

ŽELEZARSKI ZBORNIK

VSEBINA		Stran
Šegel Jože — Železarna Ravne IZKUŠNJE UPORABE PROCESNEGA RAČU- NALNIKA V JEKLARNI		129
Stocca Bogdan — Železarna Jesenice NERJAVNA JEKLA ZA KRIOGENO TEHNIKO		137
Tehnične novice		
Arh Jože — Železarna Jesenice PRVA EVROPSKA KONFERENCA O ELEK- TROJEKLARSTVU		147

LETŌ 17 ŠT. 4 — 1983

ŽEZB BQ 17 (4) 129-156 (1983)



ŽELEZARSKI ZBORNIK

IZDAJAJO ŽELEZARNE JESENICE, RAVNE, ŠTORE IN METALURŠKI INŠTITUT

LETO 17

LJUBLJANA

OKTOBER 1983

Vsebina	Inhalt	Contents	Содержание
stran	Seite	Page	страница
Jože Segel Izkušnje uporabe procesnega računalnika v jeklarni 129 UDK: 669.18:681:519 ASM/SLA: U4k, X14, D5, A5f, 1-54, 18-74	Jože Segel Erfahrungen bei der Anwendung eines Prozessrechners im Stahlwerk 129 UDK: 669.18:681:519 ASM/SLA: U4k, X14, D5, A5f, 1-54, 18-74	Jože Segel Experiences with the use of process computer in steelworks 129 UDK: 669.18:681:519 ASM/SLA: U4k, X14, D5, A5f, 1-54, 18-74	Jože Segel Опытные данные, полученные при применении вычислительной машины в сталеплавильном заводе 129 UDK: 669.18:681:519 ASM/SLA: U4k, X14, D5, A5f, 1-54, 18-74
Bogdan Stocca Nerjavna jekla za kriogeno tehniko 137 UDK: 629.15.196.56 ASM/SLA: ST-f, SS	Bogdan Stocca Nichtrostende Stähle für die kryogene Technik 137 UDK: 629.15.196.56 ASM/SLA: ST-f, SS	Bogdan Stocca Stainless steel for cryogenic techniques 137 UDK: 629.15.196.56 ASM/SLA: ST-f, SS	Bogdan Stocca Нержавеющие стали для криогенной техники 137 UDK: 629.15.196.56 ASM/SLA: ST-f, SS
Tehnične novice 147	Technische Nachrichten 147	Technical News 147	Технические новости 147

1973 11

11

Izkušnje pri uporabi procesnega računalnika v jeklarni

UDK: 669.18:681:519

ASM/SLA: U4k, X14, D5, A5f, 1 — 54, 18 — 74

Jože Segel*

Pred več kot petimi leti so bili v jeklarno železarne Ravne uvedeni procesni računalniki v vse faze izdelave jekla na elektro obločnih pečeh. Pri odločanju o investiciji smo bili negotovi, saj je šlo za novost pri uporabi računalnika.

V članku bodo prikazane značilnosti več kot petletnih izkušenj uspešne uporabe računalnika in novosti na tem področju.

UVOD

Ze pred desetimi leti so bile v železarni Ravne izdelane prve študije o možnostih uporabe računalnika v jeklarni. Vse študije so kazale na nena- vadno velike ekonomske učinke, zato so vzbujale nezaupanje. Tudi zadnja inozemska študija je dala podobne rezultate in tako je prišlo leta 1976 do podpisa pogodbe za nabavo računalnika in izhodiščne programske opreme. Izhodiščne zato, ker so sodelavci službe za avtomatizacijo proizvodnih procesov (APP) železarne Ravne programe prilagodili in dopolnili tako, da so posamezni programi spremenjeni tudi do 50 %. Poleg tega je sedaj na razpolago nekajkrat več programov, kot je bilo kupljenih. Odločno smo se usmerili v takšen razvoj, saj je poleg ekonomskih in kakovostnih rezultatov dal tudi domačo skupino specialistov, ki so prevzeli razvoj na tem področju za celo železarno. Leto 1977 je bilo leto uvajanja. Projekt je bil zaključen v rekordnih 18 mesecih. Tako se računalnik uporablja neprekinjeno od leta 1978 dalje. S pomočjo industrijskih terminalov se je pričela uporaba procesnega računalnika na 4 elektroobločnih pečeh ter

se postopoma razširila še na vseh 9 peči in na jeklarno v železarni Štore.

POVEČANJE PORABE LEGIRANEGA ODPADKA

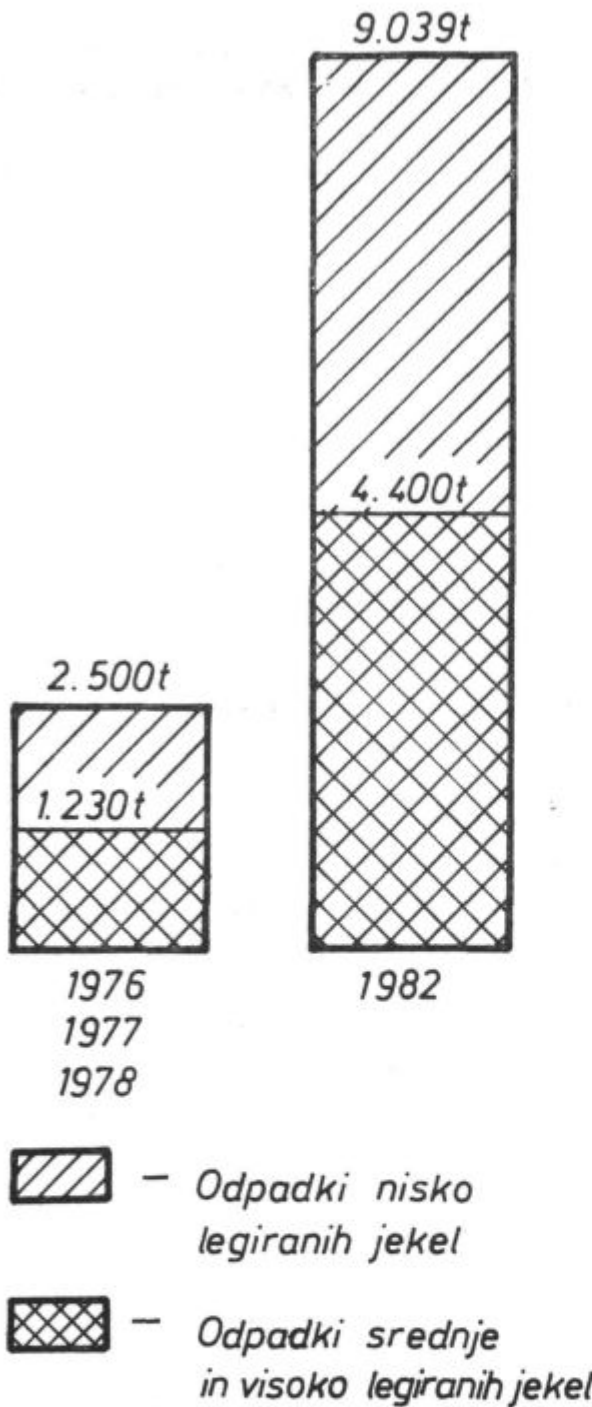
Legiran odpadek je staro železo z večjimi ali manjšimi vsebnostmi legiranih elementov, kot so: krom, nikelj, molibden, volfram, mangan, itd. Z večanjem porabe legiranega odpadka se zmanjšuje poraba ferolegur. Poleg legiranega odpadka iz obratov železarne je ta dosegljiv tudi z nakupom za dinarska in devizna sredstva. Še posebej pomembna je uporaba legiranih odpadkov, zato ker z dinarskimi sredstvi znižamo uvoz nekaterih ferolegur. Torej gre za delno substitucijo čistih surovin z odpadnim starim železom.

Z legiranimi odpadki je povezanih veliko problemov pri sortiranju, zbiranju, tehtanju in skladiščenju tega vložka. Pri večji porabi legiranih odpadkov se poveča riziko zgrešitve kemične sestave. Vendar se vso to problematiko splača reševati, saj daje povečana poraba legiranih odpadkov izredno ugodne ekonomske (dinarske in devizne) učinke. S pomočjo posebnih akcij nabave, jeklarne in računalniške ekipe ter uporabe računalnika se je poraba legiranih odpadkov v železarni vsako leto skoraj podvojila. Prej je bila poraba leg. odpadkov okoli 2500 t, leta 1982 pa 9000 t. (Glej sliko 1!)

Legiranih odpadkov je mogoče porabiti še več, vendar je to pogojeno z dodatnim skladiščenjem, tehtnico in večjo skrbjo pri zbiranju in sortiranju legiranega odpadka.

Pri akciji za povečanje porabe legiranih odpadkov smo vključili poleg procesnega računalnika še centralni računalnik železarne, kjer imamo ve-

* Jože Segel, dipl. inž. metalurgije je vodja službe za avtomatizacijo proizvodnih procesov v železarni Ravne.



Slika 1

Povečanje porabe legiranih odpadkov pri uporabi računalnika

Fig. 1

Increased consumption of alloyed scrap due to the application of computer

liko centralno banko podatkov z vso tehnologijo, naročili, materiali itd. Uporabo programa za napovedovanje potreb vložka smo dopolnili z dinamično tehnologijo, izdelano na procesnem računalniku, kajti izračuni sestave vložka v jeklarni so boljši, če optimiziramo tudi naročila legiranega

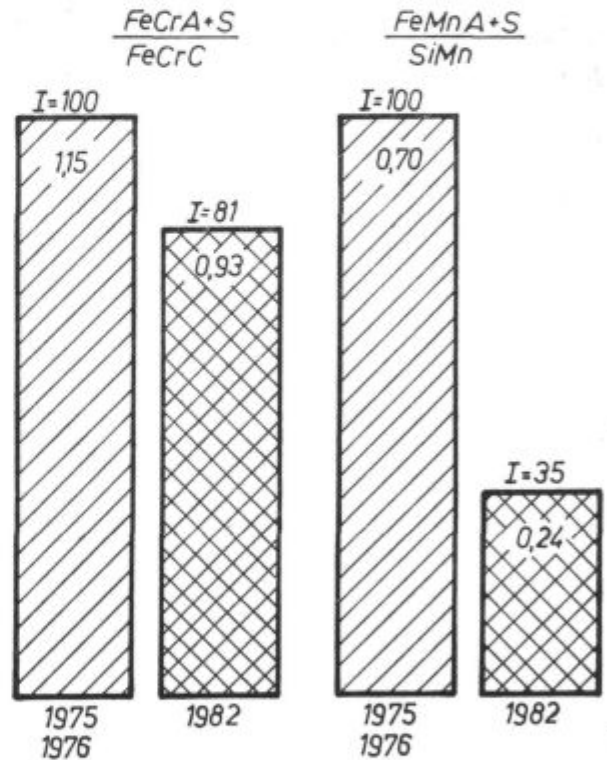
odpadka. Ta optimizacija je odvisna od konkretnih naročil in tržnih razmer ter možnosti nabave legiranih odpadkov.

ZNIZANJE STROŠKOV ELEKTRICNE KONICE

Električna energija predstavlja pomemben strošek pri proizvodnji jekla. Dve tretjini teh stroškov se nanašata na stroške električne konice. Prekomerna poraba električne energije ob električnih konicah je izredno draga. S pomočjo procesnega računalnika so doseženi za 6—7 % nižji stroški, kar predstavlja pomemben letni prihranek energije.

Originalno programsko rešitev vodenja konice smo v železarni izboljšali na več področjih, in sicer:

- natančnost vodenja konice se je izboljšala od 2 % na 0,5 %,
- pri izklapljanju peči se hitreje časovno zamika hod peči,



- Razmerje porabe ferolegur pred uporabo računalnika

- Razmerje porabe ferolegur pri uporabi računalnika 1982 leta

Slika 2

Znižanje porabe dragih ferolegur na račun cenejših

Fig. 2

Reduction in consumption of expensive ferro-alloys on account of cheaper ones

— postavili smo pravilnejšo porazdelitev prioritete med pečmi.

ZAMENJAVA DRAGIH FEROLEGUR Z CENEJŠIMI

Ferolegure kroma in mangana se močno razlikujejo po čistoči in ceni. Kolikor je mogoče, je treba zamenjati čistejše in dražje ferolegure z manj čistimi, večkomponentnimi in cenejšimi. To nam je tudi uspelo s pomočjo računalnika. Drastične spremembe kaže slika 2 za dva primera, podobno pa je stanje pri drugih ferolegurah.

Kar za 30—70 % se je razmerje med porabo drage in cenejše ferolegure spremenilo v korist manjše porabe dragih ferolegur.

ZNIZANJE PORABE FEROLEGUR IN IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI JEKLA

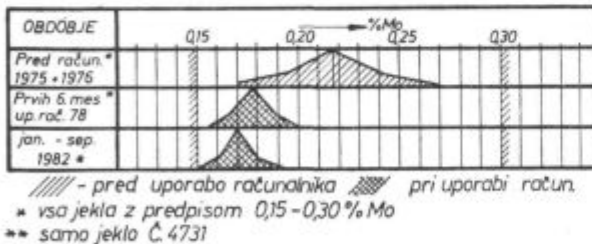
Poraba uvoženih ferolegur se je pri posameznem jeklu znižala zaradi že omenjene povečane porabe legiranih odpadkov in zaradi znižanja povprečne vsebnosti legirnih elementov v jeklu.

Skupni letni devizni prihranki znašajo od 500.000 \$ do 1.000.000 \$, odvisno od leta in cen uvoženih ferolegur. To je veliko več, kot so pred šestimi leti stali procesni računalniki.

Oglejmo si primerjavo sprememb širine in lege porazdelitve posameznih legirnih elementov in primerjavo lanskoletnih rezultatov z rezultati prvih 6 mesecev uporabe procesnega računalnika pri izračunu dodatka ferolegur.

Začnimo z molibdenom, ki predstavlja že kar šolski primer iz prakse, kaj se da doseči z uporabo računalnika.

Na sliki 3 vidimo, da je že v prvih mesecih uporabe računalnika prišlo do močne spremembe širine porazdelitve. V preteklem letu je bila dosežena povprečno 0,17 % vsebnost molibdena z odstopanji za ± 0,02 %. Verjetno je s tem dosežena že skoraj skrajna meja možnosti, saj je omejena

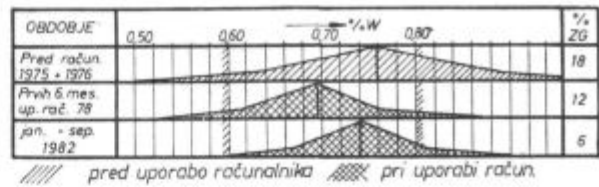


Slika 3

Zoženje in sprememba lege porazdelitve vsebnosti Mo pri uporabi procesnega računalnika pri jeklih 0,15—0,30 % predpisanih Mo

Fig. 3

Narrowing and shifting of the Mo-content distribution in using process computer for steel with prescribed 0.15 to 0.30 % Mo

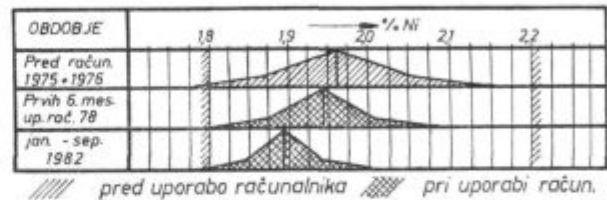


Slika 4

Sprememba širine in lege porazdelitve W in trikratno zmanjšanje odstotka zgrešenih šarž pri jeklu C. 4650 po uporabi proc. računalnika

Fig. 4

Change in the width and the position of W distribution, and triple reduction of portion of failed melts of C. 4650 steel due to the application of process computer



Slika 5

Spreminjanje povprečne vsebnosti Ni v skladu z zoženjem porazdelitve Ni pri jeklu C. 5432

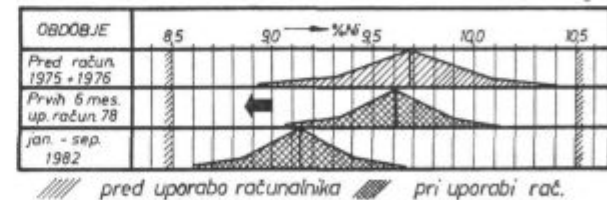
Fig. 5

Variation of the average Ni content according to the narrowed Ni distribution in C. 5432 steel

tudi natančnost kvantometrov, homogenost in zanesljivost kemične sestave ferolegur, kvaliteta vzorčenja in tehtanja vložka ter ferolegur.

Kadar imamo opravka z nerealnim analiznim predpisom, želimo le zmanjšati odstotek šarž izven analiznega predpisa, in to tako, da osrednjo vrednost zožene porazdelitve lociramo v sredino analiznega predpisa. Primer enkrat ožje porazdelitve in trikratno znižanje odstotka zgrešenih šarž kaže slika 4 za jeklo C. 4650.

Od elementov, ki ne odgorevajo, si oglejmo še Ni, in to v primeru nizke in visoke vsebnosti. Na sliki 5 in 6 vidimo tipično postopno zoženje porazdelitve in povprečne vsebnosti elementa. Za jeklo C. 5432 na sliki 5 je značilno, da se je povprečna vsebnost spreminjala v skladu s spreminjanjem širine porazdelitve in da pri obstoječi širini porazdelitve ne moremo pričakovati še nižje povprečne vsebnosti Ni pri tem jeklu, kajti z dodatnim zni-

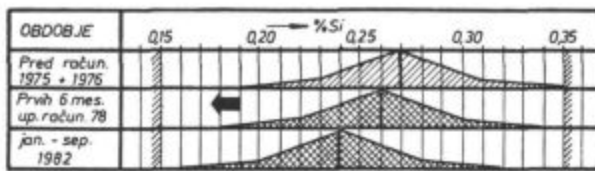


Slika 6

Hitro dosežena zožitev in kasnejša premaknitev lege porazdelitve pri Ni in jeklu C. 4571

Fig. 6

Fast obtained narrowing and later shifting of the Ni distribution in C. 1513 steel



//// pred uporabo računalnika // pri uporabi rač.

Slika 7

Spreminjanje lege, ne pa tudi širine porazdelitve Si pri jeklu Č. 1531

Fig. 7

Variation of the position but not of the width of the Si distribution in Č. 1531 steel

ževanjem vsebnosti Ni bi se preveč povečala verjetnost zgrešitve spodnje predpisane meje.

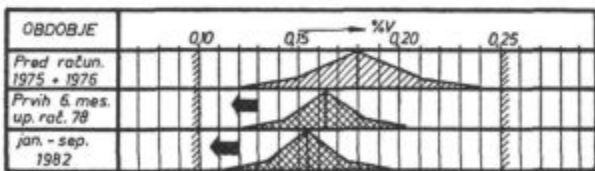
Pri jeklu Č. 4571 pa je nikelj že v prvih šestih mesecih uporabe računalnika dosegel tisto širino porazdelitve, ki se z leti ni bistveno spreminjala. Puščica na sliki 6 kaže, da je bil dobljen pri redni obdelavi podatkov končnih kemičnih analiz na centralnem računalniku železarne predlog sprememb zelene vsebnosti niklja, ki je bil očitno v praksi tudi realiziran. V obeh primerih je bilo najprej doseženo znižanje odstotka zgrešenih šarž na nič, kar je v skladu s postopkom spreminjanja ciljane kemične sestave.

Spremembe v širini porazdelitve ne kažeta ne Si in ne Mn. Pride le do premaknitve porazdelitve, kot to kaže primer za Si pri jeklu Č. 1531 (slika 7). Še vedno pa je porazdelitev v sredini predpisa. Za C, Si in Mn v praksi velja, da se ne znižajo vsebnosti teh legirnih elementov na račun znižanja stroškov, saj so to v primerjavi z drugimi uvoženimi ferolegurami poceni legure, ki pa imajo zelo močan vpliv na mehanske in kalilne lastnosti jekla.

To, da posamezen element odgoreva, še ni razlog, da ne bi mogli zožiti porazdelitve vsebnosti takega elementa. Dokaz za to sta V in Cr. Na sliki 8 vidimo določen uspeh pri vanadiju, kjer se je porazdelitev zožila za 1/3 in povprečna vsebnost znižala za 0,025 %.

Slika 9 kaže spreminjanje porazdelitve Cr pri jeklu Č. 4150, ki se dela po pretopitvenem postopku. Doseženo je hkratno zoženje porazdelitve in znižanje vsebnosti Cr.

Porazdelitev se je zožila za 1/3 do 1/2.



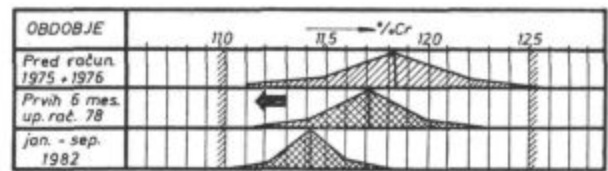
//// pred uporabo računalnika // pri uporabi rač.

Slika 8

Zoženje porazdelitve in znižanje vsebnosti vanadija pri jeklu Č. 6444

Fig. 8

Narrowing of the distribution and the reduction of vanadium content in Č. 6444 steel



//// pred uporabo računalnika // pri uporabi rač.

Slika 9

Postopna zožitev porazdelitve in znižanje vsebnosti Cr pri jeklu Č. 4150

Fig. 9

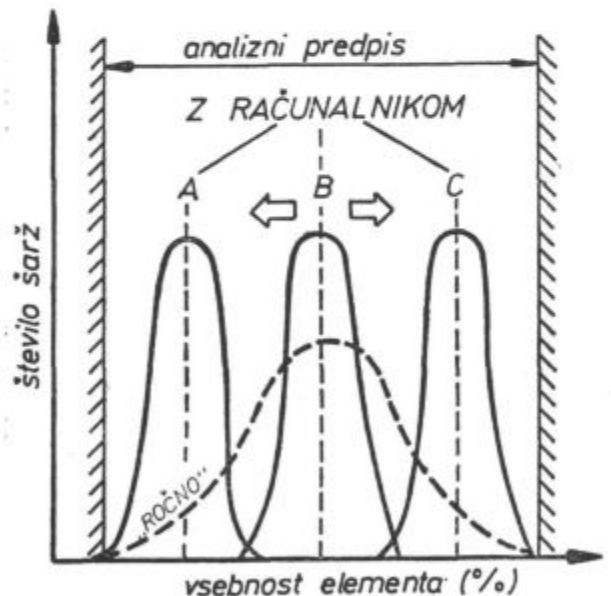
Gradual reduction of the distribution and the reduction of chromium content in Č. 4150 steel

Poglejmo, kakšne zožitve širine porazdelitve vsebnosti legirnih elementov lahko imamo za realne in jih je treba doseči pri tistih jeklih, kjer še niso dosežena:

- C do 15 %
- Si do 10 %
- Cr 30—50 %
- Ni 30—50 %
- V 20—30 %
- W 20—40 %
- Mn do 20 %
- Mo 40—60 %

Takšna znižanja standardnega odklona veljajo seveda le za delo na elektroobločnih pečeh brez ponovčne tehnologije in avtomatskega doziranja.

Železarna Ravne proizvaja preko 350 vrst jekel, od navadnih ogljičnih do zelo visoko legiranih in zahtevnih jekel. Bolj ko je jeklo legirano, bolj pomembna je vloga računalnika pri legiranju. Pri

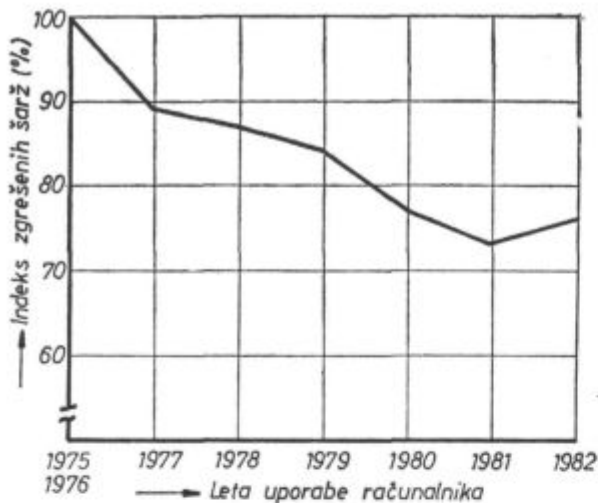


Slika 10

Premikanje lege porazdelitve vsebnosti legirnih elementov pri uporabi procesnega računalnika

Fig. 10

Shifting of the position of the content of alloying elements in use of the process computer



Slika 11

Znižanje odstotka (indeksa) zgrešenih šarž pri legirnih elementih

Fig. 11

Reduction of the portion (index) of failed melts with alloying elements

visoko legiranih jeklih je že nepogrešljiv, pri navadnih ogljičnih jeklih pa so ekonomski in kakovostni učinki procesnega računalnika bolj skromni. Vendar je težišče razvoja železarne Ravne v smeri zahtevnejših ter legiranih, in ne masovnih jekel.

Zožitev porazdelitve končne kemične sestave jekla daje enakomernjšo kakovost jekla in je novi pripomoček za reguliranje mehanskih in kalinskih lastnosti jekla. Ozka porazdelitev vsebnosti posameznega legirnega elementa se lahko usmeri v tisto področje analiznega predpisa, ki daje boljše lastnosti jekla (slika 10). To smo naredili s pomočjo internih analiznih predpisov pri 15 jeklih, vendar se raziskave na tem področju nadaljujejo.

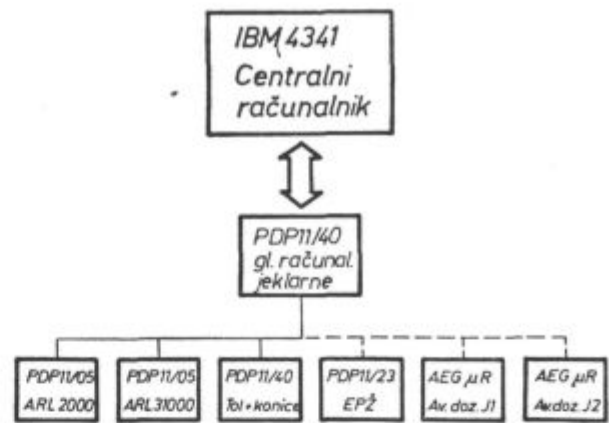
Merilo kvalitete dela v jeklarni je med drugim tudi odstotek kemijsko zgrešenih šarž. Na sliki 11 je prikazano znižanje odstotka (v obliki indeksa) zgrešenih šarž za vrsto preteklih let.

ZANIMIVE NOVOSTI

V celoten sistem računalništva v jeklarni se vključuje tudi kemijski laboratorij. Pred dvema letoma smo direktno povezali oba računalnika na kvantometrih kemijskega laboratorija z glavnim procesnim računalnikom jeklarnе. Tako se rezultati kemijske analize avtomatsko prenesejo iz enega računalnika na drugega in na ustrezen terminal v jeklarni, valjarni, kovačnici ali mini livarni.

Avtomatizirano je tudi polnjenje banke podatkov TKR na centralnem računalniku in zmanjšano število žensk na nočni izmeni v kemijskem laboratoriju.

Še posebej zanimiva je inovacija, ki jo imenujemo avtomatski LEGI. To je avtomatizacija izra-



Slika 12

Računalniška hierarhija jeklarnе

Fig. 12

Computer organisation in the steel plant

čuna dodatka ferolegur ob javljanju rezultatov kemičnih analiz.

Pripravlja se neposredna povezava med avtomatskim dozirnim sistemom in računalniškim informacijskim sistemom jeklarnе. Tako ima shema računalniških povezav za jeklarno (na sliki 12) hierarhično karakteristiko.

AKTUALNA PROBLEMATIKA

Rezultati uporabe računalnika se razlikujejo glede na vrsto jekla, peč, topilca, tehtalca starega železa, delovodjo pri peči in pripravi vložka. Nekateri delavci bolj pazijo na proizvodne stroške, drugi manj. Pri navadnih jeklih je majhen vpliv računalnika na stroške izdelave jekla, pri visoko legiranih pa je že praktično nepogrešljiv.

Naštejmo osrednje aktualne probleme uporabe računalnika v jeklarni:

- tehtanje in sortiranje legiranega odpadka,
- indiferentnost in nejasna odgovornost za visoke stroške izdelave nekaterih šarž,
- varovanje izpada računalnikov in nujna nabava nekaj dodatne opreme iz uvoza,
- večjo specifično porabo električne energije je med drugim povzročala občasna prekinitev uporabe programa za izbiro naročila in znižanja porabe grodlja.
- vse revnejši proizvodni program — vse večje količine navadnega jekla.

ZAKLJUČEK

Pet let uspešne uporabe procesnega računalnika v jeklarni je očitno zaradi velikih deviznih in dinarskih prihrankov in boljše ter enakomernjše kakovosti jekla.

Pomeni pa tudi dobro izhodišče za uvajanje računalnikov v krmiljenje proizvodnih procesov v drugih tozdih železarne Ravne in v drugih slovenskih železarnah. Železarna Ravne je bila deležna številnih domačih in tujih priznanj, ki naj pomenijo vzpodbudo pri nadaljnjem delu.

REFERENCE

1. Segel J.: Uporaba procesnega računalnika v elektro jeklarni (Approaches to computercontrol in meltshop steel-making) Third international iron and steel congress 1978, Chicago, USA, proceedings Zelezarski zbornik 12-1978-2, str. 37—47
2. Rodič J., Segel J.: Application of a meltshop process computer system for quality control functions. Sixth international vacuum conference — International conference on special melting, San Diego, California, USA, april 23—27, 1979, proceedings p. 798—819
3. Segel J., Bratina J.: Praktische Erfahrungen der Rechneranwendung in der Schmelzmetallurgie, ETH — Kolloquium für Materialwissenschaften, Juni 1979, Zürich
4. Segel J., Bratina J.: Erfahrungen bei Anwendung des Rechners im Hüttenwerk Technica, 13/1979
5. Segel J.: Uporaba operacijskih raziskav pri računalniškem krmiljenju proizvodnih procesov Posvetovanje o informacijskih sistemih v združenem delu, VEKŠ Maribor, sept. 1979
6. Rodič J.: Experiences of Zelezarna Ravne with the application of meltshop computer for quality control functions Posvetovanje o avtomatizaciji v jeklarski proizvodnji, marec 1980, Katowice, Poljska
7. Segel J.: Uporaba procesnega računalnika pri izračunu sestave vložka Livarski vestnik, XXVII, 1980 — 5, 6, str. 162—171
8. Segel J.: Some approaches to computer control in foundry (Nekatere možnosti računalniškega krmiljenja v livarni) VI. international conference on production research, Novi Sad 1981
9. Segel J.: Coordination and adaptation of optimized computer models in meltshop 3rd Arc Furnace Meeting, Miskolc, Hungary, sept. 1981

ZUSAMMENFASSUNG

Mehr als fünfjährige Erfahrungen der Anwendung eines Prozessrechners im Stahlwerk des Hüttenwerks Ravne geben ein interessantes Bild über die ökonomischen und qualitätsmässigen Wirkungen der einzelnen Anwendungsbereiche des Rechners. Der Prozessrechner ist für die einzelnen Phasen der Stahlerzeugung an den Lichtbogen und Induktionsöfen eingeführt worden. Die Anwendung zweier DIGITAL Rechner hat sich von vier auf insgesamt zehn Elektroöfen verbreitet. Unter diesen zehn sind zwei im Stahlwerk Store das vom Hüttenwerk Ravne 70 km entfernt ist. In diesen Jahren sind die anfangs eingeführten Programme ergänzt und ausgebessert worden. Neue Programmpakete für die direkte Verbindung mit zwei Quantometren, der automatischen Berechnung der Ferrolegierungszugabe und die Verbindung mit der automatischen Dosierung von Ferrolegierungen sind entwickelt worden.

Aus ökonomischem Standpunkt sind hauptsächlich folgende Ergebnisse erreicht worden:

— Teilweise Substitution der Ferrolegierungen durch legierten Schrott, wobei der Verbrauch an legiertem Schrott drei bis viermal angestiegen ist.

— Um 30—70 % ist des Verhältniss zwischen dem Verbrauch der teuren und der billigen Ferrolegierungen Cr

und Mn niedriger, zugunsten des niedrigeren Verbrauches teurerer Ferrolegierungen.

— Der durchschnittliche Gehalt teurerer Legierungselemente ist wesentlich niedriger.

— Um 6—7 % sind die Kosten für die Spitzen der elektrischen Energie kleiner.

— Die Investitionskosten in den Prozessrechner haben sich früher als in 6 Monaten bezahlt.

Auf dem Qualitätsgebiet sind folgende wichtige Merkmale zu nennen:

— Die Breite der Verteilung der einzelnen Legierungselemente ist um 1/2 bis 1/3 enger geworden.

— Der Anteil der Fehlanalysen ist um 20 % niedriger.

— Die Regelung der mechanischen und Härteigenschaften von Stahl ist mit Hilfe des Prozessrechners, der Verschiebung und der richtigen Einstellung der Verteilung für die einzelnen Legierungselemente im Rahmen der Analysenvorschrift eingeführt worden.

Im Artikel werden die wichtigsten Merkmale der fünfjährigen Erfahrungen mit der Beschreibung der einzelnen Ergebnisse vom wirtschaftlichen und qualitativen Standpunkt angezeigt.

SUMMARY

More than five-year experiences with the use of a process computer in the Ravne steelworks give an interested image on the economic and quality effects in some fields of the computer application. The computer was introduced into single phases of the steel-manufacturing process in electric arc and induction furnaces of the electric steel plant. Application of two DIGITAL computers extended from 4 to totally ten electric furnaces among which two are in Štore Ironworks about 70 km far from the Ravne Ironworks. In this period the initial programs were completed and improved, and new program packs for direct connection with two quantometers, for automatic calculation of ferro-alloy additions, and for connection with the automatic feeding of ferro-alloys were developed.

From the economic viewpoint the following important effects were achieved:

— Partial substitution of ferro-alloys by the alloyed scrap; thus the alloyed scrap consumption increased for 3 to 4 times.

— The ratio between the consumption of expensive and cheap Cr and Mn ferro-alloys was reduced for 30 to 70% in favour to the reduction of expensive ferro-alloys.

— The average content of expensive alloying elements was essentially reduced in the final chemical analysis of steel.

— Costs of peak consumption of the electric energy were reduced for 6 to 7%.

— Investment into the process computer was paid off in less than 6 months.

Important are also the effects in steel quality, as:

— Distribution width of single alloying elements was reduced for 1/2 to 1/3.

— Portion of chemically failed melts was reduced for 20%.

— Regulation of mechanical and hardening properties of steel was introduced by the process computer, by shifting and by correct aiming of the distribution of single alloying elements inside the prescribed analytical limits.

Paper gives the basic characteristics of the five-year experiences by the description of single results from the viewpoint of economy and the quality of steel manufacturing.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Свыше пятилетних опытных исследований при применении вычислительной машины для управления процессом в сталеплавильном цехе металлургического завода Железарна Равне дали примечательный обзор экономических и качественных мощностей в отдельных областях применения этой машины. Вычислительная машина была введена в отдельные фазы изготовления стали в электродуговых и индукционных печах сталеплавильного цеха. Применение двух цифровых вычислительных машин (ЦВМ) расширено с четырех на все десять дуговые печи от которых две дуговые печи находятся в металлургическом заводе Железарна Шторе (этот завод лежит приблизительно 70 км от металлургического завода Железарна Равне). В течение этих лет намеченная программа была дополнена, и улучшена и на основании этого развиты новые программные пакеты для непосредственной связи с двумя квантометрами, автоматическим вычислением добавок в связи с автоматической дозировкой ферросплавов.

Что касается экономии, то получены главным образом следующие результаты:

— частичное замещение ферросплавов с легированными отходами; таким образом расход легированных отходов увеличился на 3 до 4 раза;

— расход дорогих ферросплавов в отношении до дешевых Cr и Mn уменьшен на 30—70% в пользу дорогих ферросплавов;

— существенное снижение среднего содержания дорогих легированных элементов в конечном химическом составе сталей;

— снижена затрата при пиковой электроэнергии на 6—7%;

— инвестиции вложены в вычислительную машину для управления процессом были возвращены прежде 6-ти месяцев.

Примечательны также достижения в области качества стали. При этом установлено следующее:

— ширина распределения отдельных легированных элементов сузилась на 1/2 до 1/3;

— на 20% снижено число неудачных шихт.

Введена также регулировка определения механических свойств стали и закалки стали, а также сдвига и правильного прицеливания подразделения отдельных легированных элементов в внутри пределов предписанного состава.



Iskra

**INDUSTRIJA MERILNO REGULACIJSKE
TEHNIKE, KRANJ**

TOVARNA MERILNIH INSTRUMENTOV OTOČE

proizvajamo električne merilne in temperaturno regulacijske
instrumente z naslednjim programom:

- instrumenti za vgradnjo
- registrirniki
- univerzalni in laboratorijski instrumenti
- instrumenti za merjenje in regulacijo temperature
- merilni kompleti za pribor

PROGRAM IZDELKOV PLEMENITIMO Z UVAJANJEM SODOBNE TEHNOLOGIJE IN KVALITETE TER Z IZKUŠNjami S PODROČJA MEDNARODNE DELITVE DELA.

Nerjavna jekla za kriogeno tehniko

UDK: 629.15.196.56
ASM/SLA: ST-f SS

Stocca Bogdan

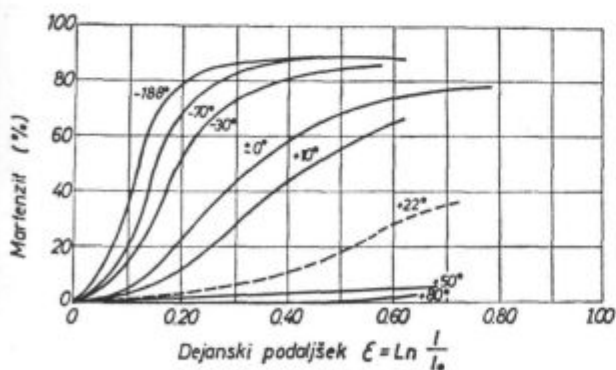
Opisane so raziskave, ki so se vršile na nerjavnih austenitnih stabiliziranih in nestabiliziranih trakovih. Določevali smo vplive hladne deformacije, vsebnosti niklja ter vplive naknadnega žarjenja na vsebnost martenzita in na trdoto. Poleg navedenega smo še določevali vpliv hladne deformacije in žarjenja na trdoto in žilavost zvarnih spojev pri $+20^{\circ}\text{C}$ in -196°C .

A — UVOD

Za zadovoljitev izredno zahtevnim pogojem obratovanja se v kriogeni tehniki uporabljajo poleg nikljevih jekel tudi nerjavna avstenitna jekla, predvsem zaradi njihove relativno visoke vrednosti žilavosti pri nizkih temperaturah in visoke korozijske obstojnosti.

Žilavost teh jekel pa je odvisna od številnih dejavnikov, kot so legirni elementi, izločevalni strukturni procesi, stopnja hladne deformacije in drugih. Ti vplivi so posebno pri nizkih temperaturah tako intenzivni, da lahko znižajo žilavost do take vrednosti, da je vprašljiva uporabnost teh jekel v kriogene namene. Kratak opis teh vplivov je naslednji:

Nerjavna avstenitna jekla se pri hladnem preoblikovanju močno utrjujejo zaradi pretvorbe metastabilnega avstenita v martenzit. Količina martenzita je odvisna od stopnje deformacije in

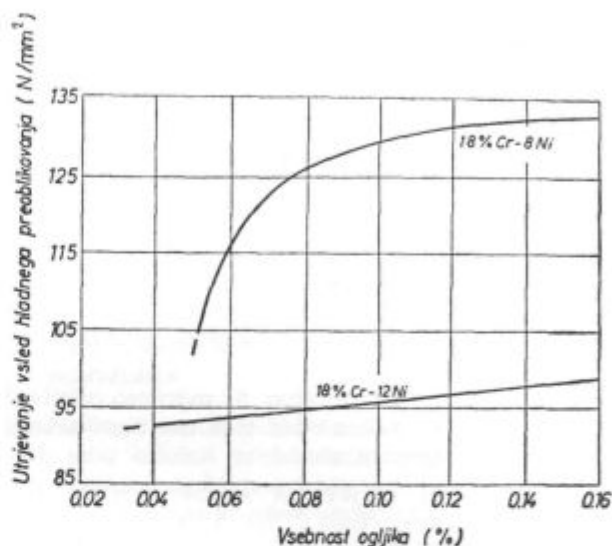


Slika 1

Nastanek martenzita pri jeklu 18/8 kot funkcija vrednosti podaljška in temperature (1)

Fig. 1

Formation of martensite in 18/8 steel as a function of elongation and temperature (1)

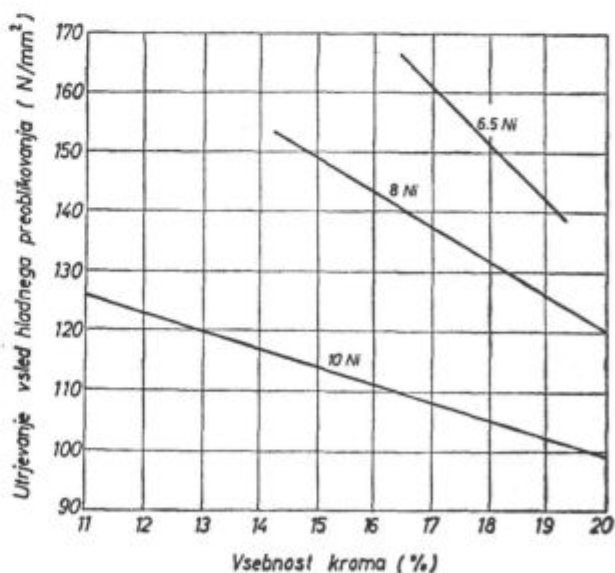


Slika 2

Vpliv vsebnosti ogljika na utrjevanje pri hladni deformaciji (4)

Fig. 2

Influence of carbon content on the hardening in cold deformation (4)

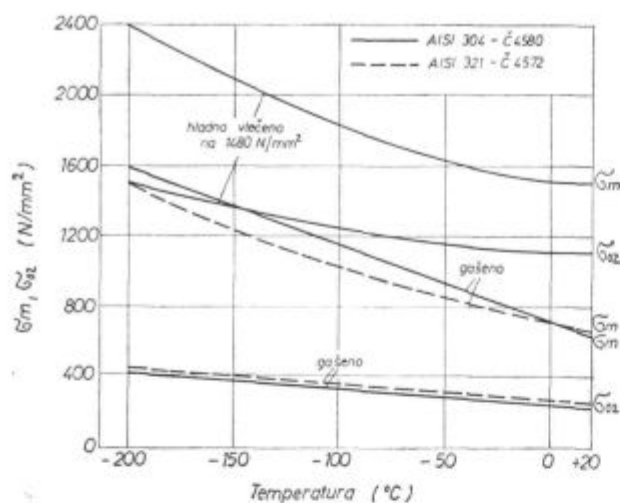


Slika 3

Vpliv Ni in Cr na utrjevanje pri hladni deformaciji nerjavnih austenitnih jekel z 0,08 % C (1)

Fig. 3

Influence of Ni and Cr on the hardening in cold deformation of austenitic stainless steel with 0.08 % C (1)



Slika 4
Mehanske lastnosti pri nizkih temperaturah (6)
Fig. 4
Mechanical properties at low temperatures (6)

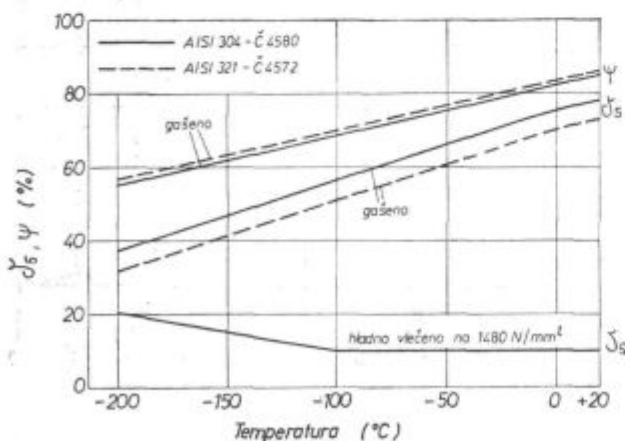
od temperature, pri kateri poteka deformacija (slika 1).

Iz navedenega je razvidno, da moramo računati s pristojnostjo določene količine martenzita tudi pri sobnih temperaturah.

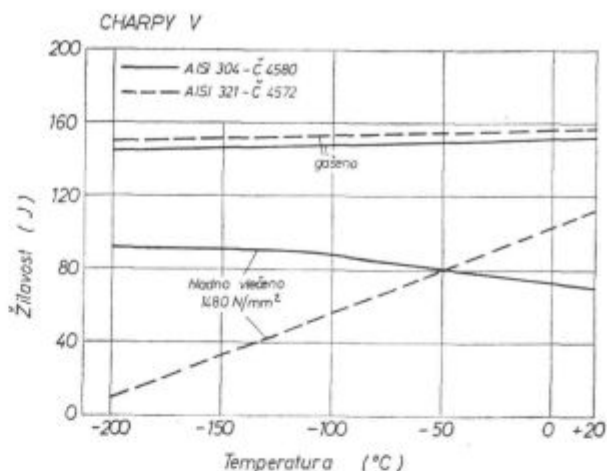
Na vrednost utrjevanja močno vpliva tudi količinsko razmerje med C, Ni in Cr. Vpliv ogljika pri jeklih tipa 18/8 in 18/12 nam prikazuje slika 2, vpliv Ni in Cr pa slika 3.

Na količino martenzita in s tem na stopnjo utrjevanja vpliva tudi višina temperature gašenja. Preizkušanci, gašeni s temperaturo 900 °C, imajo po hladni deformaciji višjo vsebnost martenzita od preizkušancev, ki so bili po enaki stopnji hladne deformacije gašeni s temperaturo 1100 °C.

Za boljši in popolnejši pregled bodo prikazane vrednosti še nekaterih mehanskih lastnosti gašenih ali gašenih in hladno deformiranih jekel (AISI 304



Slika 5
Mehanske lastnosti pri nizkih temperaturah (6)
Fig. 5
Mechanical properties at low temperatures (6)



Slika 6
Žilavost pri nizkih temperaturah (6)
Fig. 6
Toughness at low temperatures (6)

— Č 4580, AISI 321 — Č 4572) v temperaturnem intervalu od + 20 do -200 °C. (Slika 4—6)

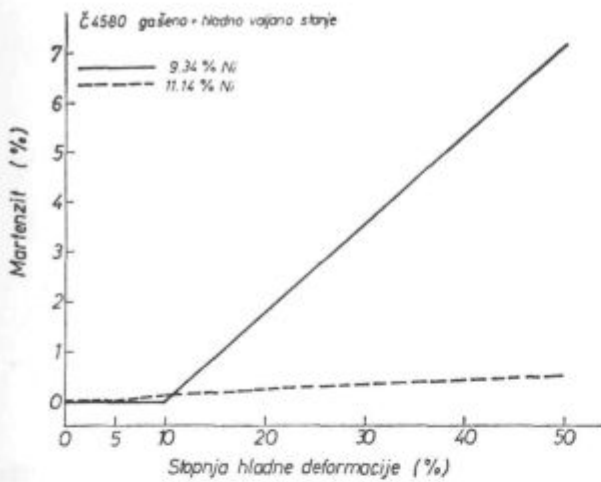
B — VPLIV HLADNE DEFORMACIJE NA VSEBNOST MARTENZITA IN TRDOTO

Splošno

Glede na to, da se številni deli naprav za kriogeno tehniko preoblikujejo pri sobnih temperaturah, smo želeli ugotoviti, koliko martenzita pri tem nastane, kakšen je njegov vpliv na trdoto in kako bi se dalo ta martenzit odpraviti. Ker se ti proizvodi pogostokrat po hladni deformaciji še

Tabela 1

		C. 4580							
		Vsebnost legirnih elementov v %							
varianta		C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	N	
1		0,05	0,55	1,32	17,61	9,34	0,025	0,035	
2		0,06	0,65	1,48	18,13	11,34	0,044	0,048	
		C. 4572							
		Vsebnost legirnih elementov v %							
varianta		C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	N	Ti
3		0,07	0,64	1,52	18,59	9,11	0,051	0,0195	0,35
4		0,07	0,72	1,60	18,55	11,09	0,046	0,0214	0,36



Slika 7

Vpliv hladne deformacije na nastanek martenzita pri jeklu Č. 4580

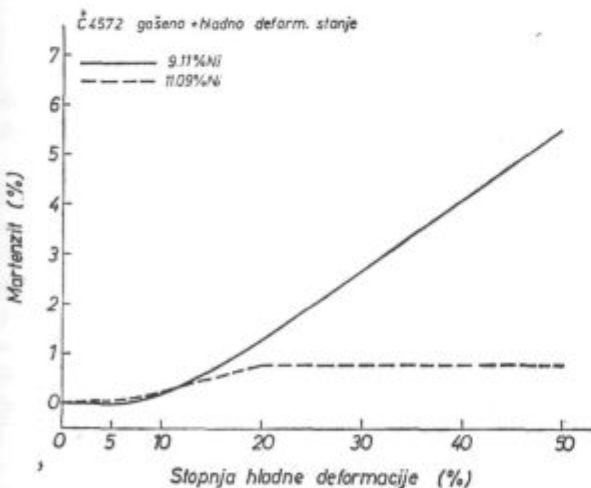
Fig. 7

Influence of cold deformation on formation of martensite in Č. 4580 steel

varijo, smo izdelali še preiskave žilavosti po Čabelki.

Preiskave smo izdelali na nestabiliziranem jeklu Č. 4580 (AISI 304) in na s titanom stabiliziranim jeklu Č. 4572 (AISI 321). Glede na izreden vpliv niklja na stabilizacijo avstenita in s tem na nastanek martenzita smo vsako kvaliteto izdelali v dveh variantah, in sicer eno z najnižjo, drugo pa z najvišjo po normah še dopustno vsebnostjo niklja. Analizne meje so razvidne v tabeli 1.

Za preiskave smo vzeli vroče valjano in naknadno gašeno pločevino, debeline 6 mm, na kateri smo izvedli 1 do 50 % stopnjo hladne deformacije.

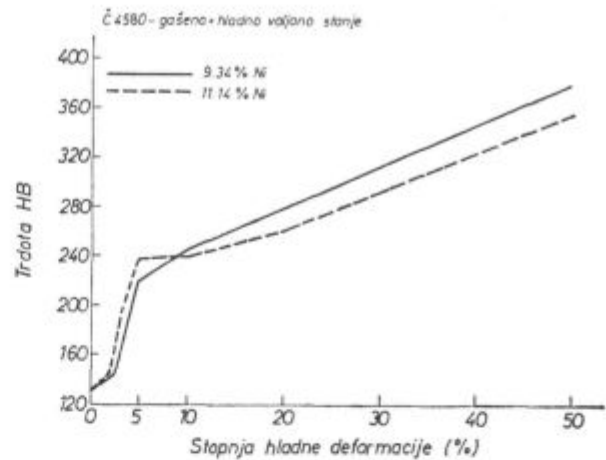


Slika 8

Vpliv hladne deformacije na nastanek martenzita pri Č. 4572

Fig. 8

Influence of cold deformation on formation of martensite in Č. 4572 steel



Slika 9

Potek trdot v odvisnosti od stopnje hladne deformacije pri jeklu Č. 4580

Fig. 9

Hardness depending on the degree of cold deformation in Č. 4580 steel

Vpliv hladne deformacije na vsebnost martenzita

Na vseh različno hladno deformiranih pločevinah smo izdelali preiskave vsebnosti martenzita. To strukturno komponento smo določevali le s pomočjo magnetne nasičenosti. Rezultate, ki smo jih dosegli, nam za kvaliteto Č. 4580 prikazuje slika 7, za kvaliteto Č. 4572 pa slika 8.

Iz obeh diagramov je razvidno, da stopnja deformacije in nikelj odločujoče vplivata na vsebnost martenzita. Količina te strukturne komponente je minimalna pri variantah z visoko vsebnostjo niklja, in to ne glede na stabilizacijo ogljika.

Vpliv stopnje hladne deformacije na trdoto

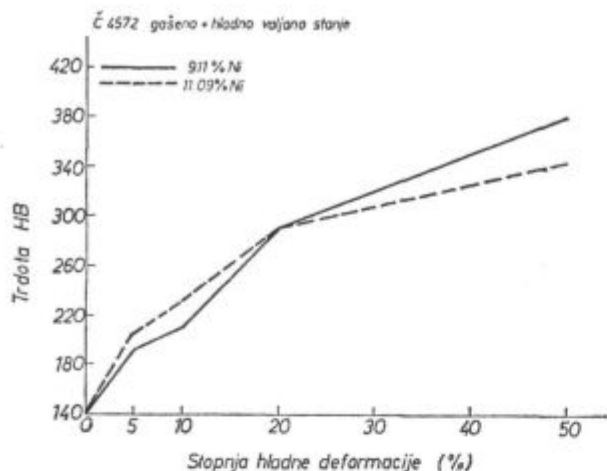
Meritve trdot smo izdelali na istih hladno deformiranih vzorcih kot meritve vsebnosti martenzita. Dosežene vrednosti, ki so rezultat hladnega utrjevanja in vsebnosti martenzita, so razvidne na slikah 9 in 10.

Iz poteka krivulj je razvidno, da imata varianti z nižjo vsebnostjo niklja višjo trdoto, posebno pri višjih stopnjah hladne deformacije, kar si tolmačimo z višjo vsebnostjo martenzita.

C — VPLIV ŽARJENJA HLADNO DEFORMIRANE PLOČEVINE NA VSEBNOST MARTENZITA IN NA TRDOTO

Vpliv žarjenja na vsebnost martenzita

Martenzit, ki kvarno vpliva na plastične lastnosti, smo poizkusili odpraviti z žarjenjem. Žarili smo v temperaturnem območju 400—900 °C z držanjem 1 uro na predpisanih temperaturah. Rezultati po posameznih kvalitetah so naslednji:



Slika 10

Potek trdot v odvisnosti od stopnje hladne deformacije pri jeklu Č. 4572

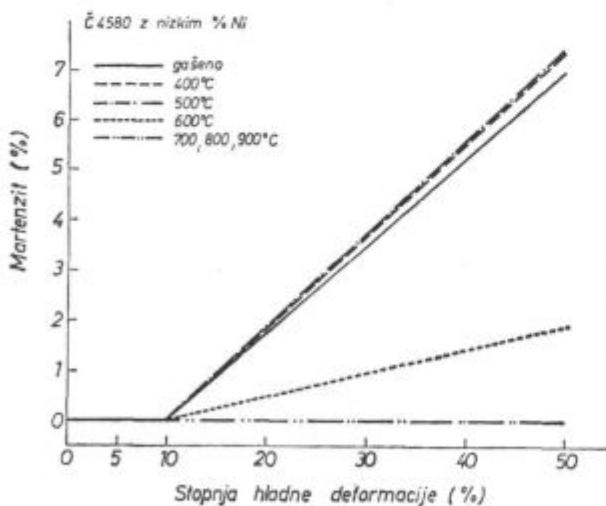
Fig. 10

Hardness depending on the degree of cold deformation in Č. 4572 steel

Č. 4580

Slika 11 in 12 nam prikazujeta za različne stopnje hladne deformacije spremembe vsebnosti martenzita v odvisnosti od temperatur žarjenja. Za primerjavo sta vnešeni v oba diagrama tudi krivulji vrednosti martenzita, ugotovljenega na vzorcih, ki sta bila po gašenju le hladno deformirana.

Iz poteka krivulj obeh variant je razvidno, da je delež magnetne faze vzorcev, ki so bili žarjeni pri 400 in 500 °C, narastel proti deležu te faze v vzorcih, ki so bili po gašenju le hladno deformirani. Vzroke za naraščanje deleža magnetne faze moramo iskati le v naraščanju deleža martenzita,

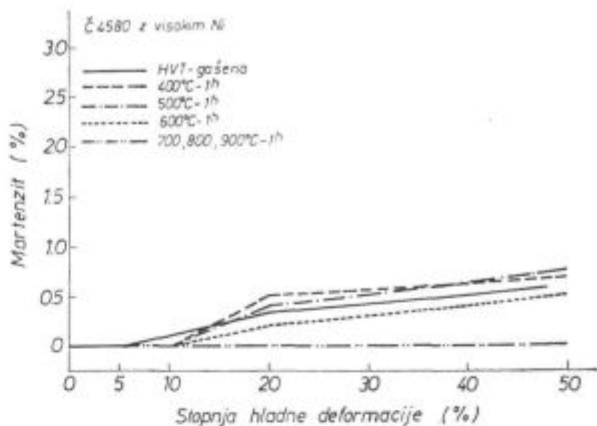


Slika 11

Vpliv žarjenja na vsebnost martenzita jeklo Č. 4580 z nižjo vsebnostjo niklja

Fig. 11

Influence of annealing on the martensite content, Č. 4580 steel with lower Ni content



Slika 12

Vpliv žarjenja na vsebnost martenzita jeklo Č. 4580 z višjo vsebnostjo niklja

Fig. 12

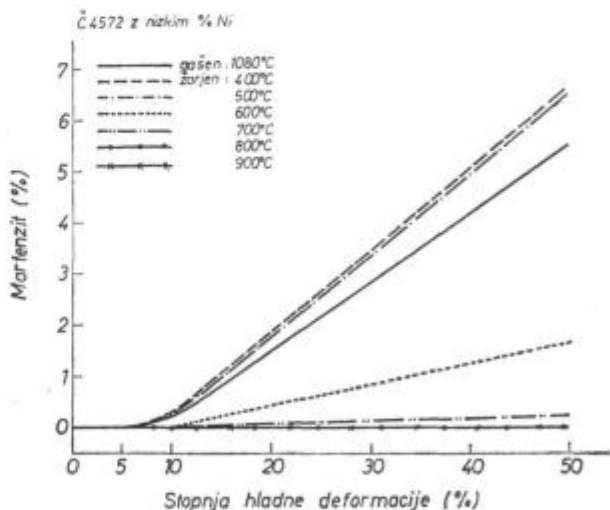
Influence of annealing on the martensite content, Č. 4580 steel with higher Ni content

saj pri tako nizkih temperaturah in kratkem času ogrevanja ne more priti do izločanja kromovih karbidov, niti do morebitne regresije avstenita v ferit.

Pri 600 °C je delež avstenita nižji, pri temperaturah nad vključno 700 °C pa ta struktura v celoti izgine, in to pri obeh variantah.

Č. 4572

Potek krivulj obeh variant tega jekla lahko primerjamo s potekom krivulj jekla Č. 4580. S slik 13 in 14 je razvidno, da je delež martenzita pri temperaturi žarjenja 400 in 500 °C večji od deleža te strukture v vzorcu, ki je bil po gašenju

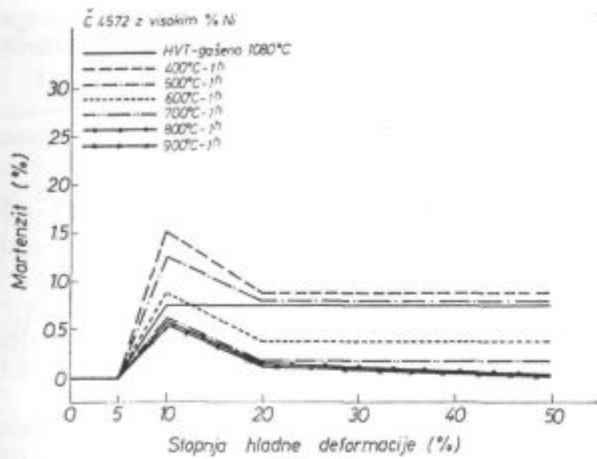


Slika 13

Vpliv žarjenja na vsebnost martenzita pri jeklu Č. 4572 z nižjo vsebnostjo niklja

Fig. 13

Influence of annealing on the martensite content, Č. 4572 steel with lower Ni content



Slika 14

Vpliv žarjenja na vsebnost martenzita pri jeklu Č. 4572 z višjo vsebnostjo niklja

Fig. 14

Influence of annealing on the martensite content, Č. 4572 steel with higher Ni content

le hladno deformiran. Nad 500 °C začenja delež te faze padati, vse dokler nam ne izgine pri temperaturi nad 700 °C.

Vpliv žarjenja na potek trdot

Izhajali smo iz predpostavke, da bi vsaka sprememba martenzita morala vplivati na vrednosti trdote, kljub temu da so le-te rezultat vsebnosti martenzita in utrjevanja zaradi hladne deformacije.

Preiskave trdote smo izvedli na istih preizkušancih, na katerih smo ugotovljali vpliv temperatur žarjenja na vsebnost martenzita. Rezultati, ki smo jih pri tem dosegli, so ločeno po kvalitetah in variantah, naslednji:

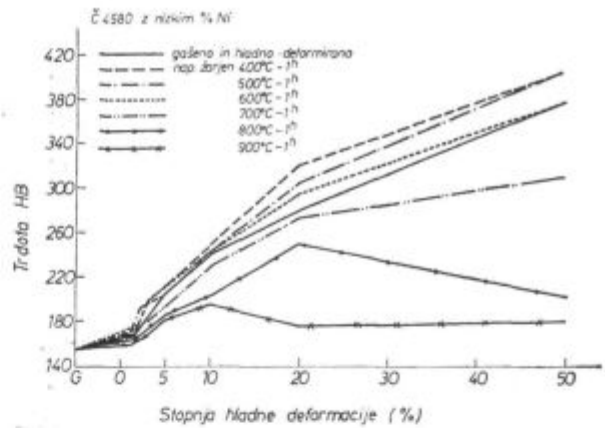
Č. 4580

Slika 15 nam prikazuje potek trdot jekla z nižjo vsebnostjo niklja, slika 16 pa z višjo vsebnostjo niklja.

Kakor je iz obeh diagramov razvidno, je trdota preizkušancev, ki so bili žarjeni pri 400, 500 in 600 °C, višja od trdote vzorca, ki je bil le hladno deformiran. Šele nad 700 °C začenjajo vrednosti trdot padati. Vrednosti gašenega stanja pa se dosežejo šele pri temperaturah 900 °C. Glede na to, da niso imeli vzorci, ki so bili žarjeni pri temperaturah 700 in 800 °C, v strukturi praktično nobenega martenzita (glej sliki 11 in 12), sklepamo, da je višja trdota pri nižjih stopnjah hladne deformacije le posledica še ne odstranjenega vpliva hladne deformacije, to je še ne izvršene rekristalizacije.

Č. 4572

Rezultati žarjenja obeh variant so razvidni s slike 17 in 18.



Slika 15

Vpliv žarjenja na potek trdot jekla Č. 4580 z nižjo vsebnostjo niklja

Fig. 15

Influence of annealing on the hardness of Č. 4580 steel with lower Ni content

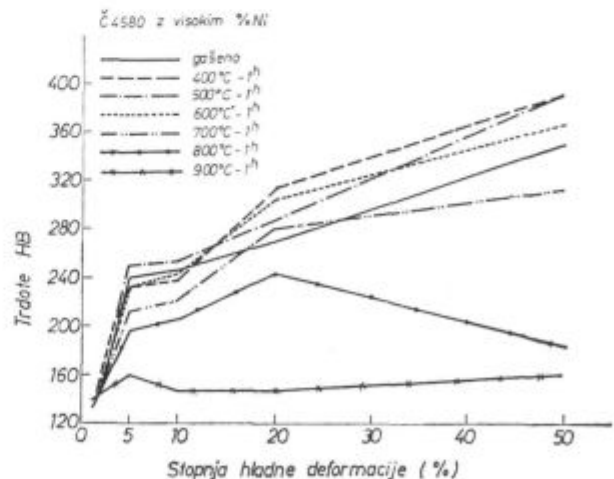
V primerjavi z vrednostmi trdot vzorcev, ki so bili le hladno deformirani, imajo višje vrednosti trdote le vzorci, ki so bili žarjeni pri 400 in 500 °C. Vrednosti gašenega stanja se dosežejo le pri 900 °C.

Vzroke za višje trdote pri žarjenju pri temperaturah 700 in 800 °C moramo iskati le v neizvršeni rekristalizaciji.

D — PREISKAVE ZAREZNE UDARNE ZILAVOSTI PO ČABELKI

Splošno

Glede na rezultate, ki smo jih dosegli pri preiskavah vpliva stopnje deformacije in temperature

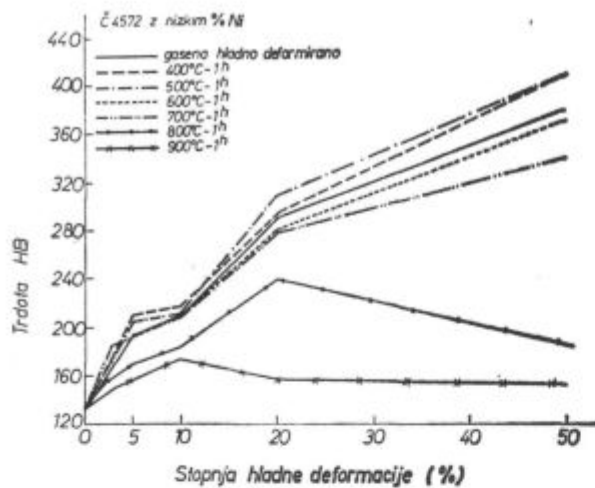


Slika 16

Vpliv žarjenja na potek trdot jekla Č. 4580 z višjo vsebnostjo niklja

Fig. 16

Influence of annealing on the hardness of Č. 4580 steel with higher Ni content



Slika 17

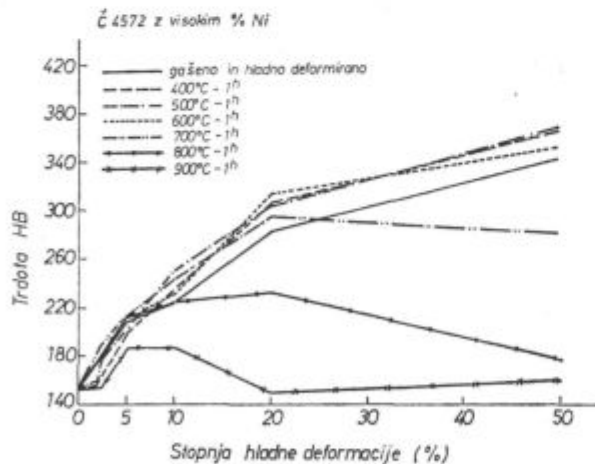
Vpliv žarjenja na trdoto jekla Č. 4572 z nizko vsebnostjo niklja

Fig. 17

Influence of annealing on the hardness of Č.4572 steel with lower Ni content

žarjenja na vsebnost martenzita, nas je zanimalo, kakšen bo vpliv toplote, ki nastane pri varjenju, na žilavost varnega spoja, izdelanega na pločevini Č. 4572 (varianta 4), ki je bila predhodno 15 % hladno deformirana.

Za izvedbo preiskav po Čabelki bi morali izdelati K obliko vara, vendar tega nismo izdelali zaradi premajhne debeline pločevine, saj nam bi že samo varjenje obeh korenov preveč zapolnilo zvarno mesto. Zaradi navedenega smo izdelali drugačno obliko varnega spoja. Varili smo z elektrodami INOX 19/9 LC (0,032 % C, 19,0 % Cr in 10,0 % Ni). Zgornji del vara smo varili elektrooblačno s 3,25 in 4,0 mm elektrodo, koren vara po TIG postopku z žico TIG



Slika 18

Vpliv žarjenja na trdoto jekla Č. 4572 z visoko vsebnostjo niklja

Fig. 18

Influence of annealing on the hardness of Č.4572 steel with higher Ni content

LC Ø 2,0 mm. Po vsakem izdelanem varu smo ga ohladili na 200 °C in nato izdelali nov var. Varili smo pri naslednjih pogojih:

elektroda Ø mm	tok A	napetost V	hitrost premika cm/min
4,0	130	22	24—25
3,25	105	22	24—25
2,0	110	22	24—25

Tako izdelane varne spoje smo rentgensko analizirali. Radiograme pa smo ocenili po katalogu 11 W/11 S z oceno 4 in 5.

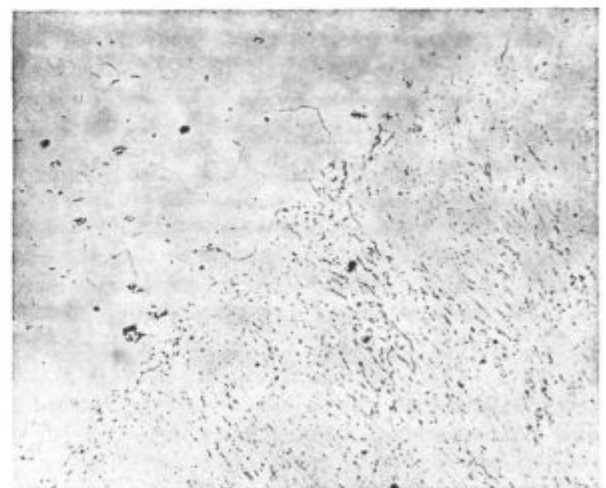
Po končanem varjenju smo eno polovico varnih spojev pred preizkusi žilavosti žarili pri 800 °C/1^h (žarjeno stanje), drugo polovico pa smo preizkusili brez vsake toplotne obdelave (varjeno stanje). Te pogoje žarjenja smo izbrali zato, ker smo izhajali s stališča, da je na ta način mogoče odstraniti ves morebitno prisotni martenzit, in zato ker smo sklepali, da ni nevarnosti, da bi v tako kratkem času žarjenja prišlo do izločanja kromovih karbidov.

Metalografske preiskave

Da bi ugotovili, kakšne strukture imamo, smo izvedli še metalografske analize varnih spojev.

Slika 19 nam prikazuje strukturo ob prehodni coni, to je strukturo avstenita z dendritsko izločenim feritom v varu ter avstenitno strukturo v toplotno vplivani coni, v kateri smo ugotovili zrna s povprečno velikostjo 0,045—0,060 mm. V samem varu smo ugotovili 2—3 % ferita

Določevali smo tudi prisotnost martenzita v toplotno vplivanih conah, in to na žarjenih in na nežarjenih preizkušancih. V osnovnem materialu, ki je bil brez ferita, smo zaradi 15 % hladne deformacije določili 1,4 % martenzita. V toplotno vpli-



Slika 19

Struktura ob prehodni coni — 100 ×

Fig. 19

Structures at the transition zone — 100 ×

vanih conah pa je ta martenzit v trenutku izginil v oddaljenosti 4–8 mm od prehodne cone.

Morebitno prisotnost kromovih karbidov smo določevali na elektronskem mikroskopu, in to na žarjenih in nežarjenih varnih spojih. Slika 20 nam prikazuje strukturo, ki smo jo ugotovili v varu, ki je bil končno žarjen. Struktura je avstenitna z redkimi kromovimi karbidi po mejah zrn (črne pike) in redkimi titanovimi karbidi (svetla zrna).

Podobno strukturo smo dobili v varu, ki ni bil žarjen. Količina kromovih karbidov je bila minimalna.

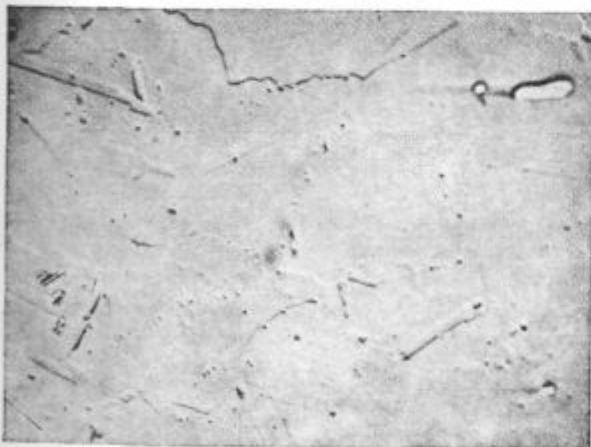
Meritve trdote

Na presekih varnih spojev obeh variant (žarjeno in varjeno stanje) smo izdelali še preiskave trdot v vodoravni in navpični smeri. Slika 21 nam prikazuje potek trdot pri varnem spoju, ki je bil varjen, slika 22 pa v varnem spoju, ki je bil žarjen. Iz obeh diagramov je razvidno, da ima lita struktura zelo nizko trdoto in da je trdota osnovnega materiala relativno visoka (15 % hladna deformacija).

Preizkus po Čabelki

Na varnih spojih, na katerih smo izdelali preiskave strukture in trdot, smo izdelali še preiskave žilavosti. Želeli smo predvsem ugotoviti, kako vpliva žarjenje pri 800 °C/1^h na žilavost.

Preizkuse žilavosti smo zaradi premajhne debeline varnega spoja izdelali na preizkušancih 6 × 6 × 44 mm, in to z V-Notch zarezo (ISO-V), s tem da je zareza v preizkušancih potekala navpično glede na smer varjenja. Iz varnega spoja je bilo izdelanih 25 preizkušancev, in sicer tako, da je bila v sredini vsakega preizkušanca izdelana zareza, ki je bila od preizkušanca do preizkušanca premaknjena za 1 mm od sredine vara proti toplotno vpli-

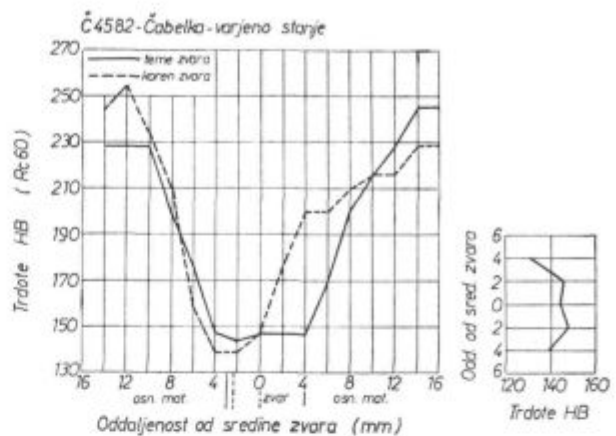


Slika 20

Elektronski posnetek struktur jekla C. 4572 — 5000 ×

Fig. 20

Electron image of the structure of C. 4572 steel — 5000 ×



Slika 21

Trdote v zvarnem spoju nežarjenega preizkušanca

Fig. 21

Hardnesses in welded joint of not annealed sample

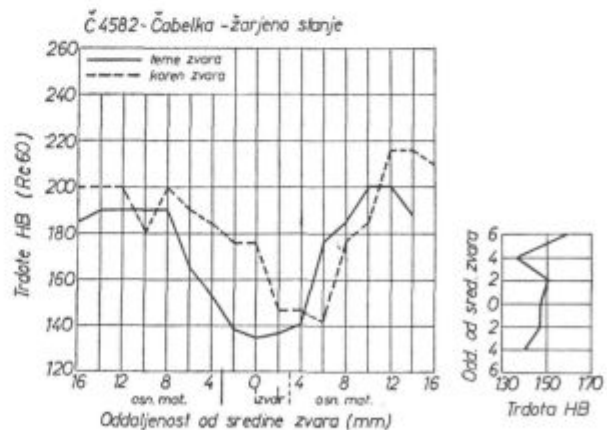
vani coni. Preizkušanci obeh variant so se porušili pri temperaturah + 20 °C in - 196 °C.

Iz doseženih rezultatov, ki so bili prikazani na sliki 23, je razvidno, da žarjenje varnih spojev kvarno vpliva na njihovo žilavost v primerjavi z nežarjenimi, ne glede na temperature porušitve, in da so pri sobnih temperaturah trdnosti žilavosti v varih višje kot v toplotno vplivanih conah.

E — ZAKLJUČKI

Rezultati, ki smo jih dosegli pri preiskavah o vplivu stopnje hladne deformacije in naknadnega žarjenja na vsebnost martenzita in na trdoto ter na žilavost varov, so naslednji:

— vsebnost martenzita je naraščala z naraščajočo stopnjo hladne deformacije, vendar je bilo to naraščanje pri variantah z nižjo vsebnostjo niklja minimalno, ne glede na kvaliteto jekla. Skladno z

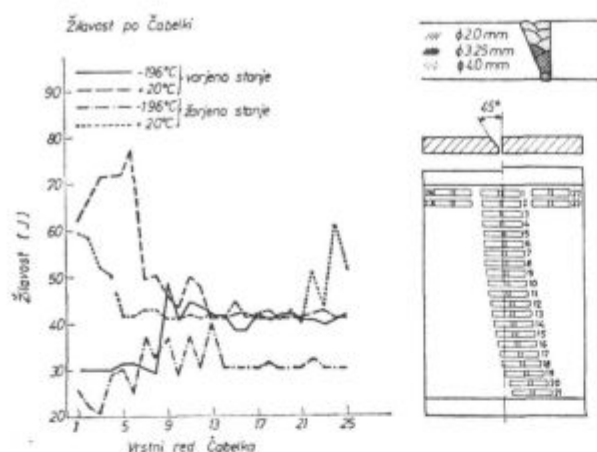


Slika 22

Trdote v zvarnem spoju žarjenega preizkušanca

Fig. 22

Hardnesses in welded joint of an annealed sample



Slika 23
 Udarna žilavost po Čabelki
 Fig. 23
 Impact toughness according to Čabelka

naraščanjem vsebnosti martenzita je naraščala trdota.

— Pri temperaturah žarjenja 400—500 °C je količina martenzita naraščala, pri višjih temperaturah pa padala. Pri 800 °C je martenzit v celoti izginil. Enak potek so imele tudi vrednosti trdote.

— Žarjenje varnega spoja je kvarno vplivalo na vrednosti, in to ne glede na temperature porušitve.

LITERATURA

1. Aciers inoxydables — aciers refractaires
 L. Colobier — Dunod 1965
2. Neržavejušče stal
 F. Himišin — Izdatelstvo »Metalurgija«
 Moskva
3. Mechanical properties of Standard
 Austenitic Stainless Steels in the Temperature range
 — 196° to + 800 °C
 G. Sanderson JISI — August 1969
4. Aciers inoxydables pour visserie cryogenique
 E. Leroy
 Materialx et Techniques
 mars — april 1975
5. Quelques remarque sur le comportement des aciers
 inoxydables austenitiques lors du Frèfilage à froid
 M. Bambeke
 Revue de Metallurgie — december 1976
6. Proprietà meccaniche e fisiche degli acciai inossidabili
 austenitici al cromo — nickel a temperature sotto lo Zero
 centro di informazioni del Nickel
 Milano — sezione 1 - e

ZUSAMMENFASSUNG

Für die Herstellung verschiedener Anlagen die in der kryogenen Technik Anwendung finden werden auch austenitische nichtrostende Stähle in Form von Blechen eingesetzt, die beim Biegen kaltverformt werden was die Bildung von Martensit verursacht. Die Anwesenheit martensitischen Gefüges im Stahl vermindert die Zähigkeitswerte. Der Martensitgehalt ist vor allem durch den Kaltverformungsgrad bedingt. Die Entstehung von Martensit kann auch durch verschiedene Elemente vorallem Nickel beeinflusst werden.

Mit den Untersuchungen die an stabilisierten und nicht-stabilisierten Stählen mit verschiedenem Nickelgehalt durchgeführt worden sind, haben wir den Einfluss des Kalt-

verformungsgrades auf den Martensitgehalt und die Härte festgelegt und dabei festgestellt, dass die Bildung von Martensit unabhängig von der Stabilisierung und dem Nickelgehalt ist.

Mit dem Wunsch Martensit abzuschaffen sind die Proben bei den Temperaturen von 400 bis 900 °C geglüht worden. Dabei hat sich herausgestellt, dass dieses Gefüge erst bei einer Temperatur von 800 °C verschwindet.

Die Untersuchungen sind auf den Einfluss der beim Schweißen erzeugten Wärme auf den Martensitgehalt und den Einfluss der Glühung bei 800 °C auf die Zähigkeitswerte der Schweißverbindungen erweitert worden.

SUMMARY

In manufacturing various appliances used in cryogenic techniques also austenitic stainless steel in form of sheet which is cold deformed in bending (which influences the formation of martensite) can be taken into account. Presence of this structure reduces the toughness values.

Martensite content depends mainly in the degree of cold deformation. Formation of this martensite can be influenced also by various elements, mainly by nickel.

Investigations made on stabilized and not stabilized steel with various nickel contents gave the influence of

the degree of cold deformation on the martensite content and on the hardness. It was found that martensite appears regardless to stabilizing and to nickel content.

In order to eliminate the martensite, the specimens were annealed at 400 to 900 °C. It was found that this structure disappears only above 800 °C.

The investigations were extended to the heat effects in welding on the martensite content and to annealing effects at 800 °C on the toughness of the welded joints.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

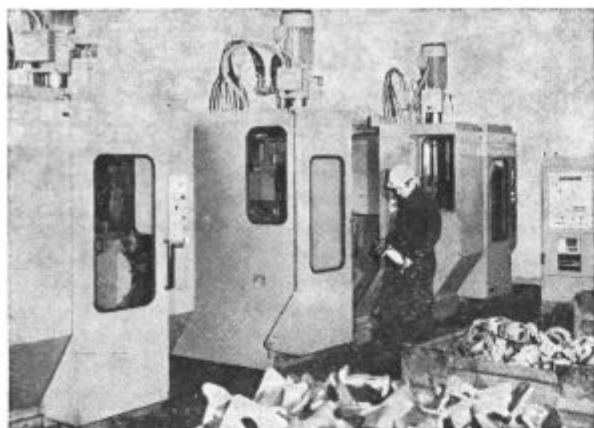
Для изготовления разных приборов, которые употребляются в криогенной технике служат также листовые нержавеющие аустенитные стали. При изгибе листов получается холодная деформация, что влияет на образование мартенсита. Присутствие этой структуры снижает вязкость изделий. Таким образом содержание мартенсита зависит главным образом от степени холодной деформации. Образование мартенсита можно ограничить действием разных элементов главным образом никелевым сплавом.

Исследования выполнялись с стабилизированными и нестабилизированными сталями с различным содержанием Ni. При

этом определяли влияние степени холодной деформации на содержание мартенсита и на показания твердости. Установлено, что присутствие мартенсита не условлено на стабилизацию, а также не на содержание Ni.

С целью, чтобы мартенсит устранить, образцы были подвергнуты отжигу при t -ах 400—900 °C. При этом установлено, что мартенсит исчезает при t -ре от 800 °C.

Исследования были расширены на влияние теплоты, которая образуется при сварки на содержание мартенсита, а также влияние отжига при t -ре 800 °C на показания вязкости сварного шва.



Coronex installation with 3 machining units and manual loading.

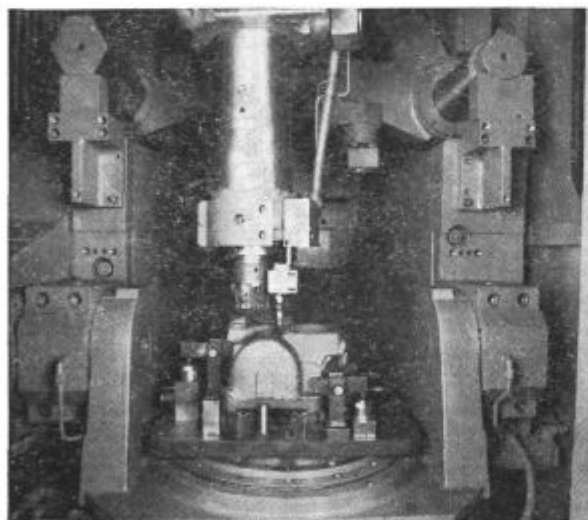
Coronex[®] automatic N. C. machines for rough castings fettling



Today, castings are still fettled manually in a large number of foundries. Notwithstanding the unemployment situation, there is a definite lack of interest from the workers to fill-in these jobs, due to the hard conditions prevailing with manual fettling.

George Fischer Limited, Schaffhausen, Switzerland have developed the Coronex fettling installation, with numerical controls, for automatic deburring of rough castings. The successful results obtained in actual production have proved the rightness of this concept. Excess metal due to ingates, risers, core print fins is removed by milling, without creating any self-hardening spots.

Parting line flash is removed by nibbling. Depending on requirements, roughing-down or finish machining can be performed. One Coronex installation consists of 2 to 3 machining units connected to a centralized electronic panel and hydraulic unit. Each machining unit can be manually or automatically loaded. The tiresome manual fettling of rough castings can thus be replaced by automated and rationalized operations. Fettling stations can be turned into more attractive and safer workplaces.



Coronex machining enclosure showing the sensing and correcting device for dimensional variations within a batch of castings.

Up to now 7 installations are operated or sold.

Castings having a maximum diagonal dimension of 540 mm (horizontal) can be processed on these units. A + GF + fully automatic Coronex fettling installation will be operating at the coming FOND-EX exhibition in Brno.

Tehnične novice

Prva evropska konferenca o elektrojeklarstvu

Aachen ZRN 11. do 15. septembra 1983

J. Arh
S. Čop

Konferenco je organiziral Verein, Deutscher Eisenhüttenleute s podporo mnogih drugih združenj in inštitutov iz vsega sveta, med temi tudi združenja jugoslovanskih železarn. Program je obsegal 44 predavanj iz devetih različnih področij.

Najbolj pomembne takšne skupine predavanj so:

- Jeklarne, naprave in tehnologija,
- Novosti v razvoju preboda pri EO peči,
- Ponovčna metalurgija (VAD, ASEA, SKF),
- Jeklarne z AOD — VOD napravami,
- Možnosti za zmanjšanje porabe elektrod,
- Prihranek z izkoriščanjem odpadne toplote,
- Indukcijske peči za proizvodnjo jekla,
- Razvoj in izkušnje peči s plazma gorilci in peči na enosmerni tok

Prvi dan dopoldne so bila na programu štiri uvodna predavanja eminentnih predstavnikov industrije:

Robert Scholey, CBE London: Proizvodnja in poraba jekla v svetu — položaj in razvoj jeklarske industrije.

Dr. Ulf Lantzeke, Pariz: Strategija rasti iz energetske političnega stališča.

Gerhard Hecker, Hagen: Kako lahko v ZRN zagotavljajo električno energijo za proizvodnjo elektro jekla.

Heinrich Hitzbleck, Hannover: Razmere na mednarodnem trgu starega železa.

V nadaljevanju bom skušal podati glavne misli najbolj pomembnih predavanj.

A 2, G. Scheehan: Razvoj uporabe ognjevarnih materialov v jeklarni

Avtorji so skušali pokazati, kako obzidava peči in ponovc vpliva na tehnologijo izdelave jekla pri kontinuirnem delu dveh 100-tonskih peči. Moč peči 45/54 MVA. Peči poslužujeta dva konti liva za gredice. Program v glavnem maloogljčna jekla za žico. Peč je imela spočetka phano magnezitno dno. Žlindra, bogata na FeO, je povzročala močno erozijo v žlindrni coni. V letu 1980 so vpeljali keramično vezano dolomitno opeko, ki so jo že leta 1982 nadomestili s »Carbon Bonded Magnesit« opeko.

Obenem so vpeljali drugačno tehnologijo taljenja z dolgim plamenom in penečo žlindro — dodajanje drobnega koksa v peč. Cilj je zakriti obločni plamen v peneči žlindri. Dosegli so 6-tedensko kampanjo (450 šarž). Vpeljali so potopljeni prebod 450 mm pod nivojem taline. Obok je vodno hlajen. Vsi ti ukrepi so močno znižali porabo ognjestalne opeke (0,9 kg/t) in sredstev za torkretiranje (4,5 kg/t).

A 3, B. Strohmeier: Proizvodnja jekla za ploščate produkte v velikih UHP pečeh, ISCOR J. Afrika

Jeklarna ima s tremi 155-tonskimi UHP pečmi kapaciteto 1,6 milij. t/leto. Moč transformatorja 60/72 MVA. DH naprava je izven obratovanja. VAD in TN naprava za sekundarno obdelavo jekla. Peči so predelane na vodno hlajenje sten in obokov (Korf). Vložek je slab 20 % svinj z 80 % Fe. Proces je enožlindr. Le 15 % proizvodnje je pomirjeno jeklo. Večina je nepomirjena ali polpomirjena. Pomirjeno jeklo obdelajo ali na TN, VAD ali VAD/TN napravi, odvisno od zahtev po čistoči in vsebnosti vodika. Kombinirano TN/VAD obdelavo uporabljajo za najstrožje zahteve, nizko žveplo, malo plinov, izotropne lastnosti pločevine. Žlindro posnemajo iz ponovce tako, da se nagiba cela komora.

Prispevek je zlasti zanimiv zaradi moderne tehnologije na velikih pečeh in dobrih rezultatov.

B 1, F. A. Bruma in sodelavci: Koncept, izgradnje in obratovanje prve integrirane železarne v Nigeriji

Avtorji opisujejo orjaški projekt in izgradnjo prve integrirane železarne v Nigeriji. Železarno je gradil konzorcij nemško-avstrijskih podjetij. Gradnja je trajala tri in pol leta in začela proizvodnjo v letu 1982. Kapaciteta železarne bo 1 milij. ton jekla. Osnovna surovina je direktno reducirana železova ruda in EO peči kot talilni agregati. Podan je obsežen opis vseh del od izgradnje električnega omrežja, rečnih transportnih poti, šolanja kadrov po Evropi in Ameriki do uspešnega začetka obratovanja.

B 4, K. Grubert in sodelavci: »Dog house« zaščita peči proti hrupu in za zajetje plinov, indukcijskih pečeh

Od leta 1981 sta v ZRN dve 50-tonski peči obdani z zelo tesnim ohišjem za zajetje plinov in za zmanjšanje hrupa. Avtorji poročajo o rezultatih planiranja in obratovnih izkušnjah. Prednost naj bi bila v manjših stroških, ki so znašali za gradnjo ohišja in za kombinirani primarni in sekundarni filter s kapaciteto 300.000 m³/h manj kot 2/3 stroškov za sistem direktnega odsesavanja s havbami na strehi. Povečanje porabe električne energije znaša 19 do 24 kWh/t surovega jekla. Slaba stran ozkega ohišja — višja temperatura v prostoru.

B 5 R. E. Lincoln: Začetek obratovanja »B« EO peči pri Chaparral st steel

Podan je zanimiv opis izbire in usposabljanja delavcev za jeklarstvo kot pomemben pogoj za uspešen začetek obratovanja. Od preko 300 prijavljenih so jih izbrali 58. Več kot 600 strani teksta je služilo za učenje v razrednem pouku. Gradnja je trajala 17 mesecev od prve lopate do začetka obratovanja konti liva. Peč ima kapaciteto 160 t, moč transformatorja 110 MVA, ki daje 67 MW moči. Peč je opremljena z vodno hlajenimi stenami in obokom, kisikovim kopjem (vodohlajen) in Oxy-fuel gorilci. Konti liv — 5 žilni za blume. V prvih 11 mesecih so naredili 517.000 t jekla. Peč dela z maksimalno močjo transformatorja do preboda. To omogoča delo s penečo žlindro, ki jo povzroča uvajanje koksa, mešanega z vodo v času rafinacije v peč. S tem so stene zaščitene od plamena. Peč zaklada 180 ton in dela s 30 t tekočega ostanka, zato da hitreje tali.

C 1, K. Behrens in sodelavci: EO peč s prebodom v sredini dna, osrednji del novega koncepta jeklarne pri Thyssen Edelstahlwerke AG Witten

V železarni Witten so zamenjali štiri 110-tonske SM peči in eno 50-tonsko EO peč z novo, na novem konceptu grajeno 110-tonsko UHP EO pečjo s 75 MVA transformatorjem. Ta novost je prebod v sredini dna, ki so ga prej uspešno preizkusili na obstoječi 50-tonski peči. Staro železo se do 45 % naklada iz železniških vagonov, 55 % pa se iz vmesnega skladišča pripelje na lastnih vagonih in naklada direktno v košare. V dveh med seboj neodvisnih vrstah bunkerjev (6 + 14) so dodatki in legure za 3 dni obratovanja. Pečna hala je 42 m dolga, 22 m široka in 40 m visoka in je zaradi omejenega prostora zmanjšana na nujno potrebne mere.

Ta EO peč je v principu trdno stoječa peč, ki se zaradi lažjega odtekanja žlindre nagiba v smeri delovnih vrat za 10°. Pečni portal stoji na posebnem temelju poleg peči in se ne nagiba. Peč premera 6,8 m ima dvojne vrata za lažje delo in dostop do vseh delov znotraj peči.

Peč je grajena kot kletka z vodnohlajenimi cevni elementi, ki segajo 250 mm nad talino in se jih lahko menja od zunaj. 90 % površine nad pragom je tako vodno hlajeno. Zmanjšanje porabe ognjestalnega materiala pa je bil glavni namen gradnje peči s prebodom v sredini dna. Hlajenje je z vročo vodo 110°C in 10 b pritiska, da se toplota lahko regenerira.

Za nadziranje vseh naprav služi računalniško krmiljeni informacijski sistem.

Procesni računalnik omogoča zasledovanje materialnih tokov, zajemanje podatkov in upravljanje procesa.

Program obsega malo in srednje legirana konstrukcijska in orodna jekla z do 20 % legiranih elementov.

Proces je enožiln. Zadnjih 5 minut odteče 95 % vse žlindre preko praga. Ostanek delno odteče v ponovco, delno ostane na dnu. Legiranje poteka v ponovci. Šaržo dokončajo v VD napravi (degazacija).

Doslej so naredili že 6300 šarž. Poraba ognjevarnega materiala znaša za dno in steno 0,2 kg/t, za obok pa 0,21 kg/t. Poraba materialov za tokretiranje znaša 3,9 kg/t.

Povprečno naredijo na dan 12 do 13 šarž, oziroma 1400 t jekla.

C 2, R. D. Baare: Ločenje jekla od žlindre, glavni problem pri izdelavi kvalitetnih jekel — peč z ekscentričnim prebodom pri Det Danske Stalvalsevoerk

Danska železarna proizvaja grobo pločevino in palično jeklo z visokimi kvalitetskimi zahtevami. Zaradi kvalitetnih zahtev so klasični izdelavi dodali sekundarno obdelavo jekla, ki pa zahteva dosledno ločenje žlindre od jekla. Vsi doslej znani načini pa takšnega ločevanja ne zagotavljajo. Zahteve pa so bile naslednje:

1. Zanesljivo ločenje žlindre od jekla
2. Vsa vzdrževalna dela na prebodu se morajo opraviti izven peči
3. Delo s tekočim ostankom, del jekla in žlindre ostane v peči
4. Zmanjšanje porabe ognjevarnega materiala

Pri Thyssen Edelstahlwerke Witten razviti centrični prebod tega ni zagotavljal. Prebod so zato predstavili izven peči, vendar kolikor mogoče k steni, in ga imenovali ekscentrični prebod. V decembru 1982. leta so na osnovi modelnih preiskav predelali prvo peč. Rezultati kažejo naslednje: Po izdelanih 700 šaržah se 97 % vseh prebodov predre samih, pri 3 % pa je treba pomagati s kisikom. Paziti je treba, da se prebodne odprtine ne zamašijo s tokretnimi materiali. Prebod traja 90 do 130 sekund.

Ko se odlije jeklo, se peč nagne nazaj za 10 %. V peči ostane 13 do 18 t jekla in žlindra. Potem prebod očistijo s kisikom in ponovno napolnijo z

grobozrnatim ognjevarnim materialom, za to potrebni čas znaša 3 minute. Notranja cev preboda zdrži okrog 120 šarž. Za spodnji obroč pa se je najbolj obnesla magnezitna opeka z visoko vsebnostjo ogljika.

Enkrat na dan peč izpraznijo, da prekontrolirajo dno in ga popravijo.

Vodno hlajeni paneli segajo do 300 mm nad žlindro. Vročo vodo izkoriščajo za ogrevanje železarne in mesta. V decembru 1983 bodo na enak način predelali tudi drugo peč.

Trdijo, da negativnih strani ni. Dno ponovce ščitijo pred močnim curkom tako, da legure dajejo na dno.

Tako centrični kot ekscentrični prebod v dnu sta revolucionarni novosti, ki zbudjata veliko pozornost in že dobivata posnemalec.

C 3, D. Rodal: Obratovalne izkušnje z drsnim zapiralom na prebodu EO peči

V septembru 1982 so na 220-tonski EO peči U. S. steel Texas Works dali v obratovanje drsno zapiralo na prebodu peči. Cilj je prebod brez žlindre za sekundarno obdelavo jekla. Uporaba drsnega zapirala je dala pričakovane rezultate in dodatne prednosti:

- odpadel je prebodni žleb,
- trajanje preboda je konstantno,
- boljša kvaliteta jekla,
- zmanjševanje vzdrževanja ponovc.

Drsno zapiralo je po zgradbi podobno zapiralu na ponovci. Premer izliva je 175 mm. Kaset je teška 3,5 t in vsebuje fiksno ploščo, drsno ploščo in zunanji izlivek. Vsi trije deli so iz vlitega visokoaluminatnega materiala s cirkonoksidnimi vložki. Prebodna odprtna je iz kvadratnih blokov iz litega Cr-Mg materiala. Notranji izlivek vstavijo od zunaj, potem ko odstranijo kaseto. Izlivek je iz zelo čistega MgO. Naklon izlivka (preboda) je 5° proti steni peči. Dosegli so pričakovano vzdržnost kaset 8 šarž in notranjega izlivka 13 šarž. Menjava izlivkov in kaset pa zahteva še precej časa. Poizkus je pokazal, da drsno zapiralo na prebodu uspešno zagotavlja ločenje žlindre in jekla in omogoča zanesljivo zagotavljanje kakovosti — nizko žveplo jeklu za subarktične namene.

D 1 I. J. Davis: Sekundarna obdelava jekla — storilnost in delovanje VAD naprave v Stockbridge Works, BSC Special Steel

V jeklarni Stockbridge koncerna BSC so pred kratkim predelali eno EO peč v UHP peč, postavili VAD napravo za ogrevanje in degazacijo v ponovci in dali v obratovanje štirižilni konti liv v vertikalni izvedbi, da bi tako povečali storilnost jeklarne in kvaliteto jekla, predvsem pa zanesljivost obratovanja.

Naloge VAD naprave so:

- natančno zagotavljanje kemične sestave jekla,
- odstranjevanje vodika,
- natančna nastavitvev temperature.

Še nepredelana peč je 6,75 m premera, kapaciteta je 150 t tekočega jekla, transformator je 35 MVA, elektrode so premera 600 mm. Peč je opremljena z oxyfuel gorilci, stene in obok so vodno hlajeni. Peč ima tudi elektromagnetni mešalec. Polovico proizvodnje obdelajo v VF napravi (degazacijo, dezoksidacijo).

Predelana peč je 6,15 m premera, ima kapaciteto 80 t in transformator 50 MVA (specifična moč je 625 KVA/t). Elektrode so 500 mm premera. Stene so vodno hlajene, vodno hlajen bo tudi obok, prebod pa potopljen. Vsa proizvodnja, okoli 4000 t/teden (15 dnin) gre skozi VAD napravo in na kontinuirno vlivanje.

VAD naprava firme VACMETAL je grajena kot ponovčna peč, tesnjenje na tesnilnem obroču, transformator ima moč 15 MVA, elektrode so 350 mm premera, delilni krog 1100 mm, hitrost ogrevanja 2°C na minuto.

Vakuumski sistem sestoji iz štiristopenjskih parnih ejektorjev. Mešanje poteka z argonom po sistemu SAFE — Heurtey ob steni tik nad dnom. Vzdržnost 1000 minut obratovanja.

Po vakumski obdelavi šaržo lahko obdelajo še s CaSi.

Zanimiva je tehnologija izdelave jekla v peči. Tik preden je raztopljeno, vpihajo 200 kg koksa tik na površino in s kisikom zapanijo žlindro, da tako zaščitijo stene peči. Peneča žlindra poveča prenos energije na žlindro in jeklo.

S kontrolo dodatka ogljika v vložek dosejajo, da je ogljik že na spodnji analizni meji. Če je fosfor dovolj nizek in če ni treba drugih sprememb v peči, lahko talino segrejemo na prebodno temperaturo.

Žlindro ločijo s prelivanjem v VAD ponovco skozi 100 mm Ø izlivek.

Čas od preboda do preboda znaša 100 minut. Poraba energije pa 490 kWh/t tekočega jekla.

VAD ponovca je bila prvotno obzidana z aluminatno opeko 80 % Al₂O₃, enako tudi dno, žlindrna cona pa je z dolomitno opeko ločena z MC 6 opeko od aluminatne. Vzdržnost sten je bila 30 šarž, žlindrine cone in dna pa 10 oziroma 15 šarž. Slaba vzdržnost žlindrine cone, mašenje izlivkov z MgOAl₂O₃ špinelom, ki lahko nastane tudi po disociaciji dolomita, je privedlo do uporabe grafitizirane magnezije. S tem materialom dosejajo 25 šarž v žlindrni coni.

Metalurške reakcije tečejo pod inertno atmosfero, mešanje jekla s sintetično žlindro je intenzivno. Iz tega rezultira zelo nizka vsebnost kisika 10—25 ppm in nizka vsebnost žvepla pod 0,006 %, srednja vrednost 0,0028 %.

D 3, K. H. Heinen, H. Zörcher in sodelavci: **Obratovalne izkušnje različnih vakuumskih naprav (VD, VOD) pri Krupp Stahl AG**

Opisan je koncept in program obeh jeklarn Kruppovega koncerna Geisweid in Bochum. V Bochumu izdelujejo poleg nerjavnih kislino in ognjeodpornih jekel, katerih proizvodnja gre preko dveh 80-tonskih AOD konvertorjev, tudi malo in srednje legirana konstrukcijska in orodna jekla in bloke za kovaške odlivke. Ta slednja so na programu, ko sta konvertorja na prezidavi. Kampanja konvertorjev traja 6—7 dni. Postopek sestoji iz taljenja v UHP peči in rafinaciji v VD napravi.

Ker jeklo odlijejo v dve ponovci, ima tudi VD naprava dve komori. V obeh komorah teče postopek istočasno. Žlindra odteče iz peči pred prebodom. Ker odlivajo v dve ponovci, je prva vedno brez žlindre, v drugi je je le malo.

V Geisweidu je zanimiva zlasti nova 110-tonska UHP peč s KVA transformatorjem, ki je prevzela proizvodnjo 4 SM peči. Kratki šaržni časi zahtevajo sekundarno obdelavo. Preko 90 % vseh šarž se obdela na VD napravi. Naprava je ponovčnega tipa — brez komore.

Tesnenje poteka od tesnilnega obroča na ponovci na vakuumski pokrov. Mesečna proizvodnja znaša cca 50.000 t, vse odlijejo kontinuirno v gredice.

D 5, V. Prešeren in sodelavci: **Razvoj metalurgije v slovenskih železarnah**

Avtor je na zanimiv način prikazal sedanji in bodoči razvoj tehnologije v vseh treh slovenskih železarnah s poudarkom na vakuumski in sekundarni metalurgiji. Navedeni so tudi nekateri v zadnjem času doseženi rezultati.

E 1, F. Beste in sodelavci: **Proizvodnja kvalitetnih jekel v UHP peči v sklopu s TN napravo**

Pri Thyssen Niederrhein AG so nadomestili staro SM jeklaro z dvema 120-tonskima pečema z 80 MVA transformatorji in 6-žilnim konti livom za gredice. Danes dela le ena peč, druga je v rezervi. Program obsega poleg navadnih tudi z Al pomirjena kvalitetna jekla. Storilnost peči je 77,9 t/h in je manjša od konti liva, ki znaša 89,0 t/h. S čakanjem ponovc vlijejo do 6 šarž v sekvenci. Mesečna proizvodnja ene peči znaša cca 54.000 t.

Sekundarno obdelavo izvajajo s TN napravo, kjer lahko dodajajo tudi legirne elemente iz 5 bunkerjev. Razen tega natančno nastavijo livno temperaturo. Način TN obdelave je odvisen od vrste jekla. Pri jeklih, ki so pomirjena z Mn/Si, služi TN naprava le za splakovanje in legiranje. Pri jeklih, ki ne vsebujejo aluminija, rabijo TN napravo za odžveplanje pod 0,010 % S. Če je potrebno, vpihajo manjše količine CaSi ali CaC₂ ustrezno 0,25—0,5 kg Ca/t v talino. Pri jeklih, ki vsebujejo aluminij,

obdelujejo jeklo pod sintetično bazično žlindro 10 kg/t z veliko količino CaSi, do 2,5 kg/t, oziroma 1 kg Ca/t. Končno žveplo znaša okrog 0,004 %.

Pogoj za sekundarno obdelavo je prebod brez žlindre, ki ga dosegaajo z globoko ležečim prebodom in hitrim dviganjem peči nazaj v horizontalno lego, ko je odteklo jeklo. Žlindra z manjšo količino jekla ostane v peči.

Prispevek je zaradi natančnega opisa tehnologije in rezultatov izredno zanimiv.

E 4, M. Reinhardt: **Tehnične in metalurške možnosti obratovanja ponovčne peči v elektrojeklarni za proizvodnjo konti gredic**

Konec leta 1976 so imeli v Hamburger Stahlwerke 3 EO peči in dve kontilivni napravi firme Concast s po 4 žile in kapaciteto 850.000 t letno.

Danes je v obratovanju le zadnja zgrajena 100-tonska UHP peč. Eno od obeh 85-tonskih EO peči so predelali v ponovčno peč. 4-žilni konti liv so razširili v 6-žilnega tako, da so dodali dve žili od sosednjega.

Delež reduciranih peletov so zaradi naraščajočih cen zemeljskega plina zmanjšali od 40 % na 10 %. Midrex naprava dela le še v poletnih mesecih. Prestrukturiranje proizvodnje je bilo končano v letu 1982, ko je začela obratovati ponovčna peč.

Jeklarja je znana po že pred leti vpeljani moderni tehnologiji izdelave jekla v peči, ki se tudi po kombinaciji z VAD napravo ni spremenila. EO peč je le še stroj za taljenje. V peči se odstranita le še ogljik in fosfor.

Temperaturo preboda so lahko znižali od preje 1700 ° na 1630 °C. Pri prebodu kontinuirno dodajajo v ponovco sredstva za legiranje in ogljičenje. Pri prebodu žlindro zadržijo. Ves čas pihajo z argonom. Na ponovco dajo žilne dodatke, ki so mešanica CaO, Al₂O₃ in SiO₂ v količini 8—10 kg/t. Ponovce so dolomitne, žilna cona pa je iz MgO-C opeke. Povprečna vzdržnost znaša 52 šarž.

Po daljšem uvajalnem času so dosegli zastavljene cilje:

- zvišanje produktivnosti,
- zmanjšanje porabe energije,
- zmanjšanje porabe elektrod,
- izboljšanje kvalitete — nižje žveplo,
- povečanje deleža sekvenčnega vlivanja,
- zmanjšanje porabe ognjevarnega materiala v peči.

Vzdržnost peči se je dvignila na preko 600 šarž, kar pripisujejo znižanju prebodne temperature in uporabi dolomitiziranega apna.

Cena gredic se je kljub povečanim stroškom za energijo surovine in osebje znižala za 20 %.

Nadaljnje povečanje storilnosti je po njihovem mnenju možno le še z visokotemperaturnim pred-

grevanjem starega železa, kar bodo izvedli v prihodnjem letu.

Jeklarna je v letu dni proizvedla 62.000 t, kar je možno le s pomočjo VAD naprave in sekvenčnim vlivanjem.

F 2, S. K. Mehlmann, H. W. Helwig: Rafinacija ogljikovih in malolegiranih jekel v AOD konvertorju

Izdelava malo in visokolegiranih, pa tudi ogljikovih jekel po postopku EO peč AOD konvertor predstavlja danes alternativo EOP — VOD postopku. AOD konvertorje, ki so jih razvili za izdelavo masovnih nerjavnih jekel, že nekaj let uporabljajo tudi za izdelavo dinamo in drugih, predvsem visokolegiranih jekel, ker je izkoristek dragih legiranih elementov v AOD konvertorju zaradi intenzivnih reakcij med jeklom in žlindro silno visok.

Takšne postopke so razvijali predvsem v ZDA, nekaj pa jih je tudi v Evropi, v Franciji in ZRN.

Standard Steel, Burnham Pa/ZDA proizvaja ogljikova malolegirana, nerjavna jekla in super zlitine. Prispevek obravnava oksidacijo ogljikovih in malolegiranih jekel v EO peči v vakuumski napravi in AOD konvertorju. Posebno je poudarjeno odlično odžveplanje pod 30 ppm in degazacija pod 2 ppm vodika.

V kombinaciji EO peč — vakuumsko naprava izdelujejo jekla za naftno industrijo in kovaške odkovke. V AOD konvertorju izdelana jekla so enakovredna v vakuumu izdelanemu jeklu. Po čistoči pa so boljša in jih primerjajo z jekli, pretaljenimi pod žlindro, saj dosegajo žvepla lahko tudi le nekaj desetstotink procenta. Prav zaradi nizke vsebnosti žvepla pa so ta jekla znana po visoki žilavosti, za kar so navedene reference nekaterih drugih avtorjev.

Tehnologija je v grobem naslednja:

V EO peči šaržo raztalijo, oksidirajo, da odstranijo fosfor, žlindro je treba odliti, sicer se ta v konvertorju reducira. Šaržo segrejejo in odlijejo v ponovco. Žlindro, bogato z FeO, je sicer mogoče narediti tudi v konvertorju, vendar za odfosforenjenje priporočajo EO peč.

Oksidacija C v AOD konvertorju poteka z mešanico kisik/inertni plin v razmerju 3/1. V nekaterih konvertorjih pa se ta faza vrši že s pihanjem O₂ od zgoraj zaradi boljšega izkoriščanja toplote (CO zgoreva s CO₂).

Gorivo za dvig temperature sta aluminij in silicij. Temperatura na koncu oksidacije mora biti tako visoka, da krije izgubo temperature v naslednjih operacijah, ki sledijo. Če je temperatura dovolj visoka in vsebnost C pod analizo mejo, se doda mešanica reducentov FeSi in Al in meša 5 minut. Apno so dodali že v času oksidacije, tako da je prisotna aktivna bazična žlindra. Vse dezoksidacijske reakcije potečejo med intenzivnim mešanjem med jeklom in žlindro.

Korektura analize in dodatki mikrolegiranih elementov se dodajo tik pred prebodom.

Če pride do zastoja pri vlivanju ali okvare žerjava, je treba šaržo ponovno ogreti s kalkuliranim dodatkom Si in Al in potrebno količino kisika. Temu seveda sledi preprihovanje z argonom in ponovna redukcija taline.

Odlične čistoče in mehanske lastnosti so posledica majhne vsebnosti kisika (15—20 ppm) in majhne vsebnosti žvepla (0,002 do 0,0006 %). Dosegati pa se da tudi manj kot 1,5 ppm vodika.

F 1, J. M. Chard: Aplikacija AOD konvertorja v jeklo livarni

AOD konvertor z dvema hruškama omogoča livarni Fonderies et Acieries Manoyir veliko fleksibilnost v obratovanju na talilni strani s kapaciteto 5 do 25 t. Zliti, ki jih v EO peči niso mogli izdelati jih sedaj lahko. Homogenost taline omogoča natančno nastavitve kemične sestave. Aktivna žlindra omogoča učinkovito dezoksidacijo. Pri malolegiranih jeklih so mehanske lastnosti zaradi nizke vsebnosti S in H znatno boljše. Napake v litini pa so se močno zmanjšale.

Primerjava časa izdelave:

EO peč:	140 do 160 min
EO peč in AOD:	EOP 100 do 120 min., AOD 20 do 35min.

F 3, H. G. Hüsken in sodelavci: Proizvodnja jekla v sodobno grajeni EO, peči z zaščito proti hrupu in prahu — planiranje gradnje in obratovanje elektrojeklarne Bochum, Krupp AG

Krupp Stahl AG je v jeklarni Bochum po 2 1/2-letni gradnji v juliju 1982 dala v obratovanje novo elektro jeklarno z eno pečo. Proizvodni program obsega konstrukcijska jekla, plemenita legirana jekla in jekla za kovaške bloke in široko paleto nerjavnih kislino in ognjeodpornih jekel. Medtem, ko so prej imeli SM jeklarno, elektro jeklarno in E/AOD jeklarno, teče proizvodnja sedaj v zaokroženem kompleksu. Osrednji del je nova 120-tonska UHP peč, ki na principih sekundarne metalurgije oskrbuje 2 AOD konvertorja za proizvodnjo nerjavnih jekel in vakuumsko napravo (VD) za proizvodnjo konstrukcijskih jekel in kovaških blokov. Prvič so pri gradnji uresničili Kruppov sistem, ki dovolj upošteva zahteve ergonomije in zaščite okolja.

120-tonska EO peč v Bochumu s pripadajočimi napravami, vključno odpraševanje in sistem dnevnih bunkerjev, stoji na prostoru 50 × 50 m.

Zaradi silno širokega programa so največjo pozornost posvetili gradnji prostora za staro železo. Prostor je pod isto streho kot peč, dolžine 180 m, prostornine 27.000 m³, vsebuje 17 boksov, vsak je lahko 3 × predeljen. Paralelno z boksi tečeta 2 tira.

Košare (85 m³) zakladajo pretežno direktno iz vagonov. Košare vlečejo težki vlačilci.

Peč ima naslednje karakteristike:

Kapaciteta 120 t, mesečna proizvodnja cca 50.000 t — trafo 85 MVA, kotel 7 m Ø, delilni krog 1350 mm, elektrode 600 mm Ø. Hlajenje: obok vodno, stene nasičena para (pritisk 23 bar temp. 220 °C). Peč je obdana z ohišjem, ki sestoji iz fiksne dela, iz stropa in sten, in gibljivih delov, dveh premakljivih vrat in dveh prevoznih zaves. Ohišje obdaja prostor 10.400 m³. Stene so debele 200 mm, masa 50 kg/m² in ublažijo hrup za 50 dB. Ohišje je odprto s premakljivimi vrati le na strani, kjer se šaržira in menja elektrode.

Proces vodijo iz kabine, ki stoji tako kot peč 8 m nad nivojem tal. Glavni krmilni pult je opremljen z aparati za vodenje (komadne) in nadziranje, ki so povezani z računalnikom. Naloge tega so: spremljanje procesa taljenja, termično vodenje procesa, metalurško vodenje, zbiranje podatkov o procesu, protokoliranje in izdelava poročil, vrednotenje.

Prebod se vrši v dve 80-tonski ponovci, ki sta na enem vagonu na tirih, tudi voz za žlindro je prevozen po tirih, pogon električni.

Obsežen in moderen je centralni sistem bunkerjev za legure in dodatke. Poraba legur znaša do 500 t na dan, UHP peč ima 20 visokolezečih bunkerjev in 10 na podestu peči, 20 bunkerjev pa imajo AOD konvertorji. Skupni volumen 1100 m³.

Proizvodni podatki: čas od preboda do preboda je 90 min. Na dan naredijo povprečno 13 šarž, cilj 15 do 16 šarž. Mesečno naredijo 30.000 t nerjavnih jekel, 20.000 t konstrukcijskih jekel in 6.000 t jekel za kovaške bloke. Pač dela neprekinjeno. Remont je le 1 × na mesec.

Konti liv je firme Demag. Slabe nerjavnega jekla hladijo v vodi, tako avstenitne in feritne. Razlogi so tako ergonomski — lažje delo, in tehnološki — lažje brušenje.

Primer livanja avstenitnega nerjavnega jekla: 83 t odlito v 38 minutah slab 1545 × 218 mm ali 70 minut, slab 1030 × 218 mm, hitrost 0,8 m/min. (Navedene proizvodne podatke smo dobili ob ogledu jeklarne).

G 2 D. Ameling in sodelavci: Zmanjšanje porabe elektrod s površinsko zaščito

Naraščajoči stroški elektrod in visok delež le-teh v predelavnih stroških silijo jeklarje k iskanju rešitev za zmanjšanje porabe elektrod.

Opisan je postopek zaščite elektrod s posebnim sintranim praškom PLATOL, firme Fosco, ki ga nanašajo s pomočjo aplikatorja na vročo elektrodo med šaržiranjem pri odprtem oboku. Postopek so razvili v jeklarni Thyssen Niederrhein AG. Oberhausen in je od novembra 1982 v obratovanju na 120-tonski peči. Zmanjšanje porabe

elektrod (za 1 kg/t tekočega jekla je zmanjšalo stroške za 3,5 DM/t pri porabi PLATOL-a 0,15 kg/t tekočega jekla.

V nadaljevanju so še štirje prispevki pod G 3, G 4, G 5 in G 6 različnih avtorjev in različnih jeklarn, ki obravnavajo razvoj vodnohlajenih elektrod, njihovo uporabo in prihranke, ki so enormni. Za vse sisteme, ki so patentirani, od katerih pa sta znana predvsem dva, Korf — Fuchs in Thyssen, je značilen zgornji vodnohlajeni del kot permanentna elektroda in na tega priviti grafitni del kot odgorevajoča elektroda. Nipel je iz grafita ali bakra in je znotraj hlajen.

G 3, E. A. Elsner von Roll Švica

Značilno za ta sistem je, da je tudi permanentna elektroda iz grafita prevrtana in vodnohlajena. Normalna poraba grafitnih elektrod znaša 4,9 kg/t, prihranek 2 kg/t ali 41 %. Poraba vode za hlajenje zgornjega dela je 20 m³/h, pritisk 8 b, ki pade na 6 b, zaprt krožni hladilni sistem.

G 4, J. R. Blank BSC Special Steel Division

Na 170 t 65 MVA peči so razvili vodnohlajene elektrode. Značilna je električna izolacija vodnohlajenega zgornjega dela, da se preprečijo poškodbe s preboji od starega železa na elektrodo. Vgrajen je varnostni sistem, ki napove odlom grafitne elektrodne konice. Prihranek na grafitnih elektrodah znaša 30 %.

G 5, K. D. Unger H. G. Bauer Thyssen Edeltahlwerke

Razvili so vodnohlajeno elektrodo s keramičnim zunanjim zaščitnim plaščem. Porabo grafitnega materiala so zmanjšali od normalne porabe, ki znaša 4,5 kg/t na 3 kg/t. Pri 30 %-nem prihranku grafita znaša neto prihranek, odvisno od načina dela, geometrije in storilnosti, od 7 do 14 %. Elektrode menjajo po 6 do 8 šaržah. Vzdržnost keramičnih zaščitnih obročev in grafitnih niplej je zelo različna. Poraba vode za eno elektrodo znaša 10 do 25 m³ na uro. Pri 500 mm elektrodah cca 15 m³/h. Narastek temperature je 10 do 20° C. Uporabljajo navadno pitno vodo.

Menjava elektrod je še zamudna operacija, ker je treba menjati priključke za hladilno vodo.

G 6, K. H. Klein Badische Stahlwerke AG Kehl

Od začetka 1983 obratuje UHP — EO peč na vseh treh fazah z vodnohlajenimi elektrodami po sistemu Korf — Fuchs (gole elektrode). Porabo grafita so zmanjšali od 3,2 kg/t na 2,55 kg/t, to je za 20 %. Kljub temu delež grafita v proizvodnih stroških znaša 8 %. Poraba hladilne vode znaša 30 m³/h. Druge prednosti so še manjše število me-

njav elektrod, kar znese 100 minut manj izpada proizvodnje na mesec. Zaradi manjšega sevanja je obremenitev peči v zgornjem delu manjša.

Vodnohlajene elektrode so upravičile pričakovanje glede konstrukcije, rokovanja, zanesljivosti in gospodarnosti.

Skupina H. Obsega 5 predavanj, ki obravnavajo prihranek energije s predgrevanjem starega železa.

H 1, Badische Stahlwerke AG Kehl imajo že od leta 1981 v obratovanju napravo za predgrevanje starega železa z vročimi pečnimi plini po sistemu Nikko. Staro železo se pri tem segreje na srednjo temperaturo 350 °C, pri čemer prihranijo 52 kWh/t električne energije, olja in kisika. Dodatno se je zmanjšala poraba elektrod za 0,4 kg/t, šaržni čas pa se je skrajšal za 5 minut.

H 2, BSC Special Steels Stocklridko Works

Izkoriščajo toploto vročih plinov iz peči s povprečno temp. 400 °C in maks. 600 °C pri vstopu v košaro in 200 °C pri izstopu. Staro železo se pri tem ogreje na okrog 170 °C. Praksa je pokazala, da se je tako znižala poraba električne energije, povprečno za 21 kWh/t, in 0,4 kg elektrod/t tekočega jekla.

H 4, Thyssen Niederrhein AG

Opisan je sistem izkoriščanja odpadne toplote v obliki nasičene pare, ki nastaja pri hlajenju peči z vročimi hladilnimi elementi. Količina tako dobljene energije znaša 39 kWh/t.

Z vročimi hladilnimi elementi so hlajene stene peči in odvod vročih pečnih plinov, obok je vodohlajen. Para zaradi gibljivih delov pri odmikanju oboka še ne pride v poštev. Ta hladilni sistem daje 50 kg nasičene pare/t surovega jekla pri pritisku 13 do 23 bar.

H 5, Röhrenwerke Bous/Saar GmbH

Avtor poroča o prvih rezultatih izkoriščanja odpadne toplote s hlajenjem stene in oboka z vročo vodo. Voda vstopa s temperaturo min. 85 °C in izstopa z maks. 105 °C pri pretoku 560 m³/h, kar ustreza moči 8 MW. Prihranek znaša preko 10 kWh/t. Poraba ognjevarnega materiala se je zmanjšala pri steni od 4,7 kg/t na 1,8 kg/t in pri oboku od 3,1 kg/t na 0,3 kg/t tekočega jekla.

I. I. E. Biener in sodelavca: **Obratovanje velike indukcijske peči skupaj z EO pečjo kot talilnimi agregati za izdelavo nelegiranih jekel v AOD konvertorju**

Avtor podaja opis jeklarne plemenitih jekel Boschgotthardshütte, ki ima 43-tonsko indukcijsko peč, 22-tonsko EO peč in 24-tonsko AOD konvertor,

ki je osrednji metalurški agregat. Opisan je način dela med indukcijsko pečjo in AOD konvertorjem in EO peč/AOD konvertor. Podan je opis izdelave konstrukcijskih in nerjavnih jekel.

Glavni problem izdelave konstrukcijskih jekel je v tem, kako zadeti predpisano vsebnost ogljika v talini po oksidaciji. Poleg tega mora biti temperatura dovolj visoka za kritje izgub med redukcijo, za prebod in prepihanje z argonom. Če ogljik ni zadet, pride do podaljšanja postopka. Za lažje vodenje procesa so vpeljali računalnik HP 1000. Njegova naloga je:

- izračun količine kisika,
- določanje količine legur,
- izračun temperature taline (dodatek Si — Al).

Zanesljivost zadetka ogljika je ta čas pri 85 ± 5 %. AOD konvertor zaradi majhne količine FeO v žlindri ni ravno primeren za odfosforenje, čeprav je tudi to možno pri ustreznem podaljšanju časa za cca 40 min. Pri zahtevi po nizkem P je tega treba odstraniti v EO peči.

Nekaj težav je tudi pri doseganju nizkih vsebnosti vodika, vendar so vrednosti okrog 2 ppm dosegljive.

AOD konvertor je idealni agregat za odstranjevanje žvepla. Vrednosti pod 0,010 % so lahko dosegljive. Pri zahtevi pod 0,005 % S je treba posneti žlindro in delati z novo.

Vzdržnost konvertorja je 80 šarž, obzidava je dolomitna. Poraba znaša 19 kg/t jekla + torkretna masa.

Poraba kisika pri konstrukcijskem jeklu je 15 do 17 Nm³/t in inertnega plina 11 do 13 Nm³/t. Pri nerjavnih jeklih pa je poraba kisika 25 do 26 Nm³/t in inertnega plina 32 do 34 Nm³/t.

Značilno za AOD jekla je velika mikroskopska čistoča, visoka žilavost in kontrakcija, ki je med 60 in 70 %. AOD jeklo se v pogledu kontrakcije ponaša izotropno.

Skupina K. Obsega dve predavanji o talilni peči S plazma gorilci — Freital NDR in Voest Alpine Linz in 3 predavanja o električnih obločnih pečeh na enosmerni tok.

Prvi evropski kongres v elektro jeklarstvu izpričuje visok tehnični nivo v proizvodnji jekla. Številni prispevki so pravzaprav poročila o inovacijah, bodisi pri povečevanju storilnosti, prihranku elektrod, zmanjševanju porabe ognjevarnega materiala ali izkoriščanju odpadne toplote. Na tem je bilo težišče vseh predavanj. Poleg tega kažejo novi postopki pot v prihodnost.

Vsebina XVII. letnika *Železarskega zbornika*

	stran		stran
Smajič Nijaz — Metalurški inštitut Ljubljana		Bratina Janez — Železarna Ravne	
Termodinamične osnovne proizvodnje nerjavnega jekla — I. del, klasična tehnologija	1	Zanesljivost proizvodnih naprav	77
Koroušič Blaženko — Metalurški inštitut Ljubljana O. Kürner, J. Arh — Železarna Jesenice		Grešovnik Ferdo — Železarna Ravne	
Prispevek k optimizaciji proizvodnje dinamo jekel	9	Lastnosti jekla Č. 4574 (Prokron 12 SP) in jeklene litine Č. 4574	85
Vodopivec Franc, J. Zvokelj — Metalurški inštitut Ljubljana M. Gabrovšek — Železarna Jesenice		Pšeničnik Janez — Železarna Ravne	
Mikrostruktura in lastnosti nekaterih konstrukcijskih jekel v odvisnosti od temperature valjanja	17	Težke konice, dleta in sekači za hidravlična kladiva	93
Zalokar Miha — Železarna Jesenice		Arh Joža — Železarna Jesenice	
Matematično simuliranje nateznega preizkusa z upoštevanjem deformacijske hitrosti in odvisnosti utrjevanja od stopnje deformacije	33	Prispevek k problemu izdelave jekel z majhno vsebnostjo ogljika	97
Bratina Janez, G. Kacel, D. Vodeb — Železarna Ravne		Kovačič Stanko — Železarna Ravne	
Uporaba logističnih krivulj za dolgoročno planiranje energije v črni metalurgiji	43	Mehanizirana priprava livnih plošč	105
Smajič Nijaz — Metalurški inštitut Ljubljana		Pretnar Borut — IMV Novo mesto	
Termodinamične osnove proizvodnje nerjavnega jekla, II. del	57	O sestavi in lastnosti feritno martenzitnih jekel	111
Todorović G., I. Lamut, V. Prešern — Metalurški inštitut Ljubljana M. Plahuta, I. Zapušek — Železarna Štore		Šegel Jože — Železarna Ravne	
Razžveplanje sivega grodlja s kalcijevim karbidom	63	Izkušnje uporabe procesnega računalnika v jeklarni	129
Brudar Božidar — Železarna Jesenice		Stocca Bogdan — Železarna Jesenice	
Računanje začetnih pogojev pri ogrevanju blokov v globinskih pečeh	69	Nerjavna jekla za kriogeno tehniko	137
		Arh Joža — Železarna Jesenice	
		Prva evropska konferenca o elektro jeklarstvu, Aachen, ZRN, 11. do 15. septembra 1983	147

Odgovorni urednik: Jože Arh, dipl. inž. — Clani 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 tiske«, Kranj

VSEBINA

UDK: 669.18:681:519

ASM/SLA: U4k, X14, D5, A5f, 1-54, 18-74

Metalurgija — jeklarstvo — računalništvo

J. Segel

Izkušnje uporabe procesnega računalnika v jeklarni

Železarski zbornik 17 (1983) 4 s 129-135

Podano je poročilo o petletnih izkušnjah uporabe procesnega računalnika v elektro jeklarni železarne Ravne. Računalnik je vključen v vse faze izdelave jekla. Glavni ekonomski in kvalitetni učinki pa so pri substituciji ferolegur z legiranim odpadkom, znižanjem porabe ferolegur zaradi znižanja poprečne vsebnosti legirnih elementov, delne zamenjave dragih ferolegur s cenejšimi in znižanje stroškov električne energije.

Avtorski izvleček

UDK: 629.15.196.56

ASM/SLA: ST-f, SS

Metalurgija — nerjavno jeklo — martenzit — mehanske lastnosti

B. Stocca

Nerjavna jekla za kriogeno tehniko

Železarski zbornik 17 (1983) 4 s 137-145

Opisane so raziskave, ki so se vršile na nerjavnih austenitnih stabiliziranih in nestabiliziranih trakovih. Določevali smo vplive hladne deformacije, vsebnosti niklja ter vplive naknadnega žarjenja na vsebnost martenzita in na trdoto. Poleg navedenega smo še določevali vpliv hladne deformacije in žarjenja na trdoto in žilavost zvarnih spojev pri + 20 °C in 196 °C.

Avtorski izvleček

INHALT

UDK: 629.15.196.56
ASM/SLA: ST-f, SS

Metallurgie — nichtrostender Stahl — Martensit — mechanische Eigenschaften

B. Stocca

Nichtrostende Stähle für die kryogene Technik

Zelezarski zbornik 17 (1983) 4 S 137—145

Untersuchungen welche an nichtrostenden austenitischen, stabilisierten und nichtstabilisierten Bändern durchgeführt worden sind werden beschrieben. Die Einflüsse der Kaltverformung, des Nickelgehaltes und der nachfolgenden Glühung auf den Martensitgehalt und die Härte sind bestimmt worden. Ausserdem sind noch der Einfluss der Kaltverformung und des Glühens auf die Zähigkeit der Schweissverbindungen bei + 20 °C und 196 °C bestimmt worden.

Auszug des Autors

UDK: 669.18:681:519

ASM/SLA: U4k, X14, D5, A5f, 1—54, 18—74

Metallurgie — Stahlerzeugung — Rechenwesen

J. Segel

Erfahrungen bei der Anwendung eines Prozessrechners im Stahlwerk

Zelezarski zbornik 17 (1983) 4 S 129—135

Ein Bericht über die fünfjährigen Erfahrungen der Anwendung eines Prozessrechners im Stahlwerk des Hüttenwerkes Ravne wird gegeben. Der Rechner wird in allen Phasen der Stahlerstellung eingesetzt. Die wichtigsten wirtschaftlichen und qualitativen Vorteile sind bei der Substitution der Ferrolegerungen mit legiertem Schrott, kleinerem Verbrauch von Ferrolegerungen als Folge von niedrigem durchschnittlichen Gehalt an Legierungselementen, teilweisen Substitution der teureren Ferrolegerungen durch billigere, und niedrigere Kosten für die elektrische Energie.

Auszug des Autors

CONTENTS

UDK: 669.18:681:519

ASM/SLA: U4k, X14, D5, A5f, 1—54, 18—74

Metallurgy — Steelmaking — Computer Technique

J. Segel

Experiences with the Use of Process Computer in Steelworks

Zelezarski zbornik 17 (1983) 4 P 129—135

Report on five-year experiences with the use of process computer in the electric steel plant of Ravne Ironworks is given. Main economic and quality effects are in substitution of ferro-alloys by alloyed scrap, in reduction of consumption of ferro-alloys due to the reduction of the average content of alloying elements, in partial substitution of expensive ferro-alloys with the cheaper ones, and in the reduction of costs of electric energy.

Author's Abstract

UDK: 629.15.196.56

ASM/SLA: ST-f, SS

Metallurgy — Stainless Steel — Martensite — Mechanical — Properties

B. Stocca

Stainless Steel for Cryogenic Techniques

Zelezarski zbornik 17 (1983) 4 P 137—145

Investigations made with stabilized and not stabilized austenitic stainless-steel strip are described. Influences of cold deformations, nickel content, and influence of subsequent annealing on the martensite content and on the hardness were determined. Besides, also influence of cold deformation and annealing on the hardness and toughness of welded joints at 20 °C and 196 °C was determined.

Author's Abstract

СОДЕРЖАНИЕ

UDK: 629.15.196.56
ASM/SLA: ST-I, SS

Металлургия — нержавеющая сталь — мартенсит — механические свойства

B. Stocca

Нержавеющие стали для криогенной техники.

Zelezarski zbornik 17 (1983) 4 С 137—145

Дано описание исследований, которые выполнялись на нержавеющих аустенитных стабилизированных и нестабилизированных стальных лентах. Определено влияние холодной деформации, содержание Ni, а также влияние последующего отжига на содержание мартенсита и на твердость. Кроме приведенного определены влияние холодной деформации и отжига на твердость и вязкость сваренных соединений при температурах + 20 и + 196 °С.

Автореф.

UDK: 669.18:681.519
ASM/SLA: U4k, X14, D5, A5f, 1—54, 18—74

Металлургия — производство стали — процессное вычисление

J. Segel

Опытные данные, полученные при применении вычислительной машины в сталеплавильном заводе.

Zelezarski zbornik 17 (1983) 4 С 129—135

Подан доклад пятилетних опытных исследований применения вычислительной машины для управления процессом в сталеплавильном цехе металлургического завода Железария Равне. Вычислительная машина была включена ко всем фазам изготовления стали. Существенные эффекты, что касается экономики и качества получались при замещении феррославоов с легированными отходами, уменьшением расхода феррославоов вследствие снижения среднего содержания легированных элементов, частичного обмена дорогих феррославоов с более дешевыми и уменьшением расходов на затрату электрической энергии.

Автореф.