

Uporaba lastnih odpadnih surovin za vložek pri izdelavi jekla

Utilization of Waste Materials in Steelmaking

G. Todorović^{*1}, J. Lamut^{*2}, M. Tolar^{*3}, L. Šketa^{*3}, V. Rakovec^{*3},
G. Manojlovič^{*4}, S. Kovačič^{*5}, J. Apat^{*5}

UDK: 669.187.002.68

ASM/SLA: A11c, B23, D5a



Uporaba sekundarnih surovin je pomembna iz dveh razlogov, in sicer ekonomskega in ekološkega. Zato je potrebno organizirano pristopiti k zbiranju teh surovin, ker se jih v naših železarnah naredi mesečno tisoče ton (škaja, ostružki, odbruski, ...).

V tem članku bomo obdelali uporabo nekaterih sekundarnih surovin, ki nastajajo in se uporabljajo v talilnih agregatih v slovenskih železarnah.

UVOD

Za sekundarne surovine je potrebno na mestu izvira preskrbeti ustrezne zabojnike in košare ter ločiti posamezne odpadke po kvaliteti in kemični sestavi, da bi jih ponovno vrnili v proizvodni proces. Potrebno je izkoristiti vse kovinske komponente, ki se nahajajo v sekundarnih surovinah, predvsem pa legirne elemente. Zelo važno je poznati, kolikšna je vsebnost legirnih elementov, da bi se določila točna sestava vložka, da ne bi bilo ob raztalitvi velike razlike med načrtovanimi in dejanskimi analizami.

Razdelitev odpadkov po skupinah je določena na osnovi vsebnosti posameznih in podobnih elementov ter združevanja tistih kvalitet, ki omogočajo maksimalno izkoriščanje posameznih elementov pri ponovni predelavi. Izredno je važno skladiščenje teh surovin, da ne bi prišlo do mešanja. Nepravilno izračunana sestava vložka vpliva ne samo na stroške proizvodnje, temveč tudi na zmanjšanje izkoristka, slabše produktivnosti in kvalitete ter povečanje zalog jekla neustrezne kvalitete. Napačna kemična analiza pri raztapljanju vložka je povezana z materialnimi izgubami, ker se v takih primerih izdeluje jeklo slabše kvalitete.

V slovenskih železarnah se uporablja škaja dokaj redno kot vložek pri proizvodnji jekla v elektroobločnih pečeh (EOP).

Problem ostružkov je v glavnem rešen in vsaka železarna svoje sama uporablja. Z uporabo odbrusov smo začetniki, čeprav se že uporabljajo v nekaterih železarnah. Poseben problem pa predstavljajo ostanke brusnih plošč, korund, emulzija in olje. Največji pomen bomo dali uporabi škaje kot vložek v elektroobločnih pečeh, ker se je že začela uspešno uporabljati.

Utilization of secondary raw materials is important for two reasons, first for economic and second for ecologic reasons. Therefore, the collecting of thousands of tons of raw materials (mill waste, turning waste, grinding waste, ...) which are produced monthly in our iron and steel works should be properly organized.

The paper deals with the use of some secondary raw materials which are produced and utilized in melting furnaces of Slovenske železarne Iron and Steel Works.

INTRODUCTION

The reclamation of secondary raw materials requires appropriate containers and baskets disposed at proper places, and sorting of waste material according to its quality and chemical composition. All metallic compounds of waste, especially those containing alloying elements should be recycled back into the production process. The knowing of exact composition and amount of alloyed waste material is very important for proper composition of metallic charge which should at melt down differ from the aimed composition as little as possible.

The classification of waste into several groups is based on the content of definite and similar elements and on the grouping of those grades which make it possible to obtain the highest yield of particular elements in subsequent recycling. Proper storage of these materials to prevent from mixing different groups is very important. Miscalculation of metallic charge composition influences not only production costs but results in lower yield, lower productivity and poorer quality as well as rise of steel stored due to improper specification. Improper chemical composition at melt down is associated with material loss because it ends in the production of lower grade steel.

Intense work on collecting waste materials started recently in Slovenske železarne with the aim of recycling in particular own shops or for sale to others. As regards machining waste (turnings) each ironworks uses its own waste. The use of waste from grinding is yet at the very beginning. Special problem are used out grindstones, corundum, oils and emulsions. The use of mill waste is emphasized, since it has already been successfully used as a part of metallic charge for electric arc furnaces.

GENERATION OF MILL WASTE AND ITS PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES

Heating of steel before hot working proceeds in atmospheres composed of different gases which more or less intensely react with solid steel surface resulting

*1 Gojko Todorović, dipl. ing. met., Metalurški inštitut Ljubljana, Lepi pot 11, 61000 Ljubljana

*2 FNT, VTOZD Montanistika, Ljubljana

*3 SŽ — Železarna Jesenice

*4 SŽ — Železarna Štore

*5 SŽ — Železarna Ravne

** Originalno objavljeno: ZEB 24(1990)1

*** Rokopis sprejet: november 1989

NASTANEK ŠKAJE IN NJENE FIZIKALNO-KEMIČNE LASTNOSTI

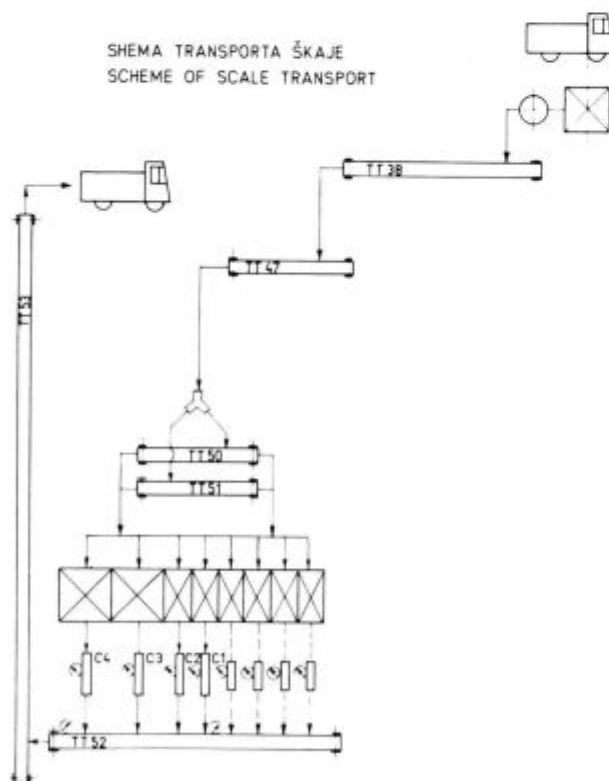
Segrevanje in žarjenje jekla pred vročim preoblikovanjem poteka praviloma v atmosferah, ki intenzivno reagirajo s površino trdega jekla. Kot produkt teh reakcij je škaja, ki je stalen spremljevalec jekla med procesom preoblikovanja. Nastanek škaje je odvisen od mnogih dejavnikov, od katerih so najbolj pomembni: sestava jekla, temperatura in čas žarjenja. Škaja nastaja pred toplotno predelavo na površini jekla pri visokih temperaturah in med obdelavo. Oksidni sloj, ki nastane z oksidacijo železa v zračni atmosferi, je sestavljen iz treh plasti. Od kovine navzven je najprej plast wüstita, nato plast magnetita in na vrhu plast hematita. Razmerje debelin teh slojev¹ je v pogojih idealne oksidacije 95:4:1. Običajno pa tega razmerja ne dosežemo zaradi vpliva napak v oksidnem sloju in na meji kovina-škaja, vendar se mu valjarska škaja precej približa. Pri mnogih jeklih pri standardni tehnologiji ogrevanja nastane škaja, ki pri valjanju odpade le delno s površine ali pa sploh ne. Tesno oprijeta površina škaje je vzrok velikemu izmečku ali pa močno zniža vrednost končnih polizdelkov.

Oprijemljivost škaje je najmanjša pri ogljikovih jeklih, ne gede na to, pri katerih temperaturah in v kakšni atmosferi so žarjena. Pri jeklih, ki so legirana s silicijem, se škaja mnogo bolj drži kovinske površine. Škaja je pri teh jeklih dvoplastna in ima pomembno vlogo pri njeni porušitvi. Podobna je škaja pri jeklih, legiranih z nikljem in kromom. Pri jeklih, ki so legirana s samim kromom do približno 1 %, škaja bolj odpada kot pri jeklih, legiranih z 1 do 2 % Cr in Ni. Pri višjih koncentracijah kroma (do 14 %) je spet prisotna dvoplastna škaja in se trdno drži kovinske osnove. Ne glede na to, kakšno je jeklo in

in the formation of scale the presence of which is therefore inevitable in hot working. The generation of scale depends on a number of factors. The most important are the composition and temperature of steel and the time of heating. Scale is formed on steel surface before and during hot working at high temperatures. The oxide formed on steel surface by the oxidation of iron in air is composed of three layers. From metal to outward there is first a layer of wüstite followed by magnetite layer and finally there is a top hematite layer. The thickness ratio for these layers (1) in ideal oxidation conditions is 95:4:1, respectively. Usually this ratio can not be achieved due to defects in oxide layer and on metal/oxide interface however, it almost holds for mill waste. Standard heating of many steels results in the formation of oxide layer which during rolling does not or only partly breaks off the steel surface. Strong adhesion of scale to steel surface is cause for high cast off or decrease in value of finished semi products. The lowest scale adhesion is observed in carbon steels irrespective of heating temperature and atmosphere. In silicon alloyed steels the bond between scale and metal surface is much stronger. Scale on these steels has two layers which have a significant role in their break off. Nickel and chromium alloyed steels have similar scale. Scale on steel alloyed up to 1 % chromium only breaks off more easily than on steel alloyed with 1—2 % Cr and Ni. At higher chromium content (up to 14 % Cr) two-layer scale strongly adhered to steel surface appears again. Irrespective of steel grade and its alloy content the thickness of scale layer decreases with increasing temperature and oxygen potential of flue gases (2). The composition of flue gas and heating temperature has a much stronger influence on scaling rate of carbon steel as compared to alloyed steel.

The amount and quality of scale in Slovene železarna works depend naturally on the steel grades produced. The mill waste is collected in bins and transported by the use of containers to waste storage. The transport is mainly mechanized. The waste contains also water and oil depending on steel processing technology. Waste materials of different composition grades are often mixed because of different steel. The relation between chemical composition of steel and its scale can be seen in Table 1 and 2.

Mill waste in Železarna Jesenice is not sorted according to quality. It is collected into baskets and containers and then transported by trucks to dosage bins as seen in Fig. 1. Therefrom it is transported to steel-works where it is used as addition to metallic charge.



Slika 1
Transportne poti škaje v železarni Jesenice
Fig. 1
Mill waste transport at Železarna Jesenice.

Table 1: Chemical composition of scale from different steel grades

Wt. %	Scale grade			
	CK45	VC Mo 140	Utop Mo 1	OCR 12
C	0.16	0.005	0.010	0.014
Si	0.42	0.17	0.41	0.20
Mn	0.45	0.48	0.28	0.34
P	0.015	0.012	0.024	0.011
S	0.018	0.004	0.007	0.011
H ₂ O	0.08	0.06	0.05	0.045
Cr	0.27	0.54	1.76	8.5
Mo	0.03	0.09	0.33	0.08
FeO	61.7	37.3	47.2	25.6
Fe ₂ O ₃	36.5	61.0	48.5	55.8
Fe _{mat}	0.36	0.46	0.93	0.63
V	—	—	0.12	0.06

kolikšne so v njem koncentracije legirnih elementov, pada debelina škaje s temperaturo žarjenja in s kisikovim potencialom dimnih plinov². Sestava dimnih plinov in temperatura žarjenja najmočneje vplivata na hitrost škajanja ogljikovih jekel, mnogo manj pa so te spremembe očitne pri legiranih jeklih.

V slovenskih železarnah se izdelujejo različne kvalitete jekel in je zaradi tega različna tudi količina in kvaliteta škaje. Škaja se zbira v zbiralnice in s pomočjo kontejnerjev odvažata na skladišča. V škaji je prisotna voda ali pa maščoba, kar je odvisno od tehnološkega postopka predelave jekla. V glavnem je mehaniziran transport do zabojnikov oziroma zbiralnikov. Večkrat nastane mešanica, ki po svoji kemični sestavi ne spada skupaj, ker se zbira iz različnih kvalitete jekel. Da bi imeli čim boljši vpogled v kvaliteto škaje, ki nastaja iz različnih vrst jekel, bomo prikazali v tabeli 1 in 2 kemično analizo jekel in ustrezne škaje.

Tabela 1: Kemična analiza škaje različnih kvalitete jekel

Kemijski element ali spojina v ut. %	Kvaliteta škaje			
	CK 45	VC Mo 140	Utop Mo 1	OCR 12
C	0,16	0,005	0,010	0,014
Si	0,42	0,17	0,41	0,20
Mn	0,45	0,48	0,28	0,34
P	0,015	0,012	0,024	0,011
S	0,018	0,004	0,007	0,011
H ₂ O	0,08	0,06	0,05	0,045
Cr	0,27	0,54	1,76	8,5
Mo	0,03	0,09	0,33	0,08
FeO	61,7	37,3	47,2	25,6
Fe ₂ O ₃	36,5	61,0	48,5	55,8
Fe _{kov}	0,36	0,46	0,93	0,63
V	—	—	0,12	0,06

Tabela 2: Kemična analiza jekel, iz katerih je vzeta škaja

Kemijski element v ut. %	Kvaliteta jekel			
	CK 45	VC Mo 140	Utop Mo 1	OCR 12
C	0,39	0,40	0,39	2,06
S	0,007	0,030	0,015	0,027
Si	0,19	0,27	1,06	0,29
Cr	0,29	1,10	5,00	11,46
Ni	0,17	0,30	0,27	0,16
Cu	0,18	0,30	0,22	0,11
Mn	0,58	0,70	0,39	0,47
Mo	0,05	0,18	1,27	0,09
P	0,015	0,035	0,024	0,019
Al	0,004	0,020	0,014	0,06
V	—	—	0,29	—

Škaja železarne Jesenice se ne loči po kvaliteti na mestu nastanka, temveč se zbira v zbiralnice in potem v zabojnike ter se s tovornjakom odvažata na dozerske bunkerje (slika 1). Po potrebi se odvažata iz bunkerjev z zabojniki oziroma tovornjaki za vložek v jeklarno. Škaja vsebuje okrog 28 % Fe₂O₃ in 57 % FeO. Važno je poudariti, da škaja vsebuje približno 6 % vlage, ki ne dela nobenih problemov pri zakladanju v EOP. Točka sintranja znaša 1020°C, mehčanja 1400°C in taljenja 1550°C ter nasipna teža 2,8 t/m³. Škaja v železarni Štore vsebuje približno 40 % Fe₂O₃ in 53 % FeO in neznatne količine drugih elementov, tako da se lahko uporablja kot vložek v EOP. V železarni Ravne je potrebno ločiti škajo na mestu nastanka tako, da bi se lahko uporabljala kot vložek v jeklarskih pečeh. V slovenskih železarnah letno nastane približno 24.000 ton škaje.

Table 2: Chemical Composition of Steel

Wt. %	Steel grade			
	CK45	VC Mo 140	Utop Mo 1	OCR 12
C	0.39	0.40	0.39	2.06
S	0.007	0.030	0.015	0.027
Si	0.19	0.27	1.06	0.29
Cr	0.29	1.10	5.00	11.46
Ni	0.17	0.30	0.27	0.16
Cu	0.18	0.30	0.22	0.11
Mn	0.58	0.70	0.39	0.47
Mo	0.05	0.18	1.27	0.09
P	0.015	0.035	0.024	0.019
Al	0.004	0.020	0.014	0.06
V	—	—	0.29	—

The waste contains 28 % Fe₂O₃ and 57 % FeO. It should be emphasized that the waste contains approx. 6 % of moisture which does not cause any problems in charging of EA furnaces. Sintering, softening and melting point of the waste is 1020, 1400 and 1550°C, respectively. The volume weight is 2.8 t/m³. In Štore Ironworks the waste contains 40 % Fe₂O₃ and 53 % FeO beside small amounts of other compounds so it can be used as addition to EAF charge. In Ravne Ironworks the waste should be sorted according to grade if it is to be used for the charge of EAF. Slovenian ironworks produce about 25 kt/year of mill waste.

UTILIZATION OF MILL WASTE

The use of scale in steelmaking requires its sorting along the whole line from its source, storage, raw material preparation to EA furnace. The scale can be sorted according to chemical composition into alloyed and non-alloyed scale. Alloyed waste is then divided into groups on the basis of quality and alloying elements. The sorted waste must be stored in suitable baskets and containers which are transported to storage terminals.

When using alloyed waste the possibilities for the best utilization of all alloying elements should be considered. First of all the exact amount and composition of alloyed waste should be known. Sorting and storage errors are harmful for production costs and steelmaking technology. The sorting is based on such kind and contents of alloying elements in order to obtain the best recovery of definite alloying element in further processing. Proper reclamation of secondary raw materials is important for the best utilization of expensive materials, ensuring the uniform and high quality level of steel grade and maintaining sound environment. Among problems associated with the use of mill waste for charge of melting furnaces is decline from the planned melt-down composition which results in higher production costs in steelworks and rolling mills because of a rise in stored amount of steel of improper grade. The efficient control of the contents of alloying elements can strongly decrease deviations between the actual and planned chemical composition of the melt and increase the economy of the production of alloyed steel.

Mill waste is added to the charge of melting furnaces as iron and oxygen bearing compound to promote the oxidation in melting stage, and formation of foaming slag after the melt-down. Mill waste brings mainly Fe₂O₃ and FeO which exert favorable influence on dephosphorization which proceeds in an oxidative atmosphere and at appropriate temperature. The results of research (3) have shown that dephosphorization with addition of mill

UPORABA ŠKAJE

Da bi škajo lahko uporabili v procesu proizvodnje jekla, je potrebno njeno ločevanje pri samem izviru, potem pri skladiščenju, pri pripravi vložka in v celotni verigi od nastanka do uporabe v EOP. Škajo lahko ločimo po kemični sestavi, in sicer na legirano in nelegirano. Legirano škajo pa ločimo na osnovi legiranih elementov po skupinah in kvaliteti. Tako ločeno škajo je potrebno skladiščiti v ustrezne košare in zabojnike, ki jih transportiramo v za to določena skladiščna mesta.

Pri uporabi legirne ška je bo treba poiskati možnosti čim boljše uporabe vseh prisotnih legirnih elementov. Zato je zelo pomembno, da poznamo njeno količino in kemično analizo. Napake pri skladiščenju bi bile celo škodljive za ekonomijo in tehnologijo izdelave jekla. Razdelitev po skupinah in kvaliteti poteka na osnovi vsebnosti posameznih elementov in združevanja tistih kvalitet, ki omogočajo maksimalno izkoriščanje teh elementov pri ponovni predelavi. V slovenskih železarnah letno nastane približno 24000 ton ška je. Če legirne elemente dodamo s škajo, potem bomo rabili manj ferolitina. Eden od glavnih problemov pri uporabi ška je v talinih agregatih je odstopanje sestave jekla ob raztalitvi, kar vpliva na povečanje stroškov proizvodnje v jeklarni in valjarni zaradi kopičenja zaloga jekla neustrezne kvalitete. Z učinkovito kontrolo vsebnosti legirnih elementov je možno znižati razlike med načrtovanimi in dejanskimi vsebnostmi legirnih elementov v talini in dvigniti ekonomičnost proizvodnje legiranih jekel.

Škaja se dodaja v taline agregate kot nosilec železa in kisika za potek oksidacijskih reakcij v fazi taljenja in tvorbo peneče žilindre po raztalitvi vložka. S škajo prinašamo v vložek v glavnem Fe_2O_3 in FeO , kar zelo ugodno vpliva na razfosforenjenje taline, saj poteka v oksidativni atmosferi in pri ustrezni temperaturi. Rezultati raziskav³ so pokazali, da je razfosforenjenje taline boljše pri dodatku ška je kot rude, saj je koeficient porazdelitve fosforja med žlindro in talino pri dodatku apna 4,83, škaja 19,54 in rude 11,42. Železov oksid iz ška je pospešuje raztapljanje CaO v žlindri. Na ta način dobimo tekočo aktivno žlindro z že vsebovanim FeO . Razfosforenjenje poteka med taljenjem vložka oziroma njegovi raztalitvi. Izkoristek železa pri šaržah je glede na vrsto dodatka najboljši pri šaržah z dodatkom ška je. Pri teh šaržah je oksidirano manj železa iz taline v žlindro. To je zaradi tega, ker je dodatek ška je prinesel potrebno količino FeO in s tem je zmanjšan FeO , ki je dobljen z oksidacijo železa iz vložka. V železarnah Jesenice in Štore se redno uporablja škaja za razfosforenjenje, razen pri izdelavi kromovih jekel, ker bi se krom oksidiral oziroma povečal se bi njegov prehod iz taline v žlindro. Kisik iz ška je povzroča oksidacijo fosforja in silicija na fazni meji žlindra-talina in je zato potrebno zmanjšati vpihovanje kisika za ustrezno vrednost.

Škaja se zelo uspešno uporablja za desiliciranje sive litine. Za zagotovitev taline z nizkim odstotkom silicija moramo imeti ustrezno sestavo žilindre. Za oksidacijo silicija iz taline rabimo kisik, ki ga veže v SiO_2 in tako prehaja v žlindro, kjer se veže s CaO in železove okside. Železovi oksidi Fe_2O_3 in FeO iz ška je služijo kot oksidanti, tako da namesto čistih komponent sistema $CaO-FeO_n-CaF_n$ uporabljamo škajo za desiliciranje. Rezultati desiliciranja sive litine s škajo so dali izredno dobre rezultate⁴ in je že v praktični uporabi.

Škaja se lahko uporablja kot dodatek pri sintranju železovih rud. V času obratovanja plavžev na Jesenicah in Štorah se je vsa količina ška je uporabljala kot dodatek v mešanico za sintranje. To je zelo koristna surovina, saj

waste is better than with the ore addition. Distribution coefficient of phosphorous ($P\%$ in slag/ $\%P$ in metal ratio) at the addition of lime, mill scale and iron ore was 4.83, 19.54 and 11.42, respectively. Iron oxides in scale promotes dissolving of CaO in slag. Consequently, active and fluid slag with a high content of FeO is obtained. Dephosphorization proceeds during the melting already. The highest recovery of iron was observed in heats made by the addition of mill scale since a lower amount of iron from the charge was oxidized into slag. The addition of mill scale to EAF charge is regularly practised for dephosphorization in ironworks Jesenice and Štore except for the production of stainless steel when the added scale would cause a higher chromium loss. The mill scale in the amount of 2–3% of metal charge is added in the second basket when charging EAF.

The mill waste has been very successfully used for desilicizing of gray cast iron. Appropriate slag must be used to obtain melt with a low silicon content. Oxygen is required to oxidize the silicon to SiO_2 which associates with CaO and iron oxides in slag. Fe_2O_3 and FeO from scale serve as oxidizing means, therefore the scale can be used instead of pure compounds of $CaO-FeO_n-CaF_n$ slag system for desilicizing. Since very good results (4) were obtained in desilicizing of gray cast iron with mill scale it has been introduced into practice.

Mill waste can be used as an addition in the sintering of iron ores. Until the shutdown of blast furnaces in Jesenice and Štore ironworks all mill waste had been regularly used as addition to sintering mixture. It was very useful since it resulted in a higher strength and iron content of sinter. Mill waste additions of 5–7% to sintering mixture have been used in ironworks which still produce pig iron.

UTILIZATION OF TURNINGS

Turnings are produced by machining in mechanical shops processing steel. Turnings are composed of metallic particles of different size and shape. Chemical composition of turnings depends on the kind of material machined. Turnings can be recycled by adding to metal charge in steelmaking furnaces however, certain difficulties due to alloy content, proper collecting and volume weight have to be overcome. A low volume weight is particularly characteristic for turnings obtained from low carbon steel. The utilization of turnings requires appropriate collecting and grouping according to chemical composition. Turnings of low volume weight can be grinded and pressed into briquettes for the charge of electric arc furnace. Before pressing turnings which often contain oil must be cleaned by the use of detergent or by roasting at $560^\circ C$. Authors (5) hold that cleansing from oil is not necessary because oil and fats burn and produce additional thermal energy improving the heat balance of EAF. An investigation showed that addition of turnings containing oil to the charge of EAF producing bearing steel resulted in 9.4% reduction of energy consumed per ton of crude steel. However, it should be noted that oils and fats evaporate at higher temperatures which can result in an explosive gaseous mixture.

High grade turnings and similar waste can be remelted in induction furnaces and foundries at times of free capacity (6). The blocks produced in this way of known and uniform composition are used in the production of alloyed steel. Remelting of turnings in an induction furnace can exert favorable influence on electrical

je povečevala trdnost in vsebnost železa v sintru. V železarnah, kjer še proizvajajo grodelj, uporabljajo škajo pri izdelavi sintra, in sicer v količinah med 5 in 7 %.

UPORABA OSTRUŽKOV

Pri mehanski obdelavi jekla nastaja jekleni odpadki, ki ga imenujemo ostružki. Sestavljeni so iz kovinskih delcev različne oblike in velikosti. Kemična analiza ostružkov je različna, saj je odvisna od vrste materiala, ki se obdeluje. Ostružki predstavljajo povratni material, ki ga lahko uporabimo kot dodatek vložku pri proizvodnji jekla, vendar se pojavljajo določene težave, in sicer glede stopnje legiranosti, pravičnega združevanja in voluminoznosti, ki je zlasti izrazita pri ostružkih, nastalih iz mehkejših vrst jekel. Da bi sploh lahko uporabili ostružke, jih je obvezno ločiti po posameznih vrstah ali skupinah, odvisno od kemične sestave obdelanega jekla. Voluminozne ostružke lahko drobimo in nato briketiramo ter kot briquete zalagamo v EOP. Pred briketiranjem drobnih ali predhodno zdrobljenih ostružkov jih je potrebno razmastiti, če vsebujejo maščobo. Ta postopek se lahko izvrši z detergenti ali pa s sežigom pri približno 560°C. Nekateri avtorji⁶ trdijo, da ni potrebno razmaščevanje, ker olja in maščobe zgorevajo in pri tem nastaja določena količina toplote, kar zelo ugodno vpliva na porabo energije. Rezultati raziskav so pokazali, da se pri proizvodnji jekla za kroglične ležaje iz vložka, kjer so bili dodajani ostružki, ki so vsebovali maščobe, pridobi okrog 9,4 % celotne potrebne energije za pridobivanje ene tone jekla. Vendar je potrebno opozoriti, da se maščobe in olja vplinjajo ter pri določenih pogojih nastaja eksplozivna zmes.

Možno je pretaljevanje visokovrednih ostružkov in pomešanih odpadkov v indukcijskih pečeh ali v livarnah, ko so proste kapacitete⁶. Iz taline se naredijo odlitki znane kemične sestave, ki jih lahko dodajamo kot vložek za proizvodnjo legiranih jekel. Pretaljevanje ostružkov v indukcijski peči lahko pozitivno vpliva na elektro prevodnost vložka v času taljenja in s tem na skupni čas izdelave taline. V času zakladanja kosovnega kovinskega vložka, kakor tudi v času taljenja, je potrebno medprostoroje zapolniti z dodatkom ostružkov. Ostružke lahko dodajamo tudi na površino taline, samo s pogojem, da je v nivoju indukcijskega segrevanja.

V slovenskih železarnah se ostružki v glavnem uporabljajo kot vložek v taliniških agregatih. Vendar je potrebno pri predelovalcih legiranih jekel narediti razdelitev ostružkov po skupinah⁷ na osnovi kemične analize že na mestu nastanka in v skladišču.

UPORABA ODBRUSKOV

Obruski nastajajo pri brušenju jekla in je njihova kemična sestava odvisna od vrste in kvalitete jekla. V glavnem nastajajo tri frakcije odbruskov, in sicer prva, ki pada v zaboj pod brusilnim strojem in je praktično čista kovinska substanca, ostali dve frakciji se zbirata v multiciklonih odpraševalne naprave in vsebujeta fini prah, odpadke brusilnih plošč in neznatne količine korunda. Nekatere druge vrste odbruskov vsebujejo tudi maščobe in emulzije. Prva frakcija odbruskov se že uporablja kot vložek za proizvodnjo jekla, vendar se morajo ločiti po kemični sestavi, kot pri škaji in ostružkih. Ostali dve frakciji, ki vsebujeta ostanke brusilnih plošč, korund, olja in emulzije, predstavljata določene težave pri uporabi. Zato bi bilo potrebno izvršiti razmaščevanje in potem magnetno separacijo. Tako očiščeni odbruski se briketirajo ali peletirajo.

V slovenskih železarnah nastane letno približno 10.000 ton in so se že začeli uporabljati kot vložek za

conductivity of charge during melting which results in a reduction of time required for melt-down. When charging and during melting empty interspaces should be filled by turnings. Turnings can also be added to the melt surface if it is on the level of induction heating.

Turnings have been used in Slovenske železarne only as addition to the charge of melting furnaces. However, in steelworks which produce alloyed steel, turnings should be properly grouped (7) on the basis of chemical composition on the site of source as well as in storage.

UTILIZATION OF GRINDING WASTE

Chemical composition of grinding waste depends on the sort and grade of grinded steel. There are three fractions of grinding waste. The first is collected in the box placed immediately under grinding wheel. It is practically pure metal. Other two fractions are obtained in dedusting cyclones and contain fine powder, fine particles of worn-out grinding wheels and a slight amount of corund. Grinding waste sometimes contains oil and emulsions. The first fraction has already been used for the charge of steelmaking furnaces. It must be grouped on the basis of chemical composition similarly as mill waste and turnings. The use of the latter two fractions causes difficulties. They must be cleansed from oil and emulsion and subjected to magnetic separation. Afterwards the material can be pressed into briquettes or pelletized.

There are 10000 ton per year of grinding waste in Slovenske železarne. Its utilization as charge addition in steelmaking furnaces has already started. The results obtained are encouraging, therefore relevant investigation should be continued.

CONCLUSIONS

In Slovenske železarne thousands of tons of iron bearing waste are produced annually. This secondary raw material can be successfully utilized as addition to the charge for steelmaking furnaces. Basic condition for its usage in melting furnaces is its proper classification into several grade groups on the site of its source. The reclamation of waste is important from economic as well as from ecologic viewpoint.

Mill waste has been very successfully used instead of iron ore for charge of electric arc furnace. It brings Fe_2O_3 and FeO which have very favorable influence on dephosphorization of melt. The iron oxides promote dissolving of CaO in slag which results in the formation of active and fluid slag. Mill waste has also been used for desilicizing of gray cast iron instead of synthetic mixtures of different oxides and as an addition to the sintering mixture in sintering of iron ores.

Turnings from machining have already been used for the charge of various melting furnaces despite difficulties arising from sorting and grouping on the site of source and in storage.

There are three fractions of grinding waste produced when grinding steel. Coarse fraction is purely metallic and has already been used in steelmaking. Two other fractions composed of fine iron powder, corund and powdered particles of worn-out grinding wheels have not yet been utilized.

Grinding waste containing oil and emulsion are not used either. However, investigation is being continued to obtain pure metallic material which could be subsequently pelletized or pressed into usable briquettes.

proizvodnjo jekla. Rezultati so zelo vzpodbudni, tako da bo z raziskavami treba nadaljevati.

ZAKLJUČKI

V slovenskih železarnah nastane letno približno 24000 ton škaje, 7000 ton odstružkov in 10000 ton odbruskov. Osnovni pogoj, da se lahko uporabijo v talilnih agregatih, je ta, da jih je potrebno razdeliti že na izviri nastanka po skupinah na osnovi posameznih in podobnih elementov. Njihova predelava je pomembna iz dveh razlogov, in sicer ekonomskega in ekološkega.

Škaja se zelo uspešno uporablja kot vložek v elektroobložni peči namesto rude. Prinaša s seboj železove okside Fe_2O_3 in FeO , kar zelo ugodno vpliva na razfosforenjenje taline. Železov oksid iz škaje pomaga tudi raztapljanju CaO v žlindri, tako da se dobi tekoča aktivna žlindra. Uporablja se tudi za desiliciranje sive litine namesto sintetičnih mešanic različnih oksidov in kot dodatek v mešanico za sintranje železovih rud.

Ostružki se že uporabljajo kot vložek v različnih talilnih agregatih, čeprav so težave pri ločevanju na mestu nastanka in v skladišču.

Pri brušenju jekel nastajajo tri frakcije odbruskov. Groba frakcija, ki je praktično čista kovina, se že uporablja pri proizvodnji jekla, toda ostali dve drobni frakciji, ki sta sestavljeni iz finega železovega prahu, korunda in ostankov brusnih plošč, se ne uporabljata.

Nekateri odbruski vsebujejo tudi olja in emulzije in se tudi ne uporabljajo, vendar se raziskave na tem področju nadaljujejo, da bi se dobila čista kovinska substanca, ki bi se potem briketirala ali peletirala.

LITERATURA/REFERENCES

1. J. P. Morgan, D. J. Shellenberg: Hot Band Pickle-Patch: Its Cause and Elimination, *Journal of Metals*, 1965, 1121—1125
 2. L. Kosec: Škajanje jekel in oprijemljivost škaje. Poročilo Metalurškega inštituta, Ljubljana, 1974
 3. N. Smajić, J. Arh, B. Arh: Razfosforenjenje v električni obložni peči, Poročilo Metalurškega inštituta, Ljubljana, 1987
 4. L. Lamut, F. Mlakar, V. Tucić: Znižanje silicija v talini za trde valje, Poročilo FNT, VTOZD Montanistika, Odsek za metalurgijo, Ljubljana, 1984
 5. D. Ameling, R. Baum, S. Köhle, H. W. Kreutzer: Entwicklungsrichtungen bei der Stahlerzeugung in Lichtbogenöfen, *Stahl und Eisen*, 1981, 4, 27—37
 6. J. Agst: Dritte Duisburger Recycling-Tage, 1988, 177—206
 7. G. Todorovič, J. Lamut, V. Rakovec, G. Manojlovič, S. Kovačić, J. Apat: Uporaba lastnih odpadnih surovin za vložek pri izdelavi jekla, Poročilo Metalurškega inštituta, Ljubljana, 1988
1. J. P. Morgan, D. J. Shellenberg: Hot Band Pickle-Patch: Its Cause and Elimination, *Journal of Metals*, October 1965, 1121—1125.
 2. L. Kosec: Scalling of Steel and Scale Adherence to Steel Surface, Report of Metallurgical Institute, Ljubljana, 1974.
 3. N. Smajić, J. Arh, B. Arh: Dephosphorization in Electric Arc Furnace, Report of Metallurgical Institute, Ljubljana, 1987.
 4. L. Lamut, F. Mlakar, V. Tucić: Desiliconizing of Iron Melt for Hard Rolls, Report of FNT, VTOZD Montanistika, Department for Metallurgy, Ljubljana, 1984.
 5. D. Ameling, R. Baum, S. Köhle and H. W. Kreutzer: Entwicklungsrichtungen bei der Stahlerzeugung in Lichtbogenöfen, *Stahl und Eisen*, 1981, 4, 27—37.
 6. J. Agst: Dritte Duisburger Recycling-Tage, 1988, 177—206.
 7. G. Todorovič, J. Lamut, V. Rakovec, G. Manojlovič, S. Kovačić, J. Apat: The Usage of Own Waste Material in Steel-making, Report of Metallurgical Institute, Ljubljana, 1988.