

ŽELEZARSKI ZBORNIK

VSEBINA

	Stran
Arh Jože — Zvezarna Jesenice TEHNOLOGIJA IZDELAVE JEKLA V JEKLAR- NI II ŽELEZARNE JESENICE	57
Prešern Vasilij — Metalurški inštitut Ljubljana TEORETIČNA ANALIZA PROCESOV PRI VPI- HOVANJU CaSi V PONEV — I. DEL	65
Mlakar Franc, V. Tucić — Zvezarna Store RAZISKAVE ZA TERMICNO OBDELAVO VA- LJEV IZ INDEFINITE LITINE	71
Zalar Bogdan, B. Potočki, I. Wohinz — Metalurški inštitut Ljubljana STUDIJA MOŽNOSTI IZKORIŠCANJA FILTR- SKIH IN SORODNIH PRAHOV IZ PRETALJE- VALNIH AGREGATOV BARVNIH KOVIN IN ZLITIN BOGATIH NA CINKU	79

LETO 16 ŠT. 3 - 1982
ŽEZB BQ 16 (3) 57-84 (1982)

5815

ŽELEZARSKI ZBORNIK

IZDAJAJO ŽELEZARNE JESENICE, RAVNE, ŠTORE IN METALURŠKI INŠTITUT

LETO 16

LJUBLJANA

JUNIJ 1982

Vsebina	Inhalt	Contents	Содержание
stran	Seite	Page	
Jože Arh	Jože Arh	Jože Arh	Jože Arh
Tehnologija izdelave jekla v jeklarni II Železarne Jesenice	Technologie der Stahlzeugung im Stahlwerk II. des Hüttenwerkes Jesenice	Technology of steel-making in steel plant II of Jesenice ironworks	Технология изготовления стали в сталеплавильном цехе II металлургического завода Железарна Есенице.
57	57	57	57
UDK: 669.187.4	UDK: 669.187.4	UDK: 669.187.4	UDK: 669.187.4
ASM/SLA: D5, 1-73, D5g	ASM/SLA: D5, 1-73, D5g	ASM/SLA: D5, 1-73, D5g	ASM/SLA: D5, 1-73, D5g
Vasilij Prešern	Vasilij Prešern	Vasilij Prešern	Vasilij Prešern
Teoretična analiza procesov pri vplihovanju CaSi v ponev — I. del	Theoretische Analyse der Prozesse beim Einblasen von CaSi in der Pfanne — I. Teil	Theoretical analysis of processes in CaSi injection into ladle — Part I	Теоретический анализ процессов при вдувании в ковш-I часть.
65	65	65	65
UDK: 669.182.71:669.891	UDK: 669.182.71:669.891	UDK: 669.182.71:669.891	UDK: 669.182.71:669.891
ASM/SLA D8p	ASM/SLA D8p	ASM/SLA D8p	ASM/SLA: D8p
Franc Mlakar, V Tucić	Franc Mlakar, V Tucić	Franc Mlakar, V Tucić	Franc Mlakar, V. Tucić
Raziskave za termično obdelavo valjev iz indefinitne litine	Untersuchungen über die Wärmebehandlung der Walzen aus »Indefinite-chill« Gusseisen	Investigations on the heat treatment of rolls made of the indefinite-chill cast iron	Исследования к термической обработки валков из неопределенно отбеленного литея.
71	71	71	71
UDK: 669.131:621.78-97	UDK: 669.131:621.78-97	UDK: 669.131:621.78-97	UDK: 669.131:621.78-97
ASM/SLA: CI-n, M28p	ASM/SLA: CI-n, M28p	ASM/SLA: CI-n, M28p	ASM/SLA: CI-n, M28p
Bogdan Zalar, B. Potočki, J. Wohinz	Bogdan Zalar, B. Potočki, J. Wohinz	Bogdan Zalar, B. Potočki, J. Wohinz	Bogdan Zalar, B. Potočki, J. Wohinz
Študija možnosti izkoriščanja filtrskih in sorodnih prahov iz pretaljevalnih agregatov barvnih kovin in izlitiin bogatih na cinku	Studie über die mögliche Ausnutzung der Filter und ähnlicher Stäube aus Schmelzanlagen für Buntmetalle und Legierungen die reich an Zink sind.	The study on possibility to utilize the filter and similar dusts from remelting non-ferrous metals and alloys rich in zinc	Исследование к возможности использования фильтрующих и им сходных пылей из агрегатов переплавки цветных металлов богатых с цинком.
79	79	79	79
UDK: 669.2/48	UDK: 669.2/48	UDK: 669.2/48	UDK: 669.2/48
ASM/SLA: A8a, W2	ASM/SLA: A8a, W2	ASM/SLA: A8a, W2	ASM/SLA: A 8 a W 2

0258534

0258534

Tehnologija izdelave jekla v jeklarni II

UDK : 669.187.4

ASM/SLA: D5, 1—73, D5g

Joža Arh, S. Čop

Opisan je celotni tehnološki postopek za različne skupine jekel, ki jih lahko izdelujemo na enak način. Naštete so tudi naprave za proizvodnjo jekla, ki jih bomo imeli v novi jeklarni, kakor UHP električne obločne peči, stojišči za rafinacijo jekla v ponovci, TN naprava, VOD/VAD naprava in kontiliv.

V posebnih časovnih diagramih je prikazan ritem dela obeh peči skupaj z drugimi napravami in le enim kontilivom pri izdelavi najbolj značilnih vrst jekel. Izračunana je celotna kapaciteta nove jeklarne. Posebno so poudarjene zahteve, ki izvirajo iz moderne tehnologije do obzidave peči, obzidave ponovc, nujnost ločenja žlindre od jekla kot osnovnega pogoja za vso nadaljno metalurgijo v ponovci in nazadnje nujnost kontinuirnega vlijanja v sekvenci.

1. UVOD:

Tehnologija izdelave jekla je danes v principu lahko popolnoma drugačna, kot je bila še pred desetletji. Klasično čiščenje jekla suspenzij nekovinskih vključkov iz taline s pomočjo CO kot produktom reakcije med ogljikom in kisikom, ki s seboj odnaša nekovinske delce, ni več nujno potrebno. Talino je mogoče očistiti tudi zunaj peči v ponovci z intenzivnim izpiranjem le-te z inertnimi plini, pri čemer se največ rabi argon. Takšno tehnologijo je prvič uvedel v proizvodnjo D. Ameling v Hamburger Stahlwerke (1) in v novi elektrojeklarni železarne Thyssen Niederrhein v Oberhausnu.

UHP električne obločne peči, ki so za to tehnologijo posebno primerne, so postale res le samo talilni agregati. V peči je treba vložek le še raztaliti in odstraniti fosfor in ogljik in talino dovolj segreti za nadaljne operacije zunaj peči. Vse drugo se naredi v ponovci, to pa je rafinacija, od-

žveplanje, nastavitev kemične sestave in temperature. Se lažje gre, če so električni peči priključene naprave za ogrevanje jekla v ponovci. Da je takšna tehnologija mogoča, smo dokazali že sami z uvedbo skrajšane tehnologije izdelave dinamo jekel.

Ta nova tehnologija je vezana pravzaprav na en sam pogoj: oksidno pečno žlindro je treba ločiti od jekla. Konvertorji in električne obločne peči so zato najbolj primerni agregati. V konvertorjih je to ločenje znano, v EO pečeh pa se uveljavlja praksa, da se manjši del jekla z žlindro enostavno zadrži v peči, oziroma, da se v ponovco odlije le določena količina jekla. V peči pač raztalimo večjo količino jekla, kot jo rabimo, žerjavi pa morajo biti opremljeni z napravami za tehtanje.

Hidravlika za nagibanje peči pa mora biti grajena tako, da je mogoče pospešeno nagibanje peči nazaj.

Takšna tehnologija je praktično izvedljiva pri vseh ogljikovih jeklih, če pa imamo poleg EO peči še napravo za ogrevanje jekla v ponovci, pa lahko izdelujemo tudi malolegirana jekla.

Jeklarne, ki danes tako delajo, imajo priključene TN ali podobne naprave za odžveplanje in modifikacijo nekovinskih vključkov s CaSi v ponovci.

2. PROIZVODNI PROGRAM JEKLARNE 2:

Navajamo proizvodni program jeklarne 2, ki je objavljen v investicijskem programu.

Tab. 1 Proizvodni program jeklarne 2

Praksa kaže, da bomo morali biti strožji le pri vsebnostih žvepla pri malolegiranih in ogljikovih jeklih, in sicer je potrebno znižati maksimalno dovoljeno mejo v vsaki kvalitetni skupini za 0,005 %. Največja dovoljena količina žvepla pri kvalitetni skupini 3.2 in 3.1 je tako maks. 0,010 % S.

Tabela 1

Kvalitetne skupine	Vrsta jekla	Ton	
		očiščeni slabi	surovo jeklo
3.2	Jeklo za elektro pločevino maks. 0,01 % C, maks. 0,008 % S z dodatkom Al	95.000	101.600
3.3	Nerjavno jeklo Avstenitno z maks. 0,03 % C (20.000) Avstenitno z maks. 0,06 % C (7.000) Feritno z maks. 0,005 % S (13.000)	40.000	42.700
3.1	Maloogljično nesilicirano elektrotehnično jeklo z maks. 0,01 % C	28.000	30.000
3.2	Mikrolegirano konstrukcijsko jeklo Malolegirano jeklo (jekla za cementacijo in poboljš.)	60.000 35.000	64.000 37.400
2.2	maks. 0,025 % S 20.000 t		
3.2	maks. 0,010 % S 15.000 t		
3.1	Jeklo za globoki vlek maks. 0,05 C 9.000 t maks. 0,01 % C 10.000 t Ogljikova jekla	19.000 73.000	20.300 78.000
2.1	maks. 0,025 % S 30.000 t		
3.1	maks. 0,020 % S 20.000 t		
3.1	maks. 0,010 % S 23.000 t		
S k u p a j		350.000	374.000

3. SHEMA TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA:

Tehnologija izdelave jekla mora biti prilagojena kvalitetnemu programu jeklarni in iz tega izhajajočim zahtevam. Pri izbiri tehnologije, ki smo jo v principu določili že pred izbiro naprav, smo uporabljali vse doslej znane tehnološke dosežke in lastne izkušnje pri proizvodnji jekel iz našega kvalitetnega programa.

Mnenja smo in logično je, da je aplikacija naj-novejših tehnoloških, pa tudi znanstvenih dosežkov pri izdelavi jekel iz tako širokega in kvalitetnega programa, kot je naš, nujno potrebna, da si za naslednja desetletja zagotovimo kvalitetno in ceneno proizvodnjo. Tehnologija izdelave jekel mora vedno slediti hkrati kvalitetnim in ekonomskim pokazateljem.

3.1 Naprave za izdelavo jekla v jeklarni 2

Za izdelavo jekla bodo v jeklarni naslednje naprave:

1. 2 električni obločni peči za proizvodnjo 85 t tekočega jekla, moči 40/48 MVA,

2. stojišče za prepihanje jekla z argonom za korekturo sestave in temperature pri vsaki peči,

3. stojišče za sekundarno metalurgijo s TN napravo,

4. VOD/VAD naprava za oksidacijo, degazacijo, legiranje in ogrevanje jekla v vakuumu.

Za vlivanje pa:

ena enožilna kontinuirna livna naprava za slabe, debeline 140 do 250 mm in širine 800 do 1600 mm, krožnoločna $R = 10,5$ m.

3.2 Shematski prikaz izdelave posameznih kvalitetnih skupin:

Celotni kvalitetni program lahko razdelimo na pet kvalitetnih skupin, in sicer:

- nerjavna jekla,
- jekla za elektro pločevino,
- maloogljično jeklo za nesilicirano elektro pločevino z maks. 0,01 % C in jekla za specialni globoki vlek
- mikrolegirana jekla
malolegirana jekla
ogljikova jekla
- jekla za globoko vlečenje

Jekla iz vsake skupine bomo izdelovali po enakem tehnološkem postopku. Poudariti moram, da smo se pri postavitvi tehnološke sheme držali načela, da je obdelava jekla v vakuumu potrebna le za degazacijo, za oksidacijo nerjavnih jekel in za razogljichenje jekel za globoko vlečenje in elektro pločevino, za vse druge tehnološke operacije, kakor odžveplanje, korekturo kemične sestave, oziroma legiranje pa se bomo posluževali cenejših tehnoloških postopkov, kakor je TN postopek obdelave jekla z argonom in ogrevanje jekla v VAD enoti za nastavitev natančne temperature livanja.

4. SESTAVA VLOŽKA IN VPLIV LE-TEGA NA KVALITETO JEKLA:

Po klasičnih merilih mora biti vložek sestavljen tako, da imamo ob raztalitvi na razpolago dovolj ogljika, da se talina v času oksidacije očisti nekovinskih suspenzij.

V vložek zato dodajamo ogljik, v glavnem kot karburit, ker vsebuje najmanj škodljivega žvepla. Boljši je grodelj, ker je dodatek ogljika bolj zanesljiv, in s tem obenem redčimo škodljive spremljajoče elemente, kakor Cu, Cr, Ni, Sn.

V sodobni tehnologiji pa ogljik za čiščenje taline ni več nujno potreben, ker, kot smo rekli že v uvodu, talino lahko očistimo v ponovci.

Pač pa je določena količina ogljika potrebna, zato da z intenzivnim kuhanjem v času oksidacije odstranimo iz jekla dušik. Nekatere vrste jekel morajo imeti malo dušika. Sem v prvi vrsti spadajo jekla za globoko vlečenje in druga ogljikova jekla.

V jeklarni 2 bomo morali za redčenje škodljivih spremljajočih elementov bolj uporabljati reducirane pelete. Delo z večjo količino reduciranih

peletov od 40 do 70 % pa daje zaradi posebnosti pri taljenju — peneča žlindra in stalno kuhanje — jeklo z majhno vsebnostjo dušika.

Le tako lahko danes tudi v električnih obločnih pečeh izdelujemo kvalitetna jekla za globoko vlečenje, primer Sidbec — Dosco Kanada ali kvalitetna ogljikova jekla za patentirano žico, kot to delajo v Hamburger Stahlwerke.

Pregled sestave vložka po kvalitetnih skupinah

Vrsta jekla	Kvaliteta vložka
Nerjavna jekla	Lastni odpadki, čisti vložek za redčenje fosforja, FeCr, FeNi
Silicijeva jekla za elektro ploč., jekla za nesilicirano elektro pločevino	Lastni odpadki + staro železo, navadne trgovske kvalitete
Mikrolegirana jekla malolegirana jekla	lastni odpadki, trgovsko staro železo, železova goba
Ogljikova jekla	lastni odpadki, staro železo, železova goba do 40 %
Jekla za globoko vlečenje, navadna in specialna	lastni odpadki železova goba do 70 %

Kolikšen bo dejanski delež železove gobe, oziroma reduciranih pelet ali briket, bo odvisno od možnosti uvoza tega materiala.

5. Kapacitete naprav in način dela:

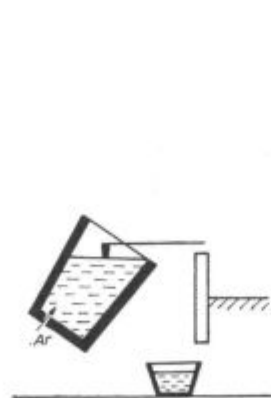
Talilni čas, in s tem zvezana kapaciteta EO peči, je odvisen od specifične moči transformatorjev. Pri moči transformatorjev 40/48 MVA in 85 ton tekočega jekla znaša talilni čas 73 minut.

1. Nerjavna jekla

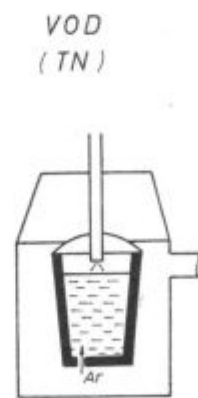
UHP - EOP



taljenje + oksidacija
do 0,4 % C



posnemanje žindre



oksidacija
razagličanje
redukcija žindre
odžveplanje
korektura sestave
in temperature



livanje

Slika 1

Shematski prikaz izdelave nerjavnih jekel

5.1 Nerjavna jekla:

Sem štejemo predvsem avstenitna in feritna nerjavna jekla, bodisi z zelo nizko vsebnostjo ogljika pod 0,03 % ali navadno vsebnostjo ogljika od 0,04 do 0,06 %.

Nerjavna jekla lahko delamo zaradi dolge obdelave jekla v VOD napravi le na eni peči.

Druga peč lahko izdeluje le jekla, ki ne zahtevajo vakuumske obdelave. Glej sliko 2.

Delo v peči: 35 minut popravilo + zakladanje
73 minut taljenje
40 minut oksidacija
20 min. redukcija žindre
5 min. prebod

TAP-TAP = 163 min. 2 uri 43 min.

Delo v VOD: 117 minut

Vlivanje + priprava KL: 73 minut (54 + 19)

Ritem dela določa peč, v kateri izdelujemo nerjavna jekla. Druga, v kateri izdelujemo nelegirano jeklo, lahko kljub krajši izdelavi šarže naredi enako število šarž kakor prva.

Letna proizvodnja = 42.700 t tekočega jekla

Število šarž na leto = 42.700 t : 85 t = 502

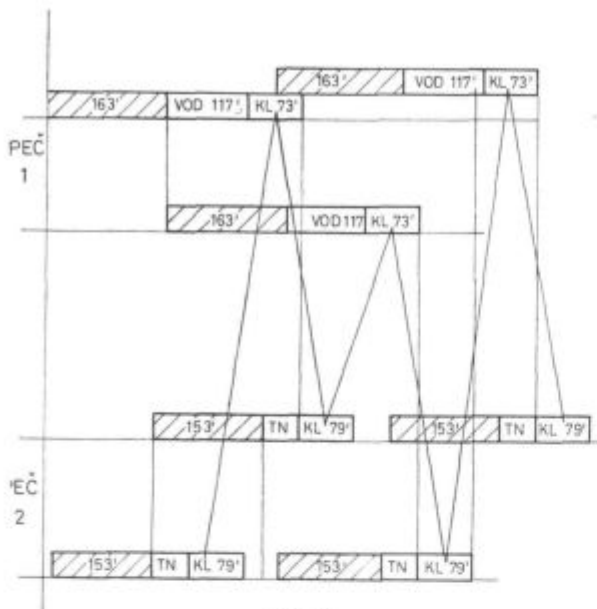
Število potrebnih proizvodnih dni v letu = 502 šarž/leto : 8,8 šarž/dan = 57

Potek vlivanja je ugoden. Med vlivanjem posameznih šarž je še ca 12 minut neizkoriščenega časa, oziroma je ta na razpolago za pripravo kontiliva.

Druga peč, ki dela nelegirana jekla, ima zaradi krajše izdelave v peči še 10 minut časa v rezervi, kar je tudi ugodno.

Fig. 1

Schematic presentation of stainless steel manufacturing



Slika 2

Prikaz trajanja posameznih faz izdelave nerjavnega jekla od električne obločne peči, VOD ali TN naprave do kontinuirnega vlijanja, usklajeno za obe peči

Fig. 2

Duration of single phases in stainless steel manufacturing from electric arc furnace, VOD and TN equipment to continuous casting, harmonized for both furnaces

Neugodno pri tem načinu dela pa je, da peči delata paralelno, torej talita obe hkrati, kar lahko povzroča močnejše redukcije in izpade proizvodnje.

2. Jekla za elektro pločevino

3. Maloogljeno jeklo za nesilicirano elektro pločevino max 0.01%C
Jeklo za specialni globoki vlek max 0.02%C

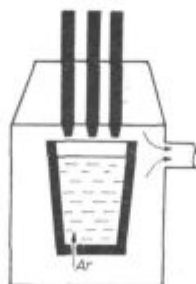
UHP - EOP

VAD

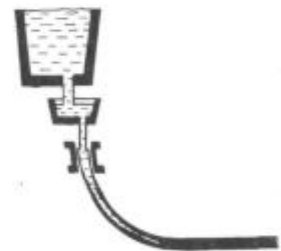
KL



taljenje + oksidacija
do 0.04%C



Razogličanje < 0.01%C
legiranje
odžveplanje < 0.01%S
korektura temperature



livanje

Slika 3

Shematski prikaz izdelave jekel za elektro pločevino legirano s silicijem in brez silicija in jekel za specialni globoki vlek

Fig. 3

Schematic presentation of manufacturing steel for electrical sheets, with and without silicon, and special deep drawing steel

5.2 Jeklo za elektro pločevino:

Sem spadajo jekla z manj kot 0,02 % C od 1,5 do 2 % Si.

Delo v peči:

- 73 minut taljenje
- 35 minut popravilo + zakladanje
- 40 minut oksidacije pregrevanje
- 5 minut prebod

TAP-TAP = 153 minut — 2^h 33 min.

Delo v VOD: 70 min.

Vlivanje + priprava KL: 80 min (61 + 19)

Število izdelanih šarž na dan je odvisno od časa vlijanja. Pri tem čas obdelave jekla v VOD napravi ne sme biti daljši od časa vlijanja + priprave za naslednje vlivanje. Glej sliko 3.

Posamično vlivanje

Število šarž na dan = 1440 min : 80 min = 18

Lastna proizvodnja 101.600 t

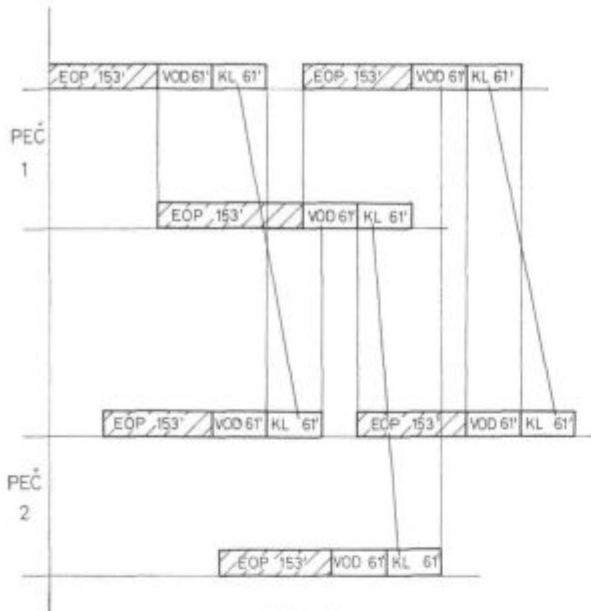
Število šarž na leto 101.600 t : 85 t = 1.195

Število potrebnih proizvodnih dni v letu za EKC = 1195 : 18 = 66,4

Sekvenčno vlivanje

Sekvenčno vlivanje dveh šarž je možno le, če je čas obdelave jekla v VOD krajši ali enak času vlijanja, to je 61 minut.

V vsaki peči lahko naredimo 9,4 šarže/dan — glej časovni diagram, v obeh pečeh 18,8 šarže/dan.



Slika 4

Prikaz trajanja posameznih faz izdelave jekla za elektro pločevino v električni obločni peči, VOD napravi in kontinuirnega vlivanja, usklajeno za obe peči

Fig. 4

Duration of single phases in manufacturing steel for electrical sheets from electric arc furnace, VOD equipment to continuous casting, harmonized for both furnaces

Število proizvodnih dni v letu za EKC = $= 1.195 : 18,8 = 64,0$

Sekvenčno vlivanje treh ali več šarž ni možno, ker je čas izdelave v peči predolg za 36 minut.

Ugodno pri izdelavi EKC jekel v obeh pečeh je, da so talilni časi med seboj premaknjeni in da obe peči talita skupaj le cca 35 min.

4. a) ali b): mikrolegirana jekla in malolegirana jekla
b) ogljikova jekla

UHP - EOP

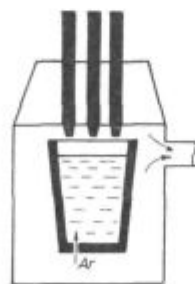
VAD

TN

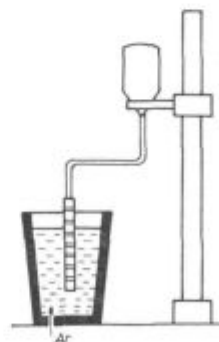
KL



- a) taljenje + oksidacija
b) taljenje, oksidacija, legiranje
prebod brez žlindre



- a) degazacija + legiranje
odžveplanje
ogrevanje



- b) odžveplanje
modifikacija nekovinskih vključkov



- livanje

Slika 5

Shematski prikaz izdelave mikrolegiranih, malolegiranih in ogljikovih jekel

5.3 Maloogljčno nesilicirano jeklo za elektro pločevino in jeklo za specialni globoki vlek:

V obeh primerih gre za jekla, ki naj imajo manj kot 0,02 % C in manj kot 0,010 % S brez Si, pomirjena z Al. Čas izdelave v peči je enak kakor pri silicijevem jeklu, čas obdelave v VOD je lahko krajši od siliciranega jekla, ker odpade legiranje.

Ta jekla lahko izdelujemo in vlivamo posamično ali v sekvenci po dve šarži.

Posamično vlivanje

Število šarž na dan 18.

Letna proizvodnja skupna 50.000 t.

Število šarž na leto $40.700 t : 85 t = 478$

Število proizvodnih dni v letu =

$= 478 \text{ šarž/leto} : 18 \text{ šarž/dan} = 26,6$

Sekvenčno vlivanje

Možno je sekvenčno vlivanje dveh šarž, enako kot pri EKC jeklih. V vsaki peči lahko naredimo 9,3 šarže/dan ali v obeh 18,6 šarže/dan. Število potrebnih proizvodnih dni v letu je $478 : 18,6 = 25,7$.

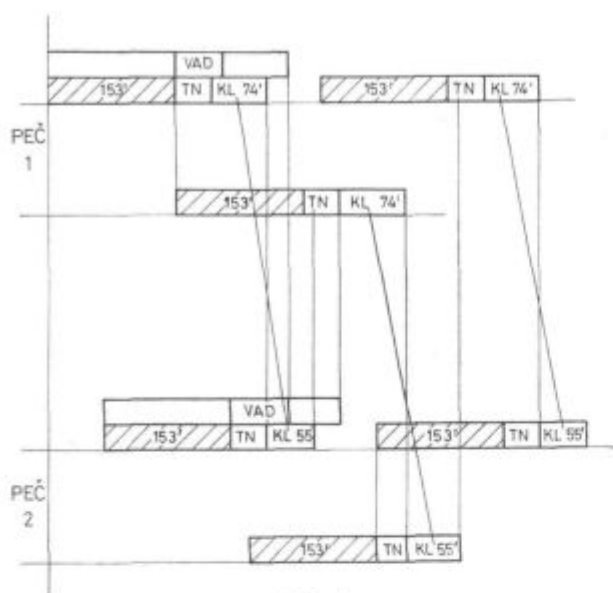
5.4 Mikrolegirana jekla, malolegirana jekla, ogljikova jekla in konstrukcijska jekla:

Poleg mikrolegiranih visokotrdnih jekel spadajo v to skupino malolegirana in ogljikova jekla za cementacijo in poboljšanje. Način izdelave bo za vse tri vrste jekel v principu enak. Jeklo bomo izdelali v peči po enožlindrnem postopku in ga nato dodelali, to je rafinirali in odžveplali na TN napravi s CaSi. Za večino jekel bo ta postopek zadosten.

Tiste vrste malolegiranih in mikrolegiranih jekel, ki so občutljiva na pline (vodik) in jih je treba degazirati, bomo dodelali v VAD napravi,

Fig. 5

Schematic presentation of microalloyed, low-alloyed, and carbon steel manufacturing



Slika 6

Prikaz trajanja posameznih faz izdelave mikrolegiranih, malolegiranih in ogljikovih jekel v električni obločni peči, TN napravi odnosno VAD napravi in kontinuirnega vlivanja

Fig. 6

Duration of single phases in microalloyed, low-alloyed and carbon steel manufacturing from electrical arc furnace, TN or VAD equipment to continuous casting

kjer poleg degazacije in dezoksidacije lahko jeklo legiramo in ogrejemo na potrebno livno temperaturo.

Delo v peči: 35 minut popravilo + zakladanje
73 minut taljenje
30 minut oksidacije + probe
5 minut prebod

TAP — TAP: 155 minut

5. Jeklo za globoko vlečenje C=0,05%

Delo v TN napravi: 30 minut
Delo v VAD napravi: 50 minut
Vlivanje + priprava KL: 55 + 19 = 74 minut

Tudi pri teh vrstah jekel je mogoče odliti dve šarži v sekvenci, pri ugodni kombinaciji VAD in TN postopka pa celo tri šarže v sekvenci, pri čemer je treba prvi dve šarži zadrževati v VAD napravi, tretjo pa izdelati pospešeno v TN napravi. Po tem pa se sekvenca pretrga, ker je delo v peči predolgo.

$$\text{Število šarž/dan} = 1440 \text{ min} : 153 \text{ min} = 9,4 \times 2 = 18,8$$

Letna proizvodnja: 179.400 t

Število šarž/letno: 179.400 t : 85 t = 2.110

Potrebno število proizvodnih dni v letu:

$$2.110 \text{ šarž/leto} : 18,8 \text{ šarž/dan} = 112,3$$

5.5 Jekla za globoko vlečenje s ca. 0,05 % C

Jekla za globoko vlečenje izdelujejo dandanes v glavnem konvertorske jeklarni, največ seveda v LD, medtem ko se dajo narediti najbolj kvalitetna jekla po OBM-postopku s pihanjem kisika skozi dno, pri katerem se da doseči najnižje vsebnosti dušika, tudi do 10 ppm.

Večino teh jekel so doslej izdelali kot ne-pomirjena, z vedno hitrejšim uvajanjem kontinuiranega vlivanja pa prevladujejo z aluminijem pomirjena jekla za globoko vlečenje.

Uporaba reduciranih peletov v elektro jeklarnah pa omogoča izdelavo tudi takih jekel, ki smejo imeti le malo dušika, kamor v prvi vrsti spadajo jekla za globoko vlečenje.

Železarna Sidbec Dosko v Kanadi, kjer v dveh UHP električnih obločnih pečeh izdelujejo taka jekla s 100 % uporabo reduciranih peletov, je tipičen primer za to.

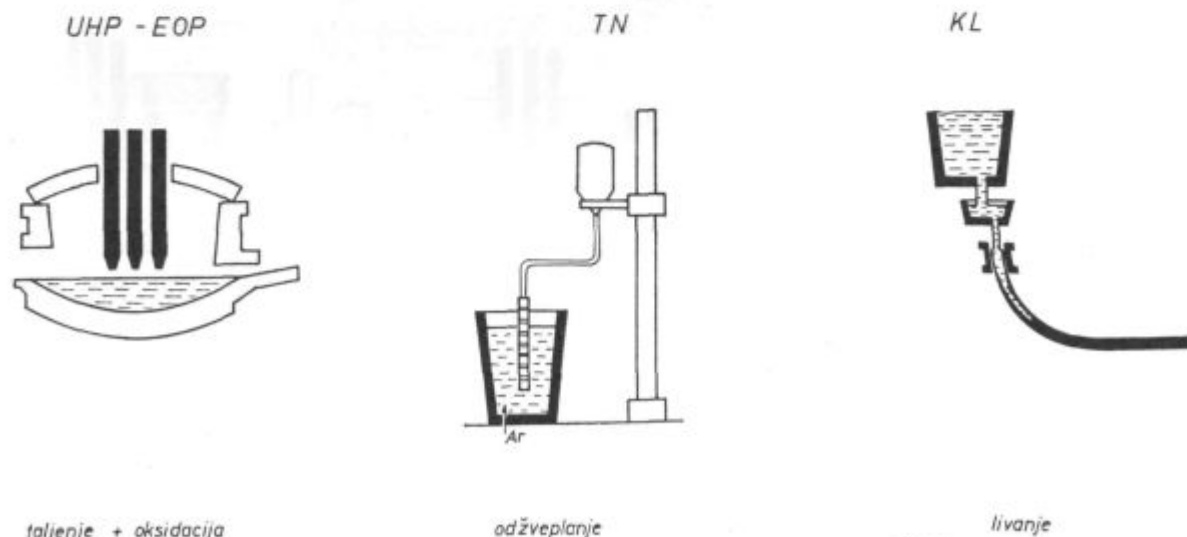


Fig. 7

Schematic presentation of deep drawing steel manufacturing

Slika 7

Shematski prikaz izdelave jekel za globoko vlečenje

Predvidevamo, da bi ta jekla izdelovali v obeh pečeh hkrati, kar bi nam omogočilo sekvenčno vlivanje dveh šarž. Jeklo bo treba odžveplati v TN napravi. V pošte v pride tudi dezoksidacija v VAD napravi.

Vedeti moramo, da spadajo jekla za globoko vlečenje med kvalitetna jekla in da zahteve po dobrih vlečnih, oziroma plastičnih lastnostih opravičujejo dezoksidacijo jekla v vakuumu. Čas obdelave v TN ali VAD napravi pa je enak.

Delo v peči: 150 minut

Delo v TN ali VAD napravi: 30 minut

Vlivanje + priprava: $54 + 19 = 73$ minut

Število šarž/dan: $1440 \text{ min} : 150 \text{ min} = 9,6 \times 2 = 19,2$ šarže

Letna proizvodnja: 9700 t

Število šarž/letno: $9700 \text{ t} : 85 \text{ t} = 114$

Potrebno število proizvodnih dni v letu:
 $114 \text{ šarž/leto} : 19,2 \text{ šarž/dan} = 6$

5.6 Skupna kapaciteta:

Za planirano proizvodnjo potrebujemo v navedenih pogojih naslednje število proizvodnih dni:
 $66,4 + 26,6 + 57 + 112,3 + 6 = 268,3$

Navedeno število 268,3 proizvodnih dni potrebujemo za proizvodnjo 350.000 t surovega jekla, oziroma očiščenih slabov ob idealnih razmerah. Na razpolago pa imamo po odštetju praznikov, hladnih in vročih remontov 300 delovnih dni. Faktor izkoriščenosti bo moral znašati $268,3 : 300 = 0,894$, to je precej visok, da bomo planirano proizvodnjo tudi dosegli.

6. LOČENJE JEKLA IN ŽLINDRE:

Najbolj pomemben pogoj za nadaljno obdelavo jekla v ponvi je, da ločimo žlindro od jekla. Zato je na razpolago več možnosti, kot je posnemanje žlindre v peči ali posnemanje žlindre v ponvi ali ločenje žlindre od jekla med prebodom.

Posnemanje žlindre v peči je možno le, če so peči opremljene z induktivnimi mešalci. Velike UHP peči navadno mešalcev nimajo. Razen tega je posnemanje žlindre zamudna operacija in ne pride v poštev.

Več je v rabi posnemanje žlindre iz ponovce. Predvsem je ta način v rabi pri nerjavnih jeklih, ki jih izdelujemo z oksidacijo v vakuumu.

Pri masovnih jeklih, ki jih dalje obdelujemo, bodisi samo na stojišču za argon ali po NT postopku, pa se uveljavlja način ločenja žlindre od jekla med prebodom. Poznamo tri velike elektro jeklarne, kjer zanesljivo delajo na ta način. To so Hamburger Stahlwerke, Thyssen Niederrhein v Oberhausnu in TEKSID v Torinu.

Pri tem načinu enostavno zadržijo del jekla in žlindro, ki je še ostala po oksidaciji v peči tako,

da peč potem, ko so odlili določeno količino jekla, pospešeno dvignejo nazaj. Peči so zato posebej prirejene.

Mnenja sem, da bi morali tako tehnologijo osvojiti tudi v jeklarni 2. Prav gotovo je to najbolj enostaven način, ki omogoča najhitrejši tempo dela pri najmanjši izgubi temperature.

Prebodna odprtina mora za to tehnologijo ležati globlje, kot je to pri naših pečeh danes, tako da sočasen iztok žlindre z jeklom sploh ni možen. Prebodno odprtino je v tem primeru potrebno zapirati podobno, kot to delamo v SM pečeh.

7. OGNJESTALNA OBZIDAVA PEČI:

Tehnologija, kakršno smo opisali, je izvedljiva le, če jeklo odlijemo dovolj vroče, to je z zadostno rezervo temperature za nadaljno obdelavo jekla v ponovci. To ne velja le za tista jekla, ki jih dalje obdelujemo v VAD napravi, ker tam jeklo lahko ogrejemo.

Temperature jekel v peči so praviloma nad 1700° . Res, da so temperaturne obremenitve v peči kratkotrajne, pa vendar zahtevajo posebne materiale, večinoma na osnovi krommagnezita in ogljika.

V stenah so normalno vodno hlajeni paneli.

Vodno hlajeni so tudi že oboki.

8. PONOVICE — NAČIN ZAPIRANJA IN OBZIDAVA:

Jeklo se zadržuje v ponovcih tudi po uro ali dve in tudi več, preden sploh začnemo vlivati. Jasno je, da je možen en sam način zapiranja, in to z drsnimi zapirali.

Vse ponovce morajo biti opremljene s kamni za preprihovanje z argonom. Ker mora ta sistem preprihovanja zanesljivo delovati, sta navadno v dnu kar dva argonska kamna.

Obzidava je lahko le bazična, in to keramično vezani dolomit, ker bomo delali jekla z zelo nizkimi ogljiki, ali krommagneziti. V pošte v pride tudi aluminatna obzidava v kombinaciji z magnezitno v žlindrni coni, in to za vsa jekla z izjemo nerjavnih.

Računamo, da bodo naše domače industrije, kot so Magnohrom, Gostivar in Šamot osvojile večino teh materialov. Sedanji rezultati so obetavni.

9. VLIVANJE:

Iz ekonomskih in tehnično-tehnoloških razlogov bi bilo zaželeno, da bi odlili čimveč jekla v sekvenci. Vedeti moramo, da so livni materiali, kot n. pr. potopljeni izlivki, zelo dragi, da so uvoženi in da je štednja mogoča le s sekvenčnim vlivanjem.

Tehnično-tehnološki problemi pri pogonu, oziroma na začetku vlivanja tudi niso zanemarljivi. In če upoštevamo še izkoristek jekla, je zahteva po sekvenčnem vlivanju utemeljena.

Tako kot kažejo časovni diagrami, bomo imeli pri tem hude težave, kajti specifične moči trans-

formatorjev so le premajhne, da bi peči delale dovolj hitro, tudi za sekvenčno vlivanje več kot dveh šarž.

Literatura

1. D. Ameling, Radex Rundschau Heft 1/2-1981, str. 426

ZUSAMMENFASSUNG

Die Technologie der Stahlerzeugung im neuen Elektro-stahlwerk welches in den nächsten Jahren in Jesenice gebaut wird, wird beschrieben. Die Basis bei der Auswahl der Technologie für das neue Stahlwerk waren: das zu erzeugende Qualitätsprogramm, die technologischen Leistungen in der Welt auf dem Gebiet der Stahlerzeugung, wie auch die Anforderungen des Marktes an diese Stähle und nicht zuletzt die reichen eigenen Erfahrungen, die wir mit der Erzeugung der Stähle aus dem angewendeten Qualitätsprogramm haben.

Im kurzen werden die Anlagen für die Stahlerzeugung und weitere Behandlung von Stahl in der Pflanze aufgezählt, wie zwei UHP Lichtbogenöfen, zwei Spülstände, eine TN Anlage für die Entschwefelung von Stahl und modifizierung von Einschlüssen, eine VOD/VAD Anlage und eine einsträngige Brammenstranggiessanlage.

Die VOD/VAD Anlage wird für die Erzeugung von nichtrostenden Stählen, für die Entkohlung von Dinamo Stählen und Sondertiefziehstählen, wie auch für die Entgasungsbehandlung der Wasserstoff empfindlichen Konstruktionsstähle angewendet. Für den grössten Teil der anderen vor allem Kohlenstoffstähle wird die Raffination und Entschwefelung in der Pflanze unter basischer Schlacke genügen. Nur für die höchsten Anforderungen wo extrem niedrige Schwefelgehalte und eine Modifizierung der Einschlüsse vor allem der sulfide verlangt werden, werden die Stähle einer TN Behandlung unterworfen.

Aus den Zeitdiagrammen ist der Arbeitsrhythmus der beiden Öfen vom Ofen bis zum Giessen und die Möglichkeit einer Sequenzgiess technik ersichtlich.

SUMMARY

The technology of steel making in the new electrical steel plant which will be in the nearest future built in Jesenice is described. The basis for selection of the technology for the new steel plant was the quality program of steels being manufactured in the new plant as well as the technological achievements in the world in this field together with the demands of the market for these steels, and the extensive own experiences with that program.

Shortly the equipment is presented, i.e. two UHP electric arc furnaces, equipment for steel refining in ladle, TN set-up, VOD/VAD set-up, and one singlestrand continuous casting machine for billets.

VOD/VAD set-up was used for manufacturing stainless steel (oxidation in vacuum), steel for electrical sheets and special deep drawing due to decarburization, and still for those low-alloyed steels which must be degassed. For the majority of other steel, mainly for carbon steel, the refining and desulphurisation in the ladle will be sufficient, while for special demands the steel will be additionally treated in the ladle by CaSi to further reduce the sulphur content, and to modify non-metallic inclusions, mainly sulphides.

Special time sheets present the rhythm of operation of both furnaces till casting, and the possibility of the sequence casting.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дано описание технологии изготовления сталей в новом будущем сталеплавильном цехе, который будет построен и оборудован в следующих годах в металлургическом заводе Железарна Есенице. При выборе технологии для этого сталеплавильного цеха как основание послужила качественная программа сталей, которые будут изготавливаться в новом цехе, мировые технологические достижения в области производства стали, также требования на эти стали со стороны мирового рынка и, конечно, богатые собственные опыты, которые касаются этой программы. Кратко перечислены устройства с которыми будет оборудован этот сталеплавильный цех, а именно: две дуговые электрические системы UHP, устройство для рафинирования стали в ковше, TN устройство для вдувания CaSi (система Thyssen-Niederrhein) устройство для вакуумного раскисления системы VOD/VAD приспособление одножильного непрерывного литья заготовок.

Посредством устройства VOD/VAD будет выполняться все производство нержавеющей сталей (окисление в вакууме), сталей для употребления в электрооборудовании и специальная глубоко-тянутая сталь вследствие обезуглероживания, также малометрированная сталь, которую надо дегазировать. Для большого числа остальных сталей будет достаточно рафинирование и обессеривание в ковше, или же в случае особых требований обработка с CaSi в ковше, с целью чтобы получить сталь с минимальным содержанием серы и выполнить модифицирование неметаллических включений, главным образом сульфидов.

На основании отдельных временных диаграмм приведена частота работы обеих печей, начиная от печи до разливки, а также возможность последовательной разливки стали.

Teoretična analiza procesov pri vpihovanju CaSi v ponev - I. del

UDK: 669.182.71 : 669.891
ASM/SLA: D8p

Vasilij Prešern

Prikazane so reakcije v sistemu jeklo-žlindra-vključek-CaSi pri vpihovanju drobnnozrnatega CaSi v tekoče jeklo v ponvi. S pomočjo termodinamičnih zakonitosti so obravnavane reakcije razžveplanja in dezoksidacije.

Pojasnili smo način nastajanja sulfidnih vključkov v jeklu po vpihovanju CaSi in razporeditev vključkov v kontinuirno odliti gredici.

Teoretične analize so aplicirane na rezultate industrijskih poskusov in dajejo osnovo za boljše razumevanje opisanih procesov.

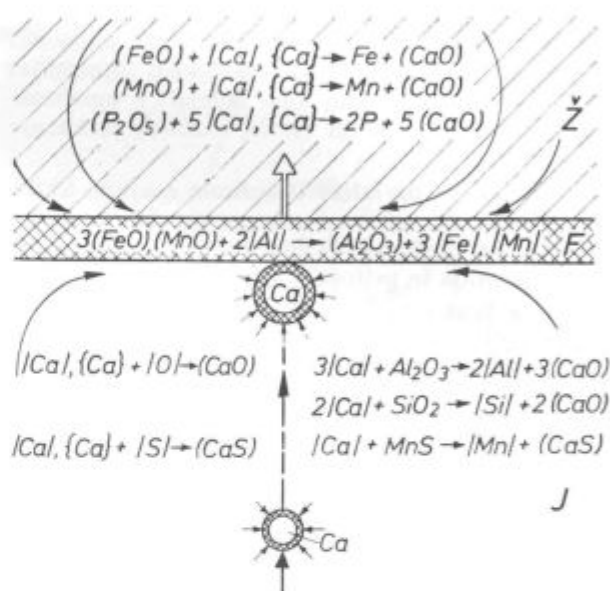
1. UVOD

Postopek vpihovanja drobnnozrnatega CaSi v jeklo predstavlja danes enega najbolj uspešnih postopkov izvenpečne rafinacije jekla. O prednostih takega postopka rafinacije jekla poročajo številne publikacije^{1, 2, 3, 4, 5}, naši poskusi v SŽ-Železarni Štore, SŽ-Železarni Jesenice in Železarni Sisak^{6, 7, 8, 9} pa so potrdili literaturne podatke in dali nekatere konkretne tehnološke parametre.

Pri tem postopku potekajo istočasno številne reakcije, katerih potek je lahko popolnoma neodvisen, lahko pa bistveno pogojen z ostalimi reakcijami. Zato želimo teoretično pojasniti nekatere reakcije, ki nastanejo ob vpihovanju CaSi v jeklo, in tak sistem aplicirati v industrijsko prakso, kar naj bi potrdilo pravilnost teoretičnih predpostavk. Danes si še vedno ne znamo povsem razlagati, kaj vse se pravzaprav dogaja v sistemu jeklo-žlindra-vključek-vpihani CaSi, in dobljeni rezultati večkrat močno odstopajo od pričakovanih. Zato menimo, da bo teoretična študija tega problema vsaj delno osvetlila številne neznanke, ki še spremljajo proces vpihovanja CaSi v jeklo.

2. SHEMA REAKCIJ

Reakcije, ki nastopajo pri postopku vpihovanja CaSi v jeklo, lahko razdelimo v več skupin. Shema sistema možnih reakcij prikazuje slika 1. V nadaljevanju si podrobneje oglejmo nekatere reakcije.



MI/V-81/882/1-6

Slika 1

Shema možnih reakcij v sistemu jeklo-žlindra-vključek-vpihani CaSi

Fig. 1

Scheme of possible reactions in the steel-slag-inclusion-injected CaSi system

3. RAZŽVEPLANJE IN DEZOKSIDACIJA

Ko vpihamo CaSi z nosilnim plinom argonom v jeklo, se del kalcija hipoma upari in se dviguje v jeklu nato kot plinski mehurček, del kalcija pa se topi v jeklu¹⁰ (max. 0,032 %). Parcialni tlak kalcija pri 1873 K (1600°C) je 1,86 bara (lit. 10):

$$\ln p_{Ca} = 17,111 - \frac{18482}{T} \quad (p \text{ v torr, } T \text{ v K})$$

Znano je, da ima kalcij bistveno večjo afinitev do žvepla in do kisika od večine elementov, ki so običajno v jeklu. Zato mora biti jeklo pred pričetkom vpihovanja CaSi dobro pomirjeno. Razdelitev žvepla ob ravnotežju med žlindro in jeklom običajno zapišemo z izrazom:

$$(O^{2-}) + [S] = (S^{2-}) + [O] \quad (1)$$

$$K = \frac{a_{(S^{2-})}}{a_{(O^{2-})}} \cdot \frac{a_{[O]}}{a_{[S]}} = \frac{\gamma_{(S^{2-})} (\% S)}{a_{(O^{2-})}} \cdot \frac{a_{[O]}}{f_{[S]} \cdot \% S} \quad (2)$$

$$L = \frac{(\% S)}{(\% S)} = K \cdot \frac{a_{(O_2)}}{\gamma_{(S_2)}} \cdot \frac{f_{S/}}{a_{O/}} = C'_S \cdot \frac{f_{S/}}{a_{O/}} \quad (3)$$

Razvidno je, da je za povečanje razžveplanja potrebna majhna aktivnost kisika v jeklu. Če je pred vpihovanjem vsebnost kisika odvisna od aluminija v jeklu, upoštevamo odvisnost:

$$2 /Al/ + 3 /O/ = (Al_2O_3) \quad (4)$$

in

$$a_{O/} = K_{Al} \cdot \left[\frac{a_{(Al_2O_3)}}{a_{Al}^2} \right]^{1/3} \quad (5)$$

$$\lg K_{O}^{Al} = \frac{64090}{T} - 20,40 \quad (\text{lit. 11}) \quad (6)$$

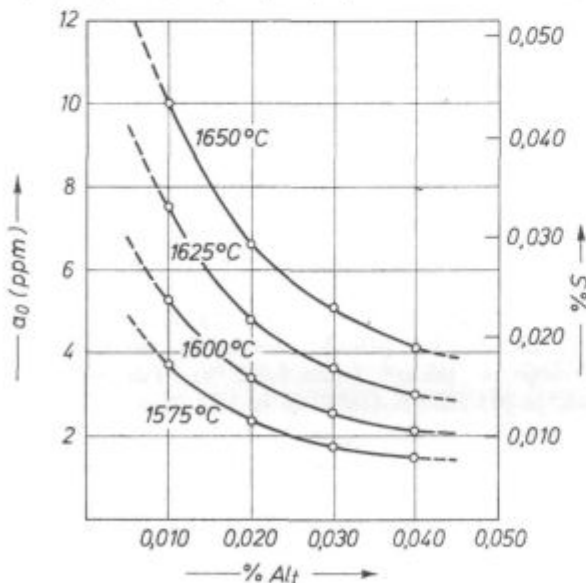
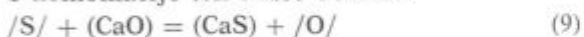
Pomembna je odvisnost ravnotežne vsebnosti žvepla od aktivnosti kisika (vsebnosti aluminija) in temperature. Izračun smo izdelali z upoštevanjem enačb /2/, /5/ in /6/ in rezultat prikazuje slika 2.

Razvidno je, da lahko dosežemo majhno aktivnost kisika, ki je osnovni pogoj, da je lahko majhna tudi vsebnost žvepla, le ob zadostni vsebnosti aluminija in primerni temperaturi.

Da bi lahko zasledovali obnašanje kalcija in njegov vpliv na reakcijo v jeklu, je potrebno poznati odvisnost med kalcijem, kisikom in žveplom. Če privzamemo, da igra pomembno vlogo pri teh reakcijah le kalcij, raztopljen v jeklu, moramo upoštevati enačbi:



S kombinacijo teh enačb dobimo:



MI/V-81/892/2-19

Slika 2

Ravnotežje v sistemu kisik (aluminij)-žveplo-temperatura

Fig. 2

Equilibrium in the oxygen (aluminium)-sulphur-temperature system

in ravnotežna konstanta te reakcije je:

$$K_O^S = \frac{a_{O/} \cdot a_{(CaS)}}{a_{S/} \cdot a_{(CaO)}} = \frac{(\% O) \cdot f_{O/} \cdot a_{(CaS)}}{(\% S) \cdot f_{S/} \cdot a_{(CaO)}} \quad (10)$$

$$\lg K_O^S = -\frac{5521}{T} + 1,50 \quad (\text{lit. 11}) \quad (11)$$

Z upoštevanjem Wagnerjeve enačbe

$$\lg f_O^x \sum = \sum_{i=1}^n e_i^O \cdot X_i \quad (12)$$

pa sledi:

$$\lg \frac{(\% O)}{(\% S)} = \lg K - \lg \frac{a_{CaO}}{a_{CaS}} - \lg \frac{f_O}{f_S} \quad (13)$$

kjer je (lit. 12):

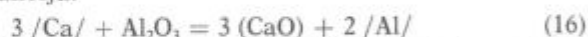
$$\lg f_O = -271 / \% Ca/ - 0,20 / \% O/ - 0,13 / \% S/ - 1,0 / \% Al/ - 0,03 / \% Mn/ \quad (14)$$

$$\lg f_S = -100 / \% Ca/ - 0,12 / \% O/ - 0,037 \% S - 0,025 / \% Mn/ \quad (15)$$

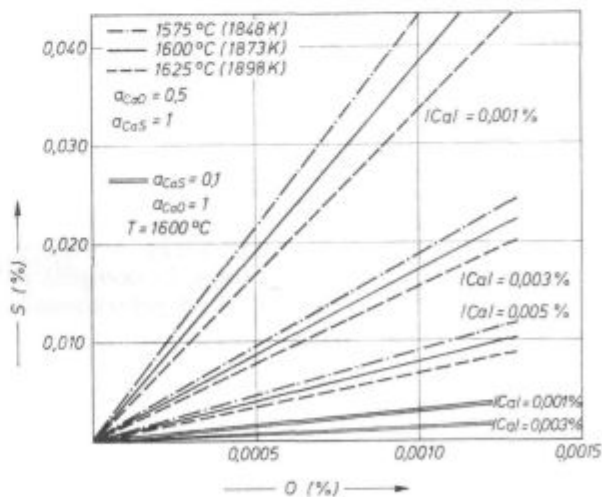
Na sliki 3 smo prikazali ravnotežno stanje z upoštevanjem enačb (11), (13), (14) in (15), pri čemer smo poleg vsebnosti kisika spreminjali temperaturo in aktivnost CaS. Da bi lahko pojasnili vpliv aktivnosti CaS in CaO na potek reakcij, s tem pa tudi na sestavo vključkov, si v nadaljevanju ogledimo krajše razmišljanje ob tem problemu.

4. TVORBA SULFIDOV

V jeklu, pomirjenem z aluminijem, poteka pri vpihovanju CaSi poleg reakcij (7) in (8) predvsem reakcija:



CaO, ki se tvori po enačbi (16), je prisoten v obliki lahko taljivega CaO-Al₂O₃ in aktivnost tega CaO je od 0,1 do 1. Ker pa obravnavamo istočasno tako



MI/V-81/892/3-20

Slika 3

Ravnotežje v sistemu kisik-žveplo-kalcij-temperatura

Fig. 3

Equilibrium in the oxygen-sulphur-calcium-temperature system

Tabela 1: Mehanizem tvorbe sulfidnih vključkov v tekočem jeklu in ob strjevanju

Količina topnega kalcija	Tekoče jeklo	Med strjevanjem
Majhna (< 1 ppm)	$a_{CaS} < 1$ CaO-Al ₂ O ₃ -CaS monofazni	Ca + S → CaS v CaO-Al ₂ O ₃ -CaS Preostali S → MnS ali je raztopljen v železu
Srednja (nekaj ppm)	$a_{CaS} = 1$ CaO-Al ₂ O ₃ -CaS + Cas dvofazni	Ca + S → CaS (se naloži na vključek CaO-Al ₂ O ₃ ali se izloči samostojno)
Velika (več 10 ppm)	$a_{CaS} = 1$ CaO-(Al ₂ O ₃)-CaS + Cas dvofazni	Ca + S → CaS (samostojno izločenje)

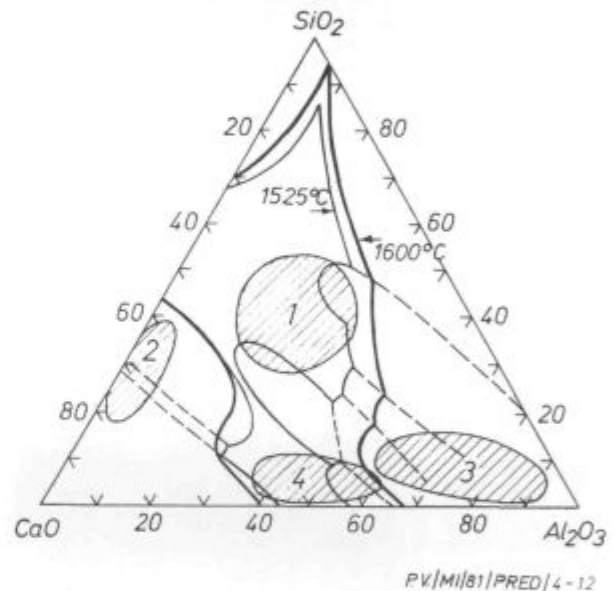
MI/V-81/892/5 -7

reakcijo razžveplanja kot dezoksidacije, lahko priznamemo, da je aktivnost CaO enaka 0,5. Razžveplanje poteka v prisotnosti kalcija po enačbi (7). Do kod poteka reakcija, pa je odvisno od vsebnosti kalcija in aktivnosti CaS (slika 3). Aktivnost CaS je odvisna od različnih pogojev in mehanizem tvorbe sulfidnih vključkov v tekočem jeklu in ob strjevanju prikazuje tabela 1.

Na primer, če imamo nad jeklom prisotno veliko žlindre, sestave CaO-Al₂O₃, bo ta žlindra absorbirala CaS in aktivnost CaS bo zato majhna in reakcija razžveplanja bo potekala tudi pri manjših vsebnostih kalcija, medtem ko pa je v primeru, če ni prisotne primerne žlindre, ki bi absorbirala CaS, aktivnost CaS enaka 1 in razžveplanje poteka le pri večji vsebnosti kalcija. Če ni žlindre CaO-Al₂O₃, ampak le vključki, sestave CaO-Al₂O₃, lahko taki vključki absorbirajo majhne količine CaS, toda večje količine CaS bodo prisotne v CaO-Al₂O₃ kot heterogene faze. Kot možno lahko priznamemo naslednjo razlago: vemo, da je topnost žvepla v jeklu neznatna, vendar je ob prisotnosti mangana cca 1 % možna topnost do 30 ppm. Če je v jeklu le malo kalcija, se bo tvoril CaS, preostalo žveplo pa bo v ravnotežju z manganom. Če poteka razžveplanje ob aktivnosti CaS manj kot ena in ob majhni vsebnosti kalcija, bo prišlo do tvorbe CaS, ki se izloča kot čisti CaS ali pa kot heterogena faza, oziroma okoli vključkov CaO-Al₂O₃. Preostalo žveplo se bo izločilo kot MnS, del pa bo lahko raztopljen v železu. Pri nekoliko večji vsebnosti kalcija (do 10 ppm) se pri strjevanju izloča CaS, ki se nalaga k CaO-Al₂O₃, ali pa se izloča samostojno kot CaS.

Kot smo že ugotovili, mora biti jeklo predhodno dobro dezoksidirano z aluminijem, da zagotovimo čim boljši učinek kalcija. Čeprav lahko dobimo z vpihovanjem CaSi tudi modificirane vključke v jeklih, pomirjenih s Si in Mn, je mnogo večji učinek razžveplanja pri predhodno pomirjenih jeklih z aluminijem.

Na sliki 4 so prikazane tipične sestave vključkov pri različni dezoksidaciji in vpihovanju CaSi¹³.



Slika 4
Sestava vključkov po vpihovanju CaSi

Fig. 4
Composition of inclusions after the injected CaSi

Razvidno je, da gre za štiri vrste različnih vključkov, ki so podrobneje opisani v tabeli 2.

Največkrat so najbolj zaželeni vključki iz področja 4. Z doseganjem sestave vključkov v področju 4 preprečimo tudi mašenje izlivkov zaradi tvorbe grozdov Al₂O₃ vključkov. Paziti pa je potrebno, da v jeklih z nižjo vsebnostjo aluminija ne vpihamo preveč kalcija, kajti lahko se tvorijo vključki Ca₂SiO₄ z visokim tališčem in pride do zamašitve izlivkov.

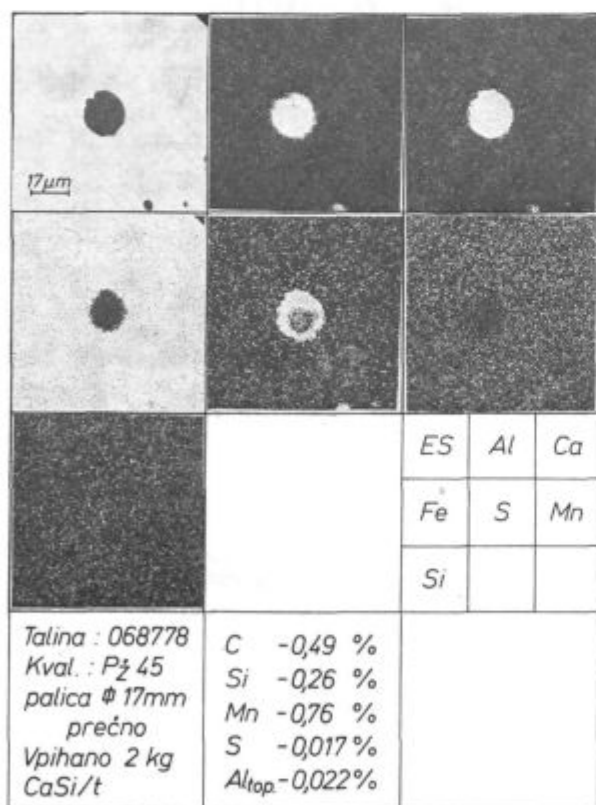
Pri naših dosedanjih poskusih smo imeli jeklo pomirjeno z aluminijem in smo že dokazali, da pride z vpihovanjem CaSi do tvorbe vključkov, tipa CaO-Al₂O₃ s CaS kožico (sl. 5).

Ti vključki so v področju 4 in so neplastični, kar pomeni, da se med predelavo drobijo, kar smo z našimi raziskavami že dokazali.

Tabela 2: Vpliv vsebnosti aluminija in količine vpihanega CaSi na vrsto vključkov

Al _{tot} %	CaSi kg/t	Vrsta vključka
< 0,005	< 1	Al ₂ O ₃ -CaO-SiO ₂ -MnO kompleksni oksidni vključki z MnS. Oksidi in sulfidi so zelo plastični. Območje taljenja: 1400—1500° C (področje 1 na sliki)
< 0,005	> 1	Ca ₂ SiO ₄ — kompleksni oksidni vključki z majhnimi količinami Al ₂ O ₃ . Prisotnost CaS. Neplastični vključki z območjem taljenja 1900 do 2100° C (področje 2 na sliki)
0,010	< 1	Al ₂ O ₃ -CaO-SiO ₂ — kompleksni oksidi, notranji del je največkrat Al ₂ O ₃ , lupina pa iz (Mn, Ca) S. Neplastični vključki z območjem taljenja 1600 do 2000° C (področje 3)
> 0,010	> 1	Al ₂ O ₃ -CaO kompleksni vključki, prisotnost CaS. Neplastični vključki. Območje taljenja 1350 do 1600° C. (področje 4)

MI/V-81/892/6 -14



Slika 5

Tipičen modificiran vključek po vpihovanju CaSi

Fig. 5

Typical modified inclusion after the injected CaSi

5. RAZPOREDITEV VKLJUČKOV V KONTINUIRNO ODLITI GREDICI

V jeklih, ki niso obdelana s kalcijem, so sulfidi prisotni kot MnS v meddendritnih conah. Ker se med strjevanjem mangan in žveplo koncentrirata v meddendritnih prostorih, se prične izločati manganov sulfid, ko je vsebnost obeh elementov tolikšna, da preseže topnostni produkt mangana in žvepla.

V primeru jekel, obdelanih s kalcijem, pa so ugotovili^{14,15}, da so prisotni globularni vključki tudi v dendritih. Delež sulfidov, ki so prisotni v dendritih, je ca 60 %. To dejstvo lahko razlagamo s tem, da so prisotni globularni raztaljeni vključki že v tekočem jeklu.

Zato je razporeditev vključkov v konti-gredici iz radikalne kontinuirne livne naprave odvisna že od vključkov, prisotnih v tekočem jeklu. Pokazalo se je, da je v zgornjem delu gredice precej več vključkov kot v spodnjem. Vzrok tega je, da je strnjena lupina preprečila izplavanje (izločanje) vključkov.

Vsebnost vključkov v tekočem jeziku, ki izplavajo po Stokesovem zakonu je prikazana z izrazom:

$$C_L = C_{LO} \exp -V_p \cdot t/H \quad (17)$$

kjer pomeni:

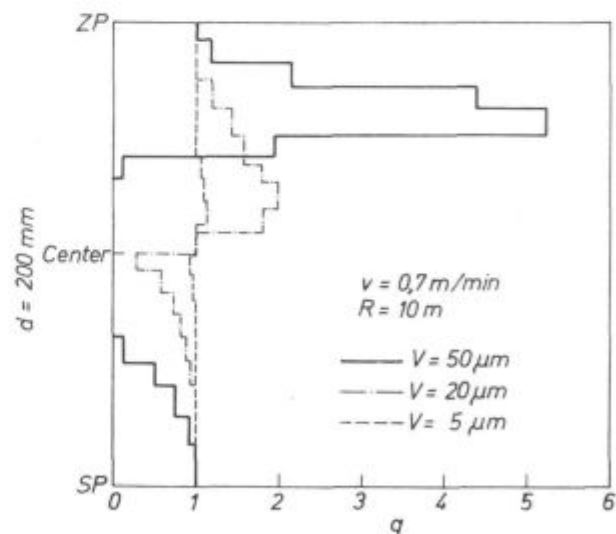
C_{LO} = vsebnost vključkov ob času t = 0

C_L = vsebnost vključkov ob času t

V_p = hitrost izloč. vključkov v stacionarni kopeli

H = globina v tekočem jeklu

t = čas



MI/V-81/892/6 -9

Slika 6

Teoretična razdelitev vključkov v kontinuirno odliti gredici (V = velikost vključka, v = hitrost litja, R = radij kontinuirne livne naprave)

Fig. 6

Theoretical distribution of inclusions in the continuously cast billet (V — inclusion size, v — casting rate, R — radius of continuous casting machine)

Z uporabo enačbe (17) v času $t = 5$ minut so izračunali¹¹ koncentracijo in razporeditev vključkov v konti gredicah iz radialnih konti-livnih naprav. Rezultat je prikazan na sliki 6.

Če je velikost vključkov manjša, se vključki razporejajo preko celega preseka in vrh se zniža. Pri velikosti vključkov $5 \mu\text{m}$ pravzaprav ni več izrazitega vrha. Pri dodatku dovolj kalcija v jeklu, pomirjenem z aluminijem, imamo že v jeklu tekoče vključke $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. Zelo drobni oksidni vključki zato brez težav koagulirajo in izplavajo iz tekočega jekla. Zato so preostali vključki $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ v jeklu zelo drobni.

Tudi z našimi rezultati smo potrdili teoretične predpostavke. Podrobno smo analizirali razdelitev vključkov v treh talinah, obdelanih s CaSi. Rezultati so prikazani na sliki 7.

Razvidno je, da je najugodnejša razporeditev in najmanjše število vključkov pri talini 068778, v katero smo vpihali največ CaSi (2 kg CaSi/t). Očitno so v tej talini tudi najbolj drobni vključki, saj je analiza na REM pokazala, da vključki v talini 068778 niso večji od $5 \mu\text{m}$. Zato lahko trdimo, da se rezultati analize razporeditve vključkov praktično odlično ujemajo s teoretičnimi predpostavkami.

6. ZAKLJUČKI

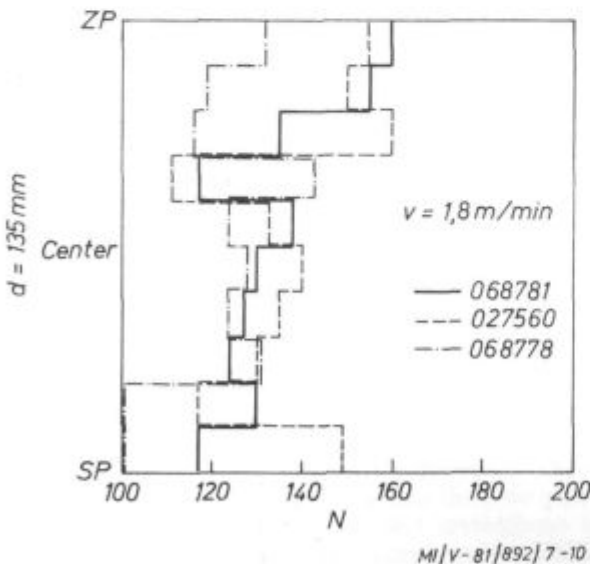
Poskušali smo teoretično pojasniti potek nekaterih reakcij v jeklu zaradi postopka vpihovanja drobnozrnatega CaSi. Opisali smo reakcijo razžveplanja in dezoksidacijo, nastajanje sulfidnih vključkov v jeklu in razporeditev vključkov v kontinuirno odliti gredici. Najvažnejši zaključki pri tem so:

- določena je termodinamična odvisnost med vsebnostmi žvepla, kalcija, kisika, aluminija in temperaturo,
- pojasnjen je vpliv aktivnosti CaO in CaS, oz. sestave žlindre na vrsto vključkov,
- prikazan je mehanizem tvorbe vključkov v odvisnosti od vsebnosti aluminija in količine vpihanega CaSi, oz. vsebnosti kalcija v jeklu,
- razložena je razporeditev vključkov po preseku kontinuirno odlite gredice na radialni kontinuirni livni napravi. Z aplikacijo lastnih rezultatov smo pritrldili teoretične predpostavke in ugotovili, da pride pri vpihovanju zadostne količine CaSi v jeklo, pomirjeno z aluminijem, do tvorbe lahko taljivih vključkov $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. Ti vključki brez težav koagulirajo in izplavajo iz taline. Tudi preostali vključki $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ v jeklu so zelo drobni.

Dobljeni izsledki so del celotnega modela procesov pri vpihovanju CaSi v jeklo. Potrebna je še teoretična analiza nekaterih ostalih faz tega postopka in kot celota bo to predstavljalo kompleksen termodinamični model reakcij pri vpihovanju CaSi.

Literatura

1. Gammal El Tarek: »Einschlussmodifikation durch geeignete Entschwefelungs und Desoxidationsmittel« Radex-Rundschan (1981), Heft 1/2, s. 380—390.
2. Wada K. et al: »Investigation of desulphurization and deoxidation in injection metallurgy«. Scaninject II Lulea, Sweden (1980), June 12.—13., s. 21:1—21:15.
3. Gustafsson S.: »On the interaction between some strong deoxidizers, e.g. calcium and oxygen in liquid iron«. Scaninject II Lulea, Sweden (1980), June 12.—13., s. 23:1—23:19.
4. Abratis Horst und Langhammer Hans: »Behandlung von Stahlschmelzen in der Pfanne mit Feststoffen«. Radex-Rundschan (1981), Heft 1/2, s. 436—443.
5. Förster Eekhard et al: »Desoxidation und Entschwefelung durch Einblasen von Calciumverbindungen in Stahlschmelzen und ihre Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften an Grobblechen«. Stahl und Eisen (1974), Heft 11, s. 3—14.
6. Prešern Vasilij: »The influence of slag Composition on CaSi injection into the ladle«. Scaninject II Lulea, Sweden (1980), June 12.—13., s. 14:1—14:22.
7. Prešern Vasilij in sodelavci: »Kakovostne izboljšave neprekinjeno ulitih gredic in nekaterih jekel za preoblikovanje v hladnem z vpihovanjem CaSi«. XXVII. posvetovanje strokovnjakov črne in barvne metalurgije ter livarstva Slovenije, Portorož, 9.—10. oktobra, 1980.
8. Prešern Vasilij, Ferketič Vlado: »Pfannenbehandlung flüssigen Stahles durch Einblasen von CaSi«. XXXI. Berg und Hüttenmännischer Tag, 24. Juni bis 27. Juni 1980, Freiberg, DDR.
9. Prešern Vasilij, Deželak Tine: »Vpliv rafinacije v ponvi na potek strjevanja konti gredic dimenzije $140 \times 140 \text{ mm}$ «. Poročilo Met. inštituta, nal. 817, december 1980.
10. Knüppel H.: »Desoxydation und vakuumbehandlung von Stahlschmelzen«. Stahleisen M. B. H., Düsseldorf 1970.



Slika 7

Razdelitev vključkov v kontinuirno odlitih gredicah v SZ Zelezarni Jesenice (ZP-zgornja ploskev, SP-spodnja ploskev) Fig. 7

Distribution of inclusions in the continuously cast billets in Jesenice Ironworks (ZP — upper face, SP — lower face)

11. Kulikov I. S.: »Raskislenie metallov«. Izd. »Metallurgija«, Moskva (1975), s. 182.
12. Takamasa Ohno et al.: »A Discussion on the Mechanism of Sulphide Shape Control with Ca Addition«. 99th ISIJ Meeting, April 1980, Lecture No. s. 261.
13. Tähtinen K., R. Vainola: »Use of ladle injection treatment at a mini steel plant«. Steel 80's International Symposium on modern developments in steelmaking, Jamshedpur, India, 16.—18. february, 1981.
14. Narita K. et al: Tetsu to Hagane, 64 (1978), s. 118.
15. Ikeda T. et al: »Shape Control Mechanism of Nonmetallic Inclusions by Calcium Treatment«. The Sumitomo Search, No. 22, November 1979, s. 58—71.

ZUSAMMENFASSUNG

Ein Teil des Systemes der Reaktionen beim Einblasen von CaSi in den Stahl in der Pfanne wird beschrieben. Die wichtigsten Ergebnisse sind die Bestimmung der thermodynamischen Abhängigkeit zwischen dem Gehalt von Schwefel, Kalzium, Sauerstoff, Aluminium und der Temperatur, Einfluss der CaO und CaS Aktivität auf die Art und Zusammensetzung der Einschlüsse, Bildungs-

mechanismus der Einschlüsse und eine Klärung der Einschlussverteilung im Querschnitt des Stranggegossenen Knüpples. Die theoretische Erklärung der Prozesse ist mit den Ergebnissen einiger Industrierversuche verglichen worden und die Richtigkeit dieser Voraussetzung dadurch bestätigt worden.

SUMMARY

Some reactions occurring in injection of fine powdered CaSi into ladle are described. The most important conclusions are the determination of thermodynamic correlations between the sulphur, calcium, oxygen, and aluminium contents and the temperature, the influence of the CaO and CaS activities on the type and composition

of inclusions, the mechanism of the inclusion formation, and the explanation of the distribution of inclusions across the cross section of continuously cast billet. Theoretical explanations of processes were compared by the results of some industrial tests, and thus the validity of suppositions was determined or confirmed.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дана часть описания системы реакций при вдувании мелкозернистого CaSi в сталь. Самые важные заключения представляет определение термодинамической зависимости между содержанием серы, кальция, кислорода, алюминия и температуры, также влияния активности CaO и CaS на вид, отн. на состав включений. В работе также рассмотрен механизм образования включений и

пояснено размещение включений по сечению в непрерывно отлитых заготовках. Теоретическое объяснение процессов сравнено с некоторыми испытаниями установленными в промышленности. На этом основании определена, отн. подтверждена исправность описанных предположений.

Raziskave za termično obdelavo valjev iz indefinitne litine

UDK: 669.131:621.78—97
ASM/SLA: CI-n, M28p

Franc Mlakar, V. Tucic

»Indefinite-chill« valji se v glavnem rabijo za vroče valjanje pločevine. Ti valji morajo imeti čim višjo trdoto pri določeni žilavosti. Po ulivanju imajo valji iz te litine nestabilno metalografsko strukturo, zato je nujna termična obdelava pred uporabo. V članku smo opisali raziskave različnih termičnih obdelav indefinitne litine.

UVOD

Indefinitna litina, s tujko »indefinite chill«, ki jo proizvajajo v železarni Štore, se uporablja za ulivanje valjev. Glede na stopnjo legiranja indefinitne valje delimo v tri razrede trdot:

Oznaka železarne Štore	Trdota (ShC)	Primerjalna trdota v HB
IN-D-60	55—65	400—450
IN-D-65	60—70	440—500
IN-D-75	70—80	500—600

Indefinitni valji se v glavnem uporabljajo v valjarnah toplovaljanih trakov. Na reverzirnih ogrodjih polkonti valjarn se uporabljata kvaliteti IN-D-60 in IN-D-65, medtem ko na končnih konti ogrodjih polkonti prog vgrajujejo valje, kvalitete IN-D-75. Ista kvaliteta se uporablja tudi na reverzirnem ogrodju Steckel.

LASTNOSTI INDEFINITNE LITINE

Že sama beseda »indefinite Chill« pove, da ima takšen valj nedoločljivo makrostrukturo od delovne površine proti globini. Za primerjavo moramo vzeti trde valje — valje s trdo oblo —, kjer s prostim očesom zelo dobro ločimo delovno plast od jedra valja. Ti valji imajo plast sestavljeno iz ledeburita in perlita, brez izločenega grafita. Zato je ta plast svetla in jo imenujemo bela plast. Jedro teh valjev pa je sestavljeno iz perlita in lamelarne grafit. Zato je sredina valja sive barve. Prehod med belo (delovno) plastjo in jedrom je zelo oster. To lahko sklepamo tudi po padcu trdote (Dia.1).

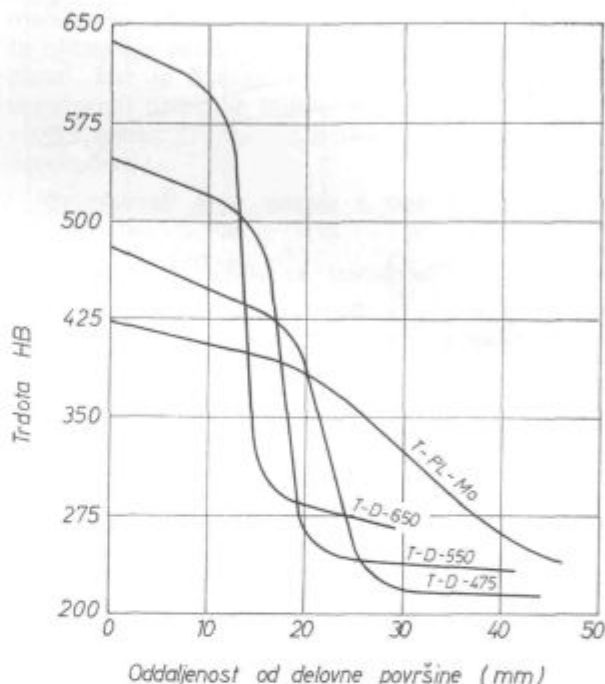


Diagram 1

Padec trdote v oddaljenosti od delovne površine pri valjih s trdo oblo

Diagram 1

Hardness reduction as the function of distance from the working surface for chilled rolls

Pri indefinitnih valjih te meje med belo plastjo in jedrom s prostim očesom ne moremo ločiti. Bela plast postopoma prehaja v sivo jedro. Zaradi tega je tudi padec trdote manj izrazit kot pri trdih valjih (Dia. 2).

Vzrok za to je, da indefinitni valji vsebujejo določeno količino izločenega grafita, katerega delež postopoma raste proti globini.

Ne glede na način taljenja in modificiranja, dosežemo z legiranjem s kromom in nikljem »indefinite chill« strukturo. Za izboljšanje toplotne odpornosti pri eksploataciji valjev se dodaja molibden ali pa tudi titan in vanadij. Zaradi visokih vsebnosti kroma, niklja in molibdena je metalografska struktura pretežno sestavljena iz ledeburita in bainita, z vedno večjim deležem interdendritsko usmerjenega grafita proti notranjosti

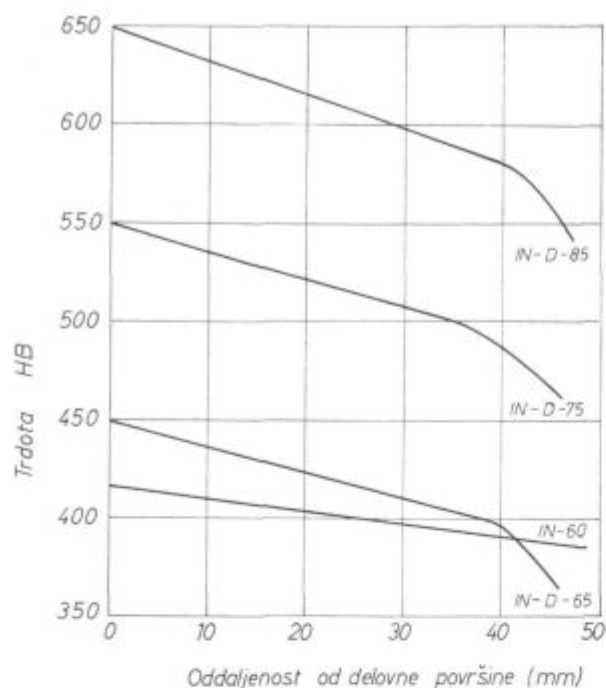


Diagram 2

Padec trdote v oddaljenosti od delovne površine pri »indefinite-chill« valjih

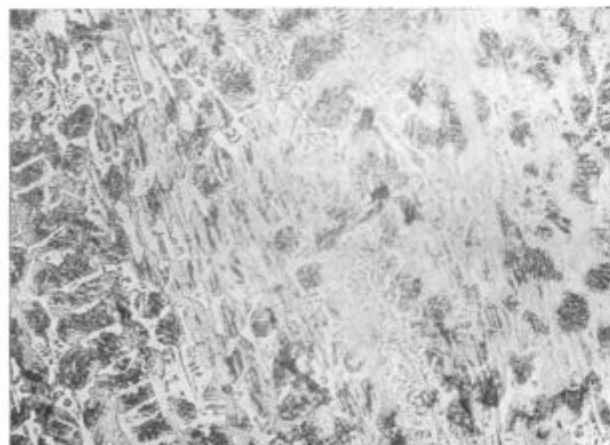
Diagram 2

Hardness reduction as the function of distance from the working surface for indefinite-chill rolls

odlitka. To strukturo pa pogojuje tudi hitra ohlajitev taline ob steni kokile (slike 1, 2 in 3).

IZHODIŠČA ZA IZBIRO POSKUSOV

Tehnologija izdelave livarskih kalupov, izdelave talin in termična obdelava s področja proizvodnje valjev je zelo slabo zastopana v tehnični literaturi. Vzroki za to so v visoki ceni tovrstnih odlitkov in

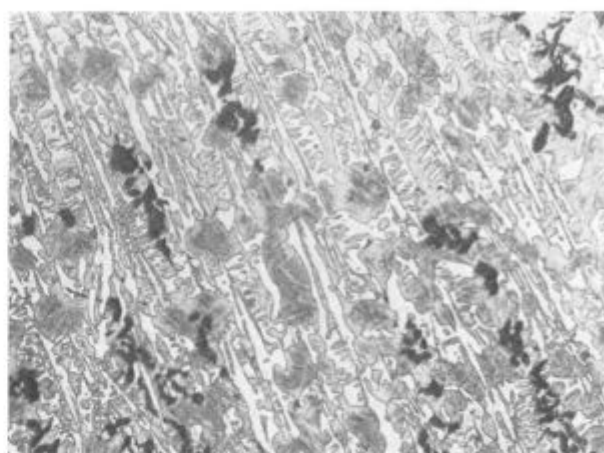


Slika 1

Metallografška struktura na delovni površini »indefinite-chill« valja — povečava 100 ×, nital

Fig. 1

Metallographic structure of the working surface of indefinite-chill roll. Magnification 100 ×, Nital



Slika 2

Metallografška struktura v globini 20 mm od delovne površine »indefinite-chill« valja — povečava 100 ×, nital

Fig. 2

Metallographic structure 20 mm below the working surface of indefinite-chill roll. Magnification 100 ×, Nital

konkurenčni bitki med posameznimi proizvajalci. Vsaka livarna valjev skuša ustvariti svoje raziskovalne vire, katerih izsledke nato izkoristi v proizvodnji, da bi dosegla boljšo vzdržnost valjev in s tem večji uspeh v konkurenčni tekmi med proizvajalci valjev v svetu. Zato so vsi raziskovalno-tehnološki izsledki tajnost samega proizvajalca in le redko zaidejo na strani tehnične literature.

Ena od faz izdelave indefinitnega valja je termična obdelava. Za termično obdelavo je od začetka proizvodnje teh valjev v Štorah prevladovala zahteva po odpravi notranjih napetosti, ki so posledica ulivanja. Po navodilih nekega tujega strokovnjaka je to napetostno žarjenje potekalo pri 430° C.



Slika 3

Metallografška struktura v globini 40 mm od delovne površine »indefinite-chill« valja — povečava 100 ×, nital

Fig. 3

Metallographic structure 40 mm below the working surface of indefinite-chill roll. Magnification 100 ×, Nital.

K trditvi, da gre pri tej termični obdelavi zgolj za odpravo notranjih napetosti, sta se pojavila dva dvoma:

- literatura navaja precej nižje temperature žarjenja za odpravo notranjih napetosti,
- trditve strugarjev pri mehanski obdelavi valja o boljši obdelovalnosti termično obdelanih valjev od tistih, ki niso bili napetostno žarjeni.

L. Hütter navaja, da trdota indefinitnih valjev narašča z večanjem mangana, kroma in niklja. Pri tem poudarja, da silicij bistveno ne vpliva na trdoto. Metalografska struktura naj bi pri teh kemičnih sestavah bila ledeburitno-martenzitna.

J. Thieme pa navaja, da je struktura indefinitnih valjev ledeburitno-avstenitno-bainitna. To dokazuje z rezultati preiskav, ko zasleduje avstenitno-bainitni del strukture pri različnih temperaturah žarjenja. Z rastočo temperaturo žarjenja prehaja avstenitno-bainitna struktura v območje zgornjega in spodnjega bainita. Pri različnih ter-

mičnih obdelavah dobi Thieme povečano trdoto vzorcev pri temperaturi žarjenja okrog 500°C. (Dia. 3)

OPIS POSKUSOV

V našem delu smo se odločili za iskanje najbolj primerne temperature toplotne obdelave in optimalnega časa žarjenja na delovni temperaturi.

Za preiskave smo uporabili kokilne vzorce, ki se uporabljajo v redni proizvodnji za ocenitev uspešnosti priprave taline. Kokilni vzorci se ulivajo na kokilno ploščo pred ulivanjem valja. Iz njihovega preloma se da ugotoviti globina bele plasti, kar je livarju vodilo o uspešnosti ali neuspešnosti priprave taline. Poleg tega ima kokilni vzorec enako trdoto, oz. padec trdote, kot jo ima potem valj.

Preiskovali smo vzorce z naslednjo kemično sestavo:

C — 3,20 %	Cr — 1,29 %
Si — 0,93 %	Ni — 3,70 %
Mn — 0,55 %	Mo — 0,47 %
P — 0,035 %	Ti — 0,073 %
S — 0,065 %	

Valj s to kemično sestavo ima na površini 540—600 HB.

Kokilne vzorce smo žarili v laboratorijski žarilni peči. Žarjenja so bila enostopenjska z ohlajanjem v zaprti peči. Trdote smo merili na stroju za merjenje trdot po Vickersovem načinu. Vse meritve trdot smo potem zaradi hitrejše primerjave z rezultati iz proizvodnje, kjer trdote valjev merimo po Shoreju ter primerjamo te vrednosti z Brinellom, pretvorili v stopinje Brinella (HB).

Glede na padec trdote od delovne površine proti globini valja smo določili vedno ista mesta merjenja trdot, in sicer 5,15 in 25 mm od spodnjega roba kokilnega vzorca, oz. od kokilne plošče.

VPLIV TEMPERATURE IN ČASA TOPLLOTNE OBDELAVE NA TRDOTO IN STRUKTURO KOKILNIH VZORCEV

Kokilne vzorce smo termično obdelali na temperaturah med 200 do 700°C. Žarjenje je trajalo dve uri na delovni temperaturi. Ohlajanje je potekalo v zaprti peči (Dia. 4).

Merjenje trdot je pokazalo, da trdote do temperature žarjenja 350—400°C padajo. Po tej temperaturi pa pride do porasta trdote, ki ima svoj maksimum pri 500°C. Pri temperaturah nad 500°C trdota zopet začne padati (dia. 5). Oblika krivulj je podobna za vsa tri mesta merjenja trdot. Razlika je samo v tem, da je interval trdot širši do temperature okrog 400°C, pri višjih temperaturah pa je precej ožji.

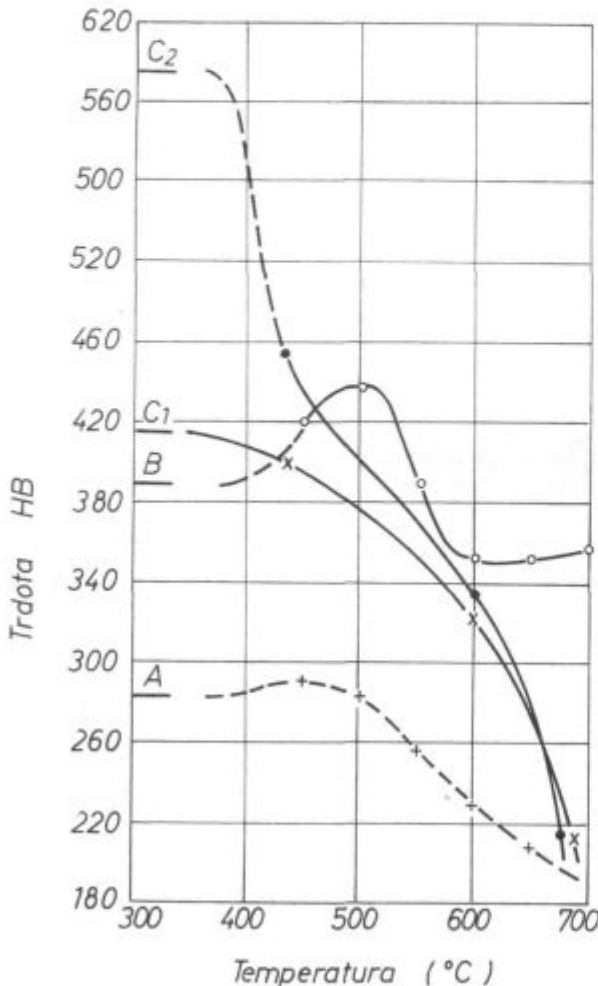


Diagram 3

Vpliv temperature žarjenja na trdoto vzorcev iz avstenitno-bainitne strukture po J. Thiemeju

Diagram 3

Influence of annealing temperature on the hardness of samples of austenitic-bainitic structure by J. Thieme

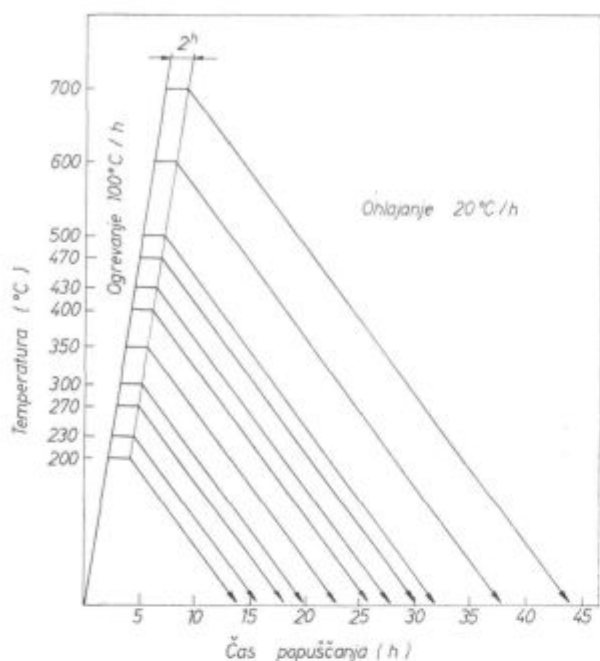


Diagram 4
 Žarjenje kokilnih vzorcev, čas 2 uri
 Diagram 4
 Annealing of mould-cast samples, 2 hours

Podobni diagrami so poznani za orodna, oz. hitroreznna jekla, ki imajo martenzitno strukturo z zaostalim avstenitom. Pri višjih temperaturah popuščanja teh jekel pride do pretvorbe zaostalega avstenita in izločanja karbidov, ki povzročajo povišanje trdote. To je tako imenovana izločevalna utrditev.

Metalografska preiskava nežarjenega kokilnega vzorca kaže, da je struktura sestavljena iz 50 % ledeburita, 20 % bainita in 30 % zaostalega avstenita (slika 4, 5).

Kljub padanju trdote se ta struktura ne spreminja do temperature žarjenja 430°C (sl. 6).

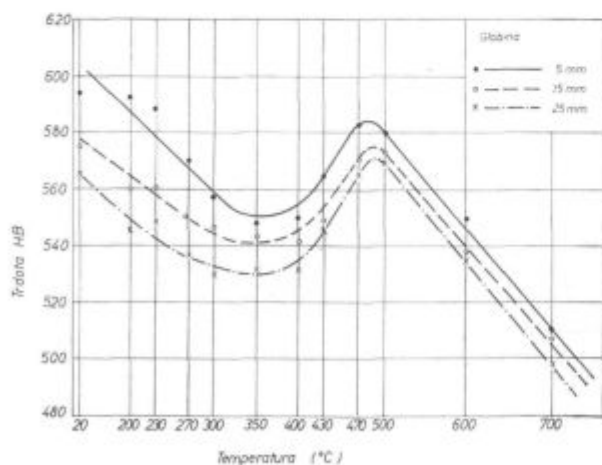
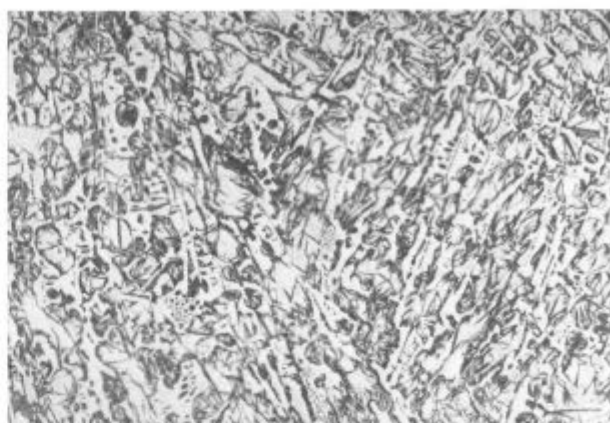


Diagram 5
 Vpliv temperature na trdoto po dveurnem žarjenju
 Diagram 5
 Influence of temperature on hardness after 2 hour annealing



Slika 4
 Metalografska struktura nežarjenega kokilnega vzorca v globini 15 mm — povečava 100 ×, nital
 Fig. 4
 Metallographic structure of not annealed mould-cast sample 15 mm below the surface. Magnification 100 ×, Nital

Pri temperaturi 470°C opazamo povečano število bainitnih igel in izločene karbide v avstenitem področju, ki se opazijo samo pri velikih povečavah. Količina teh karbidov je največja pri temperaturi žarjenja 500°C (sl. 7).

Zato je povsem razumljivo, da je tu maksimum trdote pri žarjenju zaradi izločevalne utrditve. Z zvišanjem temperature žarjenj pride do popolne pretvorbe zaostalega avstenita v bainit in koagulacije izločenih karbidov ter s tem padanja trdote. Zato že pri temperaturi 600°C ni več zaostalega avstenita, medtem ko pri 700°C lahko govorimo že o zgornjem bainitu (sl. 8).

Delež ledeburita je pri vseh temperaturah žarjenja enak.



Slika 5
 Metalografska struktura nežarjenega kokilnega vzorca v globini 15 mm — povečava 630 ×, nital
 Fig. 5
 Metallographic structure of not annealed mould-cast sample 15 mm below the surface. Magnification 630 ×, Nital



Slika 6

Metalografska struktura kokilnega vzorca v globini 15 mm, žarjenega na temperaturi 430 °C, 2 uri — povečava 630 ×, nital

Fig. 6

Metallographic structure of mould-cast sample 15 mm below the surface, being annealed 2 hours at 430 °C. Magnification 630 ×, Nital

V fazi izločevalne utrditve dobimo manjši padec trdote v globino, kot pri surovem vzorcu ali pri temperaturah žarjenja do 430 °C. To si lahko razlagamo z enakomernim izločanjem karbidov po celem preseku vzorca in s tem približevanjem trdot ledeburitnih in bainitnih področij.

Že te ugotovitve nakazujejo, da predpisana termična obdelava indefinitnih valjev (430 °C) ni zgolj žarjenje za odpravo notranjih napetosti. Bistvo je v pretvorbi zaostalega avstenita v bainit, kar pomeni, da je to v principu popuščanje.

Zato smo v nadaljnjem delu zasledovali čas držanja na temperaturi popuščanja, da bi ugotovili, kako ta čas vpliva na pretvorbo zaostalega

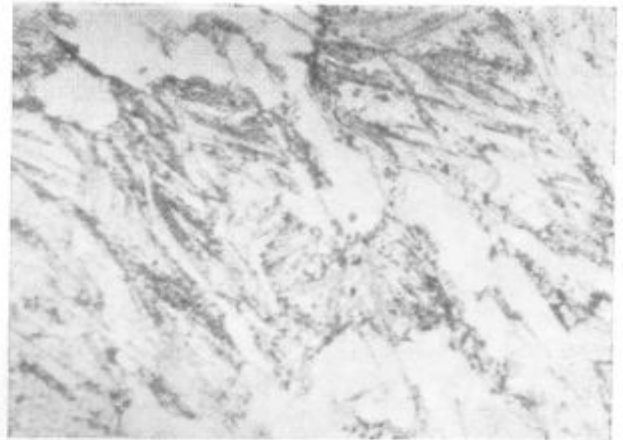


Slika 7

Metalografska struktura kokilnega vzorca v globini 15 mm, žarjenega na temperaturi 500 °C, 2 uri — povečava 620 ×, nital

Fig. 7

Metallographic structure of mould-cast sample 15 mm below the surface being annealed 2 hours at 500 °C. Magnification 620 ×, Nital



Slika 8

Metalografska struktura kokilnega vzorca v globini 15 mm, žarjenega na temperaturi 700 °C, 2 uri — povečava 630 ×, nital

Fig. 8

Metallographic structure of mould-cast sample 15 mm below the surface, being annealed 2 hours at 700 °C. Magnification 630 ×, Nital

avstenita v bainit. Časi popuščanja so za različne temperature bili med dvema in osemindesetimi urami (Dia. 6).

Daljši časi popuščanja na 500 °C so povzročili zelo hiter padec trdote (Dia. 7). Tako so vrednosti trdot po petih urah popuščanja blizu spodnje meje in po dvanajstih urah povsem na spodnji meji zahtevanih trdot. Po dveh urah popuščanja na tej temperaturi opazimo karbide, ki se izločajo iz avstenita. Peturno popuščanje pa privede do popolne pretvorbe zaostalega avstenita v bainit in

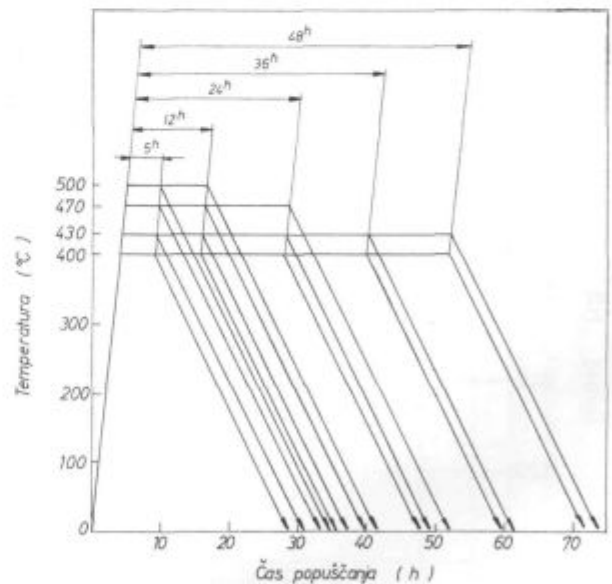


Diagram 6

Žarjenje kokilnih vzorcev pri različnih temperaturah in časih popuščanja

Diagram 6

Annealing of mould-cast samples at various annealing temperatures and tempering times

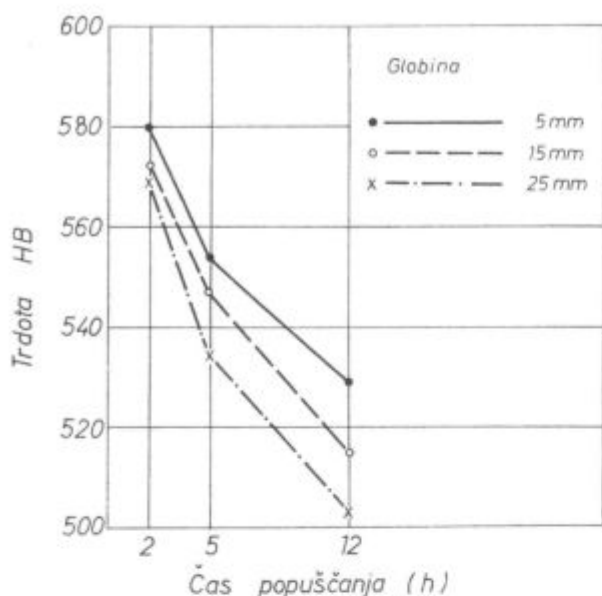


Diagram 7

Vpliv časa popuščanja na trdoto pri temperaturi 500 °C

Diagram 7

Influence of tempering times on the hardness at 500 °C

do koagulacije karbidov. Po dvanajstih urah popuščanja pride do pojava zgornjega bainita, podobno kot pri dveurnem popuščanju na 700° C.

Podaljševanje časov popuščanja na 470° C je prineslo precej manjši padec trdote v primerjavi s padcem le-te pri temperaturi 500° C (Dia. 8). Po štiriindvajsetih urah popuščanja imamo približno enake trdote kot po petih urah popuščanja na temperaturi 500° C. Do popolne pretvorbe zaostalega avstenita v bainit je prišlo po petih urah popuščanja, koagulacija karbidov pa se je pojavila po dvanajstih urah žarjenja na 470° C.

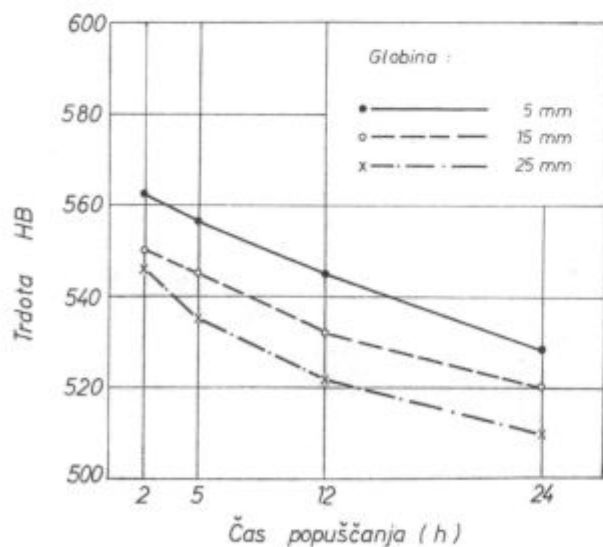


Diagram 8

Vpliv časa popuščanja na trdoto pri temperaturi 470 °C

Diagram 8

Influence of tempering times on hardness at 470 °C

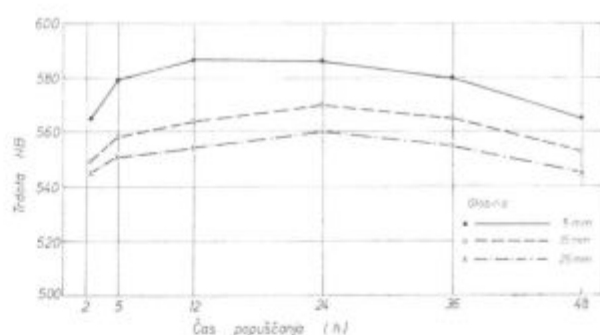


Diagram 9

Vpliv časa popuščanja na trdoto pri temperaturi 430 °C

Diagram 9

Influence of tempering times on the hardness at 430 °C

Precej drugačno sliko dobimo pri popuščanju na temperaturi 430° C. Po precej nizkih trdotah, ki smo jih dobili po dveurnem žarjenju, se trdota precej dvigne po petih urah popuščanja, ko skoraj že doseže zgornjo mejo predpisanih trdot. Trdota doseže svoj maksimum po dvanajstih urah in je konstantna za nadaljnjih dvanajst ur popuščanja. Šele po štiriindvajsetih urah popuščanja začne padati (Dia. 9).

Pri popuščanju na temperaturi 400° C je za povišanje trdote potreben precej daljši čas. Trdota šele po dvanajstih urah doseže enake vrednosti, kot po petih urah popuščanja na 430° C (Dia. 10).

Naredili smo tudi nekaj poizkusov popuščanja na temperaturi 350° C. Trdota se začne približevati zgornji predpisani meji šele po šestintrideseturnem popuščanju. Struktura je tudi po tem času popuščanja sestavljena iz bainita in zaostalega avstenita. Izločenih karbidov kljub porastu trdote nismo opazili.

POVZETEK IN ZAKLJUČKI

Zasledovali smo termično obdelavo tehnoloških vzorcev, ulitih iz indefinitne litine. Na podlagi meritev smo izdelali diagrame trdot za posamezne temperature popuščanja in čase popuščanja na teh temperaturah. Pri tem smo ugotovili, da trdota

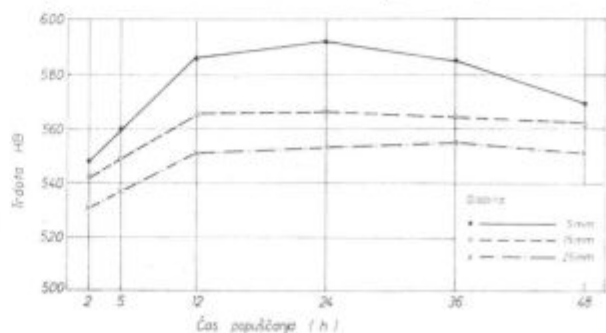


Diagram 10

Vpliv časa popuščanja na trdoto pri temperaturi 400 °C

Diagram 10

Influence of tempering times on the hardness at 400 °C

izhodnega stanja pada po dveh urah popuščenja do temperature popuščenja 400° C, nato začne naraščati do temperature 500° C. Če temperaturo termične obdelave še dvigujemo, pride do ponovnega padanja trdote. Podobni diagrami trdot so poznani za hitroreznna jekla. Metalografska preiskava vzorcev je pokazala, da je mikrostruktura sestavljena iz ledeburita in bainita z zaostalim avstenitom. Pri temperaturah popuščenja nad 400° C pride do izločanja karbidov iz zaostalega avstenita. Pretvorba zaostalega avstenita je v popolnosti končana pri temperaturi 500° C. Zato je prišlo tu do največjega povečanja trdote. Po popuščenju na višjih temperaturah pride do koagulacije teh karbidov in zaradi tega začne trdota padati.

Pri daljših časih popuščenja pride do izločanja karbidov iz zaostalega avstenita, kot tudi do popolne pretvorbe zaostalega avstenita pri nižjih temperaturah, ki pa niso nižje od 400° C.

Skupni odnos trdot, temperatur popuščenja in časov popuščenja prikazuje diagram 11.

Iz dobljenih rezultatov izhajajo naslednje ugotovitve in zaključki:

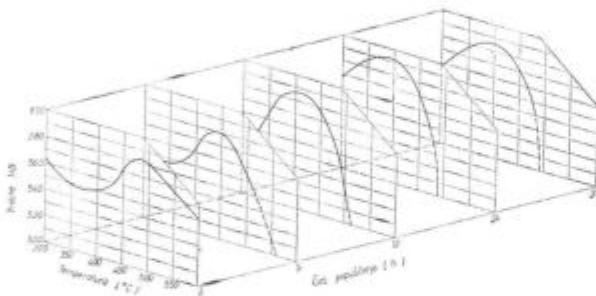


Diagram 11

Vpliv temperature in časa popuščenja na trdoto kokilnih vzorcev

Diagram 11

Influence of tempering temperature and time on the hardness of mould-cast samples

1. Termična obdelava, ki se je do sedaj uporabljala za »indefinite-chill« valje, ni samo nepotestno žarjenje, ampak je tudi popustno žarjenje.

2. Možno je izbrati drug način žarjenja v odvisnosti od temperature in časa žarjenja. Pri tem je treba upoštevati, da je potrebno žariti za odpravo notranjih napetosti, ki nastanejo kot posledica ulivanja in volumskih sprememb pri pretvorbi zaostalega avstenita.

3. Termična obdelava indefinitnih valjev je potrebna, ker povečanje notranjih napetosti lahko povzroča poškodbe (luščenje, zlom) v toku eksploatacije. Do pretvorbe avstenita lahko pride med časom obratovanja zaradi ogretja delovne površine v kontaktu z valjancem.

4. Glede na večjo maso valjev v primerjavi z vzorci (nižji gradient ogrevanja), je možno valje žariti na pretvorbo zaostalega avstenita pri temperaturah 400—470° C, medtem ko odpravo napetosti lahko izvršimo pri nižjih temperaturah ali s kontroliranim počasnim ohlajanjem.

Dobljene rezultate že apliciramo v redni proizvodnji. Pri tem natančno zasledujemo obnašanje valjev v fazi eksploatacije, kot tudi preiskavo obdelovalnosti po termični obdelavi. Nadaljevanje dela na tem področju vidimo v kvantitativni in kvalitativni določitvi izločenih karbidov iz avstenita na mikroanalizatorju za potrditev preiskav na optičnem mikroskopu.

Literatura

1. L. Hütter: Hartensswalzen: Nickel-Berichte 1961, Helf 11 in 12.
2. J. Thieme: Der Einfluss einer Wärmebehandlung auf die Struktur der Beinite, besonders in Gusseisen; Giesserei 1959, Helf 23.
3. Schumann: Metallographie — Leipzig 1962.
4. I. Pantelić: Tehnologija termičke obrade čelika, Novi Sad 1974.
5. F. Mlakar, V. Tucić, B. Mlač: Optimalni parametri izdelave »indefinite-chill« valjev; Poročilo Metalurškega Inštituta v Ljubljani, december 1980.

ZUSAMMENFASSUNG

Aus Indefinite-chill Guss werden Walzen gegossen. Dieses Gusseisen hat ein unbestimmtes Makrogefüge von der Arbeitsoberfläche bis zum Innern.

Das metallographische Gefüge des Wärmebehandelten Indefinite Gusseisens ist aus Ledeburit, Bainit, Restaustenit und interdendritisch gerichteten ausgeschiedenen Graphites zusammengesetzt.

Im ersten Teil der Untersuchungen sind Proben aus diesem Gusseisen bei Temperaturen zwischen 200 und 700 °C wärmebehandelt worden. Das Glühen auf der Arbeitstemperatur dauerte zwei Stunden, das Abkühlen erfolgte im geschlossenen Ofen. Die Ergebnisse der Härtemessungen zeigten, dass die Härtewerte bis zu der Glühzeit von 350 bis 400 °C fallen. Nach dieser Temperatur steigen die Härtewerte bis zu dem Maximum bei 500 °C.

Bei höheren Temperaturen (400–500 °C) kommt zu der Umwandlung des Restaustenites und der Ausscheidung von Karbiden die eine Erhöhung der Härte zur Folge haben. Das ist die Ausscheidungshärtung.

Noch höhere Glühtemperaturen (500–700 °C) haben eine vollkommene Umwandlung des Restaustenites in Bainit und eine Koagulation der ausgeschiedenen Karbide und damit einen Abfall der Härte zur Folge.

Im zweiten Teil der Untersuchungen sind der Einfluss der Zeit und der Glühzeit auf das genannte Umwandlungsmechanismus verfolgt worden. Die Untersuchungen zeigten, dass eine vollkommene Umwandlung des Restaustenites bei niedrigeren Temperaturen möglich ist, wenn die Glühzeit lang genug ist. Für die Umwandlung des Restaustenites bei der Temperatur von 500 °C war eine Glühzeit von zwei Stunden ausreichend, dagegen sind bei 1100 °C vierundzwanzig Stunden Glühzeit nötig.

SUMMARY

Indefinite-chill cast iron is utilized for casting rolls. This cast iron has indefinite macrostructure from the working surface towards the centre.

Metallographic structure of heat treated indefinite-chill cast iron is composed of ledeburite, bainite, retained austenite, and interdendritically directed precipitated graphite.

In the first part of investigations the samples were heat treated between 200 and 700 °C. Annealing lasted two hours on the working temperature, and cooling was in a closed furnace. Hardness measurements showed the reduction of hardness up to annealing temperatures 350 to 400 °C. At this annealing temperature hardness commences to increase and it reaches the peak at 500 °C. At

higher annealing temperatures (400 to 500 °C) the retained austenite is transformed and carbides are precipitated which cause the increase of hardness. It is the precipitation hardening.

Still higher annealing temperatures (500 to 700 °C) cause the complete transformation of retained austenite into bainite and the coagulation of precipitated carbides, and thus the hardness is reduced.

In the second part of the investigation, the influence of annealing time and temperature on the mentioned transformation mechanism was analyzed. The investigations showed that complete transformation of retained austenite is possible at lower temperatures if the annealing times are long enough. At 500 °C the necessary time is two hours, at 400 °C 24 hours.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для изготовления т. н. валков, которые употребляются при горячей листопрокатки служит расплав неопределенной микроstructures начиная от рабочей поверхности в направлении к внутренности. Металлографическая структура термически обработанных образцов таково расплава состоит из ледебурита, бейнита, остаточного аустенита и выделений междендритно ориентированного графита.

В первой части исследования выполнена термическая обработка образцов при t-ax между 200–700 °C. Отжиг длился два часа при рабочей температуре, а охлаждение велось в закрытой печи. Измерение твердости показали, что при темп-ax отжига до 350–400 °C твердость уменьшается. При темп-ax 400 °C твердость увеличивается, между тем как максимальная твердость находится при 500 °C.

Превращение остаточного аустенита и выделение карбидов происходит при более высоких темп-ax (400–500 °C). Последствие этого повышение твердости. При отжиге при более высоких темп-ax (500–700 °C) наступает полное превращение аустенита в бейнит и коагулирование выделений карбидов и, таким образом, уменьшение твердости.

В другой части исследования рассмотрено влияние темп-ры и длительности отжига на упомянутый механизм превращения.

Исследования показывают, что полное превращение остаточного аустенита при более низких темп-ax наступают, если отжиг продолжается довольно долго. При темп-ре 500 °C для превращения остаточного аустенита длился отжиг два часа, а при темп-е 400 °C требовалось уже 24 часа.

Študija o možnosti izkoriščanja filtrskih in sorodnih prahov iz pretaljevalnih agregatov barvnih kovin in zlitin, ki so bogate s cinkom

UDK: 669.2/48
ASM/SLA: A8a, W2

Bogdan Zalar, B. Potočki, I. Wohinz

V Sloveniji imamo več sto ton filtrskih prahov iz pretaljevalnih agregatov Cu-zlitin in nad tisoč ton odpadnega prahu iz procesov predelave Zn-odpadkov¹. Če ti materiali niso predelani, predstavljajo ekološki in ekonomski problem. Preiskave njihovih specifičnih lastnosti so bile osnova za študijo o možnostih predelave v ustreznih procesih, kjer bi pridobili poleg cinka še večino drugih prisotnih kovin. Raziskane so bile hidro- in piro-metalurške možnosti predelave.

1. SINOPSIS DELA IN RAZISKAV

Raziskave zajemajo problematiko izkoriščanja filtrskega prahu iz pretaljevalnih agregatov Cu-zlitin. Problem izjemne finoizpranosti (99 % zrn od 0,2 do 2,0 μm) in izjemne voluminoznosti (nasipna gostota 0,17 do 0,2 g/cm_3) smo rešili s pelletizacijo. Dosegli smo 4 do 5-kratno povečanje nasipne gostote do ca. 1,0 g/cm_3 in trdnost peletov ca. 10 N/pelet. Študije in eksperimentalne raziskave luženja so ugotovile 91 do 96 % stopnjo izluženega cinka. Vendar je dobljena raztopina (elektrolit) s 7,5 do 8,4 $\cdot 10^3$ mg Cl/l (tudi 0 do 20 mg F/l) neuporabna za hidrometalurško predelavo. Ugotovili pa smo možnost uporabe pri industrijski proizvodnji kristaliziranega Zn-sulfata. Glede na možnost piro-metalurške predelave smo termodinamično obdelali vse možne reakcije prisotnih spojin in dokazali, da s tega vidika v pogojih Imperial-smelting-procesa ne more biti težav. Eksperimentalno-kinetično smo obdelali reakcije redukcije ZnO v obravnavanem prahu in sintru za Imperial-Smelting-proces (vzorec iz topilnice »Zleto« v Titovem Velesu). Redukcija ZnO v prahu poteka maksimalno pri temperaturah, ki so nižje za ca. 50° C, tudi energija aktivacije reakcije je pri prahu nižja (171 kJ/mol proti 398 kJ/mol).

2. KVALITATIVNA ANALIZA

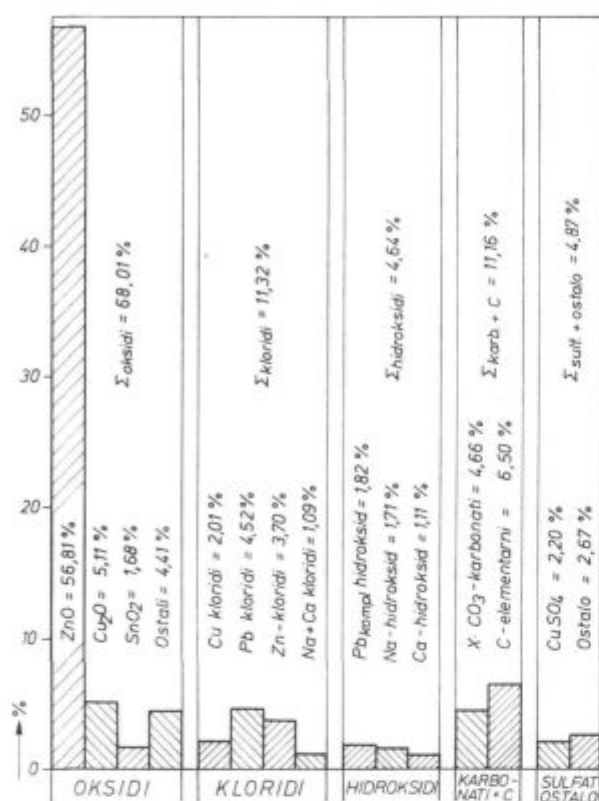
Prašnati delci v zajetih dimnih plinih so predvsem produkt prehlapevanja in delne oksidacije kovin zlitin in spojin dodatkov.

Rentgenske posnetke vzorcev prahu smo napravili na rentgenskem difraktometru znamke Philips. Prikazano mineraloško sestavo v tabeli 1 smo izdelali s pomočjo dodatne kompleksne kemične analize. Grafični prikaz glavnih sestavin je prikazan na sliki 1.

V obravnavanem prahu je največ Zn (50 do 56 %). Pomembne so tudi vsebnosti Cu (4 do 15 %), Pb (3 do 5 %), tudi Sn (do 1,5 %). Zato smo raziskave usmerili na področje regeneracije teh kovin, seveda predvsem cinka.

Tabela 1: Mineraloška analiza reprezentativnega vzorca filtrskega prahu (v %)

Cu ₂ O	5,11
CuSO ₄	2,19
CuCl ₂	0,16
Cu ₂ (OH) ₂ Cl	1,59
ZnO	56,81
ZnAl ₂ O ₄	1,34
Zn ₅ (OH) ₈ Cl ₂	3,7
PbCl ₂	2,6
Pb(OH)Cl	1,913
2 Pb(OH)Cl + Pb(OH) ₂	1,82
SnO ₂	1,68
Sb ₂ O ₅	0,016
CdO	0,2
Al ₂ O ₃	0,643
Fe	0,64
Co + Ni	0,017
SiO ₂	1,97
Cr + Mn	0,07
MgO	0,116
P ₂ O ₅	0,128
NaCl	0,531
NaOH	1,71
CaCl ₂	0,564
Ca(OH) ₂	1,115
X-CO ₃	6,5
C	4,664
Ostalo	1,943



Slika 1

Grafični prikaz glavnih spojin v obravnavanem filtrskem prahu

Fig. 1

Graphical presentation of main compounds in the treated filter dust

2.1 Problematika fizikalnih lastnosti

Bistvena karakteristika obravnavanega prahu je izjemna fino-zrnatost; 99 % zrn je v mejah od 0,2 do 2,0 μm , in izjemna voluminoznost z nasipno gostoto 0,17 do 0,2 g/cm^3 ob specifični gostoti 5,0 do 6,0 g/cm^3 . Ustrezna je tudi specifična površina od 20000 do 30000 cm^2/g . Vsaka manipulacija in tudi tehnološka obdelava je precej otežkočena in tudi ekološko problematična.

Nasipno gostoto smo povečali 4 do 5-krat, na približno 1,0 g/cm^3 , s peletizacijo pri naslednjih optimalnih tehnoloških pogojih: premer krožnika = 0,9 m, višina robu krožnika = 120 mm, naklon krožnika = ca. 52°, hitrost vrtenja = 16 do 18 o/min, brez dodatka veziv. Trdnost dobljenih peletov (velikosti 2 do 6 mm v premeru) je 10 N/pelet.

Za vsako nadaljnjo manipulacijo, uporabo ali predelavo je sklepanje filtrskega prahu osnovni pogoj.

3. ŠTUDIJA HIDROTEHNOLOŠKE PREDELAVE

S študijo in sistematičnimi eksperimenti kislih in kombiniranih luženj, nevtralnih in kislih, smo dokazali 91 do 96 % stopnjo luženja cinka. Ugo-

tovljeni so zelo podobni parametri raztapljanja kot pri običajnih surovinah za elektrolizno pridobivanje cinka. Stopnjo luženja poboljšamo z intenzivnim mehanskim mešanjem. Pri luženju peletov ni problemov pri naknadni filtraciji. Vsebnost klora je v dobljeni lužnici 7,5 do 8,4 $\cdot 10^3$ mg Cl/l, kar je več desetkrat večja, kot jo lahko vsebuje normalni elektrolit za elektrolizo. Pri uporabi talila Cubroflux 3711 pri pretaljevanju pride v prah določena količina fluora in v lužnico do 20 mg F/l. V normalnem elektrolitu fluor ni prisoten. Lužnice takšnih dobljenih kvalitete so neuporabne za elektrolizni proces; dajo namreč kovino cinka z ustrežno relativno visoko vsebnostjo svinca in je prijemljivost katodnega cinka na elektrodo povečana od ca. 150 N/cm^2 na 400 N/cm^2 in več³. Čiščenje klora iz lužnice je možno po najnovejšem in patentiranem postopku tekočinske ekstrakcije z organskimi kompleksnimi spojinami^{4, 5}; le-ta pa bi bil predrag za razpoložljive količine obravnavanih filtrskih prahov.

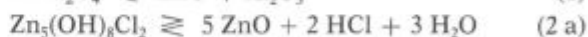
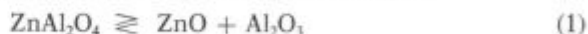
Eksperimentalno smo laboratorijsko in industrijsko dokazali možnost uporabe peletov iz obravnavanega prahu za proizvodnjo kristalizirane $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ali $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$.

4. ŠTUDIJA PIROMETALURŠKE PREDELAVE

Le s pirometalurškimi postopki smo bolj ali manj sposobni optimalno predelovati Zn-odpadke. Ker pride pri nas v poštev Imperial-Smelting postopek v Titovem Velesu, smo raziskave podrejali le-tej tehnologiji^{2, 6, 7}.

4.1 Kemizem reakcij z informativnimi termodinamičnimi osnovami

Termodinamično smo obdelali vse možne razkrojne, oksidacijske in redukcijske reakcije glavnih prisotnih spojin. Reakcije redukcije oksidov v obravnavanem prahu imajo praviloma enake termodinamične pogoje kot oksidi v sintru za Imperial-Smelting postopek. Kemizem razkroja ostalih prisotnih Zn-spojin poteka po reakcijah:



Iz izračunanih vrednosti prostih reakcijskih entalpij ΔG (tabela 2) vidimo, da je Zn-špinel neobstoječe pri zelo nizkih temperaturah. Tudi razkroj spojine $\text{Zn}_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2$ poteka pri relativno zelo nizkih temperaturah.

Termična disociacija CuSO_4 se začne pri $T = 1078 \text{ K}$. Temu ustrezne so tudi vrednosti reakcijskih ΔG za možne reakcije:

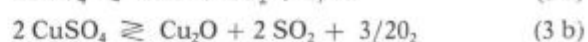
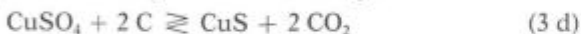


Tabela 2: Proste reakcijske entalpije ΔG za obravnavane reakcije (v kJ/mol)

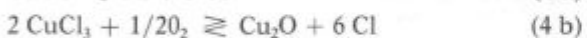
Reakcija	ΔG 500 K	ΔG 1100 K	ΔG 1400 K	Računano na
1	-144,8	-368,8	-549,2	na mol ZnO
2 a	-42,4	-268,5	-394,3	
2 b	-68,7	-340,7	-499,0	
3 a	+232,7	-7,5	-	na mol CuSO ₄
3 b	+286,3	+6,2	-	
3 c	+661,5	+318,9(!)	-	
3 d	-181,3	-503,9	-	
4 a	+213,9	+43,9	-60,7	na mol CuCl ₂
4 b	+147,6	+25,3	-190,0	
5 a	-164,9	-648,8	-910,0	na mol Cu ₂ (OH) ₃ Cl
5 b	-130,6	-740,9	-	

Če disociacija ne bi bila kvantitativno izvršena v oksidacijskih pogojih faze sintranja Imperial-smelting procesa, se v redukcijskih pogojih v plavžu zanesljivo izvrši reakcija



(CuS pa je že sestavni del t. i. Cu-kamna, izhodiščnega produkta za nadaljnje pridobivanje bakra).

Cu-kloridi dosežejo parcialni tlak $1,013 \cdot 10^5$ Pa pri relativno izjemno visokih temperaturah (nad 1800 K), kar za ostale kovinske kloride zanesljivo ne drži. Obstaja možnost reakcije razkroja ali tudi oksidacije (v pogojih sintranja Imperial-Smelting procesa):



Prisotni paratacarnit verjetno razpade po reakcijah:



Glede na to, da je parcialni tlak $p_{\text{PbCl}_2} = 1,013 \cdot 10^5$ Pa pri ca. 1170 K, prisotni PbCl₂ lahko prehlapi že v pogojih sintranja. Za laurionit obstaja možnost reakcije razkroja



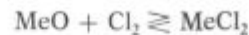
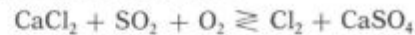
Podrobnejših termodinamičnih podatkov za reakcijo 6 ni bilo možno dobiti, vendar ustrezni primerjalni in aproksimativni izračuni potrjujejo, da je potek reakcije brez omejitev možen v pogojih sintranja Imperial-Smelting procesa. Tudi za kompleksno spojino PbCO₃ · Pb(OH)₂ lahko predvidevamo, da v teh pogojih razpade po reakciji



Razkroj PbCO₃ se začne že pri $T = 800$ K ($\Delta G_{800 \text{ K}} = -28$ kJ/mol), Pb(OH)₂ pa že pri temperaturah, ki so nekaj višje od sobnih.

Ostali elementi in spojine so prisotni v prahu v manjših količinah in zato nimajo bistvenega vpliva na proces. Prisotni NaCl delno prehlapi,

sicer pa lahko, predvsem v oksidacijskih pogojih sintranja, kot CaCl₂, reagira s prisotnimi kovinskimi oksidi v kloride (od tod ustrezne kovinske izgube!) po reakcijah:



Prisotni hidroksidi NaOH, in predvsem Ca(OH)₂, se v pogojih Imperial-Smelting procesa razkrojijo, enako tudi prisotni karbonati.

4.2 Studij kinetike

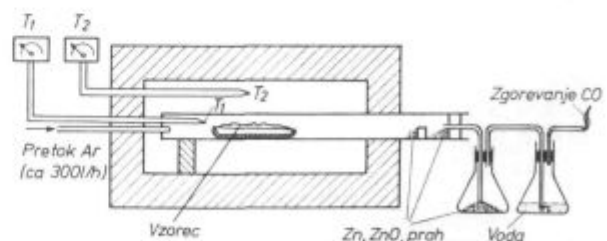
Studij kinetike daje reakcijam kvantitativno vrednotenje odvisno od temperature in časa. Po količini in važnosti je prav gotovo najpomembnejša reakcija redukcije ZnO. V posebej prirejeni aparaturi (slika 2) smo poskusili določiti stopnje redukcije ZnO, enkrat odvisno od časa v izotermnih pogojih in drugič odvisno od temperature pri enakih časih trajanja.

Podatki in rezultati so navedeni na slikah 3 in 4. Poskuse smo delali v silitni peči z reakcijsko cevjo, premera 40 mm.

Oba vzorca, pelete iz prahu in sinter »Zleto« iz Titovega Velesa (iz Imperial-Smelting procesa) smo predhodno zdrobili na enako stopnjo zrnitosti. Dodali smo 15 % reducenta-lesnega oglja.

V izotermnih pogojih pri $T = 1100^\circ \text{C}$ (temperatura v gornjem delu jaška Imperial-Smelting plavža) med enim in drugim materialom praktično ni razlike. V odvisnosti od temperature pa ima reakcija redukcije ZnO v prahu ugodnejše kinetične pogoje; maksimalni potek reakcije je pri ca. 50° C nižjih temperaturah. To dejstvo potrjuje prikaz logaritmičnih vrednosti reakcijskih konstant ($\log K$), odvisnih od recipročnih vrednosti absolutnih temperatur ($1/T$). V ta namen izrazimo reakcijsko konstanto reakcij redukcije ZnO (eksperimentalno dobljene spremembe teže reaktantov v določenem času) z Arrheniusovo enačbo kot funkcijo temperature $K = A \cdot \exp\left(\frac{-Q_a}{RT}\right)$. Logaritmične vrednosti K , odvisne od $1/T$ v ustreznem obrazcu

$\frac{\log K}{T^{-1}} = A - \frac{Q_a}{2,303 \cdot R}$, nanesene v ustrezni koordinatni sistem, so predstavljene s premico z naklonom

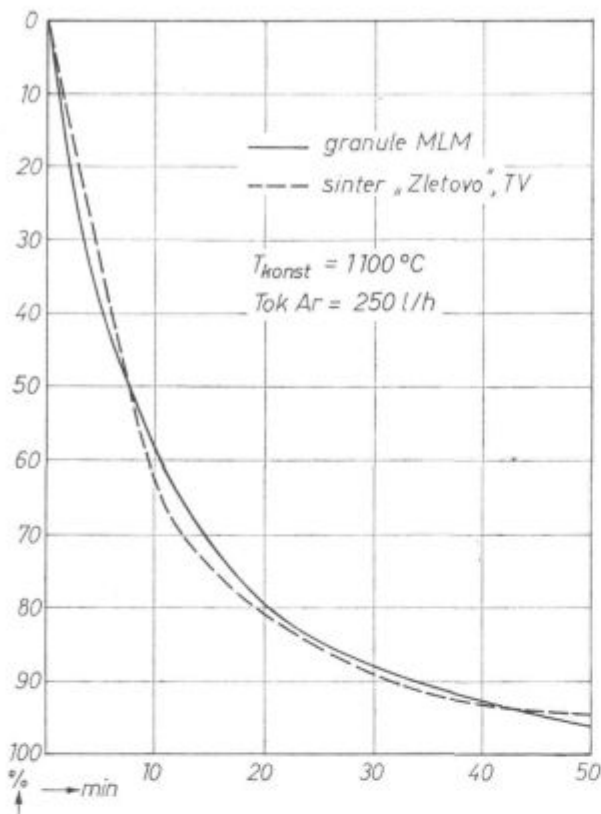


Slika 2

Shema aparature za študij kinetike redukcije ZnO

Fig. 2

Scheme of the equipment for kinetic studies of ZnO reduction



Slika 3

Stopnja redukcije ZnO v odvisnosti od časa v izotermnih pogojih

Fig. 3

Degree of ZnO reduction depending on time in isothermal conditions

$Q_a/2,303 \cdot R$ (slika 5). Izračunali smo tudi iz naklonov premice ($\text{tg } \alpha$) aktivacijske energije

$$Q_a = -2,303 \cdot R \cdot \text{tg } \alpha = c \cdot \text{tg } \alpha, (c = -2,303 \cdot R):$$

$$Q_{a1}(\text{MLM}) = 4,576 \cdot -8936,6 = 40,9 \text{ kcal/mol} = 171,2 \text{ kJ/mol}$$

$$Q_{a2}(\text{MLM}) = 4,576 \cdot -1041,9 = 4,8 \text{ kcal/mol} = 20,0 \text{ kJ/mol}$$

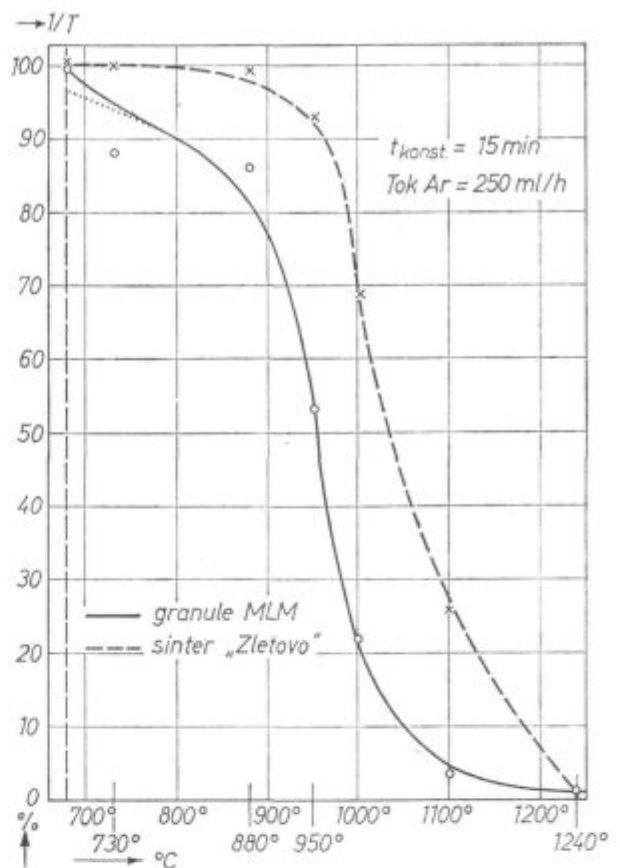
$$Q_{a3}(\text{TV}) = 4,576 \cdot -20770,7 = 95,1 \text{ kcal/mol} = 398,1 \text{ kJ/mol}$$

$$Q_{a4}(\text{TV}) = 4,576 \cdot -1883,5 = 8,6 \text{ kcal/mol} = 36,1 \text{ kJ/mol}$$

Aktivacijske energije za redukcijo ZnO v sintru (TV) so v območju kemične kontrole reakcije več kot 2-krat večje kot so le-te za redukcijo ZnO v prahu (MLM). Tudi prehod reakcij redukcije ZnO iz območja kemične kontrole v območje difuzijske kontrole je pri prahu pri ca. 400°C nižjih temperaturah, kar je v skladu z rezultati na sliki 4.

5. SKLEPNI POVZETKI

Preiskovani filtrski prah ni uporaben za hidrometalurško pridobivanje cinka. Možno ga je uporabiti za proizvodnjo kristaliziranega $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, oziroma $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Ugotovljene termodina-



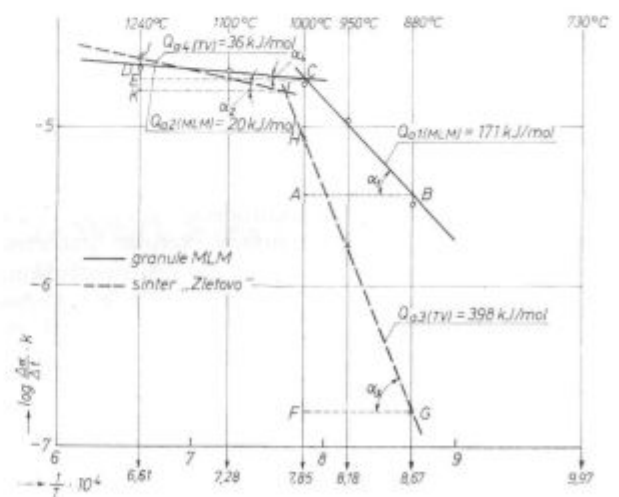
Slika 4

Stopnja redukcije ZnO v odvisnosti od temperature pri enakih časih trajanja

Fig. 4

Degree of ZnO reduction depending on temperature for the same reduction periods

mične in kinetične zakonitosti nakazujejo možnost pirometalurške predelave po Imperial-Smelting postopku.



Slika 5

Prikaz odvisnosti $\log K$ od $1/T$ za reakcijo redukcije ZnO

Fig. 5

Relationship $\log K$ vs. $1/T$ for the ZnO reduction

Literatura

- (Navajamo le literaturne podatke, na katere se sklicujemo v tekstu članka)
1. Zalar B., Pavlin F.: »Tehnološko-ekonomska optimizacija izkoriščanja cinkovih odpadnih materialov«, I, in II, del Strok. poročilo MI/406, 513, Ljubljana, (1976, 1977).
 2. AIME World Symposium on Mining and Metallurgy of Lead and Zinc, Volume II., Extractive Metallurgy of Lead and Zinc, AIME, New York (1970). (12 publikacij, str. 178—448, 790—823).
 3. R. Kammel, H. Saadat, »Die Haftung von Elektrolyt-

zink auf Aluminium — Kathodens«, Metall, 30, (1976), No. 6, 551—555.

4. G. Steintweit, »Recovery of Zinc from Ash and Flue Dust by Hydrometallurgical Processing, Journal of Metals (1981), No 1, 24—29.
5. E. Nogueira, D. Refige, »Winning Zn through solvent extraction and electrowinning, Eng. and Min. Journal, 180, (1979), No 10, 92—94.
5. E. Nogueira, D. Refige, »Winning Zn through solvent extraction and electrowinning, ISP Limited, (Avonmouth England), (1971 do 1978).
7. H. E. Powel, H. Fukubayashi: »Recovery of Zn, Cu and Pb-Sn Mixtures from Brass Smelter Flue Dusts, Rep. of Inv. 7936, Bureau od Mines, (1972).

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Beitrag behandelten Untersuchungen befassen sich mit den Problemen der Ausnutzung der Filterstäube, stammend aus Giessereianlagen für Kupferlegierungen. Das Problem der Ausserordentlichen Feinkörnigkeit (99 % der Körner sind zwischen 0,2 bis 2,0 μm) und der ausserordentlichen Voluminosität (die Schüttdichte liegt im Bereich von 0,17 bis 0,2 g/cm^3), ist durch das Pelletisieren gelöst worden. Eine 4 bis 5 mal grössere Schüttdichte bis ca 1,0 g/cm^3 und eine Festigkeit der Pellets con ca 10 N/Pellet ist erreicht worden.

Die Studien und die experimentellen Untersuchungen von Laugen ergaben einen 91 bis 96 prozentigen Auslaugungsgrad von Zink. Jedoch ist die erhaltene Lösung (Elektrolit) mit 7,5 bis 8,4 $\times 10^3$ mg Cl/l (auch von 0 bis 20 mg F/l) für eine hydrometallurgische Verarbeitung unbrauchbar. Im halbindustriellem Mass ist experimentell die Möglich-

keit der Anwendung dieser Laugen bei der industriellen Erzeugung von kristallisierten Zn-Sulfat festgestellt worden.

Im Bezug auf die Möglichkeit der Pyrometallurgischen Verarbeitung dieser Stäube sind alle möglichen Reaktionen der anwesenden Bindungen thermodynamisch bearbeitet worden. Damit ist bewiesen worden, dass aus Gesichtspunkt unter den Bedingungen des Imperial-Smelting Prozesses keine Schwierigkeiten erwartet werden können. Versuchsweise kinetisch sind die Reaktionen der Reduktion von ZnO im behandelten Staub und Sinter aus dem Imperial-Smelting Prozess (»Zletovo«, Titov Veles) bearbeitet worden. Die Reduktion von ZnO im Staub verläuft maximal bei um etwa 50 °C niedrigeren Temperaturen, auch die Aktivationsenergie ist beim Staub niedriger, 171 kJ/Mol gegen 398 kJ/Mol.

SUMMARY

The investigations discussed in the paper contain the problematics on utilization of filter dust from technological process and casting copper alloys. Problem of the extreme fineness (99 % of particles below 0,2 to 2 μm) and very high voluminosity (bulk density 0,17 to 0,2 g/cm^3) was solved by pelletizing. The bulk density was thus increased 4 to 5 times about 1,0 g/cm^3 and the pellet strength achieved was about 10 N/pellet.

The studies and experimental investigations on leaching gave 91 to 96 % leaching yield for zinc. But the obtained solution (electrolyte) with 7,5 to 8,4 mg Cl/l (and 0 to 20 mg F/l) cannot be utilized for hydrometallurgical treatment. On the other hand, it was found that the solution

can be utilized in industrial production of crystalline zinc sulphate what was confirmed by pilot plant experiments.

In regard to the possibility for pyrometallurgical treatment, all the possible reactions of present compounds were thermodynamically analyzed. It was found that no problems could appear under conditions of ISP. Experimentally the kinetics of the ZnO reduction from the treated dust and the ISP sinter from Titov Veles was determined. The optimal reduction process in the dust is at about 50 °C lower temperature, and also the activation energy for dust is lower, 171 kJ/mole compared to 398 kJ/mole for the sinter.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены исследования, которые охватывают проблемы использования фильтрующей пыли полученную из технологических и литейных агрегатов при переплавки Cu — сплавов. Вопрос мелкозернистости (99 % зерен между 0,2 и 2,0 микр.) и исключительная объемность (насыпная плотность 0,17—0,2 $\text{г}/\text{см}^3$) разрешена процессом окомкования. Полученные результаты дали 4-х до 5-ти кратное увеличение насыпного веса, т. е. прибл. 1,0 $\text{г}/\text{см}^3$ и твердость материала прибл. 10 Н/на окатыш.

Изучения и опытные исследования показали, что при травлении выщелачивается 91 до 96 % цинка. Но полученный раствор (электролит) с 7,5 до 8,4 $\times 10^3$ мг Cl/l, (также от 0 до 20 мг F/l.) непригоден для гидрометаллургической переработки. В опытном и полупромышленном масштабе определена и доказана возмож-

ность промышленного изготовления кристаллизованного сульфата цинка.

Взяв во внимание возможность пиromеталлургическую переработку выполнены все возможные реакции составных частей и доказано, что не могут наступить затруднения такой переработки при условиях Imperial-Smelting процесса.

В рассмотренной пыли и синтере Imperial-Smelting процесса (горное предприятие »Злетово«, г. Титов Велес) были выполнены опытно-кинетические реакции восстановления. Установлено, что восстановление ZnO в форме порошка протекает при тем-пах, которые макс. ниже 50-ти градусов Цельсия. Также энергия активирования ZnO в форме порошка составляет всего 171 кдж/моль против 398 кдж/моль, что представляет определенное преимущество.

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

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

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

VSEBINA

UDK: 669.187.4

ASM/SLA: D5, 1-73, D5g

Metalurgija — jeklarstvo — vakuumska metalurgija — sekundarna metalurgija

J. Arh

Tehnologija izdelave jekla v jeklarni II železarne Jesenice

Železarski zbornik 16 (1982) 3 s 57—64

Opisan je celotni tehnološki postopek za različne skupine jekel, ki jih lahko izdelujemo na enak način. Naštete so tudi naprave za proizvodnjo jekla, ki jih bomo imeli v novi jeklarni, kakor UHP električne obločne peči, stojišči za rafinacijo jekla v ponovci, TN naprava, VOD/VAD naprava in kontiliv.

V posebnih časovnih diagramih je prikazan ritem dela obeh peči skupaj z drugimi napravami in le enim kontilivom pri izdelavi najbolj značilnih vrst jekel. Izračunana je celotna kapaciteta nove jeklarne. Posebno so poudarjene zahteve, ki izvirajo iz moderne tehnologije do obzidave peči, obzidave ponovc, nujnost ločenja žilindre od jekla kot osnovnega pogoja za vso nadaljnjo metalurgijo v ponovci in nazadnje nujnost kontinuirnega vliivanja v sekvenci.

Avtorski izvleček

UDK: 669.182.71:669.891

ASM/SLA: D8p

Metalurgija — Sekundarne metalurgije — CaSi — reakcije desoksidacije in razžveplanje

V. Prešeren

Teoretična analiza procesov pri vpihovanju CaSi v ponev — I. del

Železarski zbornik 16 (1982) 3 s 65—70

Prikazane so reakcije v sistemu jeklo-žilindra-vključek-CaSi pri vpihovanju drobnozrnatega CaSi v tekoče jeklo v ponvi. S pomočjo termodinamičnih zakonitosti so obravnavane reakcije razžveplanja in desoksidacije.

Pojasnili smo način nastajanja sulfidnih vključkov v jeklu po vpihovanju CaSi in razporeditev vključkov v kontinuirno odliti gredici.

Teoretične analize so aplicirane na rezultate industrijskih poskusov in dajejo osnovo za boljše razumevanje opisanih procesov.

Avtorski izvleček

UDK: 669.131:621.78-97

ASM/SLA: CI-n, M28p

Metalurgija — livarstvo — valji — termična obdelava

F. Mlakar, V. Tucić

Raziskave za termično obdelavo valjev iz indefinitne litine

Železarski zbornik 16 (1982) 3 s 71—78

Delo obsega preiskavo »indefinite-chill« litine za valje. To je tip valjev, ki se rabi v glavnem za vroče valjanje pločevine. Ti valji morajo imeti čim višjo trdoto pri določeni žilavosti. Obdelan je vpliv načina termične obdelave na trdoto indefinitne litine.

Mikrostruktura indefinitnih valjev je sestavljena iz ledeburita in bainita z zaostalim austenitom. Če je temperatura termične obdelave dovolj visoka, pride do pretvorbe zaostalega austenita. Hitrost pretvorbe in popolnost le-te je odvisna od temperature in časa žarjenja. Pretvorba austenita se izvrši pri temperaturi 500 °C po dvournem žarjenju, medtem ko pa pri temperaturi žarjenja 400 °C po 36-urnem žarjenju. Pri nižjih temperaturah pretvorbe ni.

Najprej se iz zaostalega austenita izločijo kompleksni karbidi. To je vzrok za zvišanje trdote. Ta pojav imenujemo izločevalna utrditev. Pri višjih temperaturah pa pride do koagulacije teh karbidov in s tem do padanja trdote.

Avtorski izvleček

UDK: 669.2/48

ASM/SLA: A8a, W2

Metalurgija — sekundarne surovine — izkoriščanje filterških prahov bogatih na Zn (Cu, Pb)

B. Zalar, B. Potočki, J. Wohinz

Študija možnosti izkoriščanja filterških in sorodnih prahov iz pretaljevalnih agregatov barvnih kovin in zlitin bogatih na cinku

Železarski zbornik 16 (1982) 3 s 79—83

Članek obravnava preiskave o možnostih izkoriščanja filterškega prahu iz pretaljevalnih agregatov Cu-zlitin. Vsebnost Zn = 50—56 %, Cu = 4—15 %, Pb = 3—5 %, tudi Sn do 2,5 %. Problem izjemne finoiznatosti (99 % zrn od 0,2—2,0 μm, nasična gostota od 0,17—0,2 g/cm³, specifična površina ca. 25000 cm²/g) smo rešili s peletizacijo — povečanje gostote je petkratno.

Material ni uporaben za hidrometalurško pridobivanje cinka zaradi ca. 8 g Cl/l v raztopini. Možno ga je uporabiti za proizvodnjo kristaliziranega Zn-sulfata. Termodinamično in kinetično smo raziskali možnost pirometalurške predelave in ugotovili možnost uporabe v postopku Imperial-Smelting-procesa. Peleti iz obravnavanega prahu imajo za proces redukcije ZnO celo boljše kinetične pogoje kot jo ima ZnO v normalnem sintru.

Avtorski izvleček

INHALT

UDK: 669.182.71:669.891
ASM/SLA: D8p

Metallurgie — Sekundärmetallurgie — CaSi — Deroxydations und Entschwefelungsreaktionen

V. Prešeren

Theoretische Analyse der Prozesse beim Einblasen von CaSi in der Pfanne — 1. Teil

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 S 65—70

Die Reaktionen im System Stahl-Schlacke-Einschluss — CaSi beim Einblasen von CaSi in flüssigen Stahl in der Pfanne werden beschrieben.

Die Deroxydations- und Entschwefelungsreaktionen werden mit Hilfe der thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten behandelt.

Die Art der Bildung der sulfidischen Einschlüsse im Stahl nach dem Einblasen von CaSi und die Verteilung der Einschlüsse im Stranggossenen Knüppel werden geklärt.

Die theoretischen Analysen appliziert auf die Ergebnisse der Industrieveruche sind ein Grund für eine bessere Auffassung der beschriebenen Prozesse.

Auszug des Autors

UDK: 669.187.4
ASM/SLA: D5, 1-73, D5g

Metallurgie der Stahlerzeugung — Vakuummetallurgie — Sekundärmetallurgie

J. Arh

Technologie der Stahlerzeugung im Stahlwerk II des Hüttenwerkes Jesenice

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 S 57—64

Das gesamte technologische Verfahren für die verschiedenen Qualitätsgruppen, welche auf die gleiche Art erzeugt werden können, wird beschrieben. Auch die Produktionsanlagen für die Erzeugung von Stahl im neuen Stahlwerk wie UHP Lichtbogenöfen, Spülstände, TN Anlage VOD/VAD Anlage und eine Brammenstranggiessanlage werden aufgezählt. In besonderen Zeitdiagrammen wird der Arbeitsrhythmus der beiden Lichtbogenöfen zusammen mit anderen Anlagen und der nur einen Stranggiessanlage bei der Herstellung einiger charakteristischen Stahlsorten dargestellt. Anhand dieser Diagramme wird die maximale Erzeugungskapazität des Stahlwerkes errechnet. Es werden besonders die Anforderungen an die feuerfeste Zustellung der Öfen und der Pfannen die durch die moderne Erzeugungstechnologie bedingt sind, betont. Soeben wird die Notwendigkeit eines schlackenfreien Abstehens als Voraussetzung für die weitere Behandlung von Stahl in der Pfanne betont, und zuletzt der Notwendigkeit des Sequenzgebissens besonderer Wert gelegt.

Auszug des Autors

UDK: 669.2/48
ASM/SLA: A8a, W2

Metallurgie — sekundäre Rohstoffe — Ausbeutung der Filterstäube reich an Zn (Cu, Pb)

B. Zalar, B. Potočki, J. Wohinz

Studie über die mögliche Ausbeutung der Filter und ähnlicher Stäube aus Schmelzanlagen für Buntmetalle und Legierungen die reich an Zink sind

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 S 79—83

Im Artikel werden die Untersuchungen über die mögliche Ausbeutung der Filterstäube aus Schmelzanlagen für Kupferlegierungen behandelt. Gehalt an Zn = 50—56 %, Cu = 4—15 %, Pb = 3—5 % und Sn bis 2,5 %. Das Problem der ausserordentlichen Feinkörnigkeit (99 % der Körner liegt im Bereich von 0,2—2,0 µm, Scuttichte von 0,17—0,2 g/cm³ spezifische Oberfläche ca. 25000 cm²/g) ist durch das Pelletisieren — fünffache Vergrößerung der Dichte — gelöst worden.

Das Material ist für die hydrometallurgische Gewinnung von Zink wegen ca. 8 g Cl/l in der Lösung nicht brauchbar. Es kann für die Produktion von kristallisiertem Zn — Sulfat angewendet werden. Thermodynamisch und kinetisch ist die Möglichkeit der pyrometallurgischen Verarbeitung und der Anwendung im Imperial-Smelting-Verfahren festgestellt worden. Die Pellets aus den behandelten Stäuben haben für die Reduktion von ZnO sogar bessere kinetische Bedingungen als ZnO im normalen Sinter.

Auszug des Autors

UDK: 669.131:621.78-97
ASM/SLA: CI-n, M28p

Metallurgie — Giessereiwesen — Walzen — Wärmebehandlung

F. Miakar, V. Tucić

Untersuchungen über die Wärmebehandlung der Walzen aus Indefinite-chill Gusseisen

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 S 71—78

Diese Arbeit umfasst die Untersuchungen des Indefinite-chill Gusseisens für Walzen. Dieser Walzentyp wird hauptsächlich für das Warmwalzen von Blechen angewendet. Diese Walzen müssen eine möglichst hohe Härte bei einer bestimmten Zähigkeit besitzen. Der Einfluss der Wärmebehandlungsart auf die Härte des Indefinite Gusseisens wird bearbeitet.

Das Mikrogefüge der Indefinite Walzen ist aus Ledeburit und Bainit mit Restaustenit zusammengesetzt. Wenn die Wärmebehandlungstemperatur hoch genug ist, kommt zur Umwandlung des Restaustenites. Der Umfang der Umwandlung und die Umwandlungsgeschwindigkeit sind von der Glühtemperatur und Glühzeit abhängig. Die Umwandlung von Austenit verläuft bei der Temperatur von 500 °C nach zwei Stunden Glühzeit, währenddem bei der Glühtemperatur von 400 °C ein sechsdreissigstündiges Glühen nötig ist. Bei niedrigeren Temperaturen verläuft keine Umwandlung.

Zuerst werden aus dem Restaustenit komplexe Karbide ausgeschieden, was eine Erhöhung der Härte zur Folge hat. Dieses Phänomen wird als Ausscheidungshärtung genannt. Bei höheren Temperaturen kommt zu der Koagulation der Karbide und damit zum Abfall der Härte.

Auszug des Autors

CONTENTS

UDK: 669.187.4

ASM/SLA: D5, 1-73, D5g

Metallurgy — Steelmaking — Vacuum Metallurgy — Secondary Metallurgy

J. Arh

Technology of Steel-Making in Steel Plant II of Jesenice Ironworks

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 P 57—64

The total technological process for various steel types which can be manufactured in the same way is described. Also the steel-making equipment which will be in the new steel plant is presented, as UHP electric arc furnaces, stands for ladle refining of steel, TN set-up, VOD/VAD equipment, and continuous casting machine. Special time sheets present the rhythm of operation of both furnaces together with the other equipment and only one continuous casting machine for manufacturing the most characteristic steels. The total capacity of the new steel plant is calculated. Especial emphasis is given to the demands of the new technology for furnace and ladle lining, slag/metal separation as the basic condition for further ladle metallurgy, and for necessary sequence continuous casting.

Author's Abstract

UDK: 669.182.71:669.891

ASM/SLA: D8p

Metallurgy — Secondary Metallurgy — CaSi — Deoxidation Reactions and Desulphurisation

V. Prešeren

Theoretical Analysis of Processes in CaSi Injection into Ladle — Part I

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 P 65—70

Reactions in the steel-slag-inclusion-CaSi system in injection of fine powdered CaSi into molten steel in the ladle are presented. The desulphurisation and deoxidation reactions were thermodynamically analyzed.

Way of formation of sulphide inclusions in steel after CaSi injection, and the distribution of inclusions in the continuously cast billet were explained.

Theoretical analyses are applied to the results of industrial tests and they represent the basis for better understanding of the described processes.

Author's Abstract

UDK: 669.131:621.78-97

ASM/SLA: CI-n, M28p

Metallurgy — Foundry — Rolls — Heat Treatment

F. Mlakar, V. Tucic

Investigations on the Heat Treatment of Rolls Made of the Indefinite-Chill Cast Iron

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 P 71—78

The paper presents the investigation of the indefinite-chill cast iron for rolls. Such rolls are preferably applied in hot rolling of sheet. They must possess the highest possible hardness at a certain toughness. The influence of the heat treatment method on the hardness of the indefinite-chill cast iron was investigated.

Microstructure of such rolls is composed of ledeburite and bainite with retained austenite. If the temperature of heat treatment is high enough, the retained austenite is transformed. Transformation rate and degree depend on the annealing temperature and time. The austenite is transformed in 2 hours at 500°C or 36 hours at 400°C. Transformation at lower temperatures was not observed.

At first, complex carbides precipitate from the retained austenite. This causes the increase of hardness. The phenomenon is called the precipitation hardening. At higher temperatures the carbides coagulate and thus the hardness is reduced.

Author's Abstract

UDK: 669.2/48

ASM/SLA: A8a, W2

Metallurgy — Secondary Raw Materials — Utilization of Filter Dusts Rich with Zn (Cu, Pb)

B. Zalar, B. Potočki, J. Wohinz

The Study on Possibility to Utilize the Filter and Similar Dusts from Remelting Non-Ferrous Metals and Alloys Rich with Zinc

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 P 79—83

The paper presents the investigation on the possibility to utilize filter dust from remelting copper alloys. Dust contains 50—56 % Zn, 4—15 % Cu, 3—5 % Pb, and up to 2.5 % Sn. Problem of the extreme fineness (99 % of particles between 0.2 to 2 μm, bulk density 0.17 to 0.2 g/cm³, specific surface about 25,000 cm²/g) was solved by pelletizing which increases the density for 5 times.

Material cannot be utilized for hydrometallurgical winning of zinc due to about 8 g/l chlorine in the solution. It can be utilized for manufacturing crystalline zinc sulphate. Thermodynamically and kinetically the possibility on pyrometallurgical treatment was analyzed, and it was found that material can be utilized in ISP. Reduction kinetics of these pellets is even better than that of sinter.

Author's Abstract

СОДЕРЖАНИЕ

UDK: 669.182.71:669.891
ASM/SLA: D8p

Металлургия — вторичная металлургия — CaSi — реакции раскисления и удаления серы.

V. Prešeren

Теоретический анализ процессов при вдувании CaSi в ковш — I часть.

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 С 65—70

Рассмотрены реакции в системе сталь — шлак — включения — CaSi при вдувании мелкозернистого CaSi в жидкую сталь в ковше. При помощи термодинамических закономерностей обсуждены реакции обессеривания и раскисления.

Обсужден способ образования сульфидных включений в стали после вдувания CaSi и размещение включений в непрерывно отлитых заготовках.

Теоретические анализы применены в связи с результатами полученные промышленных испытаний и, таким образом, дают основание для более ясного понимания описанных процессов.

Автореф.

UDK: 669.187.4
ASM/SLA: D5, 1-73, D5g

Металлургия — выплавка стали — вакуумная металлургия — вторичная металлургия.

J. Arh

Технология изготовления стали в сталеплавильном цехе II металлургического завода Железарна Есенице.

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 С 57—64

Дано описание совокупного технологического способа изготовления различных групп сталей изготавливаемых одним и тем же способом. Перечислены также устройства для производства стали, которые будут сооружены в новом сталеплавильном цехе, приведены электрические дуговые печи системы UHP (ultra high power), приспособление для рафинирования стали в ковше, устройство TN (устройство для вдувания CaSi системы Thyssen-Niederheilm), VOD/VAD устройство (для вакуумного раскисления и нагрева) и, наконец, устройство для непрерывного литья.

В отдельных временных диаграммах приведена частота работы обеих печей в согласовании с другими устройствами, но только с одним устройством для непрерывного литья характерных сортов сталей. Вычислена совокупная ёмкость нового сталеплавильного цеха. Особенно подчеркнуты требования, которые производят от современной технологий что касается обмуровки печи, обмуровки ковша, необходимости отселения шлака от стали как главное условие для всех последующих металлургических процессов в ковше и, наконец, необходимость последовательно непрерывного литья.

Автореф.

UDK: 669.2/48
ASM/SLA: A8a, W2

Металлургия — вторичное сырье — использование фильтрующей пыли богатой с Zn (Cu, Pb).

B. Zalar, B. Potočki, J. Wohinz

Исследование к возможности использования фильтрующей и им сродных пылей из агрегатов переплавки цветных металлов и сплавов богатых с цинком.

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 С 79—83

В статье рассмотрены исследования о возможности использования фильтрующей пыли из агрегатов переплавки Cu — сплавов. Содержание Zn = 50—60 %, Cu = 4—15 %, Pb = 3—5 %, также Sn до 2,5 %. Вопрос мелкозернистости (99 % зерен величны от 0,2 до 2,0 микр., насыпной вес от 0,17—0,2 гр/см³, удельная поверхность прибл. 25000 см²/гр) решен при помощи окомкования — получалось пятикратное увеличение густоты.

Материал непригоден для гидрометаллургического получения цинка так как содержит в растворе прибл. 8.10³ гр Cl/лит. Этот материал можно употребит для производства кристаллизованного сульфата цинка. Исследования, что касается гидрометаллургической переработки выполнены с учетом термодинамики и кинетики. При этом установлена возможность употребления в процессе Imperial-Smelting.

Окатыши, изготовленные из рассмотренной пыли имеют в процессе восстановления ZnO даже лучшие кинетические свойства при сравнении с ZnO в нормальном синтезе.

Автореф.

UDK: 669.131:621.78-97
ASM/SLA: C1-p, M28p

Металлургия — литейное производство — валки — термическая обработка.

F. Mlakar, V. Tucić

Исследования с термической обработки валков из неопределенно отбеленного литья.

Zelezarski zbornik 16 (1982) 3 С 71—78

Работа охватывает исследования литья для валков с неопределенно отбеленным слоем — «indefinte-chill». Назначение этих валков главным образом для горячей дистопротатки. При определенной вязкости твердость этих валков должна быть чем выше.

Рассмотрены исследования влияния способа термической обработки на твердость неопределенно отбеленного литья.

Микроструктура этих валков состоит из ледебурита и бейнита с остаточным аустенитом. Пре достаточно высокой температуры термической обработки происходит превращение также и остаточного аустенита. Быстрота превращения аустенита и ее полнота отн. точность зависит от тем-ры и длительности отжига. Превращение аустенита происходит при тем-ре 500 °C в течении двухчасового отжига. При тем-ре от 400 °C это превращение требует отжиг в длительности 36 часов. При более низких тем-ах превращение не наступит.

Из остаточного аустенита сперва выделяются комплексные карбиды. Последствие этого — повышение твердости. Это явление мы называем дисперсионное твердение.

При более высоких тем-ах происходит коагулирование этих карбидов и, таким образом, снижение твердости.

Автореф.

