

Mirosław DĄBROWSKI
Rafał DULSKI
Paweł ZABOROWSKI
Marcin ALUCHNA

BADANIE ZMIAN TEMPERATURY ŚWIATŁOUTWARDZALNYCH KOMPOZYTOWYCH MATERIAŁÓW DENTYSTYCZNYCH W TRAKCIE POLIMERYZACJI

STRESZCZENIE *Celem badań było określenie przyrostu temperatury nowego materiału światłoutwardzalnego Filtek Siloran w trakcie jego polimeryzacji. Badania wykonano za pomocą kamery termowizyjnej w warunkach in vitro na stanowisku pomiarowym. Głównym zadaniem było określenie wpływu wydłużonego czasu naświetlania nowego materiału kompozytowego na wzrost temperatury w procesie utwardzania. Pomiaru wykonano z wykorzystaniem dwóch typów lamp polimeryzacyjnych oraz, w celu porównania wyników, równoległe dla innych powszechnie używanych materiałów do wypełnień. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono znacznie większe przyrosty temperatury w trakcie polimeryzacji dla nowego materiału.*

Słowa kluczowe: *wzrost temperatury, polimeryzacja materiałów dentystycznych, termografia*

dr inż. Mirosław DĄBROWSKI, dr inż. Rafał DULSKI
e-mail: mdabrowski@wat.edu.pl, rdulski@wat.edu.pl

Zakład Techniki Podczerwieni i Termowizji,
Instytut Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej

lek. stom. Paweł ZABOROWSKI

Poradnia Dentystyczna CePeLek w Warszawie

lek. stom. Marcin ALUCHNA

Prywatna Praktyka Stomatologiczna w Warszawie

1. WSTĘP

Jednymi z podstawowych materiałów używanych w stomatologii są światłoutwardzalne, kompozytowe materiały do wypełniania ubytków tkanek twardych zębów. Materiały te są nieustannie udoskonalane pod względem ich właściwości fizycznych. Niezwykle istotną, z punktu widzenia klinicznego, cechą jest skurcz polimeryzacyjny. Jest to cecha wysoce niepożądana, mająca bardzo istotne znaczenie w aspekcie trwałości wypełnień i bezpieczeństwa dla miazgi, czyli żywej tkanki zęba. W zakresie stosowania klinicznego jest ważne, aby uzyskać możliwość aplikacji i wymodelowania materiału przed przekroczeniem punktu żelowania jego matrycy. Stosowane materiały, jak się okazało, są wrażliwe na światło lamp zabiegowych, gwarantujących niezbędny komfort pracy dla lekarza dentysty. Powoduje to przedwczesną inicjację polimeryzacji.

Nowy materiał Filtek Silorane, według zapewnień producenta, charakteryzuje się najniższą obecnie wartością skurczu polimeryzacyjnego oraz wysoką stabilnością, a nawet opornością na światło zabiegowe. Jest to pierwszy materiał przeznaczony do wykonywania wypełnień bezpośrednich wykorzystujący w reakcji polimeryzacji żywicę epoksydową [1]. Producent nie publikuje zbyt wielu szczegółów dotyczących parametrów fizycznych materiału, wiele z nich nie zostało jeszcze zmierzonych, jednakże trwające od kilku lat prace pozwoliły na potwierdzenie przydatności klinicznej nowych materiałów i uzyskanie niezbędnych certyfikatów.

Uwagę autorów zwróciła konieczność przedłużenia czasu naświetlania zalecana przez producenta, będąca „ceną” komfortu pracy za pomocą materiału o zmniejszonej wrażliwości na światło. W swoich poprzednich pracach, dotyczących oceny przyrostu temperatury materiałów światłoutwardzalnych, autorzy wykazali związek pomiędzy rodzajem światła polimeryzującego, mocą promieniowania lampy i rodzajem utwardzanego materiału – zawartości żywic, a przyrostem temperatury w trakcie polimeryzacji [2, 3, 4, 5]. Sugerowane przez producenta wydłużenie czasu naświetlania warstwy nowego materiału o grubości 2,5 mm do 40 sekund w sytuacji, gdy moc lampy halogenowej nie przekracza 1400 mW/cm^2 może powodować zagrożenie dla miazgi, tym bardziej, że przyjęty dla tej wrażliwej tkanki próg tolerancji to wzrost temperatury o zaledwie 5°C .

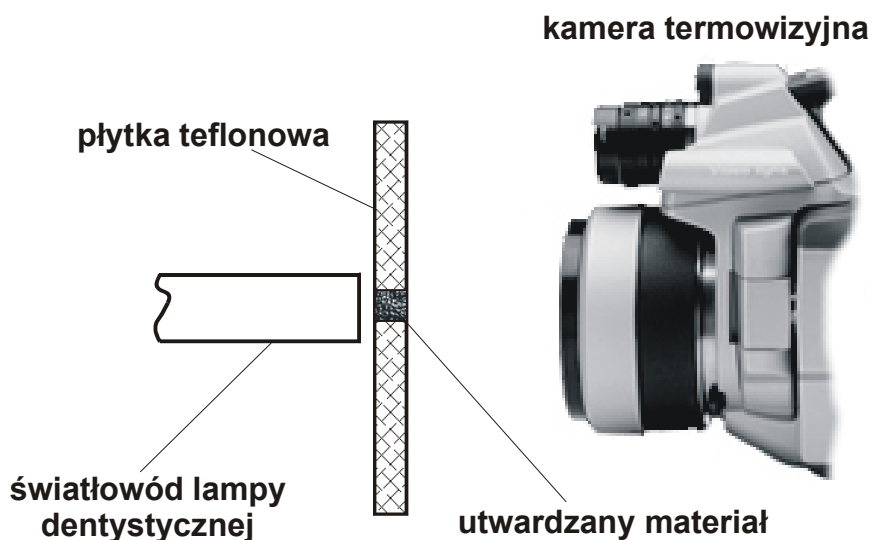
2. BADANIA

Celem badań było porównanie zmian temperatury materiałów kompozytowych w trakcie naświetlania lampami polimeryzacyjnymi różnych typów

oraz sprawdzenie, czy dla nowego materiału, wydzielające się w trakcie procesu polimeryzacji ciepło nie przekracza wartości dopuszczalnych z punktu widzenia zdrowia pacjenta.

2.1. Materiały i metodyka pomiarów

W badaniu wykorzystano następujące materiały kompozytowe: Valux™ Plus, Filtek™ P60 oraz nowy materiał Filtek™ Siloran. Użyte materiały pochodzą od jednego producenta (firma 3M ESPE) i mają tę samą deklarowaną barwę A3, co zapewniło porównywalne własności emisyjne [6].



Rys. 1. Schemat realizacji pomiaru

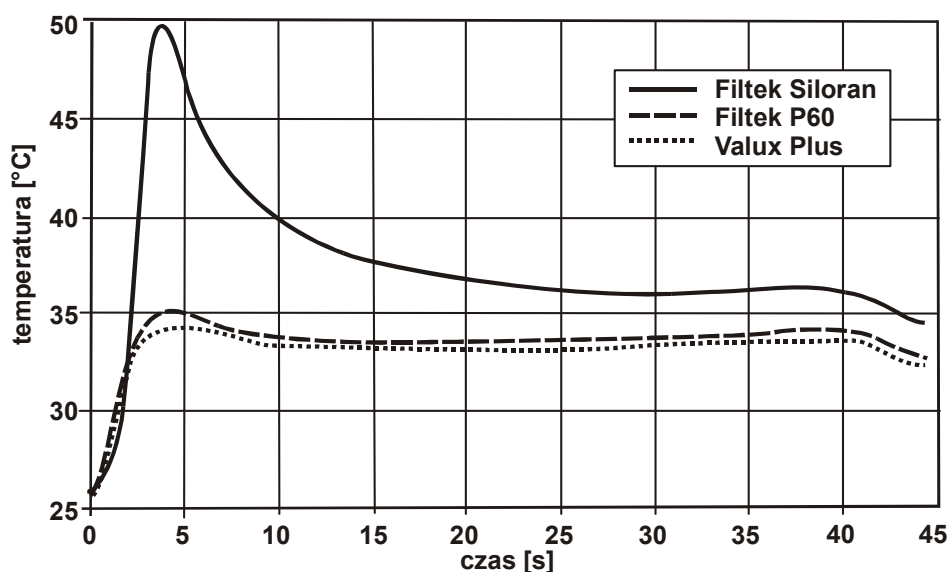
Jako źródła światła zastosowano lampy pochodzące również z firmy 3M ESPE, a mianowicie lampę halogenową Elipar Tree Light oraz lampę diodową Elipar Free Light II o deklarowanej przez producenta mocy przewyższającej 1000 mW/cm^2 . Zmiany temperatury na powierzchni polimeryzowanych materiałów rejestrowano za pomocą kamery termowizyjnej ThermaCAM P640 firmy FLIR Systems. Kamera ta jest wyposażona w niechłodzoną matrycę detektorów mikrobolometrycznych FPA o rozdzielczości i 640×480 punktów obrazowych. Dzięki tak wysokiej rozdzielczości przestrzennej obrazy rejestrowane przez kamerę są bardzo szczegółowe. Kamera posiada rozdzielczość termiczną na poziomie 60 mK , co pozwala na rejestrowanie rozkładów temperatury z dużą precyzją, sięgającą dziesiątych części stopnia. Urządzenie pracuje w zakresie widmowym od $7,5 \mu\text{m}$ do $13 \mu\text{m}$ i umożliwia rejestrację zarówno pojedynczych

termogramów jak i sekwencji obrazów z prędkością do 30 obrazów na sekundę. Zastosowana metodologia termowizyjnych pomiarów temperatury była zgodna z procedurą, zweryfikowaną we wcześniejszych badaniach [2, 3, 4, 5].

Materiałami przeznaczonymi do badań wypełniano otwór o średnicy 2 mm wykonany w zamocowanej w uchwycie płytce teflonowej o grubości 2 mm. Z jednej strony płytki naświetlano badaną próbkę, a z drugiej strony rejestrowano zmiany temperatury na jej powierzchni z prędkością trzech obrazów na sekundę (rys. 1).

2.2. Uzyskane wyniki

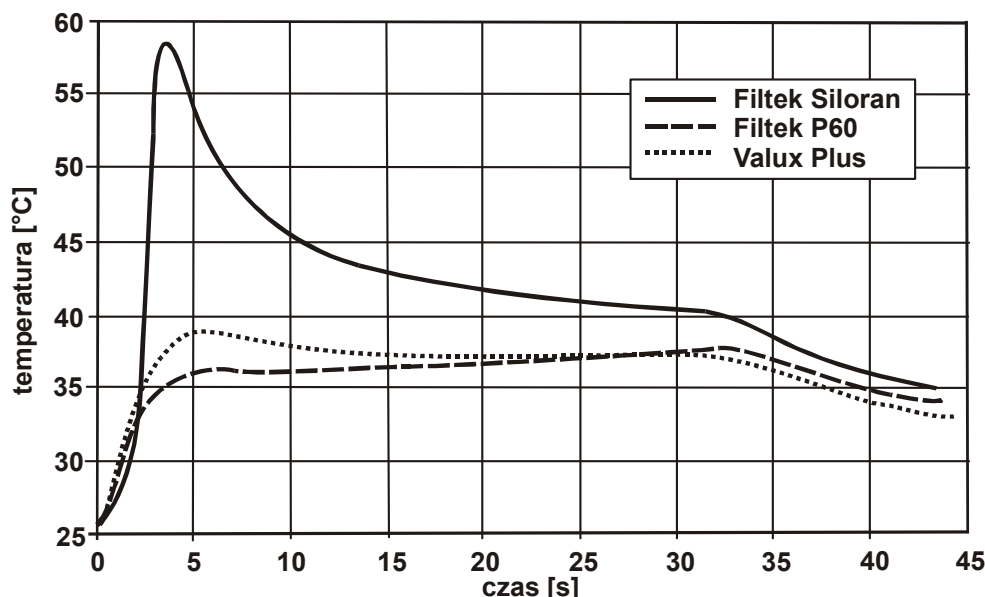
Wyniki pomiarów zilustrowano za pomocą wykresów przyrostu temperatury utwardzanego materiału w funkcji czasu. Na rysunku 2 zamieszczono przyrost temperatury maksymalnej na powierzchni badanych materiałów utwardzanych za pomocą lampy halogenowej.



Rys. 2. Przyrost temperatury materiału w trakcie polimeryzacji za pomocą lampy halogenowej

Dla dwóch materiałów Filtek P60 oraz Valux Plus zmiana temperatury była porównywalna, a maksymalny przyrost wyniósł około 9°C. W przypadku nowego materiału Filtek Siloran, przyrost ten był znacznie większy tj. około 24°C. Podobną sytuację zaobserwowano przy utwardzaniu powyższych materiałów za pomocą lampy diodowej (rys. 3). W tym przypadku przyrosty tem-

peratury były wyższe ze względu na większą moc zastosowanej lampy i wynosiły: dla materiału Filtek P60 10°C, dla Valux Plus 12°C, a dla Filtek Siloran 32°C.



Rys. 3. Przyrost temperatury materiału w trakcie polimeryzacji za pomocą lampy diodowej

Niezależnie od użytej lampy dla materiałów Filtek P60 oraz Valux Plus temperatura rośnie do wartości maksymalnej w ciągu pięciu sekund, a następnie utrzymuje się na zbliżonym poziomie w czasie całego procesu naświetlania próbki. Znaczna różnica występuje w przypadku materiału Filtek Siloran. Przyrost temperatury do wartości maksymalnej następuje w ciągu trzech sekund, następnie temperatura maleje o około 40% w ciągu kolejnych siedmiu sekund. W następnych sekundach, aż do końca procesu naświetlania, spadek temperatury jest znacznie mniej dynamiczny.

3. WNIOSKI

Znane i powszechnie stosowane materiały, takie jak Valux i Filtek P60, wykonane na bazie żywic akrylowych utrzymują odpowiednio niskie przyrosty temperatury w procesie polimeryzacji, nawet podczas wydłużonego naświetlania i nie przekraczają temperatury tolerancji dla miazgi zęba. Nowy materiał

Filtek Silorane, produkowany na bazie żywic epoksydowych, wykazuje znaczny wzrost temperatury na powierzchni, a maksymalna wartość temperatury w tym przypadku znacznie przekracza próg tolerancji dla miazgi zęba. Obserwowany znaczny wzrost temperatury materiału epoksydowego związany jest zapewne z całkowicie odmiennym przebiegiem reakcji polimeryzacji.

Należy zauważyć, że mimo oczywistych wniosków z przeprowadzonych badań, prowadzone jednocześnie obserwacje kliniczne przy użyciu materiału Filtek Silorane nie wykazały żadnych negatywnych reakcji ze strony miazgi zębów ani w postaci nadwrażliwości pozabiegowej, ani też doznań pacjentów w czasie leczenia. W tej sytuacji wydaje się celowym przeprowadzenie dalszych badań, zarówno własności fizycznych nowego materiału, jak również przyrostów temperatury w trakcie jego polimeryzacji, w warunkach jak najbardziej zbliżonych do warunków *in vivo*. Badania powinny uwzględniać efekt odprowadzania generowanego ciepła przez warstwę łączną tkanek. Aby osiągnąć powyższy cel, autorzy planują opracować metodykę badań wierniej odtwarzającej warunki cieplne występujące podczas wypełniania ubytku zęba w jamie ustnej pacjenta.

LITERATURA

1. Ilie N, Hickel R.: Silorane-based dental composite: behavior and abilities. *Dental Materials Journal*, nr 25(3), str. 445-454, 2006.
2. Żmuda S., Zaborowski P., Trykowski P., Dąbrowski M., Dulski R.: Wzrost temperatury na powierzchni zęba po naświetlaniu lampami polimeryzacyjnymi w warunkach *in vitro* i *in vivo*. *Stomatologia Współczesna*, vol. 5 nr 4/98, str. 259-264, 1998.
3. Dąbrowski M., Dulski R., Żmuda S., Zaborowski P.: Wpływ źródła światła lampy na wzrost temperatury materiałów dentystycznych w procesie polimeryzacji. *Magazyn Stomatologiczny*, Suplement nr 4(116), str. 72-74, 2001.
4. Dąbrowski M., Dulski R., Żmuda S., Zaborowski P., Pogorzelski C.: A casebook of infrared imaging in clinical medicine—praca zbiorowa—Thermal evaluation of the temperature distribution in the oral cavity during dental operations – the process of change in temperature distribution of tooth surface during dental material polymerization, Medpress, Warszawa, 2003.
5. Dąbrowski M., Dulski R., Zaborowski P., Żmuda S.: Badanie efektów cieplnych w czasie polimeryzacji materiałów do wypełnień ubytków. *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 9', str. 44-47, 2006
6. Żmuda S., Zaborowski P., Trykowski P., Dąbrowski M., Dulski R.: Wpływ własności emisyjnych materiałów dentystycznych i tkanek twardych zęba na bezkontaktowy pomiar temperatury uzębienia. *Stomatologia Współczesna*, Suplement nr 1, str. 8-12, 2000.

Rękopis dostarczono, dnia 10.04.2008 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Władysław Dybczyński

EXAMINATION OF TEMPERATURE CHANGE
OF COMPOSITE DENTISTRY MATERIALS
DURING POLIMERYZATION

Mirosław DĄBROWSKI, Rafał DULSKI,
Paweł ZABOROWSKI, Marcin ALUCHNA

ABSTRACT *The aim of the study was to evaluate the temperature rise of a new Filtek Siloran dental material during the polymerization. Measurements were made in vitro using a laboratory stand and a thermal imaging system. The main goal was to elaborate the thermal effects of extended light exposure time required for polymerisation of the new material. During the polymerization with two different lamps it was found that the temperature increased to a level that is much higher than for the traditional dental materials tested together for comparison with the new one.*

Dr inż. Mirosław Dąbrowski. Główny specjalista w Zakładzie Techniki Podczerwieni i Termowizji Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej. Realizuje zadania naukowo-badawcze dotyczące praktycznego wykorzystania kamer termowizyjnych. Od 1996 roku we współpracy ze stomatologami z Wojskowego Instytutu Medycznego (dawniej CSK WAM) prowadzi badania z zakresu wykorzystania termowizji w stomatologii.





Dr inż. Rafał Dulski. Adiunkt naukowy w Zakładzie Techniki Podczerwieni i Termowizji Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej. Prowadzi zajęcia dydaktyczne oraz realizuje badania w zakresie termowizji, komputerowego modelowania sceny termalnej i urządzeń termodetekcyjnych oraz analizy i przetwarzania obrazu termograficznego. Od 1996 roku współpracuje ze stomatologami z Wojskowego Instytutu Medycznego (dawniej CSK WAM).

Lek. stom. Paweł Zaborowski. Kierownik Poradni Dentystycznej Centralnej Wojskowej Przychodni Lekarskiej w Warszawie, specjalista II stopnia stomatologii zachowawczej (1993). Zajmuje się badaniami cieplnego oddziaływania urządzeń i materiałów do wypełnień oraz określaniem termofizycznych charakterystyk materiałów dentystycznych. Od 1996 roku współpracuje z Instytutem Optoelektroniki WAT w zakresie wykorzystania termowizji w stomatologii.



Lek. stom. Marcin Aluchna. Starszy wykładowca w Zakładzie Stomatologii Zachowawczej Instytutu Stomatologii Akademii Medycznej w Warszawie, współpracownik Działu Kształcenia Podyplomowego AM. Autor i współautor 34 publikacji, oraz wielu wystąpień w tym na konferencji: CEDE, IDF, DENTEXPO. Członek Polskiej Akademii Stomatologii Estetycznej.