

ŽELEZARSKI ZBORNIK

VSEBINA	Stran
Rodič Jože M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros, S. Hrnčič — Železarna Ravne	
JEKLA ZA PNEVMATSKA ORODJA — OSNOV- NE LASTNOSTI IN ZAGOTAVLJANJE KAKO- VOSTI	1
Bratina Janez — Železarna Ravne	
GOSPODARNOST VODNO HLAJENIH KABLOV PRI ELEKTROOBLOČNIH PEČEH	9
Grešovnik Ferdo — Železarna Ravne	
RENTGENSKA STRUKTURNA ANALIZA POVR- ŠINSKE PLASTI JEKLA	15
TEHNIČNE NOVICE	
Arh Joža — Železarna Jesenice	
DRUGO POSVETOVANJE O KONTINUIR- NEM VLIVANJU POD NASLOVOM: CONTINUOUS CASTING CONFERENCE 1981, LINZ 12.—16. OKTOBRA 1981	21
Vodopivec Franc	
MEDNARODNA KONFERENCA: ADVANCES IN THE PHYSICAL METALLURGY AND APPLICATION OF STEEL, LIVERPOOL 21.—24. SEPTEMBRA 1981	23

LETO 16 ŠT.1 - 1982
ŽEZB BQ 16 (1) 1-28 (1982)

ŽELEZARSKI ZBORNIK

IZDAJAJO ŽELEZARNE JESENICE, RAVNE, STORE IN METALURŠKI INŠTITUT

LETO 16

LJUBLJANA

MAREC 1982

Vsebina	Inhalt	Contents	Содержание
stran	Seite	Page	
Jože Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros, S. Hrnčič	Jože Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros, S. Hrnčič	Jože Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros, S. Hrnčič	Jože Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros, S. Hrnčič
Jekla za pnevmatska orodja — osnovne lastnosti in zagotavljanje kakovosti 1	Stähle für pneumatische Werkzeuge — Grundeigenschaften und die Qualitätssicherung 1	Steel for Pneumatic Tools — Basic Properties and Ensurance of fthe Quality 1	Сталь для пневматического инструмента — основные свойства и обеспечение качества. 1
UDK: 622.24.05:669.141.245:669.14.018.25 ASM/SLA: T28j, T28m, TSg, S12, 15c	UDK: 622.24.05:669.141.245:669.14.018.25 ASM/SLA: T28j, T28m, TSg, S12, 15c	UDK: 622.24.05:669.141.245:669.14.018.25 ASM/SLA: T28j, T28m, TSg, S12, 15c	UDK: 622.24.05:669.141.245:669.14.018.25 ASM/SLA: T28j, T28m, TSg, S12, 15c
Janez Bratina	Janez Bratina	Janez Bratina	Janez Bratina
Gospodarnost vodno hlajenih kablov pri elektroobločnih pečeh 9	Wirtschaftlichkeit der wassergekühlten Kabeln bei den Lichtbogenöfen 9	Economy of Water-Cooled Cables in Electric Arc Furnaces 9	Экономичность кабелей при охлаждении с водой в электрической дуговой печи. 9
UDK: 621.745.32:330.2 ASM/SLA: U7c, W18s, A5f, 27—51	UDK: 621.745.32:330.2 ASM/SLA: U7c, W18s, A5f, 27—51	UDK: 621.745.32:330.2 ASM/SLA: U7c, W18s, A5f, 27—51	UDK: 621.745.32:330.2 ASM/SLA: U7c, W18s, A5f, 27—51
Ferdo Grešovnik	Ferdo Grešovnik	Ferdo Grešovnik	Ferdo Grešovnik
Rentgenska strukturna analiza površinske plasti jekla 15	Röntgenographische Strukturanalyse der Stahloberflächenschicht 15	X-ray Structural Analysis of the Surface Layer of Steel 15	Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя стали. 15
UDK: 539.26:548.736 ASM/SLA: M22g	UDK: 539.26:548.736 ASM/SLA: M22g	UDK: 539.26:548.736 ASM/SLA: M22g	UDK: 539.26:548.736 ASM/SLA: M22g
Tehnične novice	Technische Nachrichten	Technical News	Технические новости

Jekla za pnevmatska orodja — osnovne lastnosti in zagotavljanje kakovosti

J. Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros,
ASM/SLA: T28j, T28m, TSg, S12, J5c

J. Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros,
S. Hrnčič

Pnevmatska orodja predstavljajo specifičen del proizvodnega programa, ki zahteva dokaj raznolik asortiment kovanega in valjanega jekla ter jeklotitine.

Za nekatere posebno zahtevne dele je treba zagotoviti specialne lastnosti. V kontroli te lastnosti kontroliramo, rezultate dokumentiramo in s pomočjo banke podatkov ter statističnih analiz lahko napovedujemo lastnosti za izbiro primernih šarž in za kriterije v fazni kontroli.

UVOD

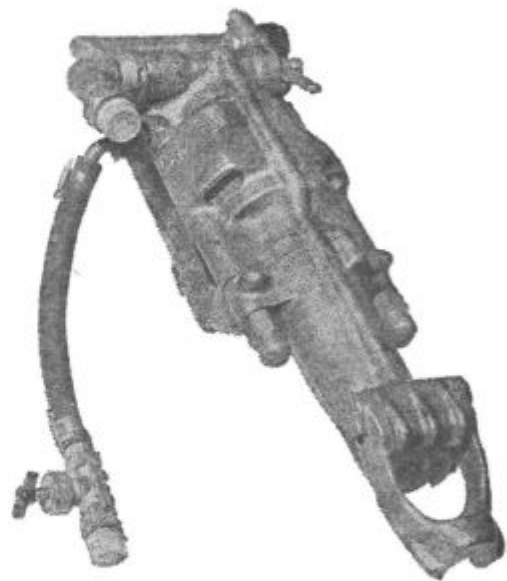
Značilnost proizvodnje pnevmatskih orodij je potreba po širokem in kompletnem asortimentu proizvodnega programa. Vsak stroj zase pa je sestavljen iz veliko komponent, kar zahteva zopet izredno širok asortiment materialov in dimenzij ob zelo različnih zahtevah kakovostnih karakteristik.

Razumljivo je, da je proizvodnja pnevmatskih orodij in strojev neposredno povezana s proizvodnjo plemenitih jekel in zato so tovarne pnevmatskih orodij v večini primerov na tak ali drugačen način v sklopu firm — proizvajalcev specialnih jekel.

Referat na posvetovanju: STANJE IN SMERI RAZVOJA RUDARSKIH VRTALNIH METOD IN OPREME V SVETU IN PRI NAS

Ravne na Koroškem 24.—26. junija 1981

Dr. Jože Rodič, dipl. ing. met. je vodja službe, Marjan Lečnik, Adrijan Zalesnik in Irena Gros so metalurški tehniki in strokovni delavci, Sonja Hrnčič, dipl. ing. met. pa raziskovalna delavka, vsi v službi za razvoj tehnologije, izdelkov in metalurške raziskave v železarni Ravne



Slika 1

Pnevmatsko vrtalno kladivo

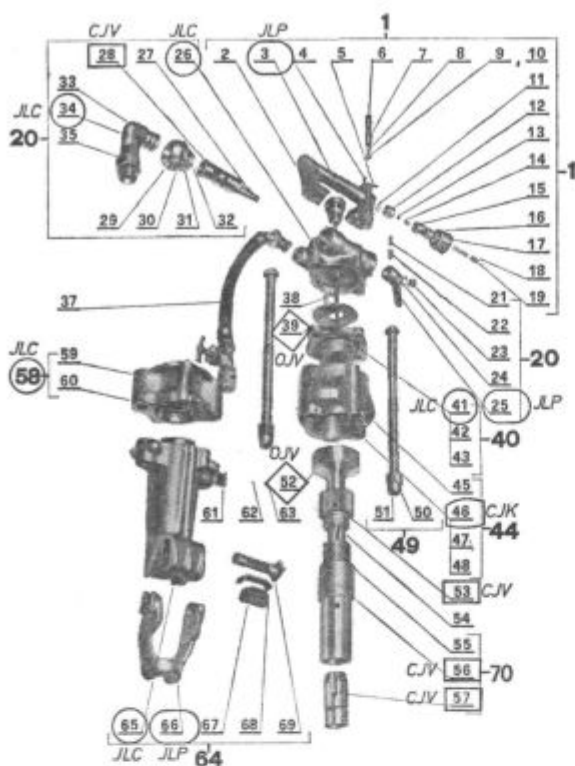
Fig. 1

Pneumatic drilling tool

Poglejmo le en primer vrtalnega kladiva na sliki 1. Če ga razstavimo in pogledamo le glavne sestavne dele (slika 2), vidimo, da so zanj potrebni ulitki, odkovki in valjano jeklo v takem asortimentu, da si ga lahko zagotovi le proizvajalec jekla. To še posebno velja zato, ker so zahteve posameznih delov zelo različne, tudi če so ti deli izdelani iz istega materiala. Zahtevajo zelo različne toplotne obdelave in specialne postopke v izdelavi, za nekatere komponente pa je potrebno začeti že pri izbiri šarž v jeklarni, ker je zahtevane



PO 1959/86



Legenda:

(CJV)	- cementacijsko jeklo - kovano
(JLC)	- jeklolitina za cementacijo
(JLP)	- jeklolitina za poboljšanje
(CJK)	- cementacijsko jeklo - valjano
(OJV)	- orodno jeklo - valjano

Slika 2

Uporabljene vrste jekel in jeklolitine za posamezne dele kladiva

Fig. 2

Applied steel and cast steel for various parts of tool

lastnosti vnaprej nemogoče zanesljivo zagotoviti, kar bomo pozneje posebej obravnavali na enem od primerov.

Pri jeklolitini za cementacijo in pri kovanih ali valjanih jeklih za cementacijo se uporabljajo nelegirane in krom-molibdenove vrste jekel, pri katerih se za posamezne dele zahteva različna globina cementacije od 0,5 do 1,0 mm. Tudi zahtevana trdota površine je pri posameznih sestavnih delih različna od 55 do 63 HRC. S temi zahtevami reguliramo odpornost proti obrabi in žilavost delov, na posebne karakteristike pa vplivamo z različnimi postopki toplotne obdelave.

Jeklolitino za poboljšanje uporabljamo za tiste dele, ki niso neposredno izpostavljeni obrabi. Tudi ta jeklolitina je v večini primerov krom-molibdenova in pri poboljšanju se zahteva trdnost 1000 do 1400 N/mm² po posebnih specifikacijah tehnoloških normativov. V to skupino vključujemo tudi posebna jekla za nitiranje, ki se po poboljšanju še nitirajo ali nikotrirajo.

Ob tem kratkem opisu naj omenimo, da imajo tuji proizvajalci nekatere dele pnevmatskih strojev večinoma izdelane iz utopnih odkovkov, žele-

zarna Ravne pa uporablja ulitke. V preteklem obdobju je imela železarna Ravne v sklopu kovačnice tudi oddelek za utopno kovanje, v katerem je bil glavni del proizvodnega programa prav asortiment za pnevmatska kladiva. Ko je prišlo do zahtev po učinkoviti modernizaciji tega dela kovačnice, smo se lotili sistematičnih raziskav za ugotovitev možnosti zamenjave utopnih odkovkov z ulitki. Specializacija v proizvodnjo plemenite jeklolitine, ki je že dolgoletna tradicija železarne Ravne, je omogočila doseganje vseh zahtevanih lastnosti za te dele. Ugotovili smo zelo pomemben prihranek materiala in prihranek mehanske obdelave ob zagotovljenih zahtevanih lastnostih (konstrukcija, kvaliteta, jeklolitine in toplotna obdelava). Na osnovi teh ugotovitev je razumljivo, da se je tako intenzivno razvijala uporaba ulitkov, da smo po nekaj letih utopno kovačnico povsem opustili.

PROBLEMATIKA IN RAZISKAVE

Znano je, da so trije ključni do zadovoljstva in zagotavljanja kakovosti izdelkov:

- konstrukcija,
- izbira jekla ali jeklolitine,
- tehnološka izdelava.

O konstrukciji in izbiri jekla ni potrebno posebej govoriti, zavedati pa se moramo, da iz slabe konstrukcije in nepravilne izbire jekel ni mogoče napraviti dobrih izdelkov, še bolj res pa je, da iz dobre konstrukcijske izvedbe in kvalitetnega pravilno izbranega jekla lahko nastane slab izdelek, če ga tehnološko pravilno ne obvladamo. Poseben pomen pri tem ima toplotna obdelava in zato ji posvečamo pri razvoju in raziskavah posebno pozornost. Ta raziskovalna dejavnost je usmerjena v sistematične raziskave za spoznavanje lastnosti pod vplivom toplotne obdelave, drugič pa na reševanje kvalitetne problematike in na razvoj nove tehnologije ter novih izdelkov. Postopki toplotne obdelave, ki se redno uporabljajo, so poboljšanje, pri orodnih jeklih kaljenje in nizko temperaturno popuščanje, veliko pa je delov, ki se cementirajo, nitirajo, nikotrirajo itd.

Problematika poboljšanja je tako poznana, da je ne bi posebej obravnavali. Pri kaljenju in popuščanju orodnih jekel gre prav tako za standardne postopke in poznano problematiko. Posebna specialnost je pri nekaterih izdelkih globina kaljenja in prekaljivost. V zvezi s cementacijo so številna področja raziskav, ki so že dolgo in še bodo dolgo aktualna. Pri tem gre za določanje vsebnosti ogljika in ogljikovega gradienta v cementiranem sloju, za določanje in zagotavljanje vsebnosti zaostalega avstenita, za potek trdot po preseku in za obsežne metalografske raziskave ker mikrostruktura bistveno vpliva na uporabne lastnosti. Pri cementiranih izdelkih so raziskave usmerjene tudi v ugotavljanje obrabne obstojnosti, kar pa je še prav poseben namen raziskav pri postopkih nitri-

ranja. Več let smo za naše izdelke, pri katerih se zahteva nitriranje, morali uporabljati zunanje storitve nitriranja po Tenifer postopku. Z začetkom obratovanja nove moderne IPSEN peči pa smo se s to vrsto toplotne obdelave osamosvojili.

Na posamezne sestavne dele pnevmatskih strojev so vezane zelo obsežne raziskave, ki pa so bolj internega značaja glede reševanja tehnološke in kakovostne problematike za napredek in osvajanje nove proizvodnje in s tega stališča na tem mestu niso toliko interesantne.

Železarna Ravne je tudi proizvajalec orodij, ki se uporabljajo s pnevmatskimi stroji: dleti, sekači, odkopne lopate, konice, krone, monoblok svrdri (pri katerih je zelo pomembna tudi vhodna kontrola votlega svedrnega jekla). Na tem področju je zelo pomemben za reševanje problematike in splošen napredek tesen stik proizvajalca z uporabniki. Zelo dobrodošle so vse informacije s tržišča, ker z raziskavami značilnih lomov, defektov, obrab in podobnih problemov dobimo potrebne informacije za izboljšanje kakovosti in zanesljivosti, kar je v interesu proizvajalca in uporabnika. Naj omenimo ob tej priliki, da se včasih kar masovno pojavljajo pri uporabi orodij napake, ki izvirajo iz prvotne ali naknadne toplotne obdelave, brušenja, nepravilnosti konstrukcije, montaže in uporabe. Zanimivo je, da lahko tudi nekatere malenkosti, kot npr. signiranje ali lokalne oslavitve na prehodih povzročijo kar precej težav. Če spoštujemo načelo, da se na napakah učimo, ne smemo pa jih ponavljati, potem lahko ocenimo, kakšen je pomen sistematičnega zbiranja dokumentacije in analiz z rezultati raziskav vseh napak. Naš raziskovalni oddelek razpolaga z obsežno dokumentacijo zelo zanimivih primerov.

SISTEM ZAGOTAVLJANJA KAKOVOSTI V ŽELEZARNI RAVNE

Že pred petnajstimi leti je bil v železarni Ravne zastavljen koncept razvoja integralnega krmiljenja kakovosti,¹ katerega smo v letu 1971 uveljavili že kot računalniško podprt informacijski sistem na področju kontrole kakovosti in raziskav.^{2, 3, 4, 5}

S posebno metodologijo železarne Ravne za reševanje tehnoloških problemov¹ in za osvajanje nove proizvodnje ter sistematično usmerjeno raziskovanje⁶ smo opredelili mesto in uporabnost metod matematične statistike, ki smo jih že prej osvojili^{7, 8} in uvedli v rutinsko uporabo računalniških obdelav iz posebej zbrane dokumentacije ali iz računalniške banke podatkov.^{9, 10}

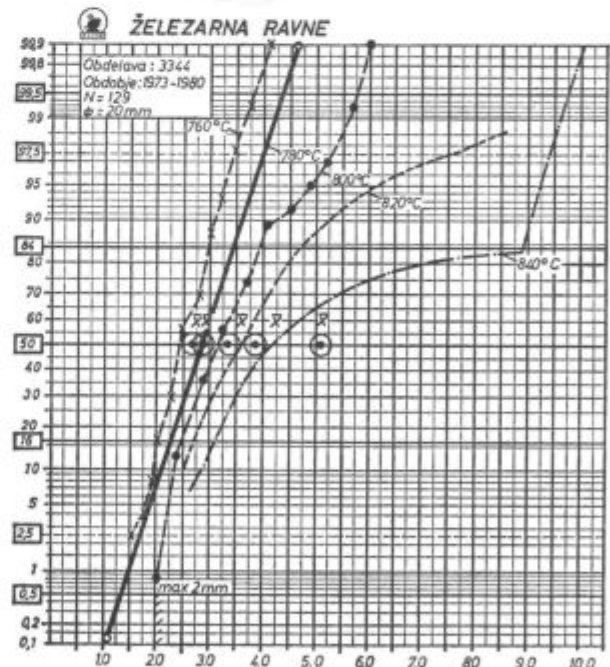
Prav organiziran in računalniško podprt informacijski sistem povezovanja proizvodnje, kontrole, razskav in celotnega poslovnega dogajanja v tesni povezavi s povratnimi informacijami s tržišča je osnova za nadaljnji razvoj. Posebno vlogo pri tem ima banka podatkov iz proizvodnje, tehnologije, kontrole in raziskav. To je najsolidnejša

baza za razvoj procesnega računalništva v proizvodnji, ki se je v železarni Ravne začel 1976 s procesnim računalnikom v jeklarni. S tem sistemom je železarna Ravne dosegla vidne uspehe in uspešno uveljavila svoje znanje na področju krmiljenja proizvodnje in kakovosti doma^{11, 12, 13} in v tujini^{14, 15, 16, 17, 18}.

Nimamo namena in ne možnosti, da bi se spuščali ob tej priliki v podrobnosti, vendar izkoristimo to priliko, da le z enim primerom prikažemo, kako ta sistem deluje na področju raziskav in razvoja kakovosti za eno od vrst uporabljenih jekel za najbolj zahtevne komponente pnevmatskih strojev.

Analiza problematike kaljivosti jekla Č. 1942 — OC 100 ekstra special

V tem primeru se omejimo le na najpomembnejšo zahtevo, to je omejitev debeline kaljene plasti na največ 2 mm. Vsakomur je znano, da te zahteve ni mogoče zagotoviti v redni proizvodnji. Potrebna je sistematična izbira žarž, ki ustrezajo tem zahtevam, za vsako šaržo pa je treba v fazni kontroli ugotoviti optimalne pogoje kaljenja. S tem namenom je za to vrsto jekla uvedena redna kontrola kaljenja s petih različnih temperatur kaljenja z meritvami trdot in kalilne globine preizkušancev kv. 20 mm poleg drugih zahtev v postopku kontrole kakovosti. Na sliki 3 so prikazane statistične porazdelitve za meritve kalilnih globin,



Slika 3

Analize porazdelitev globine kaljene plasti pri kaljenju v vodi za jeklo Č. 1942 — OC 100 ekstra special

Fig. 3

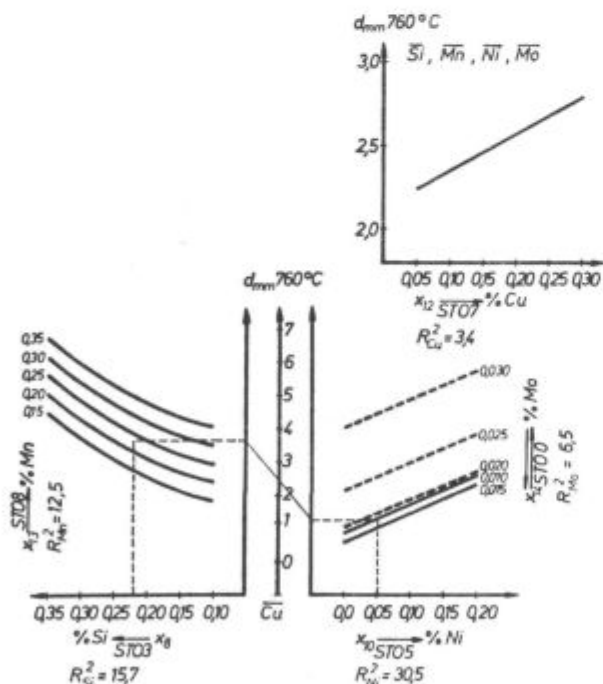
Analysis of the distribution of hardening depth in quenching Č. 1942 — OC 100 extra special steel in water

pripadajoče petim različnim temperaturam kaljenja za 129 izdelanih šarž v obdobju 1973 do 1980. Zaradi ukrepov medfazne kontrole glede na posebne zahteve kakovosti je razumljivo, da porazdelitve niso slučajnostne, ampak so nenormalne predvsem za višje temperature kaljenja. To nas na tem mestu niti ne zanima posebej. Bolj zanimiva je ugotovitev, da v normalni proizvodnji le največ 10 % izdelanih šarž omogoča izpolnitev take ekstremne zahteve, in še to le pri najnižjih temperaturah kaljenja, med katerimi je priporočljiva temperatura 780 °C.

S tako informacijo si ne moremo veliko pomagati in se ob njej lahko samo bolj ali manj vdamo v usodo, s tem da kontroliramo odločujoče lastnosti jekla in čakamo na primerno šaržo, ki bo izpolnila zahteve. V moderni proizvodnji je tak postopek z mnogih poznanih razlogov nesprejemljiv.

Prej omenjene metode avtomatske obdelave in statistične analize iz računalniške banke podatkov v okviru know-how metodike železarne Ravne za integralno krmiljene kakovosti nam omogočajo drugačen pristop k reševanju problemov in ponujajo vsestransko objektivno utemeljene ukrepe. S statistično analizo regresije iz banke podatkov

OBDELAVA 3344 enačba 1 korak 6
 x_1 globina kaljene plasti pri temperaturi 760 °C
 $N=123$ $P>99,9\%$ $R^2=0,687$ $R=0,829$ $1,96S_{yx}=0,55$



Slika 4

Vpliv kemijske sestave na globino kaljene plasti po kaljenju preizkušanca kv. 20 mm s temperature 760 °C v vodi

Fig. 4

Influence of chemical composition on the hardening depth after quenching 20 mm square sample from 760 °C in water

pretekle proizvodnje, kontrole in raziskav lahko ugotovimo kvantitativne vplive in določimo potrebne omejitve, katere je treba za izpolnjevanje zahtev glede kakovosti v proizvodnji izpolniti. Če nam objektivna presoja pokaže, da omejitve in zahtev ni mogoče zpolniti, moramo iskati drugačno tehnološko pot ali pa drugo, primernejše jeklo, da bomo zanesljiveje zagotavljali potrebno kakovost.

Na slikah 4 do 8 so prikazane ugotovljene regresije v obliki nomogramov za nelegirano ogljikovo orodno jeklo Č. 1942 — OC 100 ekstra special.

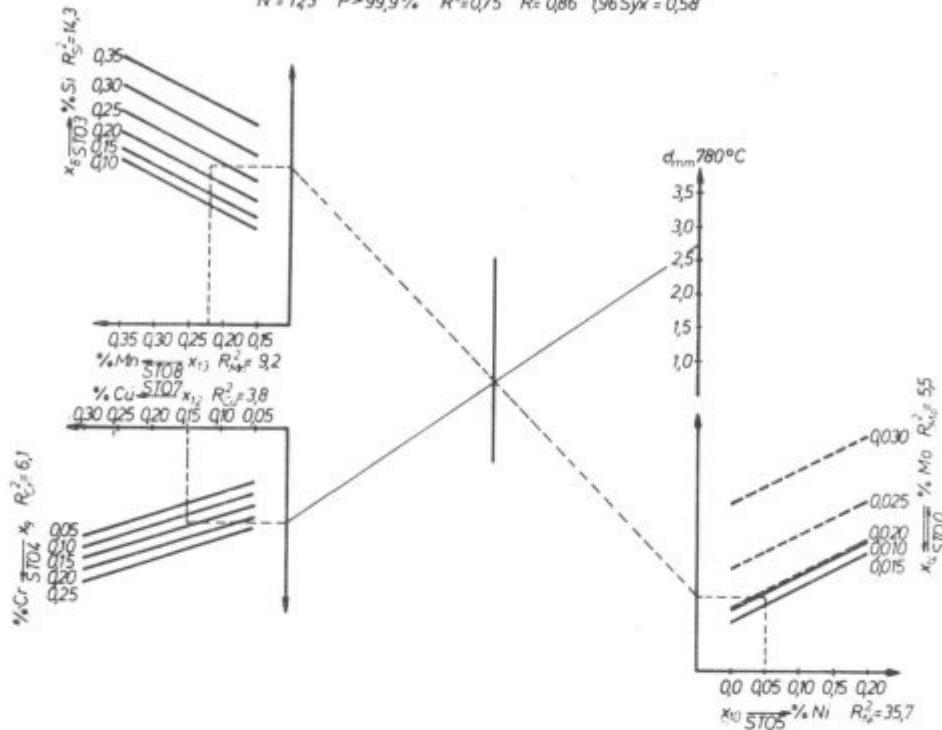
Spodnji del slike 4 prikazuje z nomogramom vpliv silicija, mangana, niklja in molibdena na globino kaljene plasti ob konstantni srednji vsebnosti bakra. Zgornji del pa prikazuje vpliv bakra ob konstantnih srednjih vrednostih ostalih elementov. Iz te slike vidimo, kako silicij, mangan, nikelj in baker povečujejo globino kaljenja. Molibden vpliva tako, da je globina kaljenja najmanjša pri vsebnosti 0,015 % Mo, nad 0,020 % pa se globina zelo poveča. Iz take ugotovitve takoj lahko praktično zaključimo, da moramo za zagotavljanje čim manjše globine kaljenja omejiti vsebnost molibdena na največ 0,02 %. Omejitve ostalih elementov lahko iz nomograma iščemo grafično z različnimi kombinacijami, s katerimi ne presežemo globine 2 mm na ordinati nomograma. Pri tem moramo seveda upoštevati pomembnost in jakost posameznih vplivov, ki jih izražajo statistični parametri in tudi možnosti za izpolnjevanje posameznih omejitev v praksi.

Na sliki 5 je prikazan vpliv šestih elementov v kemični sestavi jekla, ki statistično pomembno ($P > 99,9\%$) vplivajo na kalilno globino. To lahko določimo iz nomograma s toleranco $\pm 0,58$ mm ob 95-odstotni statistični zanesljivosti. Koefficient korelacije $R = 0,86$ kaže z visoko vrednostjo veliko zanesljivost regresije. Za prakso je še bolj neposredno uporaben koeficient določljivosti $R^2 = 0,75$, kar pomeni, da je 75 odstotkov vseh variacij globine kaljenja pojasnjenih z vplivom šestih elementov, preostalih 25 odstotkov pa predstavlja nepojasnen delež variacij. Pri posameznih elementih so navedeni še parcialni deleži določljivosti, s pomočjo katerih lahko upoštevamo jakosti vplivov posameznih elementov pri iskanju najučinkovitejših ukrepov, oziroma omejitev za zagotavljanje predpisane globine kaljene plasti. Vplivi elementov so v glavnem enaki kot na sliki 4, dodatno pa je na tej sliki prikazan vpliv kroma, ki v tem primeru kot nezaželen oligoelement povečuje globino kaljenja.

Pri temperaturi 800 °C (slika 6) so vplivi v glavnem enaki kot pri 780 °C, menjajo se le deleži določljivosti in pomembnosti.

Pri temperaturi 820 °C (slika 7) se med pomembni vplivi na globino kaljenja pojavi ogljik, medtem ko molibden v obravnavanem območju vsebnosti ni več zadovoljeval pogojev statistične pomembnosti.

OBDELAVA 3344 enačba 2 korak 7
 x_2 globina kaljene plasti pri temperaturi 780°C
 N=123 P>99,9% $R^2=0,75$ R=0,86 {96Syx=0,58



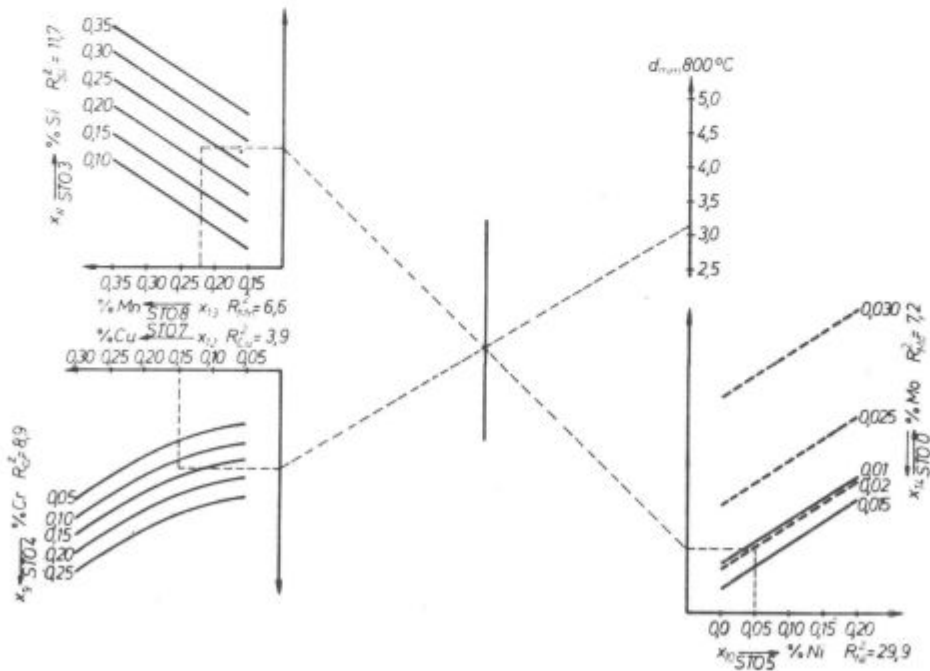
Slika 5

Fig. 5

Vpliv kemijske sestave na globino kaljene plasti po kaljenju preizkušanca kv. 20 mm s temperature 780°C v vodi

Influence of chemical composition on the hardening depth after quenching 20 mm square probe from 780°C in water

OBDELAVA 3344 enačba 3 korak 7
 x_1 globina kaljene plasti pri 800°C
 N=123 P>99,9% $R^2=0,68$ R=0,83 {96Syx=0,91



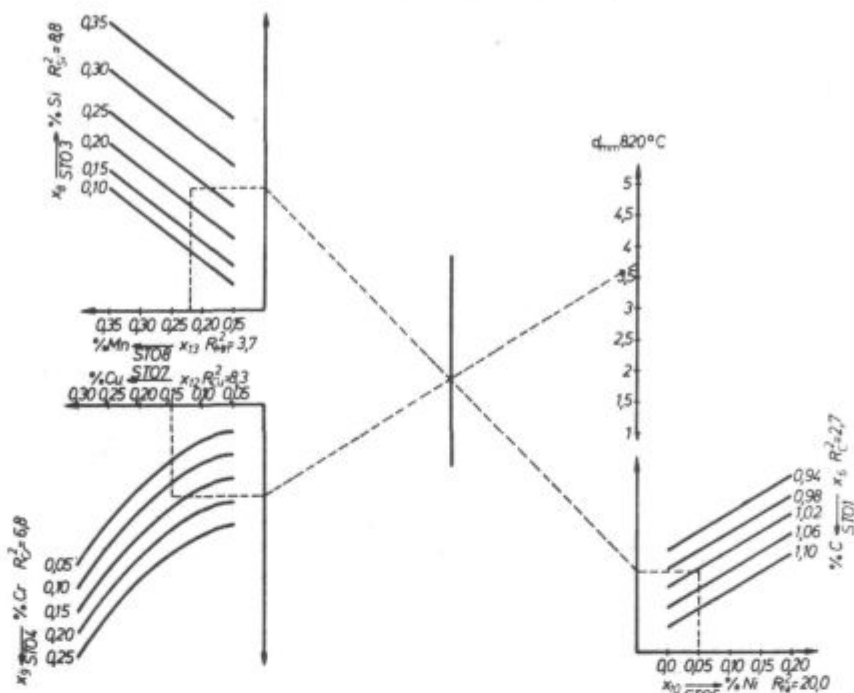
Slika 6

Fig. 6

Vpliv kemijske sestave na globino kaljene plasti po kaljenju preizkušanca kv. 20 mm s temperature 800°C v vodi

Influence of chemical composition on the hardening depth after quenching 20 mm square probe from 800°C in water

OBDELAVA 3344 enačba 4 korak 6
 x_4 globina kaljene plasti pri 820°C
 N=123 P=99,9 R²=0,50 R=0,71 1,96 Syx=1,71



Slika 7

Vpliv kemijske sestave na globino kaljene plasti po kaljenju preizkušanca kv. 20 mm s temperature 820 °C v vodi

Influence of chemical composition on the hardening depth after quenching 20 mm square probe from 840 °C in water

Temperatura kaljenja 840 °C (slika 8) je za to jeklo že previsoka, še posebno, če je težnja k čimmanjši globini kaljenja. V kontroli to temperaturo kljub temu redno uporabljamo v preizkusu t. im. kalilne vrste zaradi ugotavljanja temperaturne meje nevarnega pregretja jekla.

Zaključek take analize je:

Pravilna temperatura kaljenja za ta primer je 780 °C. Za doseganje maksimalne globine kaljenja 2 mm bi bilo treba zagotoviti naslednje vsebnosti vplivnih elementov:

Si _{max} = 0,15 %	Ni _{max} = 0,05 %
Mn _{max} = 0,20 %	Mo _{max} = 0,02 %
Cr _{max} = 0,10 %	Cu _{max} = 0,10 %

To niso lahke zahteve. Potrebni so posebni ukrepi pri izbiri vložka in izbiri šarž za take posebne namene.

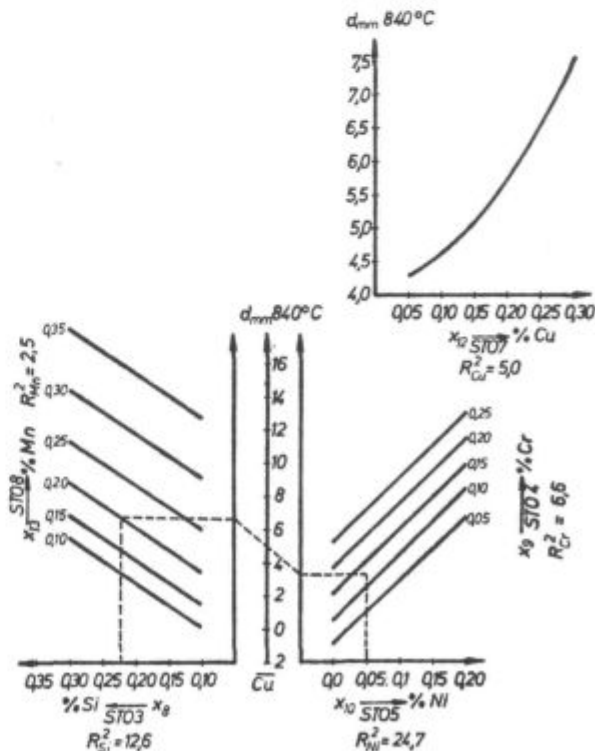
Seveda nas je zanimala zanesljivost teh regresij, preden bi odločali na osnovi izračunavanja in napovedovanja lastnosti z uporabo teh regresijskih enačb. V ta namen smo naslednje izračunane regresijske enačbe s programi prenesli na magnetne kartice računalnika HP 97/67.

Slika 8

Vpliv kemijske sestave na globino kaljene plasti po kaljenju preizkušanca kv. 20 mm s temperature 840 °C v vodi

Influence of chemical composition on the hardening depth after quenching 20 mm square probe from 820 °C in water

OBDELAVA 3344 enačba 5 korak 5
 x_5 globina kaljene plasti pri temperaturi 840°C
 N=123 P=99,9% R²=0,51 R=0,72 1,96 Syx=3,5



Temperatura kaljenja 760 °C... slika 4:

$$d_{\text{mm}} = 1,52 + 4,29 \cdot \% \text{Ni} + 11,6 \cdot \% \text{Si}^2 + 5,5 \cdot \% \text{Mn} + 7232,3 \cdot \% \text{Mo}^2 - 211,6 \cdot \% \text{Mo} + 2,2 \cdot \% \text{Cu}$$

Temperatura kaljenja 780 °C... slika 5:

$$d_{\text{mm}} = 1,37 + 4,99 \cdot \% \text{Ni} + 13,58 \cdot \% \text{Si}^2 + 5,08 \cdot \% \text{Mn} + 3,11 \cdot \% \text{Cr} + 3,1 \cdot \% \text{Cu} + 7526,7 \cdot \% \text{Mo}^2 - 224,2 \cdot \% \text{Mo}$$

Temperatura kaljenja 800 °C... slika 6:

$$d_{\text{mm}} = 1,42 + 6,45 \cdot \% \text{Ni} + 7,94 \cdot \% \text{Si} + 5,27 \cdot \% \text{Cr} + 6,46 \cdot \% \text{Mn} + 12,66 \cdot \% \text{Cu}^2 + 13015,4 \cdot \% \text{Mo}^2 - 399,5 \cdot \% \text{Mo}$$

Temperatura kaljenja 820 °C... slika 7:

$$d_{\text{mm}} = 6,8 + 5,93 \cdot \% \text{Ni} + 23,79 \cdot \% \text{Si}^2 + 24,39 \cdot \% \text{Cu}^2 + 7,48 \cdot \% \text{Cr} + 7,77 \cdot \% \text{Mn} - 7,64 \cdot \% \text{C}$$

Temperatura kaljenja 840 °C... slika 8:

$$d_{\text{mm}} = -4,57 + 19,65 \cdot \% \text{Ni} + 55,76 \cdot \% \text{Si}^2 + 15,33 \cdot \% \text{Cr} + 36,82 \cdot \% \text{Cu}^2 + 13,41 \cdot \% \text{Mn}$$

Te enačbe veljajo v naslednjih območjih kemične sestave:

C = 0,95—1,10 %	Ni = max 0,20 %
Si = 0,10—0,35 %	Mo = max 0,03 %
Mn = 0,15—0,35 %	V = 0,05—0,15 %
Cr = max 0,25 %	Cu = 0,05—0,30 %

Za vseh 129 šarž smo primerjali dejansko izmerjeno globino kaljenja z izračunano po teh regresijskih enačbah in ugotavljali razlike:

$$D_{\text{mm}} = d_{\text{mm}} \text{ merjena} - d_{\text{mm}} \text{ izračunana}$$

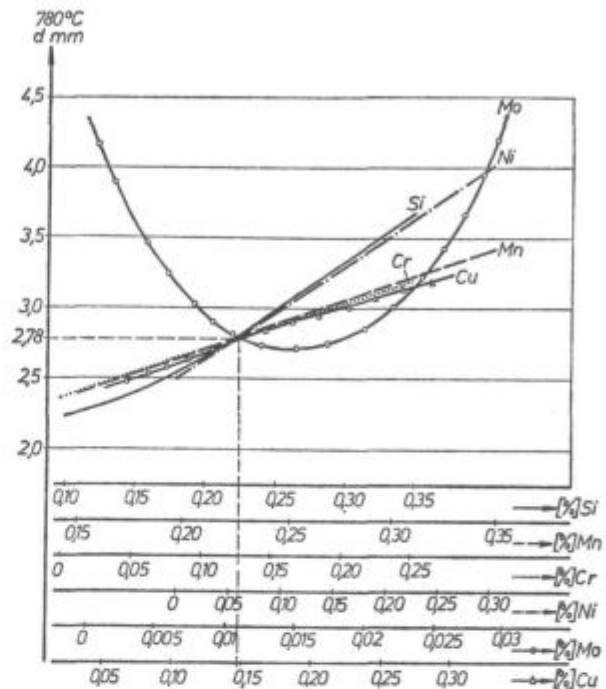
Območja razlik in povprečne razlike po posameznih temperaturah kaljenja kaže naslednji pregled:

Temperatura kaljenja	Območje razlik 95 %		Srednja vrednost razlik
	D _{minimum}	D _{maksimum}	D
760 °C	-0,63 mm	+0,53 mm	-0,02 mm
780 °C	-0,40 mm	+0,63 mm	-0,008 mm
800 °C	-0,74 mm	+1,36 mm	+0,005 mm
820 °C	-1,88 mm	+1,75 mm	-0,097 mm
840 °C	-3,06 mm	+3,71 mm	-0,056 mm

Iz srednjih vrednosti razlik merjenih in izračunanih vrednosti vidimo, da so regresije zelo zanesljive in da so ekstremne razlike bolj posledice napak merjenja in kemičnih analiz kakor regresijske odvisnosti, izražene z enačbami. Te programirane regresijske enačbe lahko torej uporabljamo za napovedovanje globine kaljenja iz kemijske analize, kar ima pri izbiri šarž in v fazni kontroli prav poseben pomen.

Taka uporaba regresijskih enačb nam omogoča tudi prikaz vplivov posameznih elementov na globino kaljenja. V ta namen tabeliramo enačbe tako, da variramo vsebnost enega elementa, druge pa v enačbi upoštevamo s konstantnimi srednjimi vsebnostmi.

Slika 9 prikazuje na tak način vplive elementov kot primer za kaljenje s temperature 780 °C v vodi.



Slika 9
Statistično pomembni vplivi elementov na globino kaljene plasti, po kaljenju prob kv. 20 mm s temperature 780 °C v vodi

Fig. 9
Statistically important influences of elements on the hardening after quenching 20 mm square probe from 780 °C in water

POVZETEK:

Ob priliki posvetovanja o rudarski opremi je železarna Ravne kot proizvajalec kompletnega programa pnevmatskih orodij prikazala svojo dejavnost v kontroli kakovosti in raziskavah za zagotavljanje kakovosti na tem področju proizvodnega programa. Kratko je prikazan računalniško podprti sistem integralnega krmiljenja kakovosti. Na praktičnem primeru je prikazano delovanje tega sistema s posebno metodiko reševanja kakovosti in napovedovanja določenih lastnosti jekla za posebne namene.

Literatura

1. Rodič J.: Sistemi kontrole in metodika reševanja tehnoloških problemov, *Železarski zbornik* 2 — 1968 — 3 str. 153—163.
2. Rodič J.: Arbeitsplanung und Datenverarbeitung in metallurgischen Labors des Edelstahlwerkes. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte* 116. Jhg. — 1971 — 5 — str. 255—261.

3. Segel J.: Vloga računalniške obdelave podatkov v službi TKR. 15. strokovno posvetovanje, Portorož 1971.
4. Segel J.: Avtomatska obdelava podatkov tehnične kontrole in raziskav. *Železarski zbornik* 9 — 1975 — str. 35—43.
5. Rodič J.: Die automatische Datenverarbeitung der technischen Kontrolle und Forschungen. Fachtagung 1976 Freital, DDR.
6. Rodič J.: Metodologija Železarne Ravne pri reševanju tehnoloških problemov in osvajanju nove proizvodnje. Strokovno posvetovanje, Portorož 1978.
7. Rodič J.: Matematična statistika — Metode 1, 2 — Upute 1, 2, 3. Izdaja Železarna Ravne 1964.
8. Rodič J.: Metode matematične statistike. *Železarski zbornik* 1 — 1967 — 2 — str. 137—154.
9. Integralno krmiljenje kakovosti — Know-how paket Železarne Ravne — interni razvojni projekt P 67 (Informacije po posebnem dogovoru).
10. Računalniško podprti sistemi vodenja proizvodnje in procesov — Prodajni katalog računalniških programskih paketov Železarne Ravne 501/81.
11. Segel J.: Uporaba procesnega računalnika v elektrojeklarni. *Železarski zbornik* 12 — 1978 — 2 — str. 37—47.
12. Bratina J.: Računalniško upravljanje električne moči obločnih peči. *Železarski zbornik* 12 — 1978 — 4 — str. 137—142.
13. Segel J.: Učinek uporabe procesnega računalnika v procesu legiranja jekla. *Železarski zbornik* 13 — 1979 — str. 7—18.
14. Segel J.: Approaches to computer control in meltshop steelmaking. Third international iron and steel congress 1978, Chicago, ZDA.
15. Rodič J., J. Segel: Application of a meltshop process computer system for quality control functions. Sixth International vacuum conference — International conference on special melting, April 23—27, 1979 San Diego, California, ZDA.
16. Rodič J.: Die Anwendung des Stahlwerksrechnersystems zur Qualitätssteuerung ETH — Metallurgische Kolloquium, 25. Januar 1980, Zürich.
17. Rodič J.: Experiences of Železarna Ravne with the application of meltshop computer for quality control functions. Posvetovanje o avtomatizaciji v jeklarski proizvodnji, marec 1980, Katowice, Poljska.
18. Rodič J., J. Segel: Process control and quality assurance — a presentation of know how developed in Železarna Ravne 1980.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf der Tagung über die Bergbauausrüstung in Ravne hat das Hüttenwerk Ravne als Erzeuger eines kompletten Programmes pneumatischer Werkzeuge sein Tätigkeit in der Qualitätskontrolle und der Forschung für die Zusage der Qualität auf diesem Gebiet des Erzeugungsprogrammes gezeigt. Im Artikel wird im kurzen durch den

Rechner unterstützte System der integralen Steuerung der Qualität gezeigt. An einem praktischen Beispiel wird die Wirkungsweise dieses Systemes gezeigt. Das System macht durch eine Sondermethodik die Qualitätslösung und die Ansage bestimmter Stahleigenschaften für Sonderzwecke möglich.

SUMMARY

At the Conference on mining equipment the Ravne Ironworks as the manufacturer of complete program of pneumatic tools presented its activity in controlling the quality, and in investigations for ensuring the quality in this field of the manufacturing program. The system of

integral control of quality by computer is shortly presented. Operation of this system with a special methodics of solving the quality and forecasting certain steel properties for special purposes is shown on a practical example.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По случаю обсуждения о горнопромышленном оборудовании в Metallургическом заводе Железарна Равне как производителя комплектной программы пневматического инструмента выставил свою деятельность в этой области производства, выделив особое значение контроле качества и исследованиям, которые выполняются для обеспечения качества в этой отрасли производства.

При учете вычислительных данных, кратко рассмотрена система интегрального управления качества. На примере из опыта приведено воздействие этой системы, взяв во внимание специальный метод что касается решения качества и показания определенных свойств стали для этого специального назначения.

Gospodarnost vodnohlajenih kablov pri elektroobločnih pečeh

UDK: 621.745.32:330.2

ASM/SLA: U7c, W18s, A5f, 17—51

Janez Bratina

V času nenormalno hitre rasti cen je optimiranje stroškov v proizvodnji na prvi pogled nehvaležen posel, saj se odnosi in razmere zelo hitro spreminjajo.

V članku poizkušamo prikazati ekonomsko-tehniško gospodarnost vodnohlajenih kablov elektroobločne peči. Pri tem upoštevamo poleg kapitalnih stroškov za material tudi stroške za energijo izgub ter razmerje tokovnih gostot v vodno, oz. zračnohlajenih kabljih. Rezultati so prikazani za razmere leta 1971 in 1981.

Na elektrode elektroobločne peči je potrebno dovajati električno energijo velikih moči (več deset MVA) pri relativno nizki napetosti (nekaj sto voltov). Zaradi tega so neizogibni visoki tokovi 20 do 30 kA pri srednjeobločnih pečeh (20 do 40 t) ali tudi preko 60 kA pri obločnih pečeh nad 100 t. Take tokovnonapetostne razmere so neizogibne zaradi uporovnih karakteristik električnega loka, s pomočjo katerega se pod elektrodami v peči električna energija pretvarja v toplotno. Zaradi operativne manipulativnosti posameznih elementov peči morajo biti dovodi na peč gibljivi, kar zahteva namesto togih bakrenih zbiralnic, ki smo jih vajeni pri elektrotehnikih velikih tokov, fleksibilne kable. Kabelska izvedba dovodov na električno obločno peč pa skriva v sebi vrsto težav. Fleksibilni kabel je spleten v vrvenico iz nekaj tisoč bakrenih žic, premera nekaj desetink milimetra. Na vsaki strani kabla moramo imeti ustrezen kabelski čevelj za pritrditev in za prevajanje električnega toka. Ker lahko za kabel, ki visi v zraku, računamo s tokovno gostoto le nekaj nad 1 A/mm² prereza kabla, pomeni tok 1 kA takoj presek 1000 mm², kar predstavlja že zgornjo mejo za kabel. Nujno je torej uporabiti vrsto paralelno potekajočih kablov, katerih število se povzpne pri eni sami fazi tudi do 40.

Ker so obločne peči seveda trifazne, je prva vidna značilnost takih peči šop kablov, ki se raztezajo od stene transformatorske postaje na elektrodne nosilce peči.

Prva nevšečnost fleksibilnih kablov je ta, da so stalno v medsebojnem premikanju. Premikajo jih popolnoma neregularni premiki posameznih elektrod navzgor ali navzdol kot posledica delovanja elektrodne regulacije ter zaradi sil, ki nastajajo med kablji zaradi v njih tekočih električnih tokov; te sile nastopajo prečno med kablji in radialno v kabljih. Poleg mehanskih obremenitev so kablji izpostavljeni visoki temperaturi, saj se sami segrevajo zaradi joulskih izgub ter zaradi bližine vroče peči. Nič manj kvarno ne vpliva na kable atmosfera okrog peči, ki povzroča krhkost bakrenih pramenov in nepredvidene mehanske poškodbe (kratki stiki med golimi kablji, obrizganje z žlindro ali talino itd.). Vse to povzroča staranje kablov in njihovo skorajšnje uničenje.

Skupna teža bakrenih, v zraku hlajenih kablov po že omenjenih izhodiščih se giblje okrog 200 kg na dolžinski meter in 10 kA v vsaki fazi. Pri srednji dolžini 10 m in elektrodnem toku 30 kA dobimo skupno težo bakrenih fleksibilov okrog 6000 kg. Če računamo kg montiranega kabla 300 din, kar je nizko ocenjeno, predstavljajo dovodi na peč vrednost 1.800.000 din. Zamenjava kompletnih dovodov na peč zato predstavlja strošek, kateremu je vredno posvečati pozornost, predvsem če ob tem še upoštevamo zastoje obratovanja obločne peči.

Pri sodobnejših izvedbah obločnih peči so namesto golih bakrenih vrvenic začeli uvajati vodnohlajene izolirane fleksibile, s katerimi so poizkušali naenkrat rešiti več problemov. Izredno pomemben konstrukcijski parameter obločne peči, ki direktno vpliva na obratovalne lastnosti, je impedanca nizkonapetostnega dovodnega sistema. Z impedanco je določena in omejena maksimalna delovna moč električnega loka, kakor tudi celotno obratovalno področje, saj impedanca določa premer krožnega diagrama obločne peči. Pri velikih pečeh dobimo zaradi velikih dimenzij paralelno tekočih fleksibilov tolikšne impedance, da obratovanje z maksimalnimi močmi ni več mogoče, oz. dobimo pri tem zelo slab fazni faktor moči. Verjetno je prav to dejstvo dalo vzpodbudo za uvedbo vodno hlajenih kablov, s katerimi je mogoče impedance dovodov na peč bistveno zmanjšati, saj se poleg zmanjšanja paralelno tekočih vodov zmanjšajo tudi njih medsebojne razdalje, ker so ti kablji izolirani.

Janez Bratina je diplomirani inženir elektrotehnike in ravnatelj TOZD elektrotehniških služb v železarni Ravne

Vodno hlajeni kabel je v bistvu bakrena fleksibilna vrvenica, ki je obdana s toplotno obstojnim izolacijskim plaščem. Znotraj vrvenice je več cevastih odprtih, skozi katere se pretaka voda. Izolacijski plašč mora biti zato dovolj močan, da prenese pritisk vode, saj se ta zaradi vmesnih prostorov med posameznimi prameni razliva po celotnem preseku kabla. Kabelski čevlji, ki jih normalno uporabljamo za priklop na zbiralnice električnega toka, morajo zdaj imeti tudi priključke za dovod in odvod hladilne vode.

Seveda prinaša hladilna voda v električni vodni sistem določeno problematiko. Vodna instalacija mora biti skrbno izvedena, da ne zamakajo izolirani deli peči itd. Pretok hladilne vode mora biti nadzorovan avtomatično, ker bi polno obratovanje peči brez hlajenja kablov te v najkrajšem času uničilo. Hladilna voda pa mora biti čista, brez mehanskih delcev, ki bi sicer lahko zamašili prehode skozi kable.

Vodno hlajeni kabli prinašajo tudi druge ekonomsko-tehnične posebnosti, zaradi katerih jih vse pogosteje uvajamo na elektroobločne peči. Zaradi intenzivnega hlajenja se že sami vsiljujejo na mesta s povišano temperaturo, kot je to pri obločnih pečeh; zaradi hlajenja jih lahko tudi bistveno bolj obremenimo kot kable, ki visijo prosto v zraku in jih hladi zrak. Zaradi tega je kablov na peči manj. Izolacijski plašč teh kablov je obilen, cefranje in trganje pramenov je onemogočeno, vpliv atmosfere na bakrene žile je izločen, do stikov med fazami ne more priti. Za ekstremne temperature pa so tudi ti kabli občutljivi. Uniči jih lahko:

daljše direktno sevanje taline, brizg taline ali zlin-dre, agresivna ali nečista voda.

Zaradi dobrega odvajanja toplote so tokovne gostote vodno hlajenih kablov nekako štirikrat tolikšne kot pri zračno hlajenih kablilih. Če označujemo razmere pri zračno hlajenih kablilih z indeksom 1, pri vodno hlajenih kablilih pa z indeksom 2, velja

$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{P_2}{P_1} = \alpha \doteq 4$$

pri čemer so:

- g — (A/mm²) — gostota toka
- S — (mm²) — presek kabla
- m — (kg) — masa vodljivega bakra
- P — (kW) — joulske izgube
- α — — razmerje tokovnih gostot

Vidimo, da potrebujemo pri vodno hlajenih kablilih približno 4 × manjšo maso vodljivega bakra kot pri zračno hlajenih kablilih, obenem pa dobimo zaradi povečane gostote 4 × tolikšne skupne izgube električnih moči. Kolikšne izgube nastopajo na srednje veliki obločni peči (30 kA, 6000 kg bakra) lahko dobimo iz enačbe:

$$P = v \cdot m \cdot g^2 = 2,5 \cdot 6000 \cdot 1,1^2 = 18,2 \text{ kW}$$

Za vodno hlajene kable pa bi bile razmere naslednje:

$$m_2 = \frac{m_1}{4} = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ kg}$$

$$P_2 = 4 \cdot P_1 = 4 \cdot 18,2 = 73 \text{ kW}$$

Vidimo, da imamo dva parametra, ki sta bistveno različna pri obeh kabelskih sistemih, zato bo ekonomski izračun temeljil predvsem na stroških za zamenjave kabelskih dovodov in na stroških za izgubljeno električno energijo.

Zaradi jasnejšega pregleda ne bomo upoštevali stroškov za hladilno vodo, oziroma bomo stroške za hladilno vodo zajeli v stroških za izgubljeno električno energijo.

Če označimo z:

- S_1 — (din) — letni skupni stroški za kabelsko izvedbo z zračno hlajenimi kabli,
- S_2 — (din) — letni skupni stroški za kabelsko izvedbo z vodno hlajenimi kabli,
- c — (din/kWh) — cena električne energije pri obločni peči,
- t — (h) — obratovalne ure peči,
- m — (kg) — masa aktivnega dela kablov,
- a — (din/kg) — letna amortizacija kablov,
- α — — razmerje tokovnih gostot,

lahko pišemo, da so ustrezni skupni letni stroški:

$$S_1 = P_1 \cdot c \cdot t + m_1 \cdot a_1$$

$$S_2 = P_2 \cdot c \cdot t + m_2 \cdot a_2$$

Če stroške za obe različni kabelski izvedbi ize-načimo, upoštevaje pri tem posledice razmerja tokovnih gostot α , in izrazimo a_2 kot najvišje dopustno letno amortizacijo za vodno hlajene kable, dobimo, da je:

$$a_2 = \alpha \cdot a_1 - \frac{P_1}{m_1} \cdot c \cdot t \cdot \alpha (\alpha - 1)$$

Če je pri tem nova konstanta

$$b = \frac{P_1}{m_1} \cdot c \cdot t = v \cdot g_1^2 \cdot c \cdot t \text{ (din/kg \cdot leto)}$$

in predstavlja letne stroške za električno energijo, zgubljeno v 1 kg bakra, dobimo končno

$$a_2 = \alpha a_1 - b \alpha (\alpha - 1)$$

Najvišja dopustna letna amortizacija za vodno hlajene kable je odvisna od višine letne amortizacije zračno hlajenih kablov ter od razmerja α , če je konstanta b , ki vsebuje obratovalne ure peči in ceno kWh stalnica.

Ekstrem za letno amortizacijo za vodno hlajene kable dobimo pri pogoju

$$\frac{\partial a_2}{\partial \alpha} = 0$$

Pogoj za ekstrem je izpolnjen pri

$$\alpha_m = \frac{a_1 + b}{2b}$$

Ekstremna letna amortizacija pri tem je

$$a_2 = \frac{(a_1 + b)^2}{4b}$$

Predn si bomo ogledali mejne, še gospodarne višine letne mortizacije za vodno hlajene fleksibilne kable, je potrebno podrobneje komentirati stalnico b:

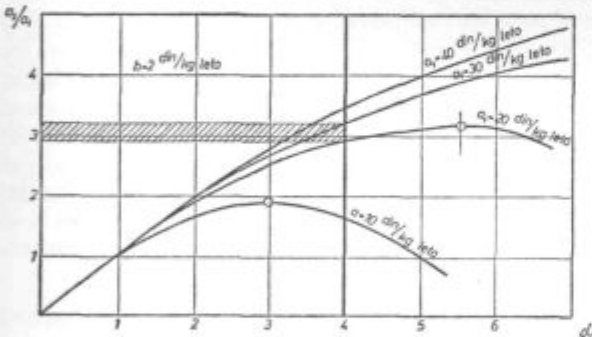
$$b = v \cdot g_1^2 \cdot c \cdot t$$

kjer predstavlja prvi del

$$v \cdot g_1^2 = 2,5 \cdot 1,1^2 = 3 \text{ (W/kg)}$$

specifične izgube v bakru zračno hlajenega fleksibila. V drugem delu pa predstavlja t obratovalne ure elektroobločne peči. To so seveda elektrotehnične obratovalne ure, oz. ure obratovanja z gostoto toka g v dovodnih kabljih in se zato bistveno razlikujejo od ur obratovanja peči.

Tudi faktor obremenjenosti elektroobločne peči, ki govori o srednji obremenitvi moči peči v času trajanja šarže in se giblje okrog 0,5, nam ne da pravih obratovalnih ur. Pri tem je treba upoštevati še dejstvo, da obratuje obločna peč pri nižjih močeh z relativno višjimi elektroodnimi tokovi. Predpostavimo torej ustrezni korelacijski

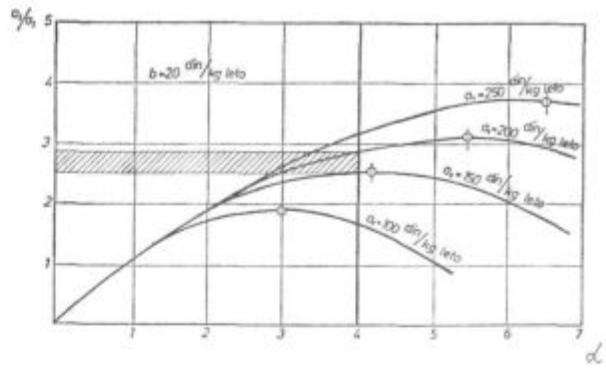
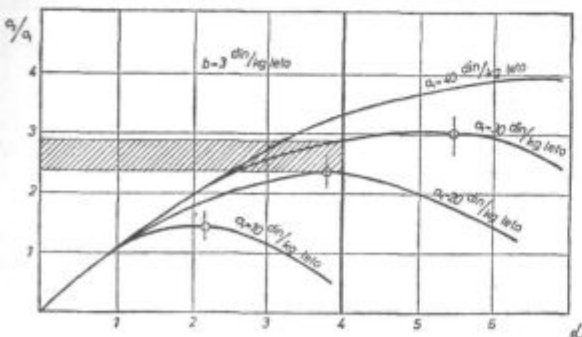


Slika 1

Odvisnost razmerij amortizacije a_2/a_1 od razmerja tokovnih gostot α (stanje 1971)

Fig. 1

Relationship between the a_2/a_1 amortization ratio and the ratio of current densities α (ln 1971)



Slika 2

Odvisnost razmerij amortizacije a_2/a_1 od razmerja tokovnih gostot α (stanje 1981)

Fig. 2

Relationship between the a_2/a_1 amortization ratio and the ratio of current densities α (ln 1981)

faktor za določitev pravih elektrotehničnih obratovalnih ur na 0,55. Pri tem dobimo višino teh ur iz letnih ur obratovanja obločne peči

$$t_e = 0,55 \cdot t_p = 0,55 \cdot 7500 = 4000 \text{ h}$$

Ceno kWh električne energije moramo upoštevati obremenjeno z vsemi transformatorskimi in transportnimi stroški do sekundarne strani pečnega transformatorja. Za izbrana leta dobimo za konstanto b vrednosti:

$$\text{Leto 1971 : } b = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,16 \cdot 4000 = 2 \text{ din/kg letno}$$

$$\text{Leto 1981 : } b = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 4000 = 20 \text{ din/kg letno}$$

Ker različne obločne peči obratujejo v različnih obratovalnih režimih in z različno ceno električne energije, so v nadaljnih prikazih upoštevane tudi razmere za $b = 3$, oz. $b = 30$.

Na sl. 1 in sl. 2 je grafično prikazan odnos

$$a_2/a_1 = f(\alpha)$$

za različne parametre a_1 in b. Iz slik se da ugotoviti, kako je dopustna največja, še gospodarna letna amortizacija za vodno hlajene kable odvisna od njihove tokovne gostote pri različnih letnih amortizacijah za zračno hlajene kable pri razmerah cen v letih 1971 in 1981. Iz diagramov izhaja, da sme pri običajnem razmerju tokovnih gostot $\alpha = 4$ znašati razmerje letnih amortizacij med vodno hlajenimi kablji za $b = 2$, tj. v letu 1971 $a_2/a_1 = 3$. V

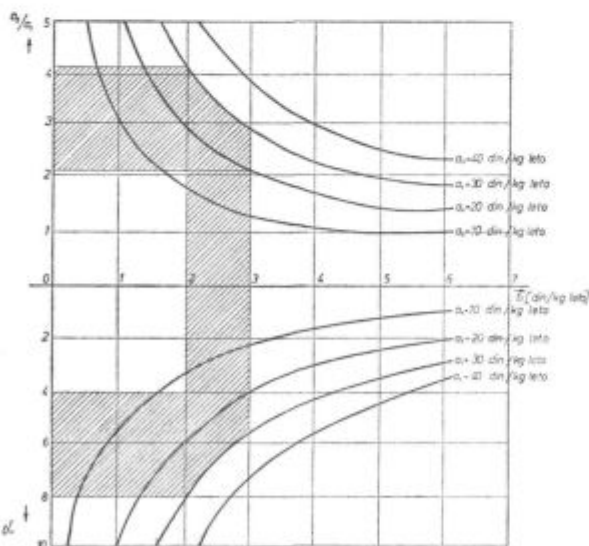
istem letu pade za $b = 3$ to razmerje na $a_2/a_1 = 2,5$, upoštevaje pri tem letno amortizacijo za zračno hlajene kable $a_1 = 20\text{--}30$ din/kg.

V letih do 1981 so se bruto cene električne energije proti letu 1971 povečale cca 10 krat. Konstanta b se giblje torej med $b = 20\text{--}30$. Cena bakrenih fleksibilov, upoštevajoč ostale stroške (vzdrževanje), pa se je v istem obdobju povečala okrog 6-krat in lahko računamo v letu 1981 z letno amortizacijo zračno hlajenih kablov med $a_1 = 150\text{--}200$ din/kg. Iz diagramov spoznamo, da opisani premik cen le delno spreminja razmerje om. dopustnih amortizacij

npr.: $b = 2$ na $b = 20$ pomeni $a_2/a_1 = 3,0$ na $a_2/a_1 = 2,5$

oziroma za : $b = 3$ na $b = 30$ pomeni $a_2/a_1 = 2,5$ na $a_2/a_1 = 2,0$.

Sprememba cen energije in bakra, ki smo ji bili priča v zadnjih desetih letih, zožuje gospodarno razmerje med letnimi amortizacijami od takratnih 2,5—3,0 na sedanje 2,0—2,5 ali za dobrih 20 %. Vodno hlajeni kabli bodo danes torej ekonomičnejši od zračno hlajenih kablov le takrat, ko bodo letni stroški zanje manjši od dvakratnih, oz. dvainpolkrat letnih stroškov za zračno hlajene kable. Račun upošteva seveda le stvarne letne tehnične amortizacije; za pravi ekonomski izračun je potrebno upoštevati še tehnično amortizacijsko dobo ali življenjsko dobo. Če ima torej vodno hlajeni kabel za 50 % daljšo življenjsko dobo od zračno hlajenega, sme biti $1,5 \times (2,0\text{--}2,5)$, tj. 3,0—3,75 dražji od zračno hlajenih kablov, pa bo vodno hlajena izvedba še vedno gospodarnejša.

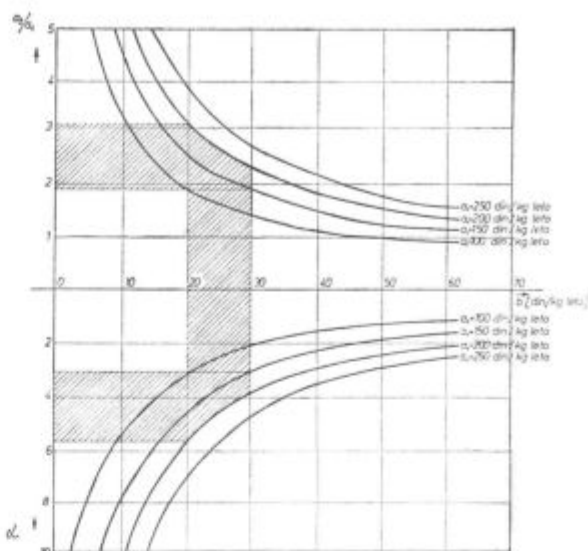


Slika 3

Odvisnost maksimalnih razmerij amortizacij a_2/a_1 in maksimalnih tokovnih gostot α od stroškov izgub energije b (stanje 1971)

Fig. 3

Relationship between the maximal a_2/a_1 amortization ratios and the maximal current densities α , and the costs of energy losses b (in 1971)



Slika 4

Odvisnost maksimalnih razmerij amortizacij a_2/a_1 in maksimalnih tokovnih gostot α od stroškov izgub energije b (stanje 1981)

Fig. 4

Relationship between the maximal a_2/a_1 amortization ratios and the maximal current densities α , and the costs of energy losses b (in 1981)

Na sl. 3 in 4 je prikazano razmerje med letnimi amortizacijami a_2/a_1 in konstanto b za ekstremno najvišjo amortizacijo a_2 , ki nastopa pri razmerju α max. Kot že povedano, predstavlja b specifične stroške energetskih izgub v kablju, zato je razumljiv potek krivulj, po katerih mora biti letna amortizacija za vodno hlajene kable nižja, če narastejo stroški za izgubljen energijo (večji b), kajti le tako bodo skupni stroški za vodno hlajene kable nižji od stroškov za zračno hlajene kable. S slik 3 in 4 tudi vidimo, da so pri vrednostih $b < 2$ (1971), oz. $b < 20$ (1981) amortizacijska razmerja visoka in se vrednosti hitro spreminjajo.

Dosedanje razpravljanje je imelo cilj ugotoviti še dopustno letno razmerje amortizacij med vodno hlajenimi in zračno hlajenimi fleksibilni obločne peči pri danih razmerjih tokovnih gostot (α) pri danih cenah za električno energijo in za baker v kablju. Rezultati so prikazani v spodnjem delu sl. 3 in 4. Pri razmerah cen iz leta 1971 bi smela biti najvišja razmerja tokovnih gostot med vodno hlajenimi in zračno hlajenimi kabli $\alpha = 4\text{--}8$, pri cenah iz leta 1981 pa med $\alpha = 3\text{--}6$. Spet vidimo odločujoči vpliv večje rasti cen energije na zahtevo po zmanjšanju tokovnih gostot vodno hlajenih kablov.

POVZETEK:

Prispevek obravnava gospodarnost vodno hlajenih fleksibilnih kablov na elektroobločni peči. Izračun ugotavlja, kako so najvišji še dopustni

letni stroški za tehnično amortizacijo teh kablov odvisni od amortizacije zračno hlajenih kablov in cen električne energije. Pri razmerju pripadajočih tokovnih gostot $\alpha = 4$ in cen iz leta 1971 sme letna amortizacija vodno hlajenih kablov doseči 2,5 do 3-kratno vrednost amortizacije zračno hlajenih kablov. Za leto 1981 se ta odnos zniža na 2,0 do

2,5-kratno vrednost, predvsem kot posledica hitrejše rasti cene električne energije. Prispevek obravnava tudi določitev optimalnega razmerja tokovnih gostot α na osnovi razmerja cen. V letu 1971 se je optimalno razmerje gibalo v razponu $\alpha = 4-8$, v letu 1981 pa se zožuje v razponu $\alpha = 3-6$.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Artikel wird die Wirtschaftlichkeit der flexiblen wassergekühlten Kabeln an Lichtbogenöfen behandelt. Die Rechnung gibt fest wie die höchsten noch zulässigen Jahresausgaben für die technische Abschreibung dieser Kabeln von der Abschreibung der luftgekühlten Kabeln und der Kosten für die elektrische Energie abhängig sind. Beim Verhältniss der zugehörigen Stromdichte $\alpha = 4$ und der Preise aus dem Jahre 1971 darf die Jahresabschreibung der wassergekühlten Kabeln 2.5 bis 3-maligen Wert der

Abschreibung der luftgekühlten Kabeln erreichen. Für das Jahr 1981 reduziert sich dieses Verhältniss auf 2.0 bis 2.5-maligen Wert, vor allem als die Folge der schnelleren Preiserhöhung für die elektrische Energie. Es wird auch die Bestimmung des optimalen Verhältnisses der Stromdichte α auf Grund der Preisverhältnisse behandelt. Im Jahre 1971 schwankte das optimale Verhältnis im Bereich $\alpha = 4-8$, im Jahre 1981 wird der Bereich enger und zwar $\alpha = 3-6$.

SUMMARY

The paper treats the economy of water-cooled flexible cables on the electric arc furnace. The evaluation shows the relationship between the maximal allowable yearly costs of technical amortization of those cables and the amortization of air-cooled cables, and the electric energy prices. According to the ratio of corresponding current densities $\alpha = 4$ and prices in 1971 the yearly amortization of water-cooled cables can reach the 2.5 to 3 fold value

of the amortization of air-cooled cables. In year 1981 this ratio is reduced to 2.0 to 2.5 fold value as the consequence of higher growth of electric energy prices. The paper discusses also the determination of the optimal ratio of current densities α based on the price ratio. In 1971 the optimal ratio varied between 4 and 8, but this interval is reduced to 3 to 6 in 1981.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрена экономичность упругости кабелей в электрической дуговой печи охлажденных с водой. Расчетом определено несколько максимальные, еще допустимые годовые расходы на техническую амортизацию этих кабелей зависят от амортизации кабелей охлажденных с воздухом и от цены электрической энергии.

При соотношении соответствующих течений густоты $\alpha = 4$ и цен из года 1971 может годовая амортизация кабелей, охлажденных с водой достигнуть значение, которое составляет 2,5 до 3

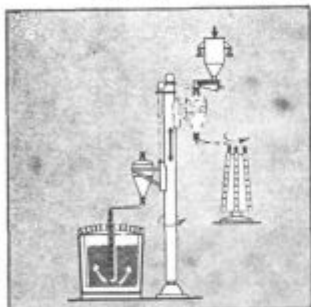
раза значения амортизации кабелей, охлажденных с воздухом. В течении 1981 г. это отношение уменьшилось на 2,0 до 2,5 раза, главным образом вследствие быстрого повышения цен электрической энергии.

В статье также рассмотрены определения оптимального отношения течений густот на основании отношения цен.

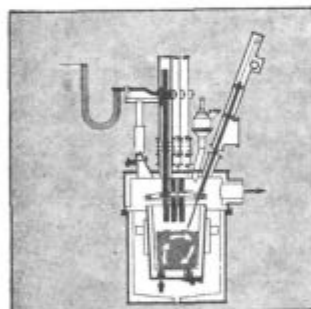
В течении 1971 года это отношение колебалась в пределах $\alpha = 4-8$, между тем как в 1981 года оно сузилось в пределы $\alpha = 3-6$.

MESSO

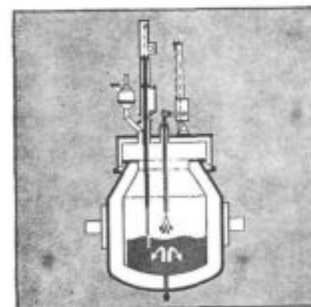
METALLURGICAL KNOWHOW



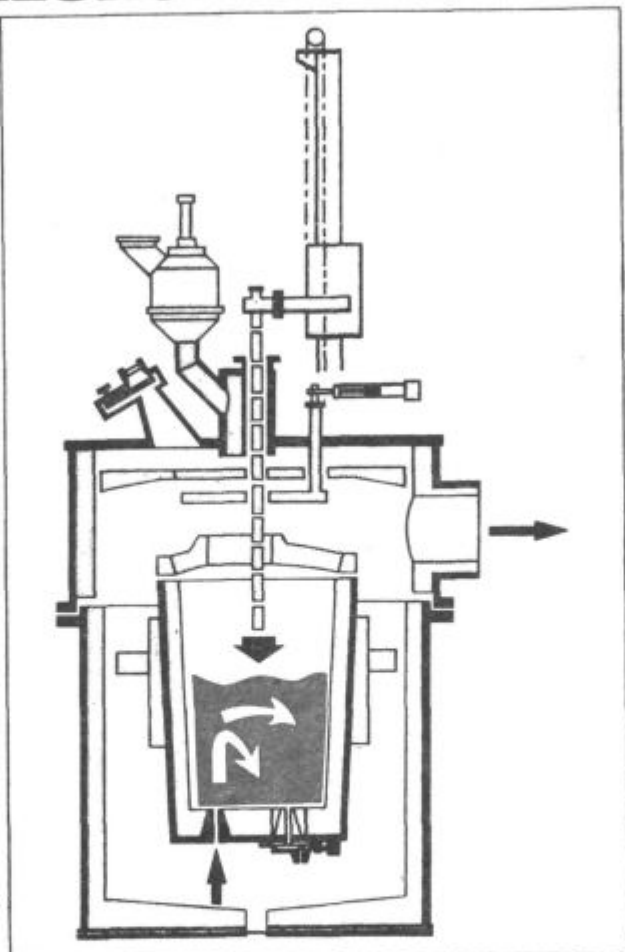
TN process (for precision desulphurizing and deoxidation)
By immersed lance blowing of alkaline earth metals, extremely low contents of sulphur and oxygen are produced in a few minutes, considerably improving the mechanical properties.



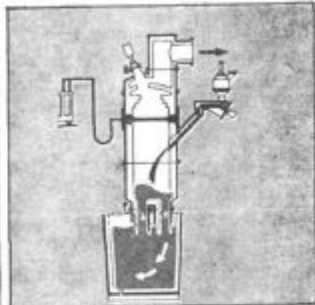
VAD (Vacuum Arc Degassing) Process
Satisfies all requirements for greater productivity and higher quality. Heating, degassing, refining and alloy addition take place under vacuum.



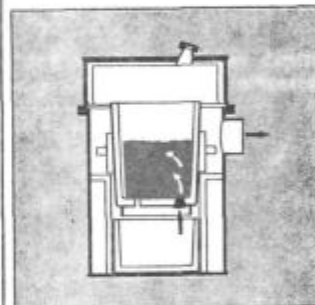
VODC (Vacuum Oxygen Decarburization Converter) process
This process combines the proven VOD method with BOF converter practice. This results in little chromium slag with correspondingly low consumption of reducing agents, inert gas (argon) and phosphorizing substances.



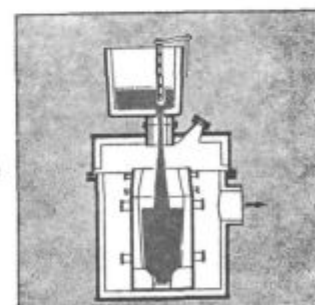
VOD (Vacuum Oxygen Decarburization) process
VOD is used in making stainless steels, decarburization of high chromium alloyed qualities to ELC grades with highest chromium yield.



RH Circulation
Minimum heat loss, excellent degassing — close tolerance alloying, assured quality every time.



Ladle degassing with inert gas flushing
Simple, reliable affording a large reaction area.



Vacuum Ingot casting
Used for casting large ingots for forging. Castings weighing more than 500t are now feasible. The low hydrogen content shortens annealing times. Vacuum ingot casting is a reliable casting process in which deleterious effects of the atmosphere are completely excluded.

The choice is yours

Whether you make steel or talk steel the wealth of practical experience behind Standard-Messo is impressive. The wide range of steel processing systems described above have been proven time and time again. Further detailed information on any of these process systems is available by writing direct to SMD



Standard-Messo Duisburg,
Messo Ingenieurhochhaus,
Sonnenwall, PO Box 10 02 04,
D4100 Duisburg 1,
West Germany.

Rentgenska strukturna analiza površinske plasti jekla

UDK: 539.26:548.736
ASM/SLA: M22g

Ferdo Grešovnik

Opisane so meritve in računski obdelava podatkov za določitev vsebnosti kristalizirane faze v različnih globinah vzorca. Določeno je bilo spreminjanje koncentracije faze γ v površinski plasti brušenega vzorca jekla Č 4150 (OCR 12), ki je bilo kaljeno s temperaturo 980 °C.

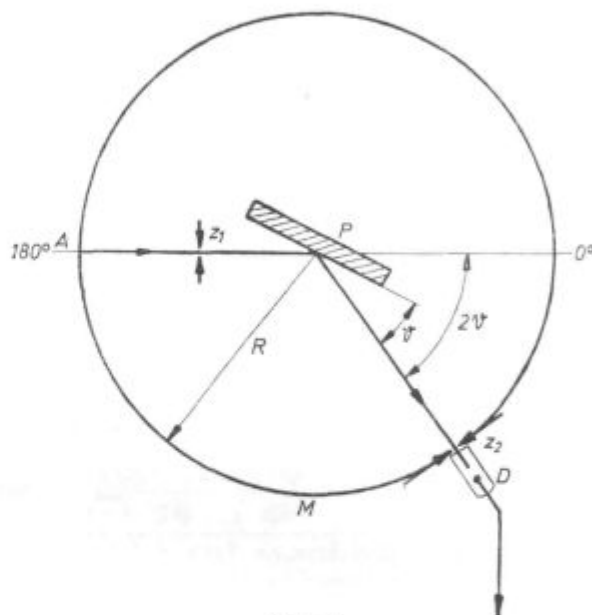
1. UVOD

Z nekaterimi načini obdelave jekla, npr. z brušenjem, indukcijskim kaljenjem, termokemično obdelavo povzročimo, da se fazna sestava površinske plasti močno spreminja z globino. S tem dobi jeklen izdelek kombinacijo lastnosti, ki odločilno vplivajo na njegovo uporabnost. Iz meritev fazne sestave površinske plasti obdelovanca je mogoče tudi sklepati, ali je bila tehnologija obdelave pravilna ali ne. Pri jeklih je že osnovna masa pogosto zastopana z dvema fazama: α , ki ima telesno centrirano kubično kristalno mrežo, in γ , ki ima ploskovno centrirano kubično kristalno mrežo. Ugodna metoda za določitev deleža teh dveh faz je rentgenska strukturna analiza. Ta analiza zajema pri jeklu v glavnem le površinsko plast z debelino reda velikosti 10^{-5} m, konkretna vrednost tega podatka je odvisna od valovne dolžine uporabljene rentgenske svetlobe.

2. MERILNA METODIKA

Pri rentgenski strukturni analizi je ploščina neke uklonske črte na rentgenogramu sorazmerna energijskemu toku P'' sipane rentgenske svetlobe na enoto dolžine pripadajočega Debye-Scherrerjevega obroča. Sorazmernostni koeficient K je odvisen od geometrijske izvedbe in opreme difraktometra, izkoristka detektorja in elektronske obdelave napetostnih sunkov iz detektorja. Za določen tip mrežnih ravnin faze γ je pri simetričnem prehodu rentgenske svetlobe (sl. 1) P'' enak²

$$P'' = j_0 \frac{(2a)^2 p \lambda^3}{32\pi v_\gamma^2 R} \frac{1 + \cos^2 2\vartheta}{\sin^2 \vartheta \cos \vartheta} |S \cdot F_\gamma|^2 e^{-2W} \cdot \int_0^t e^{-\mu \frac{2x}{\sin \vartheta}} c_\gamma(x) \frac{S dx}{\sin \vartheta} \quad (1)$$



Slika 1

Pot curka rentgenske svetlobe pri uklonu na polkristalnem vzorcu

Fig. 1

Jet course of X-rays in diffraction on a polycrystalline sample

j_0 je gostota energijskega toka vpadajočega curka rentgenske svetlobe z valovno dolžino λ , a je klasični polmer elektrona, p je število vseh kombinacij Millerjevih indeksov, ki pripadajo istemu tipu mrežnih ravnin, v_γ je volumen osnovne celice faze γ , $S \cdot F_\gamma$ je strukturni faktor, e^{-2W} je Debye-Wallerjev temperaturni faktor, S je prečni presek vpadajočega curka rentgenske svetlobe, μ je linearni absorpcijski koeficient za uporabljeno rentgensko svetlobo v preizkušancu, $c_\gamma(x)$ je volumska koncentracija faze γ v globini x , t je debelina preizkušanca. Večinoma lahko domnevamo, da je ta debelina neskončno velika. Ostale oznake so razvidne iz slike 1. Če integrand enačbe (1) množimo in delimo z 2μ , nato pa nesemo $\frac{S}{2\mu}$ pred integralni znak, ostane v integrandu poleg $c_\gamma(x)$ še porazdelitvena funkcija

$$w(x, \vartheta) = e^{-\frac{2\mu}{\sin \vartheta} x} \frac{2\mu}{\sin \vartheta} \quad (2)$$

ki je normirana takole

$$\int_0^{\infty} w(x, \vartheta) dx = 1 \quad (3)$$

Iz tega je razvidno, da pri rentgenski strukturni analizi vedno določamo povprečno vsebnost določene faze po porazdelitvi (2), torej

$$\bar{c}_\gamma(\vartheta) = \int_0^{\infty} w(x, \vartheta) c_\gamma(x) dx. \quad (4)$$

V splošnem bomo določili tudi drugačno vsebnost neke faze, če merimo sipanje rentgenske svetlobe na drugem tipu mrežnih ravnin, t. j. pri drugačnem kotu ϑ .

Kako določiti vsebnost neke faze v različnih globinah vzorca? Ponujata se dve možnosti:

I. S postopkom, ki ne spremeni fazne sestave okoliškega materiala, posnemamo tanke plasti vzorca in merimo povprečno vsebnost preiskovane faze v različnih globinah, npr.

$$\bar{c}_\gamma(\vartheta, \xi) = \int_{\xi}^{\infty} w(x - \xi, \vartheta) c_\gamma(x) dx \quad (5)$$

ξ je skupna debelina že posnetega materiala. Ugodna metoda za posnemanje tankih plasti jekla je elektrolitsko odtapljanje.

Z odvajanjem enačbe (5) po ξ in po ureditvi dobimo

$$c_\gamma(\xi) = \bar{c}_\gamma(\vartheta, \xi) - \frac{\sin \vartheta}{2\mu} \frac{\partial \bar{c}_\gamma(\vartheta, \xi)}{\partial \xi} \quad (6)$$

II. Vsebnost preiskovane faze določimo večkrat na nespremenjenem vzorcu, in sicer tako, da upoštevamo reflekse na različnih tipih mrežnih ravnin prizadete faze, torej pri različnih kotih ϑ . S tem imamo pri vsaki meritvi drugačno porazdelitveno funkcijo (2). Če za odvisnost vsebnosti preiskovane faze od globine, npr. $c_\gamma(x)$ privzamemo kakšno enostavno funkcijo, je mogoče z upoštevanjem izmerjenih vsebnosti faze γ z reševanjem sistema enačb izračunati neznane konstante v funkciji $c_\gamma = c_\gamma(x)$. Postopek si oglejmo na primeru funkcijske odvisnosti:

$$c_\gamma(x) = c_{\gamma\infty} + (c_{\gamma 0} - c_{\gamma\infty}) e^{-\lambda x} \quad (7)$$

Pri tem je $c_{\gamma 0}$ koncentracija faze γ na površini vzorca, $c_{\gamma\infty}$ pa v veliki globini.

Če enačbo (7) vstavimo v (4), dobimo

$$\bar{c}_\gamma(\vartheta_1) = c_{\gamma\infty} + (c_{\gamma 0} - c_{\gamma\infty}) \frac{\mu(\vartheta_1)}{\mu(\vartheta_1) + \lambda} \quad (8)$$

Z $\mu(\vartheta_1)$ smo označili izraz

$$\mu(\vartheta_1) = \frac{2\mu}{\sin \vartheta_1} \quad (9)$$

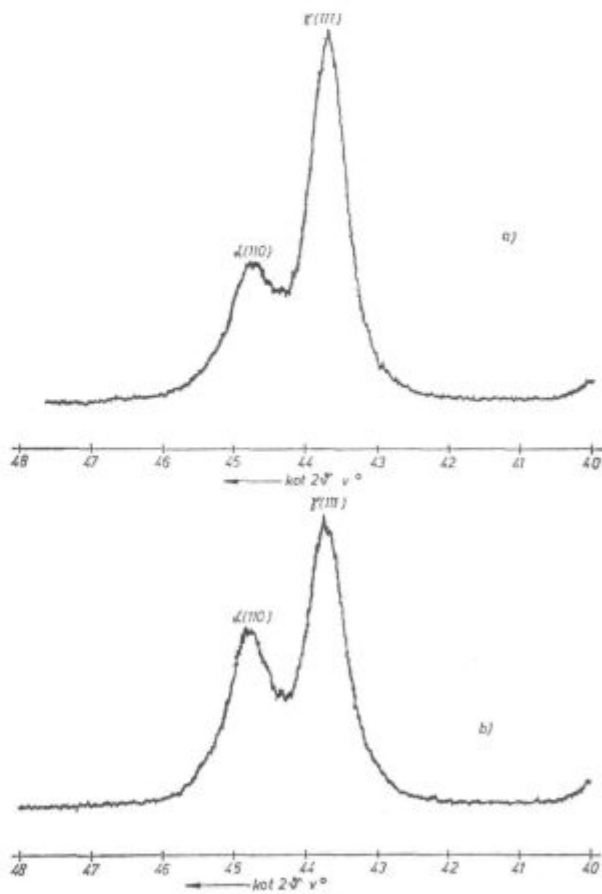
Analogni enačbi, kot je (8), lahko zapišemo še za izmerjeni koncentraciji faze γ z upoštevanjem refleksov na fazi γ pri kotih ϑ_2 in ϑ_3 . Tako dobimo tri enačbe in tri neznanke: $c_{\gamma 0}$, $c_{\gamma\infty}$ in λ .

Ta, druga metoda je uspešna le, če je orientacijska porazdelitev kristalnih zrn v vzorcu idealno

izotropna. Pomagamo si lahko tudi tako, da posnamemo reflekse, ki pripadajo preiskovani fazi, z različnimi rentgenskimi cevmi. Izraz (9) je namreč odvisen tudi od valovne dolžine uporabljene rentgenske svetlobe.

3. IZVEDBA MERITEV IN REZULTATI

Za preizkusni material smo izbrali jeklo Č. 4150 (OCR 12), ki je bilo po plastični predelavi v vročem kaljeno s temperature 980 °C v olju. Vzorec je bil pred meritvami zbrusen z brusilno ploščo in je imel dimenzije 18 mm × 15 mm × 10 mm. Potek koncentracije faze γ z globino smo najprej določili z metodo I. V ta namen smo na večji ploskvi vzorca elektrokemično posnemali tanke plasti materiala. Za elektrolit smo uporabili 3 % raztopino KBr v vodi. Odtapljanje je potekalo galvanostatsko pri toku 1 A, v enem koraku je trajalo 10 s. Z nabojem 10 As smo v povprečju otopili 2,14 mg materiala. Po vsakem odtapljanju smo vzorec v vodi izpostavili še ultrazvočnemu valovanju, ki je



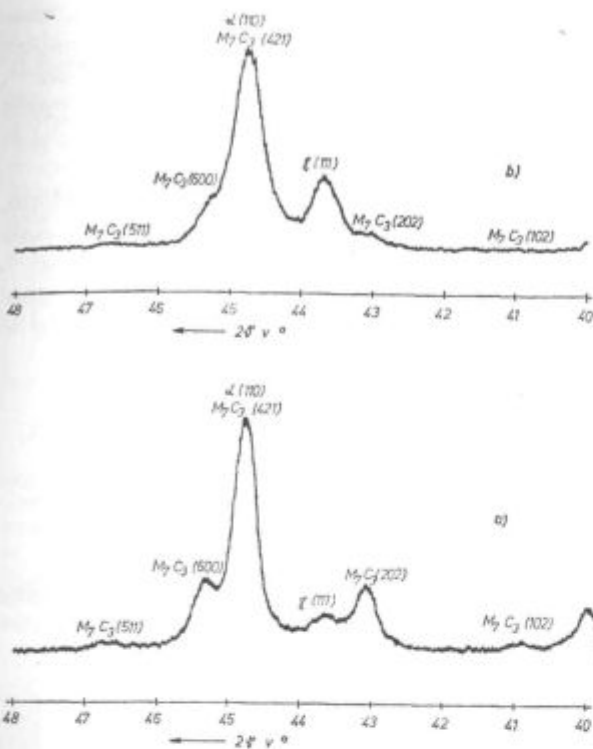
Slika 2

Rentgenogram kaljenega jekla Č. 4150

- a) takoj po brušenju
b) po posnetju 1,4 μm debele plasti

Fig. 2

- X-ray diffractogram of quenched Č. 4150 steel
a. just after grinding
b. after broaching 1.4 μm thick layer



Slika 3

Izmerjena volumska koncentracija faze gama v odvisnosti od globine; jeklo Č. 4150 po kaljenju in brušenju

Fig. 3

Measured volume concentration of gamma phase depending on the depth; C. 4150 steel after quenching and grinding

posnelo neraztopljenja kristalna zrna. V povprečju se je s tem v vsakem koraku zmanjšala masa vzorca še za 0,79 mg. V celoti smo torej v enem koraku posneli 2,93 mg materiala, kar predstavlja 1,4 μm debelo plast z gostoto 7,8 g/cm³.

Po vsakokratnem posnetju plasti s prej omenjeno debelino smo z rentgensko strukturno analizo določili koncentracijo faze γ, to je \bar{c}_γ (θ, ξ). Pri tem smo uporabili metodo direktne primerjave črt α (110) in γ (111). Privzeli smo, da je koncentracija karbidov 10 %. Za snemanje rentnogramov smo uporabili rentgensko cev z anodo iz bakra. Valovna dolžina karakteristične črte K_{α1} je 0,15405 nm. Masni absorpcijski koeficient za to rentgensko svetlobo v železu je 308,1 cm²/g³, linearni absorpcijski koeficient je torej 0,2403 μm⁻¹. Črta γ (111) nastopa pri kotu 2θ = 43,7°, črta α (110) pa pri kotu 2θ = 44,75°. Porazdelitveni funkciji (2) sta za ta dva refleksa skoraj enaki. Slika 2 kaže, kako se spremenita omenjena refleksa, če posnamemo prvo 1,4 μm debelo plast jekla. Slika 3 kaže, kako se spreminja eksperimentalno določena koncentracija \bar{c}_γ z globino (točke ○).

Takoj opazimo, da bi bilo mogoče eksperimentalno določeno odvisnost dokaj dobro aproksimirati z eksponentno funkcijo

$$\bar{c}_\gamma(x) = c_{\gamma\infty} + (\bar{c}_{\gamma 0} - c_{\gamma\infty}) e^{-\lambda x} \quad (10)$$

Tu smo že upoštevali, da je $c_{\gamma\infty} = \bar{c}_{\gamma\infty}$, kar je razvidno iz (6). To veličino smo določili tako, da smo vzeli aritmetično srednjo vrednost desetih izmerjenih vsebnosti faze γ v največjih globinah. Preostali dve konstanti ($\bar{c}_{\gamma 0}$ in λ) v enačbi (10) smo določili iz izmerjenih točk na sliki 3 z metodo najmanjših kvadratov. V ta namen smo vpeljali nove oznake

$$\ln(\bar{c}_\gamma(x) - c_{\gamma\infty}) = y$$

$$\ln(\bar{c}_{\gamma 0} - c_{\gamma\infty}) = n$$

in se enačba (10) zapiše

$$y = -\lambda x + n \quad (11)$$

Pri metodi najmanjših kvadratov zahtevamo minimum funkcije

$$z(\lambda, n) = \sum_{i=1}^N (y_i + \lambda x_i - n)^2$$

N je število točk na sliki 3. Biti mora

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial z}{\partial \lambda} &= \sum_{i=1}^N 2(y_i + \lambda x_i - n) x_i = 0 \\ \frac{\partial z}{\partial n} &= \sum_{i=1}^N 2(y_i + \lambda x_i - n) (-1) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Iz sistema linearnih enačb (12) dobimo rešitvi

$$\lambda = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i y_i \\ \sum_{i=1}^N 1 & \sum_{i=1}^N y_i \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N x_i & -\sum_{i=1}^N x_i^2 \\ \sum_{i=1}^N 1 & -\sum_{i=1}^N x_i \end{vmatrix}} = 0,13 \mu\text{m}^{-1} \text{ in}$$

$$n = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N x_i y_i & -\sum_{i=1}^N x_i^2 \\ \sum_{i=1}^N y_i & -\sum_{i=1}^N x_i \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N x_i & -\sum_{i=1}^N x_i^2 \\ \sum_{i=1}^N 1 & -\sum_{i=1}^N x_i \end{vmatrix}}, \text{ od tod pa } \bar{c}_{\gamma 0} = 61,4 \%$$

ker je bilo $c_{\gamma\infty} = 24,2 \%$. Vse izračune smo opravili z računalnikom HP 97.

Graf funkcije (10) je prav tako narisana na sliki 3.

Na osnovi enačbe (6) izračunamo še pravo lokalno koncentracijo faze γ:

$$c_\gamma(x) = c_{\gamma\infty} + (\bar{c}_{\gamma 0} - c_{\gamma\infty}) \left(1 + \frac{\lambda}{\mu(\theta_1)} \right) e^{-\lambda x} \quad (13)$$

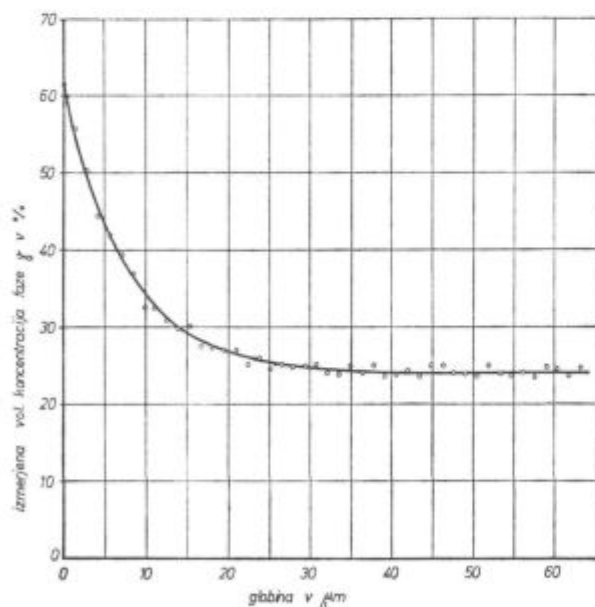
Ker je μ(θ₁) za refleks γ (111) enak 1,29 μm⁻¹, je prava koncentracija faze γ na površini enaka $c_{\gamma 0} = 65,2 \%$.

Da bi potrdili potrebo po ultrazvočnem »čiščenju« površine vzorca po vsakem elektrokemičnem odtapljanju jekla, smo naredili še poskus:

Z nabojem 200 As smo otopili 42,7 mg materiala in takoj posneli rentgenogram (sl. 4a). Nato smo ultrazvočno odstranili še 15,8 mg materiala in ponovno posneli rentgenogram v istem kotnem območju (sl. 4b). Pred ultrazvočnim »čiščenjem« prevladujejo uklonske črte karbida M_7C_3 , po »čiščenju« pa uklonske črte obeh faz osnovne mase.

Potek koncentracije faze γ z globino smo poskusili določiti tudi z metodo II. V ta namen smo z rentgensko svetlobo, ki jo daje rentgenska cev z bakreno anodo, posneli reflekse na naslednjih tipih mrežnih ravnin faze γ : (111), (200), (220) in (311). Vzorec je bil enak, kot je že opisano, seveda pa je bil samo zbrušen. Takoj smo opazili, da vzorec nima idealno izotropne orientacijske porazdelitve kristalnih zrn, saj smo z metodo ene črte² ugotovili, da dobimo z upoštevanjem uklonske črte γ (311) malo večjo koncentracijo faze γ kot z upoštevanjem črte γ (220), biti pa bi moralo ravno nasprotno, saj leži uklonska črta γ (311) pri večjem kotu 2θ kot črta γ (220). Zaradi tega smo uporabili tri različne rentgenske cevi:

a) z bakrovo anodo; karakteristični parametri so bili že navedeni. Upoštevali smo črti γ (111) in α (110); $\mu(\theta_1) = 1,29 \mu\text{m}^{-1}$, $\bar{c}_\gamma(\theta_1) = 61,4 \%$



Slika 4
Rentgenogram kaljenega jekla Č. 4150
a) takoj po elektronskem odtapljanju
b) po ultrazvočnem čiščenju

Fig. 4
X-ray diffractogram of quenched Č. 4150 steel
a. just after electrolytic dissolution
b. after ultrasonic cleaning

b) s kobaltovo anodo; $\lambda_{K_{\alpha 1}} = 0,17889 \text{ nm}$, masni absorpcijski koeficient v železu je $58,6 \text{ cm}^2/\text{g}^3$, linearni absorpcijski koeficient je $0,0457 \mu\text{m}^{-1}$. Upoštevali smo črti γ (111) in α (110), ki nastopata pri kotih $2\theta = 50,9^\circ$ in $2\theta = 52,3^\circ$; $\mu(\theta_2) = 0,21 \mu\text{m}^{-1}$, $\bar{c}_\gamma(\theta_2) = 49,8 \%$

c) z molibdensko anodo; $\lambda_{K_{\alpha 1}} = 0,07093 \text{ nm}$, masni absorpcijski koeficient v železu je $39,3 \text{ cm}^2/\text{g}^3$, linearni absorpcijski koeficient je $0,0307 \mu\text{m}^{-1}$. Upoštevali smo črti γ (220) in α (200), ki nastopata pri kotih $2\theta = 32,4^\circ$ in $2\theta = 28,7^\circ$; $\mu(\theta_3) = 0,22 \mu\text{m}^{-1}$, $\bar{c}_\gamma(\theta_3) = 50,3 \%$.

Iz (8) dobimo sistem enačb

$$\bar{c}_\gamma(\theta_i) \mu(\theta_i) = -\bar{c}_\gamma(\theta_i) \lambda + c_{\gamma 0} \mu(\theta_i) + c_{\gamma \infty} \lambda, \quad i = 1 \text{ do } 3$$

ki ima rešitve

$$\lambda = 0,07 \mu\text{m}^{-1}, \quad c_{\gamma 0} = 62,7 \%, \quad c_{\gamma \infty} = 37,4 \%$$

Pripomniti je treba, da so v teh rešitvah možne napake, saj pri izračunu odštevamo približno enake veličine.

4. SKLEPI

Pri brušenju jekla se tanka površinska plast močno segreje in se zaradi tega spremeni fazna sestava. Potek vsebnosti faze γ z globino je z rentgensko struktarno analizo mogoče določiti z dvema metodama. Prva je dolgotrajna in zahteva mnogo skrbnega eksperimentalnega dela. Druga je hitrejša, na razpolago pa moramo imeti več rentgenskih cevi z različnimi anodami. Rezultati pri drugi metodi niso posebno natančni.

Kadar želimo ugotoviti fazno sestavo jekla, ki je bilo predhodno brušeno, samo v večjih globinah, je treba površinsko plast odstraniti; najbolje je, da jo elektrolitsko raztopimo. Na vsak cm^2 površine je treba pri tem dovesti vsaj 100 As naboja. Površino je treba pri jeklih, ki vsebujejo več karbidov, pred rentgensko analizo »očistiti« z ultrazvočnim valovanjem.

Kadar uporabljamo pri strukturi analizi rentgensko svetlobo, ki se v jeklu manj absorbira, je vpliv spremenjene fazne sestave površinske plasti na rezultate analize manjši.

Literatura

1. A. Taylor: X-Ray metallography John Wiley & Sons, Inc., New York in London 1961.
2. J. Rodič s sodelavci: Raziskave ledeburitnih orodnih jekel (F. Grešovnik: Rentgenske preiskave), naloga MI 237, Ljubljana 1974.
3. R. Theisen in D. Vollath: Tabellen der Massenschwächungskoeffizienten von Röntgenstrahlen, Verlag Stahleisen M. B. H., Düsseldorf 1967.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Röntgenographischen Strukturanalyse wird der durchschnittliche Gehalt einer bestimmten kristallisierten Phase nach der Verteilungsfunktion gemessen, die eine Folge der Absorption der Röntgenstrahlung in der Probe ist. Die örtliche Konzentration der untersuchten Phase in verschiedenen Tiefen der Oberflächenschicht kann nach zwei Methoden bestimmt werden. Nach der ersten werden ganz dünne Schichten der Probe abgenommen und die Röntgenogramme unter immer gleichen

Bedingungen aufgenommen. Nach der zweiten Methode bleibt die Probe unverändert, mehrere Röntgenogramme müssen bei verschiedenen Bedingungen aufgenommen werden. Die beiden Methoden werden am Beispiel der Bestimmung der γ Phase in verschiedenen Tiefen einer gehärteten Probe des Stahles C.415 (OCR 12) gezeigt, welche vor den Messungen geschliffen worden ist. Es wird auf die Möglichkeit der Fehler bei den Messergebnissen gedeutet.

SUMMARY

In X-ray structural analysis the mean content of a certain crystalline phase is determined by the distribution curve as consequence of absorption of X-rays in the sample. The local concentration of the investigated phase in the various depths of the surface layer can be determined by two methods. By the first method thin layers of the sample are broached, and X-ray diffractograms are taken always at the same conditions. According to the

second method, the sample remains intact but numerous X-ray diffractograms must be taken at varied conditions. Both methods are illustrated with the case of determining γ phase content in various depths of quenched C.4150 (OCR 12) steel which was ground before measurements. Attention is given to possible errors in the measured results.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении рентгеноструктурного анализа измеряется наклонное содержание определенной кристаллической фазы по распределительной функции, которая представляет собой результат абсорбции рентгеновских лучей в образце. Локальную концентрацию исследованной фазы в различных глубинах поверхностного слоя образца можно определить с применением двух методов. При первом методе снимаем тонкие слои образца и, всегда при

одних и тех же условиях, выполняем намеченные рентгено съемки. При втором способе остается образец неизменный, надо лишь при различных условиях сделать побольше рентгено съемок.

Оба метода приведены на примере определения содержания фазы γ в различных глубинах закаленного образца стали С. 4150 (OCR 12), отшлифованного до выполнения измерений.

Tehnične novice

Drugo posvetovanje o kontinuirnem vlivanju pod naslovom:

CONTINUOUS CASTING CONFERENCE 1981 LINZ 12.—16. OKTOBER 1981

J. Arh, M. Demšar

1. UVOD

Konferenco organizira VOEST—ALPINE AG.

Bila je druga po vrsti. Na njej so sodelovali predstavniki 20 držav, kjer ima VOEST svoje naprave za kontinuirno vlivanje ali se zanje zanimajo. Predstavljenih je bilo 28 predavanj, med njimi tudi dva iz Železarne Jesenice. Predavatelji so v svojih predavanjih pokazali najnovejše tehnične in tehnološke dosežke pri kontinuirnih livnih napravah za gredice, blume in slabe.

Uvodno predavanje, ki ga je podal direktor dr. Chempirek je bilo posvečeno splošnemu razvoju in napredku železarstva v svetu.

V prvem predavanju pa je O. Pühringer podal rast Voest—Alpine Engineering and Contracting Division od l. 1955 do 1980. Od 100 zaposlenih v l. 1955 na skoraj 3000 zaposlenih v letu 1980. V predavanju je predvsem poudaril hiter razvoj pri gradnji kompletnih jeklarn na ključ s 100 % deležem kontinuirnega livanja. Tako ima firma v gradnji ali v projektiranju 5 kompletnih jeklarn s skupno kapaciteto 4,8 milj. ton.

2. KRATKA VSEBINA NAJBOLJ POMEMBNIH PREDAVANJ

T. H. Kim: Obratovalne izkušnje kontinuirne livne naprave za slabe 1 in 2 v Železarni POSCO J. Koreja.

Železarna ima trenutno kapaciteto 8,5 milj. ton surovega jekla in dva kontiliva za slabe. Prva enožilna naprava za slabe dela od maja 1976 skupaj s 3 žilno napravo za blume in tremi 100 t konvertorji v jeklarni. V jeklarni št. 2 pa trije 300 t LD konvertorji oskrbujejo en dvožilni konti liv za slabe. Zanimivo je omeniti, da je konti liv št. 1 delal od 12. 3. 1980 brez zastoja neprekinjeno 500 dni. V predavanju so opisane novosti, ki so jih izvedli na že zastareli konstrukciji stroja št. 1. Dalje je opisan zelo hiter start stroja št. 2, ki je grajen za velike hitrosti livanja, in pri katerem so dosegli polno zmogljivost (24 šarž/dan) preje kot v 60 dneh. Sigurnost vlivanja je visoka in se giblje okrog 98,5 %. 69 % slabov gre neočiščenih v nadaljno predelavo.

K. Ishigam in sodelavci: Izboljšave na kontinuirni livni napravi št. 2 v Železarni Chiba.

Konti liv je že star in postavljen septembra 1974 za mesečno proizvodnjo 85.200 t, zato je bil potreben temeljite obnove. Predvsem so spremenili način hlajenja valjčnic, povečali trdnost in odpornost proti obrabi in spremenili način mazanja. Z navedenimi ukrepi se je povečala kapaciteta do 165.000 t jekla mesečno, izkoriščenost (čas livanja/koledarski čas) je narasla do 70 %, življenjska doba valjčnic se je povečala preko 1 milj. t jekla, vzdrževalni stroški so se zmanjšali za polovico.

H. Bumberger in sodelavci: Začetek obratovanja konti liva za slabe št. 4 v Linzu.

Namen izgradnje četrtega livnega stroja, ki je grajen za velike hitrosti livanja, je dvigniti delež konti vlitega jekla v Železarni, od doslej 70 do 75 % na skoraj 100 %. V predavanju so navedene spremembe, ki so jih opravili na stroju št. 3 in karakteristike stroja št. 4. Ker je stroj šel v obratovanje šele 12. junija 1981, še ni mogoče dati končne ocene o uspešnosti obratovanja. Dosednji rezultati pa kažejo, da je bil s tem strojem storjen nadaljni korak v napredku pri gradnji kontinuirnih livnih napravah za slabe.

O vplivu livnega praška na prekinitev pri kontinuirnem livanju sta govorila K. Sorimochi in M. Kuga, Kawasaki Steel Corporation Chiba Works Japonska.

Pri tej napaki gre za sprijemanje jekla s kokilo (stiking) v spodnjem delu kokile.

Karakteristike napake:

1. Debelina skorje je najmanjša pri dnu kokile in največja pri meniskusu.

2. Na strjeni skorji opazimo pod kotom 45° „necking line« črte z manjšo debelino skorje.

3. oscilacijske črte so brez reda, kot valovi. Skrbna opazovanja so privedla do zaključka, da se strjena skorja sprime s kokilo zaradi:

a) delne raztalitve kovine, s katero je platirana kokila zaradi kontakta s tekočim jeklom;

b) penetracije tekočega jekla v votline v vogalih kokile;

c) slabega mazanja med trdno skorjo in kokilo.

V mnogih primerih so opazovali kristalizirani livni prašek na pretrgani trdni skorji. Razvoj livnih praškov z nižjo temperaturo kristalizacije je znatno zmanjšal zastoje zaradi sprijemanja jekla s kokilo.

S. Malm in sodelavci: **Izkušnje pri vlivanju nerjavnega in visokoogljčnih jekel v slabe in blume na kontinuirni konti livni napravi v Železarni NYBY Uddeholm AB Degerfors, Švedska.**

Avtorji so podali celotno shemo proizvodnje preko EO peči + CLU konverter + KLiv. EO peč ima kapaciteto 70 t. Med CLU konverterjem in konti livom je tudi naprava za vpihovanje CaSi. Namen obdelave s CaSi je:

pri C jeklih:

- redukcije žindre
- odžveplanje
- odstranitev makro vključkov
- sprememba sestave vključkov

pri nerjavnem jeklu:

- odžveplanje
- dezoksidacija
- izboljšanje obdelovalnosti.

Za jeklarje so zlasti zanimivi karakteristični podatki za EO peč, za CLU konverter, za napravo za vpihovanje prašnatih materialov za ponovce in ogreva mesta in za konti liv. Za kombinirano napravo je podan podroben opis. Posebej so obravnavani proizvodni rezultati in kvalitetni problemi. Težave nastopajo zlasti pri ploščastih produktih zaradi površinskih napak (Ti in Mo legirana jekla).

E. Bachner in sodelavca v predavanju: **Izkušnje s kokilo za regulacijo širine slaba** opisujejo izvedbo, delovanje in izkušnje s kokilo za regulacijo širine slaba. Širino slabov se lahko poveča ali zmanjša, pri čemer ostane hitrost livanja, nespremenjena (Kawasaki Steel). Vmesni del je v takem primeru dolg.

Sistem Hirohata in Nagoja pa omogočata razširitev slaba naenkrat (v stopnjah), pri čemer se hitrost livanja ustavi za določen čas.

Možnost regulacije širine slabov ima to prednost, da se s tem lahko podaljša število livanj v sekvenci.

A. Nillson Fagersta AB opisuje v svojem prispevku: **Kontinuirno vlivanje s Ti-stabiliziranih nerjavnih jekel** izkušnje in probleme, ki nastopajo pri vlivanju s Ti-stabiliziranih jekel. Opisana je celotna proizvodna linija EO peč, VOD naprava, ogrevo mesto, kontinuirno vlivanje ali vlivanje kokile in tehnologija izdelave.

Ta jekla povzročajo hude probleme pri vlivanju, tako glede zadetka vsebnosti Titana, kakor kvalitete površine. Zato bo potrebno še mnogo truda, da se bo stanje izboljšalo.

Ö. Axelsson, B. Klang Svenshtstal AB Oxelösund, Švedska: **Zamenjava obstoječih kontilivnih strojev v SSAB Oxelösund z Voest—Alpine konti livom za slabe.**

Avtorji opisujejo vzroke za spojitev treh velikih proizvajalcev konstrukcijskih jekel Oxelösund Borlänge in Lulea leta 1977 v SSAB. SSAB Oxelösund je integralna železarna s koksarno, plavži, LD jeklarjo (180 t), valjarno debele pločevine itd. V jeklarni imajo za izvenpečno obdelavo jekla še ASEA — SF napravo in TN — napravo in dva konti liva. Opisana so zlasti prizadevanja, da bi vso proizvodnjo jekla odlili kontinuirno. Pogoji za to pa so:

- zadostna kapaciteta livanja
- visoka izkoriščenost strojev
- kontrola procesa izdelave jekla
- kontrola livanja
- vračanje neuspelih šarž

Januarja 1981 so ustavili livanje v kokile, 4 % šarž vrnejo v LD ali na ogrevanje v ASEA SF napravo.

T. Fastner in sodelavci Voest—Alpine: **Kontrola kakovosti kontinuirno vlitih slabov.**

Avtorji so podali pregled številnih metod kontrole kakovosti za potrebe raziskav in proizvodnje v Železarni Voest—Alpine v Linzu.

V. Prešern in B. Koroušič sta v dveh delih podala **delo metalurškega inštituta iz Ljubljane na izboljšanju kvalitete jekla za kontinuirno vlivanje.**

V prvem na področju desoksidacije in izboljšanje livnosti in kvalitete jekla za kontinuirno vlivanje gredic in v drugem delu o aplikaciji kisikove sonde pri optimizaciji desoksidacije jekla. V prvem delu so opisani poskusi in rezultati obdelave jekla s CaSi z eksperimentalno napravo M. I. v Železarni Jesenice.

V drugem delu je skušal avtor pokazati vpliv načina desoksidacije na naravo nekovinskih vključkov s posebnim ozirom na Al_2O_3 , ki povzroča mašenje izlivkov pri kontinuirnem vlivanju.

A. Itoh, K. Makamura, Kokizo Steel Works LTD Japonska: **Obratovanje in vzdrževanje kontilivne naprave za gredice v Železarni ISHIBIC pri KOKKO Steel Works LTD.**

Napravo je zgradila firma IHI po licenci Voest—Alpine. Predstavili so jo že na konferenci pred dvema leti. Na napravi so v dveh letih nemotenega obratovanja odlili 450.000 t jekla. V teh dveh letih so se pokazale odlične prednosti takšnega načina gradnje, kakršne so tudi pričakovali. Omeniti je treba, da je vlivanje z niskimi temperaturami omogočilo izboljšati kvaliteto gredic in zmanjšati zastoje. Na Japonskem ima ta naprava od vseh najmanjše število zastojev. Do julija 1981 so odlili brez zastojev več kot 1300 šarž. V primerjavi z običajnimi napravami so obratovalni stroški moč-

no zmanjšani, ker dela na napravi manj ljudi in ker so stroški za vmesne ponve manjši. Na trižilni napravi dela le en livar. Temperatura v vmesni ponovci je v primerjavi s konvencionalnimi napravami za 13 °C nižja, kar je mogoče dosegati zaradi kratke vmesne ponovce, ki znaša le 700 mm. Če resumiramo prednosti, dobimo naslednjo sliko:

- zmanjšanje števila delavcev za 53 %
- zmanjšanje površine naprave za cca 45 %
- zmanjšanje porabe ognjestalnega gradiva za 60 %
- zmanjšanje mašenja izlivkov za cca 65 %
- znižanje temperature za cca 13 °C

Veliko zanimanje avditorija smo dosegli sami s predavanjem J. Arh, M. Demšar, A. Mlakar o **tehnoloških in praktičnih izkušnjah vlivanja ogljikovih jekel z vsebnostjo aluminija**. Od vseh udeležencev smo bili edini, ki delamo jeklo še v SM pečeh in med redkimi, ki vlivajo jekla z vsebnostjo aluminija od 0,030—0,050 % v 135 mm kvadratne gredice. Naše izkušnje so bile za ostale udeležence prav zaradi tega tem bolj zanimive.

Prav posebno pozornost pa smo vzbudili s **kratko informacijo o možnosti vlivanja avtomatnega jekla C 3990 kontinuirno**, pri čemer so očitne naslednje prednosti:

- znatno boljša obdelovalnost, ki sega v področje svinčevih avtomatnih jekel in
- za 20 do 25 % večji izkoristek jekla.

A.Schossman, K. Abendstein od (Voest—Alpine) AG. Donawitz in sodelavci so predstavili novo konti livno napravo za blume pod naslovom **Izkušnje pri vlivanju jekel za tračnice in za hladno masivno preoblikovanje**.

V zelo zanimivem predavanju so avtorji predstavili tehnologijo izdelave navedenih jekel v LD konvertorju in vlivanja na 3 žilnem konti livu za blume 230 mm kv. in 250 × 360 mm kv. za tračnice.

Jekla za hladno mazivno preoblikovanje z 0,05 do 0,15 % C in 0,030 do 0,060 % Al izdelajo v konvertorju in desoksidacijo + 2 kg Al/t in po potrebi

Al dodajajo med pihanjem argona skozi kamen v dnu. Jekla vlivajo s popolno zaščito curka jekla od ponve do vmesne ponovce in iz vmesne ponovce v kokilo. Kontrolo vsebnosti aluminija vršijo z merjenjem kisika s sondo.

Jekla za tračnice s cca 1 % C pa izdelujejo z zlivanjem grodlja in jekla iz konvertorja. Pri tem polagajo posebno pozornost desoksidaciji z Al in CaSi takoj na začetku preboda in legiranju s SiMn in FeMn v drugi polovici preboda, da bi s tem dosegli ugodno sestavo nekovinskih vključkov in čisto jeklo z majhno vsebnostjo kisika.

V predavanju: **Proizvodnja gredic iz kontinuirno vlitih nerjavnih slabov** je avtor L. Cronquist iz Fagerste na Švedskem pokazal kako iz ozkih slabov 465 do 520 mm širine in 150 mm debeline dobiti z valjanjem na blumingu gredico 170 × 130 milimetrov. Izkoristek jekla znaša 80 do 92 % izgube z brušenjem 5 do 3 %.

V zadnjih treh letih so na ta način naredili 60.000 ton gredic nerjavnega jekla. Kvalitete te žice in palic izvaljane iz teh gredic je enaka ali boljša od klasično vlitega jekla.

Horizontalno kontinuirno vlivanje jekla — prispevek k ekonomični proizvodnji nelegiranega, legiranega in visokolegiranega jekla so predstavili M. Haissig, H. Dören in P. Stadler of firme Böhler AG Düsseldorf.

Horizontalno kontinuirno vlivanje nudi naslednje prednosti: Direktna zveza med kokilo in vmesno ponovco omogoča vlivanje manjših presekov brez kvalitetnih problemov. Po dosedanjih izkušnjah je optimalni presek gredice 100 mm kvadrat ali okroglo. Zgornja možna meja pa bo pri 200 mm kvadrat ali okroglo. Horizontalni kontinuirni livni stroji se zaradi majhne konstrukcijske višine lahko postavijo v obstoječih zgradbah. Investicijski stroški so cca 20 % manjši.

Pri firmi Böhler so odlili vrsto kvalitet in presekov gredic z dobrimi rezultati. Žica in palice, ki so jih doslej naredili na ta način, ne kažejo kvalitetnih razlik v primerjavi z jeklom vlitim klasično v bloke.

Mednarodna konferenca:

Advances in the Physical Metallurgy and Application of Steel

Liverpool 21. do 24. septembra 1981

F. Vodopivec

Konferenco je organizirala The Metals Society z udeleženci iz mnogih držav, celo iz Kitajske v kampusu Univerze v Liverpoolu. Program je bil zelo poln. Vsak dan v povprečju po 14 predavanj, od teh po dva 40 min. Pregleda iz različnih področij fizikalne metalurgije in uporabe jekla. Vsebine, tudi kratke, vseh prispevkov v tem pregledu ni mogoče povzeti, zato se bom omejil na nekatera spoznanja in izsledke ter na osebne vtise.

Prvo uvodno predavanje je obravnavalo napredek splošne fizikalne metalurgije jekla v zadnjem desetletju. Za najvažnejši dosežek iz tega obdobja se smatrajo izsledki na jeklih z disperzoidi, kjer je teorija šla nekoliko pred empiriko in omogočila, da so se postopek predelave in inženirske lastnosti jekla vnaprej določile na osnovi teoretičnih spoznanj. Kot važen uspeh se smatrajo tudi uspehi na področju dual jekla. Tu prvič spoznavamo, da dobro uravnoteženo sožitje vseh sestavnih komponent z zelo različnimi specifičnimi lastnostmi da jeklu popolnoma nove lastnosti in uporabnost. V dual jeklih dosežemo izboljšanje hladne oblikovalnosti z mikrostrukturo iz ferita in martenzita, majhna količina martenzita izboljša tudi hladno oblikovalnost austenitnega nerjavnega jekla. Velik je napredek tudi na področju metodike. Danes je mogoča kvantitativna kemijska analiza delcev z velikostjo 30 Å. Take analize so bile predstavljene kasneje, mogoče pa je bila še najbolj zanimiva porazdelitev ogljika na preseku ca 50 Å debele lamele zaostalega austenita med dvema lamelama martenzita. Poudarjeno je bilo, da se je potrebno izogibati nevarnosti, da bi metodika postala sama sebi namen, raziskovalni program se ne sme oddaljiti od prizadevanja, da se dalje razumejo in obvladajo postopki predelave jekla in se sintetizira na osnovi teoretičnih spoznanj jeklo, ki bi imelo najboljše lastnosti pri uporabi.

Popoldansko nadaljevanje je pokazalo, da je raziskovalno in razvojno delo na področju dual jekla zelo intenzivno. Definirane so že osnovne sestave za jekla, ki potrebno mikrostrukturo dosežejo z interkritičnim žarjenjem oz. s kontroliranim valjanjem in ohlajanjem. Mnogo se dela na specifičnih raziskavah, ki naj pomagajo, da se dual jeklo izdelata na žarilnih linijah, katere so v železarnah že postavljene. Zanimiv pa je bil prispevek, v katerem so spoznali, da nastaja pri interkritičnem ogrevanju austenit z dvema reakcijama, ki imata

zelo različno hitrost, ena je odvisna od ogljika, druga pa od prerazdelitve legirnih elementov med ferit in austenit.

Naslednji del je veliko časa vzela metalurgija varjenja. V uvodnem pregledu so bile omenjene značilnosti varjenja sodobnih čistih jekel in jekel, ki so bila obdelana z modifikatorji vključkov. Zaradi zmanjšanja količine žvepla se je povečala trdota v prehodnih zonah zato, ker je manj sulfidnih vključkov, ki pospešujejo nastanek ferita. Zaradi večje trdote mora biti v jeklu in v dodatnem materialu manj vodika. Prisotnost kalcijevih in barijevih spojin v vključkih odraža na obliki električnega loka, kar zmanjšuje penetracijo. Najboljše lastnosti deponiranega materiala se dosežajo pri optimalni količini kisika (okoli 300 ppm) in optimalni sestavi, velikosti in porazdelitvi vključkov. Vključki namreč pospešujejo heterogeno nukleacijo ferita, najboljša žilavost pa se doseže pri optimalnem razmerju poligonalnega in acikularnega ferita. Optimalna sestava vključkov je taka, ki zagotovi, da se ob njihovi površini obogati manganov sulfid, ki je pospeševalec tvorbe ferita. Zelo važna je količina bora v deponiranem materialu, kljub temu se bor zelo pogosto ne analizira. Zelo pomembni postajajo tudi drugi elementi, kajti od njih je često odvisna prehodna temperatura žilavosti.

Na področju bajnitnih jekel aktivnost ni posebno živahna. Jekla so sicer prinesla nekatera nova spoznanja v zvezi z latasto mikrostrukturo, vendar je interes za njihovo uporabo zelo majhen.

Tretji dan dopoldan je bila na programu interkristalna krhkost. V uvodnem predavanju smo se seznanili z reverzibilno interkristalno krhkostjo (tej je bila posvečena velika pozornost na mednarodni konferenci o rezidualnih elementih v maju 1980 v Ljubljani), ki jo povzročajo mnogi elementi, ki jih v jeklu najdemo često v zelo majhnih količinah, na primer P, Sn in Sb. Nekateri elementi jo preprečujejo, na primer C in Mo, drugi pa jo povečujejo na primer Ni in Mn. Na tem področju so najbolj prišle do izraza performance sodobne metodike, celo da se določi sestava posamičnih slojev atomov na površinah kristalnih zrn. Izgleda, da je sedaj dovolj utemeljen redosled mehanizmov interkristalne krhkosti: pri nižjih temperaturah, ko je difuzivnost elementov zelo počasna, je tvorec krhkosti izločanje rezidualnih elementov iz karbidov, ki nastajajo po mejah, pri višji tempe-

raturi prevlada klasična krhkost zaradi reverzibilne segregacije in končno še višja krhkost zaradi nekoherentnega izločanja. Krhkost kromovih jekel pri 475 °C je intrakristalna in se razvije zaradi nastanka dvofazne mikrostrukture. Zrna druge faze so izredno majhna, zato se je krhkost dolgo časa izmikala razlagi. Zanimiv prispevek je obravnaval neravnotežno interkristalno krhkost v austenitnih jeklih, ki je povezana s prisotnostjo parov vrzelnečistoča, oz. legirni element v nerjavnih jeklih, ki so gašena z visoke temperature.

V prispevku, ki je obravnaval interkristalno krhkost jeklene litine, smo slišali potrjene naše izsledke, da je krhkost posledica AlN, ki nastane pri strjenju jekla.

Popoldan je bil posvečen vroči deformabilnosti pri lezenju in pri predelavi. Rezidualni elementi zmanjšujejo duktilnost pri dolgotrajnih preizkusih v vročem, ker pospešujejo interkristalno kavitacijo. Vzrok je v zmanjšanju energije za kavitacijo, ali pa v olajšanju nukleacije karbidov in MnS.

Za naše razmere je bil zanimiv prispevek o jeklih za kontrolirano kovanje. Z dodatkom vanadija v konvencionalna jekla za utopne izkovke so se razvila jekla, ki v kontrolirano kovanem stanju (kovanem v utopu in ohlajenem na mikrostrukturo iz lamelnega perlita) dosegajo veliko trdnost. Vemo, da kontrolirano kovanje odpravi toplotno obdelavo izkovkov in zmanjša stroške za obdelavo, dosežena je enaka življenjska doba orodja pri še enkrat večji hitrosti obdelave. V Angliji se srečujejo s podobnimi težavami pri vpeljavi kontroliranega kovanja, zaradi katerih je verjetno tudi pri nas dejavnost na tem področju po

začetnem zagonu močno opešala. Prepričati je namreč potrebno proizvajalce motorjev, da žilavost ni tako pomembna lastnost pri uporabi, kot se je smatralo dosedaj. Zato kontrolirano kovani izdelki povsem ustrezajo. Zadnji dan so bile na sporedu jekla za hitre in plazma reaktorje. Zelo obsežne raziskave mehurčenja (swelling) so privedle do sklepa, da se mu je mogoče izogniti le tako, da se zagotovi, da je v kovini dovolj niklja, da se ohranja austenit tudi med razmešanjem, ki ga povzroča prodor elementarnih delcev z veliko energijo v jeklo. Različni drugi ukrepi imajo za posledico le, da se mehurčenje pojavi nekoliko kasneje. Potrebno bo še mnogo dela, da se bo našlo najprimernejše gradivo za hitre in plazma reaktorje.

V zaključnih besedah je bilo izrečenih nekaj misli, ki jih je vredno omeniti. Raziskovalci morajo govoriti in pisati, vendar ne zase, temveč za proizvajalce in uporabnike jekla, zato morajo seveda uporabljati tudi primerno preprost jezik. V letih, ki prihajajo, se je potrebno preusmeriti na področje testiranja materiala pri uporabi. Uporabniki namreč ne znajo pogosto definirati kakšne lastnosti jekla so resnično pomembne za njihovo uporabo. Več pozornosti je potrebno usmeriti v hladno oblikovalnost, kajti ta način oblikovanja izdelkov ima veliko bodočnost. Izogniti se je potrebno nevarnosti, da metodologija preseže dejanske potrebe izdelave in uporabe jekla, zaradi izredno visokih cen podobnih raziskovalnih aparatov, lahko metodologija namreč močno osiromaši pravo raziskovalno in razvojno delo. Razmere zahtevajo tudi, da se več znanja o jeklu prenese od proizvajalcev na porabnike, zato je potrebno na strokovne sestanke kot enakopravne in aktivne partnerje, bolj kot dosedaj pritegniti porabnike jekla. Prispevki bodo izšli v Zborniku v letu 1982.

VABILO

na 35. letno skupščino
Mednarodnega inštituta za varjenje (IIS/IIW)
leta 1982 v Ljubljani

*Upravni odbor Mednarodnega inštituta za varjenje (IIS/IIW) je poveril organizacijo 35. letne skupščine IIS/IIW leta 1982 jugoslovanskim društvom in organizacijam, ki so njegovi člani.**

*Vljudno Vas vabimo, da se udeležite 35. letne skupščine, ki bo
od 4.—11. septembra 1982 v Ljubljani
v Kulturnem domu »Ivana Cankarja«*

Znanstveni in tehnični program bo obsegal naslednje manifestacije:

- 1. Sestanki upravnega odbora, izvršnega odbora in tehničnih komisij IIS/IIW.*
- 2. Podelitev medalje André-Leroy za najboljšo zvočno opremljeno serijo diapozitivov, namenjeno za pouk varjenja in sorodnih postopkov (spajkanje, toplotno nabrizgavanje, toplotno rezanje itd.)*
- 3. Predavanje »Houdremont« z naslovom »varivost modernih konstrukcijskih jekel«, ki ga bo imel dr. Suzuki (Japonska).*
- 4. Javno posvetovanje na temo »varjenje in sorodni postopki, energija in ekonomičnost«.*
- 5. Kolokvij komisije I na temo »toplotno rezanje in postopki, ki uporabljajo plamen«.*
- 6. Razstava publikacij — varilno-tehnične literature in standardov držav-članic IIS/IIW.*

Poleg zgoraj navedenega znanstvenega in tehničnega programa bodo organizirani tudi obiski tovarn in inštitutov ter poseben program za žene in druge osebe, ki bodo spremljale udeležence skupščine. Udeležencem pa bodo omogočena družabna srečanja tudi med skupščino.

Po skupščini bodo organizirani turistični izleti in strokovne ekskurzije po vsej Jugoslaviji. Organizacijski komite se bo potrudil, da zagotovi uspešen potek letne skupščine in prijetno bivanje v Ljubljani.

Jugoslovanski organizacijski komite

Predsednik

prof. dr. Pavel Stular, dipl. ing.

** Zveza društev za varilno tehniko Jugoslavije, Zagreb
Zavod za zavarivanje, Beograd
Institut za varilstvo, Ljubljana
Energoinvest, Inštitut za zavarivanje, Sarajevo*

STROKOVNI PROGRAM LETNE SKUPŠČINE IIS/IIW LUBLJANA 1982

sobota, 4. september	vpisovanje udeležencev seja izvršnega odbora	9.00—18.00 9.30—18.30
nedelja, 5. september	vpisovanje udeležencev seja tehničnega odbora seja upravnega odbora	9.00—18.00 9.30—11.30 14.30—17.30
ponedeljek, 6. september	vpisovanje udeležencev slavnostna otvoritev predavanje »Houdremont« javna seja	8.00—18.00 9.30—10.45 11.15—12.30 14.00—18.00
torek, 7. september	vpisovanje udeležencev seje komisij skupine A kolokvij komisije I študijska skupina 212 seje komisij skupine B redakcijski odbor skupine A	8.00—17.00 9.00—12.00 9.00—17.00 9.00—12.00 14.00—17.00 14.00—17.00
sreda, 8. september	seje komisij skupine A redakcijski odbor skupine B seje komisij skupine B študijska skupina 212 redakcijski odbor skupine A	9.00—12.00 9.00—12.00 14.00—17.00 14.00—17.00 14.00—17.00
četrtek, 9. september	seje komisij skupine A redakcijski odbor skupine B študijska skupina 212 seje komisij skupine B redakcijski odbor skupine A	9.00—12.00 9.00—12.00 9.00—12.00 14.00—17.00 14.00—17.00
petek, 10. september	seje komisij skupine A redakcijski odbor skupine B seje komisij skupine B študijska skupina 212 redakcijski odbor skupine A seje nacionalnih delegacij	9.00—12.00 9.00—12.00 14.00—17.00 14.00—17.00 14.00—17.00 17.15—18.00
sobota, 11. september	seja Upravnega odbora redakcijski odbor skupine B seja Izvršnega odbora	9.00—12.00 14.00—17.00 17.30—19.30

Komisije skupine A:

- I Toplotni postopki spajanja, rezanja in navarjanja
- II Obločno varjenje
- VI Terminologija
- X Preostale napetosti in sprostitvev napetosti. Krhki lom
- XI Tlačne posode, parni kotli in cevovodi
- XIII Preizkusi zvarnih spojev na utrujanje
- XIV Izobraževanje v varilstvu
- XVI Varjenje plastičnih mas

Komisije skupine B:

- III Uporovno varjenje
- IV Specialni načini varjenja

V Preiskave, meritve in kontrola zvarov

- VIII Zaščita in varnost
- IX Ponašanje kovin pri varjenju
- XII Postopki električnega varjenja v zaščiti plina in pod praškom
- XV Zasnova in izvedba varjenih konstrukcij ter izračun zvarnih spojev

Študijska skupina 212 »Fizika varjenja«

Obenem bo tudi seja začasne komisije o izvajanju in sodelovanju pri raziskavah o varjenju kot tudi seje ožjih odborov »Aluminij in njegove zlitine«, »Standardizacija« in »Varjenje pod vodo«. Datum sej teh odborov bo objavljen naknadno.

Odgovorni urednik: Jože Arh, dipl. inž. — Člani dr. Jože Rodič, dipl. inž., Franc
Mlakar, dipl. inž., dr. Aleksander Kveder, dipl. inž.,
Darko Bradaškja, tehnični urednik

Oproščeno plačila prometnega davka na podlagi mnenja Izvršnega sveta SRS
— sekretariat za informacije št. 421-1/172 od 23. 1. 1974

Naslov uredništva: ZPSŽ — Železarna Jesenice, 64270 Jesenice, tel. št. 81-341
int. 800 — Tisk: TK »Gorenjski tisk«, Kranj

VSEBINA

<p>UDK: 622.24.05:669.141.245:669.14.018.25 ASM/SLA: T28j, T28m, TSg, S12, J5c</p> <p>Rudarska oprema — pnevmatska orodja — orodna jekla — krmiljenje kakovosti — napovedovanje lastnosti</p> <p>J. Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros, S. Hrnčič Jekla za pnevmatska orodja — osnovne lastnosti in zagotavljanje kakovosti Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 s 1—8</p> <p>Ob priliki posvetovanja o rudarski opremi je Zelezarna Ravne kot proizvajalec kompletnega programa pnevmatskih orodij prikazala svojo dejavnost v kontroli kakovosti in raziskavah za zagotavljanje kakovosti na tem področju proizvodnega programa. Kratko je prikazan računalniško podprti sistem integralnega krmiljenja kakovosti. Na praktičnem primeru je prikazano delovanje tega sistema s posebno metodiko reševanja kakovosti in napovedovanja določenih lastnosti jekla za posebne namene.</p> <p style="text-align: right;">Avtorski izvleček</p>	<p>UDK: 621.745.32:330.2 ASM/SLA: U7c, W18s, A5f, 27—51</p> <p>Elektrotehnika — elektroobložna peč — projektiranje — ekonomika</p> <p>J. Bratina Gospodarnost vodno hlajenih kablov pri elektroobločnih pečeh Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 s 9—13</p> <p>Prispevek obravnava gospodarnost vodnohlajenih fleksibilnih kablov na elektroobložni peč. Izračun ugotavlja, kako so najvišji še dopustni letni stroški za tehniško amortizacijo teh kablov odvisni od amortizacije zračno hlajenih kablov in cen električne energije. Pri razmerju pripadajočih tokovnih gostot $\alpha=4$ in cen iz leta 1971 sme letna amortizacija vodno hlajenih kablov doseči 2,5 do 3-kratno vrednost amortizacije zračno hlajenih kablov. Za leto 1981 se ta odnos zniža na 2,0 do 2,5-kratno vrednost, predvsem kot posledica hitrejše rasti cene električne energije. Prispevek obravnava tudi določitev optimalnega razmerja tokovnih gostot α na osnovi razmerja cen. V letu 1971 se je optimalno razmerje gibalo v razponu $\alpha = 4-8$, v letu 1981 pa se zožuje v razponu $\alpha = 3-6$.</p> <p style="text-align: right;">Avtorski izvleček</p>
<p>UDK: 539.26:548.736 ASM/SLA: M22g</p> <p>Matematika in naravoslovne znanosti — preiskava struktur z rentgenskimi žarki — struktura faz v zlitinah</p> <p>F. Grešovnik Rentgenska struktura analiz površinske plasti jekla Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 s 15—19</p> <p>Opisane so meritve in računska obdelava podatkov za določitev vsebnosti kristalizirane faze v različnih globinah vzorca. Določeno je bilo spreminjanje koncentracije faze γ v površinski plasti brušenega vzorca jekla C 4150 (OCR 12), ki je bilo kaljeno s temperaturo 980 °C.</p> <p style="text-align: right;">Avtorski izvleček</p>	

INHALT

UDK: 621.745.32:330.2
ASM/SLA: U7c, W18s, A5f, 27—51

Elektrotechnik — Lichtbogenofen — Projektierung —
Wirtschaftlichkeit

J. Bratina

**Wirtschaftlichkeit der wassergekühlten Kabeln bei den
Lichtbogenöfen**

Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 S 9—13

Im Artikel wird die Wirtschaftlichkeit der flexiblen wassergekühlten Kabeln am Lichtbogenofen behandelt. Die Rechnung gibt fest wie die höchsten noch zulässigen Jahresausgaben für die technische Abschreibung dieser Kabeln von der Abschreibung der luftgekühlten Kabeln und der Kosten für die elektrische Energie abhängig sind. Beim Verhältnis der Zugehörigen Stromdichte $\alpha = 4$ und der Preise aus dem Jahre 1971 darf die Jahresabschreibung der wassergekühlten Kabeln 2,5 bis 3-maligen Wert der Abschreibung der luftgekühlten Kabeln erreichen. Für das Jahr 1981 reduziert sich dieses Verhältnis auf 2,0 bis 2,5-maligen Wert vor allem als die Folge der schnelleren Preiserhöhung für die elektrische Energie. Es wird auch die Bestimmung des optimalen Verhältnisses der Stromdichte α auf Grund der Preisverhältnisse behandelt. Im Jahre 1971 schwankte das optimale Verhältnis im Bereich $\alpha = 4-8$, im Jahre 1981 wird der Bereich enger und zwar $\alpha = 3-6$.

Auszug des Autors

UDK: 622.24.05:669.141.245:669.14.018.25
ASM/SLA: T28j, T28m, TSg, S12, J5c

Bergbauausrüstung — pneumatische Werkzeuge — Werkzeugstähle —
Qualitätssteuerung — Ansage der Stahleigenschaften

J. Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros, S. Hrnčič

**Stähle für pneumatische Werkzeuge — Grundeigenschaften und die
Qualitätszusicherung**

Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 S 1—8

Auf der Tagung über die Bergbauausrüstung in Ravne hat Hüttenwerk Ravne als Erzeuger eines kompletten Programmes pneumatischer Werkzeuge seine Tätigkeit in der Qualitätskontrolle und der Forschung für die Zusicherung der Qualität auf diesem Gebiet des Erzeugungsprogrammes gezeigt. In Artikel wird im kurzen durch den Rechner unterschätzte System der integralen Steuerung der Qualität gezeigt. An einem praktischen Beispiel wird die Wirkungsweise dieses Systemes gezeigt. Das System macht durch eine Sondermethodik die Qualitätslösung und die Ansage bestimmter Stahleigenschaften für Sonderzwecke möglich.

Auszug des Autors

UDK: 539.26:548.736
ASM/SLA: M22g

Mathematik und die Naturwissenschaften — Gefügeuntersuchungen
mit Röntgenstrahlen — Phasengefüge in Legierungen

F. Grešovnik

Röntgenographische Strukturanalyse der Stahloberflächenschicht

Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 S 15—19

Es werden die Messungen und die rechnerische Bearbeitung der Daten bei der Bestimmung des Gehaltes der kristallisierten Phase in verschiedenen Probentiefen beschrieben.

Die Konzentrationsänderungen der γ Phase in der Oberflächenschicht der geschliffenen Probe aus Stahl C 4150 (OCR 12), gehärtet von der Temperatur 980 °C, sind bestimmt worden.

Auszug des Autors

CONTENTS

UDK: 622.24.05:669.141.245:669.14.018.25

ASM/SLA: T28j, T28m, TSg, S12, J5c

Mining Equipment — Pneumatic Tools — Tool Steel — Quality Control — Properties Forecasting

J. Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros, S. Hrnčič

Steel for Pneumatic Tools — Basic Properties and Assurance of the Quality

Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 P 1—8

At the Conference on mining equipment the Ravne Ironworks as the manufacturer of complete program of pneumatic tools presented its activity in controlling the quality, and in investigations for ensuring the quality in this field of the manufacturing program. The system of integral control of quality by computer is shortly presented. Operation of this system with a special methodics of solving the quality and forecasting certain steel properties for special purposes is shown on a practical example.

Author's Abstract

UDK: 621.745.32:330.2

ASM/SLA: U7c, W18s, A5f, 27—51

Electrical Engineering — Electric Arc Furnace — Desinging — Economy

J. Bratina

Economy of Water-Cooled Cables in Electric Arc Furnaces

Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 P 9—13

The paper discusses the economy of water-cooled flexible cables on the electric arc furnace. The evaluation shows the relationship between the maximal allowable yearly costs of technical amortization of those cables and the amortization of air-cooled cables, and the electric energy prices. According to the ratio of corresponding current densities $\alpha = 4$ and prices in 1971 the yearly amortization of water-cooled cables can reach the 2.5 to 3 fold value of the amortization of air-cooled cables. In year 1981 this ratio is reduced to 2.0...2.5 fold value as the consequence of higher growth of electric energy prices. The paper discusses also the determination of the optimal ratio of current densities α based on the price ratio. In 1971 the optimal ratio varied between 4 and 8, this interval is reduced to 3 to 6 in 1981.

Author's Abstract

UDK: 539.26:548.736

ASM/SLA: M22g

Mathematics and Natural Sciences — Structure Investigation by X-rays — Phase Structure in Alloys

F. Grešovnik

X-Ray Structural Analysis of the Surface Layer of Steel

Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 P:15—19

Measurements and evaluation of data for determining the content of crystalline phase in various depths of the sample are described. The variation of the γ phase concentration in the surface layer of ground sample of C 4150 (OCR 12) steel being quenched from 980 °C was determined.

Author's Abstract

СОДЕРЖАНИЕ

UDK: 621.745.32:330.2
ASM/SLA: U7c, W18s, A5f, 27—51

Электротехника — электрическая дуговая печь — проектирование — экономика.

J. Bratina

Экономичность кабелей при охлаждении с водой в электрической дуговой печи.

Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 С 9—13

В статье рассмотрена экономичность упругости кабелей в электрической дуговой печи охлажденных с водой. Расчеты установлены несколько максимальные, еще допустимые годовые расходы на техническую амортизацию этих кабелей зависят от амортизации кабелей охлажденных с воздухом и от цены электрической энергии.

При соотношении соответствующих течений густот $\alpha = 4$ и цен из года 1971 может годовая амортизация кабелей, охлажденных с водой достигнуть значение, которое составляет 2,5 до 3 раза значения амортизации кабелей, охлажденных с воздухом. В течении 1981 г. это отношение уменьшилось на 2,0 до 2,5 раза главным образом вследствие быстрого повышения цен электрической энергии.

В статье также рассмотрены определения оптимального отношения течений густот α на основании отношения цен.

В 1971 года это отношение колебалась в диапазоне $\alpha = 4-8$, между тем как в 1981 года оно сузилась на диапазон $\alpha = 3-6$.

Автореф.

UDK: 622.24.05:669.141.245:669.14.018.25
ASM/SLA: T28j, T28m, TSg, S12, J5c

Горнопромышленное оборудование — пневматический инструмент — инструментальные стали — управление качества — показание свойств.

J. Rodič, M. Lečnik, A. Zalesnik, I. Gros, S. Hrnčič

Стали для пневматического инструмента — основные свойства и обеспечение качества.

Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 С 1—8

По случаю обсуждения о горнопромышленном оборудовании в Металлургическом заводе Железарна Равне, как производителя комплектной программы пневматического инструмента, выставил свою деятельность в этой области производства выделявши особое значение контроле качества и исследованиям, которые выполняются для обеспечения качества в этой отрасли производства.

При учете вычислительных данных, кратко рассмотрена система интегрального управления качества. На примере из опыта приведено воздействие этой системы, вызвав во внимание особый метод что касается решения качества и показания определенных свойств стали для этого специального назначения.

Автореф.

UDK: 539.26:548.736
ASM/SLA: M22g

Прикладная математика и естественные науки — исследование структур с рентгеновскими лучами — структура фаз в сплавах.

F. Grešovnik

Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя стали.

Zelezarski zbornik 16 (1982) 1 С 15—19

Дано описание измерений и вычислительная обработка данных для определения кристаллической фазы в различных глубинах образца.

Определили изменение концентрации фазы γ в поверхностном слое отпалыванного образца стали марки Č 4150 (OCR 12), закаленной при темп. 980 °C.

Автореф.

