

Karel Ravnik dipl. inž.
Železarna Jesenice

DK: 666.76:669.187.2
ASM/SLA: RM-h 38

Uporaba ognjestalnega materiala in mas na elektro-obločnih pečeh Železarne Jesenice

Članek obravnava torkretiranje in zidavo elektro obločne peči tipa ASEA — Lectromelt Železarne Jesenice z različnimi ognjevzdržnimi materiali.

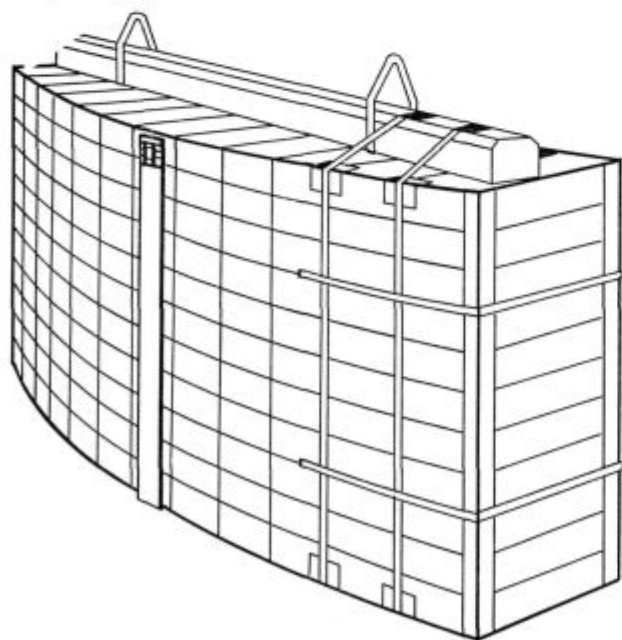
UVOD

Elektro obločna peč je eden imed agregatov za proizvodnjo jekla, ki zadnja leta močno prednjači pred ostalimi agregati. Je zelo ekonomičen agregat za proizvodnjo nerjavečih, specialnih in v zadnjih letih tudi navadnih ogljikovih jekel. Prednost je predvsem v nižjih predelovalnih stroških, ki so posledica ekonomičnejše porabe materialov, surovin, energije.

Dokler niso pričele obratovati tako imenovane UHP peči, ki se odlikujejo z zelo močnimi transformatorji in kratkimi šaržnimi časi (2 uri), so za standardno obzidavo stene peči uporabljali dolo bloke, šele z razvojem UHP peči se je pričela uporabljati ognjevzdržna obloga na bazi specialnih magnezitov, taljenega magnezita, ter uvajati torkretiranje stene peči s specialnimi torkretirnimi masami. Z ozirom na povečanje vzdržnosti ognjevzdržne obloge elektro obločnih peči so bili tudi v elektro jeklarni Železarne Jesenice izvedeni tozadevni poskusi.

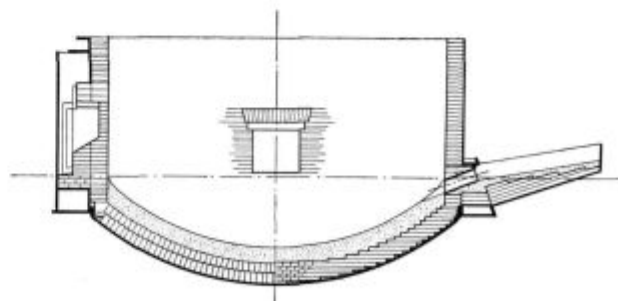
Zidava elektro-obločnih peči v železarni Jesenice

Zadnje čase se v Evropi kot tudi v ZDA vse bolj uveljavlja zidava elektro-obločnih peči z bloki, ki so sestavljeni iz opek. Tako sestavljen blok prikazuje sl. 1. Prav tako se stopničasta zidava dna peči, ki jo prikazuje sl. 2, umika parketni zidavi.



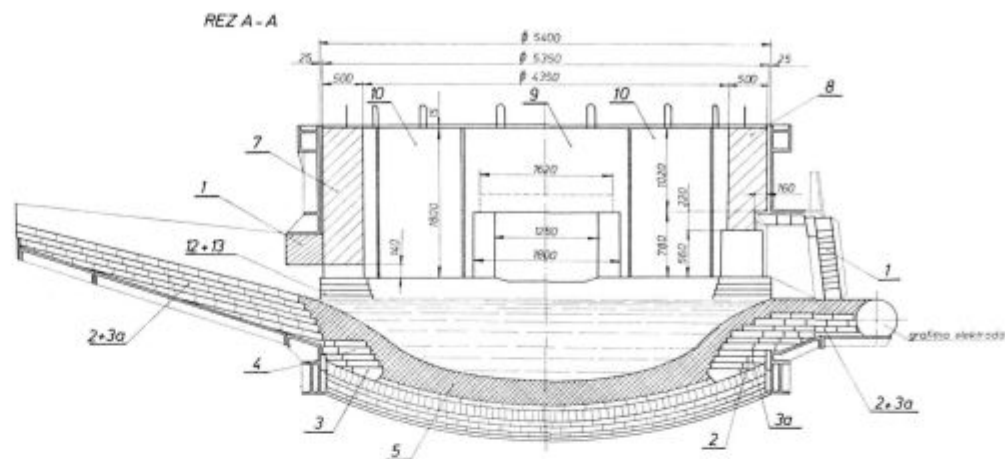
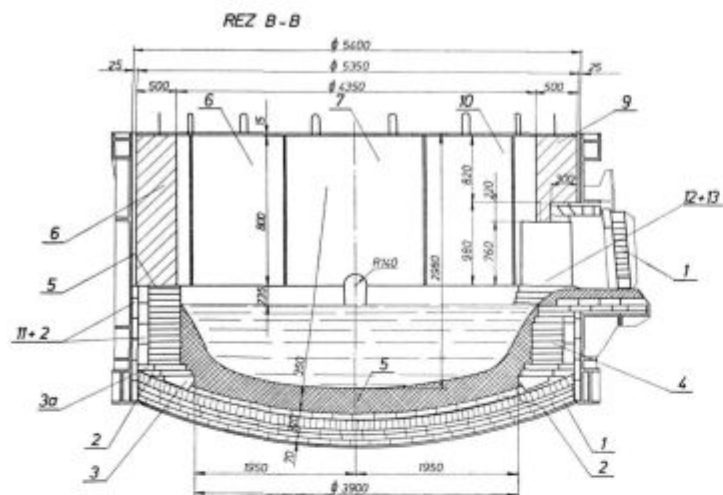
Slika 1
Blok sestavljen iz opek

Predavanje na posvetovanju o vlogi električne obločne peči v proizvodnji surovega jekla v Jugoslaviji v Ljubljani od 15. do 17. novembra 1972

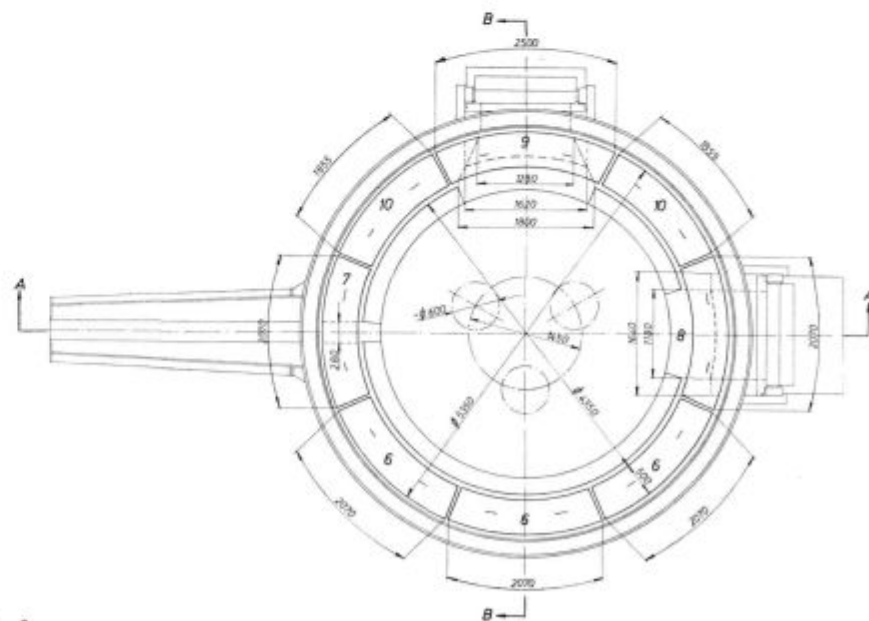


Slika 2
»Stopničasta« zidava dna elektro-obločnih peči

Podobno je potekal razvoj zidave elektro-obločnih peči v Železarni Jesenice. Preden bi začel z opisom rezultatov prob, bi omenil nekatere bistvene parametre obeh peči.



POZ.	KOM.	TEŽA Kg	SNOV	POZ. OPEKE
<i>Dno peči</i>				
1	777	2719	Šamot	Poz. 1
2	3647	20058	Magnezit	Poz. 2
<i>Stena peči</i>				
3	98	1911	Magnezit	Poz. WJ
4	1679	13432	Magnezit	Poz. Q.22
3a	184	1564	Magnezit	Poz. 2B
2	342	1881	Magnezit	Poz. 2
11	200	1160	Magnezit	Poz. 2H6
<i>Stebriči</i>				
12	36	486	Magnezit	Poz. 2R
13	72	1044	Magnezit	Poz. V2L
2	112	610	Magnezit	Poz. 2
<i>Prebojna odprtina</i>				
12	18	243	Magnezit	Poz. V2R
13	32	445	Magnezit	Poz. V2L
4	44	352	Magnezit	Poz. Q.22
<i>Žleb</i>				
3	7	137	Magnezit	Poz. WJ
2	980	5390	Magnezit	Poz. 2
3a	16	136	Magnezit	Poz. 2B
<i>£ 51568 Teža opeke</i>				
5		17000	Sinterdolomit	
8kom		37500	Določeni bloki	
<i>£ 106068 Skupnateža</i>				



Slika 3
Zidava stene ASEA elektro-obločne peči

Naziv		ASEA	LECTROMELT
Nominalna kap.	ton	50	60
Vložek	ton	57 (62)	69 (77)
Premer kotla	Ø mm	5400	5480
Presek elektrod	Ø mm	500	500
Delilni krog el.	Ø mm	1480	1371,6
Transformator	KVA	18000	18750
Max. moč peči	MW	15—16	16—18
Poraba el. toka	kWh/t	600—650	550—600
Taljenje	h	2.20	2.45
Metal. proces	—	dvožlindern	eno, dvo- žlindern

Način zidave stene ASEA elektro-obločne peči je razviden iz sl. 3, za LECTROMELT elektro-obločno peč pa iz sl. 4.

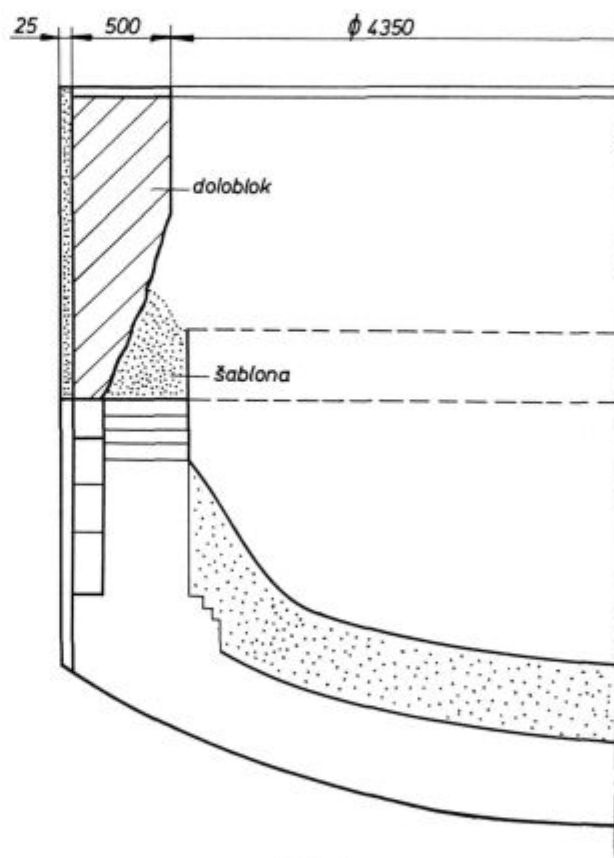
Povečanje vzdržnosti stene elektro-obločne peči z uporabo mase Ankergun OW 70 firme Veitsch — Avstrija

Vroča popravila sten metalurških peči se v zadnjem času vse bolj izvajajo z ognjevzdržnimi masami — to je torkretiranjem. Tako dosežemo boljšo vzdržnost peči in precej zmanjšamo težko fizično delo delavcev. Nedavno tega smo vzdržnost peči povečali s tem, da smo po 40 šaržah phali steno peči v območju žilindrine cone s sinterdolomitom firme Dolomite Franchi — Italije in »Silika« — Gostivar z uporabo železne šablone, kot prikazuje sl. 5. V tabeli 1 je podana kemična analiza in granulac. sestav sinterdolomita. Sinterdolomit je bil analiziran v kem. laboratoriju Ž. J. Samo phanje je trajalo ca. 3 ure po izpustu šarže. S tako popravljeno steno smo obratovali do ca. 62 šarž, nato pa peč dali v remont. Ker smo s tem načinom izgubili preveč časa, smo ga opustili in prešli na torkretiranje stene z maso Ankergun OW 70. Tehnologijo torkretiranja, stroj in

Tabela 1: Kemična analiza in granulacijski sestav sinterdolomita

Kemična sestava v %	firma Silika Gostivar	firma Dolomite Franchi
MgO	38,5—39,5 (min. 32)	36,5—38,75
CaO	57,5—58,5 (max. 60)	57,28—59,36
SiO ₂	1,18—1,8 (max. 2)	1,1—1,7
Al ₂ O ₃	0,32—0,81 (max. 3)	cca 1,25
Fe ₂ O ₃	—	cca 0,4
žaro izgube	2,1 (max. 3)	0,8
vlaga	—	—
S	0,014	0,012
spec. teža p/cm ³	3,07	3,25
poroznost	4—15	—

granulac. sestava v mm	granulac. sest. Silika Gostivar	granulac. sest. v % Dolomite Franchi
Groba frakcija:		
nad 5 mm	3,1	9,25
4—5 mm	2,5 (10—20)	12,2
3—4 mm	1,7	2,75
2—3 mm	16,3	7,75
1—2 mm	16,9 (15—25)	14,0
Srednja frakcija:		
0,5—1 mm	11,3	12,25
0,25—0,5 mm	12,8	11,30
Fina frakcija:		
pod 0,25 mm	35,4 (50—60)	30,5



Slika 5
Phanje stene s sinterdolomitom

maso smo prevzeli od firme Veitsch. Vlažno maso lahko nanašamo na katerokoli mesto stene peči. Paziti je treba na temperaturo stene peči, zakaj na prevročo opeko se masa ne prilepi dobro. Kapaciteta stroja znaša ca. 6 t/h.

Pri torkretiranju je treba paziti prvenstveno na debelino torkretirnega sloja, zakaj izkušnje so pokazale, da se najprej nanese na steno tanek sloj mase, ki se hitro zapeče, nato ostali sloji, dokler ne dobimo zaželenje oblike torkretiranega dela.

Pri tem je upoštevati tudi kot, pod katerim nanašamo maso na steno, ter kemično in granulacijsko sestavo mase.

Podajam kemično in granulacijsko sestavo mase:

SiO_2 — 2 %, Al_2O_3 — 0,5 %, Fe_2O_3 — 7 %, CaO — 4 %, MgO — 85 %, žaro izguba — 1,5 %.

Sejalna analiza: nad 2 mm = 0 %, 2—1,5 mm = 7 %, 1,5 — 1 mm = 14,5 %, 1—0,5 mm = 21,2 %, 0,5—0,4 mm = 4,2 %, 0,4—0,3 mm = 4,1 %, 0,3—0,2 mm = 7 %, 0,2—0,1 mm = 10 %, 0,1—0,074 mm = 7 %, pod 0,074 mm = 25 %; volumska teža mase 2,5 kg/dm³, točka mehčišča mase 1750° C.

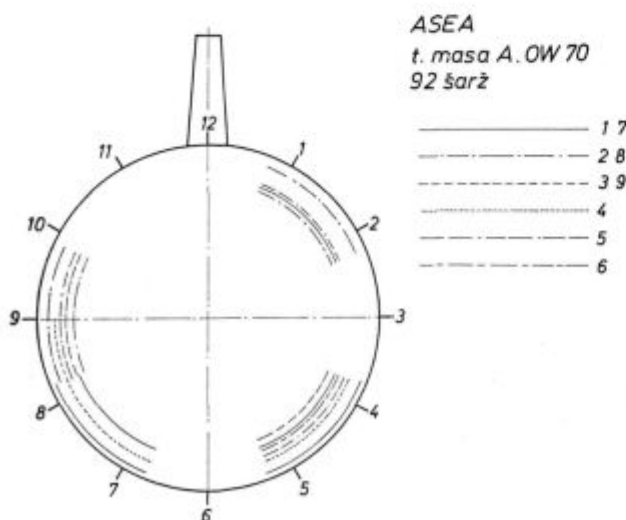
S torkretiranjem smo v letu 1971 povečali vzdržnost stene na ASEA peči na povprečno 85 šarž, na Lectromelt peči na povprečno 97 šarž, kot je razvidno iz tabele št. 2. Dosegli smo vzdržnost tudi preko 110 šarž.

Tabela 2: Vzdržnost ognjevzdržne obloge elektro-obločnih peči

Vzdržnost peči	ASEA		LECTROMELT	
	1970	1971	1970	1971
stena (šarž)	68	85	63	97
obok (šarž)	44	61	44	61
dno (šarž)	1212	885	1254	—

Torkretirati se prične pri 60-tih šaržah, odvisno od stanja peči in kvalitetnega programa. Za eno torkretiranje se porabi cca 500 do 1500 kg mase, povprečno za eno obdobje pa cca 4000 kg mase. Povprečni čas torkretiranja je 15 minut.

V sl. 6 in tabeli 3. so razvidni rezultati torkretiranja stene ASEA peči, katere vzdržnost smo povečali na 92 šarž.



Slika 6

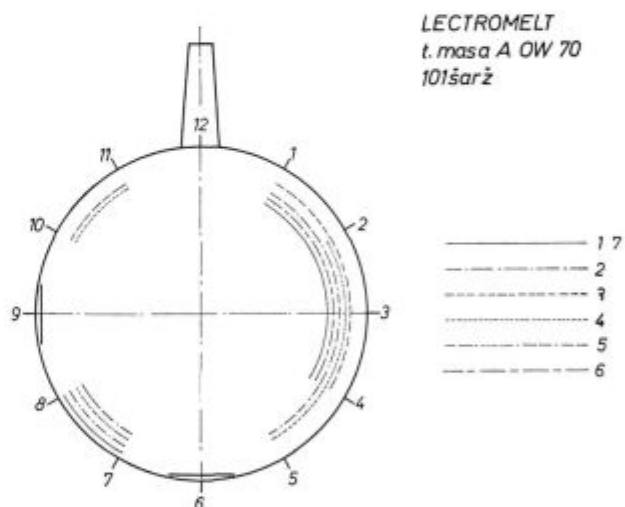
Torkretiranje stene ASEA elektro-obločne peči

Tabela 3: Torkretiranje stene ASEA elektro-obločne peči

Štev. tork.	štev. šarž	poraba mase v kg	območje brizganja ASEA peči	traj. tork. v min.
1	66	500	5—4, 7—8	20
2	70	450	1—2, 8—10	20
3	74	50	6—5 (nov vratični stebrič)	85
4	75	550	5—4, 7—9, tanka stena	25
5	80	350	5—4, 8—10	10
6	83	600	5—4, 1—2, 8—10	15
7	84	150	5—4, 1—2, 7—8	15
8	86	650	1—2, 6—7, 8—10 (peč »rdeča«)	15
9	92	250	5—4	10

Skupaj: 3.550 kg

Najbolj obremenjena mesta stene peči zaznamo v območju stalnega torkretiranja te peči, to je mesta 7—10, 5—4, 1—2.



Slika 7

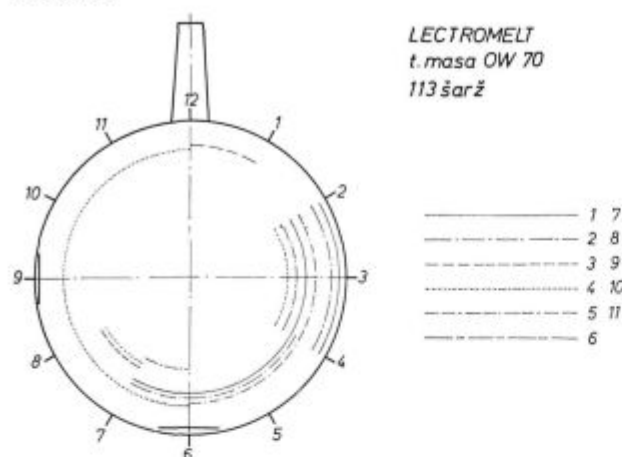
Torkretiranje stene LECTROMELT elektro-obločne peči

Tabela 4: Torkretiranje stene Lectromelt elektro-obločne peči

Štev. tork.	štev. šarž	poraba mase v kg	območje brizganja Lectromelt peči	traj. tork. v min.
1	69	400	7—8	10
2	77	150	7—8	5
3	88	400	10—11, 1—4	15
4	91	500	10—11, 7—8, 2—5	20
5	95	750	1—5, 7—8	25
6	98	650	1—4	15
7	99	550	1—5	20

Skupaj: 3.400 kg

Podajam še rezultate torkretiranja Lectromelt peči, ki so razvidni iz sl. 7, tabele 4. in sl. 8, tabele 5.



Slika 8

Torkretiranje stene LECTROMELT elektro-obločne peči

Tabela 5: Torkretiranje stene Lectromelt elektro obločne peči

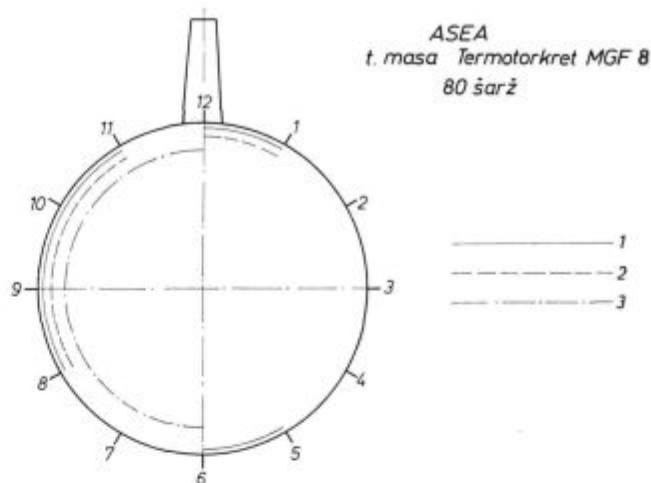
Štev. tork.	štev. šarž	poraba mase v kg	območje brizganja Lectromelt peči	traj. tork. v min.
1	61	450	2—4	15
2	76	550	2—4	15
3	77	300	12—1	10
4	85	450	12—6	10
5	86	400	2—6	10
6	92	500	4—7	10
7	99	600	2—7	10
8	100	300	2—4	20
9	106	300	7—8	10
10	108	600	7—8, 2—4	20
11	110	200	6—7	15

Skupaj: 4.650 kg

V prvem primeru, ko smo pričeli torkretirati stene Lectromelt peči pri 69 šaržah in jo dali v remont pri 101. šarži, so bila najbolj obremenjena mesta stene peči v območju 1—5, 7—8, 10—11, to je predvsem območje vroče faze in stebričev peči.

V drugem primeru, ko smo pričeli torkretirati pri 61 šaržah in peč dali v remont pri 113 šaržah, smo podobno kot pri prejšnjem primeru torkretirali predvsem v območju vroče faze peči, to je 2—4.

Ob tem bi omenil, da smo v mesecu septembru 1972 izvedli poskusno torkretiranje stene ASEA elektro obločne peči (zidane z dolo-bloki, firme Dolomite-Franchi), z maso »Termotorkret MGF 8«, proizvodnja Vatrostalna — Busovača. Slika 9 in tabela 6 prikazujeta rezultate torkretiranja stene ASEA elektro obločne peči.



Slika 9

Torkretiranje stene ASEA elektro-obločne peči z maso »Termotorkret MGF 8«

Tabela 6. Torkretiranje stene ASEA elektro obločne peči z maso »Termotorkret MGF 8«

Štev. tork.	šarž štev.	poraba mase v kg	območje brizganja	traj. tork. v min.
1	66	650	12—1, 6—5, 8—11	15
2	75	1000	12—1, 8—10 (peč gola)	20
3	76	300	6—12	15

Skupaj: 1950 kg

Peč je bila dana v remont po 80-tih šaržah. Podajam kemično in granulacijsko sestavo »Termotorkret mase MGF 8«:

Kemična analiza:		Sejalna analiza:	
SiO ₂	2/4 %	0 — 0,5 mm	— 38/45 %
Al ₂ O ₃	0	0,5 — 1 mm	— 17/20 %
Fe ₂ O ₃	5 %	1 — 2 mm	— 20/25 %
CaO	3 %	2 — 3 mm	— 8/10 %
MgO	75—82 %		
žaroizg.	1 %		
ognjevzdrž.	1760° C		

Kot je razvidno iz tabele 6, smo pri 66. šarži torkretirali desni stebrič glavnih vrat, ki je bil izrabljen do plašča peči. S torkretiranjem nanesena 200 mm plast mase Termotorkret MGF 8 je vzdržala do konca delovnega obdobja peči, brez ponovnega torkretiranja tega dela. Masa se je pri nanašanju dobro lepila na steno peči, ni odpadala in se dobro zapekla, v nasprotju z Mahromitpatsch 30 maso, ki se je sicer lepila na steno dobro, toda se zaradi slabše ognjestalnosti pri normalni temperaturni obremenitvi peči cedila po steni navzdol. Lahko

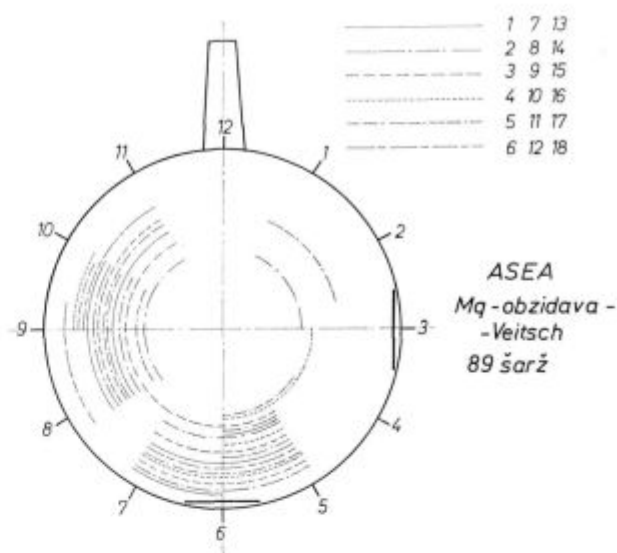
rečemo, da je bil prvi preizkus mase Termotorkret MGF 8 zadovoljiv. Poskusi se še nadaljujejo.

V letu 1972 smo za torkretiranje peči uporabljali tudi maso Mahromitpatsch 30, firme Magnohrom — Kraljevo z vsebnostjo ca. 65 % MgO, 13 % Fe_2O_3 , ognjevdržnost 1650° C, granulacijska sestava 0—3 mm. Pri uporabi te mase smo ugotovili, da se sicer prilepi na stene v redu, toda po krajšem času »steče«. Sama kemična analiza ter visoka poraba mase ($2 \times$ večja od Ankergun OW 70) za eno delovno obdobje peči je dokaz za precej slabšo ognjestalnost te mase, od Ankergun OW 70 mase.

Probna zidava stene elektro-obločne peči z magnezitno opeko firme Veitsch — Avstrija

V delovnem obdobju ASEA elektro-obločne peči od 4. 12. 1971 do 27. 12. 1971 je bila stena peči zidana s probno opeko firme Veitsch. Uporabili smo opeko z oznako Anker D-1, pozicije Q 22 in Anker pozicije 2 VL-76. Način zidave je razviden iz sl. 10. Dolobloke smo morali skrajšati za 300 mm, zakaj ta del (8 vrst) je bil zidan s poskusno opeko. Del stene pod to opeko pa je bil zidan z Mg opeko, poz. Q 22 firme Magnohrom. Peč je bila dana v remont po 89 šaržah. Takšno vzdržnost stene peči smo dosegli predvsem zaradi torkretiranja z maso Ankergun OW 70.

Kot je razvidno iz sl. 11 in tabele 7, ki prikazuje območje torkretiranja, je bila stena peči



Slika 11

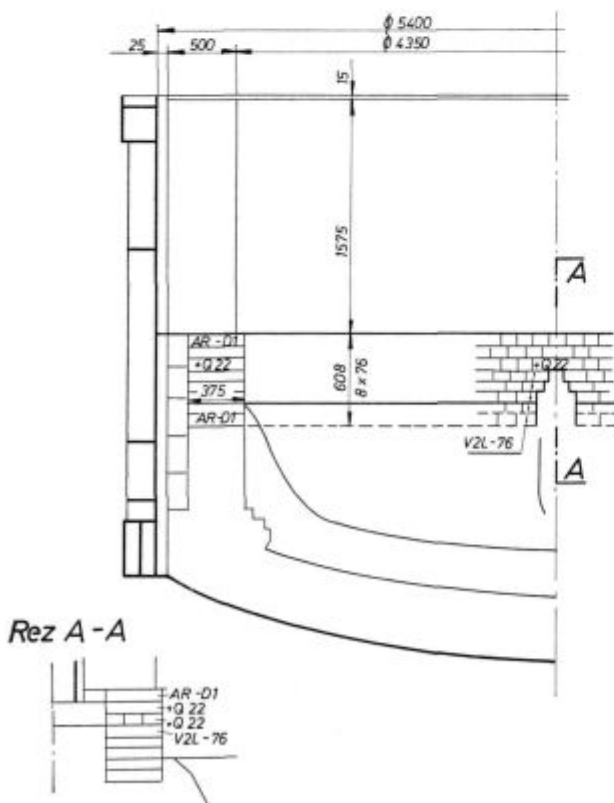
Torkretiranje stene ASEA elektro-obločne peči zidane z opeko firme Veitsch — Avstrija

do 30 šarž dobra. Takoj zatem se je močno poslabšala. Pri 52 šaržah smo jo pričeli torkretirati in porabili 11.550 kg mase. Torkretirali smo predvsem v območju vroče faze (8—11) in ob stebričnih peči (7—5). Pri rušenju stene smo ugotovili, da je bil poskusni del stene popolnoma izrabljen, tja do plašča peči, odstraniti pa je bilo treba še 6 vrst ostankov Mg opeke — Q 22 Magnohrom.

Tabela 7: Torkretiranje stene ASEA elektro-obločne peči zidane z opeko firme Veitsch

Štev. tork.	štev. šarž	poraba mase v kg	območje brizganja ASEA peči	traj. tork. v min.
1	52	550	7—6	20
2	57	400	7—5	10
3	59	750	8—9, 7—5	15
4	61	400	9—10, 7—5	20
5	62	700	9—10, 7—5	10
6	64	600	9—11, 7—5	30
7	65	400	8—10, 7—5	10
8	70	550	6—5, 8—10	15
9	72	600	8—11, 7—5	10
10	74	450	6—5, 10—11	10
			7—5	
11	79	700	8—11, 6—5, 1—2	10
12	80	800	8—10 (stena gola)	15
13	83	400	6—5, 8—11	10
14	85	650	6—5, 8—10	20
15	86	1000	5—11	25
16	86	850	6—3	30
17	87	1150	6—4, 8—10	35
18	89	600	8—11, 1—3	20

Skupaj: 11.550 kg



Slika 10

Zidava stene ASEA elektro-obločne peči z Mg opeko firme Veitsch — Avstrija

Če primerjamo navedeno zidavo z dolomitno, ugotovimo, da je zidava z dolobloki ekonomičnejša pri obstoječem programu izdelave jekla. Povprečno porabljammo za eno delovno obdobje peči ca. 4 t torkretirne mase, pri navedenem poskusu smo jo porabili 11.550 kg.

Probna zidava stene elektro-obločne peči z Radex opeko (blok) firme Radenthein

V delovnem obdobju ASEA peči od 15. 7. 1971 do 15. 8. 1971 je bil del stene v območju dolobloka štev. 4, kot je razvidno iz sl. 12 in sl. 13, zidan z Radeks opeko (Radenthain) v kombinaciji z opeko firme Magnohrom. Poskusni blok je bil sestavljen iz Radex opek, poz. SKCM-I in Radex St, ter delno iz opek Radex, poz. Q 22 (5 vrst).

S torkretiranjem stene smo pričeli pri 64 šaržah, ko je bil poskusni blok v spodnjem delu popolnoma izrabljen. Peč smo dali zaradi dotrajnosti stene že pri 76 šaržah v remont. Ob rušenju zadave peči (glej sl. 13) je znašala debelina poskusnega bloka ob nogi še 220 mm, toda dosežena

s torkretiranjem. Tudi spodnjih pet vrst Radex opeke (Q 22) in treh vrst Mg opeke (Q 22) — Magnohrom je bilo popolnoma izrabljenih.

**Probna zidava stene elektro-obločne peči
z dolobloki (kombinirani iz opek)
firme Silika — Gostivar**

V delovnem obdobju elektro-obločne peči Lectromelt od 20. 12. 1971 do 6. 1. 1972 je bila stena zidana s poskusnimi bloki, sestavljenimi iz dolomitne opeke — firme Silika Gostivar. Sestava bloka je razvidna iz sl. 14.

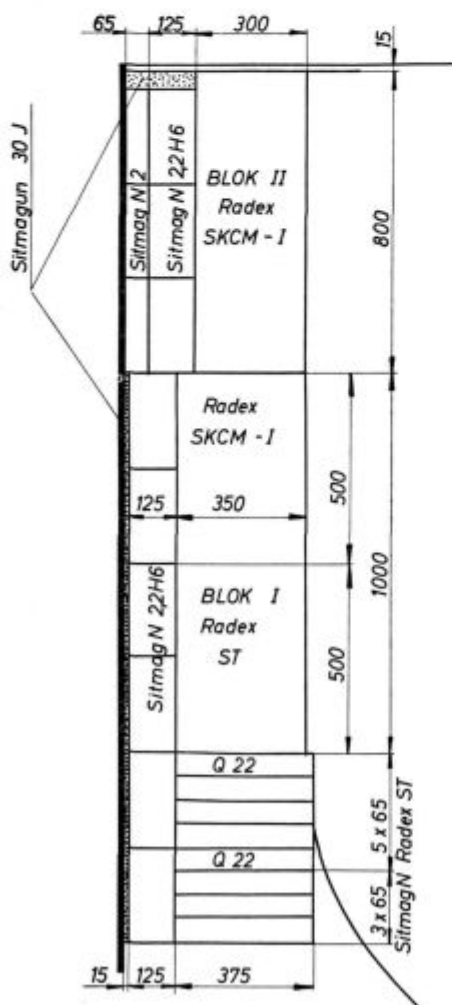
Bloki so sestavljeni iz opek, pozicij TQ-17, TQ-45. Z ozirom na prvotno izmero dolomitne opeke (1 = 550 mm) je celotna zidava za ca. 50 mm večja od standardne — dolobloki firme Dolomite Franchi. V tem delovnem obdobju je bilo na peči izdelano 56 šarž jekla za konstrukcije (C 0461, C 0361) s prehodno temperaturo v peči ca. 1630° C.

Kot je razvidno iz sl. 15 in tabele 8, smo pri 29 šarži pričeli s popravilom stene, v območju stranskih vrat. Vzrok porušitve opeke v tem območju je verjetno v nepravilni vezavi opeke.

Pri zakladanju peči se je pri 53 šarži porušil doloblok glavnih vrat, takoj zatem še naslednja dva med glavnimi in stranskimi vraticami. Peč je bila zaradi tega pri 56 šaržah v popravilu.

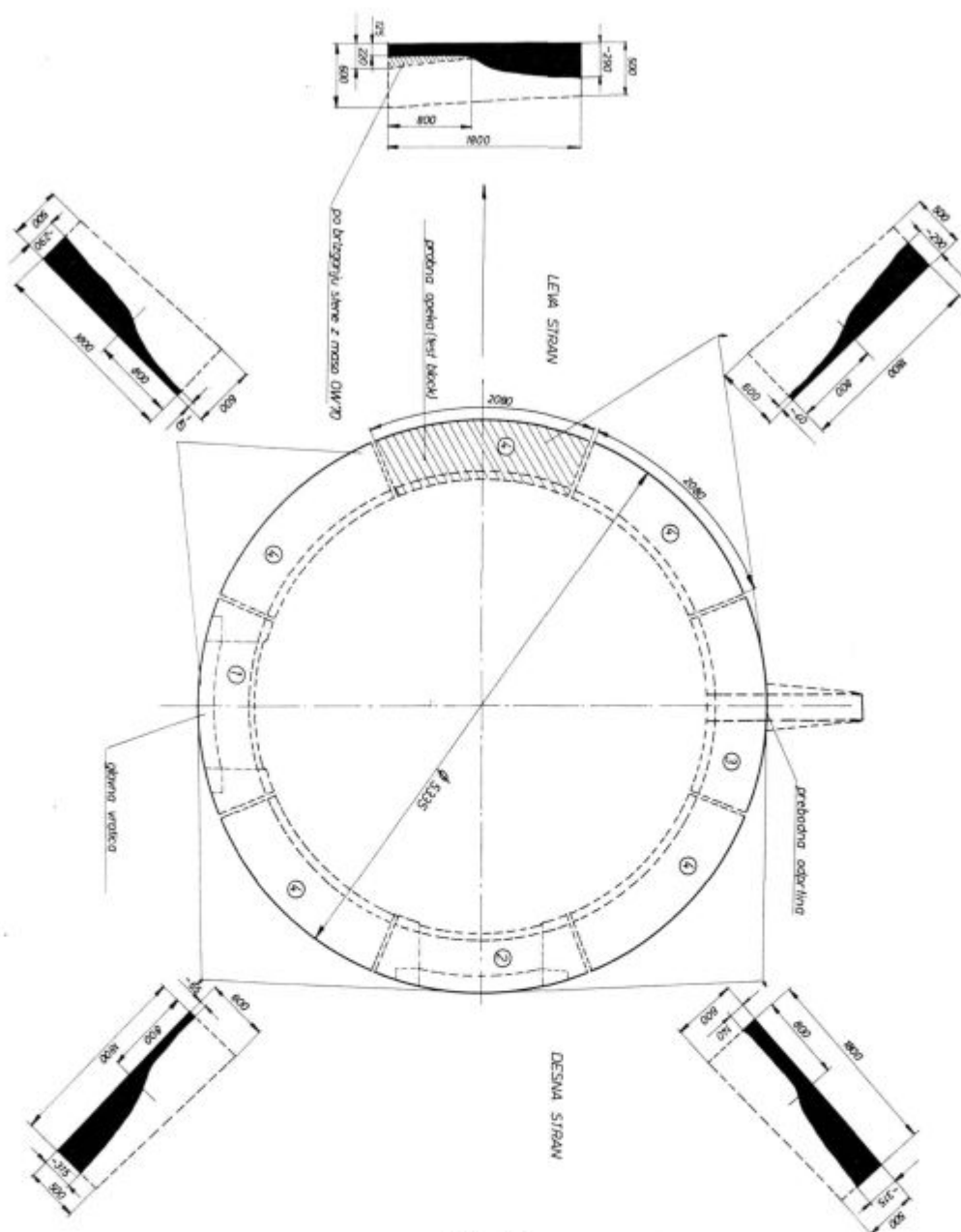
Tabela 8: Torkretiranje stene Lectromelt elektroobločne peči zidane z dolobloki firme Silika Gosstivar

Štev. tork.	štev. šarž	poraba mase v kg	območje brizganja Lectromelt peči	traj. tork. v min.
1	29	300	popravilo nad stranskimi vratci b	5
2	51	700	6, 6—7, 6—12, (zgornji rob)	10
3	52	450	6—7, 6, 9—11 (zgornji rob)	5
4	53	—	6—7, b	—
5	53	—	7—5, izdava novega 555 bloka z Mg opeko 6—8, doloblok odstopljen za 2—3 cm, fugo zasuli s sinter-dolomitom 8—11, zamazano z maso in opeko	
6	56	—	pri obračanju peči sta se porušila dolo-bloka v območju 6—9	



Slika 12

Zidava dela stene ASEA elektro-obločne pečj z opeko firme Radenthein — Avstrija



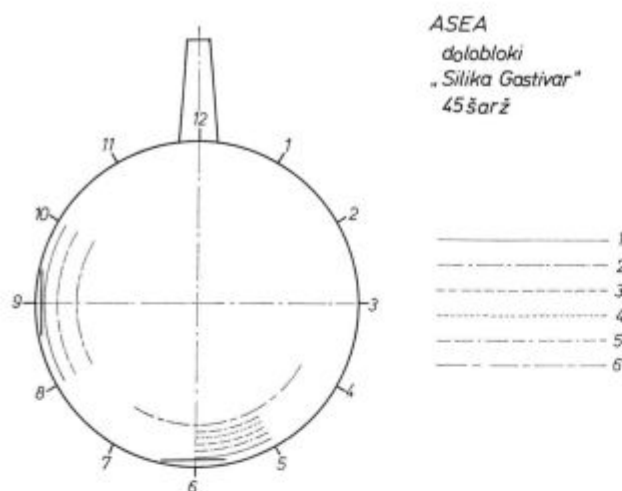
Slika 13
Izraba stene ASEA elektro-obločne peči

Torkretiranje stene smo izvajali predvsem v območju 6—7, 8—10. Zanimivo pri tem je, da stene v območju »vroče faze« ni bilo potrebno torkretirati. Izraba stene po 56 šaržah je razvidna iz sl. 16 in tabele 9.

Poskus z dolobloki firme Silika Gostivar smo izvedli še na ASEA peči. Pripominjam, da v tej peči izdelujemo najkvalitetnejša jekla, predvsem nizko in visoko legirana jekla, jekla za cementacijo — poboljšanje, s prehodno temperaturo v peči ca. 1620° C. V tem obdobju (od 20. 1. 1972 do 31. 1. 1972) je bilo izdelanih le 45 šarž. Območje torkretiranja je razvidno iz sl. 17 in tabele 10. Torkretirali smo predvsem območje desnega stebrča peči 6—5 in območje »vroče faze« 8—10.

Tabela 9: Izraba stene Lectromelt elektro-obločne peči zidane z dolobloki firme Silika

Doloblok števil.	Izraba stene		
	zgoraj a, v cm	sredina b, v cm	spodaj c, v cm
1	odpadel	—	—
2	odpadel	20	14
3	odpadel	17	10
4	23	16	13
5	32	19	14
6	24	17	11
7	25	14	9
8	35	20	14



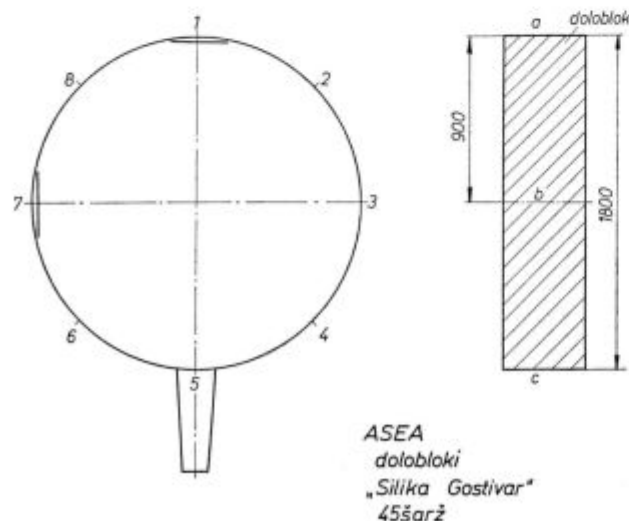
Slika 17

Torkretiranje stene ASEA elektro-obločne peči zidane z dolobloki firme Silika Gostivar

Tabela 10: Torkretiranje stene ASEA elektro-obločne peči zidane z dolobloki firme Silika — Gostivar

Štev. tork.	štev. šarž	poraba mase v kg	območje brizganja	traj. tork. v min.
1	27	450	6—5, 8—10	15
2	28	250	6—5	10
3	34	500	6—5, 8—10	15
4	36	150	6—5	10
5	39	150	6—5	25
6	43	500	6—4, 6—7, 8—10	15

Skupaj 2.000 kg



Slika 18

Izrada stene ASEA elektro-obločne peči zidane z dolobloki firme Silika Gostivar

Tabela 11: Izrada stene ASEA elektro-obločne peči zidane z dolobloki firme Silika — Gostivar

Doloblok štev.	zgoraj a, v cm	Izrada stene sredina b, v cm	spodaj c, v cm
1	30—35	10	10—12
2	30—35	10	10—12
3	30—35	10	10—12
4	30—35	10	odpadel
5	30—35	10	10—12
6	30—35	10	10—12
7	30—35	10	odpadel
8	30—35	10	10—12

Raziskava stopnje hidratizacije katrandolomitne opeke firme Silika Gostivar in doloblokov firme Dolomite Franchi — Italija

Z ozirom na nezadovoljive rezultate glede vzdržnosti katrandolomitne opeke firme Silika Gostivar smo v kemičnem laboratoriju Železarne Jesenice ugotovili še stopnjo hidratizacije za te opeke v primerjavi z dolobloki firme Dolomite Franchi — Italija.

Metod za ugotavljanje stopnje hidratizacije katrandolomitnih opek je več. Prevzeli smo eno od njih, ki jih opisuje članek v reviji Stahl und Eisen — zvezek 2, leto 1972 in jo prilagodili našim pogojem.

Metode za določanje stopnje hidratizacije opek s spremembo dolžine preizkušanca nismo mogli uporabiti, ker se je vzorec pri prijemu drobil, večkratno odpiranje termostata pa bi preveč spremenilo pogoje, to je vlažnost in temperaturo.

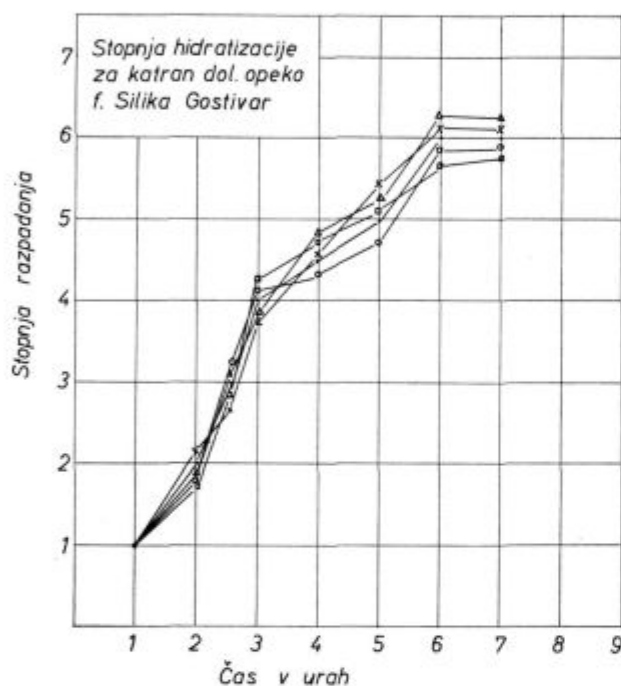
Za vzorec smo najprej vzeli katrandolomitno opeko (550 × 25 × 162 mm) firme Silika Gostivar, potopljeno v katran in prevlečeno z polivinilasto folijo. Opeka je bila skladiščena ca. 1 mesec. Iz nje smo izrezali 7 kom. preizkušancev, velikosti 120 × 45 × 32 mm s toleranco + — 5 mm. Vzorci so bili vzeti v sredini opeke (prečna smer), zunanja plast katrana pa je bila odstranjena. Trdnost preizkušancev je bila 40—60 kp/cm². Kemična analiza preizkušancev: SiO₂ = 1,1 %, R₂O₃ = 1,8 %, CaO = 59,2 %, MgO = 30,9 %, CO₂ = 1,7 %, katran = 5,2 %.

Preizkus je bil izveden v laboratorijskem termostatu (volumen komore 251) pri 60° C, v katerega smo dodajali potrebno količino pare, s tem smo dosegli relativno vlažnost atmosfere 80 % in jo ohranili vseskozi, dokler preizkus ni bil končan. Po treh urah je bilo opaziti večji razpad preizkušancev. Zaradi povečanja površine in hitrejšje vezave vlage na CaO, MoO v preizkušancih, se je vlaga zniževala in dosegla ob koncu preizkusa po sedmih urah ca. 55 %. Vlažnost atmosfere smo merili s Siemensovim vlagometrom z litijevim kloridom. Da se na površinah preizkušancev ne bi

kondenzirala vlaga, če bi jih dali v vlažen termostat, kar bi najbrž povzročilo prehitro reagiranje, smo le-te predhodno segreli 1 uro v dodatnem termostatu na ca. 60°C. Vseh pet preizkušancev smo nato naenkrat dali v termostat, segret na 60°C z relativno vlažnostjo 80 %. Stopnjo hidratizacije smo ocenjevali na teh vzorcih vizuelno po kriterijih od 1–6, kar je razvidno iz sl. 19 in tabele 12.

Kot je razvidno iz diagrama, se začenja močnejše razpadanje že po treh urah in je po šestih urah že skoraj zaključeno.

Naslednji poskus je bil izvršen na vzorcu, (500 × 40 × 30 mm) vzetem iz zgornjega desnega



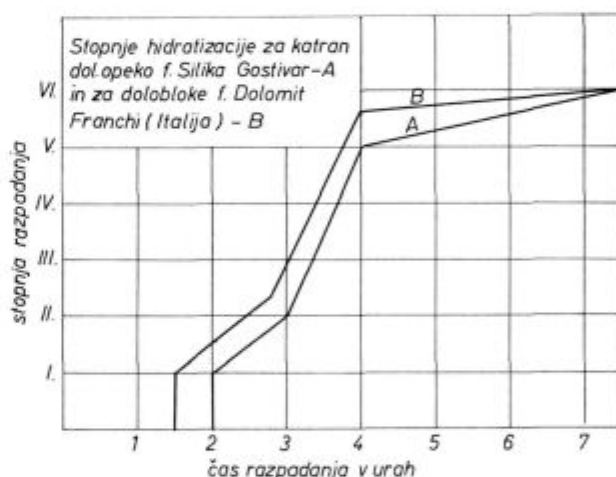
Slika 19

Stopnja hidratizacije doloblokov (opeke) firme Silika Gostivar

Tabela 12: Stopnja hidratizacije doloblokov (opeke) firme Silika Gostivar

Stopnja razpadanja	opazovanja
1	Ni spremembe na površini in robovih vzorcev. Sprememba barve (svetlejša barve).
2	Rahle razpoke na površini in robovih vzorcev.
3	Robovi vzorcev odpadajo (na posameznih straneh).
4	Močnejše razpadanje vzorcev po robovih in površini (močnejše razpoke po celi površini).
5	Skoraj dokončni razpad vzorcev — oblika še vidna.
6	Popoln razpad vzorcev.

robu dolobloka firme Dolomite Franchi — Italija. Doloblok je bil pred uporabo skladiščen ca. 18 dni, potopljen v katran in zaščiteno z polivinilasto folijo. Iz tega kosa smo v prečni smeri v enakomerni medsebojni razdalji izrezali 3 preizkušance, izmer 120 × 40 × 30 mm, s toleranco + — 5 mm. Zunanja plast katrana je bila odstranjena. Trdnost preizkušancev je znašala ca. 30 kp/cm². Kemična analiza preizkušancev: SiO₂ = 1,3 %, R₂O₃ = 1,6 %, CaO = 54,1 %, MgO = 36,6 %, CO₂ = 0,5 %, katren = 5,7 %. Vzporedno s tem smo iz katrandolomitne opeke firme Silika Gostivar podobno izrezali v prečni smeri 3 preizkušance, izmer 120 × 40 × 30 mm. V laboratorijski termostat (volumen komore 251) pri 60°C smo dali vseh 6 vzorcev, to je tri firme Silika Gostivar, tri firme Dolomite Franchi — Italija. V termostat smo dovajali paro, s tem smo dosegli relativno vlažnost 80 % in jo ohranili vseskozi, dokler poskus ni bil končan. Nadaljevanje postopka dela je že zgoraj omenjeno. Stopnjo hidratizacije smo zopet ocenjevali na vzorcih vizuelno, po kriterijih od 1 do 6, kar je razvidno iz sl. 20 in tabele 13.



Slika 20

Stopnja hidratizacije doloblokov firme Silika Gostivar in firme Dolomite Franchi — Italija

Tabela 13: Stopnja hidratizacije doloblokov firme Silika Gostivar in firme Dolomite Franchi

Stopnja razpadanja	opazovanja
1	Ni spremembe na obliki in površini. Sprememba barve (svetlejša).
2	Rahle razpoke na površini in robovih vzorcev.
3	Robovi vzorcev odpadajo.
4	Razpadanje vzorcev po površini in robovih.
5	Skoraj že popolno razpadanje vzorcev — oblika še vidna.
6	Popoln razpad vzorcev.

V diagramih so prikazane povprečne dobljene vrednosti, in sicer ponazarja krivulja A razpadanje vzorcev firme Silika Gostivar, krivulja B pa razpadanje vzorcev firme Dolomite Franchi — Italija. Če primerjamo krivulji A in B med seboj, ugotovimo, da začenja razpad vzorcev B v začetku hitreje za ca. 1—2 uri od vzorcev A. Proti koncu poskusa se te spremembe počasi izenačijo in je po ca. 5-urnem trajanju procesa razpadanje pri A in B vzorcih zaključeno. Lahko trdim, da večjih odstopanj med vzorci nismo opazili. Vzrok hitrejšega razpada vzorcev B ob pričetku poskusa je verjetno v različni vsebnosti MgO, različni temperaturi žganja sinterdolomita.

Iz navedenega lahko zaključimo, da poteka razpad vseh vzorcev približno enako in da to ni vzrok za slabšo vzdržnost katrandolomitne opeke firme Silika Gostivar. Vzrok je iskati verjetno drugod, to je v sami granulacijski sestavi, v tehnologiji izdelave in predvsem v načinu vezave opek med seboj. To naj bi bil predmet nadaljnjih raziskav.

ZAKLJUČKI

— Torkretiranje stene elektro-obločnih peči z maso Ankergun OW 70 je dalo povečanje vzdržnosti peči od ca. 62 šarž na povprečno 85 šarž na ASEA peči in 100 šarž na Lectromelt peči.

— Poskusna zidava stene ASEA peči z magnetno opeko firme Veitsch — Avstrija je sicer dala vzdržnost 89 šarž. Če pa ob tem upoštevamo porabo torkretirne mase (11,5 ton) poleg višje na-

bavne cene, omenjeni način zidave zaenkrat iz ekonomskega vidika pri sedanjem kvalitetnem programu ne prednjači pred dolomitno zidavo (dolobloki).

— Poskusno torkretiranje stene ASEA elektro-obločne peči z »Termotorkret maso MGF 8« je dalo, kar zadeva samo ognjevdzdržnost mase, zadovoljive rezultate. Poskusi se še nadaljujejo.

— Pri torkretiranju stene peči z Mahromitpatch 30 maso firme Magnohrom — Kraljevo, se je masa sicer lepila dobro na steno, pač pa je bila njena obstojnost zaradi slabše ognjestalnosti slabša od mase Termotorkret MGF 8.

— Poskusna zidava stene (blok) z opeko Radex, firme Radenthain ni dala pozitivnih rezultatov. Poskuse bi bilo treba nadaljevati, tako da bi celotno steno peči zidali s to opeko.

— Iz dobljene stopnje hidratizacije za katrandolomitno opeko firme Silika Gostivar je razvidno, da le-ta ni vzrok za slabšo vzdržnost blokov firme Silika Gostivar. Verjetno je vzrok v sami vezavi opeke, v tehnologiji priprave opek. Ker predstavljajo dobljeni rezultati skromen začetek raziskav, bi bilo treba le-te v tej smeri nadaljevati.

Uporabljena literatura

- Artel P. in Holloh W.: Erfahrungen mit der Hydratationsprüfung von Teerdolomitsteinen.
»Stahl und Eisen« 2, (1972), str. 67—71.
Chesters, J. H.: Steelplantrefractories (1963 — Sheffield)
Muster J.: Uvajanje sinterdolomitnih izdelkov.
»Metalurški institut Ljubljana« (1967)

ZUSAMMENFASSUNG

In den Jahren 1971 und 1972 sind im Elektrostahlwerk des Hüttenwerkes Jesenice einige Versuche zur Verbesserung der Beständigkeit der feuerfesten Ausmauerung an den Lichtbogenöfen durchgeführt worden.

Da die beiden Lichtbogenöfen mit Teerdolomitblöcken ausgemauert sind, versuchten wir einerseits die Beständigkeit der Wände durch das Torkretieren mit feuerfesten Massen zu verbessern, andererseits aber versuchten wir die stark beanspruchten Stellen der Ausmauerung mit besserfeuerbeständigen Steinen auf Magnesitbasis zu ersetzen.

Es sind folgende feuerfeste Baustoffe verwendet worden:

Torkret Masse Ankergun OW 70 von der Firma Veitsch — Österreich.

Torkret Masse MGF 8 von der Firma Vatrostalna — Busovača, Jugoslawien.

Torkret Masse Mahromitpatch 30 von der Firma Magnohrom Kraljevo, Jugoslawien.

Magnesitsteine der Firma Veitsch, Österreich.

Magnesitsteine der Firma Radenthain, Österreich.

Teerdolomitblöcke der Firma Silika, Gostivar, Jugoslawien.

Die besten Ergebnisse sind beim Torkretieren der Lichtbogenofenwände mit der Torkretmasse Ankergun OW 70 erzielt worden. Die Ofenwandhaltbarkeit verbesserte sich bei dem 50 t ASEA Lichtbogenofen von durchschnittlich 62 auf 85 Schmelzen und auf durchschnittlich 100 Schmelzen bei dem 60 Tonnen Lectromelt Lichtbogenofen.

Trotzdem, dass die Torkretierversuche der Ofenwände mit der Masse Termotorkret MGF 8 noch nicht beendet sind, kann nach den ersten Ergebnissen ein ausreichendes

Kleben dieser Masse an der Ofenwand, sowie eine ausreichende Feuerfestigkeit festgestellt werden.

Die Torkretmasse Mahromitpatch 30 hatte zwar gute Klebeeigenschaften, jedoch war wegen der schlechten Feuerbeständigkeit der Verbrauch dieser Masse für eine Ofenreise zweimal grösser als der der Ankergun OW 70. Hier ist zu bemerken, dass sich diese Masse recht gut beim Torkretieren der SM Ofenwände im Stahlwerk des Hüttenwerkes Jesenice bewährt hat.

Die Ausmauerung der Lichtbogenofenwand mit den Magnesitsteinen der Firma Veitsch hatte zwar beim starken Torkretieren der Ofenwand 89 Schmelzen durchgehalten, jedoch war der Aufwand für die teuren Magnesitsteine und einen viel grösseren Verbrauch der Torkretiermasse so gross, dass bei dem heutigen Produktionsprogramm aus ökonomischen Gründen diese Ausmauerung nicht angewendet werden kann.

Die Ausmauerung der Lichtbogenofenwand mit einem Versuchsblock aus Magnesitsteinen der Firma »Radex« — Radenthain und Magnesitsteinen der Firma »Magnohrom« hatte keine guten Ergebnisse erzielt.

Auch mit den Teerdolomitblöcken der Firma »Silika« Gostivar konnte keine ausreichende Beständigkeit der Ofenwand erzielt werden.

Die Hydratisierungsversuche an Doloblocken der beiden Firmen, »Silika« und »Dolomite Franchi« hatten gezeigt, dass der Zerfall der Proben beider verschiedener Materialien annähernd gleich verläuft und dass eine bessere Haltbarkeit der Doloblocke der Firma »Dolomite Franchi« wahrscheinlich die Folge einer besseren Bindung bzw. einer besseren Erzeugungstechnologie ist.

SUMMARY

To increase life time of refractory lining of electric arc furnaces some investigations were made in electro-steel works of Jesenice Ironworks in 1971 and 1972.

Because electric arc furnaces are lined by tar bonded dolomite blocks the life time of furnace walls was tried to be prolonged by gunning — use of various gunning mixes, and simultaneously the more loaded spots were lined by better refractory materials based on magnesite.

The following refractory materials were used:

- Gunning mix Ankergun OW 70, manufacturer Veitsch, Austria,
- Gunning mix Termotorkret MGF 8, manufacturer Vatrostalna, Busovača, Yugoslavia,
- Gunning mix Mahromitpatsch 30, manufacturer Magnohrom, Kraljevo, Yugoslavia,
- Magnesite bricks, manufacturer Veitsch, Austria,
- Magnesite bricks, manufacturer Radenthain, Austria,
- Tar bonded dolomite blocks, manufacturer Silika, Gostivar, Yugoslavia.

In gunning the walls of electric arc furnaces the best results were obtained by the gunning mix Ankergun OW 70. Life time of furnace walls was increased from 62 to 85 batches in average with the 50 t ASEA electric arc furnace, and to 100 batches in average with the 60 t Lektromelt electric arc furnace.

Though testing of the gunning mix Termotorkret MGF 8 for gunning the furnace walls is still going on the first test already showed that sticking of the mix to the furnace walls and its refractoriness are satisfactory. On the

other hand the mix Mahromitpatsch 30 stucked well to the furnace walls but its life time was lower due to lower refractoriness, and consumption of this mix per one furnace campaign was double in comparison with the mix Ankergun OW 70.

But mix Mahromitpatsch was satisfactory used in gunning of the open-hearth furnace in Jesenice Ironworks.

Lining of the electric arc furnace walls by magnesite bricks Veitsch enabled life time of 89 batches if intensive gunning of the furnace walls was used. Taking in account higher purchase price of the bricks, increased cost due to higher consumption of gunning mixes lining with these bricks has no advantage from the profitability viewpoint in comparison with the dolomite lining (doloblocks, manufacturer Dolomite-Franchi, Italy) in the present quality program.

Lining of the electric arc furnace walls with the test block composed of Radex bricks combined by Magnohrom magnesite bricks did not give positive results. Test should be continued so that the whole wall was lined by the bricks of the first manufacturer.

Lining of the electric arc furnace walls by tar bonded dolomite blocks from Silika, Gostivar did not give positive results.

Comparison of the dehydratization rate of Silika and Dolomite-Franchi doloblocks gave nearly identical decomposition of samples of both materials but higher life time of Dolomite-Franchi doloblocks is probably due to better chemical bonding of the blocks or due to technology of manufacturing.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью чтобы повысить выносимость огнеупорной футеровки электродуговых печей в электро-сталеплавильном заводе Jesenice велись в г. 1971—1972 целый ряд исследований.

Так как футеровка электродуговых печей состоит из смоло-доломитного кирпича, то, чтобы улучшить выносимость футеровки приступили к торкретированию агрегатов с разными массами, а более напряженные части заменяли с материалом лучшей выносимости на базе магнезита. Употребляли следующий огнеупорный материал: массы для торкретирования фирм: масса Ankergun OW 70, «Veitsch», Австрия; масса Termotorkret MGF 8 фирмы «Vatrostalna», Югославия; масса для торкретирования Mahromitpatsch 30, фирмы «Magnohrom» Kraljevo, Югославия; магнезитный кирпич фирмы «Radenthain», Австрия; смоло-доломитные блоки, фирмы «Silika», Gostivar, Югославия.

Самые лучшие результаты, что касается повышения выносимости футеровки электродуговых печей, получили с массой Ankergun OW 70. При 50 т электродуговой печи конструкции ASEA выносимость в среднем 62 плавков повысилась на 85 плавков. При 60 т печи Lektromelt повышение в среднем было даже 100 плавков. Опыты торкретирования с массой Termotorkret MGF 8 ещё не закончены; но, несмотря на это, установлено, что масса сама собой удовлетворяет; также успешно выполняется замаска стен печи с этой массой. Менее успешно получены результаты с массой Mahromitpatsch 30. Замаска стен с этой массой была успешна, но, вследствие плохой огнеупорности расход массы при одной кампании плавков превзошёл расход массы Ankergun OW 70 в два раза.

Нужно отметить, что масса для торкретирования марки Mahromitpatsch дала весьма хорошие результаты применением при SM-печи.

Футеровка стен электродуговых печей с магнезитным кирпичем фирмы «Veitsch» дала в результате выносимость печи с 89 плавков, но лишь после весьма усиленного торкретирования стен печи. Взявши в расчёт высокую закупную цену этого кирпича, а также повышение расходов вследствие повышенного потребления массы, футеровка с этим сортом кирпича с экономической точки зрения не имеет преимуществ перед доломитной футеровкой с кирпичем фирмы «Dolomite-Franchi», Италия.

Кладка электродуговых печей при комбинации кирпичей «Radex», фирмы Radenthain с магнезитными кирпичами фирмы «Magnohrom», Kraljevo, не дала положительных результатов. Но опыты с кирпичами фирмы Magnohrom надо продолжить, таким образом, что обложить все стены печи только с этой обкладкой.

Футеровка стен электродуговых печей с смоло-доломитными блоками фирмы «Silika», Gostivar, не дала положительных результатов.

При сравнении степени гидротизации этих кирпичей с доломитными блоками фирмы «Dolomite-Franchi», оказалось, что процесс разрушения образцов происходит приблизительно одинаково. Причина лучшей выносимости доломитных блоков итальянской фирмы лежит возможно в хорошей химической связи их составной массы и в технологии их приготовления.