

pozytów występują przy obciążeniu 5MPa. Zwiększenie obciążenia powoduje zwiększenie współczynnika tarcia i zużycia.

Znacząca emisja jonów fluorkowych z analizowanych kompozytów rozpoczyna się po 7 dobach badania i dla kompozytu zawierającego 60% szkła wzrasta do poziomu $3\mu\text{g F-}$ z 1mm^2 próbki.

Zaproponowane w tej pracy kompozyty mogą stanowić przyszłe materiały na stałe wypełnienia stomatologiczne. Jednak w celu wprowadzenia ich na rynek stomatologiczny istnieje potrzeba przeprowadzenia dalszych badań, w szczególności biologicznych i klinicznych.

Podziękowania

Praca badawcza sfinansowana przez Mionistra Nauki i Informatyzacji jako zadanie badawcze zamawiane 21/PBZ-KBN-082/T08/2002.

Piśmiennictwo

- [1] Wilson K.S., Zhang K., Antonucci J.M.: Systematic variation of interfacial phase reactivity in dental nanocomposites, *Biomaterials*, 26, 2005, 5095-5103.
- [2] Heintze S.D., Zappini G., Rousson V.: Wear of ten dental restorative materials in five wear simulators results of a round robin test, *Dental Materials*, 21, 2005, 304-317.
- [3] Antunes P.V., Ramalho A.: Study of abrasive resistance of composites for dental restoration by ball-cratering, *Wear*, 255, 2003, 990-998.
- [4] Shortall A.C.: Xiao Q.H., Marquis P.M.: Potential countersample materials for in vitro simulation wear testing, *Dental Materials*, 18, 2002, 246-254.
- [5] Klapdohr S., Moszner N.: New inorganic components for dental filling composites, *Monatshefte fur Chemie*, 136, 2005, 21-45.
- [6] Zhang M.Q., Rong M.Z., Yu S.L., Wetzel B., Friedrich K.: Effect of particle surface treatment on the tribological performance of epoxy based nanocomposites, *Wear*, 253, 2002, 1086-1093.
- [7] Xing X.S., Li R.K.Y.: Wear behaviour of epoxy matrix composites filled with uniform sized sub-micron silica particles, *Wear*, 256, 2004, 21-26.
- [8] Xu H.H.K.: Quinn J.B., Giuseppetti A.A., Eichmiller F.C., Parry E.E., Schumacher G.E.: Three-body wear of dental resin composites reinforced with silica-fused whiskers, *Dental Materials*, 20, 2004, 220-227.

KIERUNKI ROZWOJU MATERIAŁÓW KOMPOZYTO- WYCH NA WYPEŁNIENIA STAŁE JAKO ALTERNATYWY AMALGA- MATÓW STOMATOLOGICZNYCH

STANISŁAW RYMKIEWICZ, BEATA ŚWIECZKO-ŻUREK

POLITECHNIKA GDAŃSKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY,
KATEDRA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ
UL. G. NARUTOWICZA 11/12, 80-952 GDAŃSK,
SRYMKIEW@PG.GDA.PL

[Inżynieria Biomateriałów, 47-53,(2005),181-183]

Wprowadzenie

Przez wiele lat istotnym problemem było stworzenie takiego materiału do wypełnień ubytków w zębach, który trwale łączyłby się z tkanką zęba, był odporny na nacisk, zużycie i

composite containing 60% of glass it increases to a level of $3\mu\text{g F-}$ from 1mm^2 sample.

The composites proposed in this paper can constitute future materials for dental resins. However, in order to introduce them to the stomatological market, further research, especially biological and clinical, must be conducted.

Acknowledgements

Research work financed by the Minister of Science and Information Society Technologies as an ordered research task 21/PBZ-KBN-082/T08/2002.

References

- [9] Wetzel B., Hauptert F., Friedrich K., Zhang M.Q., Rong M.Z.: Impact and wear resistance of polymer nanocomposites at low filler content, *Polymer Engineering and Science*, 9, 2002, 1919-1927.
- [10] Mandikos M.N., McGivney G.P., Davis E., Bush P.J., Carter M.: A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 85, 4, 2001, 386-395.
- [11] Luo J., Lannutti J.J., Seghi R.R.: Effect of filler porosity on the abrasion resistance of nanoporous silica gel/polymer composites, *Dental Materials*, 14, 1998, 29-36.
- [12] Nagarajan V.S., Jahanmir S., Thompson V.P.: In vitro wear of dental composites, *Dental Materials*, 20, 2004, 63-71.
- [13] Vermeersch G., Leloup G., Vreven J.: Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites, *Journal of Oral Rehabilitation*, 28, 2001, 26-32.
- [14] Itota T., Carrick T.E., Yoshiyama M., Mc Cabe J.F.: Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite, *Dental Materials*, 20, 2004, 789-795.
- [15] Furtos G., Cosma V., Prejmorean C., Moldovan M., Brie M., Colceriu A., Vezenyi L., Silaghi-Dumitrescu, Sirbu C.: Fluoride release from dental resin composites, *Materials Science and Engineering C*, 25, 2005, 231-236.
- [16] M. Andrzejczuk, M. Lewandowska, K.J. Kurzydowski: "Właściwości mechaniczne światłoutwardzalnych kompozytów zbrojonych mikro- i nanocząstkami" *Kompozyty*, 5, 2005, 75-78.

THE DEVELOPMENT OF MATRIX COMPOSITES INTENDED FOR STEADY FILLINGS AS ALTERNATIVES OF DENTISTRY AMALGAMS

STANISŁAW RYMKIEWICZ, BEATA ŚWIECZKO-ŻUREK

GDAŃSK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, MECHANICAL DEPARTMENT,
FACULTY OF MATERIAL ENGINEERING
UL. G. NARUTOWICZA 11/12, 80-952 GDAŃSK,
SRYMKIEW@PG.GDA.PL

[Engineering of Biomaterials, 47-53,(2005),181-183]

Introduction

For many years it was vital to create a substance to fill the tooth holes, which would join the tooth tissues permanently, resistible to pressure, material consumption and



ścieranie. Najpowszechniej stosowane były wypełnienia amalgamatowe. Obecnie jednak wypierane są przez plomby kompozytowe.

Materiały amalgamatowe

Amalgamat stomatologiczny powstaje, gdy mieszany jest stop srebra z rtęcią. W skład stopu wchodzi Ag, Sn i Cu w formie drobnych cząstek Ag_3Sn i $Ag-Sn$. Dawniej w amalgamatach (ortęciach) niskomiedziowych dochodziło do powstawania produktu cynowo-rtęciowego, nazywanego fazą γ_2 ($Sn_{7-8}Hg$ o strukturze heksagonalnej). Obecnie w amalgamatach wysoko miedziowych faza γ_2 została wyeliminowana, dzięki czemu wzrosła odporność na korozję i pęknięcia brzeżne [1]. Aby ograniczyć wydzielania rtęci z amalgamatu w trakcie wiązania, wprowadzono stop rtęciowo-indowy zamiast czystej rtęci. Jako amalgamaty wolne od rtęci określa się amalgamaty zawierające gal zamiast rtęci. Jednak nie stosuje się ich zbyt często, ponieważ są mniej odporne na korozję niż amalgamaty wysokomiedziowe z rtęcią [1].

Właściwości współczesnych amalgamatów przedstawiono w TABELI.1 [2].

Obecnie stosuje się praktycznie wyłącznie amalgamaty w formie kapsułkowej. Zarówno proszek srebra, jak i rtęć pakowane są do małych zgrzewanych pojemników i umieszcza w jednorazowych kapsułkach [1,3,4]. Plomby z tego stopu wykorzystuje się powszechnie, ale ze względów kosmetycznych nie używa się ich do zębów przednich.

Rozwój materiałów kompozytowych

Kompozyty stanowią estetyczną alternatywę dla amalgamatów. Mają one strukturę podobną do tkanki zęba, zawierają bowiem substancję organiczną (żywica) i nieorganiczną (wypełniacze) połączone substancją wiążącą (silan winylu). Tradycyjne kompozyty z makrowypełniaczem zostały wyparte przez materiały z mikrowypełniaczem oraz o jeszcze lepszych właściwościach materiały mikrohybrydowe. Właściwości tych kompozytów przedstawiono w TABELI 2 [5].

Prym w dziedzinie najnowszych materiałów na wypełnienia stomatologiczne wiodą nanokompozyty. Materiały te zawierają w sobie nanocząstki (RYS.1), które otrzymywane są z różnych komponentów, np. metodą zol-żel. Dzięki kontrolowaniu procesu można go zakończyć w dowolnym momencie, co daje możliwość uzyskania cząstek o wielkości rzędu 20 nm.

Cząstki te posiadają całkiem nowe własności w zestawieniu z cząstkami konwencjonalnymi. Materiał z nanowypełniaczem posiada najmniejszy skurcz polimeryzacyjny z dotychczas znanych materiałów na wypełnienia. Jest to bardzo ważna zależność, która w istotny sposób wpływa na jakość i trwałość wypełnienia. Dodatkowym atutem nanocząstek jest fakt, iż nie powodują one załamania światła ze względu na swoją wielkość. Ta wspaniała transluencja daje bardzo dobre walory estetyczne.

Podsumowanie

Kierunki rozwoju wskazują jednoznacznie na doskonalenie materiałów kompozytowych, w tym poprzez stosowanie nanowypełnień, które redukując udział żywicy w materiale kompozytowym, a zwiększając zawartość wypełnienia, zmniejszają w znacznym stopniu skurcz polimeryzacyjny.

Kompozyty posiadają wiele interesujących możliwości, a ich trwałość i estetyczny wygląd oraz łatwość pracy z nimi spr-

grinding. The amalgams filling were most commonly used. Nowadays, matrix composites fillings are becoming popular.

Amalgam materials

The dentistry amalgam is made by mixing silver and mercury alloys. The alloy includes Ag, Sn and Cu as small particles Ag_3Sn and $Ag-Sn$. When low-copper amalgams came in dentistry use, the tin-mercury product called phase γ_2 was formed ($Sn_{7-8}Hg$). At present in high-copper amalgams the phase γ_2 was eliminated, owing to it the amalgams are more resistible to corrosion and cracking [1]. To reduce the amount of mercury, which gets out of amalgam while filling a tooth, mercury-indium alloy is used instead of pure mercury. The amalgams containing gallium instead of mercury are called mercury free amalgams. They are less resistible to corrosion than high-mercury ones and for that reasons they are less-frequently use [1].

The properties of contemporary amalgams are shown in TABLE 1 [2].

Cecha Properties	Typ amalgamatu The amalgams type		
	Nisko- miedziowy (cząsteczki nieregularne) Low- copper (irregular molecules)	Wysoko- miedziowy (cząsteczki mieszane) High-copper (mixed molecules)	Wysoko- miedziowy (cząsteczki kuliste) High- copper (spherical molecules)
Wytrzymałość na rozciąganie Tensile strength [MPa]	52	50	54
Wytrzymałość na ściskanie po 30 min Compressive strength after 30 min [MPa]	53	67	111
Wytrzymałość na ściskanie po 1 godz Compressive strength after 1 h [MPa]	89	109	188
Wytrzymałość na ściskanie po 1 dniu Compressive strength after 1 day [MPa]	430	402	451
Płynięcie Flow [%]	2,05	0,44	0,15
Zmiana wymiarów po 24 godz. The dimension changes after 24 h [$\mu m/cm$]	8	-3	-5
Twardość w skali Knoppa The Knopp hardness [kg/mm ²]	146	143	166

TABELA 1.
TABLE 1.

Nowadays, the amalgams are used in capsule forms. Also the silver powder and mercury are packed into little banding containers and put in single capsules [1,3,4]. Generally the fillings from this alloy are used, but not to the front teeth, because of the visual reasons.

The matrix composites

The matrix composites are the esthetical alternative of dentistry amalgams. They have the structure similar to the tooth tissue, they contain organic matter (resin) and mineral matter (fillings), which are connected with fix matter (silicomethane vinyl). The matrix composites with macro fillings were removed by the matrix composites with micro fillings and micro hybrid materials of better properties. The properties of the matrix composites are shown in TABLE 2 [5].

Nano-composites are the most popular materials for fillings. The materials contain nano-molecules (FIG.1), which are made from different components as: sol-gel method. You can finish the process in optional moment, which gives the

Cecha Properties	Kompozyt z mikrowypełniaczem Matrix composites with micro fillings	Kompozyty mikrohybrydowe Micro hybrid matrix composites
Skurcz polimeryzacji Polymerisation contraction [%]	2-3	1,0-1,7
Przewodnictwo ciepłe Heat conduction (10^{-3} cal/s/cm ² /°C/cm)	12-15	25-30
Liniowy współczynnik ekspansji termicznej The linear factor of thermal expansion [10^{-3} /°C]	55-68	25-28
Sorpcja wody The water sorption (mg/cm ²)	1,2-2,2	0,3-0,6
Kontrastowość w obrazie RTG The RTG contrast [mm Al.]	-	2,7-5,7
Wytrzymałość na ściskanie Compressive strength [Mpa]	230-290	200-340
Wytrzymałość na rozciąganie Tensile strength [Mpa]	26-33	34-62
Wytrzymałość na zginanie Bending strength [Mpa]	-	90-140
Moduł elastyczności podczas ściskania Bending strength during the compressive [Gpa]	3,0-5,0	8,0-14
Moduł elastyczności The flexibility module (GPa)	-	5-18
Twardość w skali Knoop The Knopp hardness [kg/mm ²]	22-36	55-80
Wytrzymałość połączenia ze szklivem i zębina po zastosowa- niu czynnika wiążącego The connexion strength of tooth tissue after adapted fix factor [Mpa]	14-30	14-30

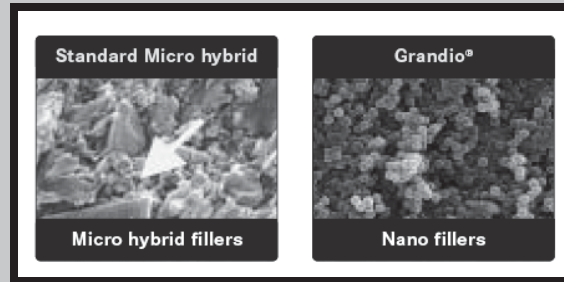
TABELA 2.
TABLE 2.

wiają, że są preferowane przez lekarzy i pacjentów. Jedyny niepokój budzić może możliwość uwalniania się podczas wiązania tych preparatów frakcji żywic, co może prowadzić do pojawienia się reakcji alergicznych.

Amalgamaty pozostają w niektórych sytuacjach wypełnieniem z wyboru, zapewniającym bardzo wysoką trwałość i niezmienną jakość. Współczesne systemy łączące materiały kompozytowe ze szklivem i zębina pozwalają na doskonałe połączenie kompozytu i tkanek zęba, chronią też miazgę przed przenikaniem drobnoustrojów.

Piśmiennictwo

- [1] Craig R.G., Powers J.M., Wataha J.C.: The dentistry materials. Editing: H.Limanowska-Shaw, Urban & Partner, Wrocław, 2000.
[2] Symonowicz R.: The dentistry amalgams. The temporary work. Gdansk University of Technology, Mechanical Department, Gdańsk 2004.
[3] Jakubiak M.: Biomaterials for dentistry fillings - the properties. The diploma. Gdansk University of Technology, Mechanical Department, Gdańsk, 2005.



RYS. 1. Wielkość i kształt wypełnienia mikrohybrydowego (lewy) oraz nanowypełnienia (prawy) [6].

FIG. 1. The largeness and shapes of micro-hybrid filling (left) and nano-filling (right) [6].

possibility for getting molecules of 20 nm.

The molecules have new properties. The material with nano-filling has lower polymerisation contraction than the other filling materials. This is very important dependence for the quality and the durability of the fillings. They also do not make the light refraction, because of their largeness. They give a very good visual value.

Summary

The development shows that matrix composite, especially nano-fillings, by reducing the resin and the polymerisation contraction, makes high the fillings. The matrix composites have a lot of interesting possibility, their durability and aesthetic appearance makes them preferred by doctors and patients. The one thing, which could make anxiety, is the possibilities of setting free the resin during bonding this preparation. This situation may contribute to allergy reaction.

The only alternative filling is amalgams, which assure very good durability and quality. Contemporary matrix composites join the tooth tissue and protect from microbes.

References

- [4] www.corrosion-doctors.org/Implants/amalgam.htm.
[5] Wierciński P.: Aesthetic materials for dentistry. The temporary work. Gdansk University of Technology, Mechanical Department, Gdańsk 2004.
[6] www.dentsply.pl, www.safina.cz, www.3m.com, www.kerr-dental.com, www.heraeus-kulzer.de, www.degussa.com, www.vivadent.com, www.voco.de.