

Raziskave uporabnosti boksita in surove gline Brežice pri izdelavi mulitnih opek

Mulitne opeke spadajo v grupo visokogliničnih ognjeodpornih opek, ki so dobro odporne proti kombiniranim korozijskim mehanskim in temperaturnim obremenitvam. Kot osnovne surovine za izdelavo teh opek smo uporabili sintetičen mulit (pripravili smo ga iz boksita in gline), sortirane šamotne odpadke in vezivno glino.

Pri izdelavi sintetičnega mulita in mulitnih opek morajo biti vse surovine fino zmlete, ker le na ta način dobimo veliko stično površino med glino in boksitom. Od njene velikosti je namreč v veliki meri odvisna intenzivnost kemičnih reakcij — nastajanje mulita in tvorba steklaste faze (sintranje).

Mulitne opeke, izdelane iz sintetičnega mulita (pripravljen iz boksita Gvajana in surove gline Brežice z žganjem na 1400°C), oblikovane pod pritiskom vsaj 400 kp/cm² in žgane odvisno od sestave mulitne mase v temp. območju od 1400 do 1500°C, imajo odlične fizikalno kemične lastnosti. Uporabljamo jih lahko za obzidavo korozijsko, mehansko in temperaturno obremenjenih delov peči.

UVOD

Mulitne opeke so zaradi višje vsebnosti Al₂O₃ korozijsko in temperaturno odpornejše od šamotnih opek ter zato tudi primernejše za obzidavo metalurških peči, ki so skoraj vedno podvržene tako visokim temperaturnim obremenitvam kot tudi močnemu korozijskemu delovanju zelo agresivnih snovi, kot so žlindra, škaja in podobno.

Agresivnost posameznih komponent žlindre lepo prikazuje diagram št. 1.

Ugoden vpliv višje vsebnosti Al₂O₃ na korozijsko odpornost šamotnih opek pa je prikazan v diagramu št. 2.

Iz prikazanega diagrama korozijske odpornosti šamotnih opek je razvidno, da so mulitne opeke, ki vsebujejo nad 50 % Al₂O₃ in imajo po diagramu ca. 2 % korozijo, približno 2 × odpornejše proti koroziji kot običajne šamotne opeke (ca. 20–40 % Al₂O₃), ki imajo po diagramu ca. 3,5–4,5 % korozijo.

Visoki odstotek Al₂O₃ lahko dobimo v šamotnih opekah tako, da pri izdelavi opek uporabljamo surovine, ki so bogate na Al₂O₃, to so korund, boksit, mulit itd. Elektro taljeni korund in boksit

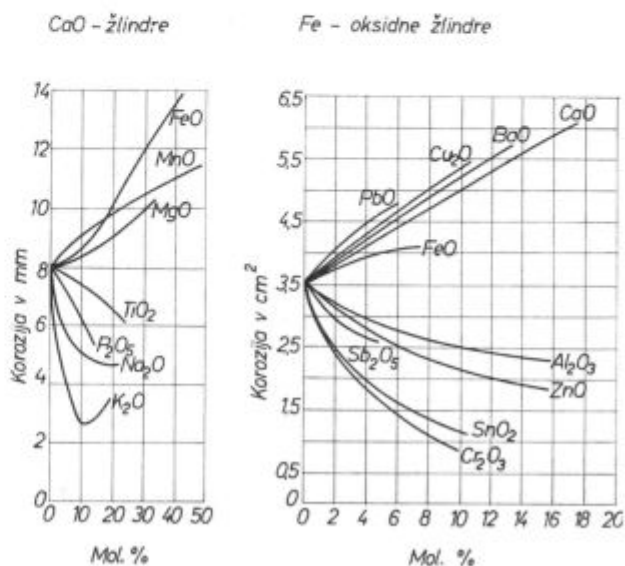


Diagram št. 1

Vpliv posameznih komponent na korozijo bazičnih žlinder

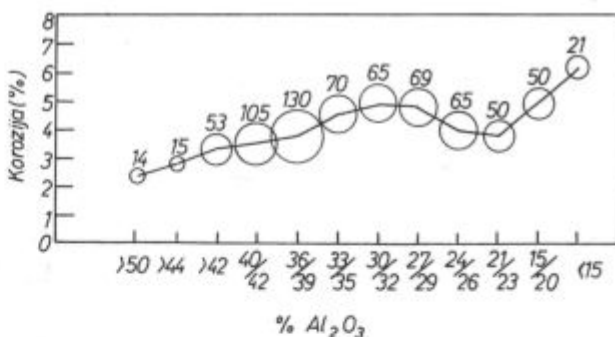


Diagram št. 2

Vpliv Al₂O₃ na korozijsko odpornost šamotov

(predžgan na temp. 1560°C) se uporabljata predvsem za izdelavo opek z več kot 70 % Al₂O₃. Te visokoglinične opeke imenujemo korundne, oz. boksitne opeke. Ker je samo predžganje boksita zelo težavno (1560°C), je primernejše, če fino zdrobljen surovi boksit najprej pomešamo in prenetemo s surovo glino ter zatem z žganjem na temp. 1400°C dobimo sintetičen mulit, ki je zelo kvalitetna surovina za izdelavo visokogliničnih — mulitnih opek, ki vsebujejo ca. 50–70 % Al₂O₃.

MIKRO IN MAKROSKOPSKA ZGRADBA MULITNIH OPEK

1. Kemijska in mineraloška sestava mulitnih opek

Mulitne opeke so visokoglinične opeke. Visok odstotek Al_2O_3 je pri njih dosežen z dodatkom sintetičnega mulita. Mineraloška sestava mulitnih opek in sintetičnega mulita je razvidna iz faznega diagrama $SiO_2 - Al_2O_3$ (glej diagram št. 3).

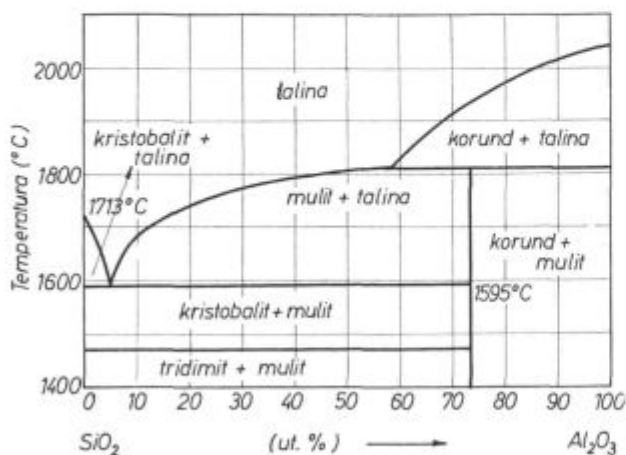
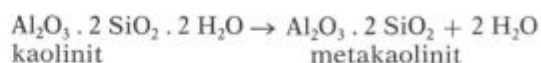


Diagram št. 3
Sistem $SiO_2 - Al_2O_3$

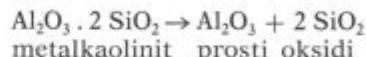
Kemijske reakcije žganja sintetičnega mulita, ki smo ga pripravili iz kalciniranega boksita in surove gline ter žganja mulitnih opek, ki smo jih

pripravili iz sintetičnega mulita, šamota in surovih glin, so sledeče:

— razgradnja glinenih mineralov pri temperaturi ca. $500^\circ C$



— razpad metakaolinita v temp. območju 700 do $780^\circ C$



— nastajanje mulita pri temperaturah nad $900^\circ C$
 $3 Al_2O_3 + 2 SiO_2 \rightarrow 3 Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$
prosti oksidi mulit

— nastajanje steklaste faze — eutektikov pri temperaturah nad $1000^\circ C$ (glej tabelo št. 1)

Pri sintranju se del SiO_2 in Al_2O_3 (odvisno od količine FeO , CaO in MgO) porabi za tvorbo steklaste faze — eutektikov. V tabeli št. 2 so glede na kemično analizo surovin podane preostale količine SiO_2 in Al_2O_3 , ki so na razpolago za tvorbo mulita.

Iz podanih preostalih količin SiO_2 in Al_2O_3 (delež SiO_2 in Al_2O_3 , ki se porabi za tvorbo eutektikov, je že odštet) pa lahko izračunamo sestavo mešanice za izdelavo sintetičnega mulita s teoretično največjo možno količino mulitnih kristalov na sledeč način:

a) kalc. glinica + surova glina Brežice

Količino kalc. glinice »X« moramo pomešati s količino surove gline Brežice »Y«.

Sestava mulita je $3 Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$

Tabela št. 1

Eutektik	Sestava eutektika	Tališče eutektike
$FeO-SiO_2-Al_2O_3$	45 % FeO , 42 % SiO_2 , 13 % Al_2O_3	$1073^\circ C$
$CaO-SiO_2-Al_2O_3$	23,3 % CaO , 62 % SiO_2 , 14,7 % Al_2O_3	$1175^\circ C$
$MgO-SiO_2-Al_2O_3$	20,3 % MgO , 61,4 % SiO_2 , 18,3 % Al_2O_3	$1345^\circ C$

Tabela št. 2

	Kalc. glinica	Boksit Gvajana	Sur. gl. Brežice	Sur. gl. Blatuša	Sur. gl. Rudovci	
Kemična analiza	SiO_2		4,94 %	57,20 %	47,20 %	
	Al_2O_3	ca. 100 %	86,70 %	32,84 %	32,54 %	
	Fe_2O_3		2,88 %	2,89 %	1,62 %	2,45 %
	CaO		0,67 %	1,34 %	0,90 %	1,00 %
	MgO		0,24 %	0,88 %	0,80 %	0,88 %
	TiO_2		2,90 %	1,13 %	1,14 %	0,58 %
	žar. izg.		1,50 %	10,20 %	6,50 %	13,20 %
	SiO_2	∅	ca. 37,7 %	ca. 51,0 %	ca. 39,9 %	
	Al_2O_3	ca. 100 %	ca. 85,4 %	ca. 30,5 %	ca. 27,7 %	ca. 30,5 %

Razmerje prostalih oksidov (SiO_2 in Al_2O_3) v mešanici mora torej biti sledeče:

$$\frac{\text{delež } \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{delež } \text{SiO}_2} = \frac{3 \text{ Al}_2\text{O}_3}{2 \text{ SiO}_2} = \frac{306}{112} = \frac{X \cdot 1,00 + Y \cdot 0,305}{Y \cdot 0,377}$$

$$\frac{Y}{X} = 1,38; Y = 1,38 X$$

$$X + Y = 1$$

$$X + 1,38 X = 2,38 X = 1$$

$$X = 0,42; Y = 0,58$$

42 % kalc. glinice + 58 % surove gline Brežice

b) 53 % kalc. glinice + 47 % surove gline Blatuša

c) 44 % kalc. glinice + 56 % surove gline Rudovci

d) 46 % boksita Gvajana + 54 % surove gline Brežice

e) 56 % boksita Gvajana + 44 % surove gline Blatuša

f) 48 % boksita Gvajana + 52 % surove gline Rudovci

Sintetični mulit je le surovina za izdelavo mulitnih opek. Če hočemo tudi v mulitnih opekah imeti veliko mulitnih kristalov, je za izdelavo mulitnih opek primernejši sintetični mulit s prebitkom Al_2O_3 .

Pri izdelavi sintetičnega mulita mora biti stična površina med delci kalc. glinice, oz. delci boksita Gvajana in delci surovih glin čim večja. To dosežemo, tako, da vse surovine zelo fino zmeljemo ter temeljito premešamo — pregnetemo. Surove kepe sintetičnega mulita pripravljamo za žganje po plastičnem postopku. Minimalen procent surove gline, ki je potreben za dosego zadovoljive plastičnosti mulitne mase, je ca. 40 %. Sestava sintetičnega mulita s prebitkom Al_2O_3 je torej sledeča:

60 % boksita Gvajana + 40 % surove gline Brežice.

Teoretična sestava omenjenega sintetičnega mulita s prebitkom Al_2O_3 je:

SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %	MgO %	TiO_2 %
ca. 23	ca. 70	ca. 3	ca. 1	ca. 0,5	ca. 2,5

Iz teoretično izračunane sestave sintetičnega mulita sledi, da se približno 7 % SiO_2 in 2 % Al_2O_3 porabi za tvorbo steklaste faze — evtektikov, preostalih 16 % SiO_2 pa se veže s ca. 44 % Al_2O_3 v mulit tako, da vsebuje opisani sintetični mulit še ca. 24 % Al_2O_3 v prebitku. Če bi hoteli pri izdelavi mulitnih opek ves prebiten Al_2O_3 iz opisanega sintetičnega mulita vezati v mulit s prebitnim SiO_2 iz surove gline Blatuša, bi morali obe surovini pomešati v sledečem razmerju: »X« g sint. mulita z

»Y« g surove gline Blatuša. V sintetičnem mulitu ostane po tvorbi evtektikov še ca. 16 % SiO_2 in ca. 68 % Al_2O_3 .

V surovi glini Blatuša pa ostane po tvorbi evtektikov še ca. 51 % SiO_2 in ca. 27,7 % Al_2O_3 .

$$\frac{\text{delež } \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{delež } \text{SiO}_2} = \frac{306}{112} = \frac{X \cdot 0,68 + Y \cdot 0,277}{X \cdot 0,16 + Y \cdot 0,51}$$

$$\frac{Y}{X} = 0,218; Y = 0,218 X$$

$$X + Y = 1$$

$$X + 0,218 X = 1,218 X = 1$$

$$X = 0,82; Y = 0,18$$

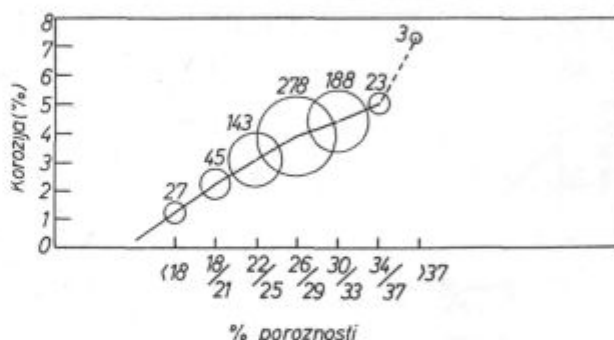
82 % sintetičnega mulita + 18 % surove gline Blatuša.

Dobro oblikovane mulitne mase morajo poleg sint. mulita vsebovati še min. 30—40 % surove gline. Mulitne opeke, izdelane iz opisanih sintetičnih mulitov, vsebujejo poleg mulitnih kristalov in steklaste faze še tridimit in kristobalit (prosti SiO_2).

2. Granulacijska sestava

Pri pripravi tako sintetičnega mulita kot mulitnih opek želimo dobiti v izdelku čim več mulita. Ker je intenzivnost kemičnih reakcij v veliki meri odvisna od velikosti stične površine med glino in žganimi materiali, je pri pripravi teh izdelkov zelo pomembna granulacija. Pri pripravi sintetičnega mulita morajo biti vse surovine zelo fino zmlete. Podobno je tudi pri izdelavi mulitnih opek, kjer z mletjem žganih materialov pod 1 mm dobimo fina zrna, delci surovih fino zmletih glin pa so še finejši ter zapolnijo nastale prazne prostore med finimi zrnji žganih materialov.

Ker od kvalitetnih mulitnih izdelkov pričakujemo tudi dobro korozijsko odpornost, ta pa je v znatni meri odvisna tudi od poroznosti (glej diagram št. 4), moramo pripravljati mulitne izdelke tako, da postanejo čim gostejši, s čim manjšim številom odprtih por, kar je pogoj za majhno kon-



Velikost krogov je proporcionalna številu poskusov, ki predstavljajo določeno točko krivulje

Diagram št. 4

Vpliv poroznosti na korozijsko odpornost šamotov

taktno površino mulitnega izdelka z agresivnim sredstvom in s tem za dobro korozijsko odpornost mulitnih opek.

Poroznost mulitnih izdelkov je odvisna od razmerja med količinami žganih materialov (večja zrna) in surovih glin (bistveno finejša zrna) v mulitni masi ter od oblikovalnega pritiska in temp. sintranja pri izdelavi mulitnih izdelkov.

S predpostavkami, da sestavljajo fino zmlet (pod 1 mm) žgan material zrna (kroglice), ki se po velikosti bistveno ne razlikujejo med seboj, surovo glino pa bistveno manjši delci, kar lahko storimo, saj je velikost zrn pod 1 mm zmlatega žganega materiala večinoma med 0,1 in 1 mm, velikost delcev surove glin pa je pod 20 μ , lahko teoretično izračunamo najprimernejše razmerje žganih materialov in surovih glin v mulitni masi za doseg najbolj gostih — kompaktnih mulitnih izdelkov.

V teoretično izračunanem diagramu poroznosti za sistem z dvema frakcijama (glej diagram št. 5) je prikazana odvisnost poroznosti od sestave in postavitve zrn. Zgornja krivulja predstavlja poroznost pri postavitvi zrn žganega materiala v obliki kocke, spodnja krivulja pa postavitve zrn žganega materiala v obliki tetraedra. Postavitvi zrn v obliki kocke in v obliki tetraedra sta ekstremin. Pri obliki kocke je med zrn največ praznega prostora, zato pri izdelavi kompaktnih gostih izdelkov težimo za tem, da čim več zrn zavzame postavitev v obliki tetraedra, pri kateri dobimo najgostejše izdelke z najmanj praznega prostora.

Pri idealnem pomešanju bo točka, ki predstavlja poroznost neke sestave, vedno med obema krivuljama, od zunanjih sil (obl. pritiska, mešanja, vibriranja itd.) pa je odvisno, kateri od obeh krivulj bo bližje. Pri višjih oblikovalnih pritiskih bo bližje spodnji krivulji, ki predstavlja poroznost v primeru, da vsa zrna zavzamejo najgostejšo postavitev zrn — v obliki tetraedra.

Iz diagrama št. 5 je razvidno, da je za izdelavo gostih kompaktnih mulitnih izdelkov najprimernejše, da mulitna masa vsebuje poleg žganih materialov (sintetični mulit, šamotni odpadki, žgane glin itd.) še od 30—35 vol. % surovih glin (idealno

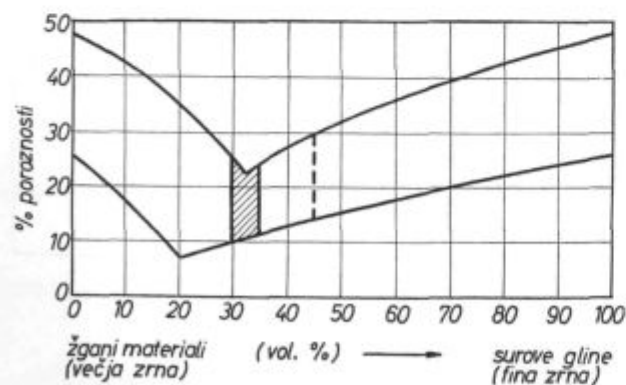


Diagram št. 5

Teoretični diagram poroznosti dvofrakcijskega sistema — izbira najprimernejše sestave za izdelavo kompaktnih izdelkov

pomešanje), pri višjih oblikovalnih pritiskih je, kot je razvidno iz diagrama št. 5, lahko surove glin tudi pod 30 vol. %, pri nižjih oblikovalnih pritiskih pa je priporočljivo, da je surove glin nad 30 vol. %. V diagramu št. 5 je področje možnih poroznosti v območju najprimernejših sestav pri idealnem pomešanju označeno črtkano.

Zaradi razlike v sp. teži sint. mulita ($3,02 \text{ g/cm}^3$) in sp. teži glin (ca. $2,5 \text{ g/cm}^3$) moramo iz diagrama dobljene volumske procente preračunati v utežne procente na sledeč način:

$$\sigma = \frac{G}{V}; \quad G = \sigma \cdot V$$

Sestava s 30 vol. % glin

G glin = $2,5 \cdot 30 = 75,0$

G mulita = $3,02 \cdot 70 = 211,4$

G glin + G mulita = $75,0 + 211,4 = 286,4$

$\frac{75,0}{286,4} \cdot 100 = 27,1 \text{ ut. \% glin}$

Sestava s 35 vol. % glin

G glin = $2,5 \cdot 35 = 87,5$

G mulita = $3,02 \cdot 65 = 196,5$

G glin + G mulita = $87,5 + 196,5 = 284,0$

$\frac{87,5}{284,0} \cdot 100 = 30,8 \text{ ut \% glin}$

Pri idealnem pomešanju vsebuje teoretično najprimernejša sestava mulitne mase za izdelavo gostih mulitnih izdelkov ca. 30 ut. % surove glin (črtkano področje v diagramu št. 5).

Pomešanje pa praktično ni nikdar idealno, zato je pri praktični pripravi mulitnih mas za izdelavo gostih mulitnih izdelkov najprimernejša sestava mulitne mase premaknjena nekoliko v prid surove glin, ki je vsebuje ca. 45 vol. %, na diagramu št. 5 pa je označena s črtkano črto.

Sestava s 45 vol. % glin

G glin = $2,5 \cdot 45 = 112,5$

G mulita = $3,02 \cdot 55 = 166,0$

G glin + G mulita = $112,5 + 166,0 = 278,5$

$\frac{112,5}{278,5} \cdot 100 = 40,4 \text{ ut \% glin}$

Praktično najprimernejša sestava mulitne mase za izdelavo gostih mulitnih izdelkov vsebuje torej ca. 40 ut. % surove glin (črtkana črta v diagramu št. 5).

PRAKTIČNA PRIPRAVA IN LASTNOSTI MULITNIH OPEK

1. Uporaba sintetičnega mulita s teoretično največjo možno količino mulitnih kristalov (količine preostalih oksidov SiO_2 in Al_2O_3 , ki ne tvorijo evtetikov — steklaste faze, so v omenjenem sintetičnem mulitu v enakem razmerju kot v molekuli mulita).

a) Izbira najprimernejših komponent za izdelavo sintetičnega mulita in vpliv finoče zrn na kvaliteto mulitnih opek.

Kot surovine za izdelavo sintetičnega mulita smo za laboratorijske poizkuse izbrali kalc. glinico, boksit Gvajana, surovo glino Brežice, surovo glino Blatuša in surovo glino Rudovci. Mešanice omenje-

a) 420 g kalc. glinice	+ 580 g surove osušene gline Brežice
b) 530 g kalc. glinice	+ 470 g surove osušene gline Blatuša
c) 440 g kalc. glinice	+ 560 g surove osušene gline Rudovci
d) 460 g boksita Gvajana	+ 540 g surove osušene gline Brežice
e) 560 g boksita Gvajana	+ 440 g surove osušene gline Blatuša
f) 480 g boksita Gvajana	+ 520 g surove osušene gline Rudovci

Ker je intenzivnost nastajanja mulitnih kristalov pri žganju (1350°C) odvisna od velikosti stične površine, morajo biti vse sestavine čim fineje zmlete. Velikost zrn surovih glin in glinice je bila pod 0,25 mm, boksit Gvajana pa je imel tako granulacijsko sestavo:

1—2 mm %	0,5—1 mm %	0,25—0,5 mm %	pod 0,25 mm %
5,5	15,7	19,3	59,5

Po temeljitem pomešanju ustrezne surove gline s kalc. glinico oz. boksitom Gvajana v predpisanim razmerju, smo mešanico navlažili in dobro pregnetli. Iz dobro pregnetene mase smo ročno oblikovali valjasta telesa, težka po ca. 1 kg ter jih žgali ca. 1 uro na temp. 1350°C.

Po žganju smo ohlajena valjasta telesa (sintetični mulit) zdrobili delno na velikost zrn pod 5 mm, delno pa na velikost zrn pod 1 mm.

Iz opisanih sintetičnih mulitov smo pripravili mase za izdelavo mulitnih opek na sledeč način:

40 % sintetičnega mulita
30 % žgane gline Zagreb (zmleta pod 1 mm)
30 % surove osušene gline Blatuša (fino zmleta)

Probni vzorci se razlikujejo le v uporabljenem sintetičnem mulitu.

- A. sintetični mulit »a« (zmlet pod 5 mm)
- B. sintetični mulit »a« (zmlet pod 1 mm)
- C. sintetični mulit »b« (zmlet pod 5 mm)
- D. sintetični mulit »b« (zmlet pod 1 mm)
- E. sintetični mulit »c« (zmlet pod 5 mm)
- F. sintetični mulit »c« (zmlet pod 1 mm)
- G. sintetični mulit »d« (zmlet pod 5 mm)
- H. sintetični mulit »d« (zmlet pod 1 mm)
- I. sintetični mulit »e« (zmlet pod 5 mm)
- J. sintetični mulit »e« (zmlet pod 1 mm)
- K. sintetični mulit »f« (zmlet pod 5 mm)
- L. sintetični mulit »f« (zmlet pod 1 mm)

nih surovin smo sestavili tako, da ima po žganju izdelani sintetični mulit teoretično največjo možno količino mulitnih kristalov (izbira sestave je podrobno opisana v poglavju »Kemijska in mineraloška sestava mulitnih opek«).

Sestave mešanic kalc. glinice oz. boksita »Gvajana« s surovimi glinami so sledeče:

Maso za izdelavo mulitnih opek smo pripravili tako, da smo najprej pomešali in navlažili granulato (sintetični mulit + žgano glino Zagreb) na ca. 9 % vlažnost ter zatem primešali še surovo glino Blatuša.

Po ca. 1-dnevem odležanju (voda se mora enakomerno porazdeliti med vso surovo glino — plastičnost surove gline in s tem oblikovnost mase se med odležanjem izboljša) mulitne mase smo iz nje oblikovali probna telesa (valjčke Ø ca. 35 mm, h ca. 35 mm) s stiskanjem pod oblikovalnim pritiskom 200 kp/cm² ter jih zatem še toplotno obdelali takole:

- le osušili pri 105°C
- žgali na 800°C (1 uro)
- žgali na 1350°C (30 minut)

Kvaliteta na opisan način pripravljenih mulitnih probnih teles je prikazana v tabeli št. 3.

V diagramih št. 6 in št. 7 so dobljeni rezultati, ki so podani v tabeli št. 3, prikazani ločeno, in sicer takole:

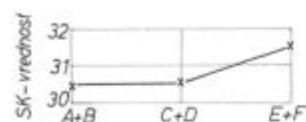
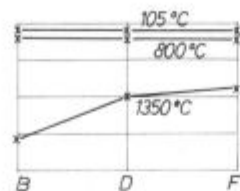
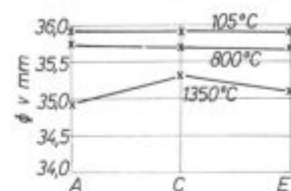
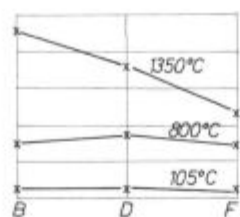
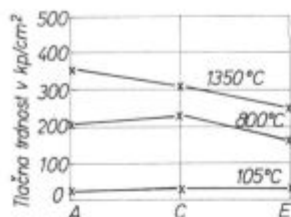
— v diagramu št. 6 je prikazana uporaba kalc. glinice za izdelavo sintetičnega mulita,

— v diagramu št. 7 pa je prikazana uporaba boksita Gvajana za izdelavo sintetičnega mulita.

Iz diagramov št. 6 in št. 7 je razvidno, da je boksit Gvajana ravno tako primeren za izdelavo mulitnih opek kot kalcinirana glinica. Razlika je le v nekoliko nižji SK točki, to pa zato, ker vsebujejo mulitne opeke, pripravljene z uporabo boksita Gvajana, nekoliko več talil, kot npr. Fe₂O₃, ki reduciran do FeO tvori eitektike, nereduciran pa pospešuje tvorbo mulita — vstopa v kristalno rešetko mulita. Prisotnost nekoliko večje količine Fe₂O₃ v mulitnih opekah, pripravljenih z uporabo boksita Gvajana, ima za posledico večjo gostoto in trdnost teh opek. Ekonomsko še primernejši od boksita Gvajana pa bi bil surovi boksit; ker pa tega nismo imeli na zalogi, smo vse nadaljnje poizkuse izvedli z boksitom Gvajana.

Sintet. mulit zmljet pod 5mm

Sintet. mulit zmljet pod 1mm



A in B - uporaba surove gline Brežice za izdelavo sintet. mulita
 C in D - " " Blatuša " "
 E in F - " " Rudovci " "

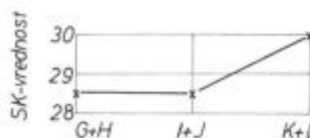
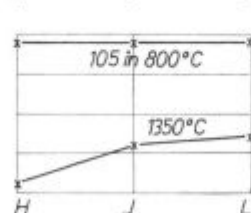
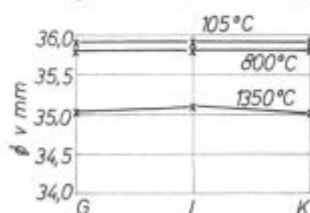
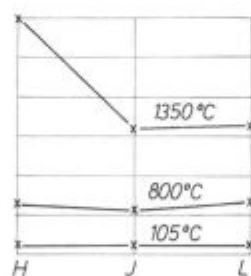
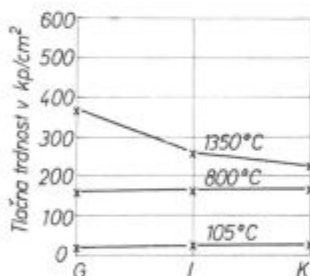
Diagram št. 6

Vpliv granulacijske sestave in surove gline pri izdelavi sintetičnega mulita na tlačno trdnost, spremembe Ø in SK-vrednosti pri mulitnih probnih telesih

Uporaba kalcinirane glinice za izdelavo sintetičnega mulita

Sintet. mulit zmljet pod 5mm

Sintet. mulit zmljet pod 1 mm



G in H - uporaba surove gline Brežice za izdelavo sintet. mulita
 I in J - " " Blatuša " "
 K in L - " " Rudovci " "

Diagram št. 7

Vpliv granulacijske sestave in surove gline pri izdelavi sintetičnega mulita na tlačno trdnost, spremembe Ø in SK-vrednosti pri mulitnih probnih telesih

Uporaba boksita Gvajana za izdelavo sintetičnega mulita

Tabela 3 — Fizikalne lastnosti

Sestava	Topl. obd. °C	Ø mm	Tl. trd. kp/cm²	SK
A	105	35,9	20	30/31
	800	35,7	200	
	1350	34,9	350	
B	105	35,9	25	30/31
	800	35,8	150	
	1350	34,4	450	
C	105	35,9	30	30/31
	800	35,7	225	
	1350	35,3	310	
D	105	35,9	30	30/31
	800	35,8	170	
	1350	35,0	360	
E	105	35,9	25	31/32
	800	35,7	160	
	1350	35,1	250	
F	105	35,9	25	31/32
	800	35,8	140	
	1350	35,1	230	
G	105	35,9	20	28/29
	800	35,8	160	
	1350	35,0	370	
H	105	35,9	20	28/29
	800	35,9	125	
	1350	34,1	600	
I	105	35,9	25	28/29
	800	35,8	165	
	1350	35,1	260	
J	105	35,9	25	28/29
	800	35,9	115	
	1350	34,6	320	
K	105	35,9	25	30
	800	35,8	170	
	1350	35,0	230	
L	105	35,9	25	30
	800	35,9	135	
	1350	34,7	330	

Iz primerjav fizikalnih lastnosti mulitnih probnih teles, ki so bila izdelana iz grobo zrnatih (sint. mulit zmljet pod 5 mm) in fino zrnatih (sint. mulit zmljet pod 1 mm) sestav mulitnih mas (glej diagrama št. 6 in 7) je razviden pomen velike kontaktne površine na zasintranje. Vsi mulitni vzorci, pripravljene iz fino zrnatih mulitnih mas, imajo pa enournem sintranju na temp. 1350°C višje trdnosti ter se pri sintranju bolj skrčijo kot ustrezni mulitni vzorci, ki so pripravljene iz grobo zrnatih mulitnih mas. Oba našeta pojava (zvišanje trdnosti in intenzivnejše skrčenje) sta posledica intenzivnejšega poteka kemijskih reakcij (nastanka mulitnih kristalov in steklaste faze) v probnih vzorcih, ki so pripravljene iz fino zrnatih mulitnih mas.

Nekoliko višje trdnosti mulitnih vzorcev, pripravljenih iz grobo zrnatih mulitnih mas, ki so bili žgani pri temp. pod 800°C, so posledica boljše

zapolnitve praznih prostorov po oblikovanju. Pri grobo zrnatih mulitnih masah imamo praktično trofrakcijski sistem (groba zrna sint. mulita, velikosti 1—5 mm, srednja zrnja žgane glin Zagreb, velikosti 0,1—1 mm, in zelo fina zrna surove glin, velikosti pod 20 μ), ki da po oblikovanju gostejše izdelke kot dvofrakcijski sistem, ki ga imamo pri fino zrnatih mulitnih masah (velikost zrn žganih materialov je od 0,1—1 mm, surovih glin pa pod 20 μ).

Od vseh uporabljenih surovih glin se je izkazala kot najboljša in najprimernejša za pripravo sintetičnega mulita surova glina Brežice. Zelo dobre lastnosti te glin za pripravo sintetičnega mulita v veliki meri izvirajo iz dobre plastičnosti, ki je posledica fine zrnatosti omenjene glin, in nekoliko višje vsebnosti Fe_2O_3 , ki pospešuje nastanek mulitnih kristalov.

Iz izvedenega poizkusa je razvidno, da sta za izdelavo sintetičnega mulita najprimernejši surovini boksit Gvajana (še primernejši bi bil surovi boksit) in surova glina Brežice. Vse surovine za pripravo sintetičnega mulita in mulitnih opek pa morajo biti fino zmlete.

b) Vpliv dodatka veziva na kvaliteto mulitnih opek

Kot vezivni dodatek (dodatek za izboljšanje sintranja) smo uporabili surovi fosfat, ki je kemijsko približno 90 % $Ca_3(PO_4)_2$. P-ion je zaradi visokega naboja (+5) in majhnega ionskega radija (0,35 Å) zelo dober steklotvorec (boljši kot Si-ion), poleg tega pa pospešuje tudi nastajanje mulita.

Najprej smo primerjali mulitne probne vzorce sestave »J« iz prejšnjega poizkusa s probnimi vzorci sestave »J1«, ki se je od sestave »J« razlikovala le v tem, da smo ji dodali še 3 % surovega fosfata.

Iz sestave mulitne mase »J1« smo izdelali probna telesa na popolnoma enak način kot v prejšnjem poizkusu.

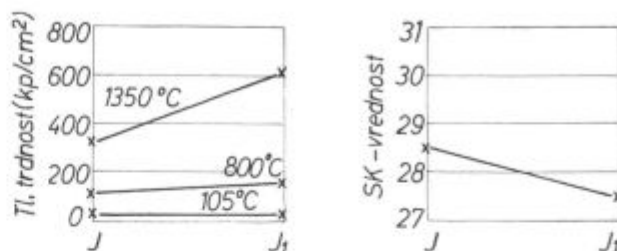
Rezultati tlačnih trdnosti in SK vrednosti mulitnih vzorcev, pripravljenih iz sestav mulitnih mas »J« in »J1«, so podani v tabeli št. 4.

Tabela 4 — Fizikalne lastnosti

Sestava	Topl. obd. °C	Tl. trd. kp/cm ²	SK
J	105	25	28/29
	800	115	
	1350	320	
J1	105	35	27/28
	800	155	
	1350	610	

Iz dobljenih rezultatov, ki so podani v tabeli št. 4 in diagramu št. 8, se jasno vidi, da dodatek vezivnega sredstva zniža SK vrednost, tlačno trdnost — zasintranje pa izboljša.

Ker morajo imeti mulitne opeke tudi visoko SK vrednost, smo pripravili nove sestave mulitnih opek, ki smo jih označili s »H2«, »J2« in »L2«, tako da smo pri mulitnih sestavah iz prejšnjega poizkusa »H«, »J« in »L« zamenjali žgano glino Zagreb z žgano glino Velika Opatovica ter za izboljšanje sintranja dodali še 3 % surovega fosfata (z zamenjavo žgane glin Zagreb z žgano glino Velika Opatovica smo izboljšali SK — vrednost mulitnih opek).



J — brez surovega fosfata
J₁ — 3 % surovega fosfata

Diagram št. 8

Vpliv dodatka surovega fosfata na tlačno trdnost in SK — vrednost mulitnih vzorcev

Iz opisanih novih sestav mulitnih mas »H2«, »J2« in »L2« smo izdelali mulitne probne vzorce na popolnoma enak način kot v prejšnjem poizkusu.

Rezultati tlačnih trdnosti in SK — vrednosti mulitnih vzorcev, pripravljenih iz sestav mulitnih mas »H2«, »J2« in »L2«, so podani v tabeli št. 5.

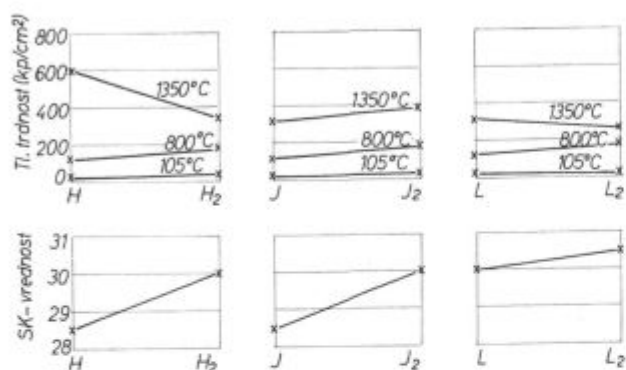
Tabela 5 — Fizikalne lastnosti

Sestava	Topl. obd. °C	Tl. trd. kp/cm ²	SK
H2	105	30	30
	800	175	
	1350	330	
J2	105	35	30
	800	180	
	1350	380	
L2	105	35	30/31
	800	195	
	1350	270	

Z zamenjavo žgane glin Zagreb z žgano glino Velika Opatovica smo sicer izboljšali SK vrednosti mulitnim vzorcem, toda fizikalne lastnosti (tlačne trdnosti) so se kljub 3 %-nemu dodatku vezivnega sredstva (surovega fosfata) poslabšale (glej diagram št. 9).

Iz opisanih poizkusov je razvidno, da bi dodatek surovega fosfata prišel v poštev le, če bi mulitne opeke delali iz sintetičnega mulita, pripravljenega s surovo glino Blatuša, ki vsebuje malo Fe_2O_3 ter je dodatek fosfata potreben kot pospeševalec tvorbe mulitnih kristalov. Pri izdelavi mulitnih opek iz sintetičnega mulita, priprav-

ljenega s surovo glino Brežice, ki je po rezultatih prvega poizkusa za te namene najprimernejša, pa dodatek surovega fosfata ni primeren.



H - z žgano glino Zagreb brez surovega fosfata
 J - " " " " " "
 L - " " " " " "
 H₂ - z žgano glino Velika Opatovica in 3% surovega fosfata
 J₂ - " " " " " "
 L₂ - " " " " " "

Diagram št. 9

Vpliv surovega fosfata in zamenjave žgane gline Zagreb z žgano glino Velika Opatovica na tlačno trdnost in SK-vrednost mulitnih vzorcev

c) Vpliv oblikovalnega pritiska na kvaliteto mulitnih opek

Probne mulitne vzorce, izdelane iz mulitnih mas sestav »H2« in »L2« (opisani sta v prejšnjem poizkusu) smo oblikovali še pod pritiskom 400 in 600 kp/cm².

Rezultati fizikalnih lastnosti omenjenih mulitnih vzorcev, ki so bili oblikovani pod pritiskom 200, 400 in 600 kp/cm² in po pol ure žgani na temp. 1350° C, so podani v tabeli št. 6.

Tabela 6 — Fizikalne lastnosti

Sestava	Obl. pritisk kp/cm ²	Tl. trd. kp/cm ²	Poroznost %
H2	200	330	28,6
	400	545	24,6
	600	580	23,3
L2	200	270	29,2
	400	400	24,7
	600	450	23,5

Z oblikovalnim pritiskom raste tudi gostota mulitnih vzorcev (glej diagram št. 10) — posta-

A. 70 % sint. M (pod 1 mm)

B. 70 % sint. M (pod 1 mm)

C. 45 % sint. M (2—3 mm) + 25 % sint. M (0,25—0,5 mm) + 30 % sur. gl. Blatuša

D. 45 % sint. M (2—3 mm) + 25 % sint. M (0,25—0,5 mm) + 30 % sur. gl. Blatuša + 3 g/100 g-sur. fosf.

nejo trdnješi in manj porozni. Vpliv oblikovalnega pritiska je do 400 kp/cm² velik, naprej pa znatno manjši, tako da je priporočljivo oblikovati mulitne opeke pri 400 kp/cm², ker z zvišanjem obl. pritiska na 600 kp/cm² ne dosežemo več bistvenega izboljšanja.

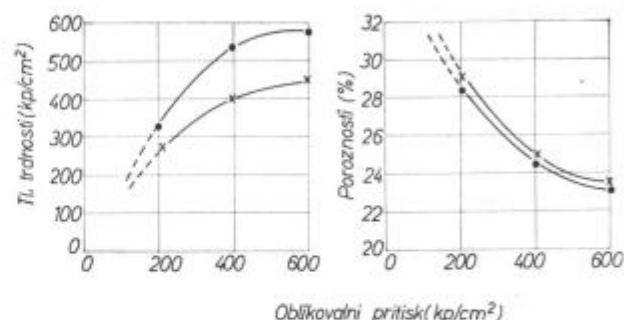


Diagram št. 10

Vpliv oblikovalnega pritiska na tlačno trdnost in poroznost mulitnih opek

2. Uporaba sintetičnega mulita s prebitkom Al₂O₃ (količine SiO₂ in Al₂O₃ v sintetičnem mulitu so v takem razmerju, da po tvorbi steklaste faze in mulita ostane še vedno nekaj prostega Al₂O₃)

a) Izbira sintetičnega mulita ter vpliv dodatka veziva in velikosti zrn na kvaliteto mulitnih opek

Uporabnost sintetičnega mulita sestave »d« (boksit Gvajana + surova glina Brežice), ki se je v prejšnjih poizkusih pokazal kot najprimernejši za izdelavo mulitnih opek, smo primerjali z uporabnostjo novega sintetičnega mulita (s prebitkom Al₂O₃) za izdelavo mulitnih opek.

Sestava sintetičnih mulitov je takale:

Sint. mulit sestave »d« — 46 % boksita Gvajana + 54 % surove gline Brežice
 Sint. mulit s prebitkom Al₂O₃ — 60 % boksita Gvajana + 40 % surove gline Brežice

Sintetični mulit s prebitkom Al₂O₃ smo pripravili popolnoma enako kot sintetični mulit sestave »d« (opisano v poglavju 1. a) »Izbira najprimernejših komponent za izdelavo sintetičnega mulita in vpliv finoče zrn na kvaliteto mulitnih opek«).

Iz obeh sintetičnih mulitov smo pripravili vzorce mulitnih opek, ki smo jih izdelali iz naslednjih sestav mulitnih mas:

Uporaba sintetičnega mulita sestave »d«:

+ 30 % sur. gl. Blatuša

+ 30 % sur. gl. Blatuša + 3 g/100 g-sur. fosf.

Uporaba sintetičnega mulita s prebitkom Al_2O_3 :

- E. 70 % sint. M (pod 1 mm) + 30 % sur. gl. Blatuša
 F. 70 % sint. M (pod 1 mm) + 30 % sur. gl. Blatuša + 3 g/100 g-sur. fosf.
 G. 45 % sint. M (2—3 mm) + 25 % sint. M (0,25—0,5 mm) + 30 % sur. gl. Blatuša
 H. 45 % sint. M (2—3 mm) + 25 % sint. M (0,25—0,5 mm) + 30 % sur. gl. Blatuša + 3 g/100 g-sur. fosf.

Opisane mulitne mase smo pripravili tako, da smo najprej navlažili granulati (sint. mulit) na 9 %-no vlažnost ter zatem primešali še surovo glino in surovi fosfat.

Po ca. 1-dnevem odležanju mulitnih mas smo oblikovali probna telesa s stiskanjem pod pritiskom 400 kp/cm^2 ter jih po temeljitem osušenju na zraku žgali po pol ure na temp. 1400°C .

Na opisan način pripravljena probna telesa so bila takšne kvalitete (glej tabelo št. 7):

Tabela 7 — Fizikalne lastnosti

Sestava	Tl. trd. kp/cm^2	SK
A	710	32/33
B	730	29/30
C	550	32/33
D	560	29/30
E	600	34
F	620	32/33
G	260	34
H	400	32/33

Dobljene tlačne trdnosti in SK vrednosti, prikazane v diagramih št. 11 in št. 12, lepo prikazujejo vpliv veziva in granulacijske sestave na tlačno trdnost in SK — vrednost pri mulitnih opekah.

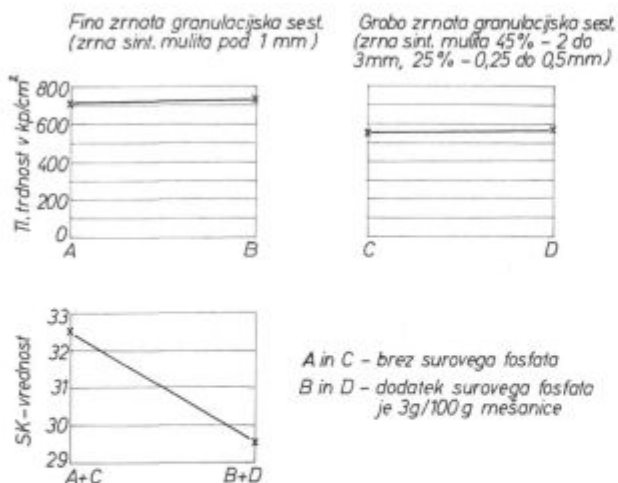


Diagram št. 11

Vpliv veziva in granulacijske sestave na tlačne trdnosti in SK-vrednosti pri mulitnih probnih telesih
 Uporaba sintetičnega mulita sestave »d« za izdelavo mulitnih opek

Iz prikazanih diagramov (glej diagrama št. 11 in št. 12) se jasno vidi, da imajo mulitne opeke, izdelane iz fino zrnatih mulitnih mas, znatno boljše fizikalne lastnosti kot mulitne opeke, izdelane iz grobo zrnatih mulitnih mas. Dodatek veziva (surovega fosfata) pa je v našem primeru, ko izdelujemo mulitne opeke iz sintetičnega mulita, ki je pripravljen iz boksita Gvajana in surove gline Brežice, neprimeren, ker samo znižuje SK-vrednost, tlačnih trdnosti pa ne izboljša, to pa zato, ker je že v surovinah (boksitu Gvajana in surovi glini Brežice) zadosti talil za nastanek steklaste faze in zadosti Fe_2O_3 , ki pospešuje tvorbo mulita, da dobimo trdne mulitne izdelke.

Zelo dobri rezultati tlačnih trdnosti in SK-vrednosti mulitnih vzorcev, ki so bili pripravljene iz fino zrnate mulitne mase, ki je bila sestavljena iz sintetičnega mulita s prebitkom Al_2O_3 in surove

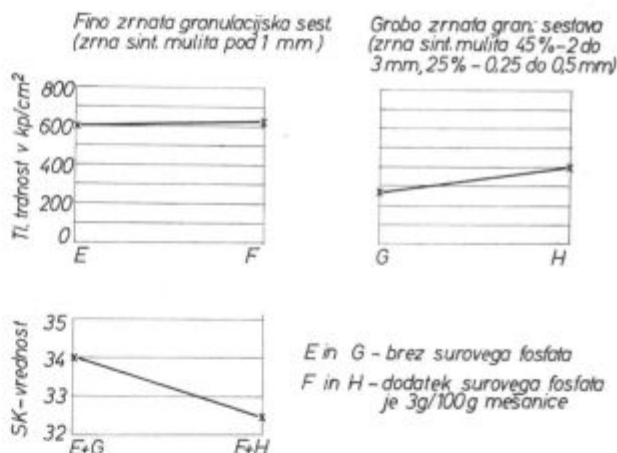


Diagram št. 12

Vpliv veziva in granulacijske sestave na tlačne trdnosti in SK-vrednosti pri mulitnih probnih telesih
 Uporaba sintetičnega mulita s prebitkom Al_2O_3 za izdelavo mulitnih opek

gline Blatuša (rezultati prikazani v diagramu št. 12), so bili razlog, da smo pri nadaljnjih poizkusih uporabljali le omenjeni sintetični mulit s prebitkom Al_2O_3 pri izdelavi mulitnih vzorcev.

b) Vpliv količine gline na kvaliteto mulitnih opek

Za ugotavljanje vpliva količine gline na kvaliteto mulitnih opek smo iz sintetičnega mulita s prebitkom Al_2O_3 , žgane gline Zagreb in surove gline Blatuša, pripravili za izdelavo mulitnih vzorcev naslednje sestave mulitnih mas:

- I. 40 % sint. mulita s preb. Al_2O_3 + 20 % žg. gl. Zagreb + 40 % sur. gl. Blatuša
 II. 40 % sint. mulita s preb. Al_2O_3 + 30 % žg. gl. Zagreb + 30 % sur. gl. Blatuša
 III. 40 % sint. mulita s preb. Al_2O_3 + 40 % žg. gl. Zagreb + 20 % sur. gl. Blatuša
 IV. 40 % sint. mulita s preb. Al_2O_3 + 50 % žg. gl. Zagreb + 10 % sur. gl. Blatuša

Vse surovine morajo biti fino zmlete (sint. mulit in žg. gl. Zagreb — pod 1 mm, surova glina Blatuša pa pod 0,25 mm).

Po ustreznem navlaženju mulitnih mas (navlaženje je odvisno od dodane gline — mulitna masa s 40 % sur. gl. Blatuša naj vsebuje ca. 9 % vlage) in ca. 1-dnevnom staranju, da se vlaga enakomerno porazdeli, oblikujemo mulitna probna telesa pod pritiskom 400 kp/cm^2 ter po temeljitem osušenju na zraku žgemo po pol ure na temp. 1400° C.

Fizikalne lastnosti pripravljenih probnih teles so podane v tabeli št. 8.

Tabela 8 — Fizikalne lastnosti

Sestava	% sur. gline	Tl. trd. kp/cm^2	Sp. teža g/cm^3	Poroznost %	SK
I.	40	855	2,66	23,4	30/31
II.	30	790	2,64	27,3	30/31
III.	20	600	2,66	31,3	30/31
IV.	10	290	2,65	32,7	30/31

Iz tabele št. 8 in diagrama št. 13 je razvidno, da se z dodatkom surovih glin (do 40 ut. %) mulitnim masam fizikalne lastnosti ustreznih mulitnih opek izboljšujejo. To se ujema tudi s teoretičnim diagramom poroznosti (glej diagram št. 5 — idealno pomešanje je praktično nemogoče).

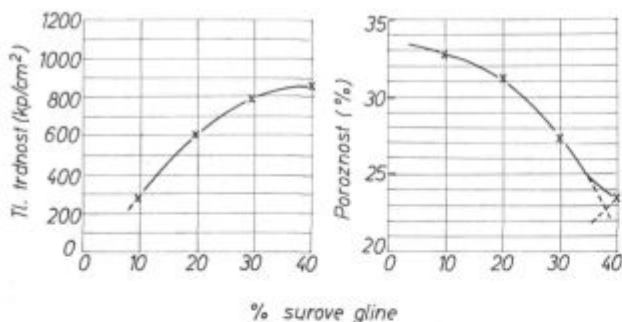


Diagram št. 13
Vpliv količine gline na kvaliteto mulitnih opek

Ker vsebuje surova glina Blatuša nizek procent Al_2O_3 (29,37 %) ter bi z 40 %-nim dodatkom te gline močno znižali SK vrednost, moramo pri izdelavi mulitnih opek surovo glino Bratuša delno zamenjati s surovo glino Češki Brod, ki je bogatejša z Al_2O_3 (36,82 %).

c) Ugotavljanje temperature sintranja sintetičnega mulita in mulitnih izdelkov

Za ugotavljanje potrebne temperature sintranja sint. mulita in mulitnih izdelkov smo pripravili

vzorke mulitnih opek z uporabo sintetičnega mulita s prebitkom Al_2O_3 (40 ut. % surove gline Brežice + 60 % ut. boksita Gvajana), ki smo ga pripravili tako, da smo ga po eno uro žgali pri temperaturah:

- 1400° C
- 1500° C

Kemična sestava sint. mulita s prebitkom Al_2O_3 je takšna:

SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %	MgO %	TiO_2 %
22,50	66,90	4,48	1,12	0,64	2,71

Mulitne probne vzorce smo izdelali iz mulitnih mas takšne sestave:

- 40 % sint. mulita (pod 1 mm)
- 20 % šam. odpadkov z SK ca. 30 (pod 1 mm)
- 20 % sur. glina Češki Brod (pod 0,25 mm)
- 20 % sur. glina Blatuša (pod 0,25 mm)

Pripravljeni sestavi mulitnih mas (»A« in »B«) sta se razlikovali le v uporabljenem sintetičnem mulitu.

Mulitna masa sestave »A« je bila pripravljena iz sintetičnega mulita prej opisane sestave, ki je bil žgan pri temperaturi 1400° C.

Mulitna masa sestave »B« pa je bila pripravljena iz sintetičnega mulita, ki je bil enake sestave kot pri mulitni masi sestave »A«, le da je bil žgan pri temp. 1500° C.

Probna telesa smo po enodnevnom odležanju mulitnih mas oblikovali pod pritiskom 400 kp/cm^2 ter po osušenju po pol ure žgali pri temperaturah:

- 1400° C
- 1500° C

Fizikalne lastnosti pripravljenih mulitnih vzorcev so podane v tabeli št. 9.

Tabela 9 — Fizikalne lastnosti

Sestava	Top. obd. °C	Tl. trd. kp/cm^2	Sp. teža g/cm^3	Poroznost %	SK
A	1400	940	2,71	22,4	31/32
	1500	1380	2,75	13,3	
B	1400	1070	2,72	19,7	31/32
	1500	1540	2,71	12,0	

Iz diagrama št. 14 in tabele št. 9 je jasno razviden vpliv višine temperature sintranja sintetičnega mulita in mulitnih izdelkov na kvaliteto mulitnih izdelkov.

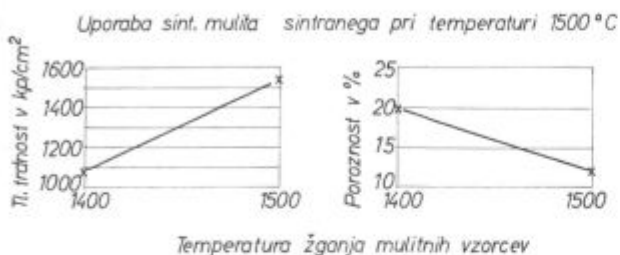
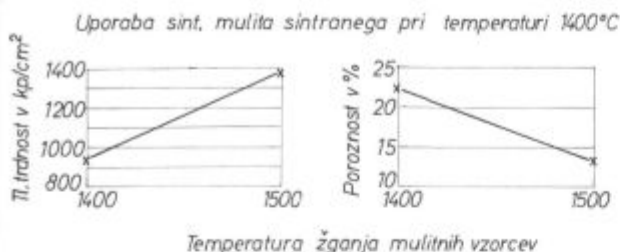


Diagram št. 14
Vpliv temperature sintranja sintetičnega mulita in mulitnih vzorcev, na kvaliteto mulitnih vzorcev

Dobljeni rezultati fizikalnih lastnosti kažejo, da temp. sintranja sint. mulita nima tako izrazitega vpliva na kvaliteto mulitnih izdelkov, kot ga ima temp. sintranja mulitnih izdelkov. Iz izvedenega poizkusa sledi, da temp. 1400°C zadostuje za sintranje sintetičnega mulita, mulitne izdelke pa bi morali sintrati po možnosti pri temp. 1500°C. Sele pri tej temperaturi nastopi zgostitev mulitnih izdelkov — poroznost se jim znatno zmanjša (glej tabelo št. 9 in diagram št. 14).

3. Prednosti uporabe sintetičnega mulita pred uporabo kalciniranega boksita in žganega boksita (1400°C) pri izdelavi visokogliničnih opek

a) Žganje kalciniranega boksita na temp. 1400°C

Boksit Gvajana, ki je kalciniran, smo približno eno uro žgali pri temperaturi 1400°C. Iz razlik

Sestave boksitnih mas:

I. 40 % žg. boksita Gvajana	+ 20 % šam. odp. z SK 30	+ 20 % sur. gl. Češki brod	+ 20 % sur. gl. Blatuša
II. 40 % žg. boksita Gvajana	+ 20 % šam. odp. z SK 33	+ 40 % sur. gl. Češki brod	
III. 60 % žg. boksita Gvajana		+ 40 % sur. gl. Češki brod	
IV. 40 % kalc. boksita Gvajana	+ 20 % šam. odp. z SK 30	+ 20 % sur. gl. Češki brod	+ 20 % sur. gl. Blatuša
V. 40 % kalc. boksita Gvajana	+ 20 % šam. odp. z SK 33	+ 40 % sur. gl. Češki brod	
VI. 60 % kalc. boksita Gvajana		+ 40 % sur. gl. Češki brod	

v spec. težah pred žganjem na 1400°C in po njem smo ugotovili, da so bile pri kalcinaciji boksita Gvajana odstranjene le hlapne primesi (vezana voda in sl.), v strukturnem pogledu pa ni prišlo do sprememb. γ Al_2O_3 ($\sigma = 3,65 \text{ g/cm}^2$), ki pri segrevanju pri temp. okoli 1000°C in več preide v α Al_2O_3 ($\sigma = 3,96 \text{ g/cm}^3$), je ostal v kalciniranem boksitu Gvajana večinoma nespremenjen.

Rezultati žganja boksita Gvajana:

Sp. teža boksita Gvajana pred žganjem na temp. 1400°C — 3,26 g/cm³

Sp. teža boksita Gvajana po žganju na temp. 1400°C — 3,85 g/cm³

Močno zvišanje spec. teže po žganju kalc. boksita Gvajana pri temp. 1400°C je znak, da je v njem prisoten Al_2O_3 v glavnem v γ obliki ter po žganju pri 1400°C preide v α obliko. Ker je razlika v spec. težah precejšnja, je tudi sprememba volumna znatna — zrna boksita Gvajana se volumensko skrčijo za ca. 15 % (izračunano iz razlike v spec. težah).

b) Pomen žganja boksita na kvaliteto visokogliničnih boksitnih opek

Boksitne vzorce smo pripravili na podoben način, kot smo pri prejšnjih poizkusih pripravljali mulitne vzorce. Pri izdelavi boksitnih probnih teles smo pripravili boksitno maso, podobno mulitni masi, le da smo zamenjali sintetični mulit s kalciniranim in z žganim (1400°C) boksitom Gvajana.

Boksitna probna telesa smo pripravili iz sledečih boksitnih mas (glej »Sestave boksitnih mas«):

Vse žgane surovine smo zmleli na zrno pod 1 mm, surove gline pa na zrno pod 0,25 mm.

Po približno 1-dnevem odležanju navlaženih boksitnih mas smo iz njih oblikovali probna telesa pod prit. 400 kp/cm² ter po osušenju sintrali sledeče:

- 1 uro na temp. 1500°C
- 2 uri na temp. 1400°C

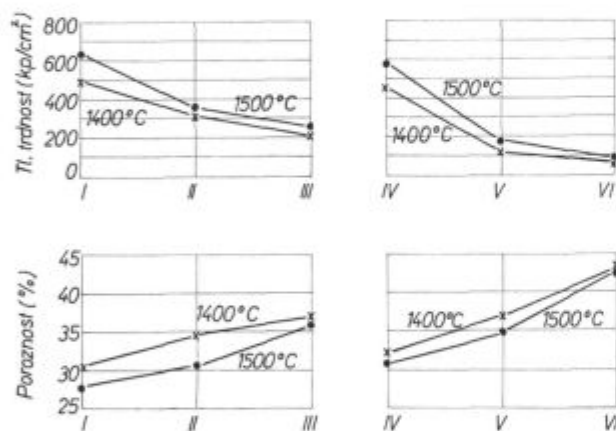
Pripravljena boksitna probna telesa so imela sledeče fizikalne lastnosti (glej tabelo št. 10):

Tabela 10 — Fizikalne lastnosti

Sestava	Topl. obd. °C	Tl. trd. kp/cm ²	Spec. teža g/cm ³	Poroznost %	SK
I.	1400	490	2,92	30,6	nad 34
	1500	640	2,94	27,8	nad 34
II.	1400	310	3,07	34,7	nad 34
	1500	360	2,98	30,6	nad 34
III.	1400	210	3,24	36,8	nad 34
	1500	270	3,24	35,8	nad 34
IV.	1400	460	2,98	32,0	nad 34
	1500	580	2,88	30,4	nad 34
V.	1400	120	3,02	36,7	nad 34
	1500	185	2,96	34,6	nad 34
VI.	1400	80	3,19	42,7	nad 34
	1500	85	3,20	42,7	nad 34

Uporaba žganega boksita (1400°C) pri izdelavi boksitnih opek

Uporaba kalciniranega boksita (boksit Gvajana) pri izdelavi boksitnih opek



Sestave boksitnih opek

Diagram št. 15

Vpliv žganja boksita na tlačno trdnost in poroznost boksitnih opek

Iz tabele št. 10 in diagrama št. 15 je razvidno, da so boksitni vzorci, ki so pripravljene iz žganega boksita Gvajana (1400°C), kvalitetnejši kot boksitni vzorci, ki so pripravljene iz kalciniranega boksita Gvajana. Razlika v kvaliteti pa je tem večja, čim več boksita je bilo uporabljene pri izdelavi boksitnih opek. Iz diagrama se to jasno vidi — razlika v tlačni trdnosti in poroznosti med vzorcema »I« in »IV« (40 %-ni dodatek boksita) je znatno manjša kot med vzorcema »III« in »VI« (60 %-ni dodatek boksita). Popolnoma enake zaključke glede uporabe kalciniranega boksita Gvajana dobimo tako pri temp. žganja boksitnih opek 1400°C kot pri temp. žganja boksitnih opek 1500°C.

Z zvišanjem temperature žganja od 1400 na 1500°C se fizikalne lastnosti boksitnim opekam sicer nekoliko izboljšajo, toda še vedno so pre malo zasintrane.

c) Primerjava kvalitete visokogliničnih vzorcev s približno enako količino Al_2O_3 , ki so sintrani pri temp. 1400 in 1500°C ter smo pri njih uporabili kot surovino z visokim procentom Al_2O_3 :

prvič — kalcinirani boksit Gvajana

drugič — žgani boksit Gvajana (1400°C)

tretjič — sintetični mulit

Visokoglinične probne vzorce smo pripravili iz takih sestav visokogliničnih mas:

1. Uporaba kalciniranega boksita Gvajana

40 % kalc. boksit Gvajana (zmlet pod 1 mm)

20 % šamot.odpadki s SK ca. 30 (zmleti pod 1 mm)

20 % sur. gl. Češki Brod (zmleta pod 0,25 mm)

20 % sur. gl. Blatuša (zmleta pod 0,25 mm)

2. Uporaba žganega boksita Gvajana (temp. žganja 1400°C)

40 % žg. boksit Gvajana (zmlet pod 1 mm)

20 % šamot odpadki s SK ca. 30 (zmleti pod 1 mm)

20 % sur. gl. Češki Brod (zmleta pod 0,25 mm)

20 % sur. gl. Blatuša (zmleta pod 0,25 mm)

3. Uporaba sintetičnega mulita

60 % sint. mulit s prebitkom Al_2O_3 (zmlet pod 1 mm)

20 % sur. gl. Češki Brod (zmleta pod 0,25 mm)

20 % sur. gl. Blatuša (zmleta pod 0,25 mm)

Po približno 1-dnevem odležanju smo navlažene visokoglinične mase (boksitni masi in mulitno maso) oblikovali v probna telesa pod pritiskom 400 kp/cm² ter po osušenju sintrali po eno uro pri temp. 1400 in 1500°C.

Fizikalne lastnosti pripravljenih visokogliničnih vzorcev so podane v tabeli št. 11

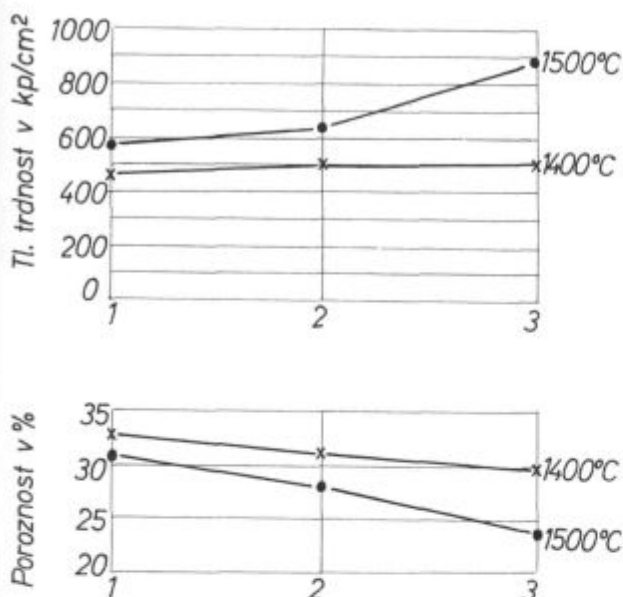
Tabela 11 — Fizikalne lastnosti

Sestava	Topl. obd. °C	Tl. trd., kp/cm ²	Spec. teža g/cm ³	Poroznost %	SK	Ta-točka °C
1	1400	460	2,98	32,0	nad 34	1580
	1500	580	2,88	30,4		
2	1400	490	2,92	30,6	nad 34	1580
	1500	640	2,94	27,8		
3	1400	495	2,85	29,7	nad 34	1580
	1500	890	2,87	23,8		

Iz rezultatov fizikalnih lastnosti pripravljenih visokogliničnih vzorcev, ki so podani v tabeli št. 11 in diagramu št. 16, je razvidno, da je za pripravo

gostih in trdnih visokogliničnih izdelkov potrebno imeti žgan boksit, še boljši pa je sintetični mulit.

Razlike v fizikalnih lastnostih (tl. trdnosti in poroznosti) so med visokogliničnimi vzorci, ki so žgani na temp. 1400° C, še neizrazite, med visokogliničnimi vzorci, ki so žgani na temp. 1500° C, pa



Sestave visokogliničnih opek

- 1 - boksit opeka pripravljena iz kalciniranega boksita Gvajana
- 2 - boksit opeka pripravljena iz žganega boksita Gvajana (temp. žganja 1400° C)
- 3 - mulit opeka

Diagram št. 16

Vpliv sestave visokogliničnih opek na fizikalne lastnosti (tlačno trdnost in poroznost)

že zelo jasne (visoko glinična probna telesa, ki so bila pripravljena z uporabo sintetičnega mulita po kvaliteti jasno odstopajo od ostalih boksitnih probnih teles) — mulitna probna telesa so gostejša in trdnejša.

4. Fizikalno kemijske lastnosti izbranih sestav mulitnih opek — vpliv temp. žganja in obl. pritiska na njihovo kvaliteto

- a) Priprava in fizikalno kemične lastnosti mulitnih vzorcev izdelanih iz izbranih sestav mulitnih mas

Na osnovi rezultatov, dobljenih pri prejšnjih poizkusih, smo izbrali kot najprimernejše sledeče sestave mulitnih mas za izd. mulitnih opek (glej tabelo št. 12):

Tabela št. 12

Sest. mul. mase	Sintet. mulit s preb. Al_2O_3 (zrno pod 1 mm)	Sam. odpad. s SKca. 30 (zrno pod 1 mm)	Sur. gl. C. Brod fino zmleta (zrno pod 0,25 mm)	Sur. gl. Blatuša fino zmleta (zrno pod 0,25 mm)
M 32	40 ut. %	20 ut. %	20 ut. %	20 ut. %
M 33	50 ut. %	10 ut. %	20 ut. %	20 ut. %
M 34	60 ut. %	—	20 ut. %	20 ut. %

Opisane mulitne mase smo pripravili tako, da smo mešanico predpisanih sestavin med mešanjem navlažili na približno 9 %-no vlažnost.

Po približno 1-dnevem odležanju smo oblikovali probna telesa pri takšnih oblikovalnih pritiskih (glej tabelo št. 13):

Tabela št. 13

Oznaka vzorcev	Sestava mase	Oblikovalni pritisk
A	M 32	200 kp/cm^2
B	M 33	200 kp/cm^2
C	M 34	200 kp/cm^2
D	M 32	400 kp/cm^2
E	M 33	400 kp/cm^2
F	M 34	400 kp/cm^2
G	M 32	600 kp/cm^2
H	M 33	600 kp/cm^2
I	M 34	600 kp/cm^2

Po temeljitem osušenju na zraku smo probna telesa toplotno obdelali na sledeč način:

- le osušili pri 105° C
- po eno uro žgali na 800, 1300, 1400 in 1500° C

Izdelani mulitni vzorci so imeli naslednje fizikalno-kemične lastnosti (glej tabeli št. 14 in št. 15):

Tabela 14 — Kemična analiza

Sestava mulitne mase	Oznaka vzorcev	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %	MgO %	TiO_2 %
M 32	A, D in G	44,00	49,47	2,56	0,90	0,64	2,22
M 33	B, E in H	40,60	52,12	3,36	0,90	0,80	2,22
M 34	C, F in I	37,00	55,60	3,04	0,90	0,64	2,48

Tabela 15 — Spremembe med toplotno obdelavo in fizikalne lastnosti

Sest. mase	Ozn. vzorca	Topl. obd. °C	Oblik. prit. kp/cm ²	$\frac{\Delta G}{G}$ %	$\frac{\Delta V}{V}$ %	σ g/cm ³	Tl. trdnost kp/cm ²	Sp. teža g/cm ³	Poroznost %	Ta točka °C	Najedanje mm	SK	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
M 32	A	po obl.	200			2,05							
		105		5,7	0,6	1,94	45						
		800		10,8	0,9	1,84	210						
		1300		11,3	7,6	1,96	410						32/33
		1400		11,7	10,8	2,02	700	2,73	26,5	1520	2,8		
1500		11,4	12,3	2,06	1220	2,70	18,9	1520	2,3				
M 33	B	po obl.	200			2,07							
		105		6,4	0,6	1,95	45						
		800		11,4	0,9	1,85	200						
		1300		11,9	5,6	1,93	420						33/34
		1400		11,3	7,4	1,98	490	2,80	31,0	1520	2,7		
1500		11,3	8,6	2,01	1090	2,81	21,7	1550	2,2				
M 34	C	po obl.	200			2,09							
		105		6,7	0,6	1,96	50						
		800		11,4	0,9	1,86	210						
		1300		11,4	3,6	1,92	370						34/35
		1400		11,6	4,5	1,93	440	2,85	31,9	1560	2,7		
1500		11,4	4,8	1,95	810	2,88	26,1	1580	2,0				
M 32	D	po obl.	400			2,13							
		105		6,7	0,6	2,00	50						
		800		11,4	0,9	1,90	250						
		1300		12,1	7,3	2,01	460						32/33
		1400		11,6	9,1	2,07	780	2,75	22,7	1510	2,6		
1500		11,4	9,4	2,09	1700	2,68	13,7	1560	2,3				
M 33	E	po obl.	400			2,14							
		105		5,8	0,6	2,02	55						
		800		11,0	0,6	1,92	245						
		1300		11,0	5,5	2,01	480						33/34
		1400		11,3	7,3	2,04	610	2,79	26,8	1530	2,0		
1500		11,3	8,5	2,07	1190	2,80	20,4	1560	2,0				
M 34	F	po obl.	400			2,16							
		105		6,7	0,6	2,03	55						
		800		11,3	0,9	1,93	240						
		1300		11,6	4,0	1,99	430						34/35
		1400		11,4	4,9	2,01	495	2,85	29,7	1580	2,0		
1500		11,4	6,2	2,04	890	2,87	23,8	1590	2,0				
M 32	G	po obl.	600			2,18							
		105		6,7	0,6	2,05	70						
		800		11,4	0,9	1,95	300						
		1300		12,1	7,5	2,06	550						32/33
		1400		12,0	8,7	2,10	855	2,71	20,6	1540	2,0		
1500		12,0	9,6	2,12	nad 1700	2,69	5,3	1580	2,0				
M 33	H	po obl.	600			2,19							
		105		6,7	0,6	2,06	75						
		800		11,4	0,9	1,96	290						
		1300		11,7	5,0	2,04	520						33/34
		1400		11,3	5,6	2,06	680	2,78	25,4	1550	1,9		
1500		11,4	6,3	2,07	1550	2,77	16,5	1580	1,9				

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
M 34	I	po obl.	600				2,20						
		105			6,7	0,6	2,06	75					
		800			11,3	0,9	1,97	280					
		1300			11,7	3,7	2,02	485					34/35
		1400			11,6	4,4	2,04	610	2,88	26,4	1580	1,9	
		1500			11,3	5,0	2,06	1020	2,87	22,9	1590	1,9	

b) Prikaz sprememb teže in dimenzij opisanih mulitnih vzorcev med žganjem

teže, volumna in volumske teže med žganjem mulitnih izdelkov (glej daigram št. 17).

Med žganjem se mulitnim vzorcem zmanjša teža zaradi odstranjevanja nevezane in vezane vode. Do temp. 100° C odstranjujemo nevezano vodo (sušenje), v temp. območju 400—500° C pa vezano — kristalno vodo. Zmanjšanje teže mulitnih opek pri

Rezultate $\frac{\Delta G}{G}$, $\frac{\Delta V}{V}$ in σ — vrednosti za različno toplotno obdelane mulitne vzorce iz tabele št. 15 sem vnesel v diagrame, ki prikazujejo spremembo

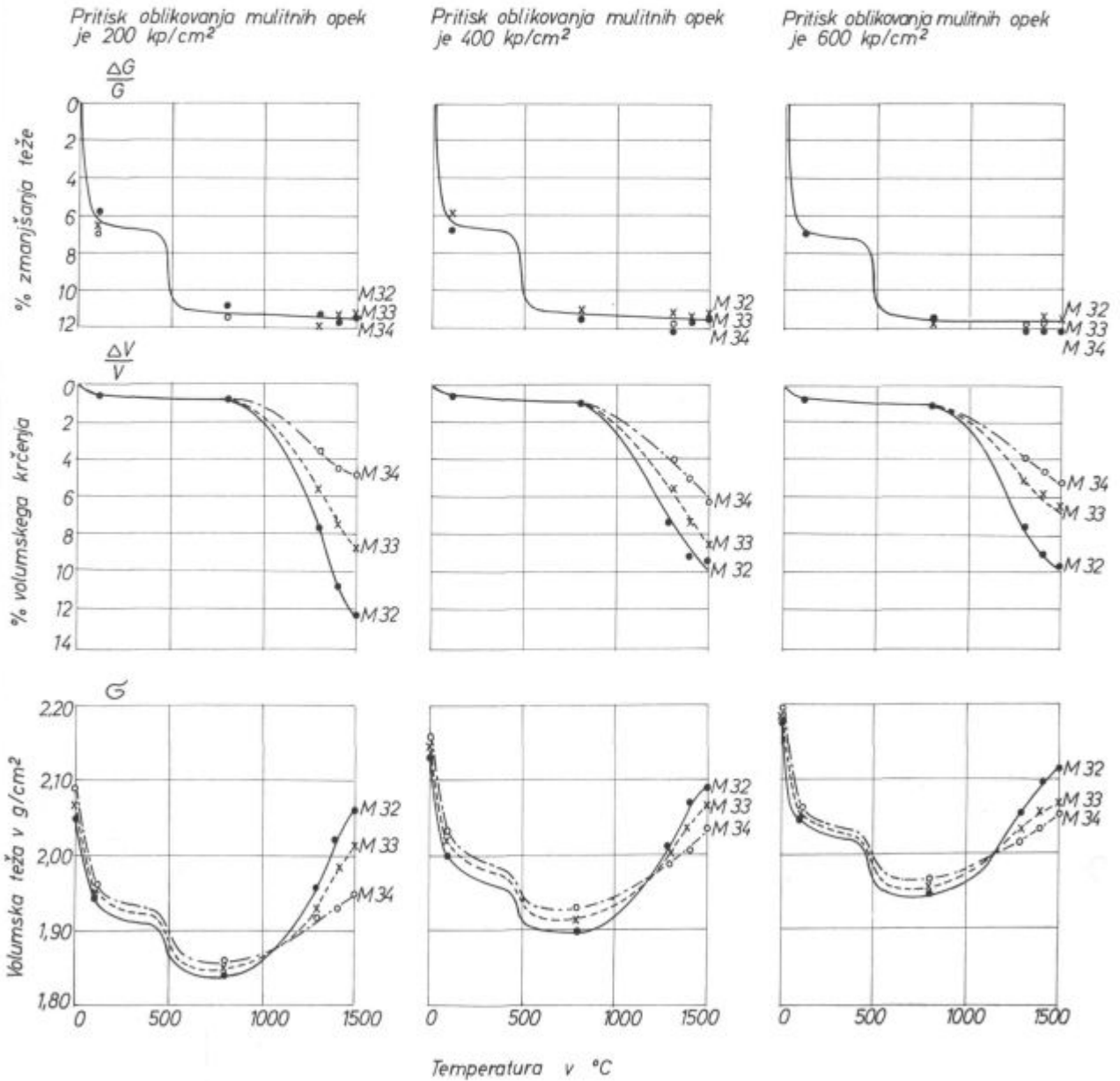


Diagram št. 17
Spremembe teže, volumna in volumske teže med žganjem mulitnih opek

žganju, to je potek odstranjevanja nevezane in vezane vode, je pri vseh sestavah mulitnih opek enak — je neodvisen od sestave mulitne mase (procent vlage je pri vseh sestavah mulitnih mas približno enak — ca. 7 %, ker mulitne opeke izdelujemo vse po polsuhem postopku, dodatek surovih glin pa je tudi pri vseh mulitnih masah 20 % sur. gl. Češki Brod in 20 % sur. gl. Blatuša, ostale surovine pa so vse predhodno žgane) in od oblikovalnega pritiska (glej diagram št. 17).

Iz diagrama št. 17 je razvidno, da je krčenje mulitnih izdelkov med žganjem močno odvisno od sestave mulitne mase — od vsebnosti Al_2O_3 (z naraščanjem vsebnosti Al_2O_3 se zmanjšuje krčenje mulitnih opek med žganjem), delno pa tudi od oblikovalnega pritiska — predvsem pri masah z nižjo vsebnostjo Al_2O_3 (pri probnih telesih oblikovanih pod nižjimi pritiski, ki imajo manj gosto strukturo — več praznih prostorov, je možno močnejše skrčenje). Do temp. $800^\circ C$ še ni razlik v krčenju, te nastopijo šele pri višjih temperaturah ter so posledica nastajanja steklaste faze (zaradi površinskih napetosti steklaste faze se mulitna zrna zblížajo — mulitna opeka se zgosti — skrči).

Zelo pomembno je spreminjanje volumske teže (σ) mulitnih opek med žganjem (glej diagram 17). V območju odstranjevanja nevezane ($100^\circ C$) in vezane (400 — $500^\circ C$) vode volumska teža mulitnih izdelkov pada, v območju nastajanja steklaste faze (nad $800^\circ C$) — zgoščevanje mulitnega izdelka — pa volumska teža narašča.

Volumska teža mulitnih opek je odvisna tudi od njihove kemične sestave. Surove mulitne opeke z višjo vsebnostjo Al_2O_3 imajo višjo volumsko težo, po žganju pa je zaradi slabše zgostitve (manj steklaste faze) njihova volumska teža nižja kot volumske teže enako obdelanih mulitnih opek z nižjo vsebnostjo Al_2O_3 (iz diagrama št. 17 je razvidno, da se omenjeni preobrat izvrši v temp. območju 1100 — $1200^\circ C$).

Iz diagrama št. 17 je lepo razviden tudi vpliv oblikovalnega pritiska na volumsko težo (pri višjih oblikovalnih pritiskih je postavitve zrn bolj kompaktna — bliže postavitvi zrn v obliki tetraedra),

c) *Vpliv temperature in oblikovalnega pritiska na tlačno trdnost mulitnih opek*

Vpliv temp. žganja na zasintranje mulitnih opek in s tem na tlačno trdnost mulitnih opek je prikazan v diagramu št. 18, ki je izdelan na osnovi tlačnih trdnosti mulitnih vzorcev, ki so podane v tabeli št. 15.

Iz diagrama št. 18 je razvidno, da je za sintranje mulitnih opek potrebna temperatura min. $1400^\circ C$, če želimo dobiti trdne, dobro zasintrane mulitne izdelke. Višina temperature, ki je potrebna za dobro zasintranje mulitnih izdelkov, pa je odvisna tudi od njihove kemične sestave. Tako mulitni izdelki, narejeni iz mulitne mase sestave »M 32«

(49,47 % Al_2O_3) dobro zasintrajo, če je temperatura žganja nad $1400^\circ C$, mulitni izdelki, narejeni iz mulitne mase sestave »M 33« (52,12 % Al_2O_3), če je temp. žganja nad $1450^\circ C$, mulitni izdelki, narejeni iz mulitne mase sestave »M 34« (55,60 % Al_2O_3), pa če je temp. žganja nad $1500^\circ C$.

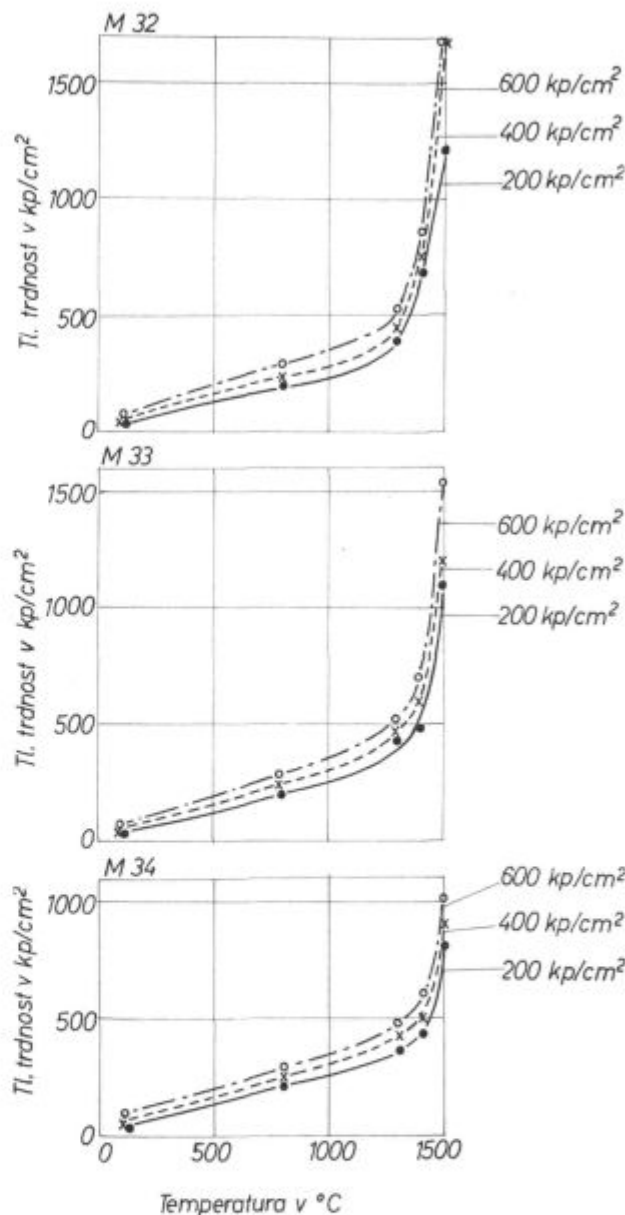


Diagram št. 18

Vpliv temperature žganja na tlačno trdnost mulitnih opek

Boljše sintriranje mulitnih mas z nižjim procentom Al_2O_3 je lepo razvidno iz diagrama št. 18, še bolj pa iz diagrama št. 19, ki prikazuje vpliv pritiska oblikovanja mulitnih izdelkov na njihovo tlačno trdnost.

Mulitni izdelki, oblikovani pod višjimi oblikovalnimi pritiski, imajo tudi višje tlačne trdnosti (glej diagram št. 19).

Iz diagrama št. 19 je tudi razvidno, da se pozna vpliv sestave na trdnost mulitnih izdelkov šele pri temp. okoli 1300° C — torej šele v območju nastajanja steklaste faze.

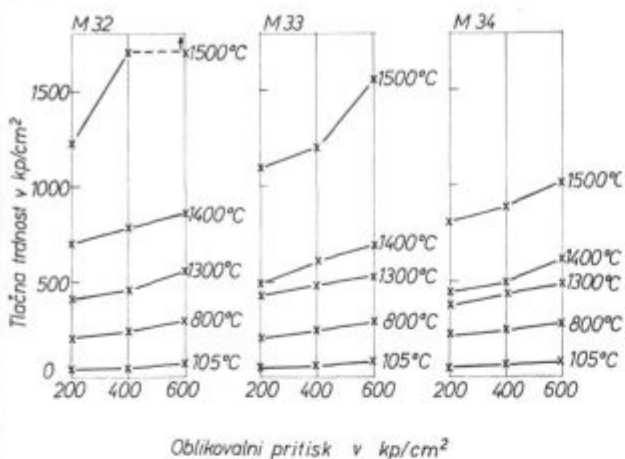


Diagram št. 19
Vpliv oblikovalnega pritiska na tlačno trdnost mulitnih opek

d) Vpliv temperature in oblikovalnega pritiska na poroznost mulitnih opek

Vpliv temp. žganja in oblikovalnega pritiska na poroznost mulitnih izdelkov je prikazan v diagramu št. 20, ki je izdelan na osnovi poroznosti mulitnih vzorcev, ki so podane v tabeli št. 15.

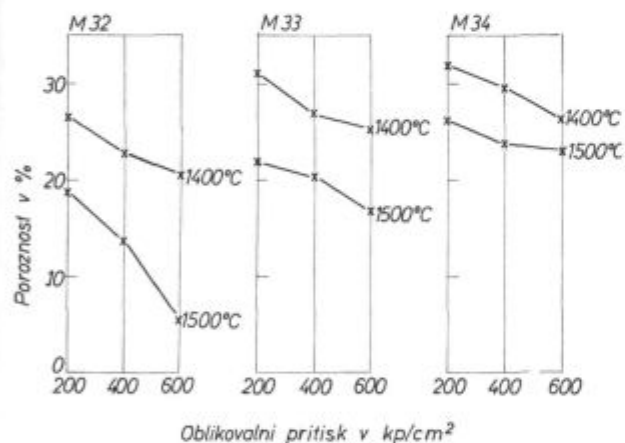


Diagram št. 20
Vpliv oblikovalnega pritiska in temperature žganja na poroznost mulitnih opek

Zgostitev mulitnih izdelkov nastopi pri žganju zaradi nastajanja steklaste faze, ki povzroči zaradi svoje površinske napetosti zblizanje mulitnih zrn, to pa ima za posledico volumsko skrčenje izdelka ter zmanjšanje poroznosti. Ker pri višji temp. nastane pri žganju mulitnih izdelkov več steklaste faze, so tudi ti izdelki bolj gosti — imajo nižjo poroznost.

Mulitni izdelki, oblikovani pri višjih oblikovalnih pritiskih, so gostejši, to pa zato, ker v skladu

z Le Chatelierjevim principom zavzemajo mulitna zrna bolj gosto postavitev — postavitev mulitnih zrn v obliki tetraedra.

Boljša zgostitev (nižja poroznost) mulitnih vzorcev, ki so pripravljene iz sestav mulitnih mas z manj Al_2O_3 , je posledica prisotnosti večje količine talil, kar je vzrok, da pri žganju nastane več steklaste faze.

e) Vpliv temperature žganja in oblikovalnega pritiska na točko zmeščanja (T_a -točka) pri mulitnih opekah

Iz diagrama št. 21 je razvidno, da na zvišanje T_a -točke pri mulitnih opekah ugodno vplivajo sledeči faktorji:

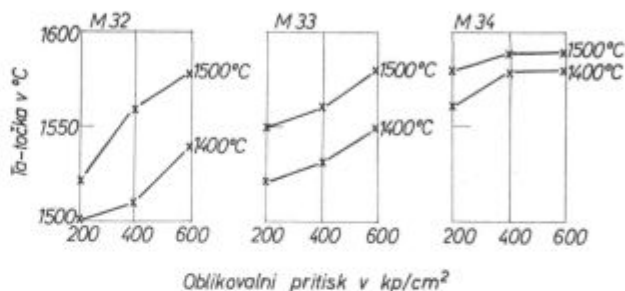


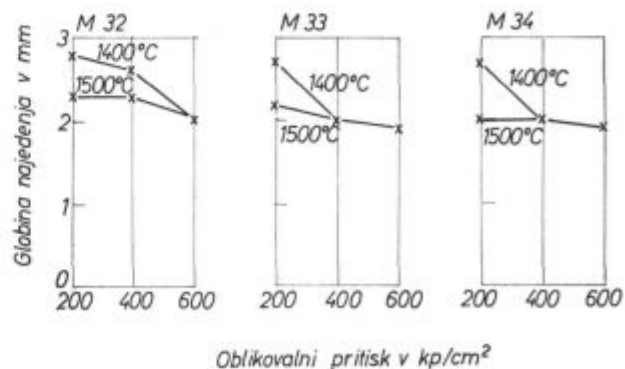
Diagram št. 21
Vpliv temperature žganja in oblikovalnega pritiska na točko zmeščanja (T_a -točka) pri mulitnih opekah

- visok oblikovalni pritisk (bolj gosti izdelki)
- visoka temperatura (nastane več mulita)
- visok procent Al_2O_3 v mulitni masi, ki ima za posledico tudi visok procent mulita v mulitni opeki.

f) Vpliv temp. žganja in oblikovalnega pritiska na odpornost mulitnih opek proti najedanju agresivnih medijev (žlindra, škaja itd.)

Iz diagrama št. 22 je razvidno, da so mulitni izdelki korozivno odpornejši, če so:

- čim gostejši (oblikovani pod visokimi oblikovalnimi pritiski in toplotno obdelani pri visokih temperaturah žganja)



Slika 22
Vpliv temperature žganja in oblikovalnega pritiska na odpornost proti najedanju pri mulitnih opekah

— pripravljene iz mulitnih mas s čim višjim procentom Al_2O_3 .

Mulitne izdelke z visokim procentom Al_2O_3 je težko izdelati goste — z nizko poroznostjo, tako je običajno pri njih visoka poroznost vzrok za nizko korozijsko odpornost. Na ta način si lahko tudi razlagamo razmeroma majhne razlike v korozijski odpornosti opisanih mulitnih izdelkov, pripravljenih iz mulitnih mas sestav »M 32«, »M 33« in »M 34« (mulitna masa sestave »M 32« — z najnižjim odstotkom Al_2O_3 je korozijsko nekoliko manj odporna od mulitnih mas sestav »M 33« in »M 34«, med katerima pa ni bistvene razlike v korozijski odpornosti).

Korozijsko odpornost zmanjšuje tudi nastanek večje količine steklaste faze (pri višji temp. žganja nastane več steklaste faze), ki tako kompenzira ugoden vpliv, ki ga ima zmanjšanje poroznosti na korozijsko odpornost mulitnih izdelkov. To je razloga, ki pojasni, zakaj pri mulitnih vzorcih, ki so oblikovani pri visokih obl. pritiskih toplotna obdelava (temp. žganja 1400 ali 1500°C) ne vpliva bistveno na korozijsko odpornost.

Zaključek

1. Visokoglinične opeke delamo tako, da pri izdelavi opek uporabljamo surovine z visokim odstotkom Al_2O_3 , kot npr.: korund, boksit, mulit itd. Priprava korunda in boksita za izdelavo visokogliničnih opek pa je v primerjavi s pripravo sint. mulita zelo draga (korund pripravimo s taljenjem boksita v posebnih elektro pečeh, boksit pa tako, da ga predžgemo na temperaturi 1560°C).

Laboratorijski poizkusi priprave sintetičnega mulita so pokazali, da je temp. žganja 1400°C že zadostna, da dobimo iz dobro premešane in prenetene navlažene mešanice fino zmletega boksita Gvajana (ekonomsko še primernejši bi bil surovi boksit) in fino zmlete surove glinje Brežice po žganju sintetični mulit, ki je zelo primeren kot surovina za izdelavo visokogliničnih mulitnih opek.

Prednost surove glinje Brežice pred ostalimi preizkušenimi glinami je predvsem njena dobra plastičnost in nekoliko višji procent talil — ni potreben dodatek vezivnih sredstev, nekoliko višji odstotek Fe_2O_3 pa pospešuje tudi nastajanje mulita.

2. Tako pri pripravi sintetičnega mulita kot pri izdelavi mulitnih opek morajo biti vse surovine fino zmlete, le na ta način dobimo veliko stično površino med glino in boksitom (oz. žganimi materiali). Od velikosti stične površine je namreč v veliki meri odvisna intenzivnost kemičnih reakcij — nastajanje mulita in tvorba steklaste faze (sintranje).

Laboratorijski poizkusi so pokazali, da je najprimernejša sestava mulitne mase za izdelavo sintetičnega mulita sledeča:

60 % ut. boksita Gvajana (fino zmlet)

40 % ut. surove glinje Brežice (fino zmleta)

Po navlaženju, temeljitem pomešanju in prenetenju oblikujemo mulitno maso omenjene sestave po plastičnem postopku v kepe (oblika ni pomembna), ki jih po osušenju žgemo na temp. 1400°C. Žgane kepe sintetičnega mulita pripravimo kot surovino za izdelavo mulitnih opek tako, da jih zdrobimo na zrno pod 1 mm.

Ker od kvalitnih mulitnih opek pričakujemo tudi dobro korozijsko odpornost, ta pa je v znatni meri odvisna od poroznosti, moramo pripravljati mulitne izdelke tako, da postanejo čim gostejši. Ker vpliva na poroznost granulacijska sestava, ki mora biti pri izdelavi mulitnih izdelkov fino zrnata, moramo doseči zapolnitev praznih prostorov med finimi zrni žganih materialov, katerih velikost je od 0,1 do 1 mm, s še finejšimi zrni surovih glin, katerih velikost je pod 20 μ .

Za izdelavo gostih, kompaktnih mulitnih izdelkov je teoretično (idealno pomešanje) najprimernejše, da mulitna masa vsebuje poleg žganih materialov še 30—35 vol. % surove glinje (ca. 30 ut. % surove glinje). Pomešanje pa praktično ni nikdar idealno, zato je praktično najprimernejša sestava mulitne mase premaknjena nekoliko v prid surovi glini, ki naj je vsebuje ca. 45 vol. % (ca. 40 ut. %).

3. Laboratorijska primerjava uporabnosti kalc. boksita, žg. boksita (1400°C) in sint. mulita za izdelavo visokogliničnih izdelkov je pokazala, da je žg. boksit (1400°C) kot surovina za izd. visoko gliničnih boksitnih izdelkov primernejši od kalc. boksita, sintetični mulit pa je za te namene najprimernejši, saj visokoglinična mulitna probna telesa, ki so pripravljena z uporabo sintetičnega mulita, po gostoti in trdnosti znatno odstopajo od visokogliničnih — boksitnih probnih teles. Pri temp. žganja okoli 1500°C dobimo že dobro zasintranje, goste in trdne visokoglinične — mulitne opeke, pri visokogliničnih — boksitnih opekah, ki imajo vsebnost Al_2O_3 približno enako kot mulitne opeke, pa pri tej temperaturi še ne pride do zadostnega zasintranja.

4. Najprimernejše sestave mulitnih mas za izdelavo kvalitetnih, korozijsko, mehansko in temperaturno dobro odpornih mulitnih izdelkov so podane v naslednji tabeli:

Sest. mulitne mase	Sint. mulit s preb. Al_2O_3	Samot. odp. s SK ca. 30	Sur. glina Češki Brod	Sur. glina Blatuša
M 32	40 ut. %	20 ut. %	20 ut. %	20 ut. %
M 33	50 ut. %	10 ut. %	20 ut. %	20 ut. %
M 34	60 ut. %	—	20 ut. %	20 ut. %

Iz zasledovanja sprememb volumna, teže in fizikalnih lastnosti mulitnih izdelkov opisanih sestav mulitnih mas med žganjem smo ugotovili, da mora biti pri žganju mulitnih izdelkov, ki so

narejeni iz mulitne mase sestave »M 32« (49,47 % Al_2O_3), temp. žganja nad 1400°C , pri žganju mulitnih izdelkov, ki so narejeni iz mulitne mase sestave »M 33« (52,12 % Al_2O_3), temp. žganja nad 1450°C , pri žganju mulitnih izdelkov, ki so narejeni iz mulitne mase sestave »M 34« (55,60 % Al_2O_3), pa temp. žganja nad 1500°C .

Mulitni izdelki, oblikovani iz opisanih sestav mulitnih mas pri višjih oblikovalnih pritiskih, so gostejši in trdnjši — imajo boljše fizikalne lastnosti. Za pripravo kvalitetnih, korozijsko, mehansko in temperaturno dobro odpornih mulitnih izdelkov je potrebno, da so oblikovalni pritiski vsaj 400 kp/cm^2 . Laboratorijsko smo ugotovili, da so mulitni vzorci, oblikovani pod pritiskom

400 kp/cm^2 znatno kvalitetnejši od mulitnih vzorcev, oblikovanih pod pritiskom 200 kp/cm^2 . S povečanjem oblikovalnega pritiska od 400 kp/cm^2 na 600 kp/cm^2 pa bistveno ne izboljšamo kvalitete mulitnih izdelkov.

Literatura

1. Harders-Kienow: Feuerfestkunde (1960)
2. H. Salmang: Die Keramik (1958)
3. Beljankin-Lapin-Iwanov: Technische Petrographie (1960)
4. R. Kejžar: Priprava in uporabnost korundnih opek v metalurgiji — Zelezarski zbornik III (1969) št. 4, str. 241—261
5. Spravočnik himika I. (1962)

ZUSAMMENFASSUNG

Die Mullitsteine gehören zu den hochtonerdehaltigen Steinen welche gut korrosions-, mechanisch- und temperaturbeständig sind. Als Rohstoff für die Erzeugung dieser Steine wurde sintetischer Mullit (aus Bauxit und Ton gefertigt), sortierte Schamotteabfälle und Bindeton angewendet.

Sowohl bei der Vorbereitung von sintetischen Mullit wie auch bei der Erzeugung der Mullitsteine müssen alle Rohstoffe in fein gemahlenem Zustand vorliegen. Nur auf diese Weise wird eine grosse Berührungsfläche zwischen dem Ton und Bauxit erreicht. Von der Grösse der Berührungsfläche zwischen Ton und Bauxit hängt in grossem Masse die Intensität der chemischen Reaktionen bei der Bildung von Mullit und der glasigen Phase.

Sintetischer Mullit ist für die Erzeugung hochtonerdehaltigen Erzeugnisse mit ca. 55 % Al_2O_3 der geeignetste Rohstoff. Die Erzeugung von Mullit (Sintern der Mischung von Bauxit Gvajana und der rohen Tonerde Brežice im Gewichtsverhältnis 60 + 40 bei einer Temperatur von 1400°C) ist im Vergleich mit der Erzeugung von Korund (durch das Schmelzen von Bauxit in Elektroöfen) und Bauxit (Vorsintern von Bauxit bei 1560°C) am billigsten. Aus kalziniertem oder gebranntem Bauxit (1400°C) erzeugte hochtonerdehaltige Erzeugnisse waren bedeutend schlechter von den chemisch gleichwertigen (mit demselben % Al_2O_3) hochtonerdehaltigen Mulliterzeugnissen (wenn auch die Erzeugungsbedingungen gleich waren: Formungsdruck 400 kp/cm^2 , Brenntemperatur rund 1500°C).

Da die Granulationszusammensetzung welche bei der Fertigung von Mulliterzeugnissen sehr fein sein muss, die Porosität und damit auch die Korrosionsbeständigkeit dieser Erzeugnisse stark beeinflusst, muss bei diesen die Kompaktheit mit dem richtigen Mengenverhältnis der gebrannten Materialien und der rohen Tonerde in der Mullitmasse erzielt werden. (Die Nachfüllung der leeren Räume zwischen den gebrannten Körnern von 0.1 bis

1 mm Grösse wird durch die feinen Teilchen der rohen Tonerde deren Grössen unter 20μ (Mikron) ist erreicht.) Für die Erzeugung von dichten kompakten Mulliterzeugnissen ist theoretisch am geeignetsten, dass die Mullitmasse neben den gebrannten Materialien noch etwa 30 Gewichtsprozent der rohen Tonerde enthält.

Die Durchmischung ist praktisch nie ideal, deshalb ist die praktisch am geeignetste Zusammensetzung der Mullitmasse etwas zu Gunsten der rohen Tonerde verschoben, von der sie etwa 40 Gewichts % enthalten soll.

Die am geeignetsten Zusammensetzungen der Mullitmasse für die Erzeugung von qualitäts-, korrosions-, mechanisch und temperatur gut beständigen Mulliterzeugnissen sind in der unteren Tabelle angegeben:

% Al_2O_3 in der Mullitmasse	Gesintert Mullit mit Al_2O_3	Schamotteabfälle mit SK cca. 30	Rohe Tonerde Tscheschki Brod	Rohe Tonerde Blatuscha
M 32 (49,47 %)	40 Gew. %	20 Gew. %	20 Gew. %	20 Gew. %
M 33 (52,12 %)	50 Gew. %	10 Gew. %	20 Gew. %	20 Gew. %
M 34 (55,60 %)	50 Gew. %	—	20 Gew. %	20 Gew. %

Aus der angegebenen Zusammensetzung der Mullitmasse können qualitäts-, korrosions-, mechanisch und temperatur gut beständige Mulliterzeugnisse gefertigt werden, wenn sie mit einem Druck von mindestens 400 kp/cm^2 geformt werden, und wenn sie abhängig von der Zusammensetzung der Mullitmasse in einem Temperaturintervall von 1400°C bis 1500°C gesintert werden.

SUMMARY

Mullite bricks belong to the group of high-alumina refractory bricks, which have good corrosion, mechanical and temperature resistance. As the basic raw material for manufacturing these bricks the synthetic mullite (prepared of bauxite and clay), sorted fire-clay odds and ends, and binding clay were used.

For preparation of the synthetic mullite and for manufacture of mullite bricks all raw materials must be finely ground in order to obtain big contact surface between the clay and the bauxite. The area of the contact surface between clay and bauxite has a great influence on the intensity of chemical reactions — formation of mullite, and formation of glassy phase (sintering).

The synthetic mullite is the most suitable raw material for manufacture of high-alumina products with about 55 % Al_2O_3 . Its preparation (sintering of mixture of Guajana bauxite and Brežice raw clay in weight ratio 60:40 at 1400°C) is cheaper than preparation of corundum (smelting of bauxite in special electrofurnaces) and of bauxite (calcination of bauxite at 1560°C). High-alumina bauxite products made of calcined bauxite at 1560 or 1400°C had much worse properties than chemically equivalent (the same % Al_2O_3) high-alumina mullite products (conditions in manufacturing bauxite and mullite products were absolutely the same: forming pressure 400 kp/cm^2 , sintering temperature 1500°C).

As the grain composition which must in manufacture of mullite products consist of very fine grains influences the porosity and thus also the corrosion resistance of products the compactness must be achieved by the correct ratio between calcined components and the raw clay in mullite mixture (empty spaces between the grains of calcined materials of size 0,1 to 1 mm can be filled with fine particles smaller than 20μ of the raw clays). To obtain dense, compact mullite products theoretically (ideal mixing) most suitable mullite mixture must contain about 30 wt. % raw clays beside the calcined components. But mixing practically never is ideal and therefore practically the best mullite mixture must contain about 40 wt. % raw clays.

The best compositions of mullite mixtures for manufacture of quality mullite products with good corrosion, mechanical, and temperature resistance are given in the following table:

Composition of mullite mixture (Al_2O_3)	Synth. mullite with Al_2O_3 surplus	Fire-clay odds Orton Conc about 30	Raw clay Češki Brod	Raw clay Blatuša
M 32 (49,47 %)	40 wt. %	20 wt. %	20 wt. %	20 wt. %
M 33 (52,12 %)	50 wt. %	10 wt. %	20 wt. %	20 wt. %
M 34 (55,60 %)	60 wt. %		20 wt. %	20 wt. %

From the described compositions of mullite mixture good mullite products are obtained if the forming pressure is at least 400 kp/cm^2 and if they are sintered in the temperature range 1400 to 1500°C depending on the composition of mullite mixture.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Муланитные кирпичи относятся к группе высокоуглеродистых огнеупорных кирпичей которые обладают также механической устойчивости и стойкости против коррозии. Как основное сырьё для изготовления этих кирпичей употреблен синтетический муланит приготовлен из боксита и глинны, сортированного скрапа шамота и вязкой глинны.

Чтобы получить хорошую связь между глиной и бокситом необходимо, чтобы составные части синтетического муланита а также и кирпич были хорошо смолаты. От величины соприкосновенной поверхности между глиной и бокситом зависит главным образом интенсивность химических реакций: образование муланита и стеклянной фазы (агломерация).

Для приготовления высокоуглеродистых изделий с содержанием прибл. 55 % Al_2O_3 самое подходящее сырьё именно синтетический муланит. При сравнении его приготовления спеканием смеси 60 % боксита Гваяна (Gvajana) и 40 % сырой глинны Брежнице (Brežice) при темп. 1400°C с приготовлением корунда-предварительный обжиг боксита при темп. от 1560°C и потом последующее плавление в специальной электропечи — что синтетический муланит дешевле.

В случае когда был употреблен кальцинированный боксит, приготовлен обжигом при темп. 1400°C , высокоуглеродистые бокситные продукты были гораздо худшего качества в сравнении с химически эквивалентными (одинаковое содержание Al_2O_3) высокоуглеродистыми муланитными изделиями несмотря на то, что условия приготовления одних и других были совсем одинаковы: пластичное давление при 400 kp/cm^2 и темп. обжиг прибл. 1500°C .

Так как гранулярный состав, крайне мелкозернистый, влияет на пористость а с этим на на устойчивость против коррозии этих изделий, необходимо получить определенную плотность смеси правильным выбором отношения количества обожженных компонентов и сырой глинны в муланитной массе. Установлено, что, чтобы заполнить пустые промежутки между зёрнами величина которых

находится в пределах 0,1—1 мм, частицы глинны должны быть меньше 20-ти микронов. Для изготовления густых и плотных муланитных продуктов теоретически самое подходящее количество сырой глинны в муланитной массе составляет прибл. 30 %. Но, так как, практически, приготовление смеси что касается плотности, не достигает желанного результата, количество сырой глинны надо увеличить на прибл. 40 % веса.

Самый подходящий состав муланитной массы для приготовления хорошаго качества, устойчивых против темп-ы коррозии и механическим влияниям муланитных изделий приведен в следующей таблице:

Содер. мулл. массы (Al_2O_3)	Синтет. муланит с прибл. Al_2O_3	Шамотный скрап, 30 SK	Сырая гл. Češki Brod (Češki Brod)	Сырая гл. Блатуша (Blatuša)
M 32 (49,47 %)	40 вес. %	20 вес. %	20 вес. %	20 вес. %
M 33 (52,12 %)	50 вес. %	10 вес. %	20 вес. %	20 вес. %
M 34 (55,60 %)	60 вес. %	—	20 вес. %	20 вес. %

При формовании при давлении от 400 kp/cm^2 и спекании, в зависимости от содержания, при темп-ы 1400 — 1500°C , полученные продукты отвечают желанному качеству что касается устойчивости против коррозии, темп-ы и механическим влияниям.