

# MOGUĆNOST DOBIJANJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ ENERGIJE PRITISKA VISOKOPEĆNOG GASA U ŽELEZARI SMEDEREVO (USS)

## POSSIBILITY OF ELECTRICITY GENERATION FROM BLAST FURNACE GAS PRESSURE AT IRON INDUSTRY SMEDEREVO (USS SERBIA)

dr Jovan Janjić, dipl. maš. inž.  
dr Slobodan Đekić, dipl. maš. inž.

### Apstrakt

Potrošnja električne energije u svetu intenzivno raste. I pored svih napora na uštedi energije, to nameće potrebu za izgradnjom novih energetske postrojenja i iznalaženja novih izvora energije. Crna metalurgija spada u red najintenzivnijih i najvećih potrošača energije i fluida. U železari Smederevo posebno je velika potrošnja prirodnog i visokopećnog gasa. Pritisak prirodnog gasa se snižava u merno- regulacionoj stanici „Energogas“-a sa 40 na 6 bara, dok se pritisak visokopećni gas snižava u postrojenju Visoke peći sa 2,5 na 1,07 bara. U radu se predlaže, s obzirom na veliku potrošnju visokopećnog gasa, da se redukcija pritiska obavlja preko ekspanzione turbine. Na taj način bi se mogla ostvariti snaga od 5-6 MW.

### Abstract

World electricity consumption intensively increases. Besides of all efforts towards energy saving, such inevitable demand increases need for installation of new electricity generating capacities and searching for new energy sources. Iron industry belongs to the group of the most extensive and largest energy and fluids consumers. Iron industry at Smederevo is very large consumer of natural gas and blast furnace gas. Pressure of natural gas reduces at reduction and measuring station of „Energogas“ from 40 to 6 bar. The blast furnace gas reduces from 2,5 to 1,07 bar at the production area. Within this paper recommends use of expansion gas turbines for the pressure reduction of blast furnace gas. Applying this idea, a load of 5- 6 MW from the blast furnace gas pressure reduction could be achieved.

Ključne reči/ Key words:

VPG – visokopećni gas/ Blast furnace gas

Ekspanziona turbina – generator/ expansion turbine- generator

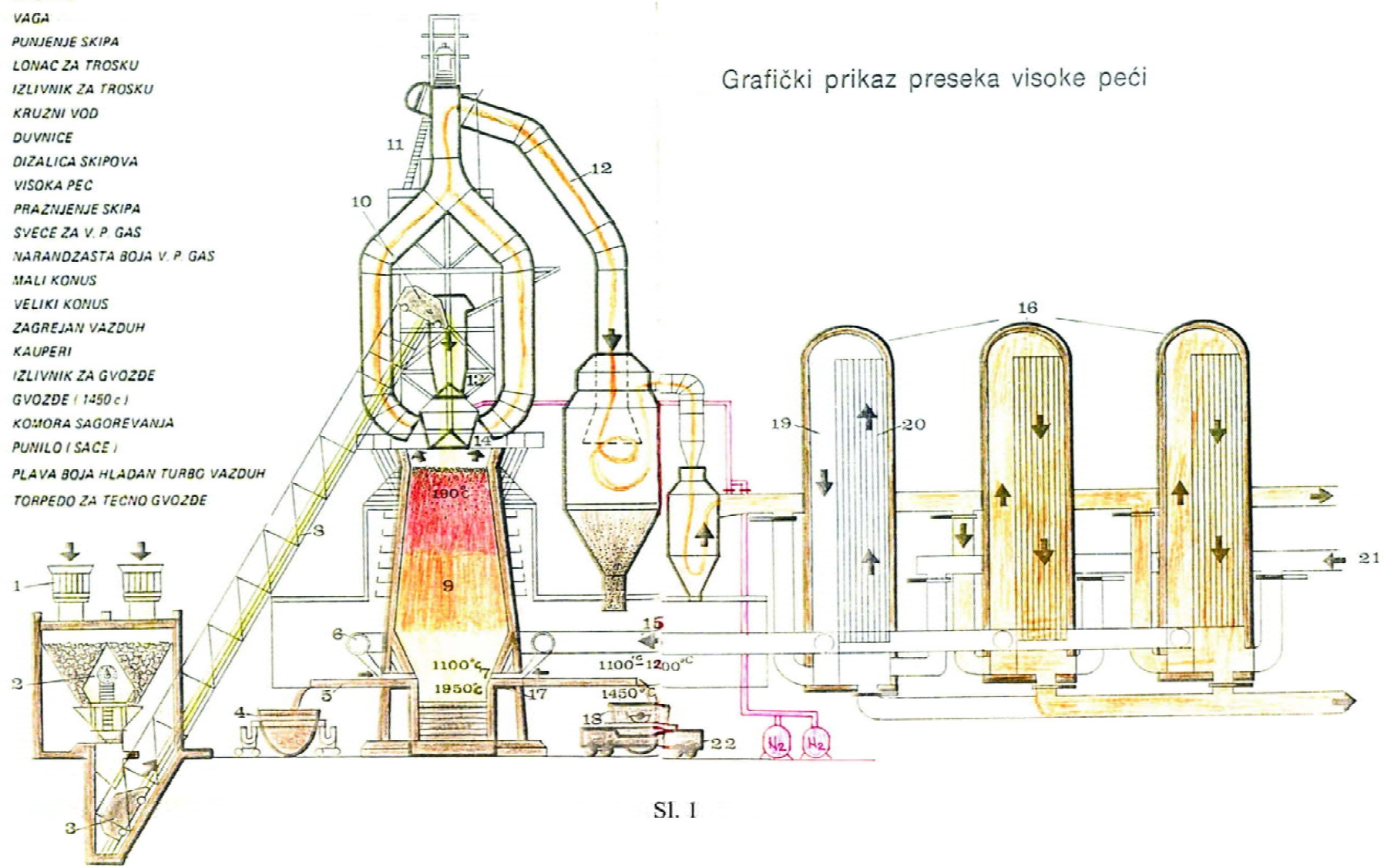
### **1. Uvod**

U železari Smederevo (USS Serbia) u pogonu su dve visoke peći kapaciteta svaka od po 100 t/h tečnog gvožđa, koje se odgovarajućim lancima transportuje na čeličanu radi dalje prerade u čelik željenog kvaliteta sl.1. Kao nus produkt u proizvodnji gvožđa pojavljuje se i velika količina visokopećnog gasa. Pri srednjem režimu rada obe peći, za potrebe potrošača u železari ona iznosi  $(300- 400) \times 10^3 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . Glavni potrošači visokopećnog gasa su 4 (četiri) parna kotla u Energetici (cca  $240 \times 10^3 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ), a ostalo je usmereno ka pogonima tople valjaonice i aglomeracije.

Visokopećni gas se pre upotrebe prečišćava a njegov pritiska od (2.7-2.5) snižava na 1.07 bar, što je u uskoj vezi sa pritiskom na kojem radi visoka peć odnosno od intenziteta proizvodnje visoke peći. Snižavanje pritiska visokopećnog gasa se sada vrši prigušivanjem preko prigušne grupe sl.2. Kako je proces prigušivanja čist gubitak mehaničke energije VPG (visokopećnog gasa) kao radnog fluida, to je u radu prikazana mogućnost dobijena energije kada bi se umesto prigušne grupe ugradila ekspanziona turbina vezana sa električnim generatorom.

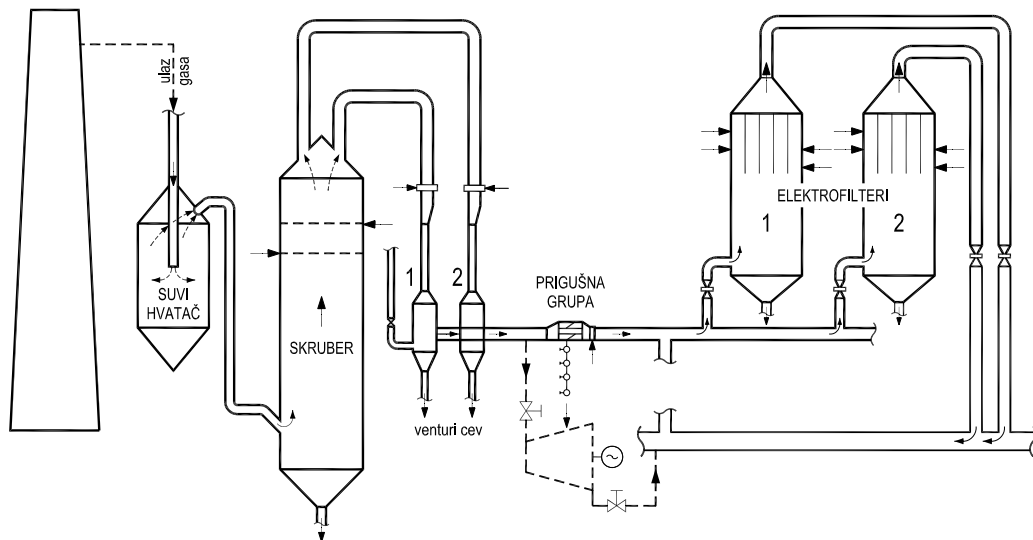
- 1 SIROVINE
- 2 VAGA
- 3 PUNJENJE SKIPA
- 4 LONAC ZA TROSKU
- 5 IZLIVNIK ZA TROSKU
- 6 KRUZNI VOD
- 7 DUVNICE
- 8 DIZALICA SKIPOVA
- 9 VISOKA PEC
- 10 PRAZNJENJE SKIPA
- 11 SVECE ZA V. P. GAS
- 12 NARANDZASTA BOJA V. P. GAS
- 13 MALI KONUS
- 14 VELIKI KONUS
- 15 ZAGREJAN VAZDUH
- 16 KAUPERI
- 17 IZLIVNIK ZA GVOZDE
- 18 GVOZDE (1450 c)
- 19 KOMORA SAGOREVANJA
- 20 PUNILO (SACE)
- 21 PLAVA BOJA HLADAN TURBO VAZDUH
- 22 TORPEDO ZA TECNO GVOZDE

Grafički prikaz preseka visoke peći



Sl. 1

Slika 1. Šematski prikaz tehnološkog sistema visoke peći



Slika 2. Šema prečišćavanja viskokećnog gasa

## 2. Analiza mogućnosti dobijanja električne energije iz VP gasa

Hemiski sastav viskokećnog gasa (VPG)

| a) Projektne vrednosti |       | Prosečne vrednosti u radnim režimima |        |
|------------------------|-------|--------------------------------------|--------|
| H <sub>2</sub> S       | 0.3%  | CH <sub>4</sub>                      | 2.26%  |
| CO <sub>2</sub>        | 10.2% | H <sub>2</sub>                       | 1.59%  |
| CO                     | 28%   | CO                                   | 24.08% |
| H <sub>2</sub>         | 1.7%  | O <sub>2</sub>                       | 1.73%  |
| CH <sub>4</sub>        | 0.3%  | N <sub>2</sub>                       | 56.01% |
| N <sub>2</sub>         | 58.3% | CO <sub>2</sub>                      | 14.33% |
| O <sub>2</sub>         | 1.2%  |                                      |        |
| Hd = (4000- 4380) kJ/  |       | Hd = 4065 kJ/Nm <sup>3</sup>         |        |

### b) Karakteristike

- otrovan je
- dozvoljeni sadržaj prašine 10-20 mg/Nm<sup>3</sup>
- temperatura gasa od (15- 30) °C
- tačka rose 40 °C
- gustina gasa na temperaturi od 15 °C iznosi  $\rho=1.28$  kg/Nm<sup>3</sup>
- granica eksplozivnosti 37.8 – 71%

c) Fizičke veličine za prosečne vrednosti VPG [1], [2]

| Komponente VPG  | CO    | CO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | H <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> |
|---|-------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Procentualno učešće r (%)                                   | 24,08 | 14,33           | 56,01          | 2,26            | 1,59           | 1,73           |
| Gustina pri normalnim uslovima<br>$\rho_0 = \text{Kg/Nm}^3$ | 1,250 | 1,976           | 1,250          | 0,716           | 0,089          | 1,429          |
| Gasna konstanta R (J/kgK)                                   | 297   | 189             | 297            | 518             | 4122           | 259            |
| Stepen adijabate K  | 1,40  | 1,30            | 1,40           | 1,32            | 1,41           | 1,40           |

d) Izračunate veličine VPG

$$\text{Gustina: } \rho_0 = (1/100) \sum (r_i \rho_i) = 1,33 \text{ kg/Nm}^3$$

$$\text{Gasna konstanta: } R_{\text{vpg}} = (1/100) \sum (r_i R_i) = 346 \text{ J/kgK}$$

$$\text{Stepen adijabate: } k = (1/100) \sum (r_i k_i) = 1,38$$

Maksimalna mehanička snaga dobijena usled ekspanzije VPG

Pošto se ekspanzija u turbini dešava po adijabatskom procesu, tada je

$$L_t = V_{\text{vpg}} \rho_0 \left( \frac{k}{k-1} \right) R_{\text{vpg}} T_{\text{ul}} \left[ 1 - \left( \frac{P_{\text{iz.}}}{P_{\text{ul}}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] = 9.7 \text{ MW}$$

Gde su

$$V_{\text{vpg}} = 300.000 \text{ Nm}^3/\text{h} = 83.3 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

$$T_{\text{ul}} = 15^\circ\text{C} = 288 \text{ K} - \text{ulazna temperatura VPG}$$

$$P_{\text{iz.aps}} = 0.93 \text{ bar} - \text{izlazni pritisak VPG prema potrošačima u železari (USS Srbija)}$$

$$P_{\text{ul.aps}} = 2.5 \text{ bar} - \text{ulazni pritisak VPG u turbinu iz magistralnog gasovoda}$$

Dobijena snaga iz električnog generatora povezanog sa turbinom

$$L_{\text{el, en}} = L_t (\eta_{\text{turb}} \eta_{\text{gen}}) = 7.3 \text{ MW gde su:}$$

$$\eta_{\text{turb}} \eta_{\text{gen}} = 0.75 - \text{stepen korisnosti sprege turbine i generatora}$$

Ekspanziona turbina koje se mogu koristiti za navedenu svrhu, proizvode ruske kompanije pod nazivom GUB-turbine, a takođe i japanska firma (HITACHI) kao i nemačka firma Siemens turbomachines (ranije KKK- Frakenthal). Ekspanziona Turbina firme Hitachi instalirana je u kompaniji USS Košice u Slovačkoj, koja već duže vreme uspešno radi i proizvodi električnu energiju na račun ekspanzije VPG. Dodatni zahtevi kod izgradnje postrojenja turbina-generator odnose se na:

- Kvalitetno zaptivanje VP gasa, kako ne bi došlo do prodora ugljen monoksida (CO) u prostoriju.
- Dozvoljeni sadržaj vlage u VP gasu ne sme prelaziti vrednost  $5 \text{ gr/Nm}^3$ , jer bi zbog nečistoće VP gasa moglo doći do stvaranja nalepa na lopaticama i pojave vibracija kao i erozije lopatica.
- Minimalni rok rada lopatica iznosi oko 20.000 h
- Zgrada mora biti projektovana za eksplozivne radne uslove
- Za zaptivanje treba koristiti azot, kojeg ima u dovoljnim količinama, pošto se u blizini USS železare nalazi postrojenje za razlaganje vazduha MESSER-TEHNOGAS

- VPG koji se koristi u turbini mora biti dezodorisan
- Zaprljanost gasa ne sme iznositi više od 10 mg/Nm<sup>3</sup>
- Cena turbine sa opremom, kreće se u granicama od 4 do 6 miliona US\$ zavisno od snage
- Cena energije dobijene iz GUB turbine je dva (2) do četiri (4) puta niža od cene u klasičnim termoelektranama i iznosi 1.4 – 2.5 US\$centi/kWh
- Otplata postrojenja je 7 godina
- Vreme za start i izlazak na radni režim iznosi od 15- 20 min
- Minimalna količina VP gasa za rad turbine iznosi 30% od stvarne potrebe. Ispod te količine VP gasa turbina bi ušla u motorni režim rada.

### **Zaključak**

Sobzirom na sve veće potrebe za električnom energijom i rast cena energenata, kako u svetu tako i kod nas, predloženo rešenje daće doprinos povećanju energetske efikasnosti Železare primenom predloženog izvora energije. Železara USS Srbija- Smederevo, čija potrošnja elektroenergije premašuje i preko 100 MWh/h ima interes da dalje istraži tehno'ekonomsku opravdanost primene predloženog tehničkog rešenja. Tim pre, što slično postrojenje za korišćenje energije pritiska VP gasa već postoji i u železari USS – Košice u Slovačkoj.

### **Literatura:**

1. B. Đorđević; V. Valent; S. Šerbanović; „Termodinamika i termotehnika“, Beograd 1987
2. B. Kraut; „Strojarski priručnik“, Zagreb 1997
3. F. Bošnjaković; „Nauka o toploti I deo“, Zagreb 1970
4. Prospektni materijal USS – železara Smederevo
5. Tehnička dokumentacija