kształt różyczkowy głowicy wiertła nr 1 na mikroskopie stereoskopowym
Figure 10. Characteristic shape of a dental drill's no. 1 head – stereomicroscope



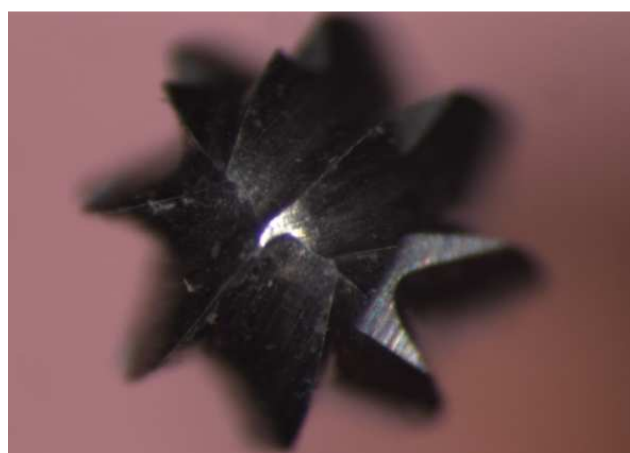
Rysunek 11. Widok powierzchni bocznej głowicy wiertła nr 2 – SEM
Figure 11. Dental drill's no. 2 head



Rysunek 12. Widok powierzchni bocznej głowicy wiertła nr 2 – mikroskop stereoskopowy
Figure 12. Dental drill's no. 2 head – stereomicroscope

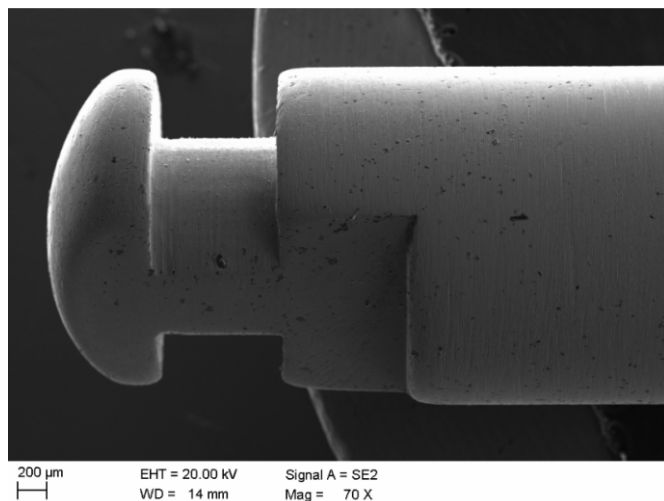


Rysunek 13. Kształt różyczkowy głowicy wiertła nr 2 powierzchnia czołowa
Figure 13. Characteristic shape of a dental drill's no. 2 head – SEM



Rysunek 14. Głowica różyczkowa wiertła nr 2 mikroskop stereoskopowy
Figure 14. Characteristic shape of a dental drill's no. 2 head – stereomicroscopy

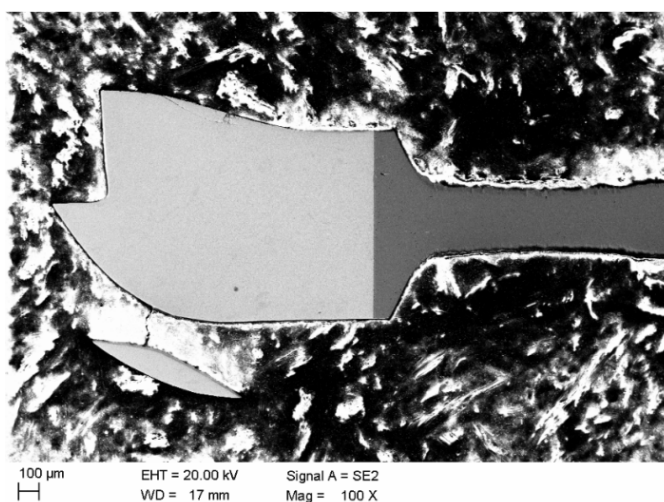
Rysunek 16 przedstawia wiertło nr 2 po zainkludowaniu, szlifowaniu i polerowaniu, przy powiększeniu 100x. Na rysunku widać wyraźnie różniące się odcieniem materiały głowicy roboczej oraz trzonka. Typową drobnoziarnistą strukturę węgla spiekaneego można zauważyć na rysunkach 17a i 18 przy powiększeniach 10 i 20 tys. razy. Z analizy EDS przedstawionej na rysunku 17b oraz w tablicy 5 wynika, że głowica jest wykonana z węgla WC z dodatkiem Co.



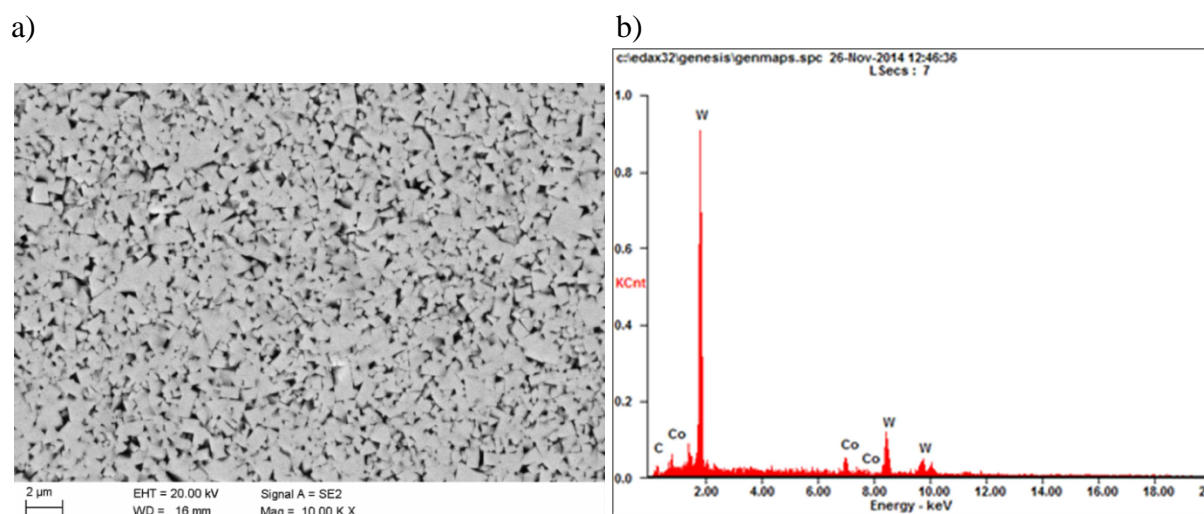
Rysunek 15. Uchwyt wiertła nr 2
Figure 15. Handle of dental drill no. 2

Tablica 4. Skład chemiczny uchwytu wiertła nr 2
Table 4. Chemical composition of dental drill's no. 2 handle

| Pierwiastek | Wt, % | At, % |
|-------------|-------|-------|
| Si | 01,03 | 02,02 |
| Mo | 01,67 | 00,96 |
| Cr | 15,19 | 16,08 |
| Fe | 82,11 | 80,94 |



Rysunek 16. Wiertło nr 2 po zainkludowaniu – obserwacja SEM
Figure 16. Dental drill no. 2 after inclusion – SEM



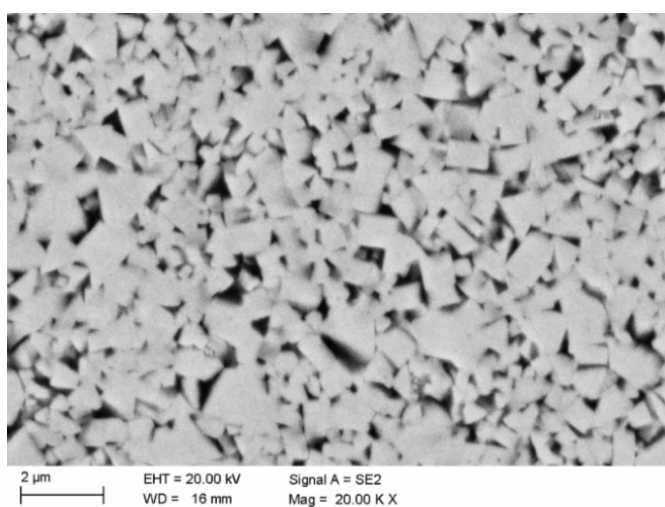
Rysunek 17. a) struktura głowicy wiertła nr 2, b) wykres składu chemicznego EDS głowicy wiertła nr 2

Figure 17. a) structure of dental drill's no. 2 head, b) diagram of a chemical composition dental drill's no. 2 head

Tablica 5. Skład chemiczny głowicy wiertła nr 2

Table 5. Chemical composition of a dental drill's no. 2 head

| Pierwiastek | Wt, % | At, % |
|-------------|-------|-------|
| C | 07,87 | 53,24 |
| Co | 06,48 | 08,93 |
| W | 85,65 | 37,84 |



Rysunek 18. Struktura głowicy wiertła nr 2

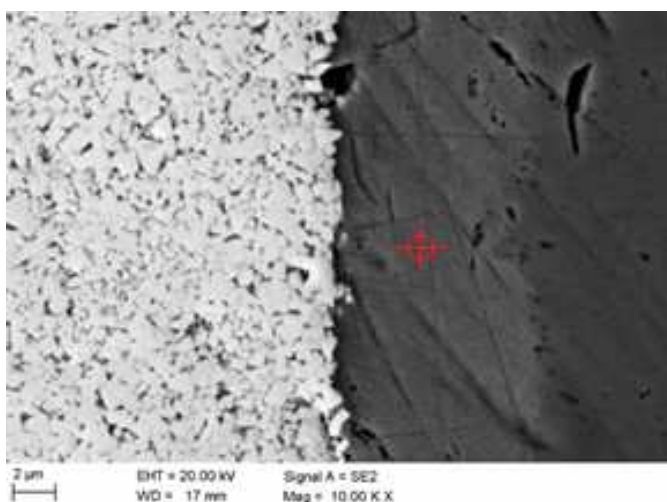
Figure 18. Structure of dental drill's no. 2 head

Rysunek 19 przedstawia miejsce połączenia węglika ze stalą ferrytyczną odporną na korozję. Pomiędzy tymi materiałami wyraźnie widoczna jest dodatkowa warstwa łącząca (zaznaczony punkt). Skład chemiczny według EDS wykazał, że w wiertle występuje duża zawartość czystego niklu (tablica 6). Oznacza to w tym przypadku, że nikiel jest lutownicą.

Wiertło to zostało wyprodukowane z zastosowaniem procesu twardego lutowania końcówki z węglika spiekanego ze stalowym uchwytem [6].

Próbka była szlifowana przy użyciu półautomatycznej szlifierki, dlatego widoczne są rysy. Nie było możliwe całkowite ich usunięcie, ponieważ wiertło składa się z materiałów o różnej twardości i odpadające cząstki węglika rysowały powierzchnię o wiele bardziej miękkiej stali.

Rysunek 20 przedstawia strukturę wysokogatunkowej stali ferrytycznej odpornej na korozję przy powiększeniu 5.00 Kx, wynikającą z analizy EDS (tablica 7).



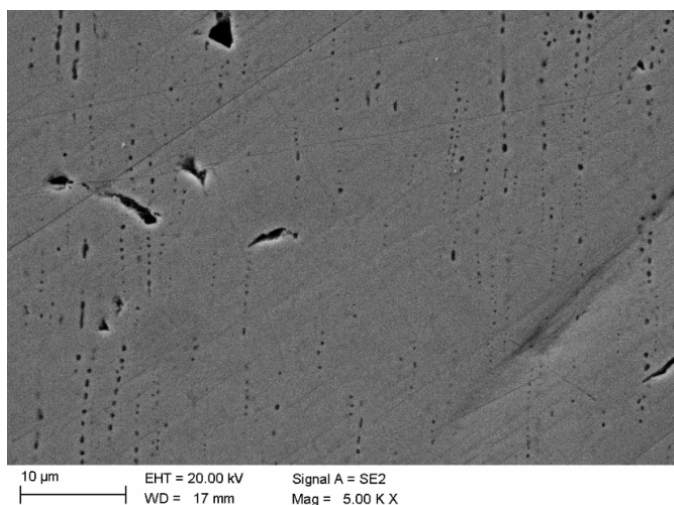
Rysunek 19. Spoina w miejscu łączenia węglika spiekanego ze stalą – wiertło nr 2
Figure 19. Connection of a sintered carbide and steel – dental bur no. 2

Tablica 6. Skład chemiczny lutownicy niklowej
Table 6. Chemical composition of a nickel solder

| Pierwiastek | Wt, % | At, % |
|-------------|--------|--------|
| Ni | 100,00 | 100,00 |

Tablica 7. Skład chemiczny trzonka wiertła nr 2
Table 7. Chemical composition of a dental drill's no. 2 handle

| Pierwiastek | Wt, % | At, % |
|-------------|-------|-------|
| Si | 00,73 | 01,45 |
| Mo | 02,71 | 01,57 |
| Cr | 13,74 | 14,67 |
| Fe | 82,82 | 82,31 |



Rysunek 20. Struktura trzonka wiertła nr 2
Figure 20. Structure of a dental drill's no. 2 grip

Trzonek wiertła nr 2 ma złote zabarwienie. Wykonano analizę EDS tego obszaru (tablica 8). To potwierdziło występowanie złotej powłoki wierzchniej. Złoto ma właściwości antybakteryjne, więc prawdopodobnie w tym celu zostało napyłone na powierzchnię wiertła. Oprócz tego jest odporne na korozję i biokompatybilne, dlatego jest stosowane w stomatologii.

Tablica 8. Skład chemiczny powłoki o złotym zabarwieniu wiertła nr 2

Table 8. Chemical composition of dental drill's no. 2 with golden decorative layer

| Pierwiastek | Wt, % | At, % |
|-------------|-------|-------|
| Ni | 11,53 | 30,41 |
| Au | 88,47 | 69,59 |

Wiertła poddano również pomiarowi mikrotwardości. W przypadku wiertła nr 1 (rys. 1) zastosowano obciążenie 100 g, zatem oznaczenie twardości jest następujące – HV0,1. Otrzymane dane przedstawiono w tablicy 9. Ostrze narzędzia charakteryzuje się najwyższą twardością. Wartość ta jest wyższa o około 1000 HV w stosunku do trzonka i uchwytu. Trzonek i uchwyt są wykonane ze stali ferrytycznej odpornej na korozję, więc ich twardość w porównaniu z węglikiem jest prawie trzykrotnie mniejsza.

Wyniki pomiaru twardości wiertła nr 2 (rys. 2) przedstawiono w tablicy 10. Węglik charakteryzuje się twardością 1563 HV przy obciążeniu 1000 g (HV 1). Mikrotwardość lutownicy niklowej wyniosła 523 HV przy obciążeniu 100 g (HV 0,1). Trzonek badanej stali osiągnął wartość 376 HV0,1. W tym przypadku węglik osiągnął twardość trzykrotnie większą w porównaniu z lutownicą niklową i prawie pięciokrotnie większą niż stal.

Tablica 9. Otrzymane wartości mikrotwardości różnych obszarów wiertła nr 1

Table 9. Microhardness of different areas on a dental drill no. 1

| Miejsce wykonania próby mikrotwardości na wiertle | Mikrotwardość HV |
|---|------------------|
| Ostrze | 1580 |
| Trzonek | 596 |
| Uchwyt | 513 |

Tablica 10. Otrzymane wartości mikrotwardości różnych obszarów wiertła nr 2

Table 10. Microhardness of different areas on a dental drill no. 2

| Miejsce wykonania próby mikrotwardości na wiertle | Mikrotwardość HV |
|---|------------------|
| Ostrze | 1563 |
| Lutowina niklowa | 523 |
| Trzonek | 376 |

4. WNIOSKI

Przedstawione wyniki badań dowodzą, że ostrza przedstawionych narzędzi stomatologicznych charakteryzują się wysoką twardością oraz jednorodną, drobnoziarnistą strukturą WC-Co. Cytowana literatura wskazuje, że narzędzia spiekane wykonane metodą metalurgii proszków są powszechnie stosowane w stomatologii. Ta dziedzina nauki znajduje zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu ze względu na dobrą jakość wytwarzanych produktów, a także odpowiednie własności żądane przez odbiorców.

Wyniki badań własnych wskazują na zasadność stosowania materiałów spiekanych w stomatologii. Dobierając odpowiednio skład chemiczny istnieje możliwość wytworzenia narzędzi o wymaganych własnościach. Wysoka odporność na zużycie ściernie węglików spiekanych wpływa na poprawę własności wiertła stomatologicznego i wskazuje na celowość ich stosowania. Generalnie węgliki spiekane, dzięki swoim własnościom posiadają różne zastosowanie. Najczęściej jako materiał narzędziowy do skrawania metali, obróbki skał, w stomatologii, ale również w sporcie jako końcówki kijów narciarskich. Biorąc pod uwagę jedynie materiały narzędziowe przeznaczone do obróbki ubytkowej, węgliki spiekane już dawno wyprzedziły stale szybkołnące w częstotliwości zastosowań. Ich relatywnie wysoka ciągliwość oraz twardość umożliwia skrawanie zgrubne podczas którego narzędzie narażone jest często na obciążenia dynamiczne. Ponadto węgliki spiekane są również odporne na działanie wysokiej temperatury, dzięki czemu mogą być stosowane do skrawania z dużą szybkością bez konieczności chłodzenia. Mimo to w przypadku narzędzi stomatologicznych, stosuje się chłodzenie z turbiny w postaci strumienia powietrza i mgiełki wodnej z regulacją, jednak głównie żeby zwiększyć komfort pacjenta. Brak konieczności chłodzenia podczas skrawania metali wpływa na obniżenie kosztów produkcji oraz konieczności utylizacji

płynów chłodzących. Własność ta jest głównie wykorzystywana podczas obróbki ubytkowej materiałów metalowych, ponieważ nie trzeba ich tak intensywnie chłodzić.

Wyniki badań składu chemicznego badanych węglików metodą EDS wykazały, że w węglkach występują jedynie pierwiastki Co, W i C, zatem można wnioskować, że do tego typu węglików nie stosuje się domieszek węglików o sieci regularnej np. VC, TiC, NbC, TaC, które w przypadku klasycznych narzędzi skrawających blokują rozrost ziarna oraz zapewniają większą odporność chemiczną w wysokiej temperaturze.

Wiertła w całości nie zostały wykonane z węglików spiekanych, ponieważ w takim przypadku nie uzyskano by żądanych własności. Uchwyty składają się ze stali ferrytycznej odpornej na korozję. Jest to zamierzone działanie, gdyż stal charakteryzuje się większą plastycznością niż węgliki. Wiertło umieszcza się w zaciskach turbiny. Węgliki pomimo swojej dużej twardości są dość kruche, co wynika z występowania w ich budowie wiązań jonowych i kowalencyjnych oraz małego udziału objętościowego metalowej fazy wiążącej w postaci kobaltu.

W przypadku łączenia dwóch materiałów o różnych własnościach i strukturach należało zastosować odpowiednią metodę spajania. Było to twarde lutowanie węglika spiekanego ze stalą ferrytyczną odporną na korozję. Jak wynika z analizy EDS lutownią jest nikiel. Ma on niską twardość w porównaniu z występującymi w wiertle materiałami, ale nie jest umieszczony na części roboczej narzędzia, dlatego ta jego własność nie wpływa na obniżenie własności użytkowych. Ze względów estetycznych na miejsce spajania naniesiono lakierową powłokę ochronną, charakterystyczną dla danego producenta.

Trzonek jednego z wiertel został pokryty złotem. Czysty chemicznie pierwiastek jest coraz rzadziej stosowany w stomatologii ze względu na swoją niską twardość. Częściej występuje w postaci stopów. Jednak w tym przypadku został wykorzystany tylko na powłokę ochronną wiertła z powodu swojej odporności na korozję i własności antybakteryjnych. Przedłuża również okres stosowalności narzędzia, ponieważ nie ściera się zbyt szybko podczas procesu sterylizacji.

LITERATURA

1. L.A. Dobrzański, A. Kloc-Ptaszna, Structure and properties of the gradient tool materials based on a high-speed steel HS6-5-2 reinforced with WC or VC carbides, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 37/2 (2009) 213-237.
2. A. Cyunczyk, *Podstawy inżynierii spieków metalowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2000.
3. strona internetowa: <http://pl.265health.com/dentalhealth/general-dental-health/1018117349.html#.VFiSyvmG8fY>
4. H. Leda, *Materiały inżynierskie w zastosowaniach biomedycznych*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2012.
5. strona internetowa: http://www.portaldentystyczny.pl/lekarz/poradnik_dentysty/art10_predkosc-a-praca-wiertel-stomatologicznych.html

6. strona internetowa: <http://www.dumont-instruments.com/pdf/Dentistry/carbures-Dentistry.pdf>
7. T.R. Pitt Ford, Odbudowa zębów, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 1994.