

*C04B 14/06* (2006.01)  
*C04B 24/32* (2006.01)  
*C04B 28/26* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2021-589**  
(22) Přihlášeno: **22.12.2021**  
(40) Zveřejněno: **15.02.2023**  
**(Věstník č. 7/2023)**  
(47) Uděleno: **09.01.2023**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **15.02.2023**  
**(Věstník č. 7/2023)**

(56) Relevantní dokumenty:  
Hesky Daniela a kol. Water and waterglass mixture for foam glass production. Ceramics International. Elsevier Science, 2015, Vol. 41, p. 12604-12613, ISSN 0272-8842.  
CN 102060444 A.

(73) Majitel patentu:  
Technická univerzita v Liberci, Liberec, Liberec I-  
Staré Město, CZ  
(72) Původce:  
doc. Ing. Vlastimil Hotař, Ph.D., Rádlo, CZ  
Ing. Marie Stará, Ph.D., Liberec, Liberec XIII-Nové  
Pavlovice, CZ  
Mgr. Veronika Mánková, Ph.D., Lomnice nad  
Popelkou, CZ  
Ing. Mgr. Barbora Nikendey Holubová, Ph.D.,  
Pardubice, Pardubičky, CZ  
(74) Zástupce:  
Ing. Dobroslav Musil, patentová kancelář, Ing.  
Dobroslav Musil, patentový zástupce, Zábrdovická  
801/11, 615 00 Brno, Zábrdovice



(54) Název vynálezu:  
**Plastická hmota pro přípravu  
sklokeramické pěny, sklokeramická pěna  
připravená z této hmoty a způsoby přípravy  
této sklokeramické pěny**

(57) Anotace:  
Řešení se týká plastické hmoty pro přípravu sklokeramické pěny s otevřenými póry, přičemž tato hmota je tvořena homogenní směsí vysoce křemičitého písku se střední velikostí zrna 200 až 300  $\mu\text{m}$ , sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 až 3,2 a nízkomolekulárního organického plastifikátoru v hmotnostním poměru 100 : (3 až 10) : (1 až 5). Dále se týká také sklokeramické pěny s otevřenými póry vytvořené slinováním této plastické hmoty, která je tvořena porézní strukturou spečených zrn křemičitého písku, má pórovitost 20 až 80 %, objemovou hmotnost 150 až 400  $\text{kg}/\text{m}^3$ , velikost (průměr) pórů 5 až 650  $\mu\text{m}$  a také způsobů přípravy této sklokeramické pěny s otevřenými póry.

## Plastická hmota pro přípravu sklokeramické pěny, sklokeramická pěna připravená z této hmoty a způsob přípravy této sklokeramické pěny

### 5 Oblast techniky

Vynález se týká plastické hmoty pro přípravu sklokeramické pěny s otevřenými póry.

10 Vynález se dále týká také sklokeramické pěny s otevřenými póry připravené řízeným slinováním této plastické hmoty.

Vynález se dále týká také způsobu přípravy této sklokeramické pěny.

### 15 Dosavadní stav techniky

V současné době jsou známé různé skleněné pěny s uzavřenými póry ve formě granulí nebo desek, které se připravují především z odpadního skla a používají se zejména jako materiál pro tepelnou izolaci. Pro jejich přípravu je známo hned několik postupů využívajících různých materiálů.

20 Např. publikace Durgaprasad d. Tamteke a kol.: „Up-cycling of ‘unrecyclable’ glasses in glass-based foams by weak alkali-activation, gel casting and low-temperature sintering“, Journal of Cleaner Production, Volume 278, 1 January 2021, 123985 popisuje způsob výroby skleněné pěny z odpadního skla – skleněných vláken (55,2 SiO<sub>2</sub>, 4,3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 22,8 CaO, 0,6 MgO, 4,4 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,4 Na<sub>2</sub>O, 0,7 K<sub>2</sub>O v % hmotn.) a opálového skla (72 SiO<sub>2</sub>, 8 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2 CaO, 2 BaO, 12 Na<sub>2</sub>O, 1,5 K<sub>2</sub>O, 5 F<sub>2</sub> v % hmotn.). Odpadní sklo se nejprve pomele a vytvořený jemný skleněný prach se poté rozdisperguje ve slabě zásaditém roztoku s přísadkou povrchově aktivní látky. Poté se tento roztok napění intenzivním mícháním a vytvořená pěna se stabilizuje gelací, následným vyschnutím a slinováním v kapalně fázi při teplotě 700 až 800 °C, které probíhá po dobu 10 až 60 minut. Takto vytvořená skleněná pěna má díky uzavřeným dutinkám ve své struktuře a částečné krystalizaci výborný poměr pevnost/hustota. Při použití opálového skla pak dochází k tvorbě struktury s otevřenými póry. Díky rychlému slinování při nízkých teplotách se navíc ze skla nevyloučí těžká a toxická fluor. Tvarovatelnost a finální soudržnost hmoty, tj. změna její viskozity, je řešena přísadkou NaOH a jako plastifikátor se použije Triton X (polyoxyetylenoktylfenylether). Různé koncentrace NaOH (1 M, 2 M a 3 M) vedou k různé velikosti vznikajících pórů.

40 Tento postup má pro reálné použití řadu nevýhod. Jeho největší nevýhodou je, že je primárně navržen pro sklo s nízkým podílem SiO<sub>2</sub>. To sice umožňuje provádět slinování při relativně nízké teplotě, ale výsledný produkt má oproti křemičitému sklu nižší chemickou odolnost vůči vodě a vodným roztokům (zejména kyselým), nižší elektrické a tepelné izolační vlastnosti, vysoký ztrátový součinitel a také méně žádoucí optické vlastnosti (možné zabarvení aj.). Dalším problémem je také práce s NaOH jakožto silně žíravou látkou. Použití Tritonu X napomáhá odplynění (tedy „napěnění“ produktu), ale tato látka současně není účinným plastifikátorem, aby bylo možné připravenou suspenzi před slinováním plasticky tvarovat/modelovat podle potřeby.

45 Publikace Daniela Hesky a kol.: „Water and waterglass mixtures for foam glass production“, Ceramics International, Volume 41, Issue 10, Part A, December 2015, Pages 12604-12613 pak popisuje způsob, kdy se pro výrobu jemného pěnového skla s uzavřenými póry o velikosti 4 nm až 800 μm použije prášek z floatového skla (1 až 106 μm, sodno-vápenaté sklo: 72,1 SiO<sub>2</sub>, 1,0 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,3 K<sub>2</sub>O, 0,1 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3,8 MgO, 8,8 CaO a 13,9 Na<sub>2</sub>O), voda a jako napěňovací činidlo sodné vodní sklo. Popisované experimenty byly založeny na různých hmotnostních poměrech vodního skla. Tavení probíhalo při různých teplotách, přičemž jako optimální byla stanovena teplota 800 °C. Vyšší obsah vodního skla vede k vyšší pórovitosti vzorku, která je spjata s vyšší pevností a tepelně izolačními vlastnostmi.

55

Nevýhodou tohoto postupu je, že opět užívá sodno-vápenatého systému skla s vyšším zastoupením alkalických oxidů. Ty mají za vinu nižší chemickou odolnost vytvářené pěny vůči vodě a vodným roztokům (zejména kyselým), nižší elektrické a tepelné izolační vlastnosti, vysoký ztrátový součinitel a také méně žádoucí optické vlastnosti (možné zabarvení aj.). Daný postup využívá k napěnění suspenze přísad vodního skla (oproti běžně komerčně využívaným a problematickým látkám jako např.  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{SiC}$  apod.). Výsledný produkt ovšem není vůbec tvarovatelný, plastický, a je určen pouze k odlévání do forem nebo volné produkci pěnového skla.

Publikace Yiğit Attila a kol.: "Foam glass processing using a polishing glass powder residue", *Ceramics International*, Volume 39, Issue 5, July 2013, Pages 5869-5877 pak popisuje přípravu skleněné pěny z odpadního skla. Pěnivé chování zbytků prášku/odpadu ze sodnovápenatého zařízení na leštění okenních skel bylo zkoumáno při teplotách mezi 700 a 950 °C. Výsledky ukázaly, že pění skleněného prášku začalo při teplotě mezi 670 a 680 °C. Maximální objemová expanze skleněného prášku a hustota pěny se pohybovaly mezi 600 % a 750 % a 0,206 a 0,378 g  $\text{cm}^{-3}$ . Expanze skleněného prášku byla důsledkem rozkladu organických sloučenin na povrchu částic skleněného prášku pocházejících z chladicí kapaliny na bázi oleje používaného při leštění. Napětí při zborcení pěn se pohybovalo mezi cca 1 a 4 MPa a tepelná vodivost mezi 0,048 a 0,079  $\text{W K}^{-1} \text{m}^{-1}$ . Jak napětí při zhroutení, tak tepelná vodivost se zvyšovaly se zvyšující se hustotou pěny.

Nevýhodou tohoto postupu je opět to, že užívá sodno-vápenatého systému skla s vyšším zastoupením alkalických oxidů. Ty mají za vinu nižší chemickou odolnost vůči vodě a vodným roztokům (zejména kyselým), nižší elektrické a tepelné izolační vlastnosti, vysoký ztrátový součinitel a také méně žádoucí optické vlastnosti (možné zabarvení aj.). Výsledný produkt opět není kvůli svému složení vůbec tvarovatelný, plastický, a je určen pouze k odlévání do forem nebo volné produkci pěnového skla.

Cílem vynálezu je navrhnout složení plastické hmoty pro přípravu sklokeramické pěny, která by netrpěla výše uvedenými nevýhodami a byla především dobře tvarovatelná.

Kromě toho je cílem vynálezu také sklokeramická pěna připravená z této plastické hmoty, a také způsob přípravy této sklokeramické pěny z této plastické hmoty.

#### Podstata vynálezu

Cíle vynálezu se dosáhne plastickou hmotou pro přípravu sklokeramické pěny s otevřenými póry, která je tvořena homogenní směsí vysoce křemičitého písku se střední velikostí zrna 200 až 300  $\mu\text{m}$ , sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 až 3,2 a nízkomolekulárního organického plastifikátoru v hmotnostním poměru 100 : (3 až 10) : (1 až 5). Tato hmota je díky svému složení snadno tvarovatelná, soudržná, a přitom nelepivá.

Vhodným nízkomolekulárním organickým plastifikátorem je polyethylenglykol 400 (PEG 400), avšak kromě něj lze použít některé z klasických činidel běžně přidávaných do keramických či betonových směsí.

Nejvhodnější hmotností poměr křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 3,2 a polyethylen glykolu 400 v dané směsi je 100 : 6 : 2,5.

Slinováním této plastické hmoty se připraví sklokeramická pěna s otevřenými póry tvořená porézní strukturou spečených zrn křemičitého písku a pórovitostí 20 až 80 %, objemovou hmotností 150 až 400  $\text{kg/m}^3$ , velikostí (průměrem) pórů 5 až 650  $\mu\text{m}$ .

Při způsobu přípravy sklokeramické pěny s otevřenými póry podle vynálezu se vytvoří homogenní směs vysoce křemičitého písku se střední velikostí zrna 200 až 300  $\mu\text{m}$ , sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 až 3,2 a nízkomolekulárního organického plastifikátoru v hmotnostním

poměru 100 : (3 až 10) : (1 až 5), s výhodou 100 : 6 : 2,5. V této směsi dochází samovolně působením vodního skla k naleptávání povrchu zrn křemičitého písku. Poté se tato směs rychlostí 2 až 15 °C/min, s výhodou 6 až 9 °C/min, ohřeje na teplotu 120 až 180 °C, s výhodou 150 °C, a setrvá na ní 60 až 180 minut, s výhodou 90 až 180 minut, přičemž se z ní odpaří volná i vázaná  
 5 voda. Poté se tato směs rychlostí 2 až 15 °C/min, s výhodou 6 až 9 °C/min, ohřeje na teplotu 270 až 330 °C, s výhodou 300 °C a setrvá na ní dalších 60 až 180 minut, s výhodou 90 až 180 minut, přičemž se z ní vypálí nízkomolekulární organický plastifikátor. Poté se tato směs rychlostí 2 až 10 °C/min, s výhodou 3 až 5 °C ohřeje na teplotu 1100 až 1500 °C, s výhodou 1150 až 1400 °C, přičemž se dále natavují a spojují zrna křemičitého písku, v důsledku čehož se fixuje jejich  
 10 prostorové uspořádání, čímž se vytváří sklokeramická pěna tvořená porézní strukturou spojených natavených zrn křemičitého písku, s pórovitostí 20 až 80 %, objemovou hmotností 150 až 400 kg/m<sup>3</sup>, velikostí (průměrem) pórů 5 až 650 μm.

### 15 Objasnění výkresů

Na přiložených výkresech je na obr. 1 fotografie vzorků vytvořených z plastické hmoty pro přípravu sklokeramické pěny podle vynálezu, na obr. 2 fotografie těchto vzorků po jejich slinování, kdy se plastická hmota přetvořila na sklokeramickou pěnu podle vynálezu. Na obr. 3 je SEM  
 20 snímek výbrusu jednoho ze vzorků z obr. 2 při zvětšení 19krát, na obr. 4 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 50krát, na obr. 5 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 6 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 50krát, na obr. 7 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 8 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 9 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 10 SEM  
 25 snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 11 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 121krát, a na obr. 12 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 13 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 14 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 15 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 16 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 17 je  
 30 SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 18 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 19 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 20 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 21 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 22 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 23 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 24  
 35 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 25 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 26 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 119krát, na obr. 27 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 28 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 29 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 30 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na  
 40 obr. 31 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 32 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 33 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 34 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 35 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 36 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 37 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát,  
 45 na obr. 38 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 39 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 121krát, a na obr. 40 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 41 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 42 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 43 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 44 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na  
 50 obr. 45 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 46 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 47 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 48 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 49 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 50 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 51 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a  
 55 na obr. 52 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 53 je SEM snímek

výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 54 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 55 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 56 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 57 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 21krát, na obr. 58 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 59 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, a na obr. 60 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy. Na obr. 61 je SEM snímek výbrusu dalšího vzorku při zvětšení 19krát, na obr. 62 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 80krát, na obr. 63 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 123krát, a na obr. 64 EDS spektrum tohoto výbrusu s výsledky prvkové analýzy.

### Příklady uskutečnění vynálezu

Plastická hmota pro přípravu sklokeramické pěny s otevřenými póry podle vynálezu je tvořena směsí vysoce křemičitého sklářského písku (s obsahem  $\text{SiO}_2$  nad 99 % hmotn. a obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  do 0,008 % hmotn.) se střední velikostí (průměrem) zrna v rozmezí 200 až 300  $\mu\text{m}$ , sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 až 3,2 a nízkomolekulárního organického plastifikátoru, jako např. některého z klasických činidel do keramických či betonových směsí, např. látky na bázi polykarboxylátů (typicky polyakryláty), melaminu (typicky sulfonované melaminformaldehydové pryskyřice), naftalenu (typicky sulfonáty polynaftalenů) nebo ligninu (lignosulfonany), nízkomolekulární neionogenní tenzid, jako např. polyetylglykoly (typicky PEG 400), polyglukosidy (alkylglukosidy, dextryny, aj.) nebo různé ethoxylované mastné aminy, amidy nebo alkoholethoxyláty aj. Hmotnostní poměr těchto složek je přitom 100 (křemičitý písek) : 3 až 10 (vodní sklo) : 1 až 5 (plastifikátor). Smícháním těchto složek a homogenizací směsi vzniká snadno tvarovatelná, soudržná, a přitom nelepivá plastická hmota. Vodní sklo spojuje zrna křemičitého písku a současně je naleptává, a nízkomolekulární organický plastifikátor zvyšuje plastickou povahu vytvářené hmoty, tj. zlepšuje její tvarovatelnost. Tuto hmotu lze vytvarovat do v podstatě libovolného tvaru/struktury, a to např. i ručně.

Sklokeramická pěna s otevřenými póry se z této plastické hmoty připraví jejím slinováním, při kterém dochází k odstranění volné i vázané vody odparem a nízkomolekulárního organického plastifikátoru jeho vypálením a ke vzájemnému stavení a propojení zrn křemičitého písku do pevné porézní struktury.

Při vhodném postupu slinování se útvar z výše popsané plastické hmoty nejprve rychlostí 2 až 15  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , s výhodou 6 až 9  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , ohřeje na teplotu 120 až 180  $^{\circ}\text{C}$ , s výhodou 150  $^{\circ}\text{C}$ , a setrvá na ní 60 až 180 minut, s výhodou 90 až 180 minut, a poté se rychlostí 2 až 15  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , s výhodou 6 až 9  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , ohřeje na teplotu 270 až 330  $^{\circ}\text{C}$ , s výhodou 300  $^{\circ}\text{C}$ , a setrvá na ní dalších 60 až 180 minut, s výhodou 90 až 180 minut. V první fázi dochází především k pozvolnému odstranění volné a vázané vody z vnitřní struktury plastické hmoty, což brání pozdějšímu neřízenému nárůstu objemu této hmoty a tvorbě dutin v její struktuře v důsledku intenzivního odparu vody. V druhé fázi pak dochází především k odstranění – vypálení organického plastifikátoru. Voda i plastifikátor přitom odchází ze struktury hmoty postupně v podobě malých plynných bublinek a vytváří tak porézní strukturu s typickými otevřenými póry. Zvýšení objemu hmoty je maximálně 150 %.

Pro další fázi se takto upravená hmota rychlostí 2 až 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , s výhodou 3 až 5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , ohřeje na teplotu 1100 až 1500  $^{\circ}\text{C}$ , s výhodou 1150 až 1400  $^{\circ}\text{C}$ . Při tomto ohřevu dochází ke slinování – natavení a vzájemnému propojení a slnutí zrn písku (vznik propojovacích krčků mezi zrny) a zhutnění a zafixování hmoty za žádoucího působení dalších vstupních surovin. Zásadité vodní sklo (tj. koloidní roztok alkalických křemičitanů) ještě před ohřevem naleptává povrch zrn křemičitého písku, a tím ho činí aktivním k chemické interakci (jedná se o rozpouštění skla jako celku za vzniku reaktivních silanolových skupin Si-OH/hydrogel, které vysycháním polykondenzují v pevnou siloxanovou vazbu Si-O-Si spojující povrchy zrn již za laboratorní teploty). Zrna se tedy spojují chemickou vazbou již za nízkých teplot před samotným slnutím – vodní sklo tedy plní funkci taviva. Díky tomu není nutné částice křemičitého písku později zahřívát

na vysoké teploty, aby došlo k jejich deformaci a utvoření spojovacích krčků (křemičité písky standardně slinují při teplotách nad 1700 °C). Kromě toho plní vodní sklo v kombinaci s organickým plastifikátorem také funkci pěnidla, kdy jeho plynné složky (voda, CO<sub>2</sub>) odcházejí při řízeném ohřevu („dvou-plateau“ způsobem, tj. s dvojným zdržením na dílčí teplotě) z hmoty a způsobují její napěnění a tvorbu pórů; přitom ale nedeformují tvar struktury vytvořené z této hmoty. Při následném výpalu při teplotě 1100 až 1500 °C pak dochází k protavení zrn a zafixování napěněného tvaru s dobrou mechanickou stabilitou. Daný proces zpevnění lze popsat klasickými chemickými reakcemi v pevné fázi, které jsou analogické sklářským výrobkům. Jedná se o modifikační přeměny SiO<sub>2</sub>. Lze také mluvit o příznivém efektu malého množství Na<sub>2</sub>O z přídavku vodního skla. Na dané teplotě setrvává hmota 0 až 180 minut (setrvávání na této teplotě není nutné, neboť již během ohřevu na ni proběhnou všechny reakce a dojde ke slinutí zrn křemičitého písku).

Poté následuje samovolné nebo řízené chladnutí v peci, při kterém dochází k relaxaci vnitřních pnutí. V závislosti na velikosti a objemu struktury z plastické hmoty podle vynálezu není nutné řízené chlazení, ale je možné daný produkt nechat chladit samovolně, především pokud není nutné dosáhnout co nejvyšší pevnosti výsledného výrobku. Pro potřeby řízeného chlazení je pak doporučována relaxace skleněné pěny po dobu několika minut až 1 hodiny v závislosti na velikosti výrobku na horní chladicí teplotě kolem 580 °C.

Před zahájením procesu slinování se plastická hmota podle vynálezu s výhodou odstává v prostředí s běžnou atmosférou a laboratorní teplotou, kdy se z ní samovolně odtokem a odparem odstraní volná voda. Tato odstávka trvá s výhodou 1 až 72 hodin.

Vytvořená sklokeramická pěna je pevná, tvarově i chemicky stálá, lehká, nasákavá, netransparentní, typicky bílá porézní struktura s otevřenými póry – viz např. obr. 2 až 63. Její pórovitost je 20 až 80 %, objemová hmotnost 150 až 400 kg/m<sup>3</sup>, velikost (průměr) pórů od 5 do 650 μm. Tato pěna má řadu aplikací – může sloužit např. jako hrubší filtr plynných i kapalných médií (je schopná zachytávat ve své struktuře nečistoty s velikostí částic v řádu mikrometrů), jako podkladový materiál pro další funkcionalizaci (např. hydrofobizaci, proces sol-gel, apod.), jako zvukový i tepelný izolant, případně jako materiál pro výrobu interiérových dekorativních předmětů – v kombinaci s dalšími prvky vytváří neotřelé dekory a originální světelné efekty. Díky vynikající nasákavosti dané vysokým podílem otevřených pórů může současně sloužit, např. jako hydroponický substrát, případně substrát pro tvorbu živých stěn pro zeleň (tzv. green wall), apod.

Níže je pro názornost uvedeno několik konkrétních příkladů přípravy plastické hmoty a sklokeramické pěny podle vynálezu.

#### Příklad 1

Smícháním a homogenizací směsí vysoce křemičitého písku se střední velikostí (průměrem) zrna 210 μm (zrna písku měla velikost v rozsahu od 63 do 315 μm), sodného vodního skla s křemičitým modulem 3,2 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5 se připravila plastická hmota pro přípravu sklokeramické pěny.

Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily vzorky ve tvaru válce o průměru 30 mm a výšce 4 mm, a o průměru 20 mm a výšce 4 mm – viz obr. 1. Tyto válce se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 7 °C/min na teplotu 150 °C, na které setrvaly 100 minut, poté se rychlostí 7 °C/min ohřály na teplotu 300 °C, na které setrvaly dalších 100 minut a poté se rychlostí 4 °C/min ohřály na teplotu 1300 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 34 %, objemovou hmotností  $350,5 \text{ kg/m}^3$  a velikostí (průměrem) pórů od 24 do  $181 \text{ }\mu\text{m}$  – viz obr. 2. Rozměry jednotlivých vzorků se změnila (zvětšily) o 5 až 37,5 %.

- 5 Na obr. 3 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků z obr. 2 při zvětšení 19krát, na obr. 4 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 50krát, na obr. 5 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát, na obr. 6 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 50krát, a na obr. 7 SEM snímek kraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slnutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

Kromě měření na elektronovém mikroskopu se u takto vytvořené sklokeramické pěny provedl také rozbor prvkové analýzy pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 8, na kterém je spektrum EDS s výsledky prvkové analýzy. Výsledky této analýzy ukazují na úplné vypálení polymerního plastifikátoru PEG 400, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tak konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením  $\text{SiO}_2$  a nižším obsahem  $\text{Na}_2\text{O}$  pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

20

#### Příklad 2

Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 2,3 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5 vytvořila 25 plastická hmota.

Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě (a atmosféře). Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po 30 odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí  $7 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$  na teplotu  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ , na které setrvaly 100 minut, poté se rychlostí  $7 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$  ohřály na teplotu  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ , na které setrvaly dalších 100 minut a poté se rychlostí  $4 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$  ohřály na teplotu  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

35 Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 56,1 %, objemovou hmotností  $219,5 \text{ kg/m}^3$  a velikostí (průměrem) pórů od 37 do  $642 \text{ }\mu\text{m}$ . Rozměry jednotlivých vzorků se změnila (zvětšily) o 7 až 75 %.

40 Na obr. 9 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 10 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 11 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 121krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slnutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

45 Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 12, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, ukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením  $\text{SiO}_2$  a nižším obsahem  $\text{Na}_2\text{O}$  50 pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

## Příklad 3

Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5 vytvořila plastická hmota.

Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 6 °C/min na teplotu 120 °C, na které setrvaly 120 minut, poté se rychlostí 10 °C/min ohřály na teplotu 330 °C, na které setrvaly dalších 100 minut a poté se rychlostí 7 °C/min ohřály na teplotu 1300 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 64,1 %, objemovou hmotností 158 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 25 do 385 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnila (zvětšily) o 8 až 100 %.

Na obr. 13 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 14 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 15 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natažení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 16, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením SiO<sub>2</sub> a nižším obsahem Na<sub>2</sub>O pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

## Příklad 4

Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku se střední velikostí (průměrem) zrna 270 μm (zrna písku měla velikost v rozsahu od 250 do 310 μm), sodného vodního skla s křemičitým modulem 3,2 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5 vytvořila plastická hmota.

Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 2 °C/min na teplotu 120 °C, na které setrvaly 180 minut, poté se rychlostí 2 °C/min ohřály na teplotu 270 °C, na které setrvaly dalších 180 minut a poté se rychlostí 10 °C/min ohřály na teplotu 1400 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 34 %, objemovou hmotností 306,2 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 30 do 165 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnila (zvětšily) o 5 až 37,5 %.

Na obr. 17 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 18 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 19 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natažení a vzájemnému

slnutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

5 Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 20, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením  $\text{SiO}_2$  a nižším obsahem  $\text{Na}_2\text{O}$  pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této  
10 pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

#### Příklad 5

15 Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 2,3 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5 vytvořila plastická hmota.

20 Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 12 °C/min na teplotu 180 °C, na které setrvaly 60 minut, poté se rychlostí 15 °C/min ohřály na teplotu 330 °C, na které setrvaly dalších 60 minut a poté se rychlostí 9 °C/min ohřály na teplotu 1400 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

25 Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 51,3 %, objemovou hmotností 210,5 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 23 do 184 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnila (zvětšily) o 8 až 75 %.

30 Na obr. 21 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 22 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 23 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

35 Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 24, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením  $\text{SiO}_2$  a nižším obsahem  $\text{Na}_2\text{O}$  pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této  
40 pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

#### Příklad 6

45 Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5 vytvořila plastická hmota.

50 Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 15 °C/min na teplotu 150 °C, na které setrvaly 100 minut, poté se rychlostí 15 °C/min ohřály na teplotu 300 °C, na které setrvaly dalších

100 minut a poté se rychlostí 10 °C/min ohřály na teplotu 1400 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

5 Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 58,6 %, objemovou hmotností 192,7 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 25 do 352 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnil (zvětšily) o 7 až 100 %.

10 Na obr. 25 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 26 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 119krát a na obr. 27 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

15 Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 28, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením SiO<sub>2</sub> a nižším obsahem Na<sub>2</sub>O pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této  
20 pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

#### Příklad 7

25 Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku se střední velikostí (průměrem) zrna 270 μm, sodného vodního skla s křemičitým modulem 3,2 a polyethylen glykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5 vytvořila plastická hmota.

30 Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 7 °C/min na teplotu 150 °C, na které setrvaly 120 minut, poté se rychlostí 8 °C/min ohřály na teplotu 310 °C, na které setrvaly dalších 100 minut a poté se rychlostí 5 °C/min ohřály na teplotu 1100 °C. Po dosažení této teploty se  
35 vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 23,5 %, objemovou hmotností 388 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 6 do 192 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnil (zvětšily) o 3 až 22,5 %.

40 Na obr. 29 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 30 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 31 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.  
45

Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 32, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že  
50 výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením SiO<sub>2</sub> a nižším obsahem Na<sub>2</sub>O pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

## Příklad 8

5 Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 2,3 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5 vytvořila plastická hmota.

10 Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 7 °C/min na teplotu 150 °C, na které setrvaly 100 minut, poté se rychlostí 7 °C/min ohřály na teplotu 300 °C, na které setrvaly dalších 100 minut a poté se rychlostí 7 °C/min ohřály na teplotu 1100 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

15 Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 46,5 %, objemovou hmotností 276,8 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 26 do 254 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnila (zvětšily) o 3 až 75 %.

20 Na obr. 33 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 34 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 35 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natažení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

25 Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 36, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že 30 výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením SiO<sub>2</sub> a nižším obsahem Na<sub>2</sub>O pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

## Příklad 9

35 Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5 vytvořila plastická hmota.

40 Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 9 °C/min na teplotu 120 °C, na které setrvaly 150 minut, poté se rychlostí 9 °C/min ohřály na teplotu 315 °C, na které setrvaly dalších 45 90 minut a poté se rychlostí 2 °C/min ohřály na teplotu 1100 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

50 Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 51,6 %, objemovou hmotností 218,6 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 35 do 488 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnila (zvětšily) o 5 až 87,5 %.

Na obr. 37 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 38 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 39 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 121krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natažení a vzájemnému

slnutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

5 Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 40, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením  $\text{SiO}_2$  a nižším obsahem  $\text{Na}_2\text{O}$  pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této  
10 pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

#### Příklad 10

15 Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 2,3 a alkylnopolylglukosidu (APG; *D*-glukopyranosa/decyloktylglykosid, oligomerní) v hmotnostním poměru 100 : 3 : 2,5 vytvořila plastická hmota.

20 Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 72 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 6 °C/min na teplotu 150 °C, na které setrvaly 100 minut, poté se rychlostí 6 °C/min ohřály na teplotu 300 °C, na které setrvaly dalších 100 minut a poté se rychlostí 5 °C/min ohřály na teplotu 1300 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

25 Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 65,2 %, objemovou hmotností 229,5 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 24 do 508 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnila (zvětšily) o 10 až 112,5 %.

30 Na obr. 41 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 42 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 43 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natažení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

35 Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 44, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením  $\text{SiO}_2$  a nižším obsahem  $\text{Na}_2\text{O}$  pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této  
40 pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

#### Příklad 11

45 Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 2,3 a APG v hmotnostním poměru 100 : 3 : 1,5 vytvořila plastická hmota.

50 Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 8 °C/min na teplotu 160 °C, na které setrvaly 90 minut, poté se rychlostí 7 °C/min ohřály na teplotu 300 °C, na které setrvaly dalších 100 minut a poté se rychlostí 3 °C/min ohřály na teplotu 1300 °C. Po dosažení této teploty se  
55 vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 64,1 %, objemovou hmotností 259,2 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 26 do 262 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnilly (zvětšily) o 8 až 112,5 %.

5

Na obr. 45 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 46 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 47 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

10

Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 48, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením SiO<sub>2</sub> a nižším obsahem Na<sub>2</sub>O pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

15

#### 20 Příklad 12

Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 2,3 a APG v hmotnostním poměru 100 : 3 : 1 vytvořila plastická hmota.

25

Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 5 °C/min na teplotu 120 °C, na které setrvaly 180 minut, poté se rychlostí 9 °C/min ohřály na teplotu 300 °C, na které setrvaly dalších 100 minut a poté se rychlostí 8 °C/min ohřály na teplotu 1300 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

30

Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 57,4 %, objemovou hmotností 282,1 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 25 do 225 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnilly (zvětšily) o 8 až 100 %.

35

Na obr. 49 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 50 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 51 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

40

Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 52, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením SiO<sub>2</sub> a nižším obsahem Na<sub>2</sub>O pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

45

#### 50 Příklad 13

Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 3 : 1,5 vytvořila plastická hmota.

55

Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody.

5 Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 7 °C/min na teplotu 140 °C, na které setrvaly 100 minut, poté se rychlostí 7 °C/min ohřály na teplotu 280 °C, na které setrvaly dalších 120 minut a poté se rychlostí 5 °C/min ohřály na teplotu 1300 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

10 Plstická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 62,1 %, objemovou hmotností 252,5 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 26 do 193 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnilly (zvětšily) o 8 až 125 %.

Na obr. 53 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 54 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 55 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

20 Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 56, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením SiO<sub>2</sub> a nižším obsahem Na<sub>2</sub>O

25 pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

#### Příklad 14

30 Stejným způsobem jako v příkladu 1 z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 3 : 1 vytvořila plstická hmota.

Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody.

35 Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 7 °C/min na teplotu 150 °C, na které setrvaly 100 minut, poté se rychlostí 7 °C/min ohřály na teplotu 300 °C, na které setrvaly dalších 100 minut a poté se rychlostí 5 °C/min ohřály na teplotu 1300 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

45 Plstická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 57,4 %, objemovou hmotností 303,6 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 27 do 170 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnilly (zvětšily) o 8 až 100 %.

Na obr. 57 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 21krát, na obr. 58 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 120krát a na obr. 59 SEM snímek okraje tohoto výbrusu při zvětšení 120krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slinutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

55 Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 60, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že

výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením  $\text{SiO}_2$  a nižším obsahem  $\text{Na}_2\text{O}$  pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

5   Příklad 15

Stejným způsobem jako v příkladu 1 se z křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 a polyethylenglykolu 400 (PEG 400) v hmotnostním poměru 100 : 10 : 5 vytvořila plastická hmota.

10

Z této hmoty se následně ručním formováním vytvořily stejné vzorky ve tvaru válce jako v příkladu 1. Tyto vzorky se ponechaly odstát 48 hodin na šamotové podložce při laboratorní teplotě a atmosféře. Přitom se z nich samovolným odtokem a odparem odstranila část volné vody. Po odstávce se tyto vzorky ve sklářské peci ohřály rychlostí 7 °C/min na teplotu 150 °C, na které setrvaly 100 minut, poté se rychlostí 6 °C/min ohřály na teplotu 290 °C, na které setrvaly dalších 120 minut a poté se rychlostí 4 °C/min ohřály na teplotu 1300 °C. Po dosažení této teploty se vypnul ohřev pece a ta samovolně během 48 hodin vychladla na laboratorní teplotu.

15

Plastická hmota se během toho přetvořila na porézní sklokeramickou pěnu s pórovitostí 71,3 %, objemovou hmotností 151,5 kg/m<sup>3</sup> a velikostí (průměrem) pórů od 70 do 300 μm. Rozměry jednotlivých vzorků se změnila (zvětšily) o 10 až 100 %.

20

Na obr. 61 je SEM snímek výbrusu jednoho ze vzorků při zvětšení 19krát, na obr. 62 SEM snímek středu tohoto výbrusu při zvětšení 80krát a na obr. 63 při zvětšení 123krát. Z těchto snímků je patrné, že během slinování došlo k natavení a vzájemnému slnutí zrn křemičitého písku – jsou na nich viditelné spojovací krčky, vnitřní struktura sklokeramické pěny a její vysoká porozita.

25

Prvková analýza pomocí energiově disperzní spektroskopie (EDS) – viz obr. 64, na kterém je spektrum EDS připravené sklokeramické pěny, poukazuje na úplné vypálení polymerního plastifikátoru, přičemž roztavené zrno i vytvořený krček obsahují většinové zastoupení křemíku, přičemž v oblasti krčku je nepatrné, téměř nulové, zastoupení sodíku. Lze tedy konstatovat, že výsledkem je sklokeramická pěna s majoritním zastoupením  $\text{SiO}_2$  a nižším obsahem  $\text{Na}_2\text{O}$  pocházejícím z vodního skla. Současně lze předpokládat, že tyto dvě složky jsou ve struktuře této pěny rovnoměrně zastoupeny podobně jako ve struktuře sodnokřemičitého skla.

30

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Plastická hmota pro přípravu sklokeramické pěny s otevřenými póry, **vyznačující se tím**, že je tvořená homogenní směsí vysoce křemičitého písku se střední velikostí zrna 200 až 300  $\mu\text{m}$ , sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 až 3,2 a nízkomolekulárního organického plastifikátoru v hmotnostním poměru 100 : (3 až 10) : (1 až 5).
2. Plastická hmota podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nízkomolekulárním organickým plastifikátorem je polyethylenglykol 400.
3. Plastická hmota podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že je tvořená homogenní směsí vysoce křemičitého písku, sodného vodního skla s křemičitým modulem 3,2 a polyethylenglykolu 400 v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5.
4. Sklokeramická pěna s otevřenými póry vytvořená slinování plastické hmoty podle libovolného z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že je tvořená porézní strukturou spečených zrn křemičitého písku, má pórovitost 20 až 80 %, objemovou hmotnost 150 až 400  $\text{kg/m}^3$ , velikost (průměr) pórů 5 až 650  $\mu\text{m}$ .
5. Způsob přípravy sklokeramické pěny s otevřenými póry podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že se vytvoří homogenní směs vysoce křemičitého písku se střední velikostí zrna 200 až 300  $\mu\text{m}$ , sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 až 3,2 a nízkomolekulárního organického plastifikátoru v hmotnostním poměru 100 : (3 až 10) : (1 až 5), přičemž v této směsi dochází samovolně působením vodního skla k naleptávání povrch zrn křemičitého písku, poté se tato směs rychlostí 2 až 15  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ohřeje na teplotu 120 až 180  $^{\circ}\text{C}$  a setrvá na ní 60 až 180 minut, přičemž se z ní odpaří volná i vázaná voda, a poté se tato směs rychlostí 2 až 15  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ohřeje na teplotu 270 až 330  $^{\circ}\text{C}$  a setrvá na ní dalších 60 až 180 minut, přičemž se z ní vypálí nízkomolekulární organický plastifikátor, a poté se tato směs rychlostí 2 až 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ohřeje na teplotu 1100 až 1500  $^{\circ}\text{C}$ , přičemž se dále natavují a spojují zrna křemičitého písku, v důsledku čehož se fixuje jejich prostorové uspořádání, čímž se vytváří sklokeramická pěna tvořená porézní strukturou spojených natavených zrn křemičitého písku, s pórovitostí 20 až 80 %, objemovou hmotností 150 až 400  $\text{kg/m}^3$ , velikostí (průměrem) pórů 5 až 650  $\mu\text{m}$ .
6. Způsob přípravy sklokeramické pěny s otevřenými póry podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že se vytvoří homogenní směs vysoce křemičitého písku se střední velikostí zrna 200 až 300  $\mu\text{m}$ , sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 až 3,2 a nízkomolekulárního organického plastifikátoru v hmotnostním poměru 100 : (3 až 10) : (1 až 5), přičemž v této směsi dochází samovolně působením vodního skla k naleptávání povrch zrn křemičitého písku, poté se tato směs rychlostí 6 až 9  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ohřeje na teplotu 120 až 180  $^{\circ}\text{C}$  a setrvá na ní 90 až 180 minut, přičemž se z ní odpaří volná i vázaná voda, a poté se tato směs rychlostí 6 až 9  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ohřeje na teplotu 270 až 330  $^{\circ}\text{C}$  a setrvá na ní dalších 90 až 180 minut, přičemž se z ní vypálí nízkomolekulární organický plastifikátor, a poté se tato směs rychlostí 3 až 5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ohřeje na teplotu 1150 až 1400  $^{\circ}\text{C}$ , přičemž se dále natavují a spojují zrna křemičitého písku, v důsledku čehož se fixuje jejich prostorové uspořádání, čímž se vytváří sklokeramická pěna tvořená porézní strukturou spojených natavených zrn křemičitého písku, s pórovitostí 20 až 80 %, objemovou hmotností 150 až 400  $\text{kg/m}^3$ , velikostí (průměrem) pórů 5 až 650  $\mu\text{m}$ .
7. Způsob přípravy sklokeramické pěny s otevřenými póry podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že se vytvoří homogenní směs vysoce křemičitého písku se střední velikostí zrna 200 až 300  $\mu\text{m}$ , sodného vodního skla s křemičitým modulem 1,9 až 3,2 a nízkomolekulárního organického plastifikátoru v hmotnostním poměru 100 : 6 : 2,5, přičemž v této směsi dochází samovolně působením vodního skla k naleptávání povrch zrn křemičitého písku, poté se tato směs rychlostí 7  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ohřeje na teplotu 150  $^{\circ}\text{C}$  a setrvá na ní 100 minut, přičemž se z ní odpaří volná i vázaná voda, a poté se tato směs rychlostí 7  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ohřeje na teplotu 300  $^{\circ}\text{C}$  a setrvá na ní dalších 100 minut, přičemž se z ní vypálí nízkomolekulární organický plastifikátor, a poté se tato směs rychlostí 7  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ohřeje na teplotu 1200 až 1400  $^{\circ}\text{C}$ , přičemž se dále natavují a spojují zrna křemičitého

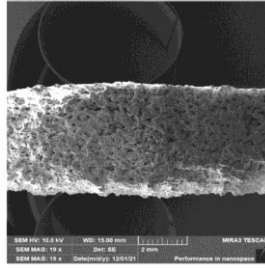
písku, v důsledku čehož se fixuje jejich prostorové uspořádání, čímž se vytváří sklokeramická pěna tvořená porézní strukturou spojených natavených zrn křemičitého písku, s pórovitostí 20 až 80 %, objemovou hmotností 150 až 400 kg/m<sup>3</sup>, velikostí (průměrem) pórů 5 až 650 μm.



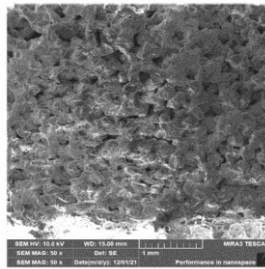
Obr. 1



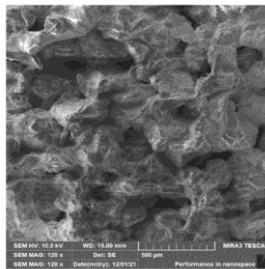
Obr. 2



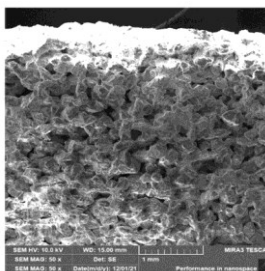
Obr. 3



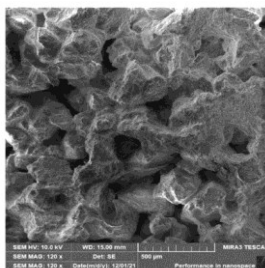
Obr. 4



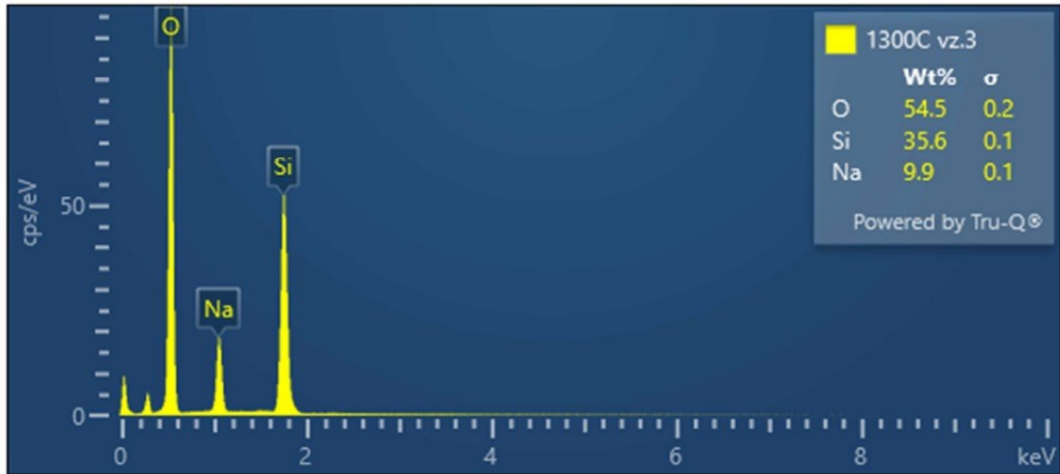
Obr. 5



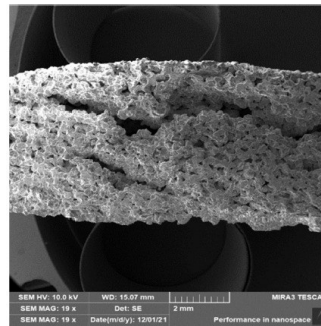
Obr. 6



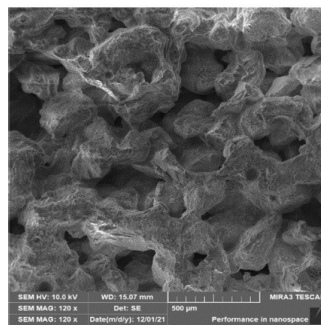
Obr. 7



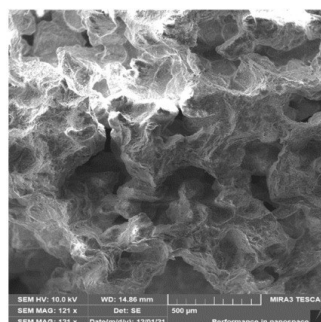
Obr. 8



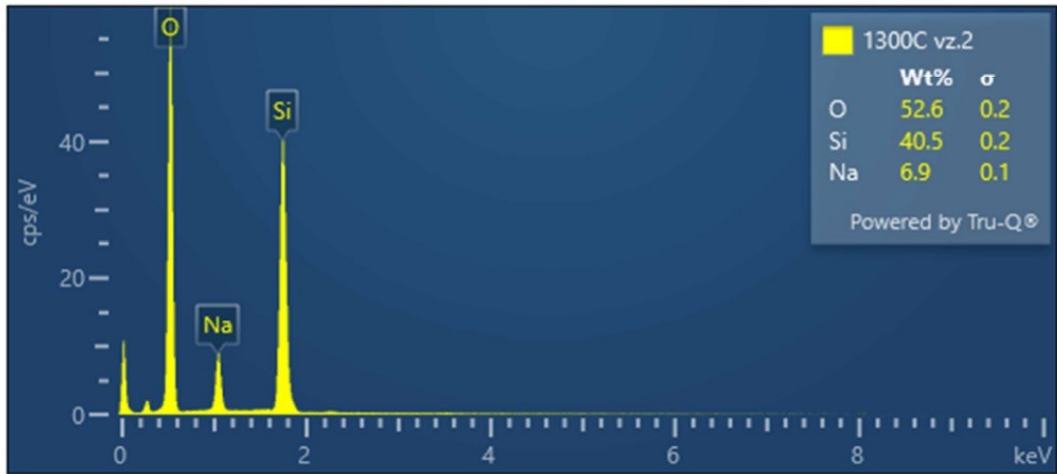
Obr. 9



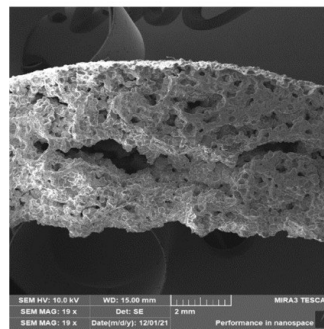
Obr. 10



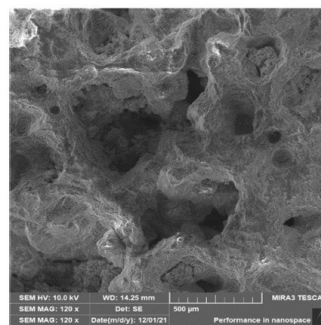
Obr. 11



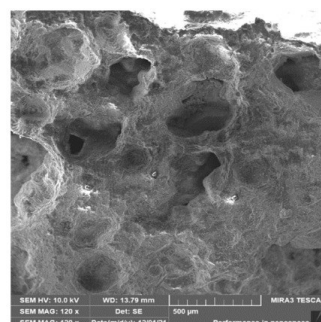
Obr. 12



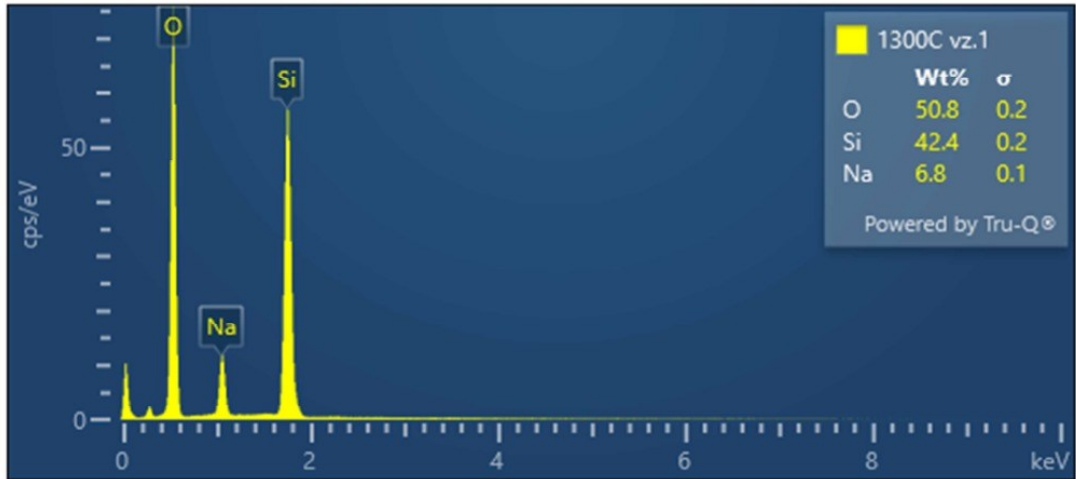
Obr. 13



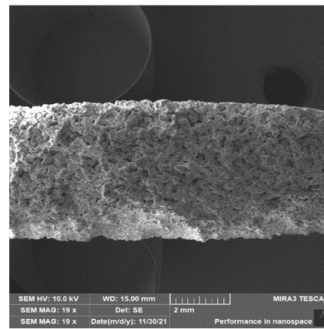
Obr. 14



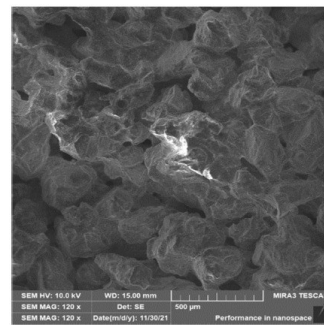
Obr. 15



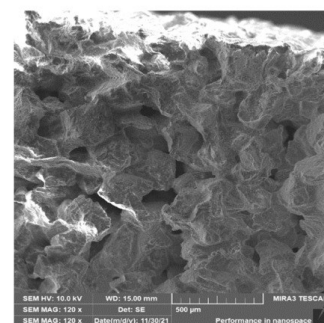
Obr. 16



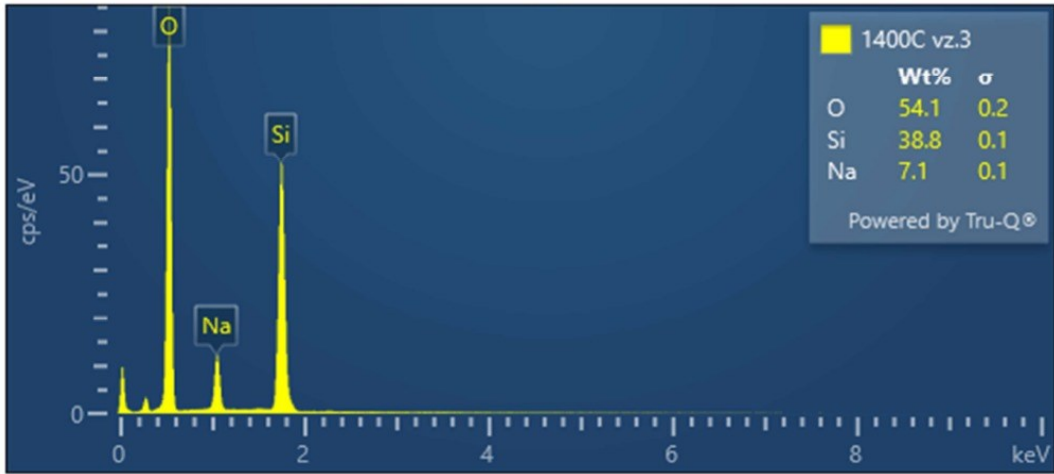
Obr. 17



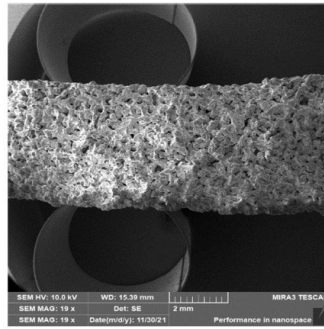
Obr. 18



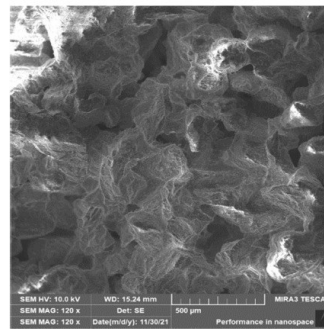
Obr. 19



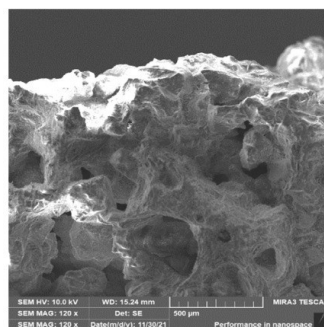
Obr. 20



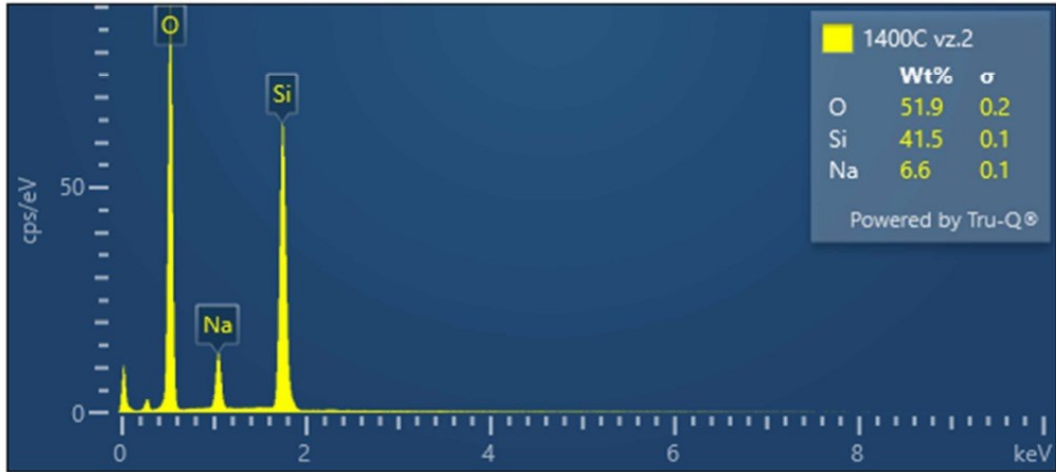
Obr. 21



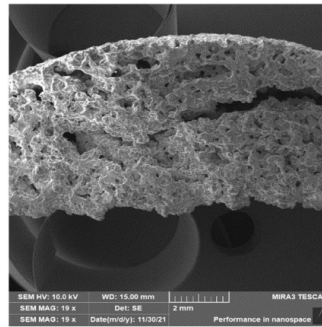
Obr. 22



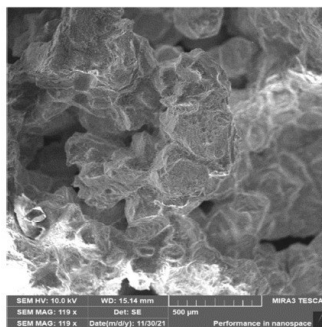
Obr. 23



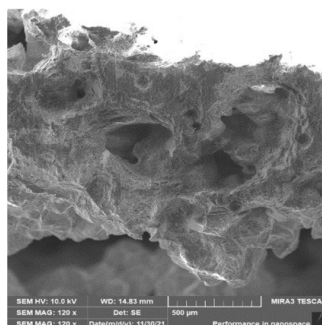
Obr. 24



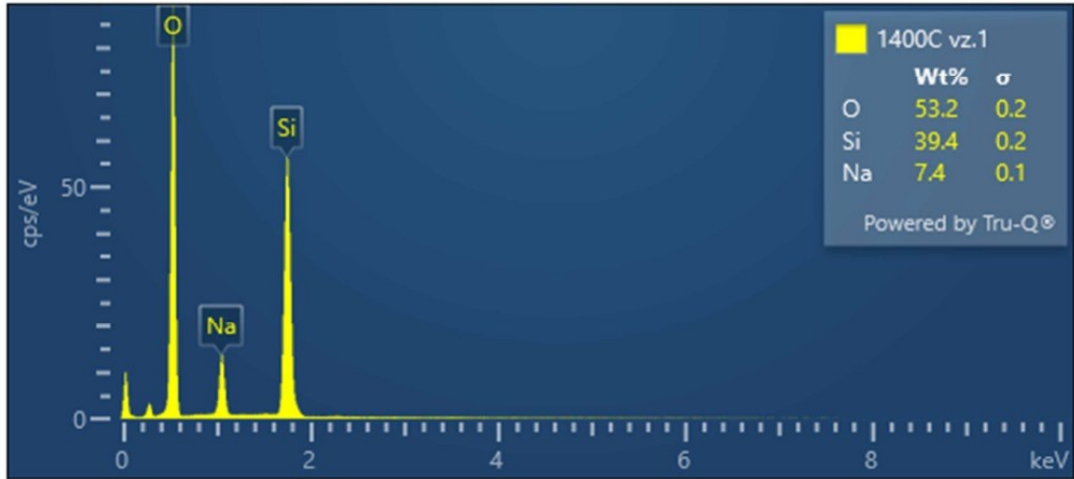
Obr. 25



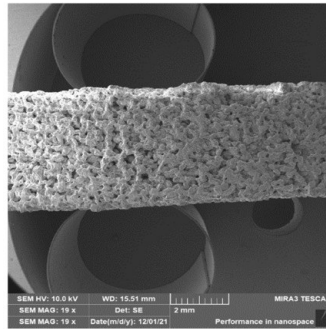
Obr. 26



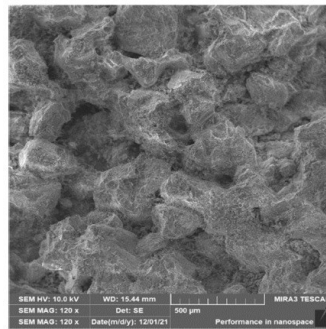
Obr. 27



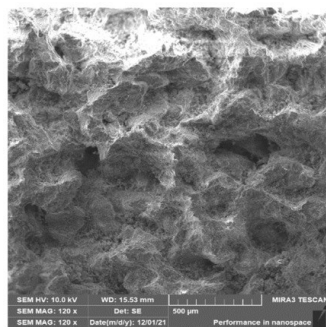
Obr. 28



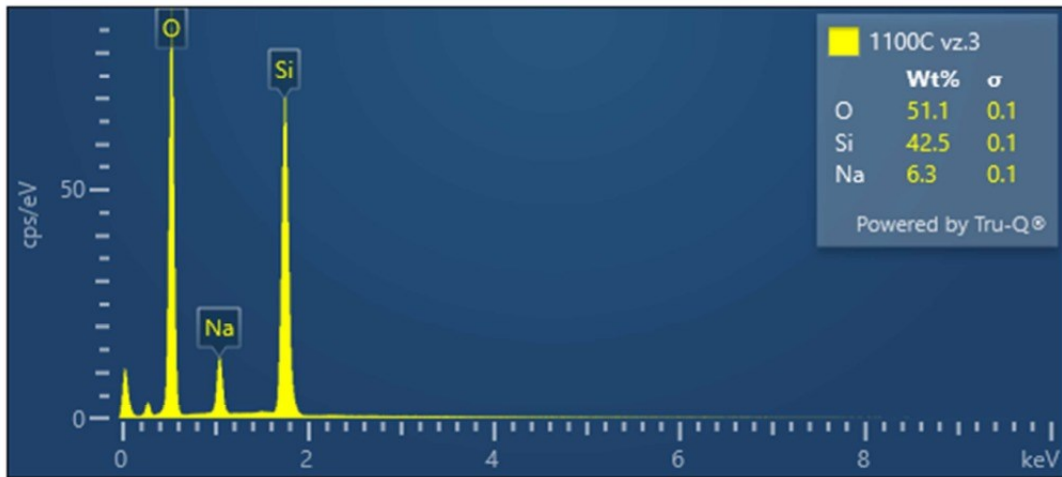
Obr. 29



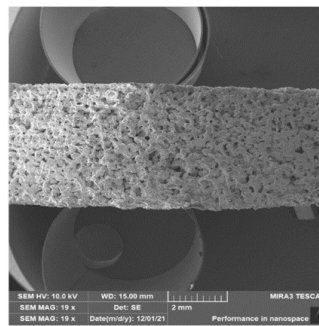
Obr. 30



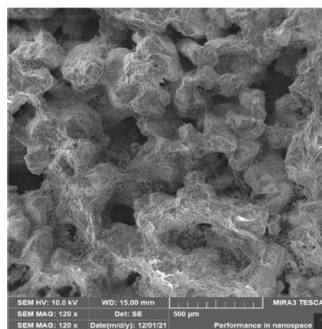
Obr. 31



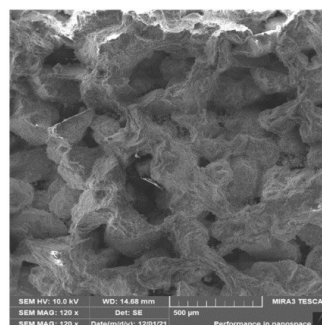
Obr. 32



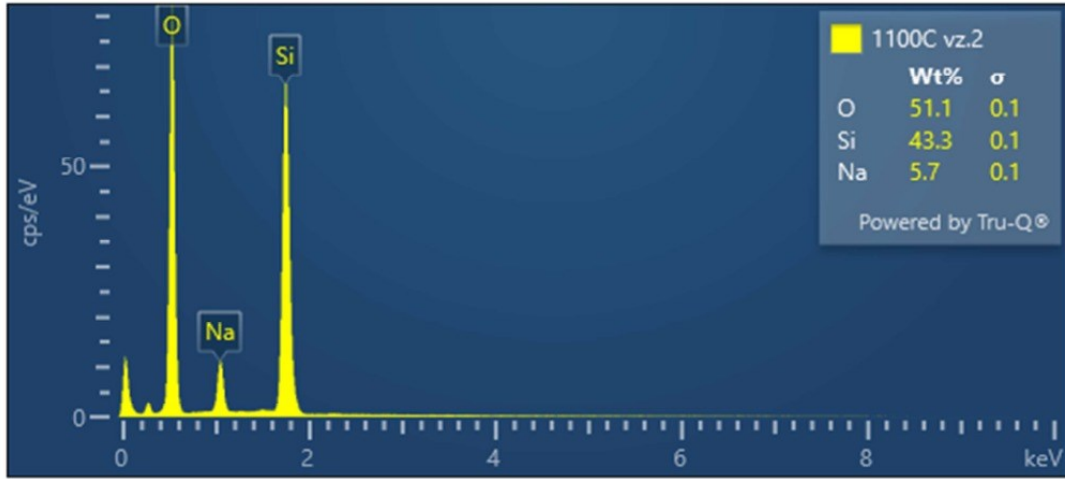
Obr. 33



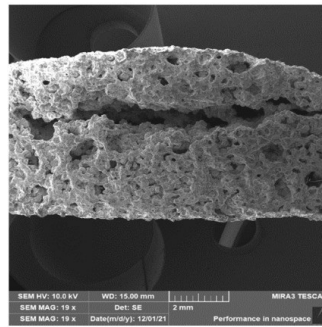
Obr. 34



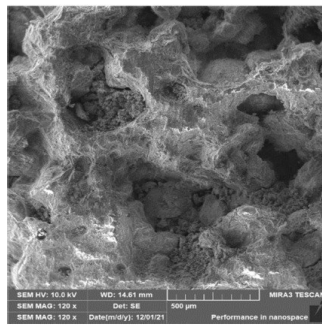
Obr. 35



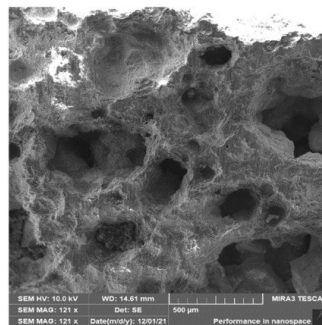
Obr. 36



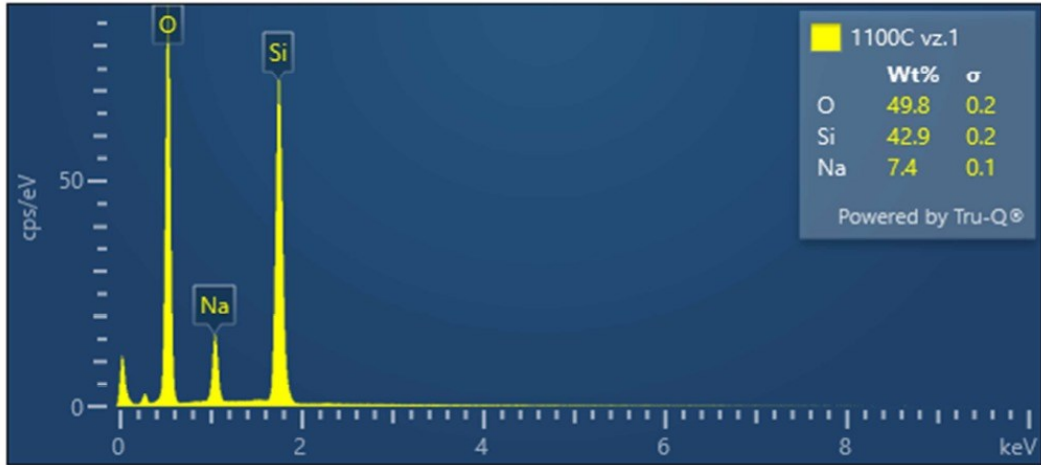
Obr. 37



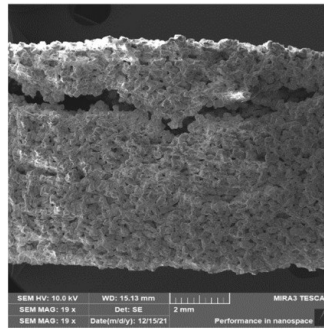
Obr. 38



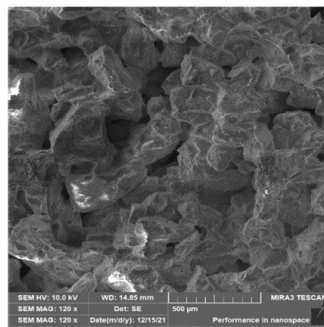
Obr. 39



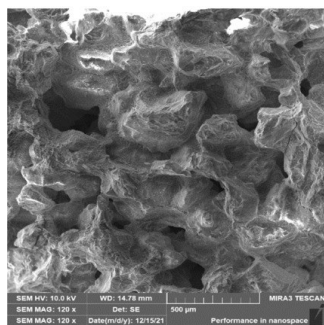
Obr. 40



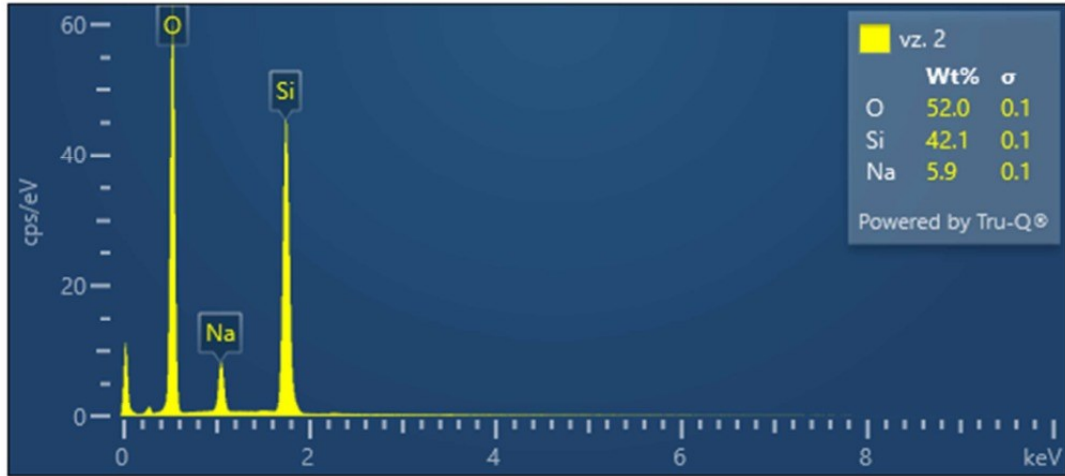
Obr. 41



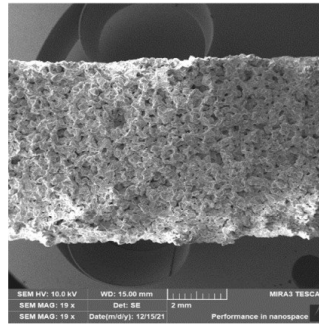
Obr. 42



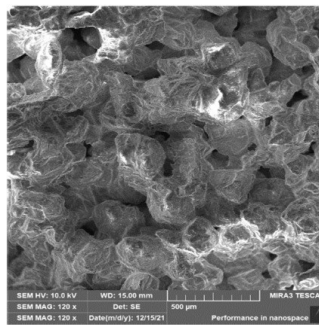
Obr. 43



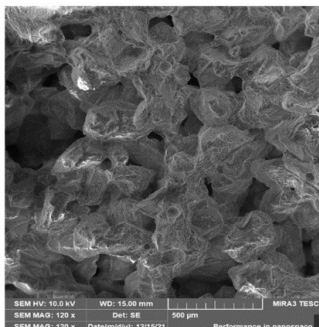
Obr. 44



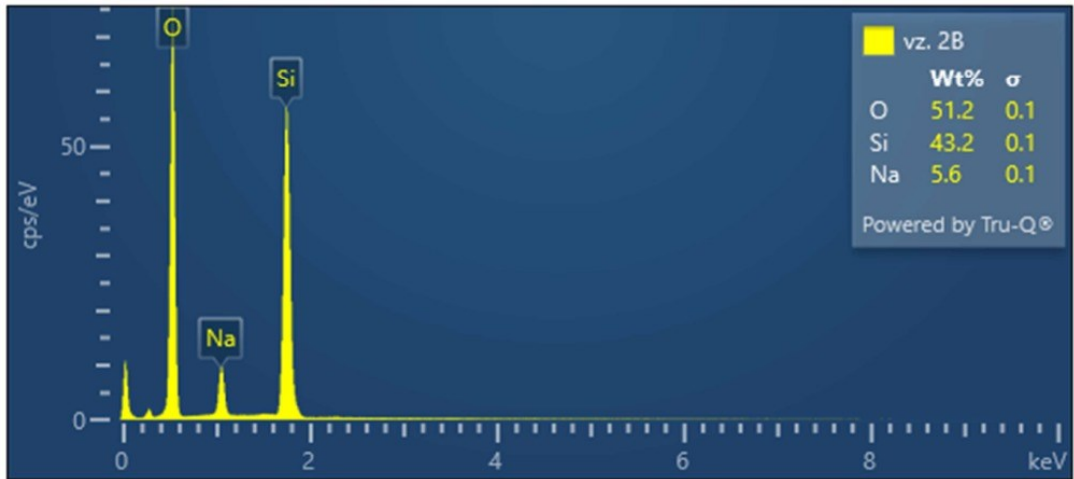
Obr. 45



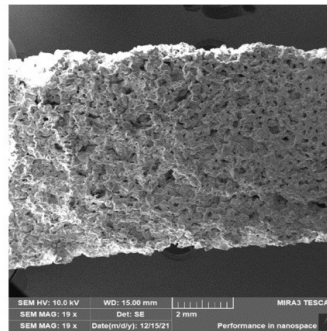
Obr. 46



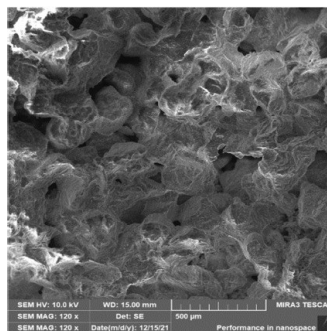
Obr. 47



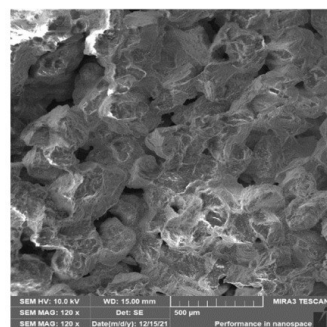
Obr. 48



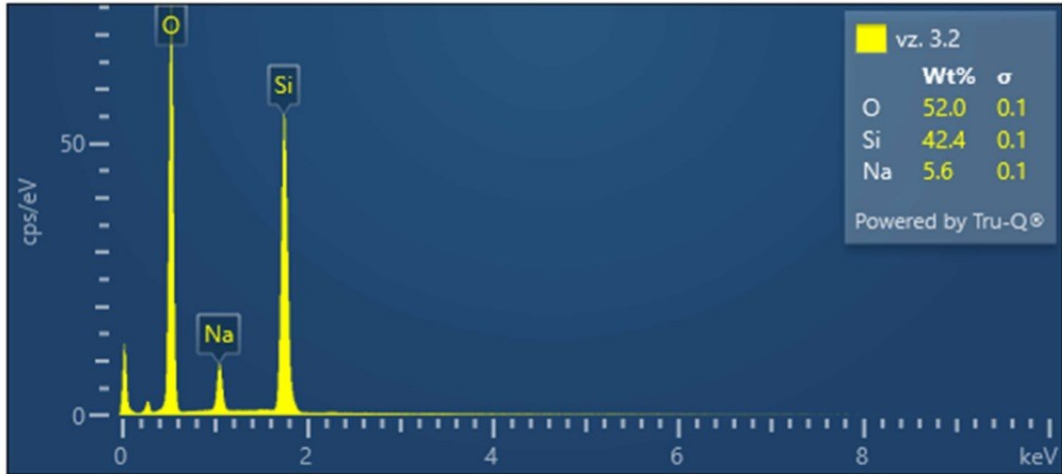
Obr. 49



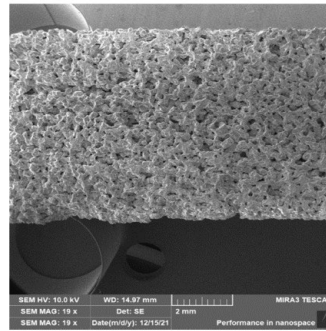
Obr. 50



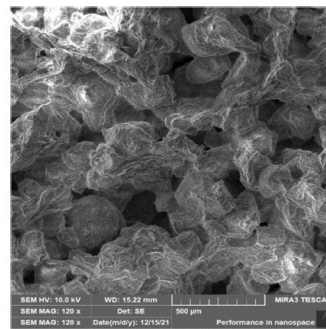
Obr. 51



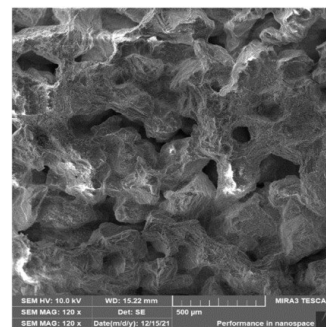
Obr. 52



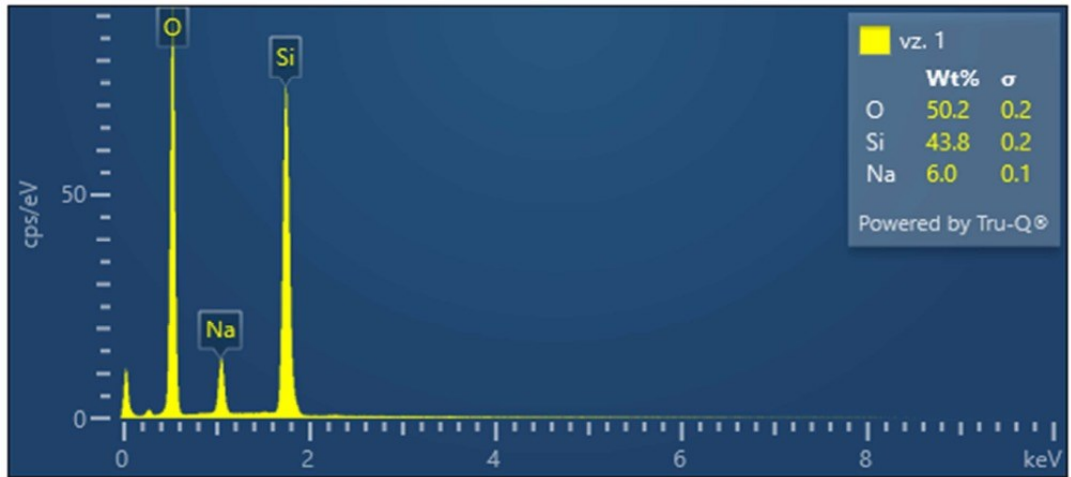
Obr. 53



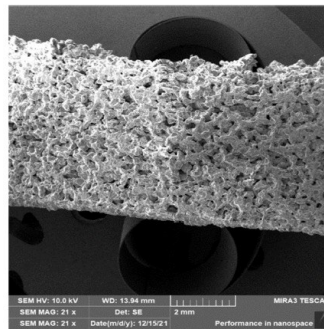
Obr. 54



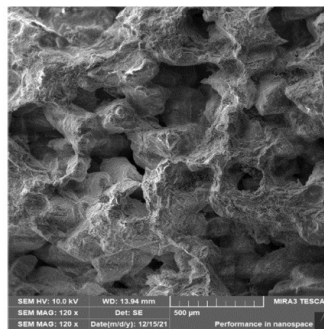
Obr. 55



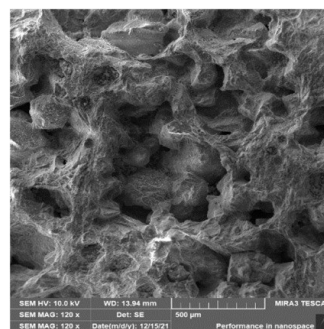
Obr. 56



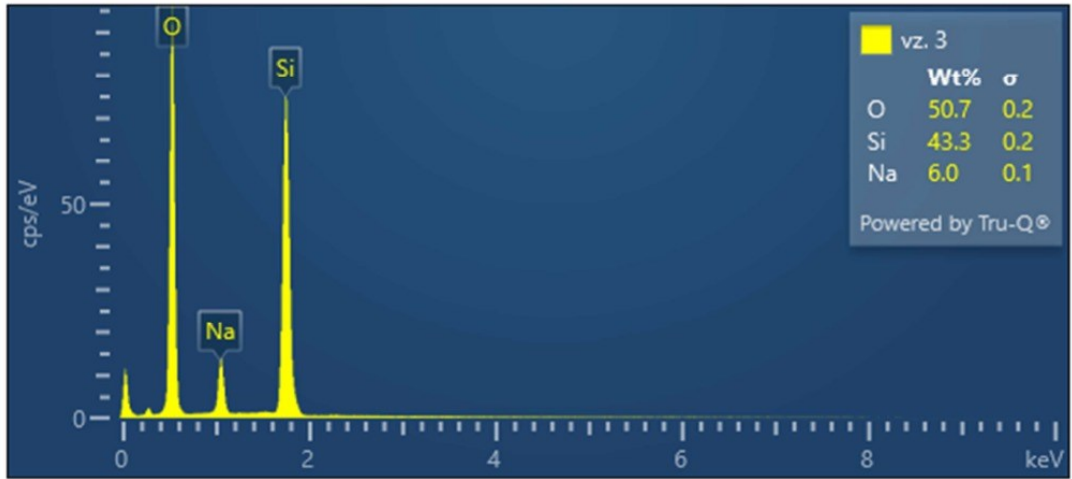
Obr. 57



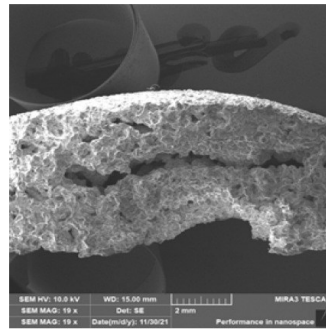
Obr. 58



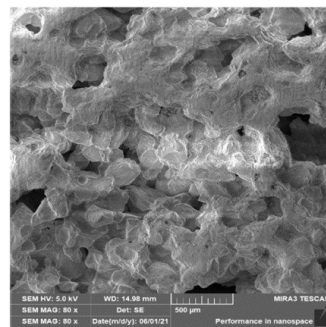
Obr. 59



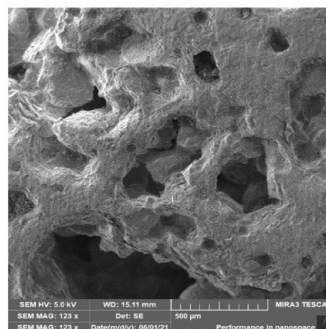
Obr. 60



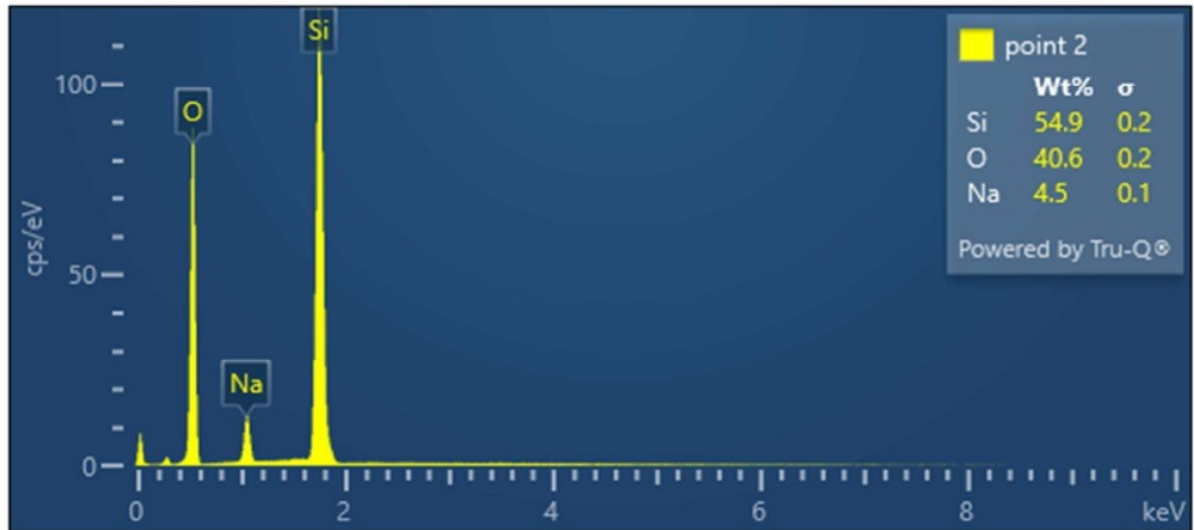
Obr. 61



Obr. 62



Obr. 63



Obr. 64