

ECONOMIC BASIS OF STEEL SLAG TRANSFORMATION INTO USEFUL MATERIAL – CASE STUDY “RACA – ZENICA”

EKONOMSKE SNOVE PRETVORBE TROSKE IZ ČELIČANA U KORISNU SIROVINU NA PRIMJERU “RAČA – ZENICA”

HADZIC, Faruk & PAOCIC, Almir

Abstract: *In modern times, industrial non-hazardous waste, especially its management represents a significant challenge for the whole society. Disposal of industrial non-hazardous waste is a socially useful work, which allows the removal of waste from nature, and its permanent disposal. This paper will address the transformation of steel slag, as non-hazardous industrial waste into useful secondary material, its certification and sales on market.*

Key words: *industrial non-hazardous waste, steel slag, economic development, small and medium enterprises, business process management in conditions of recession.*

Sažetak: *U današnjem vremenu, industrijski neopasni otpad, pogotovo njegovo zbrinjavanje predstavlja značajan izazov za cijelo društvo. Sanacija industrijski neopasnog otpada predstavlja društveno koristan posao, koji omogućava otklanjanje otpada iz prirode i njegovo trajno zbrinjavanje. U ovom radu će biti riječi o procesu pretvorbe troske, kao industrijski neopasnog otpada u korisnu sirovinu, njenom certificiranju i načinu tržišnog plasmana.*

Ključne riječi: *industrijski neopasni otpad, troska iz čeličana, ekonomski razvoj, razvoj malog i srednje poduzetništva, upravljanje poslovnim procesima u uvjetima recesije*



Authors' data: Faruk, **Hadzic**, dipl.oecc, MLM-SA doo, Kranjčevićeva 18, Sarajevo, faruk.hadzic@mlm-group.com; Almir, **Paocic**, dipl.oecc, Udruženje ekonomista "Academic", Mije Keroševića 3, Tuzla, almir@academic.ba;

1. Uvod

Otpad iz industrije je definiran kao otpad koji nastaje kao direktna posljedica procesa u industriji. Otpad iz industrije se može dijeliti na otpad koji je komunalni, te se može sakupljati u kontejnerima i odlagati na komunalna odlagališta (papir, otpad iz kuhinja i domaćinstava, ambalaža) i raznovrsni, heterogeni otpad koji je specifičan za svaku industrijsku granu, i zahtijeva neku vrstu tretmana prije konačnog zbrinjavanja. Oba toka otpada se mogu dijeliti na neopasni i opasni otpad, u skladu sa karakteristikama otpada. Neopasni otpad iz industrije uključuje i otpadnu šljaku, pepeo i jalovinu, otpadni pijesak iz livnica i sl., kojeg je količinski veoma puno. To znači, da količinski gledano, zbog velikih količina navedenih vrsta otpada, nekih 99% industrijskog otpada je neopasni otpad. Troska kao otpad je najčešće poprilično inertan te ne predstavlja probleme po pitanju toksičnog djelovanja ili radioaktivnosti. Glavni problem s ovom vrstom otpada se veže za značajnu količinu i zapreminu, prvenstveno zbog zauzimanja prostora, estetsko- funkcionalnog izgleda, narušavanja kvalitete tla na kojem se nalazi i utjecaja na okoliš u tako velikim količinama.

Vrsta troske ovisi o vrsti metala (crni ili obojeni metali) koji se prerađuje. Različiti procesi taljenja proizvode različite troske. U procesu taljenja obojenih metala razdvajaju se željezo i silicij, koji se često nalazi s tim rudama, pri čemu nastaje troska na bazi silicija. Tako nastala troska sadrži visok udio čelika. Nasuprot tome, taljenje crnih metala daje potpuno nemetalnu trosku jer je sav čelik iskorišten pri procesu taljenja.

Takve vrste troske uglavnom sadrže okside kalcija, magnezija i aluminija[1].

2. Nastajanja troske iz čeličana

Čeličanska troska, nusproizvod u proizvodnji čelika, nastaje tokom separacije rastopljenog čelika od nečistoća u pećima za proizvodnju čelika. Nečistoće ovdje čine ugljikov monoksid te silicij, mangan, fosfor i nešto željeza u obliku tekućih oksida. Pomiješane s vapnom i dolomit-vapnom, te nečistoće stvaraju čeličansku trosku. Budući da se pri preradi čelika razlikuju tri postupka: bazni kisični (BOF), postupak u plamenoj peći (SM) i postupak prerade u električnoj peći (EAF), iz navedenih postupaka proizlaze i nazivi čeličanskih troski [2].

Kada je u pitanju deponija „Rača – Zenica“, industrijski otpad je intenzivno odlagan od 1960-ih godina pa sve do 1992. godine, gdje veliku stavku čini upravo i čeličanska troska. Također, od početka 1992. godine do danas i dalje se vrši odlaganje industrijskog otpada iz Željezare Zenica (to jest Arcelor Mittala Zenica), ali u znatno manjim količinama u odnosu na period prije 1992. godine.

Prema raspoloživim podacima Željezare Zenica, na deponiji industrijskog otpada „Rača“ do 1992. godine odloženo je 9.336.000 m³ ili cca 19.000.000 tona.

Na slici 1. je prikazan dio deponije troske „Rača Zenica“.



Slika 1. Deponija troske "Rača – Zenica"

2.1. Osobine troske na deponiji „Rača Zenica“

Na temelju rezultata analize troske iz Zenice utvrđen je sljedeći kemijski sastav prema tablici 1.

U Centralnom laboratoriju CSS d.o.o. Zagreb provedena su ispitivanja karakterističnih fizikalno-mehaničkih svojstava industrijskog agregata laboratorijske oznake A-2034 (naručiteljeva oznaka „Troska iz čeličane“ i A-2078 (naručiteljeva oznaka „Troska iz čeličane – svježi uzorak“), uzorkovanog na deponiji u Zenici, BiH. Dostavljeni uzorci, maksimalne veličine zrna 63 mm su drobljeni u laboratorijskoj drobilici nakon čega su iz dobivene drobine, laboratorijskim prosijavanjem dobivene frakcije 0/4, 4/8, 7/10, 8/16, 10/14 i 16/22 mm odnosno 16/32 mm. Na navedenim fracijama ispitan je oblik zrba, otpornost na drobljenje metodom Los Angeles, upijanje vode, gustoća zrna, otpornost na poliranje, otpornost na smrzavanje metodom kristalizacije magnezij-sulfata te prionljivost bitumena za zrna agregata.

Rezultati pokazuju da je troska pogodna za preradu i daljnje korištenje kao sekundarna sirovina. Tokom narednih ispitivanja na institutima pokazalo se da prerađena troska pokazuje bolje rezultate za korištenje nego prirodni kamen.

Oznaka uzorka	ZE 10-10 1	ZE 10-10 2	ZE 10-10 5
Kemijski parametar (%) mas.)			
Gubitak žarenjem	+	0,89	+
SiO ₂ +netopivo	17,23	32,01	31,52
Fe ₂ O ₃	22,32	10,36	14,55
Al ₂ O ₃	8,66	8,66	5,35
CaO	35,02	30,82	31,10
MgO	1,41	12,09	6,65
SO ₃	0,62	0,21	2,20
S ²⁻ izražen kao SO ₃	0,64	0,19	2,92
Na ₂ O	0,31	0,31	0,69
K ₂ O	0,14	0,14	0,83
CuO	3,98		2,78
MnO	1,68	1,25	0,39
NiO	0,00	0,03	0,01
Cr ₂ O ₃	0,17	0,39	0,14
P ₂ O ₅	0,07	0,00	0,01
Ukupno:	92,34	97,35	99,14
Gustoća (g/cm ₃)	3,97	3,39	3,07

Tablica 1. Kemijski sastav uzorkovane troske

3. Proces transformacije troske iz čeličana u korisnu sirovinu

Troska iz čeličana, koja je odložena na deponiji, se ne može koristiti i certificirati za upotrebu bez posebne dorade. Kako bi se ova troska doradila potrebno je koristiti tehnologiju zasnovanu na korištenju posebne mehanizacije, sa ciljem da se troska usitni, izvadi metalna supstanca, čije prisustvo smanjuje kvalitet finalnog proizvoda, te dovede na odgovarajuću veličinu.

Čitav proces se može podijeliti na nekoliko cjelina.

3.1. Usitnjavanje i primarno razdvajanje troske

Rovokopačima se kopa troska prema planu kojim se ne stvaraju klizišta i rupe, već sustavno i cjelovito kreće u sanaciju zemljišta. Na rovokopačima se nalaze magneti koji vrše prvu separaciju željeza. Prva separacija željeza podrazumjeva odvajanje većih i vidljivih komada sirovog željeza koji se ne nalaze u ili su obloženi komadima troske. U slučaju da se nađe na velike i kompaktne gromade troske, oni se udaraju i usitnjavaju. Iskopana i usitnjena troska se stavlja na utovarivače gdje se ujedno nalazi i vaga kojom se određuje masa troske. Utovarivačima se dalje stavlja na kamione i

prevozi do sljedeće faze pogona. Utovarivačima se iz kamiona usitnjena troska stavlja u utovarni koš s rešetkom gdje se razdvajaju komadi od 0- 32 mm i komadi veći od 32 mm. Komadi veći od 32 mm transportnim trakama odlaze prema drobilici gdje se troska melje na komade manje od 32 mm. Na transportnoj traci (ispred drobilice) se nalazi magnetni bubanj koji separira željezo. Nakon usitnjavanja na izlazu iz drobilice se vrši treća sepracija željeza, te se troska vraća transportnom trakom do utovarnog koša gdje ponovno prolazi fazu razdvajanja. Troske veličine od 0- 32 mm odlazi direktno na sita za prosijavanje transportnom trakom. Ispred sita se nalazi četvrti magnet koji vrši separaciju željeza. Također postoji drugo sito s utvoranim košem bez magneta. Na njega se izravno utovara iskopana troska. Sirovo željezo sa svih mjesta separacije se utovaruje na kamione i odvozi do predviđenog spemišta sekundarnih sirovina unutar samog pogona.

Iskustva i u drugim zemljama pokazuju da je predviđena frakcija, na osnovu koje se vrši razdvajanje i oblikovanje troske, pogodna za korištenje [3].



Slika 2. Primarno razdvajanje troske

3.2. Faza razdvajanja

Na situ za prosijavanje se također vrši separacija željeza i to na ulaznoj traci u sito. Sito se sastoji od četiri pomoćna sita s različitom širinom očica, te prosijava trosku na četiri frakcije: 0- 4 mm, 4- 8 mm, 8- 16 mm i 16- 32 mm. Nakon svakog pomoćnog sita postoji izlazna traka koja odvozi tu frakciju. Prema potrebi može se

preskočiti faza prolaska kroz sva pomoćna sita da bi se dobila frakcija 0- 32 mm. Drugo sito nema magnet te prosijava trosku na frakciju 0- 63 mm sa varijacijama. Komadi veći od 63 mm se vraćaju transportnom trakom prema sustavu primarne drobilice i prvog sita. Sve sekundarne sirovine se utovaraju u transportna vozila (kamione) i odvoze predviđenog spemišta sekundarnih sirovina unutar samog pogona.

3.3. Dobivene sekundarne sirovine

1. Na svakom mjestu separacije željeza (na rovokopaču, na ulaznoj traci u drobilicu i na izlaznoj traci iz drobilice i na ulaznoj traci u sito) sakupljeno željezo se na licu mjesta sprema u male kontejnere i transportnim vozilima odvozi do bokseva na mjestu skladištenja sekundarnih sirovina unutar samog pogona (deponija). Željezo se putem tehnologije magneta različite jakosti razdvaja prema klasi to jest prema postotku čistog željeza- 75% do 92% udjela Fe u željezu. Sirovo željezo se koristi kao sekundarna sirovina za legiranje u željezarama i čeličanama. Zbog smanjenja prirodnih nalazišta i rudnika, sirovo željezo iz industrijskog otpada predstavlja važan resurs za te industrije.

2. Na prvom situ, separacijom željeza i procesom drobljenja troske dobiva se agregat kamena koji nakon izdvajanja metala, te zbog visoke reaktivnosti i visokog sadržaja metalnih oksida plasira na tržište kao zamjenski agregat kamena za izradu cementa, betona, građevinskih tampona i materijala za nasipanje. Nakon izlaska s transportne trake svaka frakcija agregata kamena će se utovarivačima prenijeti i ostaviti na gomili na otvorenom na mjestu skladištenja sekundarnih sirovina unutar samog pogona (deponija i to na frakcije 0- 4 mm, 4- 8 mm, 8- 16 mm i 16- 32 mm koje se koriste u betonskoj industriji, a frakcija 0- 32 mm u industriji tampona i nasipa.



Slika 3. Dobivene sekundarne sirovine preradom troske



Slika 4. Dobivene sekundarne sirovine preradom troske

3. Na drugom situ, prosijavanjem se dobiva frakcija 0- 63 mm tj. doradena troska koja se nakon izlaska s transportne trake utovarivačima prenosi i skladišti na otvorenom na mjestu skladištenja sekundarnih sirovina unutar samog pogona (deponija).

4. Mogućnosti primjene troske kako sekundarne sirovine

Dosadašnja iskustva su nam pokazala da se prerađena čeličanska troska može primjenjivati u:

1. U hidroinžinjskim građevinama - Čeličanska troska s obzirom na visoku gustoću pogodna je kao konstrukcijski materijal za hidroinženjerske građevine. Osim za oblaganje pokosa, upotrebljava se i za regulaciju vodotoka, te nasipavanje erodiranih korita kako bi u sušnom razdoblju voda bila usmjerena u plovna korita (Slika 5). [4]
2. U gradnji saobraćajnica - Čeličanske troske mogu se predrobiti u agregate visoke kvalitete u usporedbi s prirodnim kamenom. Takav se agregat odlikuje visokom čvrstoćom, visokom otpornošću na klizanje i prianjanjem veziva, što ga svrstava u agregate za slojeve vrlo prometnih cesti, te naročito za gornje asfaltne slojeve. Upotrebom čeličanske troske u asfaltu nastaje izvrstan proizvod (slika 6). [5]



Slika 5. Korištenje troske za regulaciju vodotoka

Posebna pogodnost sa ekonomskog aspekta se ogleda u činjenici da se lokacija, na kojem se vrši iskopavanje troske i njeno pretvaranje u sekundarnu sirovinu, nalazi u krugu od nekoliko kilometara gdje se gradi autoput Vc. Pogodnost prerađene čelicanske troske, koja je certificirana kao material pogodan za korištenje u gradnji određenih slojeva saobraćajnica, ogromna je prije svega sa aspekta zaštite okoliša, jer se koristi materijal koji je godinama odlagan kao industrijski otpad. Sa aspekta ekonomije, pogodnosti su velike, jer se kroz ovaj vid prerade otvaranju mnoga radna mjesta, dobija se materijal koji je kvalitetniji i jeftiniji od prirodnog kamena, čime se stimulira ekonomska aktivnost, posebno u uslovima recesije, koja je prisutna u značajnoj mjeri u građevinskom sektoru.



Slika 6. Asfalt izgrađen od čeličanske troske

7. Zaključak

Cilj ovog rada bio je da se prikaže da industrijski otpad, u ovom slučaju čeličanska troska, može biti korisna iz više razloga, kada se ona pretvori u sekundarnu sirovinu, pogodnu za tržišni plasman.

Sam proces pretvorbe troske u sekundarnu sirovinu je složen. Potrebno je koristiti multidisciplinirani pristup, prije svega tehničko-tehnoloških znanja, kao i znanja iz oblasti marketinga, kako bi se ostvario cjelokupni uspjeh u upravljanju ovim vidom poslovanja.

Projekti ove vrste, doprinosi prije svega zaštiti okoliša, jer se industrijski otpad trajno zbrinjava, otvaranju se nova radna mjesta, koristi se materijal u građevinskoj industriji koji je jeftiniji i kvalitetniji, što posebno djeluje na rast i razvoj lokalne zajednice, kao i na povećavanje ekonomske aktivnosti u uslovima recesije.

Poseban izazov u pisanju ovog rada bilo je nedostatak literature i pozitivnih slučajeva korištenja ovog materijala kao sekundarne sirovine na ovom području Europe.

8. Literatura

- [1] Netinger, I.; et al. (2008). Primjena zgre u graditeljstvu, *Zbornik radova sa Sabora hrvatskih graditelja*, str. 281-292, UDK 666.88.001.7, Cavtat, studeni, 2008, Cavtat
- [2] Sredojević.J; (2006). *Reciklaža otpada*, Univerzitet u Zenici – Mašinski fakultet, ISBN 9958-617-29-3, Zenica
- [3] Dunster, A. M.: Blast furnace slag and steel slag as aggregates: A review of their uses and applications in UK construction, 3rd European Slag Conference – Proceedings "Manufacturing and Processing of Iron and Steel Slags", Euroslag Publication, Keyworth, UK, 2002., str. 21-29.
- [4] Bowden, L. I., Younger, P. L., Robinson, H., Ghazireh, N., Johnson, K. L.: The sustainable use of basic oxygen steel slag (BOS) to treat contaminated waters, 4th European Slag Conference – Proceedings "Slags-Providing Solutions for Global Construction and other Markets", Euroslag Publication, Oulu, Finland, 2005., str. 267-280.
- [5] Jones, N.: The use of steel slag aggregate for stone column ground stabilisation, 4th European Slag Conference – Proceedings "Slags-Providing Solutions for Global Construction and other Markets", Euroslag Publication, Oulu, Finland, 2005., str. 109-118.



Photo 042. Holy Spirit / Sveti Duh