

Vpliv ogljika, silicija in kokilnega vzorca na debelino bele plasti pri valjih

Za 80 valjev za tanko pločevino so bili zbrani arhivski podatki, na podlagi katerih je bila izdelana statistična analiza regresije med belo plastjo na valju kot odvisno spremenljivko in vsebnostjo ogljika in silicija ter belo plastjo na kokilnem vzorcu kot neodvisnimi spremenljivkami. Najprej je bila izračunana enačba regresije z vsemi važnejšimi statističnimi parametri za odvisnost $(C + 2Si)$. 100 — bela plast valja, nato za odvisnost kokilni vzorec — bela plast valja in končno enačba regresije z dvema neodvisnima spremenljivkama.

Rezultati so pokazali, da je z obema vplivnima faktorjema, t. j. $C + Si$ in kokilnim vzorcem pojasnjeno samo 50,4 % variacij bele plasti na valju. To postavlja pred livarske tehnologe zahtevo, da držijo vse druge tehnološke parametre, ki vplivajo na tvorbo bele plasti, čimbolj konstantne.

Obvladovanje in zadetje ustrezne bele plasti pri trdih litoželeznih valjih je livarjem že od nekdaj povzročalo veliko preglavic. Vsakdo, ki se je znašel pred nalogo, da vlija trde valje, je kaj hitro prišel do spoznanja, da se ni mogoče zanesti niti na literaturne podatke, niti na recepte iz prakse, ko se je bilo potrebno odločiti za ulivanje na podlagi kemične analize pripravljene taline in na podlagi kokilnega vzorca. Nastajale so dileme ne samo spričo dejstva, da je ista kemična analiza dajala enkrat pretrd, drugič premehak valj, temveč pogosto tudi, kako ukrepati, ko sta si kokilni vzorec in kemična nasprotovala, ko je eden nakažoval, da se bo litina strdila belo, drugi pa, da lahko pričakujemo premajhno belo plast. Danes so težave z zadetjem bele plasti že v precejšnji meri izginile z dnevnega reda, ker se klasični valji umikajo na modernih valjarniških progah drugim tipom valjev: dvoslojnim, poljeklenim, nodularnim in valjem z nedoločeno trdo plastjo. Kljub temu je zanimivo pogledati skozi prizmo matematične statistike s kakšnimi problemi so se ukvarjali livarji valjev, ki so si prizadevali izdelati valj z belo plastjo v mejah predpisanih toleranc in kako lahko njihove težave prikažemo s parametri matematične statistike. Taka statistična analiza se je v Železarni ponujala takorekoč sama od sebe in to iz več razlogov. Prvič, vrsta livarskih strokovnjakov železarne se je ukvarjala z valji in se ob njih seznanjala s trdo livarsko prakso, drugič, prav za valje ali natančneje pločevinske valje, je zbrano več tehnične dokumentacije, kot pri

drugi livarski proizvodnji in tretjič, v omejenem obsegu se ti valji še vedno izdelujejo. In končno, tudi pri novih tipih valjev nastopajo problemi podobnega značaja, v katere bi bilo potrebno sistematično poseči z metodami matematične statistike.

Za pričujočo statistično analizo je bil uporabljen arhivski material za pločevinske valje, vliete iz plamenične peči v času od 26.10.1965 do 4.3.1969, to je iz časa, ko so bili te vrste valji še več ali manj redno na proizvodnem programu. Ker je privzeto iz razumljivih razlogov, da je tip valja konstanta, so v analizi zajeti samo ene vrste valji in sicer za vroče valjanje tanke pločevine, dimenzije 750×1300 mm. Podatki so bili zbrani za skupno 80 valjev, kar je torej statistična velikost vzorca. Namen analize je ugotoviti medsebojno odvisnost kemične analize, natančneje ogljika in silicija, bele plasti na kokilnem vzorcu in bele plasti na valju.

Metalurgija proizvodnje valjev se prične in konča s kemično analizo. Pri izbiri vložka in gatanju je osnovna orientacija vsebnosti ogljika in silicija, ki morata biti izbrana tako, da lahko ob strjevanju na kokili računamo na tvorbo ustrezne bele plasti, upoštevajoč pri tem odgore ali porast obeh elementov v talilni peči. Prav tako je vsebnost ogljika in silicija zadnja orientacija pred izpustom taline iz peči. Istočasno z vzorcem za kemično analizo se vzame tudi kokilni vzorec. Po debelini bele plasti na vzorcu sklepamo na belo plast na valju. Znano je, da ogljik in silicij belo plast na valju zmanjšujeta, medtem ko ostali elementi, ki naj bi bili čimbolj konstantni, t. j. mangan, fosfor in žveplo, belo plast povečujejo. Zato govorimo, da sta ogljik in silicij v sivi litini grafitotvorna elementa, ostali so karbidotvorni. Učinek prvih dveh je izrazitejši in ima predvsem silicij vlogo regulatorja bele plasti. V praksi livarji ukrepajo tako, da pred izpustom iz peči ocenijo po kokilnem vzorcu in vsebnosti ogljika in silicija, kako se bo talina strjevala. Če smatrajo, da bo bela plast na valju pregloboka, dodajo običajno ferosilicij, če pa predvidevajo preveč »mehko« litino, žilavijo talino v peči ali dodajo karbidotvorce, predvsem žveplo in telur. Seveda zahteva tako ocenjevanje velike izkušnje in dobro poznavanje lastnosti vložka in karakteristik talilnega agregata, vedno pa je v nevarnosti, da je podvrženo subjektivnim presojam. Zato naj bi pričujoča statistična analiza pokazala tudi, kakšne možnosti zadetja bele plasti imajo

livarji, kadar ocenjujejo karbidotvornost taline po enem in drugem vzorcu, rezultati pa naj bi služili za konstrukcijo ustreznega diagrama (nomo-grama), ki bi dal možnost za operat. ukrepanje na bolj tehnični osnovi, kot so ocene po občutkih in boljših ali slabših refleksihi vodje taljenja.

Statistično vzeto naloga ni tako obsežna, da bi zahtevala uporabo računalnika, je pa zanimiva v toliko, ker ima opraviti z dvema neodvisnima spremenljivkama, ki sta s svoje strani med seboj odvisni.

Pri opazovanih valjih je pripomniti, da so bili uliti deloma iz 25, deloma iz 30 tonske plamenične peči in da se je za vložek uporabljalo 5 različnih vrst grodlja (šture specialno, ruski beli, kanadski Sorell, švedski lesni in avstralski grodelj) in zlomnina pločevinskih valjev različnega porekla.

BIVARIANTNA DISTRIBUCIJA (C + 2 Si) 100 — BELA PLAST VALJA

Oba elementa C in Si nista obravnavana ločeno, temveč v vsoti tako, da se silicij upošteva dvakratno. Silicij je namreč močnejši grafitotvorec od ogljika in se za njun skupni učinek običajno jemlje akvivalent C + 2 Si¹.

Podatki za 80 valjev so bili razdeljeni v 7 razredov odvisne spremenljivke (bela plast valja) in 7 razredov neodvisne spremenljivke (C + 2 Si). Pri C + 2 Si so procenti pomnoženi s sto, tako, da dobimo pri valju z npr. 2,83 % C in 0,75 % Si, $283 + 2 \times 75 = 433$ enot. Širina razreda je tu 17 enot, pri debelini bele plasti pa je 5 mm.

Enačba regresije je računana kot linearna, ker se je po nekaj poskusih pokazalo, da daje glede na napako predvidevanja in znotraj interesantnega območja bele plasti zadovoljivo natančnost, čeprav je sicer jasno, da odvisnosti pri nizki in visoki beli plasti odstopajo od linearnosti. Pripomniti je tudi, da so po arhivskih podatkih razlike med debelino bele plasti pri zgornjem in spodnjem čepu, kakor tudi med eno in drugo stranjo valja ob istem čepu in je zato privzeta srednja vrednost.

% (C + 2 Si) 100 = x

Tabela 1. Distribucija C + 2Si — bela plast valja

	346— 362	363— 379	380— 396	397— 413	414— 430	431— 447	448— 464
33—37	2			1			
28—32		1	1				
23—27		1	2				
18—22		1	5	4	1		
13—17			5	4	4	1	
8—12			7	12	8	7	2
3—7			1	3	5	2	

Bela plast valja mm = y

Iz tabele izračunamo po znanih postopkih

$$\Sigma f_i = 80, c_x = 17, c_y = 5$$

$$\Sigma f_i x \Delta_i x = 11, \Sigma f_i y \Delta_i y = -113$$

$$\Sigma f_i x \Delta_i^2 x = 127, \Sigma f_i y \Delta_i^2 y = 295$$

$$\Sigma (\bar{x}_i - x)^2 = 36269,5, \Sigma (y_i - \bar{y})^2 = 3387,5$$

$$\Sigma (x_i - x)(y_i - y) = -6584$$

Iz gornjih izrazov dobimo naslednje statistične parametre:

Srednje vrednosti:

$$\bar{x} = M_x + \frac{\Sigma f_i x \Delta_i x \cdot c_x}{n} = 405 + \frac{11}{80} \cdot 17 = 407,35$$

$$\bar{y} = M_y + \frac{\Sigma f_i y \Delta_i y \cdot c_y}{n} = 20 - \frac{113}{80} \cdot 5 = 12,86 \text{ mm}$$

Koeficient korelacije:

$$r = \frac{\Sigma (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma (x_i - \bar{x})^2 \cdot \Sigma (y_i - \bar{y})^2}} = -\frac{6584}{\sqrt{36269,5 \cdot 3387,5}} = -0,595$$

Koeficient determinacije:

$$r^2 = (-0,595)^2 = 0,35$$

Koeficient regresije:

$$b = \frac{\Sigma (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\Sigma (x_i - \bar{x})^2} = -\frac{6584}{36269,5} = -0,181$$

Rezidualna varianca regresije:

$$S^2_{xy} = \frac{\Sigma (y_i - \bar{y})^2 - b \Sigma (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n - 2} = \frac{3387,5 + 0,181 \cdot 6584}{78} = 27,8$$

Napaka predvidevanja:

$$S_{yx} = \sqrt{S^2_{yx}} = \sqrt{27,8} = 5,27$$

Standardna deviacija za x in y

$$S_x = \sqrt{\frac{\Sigma (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{36269,5}{79}} = 21,4$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\Sigma (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{3387,5}{79}} = 6,44$$

Enačba regresije:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 12,86 + 0,181 \cdot 407,35 = 86,59$$

$$y = 86,59 - 0,181x$$

Interpretacija rezultatov: Koeficient korelacije je $-0,595$ in je višji od kritične vrednosti za 99 procentov stopnjo verjetnosti in 79 prostostnih stopenj, kajti ustrežna tabela kaže vrednost 0,293. Praktično to pomeni, da obstoji pomembna medsebojna zveza med x in y, ali v našem slučaju med kemično analizo (C + 2 Si) in belo plastjo na valju.

Koeficient determinacije, ki znaša 0,35, nam pove, kolik delež variacij (razsipanja, sprememb, nihanja) bele plasti na valju je pripisati kemični analizi ($C + 2 Si$). Delež je sicer relativno visok in kaže, enako kot koeficient korelacije, na močno medsebojno odvisnost, je pa najbrž nižji od tistega, ki bi ga pričakoval tehnolog z nezadostno prakso pri ulivanju valjev in ki bi se opiral v glavnem na diagrame iz strokovne literature.

Isto konstatacijo nam v drugi obliki posreduje napaka predvidevanja. Če namreč dobljeni rezultat pomnožimo z ustreznim številom po Studentovi distribuciji verjetnosti za 80—1 prostostnih stopenj, dobimo **meje natančnosti**:

$$y = y' \pm 1,99 \cdot 5,27 = y' \pm 10,5 \text{ mm}$$

To pomeni, da opirajoč se na kemično analizo ($C + 2 Si$), lahko zadenemo debelino bele plasti na valju le znotraj toleranc $\pm 10,5$ mm ali z drugimi besedami, v območju, ki je široko 21 mm. Če računamo, da se giblje spremenljivka ali predpisana bela plast na valju med 8 in 20 mm, to praktično pomeni, da pri istem $C + 2 Si$ lahko dobimo dober, premehak ali pa pretrd valj. Tudi v idealnem slučaju, če imamo $(C + 2 Si) \cdot 100$ v sestavi, ki po enačbi ustreza sredini med dopustno zgornjo in spodnjo mejo bele plasti (14 mm) in ki je:

$$14 = 86,59 g - 0,181 x$$

$$x = \frac{86,59 g - 14}{0,181} = 401$$

dobimo, upoštevajoč Studentovo distribucijo verjetnosti pri že omenjenih pogojih, da bo verjetnost uspeha le:

$$1,99 \cdot \frac{12}{21} = 1,13$$

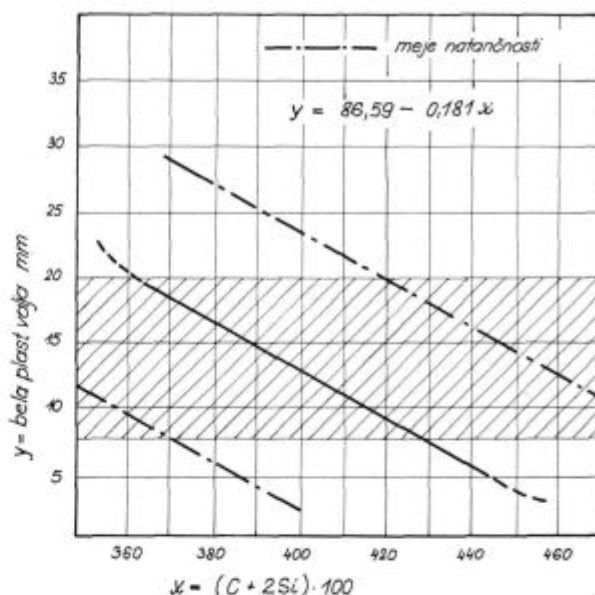
ali 73 procentna stopnja verjetnosti. To praktično pomeni, da lahko računamo, da bo tudi v slučaju, če nam uspe, da držimo $C + 2 Si$ konstantno 401, vsaj vsak četrti valj izmeček zaradi neustrezne bele plasti. Vsako nihanje analize to možnost seveda še povečuje. Tak rezultat nam torej matematično ilustrira nemoč livarskega tehnologa, da bi obvladal debelino bele plasti v slučaju, ko bi se oslanjal izključno na analizo ogljika in silicija, ki jo je dobil iz kemičnega laboratorija pred izpustom železa iz peči.

Enačbo regresije $(C + 2 Si) \cdot 100$ — bela plast valja z vrisanimi mejami natančnosti in označenim pasom ustrezne bele plasti, nam ponazarja diagram 1.

BIVARIANTNA DISTRIBUCIJA KOKILNI VZOREC — BELA PLAST VALJA

Kokilni vzorci so bili ocenjeni po fotografijah prelomov. Ker je bilo zaradi različno osvetljenih fotografij in zato, ker so prelomi vzorcev za plo-

Diagram 1. Odvisnost bele plasti na valju od ogljika in silicija



čev. valje že skoraj popolnoma beli, težko odmeriti debelino bele plasti, so bili vzorci razdeljeni v 5 tipov in sicer:

tip I: vzorec s prvimi sivimi pikami pod 25 mm od roba

tip II: vzorec s prvimi sivimi pikami med 25 in 40 mm od roba

tip III: vzorec z belo osnovo in izrazitejšim sivim jedrom

tip IV: vzorec z belo osnovo in manj izrazitim sivim jedrom

tip V: popolnoma bel vzorec.

Dimenzije vzorcev so $130 \times 130 \times 35$ mm. Podatki za belo plast valjev so bili enako kot v prejšnjem slučaju razdeljeni na 7 razredov. Vzorec je kot druga neodvisna spremenljivka označen s z.

Tip kokilnega vzorca = z

Tabela 2. Distribucija kokilni vzorec — bela plast valja

	I	II	III	IV	V
Bela plast valja mm = Y					
33—37				2	1
28—32				2	
23—27			1	2	
18—22			3	8	
13—17		2	9	3	
8—12		14	17	5	
3—7	6	4	1		

Iz tabele smo dobili:

$$\Sigma f_i = 80, c_z = 1, c_y = 5$$

$$\Sigma f_i z \Delta_i z = -8, \Sigma f_i y \Delta_i y = -113$$

$$\Sigma f_i z \Delta_i^2 z = 70, \Sigma f_i y \Delta_i^2 y = 295$$

$$\Sigma (z_i - \bar{z})^2 = 69,2, \Sigma (y_i - \bar{y})^2 = 3387,5$$

$$\Sigma (z_i - \bar{z}) (y_i - \bar{y}) = 308,5$$

Iz gornjih izrazov izračunamo statistične parametre:

Srednji vrednosti:

$$\bar{z} = M_z + \frac{\Sigma f_i z \cdot \Delta_i z \cdot c_z}{n} = 3 - \frac{8}{80} = 2,9$$

$$\bar{y} = 12,86 \text{ mm (izračunana že prej)}$$

Koeficient korelacije:

$$r = \frac{\Sigma (z_i - \bar{z}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma (z_i - \bar{z})^2 \Sigma (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{308,5}{\sqrt{69,2 \cdot 3387,5}} = 0,635$$

Koeficient determinacije:

$$r^2 = 0,635^2 = 0,403$$

Koeficient regresije:

$$b = \frac{\Sigma (z_i - \bar{z}) (y_i - \bar{y})}{\Sigma (z_i - \bar{z})^2} = \frac{308,5}{69,2} = 4,46$$

Rezidualna varianca regresije:

$$S_{yz}^2 = \frac{\Sigma (y_i - \bar{y})^2 - b \Sigma (z_i - \bar{z}) (y_i - \bar{y})}{n - 2} = \frac{3387,5 - 4,46 \cdot 308,5}{78} = 25,3$$

Napaka predvidevanja:

$$S_{yz} = \sqrt{S_{yz}^2} = \sqrt{25,3} = 5,03$$

Standardna deviacija za z in y:

$$S_z = \sqrt{\frac{\Sigma (z_i - \bar{z})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{308,5}{79}} = 1,94$$

$$S_y = 6,44 \text{ (izračunana že prej)}$$

Enačba regresije:

$$a = \bar{y} - b\bar{z} = 12,86 - 4,46 \cdot 2,9 = -0,07$$

$$y = -0,07 + 4,46 z$$

Interpretacija rezultatov: Koeficient korelacije je 0,635 in je višji od kritične vrednosti 0,283 po tabeli in tudi višji od vrednosti, ki smo jo dobili pri binominalni distribuciji (C + 2 Si) . 100 — bela plast valja. Odvisnost med belo plastjo na kokilnem vzorcu in belo plastjo na valju je torej močnejša, kot odvisnost med kemično analizo (ogljik in silicij) in belo plastjo na valju. V skladu s tem je tudi koeficient determinacije višji in kaže, da je 40,3 % variacij bele plasti pojasnjeno s spremembami na kokilnem vzorcu.

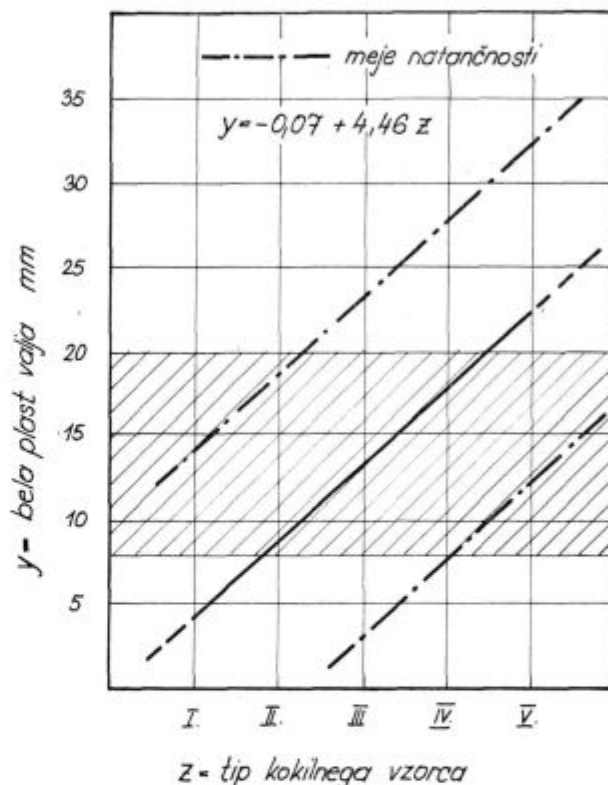
Meje natančnosti so:

$$y = y' \pm 1,99 \cdot 5,03 = y' \pm 10 \text{ mm}$$

Uporaba kokilnega vzorca za zadetje bele plasti na valju je, po rezultatih sodeč, nekoliko zanesljivejša od kemične analize, nikakor pa še ne nudi dovolj garancije za zanesljivo delo.

Enačbo regresije kokilni vzorec — bela plast valja z vrisanimi mejami natančnosti in črtkanim pasom ustrezne bele plasti nam kaže diagram 2.

Diagram 2. Odvisnost bele plasti na valju od tipa kokilnega vzorca.



TRIVARIANTNA DISTRIBUCIJA (C + 2 Si) . 100 — KOKILNI VZOREC — BELA PLAST

V tem slučaju obravnavamo (C + 2 Si) . 100 in kokilni vzorec kot neodvisni, belo plast valja pa kot odvisno spremenljivko. Če bi bila C + 2 Si in kokilni vzorec med seboj neodvisna, bi lahko vplive obeh kratkoma sešteli. Tak slučaj imamo, če raziskujemo n.pr. vplive posameznih elementov na mehanske lastnosti jekla. Tročlenska enačba obdrži v tem slučaju iste koeficiente regresije, kot jih dobimo pri računanju zveze za vsak posamezen element. V slučaju naše trivariantne distribucije pa lahko že v naprej sklepamo, da imamo opraviti z močno medsebojno odvisnostjo med ogljikom in silicijem na eni in kokilnim vzorcem na drugi strani. Morda se ne bomo preveč zmotili, če na osnovi analogije predpostavimo, da je ta zveza približno tako močna, kot tista med C + Si in belo plastjo valja. Iz tega razloga lahko pričakujemo, da bosta oba koeficienta manjša,

kot smo jih našli pri bivariantnih distribucijah in da koeficient determinacije ne bo enostavna vsota obeh vplivov, temveč bo manjši.

Pri računanju označimo:

y = odvisna spremenljivka — bela plast valja
 x = 1. neodvisna spremenljivka — $(C + 2Si) \cdot 100$
 z = 2. neodvisna spremenljivka — kokilni vzorec
 a = konstanta v enačbi regresije
 b_1 = koeficient regresije za x
 b_2 = koeficient regresije za z

Poleg že preje izračunanih statističnih izrazov potrebujemo še izraz:

$$\Sigma(x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z})$$

ki prikazuje zvezo med neodvisnima spremenljivkama. Izračunamo ga iz tabele 3.

Tip kokilnega vzorca = z

Tabela 3. Distribucija kokilni vzorec — $(C + 2Si) \cdot 100$

	I	II	III	IV	V
346—362	2				
363—379	2	4	3	1	
380—396		8	8	2	
$(C + 2Si) \cdot 100 = x$					
397—413	1	4	12	7	
414—430		4	9	8	
431—447			1	2	
448—464				1	1

$$\Sigma(x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z}) = 811,3$$

Konstanto in oba koeficienta izračunamo iz enačb:

$$b_1 \Sigma(x_i - \bar{x})^2 + b_2 \Sigma(x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z}) = \Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

$$b_1 \Sigma(x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z}) + b_2 \Sigma(z_i - \bar{z})^2 = \Sigma(z_i - \bar{z})(y_i - \bar{y})$$

$$a = \bar{y} - b_1 \bar{x} - b_2 \bar{z}$$

$$b_1 \cdot 36269,5 - b_2 \cdot 811,3 = -6584$$

$$b_1 \cdot 811,3 + b_2 \cdot 69,5 = 308,5$$

$$a = 12,86 - b_1 \cdot 407,35 - b_2 \cdot 2,9$$

$$a = 50,85, b_1 = -0,114, b_2 = 3,12$$

Enačba regresije:

$$y = 50,85 - 0,114x + 3,12z$$

Koeficient korelacije:

$$r = \frac{b_1 \Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) + b_2 \Sigma(z_i - \bar{z})(y_i - \bar{y})}{\Sigma(y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\frac{1707,4}{3387,5}} = 0,71$$

Koeficient determinacije:

$$r^2 = 0,71^2 = 0,504$$

Rezidualna varianca regresije:

$$S_{yx}^2 = \frac{\Sigma(y_i - \bar{y})^2 - b_1 \Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) - b_2 \Sigma(z_i - \bar{z})(y_i - \bar{y})}{n - 3} = \frac{3387,5 - 0,114 \cdot 6584 - 3,12 \cdot 308,5}{77} = 21,8$$

Napaka predvidevanja:

$$S_{yx} = \sqrt{S_{yx}^2} = \sqrt{21,8} = 4,66$$

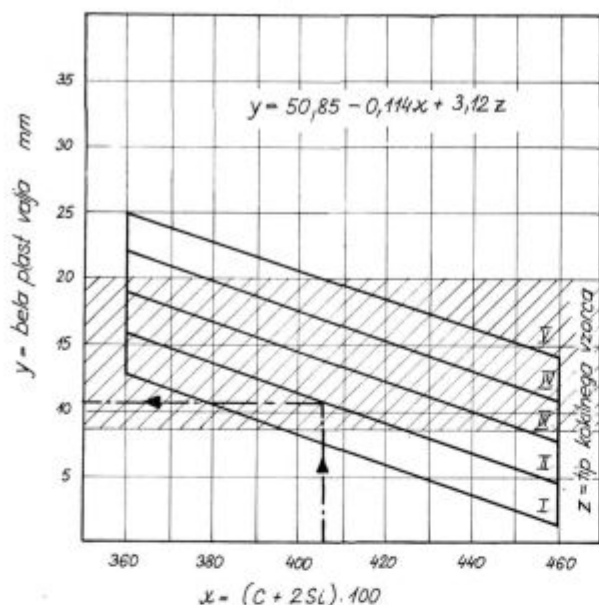
Interpretacija rezultatov: Koeficient determinacije je v primerjavi s prej obravnavanimi distribucijama narastel, vendar je precej izpod vsote posamičnih vplivov $C + Si$ in kokilnega vzorca, tako da ostane še vedno skoraj 50 % vplivov na spremembo bele plasti nepojasnjenih. Meje natančnosti se ustrezno zožijo in sicer:

$$y = y' \pm 1,99 \times 4,66 = y' \pm 9,3 \text{ mm}$$

Če upoštevamo, da so tolerance za debelino bele plasti 8 do 20 mm, t. j. 12 mm, so meje natančnosti še vedno preširoke (18,6 mm), da bi bilo omogočeno zanesljivo delo in da bi na osnovi ogljika, silicija in kokilnega vzorca obvladal in zadel na valju pravilno belo plast. Kljub temu pa bi se v praksi izplačalo preizkusiti nomogram, ki ga prikazuje diagram 3 in ki je konstruiran na osnovi izračunanih parametrov. Upoštevati namreč moramo, da veljajo izračunane meje natančnosti $\pm 9,3$ mm samo v slučaju, če sta vrednosti za y , izračunani iz obeh bivariantnih regresij enaki. V vseh ostalih slučajih so meje natančnosti ožje in sicer tem ožje, čimbolj se rezultata med seboj razlikujeta. Če n. pr. dobimo po enačbi regresije $(C + 2Si) \cdot 100$ — bela plast valja za y vrednost 10 mm $\pm 10,5$ mm, po regresiji kokilni vzorec — bela plast valja pa vrednost 20 mm ± 10 mm, je logično, da je mogoče pričakovati dejansko belo plast samo v območju med spodnjo mejo po drugi regresiji in zgornjo mejo po prvi regresiji, t. j. med 10 in 20,5 mm in to zaradi prekrivanja obeh regresij še z višjo stopnjo verjetnosti (ali ožjimi mejami natančnosti pri isti stopnji verjetnosti).

Po našem izračunu ostane $100 - 50,4 = 49,6$ % variacij v beli plasti nepojasnjenih. Ta nihanja lahko pripišemo samo takim vplivnim faktorjem kot je na primer sestava vložka, ostali kemični elementi poleg ogljika in silicija, način zakladanja peči, režim taljenja, izpustna in ulivna temperatura, temp kokile in ostalim, katere je svoječasno že poizkušala ugotoviti študija, izdelana s pomočjo strokovnjakov iz Železarn Ravne. Ne smemo zanemariti tudi vplivov nenatančnih kemičnih analiz in subjektivnega ocenjevanja kokilnih prob. V splošnem pa lahko rečemo, da naši računi ponovno potrjujejo spoznanje, da je zanesljivo delo pri izdelavi valjev možno samo pri konstantnem strogo predpisanem tehnološkem režimu.

Diagram 3. Odvisnosti bele plasti valja od ogljika, silicija in kokil. vzorca.



Vpliv ogljika, silicija in kokilnega vzorca na debelino bele plasti pri valjih

Vpliv ogljika, silicija in kokilnega vzorca na debelino bele plasti pri valjih

Vpliv ogljika, silicija in kokilnega vzorca na debelino bele plasti pri valjih

IZVLEČEK

Za 80 valjev za tanko pločevino so bili zbrani arhivski podatki, na podlagi katerih je bila izdelana analiza regresije med belo plastjo na valju kot odvisno spremenljivko in vsebnostjo ogljika

in silicija ter belo plastjo na kokilnem vzorcu kot neodvisnimi spremenljivkami. Najprej je bila izračunana enačba regresije z vsemi važnejšimi statističnimi parametri za odvisnost $(C + 2Si) \cdot 100$ bela plast valja, nato za odvisnost kokilni vzorec — bela plast valja in končno enačba regresije z dvema neodvisnima spremenljivkami.

Rezultati so pokazali, da je z obema vplivnima faktorjema tj. $C + Si$ in kokilnim vzorcem pojasnjeno samo 50,4 % variacij bele plasti na valju. To postavlja pred tehnologije zahtevo, da je potrebno držati vse druge vplivne faktorje čim bolj konstantne.

Na podlagi izračunanih statističnih parametrov so bili konstruirani nomogrami, ki kažejo odvisnost bele plasti od ogljika, silicija in kokilnega vzorca.

Literatura

1. A. E. Krivošejev: Litije valki. Metalurgizdat, Moskva 1957.
2. Jože Rodič: Priručnik za praktično uporabo matematičnih statističnih metoda. Metalburo, Zagreb 1965.
3. Edwin M. Bartee: Statistical methods in engineering experiments — Charles E. Merrill Books inc., Columbus, Ohio 1966.

Nekateri izrazi v tujih jezikih:

tankoploč. valj: tonkolistovoj valok (rus.)

Feinblechwalze (nem.), sheet roll (angl.)

bela plast: otbeljenij sloj (rus.), Abschrecktiefe (nem.), chill (angl.)

Kokilni vzorec: tehnologičeskaja proba, Abschreckprobe (nem.), chill sample (angl.)

ZUSAMMENFASSUNG

Auf Grund der Betriebsdaten für 80 Feinblechwalzen ist eine Regressionsanalyse zwischen der Abschrecktiefe an der Walze als der abhängigen Variable und dem Kohlenstoff und Siliziumgehalt und der Abschrecktiefe an der Abschreckprobe als der Unabhängigen Variablen ausgearbeitet worden. Zuerst ist die Regressionsgleichung mit allen wichtigen statistischen Parametern für die Abhängigkeit $(C + 2Si) \cdot 100$ — Abschrecktiefe der Walze ausgerechnet worden, dann für die Abhängigkeit Abschreckprobe — Abschrecktiefe der Walze, und zuletzt Regressionsgleichung mit zwei unabhängigen Variablen.

Die Ergebnisse zeigten, dass durch die beiden Einflussfaktoren, das ist Kohlenstoff + Silizium und die Abschreckprobe nur 50,4 % von Variationen der Walzenabschrecktiefe erklärt werden können. Das bedeutet, dass alle anderen Einflussfaktoren möglichst konstant gehalten werden müssen.

Auf Grund der ausgerechneten Statistischen Parametern sind Nomogramme konstruiert worden, welche die Abhängigkeit der Abschrecktiefe von Kohlenstoff, Silizium und der Abschreckprobe darstellen.

SUMMARY

Archive data for 80 sheet rolls were gathered to analyze regression between the chill of the roll as dependant variable and the carbon and silicon content, and the chill on the chill sample as independent variables. At first equation of regression with all more important statistical parameters for relationship between $(C + 2Si) \cdot 100$ — chill of the roll was calculated, then it was calculated for the relationship chill sample — chill of the roll, and finally also the regression equation with two inde-

pendent variables.

Results showed that both influential parameters, i. e. $C + Si$ and chill sample explain only 50,4 % of variations of the chill of the rolls. This finding demands that all the other influential parameters must be kept as constant as possible.

Nomograms based on evaluated statistical parameters were composed, showing dependance of the chill from the carbon and silicon content, and from the chill sample.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пользуясь данными исследования 80-ти валков для прокатки листовой стали поставлен анализ регрессии между отбеленным слоем валка как величины зависимой и содержанием C и Si и отбеленным слоем на технологической пробы как независимыми переменными. Сначала поставлено уравнение регрессии с всеми необходимыми статистическими параметрами для зависимости $(C + Si) \times 100$: отбеленный слой валка. Следует зависимость технологической пробы от отбеленного слоя валка и, наконец, поставлено уравнение регрессии с двумя независимыми переменными.

Результаты этого исследования показали, что с двумя влиятельными факторами т. е. с C и Si и технологической пробы валка объяснено только 50,4 % изменений отбеленного слоя валка. Этот факт ставит перед технолога требование чтобы все остальные влиятельные величины были крайне константные.

На основании вычисленных статистических показателей составлены номограммы которые дают зависимость отбеленного слоя валка от содержания C и Si и от технологической пробы.