

Termodinamične osnove proizvodnje nerjavnega jekla

UDK:669.15 — 194.56:669.187.2

ASM/SLA: SS-e, 1-73

N. Smajčić

II. del: DUPLEKS POSTOPEK EOP — VOD

Opisane so termodinamične odvisnosti, ki uravnavajo potek oksidacijske faze pri izdelavi nerjavnega jekla po dupleks postopku elektroobločna peč — VOD ponovca. Analiziran je vpliv parcialnega tlaka CO, temperature taline, vsebnosti kroma in niklja ter aktivnosti Cr_2O_3 v žilindri na selektivno oksidacijo ogljika, tj. na premik izoterm ravnotežja $C — O$ in $C — Cr — O$. Algoritmi, izdelani na osnovi termodinamičnih zakonitosti, so osnova računalniškega programa, ki omogoča optimizacijo sodobne tehnologije izdelave nerjavnega jekla.

1. DUPLEKS POSTOPEK EOP — VOD

Sodobna tehnologija izdelave nerjavnih jekel temelji na dupleks postopku, po katerem taljenje vložka opravljamo v elektroobločni peči, medtem ko vse metalurške faze izvajamo v drugem agregatu, tj. v ponvi, v kateri talino istočasno oksidiramo in vakuumiramo (VOD), ali v konvertorju, v katerem oksidiramo z zmesjo kisika in inertnega plina (AOD ali CLU), oziroma vodne pare. Pri EOP — VOD dupleks postopku delno oksidiramo tudi v elektropeči v primeru velike vsebnosti ogljika in / ali silicija v vložku. VOD postopek namreč lahko uporabljamo le za oksidacijo vložka, ki ima manj kot približno 1,0 % C in 0,20 % Si. Po nekaterih podatkih iz literature (7) je vsebnost ogljika v vložku omejena na 0,8 — 1,3 % C, kar je odvisno od kapacitete vakuumske naprave in višine taline v ponvi.

Postopek uvajamo, oz. ga bomo uvedli tudi v slovenskih železarnah. VOD tehnologija je bila razvita v Edeltahlwerke Thyssen, in sicer v jeklarni

Witten leta 1967. Bistvo VOD postopka je oksidacija s plinastim kisikom ob istočasnem vakuumiranju in mešanju taline z uvajanjem argona skozi porozni »kamen«, vgrajen v dno ponve. Z vakuumiranjem odvajamo nastali CO, ki je produkt oksidacije ogljika, in tako premaknemo ravnotežje $C — O$ proti nižjim vsebnostim ogljika, tj. podaljšamo fazo selektivne oksidacije ogljika.

Vložek, ki že vsebuje ves potreben krom, npr. 18 % Cr, pri izdelavi jekla 18/8 stalimo v EO peči, če je to potrebno, ga delno oksidiramo na omenjeno maksimalno dopustno vsebnost ogljika, žilindro čimbolj skrbno odstranimo ter ponev s talino brez žilindre oksidiramo ob istočasnem vakuumiranju in mešanju z argonom. Podtlak med oksidacijo pada od približno 200 mbar v začetku oksidacije do 40 — 50 mbar ob koncu oksidacije. V zadnji fazi kisika ne pihamo, temveč poteka oksidacija z »lastnim« kisikom iz taline ob intenzivnem mešanju z argonom pod vakuumom.

Potek oksidacije kontroliramo z merjenjem parcialnega tlaka CO v plinih, ki jih odsesavamo, s pomočjo kisikove sonde. Med selektivno oksidacijo ogljika ustreza parcialni tlak CO tlaku, oziroma podtlaku, ki ga ustvarja vakuumiranje. Ko dosežemo ravnotežje $C — Cr — O$, tj. kritično koncentracijo ogljika, in se začne oksidacija kroma, kisikova sonda pokaže oster padec p_{CO} , kar pomeni, da lahko prenehamo pihati kisik, da bi preprečili oksidacijo kroma. V zadnji fazi oksidacije z lastnim kisikom pa se parcialni tlak CO ponovno zviša in na koncu zopet pade, ko se porabi večina zaostalega ogljika. Izdelava ELC kvalitet je povsem enostavna, saj lahko dosežemo npr. manj kot 0,01 % C pri

podtlaku od 1 — 3 mbar in temperaturi, ki ne presega 1700 °C. V tej fazi se preostali ogljik oksidira s kisikom iz Cr_2O_3 , MnO in FeO v žilindri.

Z dodatkom reducenta (FeSi), CaO in CaF_2 pri vakuumiranju in bolj intenzivnem mešanju z argonom reduciramo žilindro in opravljamo odžveplanje. Če je vsebnost žvepla razmeroma velika, reducirano žilindro lahko odlijemo, formiramo novo žilindro ter v 3 — 5 minutah dosežemo tudi manj kot 0,005 % S.

Obdelava taline po VOD postopku traja približno 150 minut in zato je VOD postopek glede na produktivnost manj ugoden kot AOD postopek izdelave nerjavnih jekel, kjer je dovolj cca 90 minut. Za razliko od AOD postopka po VOD tehnologiji lahko le del kroma v vložku dobimo iz cenejših virov kroma, tj. iz FeCr carbure in charge, sicer bi vsebnost ogljika in silicija v talini bila prevelika in bi morali talino prej oksidirati v elektropeči in nato reducirati žilindro, kar močno zmanjša produktivnost. So številne variante VOD postopka, npr. VOD — SS in VODK (SS — Strong Stirred, K — konverter), vendar se niso uveljavile. Čeprav ima VOD postopek nekatere prednosti pred AOD postopkom (boljša vzdržnost obloge, manjša delovna temperatura, ipd.), je AOD postopek brez dvoma boljši, vsaj za proizvodnjo nerjavnih jekel tee se zato danes skoraj 90 % nerjavnega jekla na Zahodu izdeluje po AOD postopku.

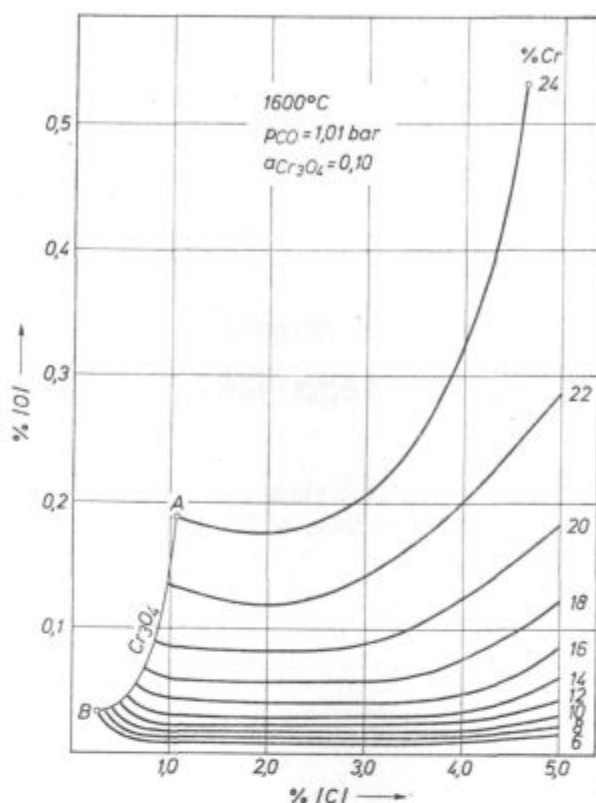
1.1 Priprava taline za oksidacijo

Priprava taline za oksidacijo obsega taljenje vložka, ki vsebuje ves potrebni krom v EO peči in delno oksidacijo v elektropeči, če je to potrebno, tj. če vsebnost ogljika in / ali silicija presega omejene dopustne vrednosti.

Diagram na sliki 1 kaže izoterme pri 1600 °C, ki predstavljajo ravnotežje C — O za taline, ki vsebujejo 6 — 24 % Cr. Vse izoterme se začnejo na desni strani diagrama in končajo na krivulji AB, ki predstavlja ravnotežje C — Cr — O.

S slike vidimo, kako se spreminja vsebnost kisika med selektivno oksidacijo ogljika v elektropeči pri 1600 °C. Slika jasno kaže, da imajo vse krivulje minimum pri cca 2,0 % C, ko dosežemo minimalno vsebnost kisika v talini pri dani vsebnosti kroma. Nadaljnja oksidacija ogljika poteka ob rahlem zvišanju vsebnosti kisika v talini vse do konca selektivne oksidacije ogljika, tj. do krivulje AB, ki ponazarja termodinamično ravnotežje C — Cr — O, ko se začne oksidacija kroma. Kot vidimo iz poteka krivulje AB, pada pri istočasni oksidaciji kroma in redukciji žilindre. Iz analize prvega preizkušanca, tj. po taljenju jeklar lahko ugotovi s pomočjo prikazanega diagrama, ali je

Diagram je pomemben za prakso, saj nam krivulja AB jasno kaže, kako moramo sestaviti vložek, oziroma do katere vsebnosti ogljika lahko predoksidiramo v elektropeči, če se želimo izogniti oksidaciji kroma in redukciji žilindre. Iz analize prvega preizkušanca, tj. po taljenju jeklar lahko ugotovi s pomočjo prikazanega diagrama, ali je



Slika 1

Ravnotežje C — O pri 1600 °C v odvisnosti od vsebnosti kroma. Značilni pogoji za elektroobložno peč.

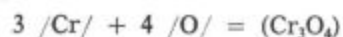
Fig. 1

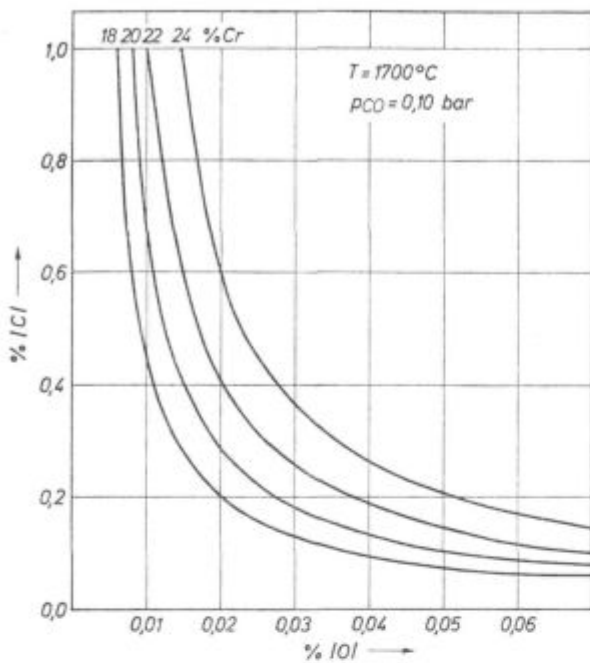
C — O equilibrium at 1600 °C depending on the chromium content. Conditions are characteristic for the electric arc furnace.

potrebna delna oksidacija že v elektropeči in do katere vsebnosti ogljika lahko oksidira talino brez nevarnosti, da bi prišlo tudi do oksidacije kroma, ter se tako izogne zamudni redukciji žilindre. Pri sestavah, ki jih kaže krivulja AB namreč žilindra vsebuje le 4 — 6 % Cr_2O_3 , kar pomeni, da je še dobro tekoča ter jo lahko odstranimo brez prekomernih izgub kroma. S tem seveda ne le povečamo produktivnost, tj. skrajšamo čas izdelave, temveč tudi znižamo porabo električne energije, ferosilicija, apna in jedavca.

1.2 Selektivna oksidacija ogljika po VOD postopku

Diagram na sliki 2 kaže termodinamično ravnotežje C — O za taline, ki vsebujejo 18 — 24 % Cr pri delovni temperaturi VOD postopka, tj. pri 1700 °C in podtlaku, oz. parcialnem tlaku CO od 0,10 bar. V celotnem področju diagrama poteka pri teh pogojih praktično povsem selektivna oksidacija ogljika. Lokalno, v coni neposredno pod kopjem, skozi katerega uvajamo kisik, zaradi močnih oksidacijskih pogojev delno oksidira tudi krom po reakciji:





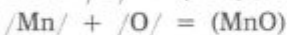
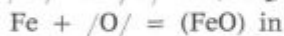
Slika 2

Ravnotežje C — O pri 1700 °C in $p_{CO} = 0,10$ bar v odvisnosti od vsebnosti kroma. Značilni pogoji za VOD napravo.

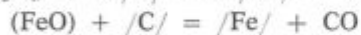
Fig. 2

C — O equilibrium at 1700 °C and $p_{CO} = 0.10$ bar depending on the chromium content. Conditions are characteristic for the VOD set.

Istočasno potekajo tudi druge oksidacijske reakcije:



Tako nastali oksidi tvorijo tanko plast žlindre, ki jo curek kisika odriva na stran. Na medfazni površini zunaj oksidacijske cone pa poteka redukcija teh oksidov z ogljikom iz taline po naslednjih reakcijah:



Tako oksidacijske kot redukcijske reakcije potekajo zelo intenzivno in se vzpostavi dinamično ravnotežje, ki je veliko bližje termodinamičnemu ravnotežnemu stanju kot npr. v elektropeči ali v LD konvertorju, ker je intenzivnost mešanja bistveno večja zaradi vpihovanja argona in istočasnega vakuuiranja ter pihanja kisika. V začetku pihanja kisika prevladuje oksidacija Si iz taline v žlindro — pihanje kisika po VOD postopku začnemo približno pri 1600 °C, z naraščajočo temperaturo pa se ravnotežje med ogljikom in silicijem, kromom in silicijem ter med kromom, ogljikom in silicijem premika proti višji vsebnosti silicija (3,8), kar stimulira redukcijo Si iz žlindre. Proti koncu oksida-

cije torej začne naraščati vsebnost Si v talini, vendar se kmalu vzpostavi termodinamično ravnotežje C — Cr — Si — O, kar ustavi naraščanje silicija, ki sedaj sodeluje v redukciji kroma iz žlindre po reakciji:



Reakcija je reverzibilna, tj. poteka v obe smeri. Naraščanje temperature premika njeno ravnotežje v levo stran, kar pomeni, da v redukciji silicija iz žlindre sodeluje poleg ogljika tudi krom. Vakuuiranje ne vpliva na to ravnotežje. Ogljik nima bistvenega vpliva na ravnotežje med silicijem in kromom, vendar se med oksidacijo ogljika ravnotežje postopoma in počasi premika v levo stran, tj. proti zvišanju vsebnosti Si v talini. To pomeni, da vsebnost Si v talini, ki je potrebna za zaščito kroma, pred oksidacijo raste z rastočo temperaturo in z znižanjem vsebnosti ogljika, tj. proti koncu oksidacije.

Iz tega lahko sklepamo, kako pomembno je, da dobro odstranimo žlindro, tj. da je talina v ponvi pred začetkom VOD oksidacije čista in brez žlindre. Iz enakega vzroka je še bolj pomembno, da ima talina čim nižjo vsebnost silicija. Zgornja dopustna meja za VOD postopek je 0,20 % Si. Potemtakem je delna oksidacija v elektropeči praktično vedno potrebna in neizogibna, če za sestavo vložka uporabljamo FeCr carbure. To seveda pomeni, da bo potrebno posebno skrbno sestaviti vložek in zagotoviti zadostno vsebnost ogljika, če se hočemo izogniti odgoru kroma med oksidacijo v elektropeči, ki je potrebna, da bi znižali silicij na dovolj nizko vrednost in se tako izognili poznejšim težavam med VOD oksidacijo in pri dolgotrajni redukciji žlindre v elektropeči.

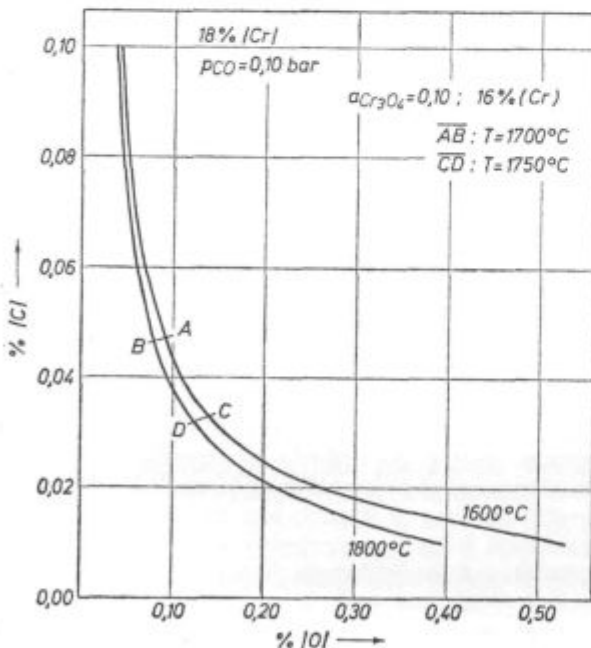
S slike 2 vidimo da talina z 18 % Cr in 0,07 % C pri 0,10 bar in 1700 °C vsebuje 0,060 % kisika. Ta kisik zadošča za nadaljevanje oksidacije ogljika po reakciji $/C/ + /O/ = CO$ in lahko veže 0,045 % C iz taline. To je tim. VCD (Vacuum Carbon Deoxidation) proces — dezoksidacija z lastnim ogljikom pod vakuumom. Pri izdelavi običajnih nerjavnih jekel tipa 18/8 lahko torej že pri 0,07 % C, tj. še v območju ravnotežja C — O, ustavimo pihanje kisika ter z intenziviranjem vakuuma in argoniziranja, kar še dodatno zniža parcialni tlak CO, teoretično znižamo ogljik do 0,025 % in obenem jeklo dezoksidiramo. Pri tem nismo upoštevali kisika iz kovinskih oksidov v žlindri, kar pomeni, da bo dezoksidacija jekla v tem primeru slabša, razoglicenje pa boljše od predvidenega. V tej fazi obdelave taline ima VOD postopek jasno prednost pred AOD postopkom, saj kombinira vakuum in uporabo argona za čim večje znižanje parcialnega tlaka CO in s tem ustvari večji premik ravnotežja C — O v desno stran reakcije $/C/ + /O/ = CO$. V bistvu je torej VCD proces dezoksidacije identičen tistemu, kar jeklarji poznajo kot »izkuhanje«, le da ga z uporabo vakuuma in argoniziranja intenziviramo in podaljšamo do bistveno nižjih vsebnosti ogljika, kisika in ostalih plinov v jeklu.

1.3 Ravnotežje C — Cr — O ob koncu VOD oksidacije

Uporaba vakuumata tako kot uporaba visokih temperatur podaljša področje selektivne oksidacije ogljika proti nižjim vsebnostim ogljika. VOD postopek kombinira oba učinka tako kot AOD, vendar pri VOD lahko dosežemo nižje parcialne tlake CO in zato lahko delamo pri nižji maksimalni temperaturi. Razlika je približno 50 °C, tako da pri VOD zadošča temperatura 1700 °C, medtem ko AOD zahteva približno 1750 °C.

Pri VOD oksidaciji taline z 18 % Cr se selektivna oksidacija, tj. območje ravnotežja C — O podaljša do 0,046 % C, kot vidimo s slike 3. Vidimo, da poteka selektivna oksidacija ogljika po izotermah CO vse do krivulje AB, ko se pri 1700 °C vzpostavi ravnotežje C — Cr — O in se začne oksidacija kroma. Če zvišamo temperaturo na 1750 °C, se premakne selektivna oksidacija do krivulje CD. Na sliki sta narisani le izoterme CO za 1600 in 1800 °C, ostale izoterme za vmesne temperature ležijo vmes.

Ko dosežemo ravnotežje C — Cr — O, se začne oksidacija kroma, katere posledica je naglo znižanje vsebnosti kisika v talini, kot smo že videli na sliki 1. Da bi lahko potisnili ravnotežje C — Cr — O proti še nižjim vsebnostim ogljika, bi lahko uporabili močnejše črpalne agregate tj. nižji parcialni tlak CO, oz. zmanjšali intenziteto pihanja kisika in tako omogočili črpalnemu agregatu, da doseže nižji tlak. S tem bi seveda podaljšali traja-

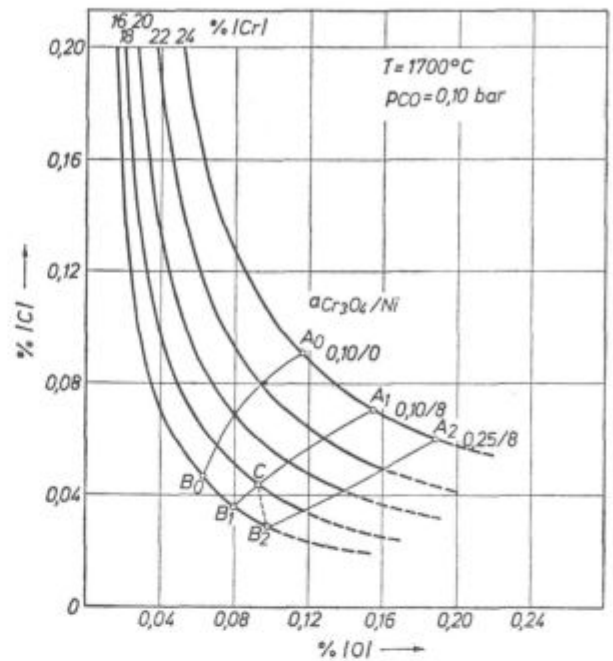


Slika 3

Pogoji ob koncu VOD oksidacije. Skrajne meje selektivne oksidacije ogljika pri 1700 °C (AB) in 1750 °C (CD) pri dovoljeni oksidaciji kroma od 2 %.

Fig. 3

Conditions at the end of oxidation in VOD. Limits of selective carbon oxidation at 1700 °C (AB) and 1750 °C (CD) at permissible chromium oxidation of 2 %.



Slika 4

Vpliv kroma ter vsebnosti Ni in aktivnosti Cr₃O₄ na skrajne meje selektivne oksidacije ogljika. Pogoji ob koncu VOD oksidacije.

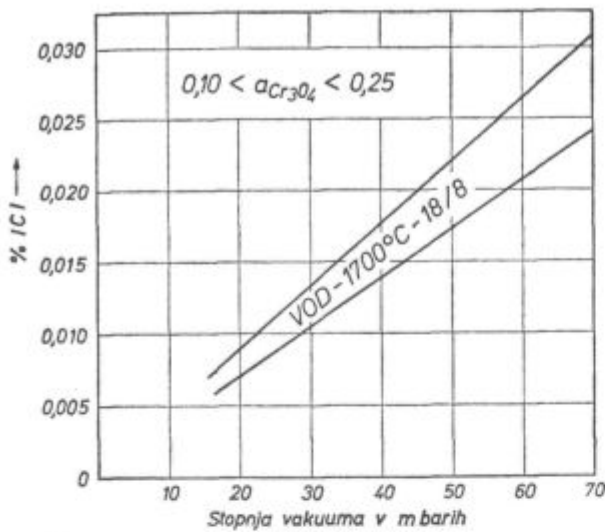
Fig. 4

Influence of chromium, nickel content, and Cr₃O₄ activity on the limits of selective carbon oxidation. Conditions at the end of oxydation in VOD.

nje oksidacije, ki pri VOD postopku sicer zahteva dalj časa in s tem zmanjšuje produktivnost glede na AOD postopek.

Uvajanje večje količine kisika v enoti časa pri omejeni kapaciteti črpalnega agregata pomeni zvišanje tlaka v sistemu in je zato intenzivnost oksidacije omejena s kapaciteto črpal. To je tudi osnovni vzrok, zakaj v VOD postopku ne moremo predelovati talin, ki vsebujejo več kot 0,8 — 1,3 % C. Manjša intenzivnost oksidacije pri VOD postopku pomeni tudi manjše segrevanje taline med oksidacijo. Zato mora imeti talina temperaturo 1600 °C pred začetkom oksidacije, medtem ko pri AOD postopku zadošča že 1550 °C. Na sliki 4 prikazujemo izoterme C — O za taline z 18 — 24 % C pri 1700 °C ter izoterme AB, ki ponazarjajo ravnotežje C — Cr — O, in sicer za taline brez Ni, tj. pri izdelavi feritnih jekel (krivulja A₀B₀), ter za taline, ki vsebujejo Ni, ko se ravnotežje C — Cr — O premakne z naraščanjem aktivnosti Cr₃O₄, tj. z odgorom kroma, od 0,10 na 0,25 iz lege A₁B₁ v lego A₂B₂.

Talino z 18 % Cr in 8 % Ni lahko torej oksidiramo po izotermi C — O za 18 % Cr vse do točke C, ko dosežemo ravnotežje C — Cr — O. Nadaljevanje oksidacije povzroča oksidacijo ogljika in kroma, pri tem raste aktivnost Cr₃O₄ v žilindri do cca 0,25, pri čemer odgori v žilindro cca 2 % Cr, tako da talina vsebuje sedaj le 16 % Cr. Proces poteka torej po krivulji CB₂ ob rahlem zvišanju vsebnosti kisika v talini.



Slika 5

Delovno območje VOD postopka. Potreben podtlak v odvisnosti od končne vsebnosti ogljika pri izdelavi jekla 18/8.

Fig. 5

Operating range of VOD process. Necessary vacuum depending on the final carbon content in manufacturing 18/8 stainless steel.

S tem smo končali analizo poteka VOD oksidacije. Preostane nam še odgovor na vprašanje, kakšno stopnjo vakuumu potrebujemo v končni fazi oksidacije, če želimo doseči predpisano vsebnost ogljika pri maksimalno dovoljeni temperaturi 1700 °C in še vedno dobro tekoči žlindre ($a_{Cr_3O_4} = 0,25$ max.)

Računalniški program, ki smo ga izdelali, upošteva tudi to zahtevo. Odgovor, ki nam ga posreduje računalnik, je seveda odvisen od vsebnosti kroma in niklja v talini. Tako slika 5 predstavlja odgovor na to vprašanje, če izdelujemo jeklo 18/8. S slike vidimo delovno območje VOD postopka. ELC kvaliteto (z max. 0,03 % C) lahko izdelujemo le če je vakuum boljši kot 70 mbar. Za navadne kvalitete 18/8 pa zadošča že 0,10 bar. Intenzivno argoniziranje pri npr. 0,04 bar brez pihanja kisika bi nam torej moralo omogočiti izdelavo jekla 18/8 z manj kot 0,03 % C. Parcialni tlak CO znotraj mehurčka argona, ki se naglo dviguje skozi talino, je zaradi argona nižji, vendar je treba upoštevati tudi ferostatični tlak, ki ga izvaja talina. Ob nekaterih dodatnih predpostavkah kaže izračun, da je

p_{CO} znotraj takega mehurčka v tem primeru cca 0,08 bar, kar po diagramu na sliki 5 komaj še zadošča za dosego 0,03 % C. Stopnja vakuumu mora biti torej še dosti boljša in po podatkih iz literature (7) pri izdelavi ELC jekel uporabljamo tudi vakuum od 1—5 mbar. S tem se doseže bolj intenzivno mešanje taline in se hitreje doseže predpisani ogljik, medtem ko na parcialni tlak CO znotraj mehurčka argona in CO to ne vpliva. Premakne pa se pri tem ravnotežje C—O proti nižji vsebnosti ogljika v talini, podaljša se torej vakuumska dezoksidacija z lastnim ogljikom in s tem doseže nižji ogljik.

2. ZAKLJUČKI

— Izvedeni se termodinamični proračuni vsebnosti kisika v odvisnosti od temperature, parcialnega tlaka CO in sestave taline in žlindre, oziroma aktivnosti Cr, C in Cr_3O_4 .

— Izdelan je matematični model in na njegovi osnovi ustrezen računalniški program za žilavenje krom vsebujočih talin po VOD postopku.

— Izdelan je računalniški program kot osnova za uvajanje računalniškega vodenja oksidacije po klasični in VOD tehnologiji izdelave nerjavnih jekel, vključno z jekli vrste ELC.

3. Literatura

- Smajić, N.: Termodinamična analiza sistema Fe-Cr-C-O, I. del, Poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani, št. 639, 1978
- Smajić, N.: Termodinamična analiza sistema Fe-Cr-C-O, II. del, Poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani, št. 734, 1979
- Smajić, N.: Termodinamična analiza sistema Fe-Cr-C-O, III. del, Poročila Metalurškega inštituta v Ljubljani, št. 839, 1980
- Hilty, D. C. et al: Journal of the Iron and Steel Institute, June 1955, str. 116—128
- Crafts, W. in H. P. Rassbach: Journal of Metals, January 1952, str. 20—25
- Turkdogan, E. T.: Journal of the Iron and Steel Institute, November 1954, str. 278—283
- Meyer, H. et al: Stahl und Eisen, Nr. 23, 1979, str. 1315—1318
- Smajić, N.: Thermodynamics of Decarburisation of Chromium Containing Steel Melts, Proceedings of 5. CENIM Madrid, 6.—9. X. 1981

ZUSAMMENFASSUNG

Thermodynamische Voranschläge des Sauerstoffgehaltes in der Schmelze während der Oxydationphase bei der Erzeugung der nichtrostenden Stähle nach dem Duplexverfahren Lichtbogenofen — VOD Anlage sind durchgeführt worden. Auf Grund der thermodynamischen Analyse ausgearbeiteten Algorithmen sind bei der Herstellung eines Rechenprogrammes, für die Anwendung eines Mikrorechners angewendet worden, was die Ausrechnung des Einflusses der Temperatur, des CO Partialdruckes, der Vakuumierungs-

intensität, der Gehalte von Chrom, Kohlenstoff und Nickel auf die selektive Oxydation von Kohlenstoff und den Sauerstoffgehalt in der Schmelze bei verschiedener Cr_2O_3 Aktivität in der Schlacke möglich macht.

Die Ergebnisse stellen die Grundlage für die Einführung der Rechnergesteuerten Oxydation bei der Erzeugung nichtrostender Stähle nach dem Duplex Verfahren dar.

SUMMARY

Thermodynamic calculations of oxygen content in the melt during the oxidizing phase in manufacturing stainless steel by the modern duplex process of electric arc furnace and VOD set were made. Based on thermodynamic analysis the algorithms were made and applied in preparing the computer program for a micro-computer. Thus the evaluation of influence of temperature, CO partial pres-

sure, ie. vacuum intensity, of chromium, carbon, and nickel contents on the selective oxydation of carbon, and oxygen content in the melt with varying Cr_2O_3 activity in the slag was enabled.

The obtained result represent the basis for introduction of the computer control in manufacturing stainless steel by the duplex process.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнены термодинамические расчеты содержания кислорода в расплаве в течении окислительной фазы изготовления нержавеющей стали по современному дулекс способу: дуговая электропечь — ВРУ установка. На основании термодинамического анализа изготовленные алгоритмы послужили для разработки программы для вычислительной машины. Применение микросчетчика дает возможность выполнить расчет влияния температуры, углекислого давления CO оти, интенсивности вакуумирования, а

также влияние содержания углерода и легирующих элементов хрома и никеля на селективное окисление углерода и на содержание кислорода в расплаве при различной активности Cr_2O_3 в шлаке.

Результаты исследования служат как основа для введения программного управления окисления с вычислительной машиной при изготовлении нержавеющей стали дулекс способом.