

# **PRIMENA ALUMINOTERMIJSKOG POSTUPKA IZRADE I ZAVARIVANJA VRHA BURGIIJA KOJE SE KORISTE ZA OTVORANJE VISOKE PEĆI TOKOM ISPUSTA GVOŽĐA**

**M.Gavrilovski, M.Tasić,**  
**Naučno istraživački centar Užice**

**Ž. Kamberović, J. Pavlović,**  
**Tehnološko-metalurški fakultet – Beograd**

*U okviru ovog rada prikazan je aluminotermijski postupak izrade i zavarivanja vrha tela burgije koje se koriste za otvaranje visoke peći tokom ispuštanja gvožđa, kao i zavarivanje zaostalih komada čeličnog šipkastog materijala tela burgija prečnika 40mm, u cilju reciklaže istim postupkom. U tom cilju projektovana su dva tipa aluminotermijskih mešavina i to :*

*Pyrkonit-VB, čijom se reakcijom dobija termitni čelik, zadatih karakteristika, koji se izliva u kalupni prostor vrha burgije koji se istovremeno zavaruje za telo,*

*Pyrkonit-TB, kojom se zavaruju zaostali, nakon izrade otvora, nerastopljeni komadi tela burgija, u cilju reciklaže.*

*Na osnovu proračuna ulivnog sistema definisana je tehnologija izlivanja termitnog čelika iz odgovarajućih reakcionih lonaca koji su ujedno i kalupi. Date su karakteristike zavarenih spojeva i uporedni rezultati primene izrađenih burgija ovom tehnologijom, u industrijskim uslovima na Visokoj peći Sartid Smederevo sa rezultatima primene tradicionalne tehnologije - kovane burgije (oko 600 komada mesečno). Prikazana je kraća ekonomska ocena novog rešenja, pri čemu nisu uzete u obzir indirektno uštede koje se ostvaruju povećanjem efikasnosti rada visoke peći.*

*Ključne reči: Visoka peć, žljebna masa, termitni čelik, žilavost, ferostatički pritisak*

## **UVOD**

Jedna od značajnijih faza visokopećnog procesa je ispuštanje gvožđa iz pravilno izrađenog otvora za ispušt. Zbog ogromnog ferostatičkog pritiska u pećici visoke peći, neadekvatno izrađen otvor može da prouzrokuje teška havarijska stanja sa katastrofalnim posledicama.

Otvor se izrađuje mašinskim putem. Važan element za ostvarivanje osnovnih funkcija mašine (brza izrada i obrada probodnog otvora), jeste odgovarajući kvalitet burgije. Najznačajniji deo burgije je vrh. Osnovne karakteristike kvaliteta vrha burgije, pored pravilno odabranog geometrijskog oblika i tačnosti dimenzija, su njegove mehaničke osobine. Čelik od koga se izrađuje treba da se karakteriše povećanom žilavošću, tvrdoćom i otporanošću na habanje [1,2].

Visoka peć u Smederevu koristi burgije od čelika valjanog u obliku šipke, prčnika 40mm,

dužine 4m, kvaliteta Č1530, kod kojih je iskovan vrh. Nakon bušenja otvora, delovi nerastopljenih komada tela burgije recikliraju se tako što se zavaruju do dužine od 4m, a kovanjem izrađuje vrh. Potrošnja na ovaj način proizvedenih burgija u smederevskoj železari je oko 600 komada mesečno.

Primena ovih burgija praćena je čestim problemima. Vreme bušenja otvora se produžava, pri čemu se utroši i do osam burgija po probodu. Često dolazi do pucanja na zavrenom spoju tela burgije koje se recikliraju. Ovi problemi prouzrokovani su neadekvatnim mehaničkim osobinama vrha burgije, koje ne obezbeđuju efikasnu, brzu izradu i obradu otvora za ispušt gvožđa. Ovome svakako doprinosi i kvalitet vatrootpornih masa za zatvaranje ispusnog otvora, koje se na visokim temperaturama transformišu u veoma tvrd, teško probojan materijal, karakterističan za keramiku.

Zbog navedenih teškoća, pristupilo se osvajanju tehnologije izrade vrha burgija

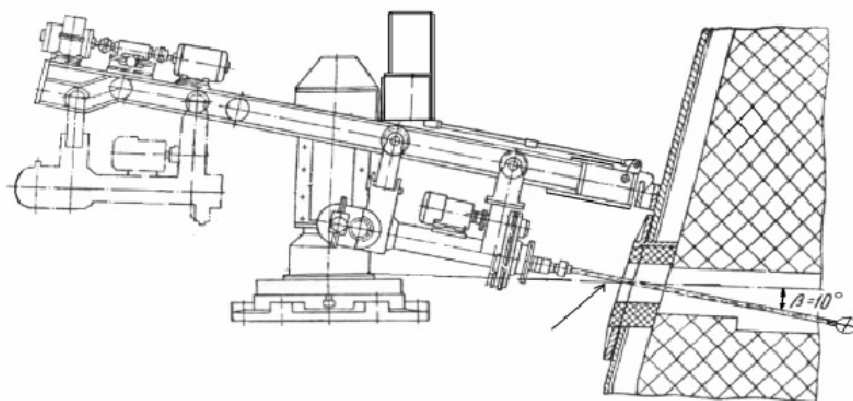
aluminotermijskim postupkom [3,4]. Termitni čelik se izliva u kalupnu šuplinu vrha burgije, pri čemu se, zbog visoke temperature izlivanja rastopi kraj tela burgije i istovremeno izvrši aluminotermijsko zavarivanje obazovanog vrha burgije i tela. Ovaj postupak omogućava prilagođavanje kvaliteta vrha burgije kvalitetu vatrootporne mase za zatvaranje otvora [5]. Takođe, delovi zaostalog šipkastog materijala posle završene operacije otvaranja zavaruju se ovim postupkom, čime se postiže daleko bolji kvalitet zavarenog spoja u odnosu na zavarivanje elektrolučnim postupkom.

### **POSTOJEĆA PRAKSA I ZNAČAJ PRAVILNOG ODRŽAVANJA OTVORA ZA ISPUST GVOŽĐA IZ VISOKIH PEĆI**

Otvor za izlivanje tečnog gvožđa je ustvari kanal u ozidu pećice koji je ispunjen vatrootpornom masom. Na plaštu visoke peći smešten je u posebnom ramu, koji je sa spoljne strane zaštićen hladnjacima, a iznutra vatrootpornim ozidom. Metalni ram otvora za

izlivanje gvožđa od dodira sa tečnim metalom štiti naboj od vatrootporne mase. Sa spoljne strane vatrootporni naboj mora da ima udubljenje za vrh elektrotopa – mašine za otvaranje otvora visoke peći (slika 1).

Intenziviranje visokopećnog procesa i povećan broj ispusta gvožđa, dovode do smanjenja izdržljivosti otvora za gvožđe. Izdržljivost otvora za gvožđe može se znatno povećati pravilnim izborom vatrootporne mase za zatvaranje otvora koja se nabavlja od različitih proizvođača. Ona treba da bude plastična; da ima sposobnost brzog otvrdnjavanja pri zagrevanju i brzog izdvajanja vlage; da poseduje minimalno skupljanje pri sušenju i visoku vatrootpornost; da bude hemijski neutralna i otporna na troske visoke peći i da u prosušenom i pregrejanom stanju poseduje dovoljnu postojanost i adekvatnu tvrdoću koja ne sme da stvara probleme pri otvaranju otvora za gvožđe.



Slika 1. - Mašina za otvaranje otvora za ispušt gvožđa

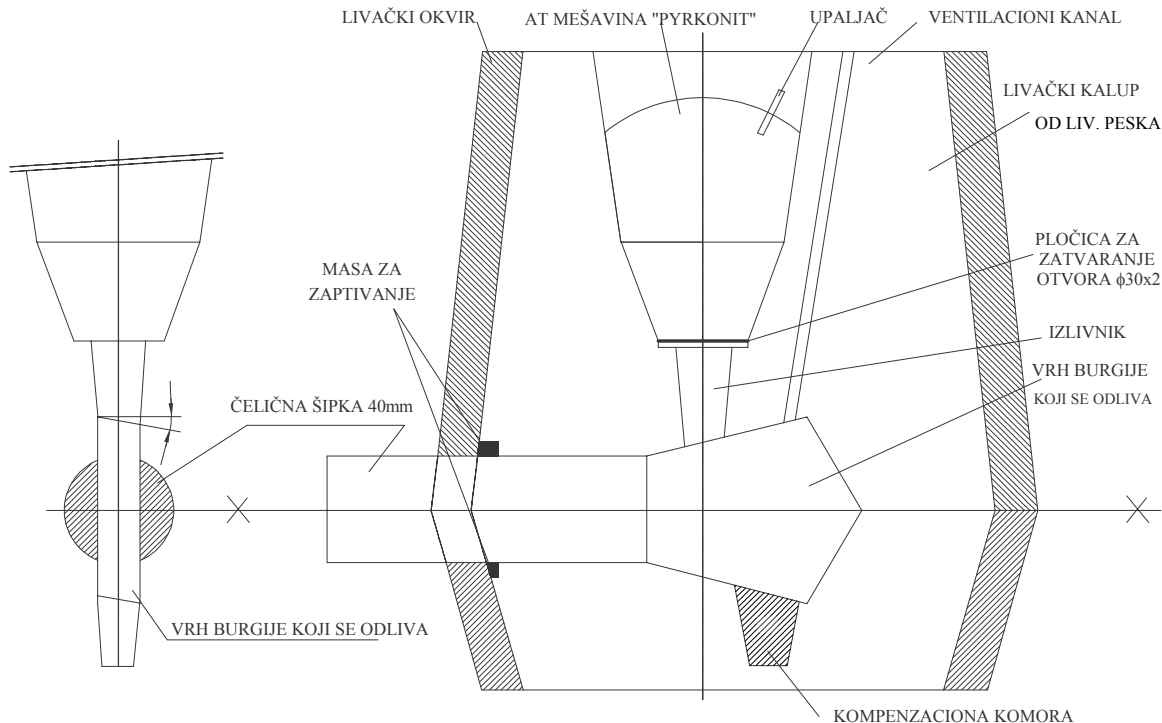
Kompleksnost ovih osobina iziskuje iznalaženje novog tehnološkog rešenja izrade vrha burgije čije se osobine prilagođavaju osobinama vatrootpornih masa za zatvaranje otvora za ispuštanje gvožđa.

### **TEHNOLOŠKO REŠENJE IZRADA VRHA BURGJE SA ISTOVREMENIM ZAVARIVANJEM ZA TELO**

Tehnološko rešenje kalupa za izlivanje vrha burgije od termitnog čelika i njegovo istovremeno, jednostrano aluminotermijsko zavarivanje za telo burgije, prikazano je na slici 2.

Ono je zasnovano na proračunima ulivnog sistema i u osnovi sadrži sve potrebne elemente za funkcionisanje kalupa sa reakcionom posudom u uslovima visokih temperatura aluminotermijske reakcije i produkata reakcije (otvori za predgrevanje, kanali za odlivanje rastopljenog metala, kanali za odstranjivanje troske i dr.).

Koristila se aluminotermijska mešavina Pyrkonit – VB, koja je projektovana tako da produkt njene realizacije bude termitni čelik sa unapred zadatim hemijskim sastavom i mehaničkim osobinama koje obezbeđuju efikasno i brzo probijanje otvora za ispuštanje gvožđa.



Slika 2. - Kalup za livenje koplja burgije

Sam proces aluminotermijske reakcije odvija se u reakcionom loncu, kroz čiji se otvor, nakon završetka reakcije, određenom brzinom izliva temitni čelik čija je temperatura preko  $2200^{\circ}\text{C}$ , (određena proračunom toplotnog bilansa za date uslove aluminotermijskog procesa), ispunjava kalupnu šupljinu vrha i istovremeno zavari za telo burgije. U ovom položaju se elementi zadržavaju do potpunog hlađenja, odnosno do postizanja sobne temperature, pri čemu dolazi do normalizacije zavarenog spoja.

Nakon uklanjanja kalupne peščane mase, odstranjuju se izlivni otvori kao i eventualna nadvišenja. Površina vrha burgije i jednostrano zavarenog spoja, čiste se mehanički od ostataka sinterovanog peska po potrebi i brušenjem.

#### **TEHNOLOŠKO REŠENJE IZRADE KALUPA SA REAKCIONOM POSUDOM ZA ZAVARIVANJE TELA BURGJE**

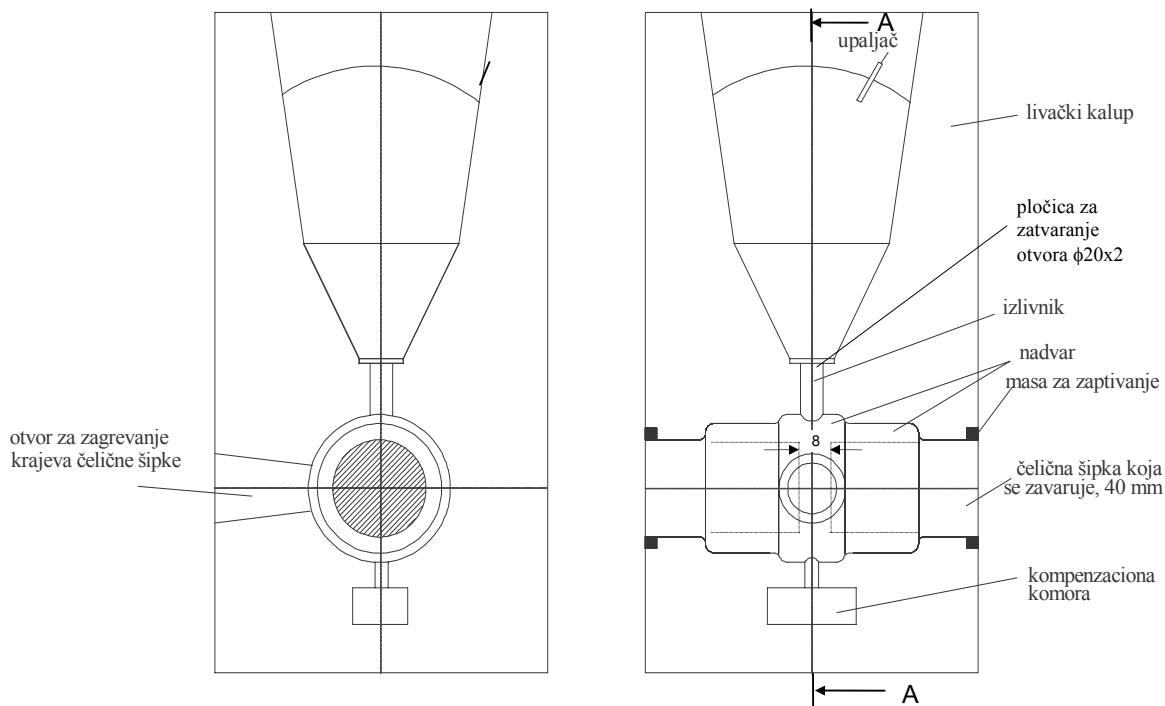
Tehnološko rešenje kalupa za zavarivanje zaostalih komada čeličnog šipkastog materijala tela burgija prečnika 40mm, u cilju reciklaže istim postupkom prikazano je na slici 3.

Materijal za ispunu šava dobijen aluminotermijskom reakcijom AT smeše Pyrkonit TB je termitni čelik, koji je po svom hemijskom sastavu i mehaničkim osobinama blizak osnovnom materijalu, odnosno čeliku kvaliteta Č1530.

#### **ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA IZRAĐENOG I ZAVARENOG VRHA BURGJE SPOJA DELOVA TELA BURGJE U CILJU RECIKLAŽE**

Za ispitivanje kvaliteta izlivenog vrha burgije i zavarenog spoja vrga i tela burgije koriste se klasična ultrazvučna, hemijska, mehanička i metalografska ispitivanja. Rezultati ovih ispitivanja su potvrdili bliskost karakteristika zavarenog spoja projektovanim karakteristikama. Vrlo značajna ispitivanja kvaliteta izrađenih burgija sprovedena su u eksploatacionim uslovima.

U tabeli 1. dat je hemijski sastav čelika vrha burgije koji je postignut i koji obezbeđuje brzu i efikasnu izradu otvora za ispuštanje gvožđa.



Slika 3. - Kalup za aluminotermijsko zavarivanje

Tabela 1. Hemijski sastav termitnog čelika vrha burgije

element	C	Si	P	S	Mn	Cr	Mo
mas %	0,8	0,96	0,014	0,012	2,5	1,7	1,1

Ultrazvučnim ispitivanjima nisu utvrđene unutrašnje greške i pokazala su da je vrh koplja kao i zavareni spoj homogem.

U tabelama 2 i 3. dat je hemijski sastav osnovnog materijala i termitnog čelika kojim je ispunjen šav.

Tabela 2.: Hemijski sastav osnovnog materijala

element	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr	Ni	Al
mas%	0,46	0,37	0,68	0,025	0,030	0,005	0,06	0,04	0,024

Tabela 3.: Hemijski sastav termitnog čelika

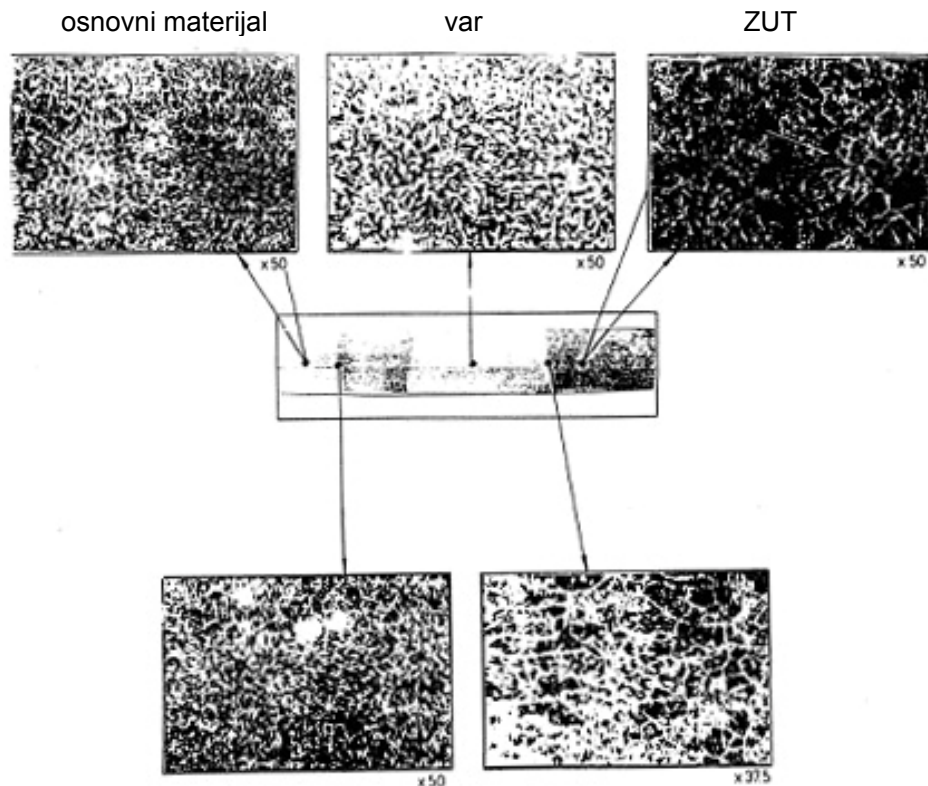
element	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr	Ni	Al
mas%	0,45	0,29	0,71	0,020	0,014	0,03	0,04	0,02	0,24

Mikrostruktura osnovnog materijala, vara i zone uticaja toplote data je na slici 4.

Prosečna zatezna čvrstoća zavarenog spoja iznosila je 790 MPa, a izduženje 6,7%. Udarna žilavost opada od osnovnog materijala ka metalu vara i rad udara kreće se od 22 J u osnovnom materijalu do 16 J u varu.

Mikrostruktura zone uticaja toplote je gotovo identična sa strukturom osnovnog materijala, pri čemu se uočava porast zrna ka liniji spoja. Struktura vara je feritno – perlitna, ujednačena po preseku i sa izraženim feritnim zrnima.

Mikrostruktura osnovnog materijala je feritno-perlitna, prosečne veličine zrna N<sub>o</sub> 4(ASTM).



Slika 4. Mikrostruktura osnovnog materijala, vara i zone uticaja toplote

#### **REZULTATI ISPITIVANJA PRIMENE NOVOG POSTUPKA IZRADE VRHA BURGIJE U EKSPLOATAACIONIM USLOVIMA**

Ispitivanja su sprovedena u pogonu Visoke peći Železare Smederevo i obuhvatila su 50 aluminotermijski izrađenih vrhova burgija. Kvalitet vrha burgija ispitivan je na probodnim vatrootpornim masama više proizvođača [6].

Kod mase nemačkog proizvođača "LUNG-MUSS", TF/9SM, koja predstavlja masu koja se najteže otvara (na visokim temperaturama prelazi u keramički materijal mulitnog sastava) trošile su se po dve burgije u proseku po probodu.

Kod probodnih masa francuskih i belgijskih proizvođača, potrošnja aluminotermijski livenih burgija iznosila je u proseku 1,2 burgije po probodu.

Isto tako izrađeno je i 50 vrhova burgija, čiji je kvalitet termitnog čelika projektovan tako da svojim osobinama odgovara optimalnom otvaranju probodne mase engleskog proizvođača firme "KSR"-tip "KING TAP 645", gde je utrošak bio u proseku nešto veći od jedne burgije po probodu. U cilju dobijanja uporednih rezultata efikasnosti izrade otvora za

ispust gvožđa, istovremeno su ispitivane burgije čiji je vrh izrađivan kovanjem osnovnog materijala. Kovane burgije su za neke probodne mase trošene i do 8 komada po probodu, što je znatno više u odnosu na aluminotermijski livene burgije. Ovo ima za posledicu produženje vremena proboda otvora, samim tim i čitav niz prapatnih negativnih tehno-ekonomskih parametara visokopećnog procesa.

#### **ZAKLJUČCI**

Urađeno je potpuno novo, originalno rešenje izrade vrha burgije za bušenja otvora za ispuštanje gvožđa iz visoke peći, aluminotermijskim postupkom.

Pracanjem ponašanja izrađenih burgija u eksploataacionim uslovima na visokoj peći Železare Smederevo potvrđeno je da novo rešenje ima niz prednosti u odnosu na burgije izrađene kovanjem i zavarivanjem elektrolučnim postupkom. Ove prednosti ogledaju se u sledećem:

- vrh burgije izrađuje se od termitnog čelika čiji se kvalitet može menjati, shodno promenama kvaliteta vatrootporne mase za zatvaranje otvora;

- aluminotermijskim zavarivanjem vrha i tela burgije obezbeđuje se neraskidivost veze tokom eksploatacije;
- čelik tela burgije može biti nižeg kvaliteta u odnosu na do sada korišćeni kvalitet Č1530, s obzirom da je za ostvarivanje osnovnih funkcija burgije od presudnog značaja vrh burgije.

U eksploatacionim uslovima dokazano je, da je i kod najtvrdih masa TF/9SM, nemačke proizvodnje, potrošnja burgija izrađenih novim postupkom četiri puta manja po probodu, u odnosu na burgije koje su izrađene kovanjem.

Troškovi proizvodnje burgija novim postupkom su za oko 15 % niži u odnosu na troškove izrade burgija postupkom kovanja.

#### LITERATURA

1. Топорищев Г. А., Волков Б. С., Гешманчук В. М. и др.- "Труды Челябинского электрометаллургического комбината". Вып 4. М., "Металлургия", 1975., с. 124-129.
2. Топорищев Г. А., Мехамуд С. Г. Ровнушкин В. А. и др. "Труды Челябинского электрометаллургического комбината". Вып 4. М., "Металлургия", 1975., с. 83-89.
3. Есинио. О. Борбов . Н. П., Петрушевский М. С. и др.-В. кн: Теория и технология металлургических процессов. Новосибирск, "Наука", 1974., с. 91-95.

4. Теория и технология металлургических процессов. Новосибирск, "Наука", 1974. с. 292.
5. М. Gavrilovski, D. Savić, Modeliranje mineralnog oblika železnog oksida u cilju optimizacije kvaliteta aluminotermijskih mešavina, Oktobarsko Savetovanje, Bor, 1994.
6. М. Gavrilovski, J. Kovljević, Uperedna analiza kvaliteta zavarenog spoja inostranog i domaćeg proizvođača aluminotermijskih mešavina, IV Oktobarsko Savetovanje željezničarske građevinarske operative, 1996.

#### **A NEW TECHNOLOGICAL SOLUTION FOR THE MANUFACTURE OF A BORER FOR IRON NOTCH OPENING AT THE BLAST FURNACE PLANT**

A new technology for the manufacture of a borer by alumino-thermal method, system design for performing alumino-thermal reaction, as well as required quality of termite steel, is disclosed in this paper. In addition to this, the comparative results concerning manufactured borers quality obtained by this technology in exploitation conditions, at the BF Plant, and results attained by applying traditional technology, have been presented in this paper too. A brief economic evaluation of the new solution has been given. Thereby, savings have not been taken into consideration, achieved by improving the iron notch quality and increasing the BF operation efficiency.