

ŽELEZARSKI ZBORNIK

VSEBINA

	Stran
Dobovišek Bogomir — Metalurški inštitut, Ljubljana VPLIV NEKATERIH DODATKOV NA ELEKTRICNO PREVODNOST ŽLINDRE, KI NASTAJA PRI PROIZVODNJI FeCr CARBURE . . .	1
Dobovišek Bogomir — Metalurški inštitut, Ljubljana VPLIV TEMPERATURE KARBONIZACIJE NA OKSIREAKTIVNOST GORIV IZDELANIH IZ KOSOVSKEGA LIGNITA. APLIKACIJA DTA . . .	7
Vizjak Ferdo — Železarna Ravne PLATIRANJE JEKEL	13
Arh Joža, A. Pavliček — Železarna Jesenice VPLIV ZVEPLA V GRODLJU IN JEKLU NA IZDELAVO SPECIALNIH TOPLOVALJANIH TRAKOV ZA GLOBOKI VLEK	25
Grešovnik Ferdo — Železarna Ravne STUDIJI ELEKTROKEMICNIH LASTNOSTI OSNOVNE MASE LEDEBURITNIH ORODNIH JEKEL	37
Tehnične novice Rodič Jože — Železarna Ravne POPUŠČNI DIAGRAMI LEDEBURITNIH ORODNIH JEKEL V RAZSIRJENEM OBMOČJU	47
Društvene vesti	51

LETO 10 ŠT. 1 - 1976
ŽEZB BQ 10 (1) 1 — 52, (1976)

Vsebina

	stran
Dobovišek Bogomir Vpliv nekaterih dodatkov na električno prevodnost žlindre, ki nastaja pri pro- izvodnji FeCr carbure	1
UDK: 669.263.1 ASM/SLA: Cr b	
Dobovišek Bogomir Vpliv temperature karbo- nizacije na oksireaktiv- nost goriv izdelanih iz kosovskega lignita. Apli- kacija DTA	7
UDK: 662.741 ASM/SLA: RM j 43	
Vizjak Ferdo Platiranje jekel	13
UDK: 621.771.8: 621.746; 669.14.018.252.5 ASM/SLA: F23 E 12, 8-66, T6q	
Arh Joža, Pavliček Aleksander Vpliv žvepla v grodlju in jeklu na izdelavo special- nih toplovaljanih trakov za globoki vlek	25
UDK: 669.14.018.26 — 122.4 — 418.25 ASM/SLA: STd, F23	
Grešovnik Ferdo Studij elektrokemičnih lastnosti osnovne mase ledeburitnih orodnih jekel	37
UDK: 691.71; 541.135 ASM/SLA: SS-b, P 12b, P 15j, S 11f	
Tehnične novice	47
Društvene vesti	51

Inhalt

	Seite
Dobovišek Bogomir Einfluss einiger Zusätze auf die elektrische Leit- fähigkeit der Schlacke bei der Erzeugung von FeCr carbure	1
UDK: 669.263.1 ASM/SLA: Cr b	
Dobovišek Bogomir Einfluss der Karbonisi- erungstemperatur auf die Oxireaktivität der festen Brennstoffe welche aus Lignit Kosovo hergestellt sind	7
UDK: 662.741 ASM/SLA: RM j 43	
Vizjak Ferdo Das Plattieren der Stähle	13
UDK: 621.771.8: 621.746; 669.14.018.252.5 ASM/SLA: F23 E 12, 8-66, T6q	
Arh Joža, Pavliček Aleksander Einfluss von Schwefel im Roheisen und Stahl auf die Erzeugung von Warm- band für Sondertiefzieh- stahl	25
UDK: 669.14.018.26 — 122.4 — 418.25 ASM/SLA: STd, F23	
Grešovnik Ferdo Eine Studie der Elektro- chemischen Eigenschaften der Grundmasse der lede- buritischen Werkzeugstähle	37
UDK: 691.71; 541.135 ASM/SLA: SS-b, P 12b, P 15j, S 11f	
Technische nachrichten	47
Vereinsnachrichten	51

Contents

	Page
Dobovišek Bogomir Influence of some additi- ons on the electrical con- ductivity of slags formed during ferrochrome carbu- re process	1
UDK: 669.263.1 ASM/SLA: Cr b	
Dobovišek Bogomir Influence of carbonisation temperature on the oxyre- activity of solid fuels ma- de from Kosovo lignite	7
UDK: 662.741 ASM/SLA: RM j 43	
Vizjak Ferdo Steel plating	13
UDK: 621.771.8: 621.746; 669.14.018.252.5 ASM/SLA: F23 E 12, 8-66, T6q	
Arh Joža, Pavliček Aleksander Influence of sulphur in pig iron and steel on manu- facturing special hot rol- led strips for deep dra- wing	25
UDK: 669.14.018.26 — 122.4 — 418.25 ASM/SLA: STd, F23	
Grešovnik Ferdo On studies of electroche- mical properties of lede- burite tool steel matrix	37
UDK: 691.71; 541.135 ASM/SLA: SS-b, P 12b, P 15j, S 11f	
Technical News	47
Association News	51

Содержание

	страница
Dobovišek Bogomir Влияние некоторых добавок на электропроводность шлака полученной при производстве FeCr carbure	1
UDK: 669.263.1 ASM/SLA: Cr b	
Dobovišek Bogomir Влияние температуры карбо- низации на оксидную реак- тивность твердых горючих ма- териалов приготовленных из угля угольной шахты Косово	7
UDK: 662.741 ASM/SLA: RMj 43	
Vizjak Ferdo Плакировка сталей	13
UDK: 621.771.8: 621.746; 669.14.018.252.5 ASM/SLA: F 23 E 12, 8—66, T6q	
Arh Joža Pavliček Aleksander Влияние серы в чугуна и сталей для изготовления спе- циальных полос для глубокой вытяжки путем горячей про- катки	25
UDK: 669.14.018.26—122.4—418.25 ASM/SLA: STd, F 23	
Grešovnik Ferdo Изучение электрохимических свойств основной массы леде- буритных инструментальных сталей	37
UDK: 691.71; 541.135 ASM/SLA: SS-b, P 12b, P 15j, S 11f	
Технические новости	47
Сведения об организации	51

II 229280

+

229280



PO 1277/1997

Vpliv nekaterih dodatkov na električno prevodnost žlindre, ki nastaja pri proizvodnji FeCr carbure

UDK: 669.263.1

ASM/SLA: Cr b

Bogomir Dobovišek

Pregled poskusov merjenja električnega upora staljene žlindre, ki nastaja pri proizvodnji FeCr carburé. Žlindri smo dodali kremen, glinico, apno in jedavec, tako da se je spremenila vsebnost SiO₂ med 32,10 in 39,90 %, Al₂O₃ med 19,90 in 26,85 %, CaO med 8,60 in 19,15 % ter CaF₂ med 0 in 12,47 %. Medtem ko dodatek Al₂O₃ v navedenem območju ni bistveno vplival na električni upor žlindre, sta ga CaO (do 14,00 %) in posebno CaF₂ močno zmanjšala.

UVOD

Električna prevodnost žlinder zanima metalurške predvsem iz praktičnih razlogov. Pri proizvodnji kovin v električnih pečeh, posebno pa pri tako imenovanih uporovnih, oziroma uporovno-obločnih pečeh, je zelo pomembna električna prevodnost žlinder, ki pokrivajo kovinsko talino. Te naj bi imele dovolj velik električni upor, obenem pa naj bi dobro tekle. Ti dve lastnosti žlinder pa sta si v nasprotju. Žlindre, ki dobro tečejo, običajno tudi dobro prevajajo električni tok. Primerjava aktivacijskih energij za električno prevodnost in za viskoznost kaže, da je aktivacijska energija, potrebna za viskozni tok višja kot energija, potrebna za gibanje ionov v staljeni žlindri. Iz tega lahko sklepamo, da sta električna prevodnost in viskoznost odvisni od dveh različnih procesov. Električno prevajajo manjši kationi, viskoznost pa kontrolirajo veliki, često polimerizirani ioni. Če je žlindra

sestavljena iz enostavnih ionov, teče dobro. Kadar pa so v njej veliki kompleksni ioni, teče slabo — se »vleče«.

Pri ugotavljanju električne prevodnosti se nanašamo na ionsko teorijo žlinder^{1,2,3}. CaO, MgO, FeO in CaF₂ so skoraj povsem ionizirani in zato staljeni dobro prevajajo električni tok. Oksidi, kot Al₂O₃, P₂O₅ in SiO₂ pa zaradi prevladujoče kovalentne vezi slabo disociirajo, tvorijo kompleksne anione, katerih prisotnost niža električno prevodnost.

Žlindra, ki smo jo preiskovali, je vsebovala predvsem sestavine: SiO₂, Al₂O₃, MgO in CaO ter spada po osnovnih sestavinah v sistem, ki dobro teče le pri relativno visokih temperaturah. Naša naloga je bila, da ugotovimo, kako vplivajo na električno prevodnost te osnovne žlindre dodatki, kot apno, kremen in jedavec. Rezultati naj bi pokazali, kako se spremeni električni upor v električnih obločno-uporovnih pečeh, če se spremeni sestava vsipka. Poskuse smo izvedli v aparaturi za merjenje električnih prevodnosti staljenih soli, ki se razlikujejo od običajnih izvedb s tem, da ima centralno nameščeno grafitno elektrodo v grafitnem lončku. Grafitni lonček smo izbrali zato, ker smo preiskovali tipične redukcijske žlindre in nismo ugotovili redukcije žlindrnih sestavin. Aparaturo smo umerili z vodno raztopino KCl.

VPLIV DODAJANJA SiO₂

V prvi seriji smo dodali kremenčev pesek in ga stalili v žlindri. Dobljene žlindre so imele sestavo, označeno z I in II (tabela 1).

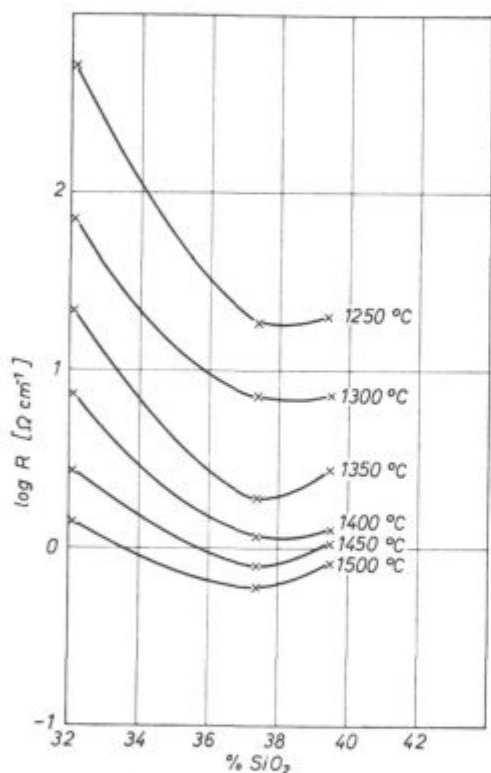
Rezultate kaže slika 1.

Prof. dr. Bogomir Dobovišek je redni profesor na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo Univerze v Ljubljani

Tabela 1:

Sestavina	Osnovna žindra %	Žindra I %	Žindra II %
Cr ₂ O ₃	4,00	3,60	3,45
SiO ₂	32,10	37,40	39,90
Al ₂ O ₃	19,80	18,05	17,40
FeO	0,65	0,58	0,55
CaO	8,60	7,75	7,43
MgO	36,20	32,61	31,26

Slika 1 kaže, da z dodatkom SiO₂ električni upor žlindre najprej pade, da doseže nekje med 36...38 % SiO₂ minimum, nato pa zopet naraste. Tudi temperatura močno vpliva na električno pre-



Slika 1

Vpliv dodajanja kremenja na električni upor žlindre Fe-Cr carburé.

Fig. 1

Influence of quartz addition on the electrical resistivity of Fe-Cr carbure slag

vodnost. Z znižanjem temperature, posebno pod 1500^o C se žindra hitro zgosti, električni upor žlinder pa močno naraste. Opomniti je treba, da je dodatek SiO₂ močno znižal električno upornost žlindre predvsem pri temperaturah pod 1500^o C zato, ker se je znižalo za okrog 100^o C v primerjavi z osnovno žindro tudi tališče teh žlinder.

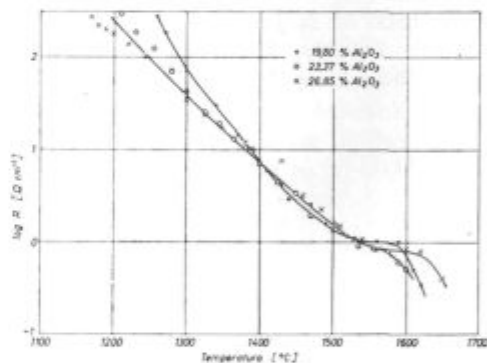
VPLIV DODATKA Al₂O₃

Žlindri smo dodali glinico, tako da je vsebnost Al₂O₃ narasla od 19,80 na 26,85 %. Sočasno je padla vsebnost SiO₂ od 32,10 na 28,80 %. Al₂O₃ in SiO₂ se lahko v alumosilikatih zamenjajeta, in sicer se zamenjata v mreži Al³⁺ ion in ion Si⁴⁺ z enakim koordinacijskim številom 4, pri čemer deluje aluminijev ion kot kislina⁴. V tem primeru lahko pričakujemo, da bo dodatek Al₂O₃ vplival na električno prevodnost podobno kot SiO₂. V tabeli 2 navajamo analizo žlinder, katerim smo merili električni upor.

Tabela 2:

Sestava*	Žindra III %	Žindra IV %
Cr ₂ O ₃	3,77	3,60
SiO ₂	30,57	28,80
Al ₂ O ₃	23,37	26,85
FeO	0,60	0,57
CaO	8,08	7,72
MgO	34,02	32,48

* osnovna žindra ima 19,80 % Al₂O₃



Slika 2

Vpliv dodajanja glinice na električni upor žlindre Fe-Cr carburé.

Fig. 2

Influence of alumina addition on the electrical resistivity of Fe-Cr carbure slag

Rezultate meritev kaže slika 2. Iz nje vidimo, kako se spreminja električni upor žlinder III in IV ter osnovne žlindre v odvisnosti od temperature. Meritve kažejo, da Al₂O₃ med 19,80 in 26,85 % v žindri ni bistveno vplival na električni upor žlinder.

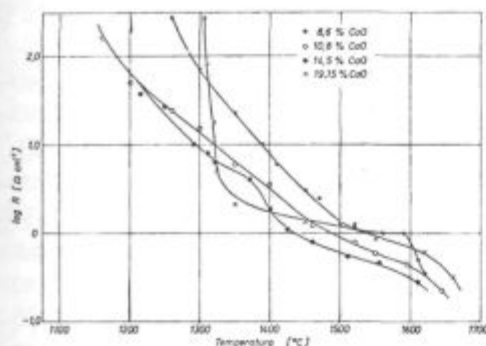
VPLIV DODAJANJA CaO

Osnovni žlindri smo dodali čistega apnenca, tako da so imele žlindre, ki smo jih preiskovali, take analize (tabela 3):

Tabela 3:

Sestava	žlindra V %	žlindra VI %	žlindra VII %
Cr ₂ O ₃	3,84	3,68	3,48
SiO ₂	30,85	29,57	27,64
Al ₂ O ₃	19,03	18,23	17,22
FeO	0,61	0,59	0,56
CaO	10,84	14,50	19,15
MgO	34,82	33,42	31,65

V žlindri smo povišali CaO od prvotnih 8,60 na 19,15 %. Dodatek CaO je znižal električni upor žlindre; znižalo se je tudi njeno tališče. Pri večjem dodatku CaO (žlindra VII — glej sliko 3!) pa se je pri okrog 1330° C z znižanjem temperature naglo povečal električni upor žlindre, ker se je ta pri tej temperaturi strdila. Naslednja slika 4 kaže, da spočetka dodatek CaO zmanjšuje električni upor — v tem primeru deluje CaO kot talilo — pri okrog 14 % (ob 33, 5 % MgO) CaO smo ugotovili pri vseh merjenih temperaturah nad 1450° C na krivuljah določen minimum.



Slika 3

Vpliv dodajanja apna na električni upor žlindre FeCr carburé (temperaturna odvisnost).

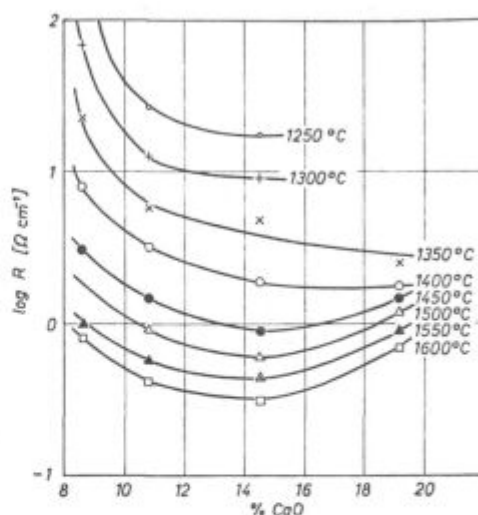
Fig. 3

Influence of lime addition on the electrical resistivity of FeCr carbure slag (temperature influence)

VPLIV DODAJANJA CaF₂

CaF₂ je talilo; zato smo pričakovali, da se bo viskoznost osnovne žlindre po dodatku močno zmanjšala, električna prevodnost pa narasla. Osnovni žlindri smo dodali jedavec, tako da so imele žlindre, katerim smo merili električni upor, analize, ki jih kaže tabela 4.

Diagrami na slikah 5 in 6 kažejo logaritem električnega upora v odvisnosti od temperature in odstotka CaF₂ v osnovni žlindri. CaF₂ močno poveča električno prevodnost žlindre. Če dodatek 2,8 % CaF₂ je toliko znižal električni upor žlindre,



Slika 4

Vpliv odstotka CaO na električni upor žlindre

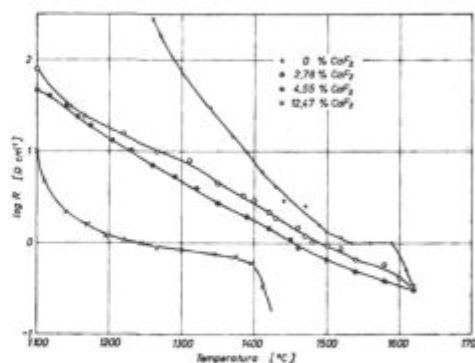
Fig. 4

Influence of CaO addition on the electrical resistivity of slag

Tabela 4:

Sestava	žlindra VIII %	žlindra IX %	žlindra X %
Cr ₂ O ₃	3,83	3,76	3,44
SiO ₂	30,78	30,20	27,64
Al ₂ O ₃	17,38	19,06	18,75
FeO	0,55	0,60	0,60
CaO	7,40	8,24	8,08
MgO	34,70	34,04	31,12
CaF ₂	2,78	4,55	12,47

da je prevajala tok vse do 1100° C. V primerjavi z vplivom CaO na električni upor žlindre CaF₂ tudi pri 12 % ne pokaže ponovnega povišanja upornosti. To kaže, da se z dodajanjem CaF₂ še

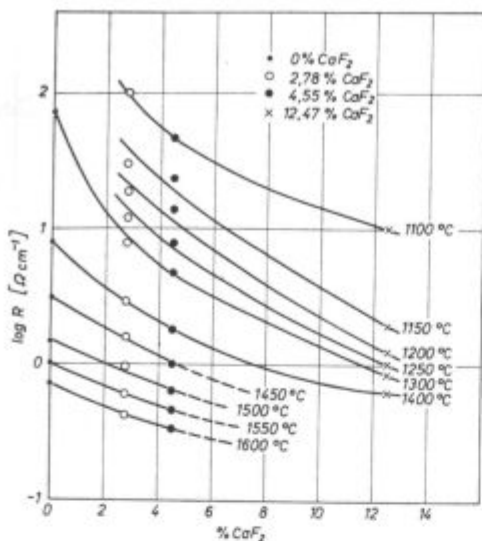


Slika 5

Vpliv dodajanja CaF₂ na električni upor žlindre FeCr carburé (vpliv temperature).

Fig. 5

Influence of CaF₂ addition on the electrical resistivity of FeCr carbure slag (temperature influence)



Slika 6

Vpliv vsebnosti CaF₂ v žlindri na njen električni upor.

Fig. 6

Influence of CaF₂ content in slag on its electrical resistivity

poveča tekočnost žlindre; z dodajanjem Ca²⁺ in F⁻ ionov povzročimo namreč nadaljnjo razgradnjo večjih silikatno-aluminatnih kompleksnih anionov ter tvorbo prostih ionov Ca²⁺ in F⁻, ki aktivno sodelujejo pri prevajanju električnega toka skozi staljeno žlindro⁵.

AKTIVACIJSKA ENERGIJA

Merjenje električnega upora žlinder smo izvajali tako, da smo žlindre počasi ohlajali in pri določenih temperaturah v posebnih grafitnih celicah merili električni upor med dvema elektrodamama. Zato smo lahko za posamezne žlindre narisali temperaturno odvisnost električne prevodnosti. Iz te odvisnosti pa smo izračunali odgovarjajočo aktivacijsko energijo.

Aktivacijska energija gibanja ionov pri prenašanju električnega toka v staljenih žlindrah je odvisna predvsem od velikosti ionov in od njihovega električnega naboja. Čim lažje se ioni gibljejo v žlindri, tem manjša je aktivacijska energija, potrebna za prenašanje elektrenine skozi žlindro. Zato tudi žlindre, ki težko tečejo in so močno viskozne, slabo prevajajo električni tok. Poleg viskoznosti nasprotujeta gibanju ionov v žlindri še elektroforetični efekt in efekt asimetrije. Prenos elektrenine poteka v staljenih žlindrah ali samo s kationi, ali samo z anioni ali pa sodelujeta obe vrsti ionov⁶. Lahko pa v nekaterih tipih žlinder nastopa tudi mešana električna prevodnost, ionska in elektronska. Odvisnost ionske prevodnosti od temperature daje izraz:

$$\kappa = A \cdot \exp\left(-\frac{E_x}{RT}\right)$$

kjer je:

- κ = specifična električna prevodnost
- E_x = aktivacijska energija
- A = konstanta
- R = plinska konstanta
- T = absolutna temperatura

Iz izraza:

$$\ln \kappa = \ln A - \frac{E_x}{RT} \quad \text{in}$$

$$d \ln \kappa = -\frac{E_x}{R} \cdot d \ln \left(\frac{1}{T}\right) \quad \text{ali}$$

$$E_x = R \cdot \frac{d \ln \kappa}{d \left(\frac{1}{T}\right)}$$

dobimo iz naklonskega kota premic, ki kažejo odvisnost $\ln \kappa$ od $\left(\frac{1}{T}\right)$ ustrezne aktivacijske energije, ki jih navajamo v naslednji tabeli.

Tabela 5

	Aktivacijska energ. cal/mol	Temp. območje °C
žlindra II (dodatek SiO ₂)	10.800 *	1360—1600
	12.800	1200—1360
žlindra VI (dodatek CaO)	10.900 *	nad 1360
	20.600	1200—1330
žlindra VII (dodatek CaO)	6.770 *	1330—1600
	151.200	pod 1330
žlindra VIII (dodatek CaF ₂)	13.800 *	1150—1600
žlindra IX (dodatek CaF ₂)	13.200	1150—1600
žlindra X (dodatek CaF ₂)	5.570	1100—1400
osnovna žlindra	30.000	1300—1600

* Vrednosti so približne, dve vrednosti pa sta navedeni v primerih, ko se krivulje lomijo in se verjetno začne spreminjati struktura staljenih žlinder z izločanjem novih faz.

SKLEPI

Članek navaja rezultate poskusov merjenja električnega upora žlindre ferokroma z visokim ogljikom (carbure), ki smo ji dodajali kremen, glinico, apno in jedavec. Raziskave so imele namen, da primerjamo med seboj vpliv posameznih dodatkov na električno prevodnost žlindre ter s tem omogočimo ustrezne korekture vsipka v peč. Dodajanje CaO in CaF₂ poveča električno prevodnost žlindre, vendar CaO nad 1450° C le do okrog 15 %. Oba močno povečata tekočnost žlindre. Dodajanje Al₂O₃ bistveno ne vpliva na električno prevodnost osnovne žlindre.

Pri ugotavljanju električne prevodnosti žlinder lahko uporabimo ionsko teorijo žlinder. »Ionizirani« CaO , MgO in CaF_2 v našem primeru dobro prevajajo električni tok in so vsaj pretežno v ionski obliki. Al_2O_3 in SiO_2 v staljenih žlindrah slabo disociirata. Velik delež kovalentne vezi, ki favorizira nastajanje kompleksnih ionov, znižuje električno prevodnost. Najbolj vpliva na električno prevodnost CaF_2 . Fluorov ion razbija mrežo silikatov, oziroma aluminatov, poveča število prostih F^- ionov. Verjetno tudi nadomesti kisikove (O^{2-}) ione v kompleksnih anionih in s tem zmanjšuje sile vezanja v rešetki. Povečanje električne prevodnosti žlinder z dodajanjem CaF_2 si razlagamo z zmanjšanjem koncentracije kompleksnih ionov in obogatitvijo raztopine s prostimi ioni F^- . Al^{3+} ioni lahko zamenjajo v mreži ione Si^{4+} izomorfno. Zato ne moremo pričakovati, da bi Al_2O_3 bistveno vplival na električno prevodnost žlinder, ki smo jih obravnavali, posebno ne v količinah, ki smo jih mi dodali.

Pač pa verjetno močno vpliva na metalurško delo pri proizvodnji ferokroma, saj se ga z zvečanjem količine v vsipu lahko tudi več reducira.

Literatura:

1. Bockris J. O'M, A. K. N. Reddy: Modern Elektrochemistry 1; Plenum/Rosetta Edition, New York 1973.
2. Herasymenko P., G. E. Speight: »Ionic Theory of Slag-Metal Equilibria«, J. of the Iron and Steel Institute, vol 166, 3, 169—183.
3. Bockris J. O'M, J. A. Kitchener, S. Ignatowicz, J. W. Tomlinson: »The electrical conductivity of Silicate Melts, Systems containing Ca, Mn and Al«. Disc. of the Faraday Soc. No. 4 1948, The Physical Chemistry of Process Metallurgy — Hanzell, Watson Co. Winey LTD, str. 265—281.
4. Cibulnikov A. I., G. A. Toporiščev, C. A. Vačurgov, E. D. Mohir, V. V. Vetiševa: »Vjazkost i rafinirajuščaja sposobnost izvestkovo glinozemistih šlakov«, Izvestja visših učebnih zavedenii, Černaja Metallurgija 1971, 2, str. 5—7.
5. Eseev P. P.: »Fizičeskie svoistva promišlenih šlakov sistemii $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2$ «, Avtomatičeskaja svarka, 11, 1967, 42—45.

ZUSAMMENFASSUNG

Es sind die Ergebnisse der Untersuchungen des elektrischen Widerstandes der Ferrochromcarbure Schlacke angegeben, welcher Zusätze von Quarzit, Tonerde, Kalk und Flussspat zugegeben worden sind. Die Untersuchungen hatten das Ziel den Einfluss einzelner Zusätze auf die elektrische Leitfähigkeit der Schlacke untereinander zu vergleichen um eine entsprechende Korrektur des Möllers zu ermöglichen. Kalk und Flussspat vergrößern die elektrische Leitfähigkeit der Schlacke, darunter Kalk über 1450° nur bis zu 15%. Alle beide vergrößern die Fließbarkeit der Schlacke stark. Der Zusatz von Tonerde hat keinen wesentlichen Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit der Grundschlacke.

Bei der Festlegung der elektrischen Leitfähigkeit der Schlacke kann die Ionentheorie der Schlacke angewendet werden. Die ionisierten CaO , MgO und CaF_2 sind in unserem Falle gute elektrische Leiter und sind vorwiegend im ionisierten Zustand. Al_2O_3 und SiO_2 dissoziieren schlechter in geschmolzenen Schlacken. Ein grosser Anteil der kova-

lenten Bindung, welcher die Entstehung der komplexen Ionen favorisiert, erniedrigt die elektrische Leitfähigkeit. Den grössten Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit hat das CaF_2 . Der Fluor Ion zerbricht das Gitter der Silikate bzw. der Aluminate und vergrößert die Zahl der freien F^- Zonen. Wahrscheinlich ersetzt es die Sauerstoffionen (O^{2-}) in komplexen Anionen und damit vermindert die Bindungskräfte im Gitter. Die Vergrößerung der elektrischen Leitfähigkeit der Schlacke durch Zusätze von CaF_2 wird mit der Verminderung der Konzentration der komplexen Ionen und mit der Bereicherung der Lösung durch freie F^- Ionen erklärt. Die Al^{3+} Ionen können im Gitter die Si^{4+} Ionen isomorph ersetzen. Man kann deshalb nicht erwarten, dass Al_2O_3 wesentlich die elektrische Leitfähigkeit der behandelten Schlacken beeinflussen würde, besonders nicht in Mengen welche wir zugegeben haben. Es hat aber wahrscheinlich einen starken Einfluss auf die metallurgische Arbeit bei der Produktion von Ferrochrom, da es sich bei einer grösseren Menge im Möller auch mehr reduzieren kann.

SUMMARY

The paper presents results of measuring electrical resistivity of high carbon ferrochrome slags (carbure) to which quartz, alumina, lime, and fluor spar were added. The investigation had intention to compare the mutual influence of single additions to electrical conductivity of slag in order to enable corresponding corrections of the furnace burden. CaO and CaF_2 increase the electrical conductivity of slag. Above 1450°C CaO increases it only up to about 15%. Addition of alumina has no essential influence on the conductivity of the basic slag.

In determining the electrical conductivity of slags ionic theory of slags can be applied. »Ionized« CaO , CaF_2 , and MgO are in our case good conductors of electric current and they are predominantly in ionic form. Alumina and quartz dissociate in molten slags very little. A great portion of covalent bonding which favours formation of complex

ions reduces electrical conductivity. The highest influence on electrical conductivity has CaF_2 , Fluorine ion breaks silicate or aluminate nets, and number of free F^- ions is increased. Probably it also substitutes oxygen ions in complex anions and thus reduces the bonding forces in the lattice. The increased electrical conductivity of slag by adding CaF_2 is explained by the reduced concentration of complex ions and by enrichment of solution with free F^- ions. Al^{3+} can isomorphously substitute Si^{4+} ions in the lattice. Therefore no greater influence of alumina on electrical conductivity of slag can be expected, especially if also amount of added alumina is taken in account. But it has great influence on metallurgical processes in ferrochrome production since higher amount of alumina in burden means also higher amount of the reduced aluminium.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены результаты измерения электрического сопротивления шлака феррохрома с высоким содержанием углерода (carbure), которому прибавляли кварц, глинозем, известь и плавиковый шпат. Цель исследований была: сравнить между собой влияние отдельных упомянутых добавок на электрическую проводимость шлака и таким образом иметь возможность выполнить соответствующие корректуры засыпки в печь. Добавление CaO и CaF_2 увеличивает электропроводность шлака. При CaO , при температуре свыше 1450° это увеличение составляет всего около 15%. Эти добавочные средства существенно увеличивают текучесть шлака. Добавление Al_2O_3 не оказывает существенного влияния на электропроводность основного шлака.

При определении электропроводности шлаков можно применить ионную теорию шлаков. «Ионизированные» CaO , MgO и CaF_2 в нашем примере хорошо проводят электрический ток, в составе они главным образом в ионной форме. Al_2O_3 и SiO_2 в расплавленных шлаках диссоциируют плохо. Большая доля ковалентных

соединений, которые склонны на образование комплексных ионов уменьшает электропроводность. Самое большое влияние на электропроводность оказывает CaF_2 . Ионы фтора разбивают сеть силикатов, соотв. алюминатов, причем число свободных F^- ионов увеличивается.

Не исключается возможность, что в комплексных ионах фтор заменяет ионы кислорода (O_2^{2-}) и таким образом уменьшает силы связи в сети. Повышение электропроводности шлаков при добавки CaF_2 объясняется уменьшением концентрации комплексных ионов и обогащением раствора с свободными ионами F. Ионы Al^{3+} могут в сети заменить ионы Si^{4+} изоморфно. Поэтому нельзя ожидать, чтобы Al_2O_3 мог оказать существенное влияние на электропроводимость рассмотренных в этой работе шлаков, в особенности в упомянутых количествах. Несмотря на это возможно, что глинозем имеет всетаки большое влияние на металлургический процесс при производстве феррохрома, так как при его увеличении в засыпке увеличивается редукция.

Vpliv temperature karbonizacije na oksireaktivnost trdnih goriv, izdelanih iz kosovskega lignita. Aplikacije DTA.

UDK: 662.741
ASM/SLA: RMJ 43

Bogomir Dobovišek

Karbonizacija naših rjavih premogov in lignitov postaja danes, ko smo ob spoznanju, da lahko ostanemo neodvisni predvsem ob domačih surovinah, ponovno zanimiva. S tem člankom skušamo opozoriti na obširno in pomembno delo, ki je bilo na tem področju opravljeno pred letom 1960. Prispevek, ki ga objavljamo, je samo del še neobjavljenega gradiva iz preiskav, izvedenih po simpoziju »Železarstvo in ligniti«, ki je bil leta 1960 v Portorožu. Delo obravnava vpliv temperature karboniziranja na oksireaktivnost različno dobljenih polkoksov in koksov, predvsem pa se ponovno vrača k diferencialno termični analizi in njeni uporabi za hitro preiskavo nekaterih fizikalnih in kemičnih lastnosti trdnih goriv.

I. UVOD

Gorenje trdnih goriv spremlja več procesov, kot npr. odpravljanje vlage, izločanje hlapnih snovi, zgorevanje trdnega ogljika, pri višjih temperaturah tudi nataljevanje pepela itd. Najvažnejše je seveda samo gorenje. To je kemični proces, ki je odvisen predvsem od adsorpcijsko kemične aktivnosti površine trdnih goriv. Na površini se najprej adsorbira kisik, šele nato stopi z ogljikom v kemično reakcijo. Intenzivnost tega procesa je odvisna od kinetičnih pogojev, v katerih poteka, in od kristalne strukture ogljika v gorivih¹ ter od navzočnosti katalizatorjev. Posebno ugodno vplivajo dodatki natrijevih in kalijevih soli².

Sprememba aktivnosti površine in njene velikosti povzroči spremembo hitrosti procesa gorenja v kinetičnem in deloma v prehodnem področju, v katerem ne določata hitrosti niti kemična reakcija niti difuzija. V večini primerov sta velikost in aktivnost površine, na kateri poteka reakcija med gorivom in kisikom, odvisni od velikosti površine in relativnega deleža odprtih por. Povečanje površine por ugodno vpliva tudi na difuzijo kisika in reakcijskih produktov v reakcijski prostor in iz njega.

Površinska adsorpcija se pojavlja predvsem na kristalnih mejah in na napakah na kristalni mreži, to je na mestih, v katerih imajo atomi ogljika višjo energijo, kot to ustreza ravnotežnemu energetskega stanju.

Adsorpcijska sposobnost trdnih goriv se zato s spreminjanjem stopnje disperznosti grafitnih kristalov prav tako spreminja in z naraščajočo disperznostjo narašča. Tako imajo trdna goriva s fino disperzno zgradbo, oziroma s še delno neoblikovano strukturo grafita (npr. lesno oglje, polkoksi) zelo veliko adsorpcijsko sposobnost. Prav tako se s povečano disperznostjo strukture premakne setava zgorevnih plinov na zraku v smeri povečanja koncentracije CO.

Z naraščajočo temperaturo karboniziranja premogov raste stopnja grafitizacije ogljika v njih ter velikost grafitnega zrna. Zato gore goriva, karbonizirana pri visokih temperaturah, bolj počasi in se vžgo pri višjih temperaturah kot goriva, izdelana pri nižjih temperaturah. To medsebojno odvisnost med temperaturo karbonizacije in hitrostjo zgorevanja trdnih goriv smo zasledovali v naših raziskavah, o katerih poročamo. Obenem želimo prikazati, do kakšne mere se da za te vrste študij uporabiti diferencialno termično analizo.

II. PREISKAVE GORIV

1. Zgorevanje v zračni atmosferi

Poskuse smo izvedli s trdnimi gorivi, katerih lastnosti navajamo v naslednji tabeli³.

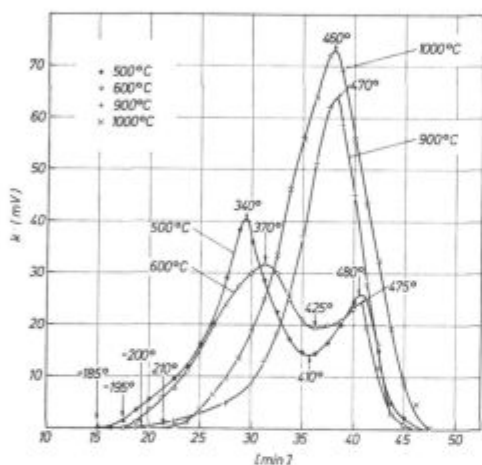
Zgorevanje smo zasledovali z diferencialno termično analizo po postopku, ki ga je opisal avtor v enem od prejšnjih objavljenih del⁴. Dva miligrama goriva, zmletga pod 90 mikronov, smo nasuli na golo konico termoelementa in beležili razliko med temperaturama inertne snovi ter nasutega goriva. Ko se je krivulja, ki kaže razliko, odklonila od ničelne črte, to je, ko temperaturi inertne snovi in preizkušanca nista bili več enaki, je začela v našem primeru oksidacija goriva. Slika 1 kaže dobljene krivulje za goriva, izdelana pri 500, 600, 900 in 1000°C.

Prof. dr. Bogomir Dobovišek je redni profesor na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo Univerze v Ljubljani

Tabela 1:

	polkoks (A) 500° C	polkoks (B) 600° C	koks (C) 900° C	koks (D) 1000° C
vlaga	6,64	6,36	4,38	3,46
hlapno	27,46	25,89	9,62	3,79
pepel	14,38	15,56	18,33	23,55
C _{fix}	51,52	52,19	67,67	69,20
koksov ostanek	65,90	67,75	86,00	92,75
navidezna spec. teža kp/m ³	1,222	1,231	1,290	1,396
prava spec. teža	1,44	1,453	1,471	1,583
poroznost %	15,4	14,0	13,0	12,0

Določitev krivulj zgorevanja med ogrevanjem v zračni atmosferi



Slika 1

DTA goriv, izdelanih iz kosovskega lignita pri 500, 600, 900 in 1000° C.

Fig. 1

DTA of fuels made of Kosovo lignite at 500° C, 600° C, 900° C, and 1000° C

Gorivo izdelano pri 500° C, se je začelo oksidirati pri okrog 185° C. V začetku se krivulja počasi dviga, nakar sledi hitro dviganje, ki kaže na zgorevanje vse do temperature 340° C. Pri 410° C ima krivulja minimum ter ponovni maksimum pri 480° C. Podobno sliko kaže tudi DTA zgorevanja goriva, izdelanega pri 600° C. Popolnoma drugačna sta termograma zgorevanja goriv, izdelanih pri 900 in 1000° C. Tudi v teh primerih začne odklon

Tabela 2:

Temperatura °C	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	O ₂	C _n H _m	H ₂	lit/kg
do 600	47,2	12,5	23,4	8,9	1,0	1,3	2601	152
600 ... 900	8,9	20,2	22,6	41,3	0,4	0,1	3621	146
25 ... 900	26,4	16,7	22,9	26,5	0,7	0,7	3570	298

od ničelne črte pri okrog 200° C kot v prejšnjih, vendar prvega maksimuma med 340 in 370° C ni več, bolj izrazit pa postane drugi maksimum med 460 in 470° C.

Za razlago dveh izrazitih period gorenja med ogrevanjem goriv, izdelanih pri 500 in 600° C se bomo poslužili nekaterih analiz kosovskega lignita³, oziroma produktov njegove karbonizacije v različnih pogojih.

Lignit je imel naslednjo analizo:

vlage 51,4 %, pepela 11,20 %, hlapnega 25,2 %, C_{fix} 14,2 %, S_{cel} 0,72 %, C... 27,2 %, H... 2,15 % in O + H... 10,76 %.

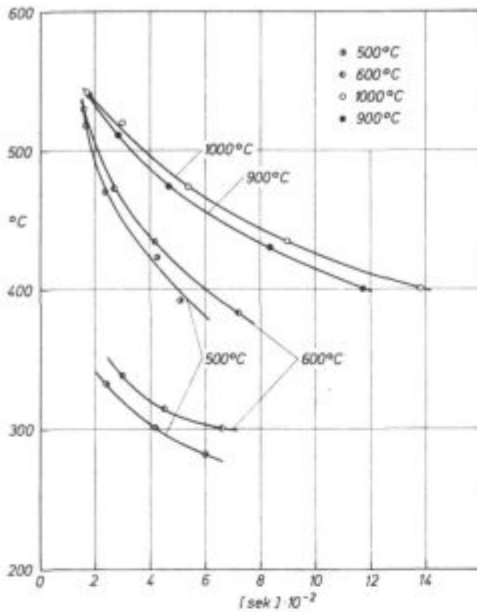
Švelna analiza po Fischerju je dala 65,1 % koksovega ostanka, 13 % švelne vode, 10 % katrana in 11,9 % plina. Sestavo destilacijskih plinov, nastalih pri segrevanju do 600° C, med 600 ... 900° C ter od sobne temperature do 900° C kaže tabela 2.

Pojav dveh maksimumov si razlagamo s kemično analizo ostanka po karbonizaciji, izvedeni pri 600° C. Prvi maksimum je rezultat zgorevanja hlapnih snovi, drugi pa posledica zgorevanja koksovega ostanka. Polkoks, ako tako imenujemo ostanek, izdelan pri 600° C, ima še vedno 27,4 % hlapnih snovi, ki vsebujejo po tabeli 2 med ostalimi plini 12,5 % CO, 23,4 % CH₄, 8,9 % H₂ in 1,3 % C-H-. Te hlapne snovi zgore pri relativno nizkih temperaturah in povzročijo prvi maksimum na zgorevni krivulji. Spodnja kalorična vrednost tega plina pa je 2600 kcal/kg. Pri temperaturah nad 900° C ostane v koksu le še pod 10 % hlapnih snovi, in sicer čim višja je temperatura koksanja, tem manj je v koksu hlapnih snovi.

2. Vpliv temperature karbonizacije na hitrost gorenja

Za določanje hitrosti smo zopet uporabili DTA. Goriva smo v inertni atmosferi ogreli do želene temperature, nato pa spustili v reakcijski prostor zrak. Način eksperimentiranja smo opisali v delu, označenim z literaturo 4. Rezultate kažeta sliki 2 in 3.

Rezultati izotermičnih poskusov so potrdili termograme na sliki 1. Za polkoks, izdelana pri 500 in 600° C smo dobili dve ločeni območji, ki potrjujejo, da pri nizkih temperaturah zgore le hlapni del goriva (med 280 ... 350° C) in da zgore koksov ostanek (zgornji dve krivulji) šele pri višjih temperaturah. Koksa, izdelana pri 900 in 1000° C sta

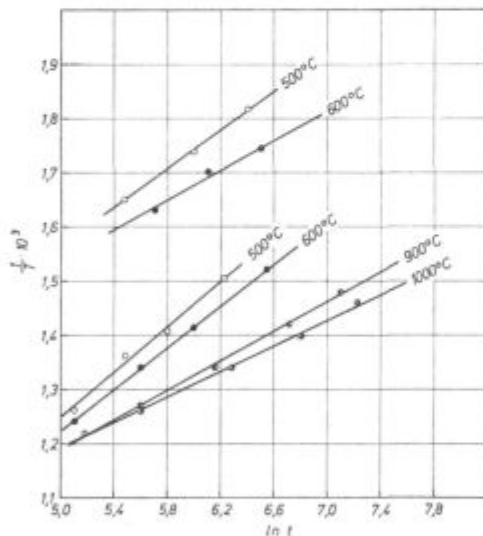


Slika 2

Izotermični poskusi zgorevanja trdnih goriv. Diagrami temperatura — čas zgoretja 2 mg goriva.

Fig. 2

Isothermal combustion experiments of solid fuels. Temperature — time diagrams for combustion of 2 mg fuel.



Slika 3

Čas zgoretja 2 mg goriva v odvisnosti od temperature.

Koordinate $\ln t - \frac{1}{T} \cdot 10^3$.

Fig. 3

Combustion time of 2 mg fuel depending on the temperature. Coordinates $\ln t - 1/T \cdot 10^3$

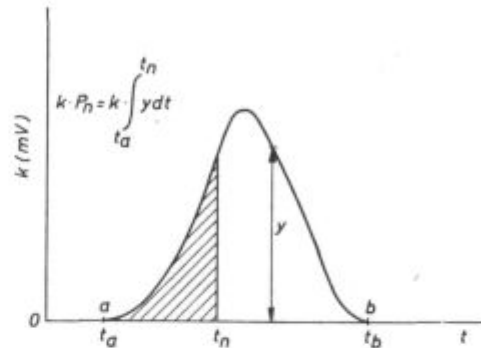
dala za izotere zgorevanja pri različnih temperaturah eno samo krivuljo odvisnosti časa gorenja.

Pri analizi DTA izkoriščamo odnos med maso zgorelega goriva in ploščino pod termogramom. Količina goriva, ki zgore, je namreč proporcionalna površini ploskve pod termogramom med krivuljo

in ničelno črto. Za določeno temperaturo je ta odnos podan z enačbo:

$$\Delta H m_g = k \cdot P = k \int_{t_a}^{t_b} y dt$$

t_a je čas začetka, t_b je čas konca reakcije (slika 4), ΔH je reakcijska toplota na enoto mase.



Slika 4

Shema termograma.

Fig. 4

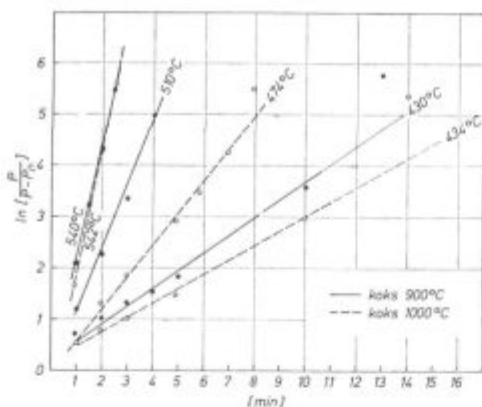
Sheme of termogram

Tako je količina goriva, ki zgore v času t_n proporcionalna površini (P_i), ki pa je enaka:

$$P_i = \int_{t_a}^{t_n} y dt$$

Postavili smo, da je zgorevanje trdnih goriv reakcija prvega reda, ker je količina dovedenega kisika na reakcijsko mesto tolikšna, da se med zgorevanjem skoraj ne spreminja. Za reakcijo prvega reda je značilno, da daje linearen odnos med logaritmom razmerja začetne in trenutne koncentracije ter časom gorenja. Skušali bomo za ta račun uporabiti maso goriva v začetku poskusa ter maso preostalega goriva po določenem času. Začetni masi goriva je proporcionalna ploščina pod termogramom med t_n in t_b , medtem ko predstavlja maso goriva, ki še ostane po določenem času t_n , razlika med ploščinama $P - P_n$. Nanašamo torej $\ln \frac{P}{P - P_n}$ v odvisnosti od časa t , upoštevajoč, da se med procesom faktorji proporcionalnosti med ploščino in reakcijsko toploto, oziroma maso goriva ne spreminjajo. Rezultate za goriva, izdelana pri 900 in 1000°C, kaže slika 5.

Krivulje kažejo v začetku zgorevanja linearen odnos, kot to ustreza reakcijam prvega reda. Po določenem času, ko postaja masa goriva, ki ga preiskujemo, vse manjša, pa se krivulje odklonijo od abscise navzgor. Ta ugotovitev velja tudi za oba polkokska. Odklon je toliko večji, čim nižja je temperatura, pri kateri sežigamo gorivo. To pomeni,



Slika 5

Odnos med $\ln \frac{P}{P_0}$ in časom gorenja t .

Fig. 5

Relationship between $\ln \frac{P}{P_0}$ and the combustion time t .

da so se kljub zelo majhnim masam goriva, s katerimi smo skušali eliminirati zunanje vplive, spreminjale fizikalne in kemične lastnosti, ki vplivajo na velikost odklona od ničelne črte, oziroma na konstanto proporcionalnosti med ploščino pod odklonom in reakcijsko toploto ali pa so nastale proti koncu poteka reakcije razlike temperature napake pri odčitavanju časa konca reakcije, ker so med preiskovancem in inertno snovjo minimalne. Po zgorentju je namreč termoelement, na katerega smo nasuli gorivo skoraj gol, prekriva ga le zelo tanka plast pepela in se s tem seveda spremene pogoji temperaturnega prenosa od stene reaktorja na konice termoelementov.

Iz naklonskih kotov v diagramih na sliki 5 smo izračunali konstante reakcijskih hitrosti, ki so od $0,815 \cdot 10^{-2}$ do $0,105 \text{ s}^{-1}$. Vrednosti veljajo za temperature med $302 \dots 540^\circ \text{C}$.

Iz diagramov na sliki 3 smo po Arrheniusu izračunali še aktivacijske energije za sumarni proces gorenja. Privzeli smo, da je čas gorenja, potreben za zgorenje 2 miligramov goriva, proporcionalen njegovi masi⁴ in iz enačbe:

$$t = C \cdot e^{\frac{E_A}{kT}}$$

kjer sta: C in k konstanti, t pa je čas zgorevanja — izračunali ustrežajoče aktivacijske energije (glej tabelo 3).

Tabela 3:

Temperatura karbonizacije °C	E_A aktivacijska energija cal/mol	
	A	B
500	8 660	11 105
600	9 330	10 300
900	—	11 860
1000	—	13 370

A — prvi maksimum — hlapne snovi,

B — koksov ostanek.

SKLEPI

Poskusi so potrdili, da je hitrost gorenja trdnih goriv pri določeni temperaturi odvisna od temperature karbonizacije. Z naraščajočo temperaturo karbonizacije pada oksireaktivnost kosovskega lignita. Poskusi so pokazali, da goriva, izdelana pri nižjih temperaturah, zgorevajo v dveh stopnjah, in sicer zgore najprej hlapne substance, istočasno ko se razkrajajo, šele nato pa zgore koksni ostanek. Takšni dve fazi gorenja bi verjetno lahko privzeli za gorenje nekarboniziranega goriva.

Določili smo tudi temperaturno odvisnost hitrosti gorenja za posamezna, pri različnih temperaturah izdelanega goriva. Pri tem smo uporabili DTA in znan odnos med reakcijsko toploto in ploščino pod termogramom. Izračunane so konstante za reakcijske hitrosti za reakcije prvega reda in ustrežajoče aktivacijske energije.

Literatura:

1. Dobovišek B. »Direktna redukcija železovih oksidov in reaktivnost trdnih goriv I«, RMZ, 1971, št. 1, str. 87—100.
2. Dobovišek B., J. Klarič: »Študij vpliva dodatkov Na_2CO_3 in K_2CO_3 na reaktivnost metalurškega koks«, RMZ, 1972, št. 2/3, str. 223—233.
3. Gregorc P.: »Lastnosti in ocena uporabnosti naših rjavih premogov za proizvodnjo grodlja v nizkih pečeh«, doktorska disertacija, FNT-metalurški odsek, 1958.
4. Dobovišek B., N. Smajić, A. Rosina: »Studium der Verbrennung fester Brennstoffe mittels differenz-thermischer Analyse«, Mikrochimica Acta, Heft 4, 1967, str. 639—650.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Karbonisierung unserer Braunkohlen und Lignite wird heutzutage bei der Erkenntnis, dass wir nur mit eigenen Rohstoffen unabhängig bleiben können, wieder interessant. Mit diesem Artikel möchten wir auf eine umfangreiche und bedeutungsvolle Arbeit hindeuten, welche auf diesem Gebiet vor dem Jahr 1960 geleistet worden ist.

Dieser Beitrag ist nur ein Teil des nichtveröffentlichten Materials aus den Untersuchungen welche nach dem Sim-

posium »Das Hüttenwesen und die Lignite« im Jahre 1960 in Portorož durchgeführt worden sind. In dieser Arbeit wird der Einfluss der Karbonisierungstemperatur auf die Oxyreaktivität verschieden erhaltener Halbkokse und Koks behandelt. Vor allen aber wird der differenzialthermischen Analyse und deren Anwendung für schnelle Untersuchungen einiger physikalischen und chemischen Eigenschaften der festen Brennstoffe wieder der Wert gelegt.

SUMMARY

Carbonisation of own brown coals and lignites becomes nowadays again interested when perception is taken in account that the use of domestic raw materials presents independence from import. This paper wants to call the attention to extensive and important work made in this field before 1960. It presents a part of still not published material of investigations performed after the symposium

»Ironmaking and lignites« which was in Portorož in 1960. The paper analysis the influence of carbonisation temperature on the oxyreactivity of various semi-cokes and cokes, and it again shows the applicability of differential thermal analysis for fast tests of some physical and chemical properties of solid fuels.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании спознания, что мы можем остаться независимы главным образом при употреблении домашнего сырья, карбонизация наших бурых углей и лигнитов проявила снова необходимое внимание. Цель этой статьи обратить внимание на обширную и значительную работу в этой области выполненную до 1960 г. Эта, только дополнительная, статья представляет собой часть пока еще неопубликованного материала о исследованиях вынесенных

докладом на симпозию в Портороже 1960 г на тему «Металлургия железа и лигниты». В работе рассмотрено влияние температуры карбонизации на окисную реактивность швелькоков и коксов приготовленных различными способами. Автор их работы снова возвращается к дифференциальному термическому анализу и его применению для быстрых определений некоторых физических и химических свойств твердого горючего материала.

RHEIN - DONAU - STAHL

DÜSSELDORF - LONDON - NEW YORK

OSKRBUJEMO EVROPSKE JEKLARNE IN
LIVARNE S STARIM ŽELEZOM.

SMO GENERALNI ZASTOPNIK:

RHEINSTAHL A. G.
KASSEL / B.R.D.

V HENSCELOVIH
NAPRAVAH ZA PREDELAVO
STAREGA ŽELEZA KOT:
-ŠKARJE ZA STARO
ŽELEZO
-PAKETIRNE STISKALNICE
-NAPRAVE ZA SORTIRANJE
DELOV IZRABLJENIH
AVTOMOBILOV.

A. VOIGT
BIRKENFELD -
NAHE / B.R.D.

V ODŽIGALNIH NAPRAVAH
ZA KABLE

VPRAŠANJA IN INFORMACIJE:

RHEIN - DONAU - STAHL

HANDELSGES. M.B.H.

A 1030 WIEN, SALESIANERGASSE 5

TELEFON: 735506 SERIE
TELEX: 11908

Ferdo Vizjak

V članku so navedena osnovna področja uporabe platiranih materialov kakor tudi prednosti, kot so povečanje ekonomskega učinka, prihranek deficitarnih elementov ter možnost kombinacij zahtevanih mehanskih in fizikalnih lastnosti, ki jih dosežemo z njihovo uporabo. Opisani so osnovni postopki platiranja s teoretskimi osnovami, in to postopek platiranja z litjem in postopek platiranja s plastično predelavo, ki smo ga osvojili v Železarni Ravne.

Ravno tako so opisani postopki in kriteriji kontrole, ki zagotavljajo kakovost, oziroma uporabnost platiranih materialov za izdelavo strojnih nožev.

Uvod

Železarna Ravne je kot proizvajalec strojnih nožev za izdelavo določenih vrst nožev uvažala platirani material in bila tako odvisna od nabave vložka iz uvoza, za kar je uporabljala znatna devizna sredstva.

Pred približno 20 leti je železarna Ravne po postopku »livanja« z uspehom osvojila proizvodnjo platiranih ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev. Težave so nastopile pri plastični predelavi platiranega vložka, ker železarna ni imela ustrezne valjarske proge, medtem ko je pri plastični predelavi s kovanjem nastopila valovita spojna površina, ki negativno vpliva na estetski videz in v določeni stopnji na uporabnost strojnih nožev.

Z izgradnjo valjarske proge $\varnothing 550$ mm in posebno še proge $\varnothing 750$ mm so nastopili osnovni pogoji za končno osvojitve proizvodnje valjarskega platiranja ploščatih palic za proizvodnjo strojnih nožev in s tem neodvisnost od uvoza.

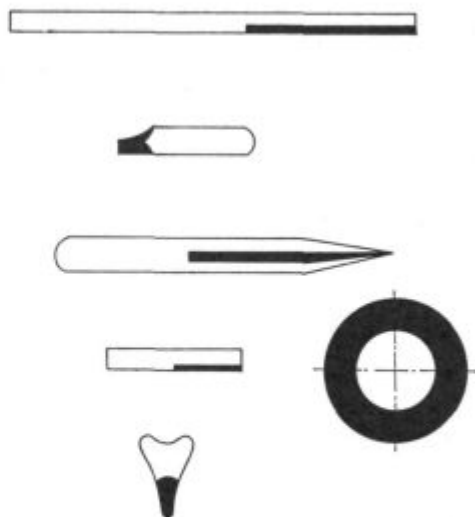
Za platirane materiale v literaturi srečujemo različna imena, kot so:

- Anglija ... compound — zložen, sestavljen
- Sovjetska zveza ... bimetal — dvokovinski, sestavljen iz dveh kovin
- Nemčija ... Verbundstahl — vezano jeklo, spojeno jeklo

Za platirane materiale je značilna zelo velika uporaba v različnih vejah industrije in v različne namene, kot so:

- | | |
|---|------------------------------------|
| — korozijsko odporni material | — jeklo — korozijsko odporno jeklo |
| — material za elektroprevodnike in termo bimetale | — jeklo — medenina |
| | — jeklo — razne vrste medenine |
| | — jeklo — razne vrste Al-legur |
| — material za reaktorje | — jeklo — ognjeodporno jeklo |
| | — jeklo — Ti-legure |
| — material za izdelavo strojnih nožev in razne vrste orodja | — jeklo — orodno jeklo |
| | — jeklo — brzorezno jeklo |

Posebna značilnost platiranih materialov za izdelavo strojnih nožev je v tem, da je koristen — rezni del iz orodnega, oziroma brzoreznega jekla, medtem ko je osnovni — nosilni del iz nizkoogljicega jekla. Z raziskavami je dokazano, da z uporabo platiranih materialov dosežemo znatno zmanjšanje stroškov proizvodnje in prihranek deficitarnih elementov, kot so Cr, W, V, Mo, Co ipd. Nekoliko tipičnih platiranih profilov za izdelavo različnih orodij in strojnih nožev je prikazano na sliki 1.



Slika 1

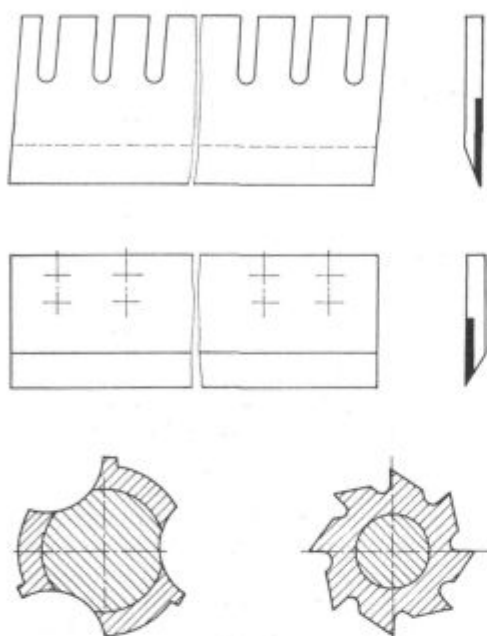
Platirani profil za izdelavo strojnih nožev in rezilnega orodja

Fig. 1

Plated sections for cutting tool

Ferdo Vizjak, dipl. inž. metalurgije, vodja raziskav za plastično predelavo jekel v Železarni Ravne

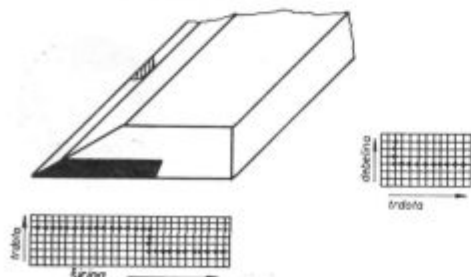
Iz platiranih profilov se izdelujejo različne vrste furnirskih in grafičnih nožev, lahki in teški skobelniki, noži za rezanje kože in tekstila, različne vrste rezilnega orodja, različne vrste elektroprevodnikov, kakor tudi različne vrste kontaktnih, termo in antifrikcijskih bimetalov. Nekatere karakteristične vrste strojnih nožev in rezilnih orodij, ki se izdelujejo iz platiranega materiala, so prikazane na sliki 2.



Slika 2
Platirani strojni noži in rezilno orodje
Fig. 2
Plated cutting tool

Pri platiranih strojnih nožih je samo rezni — koristni del, ki zavzema ca 1/4 celotne debeline in ca 1/2 celotne širine noža in orodnega, oziroma brzoreznega jekla, medtem ko je preostali del iz nizkoogljivega mehkega in žilavega jekla, kot je simbolično prikazano na sliki 3.

Prednosti platiranih strojnih nožev so ravno tako v doseganju maksimalno možnih ozkih dimenzijskih toleranc ter v veliki odpornosti proti



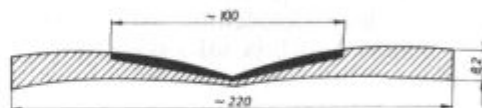
Slika 3
Platirani strojni nož
Fig. 3
Plated cutting tool

lomu nožev. V slučaju, da se v raznem materialu nahajajo tuja trda telesa, nastajajo pri rezanju zaradi platiranja minimalne poškodbe rezine in to samo na platiranem delu, kot je to prikazano na sliki 3. Te lahko odstranimo z minimalnim brušenjem.

Zaradi karakteristične porazdelitve različnih vrst jekel in s tem trdote je za platirane strojne nože posebno pomembno, da je samo majhen del celotne brusne stranice prostega kota rezine termično obdelan na delovno trdoto, medtem ko je preostali del mehak. Pri brušenju teh vrst nožev se razvije znatno manj toplote in s tem so znatno zmanjšani pogoji nastanka lokalnega pregretja, oziroma brusilnih razpok.

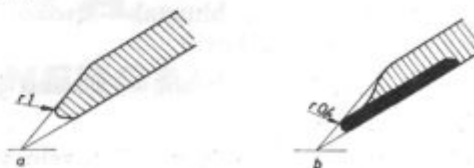
Posebno pomembna uporaba platiranih materialov za izdelavo različnih vrst samobrusilnega orodja nastopa tudi za poljedelske stroje, kot na primer za samobrusilne lemeže in deske plugov, samobrusilne diske bran in podobno.

Na sliki 4 je prikazan dvoslojni valjarsko platirani specialni profil za izdelavo samobrusilnega lemeža za plug, pri katerem je koristni del iz visoko legiranega orodnega jekla, medtem ko je nosilni del iz nizkoogljivega jekla.



Slika 4
Dvoslojni valjarsko platirani specialni profil za izdelavo samobrusilnih lemežev za pluge
Fig. 4
Two-layer plated special section made by rolling for manufacturing selfgrinding ploughshares

Samobrušenje orodja v času eksploatacije nastopa na osnovi različnih obrabnih obstojnosti in ustreznega odnosa debelin posameznih slojev platiranih jekel. Na sliki 5 je prikazan karakter obrabe pri oranju pri enoslojnem (a) in pri dvoslojnem (b) lemežu s kotom brušenja 20° . Pri lemežih za pluge z začetnim kotom klina 6 do 7° in kotom brušenja 20° je za garantirano samobrušenje potrebno, da je odnos obrabne obstojnosti posameznih slojev 4,5 do 6 in za dobro oranje, da je debelina koristnega — reznega dela 1,0 do 2,0 mm.



Slika 5
Karakter obrabe pri oranju enoslojnega (a) in dvoslojnega (b) lemeža s kotom brušenja 20°
Fig. 5
Wear characteristics in ploughing with one-layer (a) and two-layer ploughshare with the grinding angle 20°

V proizvodnji platiranih materialov je znanih veliko postopkov, kar je odraz velikega števila različnih vrst in oblik teh materialov. Pri njihovem osvajanju je potrebno težiti za tem, da se osvoji pravi, t. j. najracionalnejši postopek. V evidenci patentnih uradov je registrirano že ca 1000 postopkov proizvodnje različnih vrst in oblik platiranih materialov.

Kljub raznolikosti in velikemu številu postopkov platiranja, ki se uporabljajo v industriji, jih lahko na osnovi principa izdelave, oziroma spojitve razdelimo v tri osnovne skupine, in to:

- liti platirani materiali
- platirani materiali, izdelani s plastično predelavo, t. j. z valjanjem ali kovanjem
- platirani materiali, izdelani z vlečenjem, varjenjem in z drugimi podobnimi postopki spojitve različnih materialov, pri katerih za nastanek spojitve ni potrebna plastična predelava.

V osnovi vsi procesi platiranja temeljijo na spojitvi dveh enakih ali različnih kovin. Spojitev kovin srečujemo v različnih področjih tehnike. V nekaterih primerih je spojitev zaželena, oziroma koristi procesu, kot na primer pri varjenju, nanašanju kovinski prevlek — pocinkanje, v prašni metalurgiji in podobno, medtem ko pri trenju strojnih delov, mehanskih obdelavah z rezanjem, frezanjem in struganjem kakor tudi pri postopkih predelave kovin s stiskanjem spojitve škoduje. V teh primerih spojitve poveča obrabo orodja in stroja, kakor tudi zmanjša kakovost proizvodnje.

Iz navedenega je razvidno, koliko so pomembne teoretske in eksperimentalne raziskave spojitve kakor tudi natančne predstave o mehanizmu tega pojava ter študije velikega števila faktorjev, ki vplivajo pozitivno, oziroma negativno na proces spojitve.

Z različnimi raziskavami so poskušali prikazati mehanizem spojitve na osnovi večjega števila hipotez, ki temeljijo na sodobnih rezultatih študije fizike trdnih teles, struktur kovin, medatomskega delovanja, procesa difuzije in podobno. Tako so nastale različne hipoteze o spojitvi, in to:

- hipoteze površinskega stanja
- hipoteza rekristalizacije
- hipoteza energije
- hipoteza difuzije

Na osnovi rezultatov sodobnih raziskav je struktura kovin okarakterizirana s prostorskim fiksiranjem stanja pozitivnih ionov, ki so obkroženi z elektronskim oblakom. Razporeditev ionov je odrejena s kristalno mrežo, ki je karakteristična za posamezne kovine. Elektronski oblak predstavlja kolektivizacijo elektronov zunanjih obel atoma kovine. Skupno delovanje elektronskega oblaka z ioniziranimi atomi tvori trden kovinski spoj. Medsebojno delovanje dveh spojenih kovinskih površin povzroča nastanek sil vzajemnega delovanja in odboja, različnih po značaju in velikosti.

Molekularne sile privlačjenja in sile medatomske spojitve (sile Van der Waalsa) delujejo med površinskimi deli kovin do pojava kovinskega spoja. Te sile imajo električni značaj in so pojasnjene s polarizacijo nevtralnih delov. Sile medatomske spojitve se zmanjšujejo s sedmo potenco razdalje med atomi.^{1,2}

Pri spojitvi kovinskih površin na razdalji približno 10 do 10² Å nastopa kovinski spoj zaradi pojava skupnega atomskega oblaka, katerega vzajemno delovanje je enako stopnji ioniziranih atomov obeh površin. Mejna cona se izgubi, trdnost nastalega spoja je enaka trdnosti posameznih spojenih površin.

Navedeno stanje se nanaša na vzajemno delovanje idealno čistih in gladkih površin. V praksi so te površine nevarne in zato težko dosežemo opisane zahtevane pogoje uspešne vezave.

Zato je v praktičnih pogojih pri spojitvah kovinskih površin, na primer pri postavitvi enega kovinskega kosa na drugi kovinski kos, površina vzajemnega kontakta zelo majhna. Za njeno povečanje je potrebno izvršiti deformacijo površinske hrapavosti, kar zahteva velike sile, oziroma pritiske.

Vse kovine imajo na svojih površinah različna onesnaženja, ki jih je potrebno odstraniti. Posebno je problematična zaščita kovinskih površin pred oksidacijo, ker pri odstranitvi oksidov le-ti ponovno nastanejo. Površinski oksidi onemogočajo neposredni kontakt kovinskih površin in na ta način preprečujejo nastanek njihovega spoja. Iz navedenega je razumljivo, da za nastanek kovinskega spoja moramo onemogočiti prisotnost in nastanek oksidiranih površin.

Vse hipoteze o spajanju so zasnovane na rezultatih raziskav hladnega varjenja in procesa trenja različnih strojnih delov. Pojav spojitve kovin ne nastopa samo pri navedenih, marveč tudi pri drugih procesih, pri katerih je mehanizem spajanja odvisen v določeni stopnji od pogojev procesa in njegove specifičnosti. Ravno tako so neosnovane trditve nekaterih avtorjev, da se mehanizem spajanja pri različnih procesih razlikuje in da je za njihovo pojasnitev potrebno združiti več teorij.

Avtorji hipoteze površinskega stanja zagovarjajo, da je za nastanek kovinskega spoja potreben določen kontakt čistih kovinskih površin do takšne stopnje, da je njihova maksimalna oddaljenost enaka parametru kristalne mreže. Ta hipoteza ne odklanja odvisnosti kovinskega spoja od lastnosti spojenih kovin in pri tem ostaja na svojih osnovah, t. j., da ima na spojitve kovin odločujoči vpliv njihovo površinsko stanje.^{3,4}

Deformacija hrapavosti povečuje velikost kontaktnih površin in s tem trdnost njihovega spoja. Velik vpliv imajo tudi lastnosti površinskega stanja in njihovo onesnaženje. Če je površinsko stanje elastično, le-to prekrije večji del kontaktnih površin in s tem onemogoča trden spoj, oziroma če je površinsko stanje krhko, se le-to drobi in ne

prekriva celotne kontaktne površine ter s tem omogoča trden spoj. Podoben vpliv ima ravno tako debelina površinskega stanja.

Hipoteza rekristalizacije je zasnovana na predpostavkah, da je za nastanek trdnega kovinskega spoja kontaktnih kovinskih površin, pri katerih je kristalna mreža deformirana, potrebna prisotnost rekristalizacije z nastankom novih površinskih kristalov. Po trditvah avtorjev te hipoteze niso za nastanek kakovostnega spoja potrebne velike redukcije, pod pogojem, da so bile kontaktne površine predhodno plastično deformirane. Ta trditev potrjuje možnost nastanka rekristalizacije pri nižjih temperaturah.⁴

Nasprotna trditvam avtorjev hipoteze rekristalizacije je trditev, da spojitev dveh ali več kovin nastopa tudi pri sobni temperaturi, kljub temu da ni nastopila rekristalizacija. Ugotovljeno je, da spremembe hitrosti deformacije znatno vplivajo na proces rekristalizacije, medtem ko pa nimajo praktičnega vpliva na trdnost spojitve. In končno, hipotezo rekristalizacije odklanjajo metalografske in rentgenske analize, s katerimi je dokazano, da pri hladnem varjenju v zunanji coni ni ugotovljena prisotnost procesa rekristalizacije.⁵

Avtorji hipoteze energije spajanja kovin navedajo, da spojitev kovinskih površin z različno orientiranimi kristali ne nastopi, kljub temu da je njihova oddaljenost enaka parametru kristalne mreže. Ta hipoteza je zasnovana na usmerjenosti »kristalnih spojev«, zaradi katerih je kovinski spoj mogoč samo v primerih enake orientacije kristalov. Ker je verjetnost takšne orientacije minimalna, je spojitev kovin pogojena s silami medsebojnega vzajemnega delovanja.^{9 10}

Za nastanek kovinskega spoja je po mnenju A. P. Semenova neobhodno potrebno atome kontaktnih površin prinesiti v določeno stanje. V tem stanju je potrebno, da je energija atomov, ki se nahajajo v kontaktnem področju, večja od energije, ki je za posamezne kovine odredena z enačbo, ki jo lahko imenujemo »energijski prag«, oziroma »pogoj spojitve«.⁷

Potrditev navedene teze je dejstvo, da povečanje energije atomov s plastično predelavo in ogrevanjem pozitivno vpliva na proces spojitve kovin.

Z raziskavami avtorjev hipoteze difuzije je dokazano, da kovinski spoj nastaja zaradi difuzije atomov kontaktnih površin, neodvisno od tega, ali je spojitev nastopila pri sobni ali povišani temperaturi. Lokalno ogrevanje kontaktnih površin pozitivno vpliva na difuzijo atomov, posebno še v primerih sočasne plastične predelave, ki omogoča večje zblíževanje kontaktnih površin. Na ta način nastopi tesen medsebojni kontakt, ki je osnovni pogoj za uspešno difuzijo, oziroma spojitev. Spoj, ki nastaja z delovanjem potrebne deformacije, je ravno tako potrjen s hipotezo, oziroma z nastankom »spojnih mostov«, katerih trdnost je dovolj velika, da lahko nasprotuje na-

petostim, ki nastopajo po prenehanju delovanja sil deformacije.^{6 7 8}

Hipoteza difuzije je zasnovana na odločilnih vplivih toplotnih procesov in predpostavlja, da je trdnost spojitve odvisna od hitrosti delovanja sil in njihovih intenzivnosti. Z raziskavami je ugotovljeno, da se s povečanjem hitrosti delovanja sile in stopnje redukcije na posameznih vtikih pri valjanju, oziroma na posameznih prehodih pri kovanju, trdnost spojitve poveča.¹¹

Resničnost obstoja difuzije si lahko pojasnimo na osnovi raziskav spojitve na visokih temperaturah. Trdnost spojitve nizko-ogljčnih jekel se pri varjenju povečuje s povečanjem temperature do točke A_1 . S povečanjem temperature varjenja nad temperaturo avstenitne transformacije se trdnost spojitve v začetku zmanjša, pri nadaljnjem povečanju temperature pa se trdnost ponovno poveča. Navedeni pojav postane razumljiv, ko upoštevamo dejstvo, da je koeficient samodifuzije Fe v alfa Fe 100 krat večji kot v gama Fe.

Analogno lahko pojasnimo večjo trdnost spojitve pri jeklih drobnozrnate strukture, v primerjavi s trdnostjo spojitve pri jeklih z grobozrnato strukturo. Znano je, da je intenzivnost difuzije po kristalnih mejah večja, kot je prostorska difuzija. Ker je prisotnost kristalnih mej pri jeklih z drobnozrnato strukturo znatno večja v odnosu na jekla z grobozrnato strukturo, je intenzivnost difuzije pri jeklih drobnozrnate strukture večja in s tem je tudi večja trdnost spojitve.

1. LITI PLATIRANI MATERIALI

Postopek izdelave platiranih materialov z litjem je najstarejši postopek, ki se uporablja za proizvodnjo različnih vrst in oblik tega materiala. V osnovi se ta postopek uporablja za proizvodnjo dvo in večslojnega platiranega materiala različnih tež od ca 10 kg do 13 in več ton.

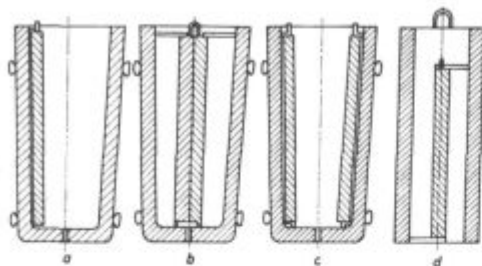
Odvisno od kemijske sestave posameznih slojev, oblike in teže platiranih odlitkov ipd. je ta postopek zelo raznolik in je odvisen od nadaljnje plastične predelave.

Spojitev posameznih slojev lahko nastopi v fazi litja ali v času plastične predelave. Osnovni princip izdelave platiranega materiala z litjem je v predhodni pripravi vložka določene kemijske sestave, ki se vstavi v kokilo in zalije z nizkoogljčnim jeklom.

Za izdelavo platiranega jekla po postopku litja je običajen naslednji tehnološki postopek:

Vložek določene oblike, dimenzij in kemijske sestave je potrebno po vseh straneh mehansko obdelati. Na ta način s spojnih površin odstranimo okside in ostale površinske napake. Mehansko obdelane stranice razmastimo in privarimo nastavke določene oblike, ki služijo za nastavitev in pritrditev vložka v kokilo. Nato vložek po dveh prilegajočih se straneh premažemo z magnezijevim prahom, ki preprečuje zavaritev vložka na

kokilo, medtem ko preostali dve stranici premažemo z amonijakom, da bi boljše zavarili vložek z nizkoogljčnim jeklom. Nato vložek na določenem mestu vgradimo v kokilo in zalijemo z nizkoogljčnim jeklom, kot je prikazano na sliki 6.



Slika 6

Kokile z različno vstavljenimi vložki za izdelavo platiranih odlitkov

Fig. 6

Moulds with differently inserted material in manufacturing composite castings

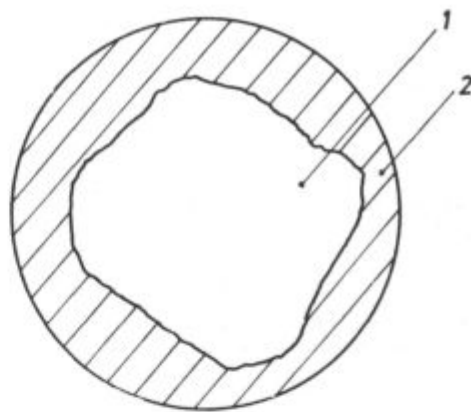
Ravno tako je znan postopek izdelave platiranega materiala z litjem, pri katerem v sredino kokile vgradimo dva vložka, ki sta medsebojno zavarjena, kot je prikazano na sliki 6 b. Kontaktni površini zavarjenega vložka morata biti premazani s premazom zdrobljene šamote ali krom-magnezita, ki preprečuje medsebojno spojitvev. Z navedenim postopkom dobimo dva platirana odlitka, katera je potrebno plastično predelati po enakem postopku kot ostale plastične odlitke, ki so izdelani po kateremkoli postopku izdelave platiranih materialov z litjem.

Po končanem ohlajanju platiranih odlitkov sledi stripanje kokil in ogrevanje odlitkov za plastično predelavo. Način in temperatura ogrevanja pred plastično predelavo sta v glavnem odvisni od kemijske sestave platiranega dela. Po končanem ogrevanju sledi plastična predelava s kovanjem ali valjanjem.

Zahteva se čim bolj intenzivna predelava, t. j., da so redukcije na posameznih prehodih, oziroma vtikih čim večje. Po končanem predkovanju ali predvaljanju sledi razrez na določene dolžine, ponovno ogrevanje in končno valjanje v platirane profile, zahtevane oblike in dimenzije.

V proizvodnji platiranih okroglih profilov je največji problem v tem, da centralni del nima pravilne okrogle oblike. Navedena odstopanja so posebno izrazita, če je vložek platiranega odlitka okroglega preseka. Med valjanjem se obrača valjanec za 90°. Zato nastopajo deformacije v dveh vzajemno navpičnih smereh in so vzrok odstopanja centralnega dela od okrogle oblike. Prerez okroglega valjanega platiranega profila je prikazan na sliki 7.

Če za platirani odlitek uporabimo vložek kvadratnega preseka s posnetimi robovi, se v precejšnji stopnji izboljša oblika centralnega dela okroglega platiranega profila. Razen navedenega, okroglo obliko centralnega dela platiranega profila izboljš-



Slika 7

Presek okroglega platiranega profila

Fig. 7

Cross section of a round plated section

šamo tako, da pri valjanju, zamenjamo kalibracijo romb-kvadrat, s kalibracijo oval-okroglo ali da plastično predelavo platiranega odlitka izvršimo s kovanjem.

Razen navedenih postopkov izdelave platiranih materialov z litjem v literaturi srečujemo še veliko postopkov, ki so v večini primerov zasnovani na podobnih, oziroma enakih principih.

2. IZDELAVA PLATIRANIH MATERIALOV NA OSNOVI PLASTIČNE PREDELAVE

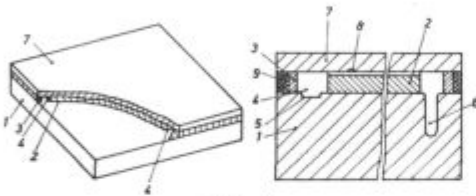
Izdelava platiranih materialov na osnovi plastične predelave bo v bodoče v znatni meri v sodobni proizvodnji pospešila proizvodnjo in uporabo teh materialov.

Osnovni vložek za valjarsko platiranje so »paketi«, ki so sestavljeni iz dveh ali več slojev različnih kovin. Odvisno od tega, kakšne oblike in dimenzije platiranih materialov želimo proizvajati, s katerim strojnimi parkom razpolagamo in katere kovine želimo platirati, uporabljamo za izdelavo paketov različne polprodukte, kot so odlitki, valjani in kovani polprodukci ali pločevina. Površine, ki se medsebojno spajajo, morajo biti skrbno pripravljene. Paketi morajo biti izdelani tako, da pred ogrevanjem in med ogrevanjem ne nastopi oksidacija površin, ki se s platiranjem spajajo. Iz tega razloga je potrebno pakete po obodu hermetično zavariti in po možnosti njihovo ogrevanje izvršiti v zaščitni ali nevtralni atmosferi. Tako npr. v ZDA za platiranje Mg in jekla pakete ogrevajo v atmosferi inertnih plinov, kot so Ne, Kr, Ar in njihove zmesi.

Za izdelavo tankih in debelih pločevin se uporabljajo različne vrste paketov, kot so:

- dvoslojni simetrični,
- dvoslojni asimetrični,
- štirislojni simetrični,
- štirislojni asimetrični in
- večslojni paketi.

Na sliki 8 je prikazan dvoslojni asimetrični paket, ki se za izdelavo dvoslojne pločevine uporablja na Japonskem. Paket je sestavljen iz nosilnega dela (1), iz C jekla in tanke pločevine (2), ki je korozijsko odporna. Spojne površine so predhodno očiščene z luženjem ali mehansko obdelavo, da bi odstranili okside in površinske napake. Okoli pločevine (2) se postavijo letve (3) iz C jekla, ki so enake debeline kot pločevina (2), na katero se postavi pločevina (7) iz C jekla s premazom (8), ki preprečuje spojitve. Nato se paket zavari s hermetičnim zvarom (9). V paketu so predvideni prostori (4) in vdolbine (5) ter (6), ki se pred varjenjem napolnijo s prahom čistih kovin, kot so Fe, Ca, Mg, Al, Ti, Si, V in Mn. Z enakim namenom se navedene odprtine ravno tako lahko napolnijo s FeMn približne sestave: 1,00 % C, 1,00 Si, 80,00 % Mn in 0,005 % S v količini 35 do 45 gr/m², ali Al približne sestave: 99,00 % Al in 0,70 % Fe v količini 10 do 20 gr/m².^{3 10}



Slika 8
Asimetrični paket za valjarsko platiranje
Fig. 8
Asimetrical pack for plating by rolling

Platirana jekla, izdelana na osnovi plastične predelave, imajo celo višjo strižno trdnost spojitve od zahtevanih vrednosti, ki so za tovrstne materiale določene z različnimi standardi.

Posebno komplicirano tehnologijo izdelave paketov in platiranja zahtevajo platirani materiali, izdelani iz kovin ali legur, ki v procesu ogrevanja intenzivno oksidirajo. Tako je na primer v proizvodnji platiranega materiala, izdelanega iz Ti in jekla, potrebno uporabljati hermetično zaprti paket z določeno količino vloženi piromorfni materialov (Ce ali njegove legure), ki v času ogrevanja paketa zgorijo in s tem vežejo kisik iz zraka, ki je v paketu. Kljub temu navedeni ukrepi niso dovolj za zahtevano trdnost spojitve Ti z jeklom. Tudi v primerih, ko na površinah medsebojne spojitve jekla s Ti ne nastajajo oksidi, so zelo pogosti primeri, da na teh površinah nastaja tanek sloj interkovinskih krhkih spojin Ti in Fe, ki nastopajo tudi pri platiranju drugih kovin.⁹

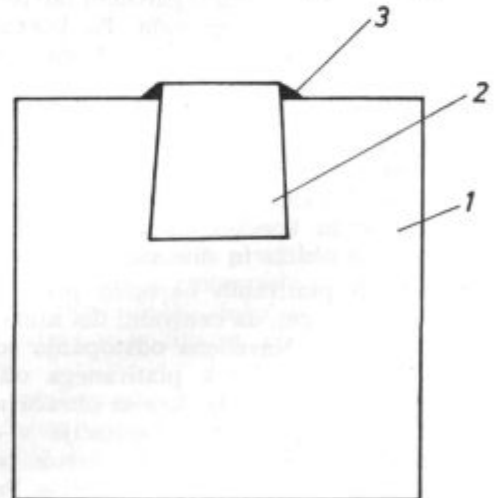
Če platirane kovine ali ena od njih tvorijo na spojnih površinah krhke legure ali kemijske spojine, je potrebno uporabljati »medsloj«, t. j. prehodni sloj. Ta sloj ne preprečuje samo spojitve, marveč predstavlja difuzijsko pregrado med osnovnim in platiranim materialom. Tako se pri platiranju jekla s Ti uporablja medsloj iz folije V, debeline 0,08 do 0,25 mm. Z uporabo navedenega

medsloja nastopi med jeklom in Ti trden spoj brez pojava krhkih spojin na mejah spojnih površin.¹²

V primeru, da v proizvodnih pogojih platiranja nastopi nezadostna trdnost spojitve, je potrebno pristopiti k dvojnemu valjanju. Po končanem ogrevanju nekoliko debelejšega — višjega paketa izvršimo valjanje do določene debeline. Valjanec ponovno dogrevamo v času nekaj ur, nakar sledi valjanje v končno dimenzijo. V času drugega ogrevanja, ko niso nastopili pogoji oksidacije spojnih površin zaradi njihovega tesnega prileganja, ki je nastalo v času prvega valjanja, so nastopili pogoji intenzivne difuzije, ki znatno povečuje trdnost spojitve. Z uporabo dvojnega valjanja dosežemo pri valjarskem platiranju povečanje trdnosti spoja za ca 30 %.

Potrebno je opozoriti, da je za doseg zahtevane trdnosti spojitve pri valjarskem platiranju neobhodno potrebno, da je sumarna stopnja redukcije višine paketa 7 do 10.

Za izdelavo valjarsko platiranih ploščatih palic, ki se uporabljajo za proizvodnjo strojnih nožev, srečujemo različne oblike, oziroma vrste paketov za platiranje. Za ta namen se najbolj pogosto uporablja paket, ki je prikazan na sliki 9. Osnovni — nosilni del (1) iz nizkoogljivega jekla s trapezastim utorom je izdelan z litjem ali z mehansko obdelavo. Vložek (2) iz orodnega ali brzoreznega jekla, določene kemijske sestave in oblike, mora biti tako izdelan, da znaša zračnost med vložkom in trapezastim utorom maksimalno 0,7 mm. Spojne površine utora in vložka, z namenom odstranitve vseh površinskih napak, morajo biti skrbno očiščene s peskanjem, luženjem ali z mehanskim postopkom. Za preprečitev naknadne oksidacije v času ogrevanja paketa, morajo biti spojni robovi

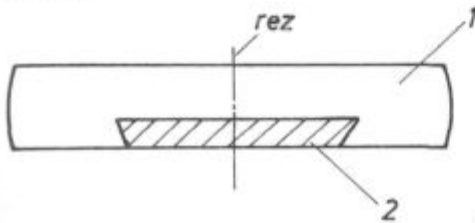


Slika 9
Presek paketa z vložkom v sredini za valjarsko platiranje ploščatih palic, za izdelavo strojnih nožev

Fig. 9
Cross section of the pack with insert in the middle for plating flat sections by rolling tool

med vložkom in utorom nosilnega dela zavarjene s hermetičnim zvarom (3). Pri tem moramo paziti, da je varjenje izvršeno najpozneje v 8 urah po čiščenju, oziroma pripravi spojnih površin. Izdelani paketi morajo biti vskladiščeni v suhem prostoru, brez možnosti vpliva atmosferskih pogojev. Ogrevanje paketov je treba izvršiti odvisno od vrste jekla koristnega dela, v času kateri je nekoliko daljši od časa ogrevanja pri normalnem valjanju.

Po končanem valjanju na zahtevano obliko in dimenzije ploščate profile razrežemo na potrebne dolžine, in sicer v vročem stanju. Sledi termična obdelava, ki je odvisna od zahtevane trdote in strukture naslednje mehanske in končne termične obdelave strojnih nožev. Po končani termični obdelavi se izvrši ravnanje in razrez profila po vzdolžni osi z mehanskim postopkom, ki v določenih primerih omogoča sočasno izdelavo zahtevanega kota rezine, kot je prikazano na sliki 10. Tako izdelani profil je zelo prikladen za izdelavo strojnih nožev.



Slika 10

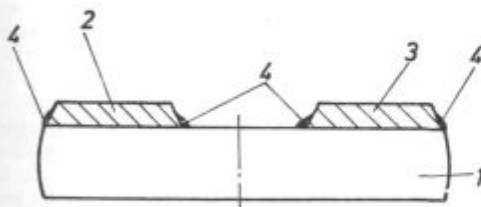
Platirani profil z vložkom v sredini za izdelavo strojnih nožev

Fig. 10

Plated section with insert in the centre for manufacturing cutting tool

Trdnost spojitve platiranih ploščatih palic, izdelanih po opisanem postopku valjarskega platiranja, dosega ca 25 do 30 kp/mm², kar zadovoljuje zahtevanim pogojem vseh vrst strojnih nožev, ki se izdelujejo iz platiranega materiala.

Nekatera podjetja uporabljajo za izdelavo ploščatih platiranih palic, za izdelavo strojnih nožev paket, ki je prikazan na sliki 11. S spojnih stranic nosilnega — osnovnega dela (1) iz nizkoogljičnega jekla in koristnih — reznih delov (2) in (3) iz orodnega ali brzoreznega jekla, zahtevanih dimenzij, je



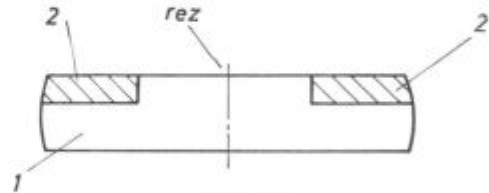
Slika 11

Presek paketa z vložkom s strani za valjarsko platiniranje ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev

Fig. 11

Cross section of the pack with side insert for plating flat sections by rolling for manufacturing cutting tool

potrebno odstraniti okside in površinske napake s peskanjem, luženjem, brušenjem ali katerim drugim postopkom mehanske obdelave. Na stičnih robovih med nosilnim in reznima deloma je potrebno izvršiti varjenje s hermetičnim zvarom (4). Za tem se paket ogreje, izvalja, razreže na zahtevane dolžine in termično obdelava, kot je bilo navedeno v opisu predhodnega postopka za valjarsko platiniranje ploščatih palic ter razreže po vzdolžni osi ustreznim načinom mehanske obdelave, kot je prikazano na sliki 12.



Slika 12

Platirani profil z vložkom ob straneh za izdelavo strojnih nožev

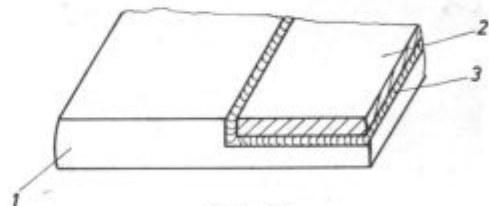
Fig. 12

Plated section with side insert for manufacturing cutting tool

Odvisno od zahtevanih širin platiranih ploščatih palic, širine ravnih delovnih površin valjev in moči proge je železarna Ravne osvojila proizvodnjo platiranih ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev po postopku valjarskega platiranja iz paketa, ki je prikazan na sliki 13. Izdelava paketov poteka po naslednjih fazah:

Na nosilnem — osnovnem delu (1) iz nizkoogljičnega jekla določenih dimenzij se z mehansko obdelavo izdelava utor zahtevanih dimenzij. Nato sledi odstranitev oksidov in ostalih površinskih napak s prilegajočih se stranic koristnega dela (2) iz orodnega jekla z mehansko obdelavo. Po končani mehanski obdelavi sledi razmastitev prilegajočih se stranic koristnega in osnovnega dela, sestavitev paketa in zavaritev spojnih robov s hermetičnim zvarom (3).

Izdelani paket se nato ogreje na začetno temperaturo valjanja, ki je odvisna od vrste jekla koristnega dela, in to v času, ki je nekoliko daljši od časa ogrevanja pri normalnem valjanju. Valjanje mora biti izvršeno tako, da so začetne reduk-

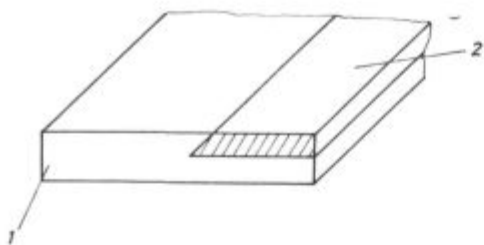


Slika 13

Paket za valjarsko platiniranje ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev — železarna Ravne

Fig. 13

Pack for plating flat sections by rolling for manufacturing cutting tool — Ravne Ironworks



Slika 14

Platirain profil za izdelavo strojnih nožev železarne Ravne

Fig. 14

Plated section for manufacturing cutting tool — Ravne Ironworks

cije čim večje, v pogojih železarne Ravne znašajo 20 do 25 mm na vtik. Profil valjarsko platiranih ploščatih palic železarne Ravne je prikazan na sliki 14.

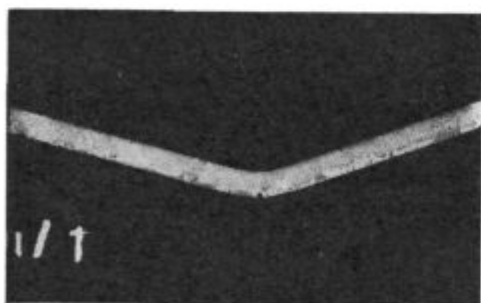
Izvaljane in ohlajene platirane ploščate palice se termično obdelajo, t. j. normalizirajo in žarijo po postopkih, ki so odvisni od vrste jekla koristnega dela in zahtevanih mehanskih lastnosti mehanske in termične obdelave strojnih nožev. Temu sledi ravnanje na ravnalnih strojih ter končna kontrola.

Končna kontrola valjarsko platiranih ploščatih palic se v železarni Ravne sestoji iz naslednjih faz:

- kontrola dimenzij
- ultrazvočna kontrola
- upogibni preizkus
- preiskava strižne trdnosti
- metalografski pregled

Odvisno od dimenzij preseka platiranih ploščatih palic se dimenzijska kontrola vrši na osnovi ustreznih predpisov JUS ali DIN, medtem ko je ukrivljenost po dolžini določena v mejo 50 % dopustne ukrivljenosti po JUS ali DIN.

Ultrazvočni pregled se vrši na platiranem delu. Mesta z večjimi defekti se izrežejo, medtem ko se manjši defekti, velikosti nekaj milimetrov, zanemarijo, ker nimajo pomembnega vpliva na trdnost spojitve platiranih palic, oziroma na uporabnost strojnih nožev.



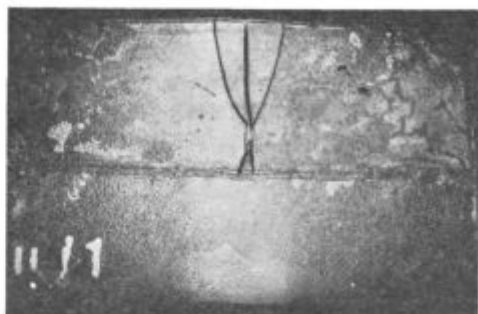
Slika 15

Stranski pogled preizkušanca po izvršenem zgibu

Fig. 15

Side view of the probe after bending

Upogibne preiskave se vršijo na vzdolžnih preizkušancih dolžine ca 300 m v kaljenem stanju. Preizkušance obremenjujemo do trenutka, ko se pojavijo razpoke na koristnem delu iz orodnega jekla, ki se nahaja na spodnjem delu, t. j. na daljši stranici upogibnega preizkušanca, kot je prikazano na sliki 15 in 16. Kakovost, oziroma trdnost spojitve ocenjujemo na osnovi pojava razslojitev porušenega dela, t. j. razslojitev ne sme nastopiti.



Slika 16

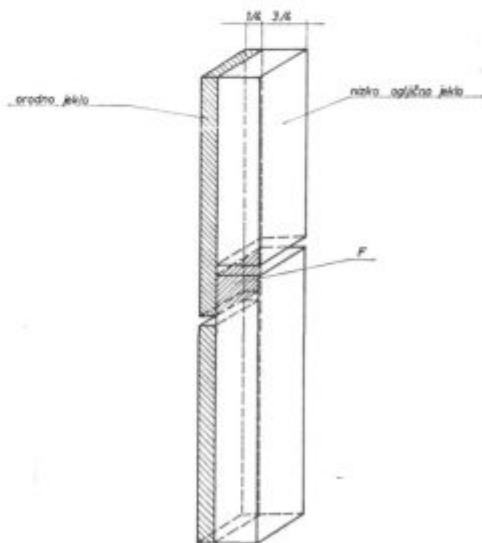
Videz preizkušanca po izvršenem zgibu

Fig. 16

Probe after bending

Trdnost spojitve na strig določamo na preizkušancih, izrezanih po vzdolžni smeri platiranega dela ploščatih palic. Navpično na vzdolžno smer probe, do spojnih površin, vrezemo zareze, kot je prikazano na sliki 17. Površina med zarezama predstavlja preizkusno površino določanja trdnosti spojitve na strig, ki jo določujemo na osnovi sile porušitve po naslednji formuli:

$$\tau = \frac{P}{F} \text{ (kp/mm}^2\text{)}$$



Slika 17

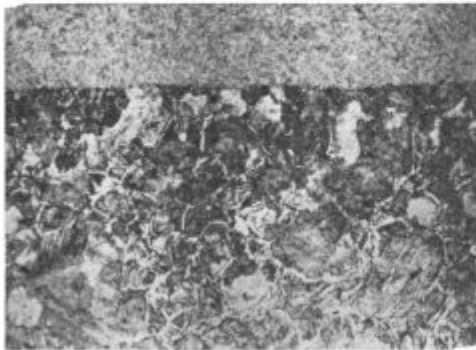
Preizkušavec za preizkavo trdnosti spojitve platiranega materiala na strig

Fig. 17

Probe for testing adhesive shear strength of plated material

Z metalografskim pregledom, ki ga opravimo na vzorcih v normaliziranem ter žarjenem in kaljenem stanju, določamo naslednje karakteristike platiranega materiala:

- globina razogljichenja
- količina globularnega perlita
- količina izločenih karbidov po mejah kristalnih zrn
- čistoča spojne površine
- globina difuzijske cone, od katere je odvisna trdnost spojitve — glej sliko 18



Slika 18

Struktura in spojna površina platiranega materiala za izdelavo strojnih nožev pri 200 × povečavi

Fig. 18

Structure and bonding surface of plated material for manufacturing cutting tool. Magnification 200 ×.

Rezultati izvršenih raziskav kakor tudi rezultati preiskav uporabnosti platiranih strojnih nožev v eksploataciji dokazujejo, da je proizvodnja platiranih ploščatih palic za izdelavo strojnih nožev v železarni Ravne popolnoma osvojena.

ZAKLJUČEK

V tehnično razvidnih deželah je uporaba platiranih materialov zaradi razmeroma velikih eko-

nomskih in raznih zahtevanih kombinacij, mehaniških in fizikalnih lastnosti, kot so:

- znatno zmanjšanje stroškov proizvodnje
- znatni prihranek deficitarnih elementov (Cr, W, V, Co, Mo, Ni, To ipd.)
- velika trdnost
- velika strižna trdnost
- velika trdota
- velika obrabna obstojnost
- velika dimenzijska obstojnost
- velika ognjeodpornost
- velika korozijska odpornost
- zahtevana elektro prevodnost
- zahtevani linearni razteznostni koeficient

dosegla raznoliko in široko uporabo. Iz navedenega bi bilo potrebno in koristno, da študije, raziskave, razvoj, osvajanje proizvodnje in uporaba različnih sestav ter oblik platiranih materialov zavzame čim večji obseg.

Literatura:

1. J. A. I. Frenkel: Vvedenie v teoriju metallov, Gostehizdat 1968.
2. E. M. Lifšic: Teorija molekularnyh sil pritjaženija meždu tverdymi telami, ž. T. F. 1965.
3. S. A. Golovanenko: Proizvodstvo bimetallov, Izdatel'stvo Metallurgija 1966.
4. I. M. Parks: Rekrystallizatio Welding, The Welding Journal, 32 (1963).
5. N. F. Laško: Metallovedenie svarki, Mašgiz 1954.
6. S. D. Gerciken: Diffuzija v metallah i splavah v tvrdoj faze, Fizmatgiz 1960.
7. S. B. Ajnbinder: O principal'nyh osnovah holodnoj svarki metallov, Avtomatičeskaja svarka, 4, 1960.
8. E. I. Astrov: Metod issledovanija svarivaemosti metallov pri sovместnom plastičeskom deformirovanii, Zavod'skaja laboratorija, t, 1958.
9. I. M. Pavlov: Issledovanie deformacii bimetalla, Cvernyje metally 11, 1961.
10. Meandrov L. B.: Opytnaja prokatka duvslojnyh listov, Stal' 4, 1963.
11. G. I. Bel'čenko: Vlijanie nekotoryh elementovna svatxvanie stali pri gorjačej deformacii. Černaja metallurgija, 1, 1963.

ZUSAMMENFASSUNG

In den technisch entwickelten Ländern werden die plattierten Stähle fast auf allen Gebieten der Produktion in grossem Umfang angewendet. Mit der Anwendung der plattierten Materiale kann ein grösseres ökonomisches Effekt erzielt werden, ein Ersparnis an mangelhaften Elementen und eine Möglichkeit der Kombinierung der verlangten mechanischen und physikalischen Eigenschaften.

Trotz der grossen Anzahl der Plattierungsverfahren welche in der industriellen Erzeugung angewendet werden, können diese abhängig von der Art der Bindung in drei Gruppen eingeordnet werden, und zwar:

- gegossene plattierte Materialien
- durch eine plastische Verformung erzeugte plattierte Materiale
- plattierte Materiale hergestellt durch das Ziehen, Schweißen und andere ähnliche Verfahren.

Im Grunde genommen basieren alle Plattierungsverfahren auf der Bindung zwei oder mehr dergleichen oder ver-

schiedenen Metallen. Mit verschiedenen Untersuchungen versuchte man auf Grund mehrerer Hypothesen, welche auf den Ergebnissen des Studiums der festen Körper, des Metallgefüges, der zwischenatomaren Beziehungen und ähnlichem basieren, den Bindungsmechanismus zu erklären und darzustellen.

Das älteste Verfahren ist das Plattieren durch das Giessen welches für die Erzeugung von verschiedenen Sorten und Formen dieser Materiale im Gewicht von cca 13 kg bis 13 und mehr Tonnen angewendet wird.

Die Verbindung der einzelnen Schichten kann während des Giessens oder während der plastischen Verformung auftreten. Nach diesem Plattierungsverfahren wird das Einsatzmaterial vorgefertigt und in die entsprechende Stelle in der Kokille eingesetzt und mit dem Grundmetall ausgegossen wie auf Bild 6 gezeigt wird. Nach der Abkühlung des abgegossenen Blockes folgt das Blockabstreifen, das Erwärmen und die plastische Verformung in die vorgeschriebenen Endausmasse des plattierten Erzeugnisses.

Die Fertigung der plattierten Materiale auf Grund der plastischen Verformung wird die Erzeugung und Anwendung dieser Materiale in einem grossen Ausmass beschleunigen.

Der Einsatz für das Plattieren auf Grund der plastischen Verformung ist ein Paket aus zwei oder mehr Schichten verschiedener Metalle zusammengestellt. Die Oberflächen welche sich miteinander verbinden, müssen sorgfältig vorbereitet werden. Die Pakete müssen so gefertigt werden, dass vor und während der Erwärmung keine Oxydation der Oberflächen auftritt, welche sich beim Plattieren miteinander verbinden. Die Pakete müssen deshalb an der äusseren Seite hermetisch geschweisst werden und möglicherweise in einer Schutzgas oder neutralen Atmosphäre erwärmt werden.

Wenn das plattierte Metall auf der bindenden Fläche spröde Verbindungen bildet, muss eine Zwischenschicht angewendet werden. Diese Schicht stellt eine Diffusionsperme zwischen den Kontaktflächen der plattierten Me-

talle dar und ermöglicht die Entstehung einer Verbindung genügender Festigkeit.

Das Paket für die Erzeugung eines zweischichtigen plattierten Bleches ist auf dem Bild 6 gezeigt, währenddem auf den Bildern 9, 11 und 13 Pakete für die Erzeugung durch die Aufwalzung plattierter Flaschstäbe für Maschinenmesser gezeigt werden.

Die Qualität der Plattierung bzw. der Verbindung und des plattierten Erzeugnisses wird durch folgende Kontrolle überprüft:

- die Masskontrolle
- die Ultraschallkontrolle
- Untersuchung der Scherfestigkeit
- Metallographische Untersuchungen

Durch die Untersuchungen ist festgestellt worden, dass die plattierten Materiale, welche auf Grund der plastischen Verformung erzeugt worden sind, sogar eine grössere Bindungsfestigkeit aufweisen als es von verschiedenen Normvorschriften vorgeschrieben ist.

SUMMARY

In technically developed countries plated materials are often used in nearly all industrial branches. Plated materials essentially increase the profitability, expensive components are saved, and desired mechanical and physical properties can be more easily achieved.

Though a great number and various plating processes are used in industrial production they can be divided according to the way of manufacturing or adhesion into three groups:

- cast composed materials
- plated materials manufactured by plastic working,
- plated materials manufactured by drawing, welding, and other similar methods.

All the plating processes are based on the adhesion of two or more components of the same or of different metals. Mechanism of adhesion was explained by various hypotheses based on experimental investigations, material science, metal structures, interspace reactions, and diffusion.

Plating process with casting is the oldest method used for production of various forms and types of products which weight varies from about 13 kg to 13 and more tons. Adhesion of single layers occurs during casting or during plastic working. Basic principle of this plating process is the preliminary preparation of the plating layer in the mould so that it is filled up by the molten basic metal as shown in Fig. 6. After the casting is cooled the mould is stripped, and the casting is heated and plastically worked to the final dimension of the plated product.

Production of plated materials based on plastic working will in modern production increase the production and use of such materials to a great extent.

Blank for this plating process is the pack composed of two or more layers of various metals. Surfaces for mutual adhesion must be carefully prepared. The packs must be prepared so that no oxidation of surfaces can occur before and during heating. Sides of packs must be welded by tight welds and heating should be performed in controlled or neutral atmosphere.

If plated metals or one of them form brittle compounds or alloys on the adhesion surfaces, an «intermediate» or «transition» layer must be applied. This layer presents a diffusion barrier between the contact surfaces of plated materials and it enables sufficiently strong adhesion.

A pack for manufacturing a two layer plated sheet is shown in Fig. 6 while Figs. 9, 11, and 13 present packs for manufacturing flat plated sections by rolling which are used for further production of cutting tool.

Quality of plating or adhesion, and of the plated product can be controlled by:

- dimension tests
- ultra sonic tests
- bending tests
- measuring the shearing strength
- metallographic investigation

Investigations showed that plated materials made by plastic working indicate better adhesion than demanded by various standards.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В технически развитых странах употребление плакированных материалов получило почти во всех отраслях промышленности широкое распространение. Применением плакированных материалов увеличен экономический эффект, получено сбережение дефицитных элементов и дана возможность комбинировать требуемых механических и физических свойств.

Несмотря на разнообразность и большого выбора способов плакирования, которые применяются в промышленности, их, что касается способа изготовления, отн. соединения, можно разделить в три основные группы как следует:

- литые плакированные материалы,
- плакированные материалы изготовленные волочением, свариванием и другими подобными способами и
- плакированные материалы изготовленные способом пластической переработки.

В основании все способы плакирования основываются на соединении двух или нескольких, одних и тех же или различных металлов. Разными методами исследования на основании значительного числа гипотез, которые возникли как результат изучения физических свойств твердых тел, структуры металлов, взаимного действия атомов, способности диффундирования и подобного, цель автора была подать и объяснить механизм соединения.

Способ плакирования литьем представляет собой самый старый способ, он употребляется для производства разных сортов и разных форм тяжести от прибл. 13 кг до 13 т.

Соединение отдельных слоев может наступить во время литья или во время пластической переработки. Основной принцип этого способа плакирования очень зависит от предварительного приготовления вкладыша, которого вставляют на соответствующие места в изложницы и заправляют с основным металлом, как это

приказано на рис. 6. По законченном охлаждении отливка изложницу снимают. Последует обогривание и пластическая переработка отливки на требуемые размеры плакированного изделия.

При способе плакирования на основании пластической переработки как вкладыш служит «пакет» который состоит из двух или нескольких слоев разных металлов, поверхности соединения которых должны быть тщательно приготовлены. Пакеты надо приготовить так, что во время нагревания не получится окисление между собой соединяющихся поверхностей плакированных металлов. Поэтому необходимо обод пакета герметически заварить и, по возможности выполнить подогревание в защитной или нейтральной атмосфере.

Если на поверхности плакированных металлов или на одном из них образуются хрупкие соединения или сплавы, то надо устранить «промежуточный слой» т. е. «переходной слой». Этот слой

представляет собой диффузионный барьер между контактными поверхностями плакированных металлов и дает возможность образования соединения удовлетворительной прочности.

Пакет для изготовления двухслойной плакированной жести изображен на рисунке 6; на рисунках 9, 11 и 13 изображены пакеты для плакирования плоских прутков приготовленных прокатыванием в промышленности для изготовления ножей.

Качество плакирования т. е. качество соединительности слоев а также и самого изделия определяются последующим порядком: проверка размер, ультразвучный контроль, прочность на сдвиг, свойства плакированного пакета при влиянии сил на изгиб и металлографическое испытание. Исследованиями установлено, что прочность соединения материалов плакированных способом пластической переработки превышает стандартные предписания.



Wird in Ihrem Betrieb noch von Hand gewalzt?

Morgårdshammar hat viele Lösungen für mechanisiertes Vorwalzen ausgearbeitet.

Eine große Anzahl von Anlagen sind bereits in Betrieb.

Einige Vorteile:

- höhere Produktion
- verminderter Personalbedarf
- größere Knüppelgewichte

Wir kennen die Probleme und übernehmen es gerne, walztechnische Untersuchungen durchzuführen, um eine Lösung für Ihre Mechanisierung zu finden.

Unser Katalog V 220 T über mechanisierte Vorwalzung wird Ihnen auf Wunsch zugesandt.

MORGÅRDSHAMMAR

Morgårdshammar AB, Fack, S-777 01 Smedjebacken 1, Schweden Telex: 73243 morverk s
Alleinvertreter in der Bundesrepublik:
Rhinex Export-Import GmbH & Co KG,
Postfach 2426, 415 Krefeld 1 Telefon: 29688
Telex: 536 04



Vpliv žvepla v grodlju in jeklu na izdelavo specialnih toplo valjanih trakov za globoki vlek

UDK: 669.14.018.26-122.4-418.25

ASM/SLA: STd, F23

Joža Arh, A. Pavliček

Železarna Jesenice bo z dograditvijo nove hladne valjarne močno izboljšala svoj kvalitetni program. Povečale se bodo količine dinamo jekel, nerjavnih jekel in tudi jekla za globoko vlečenje. S tem programom pa bo jeklarna postavljena pred zelo stroge zahteve predvsem glede vsebnosti žvepla v jeklu za globoko vlečenje in dinamo hladno valjane trakove. Poleg že uvedenih ukrepov za doseganje nizkega žvepla bo potrebno še odžveplanje grodlja izven plavža.

UVOD

Proizvodni program Železarne Jesenice je z gradnjo nove hladne valjarne na Beli jasno določen. Železarna Jesenice bo z dograditvijo nove hladne valjarne v letu 1976 proizvajala letno poleg dinamo in nerjavnih hladno valjanih trakov v novi in stari valjarni še okrog 80 000 t hladno valjanih trakov, kvalitete Č 0147 in Č 0148 za globoko vlečenje, za kar bomo potrebovali več kot 100 000 t surovega jekla in okrog 60 000 t grodlja. Vse to jeklo bomo v naslednjih desetih letih izdelovali še v SM pečeh. Za nas pomeni prehod na novo proizvodnjo spet kvalitetni napredek, ki pa obenem zahteva od nas tudi novih naporov in prizadevanj za boljše odžveplanje grodlja, da bomo tako kos kvalitnim zahtevam.

Enako ali bolj zahtevna je proizvodnja jekla za elektrodno žico, za katero bomo potrebovali 30 000 ton surovega jekla, s čimer bi se potreba po grodlju z nizkim žveplom povečala na 77 000 ton ali kar za 45 % celotne planirane proizvodnje.

GIBANJE ŽVEPLA V JEKLU KOT KVALITETNI POKAZATELJ DELA JEKLARJEV

Vsebnost žvepla v jeklu je vedno znak kvalitete določene vrste jekla. V našem primeru bomo z gibanjem žvepla pojasnili kvalitetni napredek železarne v zadnjih 25 letih, ki ga kaže tabela I.:

Joža Arh dipl. inž. višji strokovni sodelavec, Železarna Jesenice

Aleksander Pavliček dipl. inž. višji strokovni sodelavec, Železarna Jesenice

Tabela I: Gibanje žvepla v letnih povprečjih

Leto	Povprečna vrednost x	Standardni odklon
1950	47	8,17 % S × 10 ⁻³
1955	44	5,4 % S × 10 ⁻³
1960	38,7	7,0 % S × 10 ⁻³
1965	39,7	7,4 % S × 10 ⁻³
1970	28,0	5,85 % S × 10 ⁻³
1975	27,6	4,1 % S × 10 ⁻³

Pri izračunu niso upoštevana avtomatna jekla, katerim žveplo dodajamo.

Iz tabele vidimo, da je vsebnost žvepla v jeklu postopoma padala. Večje znižanje žvepla smo dosegli po letu 1965, ko je začela obratovati valjar na Bela in ko se je povečal delež ploščatih profilov. Že v letu 1970 pa smo dosegli nekakšno spodnjo mejo v povprečju žvepla in je s surovina mi in sredstvi, ki jih imamo na razpolago, skoraj ne moremo več znižati.

Prikaz letnega povprečja žvepla od leta 1971 dalje nam nazorno prikazuje tabela II.

Tabela II: Gibanje žvepla od l. 1971 do 1975 v letnih povprečjih brez avtomatskih jekel

Leto	Povprečna vrednost x	Standardni odklon
1971	28,2	7,47 % S × 10 ⁻³
1972	28,3	12,04 % S × 10 ⁻³
1973	26,9	12,08 % S × 10 ⁻³
1974	28,3	10,02 % S × 10 ⁻³
1975	27,6	4,1 % S × 10 ⁻³

Oglejmo si še razmere pri hladno valjanih trakovih za globoko vlečenje Č 0147 HVT! Sedanji predpis dovoljuje največ 0,025 % S. Dejansko stanje, prikazano kot letno povprečje žvepla pri tej vrsti jekla, pa prikazuje spodnja tabela.

Tabela III: Gibanje žvepla pri jeklu za globoko vlečenje Č 0147 HVT

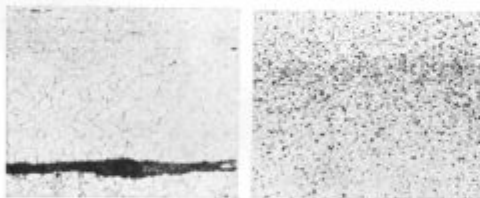
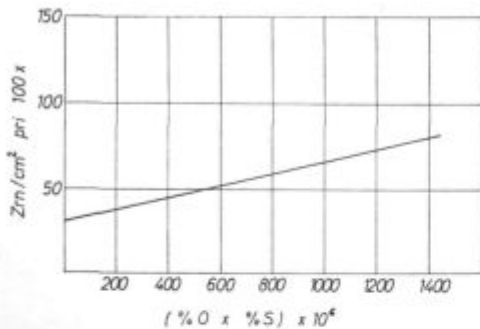
Leto	Vrsta jekla	Povprečna vrednost \bar{x}	Standardni odklon
1971	Č 0147 HVT	24,6	2,1 % S $\times 10^{-3}$
1972	Č 0147 HVT	24,4	2,2 % S $\times 10^{-3}$
1973	Č 0147 HVT	23,8	2,5 % S $\times 10^{-3}$
1974	Č 0147 HVT	24,2	2,4 % S $\times 10^{-3}$
1975	Č 0147 HVT	24,0	1,7 % S $\times 10^{-3}$

Ugotovimo lahko, da smo zelo blizu zgornje dovoljene meje z zelo majhnim odstopanjem in da bodo za nadaljno znižanje žvepla potrebni večji zunanji ukrepi.

KAKSNE SO ZAHTEVE V POGLEDU ŽVEPLA PRI HLADNO VALJANIH TRAKOVH ZA GLOBOKO VLEČENJE

Žveplo je v nepomirjenem jeklu prisotno v obliki nekovinskih vključkov kot manganov sulfid. Neprijetna lastnost žvepla pa je v tem, da v bloku močno izceja. V sredini, predvsem pa v glavi je koncentracija žvepla nekajkrat večja. Na enak način kot žveplo izceja tudi kisik.

Oba skupaj pa kot produkt (% O \times % S) močno vplivata na velikost sekundarnega zrna¹. Z naraščanjem tega produkta pada velikost sekundarnega zrna in obratno. Zaradi izcej teh dveh elementov pride do pojave trakavosti. V sredini in na mestih večjih koncentracij je zrno finejše. (Glej sl. 1) Neenakomerna velikost zrna pa vpliva na

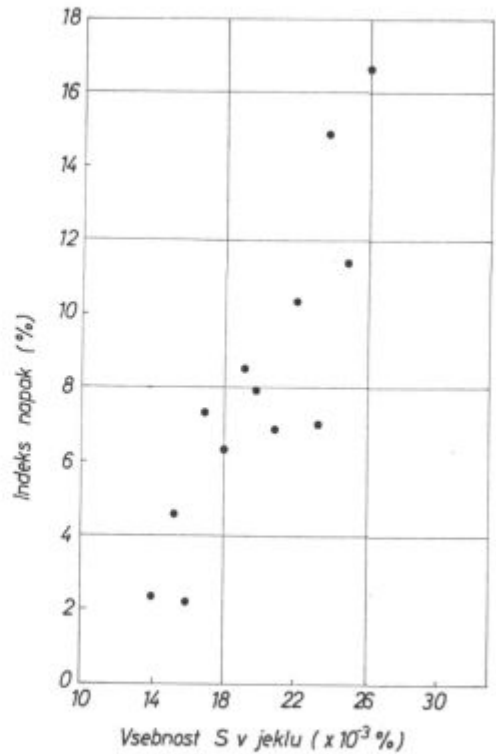


Slika 1

Odvisnost velikosti zrna od izcejanja ogljika, kisika in žvepla

Fig. 1

Relationship between the grain size and the segregations of carbon, oxygen, and sulphur



Slika 2

Vpliv žvepla na delež površinskih napak na toplovaljanem traku iz nepomirjenega jekla

Fig. 2

Influence of sulphur on the portion of surface defects in hot rolled strip of unkilld steel

mehanske lastnosti in tudi na vlečne sposobnosti jekla. Nevarnost tega pojava zmanjšujemo tako, da zmanjšujemo vsebnost žvepla in tudi kisika v jeklu, kar pa lahko reguliramo z vsebnostjo mangana.

Žveplo, kot je znano, vpliva tudi na aktivnost kisika v jeklu. Ker zavira razvijanje mehurčkov CO, na ta način slabša kuhanje jekla, s čimer se povečujejo površinske napake na blokkih,² kakor kaže slika 2. Ti razlogi so dovolj tehtni za omejevanje vsebnosti žvepla v nepomirjenih jeklih za globoko vlečenje.

Na splošno je 0,020 % S zgornja dovoljena meja za dobro nepomirjeno jeklo za globoko vlečenje.

Za dobro in enakomerno kvaliteto pa je potrebno vzdrževati čim ožje meje v kemijski sestavi, temperaturi in hitrosti livanja.

VPLIV ŽVEPLA V GRODLJU NA ŽVEPLO OB RAZTALITVI IN NA KONČNO ŽVEPLO

Pri SM procesu pride žveplo v jeklo v glavnem s starim železom, z grodljem in iz goriva, v našem primeru iz mazuta. Kolikšno bo žveplo ob raztalitvi, pa ni odvisno samo od količine žvepla v navedenih surovinah, ampak tudi od prostorske teže starega železa, od časa zakladanja in taljenja in

od bazičnosti žlindre. Na količino žvepla, ki pride s starim železom, ne moremo bistveno vplivati in je tudi več ali manj konstantna. Tudi žveplo v mazutu je nizko in niha v ozkih mejah. Nasprotno temu pa vsebnost žvepla v grodlju niha v širokih mejah, od 0,020 pa do 0,120 % S, ekstremne vrednosti pa so na zgornji meji lahko tudi višje.

Ker znaša delež grodlja v vložku 50 %, lahko z različno vsebnostjo žvepla v grodlju vplivamo na količino žvepla v skupnem vložku in na žveplo ob raztalitvi.

V tem delu bomo obravnavali predvsem vpliv žvepla v grodlju na žveplo ob raztalitvi. Končno žveplo v jeklu pa je močno odvisno od predpisane končnega žvepla, od bazičnosti in reaktivnosti žlindre, od temperature, trajanja rafinacije in drugih vplivov, kar nam kaže tudi velika razlika v stopnji odžveplanja, ki znaša od 25 do 60 %.

Da bi ugotovili vpliv žvepla v grodlju na žveplo ob raztalitvi, smo napravili regresijsko analizo tehnoloških podatkov večjega števila sarž iz redne proizvodnje.

Iz prakse vemo, da kvaliteta mazuta (% S občasno niha. Računamo tudi, da bo vsebnost žvepla

s časom le naraščala in ne padala. Iz tega razloga smo sarže razdelili v dve skupini, in sicer v tiste z visokim žveplom v mazutu in nizkim žveplom v grodlju in drugič z visokim žveplom v grodlju in nizkim žveplom v mazutu. Pregled sarž je prikazan v tabeli IV in V.

Z regresijsko analizo podatkov iz tabele IV in V smo hoteli dobiti korelacije med:

1. S v grodlju in S ob raztalitvi in S v končni analizi
2. S v mazutu in S ob raztalitvi in S v končni sestavi
3. S v grodlju in mazutu in S v I probi in končni sestavi

Rezultati regresijske analize so podani v tabeli VI in nomogramih na sliki 3 in 4.

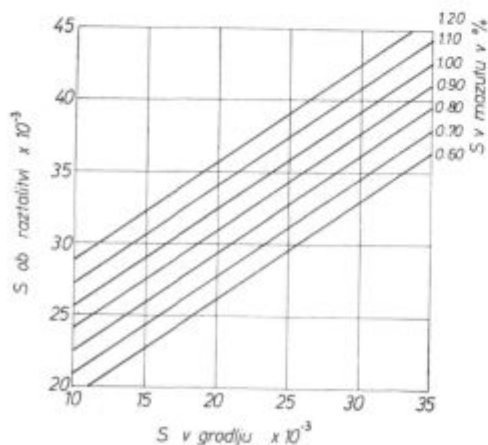
Korelacijski koeficienti so razmeroma nizki in se v selekcijah 1, 2 in 3, t. j. o vplivu S v grodlju, S v mazutu in obeh skupaj na S ob raztalitvi (S_T) in končno žveplo (S_K) med seboj precej razlikujejo. Pri selekcijah 4, 5 in 6 pa so korelacije za nizko žveplo v grodlju in visoko žveplo v mazutu ter obratno med seboj približno enake.

Tabela IV: Visoko žveplo v mazutu — nizko žveplo v grodlju

Sarža	Kval.	Grodlej t		S v grod. X 10 ⁻³	S v mazutu X 10 ⁻²	S ob raztal. X 10 ⁻³	S v konč. X 10 ⁻³	% grod.	S/S %
		tekoč	mrzel						
04 8045	Č 0361	23	6	25	75,76	29	23	53	20,7
04 8031	Pat. ž.	29	—	25	85,81	30	20	53	33,3
04 7998	Č 0261	26	4	27	83	35	20	53	43
04 7985	MD 240	25	4	26	90,78	38	19	53	50
04 7953	MD 240	22	7	27	117,95	37	18	53	51
04 7885	MD 240	26	4	25	112	43	25	55	42
04 7883	MD 240	23	4	26	110	40	17	50	57
04 7879	Pat. ž.	31	—	32,21	96	21	17	55	19
04 7878	Pat. ž.	26	4	26,4	109,107	42	22	55	47,5
04 7877	Pat. ž.	26	4	20	97	38	20	55	47,5
04 7875	Č 1530	28	2	20	90,96	27	12	55	56
06 0753	Č 0371	42	—	33,39	72	38	24	52,5	37
06 0750	Č 0361	42	—	25,26	88	35	17	52,5	51
06 0722	EO	42	—	30,18	81,66	35	22	52,5	37
06 0721	Č 0361	44	—	25,22	69,73	29	25	57	14
06 0685	EO	42	—	28,35	82	38	22	53,5	42
03 9512	Č 1730	27	11	30	82	38	22	52,5	42
03 9480	Č 0361	37	—	24,24	81	28	22	53	21
03 9453	Č 0147	37	—	25,42	104,94	39	25	53	36
02 9492	Č 3134	34	—	30,31	83	38	24	51,5	37
02 9468	Č 1202	25	8	23	98	36	25	51	30,5
02 9348	EO	28	4	30	76,84,82	42	21	49	50
07 9972	Č 0461	40	—	27	84,76,86	40	25	50	37
				X = 0,0267	0,886	0,0355	0,0212	41	%
				S = 0,004	0,124	0,0055	0,0033		%

Tabela V: Višje žveplo v grodlju — nizko žveplo v mazutu

Sarža	Kval. %	Grodlej t		S v grod. X 10 ⁻³	S v mazutu X 10 ⁻²	S ob razt. X 10 ⁻³	S v konč. X 10 ⁻³	grod.	S/S %
		tekoč	mrzel						
02 9449	Č 1205	25	4	45	69,65	33	23	51	30
02 9356	EO	27	5	57	67,63	42	21	44	50
02 9495	Č 1220	23	10	58	64,60,56	38	19	49	50
02 9355	Č 0562	24	8	40	36,41,36	45	23	49	49
03 9540	Č 0147	38	—	41,34	62	33	21	53,5	36
03 9539	Č 0371	37	—	45,34	63,62	34	20	53	41
03 9483	Č 1730	38	—	52,35	65,68	39	22	53,5	44
03 9481	Č 0461	37	—	47,23	66,63	41	24	53	36,6
04 8050	Č 03	30	9	47	56	30	23	53	23
04 8042	Č 1632	20	10	43	59	35	25	53,5	28
04 8029	Č 0545	24	5	56	69	38	23	53	40
04 8006	Č 0361	25	4	53	65,69	35	25	53	28,6
06 0721	EO	43	—	45	64,66	24	21	52,5	12,0
06 0716	EO	42	—	45	64,66	24	21	52,5	12
06 0707	EO	42	—	33,84	62	42	21	52,5	50
07 0173	LR-A	40	—	71,47	65,61	35	20	50	43
07 0172	LR-A	25	15	75	56	35	25	50	28,6
07 0163	Č 0461	25	13	36	62,52	27	16	54	40
07 0149	NV 20	34	—	50,51	64,66	30	22	49	27
07 9984	Č 0461	38	—	52	56,67,59	34	22	49	35
07 9983	Č 0261	38	—	39	53,60,60	26	17	49	34,6
07 9982	Č 1204	40	—	53	70,64,60	32	24	50	25
07 9981	Č 0261	40	—	50	36,41,36	42	25	50	40
				X = 0,0488	0,60	0,0345	0,0218	37	%
				S = 0,009	0,08	0,006	0,0024		%

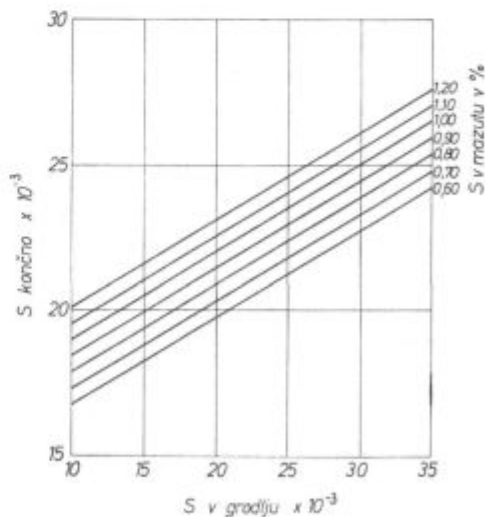


Slika 3

Vpliv žvepla v grodlju na žveplo ob raztalitvi

Fig. 3

Relationship between sulphur in pig iron and sulphur after melting



Slika 4

Vpliv žvepla v grodlju na končno žveplo v jeklu

Fig. 4

Relationship between sulphur in pig iron and sulphur in final steel

Tabela VI: Visoko žveplo v mazutu
Nizko žveplo v grodlju

Nizko žveplo v mazutu
Visoko žveplo v grodlju

		srednja	stand. dev.	korelacija	%			srednja	stand. dev.	korelacija	%	
1	Variable	S gr. 26,7826	$4,0559 \cdot 10^{-3}$	0,4698	22	S gr.	48,8260	$9,2375 \cdot 10^{-3}$	0,1783	3,2		
	Odvisna	S I 35,4782	$5,5911 \cdot 10^{-3}$								S I 34,5217	$5,9073 \cdot 10^{-3}$
2	Variable	S m 88,6521	$12,4338 \cdot 10^{-2}$	0,3032	9,2	S m	60,3913	$7,9414 \cdot 10^{-2}$	-0,3427			
	Odvisna	S I 35,4782	$5,5911 \cdot 10^{-3}$							S I 34,5217	$5,9073 \cdot 10^{-3}$	
3	Variable	S gr. 26,7826	$4,0559 \cdot 10^{-3}$	0,5774	33,5	S gr.	48,8260	$9,2375 \cdot 10^{-3}$	0,4095	16,7		
	Variable	S m 88,6521	$12,4338 \cdot 10^{-2}$								S m 60,3913	$7,9414 \cdot 10^{-2}$
	Odvisna	S I 35,4782	$5,5911 \cdot 10^{-3}$								S I 34,5217	$5,9073 \cdot 10^{-3}$
4	Variable	S gr. 26,7826	$4,0559 \cdot 10^{-3}$	0,3775	14,2	S gr.	48,8260	$9,2375 \cdot 10^{-3}$	0,3766	14,2		
	Odvisna	S k 21,1739	$3,3797 \cdot 10^{-3}$								S k 21,8695	$2,4365 \cdot 10^{-3}$
5	Variable	S m 88,6521	$12,4338 \cdot 10^{-2}$	-0,2461		S m	60,3913	$7,9414 \cdot 10^{-2}$	-0,1217			
	Odvisna	S k 21,1739	$3,3797 \cdot 10^{-3}$							S k 21,8695	$2,4365 \cdot 10^{-3}$	
6	Variable	S gr. 26,7826	$4,0559 \cdot 10^{-3}$	0,4376	19,2	S gr.	48,8260	$9,2375 \cdot 10^{-3}$	0,4138	17		
	Variable	S m 88,6521	$12,4338 \cdot 10^{-2}$								S m 60,3913	$7,9414 \cdot 10^{-2}$
	Odvisna	S k 21,1739	$3,3797 \cdot 10^{-3}$								S k 21,8695	$2,4365 \cdot 10^{-3}$
S gr.	S v grodlju . 10^{-3} v %											
S m	S v mazutu . 10^{-2} v %											
S I	S v prvi probi . 10^{-3} v %											
S k	S v končni sestavi . 10^{-3} v %											

V celoti zajemata S v grodlju in S v mazutu zelo majhen del vseh vplivov na S ob raztalitvi in S v končni sestavi (izraženo v procentih). Nekoliko večji je vpliv obeh skupaj (S_{gr} in S_m) na S_I in S_k , pa še ta zajema v najboljšem primeru 33 % vseh vplivov.

Vpliv ostalih pogojev na odžveplanje (npr. žlindre) je torej mnogo večji.

Zanimivo je, da je vpliv žvepla v mazutu zelo majhen. Še pri visokem žveplu vpliva na S ob raztalitvi s komaj desetimi procenti, medtem ko je pri nizkem žveplu v mazutu korelacijski koeficient celo negativen. Prav tako je korelacijski koeficient negativen pri vplivu S v mazutu na S v končni sestavi. To nam pove, da je žveplo v končni sestavi odvisno le od drugih vplivov, kakor bazičnosti in količine žlindre, temperature in reaktivnosti, kuhanja in drugih. To je razumljivo, saj skušamo med rafinacijo z vsemi sredstvi doseči čim nižje žveplo, pri čemer nas torej najmanj ovira S v mazutu.

Iz podatkov v tabelah IV in V sta izračunana nomograma na sliki 3 in 4. Iz nomograma sl. 3 razberemo, da zmanjšanje, oz. povečanje žvepla v grodlju za 0,020 % povzroči znižanje, oz. povečanje žvepla ob raztalitvi za 0,0136 % in da naj bo pri dobri kvaliteti mazuta (0,60 % S) v grodlju največ 0,020 % S, če naj dosežemo v končni sestavi jekla pod 0,020 % S. Pri slabši kvaliteti mazuta pa bo potrebno odžveplanje na 0,015 ali celo na 0,010 % S.

Ta podatek je zanimiv, ker se zelo dobro ujema s podatki F. Keller-ja in sodelavcev,³ ki navajajo, da se za 0,010 % zmanjšanja, oz. povečanja S v vložku (0,020 % S v grodlju pri 50 % grodlja) zmanjša, oz. poveča S ob raztalitvi za 0,013 %.

Za zadnjo analizo smo izbrali le sarže, ki imajo v končni sestavi pod 0,020 % S, kar je naš cilj, ki smo ga zastavili že na začetku tega dela. Rezultati so zbrani v tabeli VII.

Značilno za te sarže je v povprečju razmeroma dober grodelj, zelo dobra kvaliteta mazuta in zelo dobro metalurško delo, ki se kaže v visoki stopnji odžveplanja.

Regresijska analiza pri namensko tako izbranih saržah ne pokaže prave slike. Regresijski koeficienti so negativni, to pomeni, da niti S v grodlju niti S v mazutu ne vplivata na S ob raztalitvi, oz. da je ta vpliv obraten, kar se pri dobrem metalurškem delu lahko zgodi, vendar pa ne more biti pravilo.

Iz tabele VII. vidimo, da bi moralo biti žveplo ob raztalitvi, če naj bo v končni sestavi pod 0,020 % S, pri realno nekoliko nižji stopnji odžveplanja maksimalno 0,035 %.

Iz teh treh analiz vidimo, da je vpliv žvepla v grodlju posebno močan, kadar imamo visoko žveplo v mazutu. Znižanje žvepla v grodlju je torej še posebej pomembno, kadar obratujemo z visokim žveplom v mazutu.

Tabela VII: Izbrane sarže z manj kot 0,020 %bS v končni sestavi

Sarža	Kvaliteta	S v grad. $\times 10^{-3}$	S v mazutu $\times 10^{-2}$	S ob razt. $\times 10^{-3}$	S v končni $\times 10^{-3}$	Stopnja odžvep. %
03 3005	Č 1734	32	60	38	17	55
03 3010	Č 0361 K	16	60	32	16	50
03 3024	Č 0147	30	65	33	21	36
03 3027	EO	20	50	36	21	42
04 1820	Č 0147 TVT	25	59	33	15	55
04 1826	Č 1221	28	69	38	16	58
04 1833	Č 1531	32	52	39	17	56
04 1834	Č 0147 TVT	32	50	39	20	49
04 1839	Č 1204	40	50	37	16	57
04 1843	R St 37-2	60	48	30	15	50
06 4340	Č 0362 S	26	76	39	16	59
06 4341	EO	30	54	29	17	41
06 4344	Č 0562	33	65	31	18	42
06 4348	Č 0462	25	60	29	20	31
06 4349	Č 0361 HOP	28	60	35	17	51
06 4351	EO	32	70	38	20	47
06 4352	R St 37-2	28	70	39	19	51
06 4353	EO	31	77	39	16	59
06 4354	Č 0462 TVT	23	58	37	19	49
06 4355	EO	30	70	38	19	50
06 4356	R St 37-2	39	69	33	17	48
06 4357	EO	38	76	25	14	44
06 4360	Č 0562 S	27	54	38	16	58
06 4373	EO	32	55	30	16	47
06 4378	Č 0462 TVT	32	54	38	20	47
07 4073	Č 0362 TVT	25	54	37	20	46
07 4090	Č 1206 TVT	22	54	37	16	57
		X = 0,0302 S = 0,008	0,607 0,088	0,035 0,0039	0,0175 0,002	49,4 % 7 %

Iz tabele VII vidimo, da pri zelo dobrem metalurškem delu, visoki stopnji odžveplanja in pri dobrem mazutu (0,60 % S) zadošča 0,035 % S ob raztalitvi in v povprečju 0,030 % S v grodlju. Ker pa moramo realno računati z nižjo stopnjo odžveplanja, kot je v tabeli VII, n. pr. od 30 do 40 % pri nizkem žveplu, potem povprečju 0,017 % S v končni sestavi ustreza 0,025 % S ob raztalitvi in glede na nomogram na sl. 3 od 0,015—0,018 % S v grodlju pri dobrem mazutu z 0,6—0,7 % S.

Iz vsega navedenega lahko zaključimo, da z jeklarskega stališča potrebujemo za izdelavo nepomirjenih jekel z manj kot 0,020 % S v končni sestavi kvalitetni grodelj z 0,020 in manj % S, pri 50 % grodlja v vložku in dobri kvaliteti mazuta z 0,6—0,7 % S. Poslabšanje kvalitete mazuta pa bo zahtevalo še nižje žveplo v grodlju — do 0,010 %.

V normalnih razmerah je pri rednem obratovanju z obstoječo tehnologijo pri proizvodnji grodlja neekonomična izdelava grodlja s tako niz-

ko vsebnostjo S v grodlju, to velja pri nas in tudi drugod po svetu. To pomeni, da je potrebno do pričetka rednega obratovanja nove hladne valjarne določiti tehnologijo in osvojiti proizvodnjo grodlja z nizko vsebnostjo S.

Preden se lotimo v tem članku vprašanja bodoče tehnologije izdelave grodlja, je potrebno pregledati in analizirati dosedanje rezultate pri proizvodnji grodlja, zlasti vsebnosti S v grodlju in sestave plavžne žindre.

PREGLED REZULTATOV DOSEDANJEGA ODŽVEPLJANJA GRODLJA V PLAVŽU

V zadnjih 10 do 15 letih obratovanja plavžev smo imeli različne pogoje, toda na grobo lahko ločimo tri značilna obdobja:

- I. obdobje do 1970. leta
- II. obdobje 1971 in 1972. leto
- III. obdobje od 1973. leta do danes

V prvem obdobju je značilno delo s kislim sintrom in kislom kosovno rudo ter z uporabo dolomitiranega apnenca Mežaklja neenakomerne kemične sestave v vsipu. Plavžne žlindre so kisle z vsemi pozitivnimi in negativnimi posledicami: lahko tekoče z veliko sposobnostjo desulfurizacije, odporne na toplotne spremembe plavža pri naglih ohladitvah, visoko razmerje (S) : /S/, toda tudi s sočasnim negativnim vplivom na indirektno redukcijo. Kisle žlindre imajo negativen vpliv na stabilnost in enakomerno delo plavža, ker se tvori prva žlindra že pri nižjih temperaturah, t. j. v višjih legah plavža. Zaradi razširjene cone tvorbe žlindre se ta meša s cono redukcije in taljenja rude; redukcija železove rude je otežkočena, ker gosta kislina žlindra v višjih conah plavža poslabša plinsko propustnost.

Drugo obdobje karakterizira pričetek obratovanja nove aglomeracije, izdelava manj kislega sintra, višji delež sintra v vsipu, delni prehod na

apnenec z nizko vsebnostjo MgO, manj kisle in bolj viskozne žlindre z nizkim razmerjem (S) : /S/.

To obdobje je bilo prehodno in je trajalo do novembra 1972 s popolno ustavitvijo kamnoloma Mežaklja.

Za tretje obdobje je značilno: visok delež bazičnega sintra v plavžnem vsipu (nad 70 %), uporaba v glavnem apnenca Solkan, delo s plavžnimi žlindrami, bazicitete (CaO : SiO₂) 1, 2 in več ter nizko razmerje (S) : /S/. Zaradi lažjega prikaza podajamo tabelo VIII.

Iz tabele je razvidno, da se je vsebnost MgO znižala od 13 in več na 2 % MgO v plavžni žlindri, s tem da manjkajočo vsebnost MgO nadomešča CaO. Hkrati s tem pojavom je opazno nihanje razmerja (S) : /S/ paralelno z nihanjem bazicitete žlindre (CaO : SiO₂). V zadnjem času tudi pri višji baziciteti žlindre (CaO : SiO₂) ostaja razdelitev žvepla med žlindro in grodljem nizka. Razlog

Tabela VIII: Analiza plavžne žlindre Železarne Jesenice

PLAVŽ I

Leto	Vsebnost v %					CaO	CaO + MgO	(S)
	SiO ₂	CaO	MgO	Mn v gr.	S v gr.	SiO ₂	SiO ₂	/S/
1963	33,76	32,53	12,96	2,34	0,039	0,96	1,35	49
1964	33,95	33,71	12,62	2,16	0,026	0,99	1,36	65
1965	34,07	32,37	13,00	2,54	0,042	0,95	1,33	37
1966	34,35	31,42	15,69	2,52	0,045	0,91	1,37	40
1967	34,75	29,91	15,33	2,45	0,044	0,86	1,30	32
1968	35,09	29,89	14,91	2,00	0,042	0,85	1,28	32
1969	35,95	28,74	15,59	1,66	0,042	0,80	1,23	25
1970	35,86	28,60	15,52	2,51	0,040	0,80	1,23	27
1971	34,95	31,95	12,26	2,42	0,046	0,91	1,26	21
1972	35,42	36,00	7,76	2,20	0,052	1,02	1,25	19
1973	35,25	41,60	2,57	1,93	0,053	1,19	1,25	20
1974	35,33	43,14	2,05	1,41	0,051	1,22	1,28	22
I. pol. 1975	34,45	43,88	2,24	1,16	0,047	1,28	1,34	24

PLAVŽ II

1963	34,42	32,79	13,60	2,25	0,042	0,95	1,35	55
1964	33,90	33,29	13,30	2,37	0,045	0,98	1,37	45
1965	34,25	32,40	13,51	2,67	0,043	0,95	1,34	38
1966	34,39	30,97	15,76	2,46	0,046	0,90	1,36	38
1967	34,55	29,94	16,02	2,48	0,043	0,86	1,33	52
1968	35,06	28,81	16,24	2,06	0,037	0,82	1,28	49
1969	36,91	26,16	16,47	1,96	0,035	0,71	1,15	39
1970	35,62	28,09	16,12	2,58	0,039	0,79	1,24	30
1971	35,14	31,89	12,28	2,53	0,043	0,91	1,26	23
1972	35,90	35,70	7,32	2,26	0,049	0,99	1,20	21
1973	35,18	41,03	2,72	2,13	0,055	1,17	1,24	19
1974	35,23	43,01	2,14	1,41	0,051	1,22	1,28	22
I. pol. 1975	34,58	43,54	2,12	1,19	0,051	1,26	1,32	22

Tabela IX: Analiza plavžne žlindre in pokazatelji odžveplanja v plavžu po obdobjih

PLAVŽ I

Obdobje	Vsebnost v %					CaO	CaO + MgO	(S)
	SiO ₂	CaO	MgO	Mn v gr.	S v gr.	SiO ₂	SiO ₂	/S/
1963—1970	34,75	30,83	14,45	2,27	0,040	0,89	1,30	36
1971—1972	35,19	33,97	10,01	2,31	0,049	0,97	1,25	20
1973—1975	35,01	42,54	2,29	1,32	0,051	1,21	1,28	21

PLAVŽ II

1963—1970	34,90	30,35	15,13	2,35	0,041	0,87	1,30	43
1971—1972	35,52	33,80	9,80	2,40	0,046	0,95	1,23	22
1973—1975	35,00	42,53	2,33	1,58	0,053	1,21	1,28	21

lahko iščemo v nizki vsebnosti MgO v plavžni žlindri. Znano je, da MgO pozitivno vpliva na znižanje viskoznosti žlindre, zviša desulfuzacijske sposobnosti žlindre kot tudi vpliva na mirnejši hod plavža. V tabeli I ni navedena vsebnost Al₂O₃ v žlindri, in sicer iz razloga, ker se ta v teh obdobjih ni bistveno menjala in je bila v mejah 13—15 % Al₂O₃.

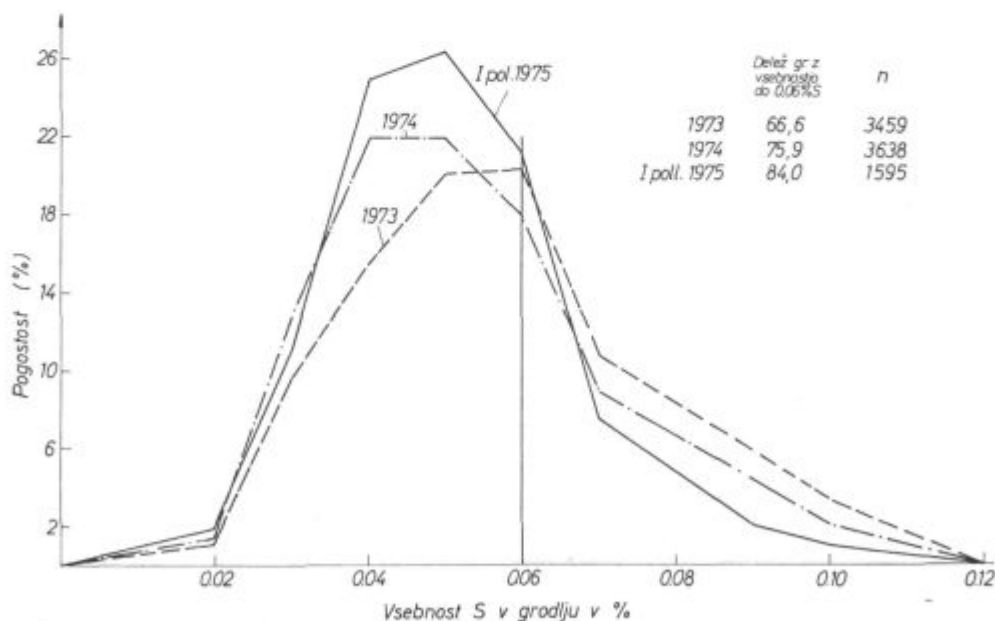
Na splošno nam takšna vsebnost Al₂O₃ v žlindri tudi ustreza, ker razširja področja obstojnosti bazičnih in visoko bazičnih žlinder in s tem omogoča zvišanje desulfuzacijskega potenciala (4). Sumarni povprečni prikaz treh obdobjev podajamo v tabeli IX.

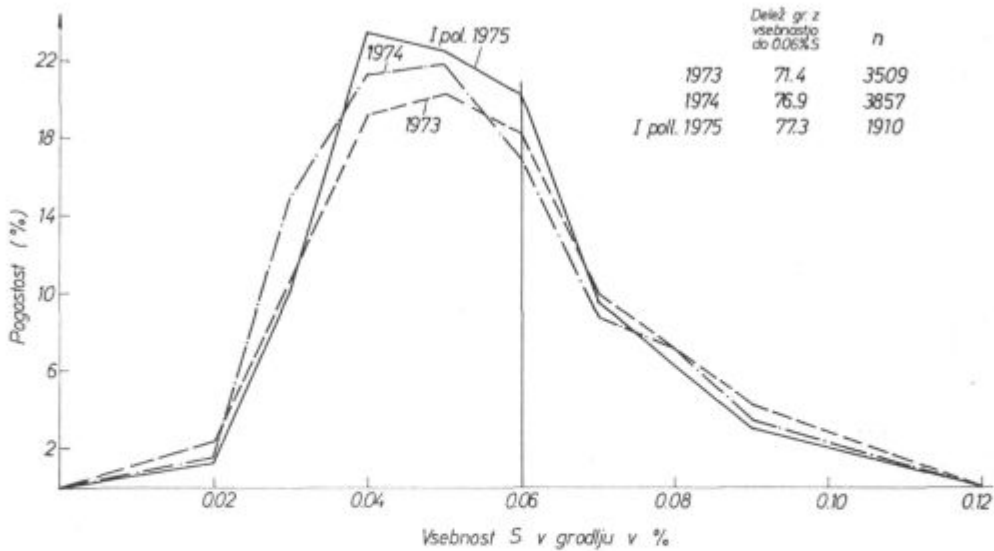
Iz zgornje tabele je razvidno skokovito naraščanje vsebnosti S v grodlju ter enako sunkovito

spreminjanje vsebnosti MgO v plavžni žlindri po obdobjih. V zadnjem obdobju je vsebnost Mn v grodlju padla in je s tem v zvezi tudi znižan vpliv Mn na odžveplanje grodlja.

STATISTIČNI PRIKAZ GIBANJA S V GRODLJU

Povprečna vsebnost žvepla v grodlju je v tem polletju nekoliko nižja kot v letu 1973 in 1974, toda zanimivo je, kakšen delež proizvodnje zadovoljuje zahtevo za 0,02 % S v grodlju. Na sliki 5 in 6 je podana razdelitev grodlja po skupinah glede vsebnosti S v grodlju. Število vzorcev je veliko, da bi se izognili nepravemu prikazovanju distribucije S v grodlju, ker smo imeli občasne

Slika 5
Distribucija vsebnosti S v grodlju plavža št. 1 za obdobje 1973 — 75Fig. 5
Sulphur distribution in pig iron of the No. 1 blast furnace from 1973 to 1975



Slika 6

Distriucija vsebnosti S v grodlju plavža št. 2 za obdobje 1973 — 75

Fig. 6

Sulphur distribution in pig iron of the No. 2 blast furnace from 1973 to 1975

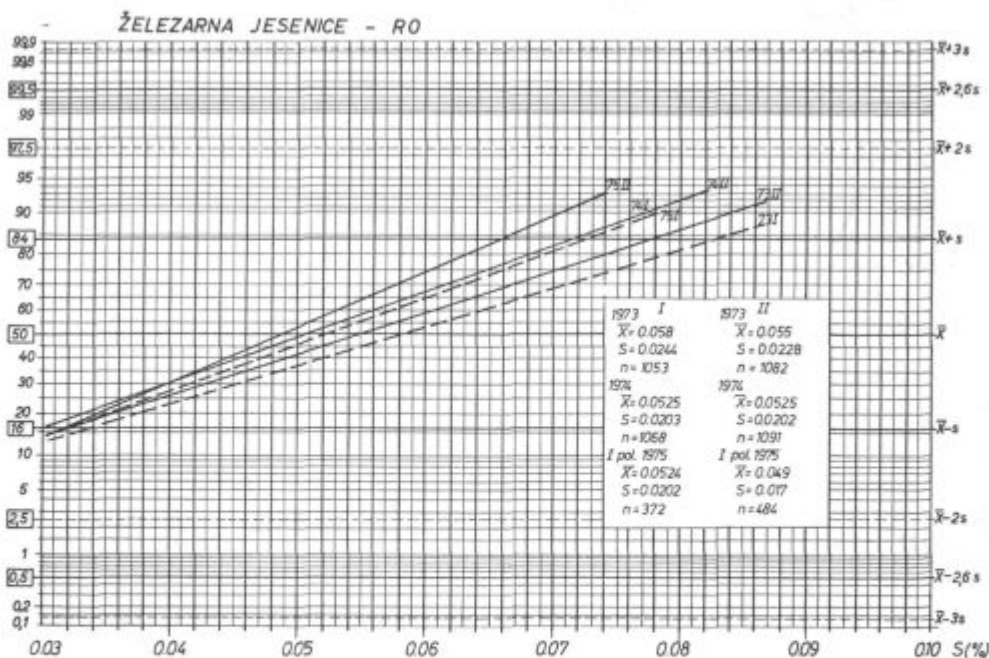
ohladitve ter tvorbo in odstranjevanje nasedlin. Vsebnost do 0,02 % S v grodlju ni prekoračila 2 % na leto, kar predstavlja 3000 t grodlja/l in je nezadostna pri zahtevi 80 000 t/l. Iz slik je razvidno zvišanje deleža grodlja z vsebnostjo do 0,06 % S. To zvišanje je bolj izrazito na plavžu 1 kot na plavžu 2.

Meja 0,06 % S v grodlju je povzeta iz sedanjega kvalitetnega normativa OTK, ker se tak grodelj

razvrsti v I. kvaliteto (II. kvaliteta grodlja je do 0,09 % S itd.)

Iz dokumentacije OTK smo prevzeli prikaz srednje vrednosti (\bar{X}) vsebnosti S v grodlju in standardnega odklona (S) za obdobje 1973, 1974 in I. pol. 1975 za plavž 1 in 2.

Prikaz popolnoma jasno kaže zelo visok standardni odklon (S) na obeh plavžih in nihanje kva-



Slika 7

Diagram porazdelitve žvepla v grodlju

Fig. 7

Diagram of sulphur distribution in pig iron

litete grodlja. Število vzorcev je v letošnjem polletju nižje zaradi remonta plavža 1 in miniranja nasledlin plavža 2.

PREDLOG TEHNOLOGIJE PRI PROIZVODNJI GRODLJA Z NIZKO VSEBNOSTJO ŽVEPLA

Iz prikazanega stanja lahko ugotovimo, da bi bila sedanja kvaliteta grodlja neprimerna za proizvodnjo jekla za globoki vlek. Verjetno bomo sedanje rezultate obdržali tudi v bodoče. Zato lahko povzamemo sedanje pogoje, prikazane na tabeli X.

Tabela X: Podatki obratovanja plavžev

Poraba koksa (z 10 % S)	600 kg/t grodlja
Količina žlindre	490 kg/t grodlja
Vsebnost MgO v žlindri	2 — 3 %
Količina S v vsipu	6,5 — 7 kg/t grodlja
Količina Mn v vsipu	20 — 22 kg/t grodlja

Za znižanje viskoznosti plavžne žlindre in zvišanje njene desulfurizacijske sposobnosti bomo morali zvišati vsebnost MgO v plavžni žlindri. Računi kažejo, da bi lahko dosegli z dodajanjem 600 kg martinske žlindre na vsip ca 6 % MgO v žlindri. Ugodnost pri uporabi martinske žlindre na plavžu ni samo zvišanje MgO v žlindri, temveč bi pri tem znižali porabo apnenca v vsipu plavža, oz. v sinter mešanici, baziciteto sintra bi imeli pod 1,2, zvišali bi vsebnost Mn v vsipu, kar tudi podpira odžveplanje, obogatili bi vsip z Fe itd.

Pri tem računamo, da bi z uporabo SM žlindre v plavžnem vsipu imeli plavžno žlindro take sestave, ki je prikazana v tabeli XI.

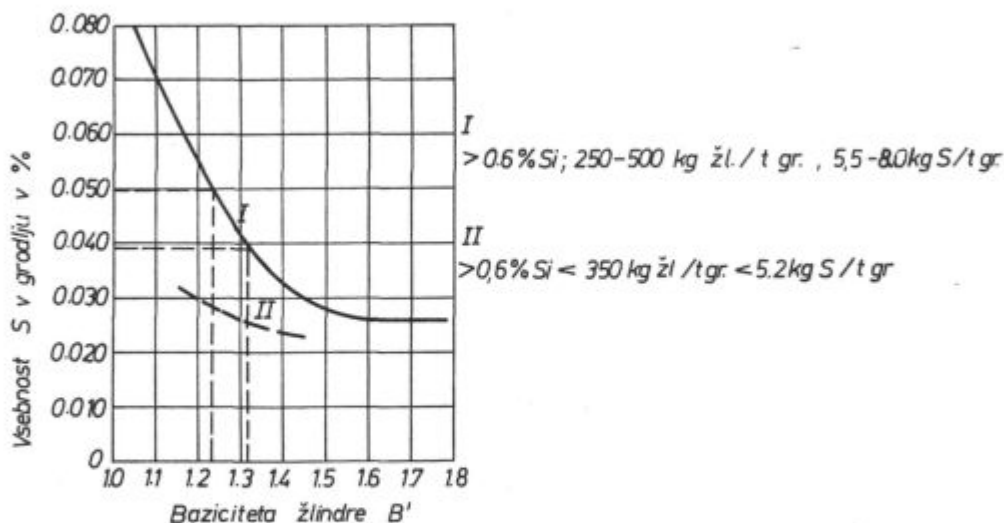
Iz tabele je razvidno, da se spreminja le vsebnost CaO in MgO, da se baziciteta $(CaO + MgO)/SiO_2$ približuje vrednosti 1,4. V literaturi (5) je navedene diagram odvisnosti vsebnosti S v grodlju od bazicitete, računane po Kalyanramu. (Glej sliko 8.) Ta diagram je dobljen na podlagi rezultatov obratovanja različnih plavžev. Iz tabele X je razvidno, da našim razmeram v tem diagramu

Tabela XI: Analiza plavžne žlindre

	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% CaO	% MgO	CaO/SiO ₂	CaO + MgO/SiO ₂	B'
Sedanja	34,5	14,0	42,5	2,3	1,23	1,31	1,23
Računana	34,0	14,0	41,0	6,0	1,20	1,36	1,31

$$B' = \frac{\% CaO + 0,7 \% MgO}{0,96 \% SiO_2 + 0,18 \% Al_2O_3}$$

$$B' = \frac{\% CaO + 0,7 \% MgO}{0,96 \% SiO_2 + 0,18 \% Al_2O_3}$$



Slika 8

Kalyanramov diagram odvisnosti vsebnosti žvepla v grodlju od bazicitete žlindre B'

Fig. 8

Kalyanram's diagram of relationship between the sulphur content in pig iron and the basicity of B slag

ustreza krivulja I. Pri vstavitvi bazicitete B' iz tabele XI sedanje in izračunane (perspektivne) plavžne žlindre dobimo vsebnost S v grodlju, v prvem primeru 0,05 % in v drugem 0,04 % S.

To pomeni, da bi z zvišano vsebnostjo MgO v plavžni žlindri od sedanjih 2 % na 6 % zvišali desulfurizacijske sposobnosti plavžne žlindre. V letu 1974 smo imeli v vsipu plavža 1 in tudi plavža 2 več kot 8 kg S/t grodlja in ta krivulja za te razmere ni ustrezna. Znižanje vsebnosti S od 0,04 % na 0,02 % S in manj v grodlju bi morali doseči z odžveplanjem zunaj plavža z uporabo CaO ali Na₂CO₃ ali CaC₂ ali pa z mešanico teh sredstev za odžveplanje. Nizka vsebnost S v prebodem grodlju z naknadnim odžveplanjem omogoča doseganje zaželenih vsebnosti S v grodlju za potrebe jeklarne pri izdelavi jekla za globoki vlek.

EKONOMIKA ODŽVEPLANJA GRODLJA ZUNAJ PLAVŽA

V literaturi so na razpolago ekonomski izračuni za odžveplanje grodlja zunaj plavža za različne namene. Iz članka (6) lahko povzamemo, da je odžveplanje grodlja zunaj plavža zelo ekonomično le tedaj, ko se seštejejo ekonomski efekti pri proizvodnji grodlja in jekla. Napačno je gledanje, da stroške odžveplanja grodlja zunaj plavža lahko pokrijemo samo z boljšo ekonomiko pri proizvodnji grodlja, ne da bi se ozirali na vse ekonomske prednosti pri proizvodnji jekla, ki jih omogoča delo z grodljem z vsebnostjo pod 0,02 % S.

ZAKLJUČEK

Železarna Jesenice bo po letu 1976, ko bo zgrajena nova hladna valjarna na Beli, proizvajala poleg dinamov in nerjavnih tudi hladno valjane trakove za globoko vlečenje. Ta jekla smejo vsebovati največ 0,020 % žvepla iz različnih kvalitet-

nih razlogov. Za izdelavo nepomirjenega ali tudi pomirjenega jekla z manj kot 0,020 % S, v končni sestavi pa potrebujemo kvalitetni grodelj z 0,020 in manj % S pri 50 % grodlja v vložku SM peči in dobri kvaliteti mazuta z 0,6 do 0,7 % S. Poslabšanje kvalitete mazuta pa bo zahtevalo še nižje žveplo v grodlju do 0,010 %.

Sedanji kvalitetni predpisi pri proizvodnji grodlja omogočajo proizvodnjo grodlja z višjo vsebnostjo S v grodlju. Zato je danes povprečna vsebnost S v grodlju 0,05 % S. Zahteva po grodlju z vsebnostjo pod 0,02 % S po pričetku obratovanja nove hladne valjarne zaradi predvidenega kvalitetnega programa nam narekuje:

— znižati viskoznost obstoječih žlinder z višjim % MgO v plavžni žlindri,

— s tem v zvezi izboljšati desulfurizacijske sposobnosti plavžne žlindre in zvišati razdelitev žvepla med žlindro in grodljem od sedanjih 25 na 45,

— za dvig vsebnosti MgO v plavžni žlindri uporabiti SM žlindro v količini 600 kg na vsip, ki razen zvišanja stopnje odžveplanja v plavžu omogoča nižjo uporabo apnenca v vsipu in aglomeraciji, bogati vsip z Mn kar ugodno vpliva na odžveplanje, dviga vsebnost Fe v vsipu,

— odžveplati grodelj naknadno zunaj plavža na zaželeno vsebnost S v grodlju.

Ekonomičnost takega načina dela pri proizvodnji grodlja je izražena v seštevku ekonomskih efektov pri proizvodnji grodlja in jekla.

Literatura:

1. Journal of Metals July 1970 str. 42
2. Nisskin Steel Techn. Rep. 1970 (23) 38—47
3. Stahl und Eisen 1964 str. 1572
4. Izv. VUZ Črna metalurgija 1975 št. 2 str. 17/21
5. Entschwefelung von Roheisen 1968 str. 40 (Verlag Stahl und Eisen)
6. Studija in aplikacija optimalnega načina odžveplanja grodlja za potrebe jeklarn in livarn (Poročilo Metalurškega inštituta v Ljubljani, marec 1972)

ZUSAMMENFASSUNG

Das Erzeugungsprogramm des Hüttenwerkes Jesenice ist durch den Bau des neuen Kaltbandwalzwerkes in Bela klar festgestellt. Das Hüttenwerk Jesenice wird durch die Aufstellung des neuen Kaltbandwalzwerkes im Jahr 1976 neben den Elektroblech- und nichtrostenden Stahlbandqualitäten noch etwa 80.000 Tonnen Kaltband für Tiefziehqualitäten der Marke C 0147 und C 0148 erzeugen.

Der Stahl für Tiefziehqualitäten sollte maximal 0,020 % S enthalten.

Die Stahlwerker des Hüttenwerkes Jesenice geben sich unaufhörlich die Mühe den Schwefelgehalt im Stahl zu erniedrigen, und zwar durch den Gebrauch von Masut bester Güte mit maximal 0,8 % S, durch die Anwendung von bestem Stahlroheisen und ebenso gutem Kalk und guter Arbeit. Schon im Jahr 1970 haben wir einen Schwefelmindestwert im Durchschnitt 0,028 % S und beim Tiefziehstahlqualitäten 0,024 % S erreicht. Diese unterste Grenze

kann mit jetzt angewendeten Rohstoffen und Mitteln nur schwer unterschritten werden. Wenn wir den strengen Schwefelvorschriften genügen wollen, wird die Entschwefelung des Roheisens ausserhalb des Hochofens dringend.

Die Anwendung von 170 kg SM Schlacke/T Roheisen bzw. 600 kg SM Schlacke im Möller würde eine Viskosität der Hochofenschlacke wegen des höheren MgO Gehaltes in der Schlacke hervorrufen.

Der Schwefelgehalt im Roheisen würde etwa 0,040 % S betragen. Den gewünschten Endschwefelgehalt im Roheisen würden wir durch die Entschwefelung des Roheisens ausserhalb des Hochofens einstellen.

Die Wirtschaftlichkeit dieser Arbeitsweise bei der Erzeugung von Roheisen mit niedrigen Schwefelgehalt ist durch die Summe der ökonomischen Effekte bei der Erzeugung von Roheisen und Stahl gegeben.

SUMMARY

Production program of Jesenice Ironworks is clearly defined by the erection of the new cold rolling plant in Bela. When this plant will be completed in 1976 Jesenice Ironworks will produce about 80 000 t cold rolled strips for deep drawing of C 0147 and C 0148 quality beside the electrical and stainless steel cold rolled strips.

Steel for deep drawing should contain not more than 0.020 % sulphur.

Steelmakers in the Ironworks constantly endeavour to decrease sulphur content in steel by use of quality heavy oil with less than 0.8 % sulphur, by use of quality pig iron, good metallurgical lime, and with careful process operation. Already in 1970 some lower limits were achieved:

0.028 % S in average and 0.024 % S in cold rolled strips for deep drawing. This limit can not be reduced with the same used raw materials. If strict demands for low sulphur should be fulfilled only desulphuration of pig iron outside the blast furnace is still left.

Addition of 170 kg open-hearth furnace slag per ton pig iron or 600 kg open-hearth furnace slag to burden would reduce viscosity of blast furnace slag due to the higher MgO content in it. Sulphur content in pig iron would be about 0.040 % and by the desulphuration outside the furnace the desired sulphur amount in pig iron could be achieved. Profitableness of such a method in production of pig iron with low sulphur is expressed by adding the economical effects of pig iron and steel production.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С постройкой нового холодного прокатного цеха в Бели ясно определена программа производства Metallургического завода Есенице. Кроме динамо и холодно-катаных полос из нержавеющей стали Metallургический завод Есенице уже в этом году (1976) изготовит прибл. 80.000 т холодно-катаных полос марок С-0147 и С-0148 для глубокой вытяжки. Сталь для глубокой вытяжки не должна содержать серы свыше 0,020 %. Сталевары завода непрерывно трудятся уменьшить содержание серы в стали с употреблением качественного мазута с содержанием серы не более 0,8 %, применением качественного чугуна, металлургической извести а также добросовестной работой. Уже в 1970-го г. удалось в сталелитейном цехе снизить содержание серы в среднем на 0,028 %, а в стали холодно-катаных полос для глубокой вытяжки даже

на 0,024 %. Дальнейшее уменьшение содержания серы при употреблении в настоящее время сырья и применяемых способов производства пока невозможно. Чтобы удовлетворить высоким требованиям на содержание серы остается только обессеривание чугуна вне домы. При добавке СМ-шлака в количестве 170 кг/т чугуна или 600 кг в засыпку получается возможность, как последствие повышение содержания в шлаке, снижение вязкости шлака доменной печи. В этом случае содержание серы в чугуне прибл. 0,040 % S и желательное содержание S можно получить при дальнейшей обработке чугуна вне домы. Экономичность такого способа работы при производстве чугуна с низким содержанием серы проявляется в итоге как кумулятивная величина экономических эффектов производства чугуна и стали.

Študij elektrokemičnih lastnosti osnovne mase ledeburitnih orodnih jekel

UDK: 691.71; 541.135
ASM/SLA: SS-b, P 12b, P 15j, S 11f

Ferdo Grešovnik

Elektrokemične lastnosti osnovne strukture ledeburitnih orodnih jekel smo raziskovali s snemanjem polarizacijskih krivulj. Meritve smo opravili na enajstih vrstah ledeburitnih orodnih jekel. Vzorci so bili različno toplotno obdelani: žarjeni, kaljeni s temperatur 900° C, 980° C, 1040° C, 1120° C in 1200° C ter po kaljenju z navedenih temperatur še popuščani pri 200° C in 550° C. Za snemanje polarizacijskih krivulj smo uporabili samo eno vrsto elektrolita: 3 % raztopino KBr v vodi.

Poskusi so pokazali, da med preiskovanimi vrstami ledeburitnih orodnih jekel ni bistvene razlike v elektrokemičnih lastnostih, če so vzorci enako toplotno obdelani. Na elektrokemične lastnosti močno vpliva temperatura, s katere vzorce kalimo. Vpliv avstenitizacijske temperature se pozna tudi po naknadnem popuščanju. Čim višja je temperatura avstenitizacije, tem žlahtnejša je osnova preiskovanih jekel. Ugotovili smo, da bi izolacija karbidov pri vseh preiskovanih vzorcih potekala dovolj hitro že pri potencialu -200 mV.

UVOD

V novejšem času so se pri raziskavah strukture zlitin uveljavile kontrolirane elektrokemijske metode za izolacijo posameznih faz. Postopek je še zlasti pomemben pri raziskavah tistih faz, ki se po svojih optičnih in ostalih fizikalnih lastnostih ne ločijo bistveno od osnovne faze v materialu. Z izolacijo si olajšamo nadaljno fazno in kemijsko analizo strukturnih delcev, ki v jeklu nastopajo v manjšini, saj potem osnovna faza ne moti več.

Kovina se pogosto pojavi kot reakcijski partner elektrolita. Obe vrsti snovi sta električna prevodnika. Pri reakciji se med njima izmenjuje snov in električni naboji, zaradi česar veljajo tu drugačni zakoni kot pri čistih kemičnih reakcijah, pri katerih ni izmenjave naboja izven reagirajočih molekul. Pri danem tlaku, temperaturi in koncentraciji je potek kemične reakcije enolično določen, ker omenjene intenzivne veličine določajo prosto entalpijo. Pri elektrokemičnih reakcijah je treba upoštevati še dodatno spremenljivko — električno potencialno razliko med obema reagirajočima

fazama. Ta potencialna diferenca ni direktno merljiva, pač pa je direktna mera za to količino napetost med kovinskim preizkušancem in kovinskim izvodom primerjalne elektrode, ki jo potopimo v elektrolit¹. Ta napetost, ki jo običajno imenujemo potencial kovinske elektrode, se razlikuje od potencialnega skoka na fazni meji kovina/elektrolit samo za aditivno konstanto, ki je odvisna od uporabljene primerjalne elektrode. Ravnovesni potencial kovinske elektrode lahko termodinamsko izračunamo in je podan z Nernstovo enačbo:

$$U = U_0 + \frac{RT}{(\sum_i z_i n_i - \sum_j z_j n_j) F} (\sum_i z_i \ln [A_i^{n_i^+}] - \sum_j z_j \ln [A_j^{n_j^+}]),$$

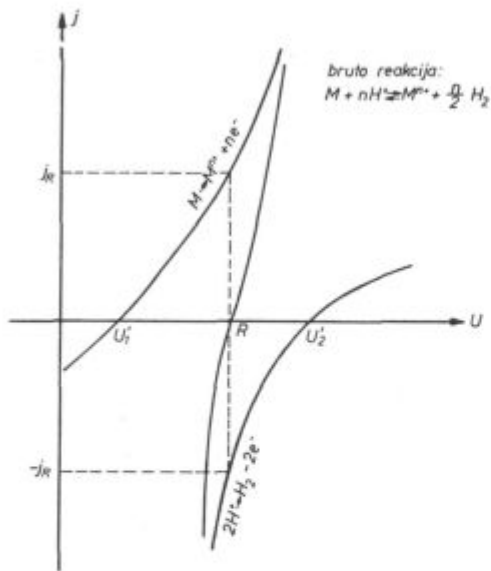
kjer pomeni indeks *i* izhodne snovi, *j* tvorjene snovi, $[A_i^{n_i^+}]$ aktivnost prisotne snovi A_i , z_i stehiometrični koeficient, n_i število osnovnih nabojev iona, U ravnovesni potencial, U_0 standardni potencial, odvisen od primerjalne elektrode, R splošno plinsko konstanto, T absolutno temperaturo in F Faradayev naboj.

Hitrost elektrokemične reakcije je sorazmerna električnemu toku, ki teče skozi mejo kovina/elektrolit. Pri ravnovesnem potencialu je ta tok nič. Samo pri končnem odmiku od ravnovesnega potenciala, ki ga imenujemo tudi prenapetost, lahko teče tok skozi mejo. Funkcijska odvisnost obeh količin — potenciala in gostote toka — opiše kinetične lastnosti elektrokemične reakcije.

Pogosto ne teče samo ena elektrokemična reakcija, ampak več. Če se dogaja katodna reakcija (izločanje vodika) pri istem potencialu kot anodna (raztop kovine) in to na isti raztapljajoči se površini, govorimo o kemičnem jedkanju. Vsaki reakciji pripada določena krivulja, ki kaže odvisnost gostote toka od potenciala. Merljiv je le skupen tok. Iz slike 1 je razvidno, da je lahko ta tok nič kljub temu, da teče korozija kovine v kislini. Če s primerno izbiro elektrolita zagotovimo, da na raztapljajoči kovinski elektrodi ne teče več anodna reakcija, ustreza gostota toka na površini kovine direktno hitrosti raztapljanja kovinskega vzorca.

Pod vplivom električnega toka nastane na površini elektrode polarizacijska plast, na kateri se vzpostavi potencial, ki je nasprotno usmerjen kot

Dr. Ferdo Grešovnik, dipl. inž. fizike je znanstveni sodelavec v metalografskih laboratorijih službe metalurških raziskav v železarni Ravne



Slika 1
Krivulja gostota toka-potencial za elektrokemične reakcije pri koroziji kovine v kislini

Fig. 1

Current density — potential curve for electrochemical reactions in metal corrosion in an acid

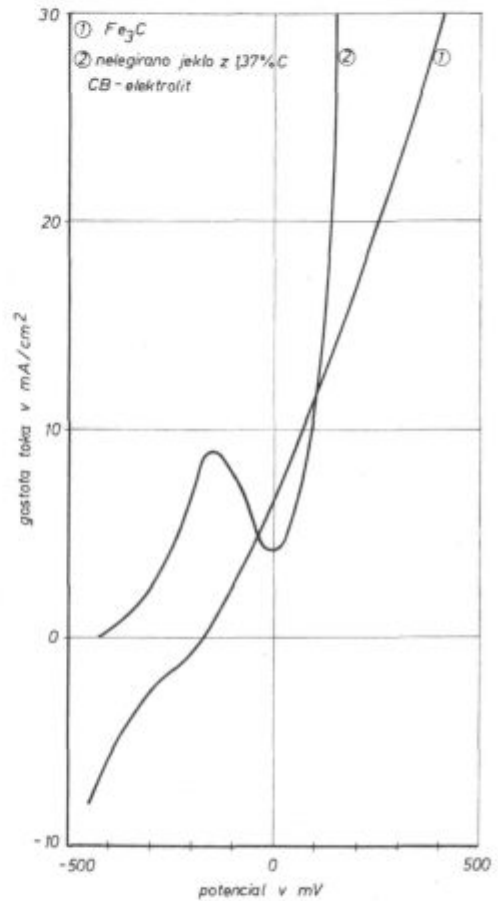
pritisnjena zunanja napetost. Kinetika nastajanja te plasti še ni natančno raziskana. Plast vpliva na nadaljno elektrokemično vedenje elektrode in s tem na časovni potek korozije. Pojav se imenuje pasivacija. Nastajanje polarizacijske plasti je odvisno od potenciala in od sestave raztapljajočega se preizkušanca.

Iz prejšnjega sledi, da moramo pri raziskavi lastnosti elektrokemičnih sistemov ohraniti eno električno veličino konstantno, meriti pa časovno odvisnost druge. Oblike krivulj, ki predstavljajo odvisnost gostote toka od potenciala, kažejo, da so ugodnejše potenciostatske meritve, pri katerih naravnomo potencial, merimo pa gostoto toka.

Vsaka električno prevodna faza v jeklu ima v določenem elektrolitu svojo karakteristično krivuljo gostota toka-potencial. Če te krivulje poznamo, lahko izberemo tak potencial, da bodo pri elektrolitskem raztopu ostale določene faze skoraj neprizadete, druge pa se bodo anodno raztopile. Primera takih krivulj vidimo na sliki 2, posneti pa sta bili z uporabo raztopine Na-citrata in KBr v vodi². Krivulja 1 velja za cementit, krivulja 2 pa za jeklo, iz katerega je bil izoliran cementit. Če si izberemo potencial —170 mV, se bo osnova jekla raztopila, cementit pa ne.

V sodelovanju z metalurškim inštitutom v Ljubljani smo se lotili sistematične raziskave karbidov v nekaterih ledeburitnih orodnih jeklih. V ta namen smo v našem laboratoriju najprej za vse izbrane vzorce posneli krivulje gostota toka — potencial. Uporabljali smo enak elektrolit, kot ga bomo kasneje uporabljali pri izolaciji. Iz literarnih podatkov³ vemo, da so karbidi v izbranih jeklih zlahketjši kot osnova, zato lahko trdimo, da

izmerjene odvisnosti gostote toka od potenciala predstavljajo elektrokemične lastnosti osnovnih faz v preizkušancih. Z rentgensko strukturno analizo smo ugotovili, da predstavljata osnovo vzorcev fazi α in γ . Razmerje vsebnosti teh dveh faz pa je odvisno od toplotne obdelave preizkušancev. Rezultati meritev odvisnosti gostote toka od potenciala nam bodo kasneje koristili pri izbiri pogojev izolacije karbidov.



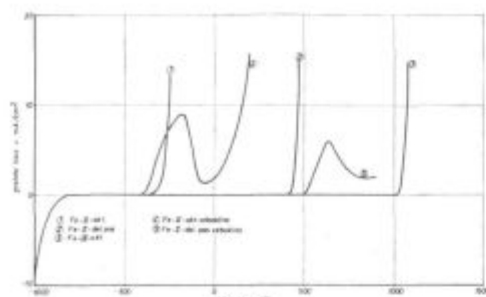
Slika 2

Krivulji gostota toka-potencial za cementit in nelegirano jeklo

Fig. 2

Current density — potential curve for cementite and unalloyed steel

Iz literature² je znano, da srečamo pri elektrolitskem raztapljanju jekel v raznih elektrolitih tipe krivulj, ki jih kaže slika 3. Pri železo-II aktivni krivulji 1 se feritna osnovna masa raztaplja enakomerno po celi površini preizkušanca tako, da gre železo v raztopino v obliki ionov Fe^{++} . Mirovni potencial leži pri okrog —500 mV. Krivulja gostota toka — potencial nima ekstremnih točk. Tudi pri železo-II delno pasivni krivulji 2 gre železo dvovalentno v raztopino, vendar raztop ne poteka enakomerno po celi površini, ampak le na nekaterih mestih, zato tam nastanejo luknjice. Krivulja se začne strmo vzpenjati pri potencialu



Slika 3

Vrste krivulj gostota toka-potencial (shematsko)

Fig. 3

Current density — potential curve types (schematically)

okrog 500 mV. Železo-III aktivna krivulja 3 se začne vzpenjati šele pri potencialu 1000 mV. Tu gre spet za enakomerno raztapljanje po celi površini vzorca, in sicer tako, da gre železo v raztopino v obliki ionov Fe^{+++} , krom pa šestvalenten. Ta krivulja je tipična za kemično obstojna jekla. Med krivuljama 1 in 2 obstaja prehodna oblika z železo-II aktivno vzboklino 4. Železo gre tu dvovalentno v raztopino; pri določenem negativnem potencialu začne gostota toka padati zaradi pasivacije in dobimo lokalni maksimum. Pri nadaljnjem večanju potenciala začne gostota toka spet rasti. Krivulja z železo-II delno pasivno vzboklino 5 je prehodna oblika med krivuljama 2 in 3 in je posledica močne pasivacije.

Tabela 1:

Oznaka vzorca	Vrsta jekla	Kemijska sestava ut. %												
		C	Cr	W	Mo	V	Ni	Si	Mn	S	P	Cu	Co	Sn
J	2C-12 Cr	2,01	12,3		0,05	0,06	0,11	0,26	0,41	0,039		0,13		
K	1,5 C-12 Cr	1,58	12,7		0,01	0,01	0,11	0,27	0,35	0,033		0,13		
L	1,5 C-12 Cr-1 V	1,56	12,3		0,01	1,05	0,11	0,23	0,31	0,030		0,12		
M	1,5 C-12 Cr-1 Mo	1,57	12,0		0,99	0,06	0,11	0,22	0,35	0,031		0,13		
N	1,5 C-12 Cr-1 V-1 Mo	1,58	12,0		0,94	1,15	0,11	0,33	0,35	0,028		0,13		
R	Č. 4150 (OCR 12)	2,03	11,3	0,10	0,06	0,13	0,22	0,13	0,25	0,008	0,028	0,17	0,020	0,015
S	Č. 4650 (OCR 12 sp.)	2,08	11,8	0,85	0,10	0,12	0,16	0,09	0,30	0,008	0,035	0,16	0,030	0,016
T	Č. 4750 (OCR 12 ex.)	1,59	11,8	1,11	0,66	0,16	0,18	0,08	0,27	0,007	0,033	0,17		0,018
P	Č. 4850 (OCR 12 VM)	1,52	11,4	0,10	0,82	0,92	0,18	0,13	0,31	0,006	0,026	0,18	0,030	0,015
V	Č. 4754 (CRV)	0,91	10,6	0,10	1,05	0,25	0,34	0,27	0,31	0,008	0,028	0,22	0,030	0,019
Z	Č. 7680 (BRM-2)	0,82	4,25	6,34	5,07	1,92	0,23	0,07	0,25	0,017	0,032	0,20	0,28	0,017

PREIZKUŠANCI IN POTEK MERITEV

Meritve smo opravili na enajstih variantah ledeburitnih orodnih jekel, katerih sestava je podana v tabeli 1⁴.

Preizkušanci so imeli valjasto obliko z dimenzijami $\varnothing 8 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$. Na sredini ene izmed osnovnih ploskev so imeli izvrtano luknjo z navojem M4 za priključitev na potenciostat.

Vzorci so bili v naslednjih toplotno obdelanih stanjih:

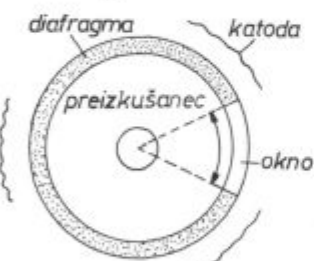
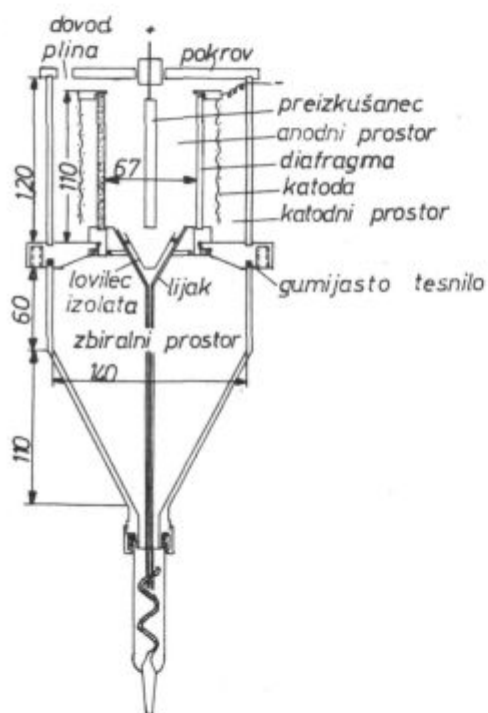
- žarjeni (oznaka: Ž)
- kaljeni v olju s temperatur avstenitizacije 900°C (1), 980°C (21), 1040°C (51), 1120°C (71) in 1200°C (91).
- kaljeni pri zgoraj omenjenih pogojih in nato še eno uro popuščani pri 200°C (3, 23, 53, 73 in 93), oziroma 550°C (8, 28, 58, 78 in 98).

V celoti smo imeli torej vsako vrsto jekla v šestnajstih različno toplotno obdelanih stanjih.

Pred preizkušanjem smo površino vzorcev zbrusili z enakim smirkovim papirjem, da je bila površina enako gladka in brez oksidne plasti. Del površine preizkušancev smo pobarvali z nitro lakom. Elektrolit je tako prišel neposredno v stik s površino preizkušancev samo na 5 cm^2 obsegačem delu plašča valjastih vzorcev.

Vse meritve smo opravili z enakim elektrolitom — 3 % raztopino KBr v vodi. Z njo smo napolnili

anodni in katodni prostor osno simetrične elektrolitske celice (slika 4). Za ločitev obeh prostorov je služila keramična diafragma. Za nasprotno elektrodo (katodo) je služila mrežica iz platine, delovno elektrodo (anodo) pa je predstavljal preizkušavec, ki je bil v vsakem primeru nameščen v osi elektrolitske celice. Za primerjalno elektrodo smo uporabljali kalomelsko elektrodo. Občutljiva konica te elektrode je bila pri vseh poskusih nameščena v enaki oddaljenosti od površine vzorca. Vse tri elektrode smo z električnimi vodniki zvezali z ustreznimi priključnicami na Wenkingovem potenciostatu (slika 5). Naloga potenciostata je, da v elektrolitski celici tako uravnava celični tok med nasprotno elektrodo G in delovno elektrodo A, da je napetost U_{BA} primerjalne elektrode B glede na delovno elektrodo enaka vnaprej nastavljeni zaželeni napetosti U_S . V ta namen se primerjata napetosti U_S in U_{BA} v tvorilniku diferenc D. Napetost U_S dobimo iz vira Q in jo naravnamo na vходу zaželeni napetosti. Diferenca $dU =$



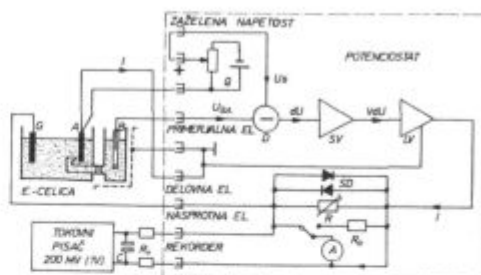
katodna mreža 35 x 85

Slika 4

Elektrolitska celica po Klinger-Kochu

Fig. 4

Klinger — Koch electrolytic cell



Slika 5

Shema potenciostata z elektrokemično celico

Fig. 5

Scheme of potentiostat with electrochemical cell

$= U_S - U_{BA}$ se v napetostnem ojačevalniku SV ojači na V.dU. Ta ojačana diferenčna napetost krmili močnostni ojačevalnik LV, ki pošilja celični tok od nasprotno elektrode k delovni elektrodi.

Pri vsakem preizkušancu smo najprej izmerili mirovni potencial, to je potencial med delovno in primerjalno elektrodo, ko ne teče tok med delovno in nasprotno elektrodo. Iz tega sledi, da v primeru, če je zaželeni napetost enaka mirovnemu potencialu, ne teče celični tok. Od te vrednosti smo povečevali zaželeni napetost po 20 mV, dokler je bila negativna; pri pozitivnih zaželenih napetostih smo jo povečevali po 50 mV. Pri vsaki vrednosti zaželeni napetosti smo počakali, da je celični tok tekel eno minuto, šele nato smo ga prebrali na kazalnem instrumentu potenciostata. Zaželeni napetost smo povečevali tako dolgo, da je tok dosegel vrednost okrog 1000 mA.

Iz merjenih tokov smo izračunali gostoto toka j na površini preizkušanca. Tako dobljene vrednosti smo vnesli v diagram, ki kaže odvisnost j od U_S (polarizacijsko krivuljo).

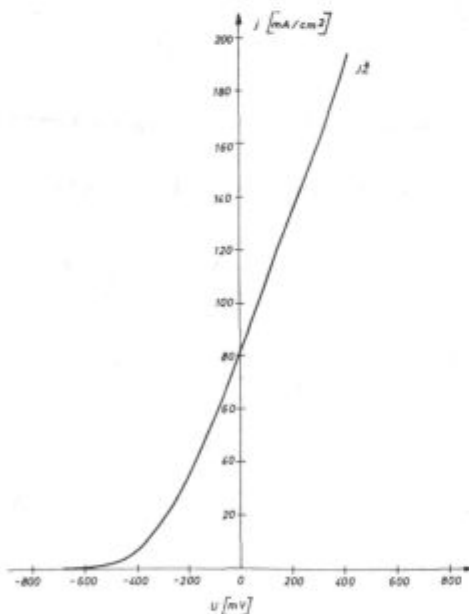
REZULTATI MERITEV

Pri vsaki meritvi poteka krivulje gostote toka — potencial smo najprej določili ravnovesni potencial, pri katerem je gostota toka enaka nič. Ta potencial se je spreminjal od vzorca do vzorca, vendar ne obstaja kakšna posebna korelacija med kemijsko sestavo in ravnovesnim potencialom, niti med toplotno obdelavo določenega vzorca in ravnovesnim potencialom. Očitno je, da nanj vpliva faktor, ki ga mi nismo registrirali. Zelo verjetno je to stanje površine vzorcev. Za vse preizkušane vzorce je bil mirovni potencial med -700 mV in -450 mV (tabela 2).

Vsi žarjeni preizkušanci imajo dokaj podobne krivulje gostote toka — potencial. Gostota toka je v celem merjenem območju naraščajoča funkcija potenciala (slika 6). Prevojnih točk ni. Gre za železo-II aktiven raztop. Krivulje za posamezne vrste jekel se med seboj malo razlikujejo v gostoti toka pri danem potencialu. Če si izberemo za ta potencial 0 mV, dobimo za gostoto toka vrednosti, ki so podane v tabeli 3.

Tabela 2:

		Ravnovesni potencial v mV														
Vzo- rec	žarjeno stanje	kaljeno 900° C			kaljeno 980° C			kaljeno 1040° C			kaljeno 1120° C			kaljeno 1200° C		
		popuščano			popuščano			popuščano			popuščano			popuščano		
		—	200° C	550° C	—	200° C	550° C	—	200° C	550° C	—	200° C	550° C	—	200° C	550° C
J	—680	—562	—548	—635	—530	—525	—603	—541	—555	—574	—564	—665	—535	—580	—575	—604
K	—580	—662	—615	—565	—585	—594	—575	—540	—592	—635	—555	—568	—642	—604	—480	—650
L	—580	—590	—588	—615	—625	—600	—600	—545	—563	—665	—638	—595	—578	—430	—620	—555
M	—500	—620	—645	—670	—590	—565	—570	—625	—644	—605	—595	—588	—635	—535	—485	—515
N	—555	—645	—570	—650	—640	—580	—625	—605	—583	—645	—525	—550	—515	—525	—595	—592
R	—550	—625	—630	—674	—588	—604	—518	—520	—510	—655	—595	—615	—610	—535	—585	—540
S	—595	—555	—655	—620	—634	—504	—625	—590	—620	—575	—575	—615	—575	—490	—455	—622
T	—585	—548	—545	—570	—522	—520	—568	—605	—563	—645	—520	—545	—642	—588	—600	—585
P	—575	—625	—555	—630	—560	—625	—545	—570	—450	—615	—495	—605	—625	—490	—505	—525
V	—590	—615	—530	—635	—524	—545	—615	—605	—610	—640	—608	—595	—590	—450	—565	—498
Z	—655	—640	—660	—650	—610	—628	—642	—592	—594	—630	—608	—605	—615	—630	—560	—610



Slika 6

Polarizacijska krivulja za vzorec JZ

Fig. 6

Polarisation curve of JZ sample

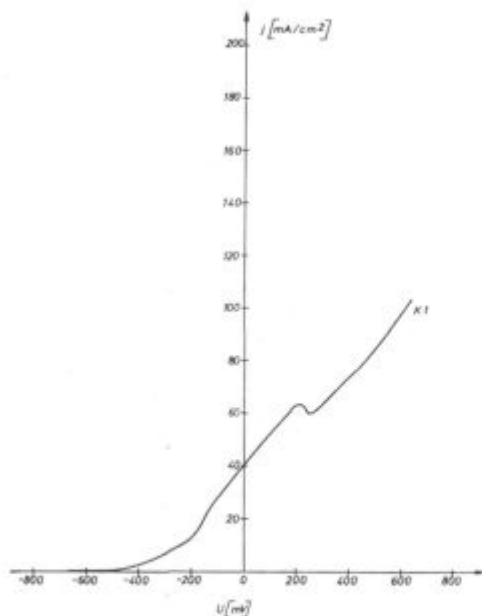
Očitno je, da tudi tu ni mogoče zaslediti kakšne tesne zveze med kemijsko sestavo vzorcev in v tabeli navedenimi vrednostmi za gostoto toka. Grobo pa lahko rečemo, da z rastočo vsebnostjo ogljika tudi gostota toka narašča, medtem ko z rastočo vsebnostjo karbidotvornih elementov gostota

Tabela 3:

Vzorec	Gostota toka j pri potencialu $U_s = 0$ mV mA/cm ²
JZ	81,0
KZ	65,0
LZ	63,8
NZ	65,0
MZ	62,4
RZ	74,0
SZ	75,0
TZ	71,0
PZ	69,6
VZ	71,3
ZZ	70,7

toka pada. Bolj zanesljivo napoved o vplivu posameznih legirnih elementov bi lahko dali le tedaj, če bi se vsebnost legirnih elementov v preizkušanih menjala še v širših mejah.

Preizkušanci, ki so bili kaljeni s temperature 900° C, imajo bolj zapletene polarizacijske krivulje. Na njih je tudi po več prevojnih točk (slika 7). Tudi tu ni mogoče podati splošne zveze med kemijsko sestavo vzorcev in obliki polarizacijskih krivulj. Pri potencialu 0 mV je gostota toka za vse vrste jekel, ki so bila kaljena pri 900° C, manjša kot pa za iste kvalitete jekel v žarjenem stanju. V potencialnih območjih, na katerih je gostota

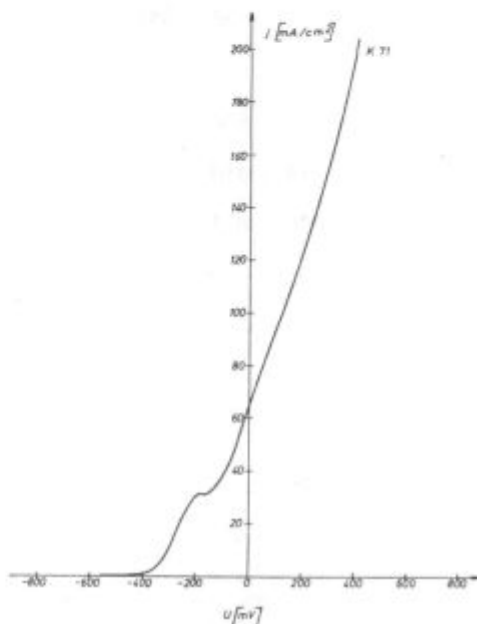


Slika 7
Polarizacijska krivulja za vzorec K 1
Fig. 7
Polarisation curve of K 1 sample

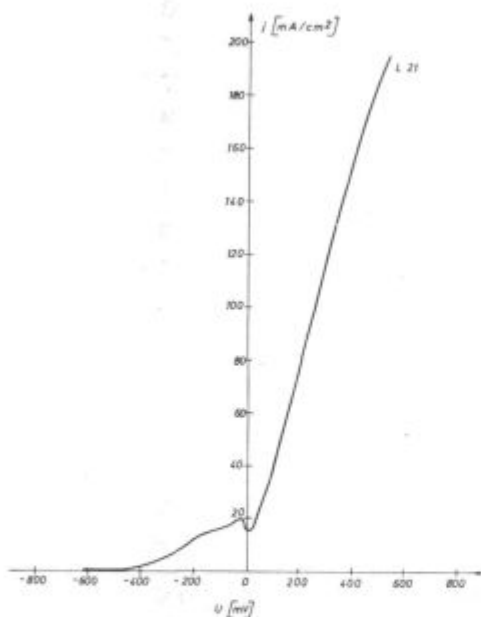
toka padajoča funkcija potenciala, se pojavi pasivacija. Nekaj vzorcev, ki so bili kaljeni s temperature 900° C, ne kaže takih območij.

Podoben potek imajo tudi polarizacijske krivulje vzorcev, ki so bili kaljeni s temperature 980° C in 1040° C (slika 8). Vsi ti vzorci imajo svojo osnovo sestavljeno iz dveh faz: α in γ . Ti dve fazi pa imata različne elektrokemične lastnosti, zato

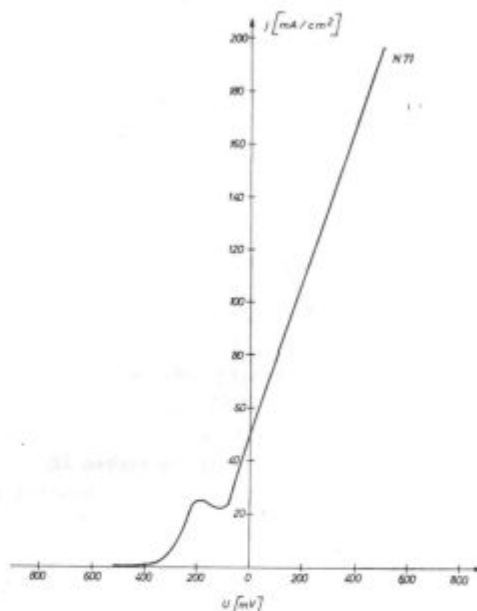
je potek krivulj gostota toka — potencial tako razgiban. Z rentgensko strukturno analizo smo ugotovili, da niti osnovni fazi nimata pri vseh omenjenih vzorcih enakih kristalografskih značilnosti, seveda pa tudi ne enakega razmerja vsebnosti. Ne moremo pa iz naših rezultatov napovedati natančnega vpliva vseh omenjenih faktorjev na obliko polarizacijskih krivulj, ker je vpliv nekontroliranih faktorjev prevelik.



Slika 9
Polarizacijska krivulja za vzorec K 71
Fig. 9
Polarisation curve of K 71 sample



Slika 8
Polarizacijska krivulja za vzorec L 21
Fig. 8
Polarisation curve of L 21 sample



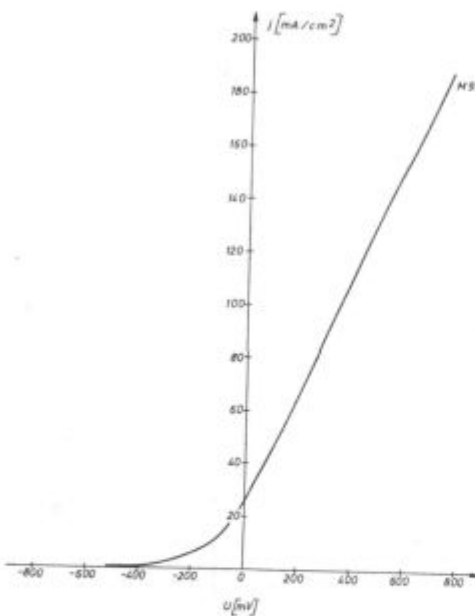
Slika 10
Polarizacijska krivulja za vzorec N 71
Fig. 10
Polarisation curve of N 71 sample

V osnovi vseh vzorcev, ki so bili kaljeni s temperature 1120° C, že prevladuje faza γ . Za te vzorce imajo polarizacijske krivulje pri okrog -200 mV koleno — znak, da tam nastopa pasivacija. Koleno je pri nekaterih vzorcih bolj izrazito, pri drugih manj (sliki 9 in 10), opazno pa je pri vseh.

Polarizacijske krivulje vzorcev, ki so bili kaljeni z najvišje temperature 1200° C, imajo spet dokaj gladek potek (slika 11). Gostota toka pri potencialu 0 mV je le okrog 20 mA/cm²; krivulje potekajo dokaj nižje kot za žarjene vzorce. Po končanem snemanju polarizacijskih krivulj smo na površini teh vzorcev opazili luknjice (slika 12), kar je znak, da na odseku polarizacijske krivulje, kjer je potencial pozitiven, gre za delno pasiven raztop. Osnova vzorcev, ki so bili kaljeni z zelo visoke temperature, je torej žlahtnejša kot pri žarjenih vzorcih. Iz tega zaključujemo, da se je pri visoki temperaturi v osnovi raztopilo nekaj legirnih elementov (zlasti kroma), ki so bili pri ostalih vzorcih vezani v karbide.

Vzorci, ki so bili po kaljenju še popuščani pri temperaturi 200° C, ne kažejo nikakršnih sprememb elektrokemičnih lastnosti glede na kaljeno stanje (slika 13). Polarizacijske krivulje imajo enak potek, kot je že bilo opisano za posamezne temperature kaljenja. Očitno je, da tako nizka temperatura popuščanja še ne vpliva na strukturo vzorcev.

Večina vzorcev, ki so bili najprej kaljeni s temperature 900° C, 980° C ali 1040° C ima po popuščanju pri temperaturi 550° C podoben potek polarizacijskih krivulj kot žarjeni vzorci (slika 14). Nekaj tistih, ki so bili najprej kaljeni s temperature 900° C, imajo pri potencialu 0 mV celo večjo

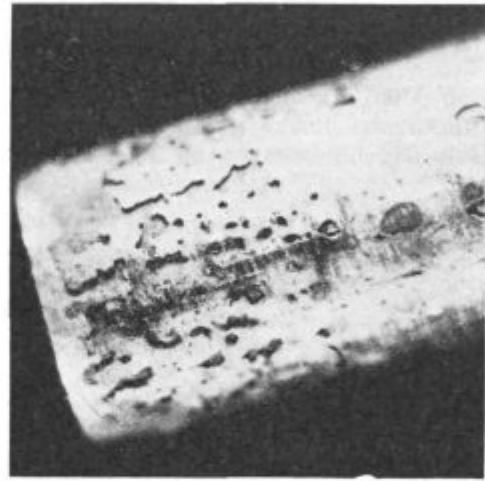


Slika 11

Polarizacijska krivulja za vzorec M 91

Fig. 11

Polarisation curve of M 91 sample

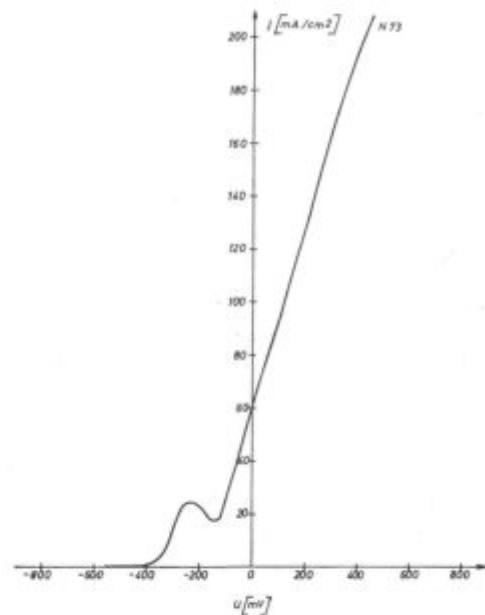


Slika 12

Luknjice na površini vzorca P 91 po končanem snemanju polarizacijske krivulje

Fig. 12

Pits on surface of P 91 sample after taking the polarisation curve was completed



Slika 13

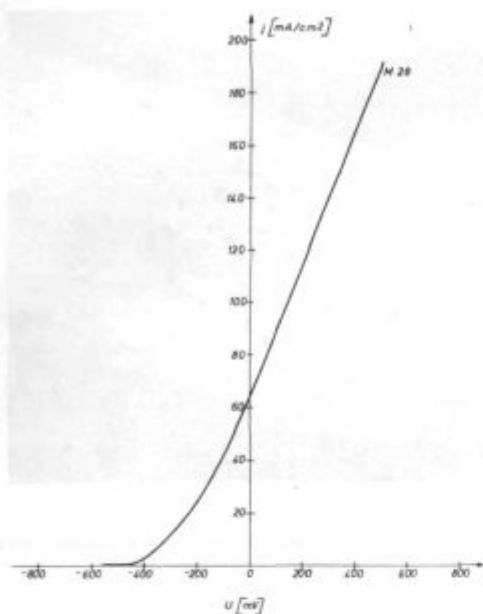
Polarizacijska krivulja za vzorec N 73

Fig. 13

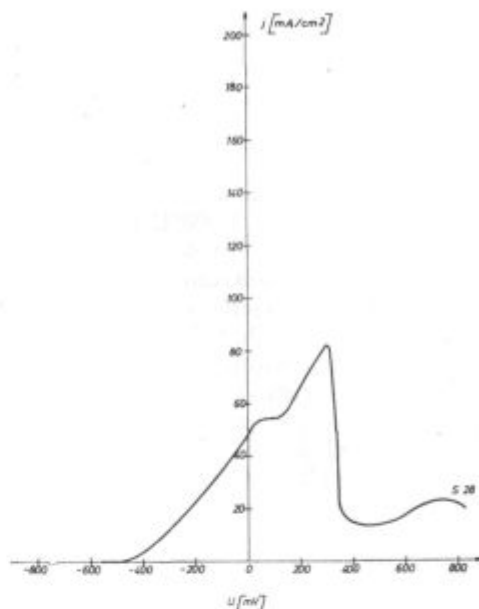
Polarisation curves of N 73 sample

gostoto toka kot žarjeni preizkušanci, torej so korozivno še manj odporni (slika 15). Tisti preizkušanci, ki so bili najprej kaljeni s temperature 980° C in 1040° C, pa kažejo pri potencialu 0 mV manjšo gostoto toka kot žarjeni vzorci. Nekaj izmed teh vzorcev ima tudi dokaj nepričakovano obliko polarizacijske krivulje (slika 16), kar pripisujemo slabi površinski obdelavi preizkušancev.

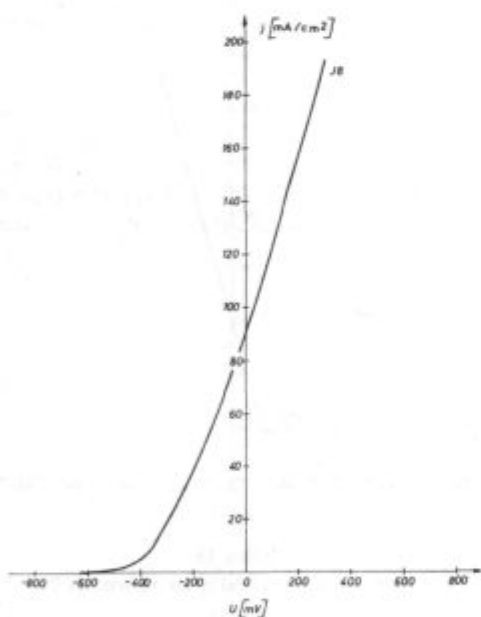
Vzorci, ki so bili najprej kaljeni s temperature 1120° C, oziroma 1200° C, kažejo po popuščanju pri temperaturi 550° C še vedno podobne polarizacij-



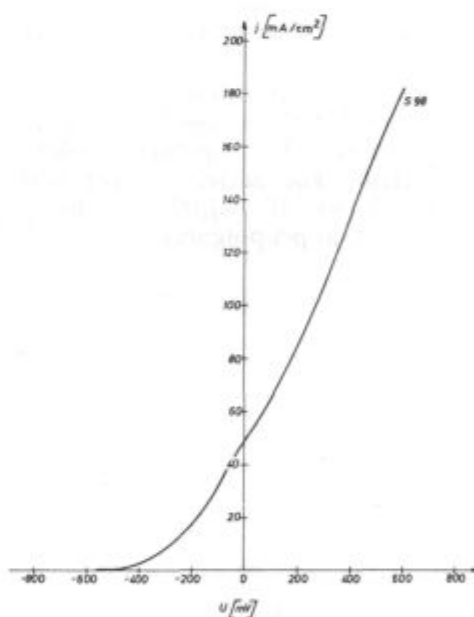
Slika 14
Polarizacijska krivulja za vzorec M 28
Fig. 14
Polarisation curves of M 28 sample



Slika 16
Polarizacijska krivulja za vzorec S 28
Fig. 16
Polarisation curves of S 28 sample



Slika 15
Polarizacijska krivulja za vzorec J 8
Fig. 15
Polarisation curves of J 8 sample



Slika 17
Polarizacijska krivulja za vzorec S 98
Fig. 17
Polarisation curves of S 98 sample

ske krivulje kot v kaljenem stanju, le da potekajo pri nekoliko višjih gostotah toka (slika 17). Iz tega lahko zaključimo, da je pri vzorcih, ki so bili predhodno kaljeni z zelo visoke temperature, težje spremeniti fazno sestavo s popuščanjem. To je potrdila tudi rentgenska strukturna analiza vzorcev.

Pri snemanju polarizacijskih krivulj smo tudi poskusili, kako čas elektrolitskega raztapljanja

pri danem potencialu vpliva na izmerjene točke v koordinatnem sistemu gostota toka — potencial. Ugotovili smo, da se gostota toka pri danem potencialu spreminja še po tridesetih minutah. V nekaterih primerih pada, v drugih raste. Polarizacijske krivulje bi imele torej drugačen potek, če bi si namesto enominutnega držanja pri danem potencialu izbrali kakšen drugi čas.

Primerjava mas odtopljenega dela preizkušancev in računsko določenega pretečenega naboja med snemanjem polarizacijskih krivulj je potrdila, da gre železo v vseh primerih dvovalentno v raztopino.

ZAKLJUČKI

Pri raziskavi elektrokemičnih značilnosti osnove ledeburitnih orodnih jekel smo določali polarizacijske krivulje teh jekel v 3 % raztopini KBr v vodi. Pri tem smo ugotovili:

— Med polarizacijskimi krivuljami posameznih primerkov ledeburitnih orodnih jekel, ki so bila enako toplotno obdelana, ni bistvene razlike. Kaže se le tendenca, da poteka intenzivnejše elektrolitsko raztapljanje pri tistih vzorcih, ki vsebujejo več ogljika in manj karbidotvornih elementov.

— Zarjeni vzorci gredo v celem potencialnem območju med mirovnim potencialom in + 1000 mV železo-II aktivno v raztopino.

— Mirovni potencial leži za vse preiskovane vzorce med -700 mV in -450 mV.

— Vzorci, ki so bili kaljeni z nižjih temperatur, kažejo še vedno železo-II aktivni raztop, vendar so na polarizacijskih krivuljah opazni efekti pasivacije.

— Vzorci, ki so bili kaljeni s temperature 1200° C, gredo v pozitivnem območju potencialov železo-II delno pasivno v raztopino.

— Popuščanje pri temperaturi 200° C ne vpliva na potek polarizacijskih krivulj, popuščanje pri temperaturi 550° C pa povzroči hitrejši elektrolitski raztop pri danem potencialu.

— Pri vseh vzorcih je pri potencialu -200 mV že tolikšna gostota toka (vsaj 5 mA/cm²), da že pride v poštev za elektrolitski raztop osnove preiskovanih jekel.

Literatura

1. W. Schwenk: Elektrochemische Untersuchungsverfahren in der Korosionschemie, Neuere metallkundliche Untersuchungsverfahren; Verlag Stahleisen M. B. H., Düsseldorf 1970.
2. W. Koch: Metallkundliche Analyse, Verlag Stahleisen M. B. H., Düsseldorf 1965.
3. O. Opravil: Erfassung von Gehalt und chemischer Zusammensetzung der σ - Phase in austenitischen Chrom-Nickel-Stählen mit rd. 18 % Cr, 8 % Ni und 2 bis 10 % Mo, Arch. Eisenhüttenwes. 45 (1974), str. 257.
4. J. Rodič: Razvoj metodike raziskav in kvantitativno analiziranje vplivov kemijske sestave, pogojev izdelave in predelave ter toplotne obdelave na karakteristične lastnosti visokolegiranih orodnih jekel ledeburitnega tipa, naloga MI 237, Ljubljana 1974.

ZUSAMMENFASSUNG

Es sind mit einem Potentiostat die Polarisationskurven von elf Varianten der ledeburitischen Werkzeugstähle aufgenommen worden. Dabei ist nur eine Elektrolytzusammensetzung verwendet worden: 3 % KBr Lösung im Wasser. Bei jeder Variante sind die Stahlproben auf folgende Weise wärmebehandelt worden: gegläht, im Öl gehärtet von 900° C, 980° C, 1040° C, 1120° C und 1200° C und nach dem Härten von diesen Temperaturen noch bei 200° C und 550° C nachgelassen worden. In den gemessenen Kurven sind die elektrochemischen Eigenschaften der Grundmasse der untersuchten Stähle ausgedrückt, denn die anderen Bestandteile sind nicht bei der elektrolytischen Lösung im untersuchten Potentialbereich mitbeteiligt.

Nach der beendeten Kurvenaufnahme Stromdichte-Potential haben wir bei jeder Probe die Oberfläche überprüft, dass wir sicher den Typ der elektrochemischen Lösung bewerten konnten.

Die Messungen zeigten, dass zwischen den untersuchten Sorten der ledeburitischen Werkzeugstähle keine grösseren Unterschiede in elektrochemischen Eigenschaften bestehen, wenn die Proben gleichartig wärmebehandelt sind. Es ist eine Tendenz sichtbar, dass bei einem bestimmten Potential diejenigen Proben, welche einen grösseren Kohlenstoffgehalt und weniger karbidbildende Elemente aufweisen, schneller in die Lösung gehen. Die elektrochemischen Eigenschaften sind stark von der Härtetemperatur abhängig.

Der Einfluss der Austenitisierungstemperatur ist auch nach dem nachträglichen Anlassen erkennbar. Je höher die Austenitisierungstemperatur desto edler ist die Grundmasse der untersuchten Stähle.

Wir haben festgestellt, dass die Karbidisolierung bei allen untersuchten Proben schon bei einem Potential von -200 mV genügend schnell verlaufen würde.

SUMMARY

Polarisation curves of eleven ledeburite tool steel were taken by potentiostate. 3 % solution of KBr in water was used as the only type of electrolyte for all the samples. Samples of each steel were preliminary heat treated: annealed, quenched in oil from 900° C, 980° C, 1040° C, 1120° C, and 1200° C, and after quenching from the mentioned temperature additionally tempered at 200° C and 550° C. In the measured curves electrochemical properties of matrix of the tested steel are expressed since other phases do not dissolve electrolytically in the investigated potential region. After current density - potential curves were taken the surface of each sample was investigated in order to reliably estimate the type of electrolytic dissolution.

The measurements showed that electrochemical properties of various ledeburite tool steel did not vary much if the samples were heat treated in the same way. The tendency is apparent that at certain potential the dissolution of those samples is faster which contain more carbon and less carbide forming elements. But the quenching temperature has a great influence on the electrochemical properties. Influence of the austenitisation temperature can be observed even after additional tempering. The higher is the austenitisation temperature the more noble is steel matrix. It was found that isolation of carbides in all the tested samples would be fast enough already at the potential -200 mV.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При помощи стабилизатора напряжения выполняли съемки поляризационных кривых одиннадцати вариантов ледобуритных инструментальных сталей. Как электролит употребили только 3% раствор KBr в воде. Образцы всех вариантов стали подвергали отжигу и закалки в масле при темп-ах 900°, 980°, 1.040°, 1.120° и 1.200° Ц, после чего отпущены при 200° и 500° Ц. Измеренные кривые выражают собой электрохимические свойства основной массы исследованных сталей, так как остальмые фазы не участвовали при электролитической растворимости в потенциальном диапазоне исследований. По окончании съемки кривых густота тока-потенциал просмотрена поверхность каждого образца и таким образом надежно выполнена оценка электрохимического растворения. Измерения показали, что между исследованными сортами ледобуритной

инструментальной стали, что касается электрохимических свойств, нету больших разниц, если образцы одинаково термически обработаны. Отмечено также, что при определенном потенциале быстрее растворяются образцы, которые содержали больше углерода и меньше карбидообразующих элементов. На электрохимические свойства имеет большое влияние температура закалки. Влияние температуры аустенизации отмечено также после последующего снятия напряжения. Чем выше температура аустенизации тем более выразительно улучшение основной массы исследованных сталей. Установили, что изолирование карбидов при всех испытанных образцах дается достаточно быстро уже при потенциале — 200 мв.

Tehnične novice

Popuščni diagrami ledeburitnih orodnih jekel v razširjenem območju

Jože Rodič

Železarna Ravne izvaja obsežen večletni raziskovalno razvojni projekt na področju ledeburitnih orodnih jekel. Za izvajanje programa raziskav lastnosti smo izbrali poleg eksperimentalnih talin s posebnimi sestavami tudi šarže iz redne proizvodnje za vse vrste obravnavane družine jekel. Določeno količino jekla iz teh šarž smo za raziskovalni program projekta pretalili po postopku EPZ (električno pretaljevanje pod žilindro), seveda pa smo tudi z jeklom v konvencionalni izvedbi opravili vse preiskave za ugotavljanje osnovnih lastnosti. Raziskave vplivov kaljenja in popuščanja v močno razširjenem temperaturnem območju doslej še niso bile izvedene v taki obliki in takem obsegu, za prakso pa so prav rezultati teh preiskav zelo zanimivi in neposredno uporabni. Zato ta delček iz raziskovalnega projekta posredujemo kot informacijo v okviru tehničnih novic.

KALILNE VRSTE

Na področju izbire ali kontrole temperatur kaljenja je v kalilnicah zelo udomačen tehnološki poizkus pod imenom »kalilna vrsta«. Pri tem poizkusu, ki se izvaja v zelo različnih variantah glede stopnje natančnosti, s serijo prob preizkušamo vpliv različnih temperatur avstenitizacije na doseženo trdoto po kaljenju. Pri tem se največkrat uporabljajo probe kv. 20 do 30 mm. Če probe v kaljenem stanju prelomimo, dobimo s pregledom zrnatosti prelomnih ploskev še dodatno pomembno oceno, ki je neposredno odvisna od pogojev avstenitizacije, katerih ustreznost kontroliramo. Pri večini različnih vrst jekel zadošča splošen pregled prelomne ploskve in opisna ocena, ker v odvisnosti od temperature kaljenja dobimo zelo jasne razlike v zrnatosti prelomne ploskve. Za natančnejše ocene se poslužujemo primerjalnih talonov, od katerih se največ uporabljajo Shepherdovi¹. Pri plitko kaljivih jeklih ocenjujemo še globino kaljene plasti.

Kalilne vrste povezujemo večkrat še z metalografskim določanjem velikosti avstenitnega zrna.

Pri fino zrnatih legiranih nadevtektoidnih in še posebno pri ledeburitnih orodnih ter brzoreznih jeklih je potrebna za ocenjevanje prelomov precejšnja izkušnost, ker razlike v zrnatosti niso tako očitne. Pri slednjih zaradi prisotnosti karbidov skoraj ne moremo po zrnatosti preloma v kaljenem stanju ugotavljati spodnje meje tako imenovane podkaljenosti jekla, vsekakor pa je za ocenjevanje potrebna ena od natančnejših metod.

DIAGRAMI POPUŠČANJA

Več enako kaljenih prob popuščamo pri različnih temperaturah in po popuščanju merimo trdoto. V diagramu, kjer nanašamo na abscisi temperaturo popuščanja, na ordinati pa trdoto, dobimo krivuljo, ki nam ponazarja vpliv popuščanja na spremembe trdote pri danih pogojih kalje-

nja. Družina takih krivulj za različne temperature in načine kaljenja nam dokaj nazorno prikazuje vpliv kaljenja in popuščanja na trdoto jekla določene taline. Te odvisnosti karakterizirajo zelo pomembne specifične lastnosti jekla, ki so za uporabo pri orodjih med odločilnimi.

Če razpolagamo z dokumentacijo rezultatov takega preizkušanja za več šarž, lahko s pomočjo metod matematične statistike ob določeni statistični zanesljivosti podajamo pasove popuščanja za posamezne temperature in načine kaljenja ali pa za določen interval temperatur kaljenja, ki so pri normalni toplotni obdelavi običajne po podatkih proizvajalca jekla^{2,3}.

Pri uporabi takih diagramov popuščanja moramo seveda upoštevati dimenzije preizkušancev v odnosu z dejanskimi dimenzijami in obliko orodja. Vsakokrat moramo podati tudi trajanje popuščanja, ki mora biti pri vseh temperaturah popuščanja enako. Medsebojni odnos vplivov temperature in trajanja popuščanja je podan na diagramih z odvisnostjo trdote od poznane parametra P (Hollomon — Jaffe)¹. V izrazu medsebojne odvisnosti temperature in časa s parametrom P uporabljamo po podatkih iz literature in na osnovi dosedanjih lastnih izkušenj pri vseh orodnih jeklih vrednost materialne konstante $C = 20$.

Diagrami popuščanja za različne temperature kaljenja v območju normalno uporabljenih temperatur so poznani iz katalogov^{2,3}. Pri naših raziskavah pa smo preizkušanje izvršili v močno razširjenem območju temperatur kaljenja. Zaradi medsebojnih primerjav smo pri vseh vrstah jekel uporabili iste variante toplotne obdelave v najširšem območju od izrazitega »podkaljenja« do občutnega »pregretja« brez kakršnih koli predpostavk ali omejitev območij pod vplivom običajnih področij uporabnosti jekel za izdelavo orodij namenjenih za delo v hladnem ali v vročem stanju.

Na naslednjih slikah so za tipične vrste ledeburitnih orodnih jekel podani rezultati preizkušanja ločeno za kaljenje v olju in za kaljenje na zraku. Probe so imele presek 20 mm × 20 mm. Tabela pa podaja pregled kemijskih sestav preizkušanih šarž.

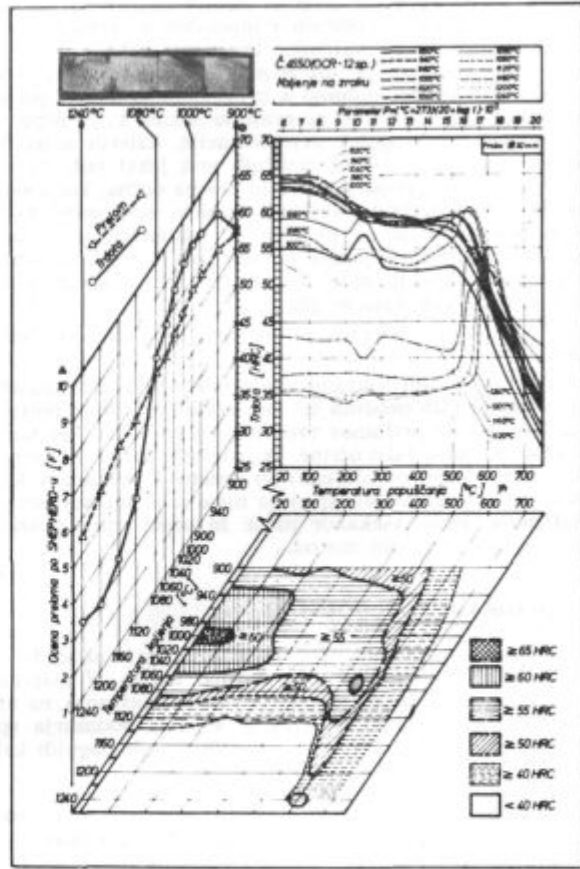
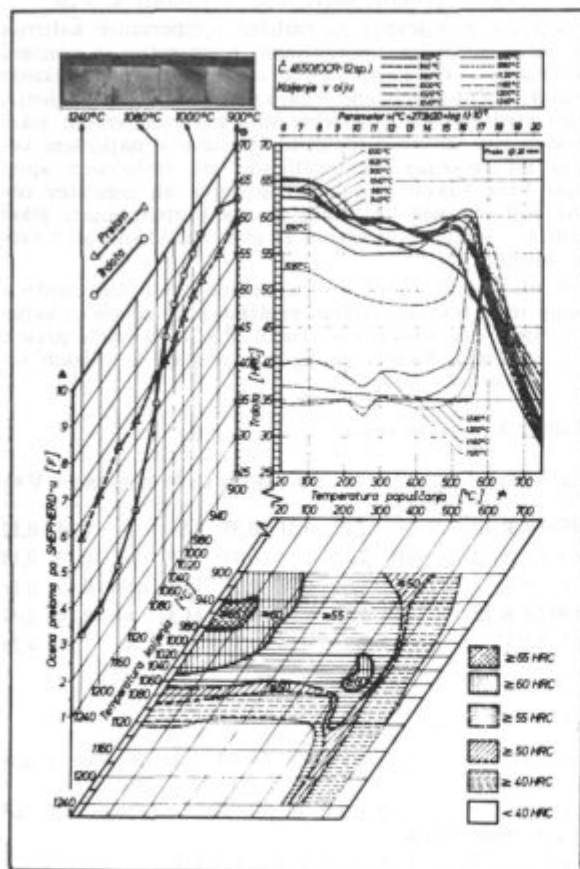
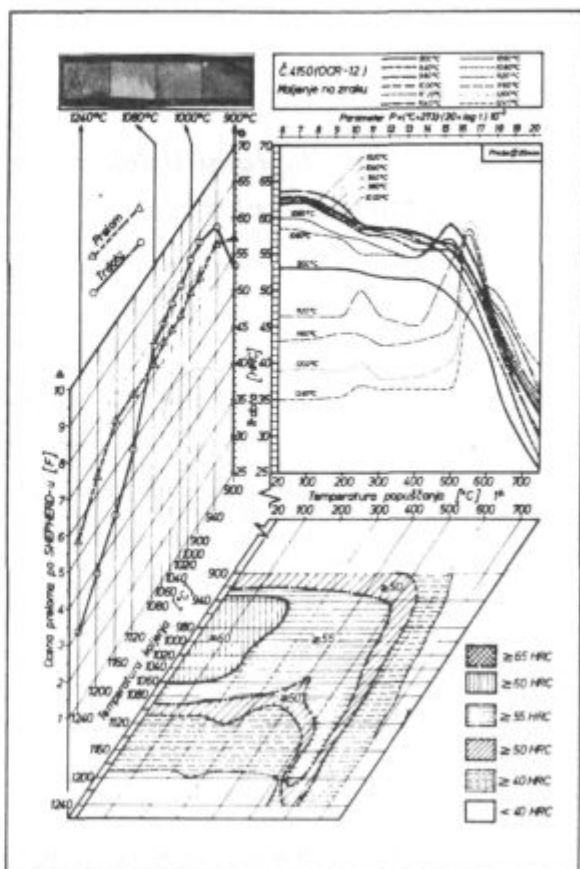
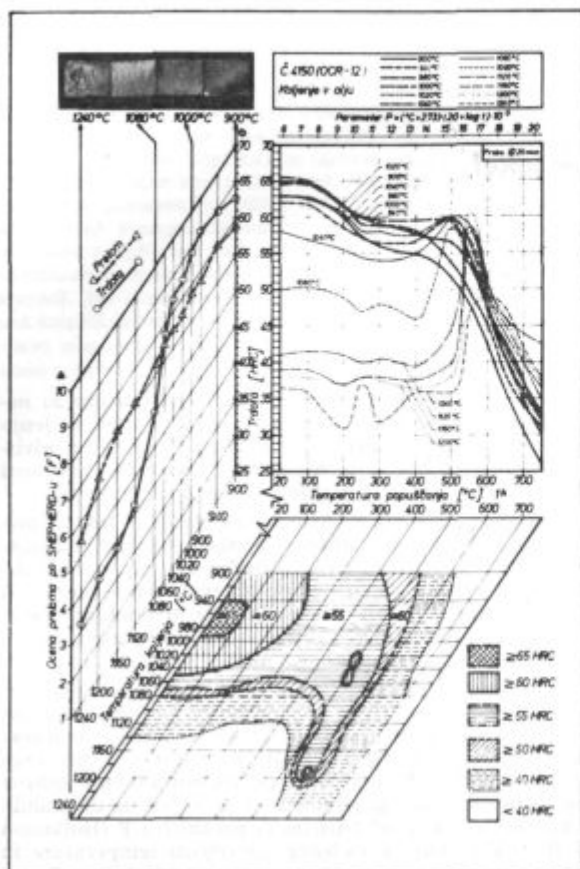
Tabela kemijskih sestav

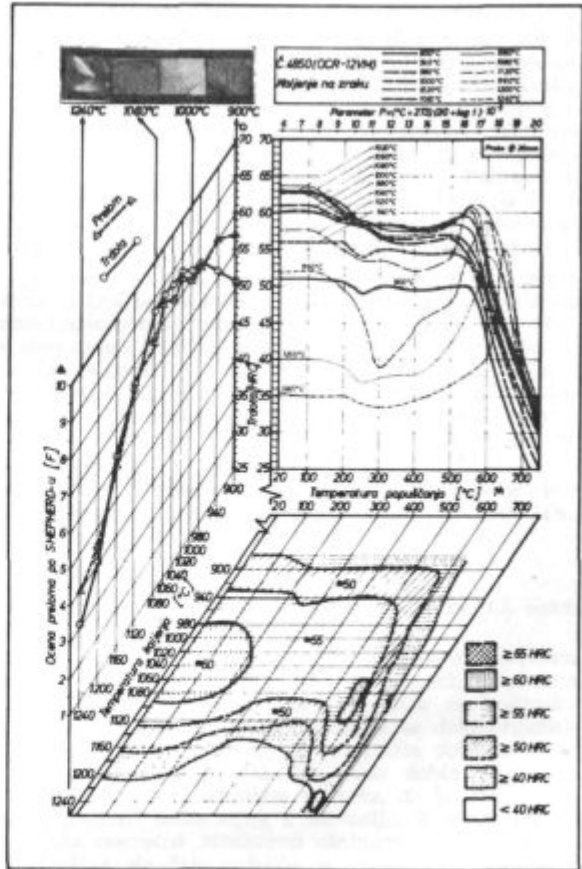
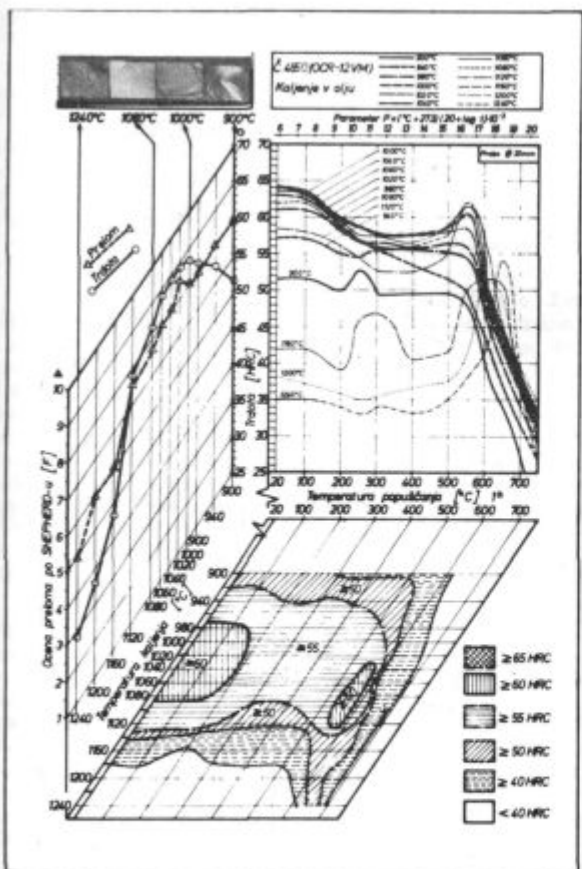
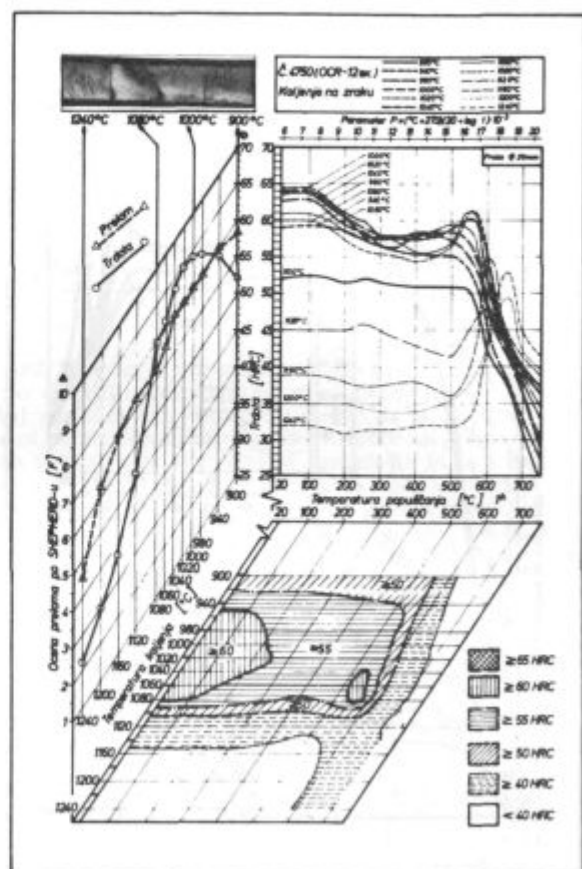
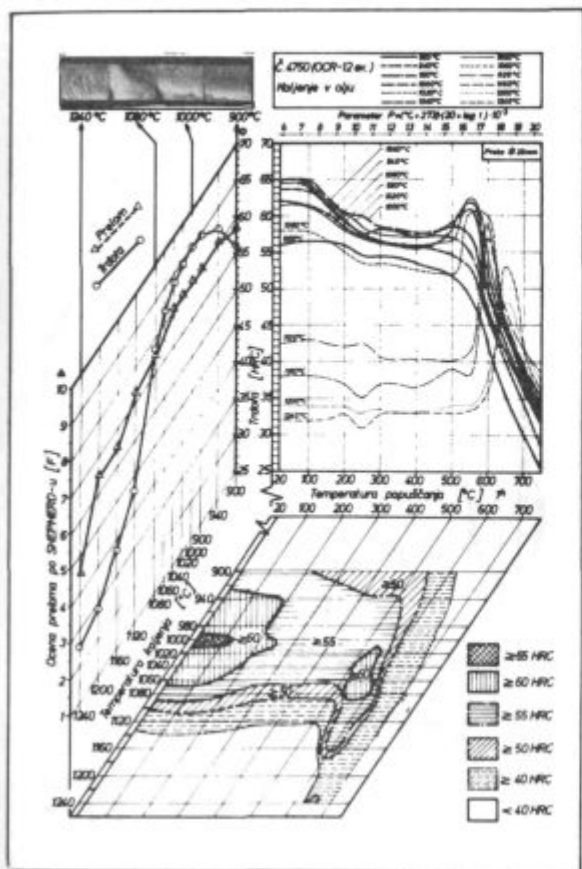
Vrsta jekla	C %	Si %	Mn %	Cr %	W %	Mo %	V %
C. 4150 OCR 12	2,17	0,31	0,33	12,0	—	0,04	0,12
C. 4650 OCR 12 special	2,13	0,17	0,34	11,8	0,67	0,10	0,14
C. 4750 OCR 12 extra	1,64	0,17	0,27	12,0	0,96	0,69	0,18
C. 4850 OCR 12 VM	1,53	0,27	0,37	11,3	—	0,84	0,97
C. 4754 CRV	0,92	0,54	0,3	10,1	—	1,01	0,29

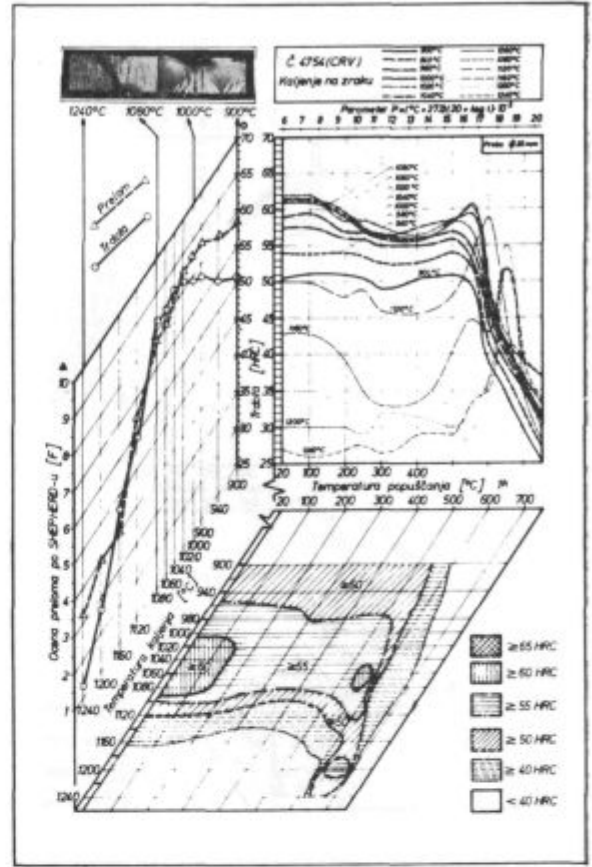
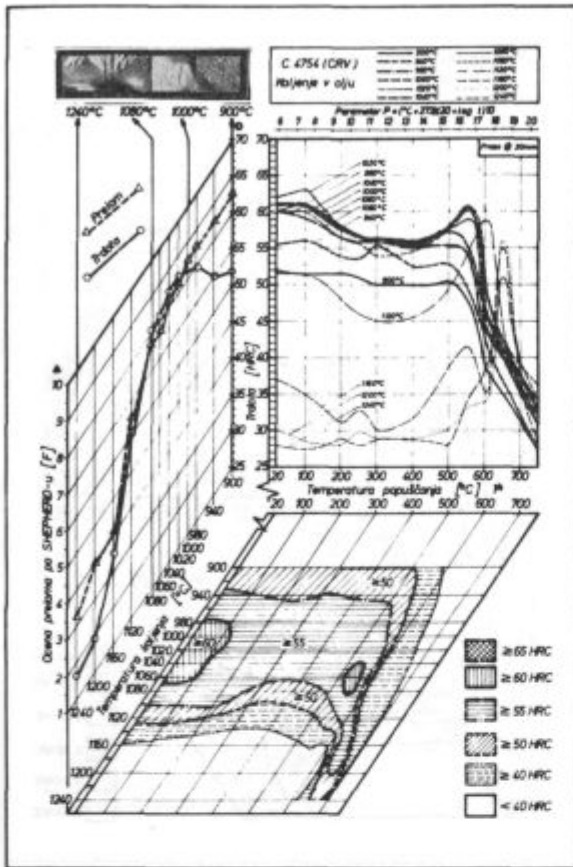
Literatura:

1. Termička obrada čelika, Metalbiro, Zagreb 1969 z letnimi dopolnitvami.
2. Katalog Železarne Ravne: Legirani alatni čelici za rad u hladnom stanju.
3. Katalog Železarne Ravne: Brzorezni čelici.

Jože Rodič je diplomirani inženir metalurgije in vodja službe za razvoj tehnologije in metalurške raziskave v Železarni Ravne.







Društvene vesti

Poročilo

o II. redni seji Predsedstva ZRGMIT-SRS, ki je bila dne 17. decembra 1975 v Ljubljani

Dnevni red:

1. Pregled zapisnika I. seje Predsedstva
2. Poročilo Izvršnega odbora:
 - 2.1 Finančno stanje
 - 2.2 Naročnina RGM-revije
 - 2.3 Statut Zveze
 - 2.4 Opravljanje strokovnih izpitov
 - 2.5 Delegatstvo v RK SZDL
 - 2.6 Strokovne ekscurzije
3. Plan dela za leto 1976
 - 3.1 Prispevki podjetij v letu 1976
4. Podelitev diplom častnim in zaslužnim članom
5. Razno

Podpredsednik dr. Paulin je razdelil diplome, s katerimi so bili odlikovani za zasluge sledeči častni in zaslužni člani: Častni člani: dipl. inž. Arzenšek Ivan, Jesenice, dipl. inž. Clemenz Hubert, Ljubljana, dipl. inž. Čop Stanko, Jesenice, dipl. tehn. Homovec Bogomil, Jesenice, dipl. inž. Nikolič Miroslav, Jesenice, dipl. inž. Bukovec Vinko, Ljubljana, dipl. inž. Freyer Rihard, Ljubljana. Zaslužni člani: dipl. inž. Arh Joža, Jesenice, dipl. tehn. Bertonec Jože, Jesenice, dipl. inž. Sketa Martin, Jesenice, dipl. tehn. Jan Franc, Trbovlje, dipl. inž. Majdič Cveto, Trbovlje, dipl. inž. Sikovec Rudi, Trbovlje in dipl. inž. Ušeničnik Matija, Trbovlje.

Predsednik dipl. inž. Bizjak je vsem odlikovancem prisrčno čestital.

Pregled zapisnika I. seje Predsedstva: Podpredsednik dr. Paulin je k zapisniku pripomnil, da je bil izvoljen Izvršni odbor, ki je imel dosedaj dve seji, na katerih je bilo obravnavano finančno stanje Zveze, novi statut in njegove spremembe v skladu z Zakonom o društvih. Zapisnika teh sej so prejele tse podružnice. K zapisniku I. seje Predsedstva ni bilo pripomb.

Poročilo Izvršnega odbora: Finančno stanje Zveze: Saldo, ki je bil 1. VII. 1975 — 7.750 NDin, se je zmanjšal tako, da je bilo 12. XII. samo še 170 NDin, ki se je pa po 12. XII. pokrtil. Organizacija strokovne ekscurzije v Doneck je pripomogla Zvezi, da je v precejšnji meri pokrila negativen saldo v prvi polovici leta. Članarine smo prejeli letos okrog 9.000.— in prispevkov podjetij 4.300.—, tako, da je bilo skupno 13.300 Din. Od tega smo morali odvesti Zvezi inženirjev in tehnikov Slovenije za vzdrževanje in popravila stavbe, v kateri ima Zveza prostore, 9.110 Din s povišano najemnino, bremenila nas je subvencija za RGM-revijo, ki so jo dobivali posamezni člani, ter povišani stroški administracije.

Na to poročilo je pripomnil predsednik, da bomo na ta način prišli v novo leto prazni in da je nujno pomisliti na kake ukrepe. Dr. Paulin je povedal, da je bil povabljen s tajnikom inž. Kersničem na RK SZDL glede uskladitve novega statuta in je na njegovo pripombo, da bi se prispevki podjetij vnesli tudi v statut, zvedel, da to ni možno in da se lahko napravi s podjetji le dogovor o financiranju na osnovi plana dela. Možnost za izboljšanje finančnega položaja bi bila priprava strokovnih ekscurzij. Tako je v planu ekscurzija na rudarsko svetovno razstavo v Düsseldorfu in v bazen Bor, Zveza pa prosi še za nadaljnje sugestije.

Inž. Prosenc je pripomnil glede prispevkov podjetij, da so po večini še vedno isti kot pred 15 leti in bi bilo treba nekaj ukreniti. Inž. Bajželj je menil, da bi bilo potrebno poslati prošnje podjetjem preko društev za prispevke oziroma kotizacijo za udeležbo na seminarjih in to v začetku leta, ko se po podjetjih obravnava razdelitev stroškov. Zato je bil sprejet sklep, da pripravi Izvršni odbor na prvi naslednji seji plan, kakšne akcije bo Zveza podvzela za prihodnje leto, organizacijo ekscurzij in posvetovanj, ki naj se dostavi podjetjem naše stroke. Posamezniki, ki niso zaposleni, bi bili oproščeni kotizacije za udeležbo na seminarjih oziroma posvetovanjih.

Glede naročnine za RGM-revijo smo vsem naročnikom poslali dopis, da Zveza ne more več regresirati izvod z 1,47 Din, tako, da bodo morali od 1. I. 1976 plačevati celotni znesek naročnine za izvod. Dosedaj je revijo odpovedalo 15 naročnikov. Te dni smo prejeli dopis od Zveze IT Jugoslavije, da se naročnina poviša za 50 %, t. j. na 150 Din za izvod, doslej je stal izvod 100 Din, mi pa smo dobili pri odvzemu večjega števila izvodov za vso Slovenijo 50 % popust. Če nam bodo odobrili popust še vnaprej, nas bo stal izvod revije RGM 75 Din in bomo morali tudi naročnikom zvišati ceno izvoda nekaj čez 6 Din. Podružnice bodo še nadalje dobivale po en izvod brezplačno.

Statut Zveze: Notranja uprava nam je zavrnila Statut, ki smo ji ga dostavili, s pripombo, da ni v skladu s 4. in 6. členom Zakona o društvih. Tudi Socialistična zveza delovnega ljudstva Slovenije je pozvala naša predstavnik, da se zgleda pri njej radi statuta. V soglasju z njo smo Statut spremenili in ga bomo ponovno predložili Notranji upravi v potrditev. Glavni popravek je bil, da so društva člani Zveze, opustili smo založniško dejavnost. Popravljeni Statut so prejele podružnice z vabilom na II. sejo Predsedstva. Statut bo ponovno sprejet na prihodnji Skupščini, ki bo predvidoma spomladi 1976 skupaj s posvetovanjem.

Tajnik inž. Kersnič je obvestil navzoče, da smo dobili od Zveze inženirjev in tehnikov Slovenije dopis in program o opravljanju strokovnih izpitov. Na naš dopis podružnicam smo dobili le nekaj odgovorov s pripombami. Ko se je tajnik pogovoril s inž. Žolnirjem (Rudarski organ), je zvedel, da bo v kratkem izšel nov pravilnik o strokovnih izpitih v rudarstvu. Osnutka Zveza ni dobila v razpravo. Zaenkrat naj bi ostalo glede strokovnih izpitov tako, kot dosedaj.

Naša Zveza je dobila dopis v sklopu Zveze gradbenikov in geodetov, da imenuje svojega delegata za RK SZDL. Izvršni odbor je predlagal dr. Paulina za člana te delegacije. Dr. Paulin je postal tudi član predsedstva ZITS. V petek, 19. 12. bo Skupščina ZITS, za katero je Zveza vsled kratkega roka določila delegate: dr. Paulin, inž. Kersnič ml. in dr. Prosenc.

Koncem avgusta 1975 je Zveza organizirala uspešno ekscurzijo v SZ na rudarsko razstavo v Doneck. Pripravlja pa se v maju prihodnjega leta ekscurzija na rudarsko razstavo v Düsseldorfu. Preko Zveze bi se dalo organizirati tudi metalurška srečanja, če bi prišla pobuda za to od metalurških društev. Oktobra smo dobili dopis od Društva inženirjev in tehnikov iz Bora, da bi želeli priti na ogled podjetij naših strok v Slovenijo. Zveza bi potem organizirala povratno strokovno ekscurzijo v Bor. Zveza prosti društva, da dajo pobudo za organizacijo ekscurzij

v domačem merilu. O pripravi vsake ekskurzije bo Zveza obvestila vsa društva z okrožno pravočasno.

Inž. Cop z Jesenic je obvestil, da pripravlja Združenje jugoslovanskih železarjev Dan metalurgov v Zenici. Zveza bi lahko organizirala udeležbo na tej prireditvi.

Plan dela: Program dela smo obdelali že v prejšnjih točkah in bomo program posvetovanj in ekskurzij dostavili obenem s prošnjo za kotizacijo oziroma prispevek podjetjem naše stroke preko društev in to predsedniku ali tajniku za posredovanje pri svojem podjetju.

Razno: Od ZITS smo dobili dopis, da zveze prijavijo potrebo po značkih IT. Okvirna cena 6 Din.

Jugoslovanski center za tehnično dokumentacijo je zaprosil za brezplačni izvod publikacij, ki jih izdajajo društva, pravitako za preliminirane programe posvetovanj.

Glede naziva plaket, ki bi jih Zveza izdala kot priznanje zaslužnim članom oziroma osebam naše stroke, so sledeči predlogi: Hacquet, Ziga Zois, pobudnik ustanovitve Rudarskega odseka pri Univerzi leta 1919, Izvršni odbor pa predloge prediskutira.

Inž. Zagoričnik iz Velenja je omenil, da bi bilo spomladi v okviru posvetovanj lahko tovariško srečanje diplomantov 1945—1955.

Dipl. inž. Nikolič se je na koncu zahvalil v imenu častnih in zaslužnih članov za imenovanja.

Podpredsednik ZRGMIT SRS
dr. inž. Andrej Paulin

Obvestilo Zveze inženirjev in tehnikov Slovenije

Zveza inženirjev in tehnikov Slovenije je s 1. januarjem 1976 prevzela izključno prodajo za Slovenijo jugoslovanskih standardov, kakor tudi vseh drugih publikacij, ki jih izdaja Jugoslovanski zavod za standardizacijo v Beogradu.

Cene za standarde so navedene v katalogu JUS.

Podrobnejše informacije daje Zveza inženirjev in tehnikov Slovenije, Erjavčeva 15, Ljubljana. Telefon 061/21-942.

Odgovorni urednik: Jože Arh, dipl. inž. — Člani Jože Rodič, dipl. inž., Viktor Logar, dipl. inž., Aleksander Kveder, dipl. inž., Edo Zagar, tehnični urednik.

Oproščeno plačila prometnega davka na podlagi mnenja Izvršnega sveta SRS — sekretariat za informacije št. 421-1/72 od 23. 1. 1974

Naslov uredništva: ZPSŽ — Železarna Jesenice, 64270 Jesenice, tel. št. 81-341 int. 880 — Tisk: GP »Gorenjski tisk«, Kranj

VSEBINA

UDK 669.263.1
ASM-SLA Cr b

B. Dobovišek

Vpliv nekaterih dodatkov na električno prevodnost žilindre, ki nastaja pri proizvodnji FeCr carbure

Železarski zbornik 10 (1976) 1 s 1—6

Podani so rezultati preiskav električne upornosti staljenih FeCr carbure žilinder, katerim je bil dodan kremen, glinica, apno in jedavec. Analiziran in podan je vpliv temperature in omenjenih dodatkov na električno upornost žilindre.

Električna upornost se z dodatkom CaO, CaF₂ in SiO₂ močno zmanjša, Al₂O₃ pa v območju preiskanih koncentracij nima bistvenega vpliva na električno prevodnost.

Avtorski izvleček

UDK 669.14.018.26 — 122.4 — 418.25
ASM-SLA: STd, F23

J. Arh, A. Pavliček

Vpliv žvepla v grodlju in jeklu na izdelavo specialnih toplovaljanih trakov za globoki vlek

Železarski zbornik, 10 (1976), št. 1, s 25—36

Železarna Jesenice gradi novo hladno valjarno za proizvodnjo dinamno in nerjavnih hladnovaljanih trakov in jekel za globoko vlečenje iz nepomirjenega in z aluminijem pomirjenega jekla.

Obraunavan je vpliv žvepla v surovem železu na vsebnost žvepla ob raztalitvi in v končni analizi.

Podano je statistično vrednotenje vsebnosti žvepla v surovem železu, kakor tudi predlog za izdelavo surovega železa z nizko vsebnostjo žvepla.

Avtorski izvleček

UDK 662.741
ASM-SLA: RMj 43

B. Dobovišek

Vpliv temperature karbonizacije na oksireaktivnost trdnih goriv, izdelanih iz kosovskega lignita

Železarski zbornik, 10 (1976) 1, s 7—11

Karbonizacija naših rjavih premogov in lignitov postaja dandanes pri spoznanju, da lahko ostanemo neodvisni le z lastnimi surovinami, spet zanimiva. V članku je obravnavano zgorevanje lignitov s Kosova, ki so bili pripravljani pri različnih temperaturah. Za to študijo je bila uporabljena diferencialna termična analiza.

Avtorski izvleček

UDK 691.71; 541.135
ASM-SLA SS-b, P12b, P15j, S11f

F. Grešovnik

Študija elektrokemičnih lastnosti osnovne mase ledeburitnih orodnih jekel

Železarski zbornik, 10 (1976) 1, s 37—46

S pomočjo polarizacijskih krivulj smo preiskali elektrokemične lastnosti osnovne mase enajst vrst ledeburitnih orodnih jekel. Vzorci so bili v žarjenem, kaljenem in napuščnem stanju. Kot elektrolit je služila 3% vodna raztopina KBr. Preiskave niso pokazale bistvenih razlik v elektrokemijskih lastnostih, če so bili vzorci na enak način toplotno obdelani. Močan vpliv ima temperatura kaljenja, in sicer se obstojnost osnovne mase proti elektrolitičnemu raztapljanju z višjo temperaturo kaljenja poveča.

Avtorski izvleček

UDK: 621.771.8:621.746:669.14.018.252.5
ASM-SLA: F23, E12, 8-66, T6q

F. Vizjak

Platiranje jekel

Železarski zbornik, 10 (1976), 1, s 13—23

Navedena so področja uporabnosti za platirane materiale, prednosti, ki jih s tem lahko dosežemo in možnosti kombiniranja zahtevanih mehanskih in fizikalnih lastnosti.

Opisani so osnovni postopki platiranja jekel, in sicer postopek z vlivanjem in platiranje s plastičnim preoblikovanjem, ki je bilo vpeljano v proizvodnjo v Železarni Ravne.

Joža Arh

INHALT

UDK: 669.263.1
ASM/SLA: Crb

B. Dobovišek

Einfluss einiger Zusätze auf die elektrische Leitfähigkeit der Schlacke bei der Erzeugung von FeCr carbure

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 S. 1—6

Die Ergebnisse der Untersuchungen des elektrischen Widerstandes der geschmolzenen FeCr carbure Schlacke welcher Kieselerde, Tonerde, Kalk und Flusspat zugegeben worden sind, sind angegeben. Der Einfluss der Temperatur und der erwähnten Zusätze auf den elektrischen Widerstand der Schlacke wird analysiert und dargestellt. Der elektrische Widerstand wird durch Zusatz von CaO, CaF₂ und SiO₂ stark vermindert, Al₂O₃ hatte im Bereich der untersuchten Konzentrationen keinen wesentlichen Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit.

Auszug des Autors

UDK: 669.14.018.26 — 122.4 — 418.25
ASM/SLA: STd, F23

J. Arh, A. Pavliček

Einfluss vom Schwefel im Roheisen und Stahl auf die Erzeugung von Warmband für Sondertiefziehstahl

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 S. 25—36

Das Hüttenwerk Jesenice baut ein neues Kaltbandwalzwerk für die Produktion von Elektroblechqualitäten, nichtrostenden Stählen und Tiefziehblechqualitäten aus unberuhigten und mit Aluminium beruhigten Stahl. Durch diese Produktion wird eine bessere Stahlqualität verlangt, vor allem ein niedriger Schwefelgehalt in Tiefziehstählen. Der Einfluss von Schwefel im Roheisen auf das Schwefelgehalt in der ersten Probe und in der Endanalyse wird bearbeitet. Eine statistische Bewertung der Schwefelgehalte im Roheisen wird angegeben, und auch ein Vorschlag für die Erzeugung von Roheisen mit niedrigen Schwefelgehalt.

Auszug des Autors

UDK: 662.741
ASM/SLA: RMj43

B. Dobovišek

Einfluss der Karbonisierungstemperatur auf die Oxidieraktivität der festen Brennstoffe welche aus Lignit Kosovo hergestellt sind

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 S. 7—11

Die Karbonisierung unserer Brunkohlen und Lignite wird heutzutage bei der Erkenntnis, dass wir nur mit eigenen Rohstoffen unabhängig bleiben können, wieder interessant. Im Artikel wird die Kinetik der Verbrennung bei verschiedenen Temperaturen vorbereiteter Lignite aus Kosovo behandelt. Für diese Studie ist die differentielle thermische Analyse angewendet worden.

Auszug des Autors

UDK: 691.71; 541.135
ASM/SLA: SS-b, P12b, P15j, S11f

F. Grešovnik

Eine Studie der Elektrochemischen Eigenschaften der Grundmasse der ledeburitischen Werkzeugstähle

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 S. 37—46

Die elektrochemischen Eigenschaften der Grundmasse von elf Sorten der ledeburitischen Werkzeugstähle sind durch die Aufnahme von Polarisationskurven untersucht worden. Die Proben waren im geglähten, gehärteten und nachgelassenen Zustand. Als Elektrolyt diente eine 3% KBr Wasserlösung. Die Untersuchungen zeigten keinen wesentlichen Unterschied in elektrochemischen Eigenschaften wenn die Proben auf die gleiche Weise wärmebehandelt worden sind. Einen starken Einfluss hat die Härtetemperatur und zwar wird die Lösungsbeständigkeit der Grundmasse gegen elektrolytisches Lösen mit einer höheren Härtetemperatur grösser.

Auszug des Autors

UDK: 621.771.8:621.746:669.14.018.252.5
ASM/SLA: F23, E12, 8-66, T6q

F. Vizjak

Das plattieren der Stähle

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 S. 13—23

Es sind die Anwendungsgebiete für die plattierten Materiale angegeben, Vorteile die erreicht werden können und die Kombinationsmöglichkeiten der verlangten mechanischen und physikalischen Eigenschaften.

Die Grundverfahren für das Plattieren der Stähle sind beschrieben und zwar das Giessverfahren und das Plattieren durch die plastische Verformung, welches im Hüttenwerk Ravne in die Produktion eingeführt ist.

Arh Joža

CONTENTS

UDK: 669.263.1
ASM/SLA: Crb

B. Dobovišek

Influence of some additions on the electrical conductivity of slags formed during ferrochrome carbure process

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 P. 1—6

Measurements of electrical resistivity of molten ferrochrome carbure slag when quartz, alumina, lime, and fluor spar were added. Influence of the mentioned additions and of the temperature were presented and analyzed. Electrical resistivity is reduced by CaO and CaF₂, while SiO₂ and Al₂O₃ in the range of added amounts did not show any essential influence.

Author's Abstract

UDK: 669.14.018.26 — 122.4 — 418.25
ASM/SLA: STd, F23

J. Arh, A. Pavliček

Influence of sulphur in pig iron and steel on manufacturing special hot rolled strips for deep drawing

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 P. 25—36

Jesenice Ironworks are erecting new cold rolling plant for electrical and stainless steel strips, and for strips of unkilld and by aluminium killed steel for deep drawing. Therefore higher demands for better steel quality with lower sulphur for deep drawing are stated. Relationships between sulphur in pig iron and sulphur after melting and in final steel were analyzed. A technological proposal for manufacturing pig iron low sulphur content is given.

Author's Abstract

UDK: 662.741
ASM/SLA: RMj43

B. Dobovišek

Influence of carbonisation temperature on the oxyreactivity of solid fuels made from Kosovo lignite

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 P. 7—11

Carbonisation of own brown coals and lignites becomes nowadays again interested when perception is taken in account that the use of domestic raw materials presents independence from import. The paper presents combustion kinetics of Kosovo lignite heat treated at various temperatures. Differential thermal analysis was applied as the investigation tool.

Author's Abstract

UDK: 691.71; 541.135
ASM/SLA: SS-b, P12b, P15j, S11f

F. Grešovnik

On studies of electrochemical properties of ledeburite tool steel matrix

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 P. 37—46

Polarisation curves of eleven ledeburite tool steel matrix were taken by potentiostate. The samples were annealed, quenched and tempered. Water solution of 3% KBr was used as electrolyte. The investigations showed that there is no essential difference in electrochemical properties if the samples were equally heat treated. Quenching temperature has a great influence. Increased austenitisation temperature increases resistance of matrix to electrolytic dissolution.

Author's Abstract

UDK: 661.771.8:621.746:669.14.018.252.5
ASM/SLA: F23, E12, 8-66, T6q

F. Vizjak

Steel plating

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 P. 13—23

Basic application fields of plated materials, and their advances are presented which can be achieved by combination of desired mechanical and physical properties. Basic plating processes are described, i.e. casting of composites and plating by plating working, the process mastered by Ravne Ironworks.

Arh Joža

СОДЕРЖАНИЕ

UDK: 669.263.1
ASM/SLA: Cr b.

В. Dobovišek

**Влияние некоторых добавок на электропроводность шлака полу-
ченного при производстве
FeCr carbure.**

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 с 1—6

Рассмотрены результаты опытов измерения электрического сопротивления расплавленного шлака FeCr carbure, которому отдельно добавлены кварцевый песок, глинозём, известь и плавиковый шпат. Приведено и рассмотрено влияние упомянутых добавок, а также влияние температуры на электрохимическое сопротивление. Электрохимическое сопротивление значительно уменьшают CaO и CaF₂; а Al₂O₃, в границах исследуемых концентраций, не показала существенного влияния на электропроводность.

Авторский экстракт

UDK: 669.14.018.26—1224—418.25
ASM/SLA: STd, F 23

J. Arh, A. Pavliček

**Влияние серы в чугунах и сталях для изготовления специальных
полос для глубокой вытяжки путем горячей прокатки.**

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 с 25—36

В Металлургическом заводе Есенице строится новый холодный прокатный стан для производства динамо и нержавеющей катаных полос и полос для глубокой вытяжки из кнпшцей и с алюминием успокоенной стали.

В связи с этим приняты новые требования на качество стали что касается содержания серы для полос глубокой вытяжки. Рассмотрено влияние содержания серы в чугунах в отношении содержания при расплавки и в конце выплавки. Подано статистическое течение содержания серы в чугунах и рекомендуемая технология для производства чугуна с низким содержанием серы.

Авторский экстракт

UDK: 662.741
ASM/SLA: RMj 43

В. Dobovišek

**Влияние температуры карбонизации на окислительную реактивность
твердых горючих материалов приготовленных из угля угольной
шахты Косово.**

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 с 7—11

Карбонизация наших бурых углей и антрацитов становится в настоящее время, взявши во внимание, что возможность меньшей зависимости от импорта лежит в домашнем сырьё, снова интересна и актуальна.

В статье рассмотрена кинетика сгорания антрацита из Косова при различных температурах. Для исследования применяли дифференциальный тепловой анализ.

Авторский экстракт

UDK: 691.71.541.135
ASM/SLA: SS-b, P12b, P15j, S11f

F. Grešovnik

**Исследование электрохимических свойств основной массы ледобуритных
инструментальных сталей.**

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 с 37—46

При помощи съемки поляризационных кривых исследовали электрохимические свойства основной массы одиннадцати сортов ледобуритных инструментальных сталей.

Исследование выполняли на образцах в состоянии после отжига, закалки и после сброса напряжения. Как электролит применяли 3% раствор соли KCV в воде. Исследования показали, что в случае если образцы одинаково термически обработаны при электрохимических свойствах нету существенных различий. Очень большое влияние оказывает температура закалки: с повышением температуры аустенитизации повышается сопротивление основной массы в отношении на электрохимическую растворимость.

Авторский экстракт

UDK: 621.771.8:621.746:669.14.018.252.5
ASM/SLA: F 23, E 12, 8—66, T6q

F. Vizjak

Плакировка стали.

Zelezarski zbornik 10 (1976) 1 с 13—23

Приведены основные области применения плакированных материалов, полученные преимущества и возможности комбинирования требуемых механических и физических свойств. Описаны основные способы плакирования как нпр. литейный способ и способ пластической переработки, который уже усвоен в Металлургическом заводе Равне.

Арх Ножа