

Možnosti izkoriščanja odpadnih surovin za potrebe metalurgije

UDK: 66q, 094.1:66q.054, 8
ASM/SLA: D8j B14

J. Wohinz, J. Lamut



Neizkoriščeno rdeče blato in odpadne piritne ogorke želimo uporabiti kot dve železonosni surovini za izdelavo utrjenih in metaliziranih peletov, ki bi jih lahko uporabili za nadaljne metalurške potrebe. Prikazan je način predredukcije rdečega blata v laboratorijski rotacijski peči in shema mokre magnetne separacije predreduciranega materiala na magnetnem separatorju »Jones«. Opisani so načini izdelave dvanajstih vrst zelenih peletov, dobljenih po mešanju magnetnega koncentrata in različnih količin piritnih ogorkov z raznimi vezivi ter redukcija vseh vrst peletov ob dodatku koksa pri temperaturi 1200°C. Prikazani so tudi mikro posnetki reduciranih in pretaljenih peletov.

UVOD

Pri razklopu boksita po Bayerjevem procesu nastaja kot odpaden produkt rdeče blato, ki predstavlja velik problem za vse tovarne, proizvajalce glinice^{1,2,3}. Tako leži samo pri nas v Kidričevem na odlagališču že več kot 1 milij. ton tega odpadka, ki se z vsakim letom poveča še za nadaljnjih 100.000 t. Količina nastalega rdečega blata je odvisna od vrste uporabljenega boksita in znaša 0,5—1,4 t na izdelano tono glinice⁴. Ta, zaradi prisotnega železovega oksida rdeče obarvan netopni ostanek, vsebuje poleg hematita še goethit in vse ostale sestavine boksita, ki so kot netopne snovi prisotne v rdečem blatu. Tako vsebuje rdeče blato poleg železa še aluminij, titan, absorbirani NaOH, torij, cirkonij, lantan, niob, itrij, uran in še nekatere druge elemente.

V raziskavi smo posebno pozornost posvetili železovim oksidom v rdečem blatu, katere bi želeli uporabiti za proizvodnjo grodlja ali jekla.

Od uporabljenih boksitov so v zadnjih letih prevladovali v TGA Kidričevo bosanski boksiti iz okolice Jajca in Barači. Količina teh uporabljenih boksitov je znašala okoli 60 ut. delov, ostalih 40 ut.

delov so predstavljali istrski boksiti iz okolice Rovinja.

Pri proizvodnji glinice predstavlja preostalo rdeče blato železonosno odpadno surovino, ki onesnažuje podtalnico v okolici odlagališča, saj vsebuje poleg blata še precejšnje količine natrijevega luga.

Druga surovina, ki smo jo uporabljali pri delu, je bil odpadni piritni ogorek iz cinkarne Celje. Do sedaj je v CC pri proizvodnji žveplene kisline ostajalo letno cca. 70.000 t piritnih ogorkov, ki jih danes vozijo na odlagališče v Žepino. Pri tem nastaja škoda na izgubljeni železovi substanci (cca. 57 % Fe), pa tudi ekološka škoda zaradi onesnaževanja okolja in voda v bližnji in daljni okolici.

Tako železova substanca, ki je prisotna v obeh odpadnih produktih, kot tudi omenjena ekološka škoda, ki jo oba odpadka povzročata, sta vzpodbudila iskati načine, kako uporabiti ta dva odpadna materiala v praksi. Koristna rešitev tega problema je v tem, kako pod optimalnimi ekonomskimi pogoji uporabe sekundarnih surovin pridobiti železo in rešiti sedanje področje onesnaževanja.

OPIS POIZKUSOV

1. Priprava surovin

Rdeče blato iz odlagališča v Kidričevem vsebuje, odvisno od vremenskih pogojev, lahko 35 do 40 % vlage, pri čemer je 5 do 12 % kemijsko vezane vode. Direktno surovega rdečega blata z mokro magnetno separacijo ne moremo uspešno obogatiti. Pri optimalno izbrani shemi magnetnega separiranja se z vključevanjem faze prečiščevanja primarnega koncentrata dvigne vsebnost železa od 22 % Fe na 32,5 %, oziroma 38,4 % Fe, vendar le pri nizkih izkoristkih, 5,2—12,7 ut. %. Na osnovi teh rezultatov je jasno, da zaradi prevelike izgube železa v jalovini (80,0 ut. %) ni uporabna ta separacijska metoda⁵.

Druga surovina, ki smo jo uporabljali v raziskavah, so piritni ogorki CC. Te smo izbrali zato, ker predstavljajo razmeroma bogato železonosno substanco, ki ima poleg visoke količine železa (lahko do 60 %) tudi primerno granulacijsko se-

J. Wohinz, dipl. ing. kemije, samostojni raziskovalec na Metalurškem inštitutu

Dr. J. Lamut, dipl. ing. metalurgije, docent na VTO montanistika

Tabela 1: Kemična analiza rdečega blata in piritnih ogorkov

Sestava	Vzorec rdečega blata % TGA Kidričevo	Piritni ogorek % Cinkarne Celje
Fe ₂ O ₃	31,84	82,22
Al ₂ O ₃	21,61	1,88
SiO ₂	11,40	7,05
TiO ₂	6,00	—
CaO	6,16	1,82
Na ₂ O	8,22	0,07
K ₂ O	0,092	0,09
S _{tot}	0,68	1,65
Zaroizguba	9,60	—

stavo. S predreduciranim in zmletim rdečim blatom dajejo zelo ugodno zmes s tako zrnatostjo, ki je potrebna za izdelavo kvalitetnih svežih peletov.

2. Predredukcija

Da bi se pri mokri magnetni separaciji iz surovega nepredelanega rdečega blata izognili visokim izgubam železove substance v jalovini, smo skušali spremeniti mineralno sestavo in magnetne lastnosti železovega oksida v rdečem blatu. Zato smo za nadaljnjo predelavo v prvi fazi mokro rdeče blato osušili in ga nato suhega zmleli na velikost zrn pod 300 mikronov. Na ta način pripravljeno suho surovino lahko reduciramo s trdim ali plinskim reducentom⁶. Redukcijo smo izvršili tako, da smo metalurški koks Lukavac, zrnatosti 0 do 3 mm, pomešali z rdečim blatom v razmerju 1:3 in ga ogrevali na 950°C. Pri tej temperaturi smo reducirali toliko časa, da je znašal skupen čas ogrevanja in redukcije 6 ur. Po tem postopku smo sukcesivno izdelali skoraj 30 kg predreduciranega materiala, ki nam je služil pozneje kot vložek za mokro magnetno separacijo. Ker je po redukciji

Tabela 2: Granulacijska sestava zmletega predreduciranega rdečega blata, pripravljenega za mokro magnetno separiranje

Zrnatost mm	Izkoristek v %		
	po vrsti zrnatosti	kumulativno podzrno	kumulativno nadzrno
+ 0,400	0,2	100,0	0,2
+ 0,300	8,1	99,8	8,3
+ 0,200	20,4	91,7	28,7
+ 0,125	17,9	71,3	46,6
+ 0,090	8,9	53,4	55,5
+ 0,060	6,2	44,5	61,7
+ 0,040	1,8	38,3	63,5
— 0,040	36,5	36,5	100,0

rdeče blato v grudah in tako za nadaljnje poskuse mokrega separiranja ne ustreza, smo ga zmleli v laboratorijskem paličnem mlinu in dobili zmlet produkt, katerega sejalna analiza je prikazana v tabeli 2, kemična analiza predreduciranega rdečega blata pa v tabeli 3.

Tabela 3: Kemična analiza predreduciranega rdečega blata

Sestavine v %			
Fe _{tot}	21,80	TiO ₂	5,17
Fe ⁺⁺	11,54	Al ₂ O ₃	16,84
Fe ⁺⁺⁺	0,21	S _{tot}	0,26
Fe _{kov}	10,05	CaO	3,36
SiO ₂	13,45	Na ₂ O	8,40
K ₂ O	0,14		

Iz vsebnosti Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺ in Fe_{kov} je izračunana stopnja redukcije R = 64,61 % in metalizacije M = 46,14 %. Rezultata kljub nizki vsebnosti čistega železa nista slaba. Treba je poudariti, da je rdeče blato iz TGA Kidričevo glede vsebnosti železa slaba surovina proti nekaterim vzorcem drugih tovarn glinice, kjer so vsebnosti železa med 38 do 42 % ali pa celo presegajo 50 %.

3. Mokra magnetna separacija in priprava mešanic

Da bi od dobljenega predreduciranega rdečega blata ločili čim več nepotrebne jalovine in s tem povišali vsebnost železa, posebno v magnetnem koncentratu 1, smo zmleto predreducirano rdeče blato separirali na mokrem magnetnem separatorju Jones⁷. Najbolj primerna pulpa, pri kateri nismo opazili zaostajanja magnetne komponente na ploščah, je bila izdelana v razmerju čvrsto : voda = 1 : 10. Gostejše pulpe niso dale dobrih rezultatov.

Skrajšano shemo magnetne separacije prikazujemo na sliki 1.

Mokre magnetne separacije smo izdelali pri različnih jakostih magnetnega polja, in to: 0,1 T, 0,6 T, 1,0 T; optimalne rezultate smo dosegli le pri 1,0 Tesle. Pri različnih jakostih magnetnega polja dobljene količine produktov prikazujemo v tabeli 4.

Poskusi so pokazali, da se dobe najboljši rezultati pri 1,0 T (5 A) in v dovolj redki pulpi. Posušene in združene produkte smo uporabili za kemično analizo in nadaljnje poskuse. Koncentrat 1 smo mešali v različnih razmerjih s piritnimi ogorki in iz teh zmesi izdelali razne vrste svežih peletov⁷. Ostala dva produkta bi lahko služila za hidrometalurške raziskave.

Kemično sestavo produktov magnetne separacije prikazuje tabela 5.

Tabela 4: Rezultati magnetne separacije pri različnih jakostih magnetnega polja

Produkti	Masni %					
	magnetno separirano pri					
	0,1 T	(0 A)	0,6 T	(2 A)	1,0 T	(5 A)
Koncentrat 1	4,68	(45,52 % Fe)	75,76	(27,15 % Fe)	76,27	(27,64 % Fe)
Koncentrat 2	70,71	—	4,41	—	4,44	—
Jalovina	24,61	—	19,83	—	19,29	—



Slika 1

Shema magnetne separacije predreduciranega rdečega blata

Fig. 1

Scheme of the magnetic separation of the prereduced red mud.

Tabela 5: Kemična analiza produktov magnetne separacije, izdelane pri 1,0 T

Sestavine	%		
	Koncentrat 1	Koncentrat 2	Jalovina
Fe _{tot}	24,78	15,01	12,28
SiO ₂	13,45	13,40	14,75
TiO ₂	5,00	5,73	5,07
Al ₂ O ₃	18,65	20,56	20,69
S _{tot}	0,28	0,23	0,12
CaO	3,92	3,91	3,92
Na ₂ O	7,30	7,60	8,60
K ₂ O	0,14	0,13	0,16

Pripravo mešanic za peletiranje smo izdelali iz piritnih ogorkov in magnetnega koncentrata 1. Odločili smo se za tri različne mešanice, pri kate-

rih je bilo razmerje piritni ogorki : koncentratu 1 1:3, 1:1 in 3:1. Poleg teh smo izdelali še serijo peletov, narejenih iz samega magnetnega koncentrata ob dodatku različnih veziv. Sejalna analiza vseh treh mešanic, pripravljenih za poskuse peletiranja, pokaže, da je frakcije pod 40 mikronov dovolj, da ob dodatku veziva dobimo trdne pelete. Nadalje vidimo, da se s povečano količino piritnih ogorkov groba in fina klasa manjšata. Odločilno vpliva na granulacijsko sestavo teh zmesi zmletek predreduciranega materiala.

PELETIRANJE

1. Lastnosti peletov

Vse poskuse peletiranja, izdelane v raziskavi, lahko delimo v dve grupi, in to:

- peleti, izdelani iz različnih mešanic
- peleti, izdelani iz samega magnetnega koncentrata.

Na peletirnem krožniku, premera 59 cm in višine robu 8 cm, smo iz pripravljenih zmesi izdelali pelete, katerim smo dodajali tri različna veziva, in to: bentonit, CaO in CaCl₂. Nagib krožnika je bil od 50 do 54°, število obratov pa 12 na minuto. Skupno smo izdelali 12 vrst zelenih peletov, od tega 9 vrst z dodatkom piritnih ogorkov, 3 vrste pa iz samega magnetnega koncentrata⁹.

Narejenim svežim peletom smo določili vlago, kemijsko sestavo in trdnostne lastnosti s padalnim preizkusom.

Vlažnost zelenih peletov je bila odvisna od vrste veziva in od količine dodanih piritnih ogorkov. Povprečna vsebnost vlage v zelenih peletih je bila 24,7 %.

Iz kemičnih analiz zelenih peletov je razvidno, da se z dodatkom piritnih ogorkov poveča vsebnost železa, medtem ko se vsebnosti ostalih elementov zmanjšujejo. Ne samo zaradi nizke vsebnosti železa, temveč tudi zaradi izboljšanja granulacijske sestave bo nujno dodajati v zmes z železom bolj bogate odpadne surovine.

Kar se tiče meritev mehanskih trdnosti zelenih peletov, opazimo, da le-te naraščajo z velikostjo premera in z večanjem deleža magnetnega koncentrata. (Od 0,290 kp/pelet do 3,92 kp/pelet.)

Precej se mehanske trdnosti povečajo, če pelete sušimo dalj časa v suhem prostoru, še bolje pa, če jih sušimo pri 110°C (od 1,64 kp/pel. do 52,80 kp/pel.).

Poleg teh smo izdelali meritve odpornosti peletov na temperaturni šok pri temperaturah 400°C, 600°C in 800°C. Razpad peletov smo opazili samo pri najvišji temperaturi pri dveh vrstah (PK-5 in PK-10), medtem ko je odstotek počenih pri temperaturi 800°C opazen pri petih vrstah (PK-1, PK-2, PK-4, PK-8, PK-10).

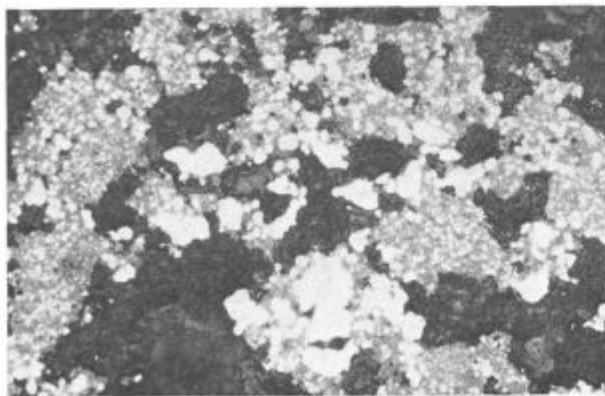
2. Redukcija peletov in mikroskopske preiskave

Poskuse nadaljnje redukcije in utrjevanja peletov smo izdelali v silitni peči. Pelete smo reducirali eno uro v grafitnih lončkih ob prisotnosti koksa. Reducirali smo vseh dvanajst vrst zelenih peletov.

Dobili smo utrjene in reducirane pelete, nekateri so bili celo sintrani. V odvisnosti od razmerja med vsebnostjo koncentrata 1 in piritnimi ogorki v peletih je odvisen tudi delež železa. Kovinskega železa je v metaliziranih peletih med 20 in 65 %. Opisali bomo samo nekaj značilnih primerov metaliziranih peletov.

Na sliki 2 je prerez peleta, reduciranega eno uro z ogljikom pri temperaturi 1200°C. Pelet je izdelan iz 25 % piritnih ogorkov in 75 % koncentrata 1. Vezivo je bentonit. Po redukciji vsebuje 36,68 kovinskega železa, vsega pa je 57,93 %. Železo je v večjih skupkih, ki so deloma samostojni, večji del pa je v žlindri, ki ima sestavo železovega kordierita.

Prerez metaliziranega peleta, narejenega iz 50 % koncentrata 1 in 50 % piritnih ogorkov je prikazan na sliki 3. Od celotne mase železa v peletu, ki ga je 72,59 %, je 42,85 % že kovinskega in je enakomerno razdeljeno po žlindrni fazi. Zaradi višje vsebnosti železa je prišlo tudi do močnejšega aglomeriranja reduciranega železa.

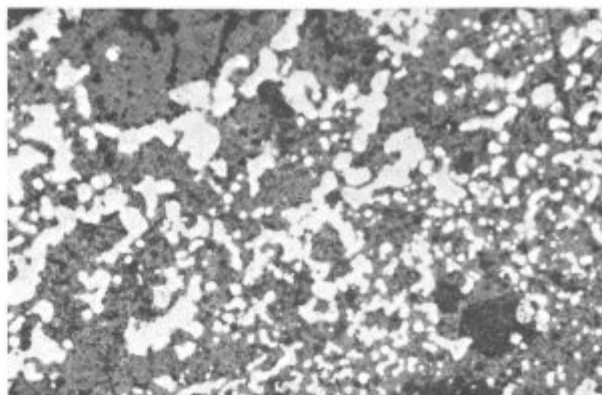


Slika 2

100 ×. Mikroposnetek prereza metaliziranega peleta (belo — železo, sivo — žlindra, črno — pore)

Fig. 2

100 ×. Micropicture of the cross section of metallized pellet (white — iron, gray — slag, black — pores).



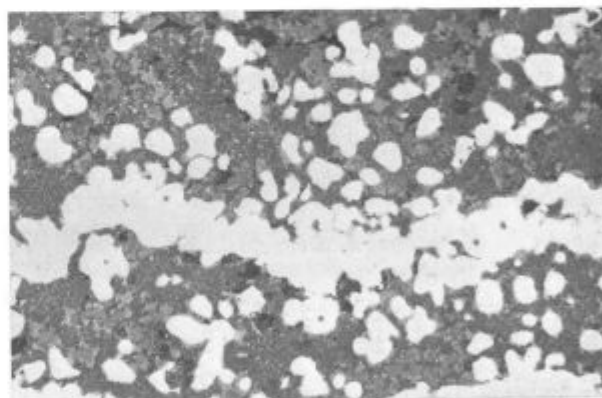
Slika 3

100 ×. Mikroposnetek prereza metaliziranega peleta sestavljenega iz koncentrata 1 in piritnih ogorkov v razmerju 1:1 (belo — železo, sivo — žlindra, črno — pore)

Fig. 3

100 ×. Micropicture of the cross section of metallized pellet composed of concentrate 1 and pyrite cinder in the 1 to 1 ratio (white — iron, gray — slag, black — pores).

V peletih, izdelanih iz 75 % piritnih ogorkov in 25 % koncentrata 1, kot vezivo smo dodajali apno, je od celotne vsebnosti 55,75 % Fe v kovinski obliki 52,10 %. Železo je aglomerirano v večje skupke in je direktno vezano v žlindri. Zelo malo je še kovinskih kroglic (slika 4). Wüstita je tudi malo in je izločen ob železu. Žlindra je sestavljena predvsem iz Al_2O_3 , SiO_2 malo CaO , FeO in Na_2O , zato je v njej mullit in železov kordierit ter steklasto strjena masa.



Slika 4

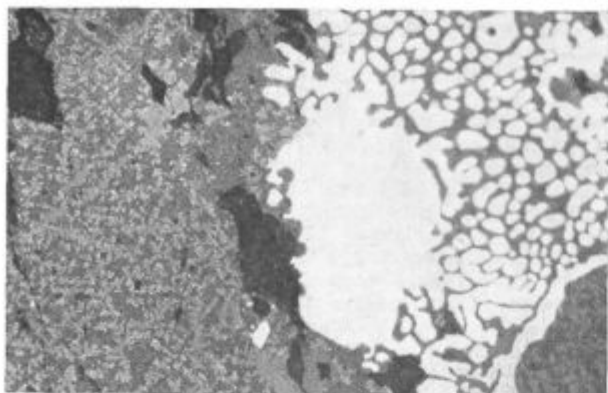
100 ×. Mikroposnetek metaliziranega peleta sestavljenega iz 75 % piritnih ogorkov in 25 % koncentrata 1. V žlindri je wüstit, mullit, železov kordierit in steklo

Fig. 4

100 ×. Micropicture of metallized pellet made of 75 % pyrite cinder and 25 % concentrate 1. Slag contains wüstite, mullite, iron cordierite, and glassy phase.

Metaliziran pelet smo segrevali v nevtralnem atmosferi 20 minut na 1300°C. Železo se je aglomeriralo v večjo kapljo, ki je obdana z žlindro (slika 5). Okrog večjega skupka železa so še manjše kroglice, ki so pa nanj vezane. Žlindra je po-

dobne sestave, kot je opisana pri prejšnji sliki. Iz zaradi alkalij steklasto strjene osnove kristalizira mullit, med kroglicami železa pa je še wüstit.



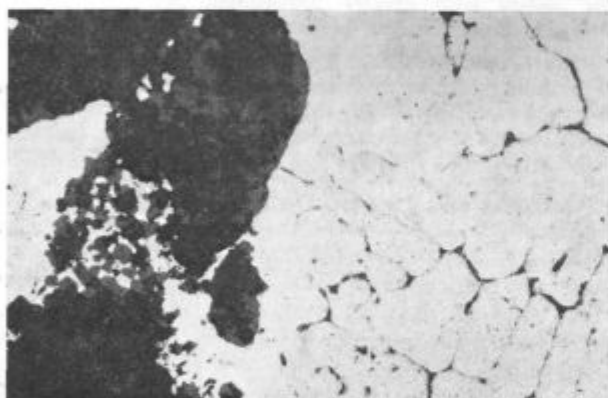
Slika 5

200 $\times$. Metaliziran pelet ogrevan na 1300° C (belo — železo, iz žilindre kristalizira mullit)

Fig. 5

200 $\times$, Metallized pellet heated to 1300° C (white — iron, mullite crystallizes out of slag).

Pri segrevanju metaliziranih peletov v magnetnem lončku na 1500° C pride že v 10 minutah do združitve kroglic železa v skoraj kompaktno maso. Na sliki 6 je železo in se vidi, kako je prišlo do združevanja. Železo je tudi že delno naogljčeno.



Slika 6

100 $\times$. Metaliziran pelet segrevan 10 min. na 1500° C (belo — železo, sivo — žilindra)

Fig. 6

100 $\times$, Metallized pellet heated 10 min at 1500° C (white — iron, gray — slag).

Čeprav je dosežena v povprečju visoka stopnja metalizacije, pa vsebujejo metalizirani peleti še preveč jalovine, zato bi pri njihovi uporabi v metalurških agregatih nastalo preveč žilindre. Zaradi redukcije na višjih temperaturah pride do aglomeriranja reduciranega železa, zato bi morali po

redukciji vključiti še drobljenje in magnetno separacijo. Zaradi večjih skupkov železa v peletih je dosežen dober izkoristek. Poskusi tečejo, kako tako kroglico aglomerirati v komade, uporabne v metalurških agregatih.

SKLEPI

Na kratko smo opisali poskuse, ki smo jih delali z odpadnimi sekundarnimi železonosnimi surovinami, rdečim blatom in piritnimi ogorki. Ker iz originalnega rdečega blata ni mogoče z nobeno znano separacijsko metodo izločiti v njem prisotne železove okside, je potrebno rdeče blato predreducirati. V predreduciranem materialu lahko z mokro magnetno separacijo močne intenzitete ločimo kovinsko železo in njegove okside od jalovine. Sam magnetni koncentrat, še boljše pa, če ga pomešamo s piritnimi ogorki, lahko predelamo v pelete ob dodatku različnih veziv. Po redukciji s trdnim reducentom (temperatura 1200° C) lahko dobimo surovino, ki jo je možno pod pogoji predelave sekundarnih surovin predelati v agregatih za proizvodnjo grodlja ali pa jekla.

Možnost uporabe odpadnih surovin po opisanem postopku je torej odvisna predvsem od ekonomskih dejavnikov v tehnološki shemi proizvodnje jekla in od pomena, ki ga družba daje zaščiti narave.

Avtorja se najlepše zahvalujeta Slovenskim železarnam in Raziskovalni skupnosti Slovenije, ki sta s finančno podporo omogočili raziskave železonosnih odpadnih surovin.

Literatura

1. B. Schapers, M. Haarter: Eine neue Rotschlamm Depo-nie-Methode Trav. com. int. etude bauxites, alumine at alum 1976, No. 13, 531—539.
2. V. G. Logomerac: Kompleksna prerada crvenog mulja u cilju iskorištavanja svih u njemu sadržanih korisnih sastojaka, Rudarsko-metalurški zbornik 1976 (4. zvezek).
3. S. Jurca, J. Zakrajšek, K. Cazafura: Predelava rdečega blata, Poročilo MI v Ljubljani, 1961.
4. Klockmann's P. Rahmdohr: Lehrbuch der Mineralogie, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1942.
5. J. Wohinz, M. Šimnic, J. Lamut: Separacija in obogatitev Fe frakcije iz rdečega blata, Poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani, 1977.
6. J. Wohinz, J. Lamut: Izkoriščenje železa iz crvenog mulja, Poročila MI v Ljubljani, 1969.
7. H. Schubert: Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe, Band II, VEB Leipzig 1967.
8. Stokovna poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani štev. 595, 857, 901, 906, 909, 273 (Avtorji: Kuharič, Lamut, Zalar, Wohinz).
9. J. Wohinz, B. Zalar, J. Lamut: Vključitev Fe frakcije iz rdečega blata v postopek predelave piritnih ogorkov, Poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani, 1978.

ZUSAMMENFASSUNG

Umfangreiche laboratorische Untersuchungen zweier Abfallsekundärrohstoffe — von Rotschlamm und Pyritasche zeigten, dass bei einer richtigen Technologie genügend feste metallisierte Pellets aus denen gewonnen werden können, welche als Einsatzstoffe in der Hüttenindustrie Anwendung finden können.

Die Anreicherung von Rotschlamm, welcher etwa 32 % Fe_2O_3 enthält, mit der nassen Magnetscheidung, gibt keine positive Ergebnisse. Getrockneter und im laboratorischen Rotationsofen bei 950° C mit Koks vorreduzierter Rotschlamm geht in eine solche Form über, dass an dem Magnetscheider »Jones« das unmagnetische Nebengestein abgeschieden werden kann.

Wenn bei der nassen Magnetscheidung unter optimalen Bedingungen der Magnetfeldstärke (1,0 T) gearbeitet wird, können ohne Läuterungsprozess etwa 76 Gewichtsprozent von Magnetkonzentrat 1 mit einem Gehalt bis zu 28 % Fe gewonnen werden. Aus verschiedenen Mischungen des Magnetkonzentrates mit Pyritasche sind zwölf Sorten von Grünpellets, mit Bentonit, CaO und CaCl_2 als Bindemittel erzeugt worden. Einige Sorten von Pellets

haben wir nur aus Magnetkonzentrat bei Zusatz der erwähnten Bindemittel gemacht. An frischen grünen Pellets ist die chemische Zusammensetzung, Feuchtegehalt, die Fallfestigkeit, die Festigkeit der bei 110° C, und auf der Luft getrockneten bzw. gealterten Pellets bestimmt worden. Es hat sich gezeigt, dass die Festigkeit der frischen oder auch getrockneten Pellets genügend hoch ist um die Manipulationen beim Transport zu überstehen. Es konnte bei allen Pelletsorten beobachtet werden, dass die Pellets von grösserem Durchmesser fester sind, als die mit kleinerem Durchmesser.

Nach einer einstündigen Reduktion mit Koks bei 1200° C ist ein Reduktions- und Metallisierungsgrad von 93 % erreicht worden.

Die besten Ergebnisse sind bei Pellets erzeugt aus 75 gew. % Pyritasche und 25 gew. % Magnetkonzentrat erzielt worden. Das Bindemittel in diesen Pellets ist Bentonit oder CaO. CaCl_2 kommt als Bindemittel nicht in Frage, da beim Brennen eine reduzierende Atmosphäre im Ofen nötig ist. Im umgekehrten Fall kann zu einer Reoxydation der Pellets kommen.

SUMMARY

Extensive laboratory investigations of two secondary raw materials — red mud and pyrite cinder — showed that correct technological process enables to shape them into sufficient strong and metallized pellets which can be utilized in further metallurgical processing. Mineral dressing of red mud with about 32 % Fe_2O_3 by wet magnetic separation does not give positive results. Dried and prereduced red mud with coke in a laboratory rotary furnace at 950° C can be separated from the nonmagnetic tailings on the Jones separator. The wet magnetic separation with the optimal magnetic field (1.0 T) gives without recleaning about 76 wt. % magnetic concentrate 1 with the up to 28 % Fe. Various mixtures of magnetic concentrate with the pyrite cinder were used for making 12 types of green pellets bound with bentonite, CaO, and CaCl_2 . Some pellets were made also of magnetic concentrate alone with the addition of the previously mentioned binding agents.

Green pellets were chemically analyzed, the moisture, the falling strength, the strength of pellets dried at 110° C, and the strength of pellets dried in air or the so called aged pellets were determined. The strengths of green or dried pellets are sufficient high that the pellets can sustain all the transport manipulations. In all the types of pellets, the pellets with greater dimensions exhibited greater strength than the small pellets.

One-hour reduction of pellets with coke at 1200° C gave 93 % reduction and metallization. The best results were obtained with the pellets made of 75 wt. % pyrite cinder and 25 wt. % magnetic concentrate. The binding agent in these pellets was bentonite or CaO. CaCl_2 as the binding agent is not applicable since reductive atmosphere is desired during firing if reoxidation of pellets has to be avoided.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обширные лабораторные исследования двух отходов вторичного сырья — железистого шлама и пиритных огарков показали, что при применении соответствующей технологии из них можно получить достаточно прочные металлизированные окатыши, которые можно применить для дальнейших потребностей в металлургии.

Обогащение железистого шлама с содержанием прибл. 32 % Fe_2O_3 при помощи мокрой магнитной сепарации не дало положительных результатов. Железистый шлам, обожженный в лабораторной ротационной печи при t-ре 950°, при предварительной редукции с коксом, переходит в такую форму, которая дает возможность удалить из него при употреблении сепаратора по Jones-у немагнитную пустую породу. С применением мокрой магнитной сепарации под оптимальными условиями силой магнитного поля (1,0 тл) можно получить без очистки прибл. 76 весовых % магнитного концентрата с содержанием до 28 % Fe. Из различных смесей магнитного концентрата с пиритными огарками приготовили 12 сортов сырых окатышей и их связали с добавкой бентонита, CaO и CaCl_2 . Некоторые сорта окатышей

изготавливали из чистого магнитного концентрата при добавке перечисленных вяжущих средств.

На изготовленных сырых окатышах определены химический состав, влажность, прочность при сбрасывании, прочность окатышей, осушенных при 110° и при сушении на воздухе, оти, старением окатышей. Оказалось, что прочность свежих или только осушенных окатышей достаточно удовлетворительная, так что они в состоянии выдержать все манипуляции при транспорте.

Замечено, что прочность окатышей более крупного диаметра от всех исследованных сортов выше от прочности окатышей более мелких зерен.

После редукции окатышей с коксом при t-ре 1200° в продолжительность одного часа, полученная степень редукции и металлизирования составляла 93 %. Самые лучшие результаты получены с окатышами, которые были изготовлены из 75 весовых % пиритных огарков и 25 весовых % магнитного концентрата. Вяжущее средство для этих окатышей бентонит или CaO. CaCl_2 как вяжущее средство нельзя применить, так как при отжиге при применении этого средства должна быть восстановительная атмосфера, в противоположном случае окатыши вторично окисляются.