

## Raziskave vplivov na dimenzije in druge lastnosti ulitkov iz nodularne litine

Članek obravnava določanje linearnega in volumskega skrčka, ter velikost lunckerja pri nodularni litini. Namen naloge je v ugotavljanju vplivov na zgoraj navedene lastnosti. Skupno je bilo zasledovanih 23 spremenljivk, ki vplivajo na lastnosti nodularne litine. Rezultati so bili statistično obdelani na računalniku Zuse-23 in so podani v nomogramih.

### UVOD

V livarstvu se poleg kvalitete postavljajo vedno večje zahteve za točnost dimenzij ulitkov. Da bi to dosegli je potrebno poznati vse tiste spremenljivke, ki vplivajo na dimenzije ulitkov, to pa so predvsem linearni in volumski skrček in velikost lunckerja. Raziskovali smo vse možne spremenljivke, ki bi lahko vplivale na zgornje lastnosti nodularne litine. Skupno smo zasledovali 23 spremenljivk pri 30 šaržah. Zasledovali smo naslednje spremenljivke: kemično analizo, natezno trdnost, raztezek, linearni in volumski skrček, trdoto, metalografsko strukturo; vse v ulitem in žarjenem stanju ter velikost lunckerja in temperaturo ulivanja.

Da bi ugotovili vpliv debeline stene ulitka smo linearni skrček, trdoto in metalografsko strukturo določali na treh različnih debelinah vzorcev in sicer 10, 25 in 50 mm. Zaradi sigurnosti smo vse spremenljivke določevali v paralelkih.

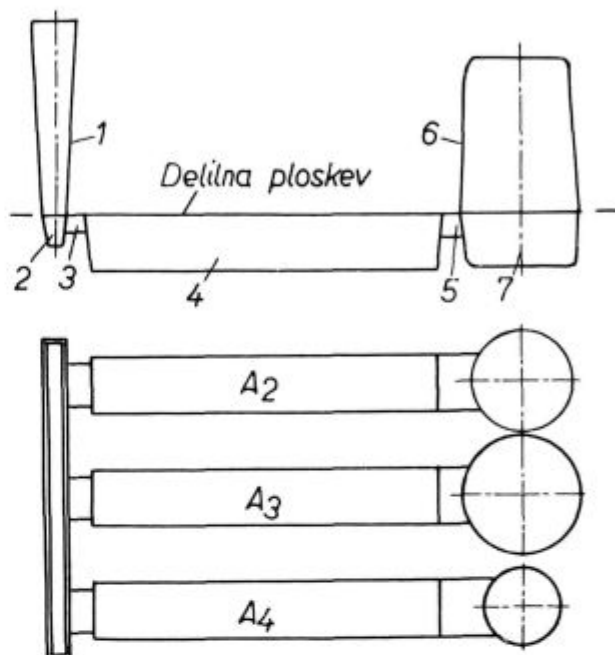
Zbrane podatke smo obdelali po različnih metodah statistične obdelave. Za nekatere spremenljivke smo napravili analizo distribucije, da bi ugotovili ali imajo normalno ali nenormalno porazdelitev. Za linearni skrček in trdoto smo napravili analizo variance in sicer tako, da smo iskali razlike v surovem in feritiziranem stanju pri debelinah vzorcev 10, 25 in 50 mm. Glavni namen naloge je bil ugotoviti, kako vplivajo različne spremenljivke na nekatere lastnosti nodularne litine. V ta namen smo napravili 25 analiz regresije. Rezultati analize regresije so podani v diagramih in nomogramih.

### DOLOČEVANJE SPREMENLJIVK

#### 1. Linearni skrček

Za določevanje linearnega skrčka smo izbrali poseben model, katerega načrt je prikazan na sliki 1.

Vzorci so 300 mm dolgi, 50 mm široki, imajo pa tri različne debeline 10, 25 in 50 mm. Mere za posamezne pozicije so podane v tabeli 1.



Slika 1  
 Model za določanje linearnega skrčka

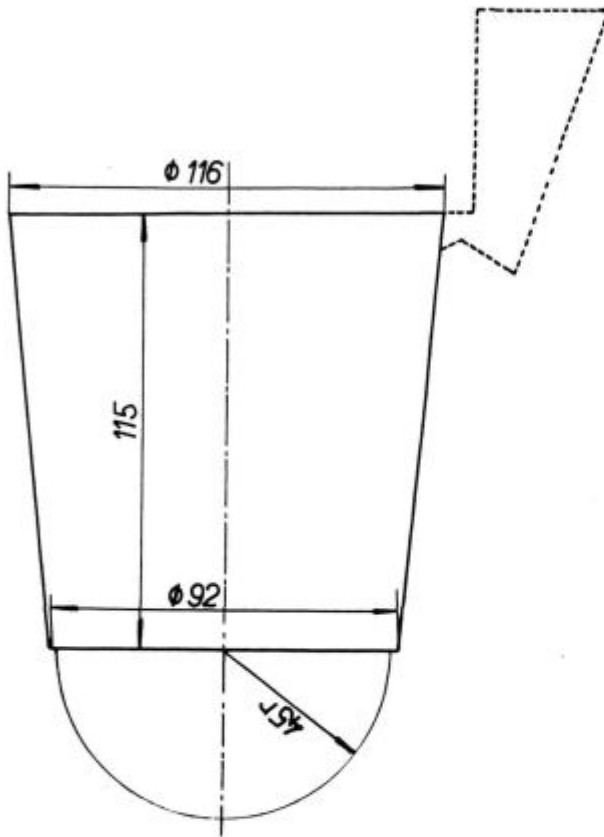
Tabela 1 — Mere (v mm) za posamezne pozicije na sliki 1

Pozicija	Oznaka in mere (v mm)
1	premer 27,5
2	21 × 27 × 275
3	za A1: 15 × 40 za A2: 7,5 × 40 za A3: 3 × 40
4	za A1: 50 × 50 × 300 za A2: 25 × 50 × 300 za A3: 10 × 50 × 300
5	za A1: 35 × 50 za A2: 15 × 50 za A3: 5 × 50
6	za A1: 100 Ø × 160 za A2: 80 Ø × 160 za A3: 60 Ø × 160
7	za A1: 100 Ø × 50 za A2: 80 Ø × 25 za A3: 60 Ø × 10

Linearni skrček smo določali na vzorcih z napajalnikom na dolžini 300 mm na ta način, da smo merili dolžino forme in dolžino ulitka ter potem iz razlike obeh dolžin izračunali procent krčenja. Linearni skrček smo določili na probah v ulitem in feretiziranem stanju.

### 2. Volumski skrček

Volumski skrček smo določali s pomočjo modela prikazanega na sliki 2.



Slika 2  
Model za določanje volumskega skrčka

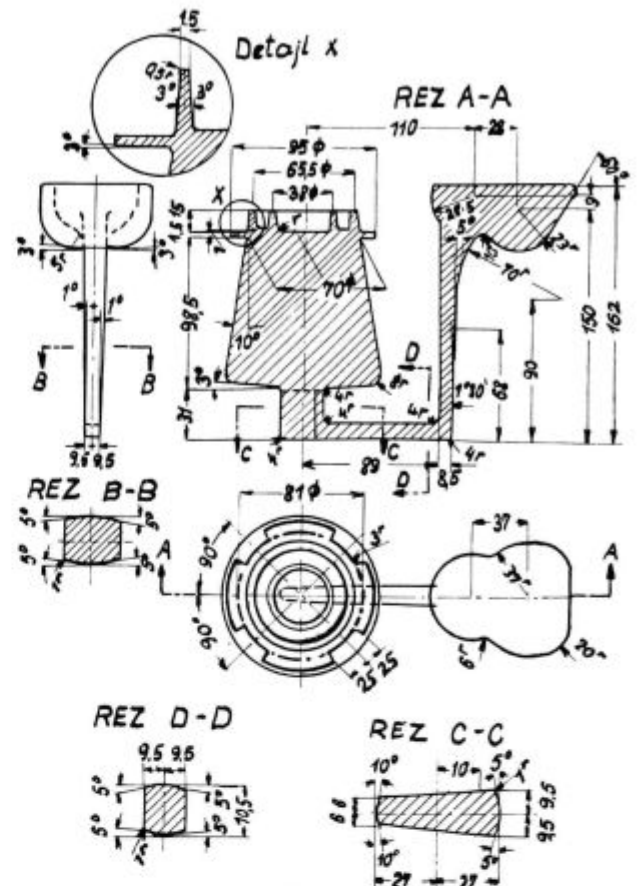
Volumski skrček smo določili na ta način, da smo merili volumen forme in volumen ulitka. Volumen ulitka smo določili iz teže ulitka in specifične teže, ki smo jo za vsak ulitek posebej izmerili s piknometrično metodo.

### 3. Velikost lunke

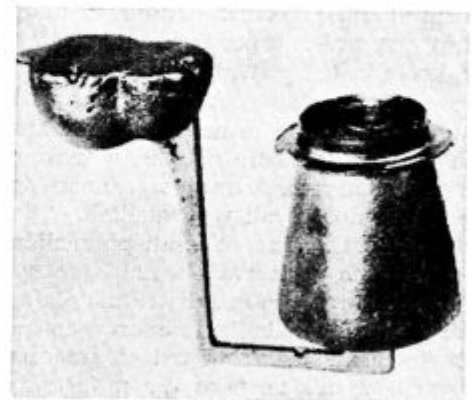
Za določanje velikosti lunke smo izbrali model, katerega načrt je prikazan na sliki 3.

Ulitek in prerez skozi vlietek za določanje velikosti lunke prikazujeta sliki 4 in 5.

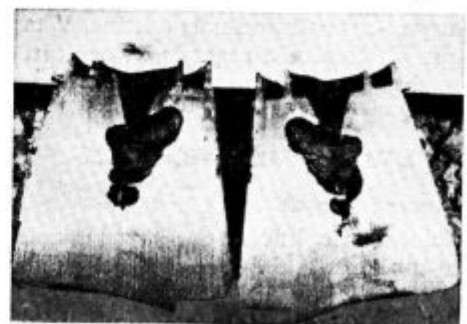
Velikost lunke smo merili na ta način, da smo iz birete spuščali tekočino v lunko toliko časa, da ga je napolnila do spodnjega roba hladilnih reber, ki so vidna na sliki 5. Velikost lunke smo na ta način določili v (ml) oziroma v (cm<sup>3</sup>).



Slika 3  
Model za določanje velikosti lunke



Slika 4  
Ulitek za določanje velikosti lunke



Slika 5  
Prerez skozi ulitek za določanje velikosti lunke

#### 4. Določevanje ostalih spremenljivk

a) Natezno trdnost in raztezek smo določali na epruvetah, ki smo jih izrezali iz Y-prob. Obe lastnosti smo izmerili na surovih in feritiziranih vzorcih v dveh paralelkah.

b) Trdoto smo merili na 10, 25 in 50 mm debelih surovih in feritiziranih vzorcih v dveh paralelkah. Trdoto smo določili po Brinellu.

c) Pri metalografski strukturi smo določali osnovno strukturo, velikost grafita in količino cementita. Metalografsko strukturo smo določali na vzorcih debeline 10, 25 in 50 mm po internih tabelah Železarne Store, ki so prilagojene ASTM-normam.

d) Temperaturo smo merili z optičnim pirometrom.

Vzorci za določanje posameznih spremenljivk v feritiziranem stanju smo žarili po naslednjem režimu: 3<sup>h</sup> na 920<sup>o</sup> C, 3<sup>h</sup> na 720<sup>o</sup> C in jih ohlajali v peči.

Tabela 2

Oznaka	Naslov spremenljivke	Omejitev
x <sub>1</sub>	C %	3.50 — 3.80
x <sub>2</sub>	Si ‰	2.21 — 2.93
x <sub>3</sub>	Mn ‰	0.11 — 0.29
x <sub>4</sub>	P %	0.031 — 0.064
x <sub>5</sub>	S %	0.003 — 0.032
x <sub>6</sub>	Mg %	0.034 — 0.120
x <sub>8</sub>	σ surov (kp/cm <sup>2</sup> )	46,8 — 69,3
x <sub>9</sub>	δ surov (%)	2 — 17,7
x <sub>10</sub>	σ feritiziran (kp/cm <sup>2</sup> )	38,7 — 48,2
x <sub>11</sub>	δ feritiziran (%)	14 — 19
x <sub>12</sub>	velikost lunkeja v (ml)	5,6 — 14,3
x <sub>13</sub>	volumski skrček (%)	2,4 — 7,1
x <sub>14</sub>	temperatura ulivanja (°C)	1230 — 1340
x <sub>15</sub>	debelina probe (mm)	10 — 50
x <sub>16</sub>	trdota v surovem stanju (HB)	161 — 255
x <sub>17</sub>	trdota v feritiziranem stanju (HB)	150 — 148
x <sub>18</sub>	linearni skrček v surovem stanju (%)	0,05 — 0,92
x <sub>19</sub>	linearni skrček v feritiziranem stanju (%)	0,21 — 0,52
x <sub>20</sub>	velikost grafita v surovem stanju (1 — 6)	3 — 5
x <sub>21</sub>	velikost grafita v feritiziranem stanju (1 — 6)	3 — 5
x <sub>22</sub>	količina ferita v surovem stanju (0 — 100 %)	5-20 — 98
x <sub>23</sub>	količina ferita v feritiziranem stanju (0 — 100 %)	85 — 100

$$X_0 = \frac{X_1}{4,23 - 0,312 X_2 - 0,33 X_4 + 0,066 X_5}$$

#### STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

##### 1. Podatki in naslovi spremenljivk

Skupno smo zasledovali 23 spremenljivk. Rezultati dobljeni s statistično obdelavo veljajo z omejitvami, to je v mejah, v katerih se gibljejo spremenljivke. Naslove spremenljivk in omejitve podaja tabela 2.

##### 2. Analiza porazdelitve

Namen analize porazdelitve je bil, da ugotovimo, katere spremenljivke imajo normalno, katere pa nenormalno porazdelitev. Poleg tega smo z analizo porazdelitve ugotovili povprečne vrednosti, standardno deviacijo in variacijski koeficient.

Izdelali smo 15 analiz porazdelitve.

Normalno porazdelitev imajo sledeče spremenljivke:

x <sub>1</sub> — C %	$\bar{x}_1 = 3,7 \%$	$s = 0,1 \%$	$V = 2,7 \%$
x <sub>2</sub> — Si ‰	$\bar{x}_2 = 2,54 \%$	$s = 0,17 \%$	$V = 6,8 \%$
x <sub>3</sub> — Mn ‰	$\bar{x}_3 = 0,20 \%$	$s = 0,047 \%$	$V = 24 \%$
x <sub>4</sub> — σ surov (kp/cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}_4 = 56,3$	$s = 8,2$	$V = 14,5 \%$
x <sub>10</sub> — σ ferit. (kp/cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}_{10} = 44,4$	$s = 2,25$	$V = 5,07 \%$
x <sub>11</sub> — δ ferit. (%)	$\bar{x}_{11} = 17,2$	$s = 0,95$	$V = 5,5 \%$
x <sub>17</sub> — HB v ferit. stanju	$\bar{x}_{17} = 9,0$	$s = 2,15$	$V = 23,8 \%$
x <sub>12</sub> — velikost lunkeja (cm <sup>3</sup> )	$\bar{x}_{12} = 1290$	$s = 29$	$V = 2,25 \%$
x <sub>14</sub> — Temp. ulivanja (°C)	$\bar{x}_{14} = 169$	$s = 8,8$	$V = 5,2 \%$

Nenormalne so sledeče porazdelitve:

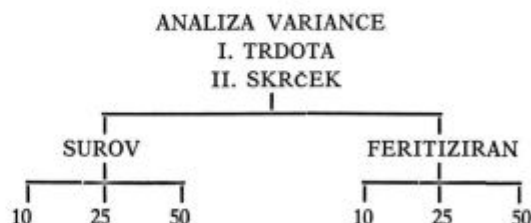
- x<sub>4</sub> — P %
- x<sub>5</sub> — S %
- x<sub>6</sub> — Mg %
- x<sub>9</sub> — δ surov (%)
- x<sub>13</sub> — volumski skrček (%)
- x<sub>16</sub> — trdota v surovem stanju (HB)

Vpliv nekaterih spremenljivk, ki imajo nenormalno porazdelitev lahko zmanjšamo na ta način, da jim omejimo maksimalni vrednosti, do katerih naj se gibljejo. Za fosfor in žveplo je na primer potrebna naslednja omejitev: P<sub>max</sub> = 0,050 %, S<sub>max</sub> = 0,020 %.

##### 3. Analiza variance

Analizo variance smo izvršili za trdoto in linearni skrček zato, da bi ugotovili pomembnost razlik med surovimi in feritiziranimi vzorci debeline 10, 25 in 50 mm.

Shema analize variance je bila sledeča



Z 99,9 % statistično gotovostjo smo ugotovili pomembne razlike trdot med vzorci debeline 10 in 25 mm tako pri surovem, kakor tudi pri feritiziranem stanju. V feritiziranem stanju so trdote vzorcev 10 mm povprečno za 9,5 HB višje od trdot vzorcev 25 mm. Ta razlika je pri vzorcih v surovem stanju znatno večja in znaša 24 HB. Razlike trdot med vzorci 25 in 50 mm niso bistveno različne tako v surovem kakor v feritiziranem stanju. Trdote so v feritiziranem stanju bistveno bolj enakomerne kakor v surovem stanju. To je razvidno tudi iz analize porazdelitve saj ima trdota vzorcev v surovem stanju nenormalno, v feritiziranem stanju pa normalno porazdelitev. Zato je razumljivo, da so v feritiziranem stanju manjše povprečne razlike statistično pomembnejše.

Za skrčec velja z 99 %-no gotovostjo, da so skrčki pri vseh debelinah vzorcev pomembno različni, razen v surovem stanju, kjer je pomembna le razlika skrčka med vzorci debeline 10 in 25 mm. V surovem stanju je povprečna razlika med vzorci 10 in 25 mm 0,30 %. Pri feritiziranih vzorcih pa so razlike v skrčku naslednje:

med vzorci 10 in 25 mm . . .	0,15 %
med vzorci 10 in 50 mm . . .	0,31 %
med vzorci 25 in 50 mm . . .	0,16 %

#### 4. Analiza regresije

Da bi ugotovili, kako vplivajo določene spremenljivke na nekatere lastnosti nodularne litine, smo napravili 25 analiz regresije. Rezultati analiz regresije so prikazani v nomogramih, na katerih so izpisane tudi vrednosti za  $R^2$  — koeficient determinacije,  $R$  — koeficient korelacije ali regresije,  $S_y$  — napaka,  $\alpha$  — koeficient gotovosti odvisnosti. Poleg tega je na nomogramu napisan tudi program analize regresije.

Pri ugotovitvah analize regresije moramo upoštevati omejitve, ki so navedene v tabeli 2, ker veljajo rezultati le v območju, ki je bilo analizirano in tega ne moremo samovoljno razširiti in rezultatoz zaključki posplošiti.

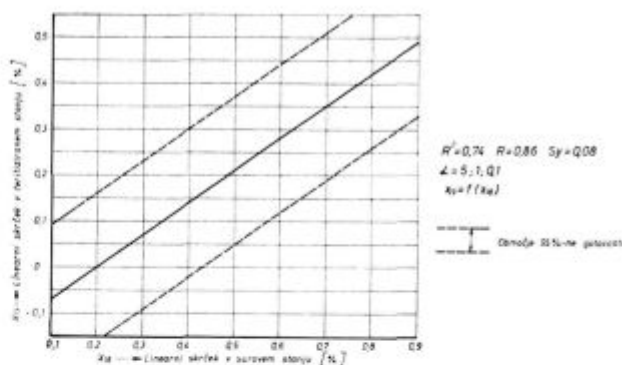
Glavni namen analize regresije je bil v ugotavljanju, od katerih vplivov so odvisni

- linearni skrček v surovem ( $x_{18}$ ) in feritiziranem ( $x_{19}$ ) stanju,
- volumski skrček ( $x_{13}$ ) in
- velikost lunkeja ( $x_{12}$ ).

Napravili smo tudi nekaj samostojnih analiz regresije za nekatere najvažnejše ostale lastnosti nodularne litine.

##### 4.1. Linearni skrček v feritiziranem stanju ( $x_{19}$ )

4.11 Najprej smo ugotavljali jakost medsebojne odvisnosti linearnega skrčka v surovem ( $x_{18}$ ) in feritiziranem stanju ( $x_{19}$ ). Rezultat analize regresije je prikazan z  $\alpha = 0,1$  in območjem 95 % trosenja z diagramom št. 17 na sliki 6.

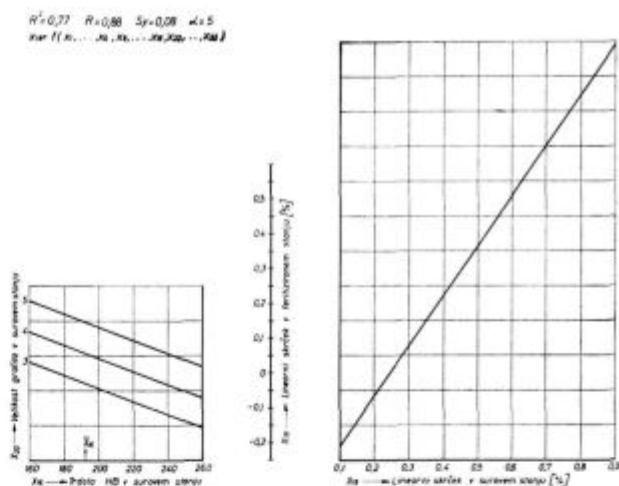


Slika 6

4.12 Pri iskanju vplivov na linearni skrček v feritiziranem stanju je bila planirana regresija z 21 spremenljivkami. Od upoštevanih spremenljivk s 95 %-no gotovostjo vplivajo le

- $x_{16}$  — trdota v surovem stanju (HB)
- $x_{20}$  — velikost grafita v surovem stanju (1—6) in
- $x_{18}$  — linearni skrček v surovem stanju (%).

Ta regresija prikazana na sliki 7 potrjuje odvisnost, ki je prikazana na sliki 6, dodatno pa je upoštevan vpliv  $x_{16}$  in  $x_{20}$ . Koeficient determinacije je izredno visok  $R^2 = 0,77$  in napaka  $S_y = 0,08$  razmeroma majhna.



Slika 7

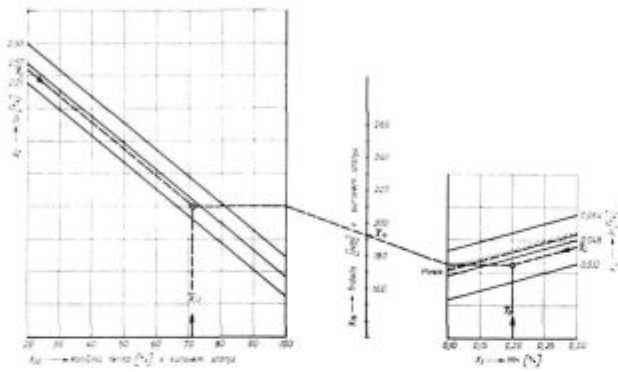
Iz nomograma vidimo, da poleg linearnega skrčka v surovem stanju na linearni skrček v feritiziranem stanju vplivata še velikost grafita in trdota v surovem stanju. Za te tri vplivne faktorje pogledjmo dalje od česa so ti odvisni.

##### 4.13 Trdota (HB) v surovem stanju ( $x_{16}$ )

Nomogram številka 11 na sliki 8 prikazuje, da je trdota v surovem stanju odvisna od

- $x_2$  — Si %
- $x_3$  — Mn %
- $x_4$  — P %
- $x_{22}$  — količina ferita (%) v surovem stanju.

W=0,01 R=0,90 Sp=28 d=5  
 $x_{12}/\text{Fe} \quad x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4 \quad x_5 \quad x_{15}$



Slika 8

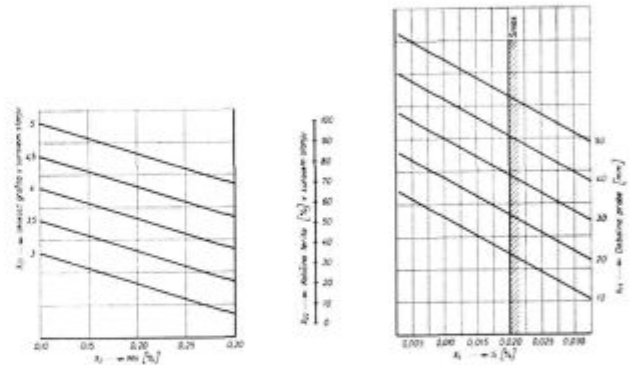
Pri analizi distribucije smo ugotovili, da ima trdota surovih vzorcev nenormalno porazdelitev. Od vplivnih faktorjev na trdoto imata silicij in mangan normalno porazdelitev in zato s spreminjanjem teh dveh ni pričakovati učinkovitih ukrepov. Fosfor pa ima nenormalno porazdelitev. Pri % P je treba ustrezno ukrepati in ga omejiti  $P = \text{max. } 0,050 \%$ , kar je popolnoma realno in bi ugodno vplivalo na zmanjšanje trosenja trdote vzorcev v surovem stanju.

Če sedaj vpliv silicija, mangana in fosforja zanemarimo z ozirom, da imajo normalno porazdelitev oziroma, da jih držimo v navedenih mejah, lahko njihov vpliv v glavnem zanemarimo in upoštevamo le odvisnost na diagramu številka 12 na sliki 9, ki je linearna z območjem razsipanja 95 %. Ugotovljena odvisnost je sigurna z 99,9 %-no gotovostjo in visokim koeficientom determinacije  $R^2 =$

$= 0,76$ . Seveda moramo pri tem diagramu ugotoviti od česa je odvisna količina ferita v surovem stanju.

Te informacije dobimo iz nomograma št. 20 na sliki 10.

W=0,09 R=0,77 Sp=14 d=5  
 $x_{12}/\text{Fe} \quad x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4 \quad x_5$

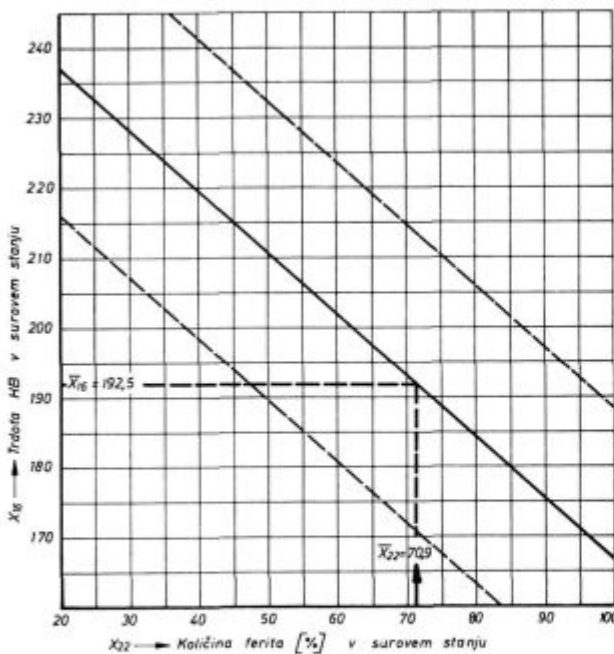


Slika 10

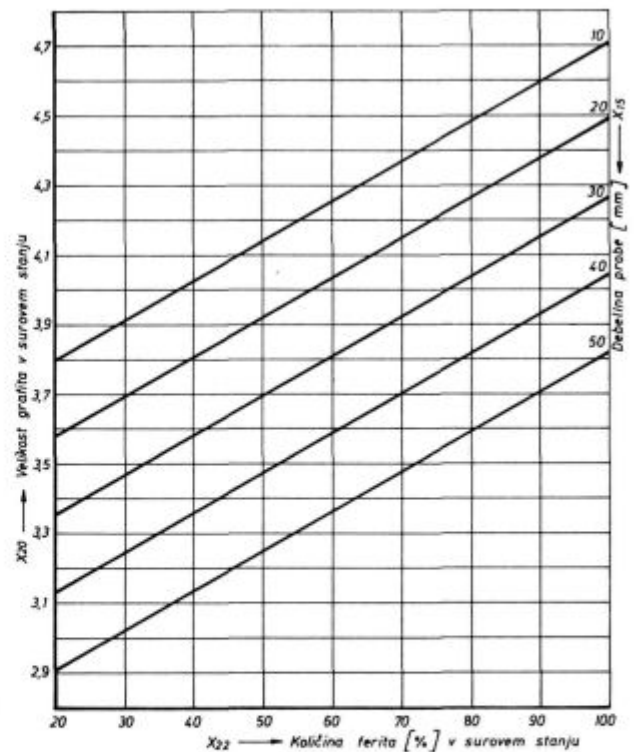
Na količino ferita v surovem stanju vplivajo mangan, fosfor, žveplo, debelina vzorca in velikost grafita. Za mangan smo že ugotovili, da ima v mejah 0,10 do 0,30 % normalno porazdelitev. Pri vsebnosti % S ugotavljamo zelo nenormalno porazdelitev. Potrebna in realno dosegljiva je omejitev  $S = \text{max. } 0,020 \%$ .

Zelo močno vplivata na količino ferita v surovem stanju

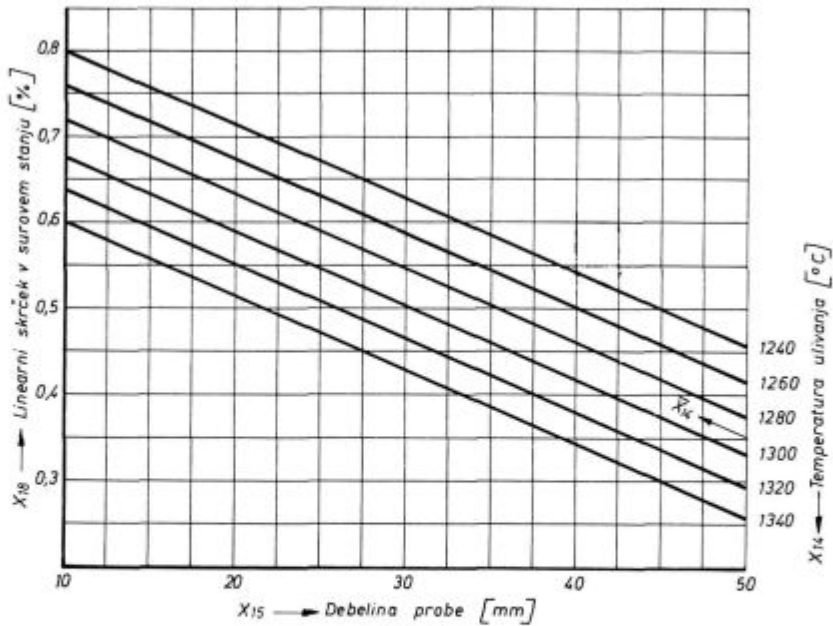
$x_{15}$  — debelina probe, kar predstavlja važen praktični podatek,



Slika 9



Slika 11



Slika 12

$x_{20}$  — velikost grafita v surovem stanju, katero bomo obravnavali v naslednji točki 4.14.

#### 4.14 Velikost grafita v surovem stanju ( $x_{20}$ )

Nomogram št. 19 na sliki 11 kaže, da je tudi velikost grafita v surovem stanju močno odvisna od debeline probe.

Iz nomograma št. 20 na sliki 10 smo videli, da velikost grafita vpliva na količino ferita v surovih vzorcih; na nomogramu št. 19 na sliki 11 pa je prikazan obratni vpliv, tako da je potrjena močna medsebojna odvisnost.

V surovem stanju je treba kontrolirati velikost grafita, še bolj pa količino ferita za informacijo za vstop v nomograme na slikah 7, 10 in 11.

#### 4.15 Linearni skrček v surovem stanju ( $x_{18}$ )

Na nomogramu na sliki 12 vidimo, da je linearni skrček v surovem stanju odvisen predvsem od debeline probe in temperature ulivanja. S temi podatki imamo dobro orientacijo za predvidevanje linearnega skrčka.

#### 4.16 Zaključek

Za ugotavljanje linearnega skrčka v feritiziranjem stanju je najugodnejši nomogram št. 16 na sliki 7 ter kot pomožni nomogrami št. 12, 15 in 20 na slikah 9, 12 in 10.

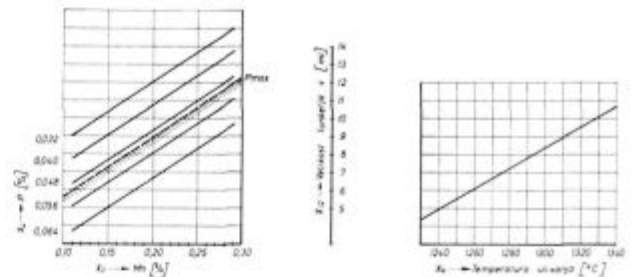
Za ugotavljanje linearnega skrčka v surovem stanju zadostuje nomogram št. 15 na sliki 12.

#### 4.2 Volumski skrček ( $x_{13}$ )

Analiza regresije za volumski skrček ima tako majhen koeficient determinacije  $R^2 = 0,07$ , da ni majhen praktičnega pomena.

#### 4.3 Velikost lunkeja ( $x_{12}$ )

Iz nomograma št. 8 na sliki 13 vidimo, da na velikost lunkeja vplivajo mangan, fosfor in temperatura ulivanja.

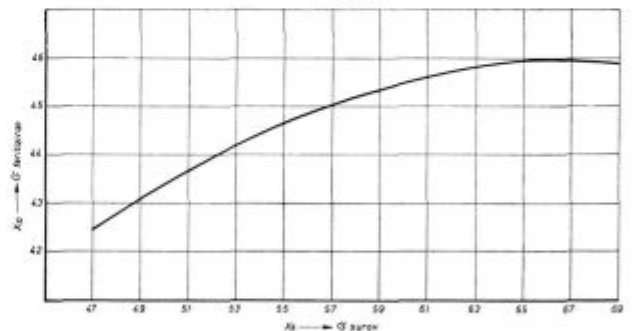


Slika 13

#### 4.4 Samostojne regresije

Napravili smo več samostojnih analiz regresije. V naslednji točki navajam nekatere z najvišjimi koeficienti determinacije, ki pa so obenem tudi zelo zanimive.

$$R^2 = 0,37 \quad R = 0,61 \quad S_y = 1,8 \quad n = 5 \\ x_{13} = f(x_2)$$

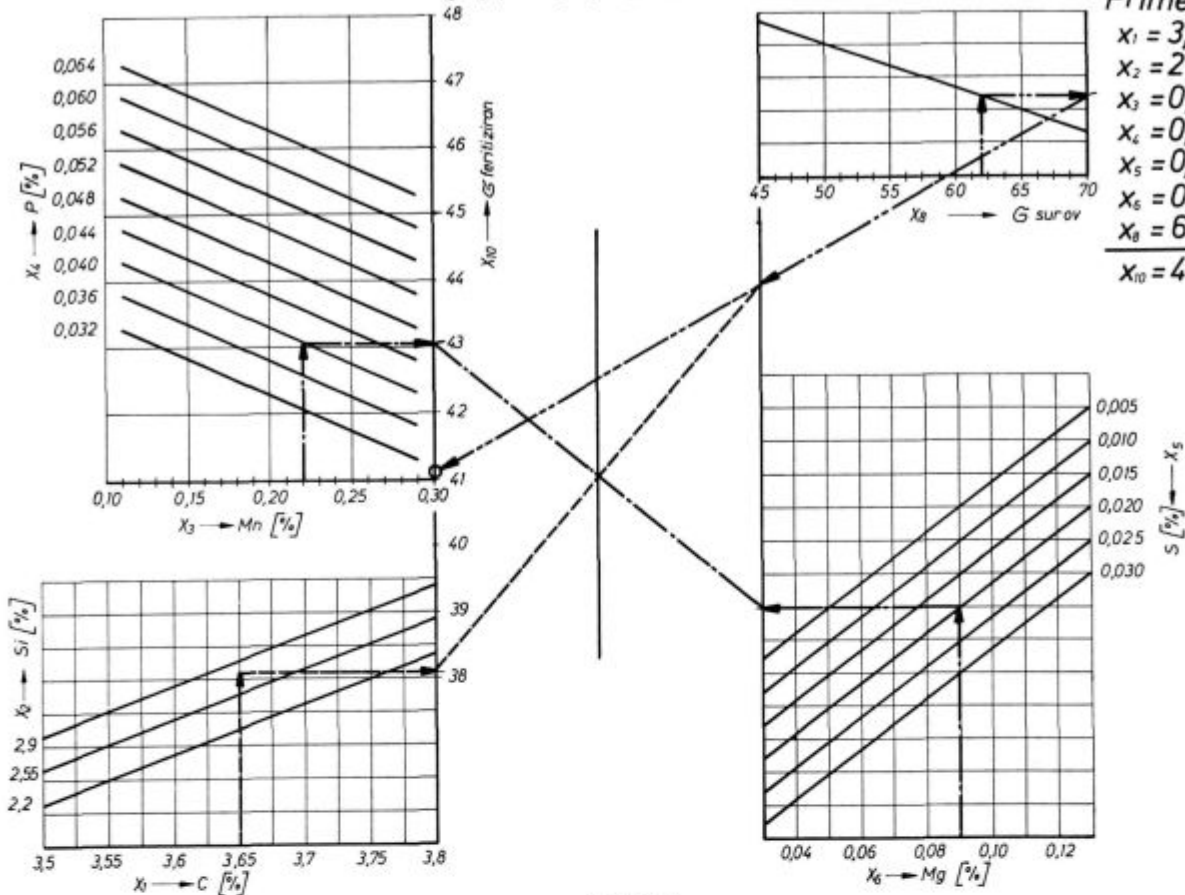


Slika 14

$$R^2=0,74 \quad R=0,86 \quad S_y=1,2 \quad d=5$$

$$X_{10}=f(X_1, \dots, X_6, X_8, X_{10}, X_{15}, X_{16}, X_{20}, \dots, X_{23})$$

Primer:  
 $x_1 = 3,65$   
 $x_2 = 2,8$   
 $x_3 = 0,22$   
 $x_4 = 0,040$   
 $x_5 = 0,020$   
 $x_6 = 0,09$   
 $x_8 = 62$   
 $x_{10} = 41$



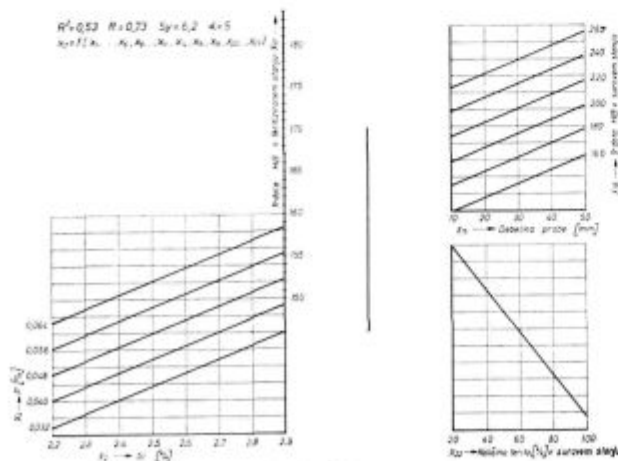
Slika 15

#### 4.41 Natezna trdnost (kp/cm<sup>2</sup>) v feritiziranem stanju ( $x_8$ )

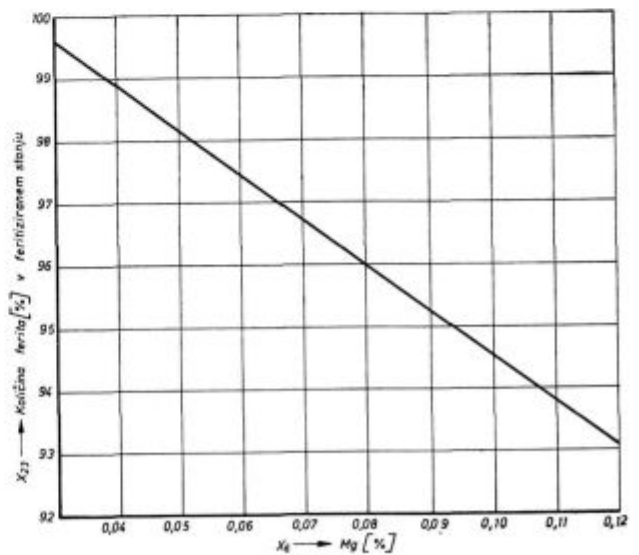
Medsebojno odvisnost natezne trdnosti surovih in žarjenih prob kaže diagram na sliki 14.

Nomogram na sliki 15 kaže odvisnost vseh spremenljivk, ki vplivajo na natezno trdnost prob v feritiziranem stanju. Vidimo, da poleg natezne trdnosti probe v surovem stanju vplivajo na natezno trdnost v feritiziranem stanju še kemična analiza in sicer vsebnost C, Si, Mn, P, S in Mg.

- $x_1$  — C = 3.65 %
- $x_2$  — Si = 2.80 %
- $x_3$  — Mn = 0.22 %
- $x_4$  — P = 0.040 %
- $x_5$  — S = 0.020 %
- $x_6$  — Mg = 0.090 %
- $x_8$  —  $\sigma = 62,0$  kp/cm<sup>2</sup>



Slika 16



Slika 17

To je primer, ki je urisan v nomogramu in služi za lažjo orientacijo. Z znano kemično analizo in natezno trdnostjo ulitka v surovem stanju lahko natezno trdnost v feritiziranem stanju točno določimo in znaša v gornjem primeru  $\sigma = 41,0 \text{ kp/cm}^2$ .

#### 4.42 Trdota (HB) vzorcev v feritiziranem stanju ( $x_{17}$ )

Iz nomograma na sliki 16 vidimo, da na trdoto vzorcev v feritiziranem stanju vplivajo

- $x_{16}$  — trdota (HB) v surovem stanju
- $x_{22}$  — količina ferita (%) v surovih vzorcih
- $x_4$  — P %
- $x_2$  — Si % in
- $x_{15}$  — debelina probe (mm).

S pomočjo teh spremenljivk lahko določimo trdoto feritiziranih vzorcev.

#### 4.43 Količina ferita (%) v feritiziranih vzorcih ( $x_{23}$ )

Od vseh spremenljivk, za katere smo iskali vpliv na količino ferita v feritiziranih vzorcih, bistveno vpliva le procent magnezija. To odvisnost kaže diagram na sliki 17.

Pri statistični obdelavi rezultatov, pripravi programa in urejanju rezultatov sta sodelovala inž. Jože Rodič in inž. Boštjan Rode iz Železarne Ravne.

#### Literatura

1. E. V. Rajakowics, R. Ebner: Kennzahlen für das Schwindungsverhalten von Gusseisen mit Kugelgraphit, Nr. 1, 1968, str. 1—4
2. M. Barbero, D. Fortino: Blei als Verunreinigung im Gusseisen und als Ursache für Lunckerfehler in Gußstücken Nr. 6, 1968,
3. E. Piwowarsky: Hochwertiger Grauguss; S. Springer, 1929, S. 287

### ZUSAMMENFASSUNG

Im Artikel wird die Bestimmung des linearen und kubischen Schrumpungskoeffizienten und die Größe des Lunkers im Sphäroguss behandelt. Der Sinn dieser Aufgabe war, die Einflussfaktoren auf die obengenannten und auch andere Eigenschaften des Sphärogusses festzustellen. Für die Bestimmung des linearen und kubischen Schrumpungskoeffizienten und der Lunckergröße wurden Modelle ausgefertigt.

Im gzen wurden 23 Variablen verfolgt, und zwar die chemische Analyse, der lineare und kubische Schrumpungs-

koeffizient, die Lunckergröße, die Giestemperatur, die Festigkeit, Dehnung, das Gefüge, alles an unbehandelten und ferritisierten Proben.

Die Daten wurden statistisch ausgewertet. Am bedeutendsten ist die Regresionsanalyse, welche uns viele praktische Daten angeboten hat. Der Suche nach den Einflüssen auf den linearen Schrumpungskoeffizient war besonderer Wert gelegt.

Die Ergebnisse der Regresionsanalyse sind in Diagrammen und Nomogrammen wiedergegeben.

### SUMMARY

The paper describes the ways of determination of linear and volume shrinkage, and of shrink hole size in spheroidal graphite cast iron. Task of the project was to determine the parameters influencing the previously mentioned, and the other properties of spheroidal graphite cast iron. Special models were made for determination of linear and volume shrinkage, and of the shrink hole size.

Twenty-three parameters were analyzed as: chemical analysis, linear and volumetric shrinkage, shrink hole size,

casting temperature, tensile strength, deformation, metallographic structure of all rough and ferritized samples.

Data were statistically analyzed by different methods of statistic analysis. Analyses of regression which gave a lot of practical results are the most important. A special stress was given to the studies of parameters influencing the linear shrinkage.

Results of analyses of regression are given in diagrams and nomograms.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрено определение линейного и объемного усадки и величины усадочной раковины при изделиях литейного производства с шаровидным графитом. Поставлена задача определить влияния на упомянутое и указать на остальные свойства литейного с шаровидным графитом. Для определения линейного и объемного усадка и величины усадочной раковины были приготовлены специальные модели.

Суммарно заследовали 23 переменных величин, между ними: химический анализ, линейный и объемный усадок, величина уса-

дочной раковины, температура литья, прочность на растяжение, растяжение, металлографическая структура, все на сырых и ферритизованных образцах. Данные рассмотрены различными методами статистического анализа. Один из самых важных анализ регрессии при помощи которого получено много практических данных. На первом плане исследования: определить влияния на линейный усадок. Результаты анализа регрессии приведены при помощи диаграмм и номограмм.