

Mag. Rajko Kejžar, dipl. inž.
Železarna Jesenice

DK: 666.767
ASM/SLA: RMH

Uporabnost korundnih nabijalnih mas in korundnih mas za vroča popravila pri obzidavi - oblaganju metalurških peči

Korundne nabijalne mase z visokim procentom Al_2O_3 (ca. 80 %) so enako kot korundne opeke z visokim procentom Al_2O_3 (ca. 85 %) primerne za oblaganje tistih delov metalurških peči, ki so podvrženi kombinirani obremenitvi — istočasnim toplotnim, mehanskim in korozijskim vplivom.

Sestava korundne nabijalne mase je podobna sestavam korundnih mas za izdelavo korundnih opek, ki so opisane v članku »Priprava in uporabnost korundnih opek v metalurgiji« (Železarski zbornik III, 1969, št. 4., str. 241—261).

Popravljanje ognjeodporne obloge peči brez predhodne ohladitve, ki je možno z uporabo korundnih mas za vroča popravila, je primeren način vzdrževanja peči, ker ima za posledico znižanje proizvodnih stroškov — skrajšanje zastojev v proizvodnji ter zmanjšanje stroškov za ognjeodporno oblogo, ki se ji zaradi rednega vzdrževanja in zmanjšanja števila pospešenih ohladitev vzdržnost izboljša.

Korundne mase za vroča popravila se razlikujejo od korundnih nabijalnih mas predvsem v količini dodatkov za izboljšanje sintranja in vezanja na preostalo oblogo, ki jo popravljamo. Laboratorijsko in praktično smo ugotovili, da je za ta namen primeren dodatek zmletga okenskega stekla.

UVOD

Visoka ognjeodpornost, izredna trdnost ter predvsem dobra korozijska odpornost so lastnosti, ki dajejo korundnim izdelkom vse večjo uporabnost v metalurgiji. Uporabljajo se za obzidavo jeklarskih ponovc (večja vzdržnost ponovc in večja čistoča jekla), za oblaganje dna valjarniških ogrevnih peči (visoka trdnost in nereaktivnost korundne obloge pri temperaturi ca. 1200°C), za vgraditev v vrhnje sloje gradelov SM-komor (visoka ognje-

odpornost in dobra korozijska odpornost), za obzidavo gorilcev itd.

Danes, ko težnja po čimvečji storilnosti ne dopušča več dolgotrajnih remontov in popravil, se pri oblaganju metalurških peči vse bolj uveljavljajo najrazličnejše nabijalne mase, ognjeodporni betoni in mase za vroča popravila peči. Tako nabijalne mase zaradi nižje cene, enostavnejše in hitrejšje vgraditve v vedno večji meri zamenjujejo pri oblaganju peči dražje opeke. Mase za vroča popravila pa so postale nepogrešljive pri rednem vzdrževanju peči. Prednosti redne uporabe mas za vroča popravila se kažejo v skrajšanju zastojev v proizvodnji (manjša popravila obloge peči lahko opravimo kar pri delovni temperaturi — odpade dolgotrajno hlajenje ter za tem ponovno segrevanje, ki je nujno pri popravljanju peči v hladnem) in izboljšanju vzdržnosti ognjeodporne obloge peči, ki je delno posledica rednega vzdrževanja — popravljanja in obnavljanja ognjeodporne obloge (redno vzdrževanje ognjeodporne obloge je z masami za vroča popravila možno, ker pri popravilu peči pri njeni delovni temperaturi skoraj ni zastojev v proizvodnji; popravila ognjeodporne obloge v hladnem pa so zaradi večdnevne prekinitve proizvodnje lahko le občasna), delno pa posledica zmanjšanja števila ohladitev in segrevanj (večkratno pospešeno ohlajanje in segrevanje peči vpliva zelo neugodno na ognjeodporno oblogo, ki zato tudi predčasno propade).

Enostavna ter predvsem hitra vgraditev korundnih nabijalnih mas in korundnih mas za vroča popravila je razlog, da se ti korundni ognjeodporni materiali, ki imajo v vgrajenem in zasintanem stanju podobne lastnosti kot sintrane korundne opeke, v vse večji količini uporabljajo v metalurgiji za obzidavo toplotno, mehansko in korozijsko obremenjenih delov metalurških peči.

I. KORUNDNE NABIJALNE MASE

1. Osnove sestave korozijsko odpornih korundnih nabijalnih mas

a) Sestava

Korundne nabijalne mase sestavljajo korundni granulati, surova glina in vezivni dodatki — sestavljene so torej podobno kot korundne mase, iz katerih izdelujemo sintrane korundne opeke.

b) Granulacijska sestava

Ker so pritiski nabijanja pri oblaganju peči s korundnimi nabijalnimi masami običajno nižji kot pri oblikovanju korundnih opek, ne more biti postavitve korundnih zrn v nabiti korundni masi tako gosta, kot je lahko v korundni masi korundne opeke, ki je stisnjena pod visokim pritiskom. V nabiti korundni masi zavzame torej več zrn postavitev v obliki kocke (najredkejša postavitve zrn — maksimalna poroznost) kot v korundni masi, stisnjeni pod visokim pritiskom.

Na osnovi računov zapolnitve praznih prostorov, ki nastanejo med delci približno enake velikosti, z bistveno manjšimi delci, sta izračunana trofrakcijska diagrama poroznosti za ekstremni postavitvi zrn:

a) za postavitev zrn v obliki kocke — maksimalna poroznost pri idealnem pomešanju (glej diagram št. 1);

*Teoretični trofrakcijski diagram poroznosti
- postavitev zrn (kroglic)
v obliki kocke
- mešanje idealno*

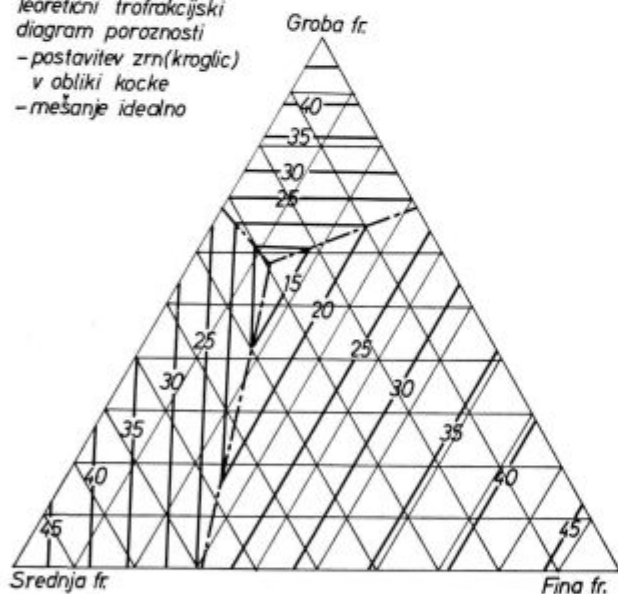


Diagram št. 1

b) za postavitev zrn v obliki tetraedra — minimalna poroznost pri idealnem pomešanju (glej diagram št. 2).

Račun zapolnitve praznih prostorov med večjimi zrni z bistveno manjšimi zrni in konstrukcija trofrakcijskih diagramov poroznosti sta opisana

*Teoretični trofrakcijski diagram poroznosti
- postavitev zrn (kroglic)
v obliki tetraedra
- mešanje idealno*

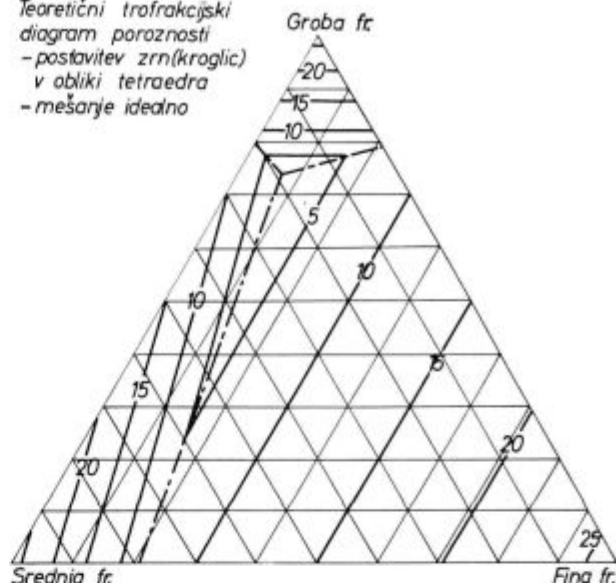


Diagram št. 2

v članku »Priprava in uporabnost korundnih opek v metalurgiji«, *Železarski zbornik III* (1969) št. 4.

Prikazana teoretično izračunana trofrakcijska diagrama poroznosti sta osnova za izbiro granulacijske sestave korundnih mas, ki jih potrebujemo za izdelavo kompaktnih gosto pakiranih korundnih izdelkov. Pri idealnem pomešanju frakcij mora biti poroznost vedno med ploskvama obeh trofrakcijskih diagramov. Območje, v katerem je lahko poroznost izbrane sestave frakcij, določata prebodišči ploskev s premico, ki to sestavo frakcij predstavlja. Kje na daljici, ki nastane med prebodiščema, bo ležala točka, ki določa dejansko poroznost izdelka, pa je odvisno od zunanjih sil (tresenja, nabijanja, stiskanja itd.), to je od količinskega razmerja med postavitvijo zrn v obliki kocke, tetraedra itd.

Ker v primerjavi s korundno maso za izdelavo gostih sintranih korundnih opek zavzame v nabiti korundni nabijalni masi več zrn postavitev v obliki kocke, mora biti v korundni nabijalni masi večji delež finih frakcij, da se bodo tako zapolnili z manjšimi zrni tudi nastali večji prazni prostori med večjimi zrni (pri postavitvi zrn v obliki kocke nastanejo večji prazni prostori med zrni kot pri postavitvi zrn v obliki tetraedra).

Taka izbira granulacijske sestave korundnih zrn, ki jo prikazuje trofrakcijski diagram št. 3, se je izkazala kot zelo primerna za izdelavo korundnih nabijalnih mas. Če namreč spreminjamo granulacijsko sestavo korundnih zrn pri korundni masi, ki se je izkazala kot primerna za izdelavo korundnih opek, ki jih oblikujemo s stiskanjem pri višjih oblikovalnih pritiskih v smeri, ki jo kaže puščica, vrisana v trofrakcijskem diagramu, se količina večjih zrn (groba frakcija) zmanjša, količina bistveno manjših zrn (srednja in fina frakcija) pa povečuje (glej diagram št. 3).

Izbira granulacijske
sestave za izdelavo
nabijalnih mas

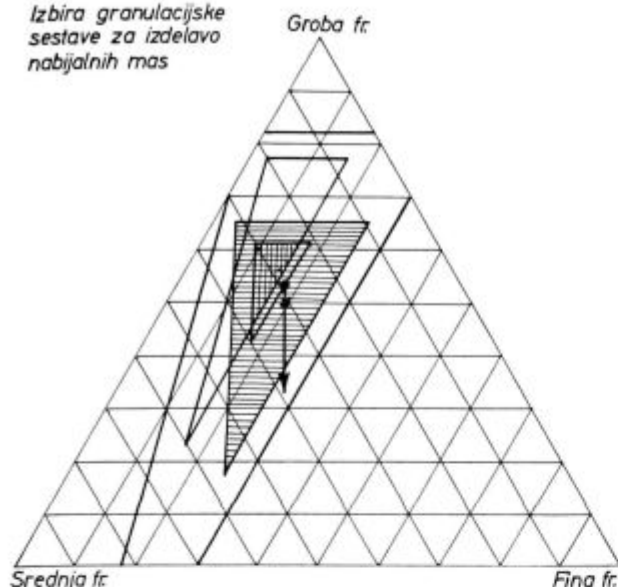


Diagram št. 3

Prikazani diagram je kombinacija obeh prej podanih trofrakcijskih diagramov poroznosti za ekstremni postavitvi zrn. Na njem označeno dvakrat črtano polje predstavlja področje najprimernejših granulacijskih sestav trofrakcijskega sistema za doseg zelo gostih izdelkov s poroznostjo 5—15 % pri idealnem pomešanju (odvisno od količinskega razmerja med različnimi oblikami postavitve zrn — kocka, tetraeder itd.). Podobno predstavlja enkrat črtano polje področje granulacijskih sestav trofrakcijskega sistema, v katerem dobimo pri idealnem pomešanju poroznost od 10—20 %. Ker pa je idealno pomešanje frakcij nemogoče, je praktično najprimernejša granulacijska sestava vedno premaknjena nekoliko v prid finejših frakcij.

Za izdelavo gostih sintranih korundnih opek smo ugotovili («Priprava in uporabnost korundnih opek v metalurgiji» — Železarski zbornik III, 1969 št. 4), da je najprimernejša sledeča granulacijska sestava korundne mase (glej tabelo št. 1):

Tabela št. 1

Sestava korundne mase	
Groba frakcija (korund 2—3 mm)	45 ut. %
Srednja frakcija (korund 0,25—0,5 mm)	25 ut. %
Fina frakcija (korund »ciklon«)	15 ut. %
Surova glina Blatuša	15 ut. %

Iz podane granulacijske sestave korundne mase (tabela št. 1) izračunana granulacijska sestava korundnih zrn, ki je na trofrakcijskem diagramu označena s črno piko (glej diagram št. 3) pa je naslednja (glej tabelo št. 2):

Tabela št. 2

Sestava korundnih zrn	
Groba frakcija (korund 2—3 mm)	53 %
Srednja frakcija (korund 0,25—0,5 mm)	29,5 %
Fina frakcija (korund »ciklon«)	17,5 %

V trofrakcijski diagram št. 3 vrisana puščica pa predstavlja primerne granulacijske sestave korundnih zrn za pripravo korundnih nabijalnih mas.

Pri nabijanju korundnih nabijalnih mas s pnevmatskimi kladivi se je pokazala kot primerna sledeča granulacijska sestava korundne nabijalne mase (glej tabelo št. 3):

Tabela št. 3

Sestava korundne nabijalne mase	
Groba frakcija (korund 2—3 mm)	40 ut. %
Srednja frakcija (korund 0,25—0,5 mm)	25 ut. %
Fina frakcija (korund »ciklon«)	15 ut. %
Surova glina Blatuša	20 ut. %

Iz podane granulacijske sestave korundne nabijalne mase (tabela št. 3) izračunana granulacijska sestava korundnih zrn, ki je na trofrakcijskem diagramu označena s križcem (glej diagram št. 3), leži na vrisani puščici in je naslednja (glej tabelo št. 4):

Tabela št. 4

Sestava korundnih zrn	
Groba frakcija (korund 2—3 mm)	50 %
Srednja frakcija (korund 0,25—0,5 mm)	31 %
Fina frakcija (korund »ciklon«)	19 %

Izbrana granulacijska sestava korundnih zrn se nahaja v področju granulacijskih sestav, pri katerih dobimo pri idealnem pomešanju izdelke s poroznostjo od 10—20 %. Za zapolnitev teh praznih prostorov služi surova glina, ki pri pomešanju z ovlaženim granulatom najprej obda korundna zrna ter se zatem v odvisnosti od pritiska oblikovanja vrine v preostale prazne prostore med korundna zrna. Ker so pritiski oblikovanja korundnih nabijalnih mas (nabijanje) manjši kot pritiski oblikovanja korundnih opek (strojno stiskanje) ostane pri korundnih nabijalnih masah, če jih primerjamo s korundnimi masami za izdelavo opek, po oblikovanju okoli korundnih zrn debelejša plast surove gline. Da se bo surova glina tudi pri nekoliko nižjih pritiskih oblikovanja korundnih nabijalnih mas vrinila v prazne prostore med korundna zrna, mora vsebovati korundna nabijalna masa večjo količino surove gline, kot jo vsebuje korundna masa za izdelavo korundnih opek.

Tudi potreba po boljši plastičnosti korundnih nabijalnih mas zahteva, da vsebuje korundna nabijalna masa večjo količino surove gline. Zadovoljivo plastičnost korundnih nabijalnih mas dobimo pri ca. 20 ut. procentih dodatka surove gline Blatuša. Ta količina surove gline je zadostna, da zapolni preostale prazne prostore (10—20 %, v trofrakcijskem diagramu št. 3 prikazano kot enkrat črtano polje) ter obda korundna zrna — specifična teža gline je manjša kot specifična teža korunda (razmerje specifičnih tež glina : korund — ca. 2:3).

c) Dodatki za izboljšanje sintranja

Zaradi manjše gostote korundnih zrn v nabiti korundni masi moramo dodati korundni nabijalni masi večjo količino dodatkov za izboljšanje sintranja kot korundni masi za oblikovanje korundnih opek, ki jih strojno stiskamo. Le tako bomo med seboj bolj razmaknjena korundna zrna v nabiti korundni masi trdno povezali v celoto.

Ker so delovne temperature valjavniških ogrevnih peči do ca. 1200° C (korundne nabijalne mase so primerne za oblaganje dna teh peči) ter jih lahko segrejemo do temp. ca. 1350° C, temelji sintranje korundne obloge, izdelane iz korundne nabijalne mase, enako kot sintranje korundnih opek na nastanku steklaste faze, ki pri temperaturi sintranja obda korundna zrna ter jih poveže v trdno kompaktno celoto.

Pri sintranju nastaja steklasta faza zaradi taljenja dvo in tro-komponentnih evtektikov. Kot dodatke za izboljšanje sintranja uporabljamo pri pripravi korundnih nabijalnih mas predvsem fosfate (fosforno kislino, alkalijske in zemljoalkalijske fosfate ter Al-fosfat), ker je P-ion boljši steklotvorec kot Si-ion.

Količina gline in vezivnih sredstev, ki je v korundni nabijalni masi nekoliko večja kot v

korundni masi za oblikovanje korundnih opek s strojnim stiskanjem, mora biti tudi v korundni nabijalni masi čim manjša (večja le toliko, kolikor je zaradi nekoliko večje oddaljenosti med korundnimi zrnji nujno potrebno), da pridejo dobre lastnosti korunda (ognjeodpornost, trdota in kemijska nereaktivnost) čimbolj do izraza.

2. Opis ogrevne peči

Uporabnost korundnih nabijalnih mas in korundnih mas za vroča popravila smo praktično preizkusili v ogrevni peči valjarne žice na Beli. Pomično in nepomično dno ogrevne peči, ki je podvrženo toplotnim (temp. ca. 1200° C), mehanskim (potovanje gredic skozi ogrevno peč) in korozijskim (škaja) obremenitvam, smo obložili s korundno nabijalno maso ter opazovali obnašanje tako obzidanega dna, ki smo ga redno (po potrebi) popravljali s korundno maso za vroča popravila.

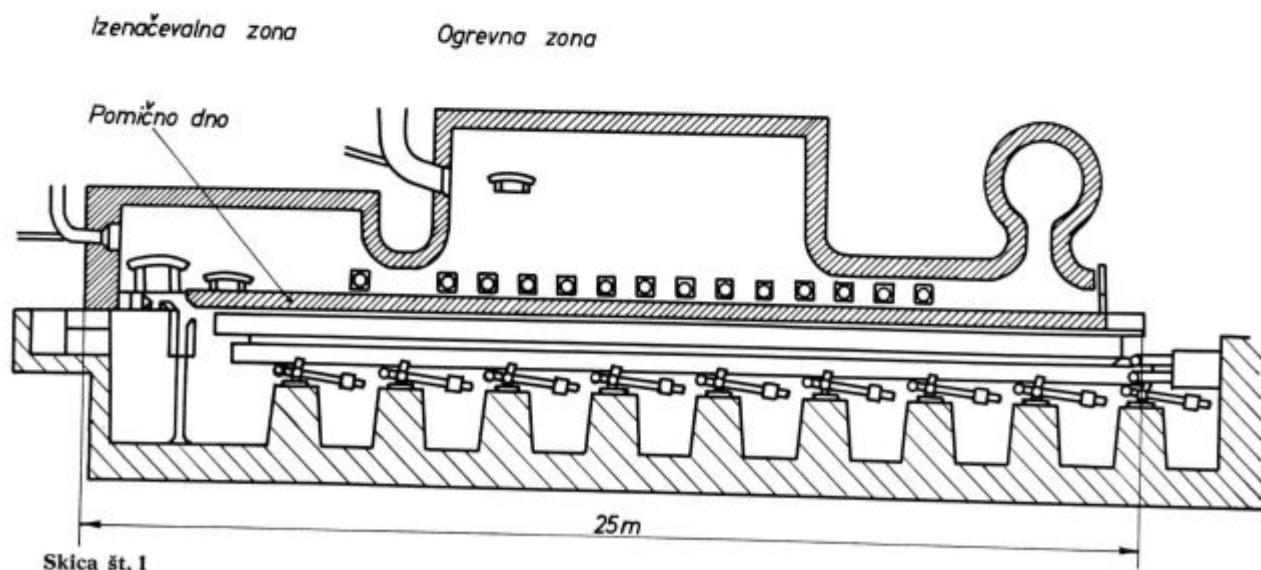
Videz ogrevne peči v žični valjarni na Beli prikazuje skica št. 1.

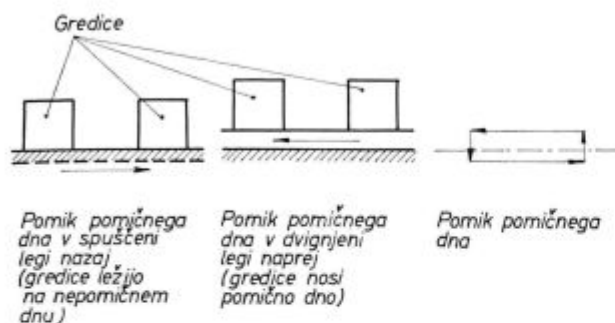
Pomično dno ogrevne peči prenaša gredice po peči. Gibanje pomičnega dna izvaja hidravlika. Pred pomikom po peči naprej, se pomično dno dvigne nad nepomično dno ter pri tem dvigne gredice, ki so ležale na nepomičnem dnu, in jih med pomikom naprej, ki ga pomično dno izvrši v dvignjenem položaju, prenese za ca. 30 cm po peči naprej ter pri spuščanju odloži na nepomično dno. Pomično dno se pomakne nazaj v spuščeni legi. Prenašanje gredic po peči naprej je prikazano na skici št. 2.

Na pomično in nepomično dno ogrevne peči delujejo sledeče obremenitve:

- temperaturna
— do ca. 1200° C
- mehanska

OGREVNNA PEČ

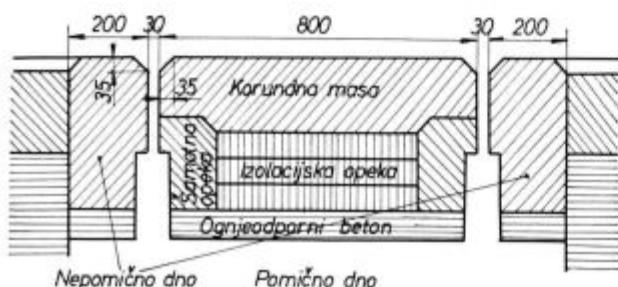




Skica št. 2

Pritisk gredic na dno ogrevne peči je odvisen od velikosti gredic ter je pri nepomičnem dnu večji kot pri pomičnem dnu (velikost ploskve, na katero pritiska gredica, je pri nepomičnem dnu manjša kot pri pomičnem dnu, to je razvidno iz skice preseka dna ogrevne peči — glej skico št. 3).

Presek dna ogrevne peči



Skica št. 3

Izračun pritiskov na pomično in nepomično dno:

(Teža gredic je ca. 250 kg, presek pa ca. 130×130 mm).

Pomično dno:

— velikost ploskve, na katero pritiska gredica = $13 \times (80-7) \text{ cm}^2$

$$\text{— pritisk} = \frac{250}{13 \times 73} = 0,26 \text{ kp/cm}^2$$

Nepomično dno

— velikost ploskve, na katero pritiska gredica = $13 \times 2 (20-7) \text{ cm}^2$

$$\text{— pritisk} = \frac{250}{13 \times 26} = 0,74 \text{ kp/cm}^2$$

c) Korozijska

— najedanje škaje

Škaja vsebuje ca. 62 % FeO in ca. 33% Fe_2O_3 . Najedanje temelji na tvorbi $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{FeO}$ evtektika, ki ima tališče pri temperaturi 1073°C in je pri delovni temperaturi ogrevne peči (ca 1200°C) že raztaljen.

3. Vzroki za vgraditev korundne nabijalne mase v dno ogrevne peči

V zadnji del dna izenačevalne zone ogrevne peči v valjarni žice na Beli, ki je podvržen kombinirani obremenitvi — istočasnim toplotnim, mehanskim in korozijskim vplivom, smo poizkusno vgradili korundne opeke, ki so bile izdelane iz korundne mase naslednje sestave:

Korund 2—3 mm	45 ut. %
Korund 0,25—0,5 mm	25 ut. %
Korund »ciklon«	15 ut. %
Surova glina Blatuša	15 ut. %

z dodatkom ca. 0,9 % P_2O_5 (dodano kot 20 % H_3PO_4 in surovi fosfat) za izboljšanje sintranja pri temp. žganja 1400°C (glej članek »Priprava in uporabnost korundnih opek v metalurgiji — železarski zbornik III., 1969, št. 4).

S korundno opeko smo obzidali mehansko najbolj obremenjene dele dna ogrevne peči, to je pomično dno in robnike nepomičnega dna (nanje odlaga pomično dno gredice), ki so v izenačevalni zoni tudi temperaturno (izenačevanje temperature gredic zaradi enakomernega pregretja na temperaturo valjanja — do ca. 1200°C) in korozijsko (škaja, ki nastane na gredici v ogrevni zoni, delno odpade v izenačevalni zoni) najbolj obremenjeni.

Opisani, s korundno opeko obzidani del dna je bil odporen proti mehanskim, toplotnim in korozijskim obremenitvam ter je popolnoma odgovarjal vsem nastalim obremenitvam med obratovanjem ogrevne peči. Po približno polletnem obratovanju so bile korundne opeke skoraj nenajedene. Vpliv učinkovanja škaje se je poznal le ca. 2 mm v globino, mehansko poškodovanih — okrušenih pa je bilo le ca. 10 % opek.

Na osnovi opisanih pozitivnih rezultatov, ki smo jih dobili pri vgraditvi korundnih opek v zadnji del dna izenačevalne zone ogrevne peči v valjarni žice na Beli, smo se odločili za korundno oblogo pomičnega in nepomičnega dna tudi v ogrevni zoni in preostalem delu izenačevalne zone. Zaradi prednosti, ki jih imajo nabijalne mase pred opekami (nižja cena), enostavnejša in hitrejša vgraditev, monolitnost), smo se odločili, da bomo pri ponovnem oblaganju dna ogrevne peči (ogrevne in izenačevalne zone) uporabili korundno nabijalno maso.

4. IZBIRA SESTAVE KORUNDNE NABIJALNE MASE — LABORATORIJSKE RAZISKAVE

a) Uporabnost korundnih mas »Sestava I« in »Sestava III«

Že pri izbiri najprimernejše sestave korundne mase za izdelavo korundnih opek (glej članek »Priprava in uporabnost korundnih opek v metalurgiji — železarski zbornik III, 1969, št. 4) smo ugotovili, da bi bili »Sestava I« in »Sestava III« primerni tudi kot korundni nabijalni masi. Pri teh sestavah dobimo že v surovem stanju precej trdne

korundne izdelke, pa tudi fizikalno kemične lastnosti žganih izdelkov, ki so bili oblikovani pod pritiskom 200 kp/cm² ali pa z nabijanjem s pnevmatskimi kladivi, so dobre.

Priprava korundnih mas »Sestava I« in »Sestava III« je sledeča: Korundni granulat najprej navlažimo z raztopino vezivnih dodatkov [Al(H₂PO₄)₃ in H₃PO₄] ter nato navlaženi mešanici korundnih zrn med mešanjem dodamo še surovo glino Blatuša in surovi fosfat, ki vsebuje ca. 90 % Ca₃(PO₄)₂ in je tudi dodatek za izboljšanje sintranja korundnih izdelkov, ki jih žgemo pri temp. pod 1400° C.

Sestava korundnih mas »Sestava I« in »Sestava III« je naslednja (glej tabelo št. 5):

Tabela št. 5

		Sestava I.	Sestava III.
Korund 2—3 mm	(ut. %)	45	45
Korund 0,25—0,5 mm	(ut. %)	25	25
Korund »ciklon«	(ut. %)	15	15
Surova glina Blatuša	(ut. %)	15	15
Gel Al (H ₂ PO ₄) ₃	(g/100 g mase)	2	—
Surovi fosfat	(g/100 g mase)	0,5	1
Tehn. 10 % H ₃ PO ₄	(ml/100 g mase)	3	—
Tehn. 40 % H ₃ PO ₄	(ml/100 g mase)	—	3

Vlažnost opisanih korundnih mas je ca 3—5 %.

Priprava gela Al (H₂PO₄)₃ je opisana v članku »Priprava in uporabnost korundnih opek v metalurgiji«, Železarski zbornik III, 1969, št. 4, stran 252.

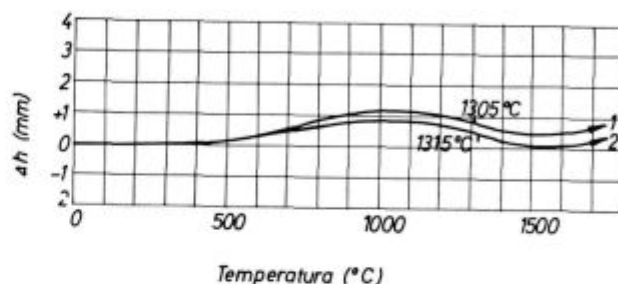
Probna telesa (Ø ca. 35 mm, h ca. 35 mm), oblikovana pri 200 kp/cm² ter po osušenju toplot-

no obdelana na 3 različne načine (le osušena pri 105° C ter žgana pri 800 in 1400° C) so imela sledeče fizikalno kemične lastnosti (glej tabelo št. 6 in št. 7).

Pri določanju Ta - točke nastopi v temperaturnem območju med 1000 in 1500° C malo posedenje — premik korundnih zrn (zgostitev), ki v temperaturnem območju tvorbe evtektikov (steklaste faze) zavzamejo gostejšo postavitev. Posedenje se jasno vidi v temperaturnem diagramu določanja Ta - točke (glej diagram št. 4)

Temperaturni diagram določanja Ta - točke

1 - Sestava I.
2 - Sestava III.



Velikost probnih teles : Øcca. 35mm, hcca. 35 mm

Pritisk oblikovanja : 200 kp/cm²

Toplotna obdelava : 800 °C

Diagram št. 4

Iz kemične analize in rezultatov fizikalno kemičnih določitvev je razvidno, da sta obe opisani korundni sestavi mas (Sestava I in Sestava III) primerni kot korundni nabijalni masi.

Od korundne mase »Sestava II«, ki se uporablja za izdelavo kompaktnih korozijskih odpornih korundnih opek, ki jih oblikujemo pod visokimi pritiski, se omenjeni sestavi korundnih mas razli-

Tabela št. 6 — Kemična analiza

	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	alkalijske %
Sestava I.	82,92	7,00	4,00	0,78	0,72	2,71	1,23	0,20
Sestava III.	84,66	7,60	1,76	0,78	0,40	2,67	1,26	0,70

Tabela 7 — Fizikalno kemične lastnosti

	Topl. obd. °C	Ø mm	Tl. trd. kp/cm ²	Sp. teža kp/cm ³	Porozn. %	Ta toč. °C	Temp. sp.
Sestava I.	105	35,9	130				
	800	35,9	280		21,5	nad 1700	
	1400	36,1	750	3,51	20,5	(1305)	nad 10
Sestava III.	105	35,9	85				
	800	35,9	250		23,6	nad 1700	
	1400	36,3	1005	3,53	20,4	(1315)	nad 10

kujeta le v dodatkih za izboljšanje sintranja («Sestava II» — ca. 0,9 % P_2O_5 v obliki surovega fosfata, in tehn. 20 % H_3PO_4 ; »Sestava I« — ca. 1,2 % P_2O_5 v obliki gela Al-fosfata, surovega fosfata in tehn. 10 % H_3PO_4 ; »Sestava III« — ca. 1,3 % P_2O_5 v obliki surovega fosfata in tehn. 40 % H_3PO_4).

Korundna masa »Sestava I« bi bila glede na nekoliko boljše fizikalne lastnosti v sušenem stanju primernejša za nabijanje, ker pa je zaradi uporabe gela Al (H_2PO_4)₃, ki ga moramo posebej pripraviti, dražja kot korundna masa »Sestava III«, ki se v fizikalno kemičnih lastnostih ne razlikuje bistveno od korundne mase »sestava I«, je korundna masa »Sestava III« ekonomsko primernejša.

b) Priprava korundnih nabijalnih mas na osnovi teoretskih predvidevanj — razvoj korundne mase »Sestava III« v korundno nabijalno maso

Ker so pritiski nabijanja korundnih nabijalnih mas s pnevmatskimi kladivi (okoli 200 kp/cm² in manj) nižji kot pritiski oblikovanja korundnih opek

(200—600 kp/cm²) in ker so zato korundna zrna v pnevmatsko nabitem izdelku bolj razmaknjena kot v stisnjeni surovi korundni opeki (več korundnih zrn zavzame postavitev v obliki kocke), je za pripravo korundnih nabijalnih mas primernejša granulacijska sestava z nekoliko manj grobe korundne frakcije in nekoliko več surove glin (teoretično obdelano v poglavju I. 1. »Osnove sestave korozijsko odpornih korundnih nabijalnih mas«).

Korundno nabijalno maso smo pripravili podobno kot korundne mase za izdelavo opek, in to na sledeč način:

Korundni granulati smo najprej navlažili ter zatem med mešanjem primešali še surovo glino Blatuša in surovi fosfat.

Surova glina in surovi fosfat oblečeta vlažna korundna zrna — se enakomerno porazdelita med korundna zrna. Dobimo homogeno korundno nabijalno maso.

Sestava korundne nabijalne mase, pripravljene na osnovi teoretskih predvidevanj, je naslednja (glej tabelo št. 8):

Tabela št. 8

		A	B
Korund 2—3 mm	(ut. %)	40	40
Korund 0,25—0,5 mm	(ut. %)	25	25
Korund »ciklon«	(ut. %)	15	15
Surova glina Blatuša	(ut. %)	20	20
Surovi fosfat, ca. 90 % $Ca_3(PO_4)_2$	(g/100 g mase)	1	2
Tehn. conc H_3PO_4 , $\sigma = 1,67$ g/cm ³	(ml/100 g mase)	1,5	—

Vlažnost pripravljene korundne nabijalne mase je ca. 3—5 %. Pred uporabo jo moramo po potrebi ponovno navlažiti — pri vskladiščenju se korundna nabijalna masa delno osuši.

Pri pripravi korundne nabijalne mase smo korundna zrna navlažili predvsem zato, da se surova glina in surovi fosfat nanje prilepita ter tako enakomerno porazdelita med korundna zrna. Po taki pripravi korundne nabijalne mase je tudi kasneje pri presipanju in transportu razmešanje korundne mase znatno manjše.

Iz korundne nabijalne mase pripravljena probna telesa ($\varnothing$ ca. 35 mm, h ca. 35 mm), ki so bila oblikovana s stiskanjem na 200 kp/cm² in po temeljitom osušenju toplotno obdelana sledeče: le osušena pri 105° C ter žgana pri 600, 800, 1000, 1200, 1300 in 1400° C, so imela naslednje fizikalno kemične lastnosti (glej tabela št. 9 in št. 10):

Tabela št. 9 — Kemična analiza

	Al_2O_3 %	SiO_2 %	Fe_2O_3 %	CaO %	MgO %	TiO_2 %	P_2O_5 %
A	79,15	13,20	1,12	1,12	0,97	2,10	1,41
B	80,58	11,80	2,24	1,57	0,48	1,93	0,51

Tabela št. 10 — Fizikalno kemične lastnosti

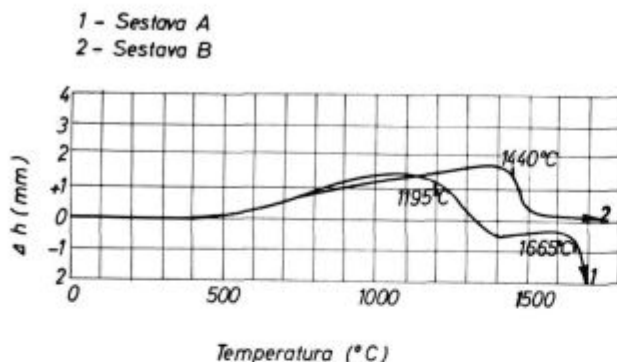
	Topl. obd. °C	$\varnothing$ mm	Tl. trd. kp/cm ²	Sp. teža g/cm ³	Porozn. %	Ta-toč. °C	Temp. sp.
A	105	35,9	180				
	800	35,9	375	3,48	20,4	1665(1195)	
	1300	36,6	750	3,32	22,7	1640(1430)	nad 10
	1400	37,0	660	3,33	25,8		nad 10
B	105	35,9	50				
	800	35,9	280	3,62	21,4	nad 1700(1440)	
	1300	35,9	1030	3,34	12,8	1650	4
	1400	36,0	1110	3,35	14,1		5

Pri določanju Ta-točke nastopi v temperaturnem območju taljenja evtektikov (1000—1500° C) malo posedenje (premik korundnih zrn — zgostitev), podobno kot pri »Sestavi I« in »Sestavi III«. Posedenje je pri vzorcih pripravljenih iz korundne nabijalne mase sestave »A«, ki vsebuje nekoliko večjo količino dodatkov za izboljšanje sintranja (tvorbo steklaste faze), izrazitejše. Pri predhodno sintranih vzorcih pri temp. 1300° C je posedenje

manj izrazito: tako pri vzorcu sestave »B«, ki je predhodno sintran pri temp. 1300° C, ne nastopi poseđenje (glej diagram št. 5 in št. 6).

Odvisnost zasintranja korundne mase od temperature sintranja lepo kažejo tlačne trdnosti probnih teles zasintiranih pri različnih temperaturah (glej tabelo št. 11 in diagram št. 7).

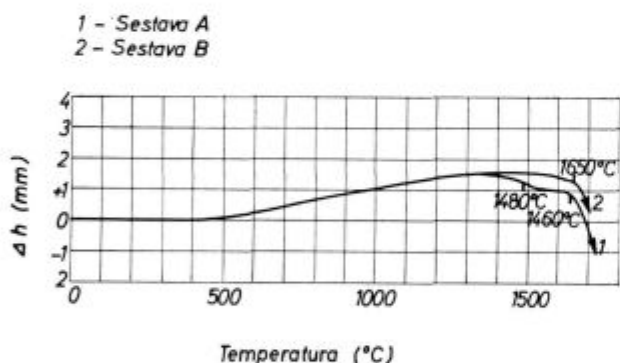
Temperaturni diagram določanja Ta - točke



Velikost probnih teles : ϕ cca. 35 mm, h cca. 35 mm
Pritisk oblikovanja : 200 kp/cm²
Toplotna obdelava : 800 °C

Diagram št. 5

Temperaturni diagram določanja Ta - točke



Velikost probnih teles : ϕ cca. 35 mm, h cca. 35 mm
Pritisk oblikovanja : 200 kp/cm²
Toplotna obdelava : 1300 °C

Diagram št. 6

Tabela 11

Toplotna obdelava °C	Tlačna trdnost kp/cm ²	
	A	B
105	180	50
600	300	200
800	375	280
1000	365	300
1200	620	530
1300	750	1030
1400	680	1110

Odvisnost tlačne trdnosti (sintranja) oblikovanih korundnih nabijalnih mas od toplotne obdelave

1 - uporaba tehnične H₃PO₄ kot dodatek za izboljšanje sintranja (sestava korundne nab. mase »A«)

2 - uporaba surovega fosfata kot dodatek za izboljšanje sintranja (sestava korundne nab. mase »B«)

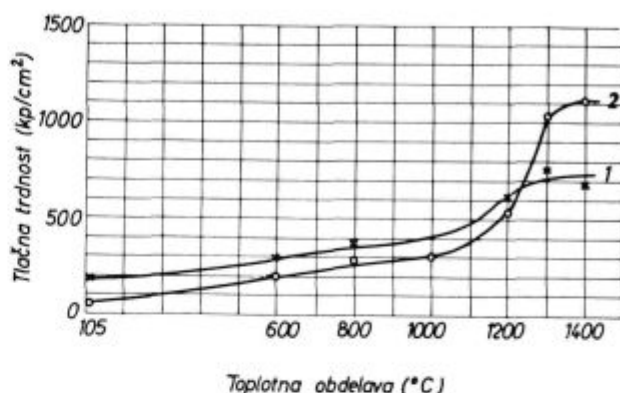


Diagram št. 7

Iz tabele št. 11 in diagrama št. 7 je razvidno, da je za sintranje korundnih izdelkov in nabitih delov peči, ki jih pripravimo z nabijanjem iz opisanih korundnih nabijalnih mas (sestava »A« in sestava »B«), nujno potrebna temperatura 1250° C.

Sestavi korundnih nabijalnih mas »A« in »B« imata zaradi nekoliko večjega dodatka surove gline Blatuša znatno boljšo oblikovalnost kot sestavi »I« in »III«, glede fizikalno kemijskih lastnosti pa se izdelki iz sestav »A« in »B« ne razlikujejo bistveno od izdelkov iz sestave »I« in »III«. Zaradi bolj ugodne granulacijske sestave imajo izdelki iz sestav »A« in »B« tudi nekoliko nižjo poroznost in višjo tlačno trdnost — to je jasno razvidno predvsem pri izdelkih sestave »B«. (Izdelki sestave »A« pri žganju na temp. 1300 in 1400° C nekoliko nabrekajo zaradi kemičnih reakcij med H₃PO₄ in ostalo korundno maso, v kateri je 20 ut. % surove gline Blatuša).

Izdelki iz korundne nabijalne mase sestave »A« imajo v sušenem in pri nižjih temperaturah (okoli 800° C) žganem stanju nekoliko boljše fizikalne lastnosti (pri učinkovanju H₃PO₄ na korundno maso nastale soli utrdijo te izdelke) kot izdelki, narejeni iz korundne nabijalne mase sestave »B«, ki pa so trdnější in gostejši po žganju pri višjih temperaturah (nad 1200° C), ker skoraj ne nabrekajo.

Slabo stran korundne nabijalne mase sestave »B« — nizko trdnost v surovem stanju — odstranimo tako, da po nabijanju površino nabite korundne mase tanko premažemo s H₃PO₄. Del peči, obložen s korundno nabijalno maso sestave »B«, tanko površinsko premazan s H₃PO₄, ima dobre fizikalne lastnosti tako v surovem kot v zasintiranem stanju.

Slaba stran korundne nabijalne mase sestave »A« je poleg nabrekavanja pri visokih temperaturah sintranja (nad 1200° C) še sproščanje H₂S (ta

problem nastopi tudi pri premazovanju dela peči, ki je obložen s korundno nabijalno maso sestave »B«, s H_3PO_4 , ki nastaja pri učinkovanju H_3PO_4 na korundna zrna, ki vsebujejo primesi kovinskih sulfidov (elektro taljeni korund se za tehnične namene pripravlja s taljenjem boskita; pri tem se žveplo, ki ga boksit vsebuje, reducira v sulfidno obliko). Večina H_2S se razvije že pri izdelavi te korundne nabijalne mase, tako da mora imeti mešalec, v katerega dodajamo H_3PO_4 , dobro urejeno zračenje — močne ventilatorje. Ker pa se del H_2S lahko sprošča tudi pri sami vgraditvi — nabijanju omenjene mase, moramo tudi tu poskrbeti za zračenje.

5. Izdelava korundne ognjeodporne obloge — uporaba korundne nabijalne mase

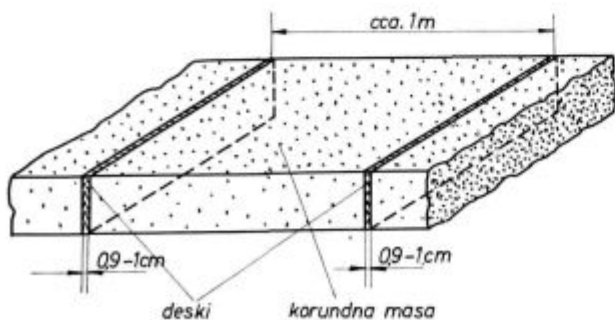
a) Vgraditev

S korundno nabijalno maso sestave »B«, ki je cenejša (H_3PO_4 je zamenjana s surovim fosfatom), primernejša za nabijanje (H_2S se ne razvija) glede fizikalnih lastnosti v vgrajenem zasitranem stanju pa boljša kot korundna nabijalna masa sestave »A«, smo obložili pomično in nepomično dno ogrevne in izenačevalne zone ogrevne peči v valjarni žice na Beli.

Tik pred vgraditvijo (nabijanjem) smo korundno nabijalno maso primerno navlažili. Med prevozom in vskladiščenjem se je delno osušila, da je postala primerna za nabijanje, zato smo morali manjkajočo vlago nadomestiti. Najprimernejša vlažnost korundne nabijalne mase je 3—5 %.

Primerno navlaženo korundno nabijalno maso smo nabijali s pnevmatskimi kladivi. Nabijati moramo pazljivo in v tankih plasteh, tako da postane nabita korundna masa skoraj brez plasti (monolitna), gosta in trda. Da pri segrevanju ne bi prišlo v nabiti korundni masi zaradi raztezanja do napetosti, moramo s korundno nabijalno maso nabite večje dele peči fugirati, podobno kot podobne Plibrico mase, to je 1 cm/m. Pri vgradnji (nabijanju) korundne nabijalne mase v dno ogrevne peči smo fugirali z lesenimi deskami debeline ca. 1 cm, ki smo jih vgradili v nabito korundno maso na razdalji ca. 1 m (glej skico št. 4).

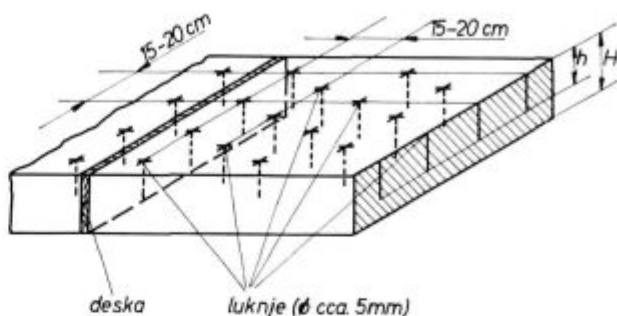
Fugiranje pri vgraditvi korundne nabijalne mase v dno ogrevne peči



Skica št. 4

Zaradi boljšega sušenja nabite korundne mase moramo vanjo zvrtati luknje ($\varnothing$ ca. 5 mm in globine min. 70 % debeline nabite korundne mase) na razdalji 15—20 cm (glej skico št. 5).

Lega lukenj, ki omogočajo dobro sušenje nabite korundne mase



h = globina lukenj
 H = debelina nabite korundne mase
 $\frac{h}{H}$ = min. 0,7

Skica št. 5

Zaradi površinske utrditve in utrditve robov smo nabito korundno maso površinsko tanko prevlekli s tehnično fosforno kislino (1:1). Fosforna kislina reagira s korundno maso, nastale soli utrdijo premazane dele površine, zaradi sproščanja H_2S pa moramo poskrbeti za intenzivno zračenje (postavitev ventilatorjev).

b) Sušenje, segrevanje in žganje

Dolgotrajno sušenje, segrevanje in žganje je slaba stran ognjeodpornih betonov in nabijalnih mas. Ker te ognjeodporne proizvode vgrajujemo v vlažnem stanju, moramo prisotno vodo počasi in previdno odpraviti. Vgrajeni ognjeodporni beton, oz. nabijalno maso moramo zato najprej temeljito osušiti ter šele za tem počasi segrevati (hitro segrevanje in nezadostno osušenje povzroči prehitro odhlapevanje vode, površina se hitreje osuši kot notranjost. Zaradi različnega krčenja površine in notranjosti nastopijo napetosti — vgrajeni beton, oz. nabijalna masa razpokata. Vzrok razpokam je tudi zaostala vlaga v notranjosti, ki zaradi krčenja površine pri prehitrem segrevanju ne more dovolj hitro prodreti na površino ter se upari v notranjosti in tako povzroča še dodatne napetosti). Opisanim problemom sušenja in segrevanja so ognjeodporni betoni bolj podvrženi kot ognjeodporne nabijalne mase — vlažnost ognjeodpornih betonov je večja kot vlažnost ognjeodpornih nabijalnih mas.

Tudi odstranjevanje vezane H_2O in najrazličnejše kristalne spremembe, ki nastopajo pri segrevanju oblog iz ognjeodpornih betonov oz. nabijalnih mas, zahtevajo počasno in pazljivo segrevanje.

Pri sušenju korundne nabijalne mase, ki vsebuje ca. 3—5 % vlage, moramo po premazanju

nabite korundne mase s tehn. H_3PO_4 (1:1) sušiti brez segrevanja min. 24 ur.

Po temeljitem osušenju pri normalni temperaturi pričemo s počasnim segrevanjem, da do temp. $200^\circ C$ počasi odstranimo vso nevezano vodo. Segrevanje pri odstranjevanju vezane vode pa je pri korundnih nabijalnih masah vezano le na obnašanje surove gline, saj korundni granulati ne veže vode, dodatki za izboljšanje sintranja (surovi fosfat) pa so prisotni le v majhnih količinah. Kritična temperatura za odstranjevanje vezane vode pri sušenju nabitih korundnih mas je lepo razvidna iz diagrama odstranjevanja vode s segrevanjem glinenih mineralov: kaolinita, montmorilonita in ilita (glej diagram št. 8) in iz diagrama diferencialno termične analize glinenih mineralov: kaolinita, montmorilonita in ilita (glej diagram št. 9).

Odstranjevanje vode s segrevanjem iz glinenih mineralov

1 - kaolinit
2 - montmorilonit
3 - ilit

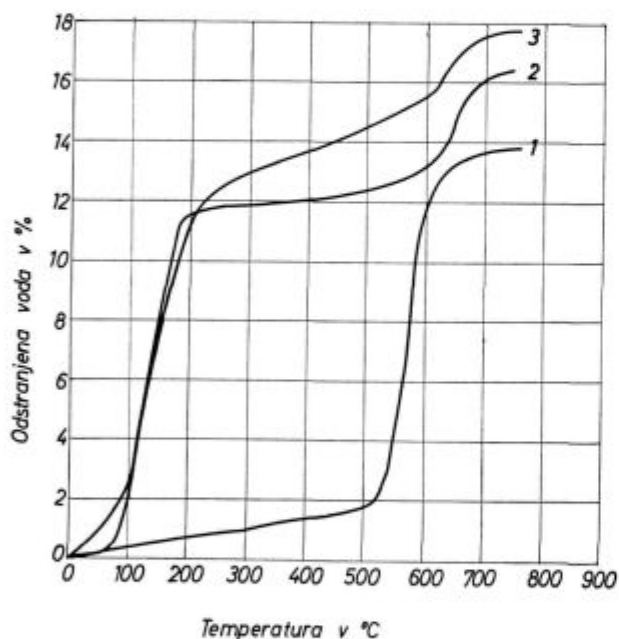
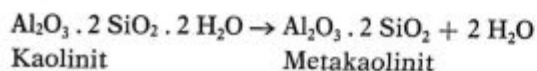


Diagram št. 8

Izvor kristalnih sprememb med segrevanjem nabite korundne mase so surova glina in dodatki za izboljšanje sintranja.

Ker pa je v korundni masi le 20 % surove gline in ca. 2 % dodatkov za izboljšanje sintranja, so kristalne spremembe, kot na primer:

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



Diferencialno termična analiza glinenih mineralov

1 - kaolinit
2 - montmorilonit
3 - ilit

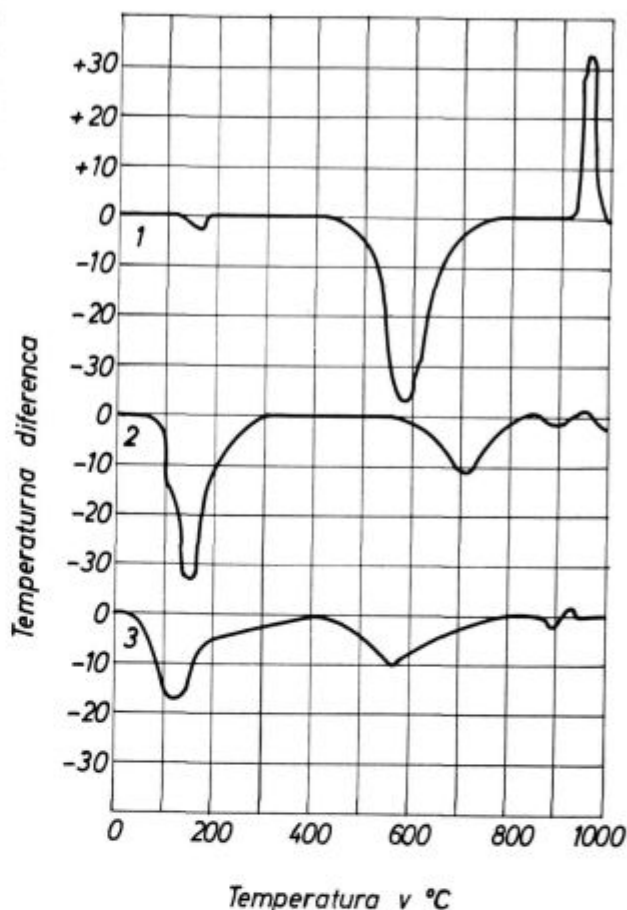
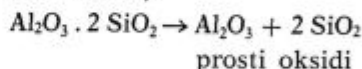
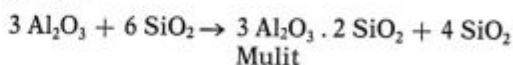


Diagram št. 9

— razpad metakaolinita pri temp. območju $700-780^\circ C$,



— nastajanje mulita pri temperaturah nad $900^\circ C$,



— pretvorbe prostega in sproščenega SiO_2 ,

— nastajanje eutektikov; tvorba silikatnih in fosfatnih stekel,

— skoraj popolnoma zabrisane, saj se korundnemu granulatu, ki je mineraloško αAl_2O_3 , kristalna struktura s segrevanjem ne spreminja.

Na osnovi navedenih teoretičnih dejstev je bil postavljen temperaturni režim sušenja, segrevanja in sintranja ognjeodporne obloge iz opisane korundne nabijalne mase po temeljitem osušenju pri normalni temperaturi (glej diagram št. 10).

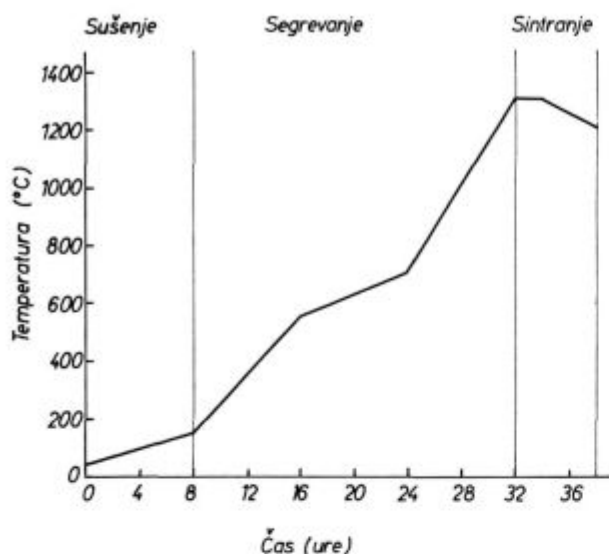


Diagram št. 10

c) *Obnašanje s korundno nabijalno maso obložena dna med obratovanjem*

S korundno nabijalno maso obloženo pomično in nepomično dno ogrevne in izenačevalne zone ogrevne peči, je obratovalo brezhibno — praktično brez okvar ca. 4 mesece. Potrebno je bilo le redno vzdrževanje peči — izravnavanje dna, to je zasipavanje vdolbin (po potrebi) in redno čiščenje škaje, ki pa je enostavnejše, če je dno obloženo s korundno maso, kot če je obloženo s šamotno maso, ker se na korundno oblogo škaja manj trdno lepi kot na šamotno oblogo.

Po približno štirimesečnem obratovanju je prišlo na dnu ogrevne peči, ki je bilo obloženo s korundno nabijalno maso, do mehanske okvare. Pomično dno, ki je zaradi vpliva temperature delno skrivljeno, je pri pomiku navzgor mehansko poškodovalo nepomično dno, tako da je z naslonitvijo na nepomično dno (konstrukcija pomičnega dna dopušča nihanje pomičnega dna do nepomičnega dna) pri pomiku navzgor odtrgalo del nepomičnega dna (pri pomiku navzdol pa se lahko tudi samo na podoben način poškoduje). Odtrgani del pomičnega ali pa nepomičnega dna je potem vzrok še večjih poškodb, ki jih povzročijo gredice, ki pridejo v poškodovani del dna peči.

Vzroki za naslonitev pomičnega dna na nepomično dno so: predvsem temperaturna skrivljenost pomičnega dna, neenakomeren dvig gredic pri prenašanju teh po peči in skrivljenost gredic (oboje ima za posledico sukanje gredic v peči) ter od oboka odpadli kosi opek (ti se lahko zagozdijo med pomično in nepomično dno, povzročijo pa lahko tudi sukanje gredic v peči).

Z izboljšavo konstrukcije pomičnega dna ogrevne peči (da se pomično dno ne bo moglo nasloniti na nepomično dno), se bo tudi vzdržnost

s korundno nabijalno maso obložena dna znatno izboljšala, saj so rezultati praktičnega obratovanja tako obložena dna ogrevne peči pokazali, da je korundna obloga izdelana iz korundne nabijalne mase dobro odporna proti vsem ostalim toplotnim, mehanskim in korozijskim obremenitvam, ki delujejo na dno ogrevne peči.

II. KORUNDNE MASE ZA VROČA POPRAVILA PEČI

1. Namen vročega popravila

Z rednimi vročimi popravili (vzdrževanjem peči) hočemo doseči predvsem skrajšanje zastojev v proizvodnji in izboljšanje vzdržnosti celotne ognjeodporne obloge.

Pri popravljanju ognjeodporne obloge peči brez predhodne ohlavitve, ki je možno z uporabo korundnih mas za vroča popravila, odpade dolgotrajno hlajenje ter zatem ponovno segrevanje, ki je nujno pri popravljanju ognjeodporne obloge peči v hladnem. Ker se čas popravila obloge peči znatno skrajša, je možno na ta način oblogo peči redno popravljati — vzdrževati. Zaradi rednega vzdrževanja obloge pride dosti redkeje do večjih okvar (manjše okvare obloge sproti vroče popravljamo), ki zahtevajo popravilo v hladnem stanju, zato tudi redkeje peč ohlajamo in segrevamo. Ognjeodporna obloga peči, ki jo redno vzdržujemo, je torej manj pogosto podvržena pospešenemu ohlajanju in segrevanju, ki zelo neugodno vpliva na njeno vzdržnost.

Z uporabo mas za vroča popravila ognjeodporne obloge peči (rednim vzdrževanjem) se torej zmanjšajo zastoji v proizvodnji (vse manjše okvare ognjeodporne obloge popravimo kar pri delovni temperaturi peči — odpade dolgotrajno hlajenje in segrevanje), vzdržnost celotne ognjeodporne obloge peči (obok, stene in dno) pa se poveča (delno posledica rednega popravljanja obloge, delno pa posledica zmanjšanja števila pospešenih ohlajitev in segrevanj).

2. Osnovne sestave korundnih mas za vroča popravila peči

a) Sestava

Podobno kot korundne nabijalne mase so tudi korundne mase za vroča popravila peči sestavljena iz korundnega granulata, surove glinice in vezivnih dodatkov.

b) Granulacijska sestava

Pri popravljanju ognjeodporne obloge s korundnimi masami za vroča popravila so pritiski oblikovanja v primerjavi z nabijanjem in stiskanjem zelo nizki, saj gre pri popravljanju ognjeodporne obloge peči v vročem stanju v glavnem le za zravnje vnesene korundne mase v vroči peči. Pri takem načinu popravljanja ognjeodporne obloge bo torej še več zrn zavzelo postavitev v obli-

ki kocke kot pri oblikovanju s stiskanjem ali pa nabijanjem. Da pa bomo dobili tudi pri tem načinu popravljanja peči popravljeni del ognjeodporne obloge razmeroma gost, moramo izbrati granulacijsko sestavo tako, da je pri postavitvi večjih zrn v obliki kocke ravno prav srednjih in finih zrn, da zapolnijo prazna mesta med večjimi zrn.

Iz teoretično izračunanega trofrakcijskega diagrama poroznosti za postavitev zrn v obliki kocke (glej diagram št. 1) je izbrana teoretično najprimernejša granulacijska sestava korundnih zrn za doseg največje gostote sledeča (glej tabelo št. 12):

Tabela 12

Sestava korundnih zrn	
Groba frakcija (korund 2—3 mm)	58 %
Srednja frakcija (korund 0,25—0,5 mm)	29 %
Fina frakcija (korund »ciklon«)	13 %

Ker so pri popravljanju peči v vročem stanju oblikovalni pritiski zelo nizki, moramo pri pripravi korundnih mas za vroča popravila uporabiti enako kot pri pripravi korundnih nabijalnih mas precej surove gline (20—25 ut. %). Surova glina obda ovlažena korundna zrna — tako postane korundna masa plastična, plastičnost pa se še poveča z dodatnim navlaženjem.

S podano teoretično sestavo korundnih zrn v korundni masi za vroča popravila dobimo nizko poroznost popravljenih delov ognjeodporne obloge peči le pri idealnem pomešanju. Ker praktično nikdar ne dosežemo idealnega pomešanja, je najprimernejša granulacijska sestava korundnih zrn v korundni masi za vroča popravila enaka kot v korundni nabijalni masi (glej tabelo št. 4). Primanjkljaj finih frakcij (postavitev korundnih zrn je zaradi zelo nizkih oblikovalnih pritiskov redkejša kot pri nabijanju v nabiti korundni nabijalni masi — primerna granulacijska sestava je zato premaknjena še bolj kot pri korundni nabijalni masi v prid finejših zrn — glej diagram št. 3) pa dopolni večja količina fino zmletih dodatkov za izboljšanje sintranja (fino zmleto okensko steklo).

c) Dodatki za izboljšanje sintranja

Ker so korundna zrna v popravljenem delu ognjeodporne obloge (vroče popravilo) precej razmaknjena (postavitev zrn v obliki kocke), je za njihovo povezavo potrebno, da nastane več steklaste faze kot pri ostalih bolj zbitih, oz. stisnjenih korundnih masah. Količino steklaste faze lahko povečamo tako, da korundni masi kar dodamo potrebno količino zmletega okenskega stekla. Tako dobimo korundne mase, ki so pri temperaturi ca. 1300° C plastične, pri delovni temperaturi ogrevne peči (do ca. 1200° C) pa le delno plastične, tako da se popravljeni robovi ne morejo krušiti, temveč se le zaokrožijo, popravljenno dno pa se pod obre-

menitvijo delno posede — stisne za ca. 10 %) ter pri tem pridobi na trdnosti (postopoma dobimo gostejšo postavitev korundnih zrn).

3. Izbira sestave korundne mase za vroča popravila — laboratorijske raziskave

a) Izbira granulacijske sestave in vpliv surove gline na kvaliteto sintranja korundnih mas za vroča popravila

Na osnovi trofrakcijskega diagrama poroznosti (glej diagram št. 3) smo izbrali tako granulacijsko sestavo korundne mase za vroča popravila, da sestava korundnih zrn približno ustreza praktično najprimernejši granulacijski sestavi, pri kateri zrna zaradi nizkih oblikovalnih pritiskov zavzema jo v precejšnjem številu postavitev v obliki kocke (glej tabelo št. 4). Granulacijska sestava korundnih zrn v korundni masi za vroča popravila naj bo torej podobna granulacijski sestavi korundnih zrn v korundni nabijalni masi.

Za ugotovitev vpliva surove gline na kvaliteto sintranja smo primerjali korundno maso »Sestava III«, ki vsebuje 15 ut. % surove gline, s korundno maso, ki vsebuje 25 ut. % surove gline. Obe korundni masi imata vlažnost 3 % in enake dodatke za izboljšanje sintranja (obe vsebujeta na 100 g mase po ca. 1 ml tehn. conc. H₃PO₄ in 1 g surovega fosfata), pa tudi v granulacijski sestavi korundnih zrn med obema masama ni bistvenih razlik.

Sestava korundne mase »Sestava III« s 15 ut. % surove gline je sledeča (glej tabelo št. 13):

Tabela 13

	Sestava korundne mase »Sestava III« (ut. %)	Granulacija kor. zrn %
Groba frakcija (korund 2—3 mm)	45	53
Srednja frakcija (korund 0,25—0,5 mm)	25	29
Fina frakcija (korund »ciklon«)	15	18
Surova glina		
Blatuša	15	

Sestava korundne mase za vroča popravila s 25 ut. % surove gline je sledeča (glej tabelo št. 14):

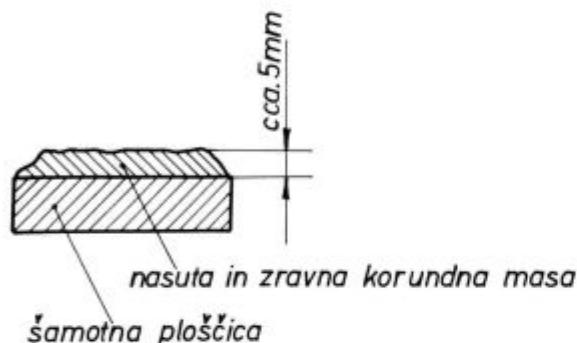
Tabela 14

	Sestava kor. mase za vroča popravila (ut. %)	Granulacija kor. zrn %
Groba frakcija (korund 2—3 mm)	40	54
Srednja frakcija (korund 0,25—0,5 mm)	25	33
Fina frakcija (korund »ciklon«)	10	13
Surova glina		
Blatuša	25	

Primerjavo kvalitete sintranja obeh opisanih korundnih mas v nasutem in zravnanim stanju smo izvedli na sledeči način:

Na šamotno ploščico smo v električni peči pri temperaturi ca. 800° C nasuli korundno maso ca. 5 mm visoko in jo zravnali (glej skico št. 6) ter zatem sintrali pri različnih temperaturah od 1000 do 1300° C. Pri sintranju smo na osnovi vezanja zrn in zasintiranja z osnovno ploščico ugotavljali uporabnost preiskovanih korundnih mas za vroča popravila.

Presek nasute in zravnanе korundne mase na šamotni ploščici



Skica št. 6

Pri primerjanju opisanih sestav smo ugotovili, da je sestava s 25 % surove gline Blatuša znatno primernejša za vroča popravila peči kot »Sestava III«, ki ima 15 ut. % surove gline Blatuša, vendar še vedno ne sintra dovolj dobro, ker ima premalo dodatkov za izboljšanje sintranja.

b) Vpliv večje količine vezivnih dodatkov (H_3PO_4 , surovi fosfat in vodno steklo) na kvaliteto sintranja korundnih mas za vroča popravila

Na osnovi ugotovitve, da so korundne mase, ki smo jih opisali v prejšnjem poizkusu, neprimerne kot korundne mase za vroča popravila zato, ker vsebujejo premalo dodatkov za izboljšanje sintranja, smo pripravili novi korundni masi za vroča popravila, ki se od prejšnjih razlikujeta le v vsebnosti vezivnih dodatkov.

Sestava novih korundnih mas za vroča popravila je bila sledeča:

Korund 2—3 mm	40 ut. %
Korund 0,25—0,5 mm	25 ut. %
Korund »ciklon«	10 ut. %
Surova glina Blatuša	25 ut. %

Novi korundni masi se med seboj razlikujeta le v dodatkih za izboljšanje sintranja.

Sestava »a« vsebuje na 100 g mase 1,5 ml tehnične H_3PO_4 ($\sigma = 1,67 \text{ g/cm}^3$), 1,5 ml K vodnega stekla ($\sigma = 1,32 \text{ g/cm}^3$) in 2 g surovega fosfata.

Sestava »b« vsebuje na 100 g mase 2 ml tehnične H_3PO_4 ($\sigma = 1,67 \text{ g/cm}^3$) in 1,5 ml K vodnega stekla ($\sigma = 1,32 \text{ g/cm}^3$).

Sintranje obeh opisanih sestav mas za vroča popravila je približno enako in je pri 1300° C v nasutem stanju že zelo dobro, pa tudi vezanje z osnovno ploskvijo je pri tej temperaturi zadovoljivo. Slaba stran teh sestav korundnih mas za vroča popravila pa je krhkost, zato ti korundni masi nista primerni za popravilo robov.

Ker v vsakem delu ogrevne peči ni mogoče doseči temperature 1300° C, tudi pri uporabi omejenih korundnih mas za vroča popravila ne dobimo vedno dobrega zasintiranja vnesene korundne mase z osnovno maso dna peči.

Za vroča popravila moramo pripraviti tako korundno maso, ki sintra v nasutem stanju že pri temp. ca. 1100° C in da pri sintranju na 1200 do 1300° C močno zasintrene produkte, ki se trdno vežejo z osnovno maso dna peči.

c) Uporaba stekla za pripravo korundne mase za vroča popravilo peči

Z dodatkom zmletga okenskega stekla korundni nabijalni masi smo dobili pri sintranju v nasutem stanju že pri temperaturi 1100° C zelo dobre zasintrene produkte, ki se tudi trdno povežejo z osnovno ploskvijo, če to predhodno posujemo s steklenim prahom.

Da bi ugotovili vpliv dodatka okenskega stekla na kvaliteto sintranja korundnih mas za vroča popravila, smo pripravili dve sestavi korundnih mas za vroča popravila peči z različnim dodatkom fino zmletga okenskega stekla.

Sestavi korundnih mas za vroča popravila smo pripravili iz korundne nabijalne mase sestave »B« in fino zmletga okenskega stekla na sledeč način:

- 10 ut. % okenskega stekla; 100 g korundne nabijalne mase sestave »B« + 10 g fino zmletga okenskega stekla.
- 3,5 ut. % okenskega stekla; 100 g korundne nabijalne mase sestave »B« + 3,5 g fino zmletga okenskega stekla.

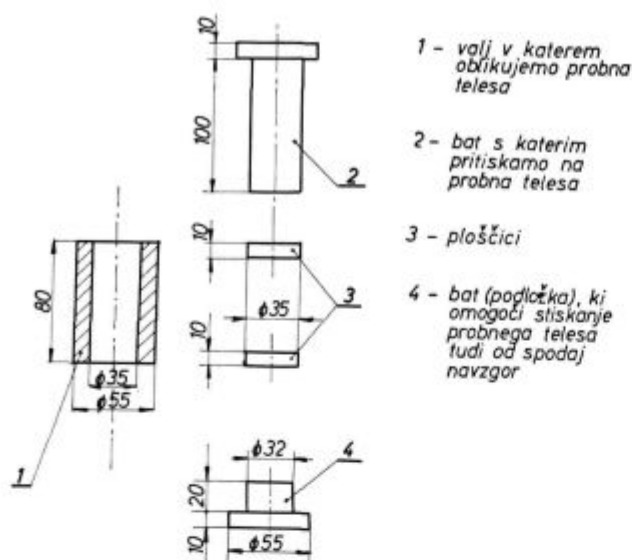
Iz opisanih korundnih mas za vroča popravila smo oblikovali probna telesa v modelu (glej skico št. 7) ročno (s pritiskom roke smo z batom stisnili v modelu probno telo — ca. 80 kg težak moški pritisne na omenjen način na bat s silo ca. 50 kg ter doseže z batom, ki ima $\varnothing$ 35 mm, torej površino pritiskne ploskve ca. 10 cm², oblikovalni pritisk ca. 5 kp/cm²).

Ker so bili pritiski oblikovanja majhni, moramo z navlaženjem izboljšati oblikovalnost korundnih mas za vroča popravila. Da pa je mogoče te mase ročno oblikovati, jih navlažimo do ca. 15 % vlage.

Na opisan način ročno oblikovana probna telesa smo po temeljitem osušenju toplotno obdelali sledeče: le osušili pri 105° C, žgali pri 600, 800, 1000, 1100, 1250, 1300° C.

Po toplotni obdelavi so probna telesa imela sledeče fizikalno kemične lastnosti: (glej tabelo št. 15 in št. 16)

Model za oblikovanje
probnih teles



Vse mere so v mm

Skica št. 7

Tabela št. 15 — Kemična analiza

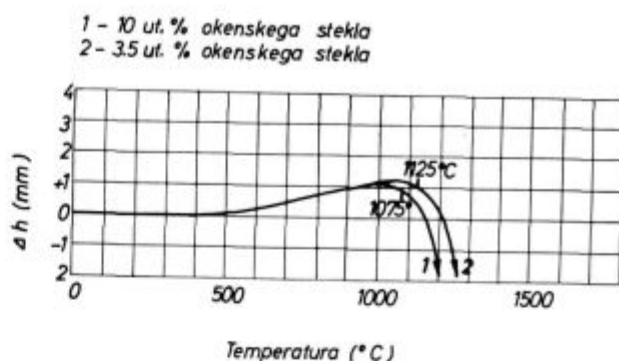
	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %
10 ut. % ok. stekla	74,05	18,20	1,12	2,00	1,29	1,93	0,45
3,5 ut. % ok. stekla	79,25	13,30	0,80	1,79	1,29	1,97	0,51

Tabela št. 16 — Fizikalno kemične lastnosti

	Topl. obd. °C	Ø mm	Tl. trd. kp/mm ²	Sp. teža g/cm ³	Porozn. %	Ta-toč. °C	Temp. sp.
10 ut. %	105	35,7	10				
ok. stekla	800	35,7	210	3,32	27,3	1075	
						Tb 1230	
ok. stekla	1100	36,4	470	3,17	26,7		5
	1200	39,4	315	3,06	29,1		
3,5 ut. %	105	35,7	10				
ok. stekla	800	35,7	205	3,53	27,0	1125	
						Tb 1285	
ok. stekla	1200	36,1	710	3,12	17,2		2
	1250	ca. 45	500	3,00	18,9		

Iz temperaturnega diagrama določanja Ta-točke je razvidno, da postaneta opisani oblikovani korundni masi za vroča popravila pri temperaturi ca. 1100°C delno plastični, do zrušitve pa pride (obremenitev 2 kp/cm²) v temperaturnem območju med 1200 in 1300°C (glej diagram št. 11).

Temperaturni diagram določanja Ta-točke



Velikost probnih teles : Ø cca. 35 mm, h cca. 35 mm
Pritisk oblikovanja : cca. 5 kp/cm² (ročno)
Toplotna obdelava : 800 °C

Diagram št. 11

Odvisnost zasintranja korundne mase za vroča popravila lepo kažejo tlačne trdnosti probnih teles, zasintranjih pri različnih temperaturah (glej tabelo št. 17 in diagram št. 12).

Tabela št. 17

Toplotna obdelava	Tlačna trdnost (kp/cm ²)	
	10 ut. % ok. st.	3,5 ut. % ok. st.
105	10	10
600	100	80
800	210	205
1000	220	240
1100	470	350
1200	315	710
1250	plastičen (se razleže)	500
1300	—	plastičen (se razleže)

Odvisnost tlačnih trdnosti (sintranja) oblikovanih korundnih mas za vroča popravila od toplotne obdelave

1-uporaba 10 ut. % dodatka okenskega stekla
2-uporaba 3,5 ut. % dodatka okenskega stekla

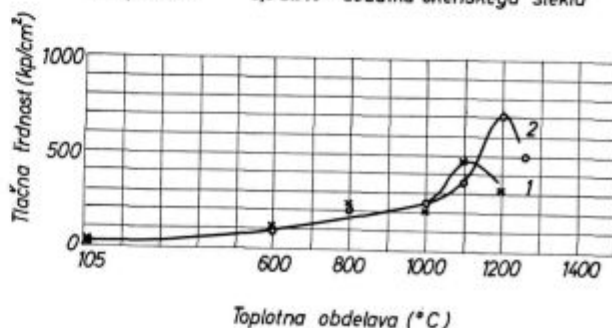


Diagram št. 12

Ugotovljene fizikalno kemične lastnosti probnih teles, ki so izdelana iz obeh opisanih sestav korundnih mas za vroča popravila peči, jasno kažejo, da je korundna masa, ki ji je primešano 10 ut. % okenskega stekla, primerna za popravilo delov peči, kjer lahko dosegamo temperature ca. 1100 do 1200° C; korundna masa, ki ji je primešano 3,5 ut. % okenskega stekla, pa je primerna za popravilo delov peči, kjer lahko dosegamo temperature 1150 do 1250° C. Dodatek okenskega stekla korundni nabijalni masi sestave »B« moramo pri pripravi korundne mase za vroča popravila izbrati glede na temperaturo, ki jo v delu peči, v katerem hočemo popraviti ognjeodporno oblogo, lahko dosežemo.

Pravilno pripravljena in vgrajena korundna masa za vroče popravilo robov pomičnega in nepomičnega dna ogrevne peči je pri delovni temperaturi te peči v izenačevalni in ogrevni zoni (ca. 1100 do 1200° C) delno plastična. S tako korundno maso pripravljeni robovi se ne krušijo, temveč se le zaokrožijo.

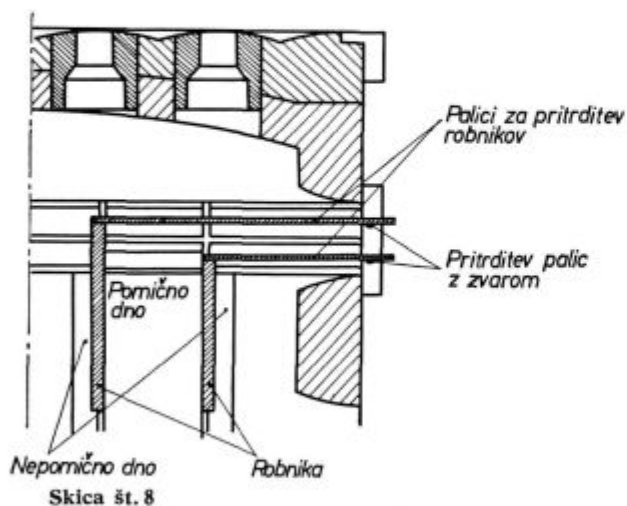
4. Vroče popravilo

a) Popravilo ognjeodporne obloge pomičnega dna v izenačevalni zoni ogrevne peči

Za vroče popravilo ognjeodporne obloge pomičnega dna v izenačevalni zoni smo uporabili kot korundno maso za vroča popravila korundno nabijalno maso sestave »B«, ki smo ji tik pred vgraditvijo primešali 3,5 ut. % fino zmletga okenskega stekla ter mešanico zatem navlažili (ca. 15 % vlaže), da je postala dobro oblikovna.

Pred vnašanjem navlažene korundne mase za vroča popravila v peč smo izrabljeni, oz. poškodovani del ognjeodporne obloge dna peči, ki smo ga nameravali popravljati, dobro očistili. Po temeljiti odstranitvi škaje ter vseh zrahljanih in odlomljenih delov obloge z izrabljenega, oz. poškodovanega dela dna smo dvignili pomično dno, ki smo ga popravljali, v najvišji položaj ter vstavili skozi

Vstavev in pritrditev robnikov pri popravilu obloge pomičnega dna v izenačevalni zoni



vrata peči v peč robnike — gredice ustrezne velikosti, ki smo jih naslonili na nepomično dno ter z železnimi palicami, ki so bile privarjene na gredice, z varjenjem pritrdili na vrata peči (glej skico št. 8).

Robniki so lahko tudi iz pločevine (pločevina zvita v obliki klina); te vstavljamo v peč tako, da jih z ožjim koncem zagostimo med pomično in nepomično dno.

Robniki morajo biti vstavljeni v peč tako, da je njihov gornji rob v višini, ki naj jo ima pomično dno, ki ga popravljamo.

Po vstavitvi robnikov smo očiščeno dno med robniki tanko posuli s fino zmletim steklenim prahom, ki omogoči trdno povezavo vnesene korundne mase z osnovno maso ognjeodporne obloge dna peči.

Na tako pripravljeno izrabljeno, oz. poškodovano oblogo dna peči smo skozi vrata peči vnašali korundno maso za vroča popravila z železnim loparjem v obliki plošč in kep ter po popolnjenju prostora med robnikoma vneseno korundno maso stlačili in zravnali tako, da smo po njej udarjali z železnim loparjem.

Popravljeno ognjeodporno oblogo dna ogrevne peči (debelina nanese korundne mase je ca. 5 do 10 cm) smo sintrali ca. 2 uri pri temperaturi ca. 1250 do 1300° C.

b) Popravilo ognjeodporne obloge dna v ostalih delih ogrevne peči

Za vroča popravila ognjeodporne obloge dna najbolj vročih delov ogrevne peči, to je ognjeodporne obloge dna v izenačevalni zoni in delu ogrevne zone, ki je poleg izenačevalne zone, moramo uporabiti kot korundno maso za vroča popravila korundno nabijalno maso sestave »B«, ki ji primešamo 3,5 ut. % okenskega stekla.

Za vroča popravila ognjeodporne obloge dna nekoliko hladnejših delov ogrevne peči (preostali del ogrevne zone in meja med ogrevno in predogrevno zono) pa uporabljamo kot korundno maso za vroča popravila korundno nabijalno maso sestave »B«, ki ji primešamo po potrebi, odvisno od temperature, ki jo lahko dosežemo (za dosego potrebne temperature sintranja lahko uporabimo tudi dodatni gorilnik, da popravljeno mesto tako z lokalnim segrevanjem zasintramo), 3,5—10 ut. % okenskega stekla.

Ognjeodporno oblogo dna ogrevne peči lahko popravljamo skozi vrata peči; če pa je okvara obloge na takem mestu, da popraviljanje skozi vrata ni možno, pa dvignemo za ca. 1 m segment oboka, pod katerim je poškodovani del obloge dna, ter na podoben način, kot je že opisano (točka 4. a), hitro popravimo poškodovano oblogo.

c) Obnašanje popravljenega dela ognjeodporne obloge dna ogrevne peči med obratovanjem

Po opisanem popravilu ognjeodporne obloge dna v izenačevalni zoni ogrevne peči je popravljeno

dno delalo normalno še ca. dva meseca, to je do remonta ogrevne peči, ki je bil zaradi okvare gorilcev.

Med obratovanjem se je popravljena obloga dna ogrevne peči zaradi delne plastičnosti posedla pod obremenitvijo za ca. 0,5—1 cm. Popravljeni robovi pa se ne krušijo, temveč le zaokrožijo (delna plastičnost).

ZAKLJUČEK

1. Uporabnost korundnih mas v metalurgiji je zelo široka. Uporabljajo se podobno kot korundne opeke (visoka ognjeodpornost, izredna trdnost ter dobra korozijska odpornost v nabitem stanju) predvsem na mestih, ki so podvržena kombinirani obremenitvi — istočasnim toplotnim, mehanskim in korozijskim vplivom.

2. Prednosti uporabe korundnih nabijalnih mas pred korundnimi opekami so: nižja cena ter enostavnejša in hitrejša vgraditev.

3. S pravilno izbiro granulacijske sestave dobimo z nabijanjem korundnih mas goste in korozijsko odporne ognjeodporne obloge. Kot primerna se je pokazala sledeča granulacijska sestava korundne nabijalne mase:

Korund 2—3 mm	40 ut. %
Korund 0,25—0,5 mm	25 ut. %
Korund »ciklon«	15 ut. %
Surova glina Blatuša	20 ut. %

Z dodatki za izboljšanje sintranja pa omogočimo vezanje korundnih zrn z nastankom steklaste faze že pri temperaturi ca. 1200—1300° C.

Kot dodatek za izboljšanje sintranja uporabljamo gel — $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$, tehn. H_3PO_4 in surovi fosfat — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Najvišje trdnosti nabite korundne mase v surovem stanju dobimo, če pri pripravi korundne nabijalne mase uporabimo gel — $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$. Tudi dodatek tehn. H_3PO_4 povzroči dobro utrditev nabite korundne mase v surovem stanju. Trdnosti nabite korundne mase v surovem stanju so pri uporabi dodatka surovega fosfata slabe, po sintranju pa imajo te nabite korundne mase boljše fizikalne lastnosti, kot če bi bile pripravljene z dodatkom gela — $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ ali pa tehn. H_3PO_4 (ni nabrekanja). Ker je tudi cena surovega fosfata znatno nižja od cene gela — Al fosfata in cene tehn. H_3PO_4 , je za pripravo korundnih nabijalnih

mas najprimernejši dodatek surovega fosfata. Da pa imajo tudi te nabite korundne mase razmeroma dobro trdnost v surovem stanju, jih površinsko utrdimo tako, da jih tanko premažemo s H_3PO_4 .

4. Primeren način vzdrževanja peči je redno popraviljanje ognjeodporne obloge v vročem stanju, to je brez predhodne ohlavitve peči, ker ima za posledico skrajšanje zastojev v proizvodnji (odpade dolgotrajno hlajenje in segrevanje) in izboljšanje vzdržnosti ognjeodporne obloge peči (delno posledica rednega vzdrževanja in obnavljanja ognjeodporne obloge, delno pa posledica zmanjšanja števila pospešenih ohlajanj in segrevanj).

5. Za redno popraviljanje, oz. vzdrževanje ognjeodporne obloge pomičnega in nepomičnega dna ogrevne peči se je izkazala primerna korundna masa za vroča popravila, ki jo pripravimo tako, da pomešamo:

100 kg korundne nabijalne mase in
3,5—10 kg fino zmletega okenskega stekla

Dodatek okenskega stekla dodamo odvisno od temperature, ki jo v tistem delu peči, v katerem popravljamo ognjeodporno oblogo, lahko dosežemo.

Za vroča popravila tistih delov ognjeodporne obloge peči, kjer s samim kurjenjem peči ne dosežemo zadostne temperature, zasintramo popravljene del ognjeodporne obloge z lokalnim segrevanjem (dodatni gorilnik).

Trdno povezavo vnesene korundne mase pri vročem popravilu na poškodovano ognjeodporno oblogo dna pa dosežemo, če pred vnašanjem korundne mase za vroča popravila temeljito očiščeni del poškodovane ognjeodporne obloge dna ogrevne peči tanko posujemo s fino zmletim okenskim steklom.

S korundno maso za vroča popravila popravljene del ognjeodporne obloge se zaradi delne plastičnosti pri delovni temperaturi ogrevne peči pod obremenitvijo delno posede (ca. 10 %), popravljene robovi pa se ne krušijo, temveč le zaokrožijo.

LITERATURA

1. Harders — Kienow: Feuerfestkunde (1960)
2. H. Slamang: Die Keramik (1958)
3. Beljankin — Lapin — Iwanow: Technische Petrographie (1960)
4. R. Kežar: Priprava in uporabnost korundnih opek v metalurgiji — Zelezarski zbornik III (1969) št. 4, stran 241—261

ZUSAMMENFASSUNG

Heutzutage wo man sich wegen des stetigen Bestrebens nach immer grösseren Leistungen die langdauernden Remonte nicht mehr leisten kann, finden in den Hüttenbetrieben für die feuerfesten Verkleidungen und die heissen Reparaturen der Öfen in immer grösserem Masse verschiedene Stampfmassen und feuerfeste Betone ihre Verwendung.

1. Wegen der niedrigeren Preise des einfachen und schnelleren Einbauens, ersetzen die Korundhaltigen Stampfmassen bei der feuerfesten Verkleidung der Öfen in immer grösseren Masse die teuren korundhaltigen feuerfesten Steine.

Eine hohe Dichte, der temperatur, mechanisch und korrosionsbeständiger, Korundhaltige Stampfmassen (mit

cca 80 % Al_2O_3) в gestampfen Zustand, wird ähnlich wie bei den Korundsteinen mit cca 85 % Al_2O_3 (siehe Zelezarski zbornik III, 1969 Nr. 4, S. 241—261 — Vorbereitung und Verwertung der Korundhaltigen feuerfesten Steine in der Metallurgie) durch die Auswahl einer solchen Körnung erreicht, dass beim Durchmischen der Fraktionen, die kleinen Körner, die leeren Räume zwischen den grösseren ausfüllen. Da die Formungsdrücke beim Stampfen kleiner sind als beim Pressen der Korundsteine, ist die Aufstellung der Körner in der gestampften Korundmasse dünner. Im Vergleich mit der Korundmasse für die Fertigung dichter Korundsteine muss die Korundhaltige Stampfmasse eine grössere Menge kleinerer Korundkörner (mehr mittlerer und feiner Fraktionen) und eine grössere Menge der rohen Tonerde Blatuscha enthalten. Eine geeignete Granulationszusammensetzung ist folgend:

Korund 2—3 mm	40 Gew. %
Korund 0.25—0.5 mm	25 Gew. %
Korund «Cyclon»	15 Gew. %
Rohe Tonerde Blatuscha	20 Gew. %

Die Korundhaltige Stampfmasse der obengenannten Granulationszusammensetzung ist gut verformbar und im

gestampften und gesintertem Zustand mit einem Zusatz von 2 g rohen Phosphates (cca 90 % $Ca_3(PO_4)_2$) auf 100 g Masse, um das Sintern zu verbessern, sehr dicht und fest.

Mit der Korundhaltigen Stampfmasse gestampfter Boden des Wärmeofens in Drahtwalzwerk Bela, hat trotz ungünstigen Betriebsdinungen (Hubbalkenofen wegen der hohen Hitze ziemlich deformiert) vier Monate lang praktisch ohne Beschädigungen der Korundverkleidung ausgehalten.

II. Die feuerfeste Verkleidung des Ofens wird wenn es nur möglich ist im heissen Zustand repariert, um die Stillstandzeit zu verkürzen und die Aushaltung der gesamten feuerfesten Zustellung zu verbessern.

Für das regelmässige reparieren des Hubbalkenofenbodens hat sich als amgeeignetsten die korundhaltige Masse für heisse Remonte erwiesen. Sie ist zusammengestellt aus: 100 kg korundhaltiger Stampfmasse und 3.5 bis 10 kg fein zemahlenes Fensterglasses.

Mit dieser Masse reparierte feuerfeste Verkleidung sinkt unter der Wärmebeanspruchung der Arbeitstemperatur (bis 1200° C) um etwa 10 %. Die Kanten brechen nicht, sondern werden abgerundet.

SUMMARY

Today when tendency for higher outputs do not allow anymore long repairs various tamping mixtures, refractory concretes and mixtures for hot repairs of furnaces are frequently used in lining metallurgical furnaces.

I. Because of lower price, simpler and faster furnace lining the more expensive corundum bricks are greatly substituted by corundum mixtures.

Compactness of mechanically stable, and corrosion and temperature resistant corundum tamping mixtures (about 80 % Al_2O_3) can be obtained in the tamped state similarly as in dense and corrosion resistant corundum bricks with about 85 % Al_2O_3 (Fabrication and applicability of Corundum Bricks in Metallurgy, Zelezarski zbornik III, 1969, No. 4, pp. 241-261) by choosing such grain composition that smaller grains just fill the spaces between the bigger grains when well mixed. Because the forming pressures in tamping corundum mixtures are smaller than that in compacting corundum bricks the package of grains in the tamped corundum mixture is not so dense. Comparing with the mixture for fabrication dense corundum bricks the corundum tamping mixture must contain a greater amount of smaller grains (more medium and fine fraction) and greater amount of raw clay Blatusa. Suitable grain composition of corundum tamping mixture is the following:

Corundum 2 to 3 mm	40 wt. %
Corundum 0.25 to 0.5 mm	25 wt. %
Corundum «cyclone»	15 wt. %
Raw clay Blatusa	20 wt. %

The corundum tamping mixture of the given grain composition has a good formability and it is very dense and strong in tamped and sintered state when 2 g of raw phosphate (about 90 % $Ca_3(PO_4)_2$) per 100 g of mixture is added for improved sintering.

The bottom of the reheating furnace in wire rolling plant in Bela was lined with the corundum tamping mixture, and though the operating conditions of the furnace were unfavourable (the construction of mobile bottom which was considerably distorted because of high temperatures allowed oscillation of the immobile bottom) the furnace worked about 4 months practically without repairs of the corundum lining.

II. Furnace refractory lining is repaired, if possible, in hot state in order to reduce stops in production (long cooling and heating which are necessary in cold repairs of furnaces are thus eliminated) and improve endurance of the total furnace refractory lining (partially consequence of regulator repairs of the refractory lining, partially consequence of reduction of forced coolings and heatings).

For regular repairs and maintenance of mobile and immobile bottoms of reheating furnaces the most suitable corundum mixture for hot repairs is prepared by mixing 100 kg of corundum tamping mixture and 3.5 to 10 kg of finely ground window glass.

The refractory lining repaired with corundum mixture for hot repairs consolidates (about 10 %) under load due to partial plasticity at the operating temperatures in the furnace (to about 1200° C). The repaired edges do not break but they are rounded.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время стремление к повышению производительности не позволяет длительных ремонтов и починков, поэтому для облицовки металлургических печей все больше пользуются различными массами для трамбовки, огнеустойчивым бетоном и массой для горячей починки печи. В следствии того, что корундовая масса для набивки дешевле от корундового кирпича кирпич все более заменяют с этой массой при облицовки печи. Плотность, температурно, механически и коррозионно устойчивых корундо-

вых масс для набивки приблизительно одинакова (прибл. 80 % Al_2O_3) с плотностью корундового кирпича который содержит прибл. 85 % Al_2O_3 . (Смотри: Приготовление и употребительность корундовых кирпичей в металлургии, Zelezarski zbornik III, 1969, No 4, стр. 241—261) при выборе гранулометрического состава когда при хорошем перемешивании фракций мелкие зёрна заполняют пустоты между крупными. Так как давления при формовании корундовых масс меньше чем давления при сжатии корундовых

кирпичей расположение зёрен в корундовой массе более редкое. В сравнении с корундовой массы для кирпичей должна корундовая масса для набивки содержать больше мелких зёрен (больше мелкой и средней фракции) с большим уделом сырой глины Блатуша.

Самый подходящий гранулометрический состав корундовой массы для набивки следующий:

Корунд 2—3 мм	40 в %
Корунд 0.25—0.50 мм	25 в %
Корунд «циклон»	15 в %
Глина Блатуша	20 в %

Корундовая масса упомянутого гранулометрического состава имеет весьма хорошую способность формования, а, если этой массе добавить 2 гр/100 гр. сырого фосфата (прибл. 90 % $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), то она в набитом и агломеранном состоянии достаточно высокой густоты и вязкости. Дно нагревательной печи для отжига проволоки на прокатном заводе Бела (Bela, Металлургический завод Jesenice) несмотря на неблагоприятные условия работы (конструк-

ция подвижного дна из-за согнутости под влиянием темп-ры приближалась неподвижному дну) выдержала практически без повреждения облицовки из корунда прибл. 4 месяца.

Огнеупорную облицовку печи починяют, если для этого есть возможность, в горячем состоянии; при этом значительно уменьшены убытки вследствие убийли при производстве (отпадает длительное охлаждение и согревание при починки печи в холодном состоянии), а также повышена выносливость облицовки целого агрегата. Для регулярной починки т. е. поддерживанную подвижного и неподвижного дна нагревательной печи при горячей починки оказалась применима смесь приготовленная из 100 кг. корундовой массы для набивки и 3.5—10 кг. мелко смолотога оконного стекла. Исправленная часть огнеупорной облицовки с корундовой массой вследствие частичной пластичности при рабочих темп-ах нагревательной печи (до 1200° Ц) под влиянием нагрузки оседает; исправленные кромки не крошутся а принимают заокругленную форму.