

## Uporaba prašnatih dezoksidantov

Difuzijska dezoksidacija prinaša sicer neke prednosti v pogledu čistejšega jekla — nižji skupni kisik, manj oksidnih vključkov, boljše razžveplanje —, toda pri tem je porabljen razmeroma dolg rafinacijski čas.

Z vpihovanjem prašnatih dezoksidantov pri pravilni tehnološki praksi v pogledu časa vpihavanja in količine dezoksidantov moremo brez škode za nekatere kvalitete izdelanega jekla skrajšati skupni rafinacijski čas za 40—50 minut pri povprečno boljšem izkoristku dodanega Al kot pri standardni tehnološki praksi.

### UVOD

Tehnološka praksa izvajanja dezoksidacije tekočega jekla je še vedno zelo raznolika. Splošne preiskave o nastanku in sestavi posameznih komponent v nekovinskih vključkih jekla, v kolikor je takšna praksa raziskovanj že osvojena, omogočajo jasnejše vpogleda na neke zakonitosti, ki spremljajo dezoksidacijo, čeprav ni mogoče zajeti vseh komponent, ki nastajajo v tej fazi.

Mineraloške preiskave samo medsebojnih vplivov žilindre in opeke v E-peči nakazujejo tvorbo sistemov 4—7 oksidnih komponent, ki puščajo vsakor sledove tudi v talini.

Pri vseh raznoličnostih medsebojnih vplivov pa le obstajajo osnovni in hkrati poglobilni parametri, ki dopuščajo vrednotenje tehnološke prakse. Pri tem so neprecenljivega pomena rezultati mikroanalize izolatov, analize plinov, mineraloške preiskave in preiskave z mikrosondo.

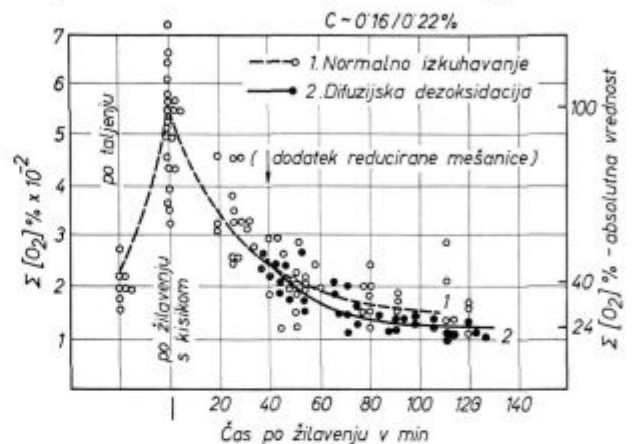
Namen vseh teh preiskav je odkrivanje možnosti, da bi jeklar mogel voditi rafinacijo taline pod najugodnejšimi pogoji glede na tiste parametre, ki vplivajo na zadostno stopnjo izkuhavanja taline, homogenizacije, temperaturnega potenciala, a da bi bil hkrati potreben najmanjši obseg pred- in končne dezoksidacije.

### 1. Program raziskav

Elektro postopek daje sicer zaradi svoje specifičnosti neke možnosti za proizvodnjo čistega jekla:

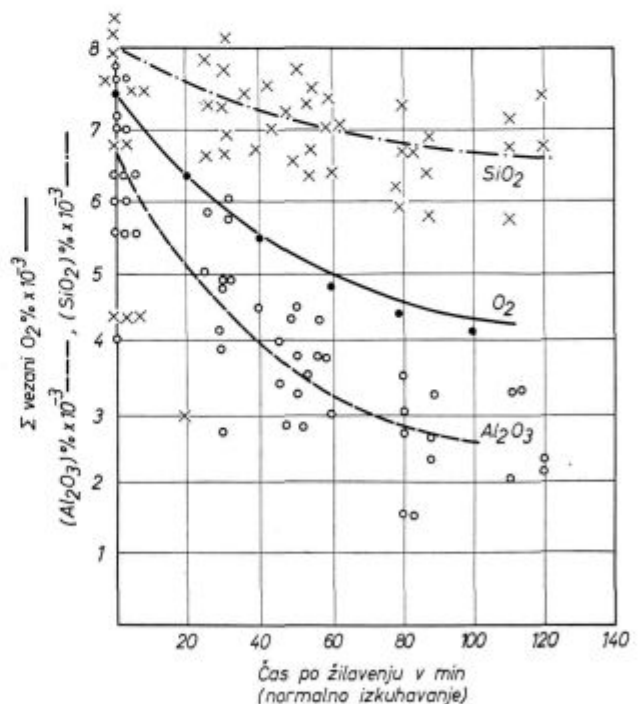
- z normalnim izkuhavanjem po izdatni oksidaciji je praktično dosegljivo ravnotežje med C in prostim O,
- difuzijska dezoksidacija omogoča sicer absolutno malo obsežno zmanjšanje prostega O, kar dovoljuje že v osnovi manjši obseg končne dezoksidacije, vendar so te ugodnosti do-

sežene na račun dolgega skupnega trajanja rafinacije. Zato ni nova misel, da bi tudi pri nekaterih kvalitetah, ki jih po standardni praksi obvezno izdelujemo z difuzijsko dezo-



Slika 1

Vpliv časa po žilavenju na vsebnost skupnega kisika v talini

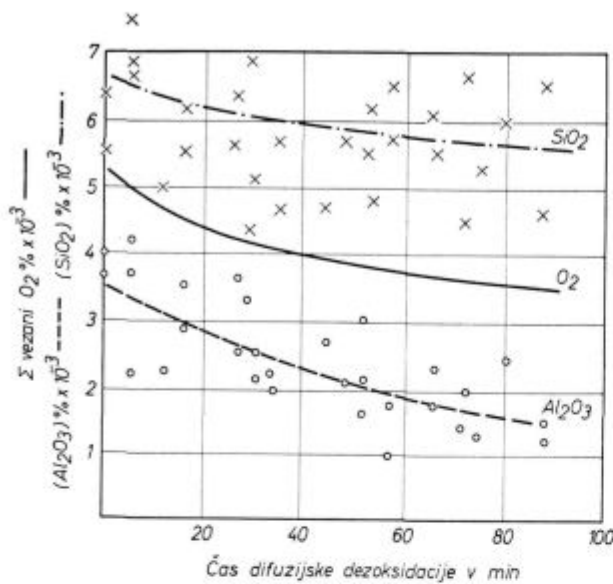


Slika 2

Vpliv časa po žilavenju na vsebnost  $Al_2O_3$  in  $SiO_2$  komponent v nekovinskih vključkih

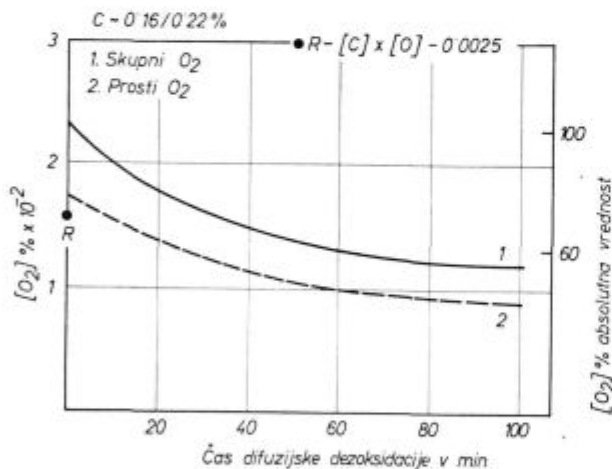
Predavanje na IX. strokovnem posvetovanju metalurških inženirjev in tehnikov v Portorožu.

ksidacijo, dosegli z nekimi tehnološkimi prijemmi enako dezoksidacijsko stopnjo taline v znatno krajšem času, ne da bi pri tem trpela kvaliteta jekla.



Slika 3

Vpliv difuzijske dezoksidacije na vsebnost  $Al_2O_3$  in  $SiO_2$  komponent v nekovinskih vključkih



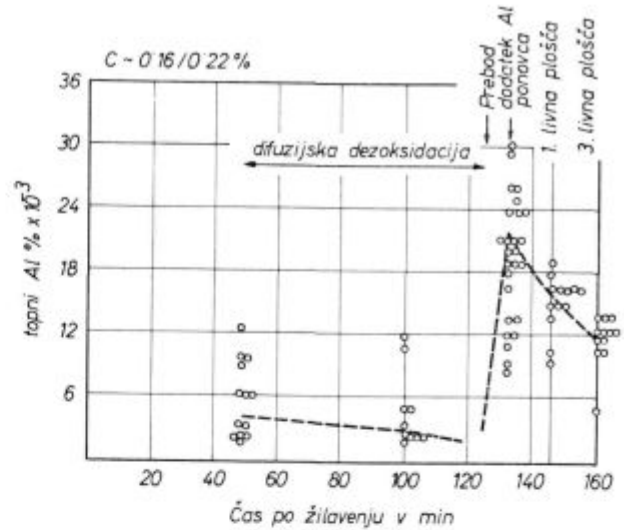
Slika 4

Vpliv časa difuzijske dezoksidacije na vsebnost kisika v talni

V smislu navedenega smo si določili sledeči program:

#### 1. faza

- s standardno prakso je izdelati večje število srednje ogljičnih nizkolegiranih kvalitet,
- na poprečno 5—7 vzorcih jekla vsake šarže, vzetih v času od raztalitve vložka do odlitja prve oziroma druge livne plošče, je zasledovati:
  - skupni O in kalkulacijsko vrednost proste O,



Slika 5

Primer gibanja vsebnosti kislinotopnega Al med rafinacijskim časom

- ugotavljati sestavo glavnih oksidnih komponent  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  v vključkih z mikroanalizo izolata,
- zasledovati količine kislinotopnega Al.

Na osnovi dobljenih rezultatov je sestaviti grobi verjetni mehanizem dezoksidacije s prikazom kinetike reakcij med dezoksidanti in oksidi v talini.

Rezultati poskusov prve faze naj bi dali možnost preučitve posameznih vplivnih parametrov standardne tehnološke prakse glede na stopnjo oksidacije, čas izkuhavanja, čas difuzijske dezoksidacije in obseg končne dezoksidacije, da bi dognali kako in do katere meje lahko spremenimo tehnologijo.

#### 2. faza

- izdelati je večje število poskusnih šarž srednje ogljičnih nizko-legiranih kvalitet EC 80, EC 100, (EC) Mo 80, OCN 200, z modificiranim načinom dezoksidacije z vpihavanjem določene količine prašnatih dezoksidantov ( $FeSi + Al$ ),
- pri teh šaržah je zasledovati skupni oziroma prosti O, sestavo glavnih oksidnih komponent v nekovinskih vključkih jekla,
- poskusne šarže z modificirano dezoksidacijo in študij razpoložljivih rezultatov naj bi omogočili izdelavo najprimernejše tehnološke prakse za uporabo prašnatih dezoksidantov.

##### 1. 1. Standardna tehnološka praksa

Na slikah 1, 2, 3, 4 in 5 prikazujemo rezultate preiskav večjega števila šarž v kvalitetah Č 4136, Č 4137, Č 1120, Č 1220, Č 1221. Zasledovali smo skupni O, vsebnost  $Al_2O_3$  in  $SiO_2$  v vključkih in delež topnega Al.

Po oksidaciji s plinastim kisikom pri žilavilni hitrosti do 0,03 % C/min se poveča skupni O poprečno na 0,057 %.

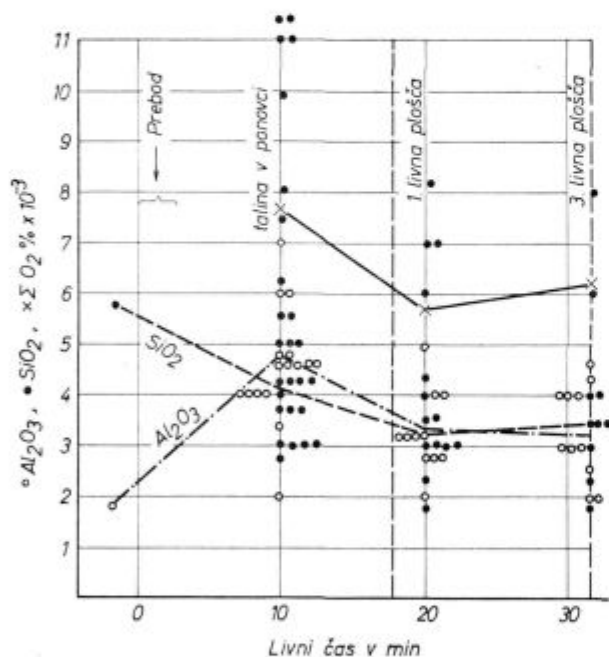
Povečanje vsebnosti kisika od poprečno 0,02 % ob koncu taljenja je posledica zelo intenzivnega žilavenja, kar daje več metalurških prednosti: večji toplotni potencial, aktivnejšo žilindro, obsežnejšo odstranitev dušika.

V času 40–50 minut po žilavenju in pri delno odstranjeni oksidni žilindri se količina skupnega kisika v talini zmanjša na približno 0,02 %, količina prostega kisika od okrog 0,05 % na približno 0,015 %; zmanjšanje vsebnosti kisika znaša približno 70 %.

V nadaljnjem času izkuhavanja je znižanje kisika znatno manjše. V času 70 do 80 minut učinkovanja redukcijske žilindre se je zmanjšal skupni kisik od 0,02 na 0,013 %, količina prostega O pa od poprečno 0,015 na 0,01 %, to je 33 %.

V času 50 minut normalnega izkuhavanja po žilavenju je intenziteta izločanja kisikovih komponent v časovni enoti  $6 \times$  večja kot v času difuzijske dezoksidacije.

Po rezultatih mikroanalize anodnih ostankov ugotavljamo, da je v času 40–50 minut po žilavenju izločanje  $Al_2O_3$ -komponent mnogo intenzivnejše kot izločanje  $SiO_2$ -komponent v vključkih. V času difuzijske dezoksidacije je izločanje oksidnih komponent manj obsežno.



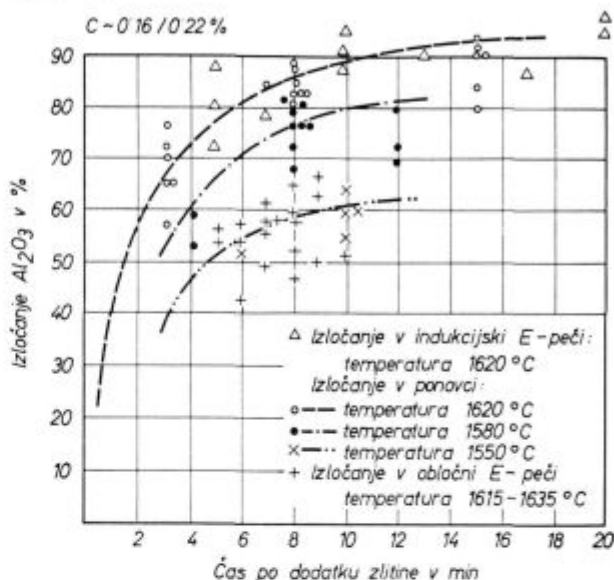
Slika 6

Odnosi med vsebnostmi  $Al_2O_3$  in  $SiO_2$  v vključkih ter skupnim kisikom v talini, pri prehodu iz peči, v livni ponvi, v 1. in 3. livni plošči

Zasledovanje zelo grobih razmerij med vplivnimi parametri tehnološke prakse in rezultati mikroanalize izolatov na eni strani ter skupnim kisikom na drugi strani (slika 6), nudi verjetno sliko kinetike tvorbe oziroma izločanje glavnih oksidnih komponent v talini v ponvi.

Iz ravnomočnih razmerij med poprečno 0,021 % topnega Al v talini v ponvi z vsebnostjo prostega O

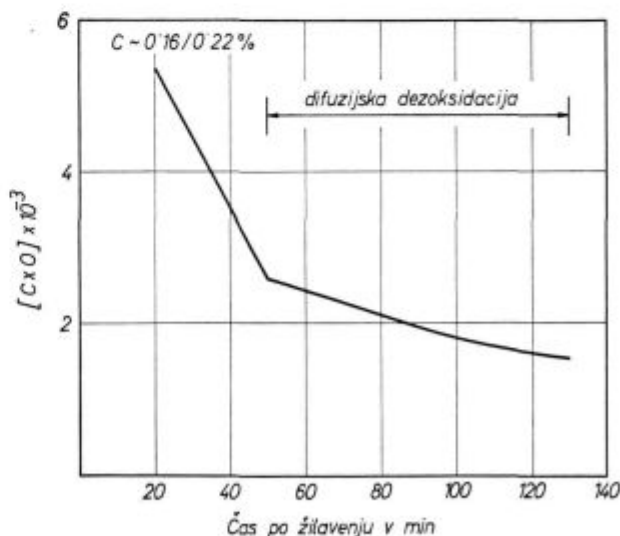
in iz obsega delne redukcije  $SiO_2$  (do poprečno 0,004 %) z Al ugotovimo, da znaša na primer pri  $1620^\circ C$  in 8 minutah po dodatku dezoksidantov v ponev skupna verjetna tvorba  $Al_2O_3$  okrog 0,03 %. Ker je po analizi izolatov v vključkih v talini v ponvi le okrog 0,0045 %  $Al_2O_3$ , znaša verjetni obseg izločanja  $Al_2O_3$ -komponent približno 84 % do 85 %.



Slika 7

Intenziteta izločanja  $Al_2O_3$  komponent v vključkih iz taline v peči in ponvi

Vrednotenje vpliva časa po dodatku dezoksidantov v ponev in temperature taline v ponvi nam daje možnost določitve tendence izločanja  $Al_2O_3$ -komponent iz taline (slika 7). Podobna kalkulacija teh razmerij v indukcijski peči daje večji obseg izločanja, medtem ko bo izločanje  $Al_2O_3$  iz taline v peči znatno manjše.



Slika 8

Vpliv časa po žilavenju in difuzijski dezoksidaciji na vrednost produkta  $C \times O$

Na osnovi navedenega moremo določiti poprečni vpliv rafinacijskega časa po žilavenju na vrednost produkta  $[C] \times [O]$  (slika 8).

Sestava oksidnih komponent v vključkih taline v ponvi bo torej približno 0,004 %  $SiO_2$ , 0,0045 %  $Al_2O_3$ , 0,022 %  $O_2$  kot ( $FeO + MnO$ ), 0,003 %  $Cr_2O_3$ , kar da okrog 0,0072 % skupnega O.

Primerjava vsebnosti kisika v talini v ponvi in v ingotu prve livne plošče kaže sledeče razmerje:

$$O_1 = 0.003 + 0.37 \times O_p \text{ [%]}$$

Skupni čas izkuhavanja in difuzijske dezoksidacije je pri standardni praksi predviden z okrog 120 minutami.

Nastane praktično vprašanje, v katero navedenih dveh faz naj posežemo z vpihovanjem prašnatih dezoksidantov oziroma katero fazo moremo skrajšati brez škode za kvaliteto izdelanega jekla.

## 1.2 Predlog spremenjene tehnologije

1.2.1 Postavimo, da dodamo zmes prašnatih dezoksidantov takoj po oksidaciji, ko je v talini okrog 0,05 % protega O. Računamo, da bo odgor Si v dezoksidacijski zmesi neznamenit in da se bo izvajala dezoksidacija praktično le z Al.

Pri domnevi, da mora ostati v talini pred prebodom vsaj 0,03 % topnega Al in da je za pravilno raztaljenje dodanega FeCr potrebnih vsaj 20–25 minut, bi za popolno dezoksidacijo potrebovali po praktičnih izsledkih dodatek Al v količini okrog 2–2,2 kg/t. Pri učinkoviti difuzijski dezoksidaciji standardne tehnološke prakse je potreben dodatek Al okrog 1,2 do 1,4 kg/t.

Verjetna skupno nastala količina  $Al_2O_3$  v talini v peči bo znašala približno 0,11 %. Pri obsegu izločanja okrog 60 %, kot povzemamo iz slike 7, bo ostalo v talini pred prebodom približno 0,044 %  $Al_2O_3$ . Pri odlitju šarže v ponev nastane še dodatna tvorba  $Al_2O_3$  (redukcija dela  $SiO_2$  iz v ognjuobstoje obloge ponve, sekundarna oksidacija curka), kar znaša okrog 0,026 %. Skupno bo torej v talini 0,07 %  $Al_2O_3$ . Pri deležu izločanja v ponvi med 82 in 85 % v času 8–10 minut po prebodu bo ostalo v talini približno še 0,012 %  $Al_2O_3$ .

Verjetni sestav nekovinskih vključkov bo 0,012 %  $Al_2O_3$ , 0,004 %  $SiO_2$ , 0,002 % O kot ( $FeO + MnO$ ) in 0,003 %  $Cr_2O_3$ . Skupni kisik bo približno 0,011 %.

Teoretično prihranimo po opisanem načinu dezoksidacije 60–80 minut časa, toda skupna količina oksidnih vključkov bo znatno večja; zaradi velike vsebnosti  $Al_2O_3$  se tvorijo pri predelavi nezaželeni zdobljeni vključki. Verjetna skupna poraba Al je za približno 45 % večja kot pri standardni tehnologiji. Menimo, da se pri taki dezoksidacijski praksi poslabša kvaliteta jekla.

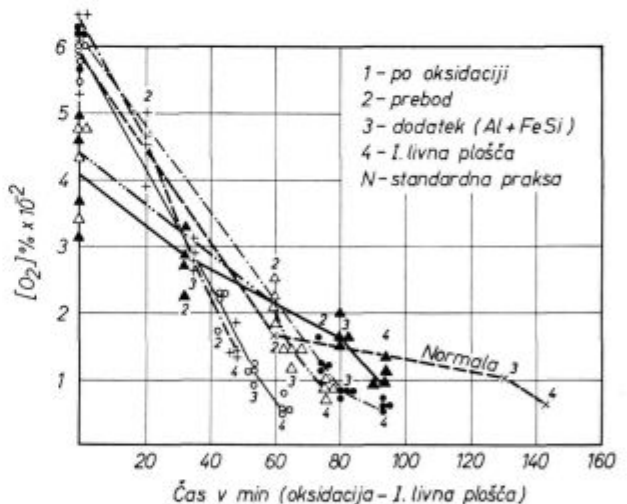
1.2.2 Postavimo, da dodamo prašnato zmes dezoksidantov šele po določenem času normalnega izkuhavanja. Vrednost produkta  $[C] \times [O]$  bo po približno 50 minutah okrog 0,0026 in prosti O okrog 0,015 %. Verjetno nastala količina  $Al_2O_3$  znaša okrog 0,032 %. Pri približno 55 %-nem izločanju

bo okrog 8 minut po dodatku prašnatih dezoksidantov ostalo v talini v peči približno 0,014 %  $Al_2O_3$ . Skupno z dodatno količino  $Al_2O_3$  pri sekundarni oksidaciji curka in redukciji  $SiO_2$  iz v ognjuobstoje obloge ponve znaša količina  $Al_2O_3$  v talini v ponvi okrog 0,039 %. Pri 82–85 % deležu izločanja ostane v talini v ponvi še okrog 0,006 %  $Al_2O_3$ .

Verjetna sestava vključkov bo 0,006 %  $Al_2O_3$ , 0,004 %  $SiO_2$ , 0,002 % O kot ( $FeO + MnO$ ) in 0,003 %  $Cr_2O_3$ . Skupni O bo okrog 0,008 %. Skupno potrebna količina Al znaša okrog 1,2 do 1,3 kg/t. Pri ugodnejšem razmerju  $Al_2O_3 : SiO_2$  bi bili nastali vključki heterogeni, ki pri predelavi obdržijo v glavnem svojo obliko. Teoretično bi pri tej modificirani dezoksidaciji prihranili 40–50 minut rafinacijskega časa.

Iz navedne analize sledi, da je faza normalnega izkuhavanja teoretično nujno potrebna, faza difuzijske dezoksidacije pa je možno zelo pospešiti, ne da bi se poslabšala kvaliteta jekla, če izhajamo iz vsebnosti skupnega O, potrebne količine topnega Al in sestave vključkov.

Na osnovi prikazanih praktično teoretičnih napotkov smo pristopili k izdelavi serije poskusnih šarž. Za vpihavanje prašnatih dezoksidantov je bil konstruiran kotliček s koristno prostornino okrog 70 l. Prenosno sredstvo je bil sušen zrak. Dezoksidacijska mešanica je bila sestavljena iz ( $FeSi + Al$ ) v splošnem razmerju 2,8 : 1.



Slika 9

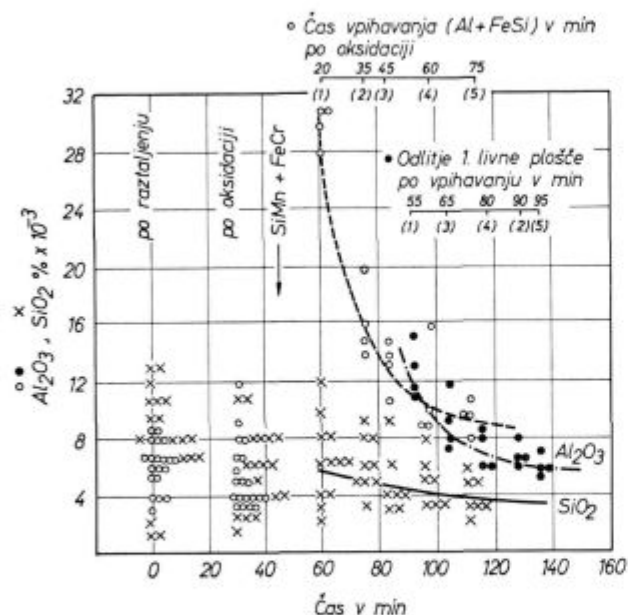
Vpliv standardne in modificirane tehnologije na vsebnosti skupnega kisika v posameznih značilnih periodah tehnološke prakse

## 2. Izdelava poskusnih šarž

V 15 t obločni E-peči smo izdelali nekaj šarž v kvaliteti C 15, EC 80, EC 100, ECMo 80 in OCN 200. Na slikah 9 in 10 vidimo poprečne vrednosti skupnega kisika, analize glavnih oksidnih komponent vključkov in pripadajoči značilni časovni faktor vpihavanja dezoksidantov ter preboda oziroma odlitja prve livne plošče. Primer tehnološke

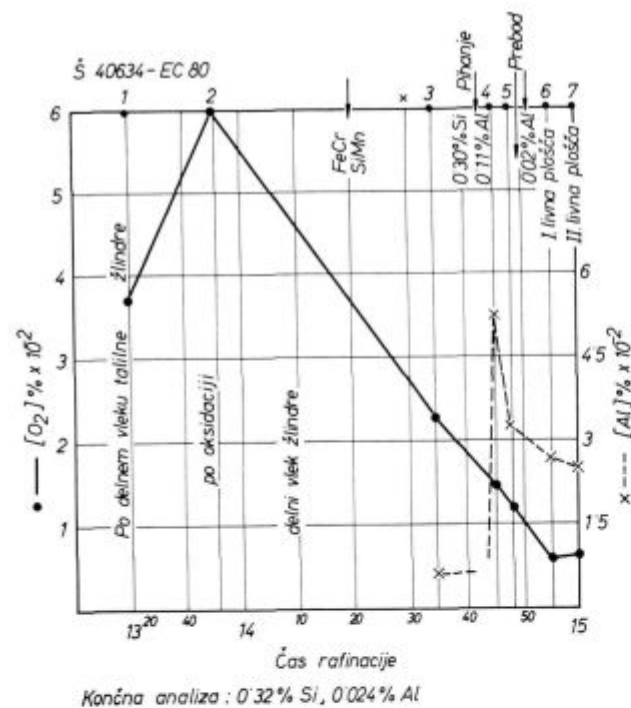


prakse vodenja 1 poskusne šarže prikazujemo na sliki 11.



Slika 10

Vpliv časa vpihavanja prašnatih dezoksidantov po končani oksidaciji na odnose med  $Al_2O_3$  in  $SiO_2$  komponentami v vključkih



Slika 11

Primer vodenja izdelave šarže kvalitete EC 80 po modificirani tehnologiji

Splošne pripombe:

— Stopnja oksidacije je odvisna od količine in časa vpihanega plinastega kisika v talino. Po-

večana žilavilna hitrost vpliva na povečanje O ob koncu oksidacije.

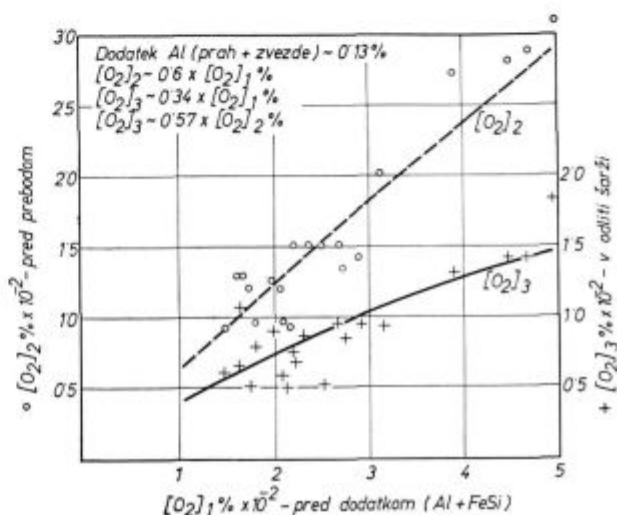
— Poprečna količina skupnega O v talini pred prebodom je funkcija skupnega O pred dodatkom prašnatih dezoksidantov in sledi približni vrednosti:

$O\% \text{ pred prebodom} = 0,6 \times O\% \text{ pred dodatkom (FeSi + Al)}$ .

— Skupni kisik v izdelanem jeklu narašča s kisikom pred dodatkom dezoksidantov. Medsebojna odvisnost ustreza približni vrednosti:

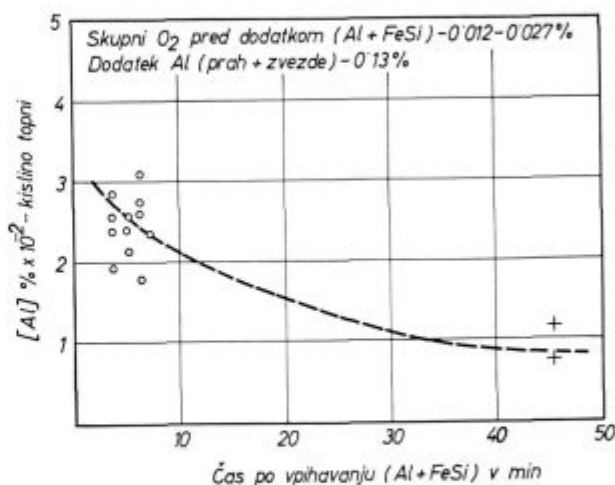
$O\% \text{ v jeklu} = 0,34 \times O\% \text{ pred dodatkom (FeSi + Al)}$ .

Iz navedenih odvisnosti sledi, da je  $O\%$  v jeklu  $= 0,57 \times O\%$  pred prebodom. Ta poprečna razmerja so vezana na dodatek 0,11% Al (prah + zvezde) (slika 12).



Slika 12

Vpliv kisika pred dodatkom prašnatih dezoksidantov na kisik v talini pred prebodom in v izdelanem jeklu



Slika 13

Vpliv časa po dodatku prašnatih dezoksidantov na vsebnost kislinotopnega Al

- Po sliki 13 sklepamo, da vpliva podaljšanje časa po vpihavanju dezoksidacijske mešanice na znižanje količine kislinotopnega Al. Približen medsebojni vpliv sledi obrazcu:

$$\text{Al \%} = K \times \frac{\text{Al}^2}{\text{O} \times t}$$

pri čemer pomeni:

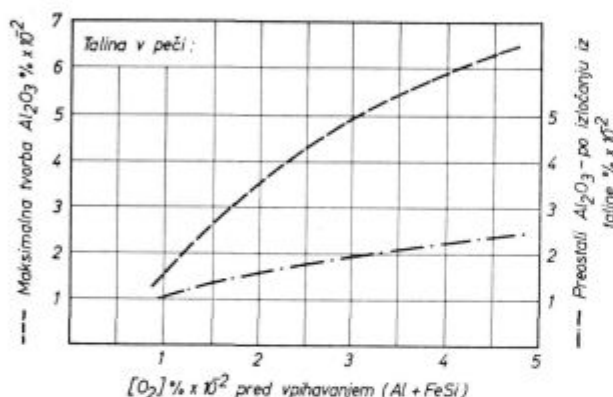
K — konstanta z vrednostjo 0,07

t — čas po vpihavanju prašnatih dezoksidantov v minutah

O — skupni kisik pred vpihavanjem dezoksidacijske mešanice v %

Al — dodatek Al; prah : zvezde = 5,5 : 1.

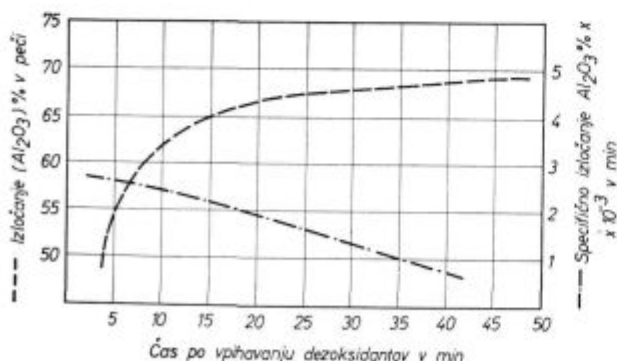
- Pri dovolj velikem dodatku Al se povečuje količina  $\text{Al}_2\text{O}_3$  s povečanjem prostega O pred dodatkom dezoksidantov. S povečanjem količine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se povečuje tudi delež izločanja teh komponent (slika 14).



Slika 14

Vpliv kisika v talini pred dodatkom prašnatih dezoksidantov na obseg tvorbe  $\text{Al}_2\text{O}_3$  komponent

- Čas po vpihavanju dezoksidantov je za intenziteto izločanja  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vplivna komponenta le do približno 8—10 minut; podaljšanje časa vpliva le neznatno na povečanje intenzitete izločanja.



Slika 15

Vpliv časa po dodatku prašnatih dezoksidantov na intenziteto izločanja  $\text{Al}_2\text{O}_3$  komponent iz taline v peči

Specifično izločanje  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -komponent pa se s časom manjša (slika 15).

- Visoka temperatura v času dodajanja dezoksidantov prispeva k povečani intenziteti izločanja  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -komponent. Optimalni pogoji so doseženi pri 1630—1650° C.
- Izkoristek prašnatih dezoksidantov: Si 92 do 100 %, Al 28—31 %.
- Vpliv časa izkuhavanja po oksidacijski periodi je za O v talini odločilnega pomena.

Praktično neodvisno od stopnje oksidacije se količina O v talini zmanjšuje z naraščanjem časa izkuhavanja in doseže neko minimalno vrednost približno po 45—60 minutah. Količina prostega O se v tem času približuje ravnotežni vrednosti s C.

Na podlagi konkretnih rezultatov odvisnosti med časom izkuhavanja, ogljikom in kisikom po izkuhavanju, sledi količina skupnega kisika po izkuhavanju verjetnemu obrazcu:

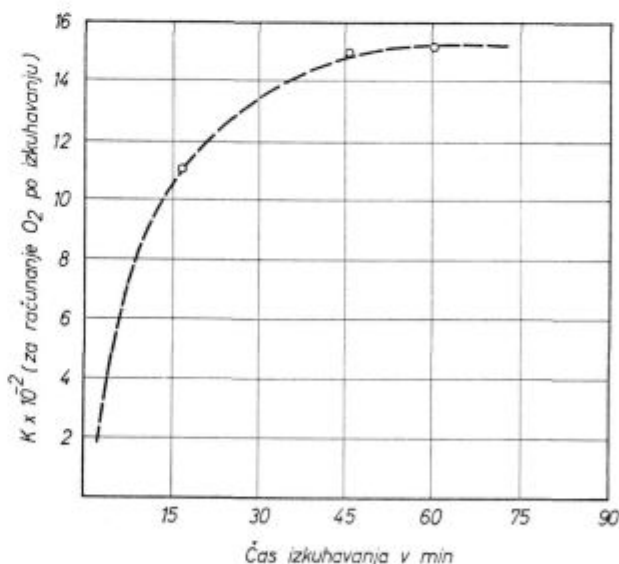
$$\text{Skupni O \% po izkuhavanju} = \frac{K_1}{C \times t}$$

pri čemer pomenijo:

C — ogljik po izkuhavanju v %

t — čas izkuhavanja v minutah

$K_1$  — konstanta, odvisna od časa izkuhavanja, z vrednostmi, kot jih prikazujemo na sliki 16



Slika 16

Stevilčna vrednost konstante za kalkulacijo kisika po določenem času normalnega izkuhavanja po oksidaciji

Konkretno bo v jeklu pri 0,16 % C in pri 45 minutah izkuhavanja po oksidacijski periodi:

$\text{O \% v jeklu} = 0,34 \times \text{O \% po izkuhavanju}$

$\text{O \%} = 0,34 \times 0,150 / 0,16 \times 45 = 0,007 \%$

## ZUSAMMENFASSUNG

Bei den Versuchen von Einblasen pulveriger Desoxydationsmittel in die verschiedenen Sorten der mittelgeköhlten niedriglegierten Stähle haben wir folgende praktische Parameter, welche teilweise von der Bewertung der bestehenden Technologie, teilweise aber von der Analyse des gesamten  $O_2$ ,  $Al_2O_3$  und  $SiO_2$  Gehaltes in den nichtmetallischen Einschlüssen und des löslichen Al im Stahl herühren festgestellt:

Der Gesamtsauerstoff nach der Oxydation soll von 0.03 bis 0.04 % betragen. Dieser Betrag lässt sich bei einer Frischgeschwindigkeit von 0.02 bis 0.03 % C/min. durch das Einblasen von Sauerstoff in den Stahl einstellen. Die Menge des  $O_2$  Gehaltes nach der Oxydation hat keinen Einfluss auf die Verlängerung der normalen Auskochdauer bis zu dem praktischen Gleichgewicht zwischen [C] und [O].

Das Auskochen nach der Oxydation soll etwa 50 Minuten betragen, danach folgt das Einblasen pulveriger Desoxydationsmittel.

Der Anteil des ausgeschiedenen  $Al_2O_3$  hängt von der Temperatur am Ende der Oxydationsperiode, von der

Dauer und der Intensität des Mischens der Schmelze vor dem Abstich bzw. in der Pfanne und von der Gesamtmenge des Entstandenen  $Al_2O_3$  ab. Wenn diese Menge grösser ist, ist der spezifische Anteil des ausgeschiedenen  $Al_2O_3$  auch grösser. Die optimale Badtemperatur für ein erfolgreiches Ausscheiden liegt zwischen  $1630^\circ$  und  $1650^\circ$  C.

Durch das Einblasen von 0.09 % Aluminiumpulver (als eine Gemisch von Al und FeSi) und einem Zusatz von 0.02 % Aluminium in die Pfanne wobei die Zeit von dem Einblasen des Al-pulvers bis zu dem Abstich 7 bis 8 Minuten betragen soll, wird die Menge des Säuerelösslischen Al im Stahl der ersten Giessplatte ungefähr 0.018 bis 0.025 %, was praktisch dringend nötig ist um das Kornwachstum und ein zu grosses Verhältniss zwischen dem  $Al_2O_3$  und  $SiO_2$  in den nichtmetallischen Einschlüssen zu verhindern.

Mit der genannten Praksiss des Einblasens von Pulverigen Desoxydationsmitteln kann man eine normale Qualität des erzeugten Stahles erreichen bei einer Verkürzung der Refinationszeit von ungefähr 50 Minuten. Die Ausbeute an Ingesetztem Al wird um 10 bis 13 % grösser.

## SUMMARY

Pilot plant blowing of powder deoxidisers into different medium-carbon low-alloyed steels showed us practical parameters which have their origin partially in analysis of total  $O_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  in nonmetallic inclusions, and of Al, dissolved in steel.

After deoxidation, the molten metal should contain 0.03 to 0.04 % of total  $O_2$  what could be attained by gaseous oxygen at deoxidation speed of 0.02 to 0.03 % C/min. Amount of  $O_2$  after oxidation has no influence on the prolongation of normal boiling period until equilibrium values between (C) and (O) are practically reached.

Boiling period after oxidation, preceding the blowing of powder deoxidisers, should last about 50 minutes.

Portion of formed alumina inclusions depends upon the temperature at the end of the oxidation period, upon the intensity, and upon the duration of the mixing period of molten metal before tapping, or in the ladle, and upon

the total quantity of formed alumina. The optimal temperature for successful alumina isolation lays between  $1630^\circ$  C and  $1650^\circ$  C.

In order to attain 0.018 to 0.025 % Al (soluble in acid) in the produced steel the following procedure has to be carried out:

0.09 % Al (as powder mixture Al + FeSi) should be blown in, and 0.02 % Al in metal form should be added. The time interval between the adding of powder deoxidisers and the tapping should be 7 to 8 minutes.

Content of Al 0.018 to 0.025 % is practically necessary to prevent grain growing, and a too high ratio between alumina and silica in nonmetallic inclusions.

Using the described practice, normal qualities of produced steel can be obtained, and at the same time refining time can be cut down by approximately 50 minutes. Increase of yield of added Al is 10 to 13 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опытные продувания среднеуглеродистых низколегированных сортов стали дали следующие практические параметры, которые исходят частью из оценки технологической практики, частью из химического состава т. е. суммарного  $O_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  в неметаллических включениях и растворенного в стали Al: 1. После окисления в расплавленном металле пусть будет 0.03—0.04 % суммарного кислорода, что можно получить струйным рафинированием газообразным  $O_2$  быстротой 0.02—0.03 % C/мин. Количество  $O_2$  после окисления не влияет на продолжительность нормального кипения до практических равновесных отношений между [C] и [O]. 2. Длительность кипения после окисления пусть будет прибл. 50 мин. после чего следует дуть порошокобразных раскиснителей. 3. Выделение компонент  $Al_2O_3$  зависит от температуры в конце окисления, от интенсивности и продолжительности перемешивания

расплавленного металла до выпуска или в ковше и от суммарного количества выделенного  $Al_2O_3$ . Оптимальная темп-ра при которой выделение ганнозема самое успешное находится в пределах  $1630—1650^\circ$  Ц. 4. При помощи продувания прибл. 0.09 % Al в форме порошка (как смесь Al + FeSi) и добавлением 0.02 % Al в форме Al-звездочек в ковш, приняв в внимание, что от ввода раскиснителей до выпуска жидкого металла в ковш должно пройти 7—8 мин. количество Al в первом поддоне стали будет прибл. 0.018—0.025 %; практически это максимальное количество выше которой происходит увеличение зёрен а также слишком большое отношение между  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$  в неметаллических включениях. Описаным режимом можно получить сталь нормального качества с сокращением рафинировки прибл. за 50 мин. Замечено увеличение использования Al, оно представляет 10—13 %.