

Raziskave uporabnosti porcelanske črepinje pri pripravi gliničnega porcelana C-120

Helena Razpotnik^{1,3}, Ivan Lavrač¹, Janez Holc², Danjela Kuščer², mentor Marija Kosec²

¹ ETI Elektroelement d.d. Izlake, Slovenija

² Odsek za elektronsko keramiko, Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija

³ Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana (Ekotehnologija, 2. leto)

helena.razpotnik@eti.si

Povzetek. Razvoj novih elektrotehničnih izdelkov ali samo izboljšanje obstoječih pogosto terjaja od vgrajenih materialov več kot opredeljuje standard. Pri gliničnih porcelanih se pojavljajo predvsem zahteve po višji mehanski trdnosti, enostavnejši izdelavi in ponovni uporabi odpadne porcelanske črepinje. Za izboljšanje mehanskih lastnosti gliničnega porcelana smo uporabili pristope z izboljšanjem mikrostrukture, kot so zmanjšanje količine velikih kremenovih zrn, zmanjšanje aglomeratov korunda ter na drugi strani zmanjšanje večjih področij taline in zmanjšanje skupkov por. V proizvodnji porcelanskih izdelkov nastaja odpad, imenovan porcelanska črepinja, ki ima enako sestavo kot osnovna masa in je kot tak primeren za uporabo v pripravi gliničnih porcelanov. Del surovin smo nadomestili s porcelansko črepinjo in izdelali glinični porcelan z ohranjenimi mehanskimi lastnostmi - izmerili smo enake upogibne trdnosti kot pri izboljšanem gliničnem porcelanu.

Keywords: Glinični porcelan, tehnološki odpadki, porcelanska črepinja, mehanska trdnost, mikrostruktura

Uvod

Porcelan predstavlja enega najbolj kompleksnih keramičnih materialov v vseh pogledih izdelave, od surovin, priprave, oblikovanja do kompleksnosti mikrostrukture in fazne sestave. Osnovne sestavine materiala za izdelavo porcelanskih izdelkov so naravne surovine. Vsebujejo 50% gline, ki ima vlogo veziva med ostalimi komponentami v surovem stanju, daje porcelanu plastičnost v prisotnosti vode in s tem možnost oblikovanja ter primerno trdnost izdelka po

sušenju, ki omogoča nadaljne delo; 25% talila, ki je nizko taljiva faza in reagira z ostalimi sestavinami ter znižuje temperaturo nastanka tekoče faze v sistemu, ter 25% polnila, ki je precej stabilna faza pri temperaturi sintranja in drži obliko izdelka med žganjem ter zmanjšuje krčenje in deformacijo telesa. Polnilo je lahko kremen ali korund, kjer se zahteva višje mehanske trdnosti. Navedeni deleži surovin so približni, praktične sestave so prilagojene zahtevanim karakteristikam posameznih materialov [1,2].

Elektrotehnični porcelan je silikatni material, ki je glede na karakteristike primeren za uporabo v elektrotehniko. To je material z visoko dielektrično trdnostjo in mehansko trdnostjo, dobro odpornostjo proti koroziji, staranju in kemikalijam, dobrimi izolacijskimi lastnostmi in dobro temperaturno odpornostjo. Pri izdelavi porcelana je ključnega pomena žganje, kjer poteka proces sintranja z zgoščevanjem v prisotnosti tekoče faze. Različni procesi, kot so taljenje, združevanje in rast por, prispevajo k zgoščevanju. Ostali procesi, ki potekajo med žganjem, so razkroj glinenih mineralov, nastajanje steklaste faze, delno taljenje glincev in kremenca, glede na položaj evtektika, nastanek mulita in njegova rast. Stopnja zgoščevanja in mikrostruktura sta odvisni predvsem od mineraloške sestave surovin in dosežene stopnje ravnotežja. Lastnosti porcelana, kot so gostota, poroznost, mehanska trdnost, električne in termične lastnosti materialov, so odvisne od kemijske in mineraloške sestave, poleg tega pa tudi od razporeditve posameznih faz, njihove velikosti in oblike. Mikrostruktura gliničnega porcelana vključuje korundne ploščice, ki predstavljajo skelet porcelana, področja taline in kremenova zrna, ki izhajajo iz glinenih komponent in glinenca. Vključki zraka predstavljajo pore, ki so lahko različno razporejene, različnih oblik in velikosti. Porcelan dobi pravo vrednost šele z optimizacijo mikrostrukture [3].

1.1 Reciklaža porcelanske črepinje

Zahteve okoljske zakonodaje povečujejo pritisk na podjetja, da izboljšajo kvaliteto procesov in produktov z vidika ekoloških zahtev. Proizvodnja tehnične keramike se tako sooča z dvema problemoma: naravne surovine so vse dražje ter odpadni material postaja vse večje stroškovno breme. Večja poraba naravnih surovin pomeni nevarnost izčrpanja neobnovljivih virov, v proizvodnji novih izdelkov nastaja vse več odpadkov, ki jih je čedalje težje odstranjevati. [4]

Nekateri odpadki so v osnovni sestavi podobni surovinam, ki se uporabljajo v proizvodnji keramike in vsebujejo ne samo materiale, ki so kompatibilni, pač pa tudi materiale, ki lahko pozitivno vplivajo na proces proizvodnje in karakteristike silikatne keramike celo izboljšajo. Tako odpadki v nekaterih primerih predstavljajo tudi tehnično prednost. [5]

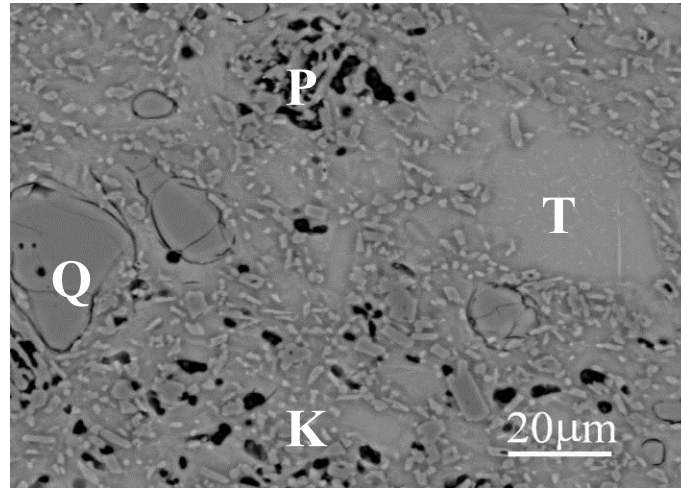
Izboljšanje mehanskih lastnosti gliničnega porcelana s spremembo mikrostrukture ob uporabi porcelanske črepinje

Izhodišče raziskav je bila analiza referenčnega gliničnega porcelana, pri kateri smo pregledali mikrostrukture (SEM, Jeol 5800) in izmerili upogibno trdnost na napravi s tritočkovnim vpetjem (Netzsch 401/3). SEM analiza je pokazala, da je mikrostruktura precej nehomogena, prisotna so večja kremenova zrna, ki merijo do 50 μm in večja področja taline, ki tudi merijo do 50 μm . Obdana so s korundnimi zrnji, ki so večkrat aglomerirana. Prisotnih je tudi veliko por, ki so posamezne ali združene v skupke, ki predstavljajo območja, velika tudi do 40 μm (slika 1).

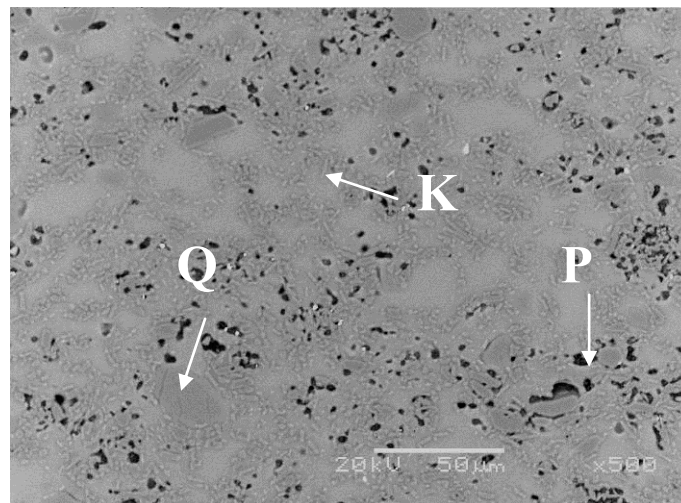
Da bi izboljšali upogibno trdnost gliničnega porcelana, smo raziskave usmerili v izboljšanje homogenosti mikrostrukture in sicer :

- zmanjšanje prisotnosti velikih kremenovih zrn
- odpravo ali zmanjšanje skupkov in aglomeratov korundnih zrn
- zmanjšanje večjih področij taline
- zmanjšanje prisotnosti por, predvsem zmanjšanje skupkov por
- splošno izboljšanje homogenosti mikrostrukture.

Po izpopolnjenem postopku priprave smo izdelali izboljšani glinični porcelan, na katerem smo pri pregledu mikrostrukture ugotovili, da se je homogenost mikrostrukture izboljšala. Prisotna so še področja skupkov por, vendar jih je manj kot pri referenčnem gliničnem porcelanu. Kremenova zrna so manjša, do velikosti 20 μm , večja zrna, ki merijo do 40 μm , so izjeme. Korundna zrna so precej homogeno razporejena, večjih področij talin ni (slika 2).



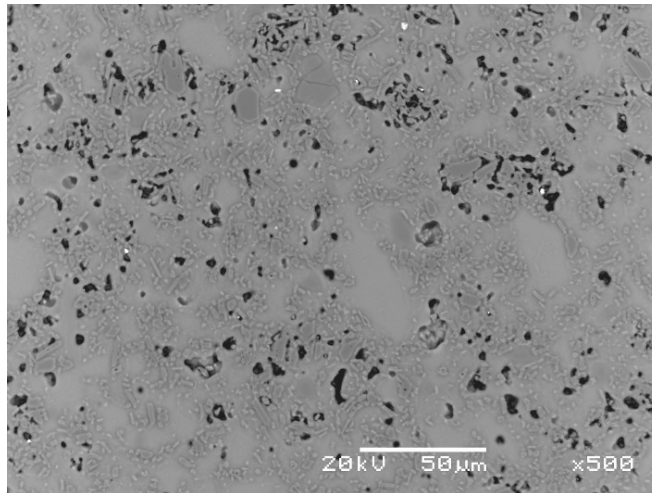
Slika 1 Mikrostruktura referenčnega gliničnega porcelana; Q – kremen, T – talina, K – korund, P - pora



Slika 2 Mikrostruktura izboljšane gliničnega porcelana ; Q – kremen, T – talina, K – korund, P - pora

Vzorcu izboljšane gliničnega porcelana smo izmerili upogibno trdnost 133 ± 7 MPa, kar pomeni glede na referenčni glinični porcelan, kjer smo izmerili upogibno trdnost 112 ± 5 MPa, 18% zvišanje upogibne trdnosti.

V proizvodnji izdelkov iz gliničnega porcelana nastaja odpad, imenovan porcelanska črepinja, ki ima enako sestavo kot osnovna masa in je kot tak primeren za uporabo v pripravi gliničnih porcelanov. Del surovin smo nadomestili s porcelansko črepinjo, ki smo jo dodali v različnih deležih od 8 ut.% do 32 ut.%. Glinični porcelan z dodatkom porcelanske črepinje smo izdelali po originalno optimiziranem postopku.



Slika 3 Mikrostruktura izboljšanega gliničnega porcelana z dodatkom 24 ut.% porcelanske črepinje.

Pri gliničnem porcelanu z različnimi količinami dodatka porcelanske črepinje se je upogibna trdnost le malo spreminjala. Pri gliničnem porcelanu brez porcelanske črepinje je bila upogibna trdnost 130 ± 7 MPa, pri dodatku 8 ut.% porcelanske črepinje je bila 131 ± 5 MPa, pri 32 ut.% pa je bila 132 ± 3 MPa. Mikrostruktura gliničnega porcelana z dodatkom porcelanske črepinje (slika 3) je primerljiva z mikrostrukturo izboljšanega gliničnega porcelana brez dodatka porcelanske črepinje (slika 2).

Izdelali smo glinični porcelan z dodatkom porcelanske črepinje z izboljšanimi mehanskimi lastnostmi, ki so posledica bolj homogene mikrostrukture. Z dodatkom porcelanske črepinje v območju od 8 do 32 ut.% se upogibna trdnost ni spremenila.

Literatura:

- [1] J. Carty, M.; Senapati, W. U. Porcelan-Raw Materials, Processing, Phase Evolution, and Mechanical Behavior. *J.American Society*, 81 (1), 3-20
- [2] Chiang, Y. M.; Birnie, D. P. III; Kingery, W. D. Physical ceramics, J. Wiley & Sons, New York, 522 p. (1997)
- [3] Oberžan, M. High-alumina porcelain with improved mechanical and thermal properties, *Doctoral dissertation* (2009)
- [4] Segadaes, A. M. Use of phase diagrams to guide ceramic production from wastes. *Advances in Applied Ceramics*, 105 (1) (2006)
- [5] Hendrickson, C.; Horvath, A.; Joshi, S.; Lave, L. Economic Input-Output Models for Environmental Life-Cycle Assessment. *Env. Sci.&Tech. Policy Analysis*, 32, (7) (1998)
- [6] Fassbinder, G. A new ceramic body concept for high strength high voltage insulators. *Journal of German Ceramic Society*, 79 (8) (2002)

Za širši interes

Novi elektrotehnični izdelki so podvrženi vse večjim obremenitvam, kar zahteva uporabo materialov z nadstandardnimi karakteristikami. Pri gliničnih porcelanih se pojavljajo predvsem zahteve po višji mehanski trdnosti, enostavnejši izdelavi in ponovni uporabi odpadnega žganega porcelana, tj. porcelanske črepinje.

Po natančni analizi mikrostrukture obstoječega gliničnega porcelana smo sklepali, da mehansko trdnost lahko izboljšamo z izboljšanjem homogenosti mikrostrukture. S spremenjeno pripravo smo izdelali glinični porcelan z izboljšano homogenostjo mikrostrukture. Mehanska trdnost gliničnega porcelana se je izboljšala. Izmerili smo 18% višjo upogibno trdnost kot pri referenčnem gliničnem porcelanu.

V proizvodnji porcelanskih izdelkov nastaja odpadek, ki izvira iz tehnološke obdelave. Odpadni žgani porcelan – porcelanska črepinja ima enako sestavo kot osnovna masa in je kot tak primeren za ponovno uporabo. Del surovin smo nadomestili s porcelansko črepinjo in izdelali glinični porcelan z ohranjenimi mehanskimi lastnostmi - izmerili smo enake upogibne trdnosti kot pri izboljšanem gliničnem porcelanu.