

## Tehnološke zakonitosti odžvepljanja v električni obločni peči

Modificirano tehnologijo izdelave kvalitetnega jekla (brez reduktivne žlindre) spremlja manjši obseg razžvepljanja in manjši preddezoksidacijski potencial. Z učinkovito obarjalno preddezoksidacijo moremo uspešno znižati kisik v talini pred prebodom, za pojačano intenzivnost razžvepljanja po so potrebni razni praktični ukrepi, predvsem pravilno vodenje rafinacije o pogledu tvorbe aktivne žlindre.

Na osnovi raziskav odnosov med tehnološkimi parametri, kinetiko razžvepljanja in kvaliteto jekla v pogledu sulfidnih vključkov zaključujemo, da je specifična intenzivnost razžvepljanja vplivnejša komponenta za količino sulfidov kot skupno razžvepljanje oziroma končno žveplo v jeklu. Za pojačano specifično intenzivnost razžvepljanja so potrebni velik dodatek apna in talil, vsklajeni parametri med časom dodatka in količino, visoka temperatura in učinkovito mehanično premešavanje žlindre s talino.

### UVOD

V postopku izdelave jekla v obločni elektro peči vse bolj dobiva na pomenu produktivnost in s tem povezana ekonomičnost. S povečanjem velikosti peči do določenih dimenzij, s povečano specifično močjo transformatorja, s kvalitetno pripravljenim vložkom moremo doseči linearno povečanje produktivnosti in v glavnem tudi povečano ekonomiko, kar se danes izraža pri masovnih elektro kvalitetah če niso cene toka in osnovnega vložnega materiala umetno formirane.

Današnji trend v dosegi ekonomičnosti, predvsem v elektro jeklarnah s starejšimi pečmi, oziroma z manj ugodnimi zunanji vplivi pa skuša za dosego prejšnjega cilja uvesti v standardne tehnologije čim več modificiranih ukrepov, to je vsestranska intenzifikacija postopka, visoke temperature, skrajšanje rafinacije, uvajanje učinkovite obarjalne preddezoksidacije, argonska obdelava jeklene taline v livnih ponovcih itd.

Z dodatkom plinastega kisika že med taljenjem in po taljenju dosežemo velike žilavilne hitrosti do 0,15 % C/min., visoke temperature ob koncu te faze do 1680° C; z obarjalno preddezoksidacijo moremo učinkovito znižati kisik v talini. Navedena modifikacija nudi pri naknadni končni dezoksidaciji manj primarnih oksidov, saj je izločanje oksidov teoretično končano že do preboda taline iz

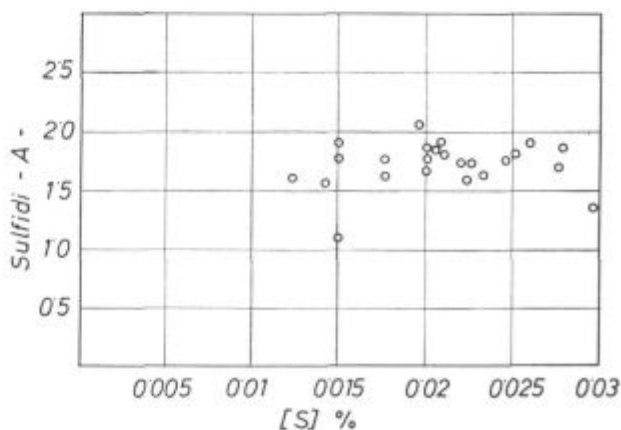
peči in talina ima v ponovci pred litjem v kokile znatno manj kisika, kar pomeni tudi znatno manjšo količino sekundarnih oksidov, ki se sicer težko izločajo.

V praktičnem ukrepu za skrajšanjem rafinacijskega časa torej ne predstavlja problema povečana intenzivnost zmanjšanja kisika zaradi povečane intenzifikacije postopka, ne moremo pa tega trditi za kinetične odnose odžvepljanja, ki so po splošni oceni funkcija količine dodanega apna, temperature, mehničnega mešanja žlindre in taline in v določenem smislu časa trajanja, to je časa, da dosežemo določeno stopnjo reaktivnosti apna, kar se naj pokaže v povečanem obsegu odžvepljanja. Tudi vpliv kinetike odžvepljanja na tvorbo sulfidnih vključkov tipa A, torej vpliv na kvaliteto jekla, še ni povsem razčiščen. Linearna odvisnost med žveplom v jeklu in količino sulfidnih vključkov tipa A zasluži pozornost le pri malih vrednostih A, medtem ko pri količinah večjih od 0,1 praktično ni odvisnosti oz. zakonitosti (sl. 1).

Konkretno smo pri poskusnih šaržah ugotavljali vrednosti A med 0,1 do 2,1 pri žveplu v jeklu od 0,01 do 0,03 %, brez medsebojne odvisnosti (gre dice 80 mm valjane iz ingotov 450 × 450 mm).

### PROGRAM RAZISKAV

Da bi bolj osvežili kinetiko odžvepljanja in postavili za tehnološko analizo v ospredje predvsem one faktorje, ki ne diktirajo samo odžveplja-



Slika 1  
Odvisnost med žveplom v jeklu in sulfidnimi vključki

nja, temveč posegajo tudi v nastanek in kvaliteto sulfidnih vključkov (tipa A po JK skali), smo želeli z raziskavami zasledovati predvsem naslednje:

— splošen odnos za odžvepljanje po posameznih tehnoloških fazah na specifičnih parametrih v izdelavnem postopku,

— analiza intenzivnosti odžvepljanja v odvisnosti od tehnoloških parametrov, kar spričo kratkih časov rafinacije v modificirani tehnologiji predstavlja prav gotovo vplivnejši faktor kot skupni obseg odžvepljanja,

— odvisnost med kinetiko odžvepljanja in količinskimi oziroma kvalitetskimi vrednostmi sulfidov v vključkih.

V smislu programa raziskav smo v vzorcih taline iz posameznih tehnoloških faz zasledovali še skupni kisik in v končnih vzorcih količino kislinotopnega Al ter izvedli vrsto metalografskih raziskav sulfidov v izvaljanih gredicah (najslabša mesta).

## IZVAJANJE POSKUSOV

V 10 t in 25 t E-peči smo izdelali več šarž kvalitete cementacijskega jekla EC 80, EC 100, EC Mo 80 in EC Mo 100. Šarže smo izdelali delno po standardnem postopku z dvema žlindroma, torej ca. 80 do 100 minut trajajočo fazo difuzijske dezoksidacije, delno pa s forsirano modificirano tehnologijo to je po intenzivni oksidaciji s kisikom in normalnim izkuhavanjem smo izvedli učinkovito obarjalno preddezoksidacijo, ter 30 minut trajajočo preostalo rafinacijo.

Spremenljivi faktorji so bili obseženi v:

— različnih časih trajanja posameznih tehnoloških faz,

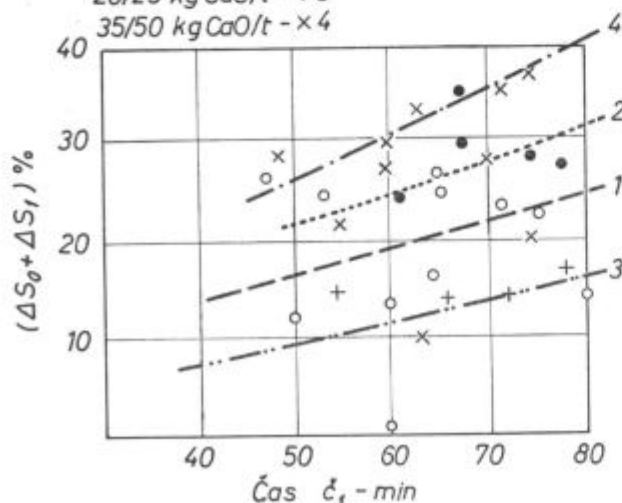
— različnih temperaturah,

25/30 kg CaO/t - o 1

30/35 kg CaO/t - ● 2

20/25 kg CaO/t - + 3

35/50 kg CaO/t - x 4



Slika 2a

Vpliv količine dodanega apna in časa  $\check{c}_1$  na odžvepljanje v času oksidacije in izkuhavanja

— različnih dodatkih apna v posameznih tehnoloških fazah.

Zaradi razlik v intenzivnosti žilavenja in časa normalnega izkuhavanja smo imeli opraviti pri šaržah z različnimi vsebnostmi kisika v toku procesa, kot v talini pred prebodom, kar je nudilo pri sicer praktično enakih dodatkih aluminija različne vsebnosti kislinotopnega Al.

## REZULTATI RAZISKAV

Zasledovanje odžvepljanja po posameznih tehnoloških fazah dovoljuje naslednjo ocenitev:

med oksidacijo znaša poprečna stopnja odžvepljanja do 25 %, med normalnim izkuhavanjem okrog 8 do 12 %, v času delovanja reduktivne žlindre okrog 10 do 12 %, v času rafinacije brez reduktivne žlindre 5 do 10 %, med prebodom samim pa 15 do 30 % pri praksi z dvema žlindroma oz. 10—25 % pri praksi z eno žlindro.

V praksi z dvema žlindroma je torej za okrog 10 do 15 % obsežnejše odžvepljanje na račun kvalitete reduktivne žlindre.

Intenzivnost odžvepljanja znaša v času oksidacije in izkuhavanja okrog 0,56 %/min, v času difuzijske dezoksidacije 0,17 %/min, med prebodom pa okrog 5 %/min. V času rafinacijske periode pri praksi z eno žlindro je intenzivnost razžvepljanja okrog 0,23 %/min.

Med samo difuzijsko dezoksidacijo je stopnja odžvepljanja relativno najskromnejša, kar utemeljuje stremljenje jeklarja, da to fazo v tehnologiji čim bolj skrajša, manjkajoči potencial odžvepljanja pa nadoknadi z drugimi učinkovitejšimi ukrepi.

Analiza rezultatov nudi naslednje zaključke:

— čas oksidacije in izkuhavanja ( $\check{c}_1$ ) vplivata na povečanje odžvepljanja ( $\Delta S_0 + \Delta S_1$ ), vendar je ta vpliv večji pri večjem dodatku apna (sl. 2a)

— Obseg odžvepljanja v času od dodatka Al do preboda ( $\check{c}_2$ ) raste manj s časom, občutneje pa s količino dodanega apna, pri čemer je ta vpliv bolj poudarjen kot v prejšnjem primeru (sl. 2b).

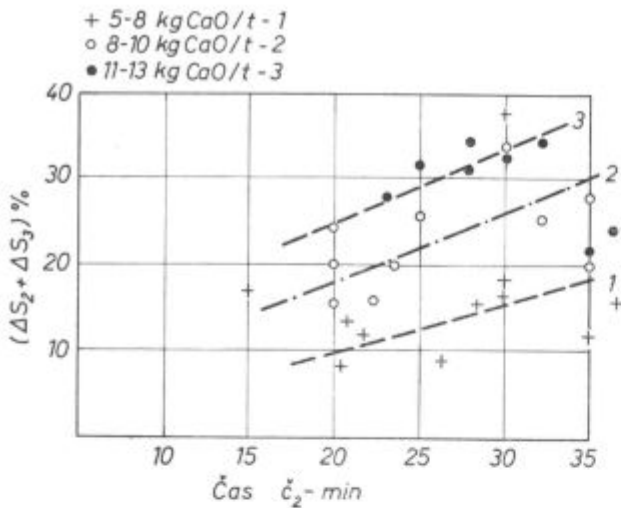
— Količina dodanega apna v vložku ( $\text{CaO}_0$ ), v času  $\check{c}_1$  ( $\text{CaO}_1$ ) in talil ima znaten vpliv, vendar povezano z višino temperature taline: pri hladnejših šaržah, kljub večji količini dodanega apna, ni zadovoljivega odžvepljanja. Vpliv temperature v toku procesa na odžvepljanje prikazujemo v sl. 3 (dodatek apna v vložku  $\text{CaO}_0$  znaša okrog 11 kg/t).

— V sliki 4 prikazujemo vpliv dodatka apna med oksidacijo in izkuhavanjem  $\text{CaO}_1$  ter v preostalem času rafinacije  $\text{CaO}_2$  (pri  $\text{CaO}_0$  okrog 11 kg/t) ter temperature v času  $\check{c}_1$  na skupni obseg odžvepljanja.

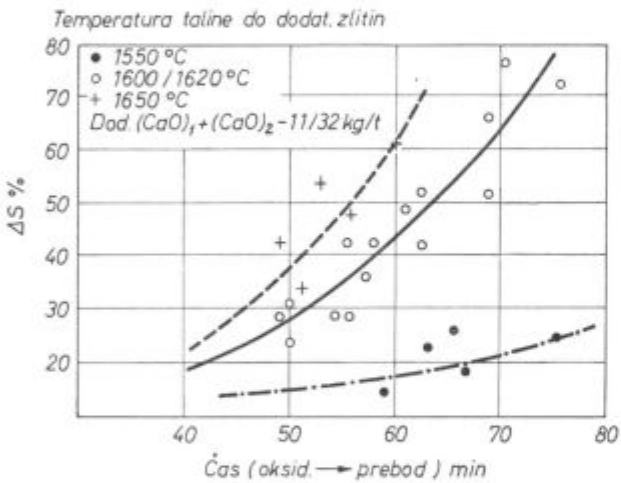
— Pri času  $\check{c}_2 = 27$  minut, temperaturi 1640° je matematičen obrazec za odžvepljanje v času rafinacije in preboda:

$$(\Delta S_2 + \Delta S_3) \% = 3,3 + 0,16 \times \text{CaO}_2^2$$

$$R = 0,49 \quad S_y = 6,55 \quad N = 30$$



Slika 2 b  
Vpliv količine dodanega apna in časa  $\check{c}_2$  na odžvepljanje v času od dodatka  $A_1$  do zaključenega preboda taline v ponovco



Slika 3  
Odnos med temperaturo, taline, časom trajanja rafinacije in skupnim obsegom odžvepljanja

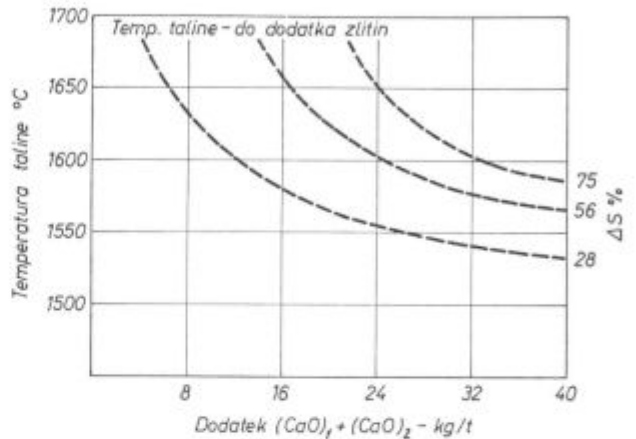
Na osnovi prikazanih posameznih odnosov smo sestavili monogram vpliva vseh parametrov na obseg odžvepljanja kot je prikazano v sl. 5. Pri konkretno 35 kg (CaO<sub>1</sub> + CaO<sub>2</sub>)/t oz. CaO<sub>2</sub> - 10 kg/t CaO<sub>0</sub> - 11 kg/t je pričakovati poprečen obseg odžvepljanja okrog 65 %. Jasno prevladuje vpliv količine apna CaO<sub>1</sub>, vpliv temperature, manjši vpliv izkazuje dodatek apna med rafinacijo CaO<sub>2</sub>.

— S povečano količino apna se povečuje skupni obseg odžvepljanja praktično neodvisno od velikosti peči, če so tehnološki pogoji realizirani v podobnem smislu (sl. 6).

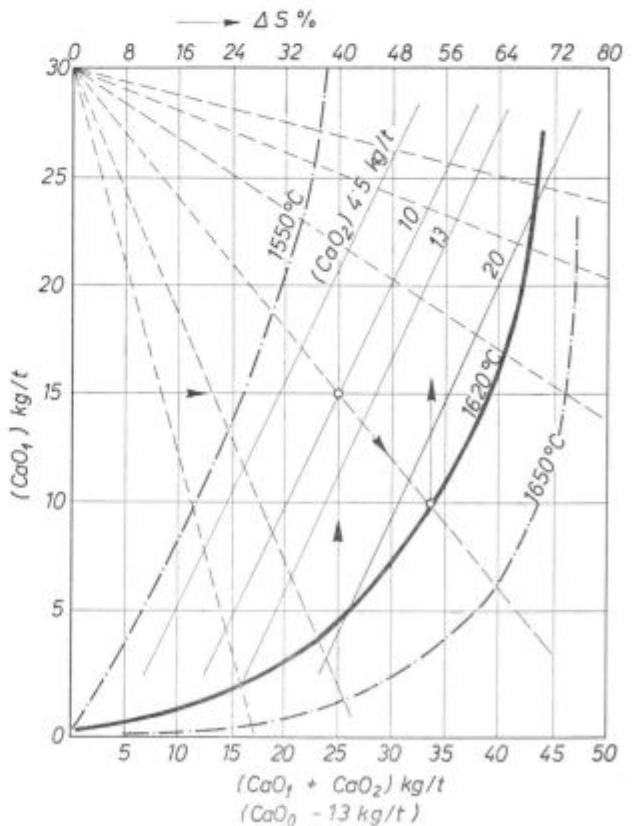
— Že uvodoma smo poudarili, da moramo z oz. na modificirano tehnologijo posvetiti posebno pozornost prej specifični intenzivnosti kot skupnemu obsegu odžvepljanja. V sl. 7 prikazujemo vpliv količine dodanega apna v vložku CaO<sub>0</sub> in v času

od prve probe do dodatka zlitin CaO<sub>1</sub> na specifično intenzivnost odžvepljanja to je  $(\Delta S_0 + \Delta S_1) \% / \text{min} \cdot \check{c}_1$ .

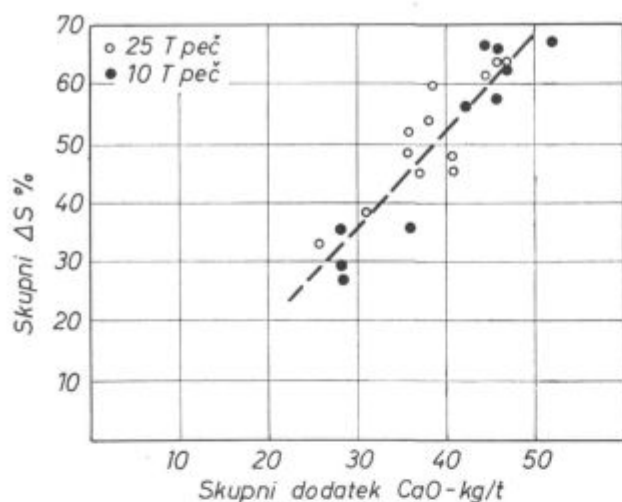
Če grupiramo dodatke apna s količinami od 20—30 kg/t, 30—40 kg/t, 40—52 kg/t, dobimo za posamezne grupe določeno verjetnost, da se s povečano količino apna znotraj ene grupe manjša specifična intenzivnost odžvepljanja. Če pa med posameznimi grupami izločimo šarže s slabo inten-



Slika 4  
Vpliv dodatka apna in temperature na skupen obseg odžvepljanja

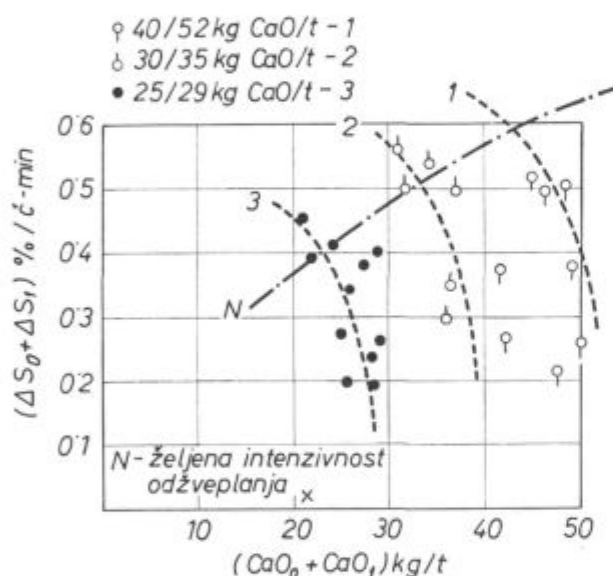


Slika 5  
Vpliv osnovnih parametrov izdelavne prakse na skupno odžvepljanje



Slika 6

Vpliv skupnega dodatka apna na skupno odžvepljanje



Slika 7

Vpliv količine dodanega apna in časa č, na intenzivnost odžvepljanja

zivnostjo odžvepljanja, kar je predvsem značilno za grupo z dodatkom apna med 40—52 kg/t, potem dobimo smiselno oz. logično krivuljo, na osnovi katere moremo sprejeti zaključek, da s povečano količino dodanega apna raste specifična intenzivnost odžvepljanja, seveda če so za to ustvarjeni tehnološki pogoji. Ugotavljamo pa, da se manjša intenzivnost odžvepljanja znotraj določene grupe z oz. na dodatek apna zaradi tega, ker v osnovi ne upoštevamo tehnološke potrebe, da je za povečani dodatek apna potrebna povečana količina talila pri v glavnem enakem času reagiranja. Ta tehnološki pogoj obvladujemo razmeroma slabo oz. površno. Če torej primerjamo med seboj samo šarže, pri katerih je s povečanim dodatkom apna sledila tudi povečana količina jedavca FeSi (CaSi), potem se

s povečano količino dodanega apna bistveno povečuje specifična intenzivnost odžvepljanja. V nasprotnem slučaju pa ustvarjamo s povečano količino apna slabše pogoje za specifično intenzivnost odžvepljanja.

Ta definicija zasluži vso pozornost predvsem iz razloga, ker je za nove modificirane tehnologije izredno važna intenzivnost odžvepljanja, torej čim obsežnejše odžvepljanje v čim krajšem času. Realizacija te zahteve je vezana na velik dodatek apna ob velikem dodatku talil oziroma ob tvorbi žilindre v optimalnem razmerju med posameznimi komponentami.

— Vrednotenje prikazanih odnosov z računalnikom nudi pri dodatku apna  $\text{CaO}_0 + \text{CaO}_1 = 34 \text{ kg/t}$  in temperaturi  $1660^\circ \text{C}$  ob koncu izkuhavanja naslednji obrazec medsebojnih odvisnosti za obseg odžvepljanja v času oksidacije in izkuhavanja, torej v času č:

$$((\Delta S_0 + \Delta S_1) \% = 32,7 - 27346,5 \times S_2^2 + 2,43 \text{ CaF}_2$$

$S_2$  — procent žvepla v talini ob koncu izkuhavanja

$\text{CaF}_2$  — kg/t jedavca v času od prve probe do dodatka Al za predžvepljanje

R — 0,8  $S_y$  — 5,57 N — 28

Iz navednega odnosa sledi, da je količina dodanega talila v času med oksidacijo in izkuhavanjem izredno važna komponenta za odžvepljanje.

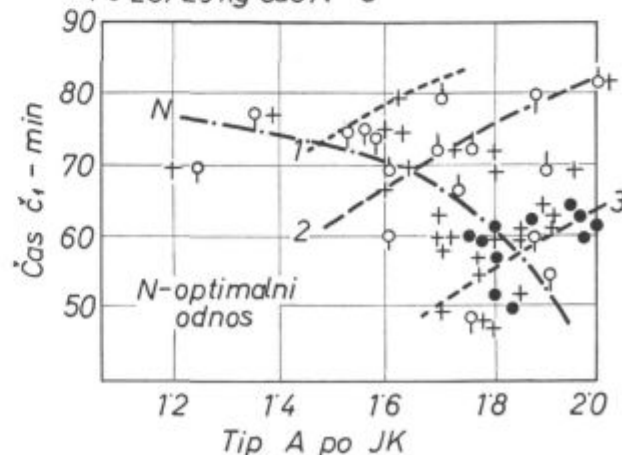
— Če skušamo ugotavljati vpliv prej prikazanih grup z ozirom na količinski dodatek apna in čas reagiranja č, na sulfidne vključke tipa A, potem sledi iz sl. 8, da tak konstruktiven odnos stvarno obstaja. S povečano količino apna se manjša vrednost vključkov tipa A, če upoštevamo samo šarže z relativno ugodnimi pogoji odžvepljanja (kri-

|G N| gredica

+ ♀ 40/52 kg CaO/t - 1

+ ♂ 30/35 kg CaO/t - 2

+ ● 25/29 kg CaO/t - 3



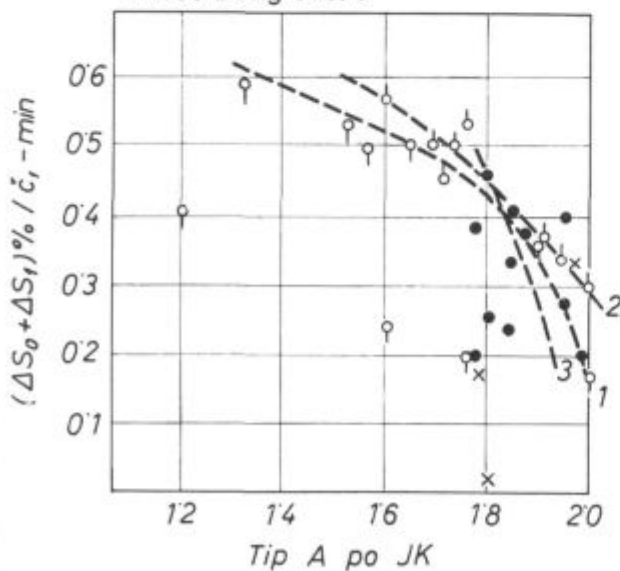
Slika 8

Vpliv količine dodanega apna v času č, na količino sulfidnih vključkov

vulja N). Če teh pogojev ni, ugotavljamo, da znotraj grupe z določenim dodatkom apna rastejo sulfidi tipa A s časom  $\check{c}_1$ . To praktično pomeni, da predolgi čas oksidacije in izkuhavanja ne vpliva pozitivno v smislu zmanjšanja sulfidov, temveč nasprotno; praksa, da ustvarimo pri določeni količini apna odgovarjajočo reaktivno žlindro in s tem določeno odžvepljanje v dolgem rafinacijskem času ne predstavlja uspešnega parametra za zmanjšanje sulfidov, to pa potrjuje prejšnjo verjetnost, da je za dosego manjše vrednosti tipa A potrebna le velika specifična intenzivnost odžvepljanja. Torej zahteva tudi odnos prikazan v sliki 8 tvorbo močno aktivne žlindre v čim manjšem času. Prav gotovo povzroča ta definicija pomisleke v pogledu izkoristka dodanega aluminija v času preddezoksidacije (kratka doba izkuhavanja ni ugodna za boljši izkoristek Al). Praktično vzeto je potrebna kompromisna rešitev.

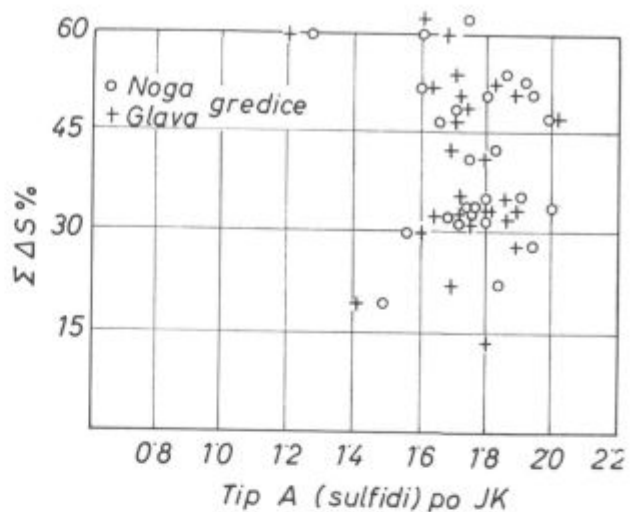
— V sliki 9 prikazujemo vpliv specifične intenzivnosti odžvepljanja v času  $\check{c}_1$  na velikost sulfidov tipa A. Na splošno zaključujemo, da zmanjšuje povečano specifično odžvepljanje sulfidne vključke; to zmanjšanje raste s povečano količino dodanega apna. Ugotavljamo, da je pri določenih optimalnih pogojih pri dodatku apna 25 do 29 kg/t možno doseči vrednost tipa A 1,78 do 2,0, pri dodatku apna 30 do 35 kg/t poprečno 1,6 do 1,78, manjšo vrednost sulfidov pa dosežemo pri znatno večjem dodatku apna, če povečani dodatek apna istočasno dovoljuje veliko specifično intenzivnost odžvepljanja. Nekaj poskusnih šarž smo uspešno izdelali ob dodatku  $\text{CaO}_0 + \text{CaO}_1 = 40$  do 52 kp/t,

- 40/52 kg CaO/t - 1
- ◊ 30/35 kg CaO/t - 2
- 25/29 kg CaO/t - 3
- × 20/24 kg CaO/t



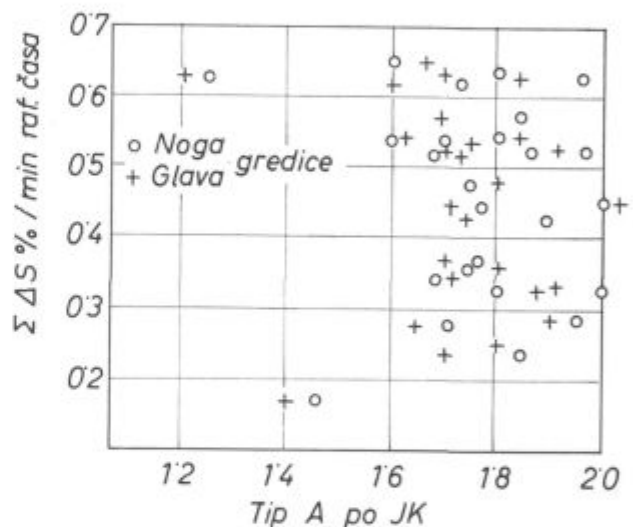
Slika 9

Odvisnost sulfidnih vključkov od intenzivnosti odžvepljanja in količine dodanega apna



Slika 10

Vpliv skupnega odžvepljanja na sulfidne vključke



Slika 11

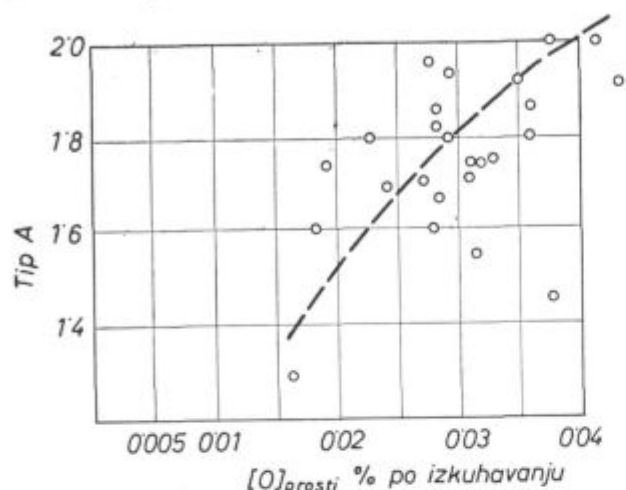
Vpliv specifičnega odžvepljanja v skupnem rafinacijskem času na količino sulfidnih vključkov

pri nekaterih pa niso bili ustvarjeni pogoji za veliko specifično intenzivnost odžvepljanja, zato tudi nismo uspeli doseči male količine sulfidov. Zaključujemo, da je praktično iste važnosti kot dodatek apna tudi izdaten dodatek talil oziroma pravilni odnos med komponentami žlindre.

— V potrditev verjetnih zaključkov iz prejšnjih točk podajamo rezultate vpliva skupnega obsega odžvepljanja in intenzivnosti odžvepljanja v skupnem rafinacijskem času na sulfidne vključke tipa A. Ugotavljamo, da ni zakonitosti tega vpliva (sl. 10 in 11). Torej je za željeno manjšo vrednost sulfidov tipa A potrebno posvetiti veliko pozornost predvsem specifični intenzivnosti odžvepljanja v času do dodatka Al torej v času od prve probe do končane periode izkuhavanja. Če je temu stvarno tako, potem mora obstajati vzročna odvisnost

med prostim kisikom ob koncu izkuhavanja oz. vsaj delna odvisnost med  $Al_1$  pred prebodom in sulfidi tipa A.

— V sliki 12 prikazujemo vpliv prostega kisika po izkuhavanju na sulfide tipa A. Odnos sledi določeni zakonitosti in sicer s povečano količino kisika raste količina sulfidov. Pri določeni količini C je za visoko koncentracijo prostega O v talini značilna mala batičnost žilindre, kar moremo zaključiti tudi iz odnosov prikazanih v prejšnjih slikah.

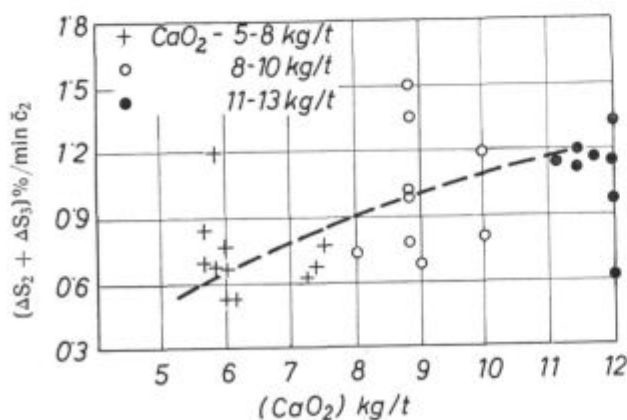


Slika 12  
Odnos količine sulfidnih vključkov od količine prostega kisika v talini po izkuhavanju

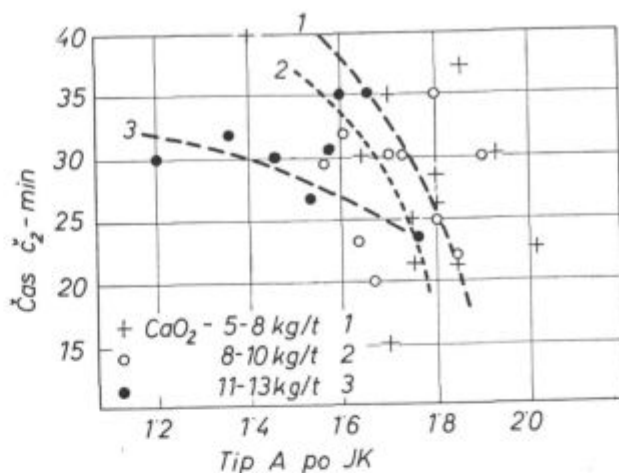
Na osnovi navedenega moremo zaključiti, da je že v prvi fazi po taljenju nujno potrebno:

- povečati dodatek talil
- uvesti drobno zrnato ali celo pnevmatsko apno, mesto kosovnega
- forsirati žilavenje s plinastim kisikom za dosego visoke temperature in dobrega mešanja taline.

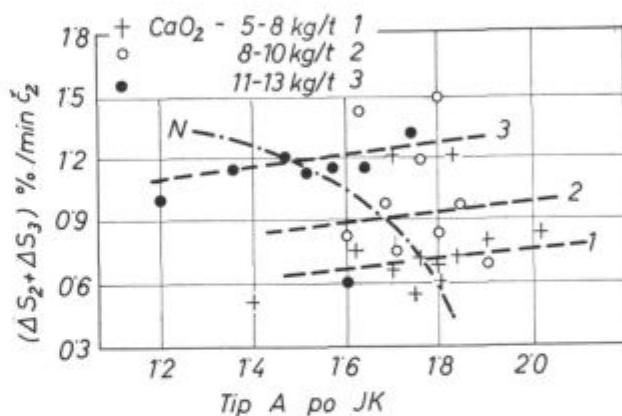
Analiza parametrov, ki spremljajo fazo rafinacije od dodatka zlitin do preboda ( $\check{c}_2$ ) dovoljuje naslednje zaključke:



Slika 13  
Vpliv količine dodanega apna v času  $\check{c}_2$  na specifično intenzivnost odžvepljanja



Slika 14  
Vpliv količine dodanega apna in časa  $\check{c}_2$  na sulfidne vključke



Slika 15  
Vpliv količine dodanega apna in specifične intenzivnosti odžvepljanja v času  $\check{c}_2$  na količino sulfidnih vključkov

— intenzivnost odžvepljanja v osnovi raste s povečano količino dodanega apna  $CaO_2$ , čeprav je pri nekaterih poskusnih šaržah znatno odstopanje, kar poudarja, da povsod nismo izpolnili pogojev za tvorbo aktivne žilindre (sl. 13).

— Vpliv časa  $\check{c}_2$  na velikost sulfidnih vključkov A je izrazitejši pri mali količini dodanega apna  $CaO_2$ , praktično z malim vplivom pa pri večji količini (krivulja 3 v sl. 14). Tak odnos dokazuje, da smo pri večini poskusnih šarž z veliko količino dodanega  $CaO_2$  le uspeli ustvariti zadovoljive pogoje za hitro tvorbo aktivne to je z večjim dodatkom  $CaF_2$ , visoko temperaturo, dobrim mešanjem taline in žilindre. Pri malih dodatkih  $CaO_2$  smo skušali te pogoje ustvariti z daljšim časom pri manjših dodatkih talil, kar pa se pokaže za znatno manj učinkovito.

Sledi, da prednjači vpliv dodatka  $CaO_2$  pred časom  $\check{c}_2$ . Z dolgimi rafinacijskimi časi pa moremo tudi pri manjši količini  $CaO_2$  doseči manjšo količino sulfidov, za kar je praktični primer faza reduktivne žilindre. Mogli bi zaključiti, da ta faza

vsled skromnega obsega odžvepljanja ni bistvena, njena prava vrednost je v rezultiranju manjše količine sulfidov.

— Iz slike 15 sledi, da praktično ni vpliva intenzivnosti odžvepljanja na velikost sulfidov znotraj grupe z enako količino dodanega apna. Obstaja pa značajan vpliv specifičnega odžvepljanja na velikost sulfidov, če primerjamo različno velike dodatke  $\text{CaO}_2$ .

## POVZETEK

Pri modificirani tehnologiji izdelave jekla v elektro peči, katere značilnost je predvsem obsežena v skrajšanju skupnega rafinacijskega časa, zavzemajo sulfidi A preveliko vrednost. Praktično nastopi le manjše izboljšanje, če dodamo v izgotovljeno talino določeno količino  $\text{CaSi}$ , oziroma, če talino v jeklarski ponovci obdelujemo s plinastim argonom.

S tehnološko analizo pogojev odžvepljanja in specifične intenzivnosti odžvepljanja v posameznih tehnoloških fazah ter primerjavo odnosov med tehnologijo in sulfidnimi vključki smo ugotovili naslednje:

— odžvepljanje v času oksidacije in izkuhavanja je odvisno od količine dodanega apna v vložek in v času  $\check{c}_1$ . S povečano količino apna niso vselej dani pogoji za obsežnejše odžvepljanje: pri ena-

kem dodatku talila in povečanim dodatkom apna nastopi slabša specifična intenzivnost odžvepljanja. Nujno je potrebno že v prvi fazi rafinacije dodati večjo količino talila, če želimo izboljšati pogoje odžvepljanja.

— Med skupnim odžvepljanjem in količino sulfidnih vključkov (najslabše mesto) ni zakonite odvisnosti. Obstaja pa odvisnost med specifično intenzivnostjo odžvepljanja in sulfidi: s povečano intenzivnostjo in povečano količino dodanega apna v času  $\check{c}_1$  jo pričakovati manjšo količino sulfidov. Tako smo ugotovili pri konkretnih pogojih izdelave in predelave poskusnih šarž (valjanje gredic 80 mm iz ingota  $450 \times 450$  mm) da moremo doseči manjšo vrednost A kot 1,4 pri dodatku apna v vložku in v času  $\check{c}_1$  pri količini iznad 35 kg/t, če znaša specifična intenzivnost razžvepljanja v času  $\check{c}_1$  vsaj  $0,55 (\Delta S_0 + \Delta S_1) \% : \check{c}_1$ .

— Pravilna tvorba zelo aktivne žilindre v času  $\check{c}_1$  je izredno važna, tej fazi je treba posvetiti znatno več pozornosti, kot to danes izvajamo.

— Vpliv preostalega časa rafinacije ( $\check{c}_2$ ) na količino sulfidnih vključkov je predvsem izražen v dodatku apna v tej periodi, manj v času trajanja te periode. Tudi za to periodo je dodatek talil odločujočega pomena. Zaradi kratkega trajanja te periode je nujno potrebno uvesti dodatke kontrolirane sintetične mešanice s takimi komponentami in s takim razmerjem komponent, da bo žilindra v čim krajšem času zelo aktivna.

## ZUSAMMENFASSUNG

Bei der modifizierten Technologie der Stahlerzeugung im Lichtbogenofen, welche durch eine Verkürzung der Gesamtrafinationszeit gekennzeichnet ist, nehmen die sulfidischen Einschlüsse im Stahl einen zu grossen Wert ein. Es wird durch die Zugabe von  $\text{CaSi}$  in die Pfanne oder bei der Durchspülung des Stahles in der Pfanne mit Ar nur eine geringe Verbesserung erzielt.

Durch die technologische Analyse der Entschwefelungsbedingungen und der spezifischen Entschwefelung in den einzelnen technologischen Phasen und durch die Vergleichung des Verhältnisses zwischen der Technologie und der sulfidischen Einschlüsse haben wir folgendes festgestellt:

Die Entschwefelung während der Oxydations und Auskochzeit ( $\check{c}_1$ ) ist von der Menge des zugesetzten Kalkes im Einsatz und in der Oxydationszeit abhängig. Jedoch gewährleistet eine grössere Kalkmenge nicht immer auch eine bessere Entschwefelung. Wenn die Flussmittelmenge gleich bleibt und die Kalkmenge vergrössert wird, sinkt die spezifische Entschwefelung. Es ist dringend schon anfangs der ersten Phase der Refinationszeit eine grössere Flussmittelmenge zuzugeben, um die Entschwefelungsbedingungen zu verbessern.

Zwischen der Gesamtentschwefelung und der Menge der sulfidischen Einschlüsse (die schlechteste Stelle) ist

keine gesetzmässige Abhängigkeit. Es besteht aber eine Abhängigkeit zwischen der spezifischen Entschwefelung und der Sulfideinschlussmenge. Es ist bei einer grösseren spezifischen Entschwefelung und bei einer grösseren Kalkzugabe in der Oxydations und Auskochzeit ( $\check{c}_1$ ) eine kleinere Sulfideinschlussmenge zu erwarten. So haben wir bei den Versuchsschmelzen (Knüppel 80 mkv. gewalzt aus einem Block 450 mm Quadrat) festgestellt, dass ein kleinerer Wert A als 1,4 bei einer grösseren Kalkzugabe als 35 kg/t im Einsatz und in der Zeit  $\check{c}_1$  zu erreichen ist, wenn die spezifische Entschwefelung in der Zeit  $\check{c}_1$  wenigstens  $0,55 \cdot (\Delta S_0 + \Delta S_1) \% : \check{c}_1$  beträgt.

Richtige Formierung einer aktiven Schlacke in der Zeit  $\check{c}_1$  ist sehr wichtig. Dieser Periode ist nötig viel mehr Acht zu widmen als heute üblich ist.

Einfluss der übrigen Refinationszeit ( $\check{c}_2$ ) auf die Sulfideinschlussmenge ist vor allem von der zugegebenen Kalkmenge in dieser Periode und weniger von der Dauer dieser Periode bedingt. Auch in dieser Periode ist die Flussmittelmenge von entscheidender Bedeutung. Da diese Periode kurz ist, ist dringend eine sintetische Schlackenmischung mit solchen Komponenten und in einem solchen Verhältniss zusammenzustellen, dass die Schlacke in kürzester Zeit aktiv wird und diese regelmässig der Schlacke zuzugeben.

## SUMMARY

In modified technology of steelmaking in electric arc furnace which characteristic is mainly the reduction of total time of refining, content of sulphides A is too high. Practically only small improvement is achieved if a certain amount of  $\text{CaSi}$  is added to the melt of the completed

steel or if the melt is treated by gaseous argon in the steelmaking ladle.

Technological analysis of desulphuration conditions and of specific intensity of desulphuration in single technological operations, and comparison of relations

between the technology and the sulphide inclusions led to the following findings:

— desulphuration during refining and boiling ( $C_1$ ) depends on amount of added lime to the batch in the beginning and during the refining time. Increased lime additions do not always cause a greater degree of desulphuration: at the same addition of fluxes and the increased addition of lime a worse specific intensity of desulphuration occurs. Therefore it is necessary already in the first refining operation to add greater amount of fluxes if the desulphuration conditions should be improved.

— there is no relationship between the total desulphuration and the amount of sulphide inclusions (in the worst region). But relationship between the increased intensity of desulphuration and the amount of sulphides exists: a smaller amount of sulphides is to be expected at the increased intensity and increased amount of added

lime in time  $C_1$ . Thus actual conditions of manufacturing and working the test batches (rolling billets 80 mm from ingot  $450 \times 450$  mm) showed that value of A can be lowered below 1.4 if the lime addition to the batch in time  $C_1$  is over 35 kg/t and the specific intensity of desulphuration in time  $C_1$  is at least  $0.55 (\Delta S_0 + \Delta S_1) \% : C_1$ .

— the correct formation of very active slag in time of refining and boiling ( $C_1$ ) is extremely important, and much more attention than nowadays must be given to this operation.

— influence of the residual refining time ( $C_2$ ) on the amount of sulphide inclusions is mainly determined by lime additions in this period and less dependant on the duration of this period. Additions of fluxes have also decisive significance in this period. Because of shortness of this period the flux additions must have controlled composition with such components and such ratio between them that the slag will be active in the shortest time.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изменённой технологии производства стали в электродуговой печи характеристика которой главным образом состоит в сокращении времени общего рафинирования, весьма большое влияние имеют сульфиды группы А. Практический опыт показал, что небольшое улучшение можно получить при добавке определённого количества CaSi в законченную плавку, или же обработать плавку в ковше дуванием Аргона. При изучении технологических условий десульфуризации в отдельных технологических фазах, а также при сравнении отношения между технологией и сульфидными включениями получены следующие результаты:

— десульфуризация во время окисления и кипения стали зависит от количества добавленной извести и длительности окисления. Отмечено, что с увеличением добавки извести не всегда даны условия для более интенсивной десульфуризации, т. е. при одном и том же количестве добавленных флюсов а при увеличении добавки извести удельная интенсивность десульфуризации уменьшается. Чтобы улучшить условия при которых происходит десульфуризация стали необходима добавка большого количества флюсов сразу в первой фазе рафинации.

— Между общей десульфуризацией и количеством сульфидных включений (на самом плохом участке) не отмечена никакая закономерность зависимости. Зависимость же обнаружена между удельной интенсивности десульфурации и количеством сульфидов,

т. е. отмечено, что при повышенной интенсивности и увеличенном количестве добавленной извести в интервале времени  $C_1$ , можно ожидать уменьшение количества сульфидов. При прокатке 80 мм заготовок из слитков  $450 \times 450$  мм, при конкретных условиях производства опытных плавков оказалось, что существует возможность получить величину А меньше 1.4, при условии, что в шихте в промежутке времени  $C_1$  количество извести будет свыше 35 кг/т, и, кроме этого, удельная интенсивность десульфуризации в том же промежутке времени т. е.  $C_1$  должна быть не меньше  $0.55 (\Delta S_0 + \Delta S_1) \% : C_1$ .

— Весьма большое значение имеет процесс образования очень активного шлака во время окисления и кипячения в том же промежутке времени ( $C_1$ ); этой фазе процесса необходимо уделить гораздо больше внимательности чем это выполняем теперь.

— Влияние остального промежутка времени рафинации ( $C_2$ ) на количество сульфидных включений выражен главным образом добавкой извести в этот период времени а менее в продолжительности процесса в этом же интервале ( $C_2$ ). Решающее значение в этом периоде времени имеет добавка флюсов. Вследствии короткой длительности этого периода, необходимо ввести добавочный контроль синтетической смеси с такими компонентами и в таком отношении этих компонент, что будет дана возможность получить очень активный шлак в коротком промежутке времени.