

**Uniwersytet Jagielloński  
Collegium Medicum  
Wydział Lekarski**

Magdalena Stupka

**Porównanie dokładności przylegania  
wkładów koronowych wykonanych metodą pośrednią  
i przy zastosowaniu urządzenia CEREC 2.**

*Praca doktorska*

**Promotor Prof. dr hab. med. Roman Pawlicki**

Z Katedry Histologii UJCM

**Kraków 2005**

*Promotorowi*

*Panu Profesorowi dr hab.med. Romanowi Pawlickiemu  
składam serdeczne podziękowania za opiekę naukową  
oraz cenne sugestie, które miały istotny wpływ na kształt tej pracy.*

# Spis treści

<b>1. Wstęp</b>	1
<b>2. Cel pracy</b>	13
<b>3. Materiał i metoda</b>	14
Opracowanie ubytków i założenie wkładów	15
Metody oceny badanego materiału	23
Analiza statystyczna uzyskanych wyników	24
<b>4. Wyniki</b>	27
Wyniki analizy zewnętrznych powierzchni zębów wraz z wkładami w SEM (badanie in vitro)	27
Ocena kliniczna pełnoceramicznych wkładów koronowych po okresie ich użytkowania w czasie od 10 do 36 miesięcy	30
Wyniki analizy wewnętrznych powierzchni przekrojów zębów wraz z osadzonymi wkładami wykonanymi obiema metodami	39
Ocena przekrojów w mikroskopie optycznym	39
Analiza obrazów przekrojów wykonana w mikroskopie elektronowym skaningowym	63
<b>5. Omówienie wyników i dyskusja</b>	82
<b>6. Wnioski</b>	98
<b>7. Streszczenie</b>	99
<b>8. Summary</b>	101
<b>9. Piśmiennictwo</b>	103

# 1. Wstęp

## O wkładach koronowych.

Wkłady koronowe są uznaną metodą rekonstrukcji utraconych twardych tkanek zęba (fot.1-3). Ich kształt oraz wielkość zależą od klasy ubytku (klasyfikacja według Blacka). W wielu przypadkach rekonstrukcje wykonane przy pomocy wkładów koronowych są lepszym rozwiązaniem niż tradycyjne wypełnienia czy korony protetyczne [28,107]. Pozwalają one na trwałą odbudowę punktów stycznych i powierzchni żującej bez konieczności szlifowania (a więc kontrolowanej destrukcji) pozostałej części korony zęba. Wykonuje się je z różnych materiałów (metale szlachetne - złoto, srebro i nieszlachetne, porcelana prasowana lub napalana, kompozyty) [7,24,27,41,48,52]. Do ich osadzania w zębach służą cementy dentystyczne. Aktualnie zgodnie z techniką adhezyjnego osadzania wkładów w większości przypadków stosuje się cementy kompozytowe [11,26,49,74,81].



**Fot.1. Ząb 46 zakwalifikowany do wymiany wypełnienia amalgamatowego i rekonstrukcji wkładem koronowym.**



**Fot.2.Opracowany ubytek.**



**Fot.3.Osadzony wkład w zębie 46.**

## Metody wykonywania wkładów koronowych.

**Metoda bezpośrednia** polega na opracowaniu ubytku w zębie według określonych zasad. Materiałem do wykonania wkładu jest stop metalu lub materiał kompozytowy. Nadanie kształtu wkładu następuje bezpośrednio w ubytku. W przypadku wkładów lanych metalowych do ich wykonania używa się specjalnej odmiany wosku modelarskiego, który w procesie odlewania wypala się bez reszty (fot.4) [1,7]. Przy wkładach wykonywanych z materiałów kompozytowych polimeryzacja wstępna ma miejsce bezpośrednio w opracowanym ubytku, a ostateczna odbywa się poza jamą ustną przy zastosowaniu specjalnych lamp polimeryzacyjnych. Metodą tą wykonuje się wyłącznie wkłady metalowe i kompozytowe.

Wkłady porcelanowe wykonuje się dwoma metodami: pośrednią i CAD/CAM.



**Fot.4. Metoda bezpośrednia z użyciem wosku modelarskiego.**

**Metoda pośrednia** jest najczęściej stosowaną i wymaga współpracy lekarza z laboratorium techniki protetycznej. Polega na opracowaniu ubytku w zębie według określonych zasad dla nadania odpowiedniego kształtu, uzależnionego od rodzaju planowanego uzupełnienia. Masą wyciskową pobiera się wyciski protetyczne opracowanego zęba, zębów sąsiednich i przeciwstawnych. W tym celu stosuje się różne materiały wyciskowe. Aktualnie na rynku jest wiele rodzajów mas wyciskowych, jednak w dalszym ciągu nie ma takiej, która w sposób całkowicie pozbawiony błędów odwzorowywałaby pole protetyczne. Dalsze czynności mają miejsce w laboratorium protetycznym i polegają na opracowaniu gipsowego modelu roboczego i wykonaniu wkładu (fot.5-7) [1,4].



**Fot.5. Wkład opracowany na modelu gipsowym - powierzchnia żująca.**



**Fot.6. Wkład od strony podniebiennej. Fot.7. Widok od strony policzkowej.**

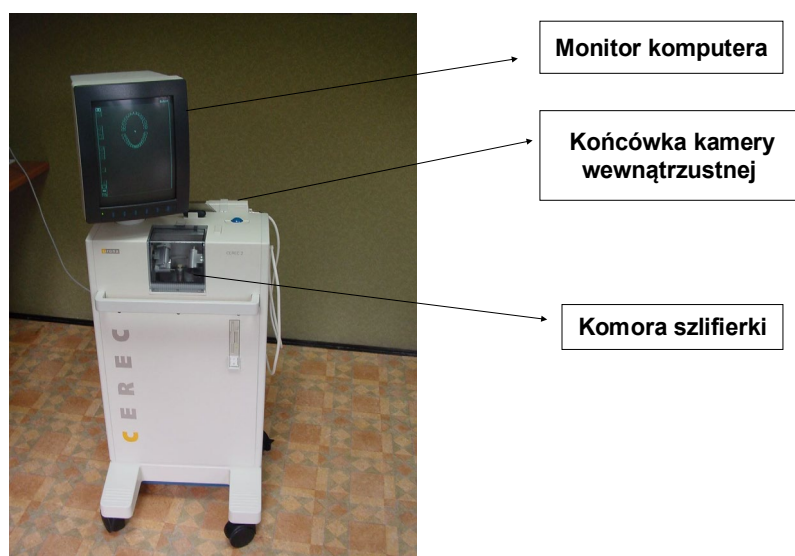
**Metoda CAD/CAM** jest najnowszą metodą wykonywania wkładów. Bazuje ona na technice komputerowej, która obejmuje coraz to inne dziedziny życia. Eliminuje potrzebę wykonawstwa laboratoryjnego - lekarz opracowuje ubytek w zębie, a następnie sam projektuje i wykonuje wkład porcelanowy wykorzystując specjalne urządzenie, które pozwala na zastosowanie metody CAD/CAM. W metodzie tej wszystkie etapy wykonania wkładu mają miejsce w gabinecie lekarskim, bezpośrednio przy fotelu dentystycznym podczas jednej wizyty pacjenta. Brak jest konieczności pobierania tradycyjnych wycisków protetycznych, natomiast wykonuje się „wyciski optyczne” przy użyciu kamery wewnątrzustnej (fot.8).



**Fot.8. Pobieranie „wycisku optycznego” kamerą wewnątrzustną bezpośrednio w jamie ustnej pacjenta.**

## Urządzenie CEREC 2 –historia powstania, zasada działania.

Idea powstania urządzenia do opracowywania wkładu koronowego sięga lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia. Prototyp urządzenia CEREC powstał na Uniwersytecie w Zurychu. Nazwa CEREC pochodzi od słów **C**eramic **R**estoration. Po pięciu latach prób w 1985 doszło do pierwszego wykorzystania tego urządzenia w warunkach klinicznych (Uniwersytet Zurych) [61]. Od tego czasu urządzenie przeszło liczne udoskonalenia, powstały maszyny CEREC 2, CEREC 3, CEREC in LAB, CEREC SKAN, Kavo Everest [108,109,110]. Poprawiono również oprogramowanie. Aktualnie można w tym systemie wykonywać wkład, nakład, endonakład, koronę, czapkę i licówkę [17,32]. Metoda CEREC polega na wykonaniu indywidualnego wkładu/korony itp. z bloczka z ceramiki prasowanej, pozbawionego elementów metalowych. Taka rekonstrukcja protetyczna tkanek twardych zęba jest biozgodna, posiada wysokie parametry wytrzymałościowe i estetyczne. Zamysłem autorów urządzenia było stworzenie możliwości wykonania podczas jednej wizyty pacjenta pełnej rekonstrukcji protetycznej bez konieczności prowizorycznego zaopatrzenia protetycznego. Obraz ubytku opracowanego w zębie w ustach pacjenta czyli odwzorowanie pola protetycznego przekazywany jest do pamięci komputera za pomocą kamery wewnątrzustnej przez tzw. „wycisk optyczny” [6,14,24,34,58,63,64,66,89,94,95](fot.9,10). Następnie stosując specjalne programy komputerowe projektuje się konkretne dla danego przypadku stałe uzupełnienie protetyczne. Wykonanie wkładu jest kolejnym etapem powstawania rekonstrukcji protetycznej. Dzięki sprzężeniu komputera z wieloosiową szlifierką wycina się maksymalnie dopasowany wkład lub nakład z jednorodnego porcelanowego bloczka.



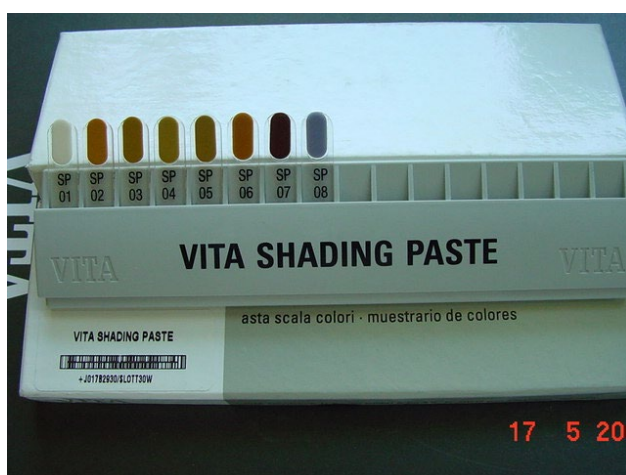
Fot.9. Urządzenie CEREC 2.

Materiały na rekonstrukcje protetyczne używane w systemie CEREC to ceramiczne bloczki VITA BLOCKS MARK II zbliżone właściwościami do naturalnego szkliwa lub PRO PAD firmy Ivoclar. Bloczki te są gotowymi prefabrykatami ceramiki prasowanej, występują w kilku rozmiarach i wariantach kolorystycznych.

Zastosowanie technik CAD/CAM w stomatologii jest rzadkie w naszym kraju ze względu na koszt zakupu i serwisu urządzenia, tym niemniej rośnie tendencja do ich wdrażania w praktykę codzienną [78].



**Fot.10. Praca przy fotelu dentystycznym urządzeniem CEREC 2.**



**Fot.11. Kolornik farb do indywidualizacji.**

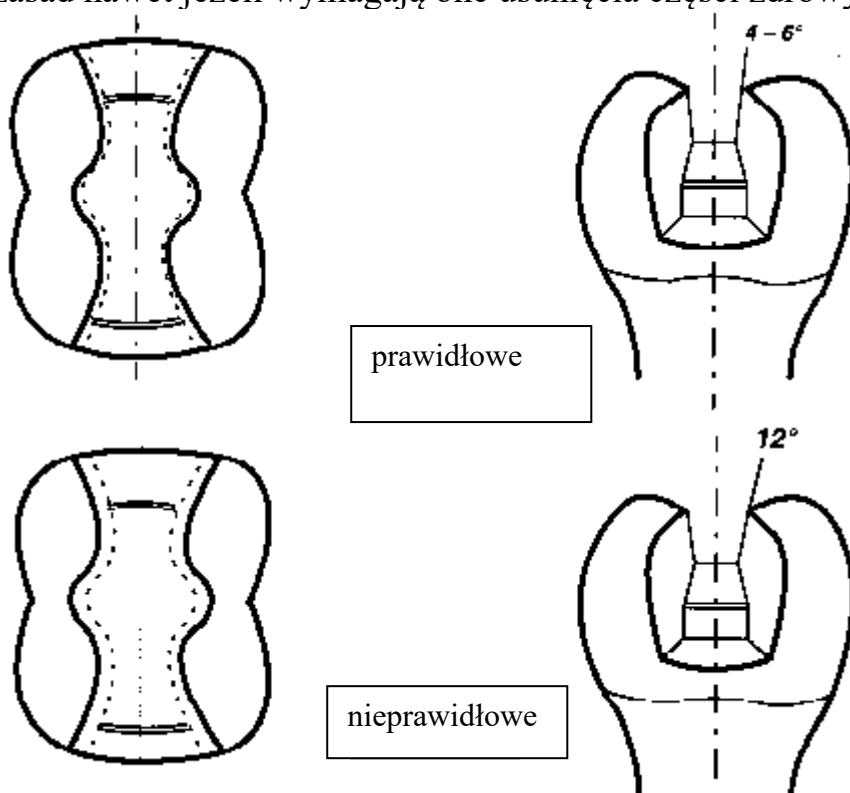
Niekiedy wkłady opracowane w pierwszym urządzeniu typu CEREC były mało precyzyjne o stosunkowo dużych szczelinach brzeżnych [79]. W tych przypadkach dochodziło do nadmiernego obciążenia/przeciążenia dla techniki adhezyjnej [65,86,87,96,97]. W kolejnych urządzeniach typu CEREC (między innymi CEREC 2) poprawiono dokładność wykonania porcelanowych rekonstrukcji. Wkłady, nakłady i korony częściowe możliwe do wykonania w systemie CEREC 2 są łączone z tkankami zęba w technice adhezyjnej, a dokładność ich wykonania jest zdecydowanie większa. Otrzymane wkłady są jednorodne pod względem struktury materiału z którego je wykonano. Mimo kilku odcieni bloczków na wkłady koniecznym jest dobarwienie porcelany z wykorzystaniem zestawu farb barwiących oferowanych przez producenta materiału (fot.11) [80]. Czas niezbędny do tej procedury jest niewielki ok. 30 minut, ale konieczny jest proces wypalenia z użyciem pieca do porcelany.



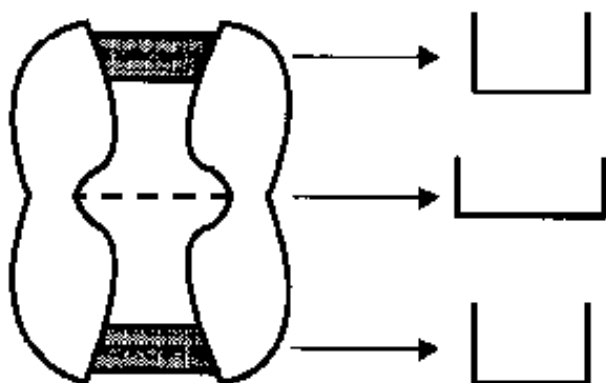
## Zasady opracowania ubytków pod wkłady koronowe przy wykonywaniu wkładów ceramicznych z użyciem urządzenia CEREC 2. Poszczególne etapy pracy.

### Opracowanie ubytku

Preparacja ubytku do odbudowy wkładem różni się od opracowania pod wypełnienie kompozytowe i musi uwzględniać kilka zasad. Aby móc wprowadzić do ubytku wkład, nachylenie ścian powinno być lekko rozbieżne. W zależności od autorów kąty te wahają się od 4 do 6 stopni (ryc. 1). Jest bardzo istotne aby punkt styku wkładu pozostał widoczny. Podczas preparacji należy trzymać się ściśle tych zasad nawet jeżeli wymagają one usunięcia części zdrowych tkanek zęba.

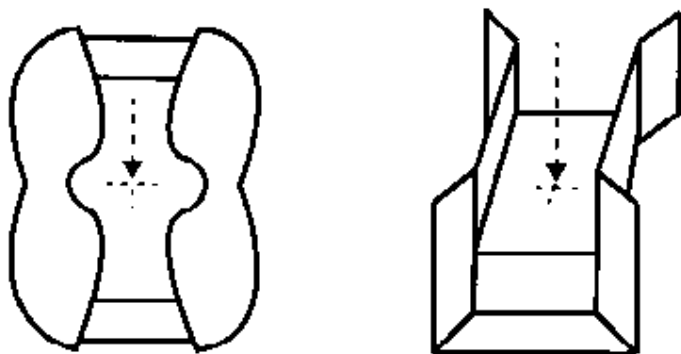


Ryc.1. Prawidłowe i nieprawidłowe opracowania ubytku pod uzupełnienie wkładem koronowym.



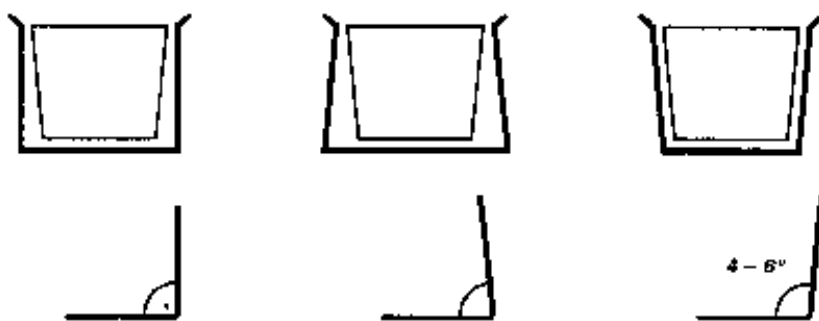
Ryc.2. Zasady opracowywania ubytków, kształt preparacji.

Opracowanie ubytku pod zaplanowane rekonstrukcje wykonane urządzeniami typu CEREC – CAD/CAM muszą spełniać określone wymagania technologiczne. Zasady te są konieczne z powodu ograniczonych możliwości urządzenia oraz techniki zakładania wkładów. Tor wprowadzenia wkładu powinien być prostopadły do dna ubytku (ryc. 2,3).



**Ryc.3. Zasady opracowywania ubytków ciąg dalszy.**

Przy podcieniach powstających podczas opracowywania ubytku możliwe jest osadzenie wkładu, pod warunkiem jego zaprojektowania w mniejszych niż ubytek rozmiarach. Wówczas jednak warstwa cementu mocującego jest większa, wypełnia pustą przestrzeń pomiędzy wkładem a ścianami ubytku. Obowiązuje więc niewielkie rozwarcie ścian (ryc. 4 i 5).



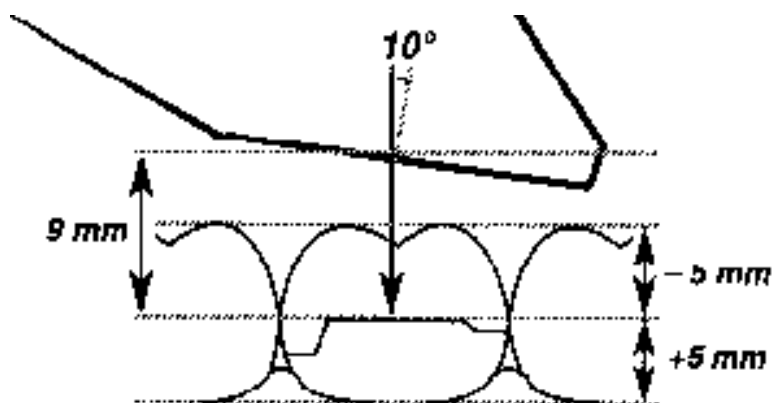
**Ryc.4. Nachylenie kątowe ścian ubytku a ceramiczne przylegania wkładu.**



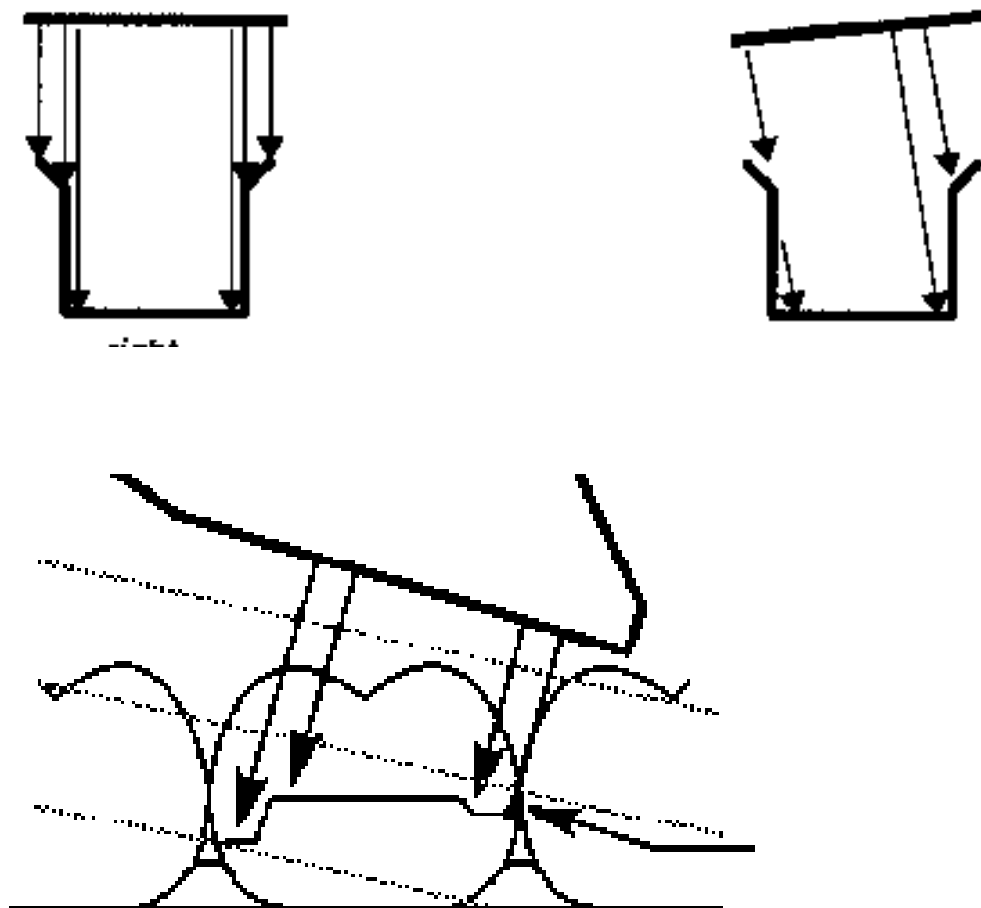
**Ryc.5. Otwarcie powierzchni styknych i nachylenie ścian opracowanego ubytku.**

Zasady pobierania wycisku optycznego.

Pobieranie wycisku optycznego uwzględnia możliwości zniekształceń optycznych. Ważne jest prawidłowe ustawienie kamery względem powierzchni żującej (ryc. 6), by otrzymany obraz nie zawierał niedokładności związanych z podcieniami co w dalszych etapach mogłoby wpłynąć na jakość wykonywanych prac (ryc.7,8) [67,70,71].



**Ryc.6. Zasady fotografii ubytku wykonywanego kamerą wewnątrzstną.**



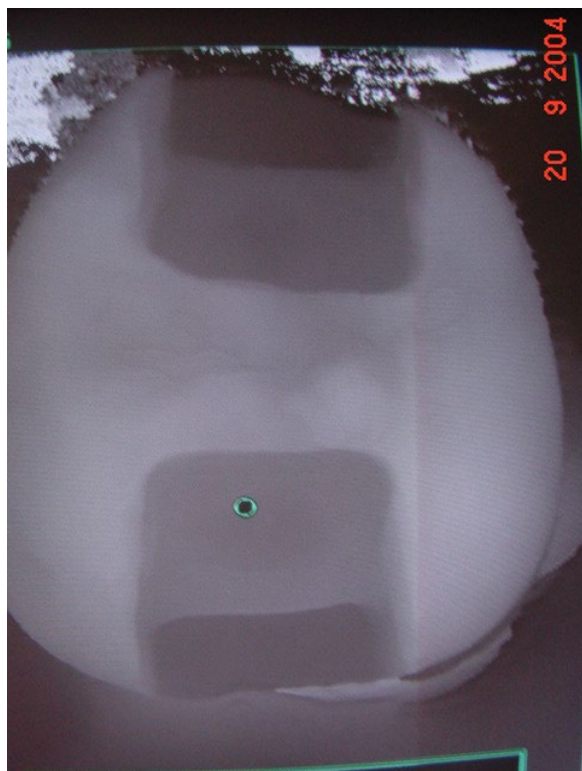
**Ryc.7 i ryc.8. Mechanizm powstawania podcieni podczas wykonywania wycisku optycznego kamerą wewnątrzustną.**

**Ryciny 1-8 zaczerpnięto z instrukcji projektowania urządzeniem CEREC 2.**

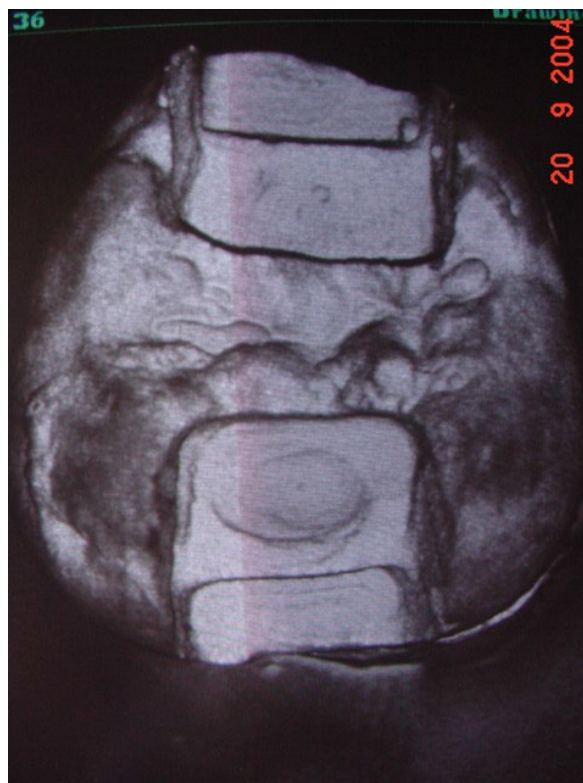
Projektowanie wkładu z wykorzystaniem programu komputerowego przebiega według określonego schematu.

- kalibracja obrazu (fot.12),
- ocena podcieni i zaznaczenie dna ubytku (fot. 13),
- kontrola brzegu ubytku odczytanego przez komputer (fot. 14),
- zaznaczenie obrzeża wkładu (fot. 15),
- zaznaczenie bruzdy na powierzchni żującej (fot.16),
- kontrola zarysu wkładu na przekrojach (fot. 17),
- zaznaczenie i kontrola punktów stycznych (fot. 18).

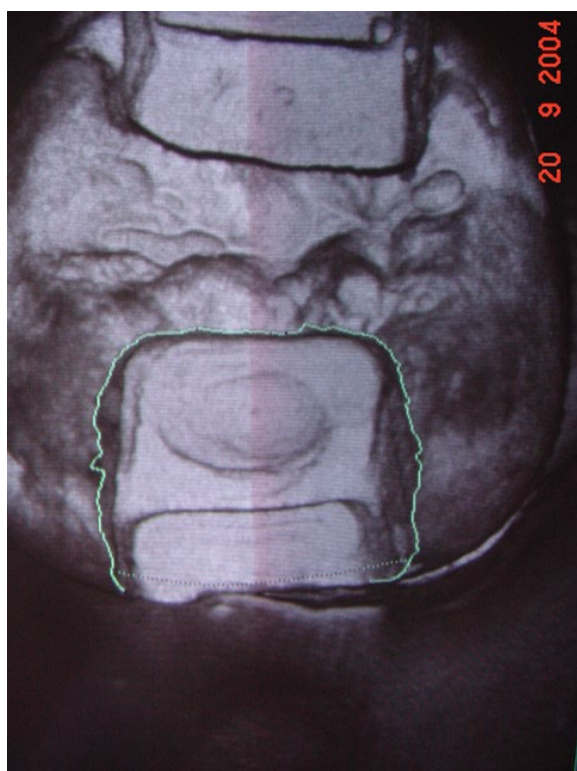
Projektowanie wkładu przedstawiono na fot.12-18. Obrazy pochodzą z ekranu monitora urządzenia CEREC 2.



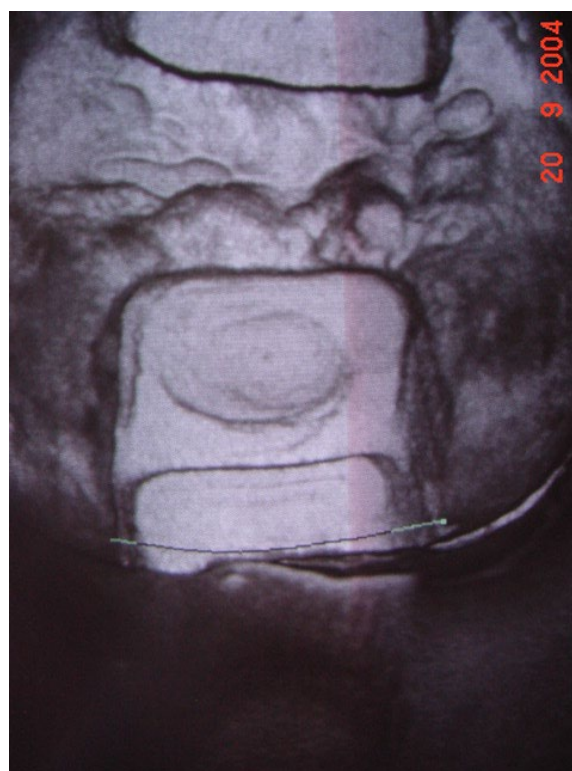
**Fot.12. Kalibracja odległości.**



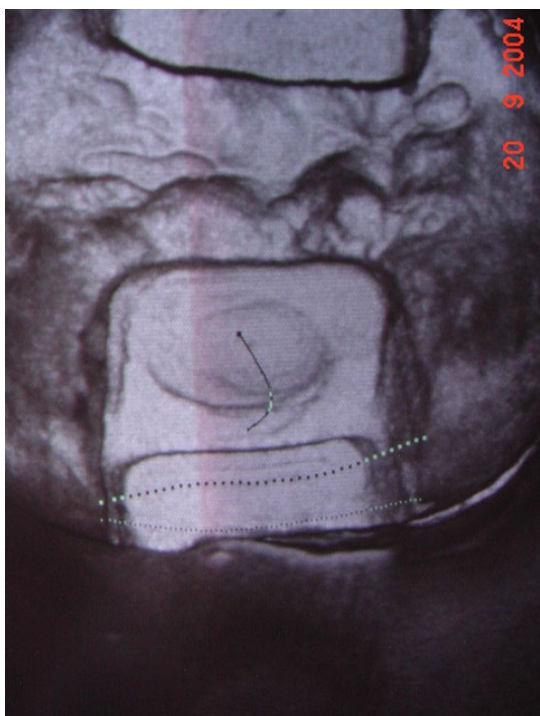
**Fot.13. Ocena podcieni.**



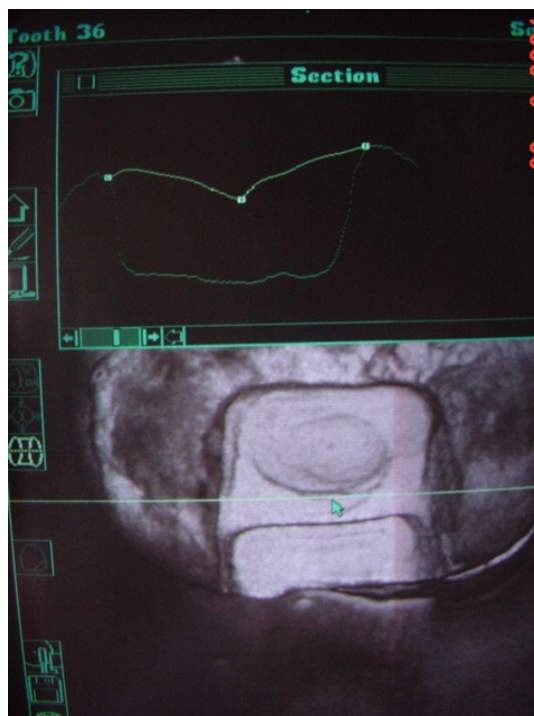
**Fot.14. Obrys brzegu ubytku.**



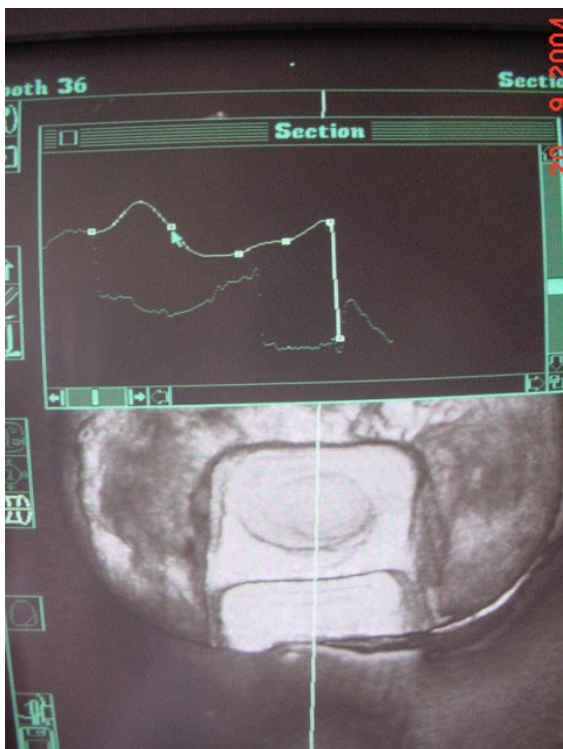
**Fot.15. Zarys obrzeża wkładu.**



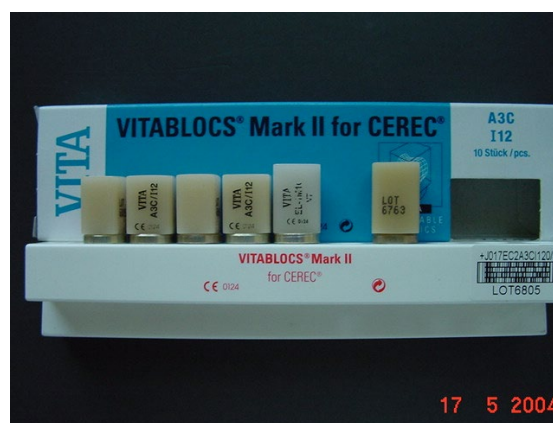
Fot.16. Zaznaczenie bruzdy na powierzchni żującej.



Fot.17. Schematyczny przekrój przez wkład w zaznaczonym miejscu.



Fot.18. Kontrola punktów styčných.



Fot.19. Błoczeki ceramiczne różnej wielkości i koloru.

Dobór wielkości i koloru bloczka ceramicznego.

Po zaprojektowaniu kształtu wkładu koronowego przy pomocy służącego do tego celu programu komputerowego przystępowano do jego wycięcia z bloczka ceramicznego Vita Mark II (fot.19) za pomocą szlifierki (fot.20). W zależności od wielkości ubytku stosuje się odpowiedniej wielkości ceramiczne bloczki. Kolor bloczków dobiera się na podstawie kolornika Vita.

Wycięcie wkładu przez szlifierkę urządzenia CEREC 2.

W zamkniętej komorze szlifierki wycięty zostaje jednorodny porcelanowy wkład. Odbywa się to z równoczesnym chłodzeniem wodą z dodatkiem środka zmiękczającego. Elementami sterowanej komputerowo szlifierki są cylindryczny walec diamentowy o średnicy od 1.2 do 1.8 mm oraz diamentowa tarcza (fot.20).



**Fot.20.Szlifierka 6-cio osiowa. Widoczne wiertło o kształcie walca i diamentowa tarcza.**

## 2.Cel pracy

Celem pracy jest porównanie dokładności odwzorowania pola protetycznego, szczelności brzeżnej i przylegania pełnoceramicznych wkładów koronowych do dna ubytku. Wkłady przygotowywano metodą pośrednią oraz CAD/CAM. W celu standaryzacji wyników w obu metodach były one wykonywane w urządzeniu CEREC 2.

Szczególnie chodziło o odpowiedź na następujące pytania :

1. Jakie jest przyleganie porcelanowych wkładów koronowych do ścian i dna opracowanych ubytków przy zastosowaniu opisanych dwóch metod: pośredniej i CAD/CAM ?

2. Jaka jest szczelność brzeżna pełnoceramicznych wkładów koronowych wykonanych urządzeniem CEREC 2 obiema metodami ?

3. Porównanie tych parametrów pozwoli odpowiedzieć na pytanie, która z metod jest dokładniejsza.



### **3. Materiał i metoda**

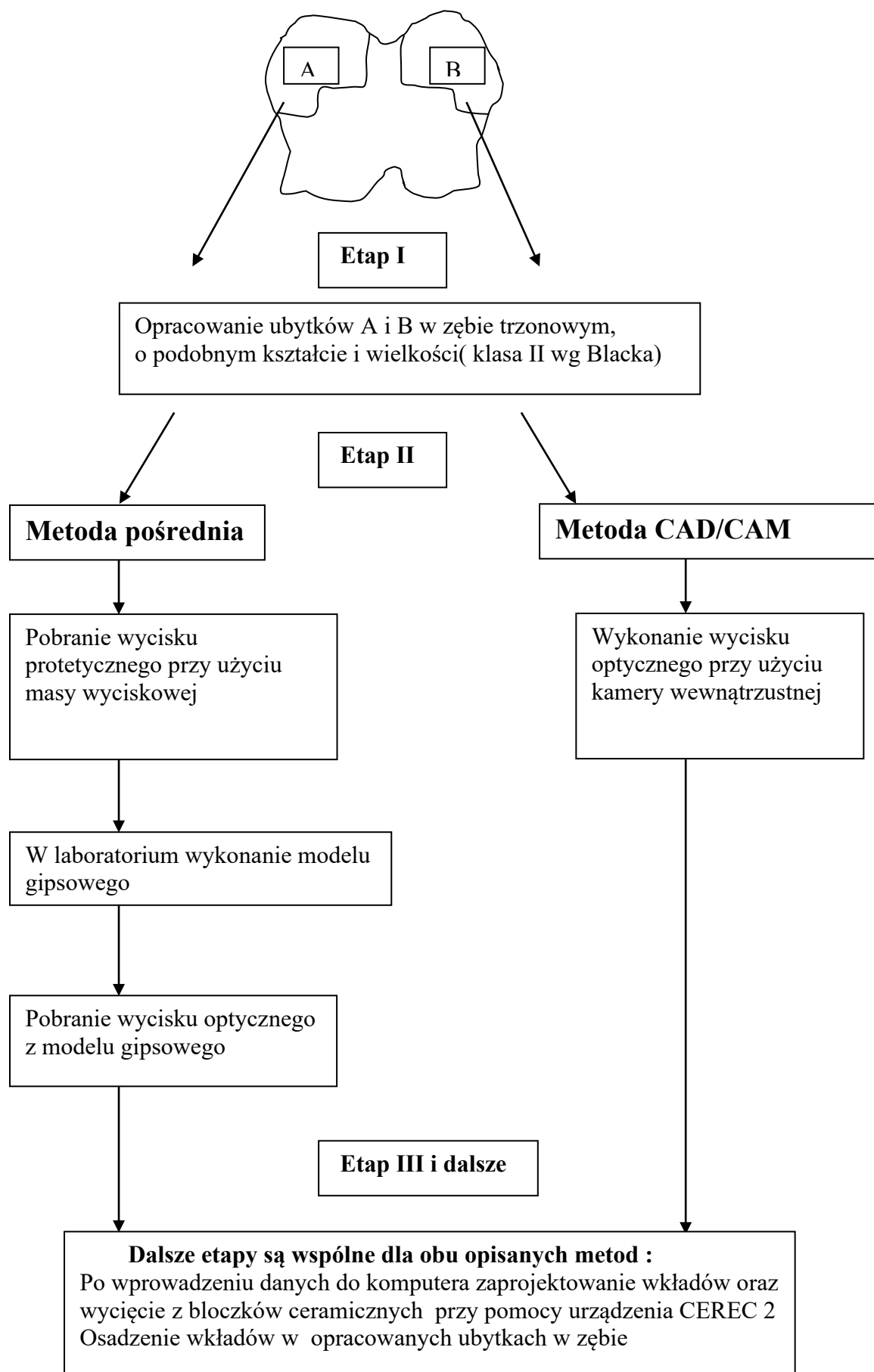
Przeprowadzono badania in vitro i in vivo.

Materiał do badań in vitro stanowiły ludzkie zęby trzonowe w łącznej liczbie 30 usuwane ze wskazań ortodontycznych, których korona kliniczna nie była zniszczona procesem próchnicowym. Schemat metodyki postępowania ujęto w 6 etapów (ryc.9).

W badaniach in vivo oceniano klinicznie stan założonych 104 wkładów po 10-36 miesiącach ich użytkowania.

## Opracowanie ubytków i wkładów.

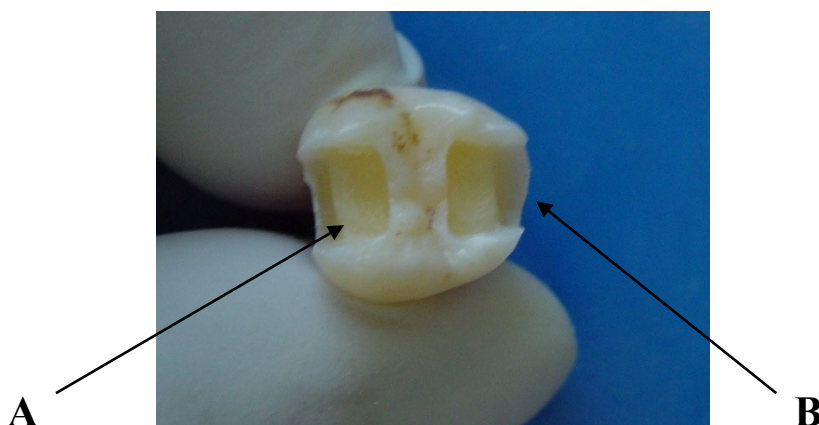
Ryc.9. Schemat metodyki.



## Etapy pracy

### Etap I

W każdym z badanych zębów opracowywano po dwa, zbliżone wielkością i kształtem ubytki obejmujące po dwie powierzchnie zęba. Jeden ubytek **A** - obejmuje powierzchnie styczną bliższą i żującą, drugi **B** powierzchnie żującą i styczną dalszą ( klasy II wg. Blacka) (fot.21). Tak powstałe ubytki stanowiły pole protetyczne dla pełnoceramicznych wkładów koronowych.



**Fot.21. Opracowane ubytki A i B - II klasy w zębie trzonowym.**

### Etap II

Odwzorowanie pola protetycznego następowało dwoma sposobami: metodą pośrednią z zastosowaniem wycisków protetycznych oraz metodą CAD/CAM.

W metodzie pośredniej posługiwano się procedurą pobrania wycisku protetycznego opracowanego ubytku na metalowej łyżce przy użyciu polieterowej masy wyciskowej Impregum (firmy 3MESPE) mieszanej mechanicznie w urządzeniu Pentamix 2 (fot.22). W pracowni protetycznej, na podstawie tych wycisków wykonywano gipsowe modele robocze wszystkich badanych zębów używając zawsze jednakowych materiałów (fot.23,24).

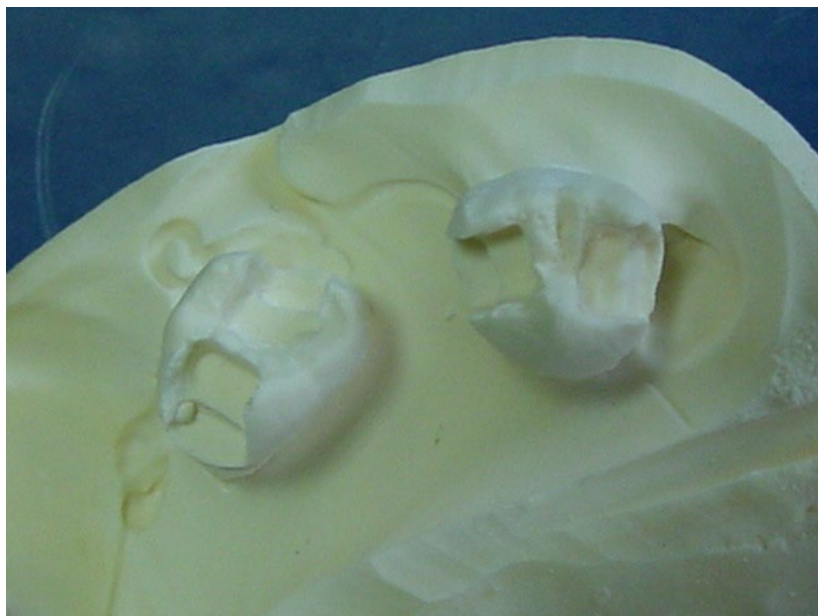
Wyciski odlewano gipsem Bego stone plus, nie wcześniej, niż po czterech godzinach po pełnym związaniu masy wyciskowej.

Uzyskane modele były poddane „wyciskowi optycznemu” przy pomocy kamery wewnątrzustnej urządzenia CEREC 2 (fot.25). Kamera ta jest peryferyjnym oprzyrządowaniem komputera, którego specjalistyczne oprogramowanie służy do zaprojektowania stałych uzupełnień protetycznych takich jak wkłady, nakłady, korony.

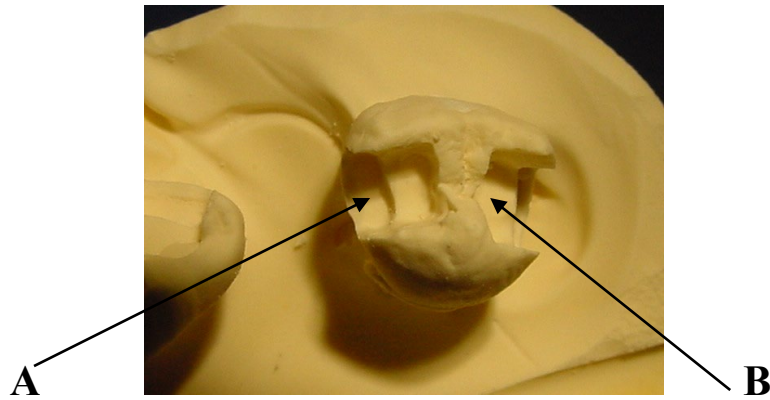
W metodzie CAD/CAM pobierano „wycisk optyczny” wypreparowanego ubytku bezpośrednio w zębie (fot.26).



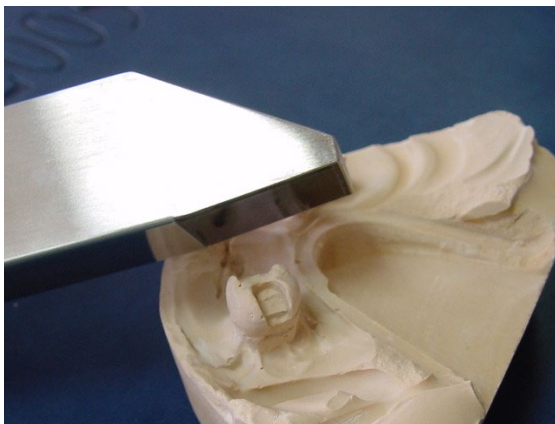
**Fot.22.Wyciski opracowanych zębów.**



**Fot.23.Modele gipsowe opracowanych zębów.**



**Fot.24. Model gipsowy zęba z opracowanymi ubytkami - metoda pośrednia.**



**Fot.25. Wycisk optyczny pobierany z modelu gipsowego.**

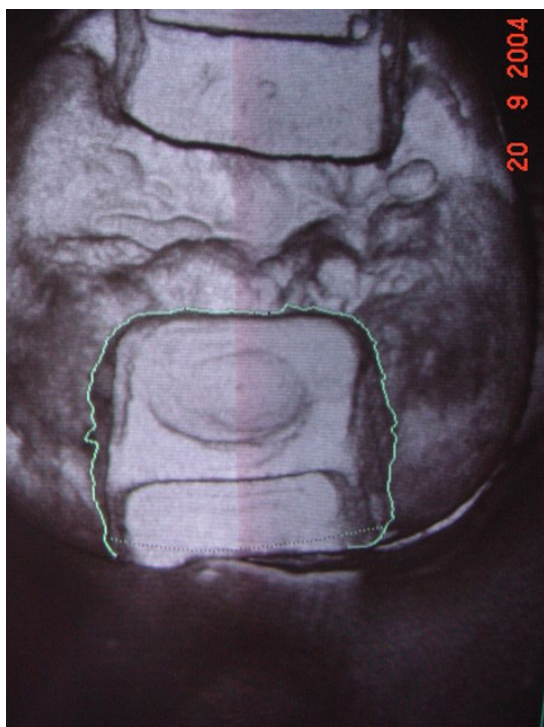


**Fot.26. Wycisk optyczny pobierany bezpośrednio z zęba.**

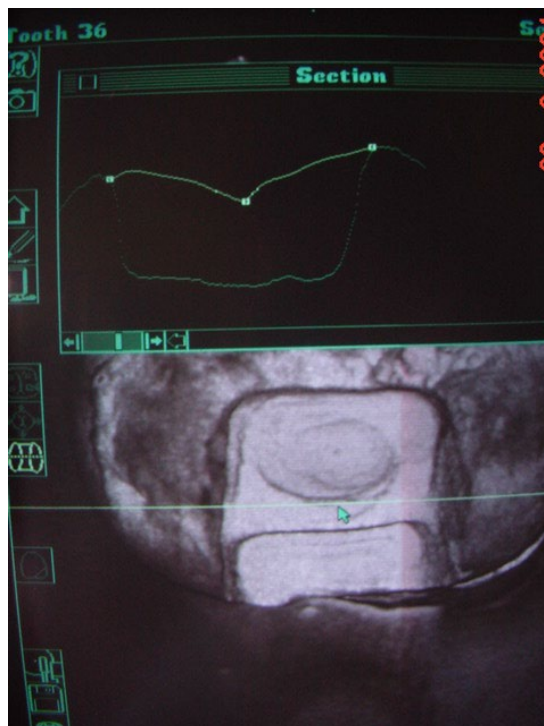
Pobieranie wycisku optycznego musi uwzględniać zasady przedstawione na rycinach 6,7 i 8 [67,70,71]. Zdjęcia kamerą wewnątrzustną wykonuje się niekiedy kilkakrotnie aż do uzyskania satysfakcjonującego wyniku. W warunkach klinicznych w celu uniknięcia odbłyśków powierzchnie opracowanego zęba pokrywa się bardzo cienką warstwą specjalnego pudru. Grubość stosowanego pudru nie ma wpływu na jakość wykonanego wkładu [29].

### **Etap III**

Po wprowadzeniu danych fotograficznych do pamięci komputera otrzymany obraz został poddany wyskalowaniu, a następnie dzięki zastosowaniu odpowiedniego programu projektowano kształt rekonstrukcji protetycznej zaznaczając granice dna opracowanego ubytku, ściany, jego brzegi, kształt oraz głębokość rowka na powierzchni żującej (fot.27 i 28).



**Fot.27. Projekt brzegu wkładu.**



**Fot.28. Przekrój przez wkład.**

### **Etap IV**

Po zaprojektowaniu linii konstrukcyjnych wkładu wycinano go z porcelanowego bloczka za pomocą skorelowanej z komputerem 6-cio osiowej szlifierki na którą składa się tarcza oraz cylindryczne wiertło (fot.20). Proces szlifowania trwa w zależności od wielkości wkładu od 3 do 8 minut, a bloczek jest chłodzony wodą z dodatkiem środka zmiękczającego. W przypadku stopniowego zużycia wiertła lub tarczy do szlifowania, urządzenie podaje komendy nakazujące zmianę danego elementu szlifującego. Tak wycięte wkłady są jednorodne pod względem gęstości.

Pełnoceramiczne wkłady koronowe wykonywano z bloczków ceramicznych Vita Mark II (fot.29,30). Jeden wkład w każdym zębie został wykonany metodą CAD/CAM, drugi (metoda pośrednia) powstawał natomiast po sfotografowaniu modelu gipsowego opracowanego ubytku. Oba były wycinane z jednakowych bloczków ceramicznych w tym samym urządzeniu.



**Fot.29. Częściowo wycięty wkład porcelanowy.**



**Fot.30. Gotowy wkład w ubytku.**

### **Etap V**

Cementowanie wkładów do opracowanych w zębie ubytków wykonywano przy użyciu materiału kompozytowego Compolut firmy 3MESPE według poniższego schematu odpowiadającemu postępowaniu klinicznemu:

- a) wstępna kontrola polegała na sprawdzeniu dokładności wkładu (tor wprowadzenia, przyleganie do ścian ubytku, wystawanie poza obrys opracowanego ubytku, szczelina brzeżna, kolor),
- b) przygotowanie wkładu odbywało się przez piaskowanie powierzchni kontaktu z cementem kompozytowym przy pomocy piaskarki Micro Etcher model ERC z zastosowaniem piasku z tlenku aluminium ( $50\mu$ ), wytrawianie 9.6% kwasem fluorowodorowym, następnie zastosowanie Ceramic Primer i bondu EBS Multi,
- c) przygotowanie opracowanego ubytku miało miejsce w postaci przemycia, zastosowania primeru EBS Multi – 20 sekund, następnie bondu EBS Multi w czasie 20 sekund,
- d) wkład osadzano na cemencie kompozytowym Compolut firmy 3MESPE, aplikowano go z kapsułki po zgnieceniu w zgniataczu i mieszaniu 8 sekund w urządzeniu Rotomix firmy 3MESPE,
- e) cement mocujący polimeryzowano przez 40 sekund światłem halogenowym, w początkowej fazie światłem miękkim, w trybie wykładniczym lampą Elipar TriLight firmy 3MESPE, ponadto usuwano nadmiar cementu skalpelem, następnie instrumentami rotacyjnymi, wygładzano gumkami do kompozytów.

Osadzenie wkładu w opracowanym ubytku zęba in vitro wykonywano analogicznie do postępowania klinicznego ( fotografie 31-36).



**Fot.31.Schemat cementowania.**



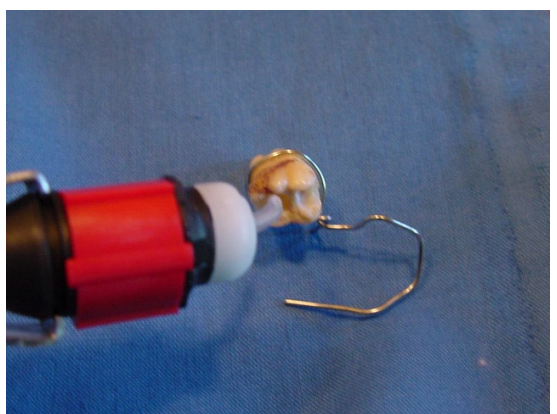
**Fot.32. Wytrawianie zęba.**



**Fot.33.Nakładanie bondu.**



**Fot.34.Aktywacja cementu w kapsulce.**



**Fot.35.Aplikacja cementu do ubytku.**

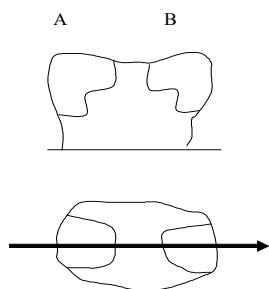


**Fot.36.Polimeryzacja światłem halogenowym.**

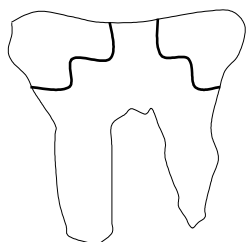


## Etap VI

Tak przygotowane zęby pozostawiano na 24 godziny w celu zakończenia procesu polimeryzacji materiału do osadzania wkładu, a następnie po tym okresie umieszczano pojedynczo w szklanych pojemnikach z 5 ml 5% wodnego roztworu błękitu metylenowego na okres 24 godzin w warunkach temperatury pokojowej (fot.37).



**Ryc. 10. Opracowane ubytki wraz z osadzonymi wkładami - przekrój A - metodą pośrednią B - metodą CAD/CAM, Linia cięcia przeprowadzonego do badań (rzut z góry)**



**Ryc. 11. Przekrój przez ząb w płaszczyźnie przechodzącej przez powierzchnie stykne i zużącą.**



**Fot.37. Przekrój zęba. Wynik barwienia w błękitu metylenowym (ciąg barwnika od kanału, komory, kanalikami zębinowymi).**

## **Metody oceny badanego materialu**

Zęby wraz z osadzonymi wkładami jednym opracowanym metodą pośrednią i drugim CAD/CAM (ryc.10) poddano **następującym badaniom:**

### **Zewnętrzne powierzchnie zębów** oceniano w badaniu in vitro i in vivo

1.Przeprowadzono ocenę kliniczną 104 pełnoceramicznych wkładów koronowych po okresie ich użytkowania od 10 do 36 miesięcy. Wkładów założonych w zębach metodą pośrednią było 36 a CAD/CAM 68. Dla tej oceny posługiwano się ogólnie używanymi wskaźnikami Rouleta i Van Dijkena.

We wskaźniku Rouleta zwraca się uwagę na morfologiczne typy przylegania brzeżnego, gładkie przejście, szparę brzeżną, nadmiar wypełnienia, niedobór wypełnienia, przepelnienie.

Ponadto obserwuje się pęknięcia w obrębie szkliwa, pęknięcia w obrębie wypełnienia, złamania i wypadnięcia fragmentu zęba lub wypełnienia.

Według kryteriów Van Dijkena obserwacji poddaje się dopasowanie koloru, brzeżne przebarwienie, kształt anatomiczny, przyleganie brzeżne, obecność próchnicy wtórnej, gładkość powierzchni.

2.W badaniu in vitro obserwowano dokładność zewnętrznego osadzenia wkładu w SEM.

**Wewnętrzne powierzchnie przeciętych zębów** badano w mikroskopie optycznym firmy Karr Detal i w mikroskopie elektronowym skaningowym typu Jeol-JSM-35CF po odpowiednim przygotowaniu preparatów.

**Przecięcia zębów** przechodzącego przez powierzchnie styczne i żującą oraz oba wkłady dokonano separatorami firmy Diatech z prędkością 20000 obrotów na minutę z obfitym chłodzeniem wodnym (ryc.11). Chłodzenie to jest konieczne dla zapobiegnięcia przegrzaniu opracowanych powierzchni i stąd możliwości powstania odkształceń. Przygotowanie powierzchni zębów **do badania w mikroskopie skaningowym** polegało na ich wygładzeniu i pokryciu warstwą złota w napylarce próżniowej.

Obrazy badanych powierzchni zębów wprowadzono do pamięci komputera: w przypadku mikroskopu optycznego za pośrednictwem toru wizyjnego i kolorowej kamery firmy Sony, a mikroskopu elektronowego przez skanowanie negatywów zdjęć skanerem Microtec z rozdzielczością 300 dpi.

Na powierzchniach zębów tak zewnętrznych jak i wewnętrznych obserwowano szczelność brzeżną wkładów, przyleganie wkładów do ścian i dna ubytku, rozmieszczenie i grubość cementu mocującego wkłady.

Dla wyraźnego rozgraniczenia poszczególnych warstw materiałów i tkanek zęba pomocną okazała się metoda barwienia błękitem metylenowym. Uzyskane tą metodą obrazy były zdecydowanie łatwiejsze do oceny (fot.37).

Dla dokładnej oceny adhezji wkładu z zębina posłużono się pomiarami grubości cementu mocującego z zastosowaniem **programu komputerowego Digora 2.1**.(przykłady fotografie 57-75). Pomiary na obrazach z mikroskopu optycznego ułatwił zastosowany do kalibracji złoty drucik o znanej średnicy 0.2 mm (fot.38).

Pomiary wykonano na powierzchni zewnętrznej zębów w 12 miejscach, po 6 dla każdego wkładu, a wewnętrznej w 16 miejscach na każdym zębie po 8 dla wkładu, przygotowanej metodą pośrednią i 8 metodą CAD/CAM.

Odmienne od pierwotnych założeń (ryc.12) zrezygnowano z pomiarów w miejscach zaznaczonych literami i,j,k (ryc.13), gdyż po wstępnej ocenie tego regionu stwierdzono że:

- okolica ta miała znacznie grubszą warstwę cementu mocującego i nie było to zależne od metody przygotowania wkładu,

- technologicznie wkłady wykonane w urządzeniu CEREC, w tym miejscu cechują się najmniejszą dokładnością, co jest spowodowane niedostatecznym dochodzeniem tarczy szlifującej do zaplanowanej granicy. Fakt ten jest znany i opisany w piśmiennictwie jako efekt Birkhoffa ( jest to jedna z wad urządzenia CEREC 2)[111].

- włączenie tych pomiarów do analizy mogłoby spowodować zaciemnienie całości obrazu powodując istotne odchylenia statystyczne.

Poza tym w trakcie projektowania zarysu ubytku możliwe jest przekonturowanie tej okolicy i tym samym popełnienie niesystematycznego błędu trudnego do oceny w odniesieniu do całości badania.

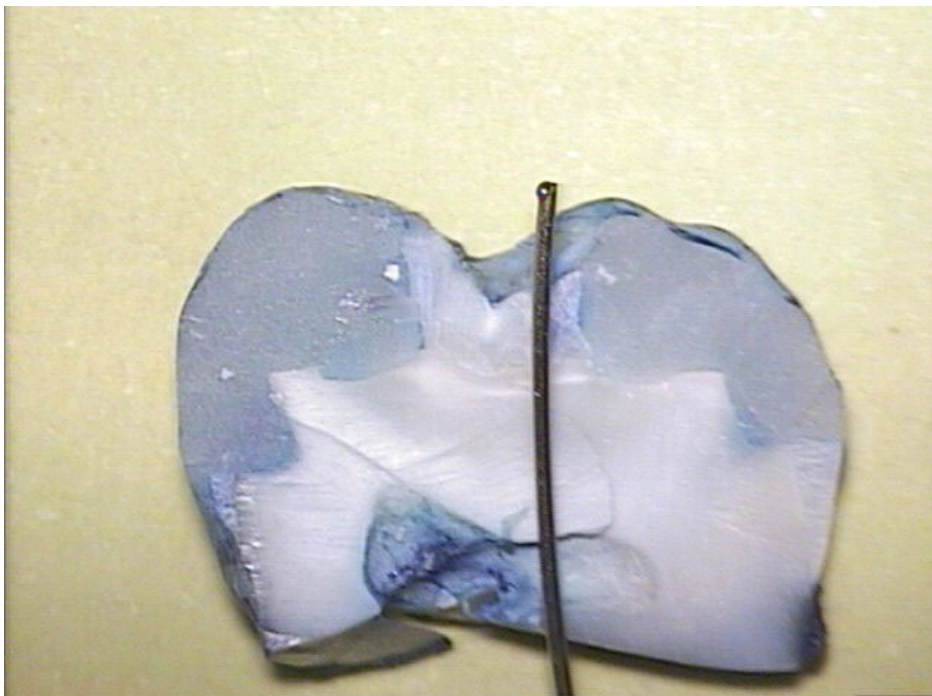
## **Analiza statystyczna uzyskanych wyników**

Dla oceny dokładności obu metod uzyskane parametry sprawdzono metodami statystycznymi.

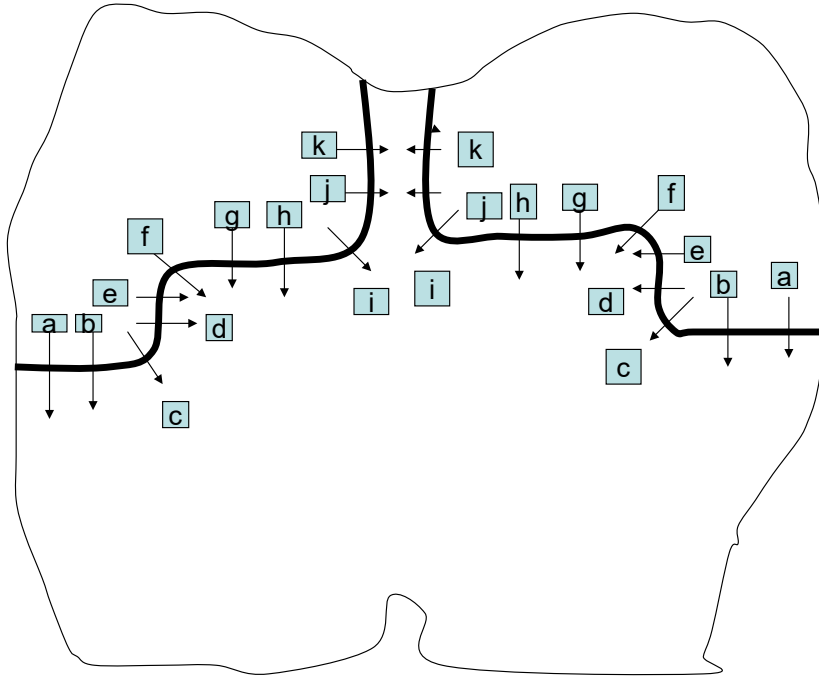
Posłużono się pakietem programów komputerowych Statgraphics. Badania wykonano w Zakładzie Bioinformatyki i Telemedycyny Collegium Medicum UJ. Przeprowadzona została analiza statystyczna podstawowych parametrów wszystkich wyników pomiarów grubości warstwy cementu mocującego. Wyniki zostały przeanalizowane przy podziale na metodę wykonania wkładu, a ponadto uwzględnione zostały wyniki zebrane na poszczególnych przekrojach (od a do h). W analizie wyników posłużono się następującymi parametrami:

- wartości średnie dla poszczególnych metod,
- wartości minimalne,
- maksymalne,
- odchylenie standardowe,
- różnica średnich wartości obu metod,
- odchylenie standardowe tych różnic,
- test t- Studenta oraz
- poziom istotności.

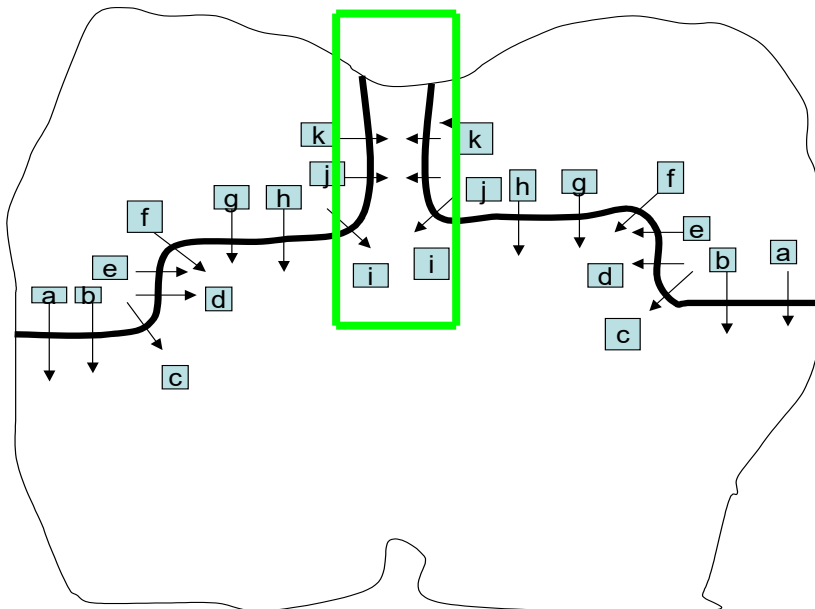
Wyniki średnich wartości grubości warstwy cementu mocującego dla poszczególnych metod zostały porównane w ośmiu miejscach pomiarowych (a-h). Zastosowana została analiza korelacji test Fishera. Uzyskane rezultaty przedstawiono w tabelach prezentując wyniki testu oraz wartości poziomu istotności [16,25,91].



**Fot.38. Fotografia przekroju zęba ze złotym drutem.**



**Ryc. 12. Miejsca pomiarowe na przekroju zęba z osadzonymi wkładami koronowymi wykonanymi obiema opisanymi metodami.**



**Ryc.13. Miejsca pomiarowe poddane analizie w mikroskopie optycznym i elektronowym. Na zielono zaznaczono obszar wyjęty z analizy - efekt Birkhoffa.**

## 4. Wyniki

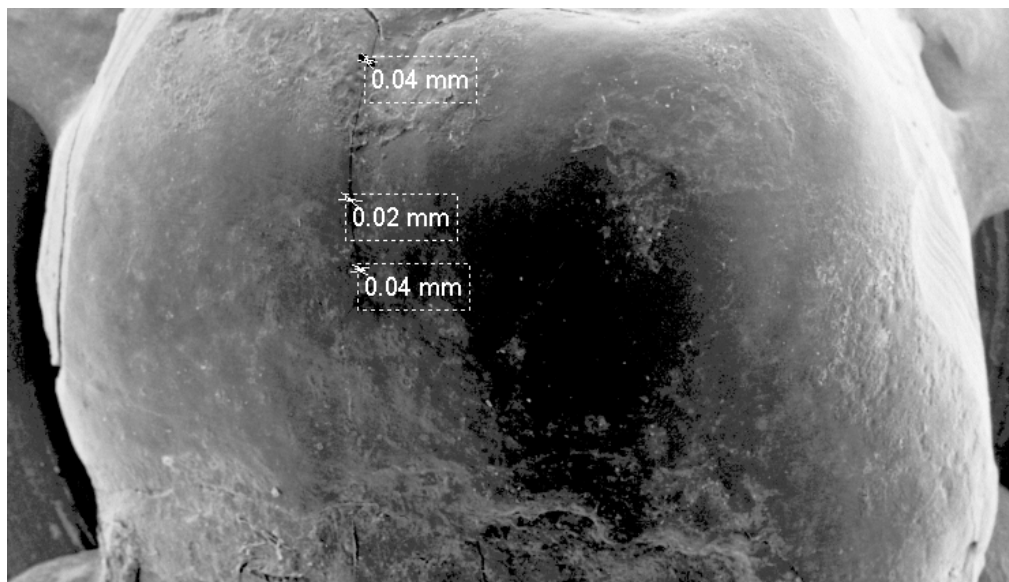
### Wyniki analizy zewnętrznych powierzchni zębów wraz z wkładami w SEM (badanie in vitro).

Wkłady wykonane oboma metodami i osadzone w zębach oglądane gołym okiem wydawały się założone prawidłowo, brak było jakichkolwiek szczelin między tkankami twardymi zębów a wkładami, również brak niedokładności czy nawisów poza ściany zębów.

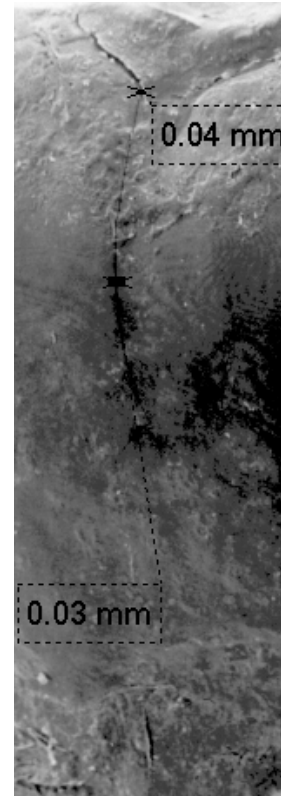
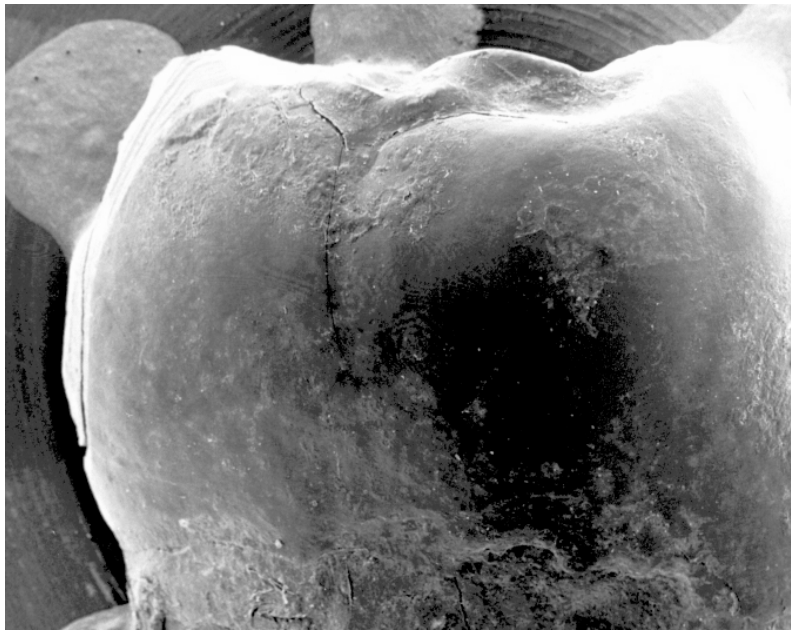
Na obrazach mikroskopu elektronowego już w powiększeniu 200 krotnym obserwowano minimalne nieszczelności między wkładami a szkliwem, natomiast w większym powiększeniu szpary były lepiej widoczne, a obrzeża szczelin niewyraźne i nieregularne (fot.39-44).

Wykonane pomiary szczelności brzeżnej obu wkładów przedstawiono w tabeli I. Minimalne, maksymalne i średnie szerokości szczelin były prawie identyczne dla obu rodzajów wkładów i mieściły się w granicach setnych części milimetra (0.04-0.05). Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała brak znamienych różnic w wielkościach szczelin na powierzchniach zewnętrznych zębów między szkliwem i wkładami wykonanymi obiema metodami.

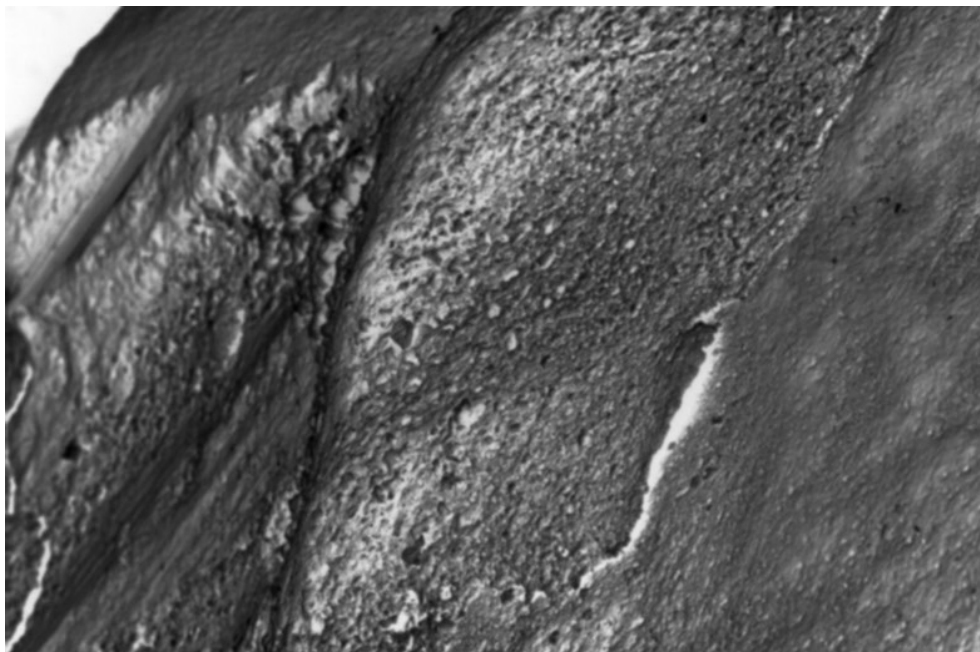
Badanie to przeprowadzono początkowo dla pięciu wkładów przygotowanych metodą pośrednią i dla pięciu metodą CAD/CAM. Ponieważ uzyskane wyniki były praktycznie jednakowe dla obu metod, a także zgodne z danymi z piśmiennictwa [2,8,10,13,26,34] zaniechano zwiększania liczby pomiarów na powierzchniach zewnętrznych zębów.



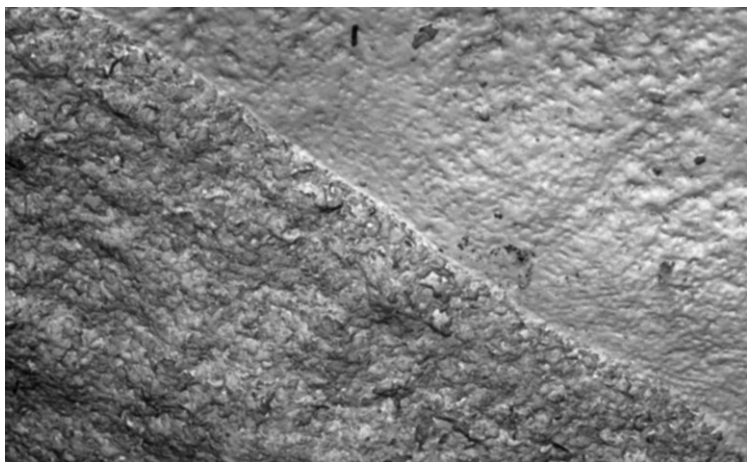
**Fot.39. Pomiary szczelności brzeżnej. Wkład wykonany metodą pośrednią. Fotografia z mikroskopu elektronowego. Powiększenie 12X.**



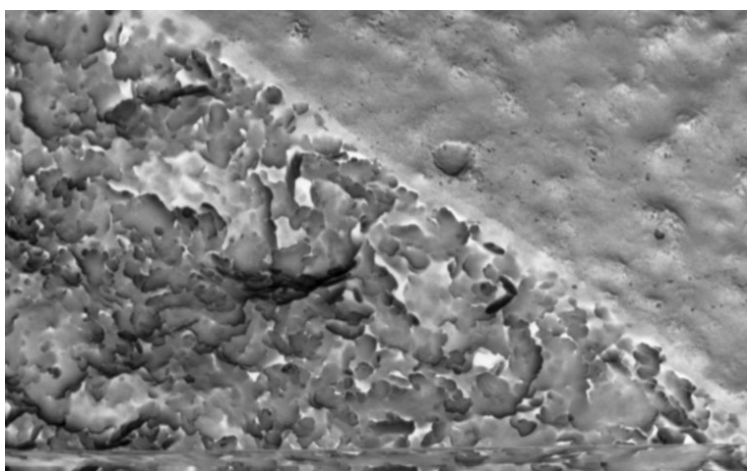
**Fot.40 i Fot.41. Pomiar szczelności brzeżnej. SEM kolejne powiększenia 10 i 40 X. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**



**Fot.42. Zewnętrzna powierzchnia zęba z osadzonym wkładem. Metoda CAD/CAM. SEM powiększenie 200 X.**



**Fot.43. Granica pomiędzy szklivem a wkładem. Metoda CAD/CAM. SEM powiększenie 200 X.**



**Fot.44. Granica pomiędzy szklivem a wkładem. Metoda CAD/CAM. SEM powiększenie 1000X.**

Tabela I. Szerokość szpary zewnętrznej ( pomiędzy wkładem a brzegiem opracowanego ubytku – szczelność brzeżna zewnętrzna) badana i mierzona w mikroskopie elektronowym w 6 punktach na każdy wkład

Metoda	Numer zęba	Minimalna mm	Maksymalna mm	Średnia mm
CAD/ CAM	1	0.04	0.07	0.05
	2	0.03	0.06	0.05
	3	0.03	0.07	0.04
	4	0.02	0.06	0.04
	5	0.03	0.05	0.04
Pośrednia	1	0.04	0.07	0.05
	2	0.04	0.06	0.05
	3	0.03	0.06	0.04
	4	0.04	0.07	0.05
	5	0.03	0.05	0.04



## **Ocena kliniczna pełnoceramicznych wkładów koronowych po okresie ich użytkowania w czasie od 10 do 36 miesięcy.**

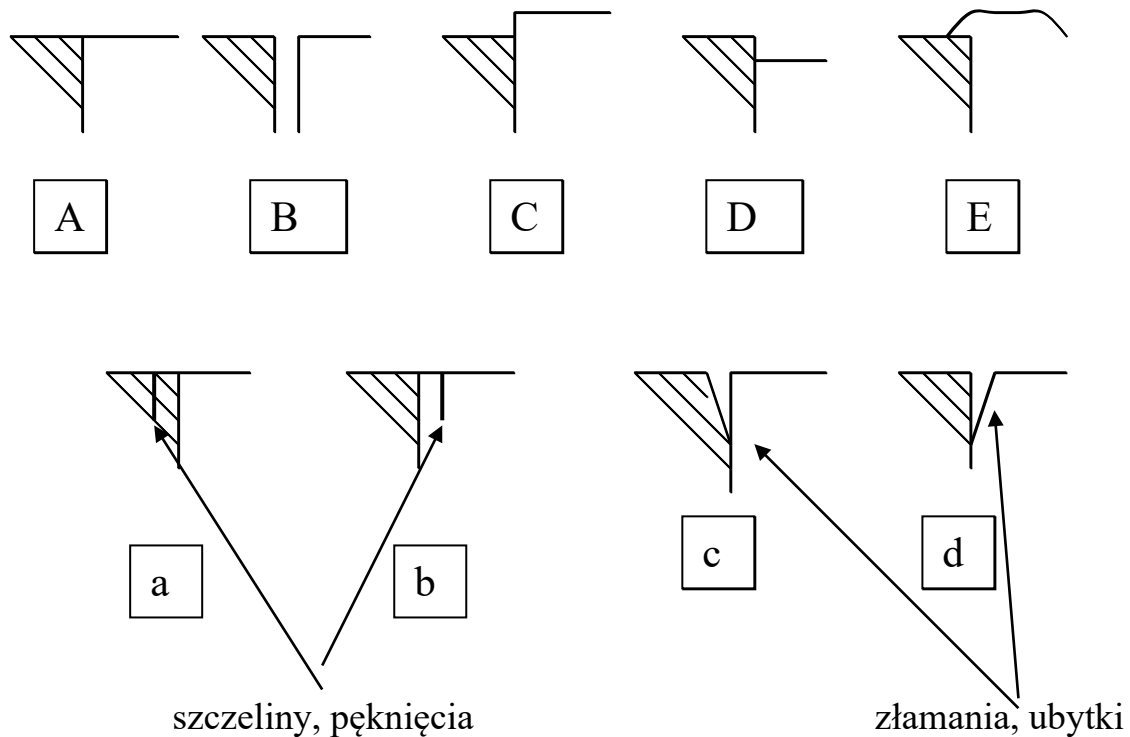
W latach 2002-2005 założono łącznie 289 wkładów u 170 pacjentów z wykorzystaniem urządzenia CEREC 2. Z tego 135 wykonano metodą pośrednią a 154 metodą CAD/CAM. Osadzano wkłady w ubytkach klasy I, II, MOD, rekonstrukcje guzków, endowkłady i wkłady.

Ocenie klinicznej poddano 69 pacjentów ze 104 wkładami założonymi obiema metodami. Z tego metodą CAD/CAM wykonanych było 68, a metodą pośrednią 36. Pod uwagę brano tylko wkłady na powierzchniach stycznych i żującej. Czas obserwacji wynosił od 10 do 36 miesięcy. Średnio 27 miesięcy. Do oceny stosowano klasyfikację według Rouleta ( ryc.14 i 15) oraz stosując kryteria Van Dijkena - tabela IV i V.

Osadzane wkłady spełniały warunki dotyczące gładkości przejścia granicy wkładu z tkankami twardymi zęba, bez niedoborów lub nadmiarów materiału cementującego. Do oceny długoterminowej zastosowano tylko kryteria dotyczące zmian wtórnych wg. klasyfikacji Rouleta. W metodzie pośredniej na 36 wkładów - 3, co stanowi 8.34% wykazało uszkodzenie w postaci pęknięcia lub złamania w obrębie zęba lub wkładu. W metodzie CAD/CAM na 68 założonych wkładów, w pięciu - co stanowi 7.35% obserwowano podobne uszkodzenia (ryc.14 i 15, tabele II i III). Jedynymi różnicami było mniej uszkodzeń wkładów w metodzie pośredniej, a ścian zębów w metodzie CAD/CAM. W ocenie kryteriami wg. Van Dijkena łącznie niedokładności wystąpiły w 19.2% wkładów wykonanych metodą pośrednią i 15.4% w metodzie CAD/CAM.

Bez względu na sposób wykonania gładkość powierzchni wkładów nie budziła zastrzeżeń. W metodzie pośredniej więcej było braków w doborze odpowiedniego koloru wkładu, również brzeżnego przebarwienia, gorsze było przyleganie brzeżne i wystąpiły cechy próchnicy wtórnej. Natomiast kształt anatomiczny odbiegał od idealnego w większej liczbie przypadków w metodzie CAD/CAM (tabela IV i V). Ilustracje wykonawstwa wkładów przedstawiają fotografie 45-48.

## Klasyfikacja Rouleta.



**Ryc.14(góra). Morfologiczne typy przylegania brzeżnego (wg.Rouleta).**

- A - gładkie przejście
- B - szpara brzeżna
- C - nadmiar wypełnienia/wkładu, bez nawisu wypełnienie jest wyżej niż ząb
- D - znaczny niedobór wypełnienia/wkładu, wypełnienie jest niżej niż ząb
- E - przepełnienie, materiał wypełnienia jest poza zarysem ubytku

**Ryc.15(dół). Zmiany wtórne powstałe podczas użytkowania wypełnienia/wkładu dotyczące przylegania brzeżnego (wg.Rouleta).**

- a - pęknięcie w obrębie szkliwa
- b - pęknięcie w obrębie wypełnienia
- c - złamanie i wypadnięcie fragmentu zęba
- d - złamanie i wypadnięcie fragmentu wypełnienia

Tabela II. Uszkodzenia wkładów (36) wg. klasyfikacji Rouleta wykonanych metodą pośrednią.

Rodzaj uszkodzenia według klasyfikacji Rouleta	Liczba wkładów MOD z uszkodzeniami danego typu	%
a	0	0.0%
b	1	2.78%
c	1	2.78%
d	1	2.78%
Łącznie	3	8.34%

Tabela III. Uszkodzenia wkładów (68) wg. klasyfikacji Rouleta wykonanych metodą CAD/CAM.

Rodzaj uszkodzenia według klasyfikacji Rouleta	Liczba wkładów MOD z uszkodzeniami danego typu	%
a	0	0.00%
b	2	2.94%
c	1	1.47%
d	2	2.94%
Łącznie	5	7.35%

Tabela IV. Kryteria oceny wkładów (wg. Van Dijkena)

Kategoria	Ocena akceptowalna	Ocena nie do zaakceptowania	Kryteria
Dopasowanie koloru	0 1 2	3 4	-bardzo dobre dopasowanie koloru -dobre dopasowanie koloru -nieznaczne niedopasowanie -ewidentne niedopasowanie -inny kolor
Brzeżne przebarwienie	0 1 2	3	-brak widocznego przebarwienia -nieznaczne przebarwienie -ewidentne przebarwienie -przebarwienie bardzo duże
Kształt anatomiczny	0 1	2 3	-kontynuacja kształtu anatomicznego zęba -wypełnienie nieznacznie nawisające, nie dochodzące do obrzeża, lokalnie obniżona wysokość zgryzowa -wypełnienie nieszczelne, odsłonięty podkład lub zębina -brak częściowy lub całkowity wypełnienia, złamanie zęba, ból
Przyleganie brzeżne	0 1 2	3 4	-wypełnienie jest kontynuacją kształtu zęba, brak zahaczania zgłębnikiem -zahaczanie zgłębnikiem -szczelina odsłaniająca szkliwo -obnażone szkliwo -ruchome wypełnienie
Próchnica wtórna	0	1	-brak wtórnej próchnicy -obecność próchnicy wtórnej
Gładkość powierzchni	0 1 2	3	-powierzchnia gładka -nieznacznie szorstka powierzchnia -szorstka powierzchnia bez możliwości wypolerowania -powierzchnia głęboko podziurawiona

Tabela V. Ocena wyglądu wkładów w badaniu klinicznym przeprowadzonym według kryteriów Van Dijkena dla 104 wkładów.

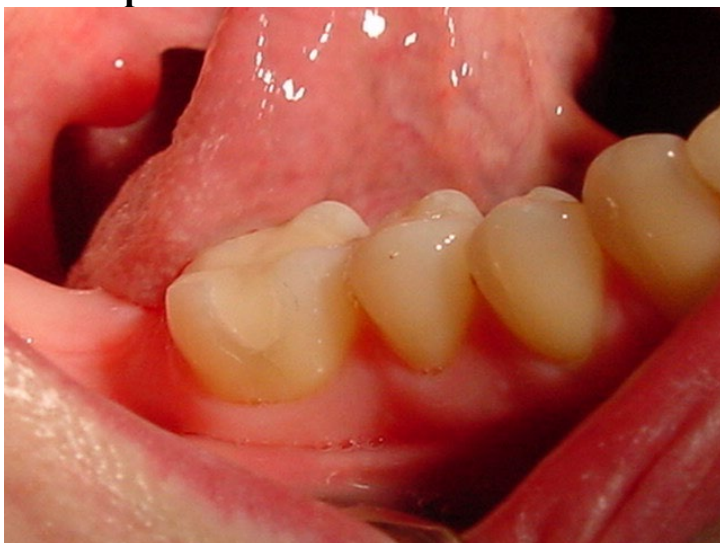
<b>Kategoria</b>	<b>Oceny</b>	<b>Metoda pośrednia</b>	<b>%</b>	<b>Metoda CAD/CAM</b>	<b>%</b>	<b>Razem %</b>
Dopasowanie koloru	oceny 0,1,2,	35		67		
	3,4	1	2.7	1	1.4	4.1
Brzeżne przebarwienie	oceny 0,1,	35		67		
	2,	1	2.7	1	1.4	4.1
	3	0	0	0	0	0
Kształt anatomiczny	oceny 0,	35		64		
	1,	1	2.7	4	5.6	8.3
	2,3	0	0	0	0	0
Przyleganie brzeżne	oceny 0,1,2,	33		64		
	3,	3	8.4	4	5.6	14.0
	4	0	0	0	0	0
Próchnica wtórna	oceny 0,	35		67		
	1	1	2.7	1	1.4	4.1
Gładkość powierzchni	oceny 0,1,2,	36		68		
	3	0	0	0	0	0
Łącznie			19.2		15.4	34.6



**Fot.45. Wkład na powierzchniach stycznych, żującej i językowej z rekonstrukcją guzka policzkowego w zębie 46. Metoda pośrednia.**



**Fot.46. Wkład na powierzchniach żującej i stycznej dalszej w zębie 36. Metoda pośrednia.**



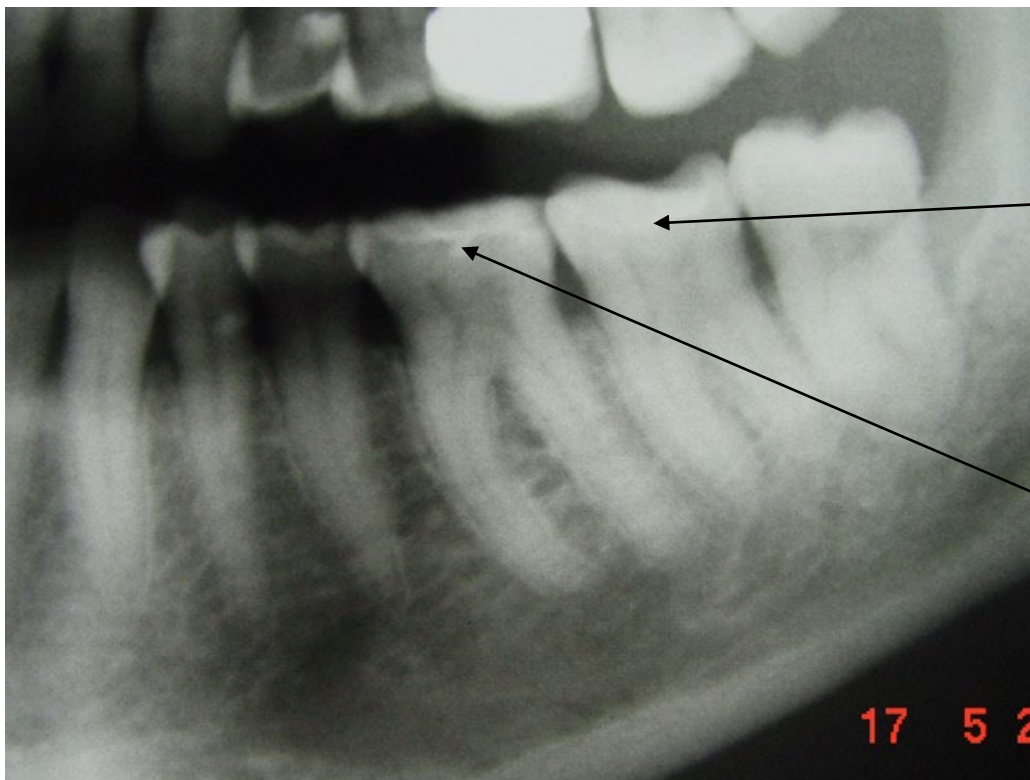
**Fot.47. Wkład na powierzchniach językowej, stycznych i żującej w zębie 46. Metoda CAD/CAM.**



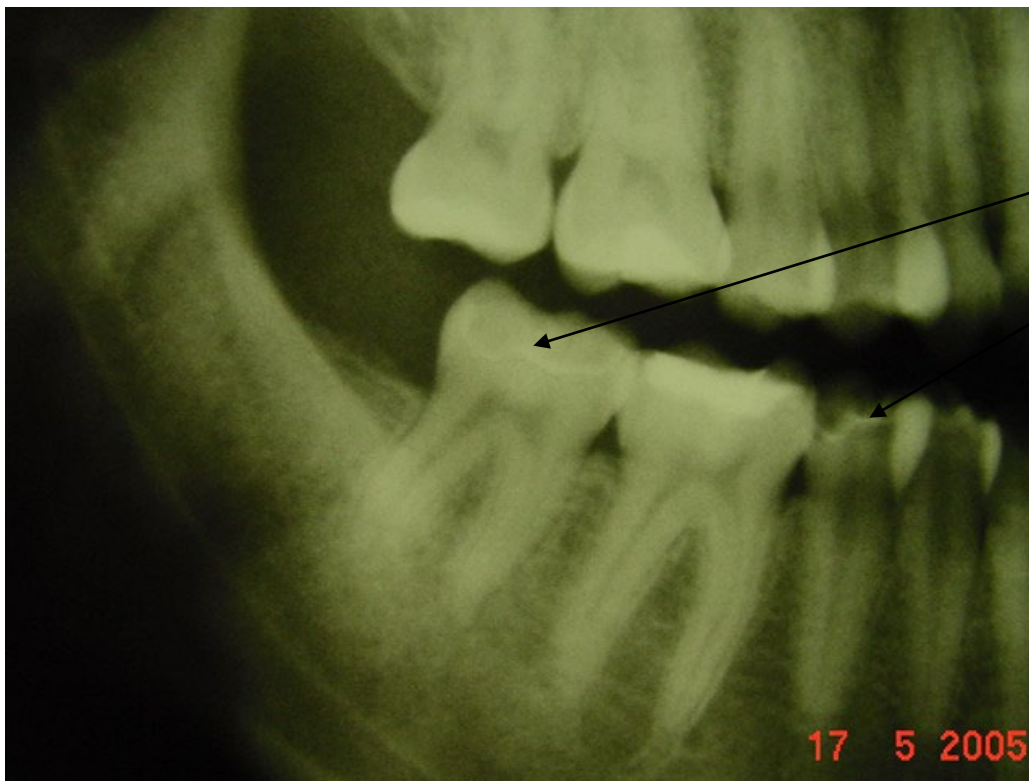
**Fot.48.Wkład w zębie 16 na powierzchniach stycznych i żującej. Metoda CAD/CAM.**

Badaniem klinicznym niejednokrotnie nie ma możliwości zbadania powierzchni stycznych, zwłaszcza granicy dodziąsłowej wkładu (fot.53). W przypadku zahaczania sondy lub podczas testu z użyciem nici dentystycznej należy wykonać kontrolne zdjęcie rentgenowskie wewnątrzustne w projekcji skrzydłowo-zgryzowej, zdjęcie pantomograficzne lub punktowe (fot.49-52,54).

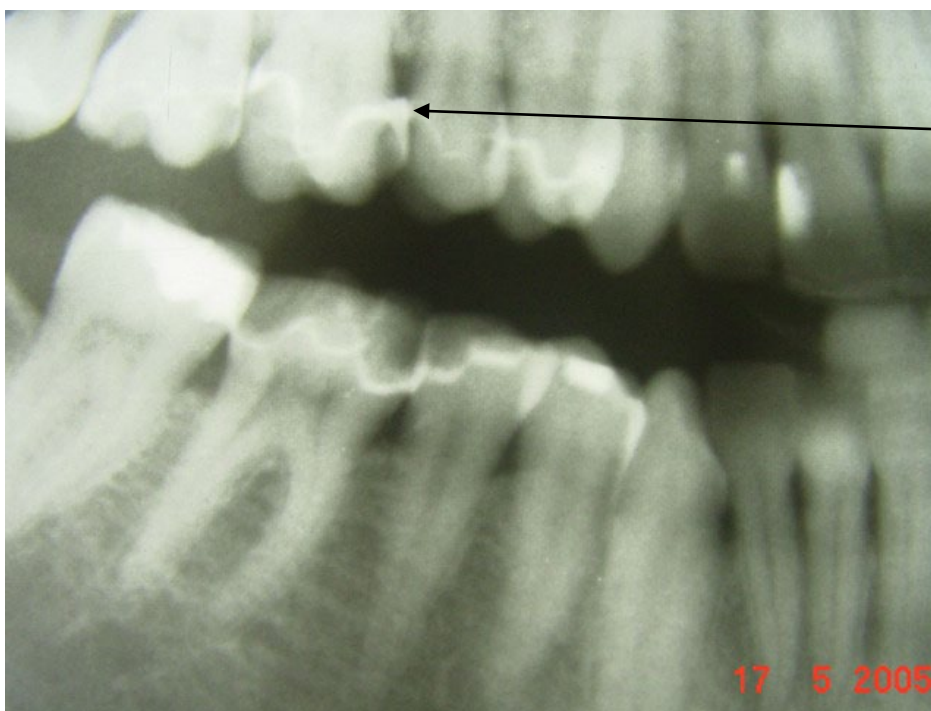
Badanie rentgenowskie wykonano w 12 wątpliwych przypadkach. Wykazało ono nieprawidłowości w 3 przypadkach (fot.51,52).



**Fot.49.Zdjęcie rtg. Wkłady w zębach 36, 37 wykonane metodą pośrednią, prawidłowo osadzone.**

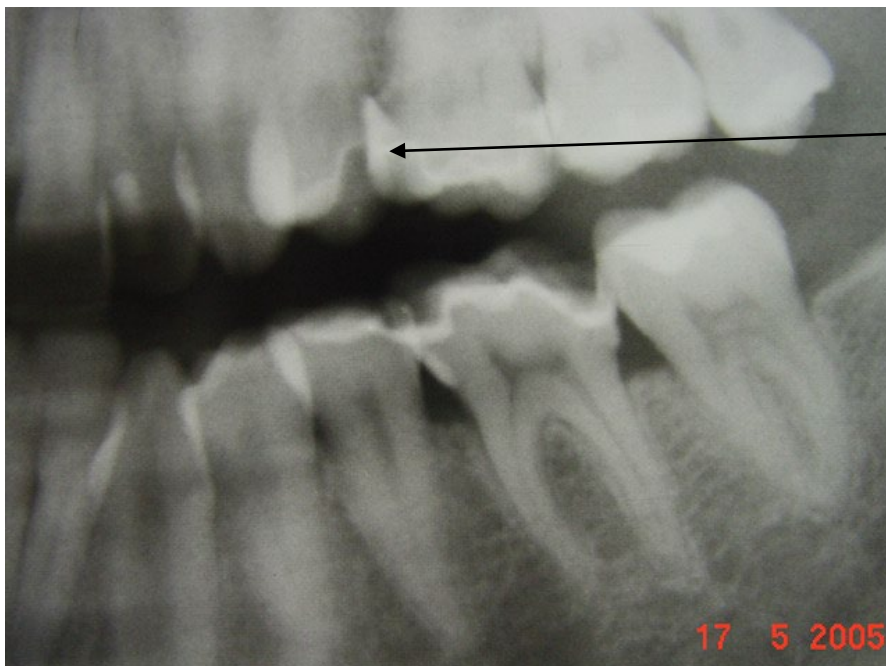


**Fot.50. Zdjęcie rtg. Wkłady w zębach 45, 47 wykonane metodą CAD/CAM, prawidłowo osadzone.**



**Fot.51. Zdjęcie rtg. Wkłady wykonane metodą pośrednią, osadzone prawidłowo w zębach 45,46,16. Strzałka wskazuje źle osadzony wkład w zębie 15.**





**Fot.52. Zdjęcie rtg. Wkłady w zębach 26, 46 wykonane metodą CAD/CAM.  
Strzałka wskazuje źle osadzony wkład w zębie 26.**



**Fot.53. Wkład w zębie 36.  
Metoda CAD/CAM.**



**Fot.54. Kontrolne zdjęcie rtg tego  
samego zęba.**

## **Wyniki analizy wewnętrznych powierzchni przekrojów zębów wraz z osadzonymi wkładami wykonanymi obiema metodami.**

### **Ocena przekrojów w mikroskopie optycznym.**

Obraz w mikroskopie optycznym był wyraźnie zróżnicowany, w niektórych miejscach styczność wkładów między zębina, cementem mocującym i wkładem była pełna, w innych widoczne były niedokładności przylegania.

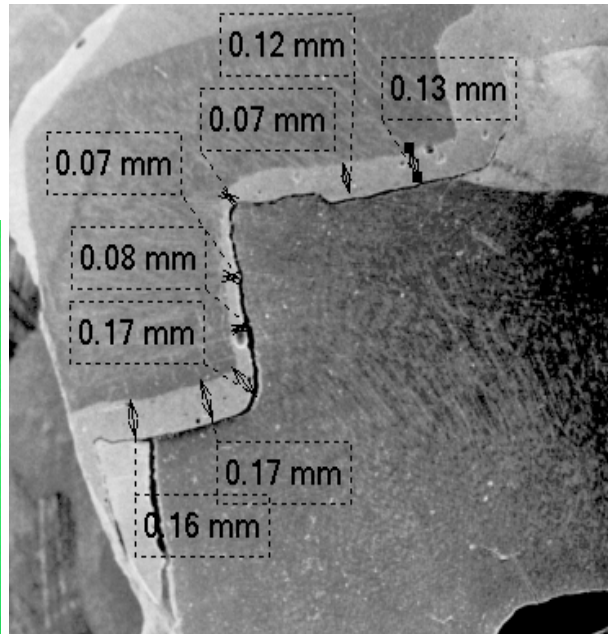
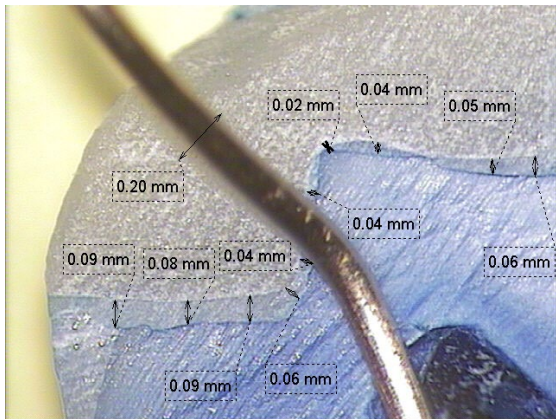
Więcej tych usterek występowało w przypadku wkładów wykonanych metodą pośrednią w stosunku do metody CAD/CAM. W niektórych przypadkach była sugestia niedokładności w wykonawstwie wkładów oraz powstałych podczas mocowania w opracowanym ubytku. Makroskopowo gołym okiem braki tego typu nie były zauważalne.

Wyniki 60 pomiarów grubości cementu mocującego dla wkładów obu typów (metoda pośrednia i CAD/CAM) na wszystkich 30 wewnętrznych powierzchniach zębów zestawiono w tabelach VI-XXXV (fot.55-81). Porównanie wyników pomiarów dla dwóch rodzajów wkładów dotyczyły analogicznych miejsc badania.

Średnie wartości pomiarów warstw cementujących w poszczególnych miejscach pomiarowych dla obu metod zestawiono w tabeli XXXVI.

Najmniejsze wartości w grubości warstwy cementu stwierdzono w metodzie CAD/CAM w miejscach pomiarowych **a** i **f**. Największe grubości cementu mocującego występowały w obu metodach w miejscu **h**. W każdym miejscu pomiarowym grubości cementu mocującego były mniejsze przy zastosowaniu metody CAD/CAM w porównaniu do metody pośredniej. Różnice wynosiły średnio 0.06 mm co odsetkowo wyniosło 43.5%. Średnia wartość pomiarowa była 0.12 mm w metodzie CAD/CAM i 0.18 mm w metodzie pośredniej. Wyniki średnich wartości grubości warstwy cementu mocującego zostały porównane w 8 miejscach pomiarowych. Przeprowadzona analiza korelacji porównawczej średnich wartości pomiarów wykonana testem Fishera dała wysoką istotność statystyczną (tabele XXXVII - XXXIX).

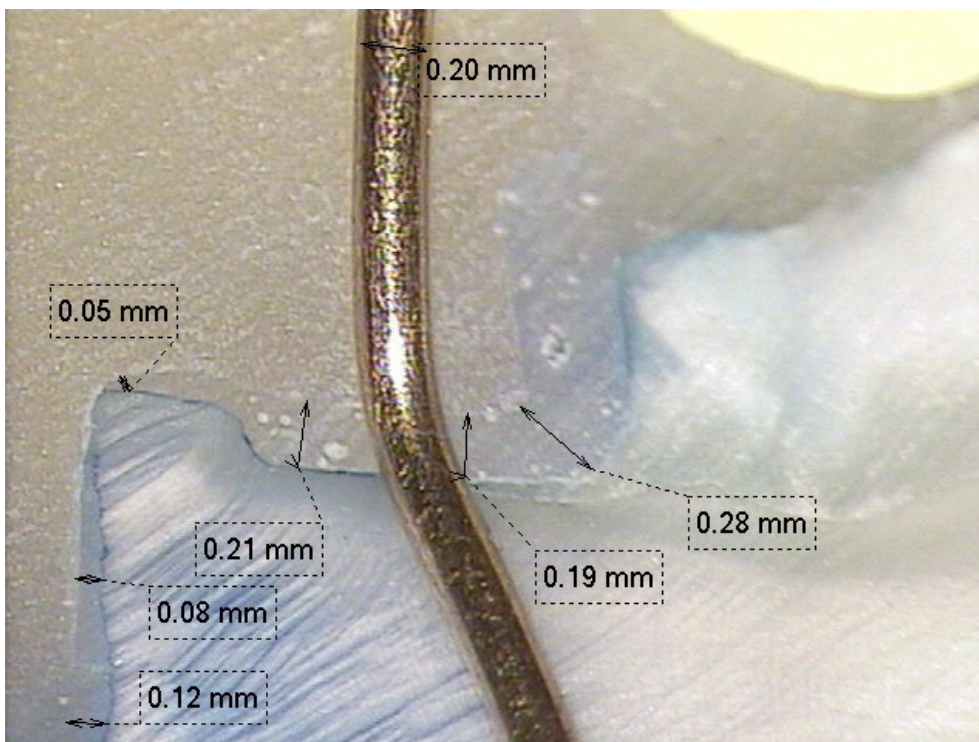
Współczynnik ten wyniósł dla uzyskanych wyników  $P < 0.0001$  na korzyść metody CAD/CAM w stosunku do metody pośredniej.



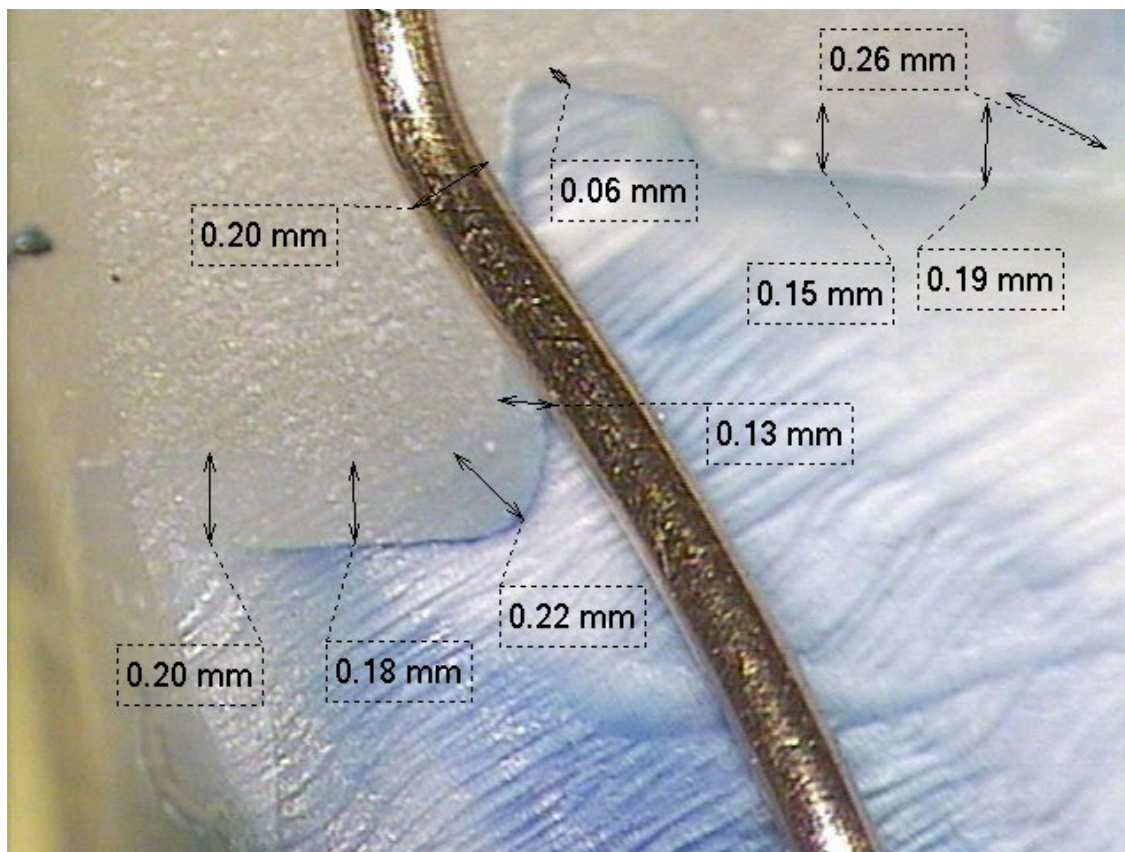
**Fot.55.**

**Fot.56.**

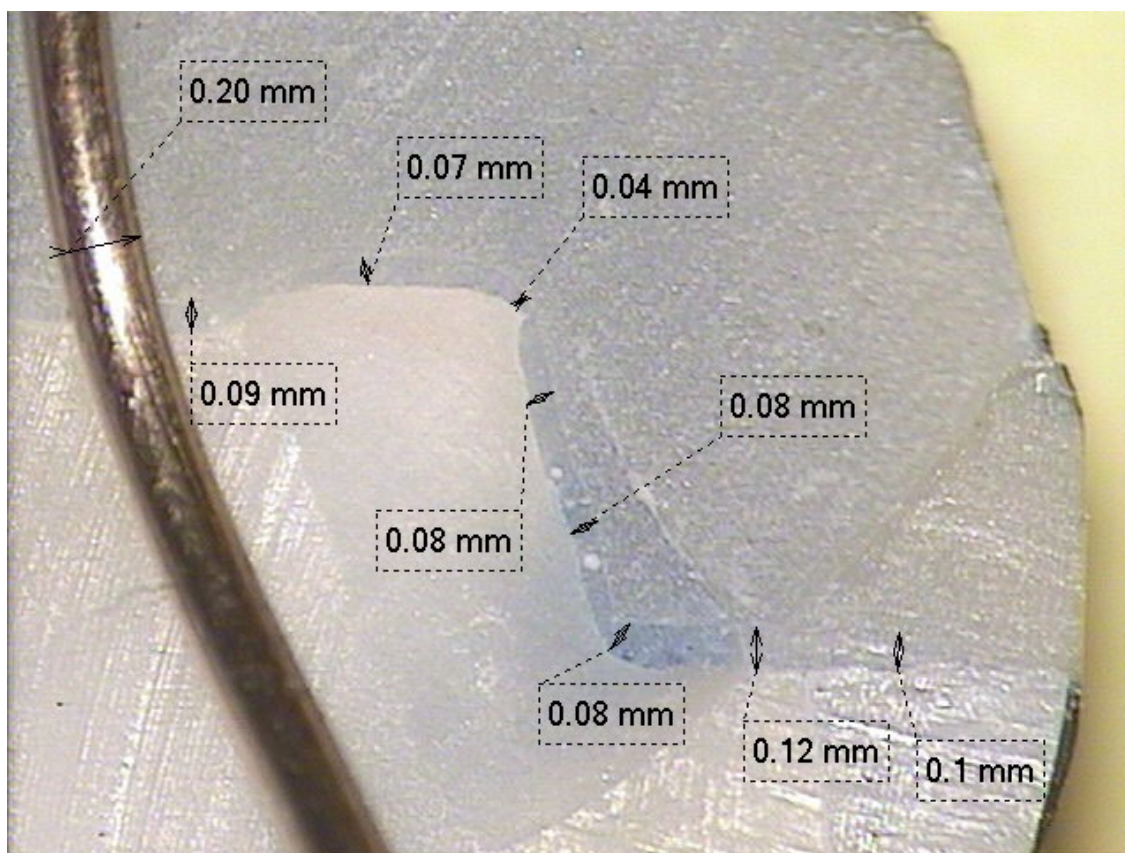
**Przykłady pomiarów przeprowadzonych z wykorzystaniem programu Digora2.1. w mikroskopie optycznym (fot.55) i SEM (fot.56).**



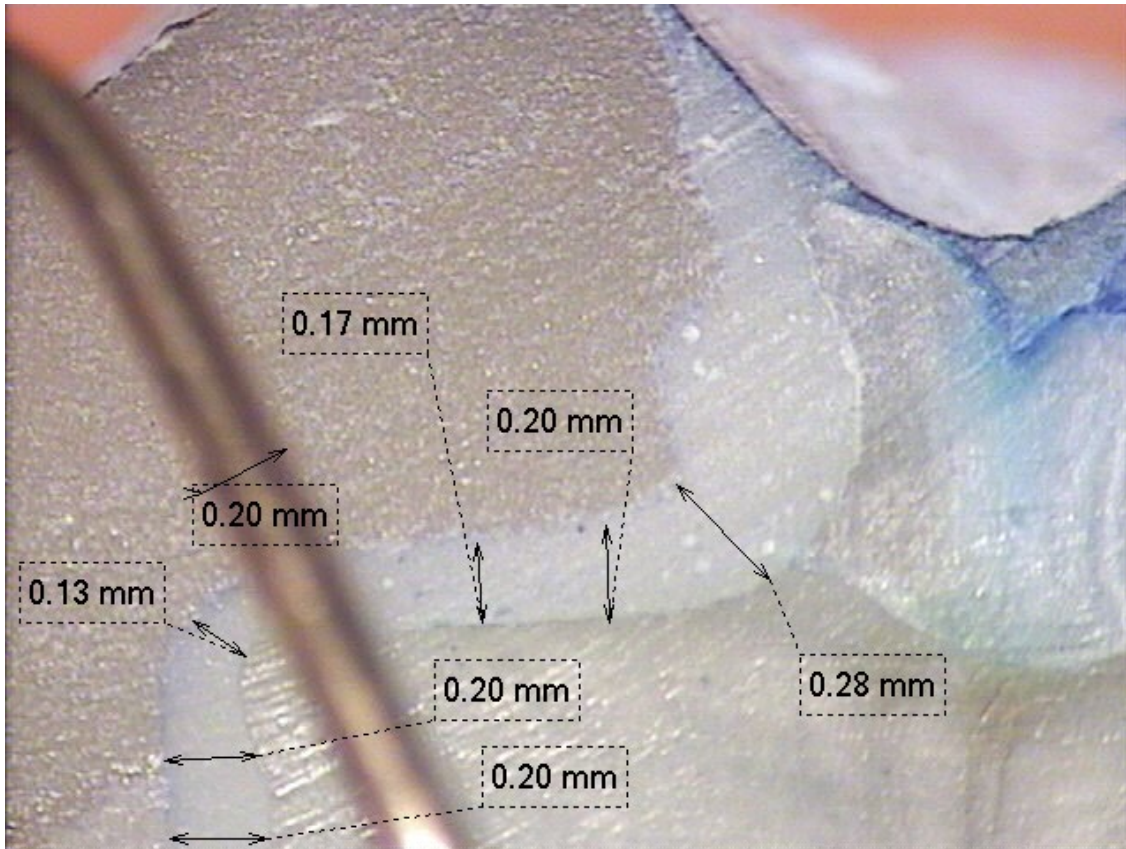
**Fot. 57. Wkład wykonany metodą pośrednią - część górna przekroju.**



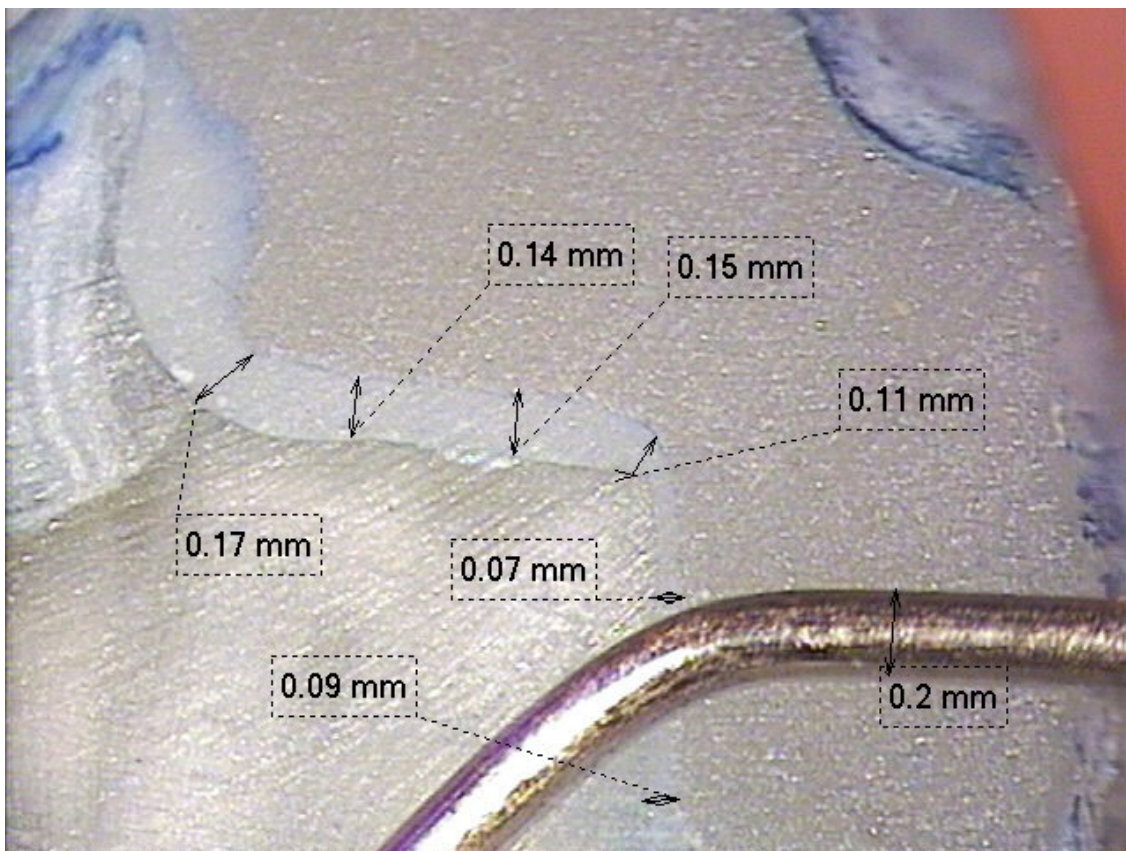
**Fot. 58. Wkład wykonany metodą pośrednią - część dolna przekroju.**



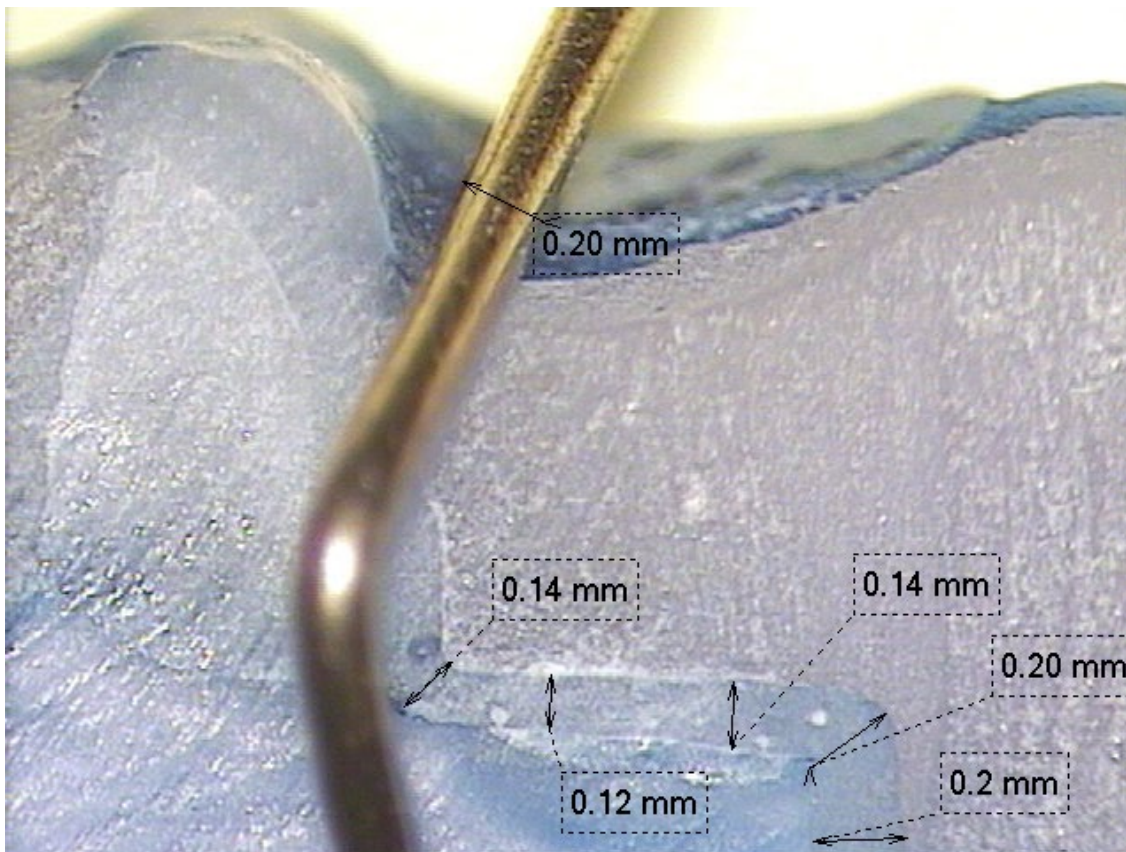
**Fot. 59. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**



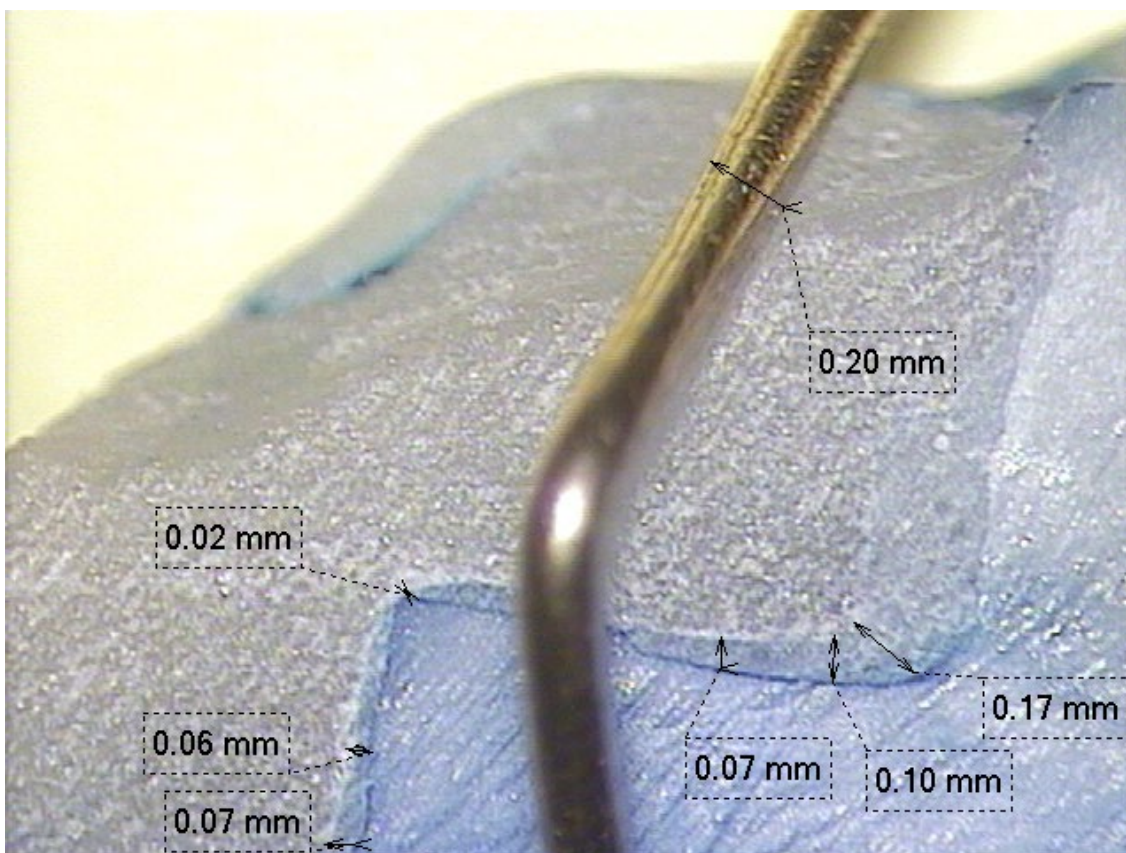
**Fot. 60. Wkład wykonany metodą pośrednią.**



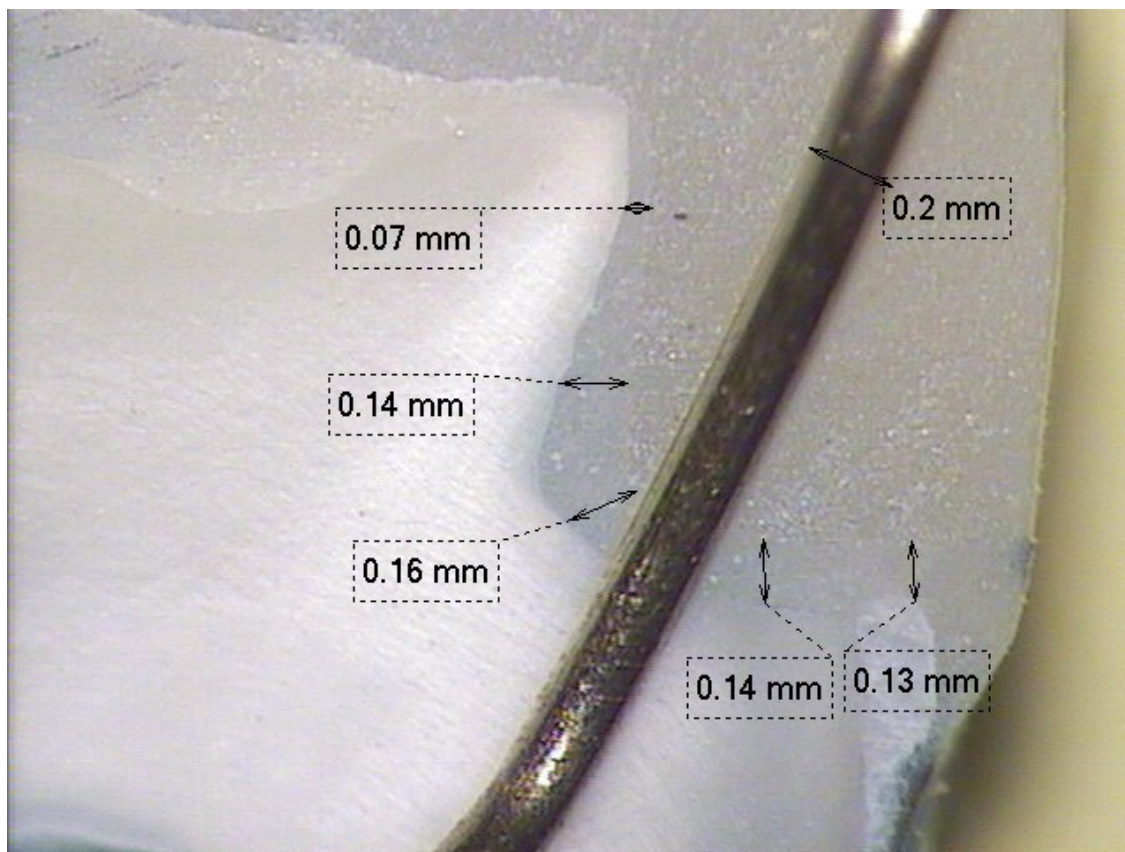
**Fot. 61. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**



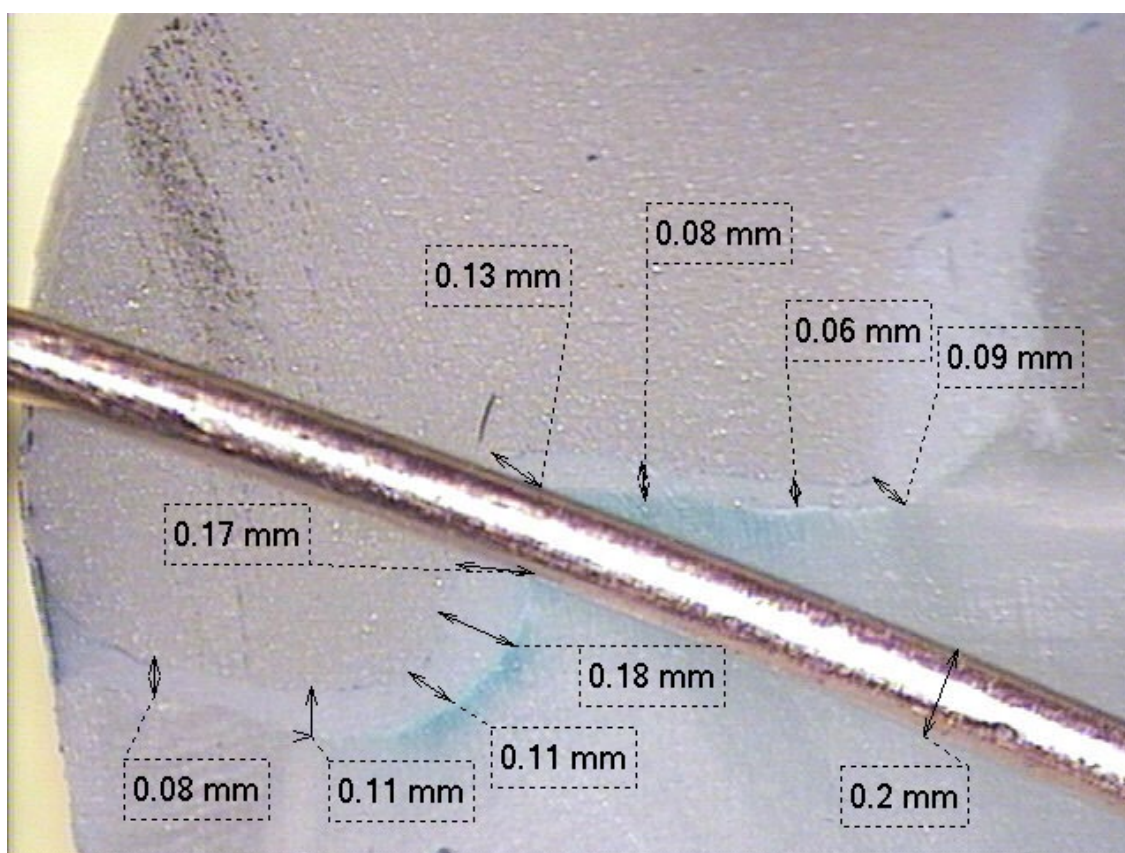
**Fot.62. Wkład wykonany metodą pośrednią.**



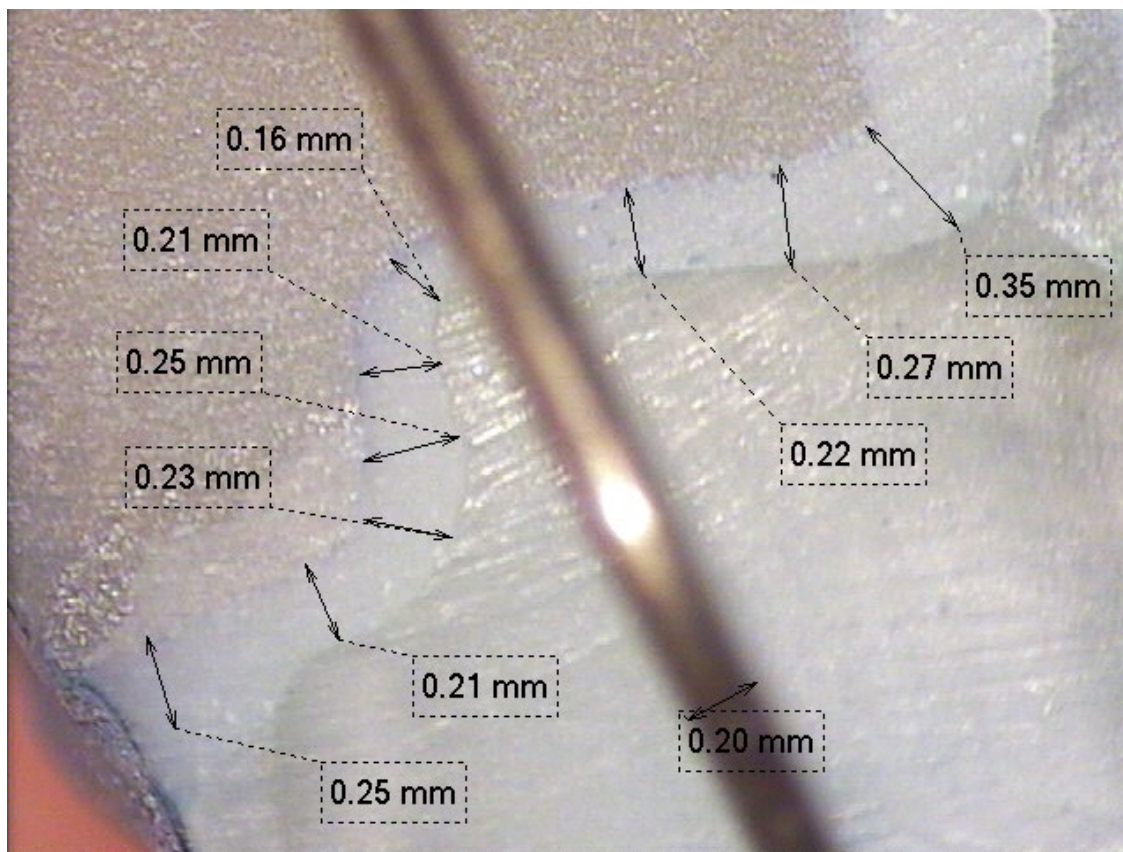
**Fot.63. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**



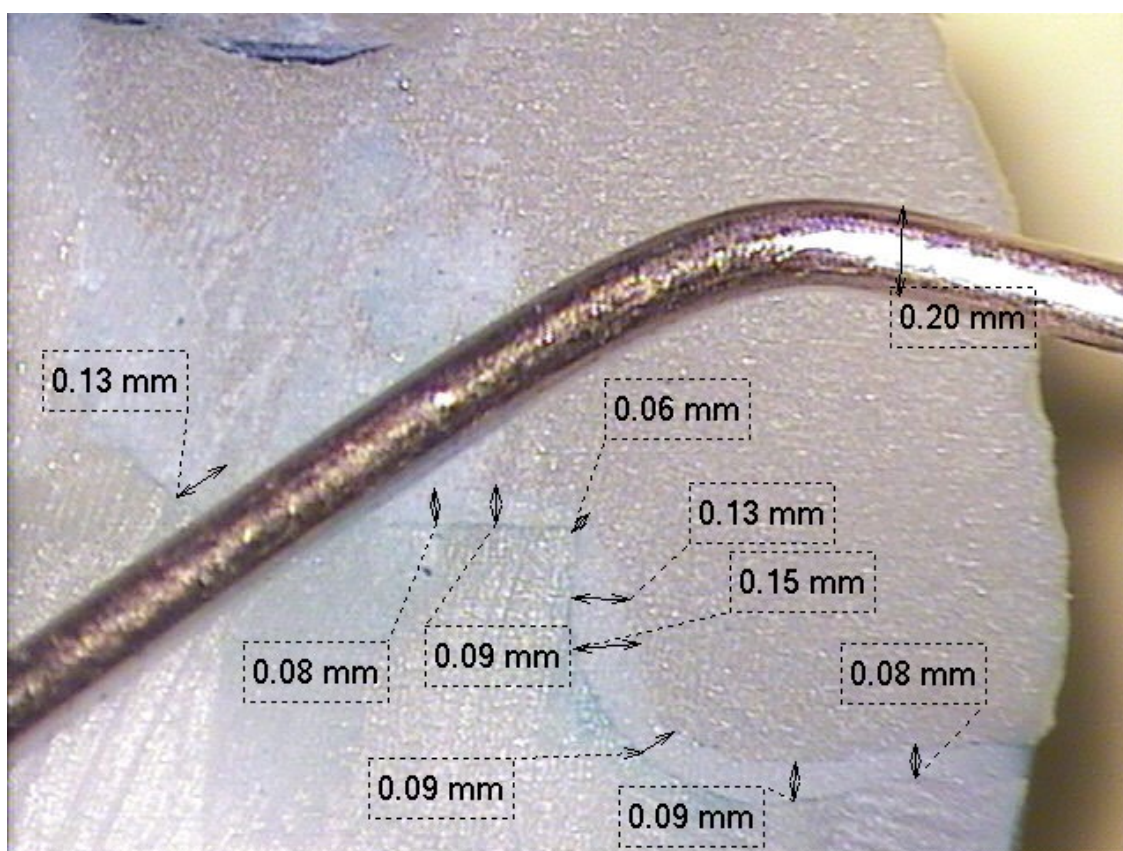
**Fot.64. Wkład wykonany metodą pośrednią.**



**Fot.65. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**

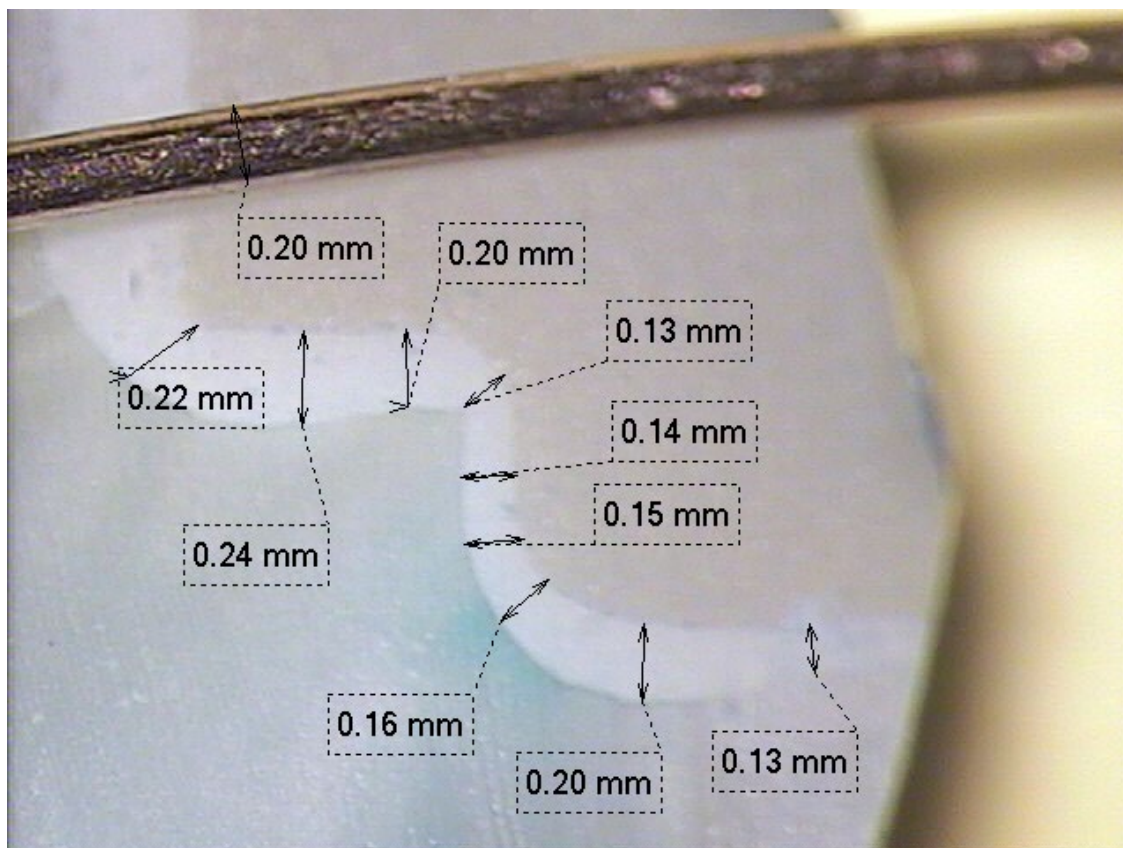


**Fot.66. Wkład wykonany metodą pośrednią.**

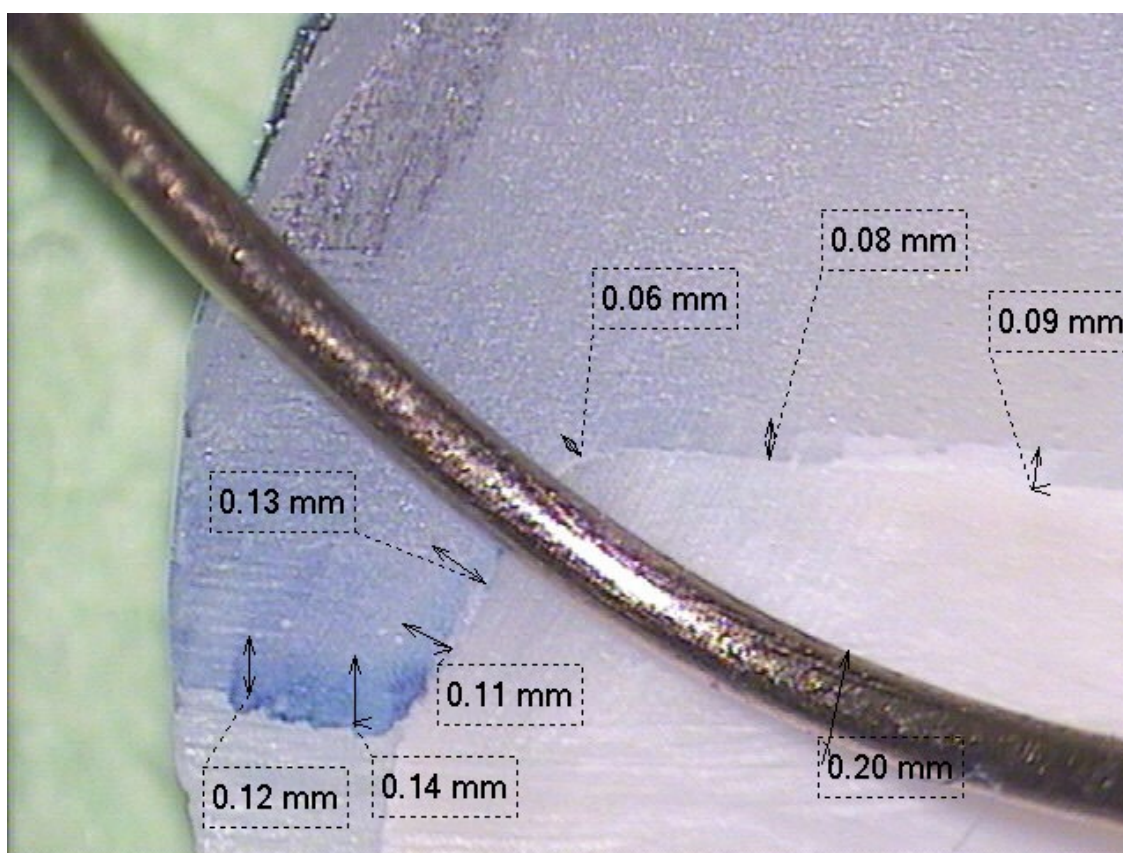


**Fot.67. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**

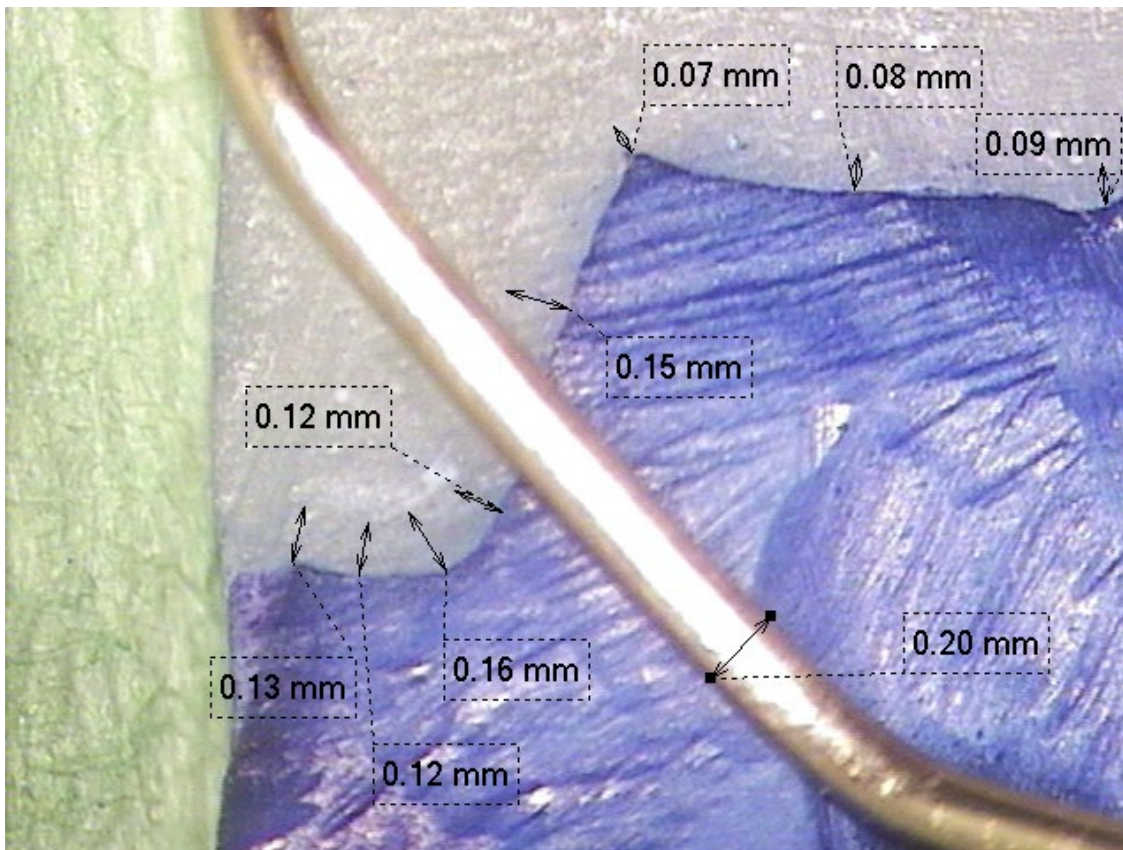




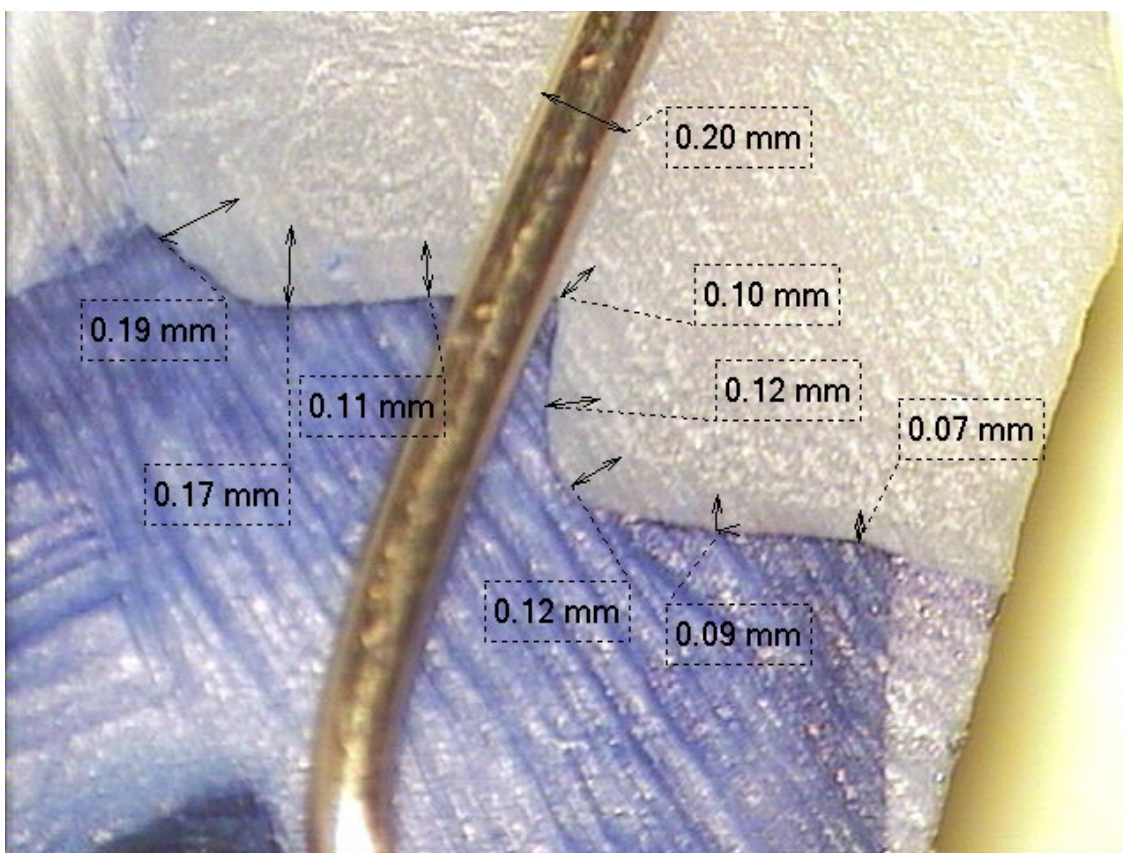
**Fot.68. Wkład wykonany metodą pośrednią.**



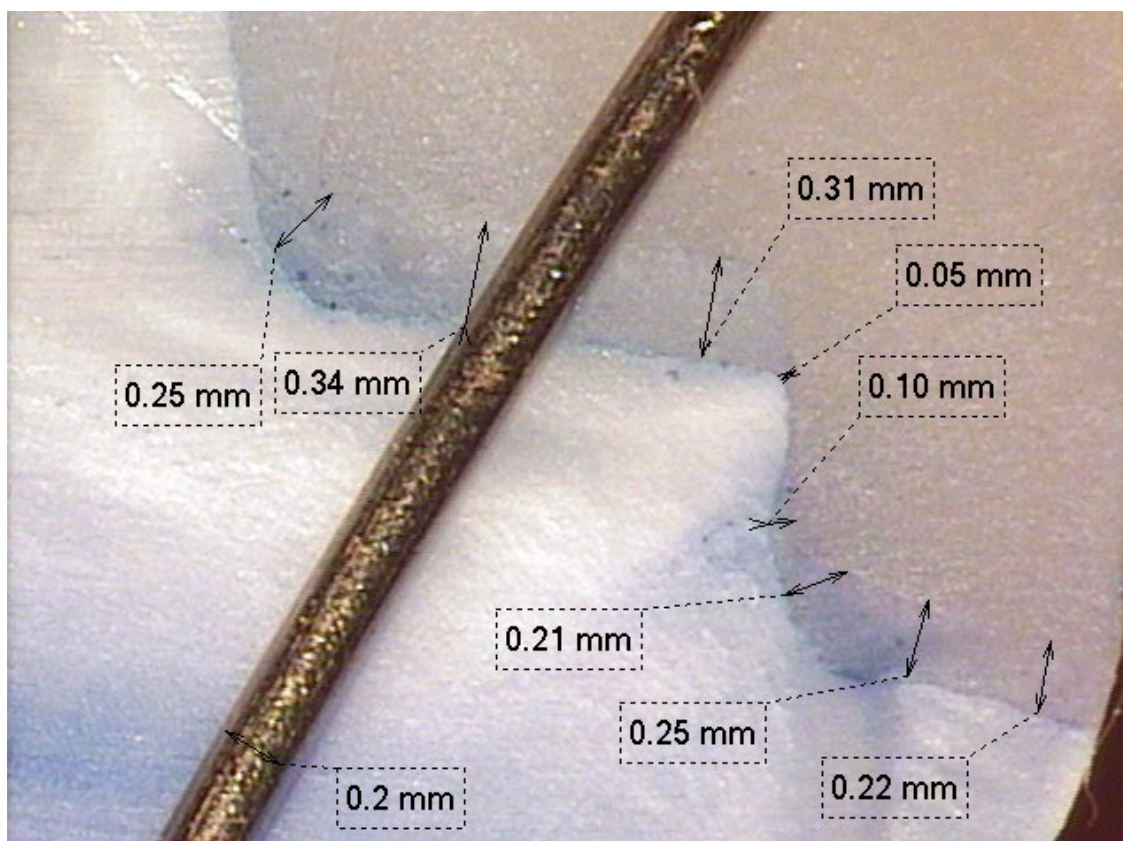
**Fot.69. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**



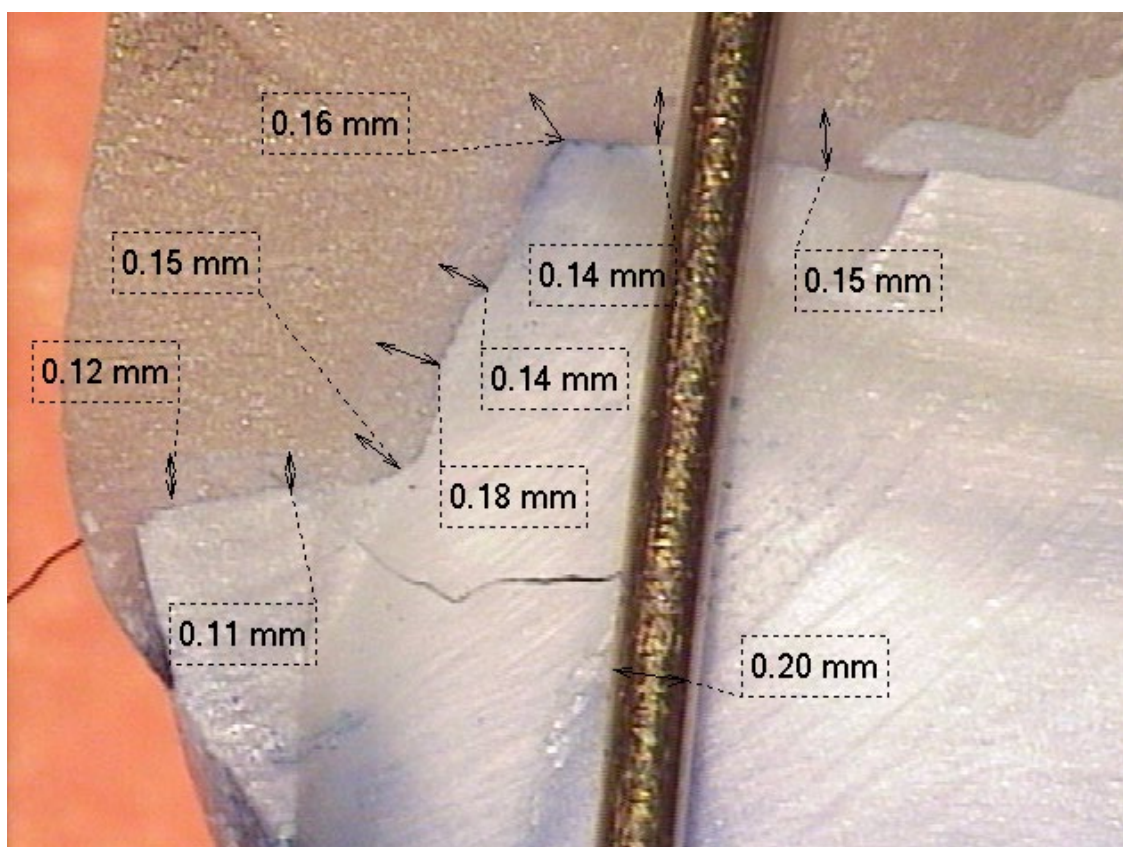
**Fot.70. Wkład wykonany metodą pośrednią.**



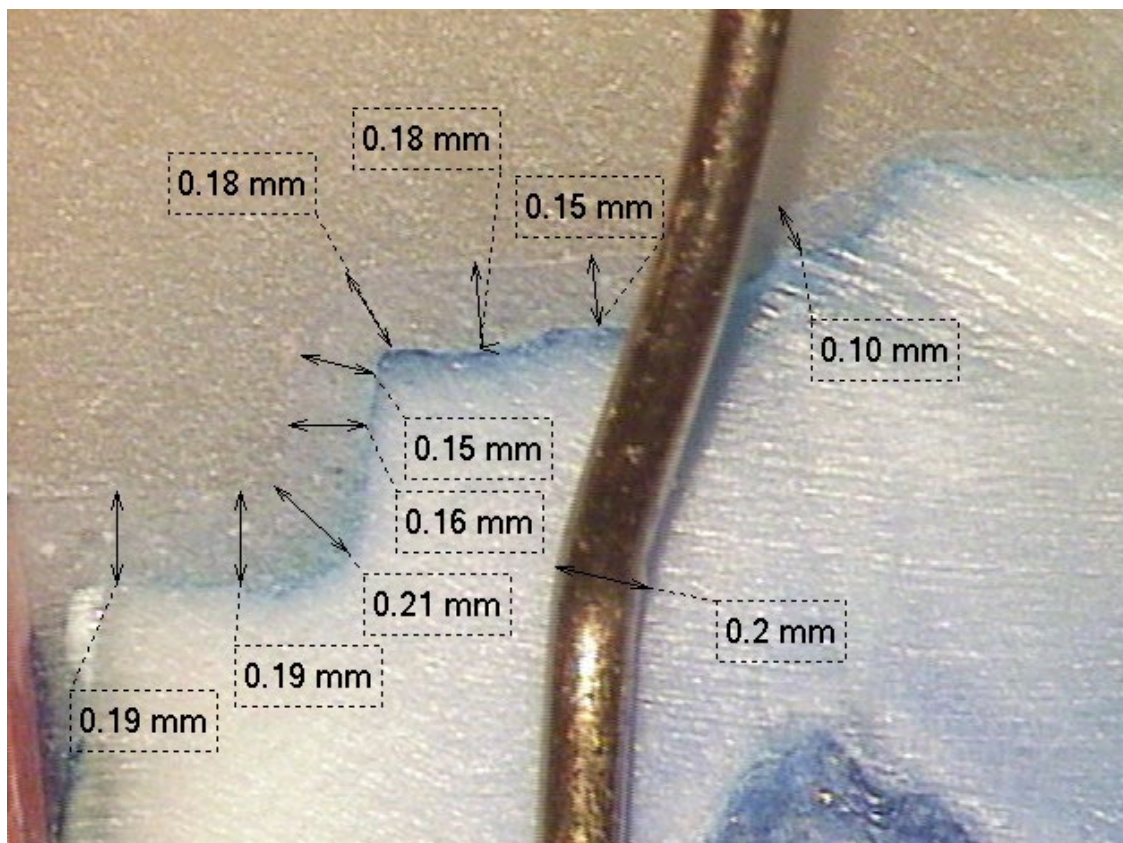
**Fot.71. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**



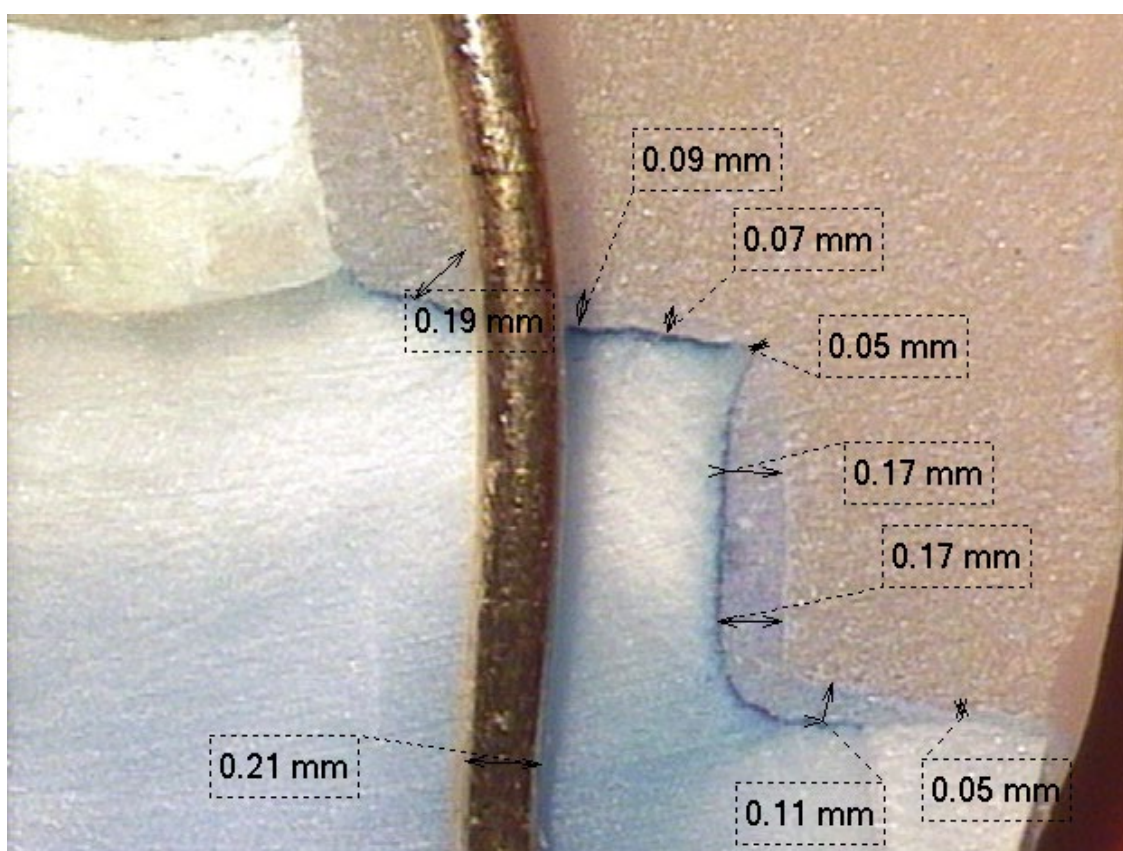
**Fot.72. Wkład wykonany metodą pośrednią.**



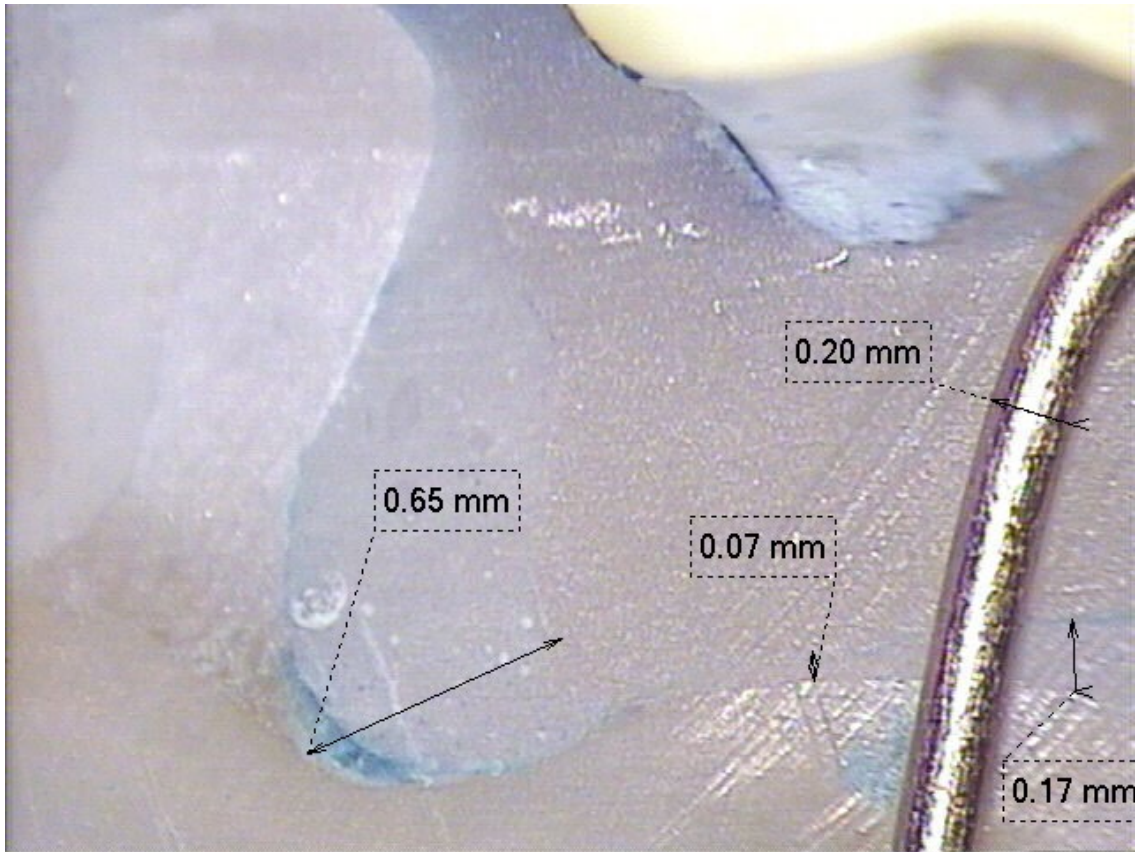
**Fot.73. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**



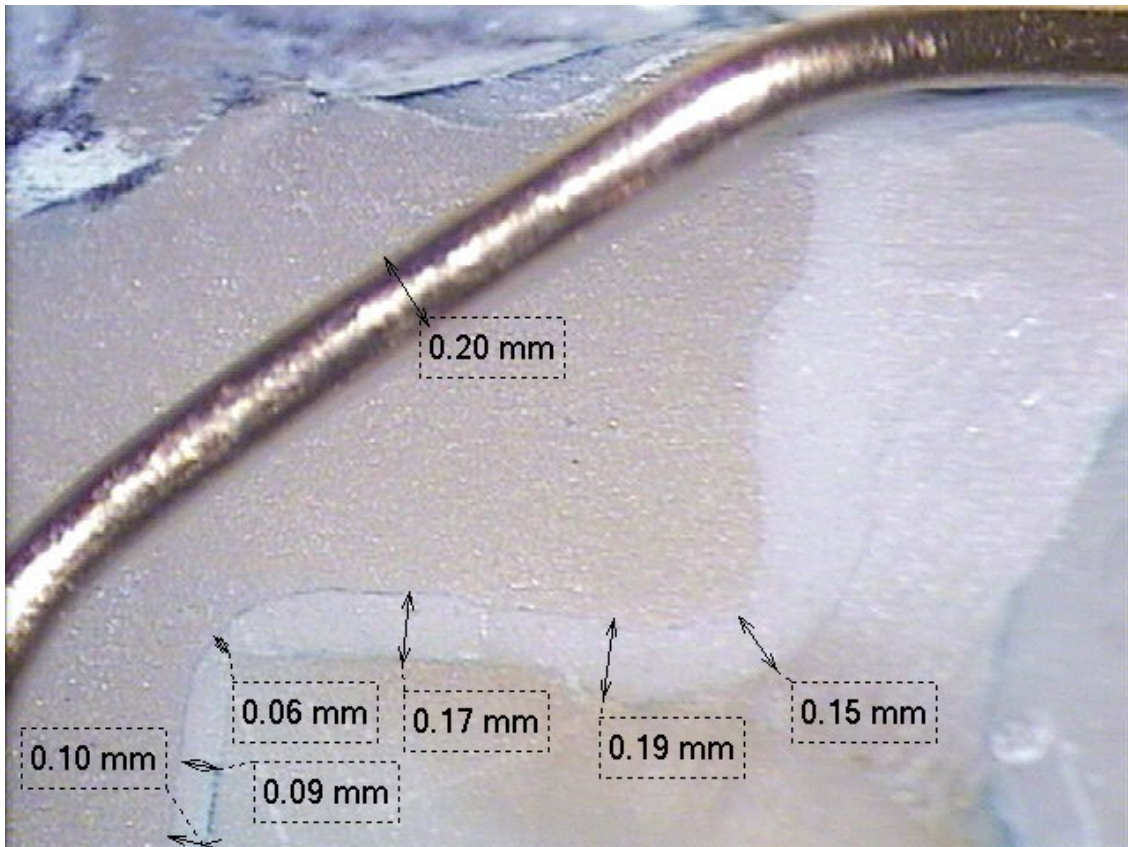
**Fot.74. Wkład wykonany metodą pośrednią.**



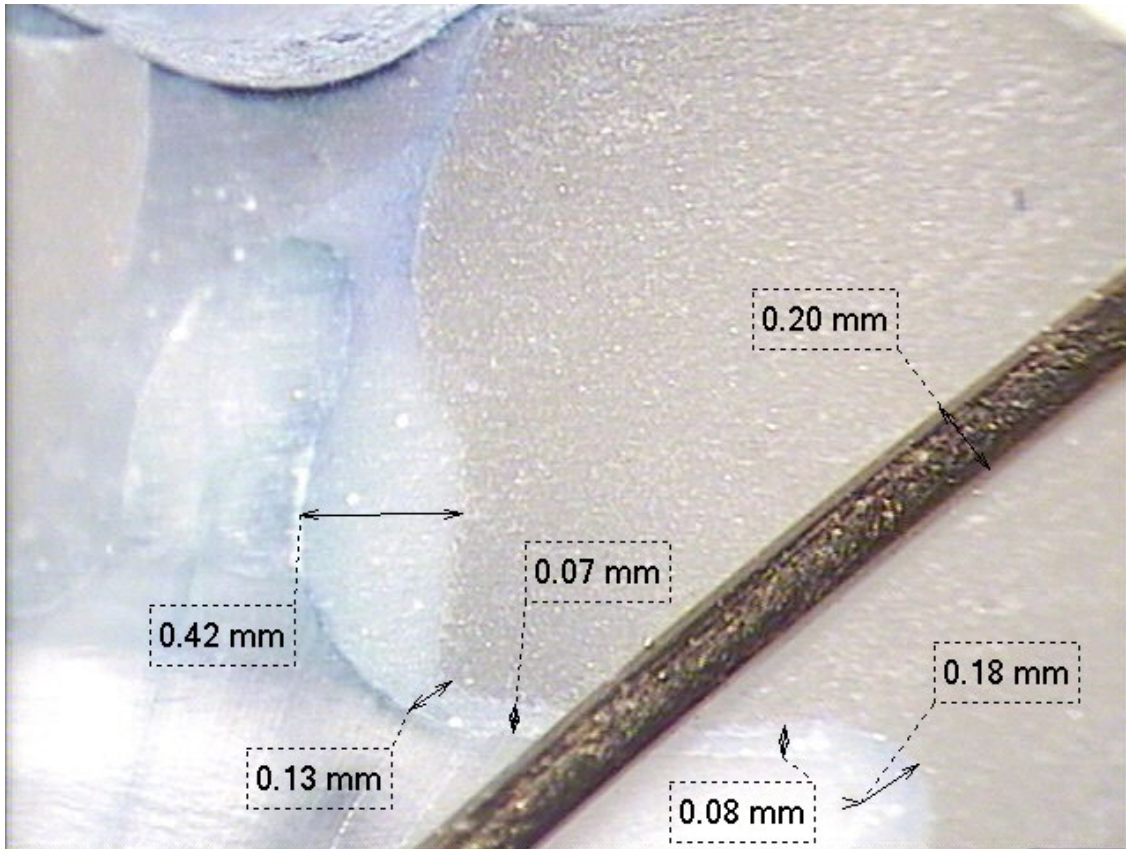
**Fot.75. Wkład wykonany metodą CAD/CAM.**



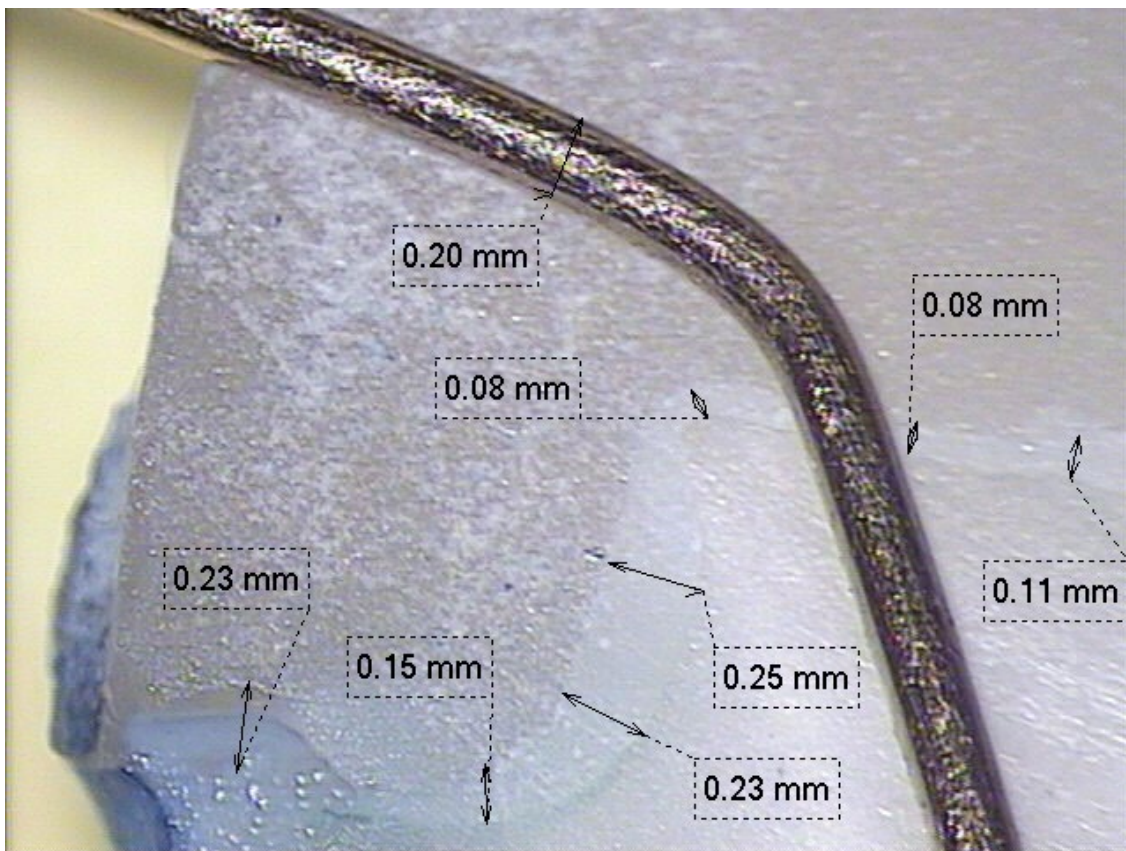
**Fot.76.Efekt Birkhoffa.**



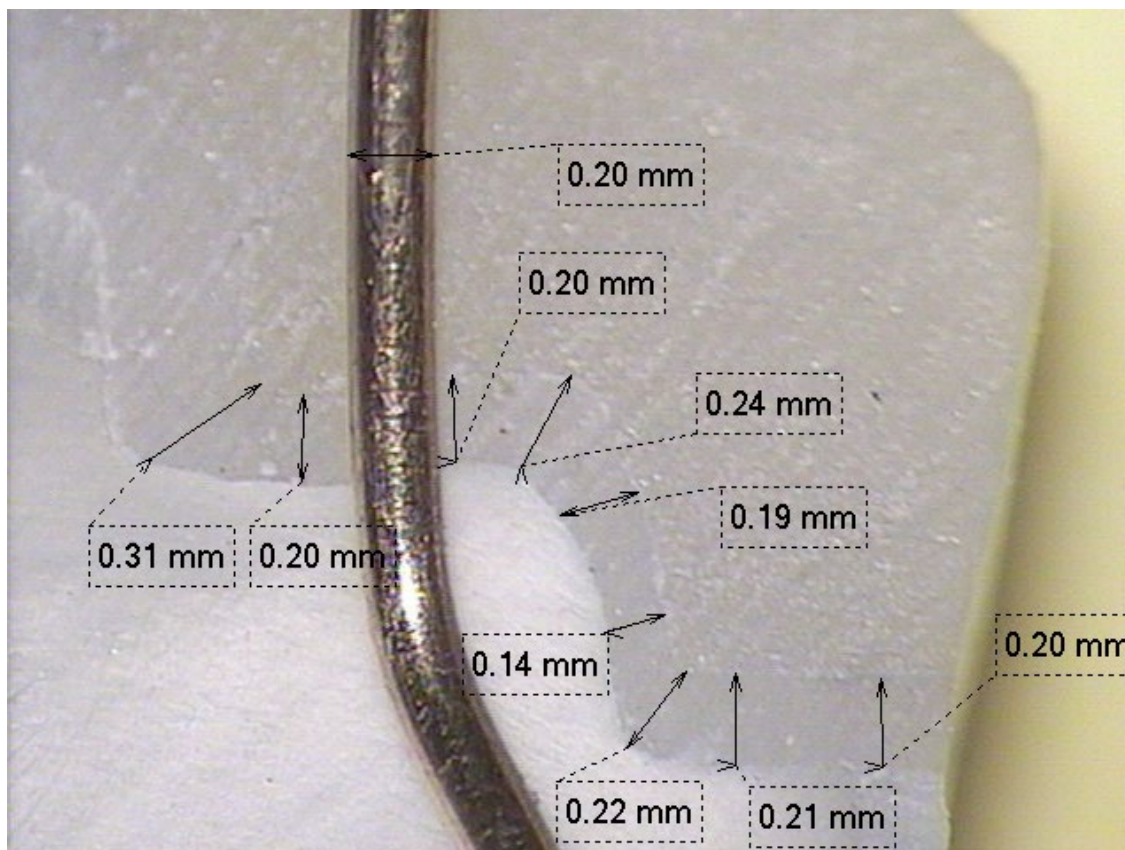
**Fot.77.Efekt Birkhoffa.**



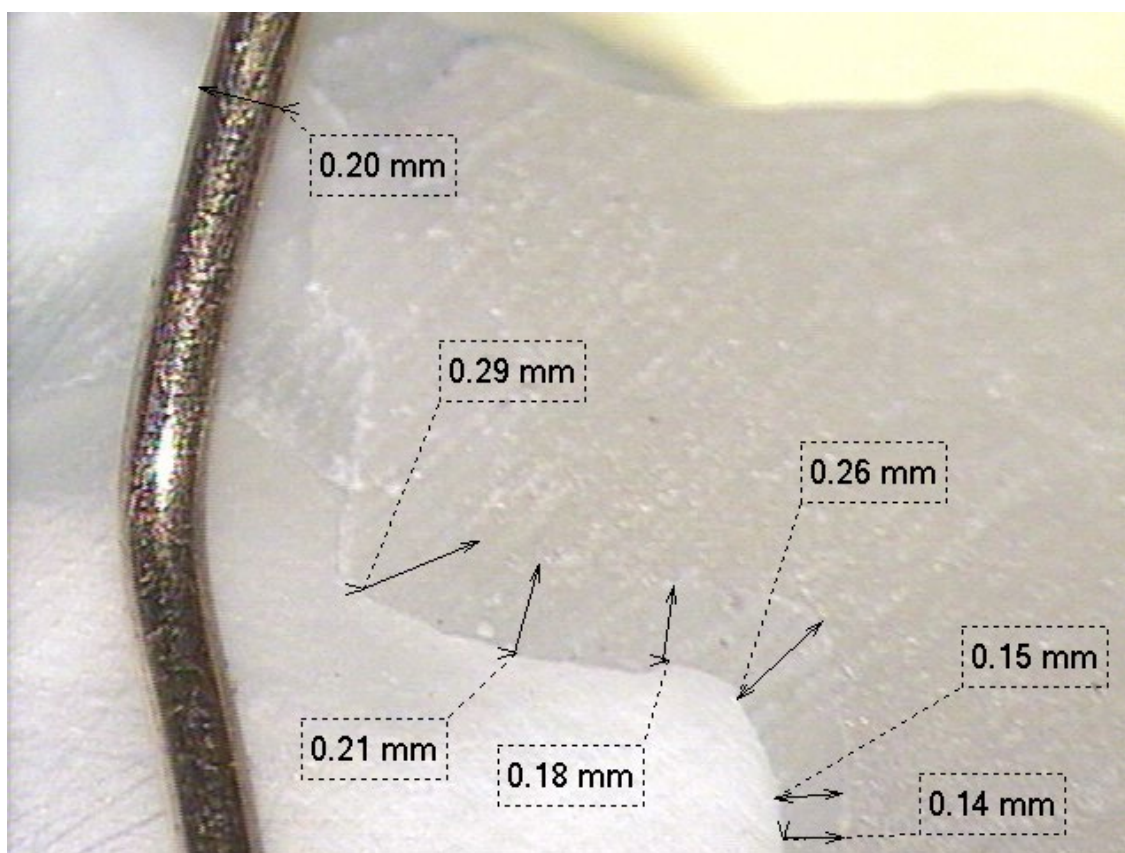
**Fot.78.Efekt Birkhoffa.**



**Fot.79.Nieprawidłowo osadzony wkład wykonany w metodzie pośredniej.**



**Fot.80. Nieprawidłowo osadzony wkład wykonany w metodzie CAD/CAM.**



**Fot.81. Nieprawidłowo osadzony wkład wykonany w metodzie pośredniej.**

Tabela VI

Ząb numer 1.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.10	0.21
b	0.09	0.24
c	0.15	0.26
d	0.13	0.19
e	0.12	0.19
f	0.07	0.14
g	0.16	0.19
h	0.19	0.23

Tabela VII

Ząb numer 2.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.19	0.05
b	0.19	0.10
c	0.21	0.16
d	0.16	0.16
e	0.15	0.05
f	0.18	0.07
g	0.18	0.09
h	0.10	0.19

Tabela VIII

Ząb numer 3.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.10	0.14
b	0.09	0.16
c	0.07	0.18
d	0.06	0.20
e	0.02	0.20
f	0.07	0.14
g	0.10	0.12
h	0.14	0.14

Tabela IX

Ząb numer 4.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.08	0.13
b	0.11	0.14
c	0.11	0.16
d	0.18	0.14
e	0.13	0.07
f	0.08	0.15
g	0.06	0.15
h	0.09	0.15



Tabela X

Ząb numer 5.	Strona lewa	Strona prawa
Miejsce pomiaru (a-h)	metoda pośrednia	metoda CAD/CAM
a	0.25	0.08
b	0.21	0.09
c	0.23	0.09
d	0.25	0.09
e	0.21	0.06
f	0.16	0.09
g	0.22	0.09
h	0.27	0.13

Tabela XI

Ząb numer 6.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.08	0.17
b	0.08	0.15
c	0.09	0.20
d	0.07	0.20
e	0.11	0.13
f	0.15	0.17
g	0.14	0.20
h	0.17	0.28

Tabela XII

Ząb numer 7.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.06	0.13
b	0.08	0.13
c	0.11	0.15
d	0.12	0.14
e	0.11	0.19
f	0.12	0.19
g	0.12	0.22
h	0.16	0.20

Tabela XIII

Ząb numer 8.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.14	0.09
b	0.21	0.10
c	0.17	0.11
d	0.14	0.08
e	0.14	0.12
f	0.25	0.12
g	0.21	0.18
h	0.23	0.20

Tabela XIV

Ząb numer 9.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.14	0.10
b	0.17	0.11
c	0.18	0.15
d	0.21	0.13
e	0.20	0.09
f	0.16	0.09
g	0.13	0.09
h	0.14	0.12

Tabela XV

Ząb numer 10.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.11	0.19
b	0.15	0.18
c	0.10	0.20
d	0.10	0.12
e	0.10	0.08
f	0.09	0.19
g	0.15	0.16
h	0.17	0.23

Tabela XVI

Ząb numer 11.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.06	0.18
b	0.12	0.17
c	0.16	0.20
d	0.15	0.16
e	0.07	0.19
f	0.08	0.11
g	0.10	0.11
h	0.18	0.19

Tabela XVII

Ząb numer 12.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.12	0.13
b	0.14	0.20
c	0.11	0.16
d	0.13	0.15
e	0.06	0.14
f	0.08	0.13
g	0.09	0.20
h	0.15	0.22

Tabela XVIII

Ząb numer 13.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.17	0.09
b	0.18	0.08
c	0.20	0.11
d	0.19	0.12
e	0.22	0.14
f	0.07	0.06
g	0.19	0.15
h	0.16	0.15

Tabela XIX

Ząb numer 14.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.22	0.10
b	0.21	0.12
c	0.19	0.16
d	0.18	0.13
e	0.22	0.12
f	0.11	0.09
g	0.16	0.19
h	0.18	0.22

Tabela XX

Ząb numer 15.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.10	0.16
b	0.12	0.18
c	0.09	0.18
d	0.14	0.22
e	0.12	0.26
f	0.07	0.11
g	0.16	0.18
h	0.18	0.19

Tabela XXI

Ząb numer 16.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.13	0.07
b	0.12	0.09
c	0.16	0.12
d	0.12	0.12
e	0.15	0.10
f	0.12	0.10
g	0.10	0.10
h	0.15	0.14

Tabela XXII

Ząb numer 17.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.11	0.21
b	0.12	0.24
c	0.16	0.19
d	0.19	0.21
e	0.22	0.28
f	0.09	0.12
g	0.18	0.21
h	0.21	0.28

Tabela XXIII

Ząb numer 18.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.11	0.13
b	0.10	0.20
c	0.12	0.12
d	0.13	0.13
e	0.08	0.11
f	0.16	0.17
g	0.20	0.18
h	0.23	0.21

Tabela XXIV

Ząb numer 19.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.08	0.09
b	0.12	0.16
c	0.16	0.16
d	0.21	0.22
e	0.22	0.26
f	0.16	0.27
g	0.21	0.28
h	0.21	0.25

Tabela XXV

Ząb numer 20.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.13	0.10
b	0.17	0.12
c	0.18	0.13
d	0.21	0.09
e	0.18	0.16
f	0.11	0.09
g	0.14	0.11
h	0.19	0.09

Tabela XXVI

Ząb numer 21.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.14	0.07
b	0.19	0.08
c	0.16	0.10
d	0.16	0.12
e	0.16	0.15
f	0.11	0.09
g	0.19	0.20
h	0.25	0.20

Tabela XXVII

Ząb numer 22.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.06	0.13
b	0.09	0.16
c	0.12	0.18
d	0.12	0.19
e	0.11	0.21
f	0.07	0.10
g	0.18	0.20
h	0.19	0.21

Tabela XXVIII

Ząb numer 23.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.13	0.06
b	0.11	0.08
c	0.18	0.10
d	0.12	0.10
e	0.15	0.10
f	0.10	0.10
g	0.12	0.11
h	0.19	0.18

Tabela XXIX

Ząb numer 24.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.17	0.11
b	0.18	0.04
c	0.23	0.13
d	0.20	0.08
e	0.21	0.06
f	0.14	0.09
g	0.26	0.10
h	0.28	0.12

Tabela XXX

Ząb numer 25.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.07	0.08
b	0.10	0.09
c	0.14	0.12
d	0.18	0.16
e	0.22	0.18
f	0.19	0.19
g	0.26	0.19
h	0.26	0.20

Tabela XXXI

Ząb numer 26.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.13	0.23
b	0.13	0.22
c	0.14	0.24
d	0.10	0.16
e	0.10	0.15
f	0.05	0.14
g	0.11	0.11
h	0.19	0.20

Tabela XXXII

Ząb numer 27.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.09	0.16
b	0.12	0.17
c	0.11	0.18
d	0.08	0.19
e	0.07	0.16
f	0.05	0.12
g	0.10	0.16
h	0.12	0.21

Tabela XXXIII

Ząb numer 28.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.25	0.12
b	0.21	0.16
c	0.14	0.13
d	0.17	0.13
e	0.20	0.16
f	0.12	0.09
g	0.18	0.16
h	0.24	0.16

Tabela XXXIV

Ząb numer 29.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.10	0.21
b	0.09	0.24
c	0.15	0.26
d	0.13	0.19
e	0.12	0.19
f	0.07	0.14
g	0.16	0.19
h	0.19	0.23

Tabela XXXV

Ząb numer 30.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.18	0.07
b	0.19	0.10
c	0.22	0.14
d	0.16	0.14
e	0.16	0.17
f	0.13	0.12
g	0.18	0.18
h	0.25	0.16

Tabela XXXVI. Różnica w średnich grubościach (mm) warstw cementujących w poszczególnych miejscach pomiarowych (a-h) dla obu metod (mikroskop optyczny).

Miejsce pomiaru przekrój a - h	Metoda pośrednia (30 pomiarów)			Metoda CAD/CAM (30 pomiarów)			Różnica pomiędzy metodami wyrażona w mm	Różnica wyrażona w %
	grubość		średnia z 30 pomiarów	grubość		średnia z 30 pomiarów		
	min	max		min	max			
a	0.07	0.25	0.16	0.05	0.12	0.09	0.07	78.0 %
b	0.10	0.25	0.18	0.08	0.14	0.10	0.08	80.0 %
c	0.12	0.26	0.18	0.07	0.16	0.13	0.05	38.5 %
d	0.10	0.26	0.18	0.06	0.21	0.13	0.05	38.5 %
e	0.05	0.28	0.18	0.02	0.22	0.12	0.06	50.0 %
f	0.07	0.31	0.15	0.05	0.19	0.10	0.05	50.0 %
g	0.06	0.34	0.19	0.06	0.21	0.14	0.05	36.0 %
h	0.10	0.28	0.21	0.09	0.23	0.16	0.05	31.5 %
średnio	0.08	0.28	0.18	0.06	0.19	0.12	0.06	43.5 %

Tabela XXXVII. Parametry pomiarowe analizy statystycznej.

	Średnia	Min	Max	Odchylenie standard	Różnica	Odch.st różnic	Test t-Studenta	Poziom istotności p
Poziom/metoda								
a C/C Pośr	0,08766 0,16266	0,05000 0,07000	0,1200 0,2500	0,019597 0,043860	0,075	0,0422	9,7433	0,000000
b C/C Pośr	0,10466 0,17966	0,08000 0,10000	0,1600 0,2400	0,020466 0,036245	0,075	0,0352	11,667	0,000000
c C/C Pośr	0,12433 0,18400	0,07000 0,12000	0,1600 0,2600	0,025008 0,032547	0,059	0,0349	9,3675	0,000000
d C/C Pośr	0,13033 0,18133	0,06000 0,12000	0,2100 0,2600	0,037645 0,037759	0,051	0,0533	5,2382	0,000013
e C/C Pośr	0,12133 0,18400	0,02000 0,07000	0,2200 0,2800	0,048404 0,049452	0,062	0,0530	6,5769	0,000000
f C/C Pośr	0,09700 0,14466	0,05000 0,07000	0,1900 0,2700	0,032286 0,043370	0,047	0,0349	7,4793	0,000000
g C/C Pośr	0,14133 0,18566	0,06000 0,10000	0,2100 0,2800	0,045617 0,046512	0,044	0,0420	5,7826	0,000003
h C/C Pośr	0,16500 0,18566	0,09000 0,10000	0,2300 0,2800	0,039282 0,046512	0,045	0,0536	4,6659	0,000064
Wszystkie pomiary	0,12145 0,17908	0,02000 0,07000	0,2300 0,2800	0,041181 0,045408	0,057	0,0451	19,778	0,000000

Tabela XXXVIII. Różnica pomiędzy metodą pośrednią i CAD/CAM.

	Średnia	Minimum	Maximum	Odchylenie standardowe
Wszystkie pomiary	0,057625	0,090000	0,180000	0,045138
poziom a	0,075000	0,010000	0,170000	0,042161
poziom b	0,075000	0,010000	0,150000	0,035209
poziom c	0,059667	0,000000	0,140000	0,034887
poziom d	0,051000	0,060000	0,160000	0,053327
poziom e	0,062667	0,060000	0,180000	0,052189
poziom f	0,047667	0,000000	0,130000	0,034907
poziom g	0,044333	0,030000	0,130000	0,041992
poziom h	0,045667	0,090000	0,160000	0,053607



Tabela XXXIX. Porównanie pomiędzy poziomami na przekrojach - test Fishera.

	a	b	c	d	e	f	g	h
a		1,000000	0,180792	<b>0,036713</b>	0,281387	<b>0,017512</b>	<b>0,007783</b>	<b>0,010857</b>
b	1,000000		0,180792	<b>0,036713</b>	0,281387	<b>0,017512</b>	<b>0,007783</b>	<b>0,010857</b>
c	0,018079	0,180792		0,448788	0,793065	0,294563	0,180792	0,221581
d	<b>0,036713</b>	<b>0,036713</b>	0,448788		0,308148	0,770688	0,560034	0,641005
e	0,281387	0,281387	0,793065	0,308148		0,190421	0,109856	0,138039
f	<b>0,017512</b>	<b>0,017512</b>	0,294563	0,770688	0,190421		0,770688	0,861162
g	<b>0,007783</b>	<b>0,007783</b>	0,180792	0,560034	0,109856	0,770688		0,907178
h	<b>0,010857</b>	<b>0,010857</b>	0,221581	0,641005	0,138039	0,861162	0,907178	

Wytłuszczone pary liczb wskazują na istotne statystycznie dane świadczące o charakterystycznej różnicy pomiędzy poziomami przekrojów. Wartości pomiarów wykonanych dla różnych metod wykonania wkładu są statystycznie istotne.

W analizie statystycznej uzyskano wysoki współczynnik statystycznej istotności uzyskanych wyników **P<0.0001**.

## **Analiza obrazów przekrojów wykonana w skaningowym mikroskopie elektronowym.**

Obserwacje morfologiczne były dość różnorodne. W niektórych miejscach przekrojów stwierdzano pełną adhezję, w innych widoczne były szczeliny różnej szerokości, a ich obrzeża lekko zagłębiały się zarówno w zębinę jak i cement mocujący. Szczeliny te były dobrze widoczne w obrazach SEM, słabiej możliwe do zaobserwowania w mikroskopie optycznym.

Nieprawidłowości osadzonych wkładów przejawiały się ponadto w postaci nawisów, uskoków czy lekkich przesunięć.

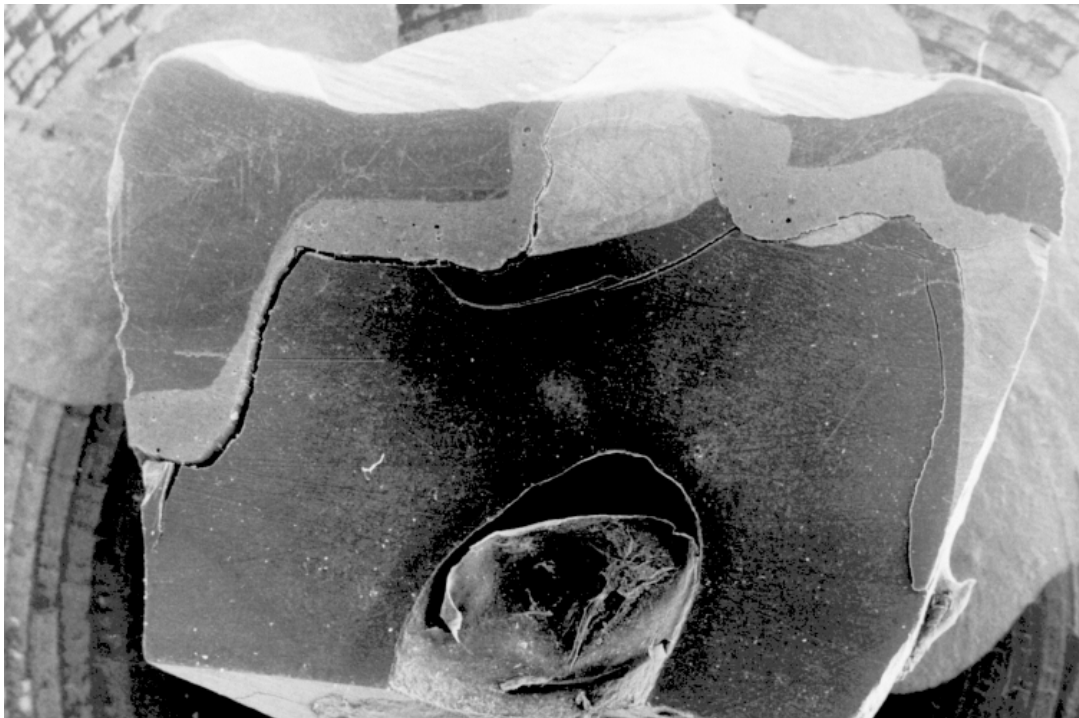
Pomiary grubości cementu mocującego, będącego obiektywnym odbiciem dokładności preparacji ubytku i sporządzonych wkładów były szczególnie ważnym parametrem.

Wykonano ten pomiar dla każdego zęba z 2 stron odpowiadających metodzie wykonania wkładów.

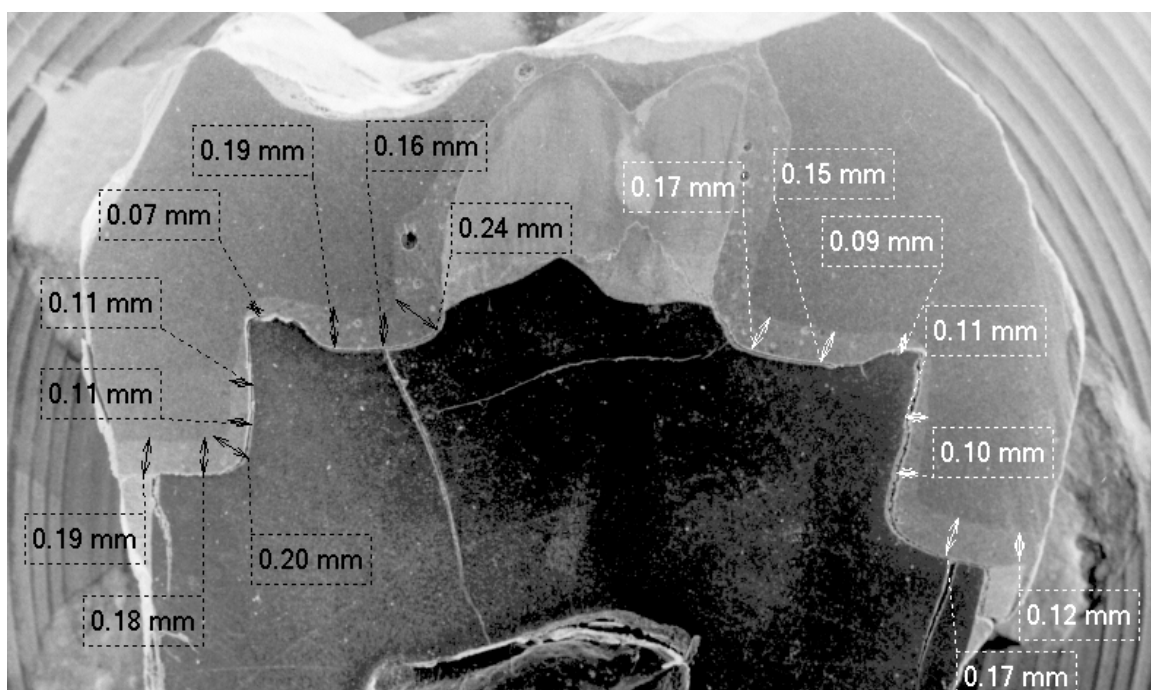
Wyniki pomiarów przedstawiono zarówno na rycinach (fot.82-103) jak i tabelach XL- LXIX.

W tabeli LXX zamieszczono średnie grubości w mm warstw cementu w poszczególnych miejscach pomiarowych od a do h. Wartości te wyrażone w mm były mniejsze w każdym miejscu pomiarowym dla metody CAD/CAM w stosunku do pośredniej. Średnia dla metody pośredniej była 0.19 mm a dla CAD/CAM 0.11mm. Różnica ta wyrażona odsetkowo wyniosła 45.1%.

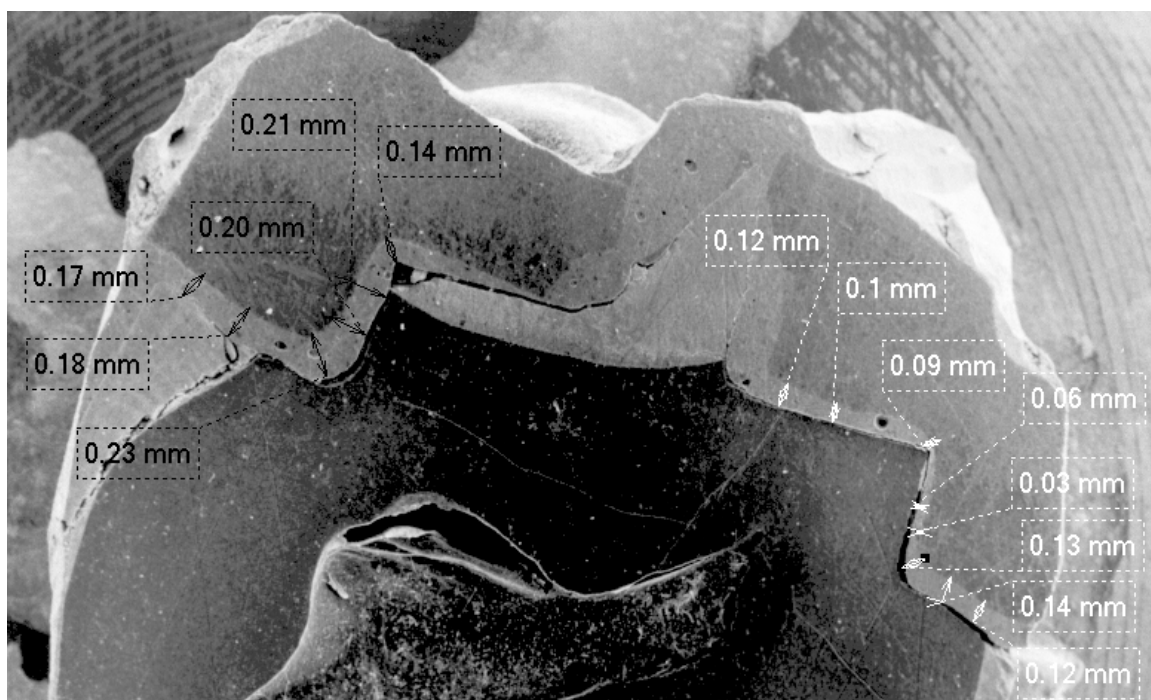
Ze względu na bardzo znaczne podobieństwo oraz identyczność w zakresie pomiarów wykonanych w obrazach z mikroskopu elektronowego i optycznego pominięto ocenę statystyczną dla pomiarów z mikroskopu elektronowego.



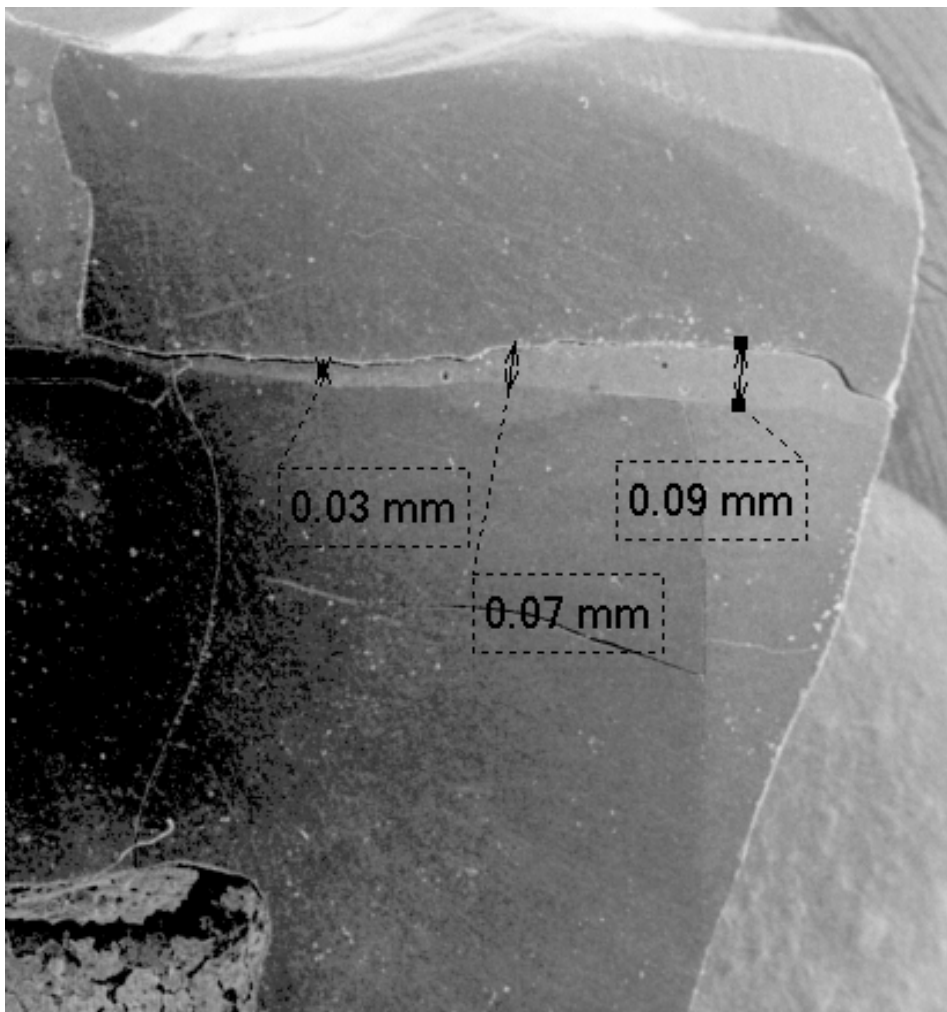
**Fot.82.Przekrój przez ząb z osadzonymi wkładami wykonanymi obiema metodami. Powiększenie 10 X w skaningowym mikroskopie elektronowym.**



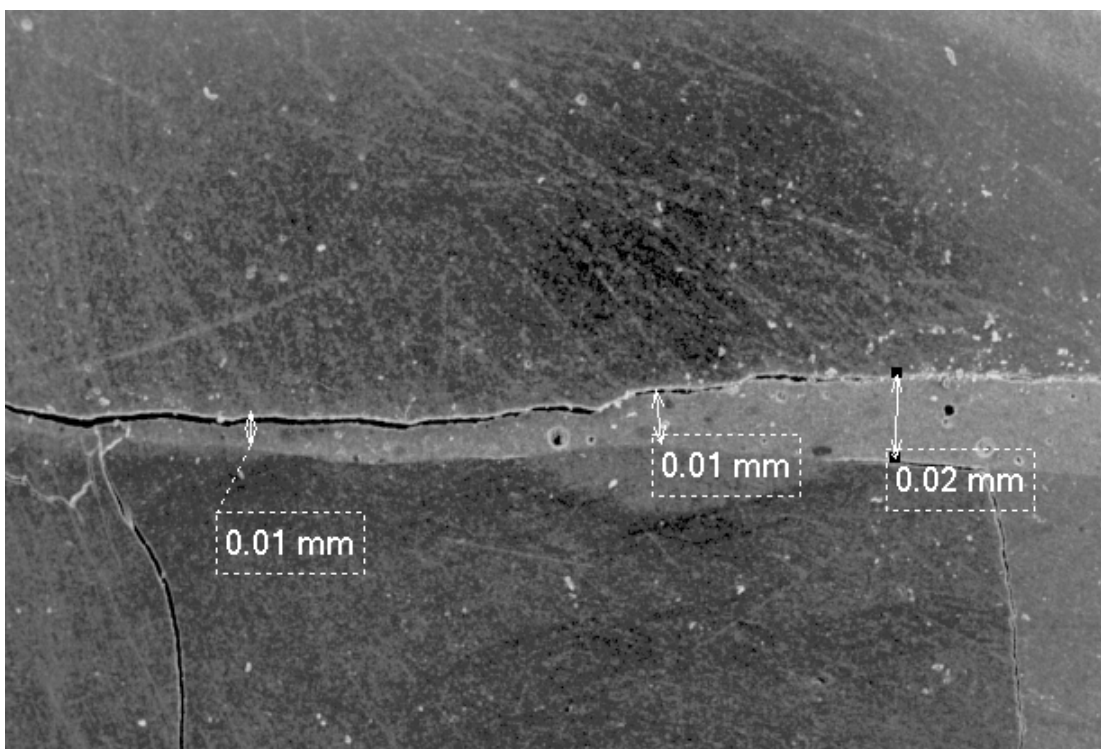
**Fot.83. Przekrój przez ząb z osadzonymi wkładami. Strona lewa wykonany metodą pośrednią, strona prawa metodą CAD/CAM. Powiększenie 10 X.**



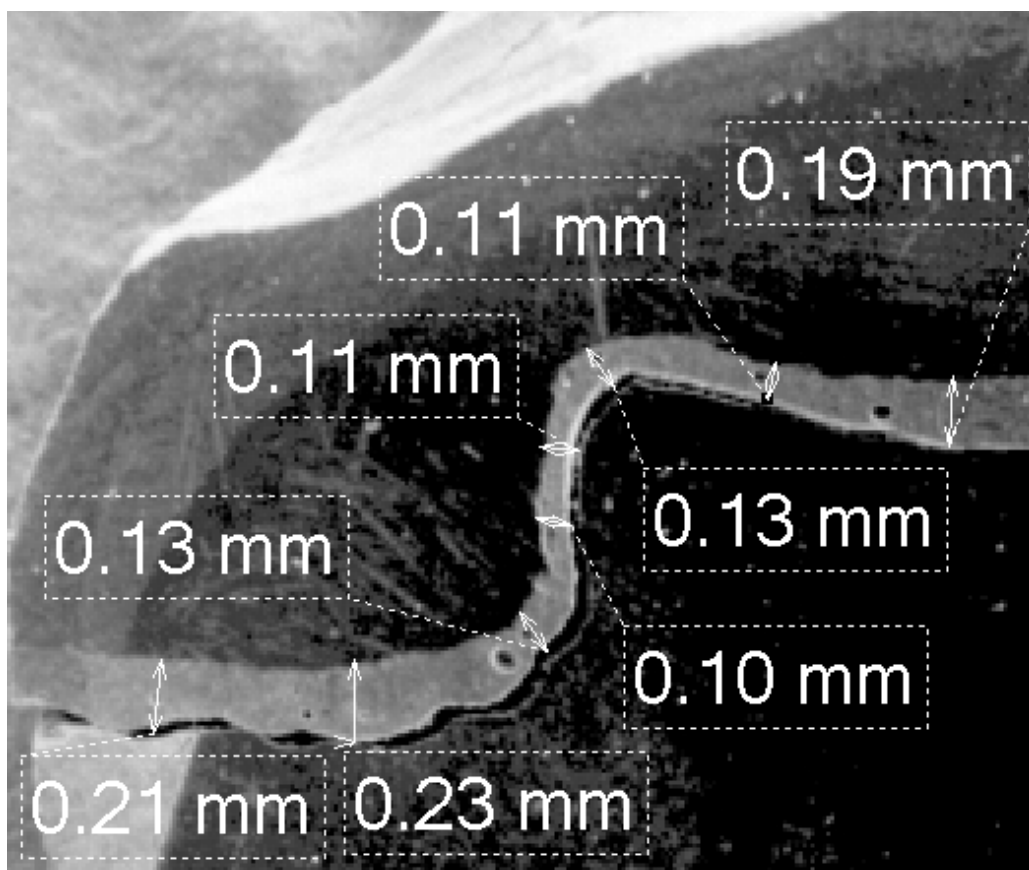
**Fot.84. Przekrój przez ząb z osadzonymi wkładami. Strona lewa wykonany metodą pośrednią, strona prawa metodą CAD/CAM. Powiększenie 10 X.**



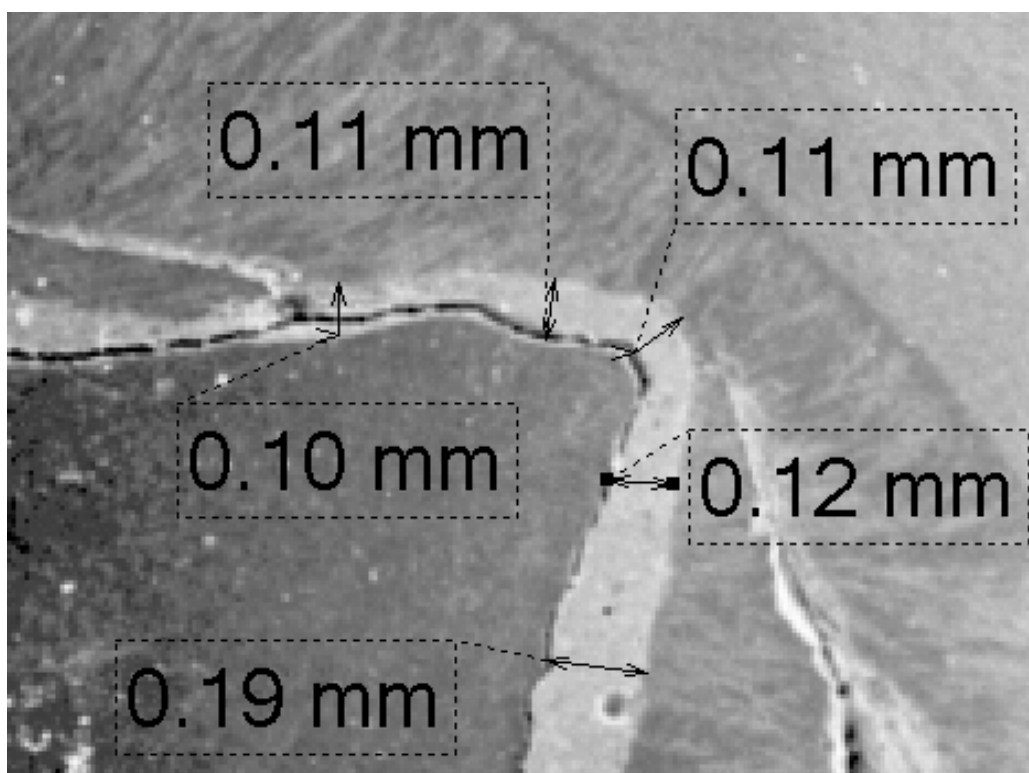
**Fot.85. Kolejne pomiary grubości cementu mocującego. Powiększenie 40X.**



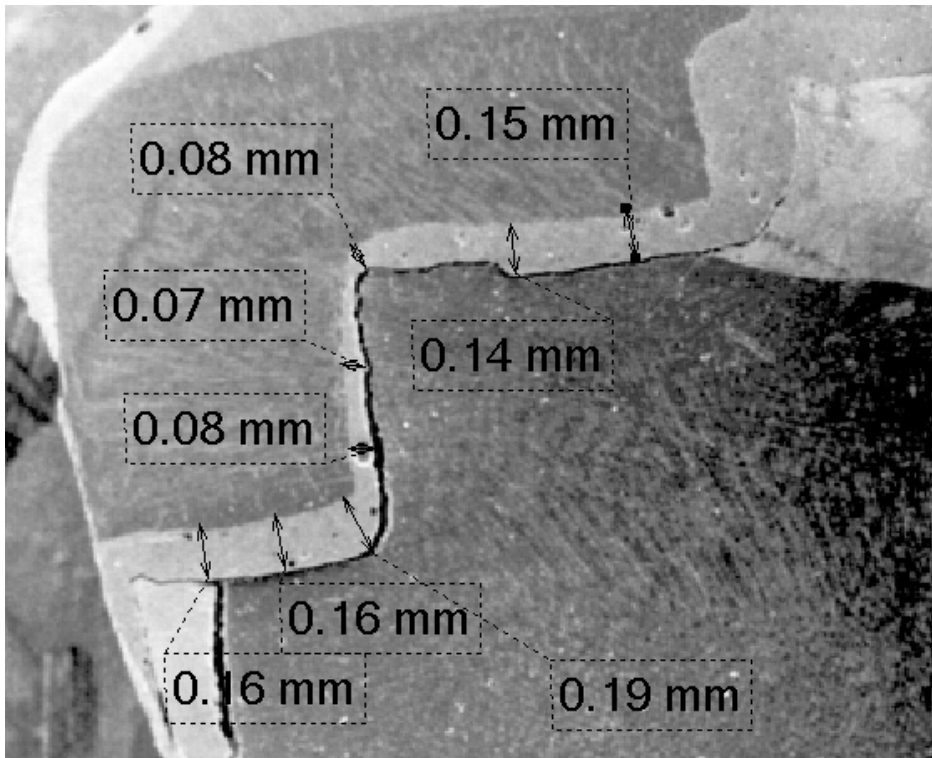
**Fot.86. Kolejne pomiary grubości cementu mocującego. Powiększenie 200X.**



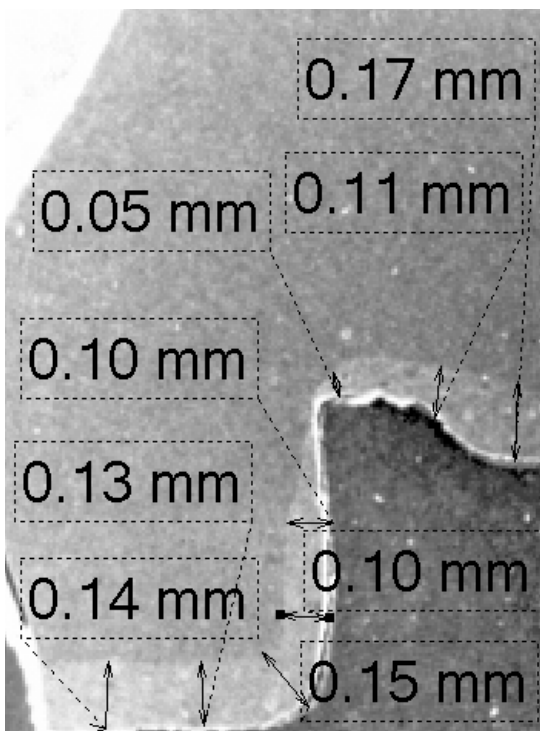
**Fot.87. Pomiary grubości cementu mocującego. Widoczna szczelina pomiędzy cementem i zębem. Powiększenie 40X.**



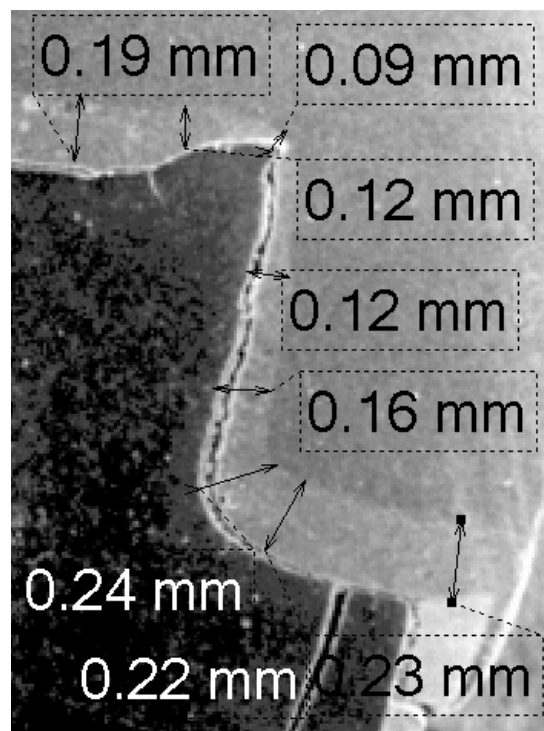
**Fot.88. Pomiary grubości cementu mocującego. Widoczna szczelina pomiędzy cementem i zębem. Powiększenie 40X.**

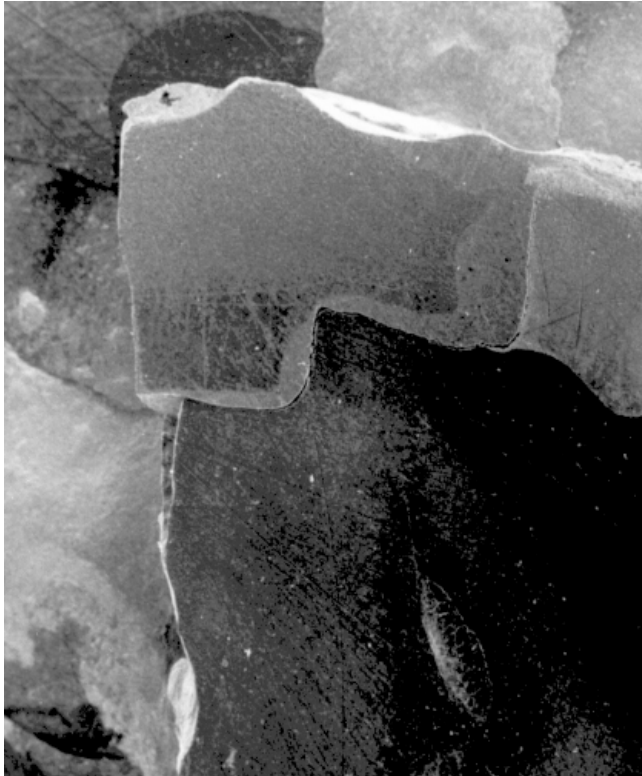


**Fot.89.** Pomiary grubości cementu mocującego. Widoczna szczelina pomiędzy cementem i zębem. Powiększenie 40X.

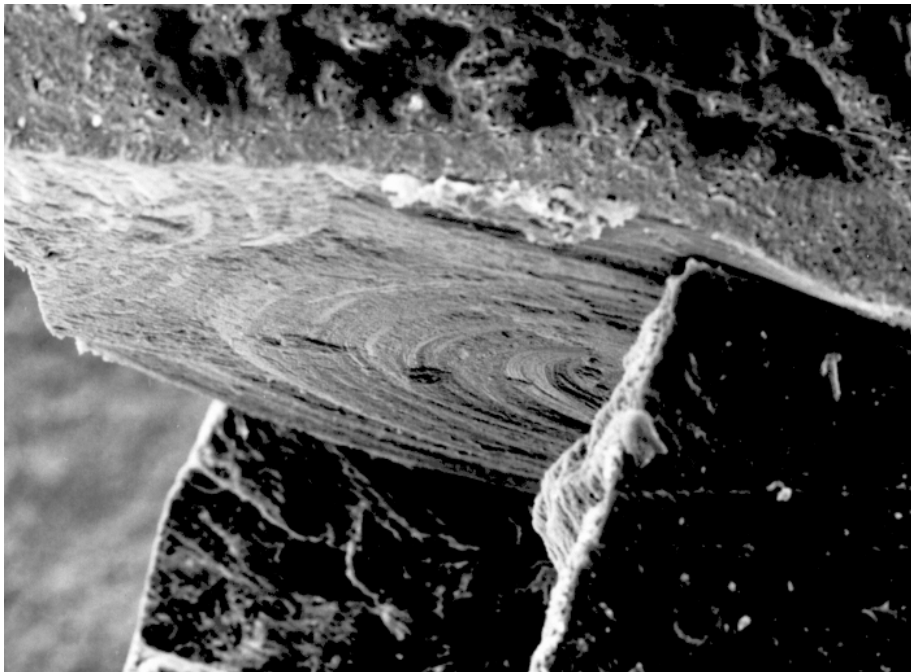


**Fot.90.** Pomiary grubości cementu mocującego. Wkłady osadzone metodą CAD/CAM ( po lewej ) i pośrednią ( po prawej). Powiększenie 40X.

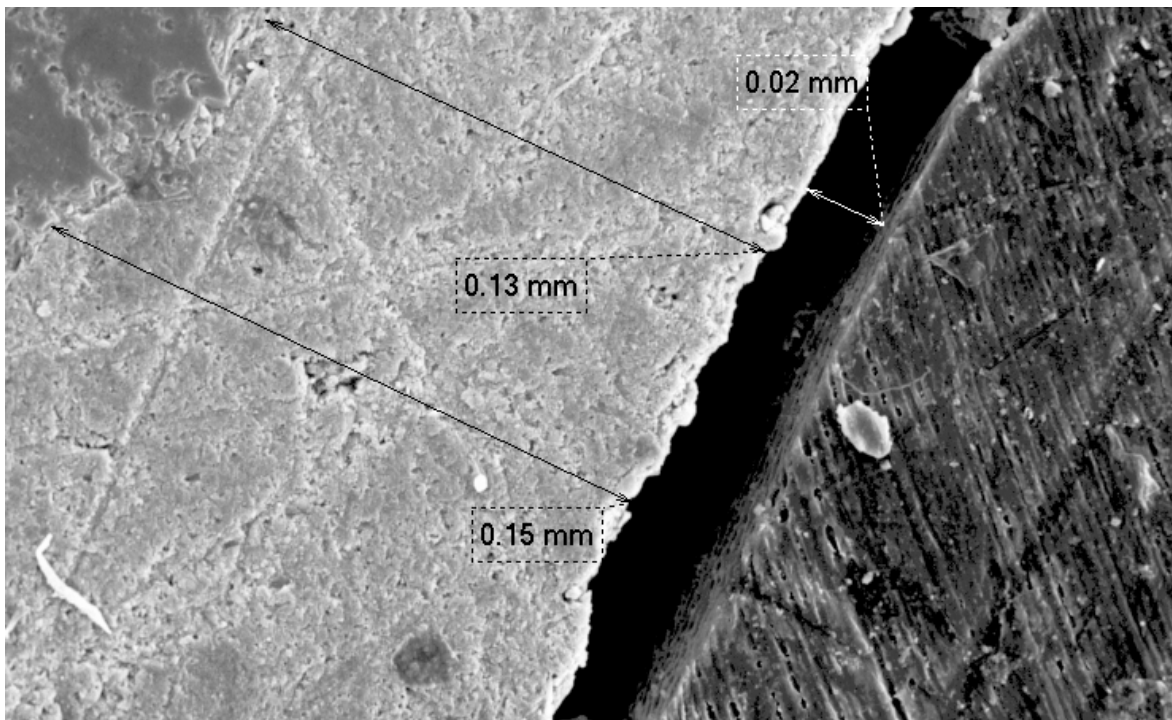




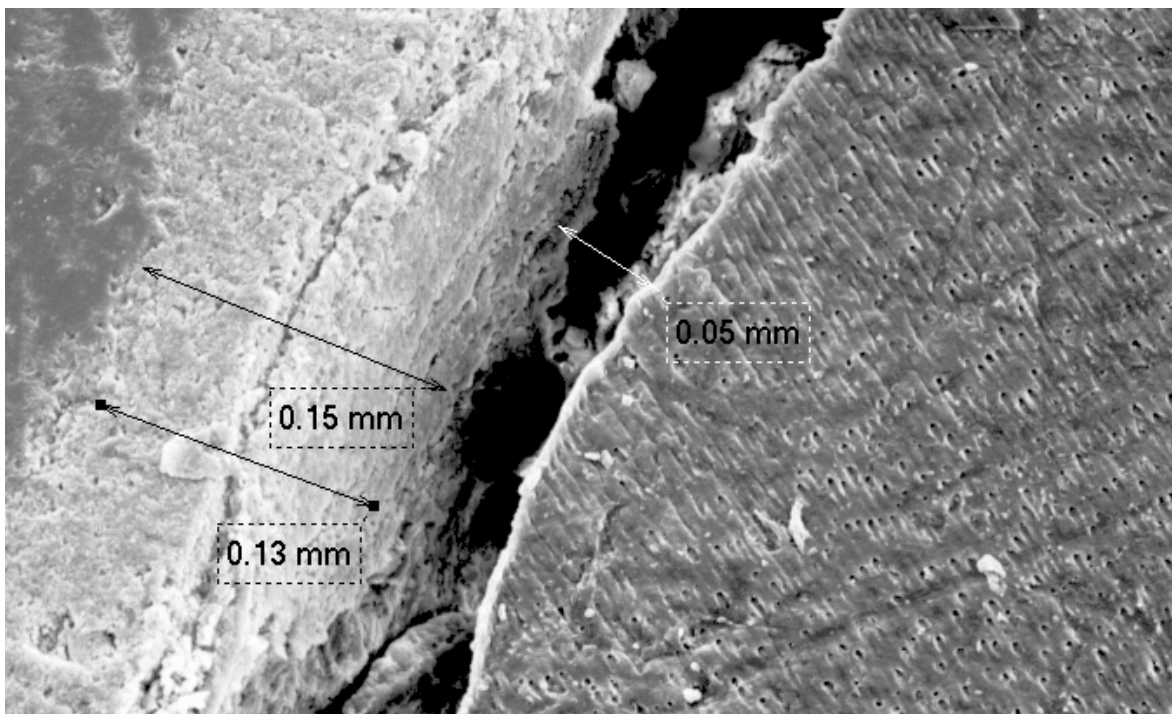
**Fot.92.Przykład źle osadzonego wkładu. Widoczny uskok pomiędzy wkładem a tkankami zęba. Powiększenie 40X.**



**Fot.93.Przypadek powyższy – obraz w powiększeniu 200X.**

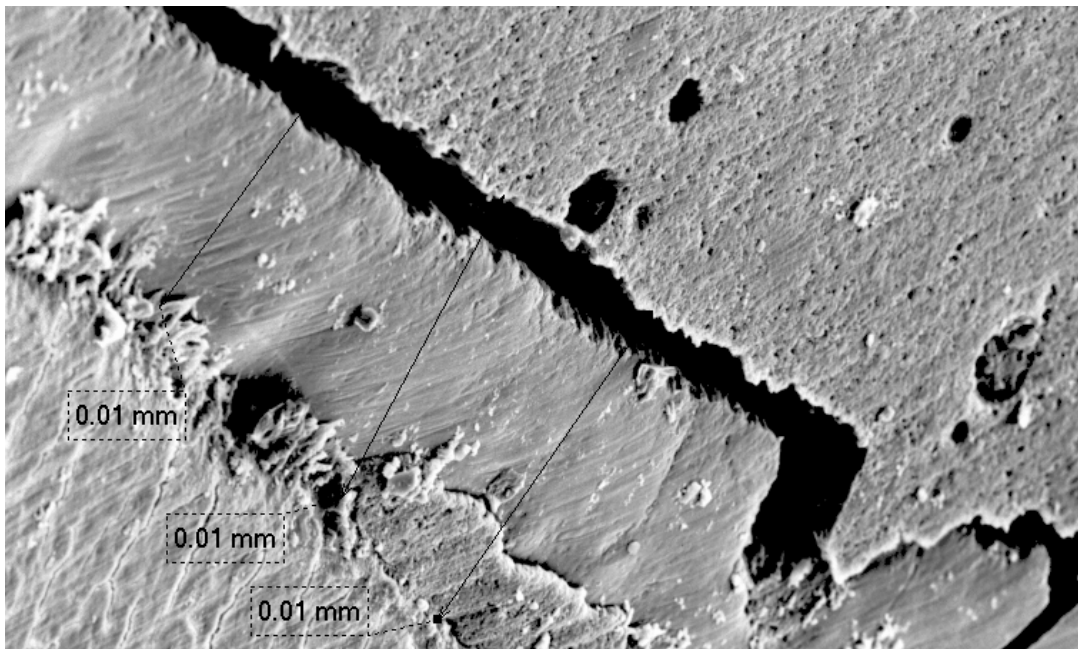


**Fot.94. Warstwa cementu mocującego powiększenie 200X. Szczelina pomiędzy cementem i zębina.**

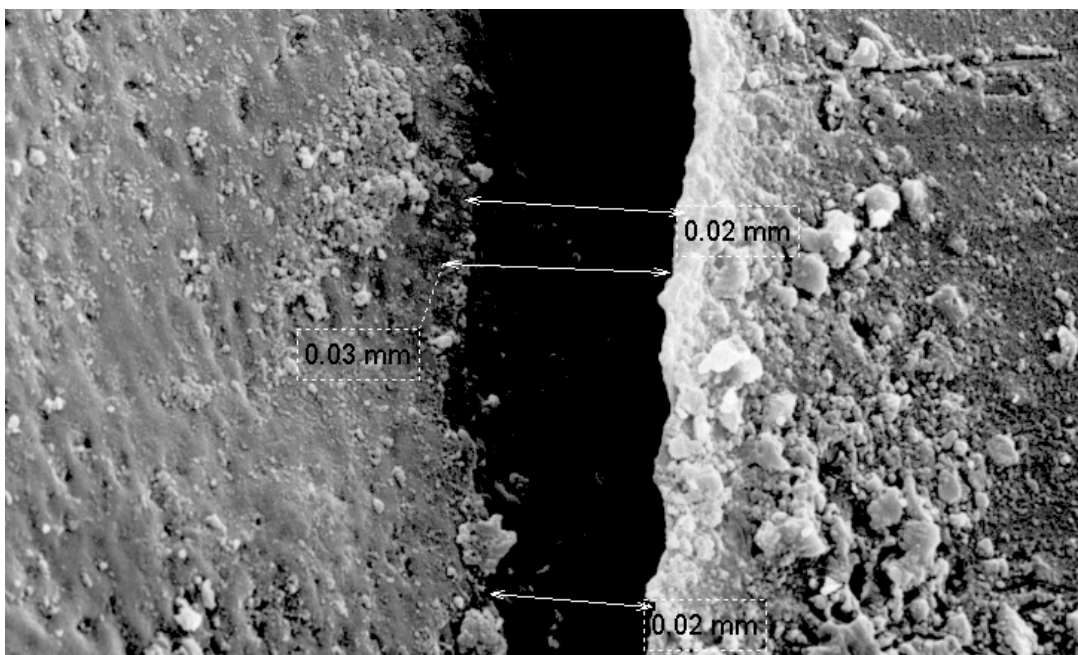


**Fot.95. Warstwa cementu mocującego powiększenie 200X. Szczelina pomiędzy cementem i wkładem.**

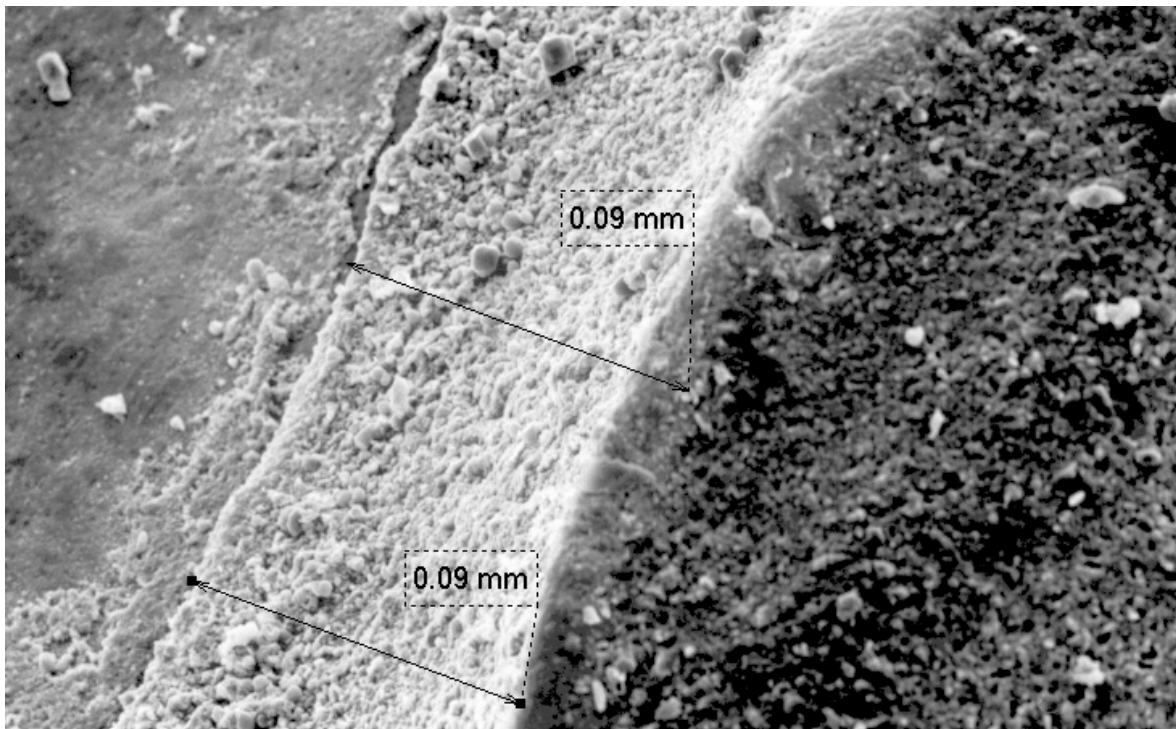




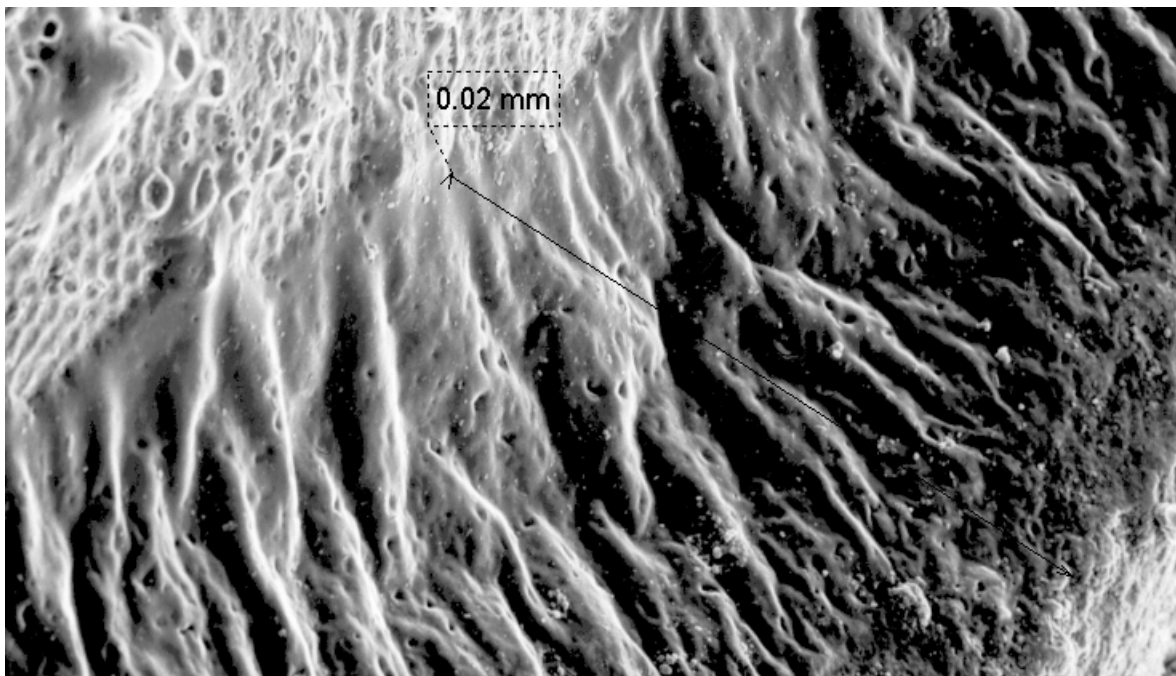
**Fot.96. Warstwa cementu mocującego. Powiększenie 200X.**



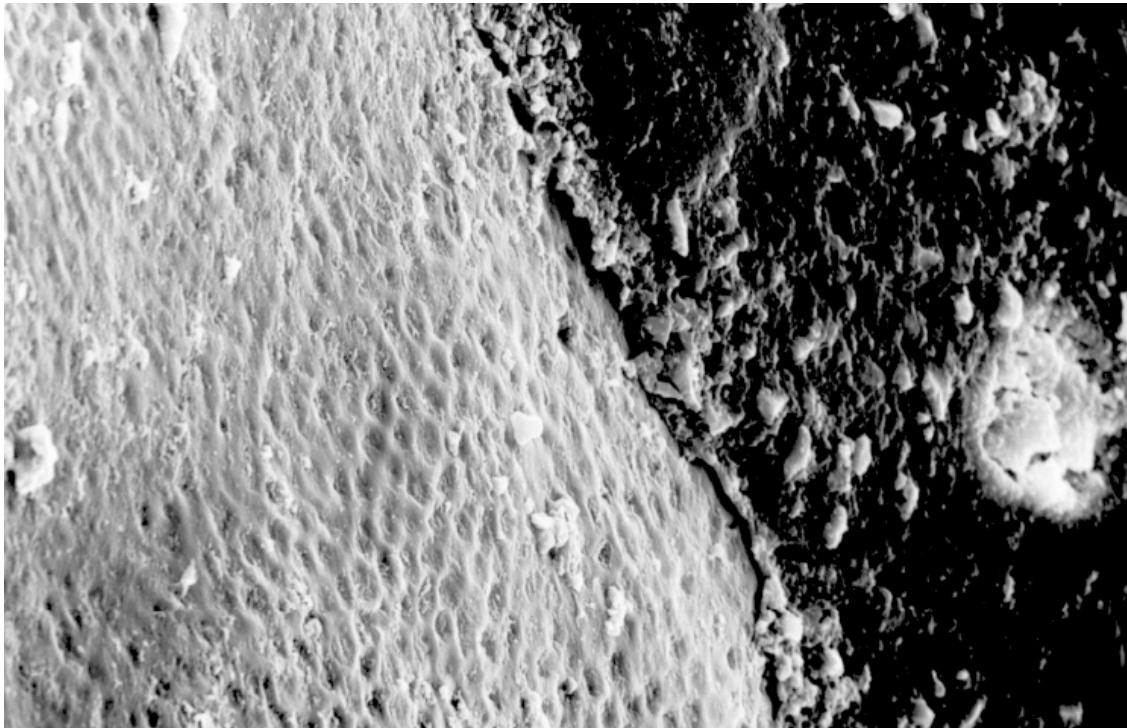
**Fot.97. Szczelina pomiędzy szkliwem i cementem mocującym. Powiększenie 200X.**



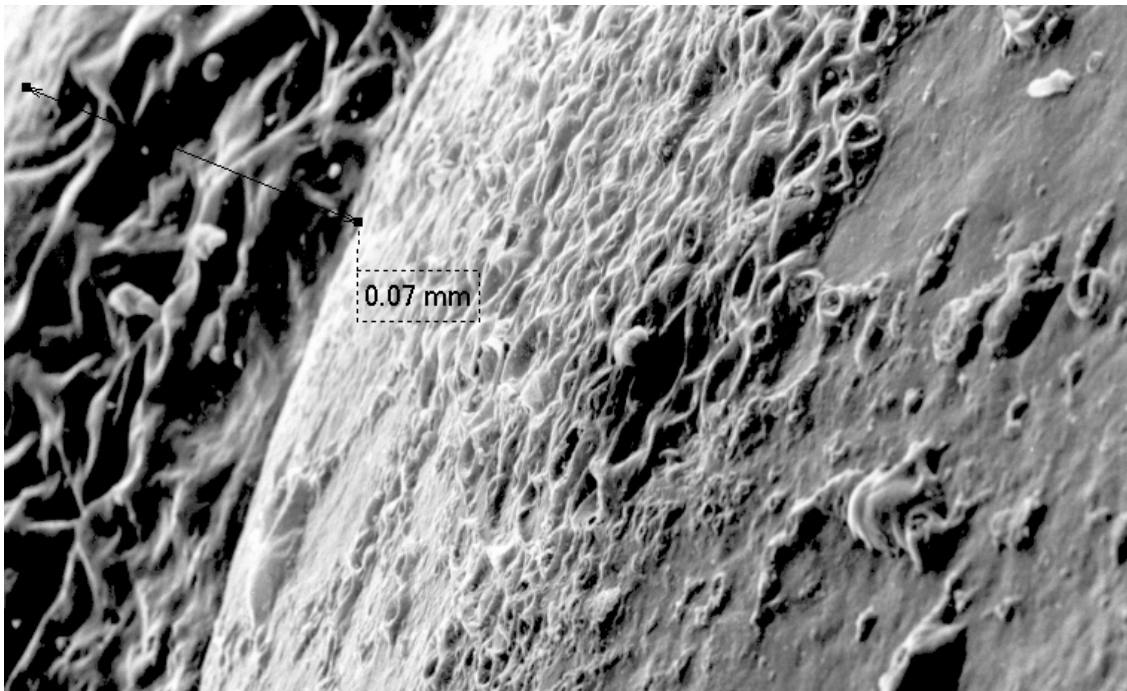
**Fot.98. Warstwa cementu mocującego powiększenie 400X.**



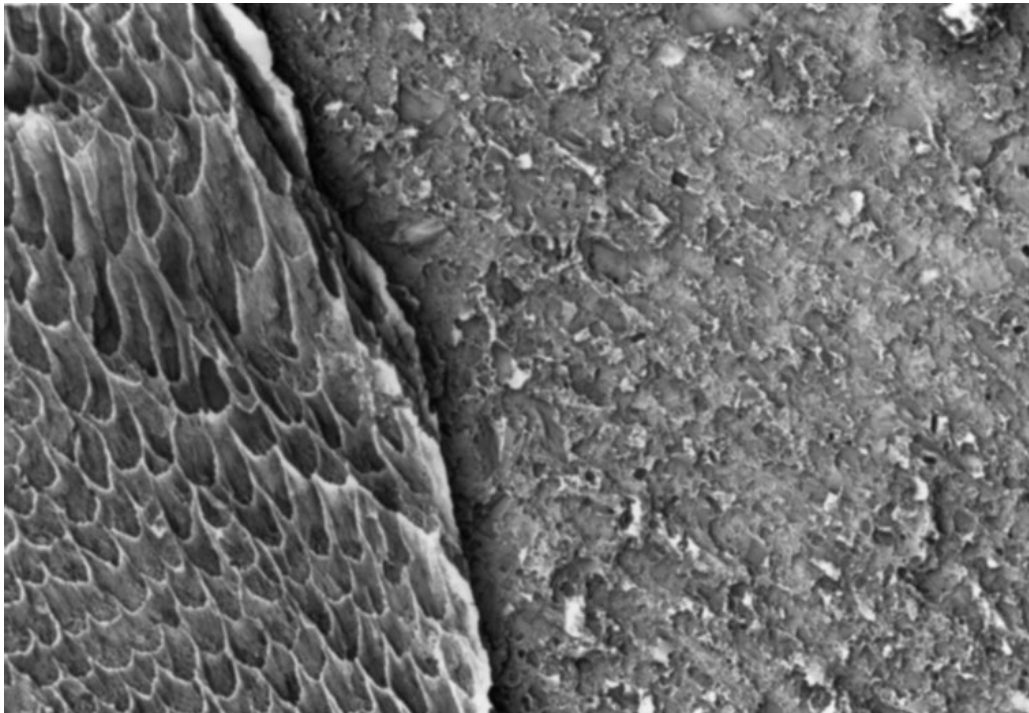
**Fot.99. Warstwa cementu mocującego. Granica pomiędzy szklivem i cementem. Powiększenie 780X.**



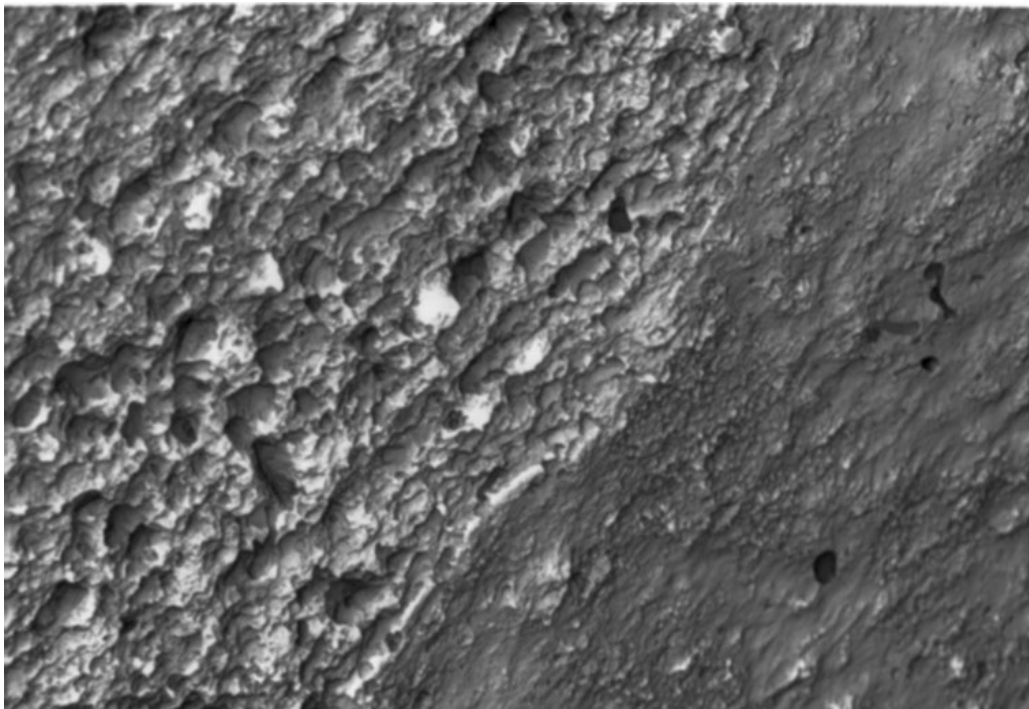
**Fot.100. Granice pomiędzy cementem mocującym i wkładem. Powiększenie 780X.**



**Fot.101. Granica pomiędzy cementem mocującym i zębina. Powiększenie 780X.**



**Fot.102. Granica pomiędzy szkliwem i cementem mocującym. Powiększenie 780X.**



**Fot.103. Granica pomiędzy wkładem i cementem mocującym. Powiększenie 1000X.**

Tabela XL do LXIX. Porównanie grubości (mm) warstwy cementującej na poszczególnych miejscach pomiaru (a - h) 30 przekrojów. Mikroskop elektronowy.

Tabela XL

Ząb numer 1.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.11	0.20
b	0.09	0.22
c	0.14	0.25
d	0.12	0.20
e	0.12	0.18
f	0.08	0.14
g	0.14	0.18
h	0.18	0.24

Tabela LXI

Ząb numer 2.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.18	0.05
b	0.18	0.12
c	0.22	0.17
d	0.16	0.17
e	0.15	0.06
f	0.19	0.08
g	0.17	0.10
h	0.11	0.18

Tabela XLII

Ząb numer 3.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.11	0.13
b	0.09	0.15
c	0.08	0.19
d	0.07	0.19
e	0.03	0.18
f	0.08	0.13
g	0.09	0.13
h	0.14	0.15

Tabela XLIII

Ząb numer 4.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.09	0.12
b	0.12	0.15
c	0.10	0.17
d	0.17	0.15
e	0.15	0.08
f	0.08	0.16
g	0.07	0.16
h	0.08	0.14

Tabela XLIV

Ząb numer 5.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.23	0.07
b	0.22	0.08
c	0.23	0.08
d	0.24	0.09
e	0.20	0.07
f	0.15	0.09
g	0.21	0.09
h	0.26	0.12

Tabela XLV

Ząb numer 6.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.09	0.16
b	0.07	0.15
c	0.07	0.19
d	0.06	0.21
e	0.10	0.13
f	0.14	0.19
g	0.15	0.21
h	0.17	0.27

Tabela XLVI

Ząb numer 7.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.05	0.12
b	0.06	0.14
c	0.11	0.16
d	0.13	0.14
e	0.12	0.21
f	0.11	0.19
g	0.12	0.21
h	0.17	0.20

Tabela XLVII

Ząb numer 8.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.15	0.09
b	0.22	0.10
c	0.16	0.10
d	0.15	0.08
e	0.16	0.12
f	0.26	0.12
g	0.22	0.17
h	0.23	0.19

Tabela XLVIII

Ząb numer 9.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.13	0.11
b	0.16	0.10
c	0.18	0.16
d	0.22	0.13
e	0.19	0.09
f	0.17	0.09
g	0.13	0.10
h	0.15	0.12

Tabela XLIX

Ząb numer 10.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.08	0.18
b	0.13	0.21
c	0.11	0.17
d	0.22	0.15
e	0.12	0.10
f	0.09	0.19
g	0.08	0.18
h	0.10	0.22

Tabela L

Ząb numer 11.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.05	0.18
b	0.12	0.17
c	0.15	0.21
d	0.15	0.15
e	0.06	0.19
f	0.07	0.10
g	0.10	0.11
h	0.19	0.19

Tabela LI

Ząb numer 12.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.12	0.13
b	0.15	0.21
c	0.10	0.15
d	0.12	0.15
e	0.06	0.15
f	0.09	0.13
g	0.09	0.22
h	0.16	0.21

Tabela LII

Ząb numer 13.	Strona lewa metoda	Strona prawa metoda
Miejsce pomiaru (a-h)	pośrednia	CAD/CAM
a	0.15	0.09
b	0.19	0.08
c	0.20	0.12
d	0.18	0.12
e	0.23	0.14
f	0.07	0.05
g	0.20	0.15
h	0.17	0.15

Tabela LIII

Ząb numer 14.	Strona lewa metoda	Strona prawa metoda
Miejsce pomiaru (a-h)	pośrednia	CAD/CAM
a	0.23	0.10
b	0.21	0.12
c	0.18	0.17
d	0.18	0.13
e	0.21	0.11
f	0.12	0.10
g	0.16	0.19
h	0.19	0.23

Tabela LIV

Ząb numer 15.	Strona lewa metoda	Strona prawa metoda
Miejsce pomiaru (a-h)	CAD/CAM	pośrednia
a	0.11	0.18
b	0.11	0.18
c	0.09	0.19
d	0.15	0.22
e	0.12	0.27
f	0.06	0.12
g	0.17	0.18
h	0.18	0.20

Tabela LV

Ząb numer 16.	Strona lewa metoda	Strona prawa metoda
Miejsce pomiaru (a-h)	pośrednia	CAD/CAM
a	0.14	0.06
b	0.11	0.09
c	0.17	0.12
d	0.12	0.11
e	0.14	0.10
f	0.13	0.11
g	0.10	0.11
h	0.16	0.14



Tabela LVI

Ząb numer 17.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.10	0.21
b	0.12	0.25
c	0.15	0.19
d	0.18	0.20
e	0.23	0.28
f	0.09	0.13
g	0.17	0.20
h	0.21	0.26

Tabela LVII

Ząb numer 18.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.12	0.13
b	0.09	0.21
c	0.11	0.12
d	0.13	0.12
e	0.07	0.11
f	0.15	0.17
g	0.21	0.18
h	0.22	0.21

Tabela LVIII

Ząb numer 19.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.08	0.09
b	0.11	0.16
c	0.16	0.17
d	0.20	0.22
e	0.20	0.25
f	0.18	0.27
g	0.20	0.27
h	0.21	0.25

Tabela LIX

Ząb numer 20.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.15	0.10
b	0.16	0.11
c	0.18	0.13
d	0.22	0.08
e	0.19	0.16
f	0.11	0.10
g	0.15	0.11
h	0.19	0.08

Tabela LX

Ząb numer 21.	Strona lewa metoda	Strona prawa metoda
Miejsce pomiaru (a-h)	pośrednia	CAD/CAM
a	0.15	0.07
b	0.19	0.08
c	0.15	0.11
d	0.17	0.10
e	0.16	0.16
f	0.12	0.09
g	0.18	0.20
h	0.26	0.20

Tabela LXI

Ząb numer 22.	Strona lewa metoda	Strona prawa metoda
Miejsce pomiaru (a-h)	CAD/CAM	pośrednia
a	0.08	0.13
b	0.08	0.17
c	0.12	0.18
d	0.12	0.18
e	0.10	0.22
f	0.07	0.12
g	0.17	0.19
h	0.18	0.21

Tabela LXII

Ząb numer 23.	Strona lewa metoda	Strona prawa metoda
Miejsce pomiaru (a-h)	pośrednia	CAD/CAM
a	0.12	0.06
b	0.12	0.07
c	0.17	0.11
d	0.11	0.10
e	0.17	0.10
f	0.10	0.09
g	0.11	0.10
h	0.19	0.17

Tabela LXIII

Ząb numer 24.	Strona lewa metoda	Strona prawa metoda
Miejsce pomiaru (a-h)	pośrednia	CAD/CAM
a	0.14	0.11
b	0.19	0.09
c	0.20	0.14
d	0.26	0.13
e	0.23	0.16
f	0.13	0.11
g	0.27	0.16
h	0.27	0.11

Tabela LXIV

Ząb numer 25.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.08	0.09
b	0.11	0.10
c	0.14	0.12
d	0.18	0.15
e	0.23	0.18
f	0.19	0.18
g	0.24	0.17
h	0.25	0.19

Tabela LXV

Ząb numer 26.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.11	0.23
b	0.13	0.18
c	0.13	0.21
d	0.16	0.25
e	0.20	0.26
f	0.11	0.16
g	0.21	0.27
h	0.17	0.22

Tabela LXVI

Ząb numer 27.	Strona lewa metoda CAD/CAM	Strona prawa metoda pośrednia
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.08	0.17
b	0.12	0.17
c	0.12	0.19
d	0.08	0.20
e	0.06	0.15
f	0.04	0.10
g	0.08	0.17
h	0.13	0.24

Tabela LXVII

Ząb numer 28.	Strona lewa metoda pośrednia	Strona prawa metoda CAD/CAM
Miejsce pomiaru (a-h)		
a	0.23	0.11
b	0.20	0.15
c	0.15	0.13
d	0.17	0.12
e	0.19	0.14
f	0.13	0.09
g	0.17	0.17
h	0.22	0.15

Tabela LXVIII

Ząb numer 29.	Strona lewa	Strona prawa
Miejsce pomiaru (a-h)	metoda CAD/CAM	metoda pośrednia
a	0.10	0.20
b	0.08	0.22
c	0.16	0.25
d	0.12	0.21
e	0.11	0.18
f	0.07	0.15
g	0.15	0.17
h	0.19	0.24

Tabela LXIX

Ząb numer 30.	Strona lewa	Strona prawa
Miejsce pomiaru (a-h)	metoda pośrednia	metoda CAD/CAM
a	0.17	0.08
b	0.18	0.10
c	0.21	0.14
d	0.15	0.15
e	0.15	0.18
f	0.13	0.12
g	0.19	0.18
h	0.24	0.14

Tabela LXX Różnica w średnich grubościach (mm) warstw cementujących w poszczególnych miejscach pomiarowych (a-h) dla obu metod (mikroskop elektronowy).

Miejsce pomiaru przekrój a - h	Metoda pośrednia (30 pomiarów)			Metoda CAD/CAM (30 pomiarów)			Różnica pomiędzy metodami wyrażona w mm	Różnica wyrażona w %
	grubość		średnia z 30	grubość		średnia z 30		
	min	max		min	max			
a	0.06	0.25	0.15	0.05	0.13	0.09	0.06	66.0 %
b	0.11	0.24	0.17	0.07	0.15	0.10	0.07	70.0 %
c	0.11	0.26	0.19	0.06	0.15	0.12	0.07	58.0 %
d	0.11	0.28	0.17	0.07	0.20	0.14	0.03	22.0 %
e	0.06	0.29	0.17	0.03	0.24	0.12	0.05	42.0 %
f	0.05	0.33	0.16	0.05	0.20	0.11	0.05	45.0 %
g	0.05	0.37	0.20	0.07	0.23	0.15	0.05	33.0 %
h	0.11	0.26	0.20	0.08	0.25	0.16	0.04	25.0 %
średnio	0.08	0.27	0.19	0.06	0.19	0.11	0.05	45.1%

## 5. Omówienie wyników i dyskusja

### Porównanie warunków pracy doświadczalnej i prac klinicznych. Trudności w opracowaniu ubytku i wykonaniu wkładu.

Opracowanie w jamie ustnej ubytków twardych tkanek zęba oraz pobranie wycisków protetycznych należy do standardowych procedur leczniczych i nie stanowi zazwyczaj dla lekarza większego problemu. Oczywiście staranność i dokładność są absolutnie niezbędne do prawidłowego wykonania tego typu pracy.

Wiadomo, iż w jamie ustnej występują zdecydowanie gorsze warunki pracy niż w warunkach doświadczalnych - opracowywania ubytków w usuniętych zębach. Pobieranie wycisku, tak optycznego jak również tradycyjnego, jest trudniejsze w przypadkach klinicznych. W jamie ustnej uzyskujemy zdecydowanie gorsze „wyciski optyczne”, niż podczas pracy z wyizolowanym zębem (zaparowanie obiektywu kamery, odbłyśki światła od powierzchni zębiny, nieodpowiednie ustawienie kąta fotografii itp.). Także pobranie tradycyjnych wycisków protetycznych wymaga większej wprawy w warunkach klinicznych. Rzeczywiste warunki w jamie ustnej (wilgotność, temperatura ) mają wpływ na stan masy wyciskowej, a tym samym na dokładność i powtarzalność wycisku, a w konsekwencji modelu. Ponadto zawierają one w sobie błąd spowodowany elastycznością masy wyciskowej.

Samo opracowanie ubytku II klasy Blacka oraz osadzenie wkładu w jamie ustnej jest trudniejsze w warunkach klinicznych niż w wyizolowanym zębie.

Dlatego obie metody przygotowania wkładu są trudniejsze w przypadkach klinicznych niż w warunkach doświadczalnych. Natomiast warunki wykonywania wkładów obiema metodami w niniejszej pracy były praktycznie identyczne.

### Standaryzacja warunków doświadczenia.

W celu stworzenia powtarzalnych warunków doświadczenia starano się wystandaryzować poszczególne etapy pracy badawczej. W tym celu postępowano następująco:

- opracowywano ubytki w kilku zębach jednocześnie,
- następnie pobierano wyciski kilku lub kilkunastu opracowanych zębów,
  - wyciski protetyczne były odlewane przez jednego technika z tego samego rodzaju gipsu (opakowanie) w jednakowym czasie,
  - po otrzymaniu modeli gipsowych projektowanie i wykonanie wkładów porcelanowych z zastosowaniem urządzenia CEREC 2 miało miejsce w tym samym czasie,
  - wykonywano projekty poszczególnych wkładów parami (ubytek A oraz B bezpośrednio z zęba i z jego gipsowego modelu ),
  - przy wycinaniu wkładów z bloczków porcelanowych wiertła i tarcze zmieniano co 5 rekonstrukcji (normalnie co 25-30 wkładów),
  - procedura osadzania wkładów w zębie miała miejsce praktycznie w jednym czasie z zastosowaniem tych samych materiałów i technik,

-do przygotowania przekrojów i wybarwienia stosowano jednakowy sprzęt i materiały,

-do oceny grubości poszczególnych warstw stosowano jeden program komputerowy Digora 2.1.

### **Wyciski protetyczne i masy wyciskowe.**

Dla celów niniejszej pracy badawczej wybrano masę wyciskową Impregum (firmy 3MESPE) z uwagi na jej sztywność po okresie całkowitego związania (około cztery godziny). Masę tę każdorazowo przygotowano mechanicznie z zastosowaniem urządzenia Pentamix (firmy 3MESPE) uzyskując w ten sposób maksymalnie zbliżoną konsystencję i skład. Postępowanie takie pozwala znacznie ograniczyć niedokładności wynikające z różnych właściwości mas wyciskowych.

### **Kształt powierzchni dna opracowanego ubytku.**

Nierównomierny czy pofałdowany kształt dna jest utrudnieniem dla stosowania metody CAD/CAM (zniekształcenia optyczne). Także w metodzie pośredniej odbiegający od płaskiego kształt dna może ulec zdeformowaniu podczas procedur w laboratorium protetycznym.

Wszelkie nierówności dna starano się wyeliminować niezależnie od techniki pobierania wycisku (ryc.16,17). Kształt dna ubytku, a konkretnie przejście ściany w dno powinno być zaokrąglone, gdyż wówczas wykonane wkłady są w tej okolicy szczelniejsze niż przy kącie prostym pomiędzy ścianami ubytku i dnem [30,45].



**Ryc.16.Nieprawidłowe kształty dna i ścian ubytku.**



**Ryc.17.Nieprawidłowe kształty dna i ścian ubytku c.d.**

Nieprawidłowo opracowane kształty ścian i dna ubytku powodują powstawanie nadmiernych szczelin pomiędzy wkładami a ścianami ubytku. Przestrzenie te są następnie wypełniane materiałem cementującym. W doświadczeniu starano się opracowywać ubytki tak aby szczelina pomiędzy wkładem i dnem oraz ścianami zęba była jak najmniejsza.

### **Estetyka wykonania wkładu koronowego.**

Rekonstrukcja utraconych twardych tkanek zęba musi spełniać warunki estetycznego uzupełnienia protetycznego. Dlatego wkłady koronowe wykonywane z metali szlachetnych pomimo bardzo wysokiej trwałości nie są najbardziej pożądane przez pacjentów. Kobiety w przeważającej większości, przynajmniej w naszym kręgu kulturowym lubią być ozdobione złotem, ale nie w jamie ustnej. Często argumenty dotyczące jego biogodności, trwałości, itp. nie kompensują defektu estetycznego wynikającego z jego koloru. Prawidłowy dobór koloru oraz estetyczne umocowanie są wymagane przez pacjentów na równi z gwarancją trwałości [80].

Dokładność wykonania – ma duży wpływ na estetykę wypełnienia. Granice preparacji powinny przechodzić poza punkty styczności sąsiednich zębów. Tym samym w zębach trzonowych na powierzchniach przyśrodkowych w zależności od linii uśmiechu pacjenta mogą być one widoczne. Przy większych szczelinach pomiędzy wkładem i zębem, pomimo starannego dobrania koloru kompozytu cementującego granica pomiędzy wkładem i zębem jest czasem widoczna. To niekorzystne estetycznie zjawisko jest spowodowane różnicą w załamaniu światła na granicy różnych materiałów.

### **Trwałość rekonstrukcji tkanek twardych zębów wykonanych wkładami porcelanowymi.**

Trwałość wkładów koronowych zależy od prawidłowości ich wykonania na którą składają się:

- odpowiedni dobór materiału z którego są wykonane,
- prawidłowy kształt - dopasowanie do ścian ubytku, odtworzenie punktów styczności, prawidłowe ukształtowanie powierzchni żującej,
- osadzenie w opracowanym ubytku z zachowaniem zasad prawidłowego umiejscowienia.

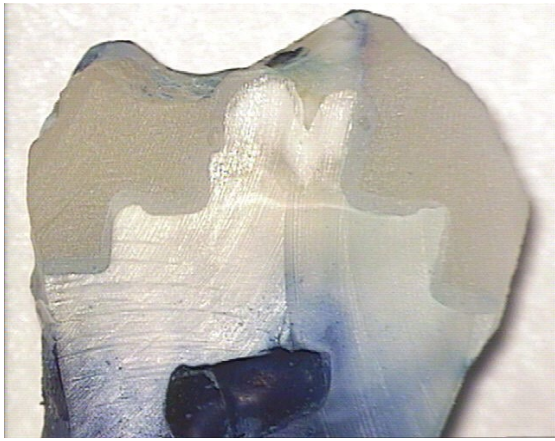
W piśmiennictwie obserwacje długoterminowe wkładów wykonanych w technologii CAD/CAM mają bardzo dobrą opinię [66]. Wyniki przedstawione przez różnych autorów zachęcają do korzystania z tej metody także przy rekonstrukcji dużych ubytków [14,75], efekt wzmocnienia zęba poprzez zastosowanie wkładu wykonanego metodą CEREC jest lepszy niż przy wykonaniu wkładu kompozytowego [62]. Jedynym ograniczeniem jest szerokość pozostawionej ściany zęba (minimum 1.3 mm) [62].

### **Czas i metoda barwienia błękitem metylenowym.**

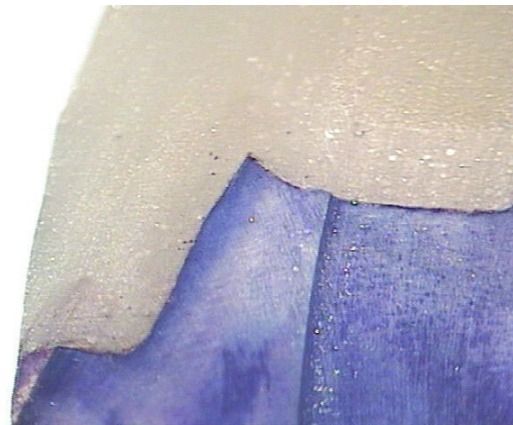
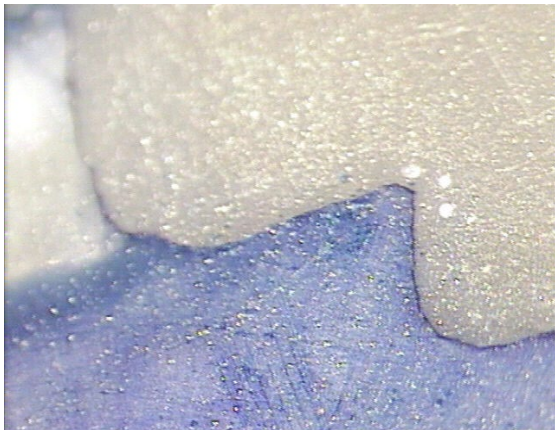
Dla bardziej wyrazistej oceny obrazu badanych powierzchni w mikroskopie optycznym stosowano wybarwienie błękitem metylenowym. Ząb wraz z osadzonym wkładem zanurzano do roztworu po różnym okresie czasu od związania cementu mocującego. Następnie barwiono w roztworze wodnym błękitu metylenowego przez różne okresy czasu. Stosując metodę prób i błędów zdecydowano dla potrzeb niniejszego badania do stosowania schematu następującego. Po osadzeniu wkładu w opracowanym ubytku i polimeryzacji świetlnej wkładano na 24 godziny wkład do roztworu soli fizjologicznej. Po tym czasie pozostawiano wkład przez następne 24 godziny w roztworze błękitu metylenowego (fot.104-111).

Przy zbyt wczesnym umieszczeniu zęba w roztworze następowało o wiele większe wysycenie poszczególnych warstw na niebiesko. Utrudniało to ocenę granicy pomiędzy poszczególnymi warstwami i uniemożliwiało często przeprowadzenie pomiarów. Cement kompozytowy (Compolut), który stosowano w tej pracy jest materiałem wiążącym podwójnie. Pełna polimeryzacja - kompletne stwardnienie cementu następuje po dłuższym czasie. Wykonane przedwcześnie barwienie powoduje wnikanie barwnika pomiędzy poszczególne warstwy i zatarcie obrazu granic poszczególnych warstw. W zależności od średnicy cząsteczek wypełniacza w materiale kompozytowym dochodzi do różnej pod względem głębokości penetracji barwnika [74]. W niniejszej pracy wszystkie wkłady osadzano na tym samym cemencie, nie jest zatem efekt ten istotny w aspekcie badań statystycznych.

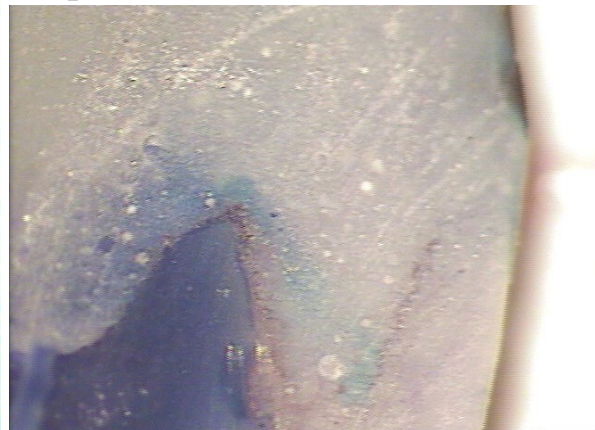




**Fot.104 i 105. Barwienie prawidłowe i nieprawidłowe.**



**Fot.106 i 107. Barwienie prawidłowe i nieprawidłowe.**



**Fot.108 i 109. Barwienie prawidłowe i nieprawidłowe.**



**Fot.110 i 111. Efekt zbyt długiego i wczesnego barwienia błękitem metylenowym.**

## **Znaczenie kliniczne szczelności brzeżnej zewnętrznej, na dnie i ścianach ubytku.**

Brak szczelności brzeżnej spowoduje utratę utrzymania wkładu, tworzy warunki do powstawania próchnicy wtórnej i do następowego niszczenia twardych tkanek zęba [5,8,9,10,31,39,83,84,105]. Stąd liczne badania szczelności brzeżnej przeprowadzane są w odniesieniu do różnych materiałów wypełniających ubytki twardych tkankach zęba [19,20,21,22,23,40,42,53,59,60,73,92,98,99,100,101].

- a) Brzeżna nieszczelność doprowadza do mikroprzecieku [47,51,76,79], powoduje odkładanie płytki bakteryjnej i powstawanie próchnicy wtórnej co prowadzi do dalszej destrukcji twardych tkanek zęba.
- b) Nieszczelność na dnie pozornie nie doprowadza do skutków ubocznych, gdyż cement łączący powinien w sposób dokładny wypełnić całą przestrzeń zawartą pomiędzy wkładem i tkankami zęba. Należy jednak wziąć pod uwagę dwa fakty: -istnieje graniczna grubość cementu powyżej której utrzymanie wkładu w ubytku będzie dużo słabsze – dojdzie do jego wypadnięcia oraz drugi - cementy używane do tego typu prac to płynne kompozyty narażone na skurcz polimeryzacyjny. Im większa masa kompozytu tym procentowo większy skurcz, tym samym większa możliwość powstania szczeliny pomiędzy poszczególnymi warstwami. Grubsza warstwa cementu mocującego w zębie stwarza także większe ryzyko powstania pęcherzyków powietrza w tej warstwie. Klinicznie taka sytuacja doprowadza do zmian ciśnienia w kanalikach zębinowych, co powoduje nadwrażliwość zęba na nagryzanie. Jedynym sposobem postępowania w takim przypadku jest wykonanie nowego wkładu po uprzednim usunięciu wadliwego i prawidłowe jego osadzenie [57].

## **Szczelność brzeżna zewnętrzna.**

Ocena szczelności osadzonego wkładu polegała na pomiarze szerokości szczeliny pomiędzy szkliwem a wkładem w mikroskopie elektronowym.

Przeprowadzone w ten sposób pomiary pozwoliły ocenić dokładność przylegania osadzonych porcelanowych wkładów. Uzyskane wyniki są podobne do tych jakie opublikowali inni autorzy [2,36,72,75,85]. Także wielkości te są zbliżone do wartości podawanych przez American Dental Association jako normy [12]. Można więc przyjąć, iż stosowana metoda doświadczalna jest prawidłowa i uzyskane w ten sam sposób wyniki są wiarygodne. Analiza statystyczna potwierdziła istotność uzyskanych wyników.

## **Różnice w średnich grubościach (mm) warstw cementujących w poszczególnych miejscach pomiarowych (a-h) dla obu metod ( badania w mikroskopie optycznym i w mikroskopie elektronowym).**

Najmniejsze wartości grubości warstwy cementu mocującego stwierdzono w miejscach pomiarowych **a** i **f**. Wyniki te są zbliżone zarówno dla pomiarów przeprowadzonych w mikroskopie optycznym jak i elektronowym. Podobnie największa grubość warstwy cementu mocującego została stwierdzona w miejscu pomiarowym **h**. Różnice pomiędzy danymi uzyskanymi przy wykorzystaniu obu mikroskopów nie różniły się w sposób statystycznie istotny. Badania w mikroskopie elektronowym są często stosowaną techniką badawczą chociaż zdecydowanie trudniejszą i kosztowniejszą do przeprowadzenia. Wydaje się, iż przeprowadzone pomiary w mikroskopie optycznym były wystarczające do uzyskania statystycznie istotnych danych. W pracach przedstawionych przez innych autorów w chwili obecnej przeważają jednak pomiary wykonywane w mikroskopie elektronowym [2,13,18,73]. W celu uwiarygodnienia wyników badań pomiary wykonywano zarówno w mikroskopie optycznym i elektronowym.

## **Grubość warstwy cementu mocującego na dnie ubytku.**

Wśród nielicznych badań dotyczących grubości warstwy cementu mocującego na dnie ubytku należy zwrócić uwagę na rozbieżne wyniki uzyskiwane przez różnych autorów. W 1995 roku Kawai stwierdza, iż obecność szczeliny brzeżnej i wewnętrznej rzędu  $100\mu$  jest klinicznie akceptowalna [34]. Przeprowadzone pięć lat później badania przez Sturdevanta mówią o szczelinie brzeżnej rzędu  $50-60\mu$  i około  $120\mu$  wewnętrznej [93]. Wyniki badań z 2003 roku Posselta przedstawiają wartości obu szczelin rzędu  $230\mu$  przy jednoczesowej ocenie 2328 wkładów założonych u 794 pacjentów i 95.5% we współczynniku Kaplana-Meiera po 9 letniej obserwacji [72]. Nie sposób bagatelizować wyników opartych na tak bogatym materiale klinicznym. Przeprowadzone w tym samym roku badania Bindla [2] potwierdzają je podobnymi danymi. Publikacja najnowsza (2005 rok) Reicha przedstawia wyniki zdecydowanie lepsze. Wielkości szczeliny brzeżnej badanej w różnych systemach CAD/CAM - LAVA, CEREC In LAB są rzędu  $60-70\mu$ . Oczywiście należy wziąć pod uwagę fakt wykonywania wkładów na urządzeniach najnowszej generacji gdzie możliwości techniczne są zdecydowanie większe. Uzyskane w niniejszym badaniu wyniki zarówno szczelności brzeżnej ( $0.05\text{mm}=50\mu$ ), jak grubości warstwy cementu na dnie opracowanego ubytku ( $0.12\text{mm}=120\mu$ ) są zbliżone do uzyskanych przez innych autorów na sprzęcie tej samej generacji.

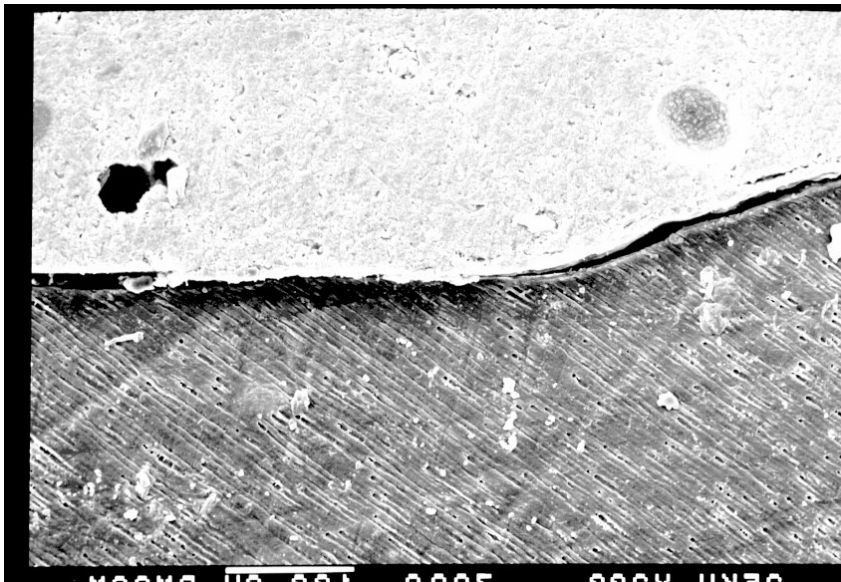
## **Problem szczelin pomiędzy poszczególnymi warstwami a rozkład sił w trakcie przygotowania przekrojów zęba do badania.**

Zastosowanie metody badawczej z wykorzystaniem mikroskopu elektronowego jest powszechnym w stomatologii [2,12,19,20,21,22,23,50,59,73,99].

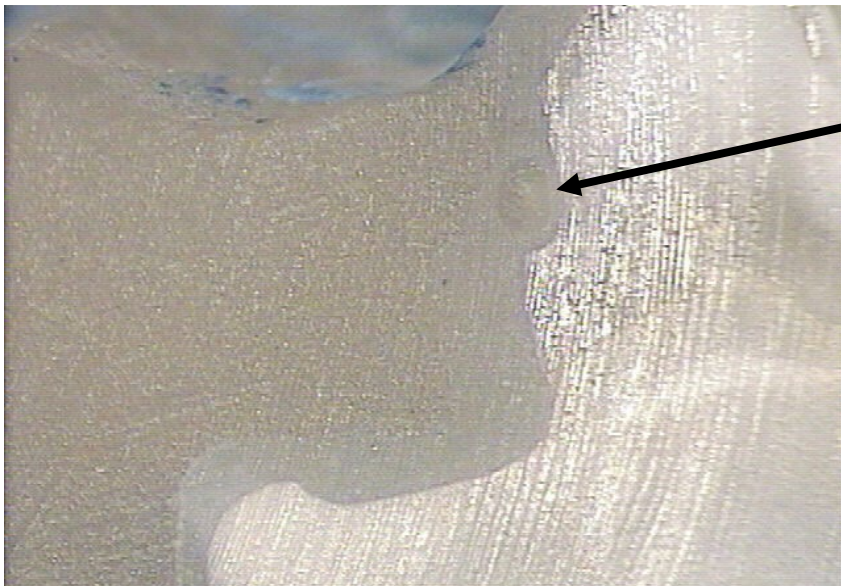
Na zdjęciach z mikroskopu skaningowego widoczne były w niektórych przypadkach oderwania warstwy cementującej od wkładu. Spowodowane było to najprawdopodobniej nadmiernymi siłami ścierającymi działającymi podczas procedury przygotowywania przekrojów do analizy w mikroskopie elektronowym. W powiększonym obrazie w mikroskopie optycznym szczeliny takie na badanych przekrojach tych samych zębów nie występowały. Świadczy to o ich powstaniu podczas przygotowywania preparatu do badania w mikroskopie elektronowym. Na innych przekrojach dalszych preparatów w mikroskopie elektronowym nie występują szczeliny pomiędzy tkankami zęba a cementem. Są to przypadki w których warstwa cementu jest zdecydowanie mniejsza. Można z tego wnioskować, że grubość warstwy cementu wiążącego wkład z tkankami zęba ma prawdopodobnie znaczenie w przypadku występowania sił naciskających ukośnie na wkład. Podczas opracowywania preparatu do badania w mikroskopie elektronowym stosowano jednakowe sposoby szlifowania wkładu. W przypadkach gdzie warstwa cementu była mniejsza nie doszło do jego oderwania od podłoża, tam gdzie była większa mogło nastąpić oderwanie. Może być to pośredni dowód na istotność grubości warstwy cementu mocującego i na trwałość utrzymania wkładu w zębie. Występowanie podobnych co do wielkości i kierunku sił w warunkach fizjologicznych biorąc pod uwagę złożoność aktu żucia jest prawdopodobna zwłaszcza przy braku punktów styecznych z sąsiednimi zębami, kierunek siły naciskający na wkład w osi zgodnej z łukiem zębowym może spowodować jego odklejenie od ścian ubytku. W zakresie zębów bocznych większość ubytków pochodzenia próchnicowego jest na powierzchniach styecznych i żującej. O wiele rzadziej zachodzi konieczność preparowania ubytków w płaszczyźnie przedsionkowo-językowej.

## **Różnice w szerokości warstwy cementującej a tor wprowadzenia wkładu.**

Grubość warstwy cementującej wkład dla metody pośredniej wahała się od 0.05 mm do 0.31 mm średnio wynosiła 0.18 mm a dla metody CAD/CAM 0.02 mm do 0.23 mm średnio 0.12 mm. Wyniki odbiegające od wartości średniej o więcej niż 0.05 mm czyli dla metody pośredniej 0.23 mm i dla metody CAD/CAM 0.17 mm należy uznać za przypadki niedokładnego wykonania lub nieprawidłowego osadzenia wkładu. Inny przykład błędu przy osadzaniu wkładu to powstanie pęcherzyków powietrza w warstwie cementu (fot.112,113).

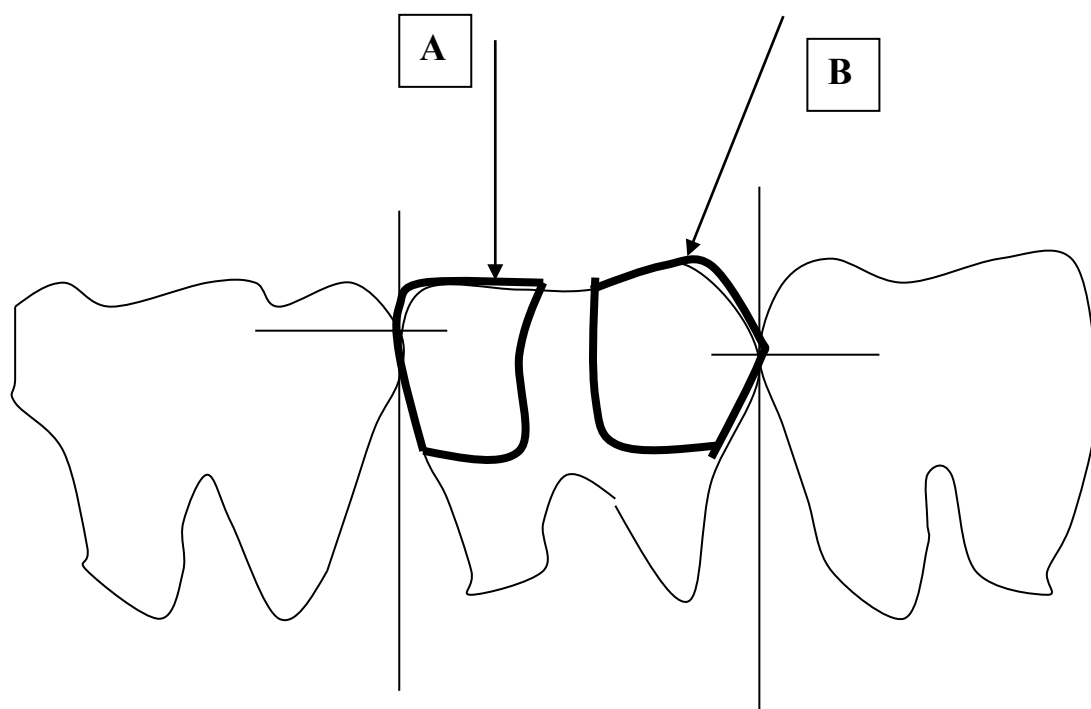


**Fot.112.Granica cement/wkład. Widoczne pęcherzyki powietrza w warstwie cementu. SEM - powiększenie 200x.**



**Fot.113.W obrazie z mikroskopu optycznego widoczny pęcherzyk powietrza w warstwie cementu. Powiększenie 22X.**

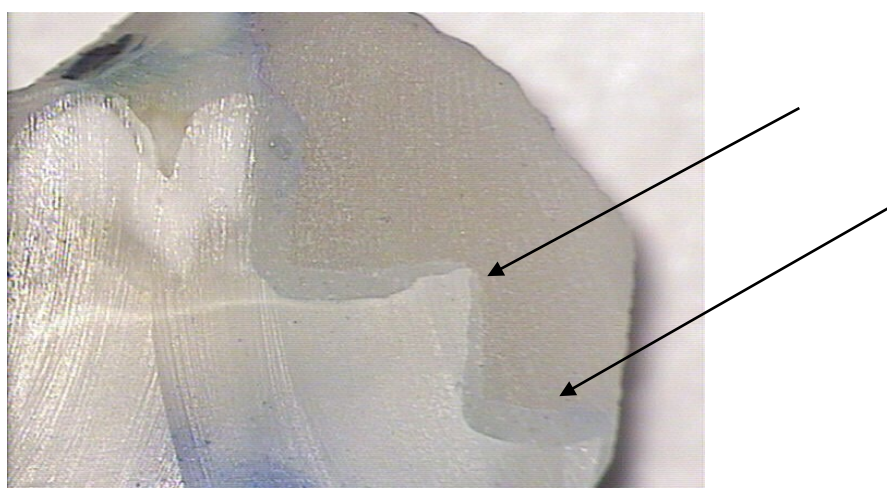
Także kierunek wprowadzenia wkładu ma znaczenie dla dokładności jego dopasowania. W przypadku nierównoległego do prostych prostopadłych do punktów stykowych toru wprowadzenia wkładu dojdzie do nierównomiernego rozmieszczenia warstwy cementu mocującego i do nieprawidłowego osadzenia wkładu (ryc.18 i fot.114-116 ).



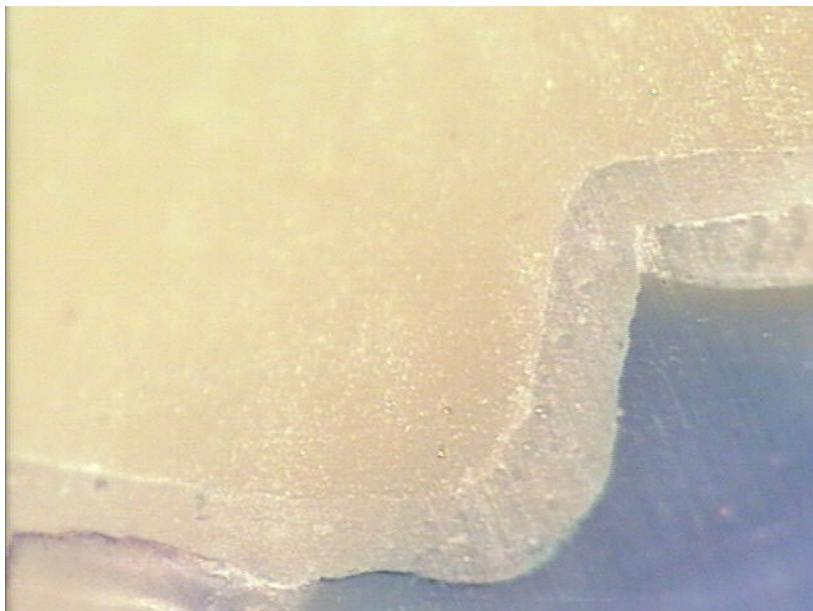
**Ryc.18.Schemat przedstawiający tory wprowadzenia wkładu do ubytku.**

**A - prawidłowy tor wprowadzenia wkładu**

**B - nieprawidłowy tor wprowadzenia wkładu**



**Fot.114. Nierównomierna warstwa cementu mocującego. Powiększenie 12X, mikroskop optyczny.**



**Fot.115. Równomierna warstwa cementu mocującego. Powiększenie 22X, mikroskop optyczny.**



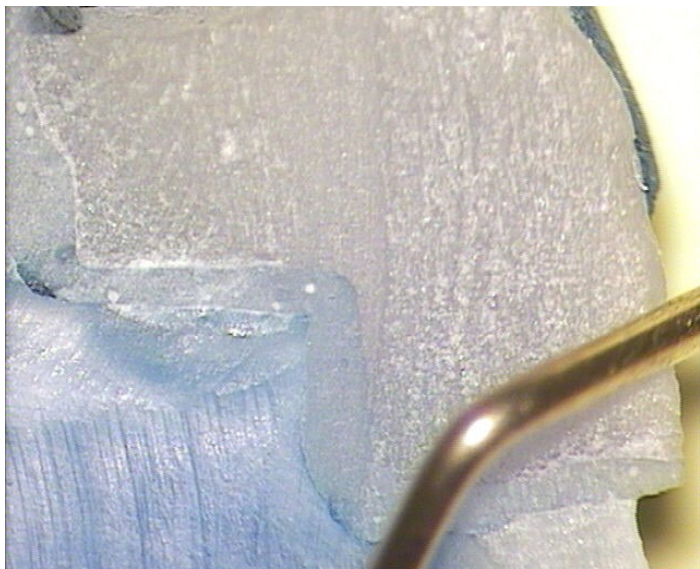
**Fot.116. Równomierna warstwa cementu mocującego. Powiększenie 22X, mikroskop optyczny.**

### **Ocena prawidłowości osadzenia wkładu w ubytku.**

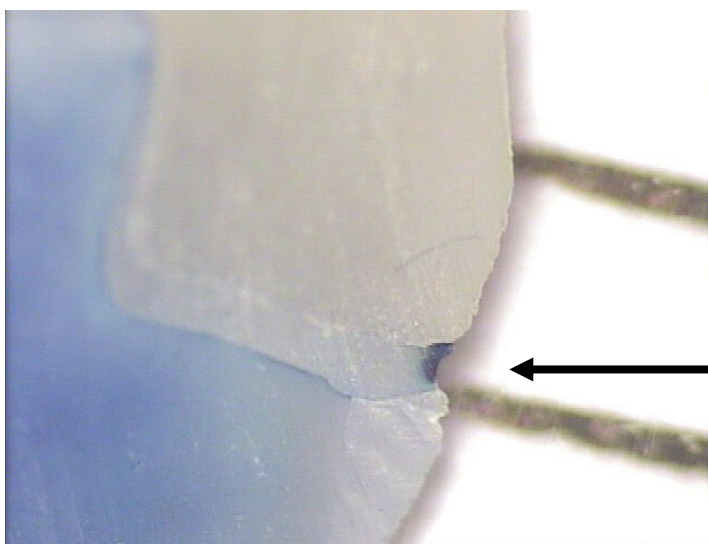
Nawet najlepiej wykonany wkład źle osadzony będzie złym uzupełnieniem protetycznym [107] (fot.117-119). Możliwe są następujące błędy techniczne:

- zbyt płytkie osadzenie wkładu - powierzchnia żująca wystaje ponad brzegi opracowanego ubytku,
- osadzenie z przemieszczeniem - w okolicy poniżej punktu styku powstaje schodek pomiędzy wkładem a powierzchnią zęba,

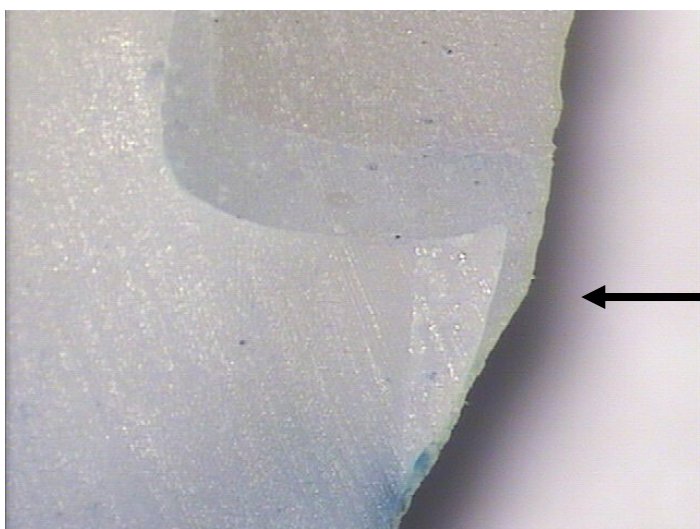
Przekroje uzyskane w takich przypadkach dają fałszywe dane na temat rozkładu warstwy cementu i zostały odrzucone z badań.



**Fot.117. Złe osadzenie wkładu –widoczny schodek poniżej punktu stycznego. Powiększenie 12X, mikroskop optyczny.**



**Fot.118. Zaznaczona nieuszczelnienie brzeżna. Powiększenie 12X, mikroskop optyczny.**



**Fot.119. Nadmiar cementu pokrywający brzeg ubytku. Powiększenie 12X, mikroskop optyczny.**



## **Średnia grubość warstwy cementu dla poszczególnych metod.**

Średnia grubość warstwy cementu jest mniejsza przy wkładach wykonanych przy pomocy kamery wewnątrzustnej - metodą CAD/CAM i wynosi średnio 0.12 mm a przy zastosowaniu techniki pośredniej 0.18 mm. W poszczególnych przypadkach różnice te były niewielkie (0.04 mm) w innych znaczne (0.10 mm). Zależało to jednak głównie od dokładności wykonania wkładu na modelu laboratoryjnym. Pomimo standaryzacji grubość warstwy cementu wykazywała w tych przypadkach większą zmienność niż w metodzie CAD/CAM. Wpływ na takie wyniki ma niewątpliwie stopień złożoności metody - więcej etapów do wykonania podczas postępowania w metodzie pośredniej, konieczność współpracy z laboratorium protetycznym oraz stosowanie mas wyciskowych.

## **Średnia grubość warstwy cementu na poszczególnych poziomach.**

Według analizy statystycznej średnia grubość warstwy cementu mocującego wykazywała pewną regularność niezależnie od metody wykonania. W miejscach pomiarowych **a** i **b**, **c** i **d** i **e** oraz **g** i **h** uzyskiwano podobne wartości, natomiast w **f** były one w sposób statystycznie istotny mniejsze. Miejsce pomiarowe **f** jest najbardziej wypukłym fragmentem opracowanego dna ubytku. Przyczyn tak systematycznego spadku wartości należy upatrywać w ograniczeniach urządzenia CEREC 2 (analogicznie do efektu Birkhoffa).

Badania dotyczące szczelności brzeżnej i rozkładu grubości cementu mocującego w różnych miejscach przeprowadzone przez Martina [57] nie wykazały statystycznie istotnych różnic. Uzyskał on średnie wartości 210-215  $\mu$  niezależnie od miejsca pomiaru. Wartości te znacznie przewyższały wyniki uzyskane w tej pracy.

## **Zastosowanie programu komputerowego Digora 2.1.**

Komputerowa analiza obrazu może w znaczący sposób pomóc w diagnostyce prowadzonej przez lekarza. Poniższe jej cechy są zdecydowanie pomocne w tym procesie:

- obiektywizacja dokonywanych analiz,
- korekta niektórych wad obrazu.

Program Digora 2.1 został celowo wybrany do analizy zdjęć mikroskopowych spośród dostępnych na rynku programów komputerowych (np. Sidexis, Dixel, Flash Dent, Sens-a-Ray), z powodu jego uniwersalności i dokładności. Liczne prace naukowe dotyczące problemów związanych z diagnostyką radiologiczną oraz z badaniami gęstości tkanki kostnej szczęk były i są analizowane przy jego zastosowaniu. Problemy te dotyczyły zmian okołowierzchołkowych, torbieli, diagnostyki przedimplantacyjnej, materiałoznawstwa stomatologicznego a także do pomiaru odległości w badanych preparatach mikroskopowych [33,35,36,38,43,44,47,56,90,104].

Ta ostatnia funkcja wykorzystując możliwość kalibracji wielkości badanego obrazu była w niniejszym badaniu szczególnie użyteczna.

## **Porównanie trudności wykonawstwa rzutującego na dokładność obu metod wykonania pełnoceramicznego wkładu koronowego.**

Metoda pośrednia. Dokładność metody pośredniej zależy od wielu parametrów.

-przy pobieraniu wycisku protetycznego w gabinecie

- a) stosowanie masy wyciskowej o idealnych parametrach (skurcz, ekspansja itp.),
- b) stabilne utrzymanie w jamie ustnej łyżki wyciskowej wraz z masą wyciskową,
- c) jednakowy czas utrzymania w jamie ustnej (lepiej dłużej niż za krótko-  
przestrzeganie procedur producenta masy),
- d) jednakowa temperatura otoczenia, jej zmiany mają wpływ na czas wiązania.

-w laboratorium protetycznym

- a) warunki transportu do pracowni protetycznej oraz stały, porównywalny czas od pobrania wycisku do odlania modelu roboczego,
- b) jednakowe materiały, technika - bez pęcherzyków powietrza (stosowanie wibratora o stałej częstotliwości), stała temperatura i wilgotność powietrza (klimatyzacja), wykonanie modelu roboczego najlepiej składanego, w pełni stabilnego (koniecznie dwa piny!).

Metoda CAD/CAM. Dokładność w metodzie CAD/CAM zależy od:

- a) pobrania dobrego wycisku optycznego, prawidłowej oceny przez lekarza,
- b) odpowiedniego zaprojektowania wkładu,
- c) stanu technicznego urządzenia.

W metodzie CAD/CAM łatwiej o stworzenie zbliżonych do idealnych, powtarzalnych warunków pracy, a tym samym łatwiej o większą dokładność rekonstrukcji protetycznej.

### **Własne obserwacje kliniczne użytkowania wkładów koronowych w porównaniu z danymi z piśmiennictwa.**

Nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy w rodzajach powikłań występujących przy zastosowaniu rekonstrukcji protetycznych wykonanych różnymi metodami. Podobnie ilość powikłań nie jest znacząca i nie wyróżnia żadnej z metod. Dla potrzeb statystyki brano pod uwagę tylko wkłady poddane długoterminowej kontroli.

W latach 2002 – 2005 doszło do utraty trzech wkładów u trzech pacjentów. W jednym przypadku współistniejące schorzenie w postaci bruksizmu było przyczyną pęknięcia i wypadnięcia wkładu (wkład wykonano metodą CAD/CAM). Dwa pozostałe przypadki nie są jednoznaczne do oceny. Najprawdopodobniej wkłady zostały źle zaprojektowane i przez to nieprecyzyjnie wykonane (wkłady

wykonano metodą pośrednią). Utrata trzech wkładów na 104 skontrolowane i na 289 założone stanowi więc mniej niż 1% wszystkich osadzonych wkładów. Wyniki podawane przez innych autorów wahają się od 5% do 12%. Należy zaznaczyć, że nie wszystkie wkłady wykonane w latach 2002-2005 poddano odległemu badaniu kontrolnemu, stąd też prawdopodobnie nieco odmienne rezultaty.

Długoletnie „przeżycie” wkładów ceramicznych wykonanych metodą CAD/CAM opisywane przez autorów wynosi w okresie od 5 do 12 lat 89% – 96% [3,15,16,18,46,54,55,68,69,72,76,77,82,88,102,103,106]. Liczba wkładów poddanych przez różnych autorów obserwacjom wynosiła od kilkunastu [101,102], kilkudziesięciu [62,76], do kilkuset [72]. W przypadku niniejszej pracy były to 104 skontrolowane na 289 założonych wkładów. Na świecie jest zarejestrowanych blisko 10 000 użytkowników urządzenia CEREC 2. Stąd liczby opisujące statystyczne wyniki są wysoce prawdopodobne.

Porównywano „przeżycie” wkładów ceramicznych wykonanych w różnych systemach – firmach [8] oraz modelach. Uzyskane wyniki potwierdzają powszechne opinie na temat urządzeń. I tak model CEREC 2 jest lepszy pod względem dokładności wykonania od pierwszego z rodziny modelu CEREC. Najlepsze wyniki osiąga się pracując urządzeniem CEREC 3 [12,93].

### **Powikłania w obu metodach wykonania wkładów.**

Rodzaje powikłań spotykane przy tym sposobie rekonstrukcji ubytku twardych tkanek zęba to; złamanie lub uszkodzenie wkładu, odłamanie ściany zęba, pęknięcie szkliwa, wypadnięcie wkładu, pęknięcie zęba, stan zapalny miazgi, nadwrażliwość po osadzeniu wkładu. Procent powikłań w obserwacjach długoterminowych przedstawianych przez różnych autorów w okresie od 3 do 12 lat wahał się od 2.5 % do 11 % [69,88,103].

Z wcześniejszych obserwacji klinicznych można przedstawić następujące powikłania mające wpływ na ocenę kliniczną stosowanych metod rekonstrukcji twardych tkanek zębów. Wypadnięcie z powodu odcementowania wkładu zanotowano w trzech przypadkach, z tego jeden wykonany metodą CAD/CAM, a w dwóch metodą pośrednią. Odłamanie ściany zęba nastąpiło w 5 przypadkach. Odłamanie ściany zęba nie zależy od metody osadzenia wkładu tylko od grubości pozostałej tkanki zęba. Niejednokrotnie oszczędność w preparacji ubytku prowadzi do tego typu powikłania, podobnie obecność zbyt cienkiej ściany zęba.

Do oceny odległej rekonstrukcji wykonanych wkładami koronowymi użyto klasyfikacji Rouleta oraz kryteriów Van Dijkena. Według tej pierwszej więcej uszkodzeń wkładów stwierdzono przy zastosowaniu metody pośredniej (8.34%) niż CAD/CAM (7.35%). Według kryteriów Van Dijkena w dwóch przypadkach (po jednym dla każdej metody) stwierdzono złe dopasowanie koloru, podobnie próchnicę wtórną i brzeżne przebarwienie. Ocena kształtu anatomicznego budziła zastrzeżenia w odbudowach wykonanych metodą CAD/CAM.

W materiale własnym okres obserwacji jest zdecydowanie krótszy stąd najprawdopodobniej lepsze statystycznie wyniki niż uzyskiwane przez innych autorów.

## **Podsumowanie.**

Metoda CAD/CAM opracowania i wykonania porcelanowych wkładów koronowych okazała się być dokładniejszą, co zostało potwierdzone badaniami klinicznymi oraz badaniami powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych przekrojów w mikroskopie optycznym i SEM. Obrazem tego była mniejsza grubość warstwy cementu mocującego a tym samym lepsza adhezja wkładu do tkanek zęba. Wpływ na takie wyniki ma z pewnością większa automatyzacja metody CAD/CAM w stosunku do uzależnionej od wielu parametrów metody pośredniej.

## 6. Wnioski

1. Przyleganie porcelanowych wkładów do dna opracowanego ubytku jest lepsze w metodzie CAD/CAM.
2. Szczelność brzeżna wkładów wykonanych obiema metodami jest podobna. Uzyskane podczas doświadczenia wartości są zbliżone do przedstawianych przez innych autorów i mieszczą się w normach American Dental Association. Ponadto można zaznaczyć, że minimalne nieszczelności wynoszące setne części mm nie miały wpływu na trwałość wkładów w 2-letnich obserwacjach.
3. Grubość warstwy cementu mocującego wkład w opracowanym ubytku w zębie zależy od metody wykonania wkładu. Jest ona średnio większa o 43 % w przypadku wykonywania wkładu metodą pośrednią. Mogło to mieć wpływ na trwałość wkładu, ponadto świadczyło o pewnych niedokładnościach przygotowania ubytku lub wkładu.
4. Dokładniejszą metodą wykonania wkładów jest metoda CAD/CAM. Mniejsza ilość technik pośrednich wpływa na obniżenie stopnia złożoności powstawania wkładów, a co za tym idzie eliminuje możliwość popełnienia błędów wpływających na dokładność wykonania. Większa automatyzacja procedur wykonania odbudowy brakujących twardych tkanek zęba metodą CAD/CAM ogranicza liczbę niedokładności powstających na etapach opracowania pełnoceramicznego wkładu koronowego.

## 7. Streszczenie

Odbudowy protetyczne z zastosowaniem pełnoceramicznych wkładów koronowych są uznaną metodą odtworzenia braków zniszczonych twardych tkanek zęba.

W praktyce klinicznej pomimo starannego przestrzegania procedur na poszczególnych etapach klinicznych i laboratoryjnych nie zawsze udaje się sprostać wymaganiom maksymalnego dopasowania uzupełnienia protetycznego do opracowanego ubytku.

Niekiedy mimo pełnej staranności wykonawstwa wkładów zdarzają się pewne niedokładności w odwzorowaniu kształtu ubytku i wynikię stąd nieszczelności przez co podejmowane są w ciągu ostatnich lat próby ulepszania technik sporządzania wkładów. Problem ten dotyczy w zasadzie wszystkich metod wykonywania wkładów koronowych choć w różnym stopniu.

W dalszym ciągu poszukuje się materiałów najbardziej zbliżonych właściwościami do tkanek zęba. Także technologie wytwarzające wkłady uległy w ostatnich latach olbrzymim modyfikacjom. Technologia CAD/CAM znajduje coraz to większe zastosowania w stomatologii. Zwiększa się liczba firm produkujących urządzenia oparte na tej technologii (LAVA, CEREC In LAB, CELAY, Kavo Everest itp).

Celem niniejszej pracy było porównanie dokładności wykonania pełnoceramicznych wkładów koronowych wykonanych metodami CAD/CAM oraz pośrednią z zastosowaniem urządzenia CEREC 2.

Badania wykonano *in vivo* i *in vitro*.

W pierwszym oceniano klinicznie przy pomocy wskaźnika Rouleta i Van Dijkena 104 wkłady (36 przygotowanych metodą pośrednią i 68 metodą CAD/CAM) po okresie czasu ich użytkowania średnio 27 miesięcy.

W badaniach *in vitro* opracowywano w każdym z trzydziestu zębów po dwa ubytki II klasy wg. Blacka, które następnie odbudowywano wkładami dwiema różnymi metodami (pośrednią i CAD/CAM) z wykorzystaniem urządzenia CEREC 2. Tak otrzymane zęby wraz z wkładami barwiono w błękitcie metylenowym, następnie przecinano w osi przechodzącej przez powierzchnie styczne i żującą. Otrzymane przekroje badano w mikroskopie optycznym firmy Karr Dental oraz w elektronowym mikroskopie skaningowym typu Jeol-JSM-35CF. Uzyskane mikroskopowe obrazy wprowadzano do pamięci komputera za pośrednictwem toru wizyjnego i kolorowej kamery firmy Sony lub w przypadku zdjęć z mikroskopu elektronowego przez skanowanie negatywów zdjęć za pomocą skanera Microtec z rozdzielczością 300 dpi. Pomiarów grubości warstwy cementującej dokonywano wykorzystując do tego celu program Digora 2,1. Każdą powierzchnię zewnętrzną zęba mierzono w 12 miejscach, a przekroju w 16 miejscach.

Uzyskane wyniki poddano statystycznej analizie. Stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy poszczególnymi metodami. Lepszą szczelność brzeżną, większą dokładność przygotowania wkładu uzyskano w metodzie CAD/CAM. Zostało to, poza obrazem morfologicznym potwierdzone pomiarami grubości warstwy cementu mocującego (średnia grubość na dnie w metodzie pośredniej 0.18 mm a CAD/CAM 0.12mm).

Wyciągnięto następujące wnioski.

1. Przyleganie porcelanowych wkładów do dna opracowanego ubytku jest lepsze w metodzie CAD/CAM.
2. Szczelność brzeżna wkładów wykonanych obiema metodami jest podobna. Uzyskane podczas doświadczenia wartości są zbliżone do uzyskiwanych przez innych autorów i mieszczą się w normach American Dental Association. Ponadto można zaznaczyć, że minimalne nieszczelności wynoszące setne części mm nie miały wpływu na trwałość wkładów w 2-letnich obserwacjach.
3. Grubość warstwy cementu mocującego wkład w opracowanym ubytku w zębie zależy od metody wykonania wkładu. Jest ona średnio większa o 43 % w przypadku wykonywania wkładu metodą pośrednią. Mogło to mieć wpływ na trwałość wkładu, ponadto świadczyło o pewnych niedokładnościach przygotowania ubytku lub wkładu.
4. Dokładniejszą metodą wykonania wkładów jest metoda CAD/CAM. Mniejsza ilość technik pośrednich wpływa na obniżenie stopnia złożoności powstawania wkładów, a co za tym idzie eliminuje możliwość popełnienia błędów wpływających na dokładność wykonania. Większa automatyzacja procedur wykonania odbudowy brakujących twardych tkanek zęba metodą CAD/CAM ogranicza liczbę niedokładności powstających na etapach opracowania pełnoceramicznego wkładu koronowego.

## 8. Summary

Prosthetic restoration based on full-ceramic crown inlays is a recognised method of reconstructing the cavities of damaged hard tissues of the tooth.

In clinical practice, in spite of diligent observation of procedures at successive clinical and laboratory stages, it is not always possible to meet the requirements of maximum fit between the prosthetic restoration and the processed cavity.

Sometimes, in spite of high diligence in inlay implementation, imprecision may occur in modelling the cavity shape, with consequent insufficient tightness. In recent years, much effort has been contributed to technology of inlays making. Essentially, this problem is related to all methods of crown inlays making, though to different degrees.

Intensive search has been made for materials showing the closest similarity to tooth tissue. Also the technologies of insert making have undergone tremendous modifications in recent years. CAD/CAM technology has been increasingly applied in dentistry. A growing number of companies have been producing appliances relying on this technology (LAVA, CEREC, In LAB, CELAY, Kavo Everest etc.).

The objective of present study has been to compare the implementation precision of full ceramic crown inlay made on the basis of CAD/CAM methods, and indirect method with application of CEREC 2 appliance.

Research has been carried out *in vivo* and *in vitro*.

In the former case, Roulet and Van Dijken index was used for clinical evaluation of 104 inlays (36 developed with indirect method and 68 with CAD/CAM method) following the mean time of their utilisation amounting to 27 months.

In the case of *in vitro* research, two II class cavities according to Black were processed in every one of thirty teeth. The cavities were restored with inlays relying on two different methods (indirect method and CAD/CAM) using CEREC 2 appliance. After processing, teeth with inlays were coloured in methylene blue, and next cut in the axis transecting the approximal surfaces and the occlusal surface. The obtained cross-sections were studied in Karr Dental optical microscope and in Jeol-JSM-35CF scanning electron microscope. The obtained microscope pictures were introduced to computer memory through vision channel and Sony colour camera, and in the case of electron microscope pictures – through scanning picture negatives in Microtec scanner with the resolution of 300 dpi. Digora 2,1 program was used to measure the thickness of cementing layer. Each external surface of the tooth was measured in 12 places while the cross-section surface was measured in 16 places.

The obtained results were analyzed statistically. Statistically significant differences were found between particular methods. Better marginal adaptation



and higher precision of inlay development was obtained in CAD/CAM method. This finding was corroborated both by morphological picture and thickness measurements of the layer of fixing cement (mean bottom thickness in the indirect method was 0.18 mm and in CAD/CAM method – 0.12 mm).

The following conclusions were formulated:

1. The fit of porcelain inlay to the bottom of processed cavity is better in CAD/CAM method.
2. Marginal adaptation of inlay made with either method is similar. Values obtained during the experiment are similar to those obtained by other authors and conform to the norms of American Dental Association. It is also worth indicating that minimum tightness deficiencies amounting to hundredth parts of millimeter have no influence upon the durability of inlays in 2 year observations.
3. The layer thickness of cement fixing the inlays in processed tooth cavity depends on the method of inlay making. Mean thickness is 43% higher in the case when the inlay is made with indirect method. This fact could influence the inlay durability and provided evidence of certain imprecision in processing the cavity or inlay.
4. CAD/CAM method is a more precise procedure of inlay making. Smaller number of indirect techniques results in lower complexity of inlay making and thus eliminates the possibility of errors influencing the performance precision. Higher procedure automation of restoring cavities in dental hard tissue through CAD/CAM method reduces the number of imprecision cases arising at various development stages of full ceramic crown inlay.

## 9. Piśmiennictwo

1. Bergman M.: The clinical performance of ceramic inlays: a review. *Aust. Dent. J.*, 1999,4,157-168.
2. Bindl A., Werner H., Mörmann K.: Clinical and SEM evaluation of all-ceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. *European Journal of Oral Sciences*, 2003,111,163-169.
3. Brauner A., W., Bieniek K. W.: Seven years of clinical experience with the CEREC inlay system. In: *CAD/CIM in aesthetic dentistry*. Quintessence Berlin. 1996,217.
4. Chmielewski K., Stefaniak W.: Częściowe uzupełnienia ceramiczne. *Mag. Stomat.*, 2002,9,26-29.
5. Clotten S., Blunck U., Roulet JF.: The influence of a simplified application technique for ceramic inlays on the margin quality. *J. Adhes. Dent.*, 1999,1,159-166.
6. Cynkier J., Ciesielski P.: Uzupełnienia ceramiczne formowane komputerowo - ocena systemu CEREC 2. *Stomatologia Współczesna*, 1998,55,5.
7. Dąbrowski T.: Uzupełnienia metalowo-ceramiczne-korzyści i mankamenty. *Twój Przegl. Stomat.*, 2002,5,24-26.
8. Denissen H., Dozic A., Van Der Zel J., Van Wass M.: Marginal fit and short-term clinical performance of porcelain-veneered CICERO, CEREC, and Procera onlays. *J. Prosthet. Dent.*, 2000,11,506-513.
9. Dietschi D., De Siebenthal G., Neveu-Rsenstand L., Holz J.: Influence of the restorative technique and new adhesives on the dentin marginal seal and adaptation of resin composite class II restoration: an in vitro evaluation. *Quintessence Int.*, 1995,26,717-727.
10. Dietschi D., Scampa U., Campanile G., Holz J.: In vitro evaluation of marginal adaptation and seal of two posterior composite restoration systems in relation with location and thickness of cervical enamel. *Quintessence Int.*, 1995, 26,127-138.
11. Dietschi D., Spreafico R.: *Adhesive metal-free restorations*. Quintessence Publishing Co. Inc., 1999.
12. Estafan D. J., Agosta C., Dussetschleger F., Reich S.: SEM Evaluation of the Marginal Fit of Cerec II and Cerec III Inlays. *General Dentistry*, 2003,5,450-454.

13. Estafan D., Dussetschleger F., Agosta C., Reich S.: Scanning electron microscope evaluation of Cerec II and Cerec III inlays. *Gen. Dent.*, 2003,9-10,450-454.
14. Fasbinder D.J.: Restorative material options for CAD/CAM restorations. *Compend. Contin. Educ. Dent.*, 2002,10,911-916.
15. Felden A., Schmalz G., Federlin M., Hiller K A.: Retrospective clinical investigation and survival analysis on ceramic inlays and partial ceramic crowns: results up to 7 years. *Clin. Oral Invest.*, 1998,2,161-167.
16. Fischer L.D., Van Belle G. *Biostatics: a methodology for the Health Science*, New York, J.Wiley and Sons,1993.
17. Foester J.G., von Gonten A.S., Robert GH.: The management of endodontically treated teeth using a Computer-Aided Design and Computer- Assisted Manufacturing/ Computer-Aided Design and Computer-Integrated Manufacturing system. *Mil. Med.*, 1999,1,37-40.
18. Fuzzi M., Rapelli G.: Survival rate of ceramic inlays. *J. Dent.*, 1998, 26,623-626.
19. Gachowska-Barańska M., Ziaja M., Borkowski L.: Badanie przylegania brzeżnego wypełnień z materiału złożonego Ariston pHc w elektronowym mikroskopie skaningowym (SEM). Obserwacje 6-miesięczne. *Vivadent Ivoclar Polska*, 2000,7, 13-15.
20. Gajdzik-Plutecka D.: Zmiany w adaptacji brzeżnej wypełnień amalgamatowych podczas ich użytkowania. Badanie w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM). *Nowa Stomat.*, 1998,3,19-26.
21. Gajdzik -Plutecka D., Gordon A.: Wpływ czasu użytkowania wypełnień z materiałów kompozytowych na ich adaptację brzeżną. Badanie w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM). *Przeegl. Stomat. Wieku Rozwoj.*, 1998,1,8-17.
22. Gajdzik- Plutecka D., Gordon A., Janicha J.: Badania przylegania brzeżnego wypełnień kompozytowych metodą replik w skaningowym mikroskopie elektronowym. *Czas. Stomat.*,1996,49,474-480.
23. Gajdzik-Plutecka D., Wacińska- Drabińska M, Gordon A.: Badanie szczelności brzeżnej wypełnień wykonanych z materiału kompozytowego Degufill H. *Nowa Med.*, 1996,1,19-22.
24. Garber D. A.,Golldstein R. E.: *Porcelain and composite inlays and onlays*. Quintessence Publishing Co. Inc. Carol Stream, Illinois 1994.
25. Greń J.: *Statystyka matematyczna, modele i zadania*. PWN, Warszawa 1978.

- 26.Haller B., Hassner K., Moll K.: Marginal adaptation of dentin bonded ceramic inlays: effects of bonding systems and luting resin composites. *Oper. Dent.*, 2003, 9-10,574-584.
- 27.Haas M., Arntzl G., Wegscheider W. A., Konig K., Bratschko R. O.: Klinische und werstoffkundliche Erfahrungen mit Komposit -, Keramik-, und Gold -inlays. *Dtsch. Zahnarztl. Z.*, 1992,47,18-22.
28. Heiderman D.: *Kariologia*. Wydawnictwo Medyczne Urban&Partner, Wrocław 2001,235-238.
- 29.Hembree J.H. Jr.: Comparisons of fit of CAD-CAM restorations using three imaging surfaces. *Quintessence Int.*, 1995,2,145-147.
- 30.Hickel R., Kunzelmann KH.: The influence of cavity preparation on the width of marginal gaps in Cerec inlays. *Dtsch. Zahnarztl. Z.*, 1990,10,675-677.
- 31.Iida K., Inokoshi S., Kurosaki N.: Interfacial gaps following ceramic inlay cementation vs direct composites. *Oper. Dent.*, 2003,8-9,445-452.
- 32.Jedynakiewicz N.M., Martin N.: CEREC: science, research and clinical application. *Compend. Cotin. Educ. Dent.*, 2001,6,7-13.
- 33.Kaczmarek U., Matthews-Brzozowska T., Mikulewicz M., Grzebieluch W.: Badanie gęstości kości wyrostka zębodołowego za pomocą radiografii cyfrowej Digora - badania doświadczalne. *Dent. Med. Probl.*, 2002,39,237-239.
- 34.Kawai K., Hayashi M., Torii M., Tsuchitani Y.: Marginal adaptability and fit of ceramic milled inlays. *J. Am. Dent. Assoc.*, 1995,10,126,1414-1419.
- 35.Karczewicz A., Kobyłecki W.: Oznaczenie współczynnika pochłaniania promieniowania rentgenowskiego przez niektóre materiały stomatologiczne. *Protet. Stomat.*, 1996,5,298-301.
- 36.Kerschbaum T.: *Protetyka adhezyjna*,Urban&Partner,Wrocław,1999,3-5.
- 37.Koeck B.: *Protetyka Stomatologiczna. Korony i mosty*. Urban & Partner. Wrocław 2000,203-205.
- 38.Koszowski R., Raczkowska-Siostrzonek A., Morawiec T.: Przydatność radiografii cyfrowej w chirurgii stomatologicznej. *Przegl. Lek.*, 2002,59,48-51.
- 39.Krejci I., Lutz F., Gautschi L.: Wear and marginal adaptation of composite resin inlays. *J. Prosthet. Dent.*, 1994,72,233-244.

40. Krejci I., Lutz F., Reimer M.: Marginal adaptation and fit of adhesive ceramic inlays. *J. Dent.*, 1993,2,39-46.
41. Krupiński J., Żarow M.: Kompozytowe wkłady koronowe typu inlay/onlay. *Mag. Stomat.*, 2000,1,38-41.
42. Krupiński J., Gończowski K., Dyląg M., Słowik J.: Szczelność brzeżna wypełnień z materiału złożonego Pertac II (ESPE) zakładanych in vitro metodą konwencjonalną oraz zmodyfikowaną z użyciem insertów. *Czas. Stomat.*, 2002, 2,83-88.
43. Kubani M., Markiewicz H., Spiechowicz E.: Systemy cyfrowej wizualizacji radiologicznej i możliwości ich wykorzystania w lecznictwie stomatologicznym - przegląd piśmiennictwa. *Protet. Stomat.*, 1997,6,316-318.
44. Kubani M., Markiewicz H., Spiechowicz E.: Zastosowanie obrazowania cyfrowego systemu Digora w planowaniu i monitorowaniu leczenia implantologicznego. *Protet. Stomat.*, 1997,6,311-315.
45. Kuźmiński M.: Problem adhezji do zębiny w aspekcie ochrony miazgi. *Mag. Stomat.*, 1998,10,21-26.
46. Lehner C., Studer S., Brodbeck U., Schrarer P.: Six-years clinical results of leucite - reinforced glass ceramic inlays and onlays. *Acta Med. Dent. Helv.*, 1998, 3, 137-146.
47. Lichota D., Lipski M., Woźniak K.: Ocena pochłaniania promieniowania rentgenowskiego przez uszczelniacze stosowane do ostatecznego wypełnienia kanałów korzeniowych. *Czas. Stomat.*, 2002,1,14-17.
48. Liebenberg W H.: Chairside- fabricated indirect resin restorations: A new articulated technique. *Quintessence Int.*, 1997,28,499-507.
49. Limanowska H.: Adhezja tkanek zęba i materiałów dentystycznych oraz warunki jej uzyskania. *Poznańska Stomatologia*, 1991,75-80.
50. Litwin J.: Podstawy technik mikroskopowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków. 1999,30-31.
51. LoPresti JT., David Dawid., Calamia JR.: Microleakage of CAD/CAM porcelain restorations. *Am. J. Dent.*, 1996,2,37-39.
52. Majewski S.W.: Protetyka stałych uzupełnień zębowych. Kraków. Wydawnictwo SZS-W. 1998. 115-117.

53. Mangold D., Postek-Stefańska L., Koziarz A., Szkodny K.: Ocena mikroskopowa in vitro szczelności brzeżnej cementów szklanojononimerowych tradycyjnych, modyfikowanych żywicą oraz kompomerów zastosowanych do wypełnień ubytków w zębach mlecznych. *Mag. Stomat.*, 2002,11,20-24.
54. Manhart J., Chen H Y., Neurer PZ., Scheinbenbogen A., Hickel R.: Composite and ceramic inlays after 3 years of clinical service. *Am. J.Dent.*, 2001,86,405-409.
55. Manhart J., Neurer P., Scheinbenbogen A., Hickel R. Three-year clinical evaluation of direct and indirect composite restorations in posterior teeth. *J. Prosthet. Dent.*, 2000,84,289-296.
56. Markiewicz H.: Zastosowanie badań radiologicznych do implantologii. *Mag. Stomat.*, 2000,2,10-18.
57. Martin N., Jedynakiewicz N.M.: Interface dimensions of CEREC – 2 MOD inlays. *Dent. Mater.*, 2000,1,68-74.
58. Martin N., Jedynakiewicz N. M. : Clinical performance of Cerec ceramic inlays - a systematic review. *Dent. Mater.*, 1999,15,54-61.
59. Matthews-Brzozowska T., Surdacka A.: Badania elektronmikroskopowe tkanek zęba przy wypełnieniach z amalgamatu srebra. *Przeł. Stomat. Wieku Rozwoj.*, 1994, 6-7,71-74.
60. Meißner C.: Dokładność przylegania i szczelność brzeżna wkładów i nakładów. Rola cementu do osadzania. *Stomatologia Współczesna-Suplement*, 1998,2,45-47.
61. Mehl A.: Technologia CAD/CAM – historia i współczesność. *Dental Tribune - Wydanie Polskie*,1,1,17.
62. Mehl A., Kunzelmann K.H., Folwaczny M., Hickel R.: Stabilization effects of CAD/CAM ceramic restorations in extended MOD cavities. *J. Adhes. Dent.*, 2004,6,239-245.
63. Milleding P., Ortengren U., Karlsson S.: Ceramic inlay systems: some clinical aspects. *J. Oral Rehabil.*, 1995,22,571-580.
64. Morin M.: CEREC: the power of technology. *Compend. Contin. Educ. Dent.*, 2001,2,27-29.
65. Mormann W. H., Bindl A., Luthy H., Rathke A.: Effects of preparation and luting system on all- ceramic computer- generated crowns. *Int. J. Prosthodont.*, 1998,11, 333-339.

- 66.Mormann W.H., Bindl A.: All-ceramic, chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. *Dent. Clin. North Am.*, 2002, 4, 405-426.
- 67.Neumann C.P, Tatarciuc M.S., Vitalariu A., Diaconu D., Luca O.: CAD/CAM technology-elaboration of electronic model through optical impression in the dental prostheses by a computer assisted device. *Rev. Med. Chir. Soc. Med. Nat. Iasi.*,2000,4,161-163.
- 68.Otto T., De Nisco S.: Computer- aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *Int. J. Prosthodont.*, 2002,3-4,122-128.
- 69.Pallesen U., van Dijken J.W.: An 8-year evaluation of sintered ceramic and glass ceramic inlays processed by Cerec CAD/CAM system. *Eur. J. Oral Sci.*, 2000,1, 239-246.
- 70.Parsell D.E., Anderson B.C., Livingston HM., Rudd J.I., Tankersley J.D.: Effect of camera angulation on adaptation of CAD/CAM restorations. *J. Esthet. Dent.*, 2000,12,78-84.
- 71.Pfeiffer J.: Dental CAD/CAM technologies: the optical impression (II). *Int. J. Comput. Dent.*, 1999,1,65-72.
- 72.Posselt A., Kerschbaum T.: Longevity of 2328 chairside Cerec inlays and onlays. *Int. J. Comput. Dent.*, 2003,6,231-248.
- 73.Prociów A., Wójcicka A., Świętosławski J., Żęcin A.: Szczelność materiałów tymczasowych Cavit i Coltosol - ocena struktury powierzchni w mikroskopie skaningowym. *Stomatologia Współczesna-Suplement*, 2004,1,49-51.
- 74.Reich E., Schmalz G., Federlin M.: Marginal fit of ceramic and composite inlays in vitro. *Dtsch. Zahnarztl Z.*,1990,10,656-660.
- 75.Reich S., Wichmann M., Nkenke E., Proeschel P.: Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur. J. Oral Sci.*, 2005,4,174-179.
- 76.Reich S.M., Wichmann M., Rinne H., Shortall A.: Clinical performance of large, all-ceramic CAD/CAM- generated restorations after three years: a pilot study. *J. Am. Dent. Assoc.*, 2004,5,605-612
- 77.Reiss B., Walther W.: Clinical long-term results and 10-year Kaplan-Meier analysis of Cerec restorations. *Int. J. Comput. Dent.*, 2000,1,9-23.

- 78.Reiss B.: CEREC Practice Integration in: CAD/CAM in Aesthetic Dentistry. Quintessence Publishing, 1996.
- 79.Romao W. Jr., Miranda W.G. Jr., Cesar P.F., Braga R.R.: Correlation between microleakage and cement thickness in three Class II inlay ceramic systems. *Oper. Dent.*, 2004,3-4,212-218.
- 80.Roulet J. F.: Benefits and disadvantages of tooth - coloured alternatives to amalgam. *J. Dent.*, 1997,6,459-473.
- 81.Sato K., Matsumara M., Atsuta M.: Relation between cavity design and marginal adaptation in a machine milled ceramic restorative system. *J. Oral Rehabil.*, 2002,1,29,24-27.
- 82.Scheinbenbogen A., Manhart J., Kunzelmann K. H., Hicckel R.: One year clinical evaluation of composite and ceramic inlays in posterior teeth. *J. Prosthet. Dent.*, 1998,80,410-416.
- 83.Schmalz G., Federlin M., Reich E.: Effect of dimension of luting space and luting composite on marginal adaptation of a class II ceramic inlay. *J. Prosthet. Dent.*, 1995,4,392-399.
- 84.Schotzle M., Lang N. P., Anerud A., Boyen H., Burgin W., Loe H.: The influence of margins restorations on the periodontal tissues over 26 years. *J. Clin. Periodontol.*, 2001,28,57-64.
- 85.Sertgoz A., Gemalmaz D., Alkumru H., Yoruc B.: Luting composite thickness of two ceramic inlay systems. *Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent.*, 1995,6,151-154.
- 86.Shortall A. C., Baylis R. L., Wilson H. J.: Composite inlay/ luting resin bond strength- surface treatment effects. *J. Dent.*, 1996,24,129-135.
- 87.Sjogren G.: Marginal and internal fit of four different types of ceramic inlays after luting. An in vitro study. *Acta Odontol. Scand.*, 1995,2,24-28.
- 88.Sjogren G., Molin M., van Dijken J.W.: A 10-year prospective evaluation of CAD/CAM-manufactured (Cerec) ceramic inlays cemented with a chemically cured or dual- cured resin composite. *Int. J. Prosthodont.*, 2004,3-4,241-246.
- 89.Skromko P., Froelich.M., Froelich M.: Komputerowy system stomatologiczny – CEREC 2. *Mag. Stomat.*, 1998,9,36-37.
- 90.Sobczyńska K., Matthews-Brzozowska T., Stopa J.: Wykorzystanie radiografii cyfrowej do badań wyrostka zębodołowego u dzieci z wadami zgryzu. *Ann. Acad. Med. Sil.*, 2000.



91. Steczkowski J., Zeliás A.: Statystyczne metody analizy cech jakościowych. PWN Warszawa 1981.
92. Stopa J., Matthews-Brzozowska T.: Ocena ultrastrukturalna połączenia wypełnień z różnych materiałów kompozycyjnych z tkankami zęba. *Czas. Stomat.*, 1995,10, 637-642.
93. Studevart J.R., Bayne S.C., Heymann H.O.: Margin gap size of ceramic inlays using second-generation CAD/CAM equipment. *J. Esthet. Dent.*, 1999; 11,206-214.
94. Stupka M.: CEREC – komputerowy system wykonywania wkładów i nakładów porcelanowych. *Mag. Stomat.*, 2002,1,10-12.
95. Stupka M., Szymura E., Misztal A.: Projektowanie i wykonanie pełnoceramicznych uzupełnień protetycznych z użyciem urządzenia CEREC 2. *Mag. Stomat.*, 2002,2,46-49.
96. Suliborski S., Sokołowski J., Górecka W.: Zjawisko adhezji. *Mag. Stomat.*, 1998,2,14-17.
97. Suliborski S., Sokołowski J.: Adhezja materiałów kompozycyjnych do szkliwa. *Mag. Stomat.*, 1998,4,13-19.
98. Szenowski H., Kupka T., Twardawa H., Skaba D.: Wstępne jakościowe badania szczelności globalnej materiałów do wypełnień stałych. *Nowa Stomatologia*, 1999, 1-2,18-21.
99. Szenowski H., Kupka T., Twardawa H., Skaba D.: Ocena szczelności brzeżnej materiałów podkładowych na podstawie testu barwnikowego i analiz mikroskopowych. *Czas. Stomat.*, 1997,3,143-147.
100. Szenowski H., Kupka T., Fedorów W., Twardawa H., Skaba D.: Badanie szczelności połączenia wybranych materiałów stomatologicznych metodą własną. *Czas. Stomat.*, 2000,6,332-336.
101. Szenowski H.: Ilościowa ocena szczelności brzeżnej materiałów do wypełnień ubytków twardych tkanek zęba. *Czas. Stomat.*, 1985,3,178-183.
102. Thordrup M., Isidor F., Horsted-Binslev P.: A one year clinical study of indirect and direct composite and ceramic inlays. *Scand. J. Dent. Res.*, 1994,10,186-192.
103. Thordrup M., Isidor F., Horsted - Bindslev P.: A 5-year clinical study of indirect and direct resin composite and ceramic inlays. *Quintessence Int.*, 2001,3,199-205.

- 104.Thun-Szretter K., Czerwiński K., Leitner D.: Systemy cyfrowego obrazowania rentgenowskiego w radiologii stomatologicznej - alternatywa konwencjonalnych zdjęć wewnątrzustnych zębowych. *Czas. Stomat.*, 1996,8,579-585.
- 105.Uno S., Tanaka T., Kawamoto C., Konishi J., Sano H.: Microtensile bond strength to dentin and cavity adaptation of Cerec II inlay restoration. *Am. J. Dent.*, 2000,4,59-63.
- 106.Walther W., Reiss B., Toutenburg H.: Longitudinale Ereignisanalyse von Cerec – Einlagefüllungen. *Dtsch. Zahnarztl. Z.*, 1994,49,914-917.
- 107.Werrin S. R., Jakubach T. S., Johnson D. W.: Inlays and onlays: Making the right decision. *Quintessence Int.*, 1980,11,13.
108. Żyśko-Christ D.: Cerec in Lab. *Mag. Stomat.*, 2003,1,66.
- 109.Żyśko-Christ D.: CEREC 3. *Mag. Stomat.*, 2003,2,68.
110. Żyśko-Christ D.: CEREC 3D. *Mag. Stomat.*, 2003,11,90.
- 111.[www.planetcerec.com](http://www.planetcerec.com) The Birkhoff Effekt.