

Uporaba odbruskov pri proizvodnji jekla

Gojko Todorović, Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana
 J. Apat, Železarna Ravne
 S. Kovačič, Železarna Ravne
 M. Tolar, Železarna Jesenice
 J. Lamut, FNT VTOZD Montanistika, Ljubljana
 V. Rakovec, Železarna Jesenice

Sekundarne železonojne surovine nastajajo pri proizvodnji jekla in vsebujejo poleg železa še vrsto legiranih elementov, če predelujemo legirana jekla. Poudariti moramo da je možno uporabiti tudi legirane odbruske, če jih ločimo na mestu nastanka po kemijski sestavi. Zato bomo v tem članku obdelali uporabo kromovih odbruskov kot vložek pri proizvodnji jekla v elektroobločnih pečeh.

1. UVOD

Sekundarne surovine so pomembne tako iz ekonomskih kot ekoloških razlogov, saj se ekologiji v zadnjem času posveča velika pozornost. Da bi lahko surovine ponovno vrnili v proizvodni proces, jih je potrebno organizirano zbirati in ločiti po kvaliteti in kemijski sestavi. Že na mestu izvora je potrebno v ustrezne zabojnike in košare ločiti posamezne odpadke. Potrebno je izkoristiti vse kovinske komponente, ki so v sekundarnih surovinah, predvsem pa legirane elemente. Zato je zelo pomembno vedeti, kolikšna je vsebnost legiranih elementov. Le tako je mogoče natančno določiti sestavo vložka, da ob raztalitvi ni velike razlike med načrtovanimi in dejanskimi analizami.

Razdelitev odpadkov po skupinah¹ je določena na osnovi vsebnosti legiranih elementov ter združevanja tistih kvalitet, ki omogočajo maksimalno izkoriščanje posameznih elementov pri ponovni predelavi. Izredno pomembno je skladiščenje teh surovin, da ne bi prišlo do mešanja². Nepravilno izračunana sestava vložka vpliva ne samo na stroške proizvodnje, temveč tudi na zmanjšanje izkoristka, izdelano jeklo pa je slabše kvalitete.

Odbruski nastajajo pri brušenju jekel in so po svoji granulometrijski sestavi zelo različni. Prva frakcija je groba in pada v zaboj iz brusilnega stroja. Ti odbruski so zelo čisti. Druga frakcija odbruskov se izloča v ciklonih odpraševalne naprave in so zelo drobni. Kemijska sestava je odvisna od kvalitete jekla, čeprav vsebujejo določen odstotek korunda in brusnih plošč³.

V glavnem smo uporabljali odbruske OCR12 pri izdelavi jekel skupine OCR12. V opazovanih šaržah je bil izplen celotnega vložka 93,2%. Izplen kroma iz odbruskov je približno 60%. Ti podatki veljajo za vložek, v katerem je bilo do 39% odbruskov glede na celotni vložek. Pri uporabi odbruskov je pomembno, da imamo na razpolago ustrezno število košar, ki morajo biti izdelane tako, da omogočajo čimbolj enostavno zalaganje v peč.

2. Opis poskusov

Poskuse smo delali z grobimi odbruski granulacije nad 0,5 mm (okrog 90%) in nad 2 mm (približno 15%). Nasipna teža je odvisna od kvalitete jekel in granulometrijske sestave odbruskov, tako da je pomemben dejavnik za transport in zakladanje peči.

V čistilnici valjarne so jekla kvalitete OCR12 brušena na enem brusilnem stroju, tako da smo sproti ločevali odbruske posameznih kvalitet jekel in jih deponirali v košare. Ko je bila košara polna, smo jo stehali. Potem smo na vsako košaro napisali datum polnitve, težo in kvaliteto jekla. Poskrbeli smo, da med skladiščenjem košare niso bile izpostavljene dežju. Pomembno je tudi, da se odbruski čim prej uporabijo. Zato je potrebna dobra koordinacija med valjarno in pripravo dela jeklarne.

Odbruske smo transportirali do peči in jih zalagali v prazno peč. Šele potem smo dodali preostali del vložka. Na ta način smo se izognili obešanju odbruskov po stenah peči. Količina žlindre, ki nastane pri dodatku odbruskov v vložek, je približno enaka kot pri vložku brez odbruskov. Pri izdelavi jekel kvalitet PROKRON je izplen vložka boljši, če pričnemo z rezanjem vložka šele po raztalitvi odbruskov.

Poskusi so narejeni v 10 in 25-tonski elektroobločni peči. Naredili smo 29 poskusov z dodatkom odbruskov v EOP, in sicer od 4,3 do 39,4%.

3. Rezultati poskusov

Namen naših raziskav je bil, da naredimo čimveč poskusov, in sicer pri eni kvalitetni grupi jekel, da

* Rokopis prejet: avgust 1991

** Originalno objavljeno: ŽZB 1991/3

Tabela 1: Sestava vložka in dodatek ferozilitin ter izračun izplena kroma in vložka

| Štev. šarže | Kvaliteta jekla | Teža vložka v kg | Kvaliteta vložka | Dodatek ferozilitin | | Skupna teža v kg | | Skupno odlito v kg | Izplen v % | Delež odbruskov v vložku v % |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|-----------|------------------|---------|--------------------|------------|------------------------------|
| | | | | teža v kg | kvaliteta | vložek | ferozl. | | | |
| 48159 | OCR12VM | 8800 | OCR12VM | 50 | FeSi | 14100 | 950 | 14300 | 95 | 4,3 |
| | | 3000 | OCR12 | 65 | FeMo | | | | | |
| | | 1700 | OCR4 | 120 | FeV | | | | | |
| | | 600 | odbr.OCR6 | 710 | FeCrc | | | | | |
| | | | | 5 | C | | | | | |
| 48416 | OCR12VM | 6600 | OCR12VM | 20 | FeMn | 13550 | 918 | 14500 | 100 | 7,4 |
| | | 3300 | OCR12VM | 60 | FeSi | | | | | |
| | | 650 | OCR4 | 25 | FeMo | | | | | |
| | | 1600 | izb.st.žel. | 123 | FeV | | | | | |
| | | 1000 | odbr.OCR12VM | 680 | FeCrc | | | | | |
| | | | 50 polimox | | | | | | | |
| | 350 FeCrc | | | | | | | | | |
| 48567 | PK2sp | 1700 | PK11 | 155 | FeMn | 15000 | 1660 | 15180 | 91,1 | 13,3 |
| | | 4800 | PK12sp | 265 | FeSi | | | | | |
| | | 500 | EC80R04 | 1200 | FeCra | | | | | |
| | | 2000 | odbr.PK2sp | 40 | Ni | | | | | |
| | | 1500 | FeCrc | | | | | | | |
| 28020 | OCR12VM | 18000 | OCR12sp | 70 | FeSi | 3550 | 745 | 35100 | 96,8 | 15,5 |
| | | 5000 | OCR12 | 125 | FeW | | | | | |
| | | 4500 | OCR4 | 550 | FeCrc | | | | | |
| | | 1000 | OSIKRO4 | | | | | | | |
| | | 5500 | odbr.OCR12sp | | | | | | | |
| | | 1500 | FeCrc | | | | | | | |
| 47823 | OCR12VM | 2900 | UTOPMo | 10 | FeMn | 15060 | 776 | 14700 | 92,8 | 17,9 |
| | | 6900 | OCR4 | 30 | FeSi | | | | | |
| | | 1200 | BLUMCI | 21 | FeMo | | | | | |
| | | 1600 | FeCrc | 600 | FeCrc | | | | | |
| | | 60 | Polimox | 150 | FeCrc | | | | | |
| | | 2700 | odbr.OCR12VM | 5 | C | | | | | |
| 48075 | PK4ex | 8000 | PK2 | 10 | FeMn | 15900 | 715 | 15480 | 93,2 | 21,4 |
| | | 3500 | izb.st.žel. | 140 | FeSi | | | | | |
| | | 3400 | odbr.OCR12 | 550 | FeCrc | | | | | |
| | | 1000 | FeCrc | 15 | C | | | | | |
| 48076 | PK4ex | 7000 | PK2 | 15 | FeMn | 15800 | 655 | 14680 | 89,2 | 25,3 |
| | | 3200 | izb.st.žel. | 140 | FeSi | | | | | |
| | | 4000 | odbr.OCR12 | 500 | FeCrc | | | | | |
| | | 1000 | FeCrc | | | | | | | |
| 48163 | OCR12VM | 8800 | OCR12VM | 20 | FeMn | 14500 | 1150 | 14700 | 93,9 | 27,6 |
| | | 1650 | OCR4 | 60 | FeSi | | | | | |
| | | 50 | Polimox | 35 | FeMo | | | | | |
| | | 4000 | odbr.OCR12 | 120 | FeV | | | | | |
| | | | | 900 | FeCrc | | | | | |
| | | 15 | C | | | | | | | |
| 48183 | PK2sp | 7850 | PK2sp | 104 | FeMn | 15000 | 1029 | 14880 | 92,8 | 30,0 |
| | | 2000 | izb.st.žel. | 175 | FeSi | | | | | |
| | | 100 | FeNi62 | 750 | FeCrc | | | | | |
| | | 550 | FeCrc | | | | | | | |
| | | 4500 | odbr.PK2sp | | | | | | | |

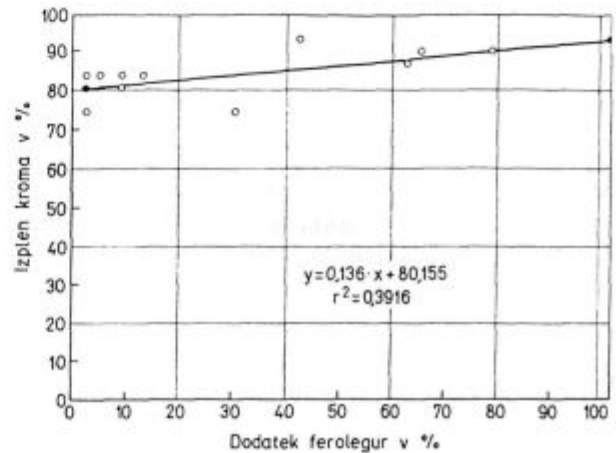
Tabela 1 (nadalj.): Sestava vložka in dodatek ferozlitin ter izračun izplena kroma in vložka

| Štev. šarže | Kvaliteta jekla | Teža vložka v kg | Kvaliteta vložka | Dodatek ferozlitin | | Skupna teža v kg | | Skupno odlito v kg | Izplen v % | Delež odbruskov v vložku v % |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------|-----------|------------------|---------|--------------------|------------|------------------------------|
| | | | | teža v kg | kvaliteta | vložek | ferozl. | | | |
| 48391 | PK5 | 5000 | PK2 | 10 | FeMn | 15000 | 1175 | 14680 | 90,8 | 33,0 |
| | | 3800 | izb.st.žel. | 135 | FeSi | | | | | |
| | | 5000 | odbr.PK3 | 1000 | FeCrc | | | | | |
| | | 1000 | FeCrc | 30 | C | | | | | |
| 48525 | OCR12VM | 2200 | OCR12VM | 10 | FeMn | 13950 | 422 | 13500 | 93,9 | 39,4 |
| | | 5100 | OCR12 | 60 | FeSi | | | | | |
| | | 800 | izbr.st.1eL. | 290 | FeCrc | | | | | |
| | | 5500 | odbr.OCR12VM | 35 | FeMo | | | | | |
| | | 50 | Polimox | 27 | C | | | | | |
| | | 300 | FeCrc | | | | | | | |

bi ugotovili, kakšen je vpliv dodatkov odbruskov na kvaliteto jekla, ki ga izdelujemo (tabela 1). Odločili smo se, da poskuse naredimo s kromovimi odbruski, in sicer pri izdelavi jekel⁴ kromovih kvalitet. Posebno pozornost smo namenili raztapljanju odbruskov in njihovemu izkoristku. Zato smo pri vsaki šarži jemali probe po raztalitvi vložka za kemijsko analizo in ugotavljali, če ustreza ciljani sestavi jekla. Analize so pokazale, da je vsebnost kroma v talini znašala med 9 in 16%, kar pomeni, da so bile v predvidenih mejah. Zelo pomembno je, koliko kroma gre v žlindro. Analizirali smo žlindre po raztalitvi vložka, in sicer pri višjih odstotkih odbruskov, to je med 23 in 33%. Vsebnost Cr₂O₃ v žlindri je bila med 15,5 in 30,8%, kar seveda ni odvisno samo od vsebnosti odbruskov temveč tudi od pogojev taljenja. Pri poskusih smo v glavnem uporabljali lastni jekleni odpadki, in sicer iz kromovih jekel. Pri določenem številu šarž smo dodajali krom z različnimi legirnimi odpadki in FeCr. Za to število šarž smo izračunali, koliko vsaka komponenta iz vložka prinese kroma v talino. Povprečni deleži kroma so naslednji: OCR4-4%, OCR12-57% in FeCr-39%.

V celoti smo analizirali 29 šarž, vendar smo za izračun vpliva odbruskov na izplen kroma uporabili 11 šarž, pri katerih je bil vložek sestavljen iz OCR4 in OCR12 skupine legirnega odpadka ter z dodatkom odbruskov in FeCrc. Iz teh komponent vložka smo izračunali delež kroma, ki je znašal pri legirnem odpadku 43%, ferolegurah 27% in odbrusku 30%.

Izplen kroma iz vložka je zelo pomemben dejavnik pri proizvodnji kromovih jekel. V vložek dodajamo poleg ferolegur še legirni odpadki in odbruske iz kromovih jekel. To pomeni, da je celotna vsebnost kroma v jeklu enaka vsoti deležev kroma iz vseh dodatkov. Vendar je za nas zelo pomembno, kolikšen je izplen kroma iz posameznih komponent vložka. Zato smo obdelali s statistično analizo vse poskusne šarže, ki so narejene iz jeklenih odpadkov OCR4 in OCR12, ferolegur in odbruskov ter diagramsko predstavili posamezne komponente vložka.



Slika 1

Izplen kroma v odvisnosti od dodatka ferozlitin in odbruskov

Figure 1

Chromium yield depending on additions of ferroalloys and grindings

Na sliki 1 je prikazana odvisnost izplena kroma od dodatka ferolegur pri uporabi odbruskov. S povečanjem vsebnosti ferolegur v vložku narašča tudi izplen kroma, ker se prvi oksidirajo odbruski in se žlindra delno nasiti s Cr₂O₃, tako da pri taljenju ferolegur prihaja do manjše oksidacije kroma. Odvisnost je prikazana z enačbo

$$y = 0,136 \cdot x + 80,155$$

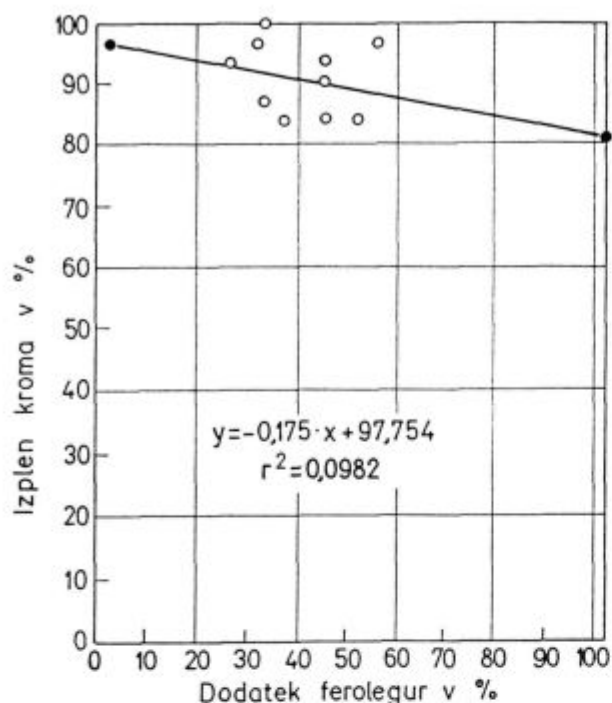
$$r^2 = 0,3916$$

pri čemer pomeni:

y - izplen kroma v %,

x - vsebnost ferolegur v %,

r² - koeficient determinacije.

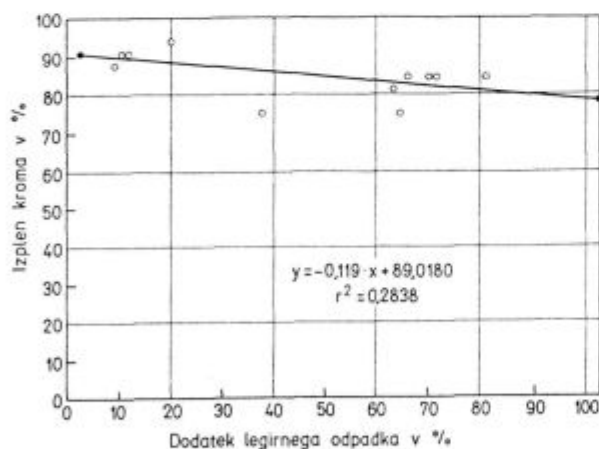


Slika 2

Izplen kroma v odvisnosti od dodatka ferozlitin in legirnega odpadka

Figure 2

Chromium yield depending on additions of ferroalloys and alloyed scrap



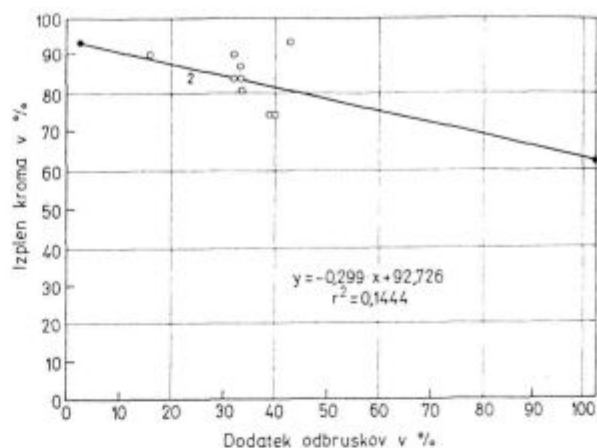
Slika 3

Izplen kroma pri dodatku legirnega odpadka in odbruskov

Figure 3

Chromium yield in adding alloyed scrap and grindings

Isto odvisnost smo prikazali na sliki 2. V opazovanih šaržah odbruskov v vložek nismo dodajali, tako da smo dobili prav nasprotno odvisnost. V teh primerih ni bil predhodno oksidiran krom iz odbruskov in je zato odgor ferozlitin večji, kot če v vložku uporabljamo odbruske.

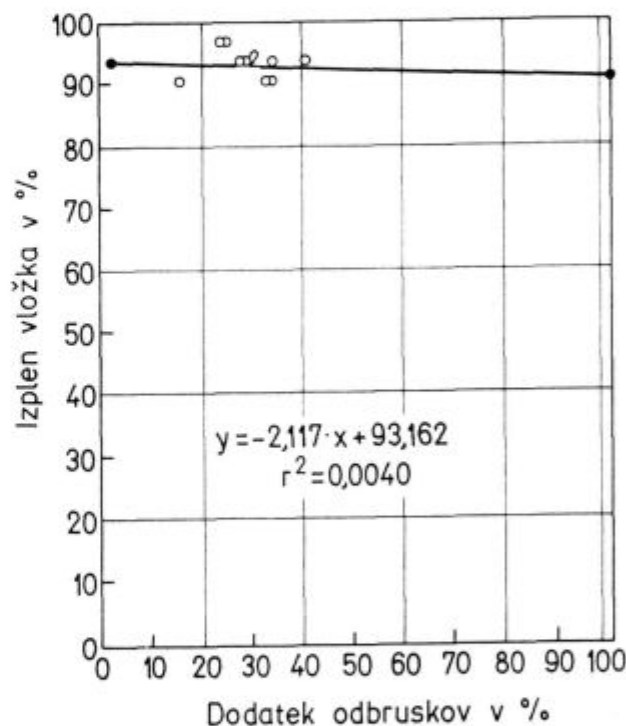


Slika 4

Izplen kroma pri dodatku odbruskov

Figure 4

Chromium yield in adding grindings



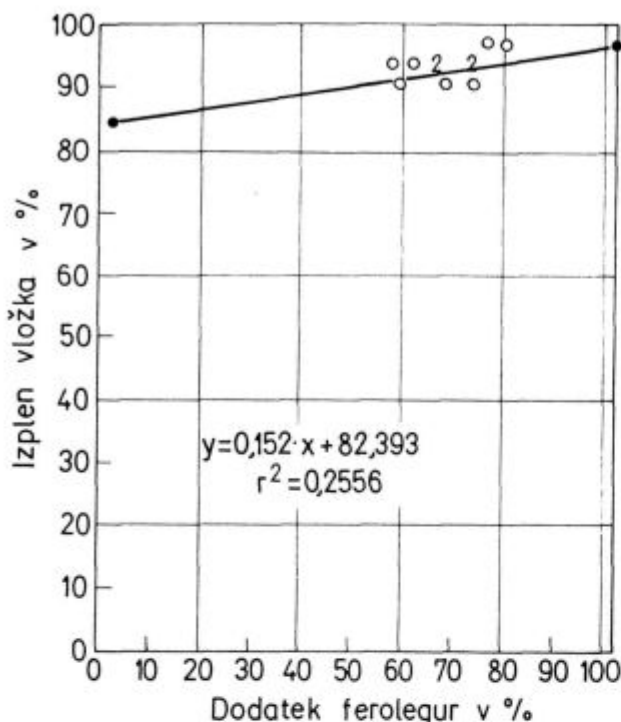
Slika 5

Izplen vložka pri dodatku odbruskov

Figure 5

Burden yield in adding grindings

Na sliki 3 smo prikazali odvisnost izplena kroma od dodatka legirnega odpadka in odbruskov. Pri povečanju vsebnosti ferozlitin izplen kroma raste in pada pri povečanju vsebnosti legirnega odpadka. V obeh primerih smo dodajali v vložek odbruske. Ferolegure se prej oksidirajo kot jekleni odpadki zaradi višjega odstotka kroma, če so sočasno dodani v peč. Odbruski pa se hitreje oksidirajo od FeCr zaradi večje površine. Povprečni izplen kroma iz odbruskov znaša



Slika 6

Izplen vložka pri dodatku ferozlitin in odbruskov

Figure 6

Burden yield in adding ferroalloys and grindings

približno 60%. Ta odvisnost je predstavljena na sliki 4. S povečanjem vsebnosti odbruskov se zmanjšuje izplen kroma. Zaradi velike reakcijske površine se talijo odbruski hitreje in oksidirajo. Upravičenost dodajanja odbruskov je v tem, ker odgor kroma iz odbruskov preprečuje odgor kroma iz legirnih odpadkov in ferozlitin.

Dodatki legirnih odpadkov, ferozlitin in kromovih odbruskov prinašajo v talino poleg kroma še določeno količino železa, kar vpliva tudi na izplen vložka (slika 5). Iz slike je razvidno, da se s povečanjem vsebnosti odbruskov zmanjšuje izplen vložka, ker se poleg kroma oksidira tudi železo v fazi taljenja in oksidacije. Vpliv FeCr na izplen vložka je prikazan na sliki 6. Če je vložek sestavljen iz ferokroma in odbruskov, potem se poveča izplen vložka, ker se železo iz odbruskov oksidira in nasiti žlindro s FeO. Na ta način preprečimo oksidacijo železa iz legirnega odpadka.

4. SKLEPI

Pri brušenju slabov in gredic na brusilnih strojih v valjarni nastajata dve vrsti odbruskov, in sicer fini in

grobi. Finih odbruskov je znatno manj in predstavljajo v glavnem jekleni prah granulacije pod 200 μm. Grobi odbruski se že redno uporabljajo kot vložek v elektroobložni peči v štorski jeklarni, in sicer celotna količina, ker ni potrebe po ločevanju po kemijski sestavi. V jeklarnah, kjer izdelujejo visokolegirana jekla, kot je ravenska, je potrebno ločiti kromove odbruske od ostalih, da bi jih lahko uporabili kot vložek v elektroobložni peči.

Vložek je bil sestavljen iz legiranega odpadka, starega železa, ferozlitin in kromovih odbruskov. Vsebnost odbruskov je bila zelo različna, in sicer od 4,3 do 39,4%. Dodajali smo jih v prazno peč na dno s košarami, nato še preostali del vložka. Na ta način smo se izognili težavam pri taljenju (obešanje odbruskov ob steno peči).

Uporaba odbruskov je z ekonomskega in ekološkega stališča upravičena, kar potrjujejo tudi rezultati naših raziskav. Izplen kroma iz odbruskov je bil približno 60%. Potrebno je poudariti, da je izplen kroma iz ferozlitin pri dodatku odbruskov v vložek večji kot brez odbruskov. Odbruski imajo namreč večjo površino, zato se prej stalijo oziroma oksidirajo in zmanjšujejo odgor kroma iz legirnega odpadka ter ferozlitin.

Poskusi z uporabo kromovih odbruskov pri proizvodnji kromovih jekel so pokazali, da je njihova uporaba s tehnološkega stališča popolnoma neoporečna, vendar je izredno pomembna tehnološka disciplina, in sicer pri ločevanju na mestu nastanka, transportu in končno pri uporabi.

LITERATURA

1. S. Kovačič: Grupe za zbiranje in sortiranje legirnih odpadkov in ostružkov, Ravne, 1988.
2. G. Todorović, J. Lamut, L. Šketa, V. Rakovec, G. Manojlović, S. Kovačič, J. Apat, A. Valant: Uporaba lastnih odpadnih surovin za vložek pri izdelavi jekla, Poročila Metalurškega inštituta Ljubljana, 1988.
3. G. Todorović, J. Lamut, M. Tolar, L. Šketa, V. Rakovec, G. Manojlović, S. Kovačič, J. Apat: Železarski zbornik 24, 1990, str. 27.
4. G. Todorović, J. Apat, S. Kovačič: Uporaba odbruskov pri proizvodnji jekla, Poročila Metalurškega inštituta Ljubljana, 1990.

ZUSAMMENFASSUNG

Schleifabfälle sind ein eisenträgendes Sekundärprodukt das beim Schleifen von Halbzeug entsteht und ist nach der Kornzusammensetzung sehr verschieden. Feiner Schleifanteil scheidet sich in Zyklonen der Absauganlagen aus, und ist sehr fein. Wir haben Versuche mit groben Schleifprodukten der Korngröße etwa 90% über 5 mm gefahren. Schleifabfälle aus chromlegiertem Stahl sind im Einsatz eines 10 und 25 t Lichtbogenofens angewendet worden. Daneben noch Chromlegierte Abfälle, Schrott und Ferrolegierungen. Der Anteil der Schleifabfälle war verschieden und zwar von 4,3 bis 39,4%.

Die Verwendung von Schleifabfällen ist aus ökologischem

und ökonomischem Gesichtspunkt berechtigt, was die Ergebnisse der Versuchsschmelzen auch bestätigen. Das Ausbringen von Chrom aus dem Schleifabfall war bei 60%. Es ist zu erwähnen, daß das Ausbringen von Chrom aus den Ferrolegierungen und legierten Abfällen größer ist, wenn dem Einsatz auch Schleifabfälle zugegeben werden. Schleifabfälle haben größere Oberfläche, Sie schmelzen früher bzw. Sie oxydieren und dadurch die Oxydation der Legierungen und legierter Abfälle vermindern. Die Untersuchungen zeigten, daß die Anwendung der Schleifabfälle aus technologischen Gründen nicht begrenzt ist, daß aber die technologische Disziplin sehr wichtig ist.

SUMMARY

Grindings are ferruginous scrap which is formed in grinding steel, and their granulometric composition varies a great deal. Swarf is precipitated in dust removing cyclones, and it is very fine. Experiments were made with coarse grindings with 90% particles of over 0,5 mm. Chromium grindings as burden for 10 and 25 ton electric arc steelmaking furnace in Ravne Steel Plant were used. Burden contained also alloyed scrap of chromium steel, iron scrap, and ferroalloys, next to grindings. Content of grindings in the burden varied between 4,3 and 39,4%.

Use of grindings has economic and ecological justifi-

fication which was confirmed also by our experiments. Chromium yield of grindings was approximately 60%. It is necessary to stress that chromium yield from ferroalloys and alloyed scrap is higher if grindings are added to the burden. Grindings have great specific surface, they are faster melted or oxidized, and thus the oxidation of ferroalloys and alloyed scrap is reduced. Investigations showed that their addition does not disturb technological process but it must be stressed that high technological discipline is needed.