



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35
Тел:(030) 436-826;факс:(030)435-175;E-mail:institut@irmbor.co.rs



НАЗИВ ЗАПИСА	РЕДНИ БРОЈ :	Ознака:
Захтев за валидацијом и верификацијом техничког решења	МАТ.ДОК.:	013.1/2013

Датум: 09.10.2013.

У складу са Правилником о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (Сл. гласник РС 38/2008, прилог 2), обраћамо се Научном већу Института за рударство и металургију Бор са молбом да покрене поступак за валидацију и верификацију техничког решења под називом

ПРОГРАМ ЗА МОДЕЛИРАЊЕ ПРОЦЕСА БОРИРАЊА

Аутора:

Мр Емина Пожега, дипл. инж.
Др Светлана Иванов, дипл. инж.
Др Лидија Гомицеловић, дипл. инж.
Др Ана Костов, дипл. инж.
Др Александра Милосављевић, дипл. инж.
Маријана Јовановић, дипл. инж.

Техничко решење (М85 – софтвер) је резултат реализације пројекта према Министарству просвете, науке и технолошког развоја за период 2011-2014, бр. ТР 34005, под називом: „Развој напредних материјала и технологија за мултифункционалну примену заснованих на еколошком знању“, у области материјала и хемијских технологија.

За **рецензенте** предлагемо:

1. др Дарка Бродића, доцента на Техничком факултету у Бору
2. др Зорана Стевића, ред. проф., Иновациони центар Електротехничког факултета у Београду

Сагласан руководиоца пројекта ТР 34005.

А. Костов
Др Ана Костов, научни саветник, ИРМ Бор

Подносилац захтева
Емина Пожега
Мр Емина Пожега, дипл.инж.



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
НАУЧНО ВЕЋЕ
Број: XVI/7.1.
Од 04.12.2013.године**

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XVI-ој седници одржаној дана 04.12.2013. године донело:

ОДЛУКУ
*о покретању поступка за валидацијом и верификацијом
техничког решења и именовању рецензената*

I

На захтев мр Емине Пожеге, истраживача сарадника Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Програм за моделирање процеса борирања,“ и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. др Дарко Бродић, доцент Техничког факултета у Бору
2. проф.др Зоран Стевић, редовни професор Иновационог центра Електротехничког факултета у Београду



ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Др Милеико Љубојевић, дипл.инж.руд.
Научни саветник



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35
Тел:(030) 436-826;факс:(030)435-175;E-mail:institut@irmbor.co.rs



**ТЕХНИЧКО I RAZVOJNO REŠENJE
(M85 – SOFTVER)**

PROGRAM ZA MODELIRANJE PROCESA BORIRANJA

1. Autori tehničkog rešenja

Mr Emina Požega, dipl. inž.
Dr Svetlana Ivanov, dipl. inž.
Dr Lidija Gomidželović, dipl. inž.
Dr Ana Kostov, dipl. inž.
Dr Aleksandra Milosavljević, dipl. inž.
Marijana Jovanović, dipl. inž.

2. Naziv tehničkog rešenja

Program za modeliranje procesa boriranja

3. Ključne reči

Modeliranje, proces boriranja, aktivator, simpleks trougao, izo linije

4. Tehničko rešenje proizašlo kao rezultat projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja za period 2011-2014.

Projekat br. TR34005: „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“, rukovodilac dr Ana Kostov, IRM Bor

5. Korisnik tehničkog rešenja

Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru

6. Godina kada je tehničko rešenje kompletirano

2013. godina

7. Godina kada se tehničko rešenje primenjuje

2013. godina

8. Oblast i naučna disciplina na koju se tehničko rešenje odnosi

Materijali i hemijske tehnologije

1. Uvod

Razvoj industrije stavlja pred konstruktore zadatak proizvodnje novih mašina sa dužim vekom eksploatacije, sigurnijih i jeftinijih, a sve na račun poboljšanja kvaliteta primenom različitih metoda zaštite od korozije i drugih vidova razaranja.

U vezi sa tim zadatkom, zaštitne prevlake na metalnim materijalima, u današnje vreme, su jedan od perspektivnih metoda čija rešenja bitno smanjuju gubitke crnih i obojenih metala, poboljšavaju kvalitet, produžuju vek rada mašina, povećavaju produktivnost, uštede materijala i energije.

Za ilustraciju navedenih tvrdjenja poslužićemo se činjenicom da u većini slučajeva delovi mašina, alata i tehnološka oprema bivaju izbačeni iz upotrebe, ne zbog havarija, već zbog habanja tarućih površina. Na osnovu literaturnih podataka [1] gubici zbog malih neispravnosti i povećanog habanja u mašinogradnji SSSR-a 70-tih godina iznosili su 12 – 14 milijardi rubalja godišnje. Samo u automobilskoj industriji gubici za proizvodnju rezervnih delova iznosili su u 1980. god. 2 milijarde rubalja, ne računajući cenu ugradnje. Potrošnja metala za izradu delova u traktorskoj industriji počinje da premašuje potrošnju u izradi novih mašina.

Ništa manje nisu štete koje nanosi korozija. Prema slobodnoj proceni 10 – 15% ukupne svetske proizvodnje crne metalurgije gubi se nepovratno zbog korozije. Ocenjuje se da se u SSSR-u od korozije gubi cca 15 000 000 tona metala [1,2].

Sve ovo zahteva široku lepezu metoda i postupaka za zaštitu metala. Razrađene su mnoge metode, ali do danas najširu primenu imaju metode hemijsko-termičke obrade.

Mašinski delovi o kojima je bilo reči izrađeni su uglavnom klasičnim postupcima – livenjem, plastičnom deformacijom ili mašinskom obradom rezanjem. Međutim, u poslednje vreme, sve širu primenu u mašinogradnji i proizvodnji robe široke potrošnje dobijaju delovi izrađeni sintermetaluršim postupcima. Po nekim proračunima, proizvodnja takvih delova je ekonomičnija i uštede u materijalu su veće (za 1000 tona proizvoda štedi se 2300 tona metala i oslobađa 165 mašina za obradu skidanjem strugotine). Jednu od ozbiljnijih prepreka za još širu primenu ovih delova predstavljaju njihove mehaničke, a posebno eksploatacione osobine, u prvom redu otpor prema habanju, koroziona postojanost i sl.

Eksploatacione osobine sinterovanih materijala se mogu poboljšati legiranjem ili hemijsko-termičkom obradom. Kako se za legiranje koriste uglavnom skupi i deficitarni metali, hemijsko-termička obrada predstavlja svrsishodnije rešenje.

Hemijsko - termička obrada - boriranje primenjuje se kod metala i legura kod kojih se ne postavljaju uslovi visoke žilavosti i udarnih opterećenja, već se traže specijalne površinske osobine kao što su abrazivna i koroziona postojanost, vatrostalnost kao i povećanje površinske tvrdoće.

Kod hemijsko - termičke obrade vrši se zasićenje površinskog sloja metala hemijskim elementima koji pod dejstvom visokih temperatura difunduju u osnovnu strukturu metala. Sam postupak se sastoji u zagrevanju i držanju delova na dovoljno visokoj temperaturi u aktivnoj sredini, koja može biti čvrsta, tečna ili gasovita. U aktivnoj sredini dolazi do difuzionog obogaćenja komada, elementima aktivne sredine. Pri tome dolazi do promene hemijskog sastava, strukture i osobina površinskog sloja, a nekada i čitave zapremine. Metoda hemijsko - termičke obrade je dobro proučena i prilično se koristi u industriji [3].

Boriranje, kao i svaki površinski metod obrade zahteva predhodnu pripremu površina koje se obrađuju određenim postupkom. Pre ulaganja uzoraka u sredstvo za boriranje površina dela koji se obrađuje mora prvo da se očisti od svih naslaga i korozije koje mogu da se nađu na njegovoj površini. Sloj rđe mora da se ukloni četkanjem ili šmirglanjem. Prilikom čišćenja mora da se vodi računa kako se ne bi skinulo previše materijala, radni deo mora da ima manje dimenzije od traženih pošto se prilikom boriranja dodaje 20%-30% na polazne dimenzije komada, u vidu boridnog sloja [3,4].

Posle pripreme mešavine za boriranje (homogenizacija u trajanju od 60 minuta) i odmašćivanja uzoraka acetonom, pristupa se pakovanju uzoraka u lončiće sa poklopcima od vatrostalnog čelika. U lončić se najpre ubaci sloj mešavine za boriranje (10-15 mm) uz blago nabijanje. Na ovako pripremljenu osnovu u lončić stavlja se uzorak vodeći računa da leži na jednom od svojih bazisa sa stranicama ravnomerno udaljenim od zidova lončića, zatim se vrši zasipanje lončića sa preostalom količinom odmerene smeše uz blago nabijanje. Da bi se onemogućio pristup vazduha lončići se zaptivaju prahom istucanog stakla, iz razloga što kiseonik značajno smanjuje reaktivnost između Fe i B.

Ovako pripremljeni i zaptivani lončići sa uzorcima, zagrevaju se u peći. Peć se zagreva do temperature boriranja $t = 950^{\circ}\text{C}$, a zatim se unose pripremljeni lončići. Istekom vremena boriranja $\tau = 4$ h, lončići se vade iz peći i hlade na vazduhu do sobne temperature, a zatim se uzorci vade iz lončića.

Ovim tehničkim rešenjem je predstavljen program za polinom četvrtog stepena. Razvoju softverskog rešenja pristupilo se zbog energetske efikasnosti, jednostavne kontrole zapreminskih promena usled skupljanja pri procesu sinterovanja, jednostavnog vršenja kontrole procesa boriranja, povećanja proizvodnje i optimizacije procesa proizvodnje.

Program na bazi regresione jednačine, omogućava da se dobiju promene zapremine, poroznosti, dubine boridnog sloja i crtanje grafika (simpleks trougla) bez izvođenja velikog broja eksperimenata i investicionih ulaganja u opremu i materijal. Program omogućuje da se izaberu najpogodniji aktivatori i njihov odnos, kako bi se dobili kvalitetni boridni slojevi [3,5,6].

Modeliranje i simulacija, uključujući kompjutersku simulaciju i programe za proračun kao i matematičko predstavljanje složenih fizičko - hemijskih metalurških procesa, sve se više koriste gde u planiranom pristupu eksperimentalnim istraživanjima matematičke metode imaju aktivnu ulogu [7-10].

2. Problematika i stanje u svetu i kod nas

Veoma brz razvoj nauke i tehnike nameće stalne zahteve za poboljšanjem osobina metala i legura i za postizanjem specijalnih osobina ovih materijala.

Boriranje klasičnih materijala (čelika, gvožđa i drugih legura železa) intenzivno se izučava i u literaturi se može naći mnoštvo podataka o ovom procesu. U brojnim radovima je obrađeno formiranje boridnih slojeva, kinetika rasta, fazni sastav, osobine, ponašanje u eksploatacionim uslovima i sl.

Hemijsko - termička obrada mašinskih delova izrađenih postupcima metalurgije praha relativno je novijeg datuma. U literaturi se retko mogu naći radovi o cementaciji, alitiranju, nitriranju ili karbonitriranju delova izrađenih presovanjem i sinterovanjem železnog praha. Još su ređi radovi koji obrađuju boriranje sinterovanih delova. Radova koji obrađuju boriranje otpresaka od železnog praha skoro da i nema.

Ovo tehničko rešenje je skroman prilog proučavanju boriranja otpresaka od železnog praha i pojava koje ga prate uz pomoć programa. Program modeliranja procesa boriranja omogućuje grafičku vizuelizaciju procesa boriranja i daje uticaj aktivatora u osnovnoj smeši za boriranje na proces boriranja.

3. Problem koji se rešava tehničkim rešenjem

Osnovu programskog rešenja za modeliranje procesa boriranja čini veoma brz odabir aktivatora tj. izbor sastava mešavine za boriranje sa unapred zadanim promenama zapremine, poroznosti i dubine sloja, crtanje grafika (simpleks trougla) i iznalaženje optimalnih vrednosti posmatranih parametara. Programsko rešenje za modeliranje procesa boriranja je veoma jednostavno za korišćenje. Ulazni podaci unose se korišćenjem odgovarajućih maski, a objašnjenje i način rada sa programom prikazano je u prilogu.

4. Detaljan opis tehničkog rešenja

Simpleks metoda je opšta metoda za rešavanje bilo kog zadatka linearnog programiranja i spada u kategoriju numeričkih metoda. Takođe metoda simpleks-planova omogućava dobijanje složenih modela ispitivanih zavisnosti. Ovo je naročito važno jer su linearni i kvadratni modeli neadekvatni pri variranju nivoa faktora u širokim granicama, a za faktorne planove trećeg ili višeg stepena potrebno je obaviti daleko veći broj oglada. U inženjerskoj praksi se vrlo često javljaju problemi uticaja sastava neke smese na ispitivane osobine, npr. zavisnost osobina legure od sadržaja komponenti, zavisnost osobina kaluparskog materijala od sadržaja veziva i vlage i slično. Zajedničko obeležje ovakvih problema je činjenica da je zbir svih komponenti jednak 100% [11]. Matematičkim jezikom rečeno, ako je sistem sastavljen od q komponenti čiji su udeli u smeši $x_1, x_2, x_3, \dots, x_q$, onda je:

$$x_i \geq 0 \text{ za } i = 1, 2, \dots, q$$

$$x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1$$

Ispitivana veličina se može izraziti regresionim polinomom. Tako npr., ako se radi o dva faktora, primena drugog uslova i zamena kvadratnih članova daje:

$$\hat{y} = b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2$$

Simpleksom nazivamo prostu figuru koja u k -dimenzionom prostoru ima $k + 1$ vrhova, npr., za $k = 2$ -trougao, za $k = 3$ -tetraedar i td. Metod simpleks-planova omogućava dobijanje složenih modela ispitivanih zavisnosti. Za matematičku obradu rezultata korišćen je regresioni polinom četvrtog stepena u sledećem obliku:

$$y = b_i x_i + b_j x_j + b_k x_k + b_{ij} x_i x_j + b_{ik} x_i x_k + b_{jk} x_j x_k + c_{ij} x_i x_j (1 - x_2) + c_{ik} x_i x_k (1 - x_3) + c_{jk} x_j x_k (1 - x_3) + d_{ij} x_i x_j (1 - x_2)^2 + d_{ik} x_i x_k (1 - x_3)^2 + d_{jk} x_j x_k (1 - x_3)^2 + b_{ijk} x_i^2 x_j x_k + b_{ijjk} x_i x_j^2 x_k + b_{ijkk} x_i x_j x_k^2 \dots$$

gde su aktivatori korišćeni u eksperimentu:

x_1 - NH₄FHF

x_2 -NH₄Cl

x_3 -KBF₄

a regresioni koeficijenti su:

$$b_i; b_j; b_k; b_{ij}; b_{ik}; b_{jk}; c_{ij}; c_{ik}; c_{jk}; d_{ij}; d_{ik}; d_{jk}; b_{ijk}; b_{ijjk}; b_{ijkk}; (i= 1, j= 2, k= 3)$$

Nepoznate koeficijente regresije nalazimo po sledećim obrascima:

$$\begin{aligned}
 b_i &= y_i \dots \text{①} \\
 b_{ij} &= 4y_{iij} - 2y_i - 2y_j \dots \text{②} \\
 c_{ij} &= 8/3 (y_j - y_i + 2y_{iij} - 2y_{ijj}) \dots \text{③} \\
 d_{ij} &= 8/3 (y_{iij} + 4y_{ijj} - 6y_{iij} - y_i - y_j) \dots \text{④} \\
 b_{iijk} &= 32 (y_{iijk} - y_{ijjk} - y_{ijkk}) + 8/3 (y_i - y_j - y_k) - 16 (y_{iij} + y_{iikk}) - 16/3 (y_{iij} + 5y_{iik} - 3y_{ikk} - y_{jjk} - y_{jkk}) \dots \text{⑤}
 \end{aligned}$$

Jedna od prvih obrada rezultata eksperimenata je provera dejstva faktora disperzionom analizom.

Regresioni polinom (1) procenjuje reakcionu površinu u svakoj tački faktornog prostora. Problem je samo što ta procena, odnosno njena tačnost, nije ista za sve tačke simpleksa već zavisi od uslova eksperimenta. Rasipanje rezultata-disperzija, može se proceniti za svaki model, imajući u vidu da su za sve vrhove, ili rogljeve, simpleksa, koeficijenti regresije linearne funkcije rezultata. Za procenu disperzije, neophodno je ponavljanje eksperimenata za istu kombinaciju nivoa faktora.

$\bar{y}_i, \bar{y}_{ij}, \bar{y}_{iij}$, itd.

Za posmatrani model je:

$$\begin{aligned}
 b_i &= \bar{y}_i \\
 b_{ij} &= 4 \bar{y}_{iij} - 2 \bar{y}_i - 2 \bar{y}_j
 \end{aligned}$$

Zamenom ovih jednačina u model, uprošćavanjem izraza i uvođenjem zamene dobija se:

$$\begin{aligned}
 \hat{y} &= a_1 \bar{y}_1 + a_2 \bar{y}_2 + a_3 \bar{y}_3 + a_{1122} \bar{y}_{1122} + a_{1133} \bar{y}_{1133} + a_{2233} \bar{y}_{2233} + a_{1112} \bar{y}_{1112} + a_{1222} \bar{y}_{1222} + a_{2333} \bar{y}_{2333} \\
 &+ a_{1333} \bar{y}_{1333} + a_{2223} \bar{y}_{2223} + a_{1113} \bar{y}_{1113} + a_{1123} \bar{y}_{1123} + a_{1223} \bar{y}_{1223} + a_{1233} \bar{y}_{1233} \dots \text{⑥}
 \end{aligned}$$

gde su:

$$\begin{aligned}
 \text{①; } a_1, a_2, a_3 &\Rightarrow a_i = \frac{1}{3} x_i (2x_i^2 - 48x_i + 22x_i - 3) \dots \text{①} \\
 \text{②; } a_{1122}; a_{1133}; a_{2233} &\Rightarrow a_{iijj} = 4x_i x_j (16x_i x_j - 4x_i - 4x_j) \dots \text{②} \\
 \text{③; } a_{1112}; a_{1222}; a_{2333}; a_{1333}; a_{2223}; a_{1113} &\Rightarrow a_{iij} = \frac{16}{3} x_i x_j (x_i^2 - 6x_i + 1) \dots \text{③} \\
 \text{④; } a_{1123}; a_{1223}; a_{1233} &\Rightarrow a_{iijk} = 32x_i x_j x_k (x_i - x_j - x_k) \dots \text{④}
 \end{aligned}$$

Na ovu jednačinu primenimo Gausov zakon nagomilavanja greške i dobićemo sledeće:

$$\begin{aligned}
 \sigma_y^2 &= a_1^2 \bar{y}_1 + a_2^2 \bar{y}_2 + a_3^2 \bar{y}_3 + a_{1133}^2 \bar{y}_{1133} + a_{2233}^2 \bar{y}_{2233} + a_{1122}^2 \bar{y}_{1122} + a_{2223}^2 \bar{y}_{2223} \\
 &+ a_{1222}^2 \bar{y}_{1222} + a_{1113}^2 \bar{y}_{1113} + a_{2333}^2 \bar{y}_{2333} + a_{1123}^2 \bar{y}_{1123} + a_{1223}^2 \bar{y}_{1223} + a_{1233}^2 \bar{y}_{1233} \\
 &+ a_{1333}^2 \bar{y}_{1333} \dots \text{⑤}
 \end{aligned}$$

Iz ovog izraza dobija se jednačina za disperziju našeg matematičkog modela:

$$\sigma^2 \hat{y} = \left[\sum \frac{a_i^2}{r_i} + \sum \frac{a_{ijj}^2}{r_{ijj}} + \sum \frac{a_{iii}^2}{r_{iii}} + \sum \frac{a_{ijk}^2}{r_{ijk}} \right] \sigma^2 y \dots\dots\dots (3)$$

Broj ponovljenih očitavanja r_i, r_{ijj} i r_{ijk} , jednak je za sve nivoe i obeležava se sa "r" a ostatak izraza sa "A", pa se dobija:

$$\sigma^2 \hat{y} = \frac{A}{r} \cdot \sigma^2 y \dots\dots\dots (4)$$

Disperzija eksperimenata $\sigma^2 y$ dobija se iz izraza:

$$\sigma^2 y = \frac{1}{n} \sum_i (y_i - \bar{y}_i)^2 \dots\dots\dots (5)$$

gde je:

" y_i " jedna od vrednosti očitavanja, a " \bar{y}_i " srednja vrednost ukupnih vrednosti očitavanja.

r - broj očitavanja

k - broj kontrolnih tačaka

f - broj stepena slobode

Za proveru adekvatnosti modela iz regresionog polinoma izračunava se \hat{y}_i za sve kombinacije nivoa faktora i te vrednosti se oduzimaju od odgovarajućih vrednosti. Ovo će biti:

$$D_i = \bar{y} - \hat{y}_i \dots\dots\dots (6)$$

gde je: $i = 1, 2, 3, \dots, n$, broj kontrolnih tačaka. Sa ovim se obrazuje procena Studentovog kriterijuma tj. za svaku kontrolnu tačku posebno.

$$t_i = \frac{D_i \sqrt{r}}{\sigma_y \sqrt{1 + A_k}} \dots\dots\dots (7)$$

Za poređenje iz Studentove tabele raspodele bira se t_{α} za odgovarajući koeficijent verodostojnosti $\left(\frac{\alpha}{2n}\right)$, stepen slobode f .

Provera adekvatnosti za kontrolnu tačku K_1 :

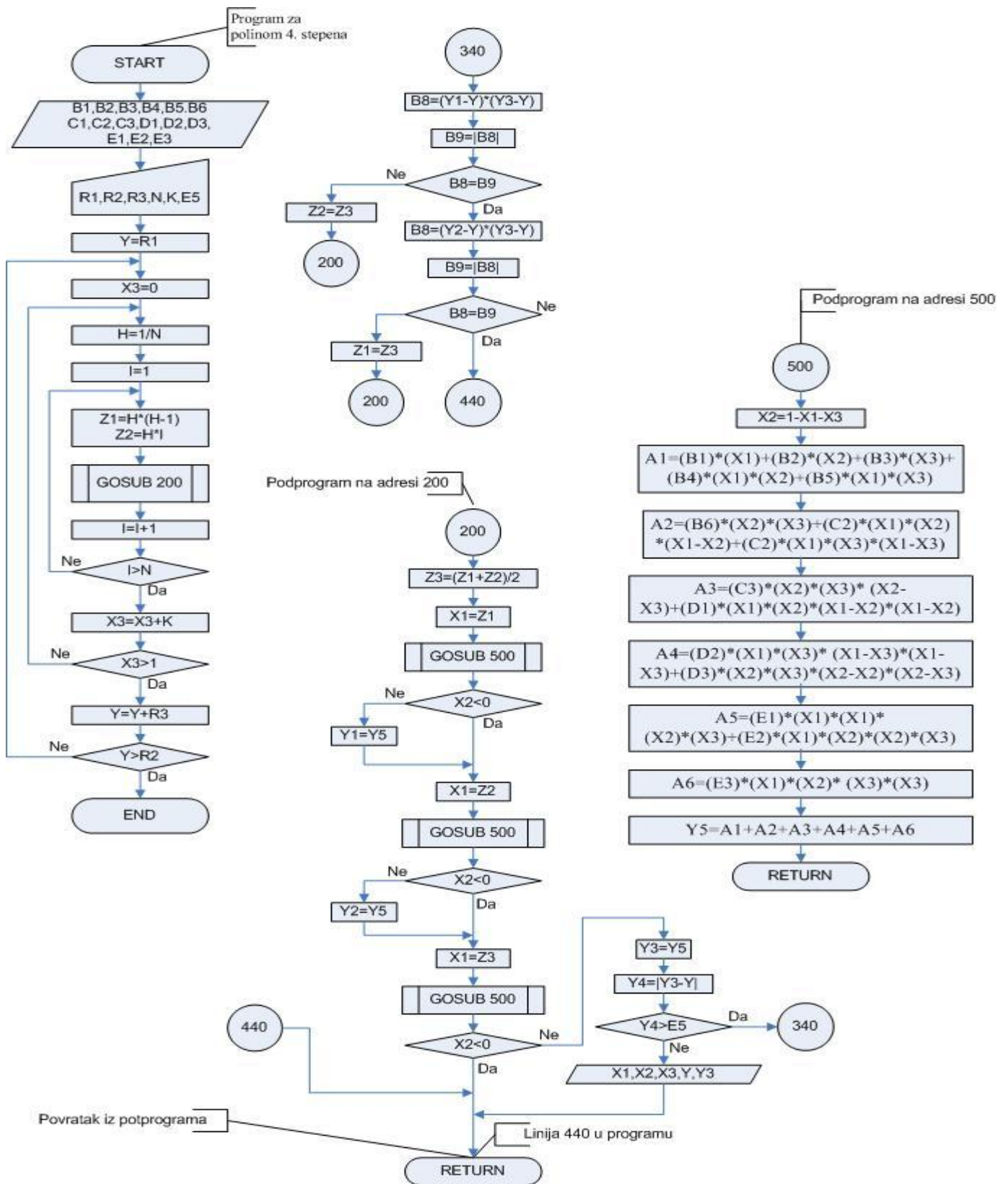
$$t_{k_1} = \frac{D_{k_1} \sqrt{r_{k_1}}}{\sigma_y \sqrt{1 + A_{k_1}}} \dots\dots\dots (8)$$

$$D_{k_1} = \bar{y}_{k_1} - \hat{y}_{k_1} \dots\dots\dots (9)$$

$$\sigma^2 \hat{y}_{k_1} = \frac{A_{k_1}}{r} \cdot \sigma^2 y \dots\dots\dots (10)$$

$$A_k = \sum a_i^2 + \sum a_{ijj}^2 + \sum a_{iii}^2 + \sum a_{ijk}^2 \dots\dots\dots (11)$$

Na slici 1. je prikazan algoritam nalaženja optimalnog rešenja regresione jednačine (1). Ovaj algoritam omogućava grafički prikaz eksperimentalnih rezultata u simpleks trouglu i predstavlja precizan niz postupaka koje treba izvršiti da bi se došlo do rešenja problema.



Slika 1. Algoritam

Na osnovu prikazanog algoritma, urađen je program. Program zasnovan na datom algoritmu zahteva unos sledećih podataka:

- plan eksperimenta
- unos eksperimentalnih rezultata za promenu zapremine, poroznosti i dubine boridnog sloja
- unos regresionih koeficijenata
- određivanje granica izo linija
- određivanje koraka od koga zavisi gustina izo linija u simpleks trouglu
- unos kontrolnih tačaka

5. Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja

Program za modeliranje procesa boriranja je napisan u DELPHI 7 pod Windows XP operativnom sistemu. Uz pomoć programa određen je uticaj aktivatora na obrazovanje difuzionog sloja pri boriranju otpresaka od železnog praha. Varirani su aktivatori, a kao odgovor sistema posmatrane su vrednosti dubine boridnog sloja, poroznosti i zapreminske promene. Za utvrđivanje optimalnih uslova boriranja presovanih uzoraka od železnog praha, korišćen je simpleks plan četvrtog stepena sa 15 eksperimentalnih tačaka kao što je prikazano u tabeli 1. Pretpostavljeni matematički model je polinom četvrtog stepena, pošto su se nepotpuni kubni i kubni model pokazali neadekvatnim. Primenom simpleks plana i analizom eksperimentalnih podataka definisan je matematički model. Izračunati su efekti glavnih varijabla a regresiona analiza je korišćena za fitovanje odgovora sistema. Na osnovu simpleks plana definisane su početne bazne i nebazne promenljive.

Tabela 1. Plan eksperimenta

Broj uzorka	Sadržaj aktivatora [%]			Kodirane vrednosti faktora		
	NH ₄ FHF	NH ₄ Cl	KBF ₄	X ₁	X ₂	X ₃
1	4	0	0	1	0	0
2	0	4	0	0	1	0
3	0	0	4	0	0	1
4	1	0	3	¼	0	¾
5	2	0	2	½	0	½
6	3	0	1	¾	0	¼
7	3	1	0	¾	¼	0
8	2	2	0	½	½	0
9	1	3	0	¼	¾	0
10	0	3	1	0	¾	¼
11	0	2	2	0	½	½
12	0	1	3	0	¼	¾
13	1	2	1	¼	½	¼
14	1	1	2	¼	¼	½
15	2	1	1	½	¼	¼

6. Zaključak

Prikazani rezultat – program modeliranja procesa boriranja, predstavlja simulaciju procesa boriranja u osnovnoj smeši za boriranje na bazi bor - karbida uz dodatak aktivatora, ali se može primeniti i za određivanje osobina legura u zavisnosti od sadržaja komponenti, određivanje osobina kaluparskog materijala u zavisnosti od sadržaja veziva i vlage i slično uz određenu dopunu programa.

Osnovna motivacija razvoja ovakvog softvera pre svega jeste njegova ekonomska isplativost.

Navedeni softver predstavlja savremeni alat za izbor sastava aktivatora koji se dodaju osnovnoj mešavini za boriranje. Program omogućuje da se unapred zadaju promene zapremine, poroznosti i dubine sloja, kako bi se izbegao veći broj praktičnih opita [12 -19]. Ovim se skraćuje vreme razvoja novog proizvoda, a u isto vreme optimizira proizvodnja i snižavaju troškovi.

Program modeliranja procesa boriranja se uspešno koristi u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, i u dosadašnjem radu pokazao se kao veoma pouzdan i stabilan.

7. Literatura

- [1] И.М.Федорченко, Защитные покрытия на металлах, 1980.
- [2] B. Stanojević, Prilog proučavanju procesa boriranja železnih proizvoda dobijenih metalurgijom praha, Doktorski rad, Bor, 1984.
- [3] E. Požega: Uticaj aktivatora na obrazovanje difuzionog sloja pri boriranju otpresaka od železnog praha, Magistarski rad, Bor, 2008.
- [4] M.Đorđević: Određivanje zavisnosti zapreminskih promena boriranih presovanih uzoraka železnog praha od sastava smeše za boriranje, Diplomski rad, Bor, 1984
- [5] E. Požega, S. Ivanov, Application of the planned experiment in the chemical-thermal treatment and influence of boroning mixture composition on the quality of boride layers of pressed and boroned samples from iron powder, 39th International October Conference on Mining and Metallurgy, October 2007, Sokobanja, Serbia, Proceedings pp.303 – 310
- [6] S. Ivanov, E. Požega: Influence of the Composition of the Boroning Mixture on the Dimension Change of Pressed and Boroned Samples from Iron Powder, Science of Sintering 40 (2008) 197-205.
- [7] G. I. Krasovski, G. F. Filaretov: Planed of Experiment, (Minsk, 1982), p.184, in Russian.
- [8] I. Pantelić, Uvod u teoriju inženjerskog eksperimenta, Novi Sad, (1976).
- [9] S. Chatterje, B. Price: Regression Analysis by Example, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York 1991.
- [10] I. G. Zedginidze, Mathematical planed of experiment for the examination and optimization of mixture characteristics, Mecniereba, Tbilisi, 1971., pp. 34-110.
- [11] E. Požega, S. Ivanov, V. Conić, Ć. Abazi, Kompjuterski program za polinom četvrtog stepena, Inovacije i razvoj, broj 2, 2008, str. 52 - 63.
- [12] E. Požega, S. Ivanov, Influence of composition of boronizing mixture on depth boride layer of pressed and boronized samples from iron powder, YUCOMAT 2007, Herceg Novi, Montenegro, September 2007, Book of abstracts, pp.88
- [13] E. Požega, S. Ivanov, Uticaj sadržaja aktivatora u smeši za boriranje na poroznost presovanih i boriranih uzoraka od železnog praha, Šesti seminar mladih istraživača, Beograd, Decembar 2007, Zbornik abstrakata, str. 5
- [14] S. Ivanov, E. Požega, Influence of composition of boroning mixture on the volume change of pressed and boroned samples from iron powder, 3rd International conference, Deformation processing and structure of materials, (2007) pp. 285-291

- [15] S. Ivanov, E. Požega, Influence of composition of boroning mixture on the volume change of pressed and boroned samples from iron powder, 3rd International conference, Deformation processing and structure of materials, (2007) pp. 285-291
- [16] S. Ivanov, E. Požega, Uticaj sastava smeše za boriranje na zapreminske promene presovanih i boriranih uzoraka od železnog praha, *Zaštita materijala* 48 (3) (2007), pp. 49-53
- [17] E.D. Požega, S.Lj. Ivanov, V.T. Conić, B.M. Čađenović. The possibility of the boronizing proces on the pressed samples of iron powder, *Hemijska industrija* 63 (3) (2009) 253-258
- [18] E. Požega, S. Ivanov, Uticaj sadržaja aktivatora u smeši za boriranje na poroznost presovanih i boriranih uzoraka od železnog praha, *Hemijska industrija* 62 (3) (2008) 164 – 169
- [19] Svetlana Ivanov, **Emina Požega**, Bata Marjanović: Towards applying simplex plans methods in boroning, *17th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials (ISBB 2011)*, Istanbul, Turkey, 11-17 September 2011, Abstract book, pp. 183. (Ed. by O.Yucel) ISBN: 978-605-125-415-9

PRILOG

OBJAŠNENJE NAČINA RADA SA PROGRAMOM

Dvostrukim klikom na ikonu za Simpleks program, "SimleksT.exe", program se aktivira, uz napomenu da se decimalni zarez u tabelama kuca kao tačka.

Na slici broj 1. prikazana je tabela za unos podataka.

Popunjava se tabela za unos podataka na osnovu predviđenog plana eksperimenta i na osnovu dobijenih eksperimentalnih rezultata (dubina boridnog sloja, zapreminske promene, poroznost). Pritiskom na dugme "Sačuvaj tabelu eksperimentalnih rezultata", slika broj 2., pri čemu pamtimo gde su rezultati sačuvani u odgovarajući folder.

Na taj način pri sledećem otvaranju programa, pritiskom na "Učitaj eksperimentalne rezultate", pojaviće se popunjena tabela sa podacima, kao što je prikazano na slici broj 2.

Izborom na "KOEFIČIJENTI polinoma i GRANICE za određivanje izo - linija" otvara se dijalog okvir prikazan kao na slici 3. Popunjava se tabela sa izračunatim regresionim koeficijentima polinoma.

Granice za određivanje izo - linija su y od R_1 i y do R_2 . One zavise od dobijenih eksperimentalnih rezultata (dubina boridnog sloja, zapreminske promene, poroznost). Na pr. najmanja i najveća vrednost dobijena eksperimentalnim putem za poroznost boriranih uzoraka od železnog praha je: 4.37 (R_1) i 19.98 (R_2), slika 4., a uzete granice su 4 (R_1) i 20 (R_2). Korak sami zadajemo, što zavisi od gustine izo - linija koje dobijemo u Simpleks trouglu.

Br.uz.	NH4FHF	NH4Cl	KBF4	x1	x2	x3	y'	y''	y.ar	y
1.										y1
2.										y2
3.										y3
4.										y1333
5.										y1133
6.										y1113
7.										y1112
8.										y1122
9.										y1222
10.										y2223
11.										y2233
12.										y2333
13.										y1223
14.										y1233
15.										y1123
16.										
17.										
K1										
K2										

Slika 1. Prikaz tabele za unos podataka

Završni korak je grafik.

Pritiskom na "grafik tačaka u simpleks trouglu" dobija se grafik koji izgleda kao na slici broj 5. Pritiskom na "Sačuvaj grafik" podaci su sačuvani u folderu gde su smešteni i ostali eksperimentalni podaci sa ekstenzijom (bmp), (slika broj 5.).

Program je napravljen tako da omogućava i direktno štampanje podataka ("ŠTAMPAJ ovu tabelu" ili "Štampanje grafik").

Provera matematičkog modela vrši se u kontrolnim tačkama K_1 i K_2 . Unošenjem kontrolnih tačaka u simpleks trougao dobijamo vrednosti sadržaja za sva tri aktivatora u mas.% (x_1 =NH₄FHF, x_2 =NH₄Cl i x_3 =KBF₄) kao i vrednost regresionog polinoma sa tim sadržajem aktivatora.

Vrednost regresionog polinoma nam pokazuje kolika će biti dobijena dubina boridnog sloja, zapreminske promene ili promene poroznosti sa izabranim sadržajem aktivatora, tako da te promene možemo unapred da predvidimo ili zadamo.

Br.uz.	NH4FHF	NH4Cl	KBF4	x1	x2	x3	y`	y`	y.ar	y
1.	4	0	0	1	0	0	16,259	16,600	16,4295	y1
2.	0	4	0	0	1	0	16,760	7,735	12,2475	y2
3.	0	0	4	0	0	1	19,249	20,029	19,6390	y3
4.	1	0	3	0,25	0	0,75	20,318	19,652	19,9850	y1333
5.	2	0	2	0,5	0	0,5	7,277	15,807	11,5420	y1133
6.	3	0	1	0,75	0	0,25	17,978	18,235	18,1065	y1113
7.	3	1	0	0,75	0,25	0	3,964	8,791	6,3775	y1112
8.	2	2	0	0,5	0,5	0	5,900	2,837	4,3685	y1122
9.	1	3	0	0,25	0,75	0	7,199	3,861	5,5300	y1222
10.	0	3	1	0	0,75	0,25	8,994	8,782	8,8880	y2223
11.	0	2	2	0	0,5	0,5	5,160	9,317	7,2385	y2233
12.	0	1	3	0	0,25	0,75	8,249	7,705	7,9770	y2333
13.	1	2	1	0,25	0,5	0,25	11,591	4,891	8,24100	y1223
14.	1	1	2	0,25	0,25	0,5	5,772	8,720	7,2460	y1233
15.	2	1	1	0,5	0,25	0,25	10,761	10,215	10,4880	y1123
16.										
17.										
K1	2,744	0,56	0,692	0,686	0,140	0,173				
K2	0,552	1,568	1,88	0,138	0,392	0,47				

Slika 2. Izgled popunjene table

FormMain

Novi pocetak rada | Nastavak rada | Grafik tacaka u simpleks trouglu | STAMPAJ tekst sa HD | STAMPANJE grafika sa HD | IZLAZ

PLAN eksperimenta | KOFICIJENTI polinoma i GRANICE za odredjivanje ekvi-linija | Generisani parametri X1, X2, X3 i Y u skladu sa predhodno zadatim nivoima | Simpleks trougao

Izracunati koeficijenti polinoma:

B1	B2	B3
B4	B5	B6
C1	C2	C3
D1	D2	D3
E1	E2	E3

y od R1 y do R2 sa korakom, R3

Broj decimalnih mesta u oznaci ekvipotencijalnih linija simplek trougla:

broj podela za x1, N korak za x3, K

y3-y, granica E5 Ygrupe

Sacuvaj koeficijente polinoma

STAMPAJ ovu tabelu

Ucitaj koeficijente polinoma

Start | S | D | SL 1:06 PM

Slika 3. Tabela za izračunavanje regresionih koeficijenta polinoma

FormMain

Novi pocetak rada | Nastavak rada | Grafik tacaka u simpleks trouglu | STAMPAJ tekst sa HD | STAMPANJE grafika sa HD | IZLAZ

PLAN eksperimenta | KOFICIJENTI polinoma i GRANICE za odredjivanje ekvi-linija | Generisani parametri X1, X2, X3 i Y u skladu sa predhodno zadatim nivoima | Simpleks trougao

Izracunati koeficijenti polinoma:

B1	B2	B3
B4	B5	B6
C1	C2	C3
D1	D2	D3
E1	E2	E3

y od R1 y do R2 sa korakom, R3

Broj decimalnih mesta u oznaci ekvipotencijalnih linija simplek trougla:

broj podela za x1, N korak za x3, K

y3-y, granica E5 Ygrupe

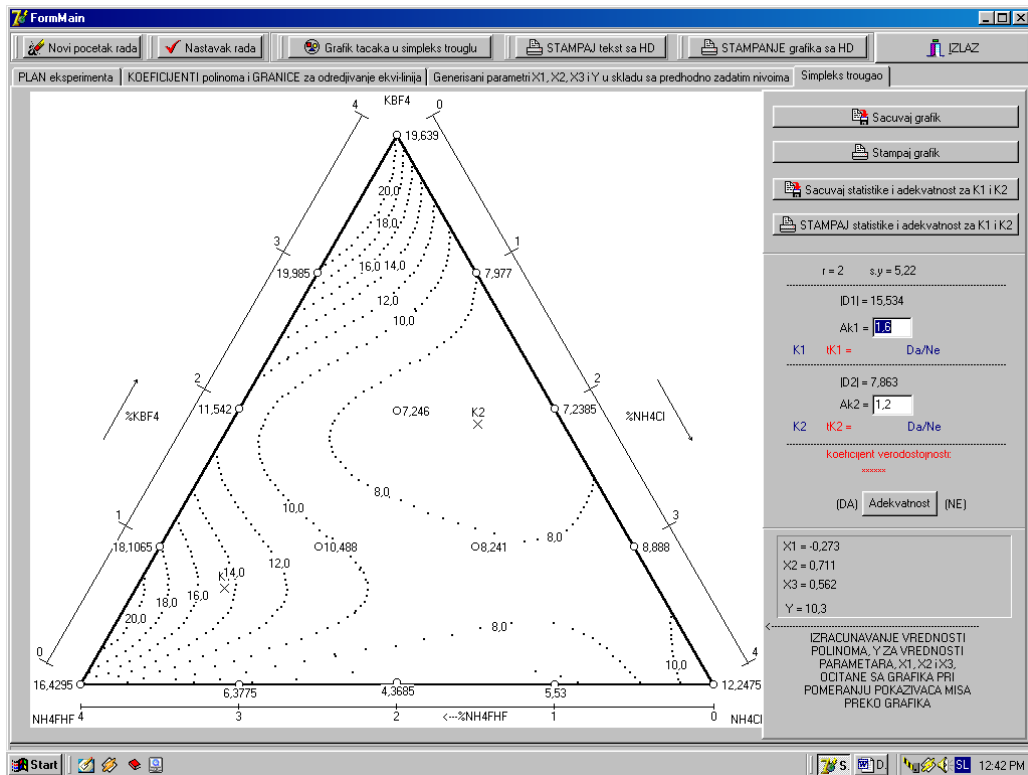
Sacuvaj koeficijente polinoma

STAMPAJ ovu tabelu

Ucitaj koeficijente polinoma

Start | S | D | SL 12:32 PM

Slika 4. Tabelarni prikaz sa izračunatim regresionim koeficijentima polinoma i granica za određivanje izo-linija



Slika 5. Izgled dobijenog grafika sa izo linijama



Предмет: Доказ о прихваћеном и примењеном техничком решењу под називом „ПРОГРАМ ЗА МОДЕЛИРАЊЕ ПРОЦЕСА БОРИРАЊА“

У оквиру пројекта финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, бр. 34005 под називом „Развој напредних материјала и технологија за мултифункционалну примену заснованих на еколошком знању“, руководиоца пројекта др Ана Костов, период 2011-2014, током треће године истраживања (2013. година), развијено је техничко решење под називом:

„ПРОГРАМ ЗА МОДЕЛИРАЊЕ ПРОЦЕСА БОРИРАЊА“

Аутора:

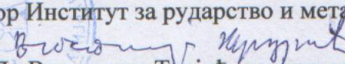
Мр Емина Пожега, дипл. инж.
Др Светлана Иванов, дипл. инж.
Др Лидија Гомицеловић, дипл. инж.
Др Ана Костов, дипл. инж.
Др Александра Милосављевић, дипл. инж.
Маријана Јовановић, дипл. инж.

Техничко решење – нови софтверски програм за моделирање процеса борирања, развијен је за симулацију процеса борирања у основној смеши за борирање на бази бор-карбида уз додатак активатора. Примењује се и за одређивање особина легура у зависности од садржаја компоненти, као и за одређивање особина калупарског материјала у зависности од садржаја везива и влаге.

Овакав софтвер омогућио је економску исплативост процеса борирања пошто омогућује да се унапред задају промене запремине, порозности и дубине слоја, како би се избегао већи број практичних опита. Овим се скраћује време развоја новог производа, а у исто време оптимизира производња и снижавају трошкови.

Техничко решење је реализовано у Институту за рударство и металургију у Бору. Наведени софтвер је **прихваћен** за коришћење у симулацији процеса борирања и овим **потврђујем** да се наведени програм користи у Институту за рударство и металургију Бор.

У Бору, 16.12.2013. године

Директор Институт за рударство и металургију Бор

Др Властимир Трујић, научни саветник

Предмет:

Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитавном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС“, бр. 38/2008) **рецензент доц. др Дарко Бродић оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:**

Назив: „*Програм моделирања процеса борирања*“ развијен у оквиру пројекта „Развој напредних материјала и технологија за мултифункционалну примену заснованих на еколошком знању – TP34005“

Аутори: **Емина Пожега, Светлана Иванов, Лидија Гомижеловић, Ана Костов, Александра Милосављевић, Маријана Јовановић.**

Категорија техничког решења: **техничко и развојно решење (софтвер) – M85**

Образложење

Рецензентска комисија је утврдила да је предложено решење урађено за потребе:

Института за рударство и металургију у Бору.

Субјект који решење користи је:

Институт за рударство и металургију у Бору.

Субјект који је решење прихватио је:

Институт за рударство и металургију Бор.

Резултати су верификовани од стране

Научног већа Института за рударство и металургију Бор.

Предложено решење се користи на следећи начин:

Наведено решење за моделирање процеса борирања омогућава да се улазни подаци уносе путем одговарајућих маски, што поједностављује употребу датог програма. На овај начин се остварује веома брз избор састава мешавине за борирање са унапред заданим променама запремине, порозности и дубине слоја, као и изналажење оптималних вредности посматраних параметара.

Област на коју се техничко решење односи је:

Материјали и хемијске технологије.

Проблем који се техничким решењем решава је:

Овим техничким решењем је представљен програм за полином четвртог степена, који омогућује да се изаберу најпогоднији активатори и њихов однос, како би се добили квалитетни боридни слојеви.

Стање решености тог проблема у свету је следеће:

За представљање полинома четвртог степена користе се различити програмски пакети и програми. Међутим, њихов недостатак се огледа у уопштениости њихове примене и неприлагођености специфичностима проблема. Због тога се наведена програмска решења морају дограђивати ако је то уопште могуће остварити.

Суштина техничког решења састоји се у:

Ово техничко решење представља прилог проучавању борирања отпресака од железног праха и појава које га прате уз помоћ програма. Програм моделирања процеса борирања омогућује графичку визуелизацију процеса борирања и даје утицај активатора у основној смеши за борирање на процес борирања.

Карактеристике предложеног техничког решења су:

Основу програмског решења за моделирање процеса борирања чини веома брз одабир активатора тј. избор састава мешавине за борирање са унапред заданим променама запремине, порозности и дубине слоја, затим цртање графика - симплекс троугла, и изналажење оптималних вредности посматраних параметара.

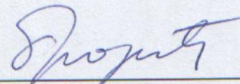
Резултат је реализован у Институту за рударство и металургију у Бору где се и примењује.

Могућности примене предложеног техничког решења су следеће:

Програм омогућује да се изаберу најпогоднији активатори и њихов однос, како би се добили квалитетни боридни слојеви.

На основу свега наведеног рецензент је оценио да резултат научноистраживачког рада под називом „Програм моделирања процеса борирања“ развијен у оквиру Пројекта „Развој напредних материјала и технологија за мултифункционалну примену заснованих на еколошком знању – TR34005“, представља техничко и развојно решење (софтвер), које као научни резултат поред стручне компоненте карактерише значајан развојни и научноистраживачки допринос.

Рецензент:



Доц. др Дарко Бродић, дипл.инж.ел.

NAUČNOM VEĆU
Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja kategorije M85-Softver

Naziv tehničkog rešenja: Program za modeliranje procesa boriranja

Autori: Mr Emina Požega, dipl. inž.
Dr Svetlana Ivanov, dipl. inž.
Dr Lidija Gomidželović, dipl. inž.
Dr Ana Kostov, dipl. inž.
Dr Aleksandra Milosavljević, dipl. inž.
Marijana Jovanović, dipl. inž.

Mišljenje recenzenta

Odlukom Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor, broj XVI/7.1 od 04.12.2013. godine, određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom „*Program za modeliranje procesa boriranja*“ koje predstavlja rezultat istraživanja autora u okviru projekata br. TR34005 čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

Na osnovu analize priloženog materijala, Naučnom veću Instituta za rudarstvo i metalurgiju prilažem sledeće:

MIŠLJENJE

Tehničko rešenje pod nazivom „*Program za modeliranje procesa boriranja*“ je prikazano na 15 stranica A4 formata, i sadrži 6 slika i 1 tabelu. Tehničko rešenje je obrađeno u skladu sa zahtevima definisanim Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača („Službeni glasnik RS“ br. 38/2008).

Sadržaj tehnološkog rešenja obuhvata sledeće celine:

1. Naslovna strana, koja sadrži podatke o: autorima tehničkog rešenja; naziv tehničkog rešenja; ključne reči; naziv projekata iz kojih je tehničko rešenje proizašlo kao rezultat projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja za period 2011-2014; korisnika tehničkog rešenja; godinu kada je tehničko rešenje kompletirano; godinu kada se tehničko rešenje primenjuje; i oblast i naučnu disciplinu na koju se tehničko rešenje odnosi
2. Uvod
3. Problematika i stanje u svetu i kod nas
4. Problem koji se rešava tehničkim rešenjem
5. Detaljan opis tehničkog rešenja
6. Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja
7. Zaključak

U prvom delu tehničkog rešenja autori su detaljno obrazložili problematiku i stanje u oblasti boriranja. Razvoj industrije stavlja pred konstruktore zadatak proizvodnje novih mašina sa dužim vekom eksploatacije, sigurnijih i jeftinijih, a sve na račun poboljšanja kvaliteta

primenom različitih metoda zaštite od korozije i drugih vidova razaranja. U vezi sa tim zadatkom, zaštitne prevlake na metalnim materijalima, u današnje vreme, su jedan od perspektivnih metoda čija rešenja bitno smanjuju gubitke crnih i obojenih metala, poboljšavaju kvalitet, produžuju vek rada mašina, povećavaju produktivnost, uštede materijala i energije. Razrađene su mnoge metode, ali do danas najširu primenu imaju metode hemijsko-termičke obrade. Eksploatacione osobine sinterovanih materijala se mogu poboljšati legiranjem ili hemijsko-termičkom obradom. Kako se za legiranje koriste uglavnom skupi i deficitarni metali, hemijsko-termička obrada predstavlja svrsishodnije rešenje.

Imajući u vidu sve ove činjenice, pristupljeno je razvoju programa za modeliranje procesa boriranja koji omogućuje veoma brz odabir aktivatora tj. izbor sastava mešavine za boriranje sa unapred zadanim promenama zapremine, poroznosti i dubine sloja, crtanje grafika (simpleks trougla) i iznalaženje optimalnih vrednosti posmatranih parametara istovremeno ispunjavajući uslove u pogledu ekonomske isplativosti.

U drugom delu tehničkog rešenja autori su detaljno opisali softver i dali algoritam za određivanje realnog rešenja.

Prikazani rezultat – program za modeliranje procesa boriranja, od značaja je za izbor sastava aktivatora koji se dodaju osnovnoj mešavini za boriranje. Program omogućuje da se unapred zadaju promene zapremine, poroznosti i dubine sloja, kako bi se izbegao veći broj praktičnih opita. Ovim se skraćuje vreme razvoja novog proizvoda, a u isto vreme optimizira proizvodnja i snižavaju troškovi.

Na osnovu analize priloženog tehničkog rešenja, podnosim sledeći

ZAKLJUČAK

Dokumentacija tehničkog rešenja „*Program za modeliranje procesa boriranja*“ pripremljena je u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača („Službeni glasnik RS“ br. 38/2008). Tehničko rešenje jasno i detaljno prezentira oblast i naučnu disciplinu, problem koji se rešenjem rešava, stanje rešenosti u svetu i kod nas, opis tehničkog rešenja, sa karakteristikama i mogućnostima primene.

Na osnovu izloženih argumenata predlažem da se tehničko rešenje prihvati i svrsta u kategoriju **M85 – Softver**, pomenutog pravilnika.

Beograd, 17.12.2013.

RECENZENT



dr Zoran Stević, red. profesor



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
НАУЧНО ВЕЋЕ
Број: XVII/2.1.
Од 27.12.2013.године**

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XVII-ој седници одржаној дана 27.12.2013. године донело:

**ОДЛУКУ
о прихватању техничког решења**

I

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Програм за моделирање процеса борирања“, аутора: *мр Емина Пожега, др Светлана Иванов, др Лидија Гомицеловић, др Ана Костов, др Александра Милосављевић, Маријана Јовановић*, и мишљења рецензента и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

**Др Миленко Љубојев, дип.инж.руд.
Научни саветник**

