

X Naučno/stručni simpozij sa međunarodnim učešćem  
„METALNI I NEMETALNI MATERIJALI“ Bugojno, BiH, 24.-25. april 2014.

## ANALIZA I RACIONALIZACIJA POTROŠNJE ENERGENATA U LIVNICI SIVOG LIVA

### ANALYSIS AND RATIONALIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN GRAY IRON FOUNDRY

**Mr. sc. Sedad Mušinović dipl.ing**

**Bosio d.o.o**

**Zenica**

**Doc. Dr. sc Hasan Avdušinović**

**Fakultet za metalurgiju i materijale,**

**Zenica**

**Mr. sc. Šehzudin Dervišić dipl. ing**

**Pobjeda Tešanj „Livnica Turbe“**

**Travnik**

**Kategorizacija rada:** Stručni rad

#### **SAŽETAK**

*Ovaj rad opisuje analizu i racionalizaciju potrošnju energenata u livnici sivog liva CIMOS TMD Casting Zenica. Na osnovu rezultata analize definisana su ključna mjesta neracionalne potrošnje i predložene su mjere za smanjenje potrošnje energenata, a time i smanjenje troškova proizvodnje. Najznačajniji udio u potrošnji energenata, a samim tim i u finansijskom smislu predstavlja potrošnju električne energije. Razlog za to je karakter energetske – tehnoloških postupaka i instalirane opreme koja za svoj rad zahtijeva velike količine energije. Analiza potrošnju električne energije iskoristiti će se kao polazna osnova za racionalizaciju potrošnju električne energije i energenata po jedinici proizvoda.*

**Ključne riječi:** livnica sivog liva, energija, analiza i racionalizacija potrošnje energije.

#### **ABSTRACT**

*This paper describes the analysis and rationalization of energy consumption in gray iron foundry CIMOS TMD Casting Zenica. Based on results of analysis the key points are defined rationalized and measures proposed to reduce energy consumption, and therefore reduce production costs. The most significant share of energy consumption, and therefore in the financial sense, is electrical energy consumption. The reason for this is energetic – technological processes and installed equipment that requires major amount of energy. Analysis of energy consumption is the starting point for the rationalization of energy consumption per unit of basic products.*

**Keywords:** gray iron foundries, energy, analysis and rationalization of energy consumption.

## **1. OSNOVNI ENERGENTI U PROIZVODNJI ODLIKVAKA OD SIVOG LIVA**

Industrija livenja željeznih proizvoda veliki je potrošač energije unutar široke grane metalurgije. Liveni željezni proizvodi su vrlo raznoliki po konstrukciji, namjeni i složenosti izrade, a kreću se od običnih željeznih cijevi i raznih profila do složenih odlivaka, kao što su kućišta automobilskih motora i drugih strojeva.

Na osnovu hemijskog sastava i oblika izlučenog grafita grupu željeznih livova dijelimo na dvije osnovne vrste i to: željezni livovi sa grafitom (sivi lamelarni, vermikularni, nodularni i temper liv) i željezni livovi bez grafita (željezni liv sa gradijentnom strukturom, perlitni bijeli liv, Ni – hard željezni liv i visokokromni željezni liv). Prema navedenoj podjeli, svaka od navedenih vrsta liva ima svoje specifičnosti u procesu proizvodnje, pa se na osnovu tih specifičnosti razlikuju i u ukupnoj potrošnji energije, odnosno utrošku specifične energije na jednu tonu proizvedenog liva. Specifična potrošnja energije u pojedinim livnicama kreće se u širokom rasponu od 14 do čak 60 GJ po jednoj toni željeznih odlivaka, što djelomice ovisi o vrsti proizvoda i materijala koji se koristi, ali istodobno ukazuje i na posljedicu veće odnosno manje učinkovitosti u iskorištenju energije.

U livnicama se upotrebljavaju različite vrste energije, kao što su: električna energija, energija komprimiranog zraka, čvrsta, tečna ili plinska goriva, para, topla i hladna voda, itd. Energija se troši u različitim količinama, prema režimu potrebe, koji zavisi od primjenjenog tehnološkog procesa u proizvodnji. Izbor optimalnog snabdijevanja energijom određuje se na osnovu tehničko ekonomskih uporednih analiza različitih varijanti energetske rješenja, koja se baziraju na razrađenim stvarnim potrebama za energijom, ostvarivanjem veza sa spoljnim izvorima energije koristeći energiju postojećih energetskih postrojenja ili energiju novo izgrađenih energetski postrojenja. [1]

## **2. ANALIZA POTROŠNJE ENERGIJE**

Dosadašnja istraživanja i analize potrošnje energije urađene u livnici Cimos TMD Casting d.o.o. Zenica, pokazuju da potrošnja energije izražena po jedinici proizvoda (kW/t gotovog proizvoda) u velikoj mjeri prelazi prosječnu potrošnju energije u europskim i svjetskim livnicama istih ili sličnih karakteristika. Energenti koji se koriste u tehnološkom procesu u livnici Cimos TMD Casting Zenica su: električna energija i zemni plin, dok se takođe koriste i voda i komprimirani zrak koji se na neki način mogu ubrajati u energente. Za većinu svojih procesa livnica koristi električnu energiju, najveći potrošači električne energije su indukzione peći u kojima se vrši topljenje materijala, livne mašine (livni automati) za livenje tečnog metala u kalupe i koji imaju mogućnost indukcionog dogrijavanja taline, te ostale mašine i uređaji koji za svoj rad koriste električnu energiju. Livnica CIMOS TMD Casting d.o.o. Zenica napaja se električnom energijom iz distributivne mreže preko dva 20 kW kabla iz TS 110/35/20 kW Zenica 4, sa vlastite trafostanice TS 20/x kW „CIMOS“.

Zemni plin u livnici se koristi za: zagrijavanje prostorija upravne zgrade i laboratorija, sintranje vatrostalne obloge nakon remonta topioničkih i livnih peći, sintranje i predgrijavanje vatrostalne obloge na livačkim lonacima za transport taline, rad mašina za izradu jezgri po Croning postupku (pečenje jezgri) i dr. Livnica se snabdijeva zemnim plinom preko plinovoda iz preduzeća Arcelor Mittal Steel Zenica d.o.o. Zenica.

Snabdijevanje vodom vrši se iz gradske mreže, dok se za tehnološku upotrebu koristi voda iz recirkulacionog bazena. Voda iz recirkulacionog bazena najviše se koristi za hlađenje namotaja indukzione peći. Ovaj sistem hlađenja peći je zatvoren, voda kontinuirano cirkuliše i nema kontakta sa materijama kojima bi se mogla onečistiti. Voda iz sistema hlađenja peći se ne ispušta u kanalizaciju, što je veoma bitno sa stanovišta uticaja na okoliš. Veći dio svježe vode iz gradske

mreže se utroši za pripremu kalupne mješavine i za sanitarne potrebe. S obzirom na kompleksnost livničkog procesa, trenutno ne postoji mogućnost razdvajanja količine vode utrošene za industrijske potrebe i utrošak vode za sanitarne potrebe.

Komprimirani zrak u livnici igra značajnu ulogu kao energent i zauzima značajno mjesto u tehnološkom procesu. S obzirom na visok stepen mehanizacije i automatizacije livnice, veliki broj mašina i uređaja u livnici koristi za pogon komprimirani zrak. Osnovni i najznačajniji potrošači komprimiranog zraka u livnici su:

- kaluparska linija (formarska linija)+GF+ i Disamatic,
- mašina za izradu jezgara, pneumatski uređaji za istresanje, čišćenje i brušenje odlivaka,
- pneumatski i vibracioni uređaji za remont i sanaciju ozida topioničkih peći, livnih peći i livnih lonaca,
- gorionici za sintranje vatrostalne obloge i predgrijavanje topioničkih peći, livnih peći i livnih lonaca.

Livnica se snabdijeva komprimiranim zrakom iz vlastite kompresorske stanice. Rad kompresora podešava se potrebama livnice, a zavisi od dinamike i kapaciteta rada livnice. Na osnovu prosječnog broja radnih dana u mjesecu i kapaciteta kompresorske stanice, možemo odrediti potrošnju komprimiranog zraka po jedinici proizvoda. Energija komprimiranog zraka prikazuje se u ukupnoj potrošnji električne energije i troškovima za utrošenu električnu energiju, tako da u ovom slučaju nema dodatnih troškova. Međutim, potrebno je kontinuirano kontrolisati način i svrhu upotrebe komprimiranog zraka, sanirati mjesta na kojima nastaju gubici komprimiranog zraka, potrebno je voditi računa o racionalnom korištenju komprimiranog zraka u cilju smanjenja energetske gubitaka, a time smanjenja troškova proizvodnje. [2]

Podaci o snabdijevanju energijom i potrošnji energenata prikazani su u tabeli 1. Podaci se odnose za period od 2009. do 2013. godine.

*Tabela 1.: Potrošnja energenata za period od 2009. do 2013. godine*

Godina	Utrošena električna energija (kWh)	Potrošnja zemnog plina (m <sup>3</sup> )	Potrošnja vode (m <sup>3</sup> )	Potrošnja komprimiranog zraka (m <sup>3</sup> )	Istopljeno materijala (t)	Uskladišteno materijala (t)	Iskorištenje taline (%)
2009	16.204.496,00	212.891,00	25.807,00	9.792.000,00	10.838,00	7.226,00	66,67
2010	23.229.920,00	309.212,00	57.912,00	9.792.000,00	15.936,00	8.489,00	53,27
2011	21.485.000,00	303.324,00	55.360,00	9.756.000,00	14.917,00	7.867,00	52,74
2012	23.776.248,00	323.724,00	57.812,00	9.756.000,00	16.736,00	8.906,00	53,21
2013*	12.141.000,00	123.026,00	21.757,00	3.204.000,00	10.155,00	4.664,00	45,92

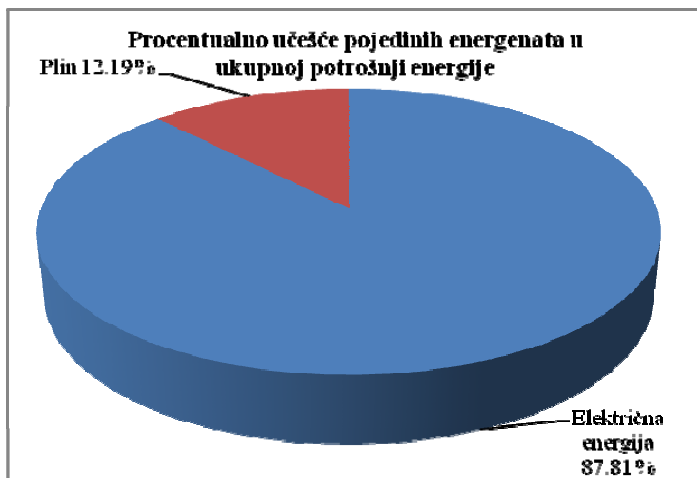
\*Period januar – april 2013 godine

U tabeli 2. prikazani su podaci o potrošnji energenata iskazani po jedinici proizvoda, odnosno kilogramu uskladištenog materijala.

*Tabela 2.: Potrošnja energenata po jedinici proizvoda za period od 2009. do 2013. godine*

Godina	Utrošak el. energije kWh/kg uskladištenog materijala	Potrošnja plina m <sup>3</sup> /kg uskladištenog materijala	Potrošnja vode m <sup>3</sup> /kg uskladištenog materijala	Potrošnja komp. zraka m <sup>3</sup> /kg uskladištenog materijala	Ukupna potrošnja energije kWh/kg uskladištenog materijala	Uskladišteno materijala (kg)
2009	2,243	0,029462	0,357	1,36	2,554	7.226.000,00
2010	2,736	0,036425	0,628	1,15	3,121	8.489.000,00
2011	2,731	0,038557	0,704	1,24	3,138	7.867.000,00
2012	2,670	0,036349	0,649	1,10	3,054	8.906.000,00
2013*	2,603	0,026378	0,466	0,69	2,882	4.664.000,00

\*Period januar – april 2013 godine



Dijagram 1.: Učešće pojedinih energenata u ukupnoj potrošnji energije

Na osnovu rezultata prikazanih u tabelama 1. i 2. može se predstaviti učešće pojedinih energenata u ukupnoj potrošnji energije u livnici. Livnica uglavnom koristi električnu energiju kao osnovni energent, što se može vidjeti iz dijagrama 1.

### 3. MJERE I AKTIVNOSTI ZA SMANJENJE POTROŠNJE ENERGIJE

U okviru projekta za smanjenje utroška energije predviđene su sljedeće korektivne mjere:

- instalacija sistema za praćenje vršnog opterećenja i sistema za smanjenje potrošnje

- reaktivne energije,
- analiza potrošnje energenata na topionici i analiza rada pratećih uređaja i postrojenja,
- iskorištenje materijala u livničkom procesu, odnosno tok i gubici materijala u tehnološkom procesu livenja.

#### 3.1. Praćenje vršnog opterećenja i smanjenje potrošnje reaktivne energije

Vršno opterećenje je najveće opterećenje koje se ostvari u trajanju od 15 minuta tokom mjesečnog obračunskog perioda, u doba primjene viših i srednjih dnevnih tarifnih stavova, ako je potrošač osigurao odgovarajuće mjerenje. Tarifni elementi na osnovu kojih se utvrđuju tarifni stavovi za prodaju električne energije su: obračunska snaga, aktivna energija i reaktivna energija. Obračunska snaga ili vršno opterećenje je najveće opterećenje koje potrošač postigne u vremenu od 15 minuta u toku obračunskog perioda i mjeri se maksimetrom. Dnevni dijagram opterećenja zavisi od tehnologije rada. Odnos prosječne i maksimalne angažovane snage može biti tako nepovoljan da u obračunu za utrošenu električnu energiju iznos za angažovanu snagu premašuje iznos za utrošenu aktivnu energiju. Iz tog razloga instalisan je sistem za ograničenje angažovane snage čime je ostvarena prosječna mjesečna ušteda od 4,52 % ukupnih troškova električne energije.

Reaktivna energija je dio utrošene energije koji se ne pretvara u koristan rad. Krajnji cilj je potpuno eliminisanje prekomjerno preuzete reaktivne energije čija je cijena, u određenim situacijama, duplo veća u odnosu na redovnu cijenu. Iako je prisustvo reaktivne energije u elektrosistemima neminovno, njen udio se može značajno umanjiti kompenzacijom, odnosno povećanjem faktora snage „ $\cos\phi$ “. Težnja je da se njegova vrijednost podigne na vrijednost veću od 0,95 čime bi se smanjili troškovi za prekomjernu reaktivnu energiju. Sistem obračuna utrošene električne energije je takav da se uz cijenu za angažovanu snagu i cijenu za utrošenu aktivnu energiju u većoj i manjoj tarifi, zaračunava i cijena za utrošenu reaktivnu energiju. Za potrošače kod kojih je  $\cos\phi < 0,71$  troškovi za reaktivnu električnu energiju iznose oko 16% ukupnih troškova. Znači, smanjenjem potrošnje prekomjerne reaktivne energije postigla bi se značajna ušteda, od 7,52 % ukupnih troškova električne energije.

### **3.2. Analiza potrošnje energije na topionici**

Predložene korektivne mjere uključuju ugradnju izmjenjivača toplote u dijelu primarnog kruga recirkulacionog bazena. Ugradnjom izmjenjivača toplote u dijelu primarnog kruga recirkulacionog bazena, pod uvjetom da je temperatura izlazne vode iz peći 60 °C u gradijentu 60/45 stepeni i sa brzinom strujanja 1,2-1,5 m/sec. može se dobiti 2-2,5 MW toplotne energije. Toplotna energija bi se mogla iskoristiti za zagrijavanje prostorija u zimskom periodu ili u neke druge svrhe.

Dalja ušteda električne energije može se ostvariti ugradnjom frekventnih pretvarača na motornim pogonima sekundarnog kruga rashladne vode indukcionih peći i elektromotornog pogona na ventilatoru za odsisavanje dimnih plinova i prašine. Ugradnjom frekventnih pretvarača na navedenim elektromotornim pogonima moguća ušteda i smanjenje potrošnje električne energije je do 5,80 % ukupne potrošnje električne energije. [2]

### **3.3. Analiza povećanja iskorištenja materijala**

Prema podacima i iskustvima iz europskih livnica ukupno iskorištenje materijala ima najveći uticaj na potrošnju energije i troškove koji pri tome nastaju. Odatle polazi i definicija da energije predstavlja jedan od najvećih livničkih troškova koji se mogu kontrolisati i reducirati, a upravo iskorištenje materijala predstavlja najbolji način kontrole i smanjenja troškova energije. U velikom broju slučajeva potrošnja i troškovi energije se prepisuju procesu topljenja i livenja materijala jer se za navedene procese koriste uređaji koji su veliki potrošači energije. Tok i gubitak materijala u livačkom procesu od procesa topljenja do isporuke gotovog proizvoda je kompleksan i različite su faze u livačkom procesu u kojima nastaje nepovratno gubljenje materijala ili nastaje povratni materijal koji se koristi ponovo u procesu topljenja, a bilo koji gubitak materijala ima uticaja na ukupno iskorištenje materijala.

Smanjenjem količine gubitaka materijala u livačkom procesu ima dva osnovna efekta: smanjuje se količina utrošene energije, smanjuju se troškovi: materijala (aditivi za pripremu pijeska, pijesak za izradu jezgri, itd), radne snage i ostalog potrošnog materijala. Prosječno iskorištenje materijala u dosadašnjem periodu iznosi 52,43 %, što je značajno ispod europskog i svjetskog prosjeka. Povećanjem iskorištenja materijala za 5 % u odnosu na sadašnje stanje, ostvaruje se ušteda na materijalu jednaka je prosječnoj mjesečnoj količina materijala koja se koristi trenutno za proizvodnju. Na osnovu toga možemo zaključiti da bi uštede energije i smanjenje troškova proizvodnje povećanjem procenta iskorištenja materijala imalo veoma značajnog efekta na finansijsku situaciju livnice.

## **4. ZAKLJUČAK**

Cilj analize potrošnje električne energije je utvrđivanje indikativnih pokazatelja koji predstavljaju polaznu osnovu za preuzimanje odgovarajućih mjera na smanjenju troškova potrošnje energije, što bi se moglo iskoristiti za kreiranje strategije energetskog razvoja livnice.

Uloga električne energije, kao nezamjenjivog energetskog potencijala, jasno je definisana, ali je namjera da se korištenje električne energije, kao bitan element cijene koštanja gotovih proizvoda uvede u racionalne okvire i obezbijedi konkurentnost na tržištu.

Na osnovu iznesenog poređenja tehnoloških pretpostavki, projektovanih rješenja rada postrojenja livnice i preporuka datih u dokumentima za najbolje dostupne tehnike za energetsku efikasnost i najbolje dostupne tehnike u livnicama, može se zaključiti da će se osnovne tehnološke operacije i postrojenja u livnici usaglasiti sa preporukama Evropske Komisije kroz IPPC direktivu, BREF dokumentima sprovođenjem prethodno navedenih mjera.[2]

## **5. LITERATURA**

- [1] Reference document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries industry, May 2005.
- [2] Dokumentacija Cimos TMD Casting, Zenica