

Regresijska analiza vplivov vlagalnih parametrov na specifično porabo toplote in storilnost martinovke

Na storilnost in specifično porabo toplote vpliva veliko število faktorjev. Vplivni faktorji pa so povezani tudi med seboj, kar še bolj zamota eksplicitno izražanje iskanih funkcij. Posebna statistična metoda — regresijska analiza omogoča, da moremo izraziti množico vplivov neodvisno drug od drugega v dokaj poenostavljeni matematični obliki. V članku je obravnavana raziskava pri martinovkah v Železarni Jesenice.

UVOD

Ekonomičnost pridobivanja jekla v martinovkah je že zelo točno podana, če imamo dva podatka in sicer: storilnost in specifično porabo toplote.

Oba pokazatelja izražata vplive niza faktorjev. Nekateri raziskovalci upoštevajo pri svojih raziskavah tudi štirideset različnih vplivov. Po velikosti ti različni faktorji ne delujejo enako. Večkrat lahko vpliv enega ali drugega faktorja pri posameznih martinovkah zanemarimo. Včasih pa pri raziskavah upoštevamo le nekaj najvplivnejših, ker si tako skrajšamo delo in vendar zajamemo še vedno dovolj veliko število vplivnih faktorjev.

Prav zaradi tako velike množice različnih vplivov in »samovoljne« izbire vplivnih faktorjev, je primerjanje optimalnih parametrov med različnimi martinovkami zelo problematično, včasih pa celo nemogoče. Kar je za eno peč nujnost, da dosežemo ugodno storilnost in specifično porabo, to na drugi peči komaj kaj vpliva in obratno. Podatki, ki jih navajajo posamezni avtorji, lahko povsem točno veljajo za obravnavano peč, ne moremo pa si z njimi pomagati pri neki drugi peči, tako da bi kar prenesli nekaj pogojev, ostale pa prezrli, čeprav so pri prejšnji peči tako majhni, da bi jih lahko zanemarili. Edini izhod iz te zadrege je stalno spremljanje procesa v lastnih martinovkah in eksperimentiranje na teh pečeh. Končna pokazatelj, to sta storilnost martinovke in specifična poraba toplote na tono proizvedenega jekla, pa kažeta koliko smo napredovali mi in koliko drugi.

Vplivni faktorji pa so povezani tudi med seboj, kar še povečuje težave pri eksplicitnem izražanju posameznih vplivov. Spreminjanje enega faktorja lahko povzroči nujno spremembo drugega faktorja pa bi lahko iz tega sklepali, da prvi faktor sploh ne vpliva na storilnost in specifično porabo toplote, ali pa bi ta vpliv precenili.

Pri obravnavanju takih problemov imamo na razpolago posebno matematično disciplino, ki omogoča izluščiti vplive posameznih faktorjev. Imenujemo jo regresijska analiza. Žal je ta metoda zelo dolgovozna in postane elegantna šele pri uporabi elektronskih računskih strojev. Vse operacije, ki so v bistvu zelo enostavne, opravijo elektronski računalniki zelo hitro in poljubno natančno. Natančnost je omejena edino z natančnostjo vložnih podatkov, zato je potrebno osnovne podatke izbirati zelo skrbno in razumno. Pri nepravilnih osnovnih podatkih bi lahko naredili sicer matematično pravilne, dejansko pa neuporabne zaključke o optimalnih pogojih.

IZBIRA VPLIVNIH PARAMETROV IN MARTINOVK

V jeklarni smo za obdelavo podatkov izbrali dve martinovki: »V«, ki ima imenski vložek 80 ton in »A«, ki ima imenski vložek 60 ton. Po zmogljivosti predstavljata v martinarni sredino in zgornjo mejo. Obe peči pa si ležita tudi diametralno nasproti, tako da smo lahko preučevali tudi vpliv lokacije. Lokacija namreč bistveno vpliva na hitrost zakladanja mrzlega vložka in delež tekočega grodlja.

Za vplivne faktorje pri regresijski analizi smo izbrali naslednje parametre:

- številka šarže po zadnjem generalnem mrzlem popravilu
- število voz oziroma korit starega železa
- skupni vložek
- proizvodnja peči v eni šarži
- vlagalni čas
- količina ogljika v prvi predprobi
- razlika med količinama ogljika v prvi predprobi in končni probi
- dovod goriva med zakladanjem in prvo polovico taljenja
- delež mrzlega in
- delež tekočega grodlja.

Za vsako martinovko smo obdelali 420 šarž. Pri peči »V« smo upoštevali šarže v obdobju pred in po mrzlem remontu, pri peči »A« pa v obdobju med dvema mrzlima remontoma.

Vplivne faktorje imenujemo tudi neodvisne spremenljivke. Po vrsti imajo naslednji fizikalni pomen:

X_1 (l)	številka šarže po zadnjem mrzlem popravilu
X_2 (kg)	masa skupnega vložka
X_3 (l)	število voz starega železa
X_4 (kg)	proizvodnja martinovke v eni šarži
X_5 (kg)	masa skupnega grodlja
X_6 (kg)	masa tekočega grodlja
X_7 (‰ / 100)	delež ogljika v prvi preprobi
X_8 (‰ / 100)	razlika v deležu ogljika
X_9 (enota planimetra)	poraba goriva v času od začetka zakladanja do preboda
X_{10} (enota planimetra)	poraba goriva v času od preboda do začetka zakladanja
X_{11} (enota planimetra)	skupna poraba goriva na šaržo, za čas od preboda do preboda
X_{12} (h)	vlagalni čas
X_{13} (h)	čas od začetka zakladanja do preboda
X_{14} (h)	skupni čas od preboda do preboda
X_{15} (enota planimetra)	dovod goriva v času zakladanja in prvi polovici taljenja, v poprečju na časovno enoto.

Osnovna zahteva pri statistični obdelavi je ta, da ostanejo vrednosti v izvorni obliki in jih šele v končnem rezultatu izrazimo v ustreznih enotah. Tako so vrednosti za X_9 , X_{10} , X_{11} in X_{15} odčitane na planimetru in jih je treba na koncu pomnožiti s konstanto planimetra, da dobimo količino goriva oziroma toplote.

Storilnost in specifična poraba toplote sta izračunani z ozirom na neto in bruto čas. Tako dobimo še štiri parametre, ki jih v statistiki imenujemo odvisne spremenljivke. Te pa imajo naslednji fizikalni pomen:

Y_1 (kg/h)	neto storilnost
Y_2 (kg/h)	bruto storilnost
Y_3 (kcal/kg)	neto specifična poraba toplote
Y_4 (kcal/kg)	bruto specifična poraba toplote.

Vse vrednosti so izračunane z elektronskim računalnikom natančno do enic pri masnih enotah (kg), specifični porabi toplote (kcal/kg), procentih (‰ / 100) in enotah z dimenzijo (l), pri časovnih enotah pa do stotinke ure. Čas je podan v decimalnem sistemu.

REGRESIJSKA ANALIZA

Podatki vseh 420 šarž za posamezno peč so v IBM - elektronskem računalniku razvrščeni po velikosti v 14 razredov s po 30 šaržami. Število

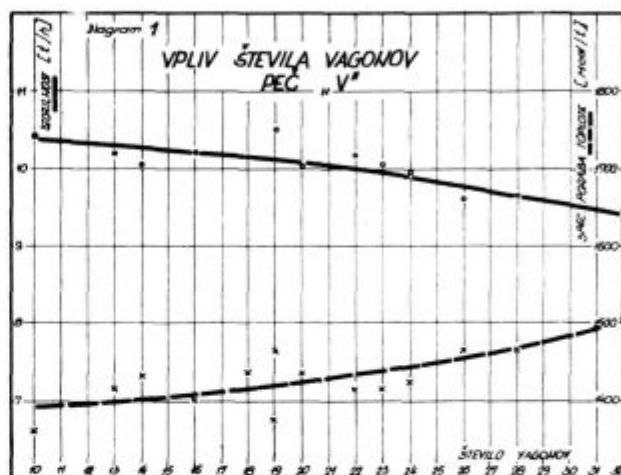
razredov je dovolj veliko, da lahko določimo tudi krivuljno odvisnost med vrednostmi X_i in Y_j . Srednja vrednost vsakega razreda pa je z ozirom na veliko število šarž prav tako dovolj reprezentativna in je verjetnost slučajne vrednosti zelo majhna.

Nekaj zanimivih regresij je obdelanih bolj podrobno:

Število voz X_3

Pri številu voz je potrebno poudariti, da štejejo 3 korita za en voz. Storilnost za martinovko »V« je podana v odvisnosti od števila voz z naslednjo enačbo:

$$Y_1 = 10330 + 15,1 X_3 - 1,39 X_3^2$$



Odvisnost je zelo izrazita, kar lahko vidimo tudi na diagramu 1. Pri zmanjšanju števila voz od 32 na 10 se poveča storilnost za 0,98 t/h, torej skoraj za 10 %. Pripravi vložka je potrebno posvetiti posebno pozornost. Za vsak voz, ki odpade zaradi bolj zgoščenega nakladanja, je pri istem tempu zakladanja na eno korito oziroma voz, povečana storilnost za 0,043 t/h. Vprašanje ekonomskega računa je, koliko ljudi se izplača imeti na pripravi vložka.

Specifična poraba toplote v odvisnosti od števila voz je podana za peč »V« z enačbo:

$$Y_3 = 1379 + 0,088 X_3 + 0,1124 X_3^2$$

Tudi tu optimum še ni dosežen. Specifična poraba močno narašča z večanjem števila voz.

Vlagalni čas X_{12}

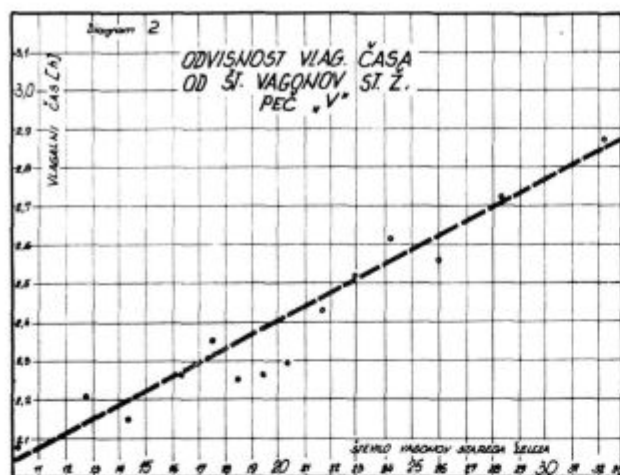
Število voz je ozko povezano z vlagalnim časom. Korelacijska enačba med časom zakladanja X_{12} in številom voz X_3 je naslednja:

$$x_{12} = 0,4012 + 0,03624 x_3$$

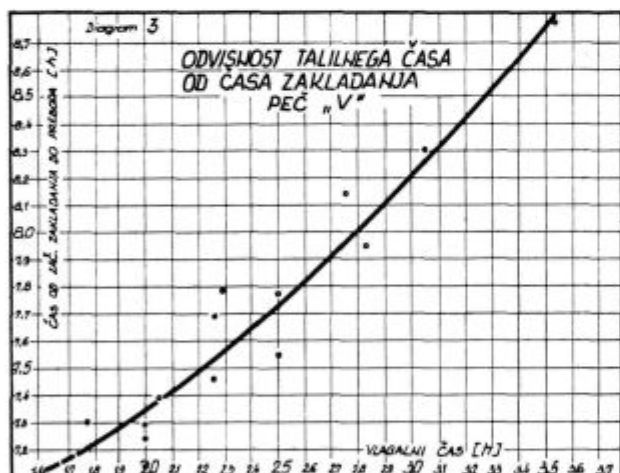
pri čemer je:

$$\begin{aligned} X_{12} &= x_{12} + 2,0 \\ X_3 &= x_3 + 20 \end{aligned}$$

Odvisnosti so podane tudi v diagramu 2.

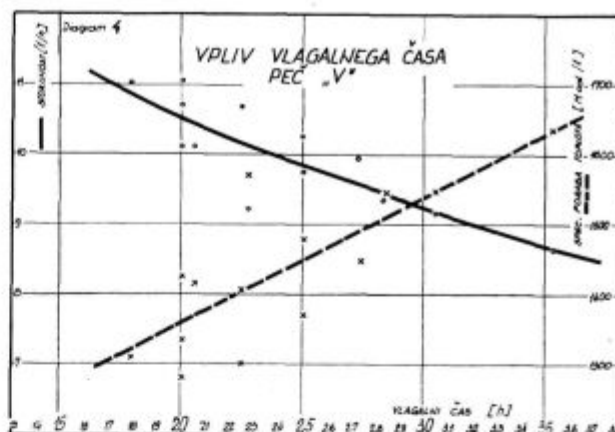


Raziskana je bila tudi odvisnost med vlagalnimi in neto časi. Korelacija med tema dvema vrednostima je zelo tesna in ima krivuljni značaj. Pri krajših vlagalnih časih ne pridobimo toliko na neto času šarže, kot pridobimo pri daljših vlagalnih časih. Ta zaključek, ki ga daje enačba je tudi povsem logičen, čeprav je v spodnjem delu le delno presenetljiv. Diagram 3 prav lepo kaže, da še daleč ni dosežen optimalni čas. Potrebni so krajši vlagalni časi, da bi prišli do optimuma.



Že zelo groba ocena kaže, da pri neto času toliko pridobimo, kolikor krajši je vlagalni čas. Pri vlagalnem času 3,5 h je neto čas šarže 8,75 h, pri vlagalnem času 2,5 h pa »le« še 7,75 h, torej za eno uro krajši vlagalni čas prinese tudi za enak iznos krajši neto čas. Pri nižjih vrednostih raziskane intervala pridobimo nekoliko manj. Ob skrajšanju vlagalnega časa za še 0,54 h, torej na vlagalni čas 2,0 h pridobimo na neto času le 0,4 h itd.

Zelo ozka povezava med neto in vlagalnim časom se vidi tudi na diagramu 4, ki ponazarja storilnost v odvisnosti od vlagalnega časa. Na dlani je, da je vlagalni čas odločujoč za storilnost peči.



Martinovka »V« kot naprava ima daleč večje zmogljivosti, kot pa jih določajo delovni pogoji pred pečo.

Grodelj

Pri grodlju je treba upoštevati tudi dejstvo, da je pri večjem vložku grodlja tudi večji skupni vložek, ker je količina starega železa več ali manj konstantna. Navidezno povečanje storilnosti je zato bolj rezultat povečanja vložka.

Bolj zanimiva pa je odvisnost storilnosti in specifične porabe toplote od deleža tekočega grodlja. Tu pa moramo pri interpretaciji tega vpliva upoštevati tudi to, da se pri večjem deležu tekočega grodlja rahlo večja tudi skupna masa vložka in to, da se pri večjem deležu tekočega grodlja nekoliko skrajšajo vlagalni časi.

Vpliv tekočega grodlja na storilnost peči »V« je podan z enačbo:

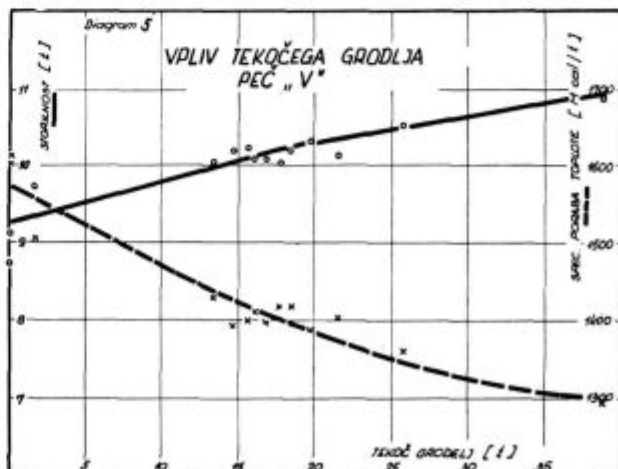
$$Y_1 = 9535 + 16,173 X_6 + 0,6539 X_6^2$$

Prav tako je vpliv tekočega grodlja podan tudi za specifično porabo toplote:

$$Y_3 = 1574 - 11,87 X_3 + 0,1245 X_3^2$$

pri tem je v obeh enačbah vstavljena vrednost za tekoči grodelj v (t).

Specifična poraba toplote pri samo mrzlem grodlju (diagram 5) je zelo visoka in znaša



1574 kcal/kg jekla, pade pa na 1298 kcal/kg pri 39 t tekočega grodlja, torej za celih 276 kcal/kg. Prihranek je vzpodbuden in še nakazuje izboljšanje ob izboljšanjem delu plavžev. V organizaciji dela na plavžu in v martinarni bo glede gospodarstva s tekočim grodljem treba še marsikaj urediti.

Martinovka »A« ima veliko večji delež tekočega grodlja, saj ga dobi povprečno na šaržo kar 21.356 kg. Ob povprečnem vložku 59.070 kg znese pri peči »A« delež tekočega grodlja celo 36,2 %/o. Nasprotno pa ima peč »V« veliko nižji delež tekočega grodlja in znaša le 15.670 kg, kar znese pri skupnem vložku 80.586 kg le 19,4 %/o.

Dovod toplote

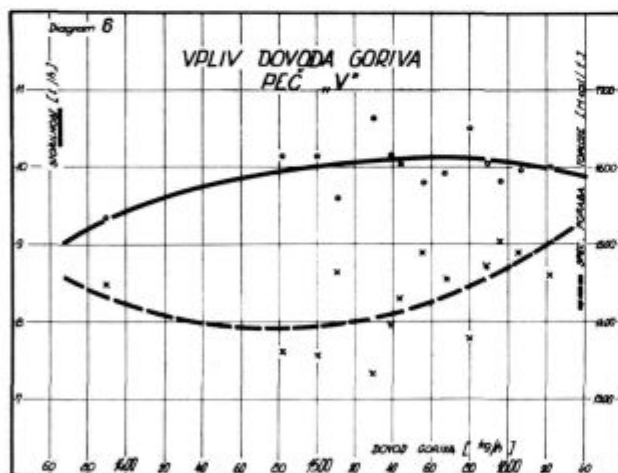
Dovajanje toplote v posameznih fazah taljenja je odločujočega pomena za specifično porabo goriva in tudi za storilnost martinovke. Podatki, ki jih tu obdelujemo, dajejo predvsem sliko dogajanj v začetku taljenja, pa sem zato raziskal samo dovod goriva v fazi zakladanja in prvi polovici taljenja. Podatki pod X_{15} dajejo za vsako šaržo povprečno vrednost dovajanja mazuta v enoti časa omenjenega intervala.

Korelacijska enačba med storilnostjo in dovodom goriva je za peč »V« naslednja:

$$Y_1 = 8934 + 31,06 x_{15} + 0,205 x_{15}^2$$

pri tem pa je $x_{15} = X_{15} - 500$

V diagramu je vrisana tudi krivulja za specifično porabo toplote, ki pa ima naslednjo matematično obliko:



$$y_3 = 1486 - 3,91 x_{15} + 0,0403 x_{15}^2$$

Za storilnost doseže krivulja maksimum pri $X_{15} = 576$ točk ali 1555 kg mazuta/h in znaša 10.110 kg jekla/h. Za specifično porabo toplote pa ima krivulja minimum pri $X_{15} = 549$ točk ali 1482 kg mazuta/h. Pri večanju porabe goriva nad to vrednost se sicer veča storilnost, toda zelo počasi, medtem ko specifična poraba toplote hitro narašča. Pri manjšanju dovoda goriva se storilnost še bolj znižuje, ponovno pa se povečuje specifična poraba toplote.

Diagram 6 kaže, da je optimalno področje za vodenje procesa pri intenzivnosti dovajanja goriva med 549 in 576 točkami oziroma med 1482 do 1555 kg mazuta/h v času zakladanja in prvi polovici taljenja.

REGRESIJSKE ENAČBE

V prejšnjem poglavju sem podal nekaj korelacij med spremenljivko x_i in Y_j . Pri tem so dani samo diagrami za y_1 in y_3 , ostali za y_2 in y_4 pa so vsi izpuščeni. Predalec nas bi vodilo, če bi v tem članku obravnavali analize med vsemi petnajstimi X_i in štirimi Y_j .

Iz diagramov lahko vidimo, da so spremembe storilnosti in specifične porabe toplote lahko hitre ali počasne, pozitivne ali negativne, skoraj linearne ali močno ukrivljene itd.

Kljub veliki statistični verjetnosti zaradi velikega vzorca, pa rezultati ne kažejo prave vrednosti spremembe storilnosti in specifične porabe toplote pri spremembi posameznih faktorjev.

Faktorji X_i , ki vplivajo na storilnost in specifično porabo toplote so med seboj povezani, prejšnja izvajanja pa to zvezo zanemarjajo. Poglejmo samo nekaj šarž in primerjajmo število voz, vlagalni čas in količino tekočega grodlja. Pri večjem deležu tekočega grodlja imamo manjše število voz in tako tudi krajši vlagalni čas. Med vlagalnim časom in deležem tekočega grodlja je torej neka zveza. Veliko bolj pa se stvari zamotajo, če povečani delež tekočega grodlja poveča tudi skupni vložek. Pri tem lahko ostane vlagalni čas konstanten, ker je število voz starega železa in mrzlega grodlja ista in se je povečala le količina tekočega grodlja in za prav toliko tudi skupni vložek v tisti šarži.

Vpliv posameznih faktorjev je lahko le navidezno pozitiven, ker k temu pripomorejo ostali, ki so s tem pozitivno korelirani. Število voz recimo vpliva tako, da je pri večjem številu voz storilnost manjša. Vprašanje je, če je to res, saj vemo, da večje število voz podaljša tudi vlagalni čas in ker je to izrazito pozitivno korelirana količina s številom voz in še bolj izrazito negativno korelirana s storilnostjo.

Krivuljena odvisnost storilnosti in specifične porabe toplote od posameznih faktorjev ostane tako tudi po upoštevanju medsebojnih korelacij še nadalje krivuljna. Premakne se le optimum. Ti premiki niso veliki in lahko dobljene vrednosti vzamemo kot osnovo za optimizacijo posameznih vlagalnih faktorjev.

Izrazito negativno ali pozitivno korelirana števila sem obdelal z metodo večkratnih korelacij. Pri tej metodi lahko vplive posameznih faktorjev izoliramo od vplivov ostalih, čeprav so med njimi trdne zveze. V končnem iznosu nastopajo vse spremenljivke samo v linearnih zvezah. Funkcijo lahko pišemo v obliki:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_n x_n$$

Odvisnost y_1 od posameznih x_i je tudi dovolj očitna, saj je potrebno le zadržati ostale x_i konstantne pa imamo med y in določenim x_i v najčistejši obliki. Enačba ima v statistiki posebno ime — posplošena regresijska enačba. Če dobimo za katerikoli koeficient b izrazito pozitivno ali negativno vrednost vemo, da to predstavlja korelacijo med y in odgovarjajočim x_i , ki ni posledica korelacij med tem x_i in ostalimi x_i , ker je vpliv teh x_i upoštevan v ostalih členih.

Pri izbiri vplivnih faktorjev sem se omejil samo na najvplivnejše. Z ozirom na linearno odvisnost v regresijski enačbi so neprimerni za obdelavo vsi faktorji z izrazito krivuljnim značajem, ki pa bi v linearni zvezi skoraj ne pokazali spremembe. Taka je na primer odvisnost storilnosti od razlike ogljika pri prvi predprobi in končni probi. Iskal sem samo faktorje: X_1 , X_3 , X_4 , X_5 , X_6 in X_{12} .

Pri enačbi ne morem uporabljati absolutnih vrednosti, temveč moram tvoriti relativne vrednosti po enačbi:

$$x_i = X_i - X_1$$

pri tem pomeni X_1 srednjo vrednost vseh 420 šarž. Ko tako dobim vse x_i moram vsakega pomnožiti z ostalimi x_i in tvoriti vsote. Te vsote omogočajo izračun koeficientov $b_1, b_2 \dots b_6$. Regresijska enačba za storilnost martinovke »V« ima obliko:

$$y_1 = 0,516 x_1 - 18,956 x_3 + 0,123 x_4 + 0,0304 x_5 + 0,0265 x_6 - 755,34 x_{12}$$

Vpliv številke šarže je presenetljiv, saj bi komaj pričakovali, da bi storilnost peči z njeno starostjo naraščala. Pri zbiranju podatkov za peč »V« sem upošteval 2 periodi — pred in po generalnem remontu, od katerih je bila prva zajeta od številke 232 do končne 340, druga pa od začetka do številke 333. Ker je »šla« prva serija nekoliko slabše od druge, je rezultat — pozitivna računsko korelacija utemeljena. Prispevek k storilnosti pa ni kaj velik, saj bi pri številki šarže, ki je za 100 enot višja od povprečne vrednosti, bila storilnost večja le za 51,6 kg/h.

Število voz je rahlo negativno korelirano s storilnostjo peči. Pri peči »V« so vozovi prelahki pa zato z različnim številom voz nekaj izgubimo na storilnosti. Ta padec storilnosti je večji kot pri spremembi starosti peči, saj je pri razliki desetih voz, kar naj bi bilo maksimalno možno število, ta diferenca 190 kg/h.

Zelo velik vpliv ima na storilnost peči proizvodnja na eno šaržo, oziroma vložek. Zaradi razmeroma tesne korelacije med X_4 in X_2 lahko vstavimo tudi X_2 , če upoštevamo korelacijski odnos. Pri povečanju vložku, ki bi dal za 10 ton večjo proizvodnjo povprečne šarže, bi storilnost porasla za 1230 kg/h. To pa je že velik korak k povečanju storilnosti martinovke. Seveda ne moremo vstaviti v zgornjo enačbi večjih vrednosti za X_4 , ker bi pri večjih vrednostih izračunani koeficient 0,123 ne veljal več.

Pri grodlju v obdelanem področju ni dosežen maksimum. Optimalna vrednost leži pri višjih deležih grodlja pa je zato korelacija pozitivna. Pri 10-tonskem povečanju skupnega ali pa samo tekočega grodlja bi dobili povečano storilnost za 304 kg/h oziroma 261 kg/h.

Korelacija storilnosti z vlagalnim časom v tej enačbi ni tako ostra kot kaže to prvotni diagram. Pri skrajšanju vlagalnega časa za 1 uro pridobimo na storilnosti 757 kg/h. Odvisnost ni tako velika, ker so diferencirani ostali vplivi — predvsem število voz in tekoči grodelj.

Regresijska enačba za specifično porabo toplote pri martinovki »V« ima obliko:

$$y_3 = -0,0754 x_1 - 0,219 x_3 - 0,0237 x_4 + 0,0026 x_5 - 0,0013 x_6 + 137,12 x_{12}$$

Značilno za to enačbo je nasprotni predznak močno koreliranih faktorjev. Pri slabo koreliranih faktorjih ostane predznak isti kot pri prejšnji enačbi.

Številka šarže po zadnjem mrzlem remontu zmanjšuje porabo toplote na enoto proizvedenega jekla. To je tako kakor prej pri storilnosti posledica različnega delovanja martinovke v dveh serijah.

Za negativno korelacijo s proizvodnjo peči na eno šaržo lahko rečemo le, da je proti pričakovanju visoka. Pri 10-tonskem povečanju vložka bi se znižala specifična poraba toplote skoraj za 237 Mcal/t. Ura prihranka na vlagalnem času bi prinesla še za nadaljnjih 138 Mcal/h nižjo specifično porabo toplote.

Tekoči grodelj je pri tem vzorcu vplival na specifično porabo toplote razmeroma malo, kar je lahko posledica vlivanja grodlja ob ne najbolj primernem času.

Za martinovko »A« sem dobil obliko regresijske enačbe z naslednjimi koeficienti:

$$y_1 = -0,335 x_1 + 13,31 x_3 + 0,159 x_4 - 0,0105 x_5 - 0,0157 x_6 - 684,48 x_{12}$$

Pri tej peči sem zajel eno samo serijo, zato sem dobil tudi pričakovano negativno korelacijo za storilnost peči in število šarž po mrzlem remontu. Prispevek pri mlajši peči pa tudi tu ni velik. Pri 100 šaržah mlajše peči je storilnost večja le za 33,5 kg/h.

Presenetljiva je korelacija s številom voz. Zaradi rahle zveze lahko tudi to korelacijo vzamemo kot komaj opazno in je njen pozitiven značaj lahko posledica zanemarjenih vplivov. Vsekakor pa je vpliv števila voz pri tej peči razmeroma majhen.

Z večanjem deleža grodlja lahko na tej martinovki še nekoliko povečamo storilnost. Tekočega grodlja pa je že skoraj preveč in bi z njegovim večanjem storilnost le upadla.

Vlaga čas je močno negativno koreliran. Pri skrajšanju vlagalnega časa za 1 uro bi pridobili na storilnosti kar 684 kg/h.

Regresijska enačba za specifično porabo toplote pri martinovki »A« ima obliko:

$$y_3 = 0,1529 x_1 + 4,083 x_3 = 0,0337 x_4 - 0,00082 x_5 - 0,0052 x_6 + 62,52 x_{12}$$

Značilno za to enačbo je večanje specifične porabe toplote pri starejši peči in daljšem zakladanju. Število voz kaže rahlo pozitivno korelacijo. Skupni grodelj in tekoči grodelj sta negativno korelirana. Odvisnost teh dveh pa je razmeroma majhna. Velik vpliv na specifično porabo toplote pa ima proizvodnja peči na eno šaržo, saj znaša prihranek pri 10-tonskem povečanju vložka kar 337 Mcal/t.

Vrednosti, ki jih dobimo za posamezne koeficiente v omenjenih regresijskih enačbah, so določene za šarže, ki imajo vrednosti za posamezne veličine v povsem določenem območju. Ekstrapolacije za vrednosti izven območja osnovnega vzorca niso dopustne brez posebnih dodatnih analiz.

Vse vrednosti so relativne in jih je treba prišteti oziroma odšteti od srednjih vrednosti v tabeli 1.

Tabela 1 — Srednje vrednosti

Spremenljivke	»V«	»A«
x ₁ (l)	196	226
x ₂ (kg)	80.586	59.070
x ₃ (l)	20	22
x ₄ (kg)	76.322	55.405
x ₅ (kg)	45.627	30.082
x ₆ (kg)	15.670	21.356
x ₇ (0,01 ‰)	106	92
x ₈ (0,01 ‰)	94	74
x ₉ (Gcal/šaržo)	109	64,4
x ₁₀ (Gcal/šaržo)	11	7,9
x ₁₁ (Gcal/šaržo)	120	72,3
x ₁₂ (h)	2,41	2,38
x ₁₃ (h)	7,70	7,02
x ₁₄ (h)	8,92	8,19
x ₁₅ (kg/h)	1.543	991
y ₁ (kg/h)	10.015	7.986
y ₂ (kg/h)	8.774	7.014
y ₃ (Mcal/t)	1.431	1.173
y ₄ (Mcal/t)	1.581	1.321

OPTIMALNI DOVOD GORIVA KOT FUNKCIJA VLAGALNEGA ČASA

Hitrejše zakladanje zahteva večjo dobavo toplote in obratno počasnejše zakladanje manjšo dobavo toplote. Za ugotovitev konkretnih vrednosti pri posameznih pečeh sem si pomagal z re-

gresijsko analizo razvrščenih vrednosti z oziroma na posamezne časovne intervale. Rezultati teh raziskav so v tabeli 2.

Tabela 2

Vlaga čas	Optimalni dovod goriva
1,00	1.790
1,25	1.730
1,50	1.670
1,75	1.610
2,00	1.560
2,25	1.500
2,50	1.440

REZULTATI PREIZKUSOV

Martinovka »V« dela bistveno slabše od martinovke »A« pa so zato na osnovi regresijskih enačb bili izbrani optimalni pogoji za peč »V«. Skušali smo skrajšati vlagalne čase vsaj za 1 uro. V času zakladanja in v prvi polovici taljenja smo kurili po tabeli 2. Povečali smo delež tekočega grodlja, skušali smo znižati število korit. Ostale parametre smo prepustili slučajnostnim vplivom.

Srednje vrednosti te preizkusne serije, ki je imela 29 šarž so podane v tabeli 3.

Tabela 3

x ₁ (l)	88
x ₂ (kg)	80.334
x ₃ (l)	18
x ₄ (kg)	75.594
x ₅ (kg)	45.186
x ₆ (kg)	23.510
x ₇ (0,01 ‰)	99
x ₈ (0,01 ‰)	83
x ₉ (Gcal/šaržo)	93
x ₁₀ (Gcal/šaržo)	9
x ₁₁ (Gcal/šaržo)	102
x ₁₂ (h)	1,41
x ₁₃ (h)	6,38
x ₁₄ (h)	7,52
x ₁₅ (kg/h)	1.680
y ₁ (kg/h)	11.855
y ₂ (Mcal/t)	1.228

Rezultati te preizkusne serije so zelo vzpodbudni. Storilnost se je povečala za 18 ‰, specifična poraba pa je padla za 14 ‰.

ZAKLJUČEK

Raziskave so pokazale, da je regresijska analiza primerna metoda za obravnavanje problemov, kot je npr. zakladanje martinovk. Za zadovoljivo sklepanje pa moramo imeti na razpolago dovolj velik vzorec.

Slaba stran te metode je v tem, da zahteva za racionalno delo elektronski računalnik, kar pa je pri sedanjem razvoju komaj še slabost, saj se elektronski računalniki vse bolj širijo in jih bodo v kratkem tudi pri nas imela vsa malo večja podjetja.

Prednost te metode je predvsem v tem, da nam omogoča z najmanjšim možnim številom raziskav na aktivnih agregatih doseči optimalne pogoje.

Literatura

1. G. Udny Yule and M. G. Kendall: An Introduction To The Theory of Statistic. Fourteenth Edition, Hafner Publishing Company.
2. W. J. Dixon and F. J. Massey: Introduction To Statistical Analysis. Second Edition, McGraw-Hill Book Company.
3. K. A. Brownlee: Statistical Theory and Methodology in Science and Engineering. John Wiley & Sons.
4. O. A. Mihajlov: Matematičeskaja statistika i linejnoje programirovanije v črnoj metalurgii.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Regressionsanalyse die angemessene Methode zur Behandlung von Problemen ist, wie z. B. das Beschicken der Martinöfen. Um einen zufriedenstellenden Beschluss zu fassen, müssen wir ein genügend grosses Muster zur Verfügung haben.

Die schlechte Seite dieser Methode besteht darin, dass sie für rationelles Arbeiten eine elektronische Rechenmaschine erfordert, was bei der jetzigen Entwicklung

kaum noch eine Schwäche ist, da sich die elektronischen Rechenmaschinen immer mehr einführen und auch bei uns in Kürze jedes ein wenig grössere Unternehmen diese besitzen wird.

Die Vorteile dieser Methode sind vor allem darin, dass sie uns mit der geringstmöglichen Anzahl von Untersuchungen an aktiven Aggregaten optimale Bedingungen zu erreichen ermöglicht.

SUMMARY

It was shown by research work that the regression analysis suits the problem treating well, for instance open hearth charging. For fair decision making, sample big enough should be available.

Bad part of this method is demand for digital computer which on the other side at the present stage of

development hardly represents obstacle any more, since the use of digital computers is spreading swiftly and could expect them to be installed in our middle size companies in near future.

The advantage of this method is primarily in being able to attain optimum conditions with the smallest number of tests on active facilities.