

# WYZNACZANIE WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH WYBRANYCH KOMPOZYTÓW MIKRO-HYBRYDOWYCH W TEŚCIE TRÓJPUNKTOWEGO ZGINANIA

JAROSŁAW FILIPIAK<sup>1</sup>, MAŁGORZATA JAMKA-KASPRZYK<sup>2\*</sup>, ANNA NIKODEM<sup>1</sup>

<sup>1</sup>POLITECHNIKA WROCLAWSKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY, ZAKŁAD INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ I MECHANIKI EKSPERYMENTALNEJ, UL. ŁUKASIEWICZA 7/9, 50-371 WROCLAW

<sup>2</sup>MJK-STOMATOLOGIA INDYWIDUALNA PRAKTYKA LEKARSKA LEK.DENT. MAŁGORZATA JAMKA KASPRZYK 32-420 GDÓW 911

\*E-MAIL: JAMKA.KASPRZYK@GMAIL.COM

## Streszczenie

*Materiałami stosowanymi najczęściej w stomatologii, do leczenia zachowawczego jako wypełnienia stałe, są materiały złożone takie jak: cementy szkło – jonomerowe oraz materiały kompozytowe. Materiały stomatologiczne odbudowując i przywracając funkcję tkanek zęba muszą spełniać szereg wymagań. Od materiałów tych wymaga się, aby posiadały dużą adhezję do szkliwa i zębiny, mały objętościowo skurcz polimeryzacyjny oraz miały działanie profilaktyczne na okoliczne tkanki, a z punktu widzenia właściwości estetycznych, miały również łatwość doboru barwy i połysku. Materiały kompozytowe, z uwagi na swoje właściwości estetyczne oraz mechaniczne gwarantują lepszą trwałość wypełnień, zarówno ubytków zębów przednich oraz bocznych również tych pochodzenia próchnicowego. Zastosowanie kompozytów daje możliwość użycia techniki warstwowej, która pozwala na wymodelowanie poszczególnych warstw wypełnienia, które mogą jednak posiadać różne właściwości. Materiały kompozytowe posiadają bardzo dobrą adhezję do tkanek zęba, jednak ich wadą jest duży skurcz polimeryzacyjny prowadzący do mikroprzecieku brzeźnego, powodującego powstawanie mikropęknięć dodatkowo wprowadzając zmiany we właściwościach fizycznych i mechanicznych poszczególnych warstw pracującego wypełnienia. Materiały stomatologiczne powinny się charakteryzować odpowiednią twardością, tak aby nie powodować abrazji współpracujących tkanek zębów, a z drugiej strony powinny być odpowiednio twarde i trwałe. Z uwagi na wszystkie te wymagania, materiały stosowane jako wypełnienia stałe powinny charakteryzować się odpowiednimi właściwościami fizycznymi oraz mechanicznymi zarówno na ściskanie jak i na zginanie. Celem pracy jest analiza porównawcza właściwości mechanicznych próbek wybranych materiałów kompozytowych, poddanych próbie zginania trójpunktowego. Na podstawie uzyskanych rezultatów można zaobserwować wpływ techniki warstwowej na właściwości mechaniczne badanych materiałów.*

**Słowa kluczowe:** kompozyty stomatologiczne, właściwości mechaniczne, gęstość  
[Inżynieria Biomateriałów, 122-123, (2013), 61-63]

# DETERMINATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF SELECTED MICRO-HYBRID COMPOSITES IN THREE-POINT BENDING TEST

JAROSŁAW FILIPIAK<sup>1</sup>, MAŁGORZATA JAMKA-KASPRZYK<sup>2\*</sup>, ANNA NIKODEM<sup>1</sup>

<sup>1</sup>WROCLAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, DIVISION OF BIOMEDICAL ENGINEERING AND EXPERIMENTAL MECHANICS, 7/9 ŁUKASIEWICZ STR., 50-371 WROCLAW, POLAND

<sup>2</sup>MJK-INDIVIDUAL DENTAL MEDICAL PRACTICE, MAŁGORZATA JAMKA-KASPRZYK 32-420 GDÓW 911

\*E-MAIL: JAMKA.KASPRZYK@GMAIL.COM

## Abstract

*Glass-ionomer, cements and composites are the most often used materials in dentistry, for medical treatment as a dental fillings. Dental materials used to rebuild and restore the function of the teeth must meet a number of requirements. Materials are required to have high adhesion to dentin and enamel, a small volume shrinkage, a prophylactic effect on the surrounding tissue, and a simple choice of colour and gloss had to be guaranteed for esthetical reason. Due to mechanical properties, composite materials ensure better durability of fillings for defects in both anterior and lateral also the origin of caries. Application of dental composites give possibility to use layer techniques and build fillings layer by layer. This technique allows to shape each layer separately but simultaneously may lead to different mechanical properties of each layer. Dental composites have very good adhesion to surrounding dental tissues, but simultaneously they shrink quite heavily which may lead to marginal microleakage, resulting in the formation of microcracks that in turn affect physical and mechanical properties of each layers and the whole filling. Dental materials should have appropriate hardness, to ensure that they don't lead to erosion of teeth cooperating tissue while still being sufficiently hard and durable. According to all these requirements, the materials used as dental fillings should have a suitable physical and mechanical properties of both the compressive and flexural strengths. The main aim of the work is a comparative analysis of the mechanical properties of samples of selected composite materials in three-point bending test. Based on the results it can be seen that layering technique impacts mechanical properties.*

**Keywords:** dental composites, mechanical properties, density  
[Engineering of Biomaterials, 122-123, (2013), 61-63]

Zęby, pozwalając na wstępną obróbkę pokarmu, umożliwiają późniejsze procesy trawienia produktów spożywczych. Rozdrobnienie pokarmu umożliwia właściwy przebieg procesu trawienia, którego pierwszym etapem jest enzymatyczne oddziaływanie śliny, tym samym zęby narażone są na działanie niekorzystnych czynników panujących w jamie ustnej (środowisko wodne o zmiennym składzie, pH i temperaturze, obecność drobnoustrojów i ich pozakomórkowych produktów). Do czynników pochodzenia mechanicznego zaliczamy atrycję, czyli niszczenie sąsiadujących tkanek zębów w wyniku wzajemnego tarcia lub abrazja, czyli ścieranie tkanek zęba poprzez kontakt z twardymi przedmiotami. Czynniki chemiczne przyspieszającymi powstawanie ubytków jest erozja tkanek, spowodowana oddziaływaniem substancji takich jak kwas mlekowy, wytwarzany przez florę bakteryjną jamy ustnej [2]. Czynniki te wpływają na procesy demineralizacji szkliwa zębów, a tym samym na tempo powstawania ubytków. Nielezione ubytki, mogą doprowadzić do zapalenia miążgi zęba, a nawet do całkowitego zniszczenia tkanek zęba i konieczności ich ekstrakcji, prowadząc tym samym do dysfunkcji narządu żucia [3]. Aby zapobiec utracie funkcjonalności narządu żucia, w stomatologii zachowawczej stosuje się leczenie poprzez usunięcie chorobowo zmienionych tkanek zęba oraz szczelne wypełnienie ubytków. W zależności od miejsca ubytku, rodzaju uzupełnienia oraz sił mechanicznych działających na dany ząb, stosuje się materiały o zróżnicowanych właściwościach mechanicznych. W celu zagwarantowania jak najlepszej współpracy zdrowych tkanek zębów z materiałami uzupełnień dentystycznych, poszukuje się takich materiałów, których właściwości fizyczne oraz parametry mechaniczne (moduł Younga, gęstość czy twardość) będą zbliżone do parametrów mechanicznych tkanek zęba. Dzięki odpowiedniemu dopasowaniu tych parametrów, zapewnione zostanie trwałe połączenie tkanek z materiałami wypełnienia.

Obecnie w stomatologii najczęściej stosowanymi materiałami są kompozyty, kompomery, oraz cemeny szkło – monomerowe [1]. Nowoczesne kompozyty nie dysponują idealnymi parametrami do wypełniania ubytków. Jest to spowodowane dużym skurczem polimeryzacyjnym (2,5-4%), prowadzącym do zmniejszenia objętości wprowadzonego materiału i powstaniem nieszczelności brzeżnej, a tym samym do mikroprzecieku bakteryjnego. Nieprawidłowe przyleganie kompozytu do otaczających tkanek zęba, może być wywołane różnymi współczynnikami rozszerzalności cieplnej materiału wypełnienia i struktury zęba. Zastosowanie kompozytów daje możliwość użycia techniki warstwowej, która jest efektywnym sposobem uzyskania wypełnień spełniających najwyższe kryteria estetyczne. Niemniej jednak wyidealizowanie poszczególnych warstw wypełnienia, może spowodować różne właściwości mechaniczne tych warstw. Celem niniejszej pracy jest analiza porównawcza właściwości mechanicznych wybranych materiałów kompozytowych stosowanych w stomatologii.

## Materiały i metody

Przedmiotem badań były próbki przygotowane z kompozytów mikro-hybrydowych Te-Econom Plus (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), oraz Arkon (Arkona, Polska). Kompozyt Te-Econom Plus jest złożonym materiałem zawierającym w swoim składzie dimetakrylany i TEGDMA (22% wag), wypełniacze nieorganiczne-szkło barowe, trójtlenek iterbu, dwutlenek krzemu i mieszaninę innych tlenków (76% wag), o średniej wielkości cząsteczek wypełniacza wynosi 0,85 µm.

## Introduction

Teeth grind food and in this way support digest process. Enzymatic reaction with saliva is the first stage of digesting, but saliva also changes environmental conditions inside oral cavity (variable composition, change in pH, temperature as well as micro-organisms) and adversely affects teeth. Grinding the food also affects teeth mechanically through attrition, destruction of neighbouring teeth as a result of friction, and abrasion – wear out of teeth resulting from their contact with hard materials. Mechanical tissue wear out is accelerated by chemical interaction with lactic acid that is produced by bacterial flora in oral cavity [2]. Chemical factors influence on enamel demineralisation and consequently accelerate teeth destruction and development of cavities. Untreated teeth cavities may lead to necrotic and even to complete destruction of the tooth, its extraction and dysfunction of chewing organ [3]. Non-invasive treatment can help to avoid such dysfunction through removal of destroyed tooth's tissue and infilled with building. Depending on the location of the cavity, method of infilling and mechanical forces affecting the tooth various building materials are used. On one hand material used has to have suitable mechanical properties. On the other hand building material has to ensure the best possible interaction with health tooth's tissue. Therefore, dentists look for materials that have physical and mechanical properties (Young modulus, density, hardness) close to physical and mechanical properties of healthy teeth. Proper adjustment of those parameters ensures that filling is durable.

Currently composites, compositers, cements and monomeric glass are the most often used materials for dental fillings [1]. Although widely used composites don't have the optimal parameters for dental fillings due to large volume shrinkage (2.5-4%) that leads to marginal and microbacterial leakage. Improper fitting of dental filling to surrounding tooth tissue may be caused by different thermal expansion coefficients of the filling and the tissue. Composites allow to use layering technique that gives the best esthetical results. Unfortunately, fillings constructed using this technique may have heterogeneous mechanical properties that differ from layer to layer. This paper compares mechanical properties of various composite materials used in stomatology.

## Materials and methods

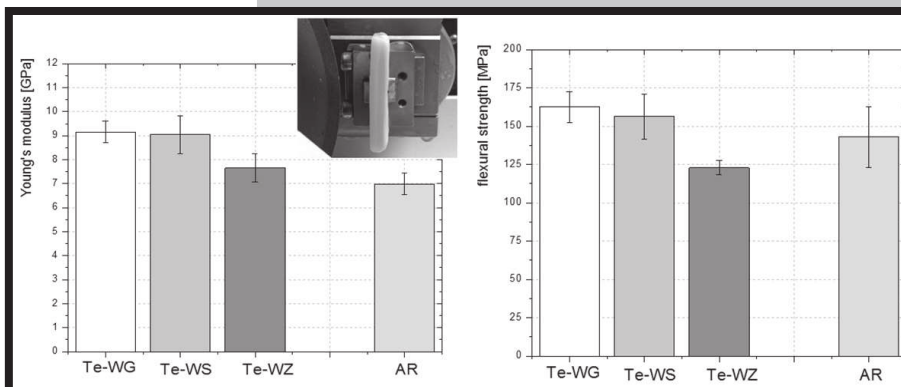
This study was conducted on samples prepared from commercial dental micro-hybrid composites: Te-Econom Plus (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) and Arkon (Arkona, Poland). Te-Econom is a composite material containing dimethacrylate and TEGDMA (22%wt) inorganic fillers, barium glass, ytterbium trioxide, silicon dioxide and mixture of other oxides (76 wt%). Average particle size of the filler is 0,85µm in diameter. Arkon is a composite material consisting of an organic base structure (diglycydoeteru bisphenol A dimethacrylate, diurethane dimethacrylate, triethylene glycol dimethacrylate) containing inorganic solid fillers (glass barium aluminum silicate, silica, pyrogenic titanium dioxide). Average particle size of the filler is 0.74 µm. Material of study consisted of cuboid samples of the size 2x2x40 [mm] (±0.1 mm), prepared in accordance with EN ISO 10477 standard, in the aluminum form with dimensions of 10x10x40 [mm]. Te-Econom Plus composite was applied layer by layer, each layer having a thickness of 2mm (total of 3 layer were made). For Arkon composite only one layer was created. The polymerization was done with LED lamp, equipped with a fiber width of 8 mm, irradiating the sample 5 times for 20 seconds. Until the mechanical tests samples were stored in a saline bath at room temperature.

Kompozyt Arkon jest materiałem składającym się z organicznej struktury podstawowej (dimetakrylan diglicydoeteru bisfenolu A, dimetakrylan diuretanu, dimetakrylan glikolu trójetylenowego) zawierającej nieorganiczne wypełniacze stałe (szkło barowo-glinowo-krzemowe, krzemionka ogniowa, dwutlenek tytanu). Średnia wielkości cząsteczek wypełniacza w kompozycie Arkon wynosi 0,74  $\mu\text{m}$ . Materiał badawczy stanowiły prostopadłościennie próbki o wymiarach 2x2x40 [mm] ( $\pm 0,1$  m), przygotowane zgodnie z normą EN ISO 10477, w aluminiowej formie metalowej o wymiarach 10x10x40 [mm]. Kompozyt Te-Econom Plus nakładano w metalowej formie warstwowo, przy czym każda z warstw miała grubość 2 mm. W przypadku kompozytu Arkon, metalową formę wypełniono tylko 1 warstwą. Polimeryzację próbek przeprowadzono lampą LED, wyposażoną w światłowód o szerokości 8mm, naświetlając próbki 5 razy po 20 sekund. Do czasu pomiaru, próbki przechowywano w kąpeli soli fizjologicznej w temperaturze pokojowej. Próbki (N=12) przygotowano z użyciem przecinarki metalograficznej Accutom-5, Struers® z prędkością posuwu 1 mm/s. Badaniom poddano próbki z 3 warstw: zewnętrznej (WZ), środkowej (WS) oraz głębokiej (WG), kompozytu Te-Econom Plus oraz jednej warstwy kompozytu Arkon. Każdą z próbek poddano badaniom gęstości fizycznej, a następnie badaniom mechanicznym.

## Wyniki i dyskusja

Badania gęstości fizycznej przeprowadzono z użyciem systemu pomiaru gęstości ciał stałych i cieczy oraz wagi Radwag 1000/PS/CW. Pomiar właściwości mechanicznych przeprowadzono w próbie zginania trójpunktowego, z użyciem uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej MTS 858 MiniBionix. Badania mechaniczne przeprowadzono z prędkością obciążenia 1 [mm/min] i rozstawie podpór równym 20 mm.

Na podstawie uzyskanych charakterystyk siła - ugięcie, określono wartości parametrów mechanicznych takich jak: moduł Younga, wytrzymałość oraz sztywność na zginanie. W badaniach dla kompozytu Arkon (AR) średnia wartość gęstości wynosiła 2,15 [g/cm<sup>3</sup>], a dla kompozytu Te-econom zawiera się w zakresie oraz 2,16-2,18 [g/cm<sup>3</sup>], przy czym różnica dla poszczególnych warstw wynosi ok.0,5%. Najwyższe wartości gęstości, podobnie jak w przypadku wartości parametrów mechanicznych (moduł Younga oraz wytrzymałość na zginanie) uzyskano dla warstwy głębokiej (Te-WG). Największą różnicę w wartościach parametrów mechanicznych uzyskano między warstwami zewnętrznymi Te-WG i Te-WZ (w przypadku modułu Younga różnica ta wynosiła 15%, a wytrzymałości na zginanie 23%). Porównując wartości parametrów mechanicznych pomiędzy poszczególnymi materiałami, można zauważyć, iż kompozyt Te-econom charakteryzuje się wyższymi wartościami tych parametrów. Uzyskane w pracy różnice w wartościach parametrów mechanicznych związane są ze stosunkiem wagowym drobin wzmocnienia do osnowy polimerowej oraz średnią wielkością drobin wzmocnienia badanych kompozytów. W odniesieniu do wartości podanych w dokumentacji producenta, uzyskana wartość różni się od wartości literaturowych o około 10%.



**RYS.1. Porównanie wartości modułu Younga (lewy rys.), wytrzymałości na zginanie (prawy rys.), uzyskanych dla próbek 3 warstw (WZ, WS i WG) kompozytu Te-econom oraz kompozytu Arkon w próbie trójpunktowego zginania.**  
**FIG.1. Young modulus (left) and flexural strength (right) for WZ, WS and WG samples of Te-econom composite and Arkon composite.**

Test samples (N=12) were prepared using a cutting metallographic machine Accutom-5, Struers® with a feed speed of 1 [mm/s]. The study involved samples of the Te-Econom Plus composite, prepared from three layers: an outer (WZ), middle (WS) and deep (WG), and one layer of Arkon composite. For each sample physical density and mechanical properties were measured.

## Results and discussions

Physical density was measured with Radwag 1000/PS/CW scale and dedicated system for measuring density of solid bodies and liquids. Mechanical properties were measured in three-point bending test (MTS 858 MiniBionix mechanical testing machine was used) with supports 20 mm apart and loading speed of 1 mm/min.

Based on load-displacement characteristics, derived from three-point bending test, mechanical parameters (Young modulus, strength and stiffness) were estimated. A density measurements for Arkon (AR) composite yield mean value of 2.15 g/cm<sup>3</sup>. For Te-econom composite density varied between WZ, WS and WG samples and ranges between 2.16-2.18 g/cm<sup>3</sup>. Difference in density between WG and WS as well as between WS and WZ samples is approximately 0.5%. The biggest density and the mechanical properties were observed for WG samples while the smallest for WZ samples. The difference in mechanical properties between WG and WZ samples reached 15% for Young modulus and 23% for flexural strength. Comparison between different composites reveals that Te-econom has larger values of mechanical properties compared to Arkon. The difference may result from different weight ratio of reinforcement particles to the polymer matrix and average size of reinforcement particles for both composites. Measured values are slightly higher (up to 10%) compared to values reported in manufacturer's documentation.

## Piśmiennictwo

## References

- [1] Dejak B., Kacprzak M., Suliborski B., Śmielak B.: Struktura i niektóre właściwości ceramiki dentystycznych w uzupełnieniach pełnoceramicznych w świetle literatury, *Protet. Stomatol.*, 2006, LVI, 6, 471-477.
- [2] Kordasz P., Wolanek Z.: *Materiałoznawstwo protetyczno-stomatologiczne*, PZWL, Warszawa, 1983
- [3] Marciniak J.: *Biomateriały w stomatologii*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2008.