

Laboratorijske študije možnosti briketiranja samohodnega vložka za proizvodnjo FeSi 75

UDK: 669.15-198:669.782
ASM/SLA: B16d, ADr30

Janez Wohinz

Neizkoriščeno odpadno vrsto kremenovega peska velikosti 5 do 15 mm želimo uporabiti kot glavno sestavino izdelanih samohodnih briketov. Opisan je samo način briketiranja samohodnega vložka, kjer vsebujejo briketi poleg kremenovega peska še reducent in potrebno količino škaja. Poskuse briketiranja smo naredili na laboratorijski preši. Analizirane so mehanske trdnosti zelenih in utrjenih briketov in določene termostabilne lastnosti briketov, dobljenih v posameznih poskusih.

Pozitivna rešitev problema briketiranja teh, do sedaj neuporabljenih vrst kremenovega peska, bo izboljšala produktivnost, rešila problem izkoriščanja zavržene surovinske baze, dala vložke enakomerne velikosti in kemične sestave, poenostavila obratovanje in pripomogla k večji storilnosti.

I. UVOD IN OSNOVE BRIKETIRANJA

Tovarna dušika Ruše uporablja za izdelavo FeSi 75 % zlitine poleg ostalih kot glavno surovino kremenov pesek iz Puconcev, velikosti zrn nad 20 mm. Vrsta 5 do 15 mm je odpadna surovina, ki je ne morejo uporabljati niti metalurgi niti gradbeniki. Ker je ta vrsta kremenovega peska tako po kemični sestavi kot po fizikalnih lastnostih enaka bolj grobim vrstam in ne vsebuje nikakih škodljivih primesi (gline), sta TDR kot tudi peskokop v Puconcih zelo zavzeta koristno uporabljati tudi ta, do sedaj zavržen pesek, v metalurške namene.

Prvotna raziskava je imela namen ugotoviti najboljši način in pogoje izdelovanja dovolj trdnih briketov, ki naj bi jih stiskali samo iz kremenovega peska na pod 5 mm zdrobljene odpadne vrste 5 do 15 mm in z dodatkom ustreznega veziva. Izdelane brikete bi kot dovolj trden aglomeriran vložek enake sestave in velikosti šaržirali v elektropeč in na ta način porabili zaloge še neizkoriščene surovine.¹

Izdelani poskusi so dokazali, da se iz samega kremenovega peska in dodanih različnih veziv ne dajo izdelati termostabilni briketi. Njihovih mehanskih trdnosti ne moremo izboljšati niti s povečanimi količinami dodanih veziv niti z močnejšimi pritiski stiskanja. Te ugotovitve so nas napotile k drugačni metodi raziskave.

Poleg kremenovega peska se pri proizvodnji FeSi zlitine uporabljata še dve surovini, in sicer redukcijsko sredstvo in dodatek železove surovine. Če ti dve surovini, zmleti na enako velikost zrn, kot jo ima kremenov pesek, pomešamo z njim, lahko ob dodatku ustreznega veziva in vode izdelamo samohodne brikete. Pri pravilni izbiri veziva in pri optimalnem pritisku prešanja dobimo zelene brikete, ki jim v fazi utrjevanja (300°C) močno izboljšamo mehanske trdnosti. Take brikete bi v elektropeči pri nizkih temperaturah spajalo vezivo, pri višjih temperaturah (nad 1000°C Celzija) pa bi dodano redukcijsko sredstvo z naknadno tvorjenim koksnim skeletom dajalo briketom tako visoke trdnosti, da bi vzdržali vse faze segrevanja do taljenja in termokemičnih pretvorb v FeSi zlitino.

Osnove briketiranja in mehanizmi vezave

Pod pojmom briketiranja ali vezave briketov razumemo strjevanje oziroma zgoščevanje razsute snovi v ustreznem modelu s pomočjo stiskanja^{2,3}. Stisnjena snov je mešanica različno velikih delcev, ki jih pri briketiranju spremenimo v želeno novo obliko. Če zdrobljeno snov, ki jo sestavljajo zrna, velikosti npr. od 0 do 5 mm, spravimo v oblikovano formo in jih stisnemo, zmanjšamo s tem volumen te snovi toliko, kolikor potisnemo bat v model. Volumen med delci prisotnih por, ki predstavljajo prazen prostor, postaja vse manjši, dokler postopoma iz njih ne odstranimo vsega zraka. S komprimiranjem delcev je gostota prešanca vedno večja. Površine posameznih zrn se pri stiskanju čedalje bolj zblížujejo in postanejo na koncu tako stisnjene, da začno med delci delovati vezivne sile.

Poznamo dve vrsti vezivnih sil, ki delujejo v briketih:

1. molekularne sile, ki izhajajo iz površine zrn in jim pravimo tudi Van der Waalsove sile ali zaostale valenčne sile;

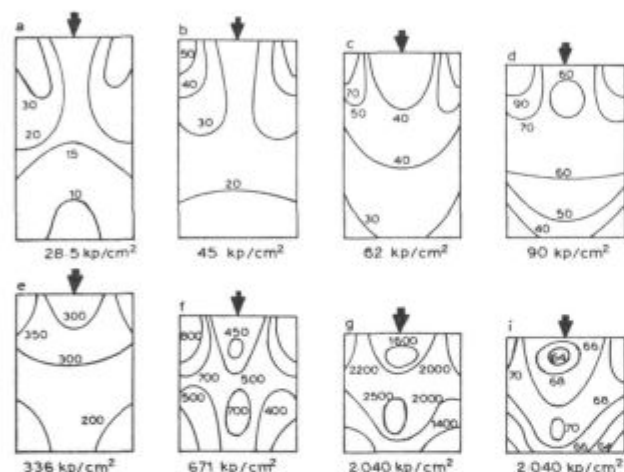
2. lepilne ali vezivne sile, ki jih ustvarijo filmi veziva. Tvorjena tanka lepilna površina obda zrna in drži skupaj stisnjene delce.

V prvem primeru govorimo o briketiranju brez dodatka, v drugem pa o briketiranju z dodatkom veziva. Pri prvem načinu briketiranja so zrna med seboj speta s privlačnimi silami, pri drugem načinu pa se zrna med seboj zlepijo. Iz tega sledi, da potrebujemo pri briketiranju brez dodatka ve-

ziva precej višje pritiske na stiskalnici — najmanj 600 kp/cm², medtem ko zadostujejo pri briketiranju z dodatkom veziv že pritiski od 150 do 300 kp/cm². Med procesom stiskanja nastopajo v notranjosti briketov zaradi različnih pogojev in sil stiskanja različni pritiski. Če stiskamo neko snov primerne trdote v cilindričnem modelu pri različnih pritiskih, potekajo notranje sile v briketu tako, kot jih kaže slika 1.

Krivulje enakih pritiskov imenujemo izobare. Pri spremembi zunanjih pritiskov nastopi vedno v briketu drugačna razporeditev notranjih pritiskov. Najvišje vrednosti so v bližini kontaktnih mest bata, ki pritiska na briket in mu večja gostoto.

Matematični odnos med pritiskom stiskanja in zgoščevanjem prikazuje spodnja enačba:



Slika 1

Potek izobar v briketih stisnjenih pod različnimi pritiski

Fig. 1

Isobars in the briquettes pressed at various pressures.

$$\log p = C \frac{V}{V_t} + K$$

kar pomeni:

p = pritisk stiskanja

V = volumen snovi pred stiskanjem

V_t = volumen briкета brez por po stiskanju

C, K = konstanti, odvisni od snovi briketiranja

Posledica stiskanja je naraščanje trdnosti v briketu. Ta narašča z večanjem zgoščevanja, oziroma z večanjem pritiska. Trdnosti v briketu določamo z meritvami na pritisk, na upogib, na obrabno odpornost in na pad.

II. SUROVINE IN NAČIN RAZISKOVANJA

1. Uporabljene surovine pri briketiranju

Osnovne surovine, ki smo jih uporabljali v poskusih briketiranja, so bile odpadna vrsta kremenovega peska Puconci, črni premog kot redukcijsko sredstvo in škaja kot železova surovina. Vse

tri uporabljene surovine smo predhodno zdrobili na velikost zrn od 0 do 5 mm. Konstantna stehiometrična zmes vseh treh surovin nam je služila kot vložek za briketiranje. Poleg teh treh surovin smo dodajali pred briketiranjem v zmes še ustrezno vezivo (do 4 ut. %) na potrebno količino vode (6 ut. %).⁴ V tabeli 1 navajamo granulacijske sestave uporabljenih surovin.

Tabela 1: Granulacijske analize kremenovega peska, redukcijskih sredstev in škaje

Klasa mm		Kremenov pesek	Črni premog	Petrolkoks*	Škaja
		Utežni odstotek			
+ 3	— 5	18,7	12,3	7,1	11,8
+ 1	— 3	41,2	28,6	23,6	22,8
+ 0,5	— 1	13,1	14,1	16,4	12,9
+ 0,2	— 0,5	13,6	19,2	23,3	20,8
+ 0,1	— 0,2	5,1	7,7	10,0	11,9
+ 0,063	— 0,1	3,2	5,4	7,0	7,6
+ 0,040	— 0,063	1,7	3,3	5,0	4,1
— 0,040		3,4	9,4	7,6	8,1
Skupaj		100,0	100,0	100,0	100,0

* S petrolkoksom so izdelani samo informativno primerjalni poskusi.

Iz granulacijskih analiz vidimo, da je v vseh uporabljenih surovinah količinsko največ vrst + 1 do — 3 mm. Posebno velika količina te vrste v kremenovem pesku ni kvarila mehanskih lastnosti pozneje izdelanih briketov. Trdnosti briketov, ki so bili izdelani iz finejših vrst kremenovega peska, npr. od 0 do 3 mm, ali pa ob povečanem dodatku vrste 0 do 0,3 mm so bile precej slabše od tistih, v katerih so bila zrna do 5 mm in so briketi pokali po osnovnicam vzporednih ploskvah.

Kemične analize redukcijskih surovin in škaje so prikazane v tabelah 2 in 3.

Uporabljeno redukcijsko surovino — črni premog — smo dodajali zdrobljeno v zmes kar v naradni obliki, brez predhodnega koksiranja.⁵ S tem smo proces skrajšali za eno fazo. Kljub višji vsebnosti pepela v premogu (12,14 %), kot pa ga vsebuje petrolkoks (0,31 %), niso zato na 1000°C žgani briketi kazali nič slabših fizikalnih lastnosti. Ker je cena črnega premoga nižja od cene petrolkoksa, smo večino poskusov opravili samo s črnim premogom.

Razen škaje bi lahko uporabljali tudi staro železo ali pa kakšno visokoprocentno železovo rudo, ki vsebuje nizek procent fosforja in žvepla. Pri izbiri te surovine moramo biti zelo previdni, ker prehajajo vse prisotne nečistoče v končni produkt.

Poleg prej omenjenih surovin spadajo pri proizvodnji samohodnih briketov med dodatke tudi uporabljena in dodana veziva. V informativnih poskusih stiskanja samohodnih briketov smo upo-

Tabela 2: Kemične analize redukcijskih surovin

Redukcijske surovine	Vlaga	Hlapne snovi	Pepel	C _{fix}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃
	%										
Petrol koks	0,58	10,86	0,31	88,25	45,26	6,45	21,75	6,66	5,32	1,21	—
Črni premog	2,38	32,76	12,14	52,72	12,17	12,89	57,08	5,82	1,74	0,57	8,64

Tabela 3: Kemična analiza škaje

Železova surovina	FeO	Fe ₂ O ₃	Fe _{tot}	MnO	P ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
	%								
Škaja	56,75	40,84	72,70	0,54	0,13	0,44	0,11	0,11	0,04

rabljali naslednja veziva: dekstrin, vodno steklo, sulfitno lužino pinotan, keradur in melaso. Od naštetih veziv smo končno kot najbolj uporabni in ustrezni izbrali dve vezivi — pinotan in vodno steklo.

Ostalih omenjenih veziv ne smemo prezreti, vendar ne pridejo v poštev zaradi neustrezne kemične sestave oziroma previsoke cene.

Sulfitna lužina je odpadni produkt pri proizvodnji sulfitne celuloze, posušeni lignosulfonati na bazi sulfitne lužnice s sladkorjem so pa pinotani. Oba produkta izdeluje tovarna celuloze v Medvodah.

Vodno steklo ali natrijev silikat nastaja pri taljenju kremenca s sodo. Natrijev silikat se tali pri 1088°C in je zelo lahko topen v vodi. Uporabljali smo 36 % Na₂SiO₃ z gostoto 1,34 g/cm³.

2. Opis eksperimentalnega dela in uporabljenih poskusnih naprav

Iz osnovnih surovin pripravljene zmlatke smo v konstantnem utežnem razmerju 66,0 % kremenovega peska : 21,4 % črnega premoga : 12,6 % škaje zmešali v homogeno zmes. V to smo dodajali različne količine prej naštetih veziv in optimalno količino vode. Tako pripravljeno mešanico potrebnih komponent smo v enakih, predhodno stehtanih količinah stresali v model in pri enakih pritiskih dobili brikete enakih višin 45 mm in enakih premerov 50 mm.

Brikete smo stiskali z ročno hidravlično laboratorijsko prešo, na kateri lahko dosežemo pritisk od 0 do 500 atm. Vse poskuse briketiranja smo izvršili s hladnim vložkom in v istem modelu premera 50 mm. Brikete smo stiskali pri različnih pritiskih od 50 do 300 atm, vendar največkrat pri pritiskih med 200 do 300 atm.

Izdelanim briketom, bodisi zelenim, utrjenim ali žganim, smo izmerili mehanske trdnosti na Amslerjevi 30-tonski stiskalnici, ki jo lahko poljubno priredimo za meritve nizkih, srednjih in visokih pritiskov. Na dobljene rezultate meritev mehanskih trdnosti briketov vplivajo poleg ostalih faktorjev (granulacija, vlaga, vezivo itd.) tudi

hitrost stiskanja, ki se lahko spreminja od $v = 1,8 \text{ kp/cm}^2 \cdot \text{s}$ do $20 \text{ kp/cm}^2 \cdot \text{s}$. Poskusi so pokazali, da pod enakimi pogoji izdelani briketi kažejo različne mehanske trdnosti, odvisno od hitrosti stiskanja pri merjenju. Tako kažejo briketi pri zelo počasnem stiskanju $v = 0,125$ do $0,5 \text{ kp/cm}^2$ trdnosti med 32,8 do 33,1 kp/cm^2 , medtem ko enaki briketi pri zelo hitrem stiskanju $v = 3$ do $20 \text{ kp/cm}^2 \cdot \text{s}$ kažejo navidežno največje mehanske trdnosti do 39,27 kp/cm^2 .

Briketi, stisnjeni pri počasnem merjenju, samo razpokajo, medtem ko oni, ki jih hitro stisnemo takoj, razpadejo v drobne komade. Ker za tak material, kakršnega predstavljajo samohodni briketi, pri stiskanju in preizkušanju mehanskih trdnosti ni znan standard, smo izbrali kot najprimernejšo brzino srednje hitro stiskanje, tj. $2,0 \text{ kp/cm}^2 \cdot \text{s}$. Tega normativa smo se držali pri vseh naslednjih meritvah.

Naslednja naprava, ki nam je služila za ugotavljanje termostabilnosti izdelanih in pri višjih temperaturah žganih samohodnih briketov, je bila uporovna grafitna peč. Izdelan briket lahko v njej žgemo pri različnih temperaturah do 1750°C, s pritiski, ki jih lahko spreminjamo od 0 do 2 kp/cm^2 . Manjša krčenja registrira kazalo na uri, večja pa imajo za posledico porušitev (razpad briketa).

S poskusi v uporovni peči smo dokazali, da pravilno izdelani samohodni briketi vzdržijo pritiske, ki so večji, kot jih bodo morali vzdržati v nizko jaškati peči, preden se bodo stalili.

III. REZULTATI RAZISKAV

1. Rezultati serije I. — zeleni briketi

Kot dobre in v praksi uporabne zelene brikete lahko upoštevamo take, ki pri optimalnem stiskanju postanejo toliko trdni, da v fazi izpadanja iz modela ne pokajo, oziroma razpadajo. Če kažejo laboratorijsko izdelani zeleni briketi tako zadovoljive trdnosti, potem lahko pričakujemo, da bodo tudi v industrijski praksi zeleni briketi vzdržali

Tabela 4: Mehanske trdnosti različnih samohodnih zelenih briketov

Sestava ut. %	Dodano vezivo ut. %	Stisnjeni pri atm	Trdnosti zelenih briketov kp/cm^2	Opomba
Vodno steklo				
66 % krem. peska 21,4 % č. premoga 12,6 % škaje	1 %	200	2,85	Vsi briketi izdelani iz vrste 0—5 mm
		250	3,75	
		300	3,95	
	2 %	200	3,27	
		250	4,33	
		300	—	
	3 %	200	3,4	
		250	4,1	
		300	4,26	
	pinotan 3 %	50	0,468	
		100	0,714	
		200	1,53	
	4 %	300	2,29	
		50	1,53	
		100	2,80	
		200	4,80	
		300	6,60	

padce s preše na transportni trak. Z naknadnim potrebnim segrevanjem lahko trdnosti zelenih briketov precej povečamo.

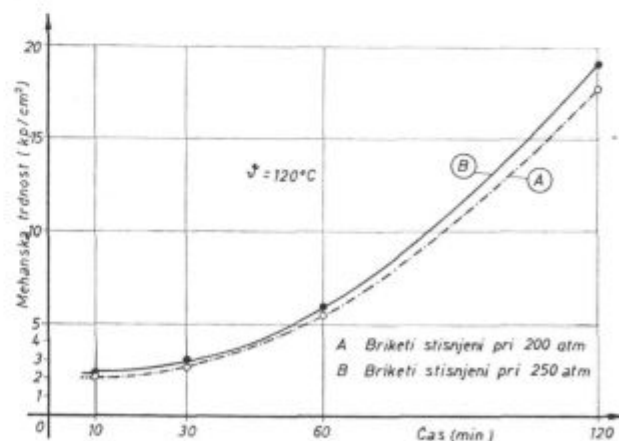
Za primerjavo mehanskih trdnosti zelenih briketov, izdelanih iz dveh različnih veziv — vodno steklo in pinotan — ob standardni sestavi ostalih surovin, smo izdelali pri različnih pritiskih stiskanja serijo briketov in jim takoj po stiskanju izmerili mehanske trdnosti. Rezultate podajamo v tabeli 4.

Poskusi kažejo, da trdnosti zelenih briketov naraščajo z večanjem dodanega veziva kot tudi z višanjem pritiskov stiskanja do faze, ko zmanjšamo volumen por na minimum. Ko dosežejo notranji pritiski maksimum, se mehanske trdnosti slabšajo in zeleni briketi začno pokati. Potreben je optimalen pritisk, da se zeleni briketi zaradi nizkih mehanskih trdnosti pri nadaljnjih fazah dela preveč ne drobijo. V našem primeru, ko velikosti briketov nismo spreminjali, menimo, da je ta med 200 atm do 300 atm.

2. Rezultati serije II — pri 120° C sušeni briketi

V seriji II so opisani poskusi utrjevanja zelenih briketov pri temperaturi 120° C in iskanja optimalno potrebnega časa za dosego čim boljših mehanskih trdnosti. Izbrana temperatura 120° C naj bi pripomogla samo toliko, da bi iz zelenih briketov izhlapela voda, ki v primeru najmanjšega pri-

tiska močno zmanjšuje trdnosti zelenih briketov. Pričakovali smo, da se bodo mehanske trdnosti z nižanjem vlage občutno izboljšale, česar pa praksa ni potrdila. Posebno to velja za kratke čase sušenja, npr. 10 min, 30 min. Zadovoljive mehanske trdnosti dosežemo šele po 2 urah (19,12 kp/cm^2), maksimalne pa po 24 urah (36,1—38,2 kp/cm^2). Rezultate prikazujemo v tabeli 5.



Slika 2
Mehanske trdnosti samohodnih briketov sušenih pri 120° C v odvisnosti od časa

Fig. 2
Mechanical properties of self fluxing briquettes dried at 120° C depending on time.

Tabela 5: Mehanske trdnosti pri 120° C sušenih samohodnih briketih

Sestava ut. %	Briketi stisnjeni pri atm	Čas sušenja pri 120° C	Trdnosti sušenih briketov kp/cm ²	Opomba
	200	10 min	2,6	Vsi briketi izdelani iz vrste 0—5 mm
	250		2,75	
66 % krem. peska	200	30 min	2,70	
21,4 % č.premoga	250		3,16	
12,6 % škaje	200	60 min	5,25	
+3 % vod. st.	250		5,70	
	200	120 min	17,9	
	250		19,12	
	200	24 ur	36,1	
	250		38,2	

Iz tabele 5, še bolje pa iz slike 2 vidimo, da mehanske trdnosti sušenih briketov na 120° C v časovnem intervalu od 10 do 60 min. narastejo malenkostno. V začetku poteka proces samo na površini in se briket zelo počasi suši proti notranjosti. Kdaj doseže briket pri tej temperaturi minimalno možno vlago, nismo zasledovali, ker je temperatura 120° C očitno za utrjevanje briketov prenizka. Praktično jih ne bi mogli pri tej temperaturi osušiti in utrditi na nobenem, še tako počasi premikajočem se traku.

3. Rezultati serije III — pri 300° C utrjeni briketi

Z namenom, da pospešimo naraščanje trdnosti samohodnih briketov, smo v naslednji seriji izbrali za sušenje in utrjevanje višjo temperaturo. Pri temperaturi 300° C izhlapi iz briketa hitreje vsa voda in žveplo. Premog v briketu še nič ne menja svoje sestave glede na hlapnost v njem prisotnih ogljikovodikov in ostalih katranskih olj. Hitreje se v briketih spremenijo le mehanske lastnosti in

ti postanejo pri tej temperaturi že dovolj trdni in sposobni nadaljnjih mehanskih postopkov.

Rezultate mehanskih trdnosti briketov, utrjenih pri 300° C in izdelanih z dodatkom dveh različnih veziv, tj. vodno steklo in pinotan, prikazujemo v tabelah 6 in 7.

Rezultate v tabelah 6 in 7 prikazujemo grafično v sliki 3. Vse štiri krivulje smo prikazali v eni sliki zato, da nazorno prikažemo razliko med briketi, vezanimi z vodnim steklom, oziroma pinotanom.

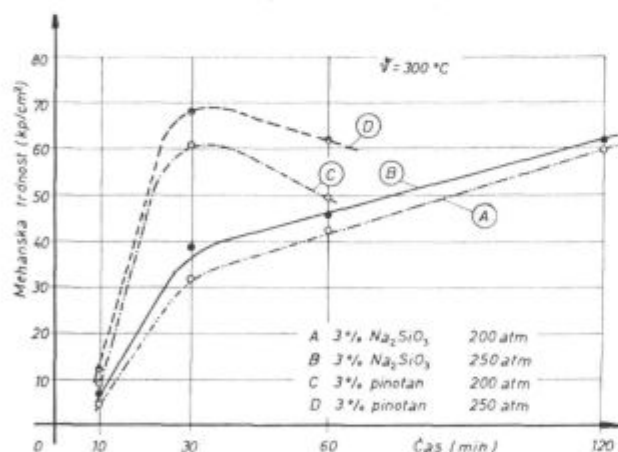
Trdnosti briketov, izdelanih z dodatkom vodnega stekla, z daljšanjem utrjevanja naraščajo, medtem ko trdnosti briketov z dodatkom pinotana dosežejo najboljše trdnosti že po 30 minutah, nakar se začno manjšati. Podoben potek krivulje opazimo tudi pri briketih, izdelanih z 2 % ali 4 % dodatkom pinotana. Iz tega zaključujemo, da je čas utrjevanja 30 min. za brikete s pinotanom maksimalen, ker po daljšem času pri tej temperaturi ta že delno zgori, pri čemer se začno manjšati briketom mehanske trdnosti.

Tabela 6: Mehanske trdnosti pri 300° C utrjenih briketov — vezivo vodno steklo

Sestava ut. %	Briketi stisnjeni pri atm	Čas utrjevanja min	Trdnosti utrjenih briketov kp/cm ²	Opombe
	200	10	5,6	Vsi briketi izdelani iz vrste 0—5 mm
	250		7,4	
66 % krem. p.	200	30	32,6	
21,4 % č.prem.	250		38,9	
12,6 % škaje	200	60	42,7	
+3 % vod. st.	250		45,5	
	200	120	60,8	
	250		62,7	

Tabela 7: Mehanske trdnosti pri 300°C utrjenih briketov — vezivo pinotan

Sestava ut. %	Vezivo pinotan ut. %	Briketi stisnjeni pri atm	Čas utrjevanja min	Trdnost utrjenih briketov kp/cm ²
66 % krem. p. 21,4 % č. prem. 12,6 % škaje	2	200	10	9,07
		250		7,29
	2	200	30	46,65
		250		46,70
	2	200	60	37,70
		250		40,6
		300		35,5
	3	200	10	8,97
		250		12,75
	3	200	30	61,1
		250		68,8
	3	200	60	62,47
		250		49,52
	4	200	10	15,5
		250		23,2
	4	200	30	86,7
		250		95,5
	4	200	60	73,3
		250		80,6



Slika 3

Trdnosti utrjenih briketov pri 300°C odvisne od veziva in časa utrjevanja

Fig. 3

Strengths of consolidated briquettes at 300°C depending on the binding agent and time of consolidation.

4. Rezultati serije IV — poskusi termostabilnosti

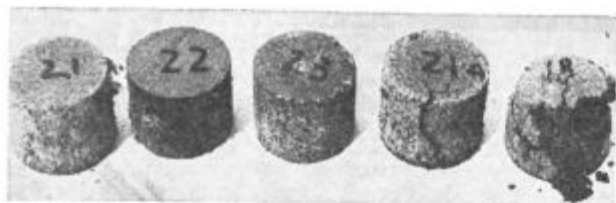
Poleg trdnosti, ki jo zeleni briketi morajo imeti v trenutku, ko padajo iz preše na transportni trak, in tiste, ki jo zahtevamo od utrjenih briketov,

da se med prevozom in prekladanjem ne zdrobijo, je odločilna še mehanska trdnost, ki jo morajo imeti briketi zaradi pritiskov pod lastno obremenitvijo in visokimi temperaturami po šaržiranju v elektropeč. Če teh trdnosti nimajo, pod pritiskom pri višjih temperaturah razpokajo in se zdrobijo v osnovne surovine finih granulacij, ki zaradi svoje prašne oblike zadušijo normalno delovanje peči. Koliko je briket trden in kako bo prenašal obremenitve, ki ga čakajo v elektropeči, nam pokažejo poskusi termostabilnosti, izdelani v uporovno grafitni peči v reduktivni atmosferi.

Poskuse lahko delimo v tri serije:

- a) pri pritisku 0,63 kp/cm² in temperaturah 680 in 1200°C,
- b) pri pritisku 1,00 kp/cm² in temperaturah 800, 1000, 1200 in 1400°C,
- c) pri pritisku 2,00 kp/cm² in temperaturah 1000, 1100, 1300 in 1500°C.

a) V prvi seriji smo izdelali brikete z dodatkom različnih posameznih in kombiniranih veziv. Nižjo in višjo temperaturo smo izbrali zato, ker v peči nimamo možnosti istočasno spreminjati pritiska bata in temperature. V sliki 4 prikazujemo brikete po žganju. Od različnih vrst, izdelanih pod pogoji, kot so zgoraj označeni, in pri 680°C in 1200°C žganih briketov so ohranili po žganju najboljši videz in ustrezno trdnost briketi št. 22 (vod-



Slika 4

Izgled briketov po žganju izdelanih z dodatkom različnih veziv

Fig. 4

Appearance of briquettes after firing, using various binding agents.

no steklo), 21 (keradur) in 23 (pinotan). Briketa 21 A (keradur-dekstrin) in 18 (dekstrin) sta pod obtežitvijo na obeh temperaturah razpokala ali se sesula. Na osnovi teh poskusov smo izločili slaba veziva in se odločili, da v naslednjih poskusih uporabljamo samo pinotan. Briketi, izdelani z dodatkom vodnega stekla, niso bili problematični niti glede obtežitve niti temperature žganja. Vprašljivi so pa še danes, kar zadeva obnašanje hlapnega natrija in njegove vsebnosti v končnem produktu.

b) V naslednji seriji smo ugotavljali termostabilne lastnosti minimalno utrjenih samohodnih briketov — 10 min. pri 300°C z dodatkom pinotana (krivulja C sl. 3). Nižji pritisk stiskanja in minimalno trdnost utrjenih briketov smo izbrali namenoma zato, da smo poskus naredili v slabših pogojih. Pri različnih delovnih temperaturah (800 , 1000 , 1200 , 1400°C) smo žgali brikete pod konstantnim pritiskom 1 kp/cm^2 . Vsi briketi so z rahlimi deformacijami prestali pritiske pri visokih temperaturah, vendar so nekoliko slabši kot oni, ki smo jih vezali z vodnim steklom.

c) Samohodne brikete smo izdelali pod najboljšimi pogoji in jih vezali s 3 % dodatka pinotana. Izdelani zeleni in naknadno pri 300°C v času 30 minut utrjeni briketi, kažejo maksimalne mehanske trdnosti med $61,1$ – $68,8\text{ kp/cm}^2$. Tako utrjene brikete smo pod maksimalnim pritiskom 2 kp/cm^2 v uporovni grafitni peči žgali po 30 min. na različnih temperaturah, in to od 1000°C do 1500°C . Slika 5 prikazuje brikete po žganju.

Vsi briketi so ostali celi in skoraj nespremenjeni. Rahlo deformacijo opazimo edino na robovih,

ki so pri briketih vezanih s pinotanom, nekoliko bolj krušljivi kot oni, ki so vezani z vodnim steklom. Višina briketa se je pri maksimalni obtežitvi zmanjšala za okoli 5 do 6 %.

IV. SKLEPI

Z opisanimi opravljenimi poskusi lahko povzamemo sklepe, ki so za izdelavo samohodnih briketov pri praktični proizvodnji bistveno važni:

a) Za dobre in po mehanskih trdnostih dovolj trdne brikete morajo imeti osnovne surovine optimalno granulacijsko sestavo v mejah zrnatosti med 0 do 5 mm. Dodatek fine vrste znižuje briketom trdnost.

b) Optimalna kvaliteta briketov je odvisna od pravilno izbrane vlage. Najboljše brikete dobimo pri okoli 6 % dodatku vode s trdnostjo $73,38\text{ kp/cm}^2$. Samo za 1 % povečana vlaga zmanjša istim briketom trdnost za več kot 50 %.

c) Dimenzijam opisanih briketov ustreza optimalen pritisk med 250 in 300 atm . Pri briketih, izdelanih iz pravilne granulacijske sestave, krivulja mehanskih trdnosti počasi narašča, medtem ko pri finih vrstah že pri teh pritiskih pada.

d) Zelenim briketom ne moremo dovolj povečati mehanskih trdnosti samo s sušenjem pri 120°C Celzija, ampak jih je potrebno utrjevati vsaj 20 do 30 minut na temperaturi 300°C . Višja temperatura in daljši čas nista priporočljiva pri briketih iz pinotana, ker začneta odgorevati vezivo in premog.

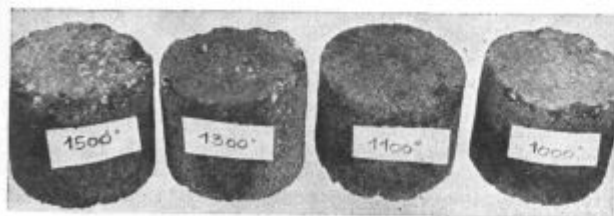
e) Od uspešnih poskusov termostabilnosti je bil odvisen končni rezultat vsega dela. Od vseh uporabljenih veziv sta dala najboljše brikete vodno steklo in pinotan. Ti briketi so prenesli v uporovno grafitni peči maksimalne pritiske (2 kp/cm^2) in najvišje temperature (1500°C).

f) Izdelani poskusi in dobljeni parametri dajejo dovolj zadovoljivih rezultatov, na osnovi katerih bi lahko izdelali polindustrijsko večjo količino samohodnih briketov, ki bi služili za nadaljno metalurško izdelavo FeSi 75 % zlitine.

Avtor se najlepše zahvaljuje Tovarni dušika Ruše in Skladu Borisa Kidriča, ki sta s finančno podporo omogočila izvedbo tega dela.

Literatura

1. J. Wohinz: Poročilo Metalurškega inštituta v Ljubljani, 329, december 1974
2. H. Schubert, Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe, VEB Deutsches Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig 1972
3. K. Kegel/E. Rammner, Briketieren für Bergleute und Aufbereiter, Bergakademie Freiberg Fernstudium 1957
4. J. Neuhäuser, Laborversuche zur Herstellung von Monomöller Briketts für hochprozentiges FeSi Neue Hütte 13. Jg. Heft 6, 1968
5. P. Dillmann, Briketieren und Verkoken von Xylit. Freiburger forsch. II. Reihe A 355, 1965



Slika 5

Izgled briketov po žganju v uporovni peči pri različnih temperaturah (pinotan)

Fig. 5

Appearance of briquettes after firing in electric resistance furnace at various temperatures (pinotane).

ZUSAMMENFASSUNG

Eine aplikative Studie zur möglichen Anwendung des abfallenden Quarzsandes in der Körnung von 0 bis 5 mm zur Produktion von Briketten für die Erzeugung von 75 % Ferrosilizium ist gefertigt worden. Da das Brikettieren des reinen Quarzsandes keine positiven Ergebnisse gegeben hat, haben wir in weiteren Versuchen mit selbstgehenden Briketten gute Erfolge erzielt, so dass die Möglichkeit gegeben ist feste Brikette zu erzeugen, welche in der Produktion des Ferrosiliziums Anwendung finden könnten.

Für gute und genügend feste Brikette müssen die Grundrohstoffe eine optimale Granulationszusammensetzung in den Grenzen von 0 bis 5 mm Körnung aufweisen. Ein zu grosser Anteil der feinen Fraktion des Quarzsandes von 0 bis 0,3 mm erniedrigt erheblich die Festigkeit der Briketten.

Die Qualität der Briketten ist von der richtig ausgewählter Feuchtigkeit und der zugegebenen Bindemittel abhängig. Die besten Brikette werden erzeugt bei einem Zusatz von 5 bis 7 % Wasser und 2 bis 5 % Bindemittel. Wenn solchen Briketten der Wasseranteil nur um 1 % erhöht wird, fällt die Festigkeit um 50 %. Ein erhöhter Bindemittel-zusatz ist nicht schädlich, jedoch werden die

Selbstkosten höher. Den Briketten mit 45 mm Höhe und 50 mm Durchmesser entspricht ein optimaler Druck zwischen 250 und 300 atm. Bei den Briketten der richtigen Granulations und stehiometrischen Zusammensetzung der Rohstoffe — Quarzsand, Steinkohle und Walzzunder — steigt langsam die Festigkeitskurve während bei den Briketten aus feineren Fraktionen die Festigkeit schon bei diesen Drücken fällt.

Den grünen Briketten kann die Festigkeit nur durch das Trocknen bei 120° C nicht genügend erhöht werden, es ist erforderlich diese 20 bis 30 Minuten bei 250 bis 300° C zu verfestigen. Eine höhere Temperatur und längere Zeit sind nicht empfehlbar bei den mit Pinotan gebundenen Briketten, da bei diesen Bedingungen das Bindemittel und die Steinkohle schon zu brennen beginnen. Von den erfolgreichen Versuchen der Thermostabilität war das Ergebnis der ganzen Arbeit abhängig. Auf Grund der mannigfaltigen laboratorischen Versuche haben von den verwendeten Bindemittel Pinotan und Wasserglas die besten Ergebnisse gegeben. Diese Briketten sind im Kohlen-griesswiderstandsofen den maximalen Drücken von 2 kg/cm² und den höchsten Temperaturen von 1500° C gut widerstanden.

SUMMARY

An applicative research was made in order to find the possibility of using waste quartz sand ground to fraction 0 to 5 mm for production of briquettes in manufacturing 75 % FeSi alloy. Since briquetting of quartz sand alone did not give positive results, further investigations were orientated towards self-fluxing briquettes which gave satisfactory results showing the possibility for manufacturing strong briquettes which can be practically used in manufacturing the mentioned ferro-alloy.

In order to obtain good and mechanically sufficient strong briquettes the basic raw materials must have optimal grain composition in the region between 0 and 5 mm. Too high amount of fine fraction of quartz sand between 0 and 0.3 mm considerably reduces the strength of briquettes.

Optimal quality of briquettes depends on the correctly chosen moisture content and amount of binding agents. The best briquettes were obtained with 5 to 7 % addition of water and with 2 to 5 % of binding agent. If moisture in such briquettes is increased only for 1 % the strength is

reduced for more than 50 %. Increased amount of binding agent is not harmful, only production costs are increased. Optimal pressure for briquettes 45 mm high and 50 mm in diameter was 250 to 300 atm. Curve of mechanical strength of briquettes made from the correct grain and stochiometric composition of raw materials — quartz sand, pit coal, and scale — slowly increases with the pressure while the curve for briquettes made of finer fractions turns at these pressures downwards.

Strength of green briquettes cannot be increased sufficiently only by drying at 120° C but they must be consolidated at least 20 to 30 minutes at 250 to 300° C. Higher temperature and longer times are not recommendable for briquettes bound by pirotane since the binding agent and pit coal needed as the reducing agent start to combust. Successful thermostability tests represent final result of the research. Based on many laboratory experiments the best results were obtained by pinotane and water glass as binding agents. These briquettes sustained in the resistance graphite furnace maximal pressures 2 kp/cm² and the highest temperature 1500° C.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализом работы дан итог исследований возможности применения отходного кварцевого песка измельченного на величину 0—5 мм для производства брикетов при продукции 75 % FeSi сплава. Так как брикетирование одного кварцевого песка не дало положительных результатов, приступили в последующих исследованиях к приготовлению самотечных брикетов с которыми получены хорошие результаты; оказалось что эти брикеты пригодны для производства 75 % FeSi сплава.

Чтобы получить брикеты с хорошей механической прочностью, необходимо чтобы гранулометрический состав зерен находился в границах между 0 до 5 мм. Слишком высокое содержание мелкой фракции величины зерен 0—0,3 мм существенно уменьшает прочность брикетов.

Оптимальное качество брикетов зависит от выбранного количества влаги и от добавленного вяжущего вещества. Самые лучшие брикеты получены при добавке 5—7 % воды и 2—5 % вяжущего вещества. Если увеличить содержание воды то у этих брикетов уменьшится прочность больше чем на 50 %. Увеличение содержания вяжущего вещества не вредно, но это увеличивает расходы производства. Брикетам высоты 45 мм и диаметра 50 мм отвечает

оптимальное давление т. е. сжатие 250 и 300 атм. При брикетах приготовленных с правильным гранулометрическим составом и стехиометрического состава сырья — кварцевый песок — каменный уголь и окалина — кривая механической прочности медленно подымается, между как приготовленные из песка грануляции мелких классов при этих давлениях падает. Механическую прочность зеленых брикетов не удастся повысить лишь сушением при 120° Ц, их необходимо подвергнуть упрочению в течение не менее 20—30 минут при темп-рах 250—300° Ц. Повышение этой темп-ры а также и времени отжига не рекомендуется при брикетах с пинотаном как связующим средством, так как начинается выгорание связующего средства и каменного угля, который додан как восстановительное средство. Конечный результат всей работы зависел от успеха опытов что касается тепловой устойчивости. На основании многочисленных лабораторных опытов с разными связующими средствами самые хорошие результаты получены с пинотаном и водяным стеклом. Эти брикеты выдержали в графитной печи на сопротивление (Kohlen-griesswiderstandsofen) 2 кг/см², т. е. максимальное возможное давление и максимальную температуру 1500° Ц.