

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

213319
(11) (B2)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(22) Přihlášeno 11 09 74

(21) (PV 6247-74)

(32) (31) (33) Právo přednosti od 28 11 73
(7316.039-2) Švédsko

(40) Zveřejněno 31 07 81

(45) Vydáno 15 08 84

(51) Int. Cl.³
C 21 B 13/00
C 21 C 5/34

(72)

Autor vynálezu

ÖBERG KARL-ERIK a NORBERG LARS-GUNNAR, HAGFORS (Švédsko)

(73)

Majitel patentu

UDDEHOLMS AKTIEBOLAG, HAGFORS (Švédsko)

(54) Způsob přímé redukce práškového kysličníku kovu

1

Způsob přímé redukce práškového kysličníku kovu, který se dmýchá v suspenzi s nosným plynem zdola do roztavené lázně dmyš-ní trubici procházející vyzdívkou konvertoru. Část lázně se vede do topné zóny, spojené s dolní částí konvertoru, a indukčním ohřevem se ohřívá na vyšší teplotu, než má lázeň v konvertoru. Kysličník kovu suspendovaný v nosném plynu se dmýchá mimo ústí topné zóny, aby do ní nevnikal a neochladil její obsah, a rozvádí teplejší kov z výstupu topné zóny do celého objemu roztavené lázně.

2

Vynález se týká způsobu přímé redukce práškového kysličníku kovu, dmýchaného v suspenzi s nosným plynem zdola do roztavené lázně v konvertoru dmyšňí trubicí procházející vyzdívkou konvertoru.

Existují četné metalurgické postupy, při kterých se do roztaveného kovu přivádí jedna nebo dvě fáze, jež jsou emulgované a dispergované v tekuté fázi. Jednou z oblastí, kde jsou tyto postupy obzvláště důležité, je tzv. emulzní metalurgie. Postupy tohoto typu využívají přímého styku mezi roztaveným kovem, tuhými látkami a plynem v plně dispergované soustavě a hodí se zejména pro výrobu a rafinaci železa a oceli. Postupy, při kterých se suspenze prášků v tekuté fázi zavádějí pod hladinu roztaveného kovu, skýtají větší reakční plochy oproti způsobům, při kterých se činidlo přivádí na hladinu roztaveného kovu.

Při redukci práškových kysličníků kovů, to znamená redukci práškových kysličníků železa pro výrobu surového železa a/nebo pro účely oduhličení, je jedním z největších problémů udržování teploty roztavené lázně, protože dmýchání práškového kysličníku kovu a reakce mezi kysličníkem a redukčních činidel, obvykle uhlíkem, způsobují značný pokles teploty roztaveného kovu. Je samozřejmě možné a bylo již navrženo vyřešit tento problém tím, že se použije reaktorů ve tvaru konvenčních obloukových pecí. Běžné obloukové pece však nevyužívají přiváděnou elektrickou energii s dostatečnou účinností. Bylo již také navrženo ohřívat celé množství zpracovávaného kovu v reakční nádobě vytápěné indukčním ohřevem, kde se využívá elektrické energie mnohem účinněji než v elektrické obloukové peci. Indukční ohřev celého obsahu konvertoru by však vyžadoval kapitálové investice takového rozsahu, že by byly v průmyslovém měřítku neúnosné. Mimoto k poměrně vysoké elektrické účinnosti reaktorů s indukčním ohřevem musí mít reaktor tenkou vyzdívkou. Tenká vyzdívka reakční nádoby však není z praktických důvodů žádoucí, protože je nebezpečí, že se během provozu reaktoru poškodí. Když se naproti tomu tloušťka vyzdívky zvětší, ztrácí se vysoká elektrická účinnost.

K využití výhod indukčního ohřevu bylo navrženo ohřívat část roztavené lázně v topné zóně s tenkou vyzdívkou, která je celá obklopena indukčními topnými závitmi a ústí do konvertoru pod povrchem roztavené lázně během provozu. V topné zóně se poměrně malý zlomek z celkového množství roztavené lázně v konvertoru zahřívá na teplotu ležící dostatečně vysoko nad teplotou hlavní části roztavené lázně, aby vznikl dostatečný teplotní gradient k udržování nebo zvýšení teploty celé kovové lázně v konvertoru na požadovanou hodnotu.

Při dmýchání suspenze práškového kysličníku kovu v nosném plynu zdola do konvertoru je nebezpečí, že dmýchaná suspenze vnikne do topné zóny, ochladí její obsah a

nepříznivě ovlivní výměnu tepla mezi horkou kovovou lázní z topné zóny a chladnější kovovou lázní v konvertoru. Účelem vynálezu je odstranit tuto nevýhodu.

Děje se tak způsobem přímé redukce práškového kysličníku kovu, dmýchaného v suspenzi s nosným plynem zdola do roztavené lázně v konvertoru dmyšňí trubicí procházející vyzdívkou konvertoru, přičemž část roztavené lázně se odvádí z konvertoru a ohřívá se v ní indukčním ohřevem na teplotu udržující mezi obsahem konvertoru a obsahem topné zóny teplotní gradient podle vynálezu. Podstata vynálezu spočívá v tom, že suspenze práškového kysličníku kovu v nosném plynu se dmýchá do konvertoru mimo ústí topné zóny.

Částice pevného kysličníku kovu unášené v suspenzi vyvolávají, aniž by vstupovaly do topné zóny, rychlý pohyb teplejšího kovu od ústí topné zóny do všech částí roztavené lázně v konvertoru a tedy účinný průběh redukce při správné teplotě. Účinné odvádění horkého kovu od ústí topné zóny odstraňuje nebo alespoň podstatně snižuje nebezpečí zamrznutí roztaveného kovu v okolí dmyšňí trubice.

Topná zóna je tvořena kanálem, který ústí do konvertoru dvěma otvory v jeho stěně nebo v jeho dnu, přičemž oba otvory kanálu procházejí stěnou nebo dnem konvertoru ve stejné výši. Je možné pracovat s více než jedním kanálem nebo naopak použít jako topné zóny jednoduché protáhlé části hlavního tělesa konvertoru, která je spojena s vnitřkem konvertoru jediným průchodem. Ať je přesný tvar topné zóny jakýkoliv, má být úplně obklopena topným indukčním vinutím.

Konvertor a topné zařízení může být konstruováno běžným způsobem a může mít obvyklé rozměry. To znamená, že konvertor má dostatečně silnou vyzdívkou, aby vydržela velké namáhání během provozu a dostatečnou velkou výšku nad hladinou roztavené lázně, aby se kov mohl rozstříkovat a struska a kov pění. Volná výška nad hladinou tekuté lázně má být nejméně rovná hloubce taveniny během provozu. Topná zóna je připojena ke konvertoru v takové poloze, že při sklopení konvertoru a vypouštění roztavené lázně nedochází k současnému vyprázdnění roztaveného kovu z topné zóny. Topný kanál může být konstruován podle návrhu, který byl obecně popsán v publikaci „Elektro-ugnar och Induktiva Omrörare,“ kapitola 5, 1969, autor Ingve Sundberg, Ugnehyran, ASEA, Västerås, Švédsko.

Způsobu podle vynálezu lze použít například pro přímou redukci práškových koncentrovaných kysličníkových rud uhlíkem na surové železo anebo ocel. Způsob podle vynálezu je rovněž použitelný pro výrobu velmi jakostní oceli, přičemž kysličníkem nemusí být kysličník železa, nýbrž alespoň částečně kysličníky jiných kovů, které lze redukovat uhlíkem na kov, přičemž tyto kovy slouží jako legující prvky přidávané do vyráběné

oceli. Způsobu podle vynálezu lze využít v nejrůznějších vzájemně odlehklých oblastech metalurgie, to znamená nejen v metalurgii železa, nýbrž i v metalurgii jiných kovů. Vynález umožňuje použití nejlevnějších surovin pro výrobu vysoce jakostní oceli nebo pro výrobu velmi čistých ocelí, které se podle dosavadního stavu techniky vyrábějí v kyselých martinských pecích nebo elektrostruskovým přetavováním. Způsob podle vynálezu lze s výhodou aplikovat na výrobu nástrojových ocelí, rychlořezných ocelí, martenzických chromových ocelí, ložiskových ocelí, niklových ocelí pro kryogenické účely a křemíkových ocelí pro elektrotechnické účely. Dokonce je možné využít výhod způsobu podle vynálezu ve všech fázích výroby nerezavějících ocelí od redukce železné a chromové rudy až do konečného oduhličení taveniny. Kromě toho lze způsob podle vynálezu kombinovat jinými postupy než je redukce kyslíčnicků kovů, prováděnými v konvertoru nebo v jiných reakčních nádobách. Posléze zmíněný případ znamená, že redukční způsob podle vynálezu může představovat jeden stupeň ve dvoustupňovém nebo několikastupňovém postupu.

Vynález bude vysvětlen v souvislosti s výkresy, kde značí obr. 1 svislý řez konvertorem k provádění způsobu podle vynálezu, obrázek 2 řez vedený v rovině II—II konvertorem z obr. 1, obr. 3 diagram znázorňující výrobu nelegované oceli způsobem podle vynálezu, obr. 4 diagram vysvětlující schematicky výrobu nástrojové oceli s obsahem chromu a obr. 5 diagram znázorňující schematicky výrobu nízkolegované nástrojové oceli obsahující chrom a wolfram.

Vynález bude nejprve vysvětlen podrobněji v souvislosti s obr. 1 a 2.

Konvertor 1 má postranní stěny 6, na které navazují šikmé, opačně skloněné úseky 7a, 7b dna 7, spojené skloněným středním úsekem 7c. Konvertor 1 je tvořen ocelovým pláštěm 2, který má uvnitř žáruvzdornou vyzdívku 3 dostatečně tloušťky, aby vydržela namáhání během provozu. Nosné hřídele 4 jsou uloženy v neznázorněných ložiskách tak, že konvertor 1 lze sklápět kolem osy procházející nosnými hřídeli 4.

Na dolním konci šikmého úseku 7a dna 7 je umístěn kanál 8 a žáruvzdorná vyzdívka 3 je odstraněna, takže vzniká mírně kuželová prohlubeň 5. Kanál 8 tvoří topnou zónu mezi dvěma otvory 9, 10, které ústí do vnitřku konvertoru 1 ve stejné výšce prohlubně 5. Kanál 8 je obklopen indukčním vinutím 12, které vyhřívá jeho obsah, a má neznázorněnou žáruvzdornou vyzdívku, která je chlazená vodou a je podstatně tenčí než vyzdívka 3 pláště 2, čímž je zajištěna vysoká topná účinnost indukčního vinutí 12.

V šikmém úseku 7b dna 7 proti kanálu 8 je kolmo vsazena dmyšňá trubice 14, která směřuje k protilehlému šikmému úseku 7a, v němž je prohlubeň 5. Konvertor 1 má nad hladinou roztaveného kovu volnou výšku 18,

aby se kov a struska mohly rozstříkovat a pění, což je během metalurgických reakcí nevyhnutelné. Podle provedení znázorněného na obr. 1 je volná výška 18 asi dvojnásobkem hloubky roztaveného kovu. Nad předpokládanou hladinou strusky je na téže straně jako kanál 8 umístěn odpichový otvor 15, uzavřený hradítkem 16, pokud je konvertor 1 v provozu. V horní části konvertoru 1 je zavážecí otvor 17.

Neznázorněné dávkovací zařízení udržuje ve vzhledu práškový kysličník kovu, který se má zavádět do konvertoru, a suspenze kovu je pak unášena nosným plynem a fluidizačním plynem do dmyšňá trubice 14. Fluidizační plyn může být stejný jako nosný plyn nebo může být tvořen jiným plynem. Rovněž je možné použít dávkovacích zařízení, v nichž všechny nosný plyn slouží k uvádění práškového kysličníku kovu do vzhledu.

Třebaže shora popsané zařízení má jedinou topnou zónu, je možné vytvořit konvertor s více než jednou zónou typu znázorněného na obr. 1 a 2. Není rovněž nezbytné, aby indukční topná zóna měla tvar kanálu 8 se dvěma otvory 9, 10 ve stěně konvertoru 1; místo toho může mít protáhly tvar s jediným otvorem ve stěně konvertoru 1. Rovněž je možné upravit více než jednu dmyšňá trubici ve stěně nebo dnu konvertoru v kombinaci s jedním nebo několika kanály, které jsou s výhodou umístěny proti dmyšňým trubicím, přičemž vždycky alespoň jedna dmyšňá trubice směřuje ke každému z kanálů končících ve stěně nebo ve dnu konvertoru. Normálně je kanál 8 neustále naplněn roztavenou lázní, která se udržuje v roztaveném stavu mezi jednotlivými postupy, což znamená, že se kanál 8 během vypouštění roztaveného kovu odpichovým otvorem 15 nevyprazdňuje.

Typický sled postupů při provádění způsobu podle vynálezu je tento: nejprve se do konvertoru 1 vpustí zavážecím otvorem 17 přiměřené množství roztaveného kovu. Teplota kovu se měří, a pokud je to zapotřebí pro žádanou redukci, zvyšuje se nastavováním příkonu elektrické energie do indukčního vinutí 12. Když lázeň dosáhne potřebné teploty, dmyšňá trubici 14 se dmýchá suspenze práškového kysličníku kovu. Nejprve se samozřejmě suspenze připraví v dávkovači a vede do dmyšňá trubice neznázorněným potrubím. Dmyšňá trubice 14 směřuje na protilehlý úsek 7a dna 7, kde je umístěn kanál 8, což v kombinaci s přiměřenou rychlostí dmýchání umožňuje rychlé nahrazování horkého kovu v prohlubni 5 a tedy v oblasti kolem otvorů 9, 10 kanálu 8, aniž by pevné kysličníkové částice z dmyšňá trubice vnikaly do kanálu 8. Teplejší kov z prohlubně 5 kolem konců kanálu 8 je rychle nahrazován chladnějším kovem z ostatních částí roztavené lázně v konvertoru 1, čímž se zlepšuje výměna tepla mezi kanálem 8 a roztavenou lázní. Kromě toho se kysličník kovu, dmýchaný dmyšňá trubicí 14, společně s horkým kovem z kanálu 8 rovnoměrně a rychle rozděluje v roz-

tavené lázni, což je důležité z hlediska kinetiky redukčního postupu a umožňuje, aby redukce probíhala reakcí mezi kyslíčkem kovu a redukčním činidlem ve všech místech konvertoru 1 při správné teplotě. Další výhodou interakce mezi horkým kovem z kanálu 8 a suspenzí dmýchanou dmyšňí trubicí 14 je to, že kov z kanálu 8 zabráňuje zamrznutí ústí dmyšňí trubice 14, zatímco chladicí účinek dmychané suspenze chrání vyzdívku prohlubně 5, takže vyzdívka v oblasti otvorů 9, 10 kanálu 8 se příliš rychle nezmrzne.

Redukčním činidlem, kterého se obvykle používá při redukčním postupu, bývá uhlík. Uhlík může být rozpuštěn od počátku v roztavené lázni konvertoru nebo se může postupně přidávat během zpracování. Například uhlík ve formě práškového uhlí se může smíchat s práškovým kyslíčkem kovu a dmýchat spolu s kyslíčkem dmyšňí trubicí, anebo se může zavádět na roztavený kov shora.

Když je redukce skončena, přeruší se dmýchání práškového kyslíčku kovu, a po nastavení a úpravě chemického složení kovu se konvertor 1 skloní tak, že kov vyteče odpichovým otvorem 15. Před odpichem se obvykle odstraňuje struska otvorem 17, přičemž její odstraňování se podrobuje neustálým dmýcháním vzduchu nebo jiného plynu dmyšňí trubicí 14. Rztavený kov obvykle zůstává v kanálu 8 a v prostoru prohlubně 5, takže otvory 9, 10 kanálu 8 jsou propojeny a vzniká uzavřená smyčka. Před odpichem lze roztavený kov rafinovat zpracováním ve vakuu při současném dmýchání práškového kyslíčku kovu dmyšňí trubicí 14. Případně lze provádět další zpracování včetně rafinačních postupů.

Vynález bude vysvětlen na několika příkladech.

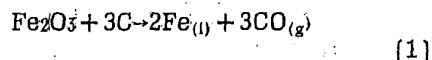
Příklad 1

Výroba surového železa

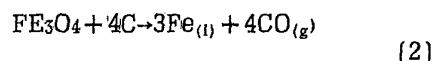
Přímá redukce železné rudy se dá provádět metalurgickým postupem podle vynálezu po vsázkách nebo kontinuálně. Přímá redukce po vsázkách může být prováděna v konvertoru popsáném v souvislosti s obr. 1 a 2. Postup může například probíhat tímto způsobem: Konvertor se nejprve naplní výchozí taveninou, s výhodou roztaveným surovým železem. Lze rovněž použít roztavené oceli. Výhodně však má roztavený kov být bohatý na uhlík, což znamená, že má obsahovat alespoň 3 hmot. % uhlíku, aby teplota liquidu byla nízká, což je předpokladem pro nízkou redukční teplotu, jež opět zajišťuje malé opotřebení vyzdívky. Množství výchozí taveniny je dáno rozměry konvertoru, poněvadž výchozí tavenina má mít dostatečnou hloubku, aby redukční pochody mohly probíhat.

Vlastní redukční pochod začíná dmýchá-

ním práškového koncentráту železné rudy do roztaveného kovu v konvertoru 1 dmyšňí trubicí 14 pomocí nosného plynu. Shora lze do konvertoru 1 přivádět přídavnou železnou rudu ve formě aglomerátu, například jako pelety. Postupně se do roztaveného kovu přidává také uhlík ve stechiometrickém množství tak, aby v případě zpracování hematitu probíhala tato reakce



a v případě magnetitu reakce



Lze použít také směsí různých rud, přičemž uhlík se v tomto případě přidává ve stechiometrickém poměru vzhledem ke koncentrátu, takže redukcí se uvolňuje veškeré železo v kombinovaném koncentrátu.

Uhlík lze zavádět do konvertoru 1 ve formě pevného uhlíkatého materiálu, například grafitu, uhelných produktů — antracitu a dřevěného uhlí nebo koksu, avšak i ve formě hořlavých uhlíkatých sloučenin jako je palivový olej nebo plynné uhlovodíky. Výhodně se však přivádí ve formě uhlí a nejvýhodněji ve formě koksu. Uhlí lze do konvertoru 1 přidávat shora. Rovněž je však možné je zavádět do lázně jednou nebo několika oddělenými neznázorněnými dmyšňími trubicemi. Výhodně se však směs jemného práškového koncentrátu a jemně rozemletého uhlíkatého materiálu připraví předem, přičemž má obsahovat alespoň stechiometrická množství uhlíku a rudy pro průběh redukční reakce. Smícháním rudy a uhlí předem se odstraní problémy spojené s regulací. Směs se dmýchá do roztavené lázně pomocí nosného plynu dmyšňí trubicí 14. Přídavnou rudu a uhlík lze přivádět do konvertoru 1 rovněž shora.

Z ekonomických důvodů se jako nosného plynu k provádění redukčního pochodu nejvýhodněji používá vzduchu. Vyžaduje to ovšem další přísadu uhlíku, která odpovídá množství kyslíku přiváděného vzduchem. Místo vzduchu lze použít redukčních plynů, například určitých uhlovodíků, nebo netečných plynů jako je argon. Vzduchu se však dává přednost.

Při redukcí se spotřebuje velké množství tepelné energie z roztavené lázně v konvertoru 1. Z tohoto důvodu je nebezpečí velmi rychlého poklesu teploty ve hmotě roztaveného kovu. Teplota se udržuje prakticky konstantní po celou dobu redukčního postupu tím, že se přivádí dostatečné množství elektrické energie do indukčního vinutí 12 obklopujícího kanál 8. Teplejší kov z kanálu 8 je „vyčerpáván“ do prohlubně 5, odkud proudí spolu s materiálem zaváděným dmyšňí trubicí 14 do všech míst konvertoru 1. Následkem toho probíhá redukce v celé hmotě roz-

tavené lázně při žádané teplotě. Teplota se s výhodou udržuje na úrovni ležící těsně nad teplotou liquidu kovu v konvertoru 1, zejména v rozmezí mezi teplotou liquidu a 200 °C nad touto teplotou liquidu, s výhodou nejvýše 100 °C nad teplotou liquidu; dosahuje se toho nastavováním příkonu elektrické energie do indukčního vinutí 12. Dmýchání koncentrátu a uhlí pokračuje tak dlouho, až se získá žádané množství železa. Potom lze roztavený kov podle druhu vyzdívky rafinovat a zbavit síry dmýcháním kysličníku vápenatého nebo jiných odsiřovacích činidel stejnou dmyšňí trubicí 14, která předtím sloužila ke dmýchání směsi rudy a uhlí. Před litím se teplota roztaveného kovu zvýší na ličí teplotu zvětšením příkonu do indukčního vinutí 12 obklopujícího kanál 8.

Příklad 2

Výroba nelegovaných ocelí

Při výrobě nelegovaných ocelí způsobem podle vynálezu se konvertor 1 nejprve naplní dostatečným množstvím roztaveného surového železa. Alternativně se vyrobí v konvertoru shora uvedeným způsobem dostatečné množství surového železa. Teplota roztaveného kovu se pak zvýší asi na 1 500 °C pomocí indukčního vinutí 12 obklopujícího kanál 8. Potom se začne dmyšňí trubicí 14 dmýchat prášková železná ruda unášená vzduchem. Během první fáze dmýchání se okysličuje křemík a mangan. V závislosti na teplotě taveniny se současně odstraňuje i určité množství uhlíku. Po skončení okysličení křemíku a manganu se z hladiny roztaveného kovu odstraní struska, načež může začít odstraňování uhlíku. S výhodou v jediném stupni se obsah uhlíku v tavenině sníží na žádanou hodnotu pomocí práškového kysličníku železa, který se dmýchá dmyšňí trubicí 14. Nosným plynem je obvykle vzduch. Jakmile se dosáhne žádaného obsahu uhlíku v tavenině, začne se místo vzduchu dmýchat argon a přidávají se legovací přísady, obvykle shora. Argonu se používá pouze k rychlé homogenizaci taveniny. Během oduhličení se teplota udržuje na žádoucí hodnotě regulací příkonu indukčního vinutí 12. Poněvadž teplota liquidu kovu závisí na obsahu uhlíku v roztavené slitině železa a uhlíku, má se teplota postupně zvyšovat vhodnou regulací příkonu do indukčního vinutí 12 tak, aby se udržovala mezi teplotou liquidu a 200 °C nad teplotou liquidu, s výhodou mezi teplotou liquidu a 100 °C nad ní.

Konvertoru 1 podle obr. 1 a 2 lze rovněž použít k roztavení šrotu při výrobě oceli. Je-li obsah uhlíku po roztavení železného šrotu příliš vysoký, lze přebytek uhlíku odstranit dmýcháním práškového koncentrátu železné rudy, přičemž teplota taveniny se udržuje nad teplotou liquidu pomocí indukčního ohřevu.

Obr. 3 znázorňuje oduhličení surového že-

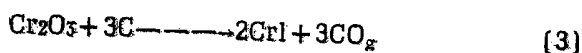
leza způsobem podle vynálezu. Konvertor z obr. 1 a 2 byl naplněn množstvím asi 4,5 t roztaveného surového železa. Prohlubeň 5 a kanál 8 obsahovaly před naplněním konvertoru 800 kg roztavené oceli. Smíchaný roztavený kov měl přibližně následující hmotnostní složení: 3,8 % uhlíku, 1,4 % křemíku, 0,3 % manganu, zbytek železa a náhodné nečistoty. Dmyšňí trubicí 14 byla do konvertoru 1 dmýchána suspenze koncentrátu magnetitové rudy, tj. kysličník železnato-železitý. V roztaveném surovém železe v konvertoru 1 bylo tímto způsobem emulgováno asi 1000 kg kysličníku železnato-železitého. V diagramu na obr. 3 znázorňuje křivka I množství koncentrátu dmychané během této fáze. Křivka teploty ukazuje, jak byla teplota roztaveného kovu zvyšována během dmýchání z hodnoty 1480 °C na 1550 °C. Ostatní křivky znázorňují změny obsahu uhlíku, křemíku a manganu během dmýchání kysličníku železa.

Během počáteční fáze proběhlo okysličení prakticky veškerého křemíku a manganu, načež probíhalo hlavně oduhličení. Když bylo do roztaveného kovu dmýcháním zavedeno 1000 kg koncentrátu rudy, poklesl obsah uhlíku asi na 1,0 %. Koncentrát obsahoval přibližně 90 % kysličníku železnato-železitého. Když bylo dosaženo požadovaného obsahu uhlíku, byl shora do roztaveného kovu přidán křemík a mangan a směs byla homogenizována dmýcháním argonu dmyšňí trubicí 14. Současně se zvyšovala teplota asi na 1600 °C, což je hodnota vhodná pro odpich.

Příklad 3

Výroba legovaných ocelí

Způsobem podle vynálezu lze vyrábět oceli o středním obsahu chromu, to znamená s 1 až 15 % chromu, a to tímto postupem: nejprve se do konvertoru 1 podle obr. 1 a 2 zavede roztavené železo bohaté na uhlík. Alternativně lze roztavené železo připravit přímo v konvertoru popsáním způsobem. Teplota roztaveného kovu se zvýší pomocí indukčního vinutí 12 na hodnotu mezi 1600 a 1750 °C, s výhodou mezi 1600 a 1700 °C. Po dosažení žádané teploty se dmyšňí trubicí 14 dmýchá suspenze koncentrátu kysličníkové chromové rudy ve vzduchu. Rudou je s výhodou chromit, to znamená kysličník železa a chromu — kysličník chromitoželezitý FeCr_2O_4 . Práškový koncentrát se rozloží v celém objemu roztaveného kovu a unáší sebou teplejší kov z prohlubně 5 kolem otvorů 9, 10 kanálu 8. Během dmýchání chromitu se teplota udržuje v rozmezí 1600 až 1750 °C, s výhodou 1600 až 1700 °C, regulací příkonu indukčního vinutí 12. Je-li obsah uhlíku v tavenině dostatečně vysoký, probíhá zleva do prava následující reakce:



Pro výrobu chromových ocelí střední tvrdosti způsobem podle vynálezu má být během dmýchání kysličníku chromitého obsah uhlíku alespoň 1 %. To znamená, že do taveniny se musí přidávat přídatný uhlík, pokud se obsah uhlíku snížil na 1 % dřív, než se dosáhlo žádaného obsahu chromu. Je možné přidávat uhlík během dmýchání kysličníku chromitého, a to buď shora nebo společně s práškovým kysličníkem. Během redukce kysličníku chromitého uhlíkem se obsah uhlíku s výhodou udržuje nad hodnotou 2 %. Jakmile tavenina dosáhne žádaného obsahu chromu, lze snížit dále obsah uhlíku dmýcháním koncentráту železné rudy při současném udržování teploty na přibližně konstantní hodnotě.

Diagram na obr. 4 schematicky vysvětluje příklad výroby středně tvrdé chromové oceli v konvertoru podle obr. 1 a 2. Do konvertoru 1 se nejprve zavede surové železo, které se smíchá s roztaveným kovem v kanálu 8 a prohlubni 5, takže vzniklý smíšený kov má následující hmotnostní složení: 3,8 % uhlíku, 1,6 % křemíku, 0,8 % manganu, 0,01 % síry, zbytek železo a náhodné nečistoty.

Teplota tohoto roztaveného kovu se nejprve zvýší asi na 1650 °C pomocí indukčního vinutí 12. Po dosažení této teploty se dmyšší trubicí 14 dmýchá asi 1025 kg koncentráту chromitu v práškové formě spolu s práškovým kysličníkem vápenatým jako struskovým činidlem, přičemž tyto složky se přivádějí jako suspenze ve vzduchu. Křivka II na obr. 4 znázorňuje množství koncentráту dmýchaného do roztaveného kovu během této fáze. Teplota se udržuje v rozmezí 1600 až 1750 °C, s výhodou 1600 až 1700 °C během celé doby dmýchání chromitu. Dmýchání prášek obsahoval asi 47 % kysličníku chromitého. Dmýchání bylo přerušeno, když obsah uhlíku poklesl na 1 %. Obsah chromu v roztaveném kovu se pak zvýšil asi na 5,5 %. Současně se zvýšil obsah síry v důsledku přítomnosti sirných nečistot v koncentráту chromitu. K odstranění síry byl proto podle křivky III na obr. 4 dmýchán do konvertoru 1 kysličník vápenatý. Konečně byl upraven obsah manganu a křemíku přidáním těchto legovacích prvků shora, přičemž dmyšší trubicí 14 byl k promíchávání taveniny dmýchán argon.

Podle shora uvedeného principu lze rovněž vyrábět nerezavějící ocel a jiné chromové slitiny s obsahem chromu nad 15 %. Nerezavějící ocel a jiné slitiny se vysokým obsahem chromu se však s výhodou nejprve taví běžným způsobem v obloukové peci, načež se roztavená slitina se žádaným obsahem chromu naplní do konvertoru podle obr. 1 a 2, kde se provádí oduhličení. K tomuto účelu se používá kysličníku železa nebo jiného kovu, který se dá snadněji redukovat než kysličník chromitý, například kysličníku nikelnatého. Oduhličení se provádí dmýcháním práškového kysličníku v nosném plynu dmyšší trubicí 14. I v tomto případě se tep-

lota s výhodou udržuje mezi 1600 a 1750 °C, nejvýhodněji mezi 1600 a 1700 °C, regulací příkonu indukčního vinutí 12. Jako nosného plynu se používá s výhodou vzduchu do té doby, než uhlík poklesne na množství 1 %. Potom se s výhodou místo vzduchu použije jako nosného plynu argonu anebo páry, aby se zabránilo zachycení dusíku v roztavené oceli. Aby byl obsah uhlíku nízký, aniž by docházelo k okysličení chromu, musí být koncentrace argonu anebo páry dostatečně vysoká. Rovněž je možné dmýchat rozpouštějící plyn jako argon anebo páru současně s evakuováním prostoru v konvertoru nad hladinou roztaveného kovu pomocí vývěv, přičemž dmýchání koncentrované rudy neustále pokračuje. Této kombinace zpracování rozpouštějícím plynem a vakuového oduhličení se s výhodou používá pro výrobu ocelí s velmi nízkým obsahem uhlíku a dusíku.

Velmi nízký obsah znamená, že celkové množství uhlíku a dusíku nepřekračuje 0,03 procent, s výhodou nepřevyšuje 0,015 %. Tyto oceli obsahují často jako legovací prvek molybden. Molybdenu lze využít způsobem podle vynálezu tak, že oduhličení roztavené lázně obsahující chrom se částečně provádí dmýcháním práškového kysličníku molybdenového způsobem, který je pro vynález charakteristický. K tomuto účelu lze rovněž použít kysličníku nikelnatého.

V souvislosti s obr. 5 bude popsán příklad vysvětlující výrobu speciální oceli, která obsahuje víc než jeden legovací kov. Podle obr. 5 měla výchozí kovová tavenina teplotu 1200 stupňů Celsia a obsahovala 3,5 % uhlíku, 1,75 % křemíku a 0,5 % manganu. Teplota taveniny byla nejprve zvýšena indukčním ohřevem na 1600 °C. Po dosažení této teploty bylo dmýcháno do konvertoru asi 200 kg chromitého koncentráту, křivka II, stejného typu jako v předchozím případě, přičemž teplota byla udržována na přibližně konstantní hodnotě. Kysličník chromu byl dmýchaným práškovým chromitu byl redukován křemíkem a manganem v tavenině a do určité míry i uhlíkem. Při této fázi se získá obsah 1,1 % chromu v roztaveném kovu. Jako nosného plynu pro práškový chromit bylo použito vzduchu. V následujícím stupni bylo do roztaveného kovu dmýcháno ve formě prášku unášeného vzduchem 600 kg scheelitu, křivka IV). Scheelit je kysličníková wolframová ruda, a koncentrát dmýchaný do roztaveného kovu obsahoval asi 32 % kysličníku wolframového. Teplota byla udržována na konstantní hodnotě i během dmýchání scheelitu regulací příkonu do indukčního vinutí 12. Wolframová ruda byla redukována uhlíkem přítomným v tavenině, takže tavenina obsahovala asi 2,5 % wolframu. Během tohoto stupně poklesl obsah uhlíku z 2,25 % asi na 1,75 %. K dalšímu snížení obsahu uhlíku v tavenině bylo dmýcháno do konvertoru asi 225 kg koncentráту magnetitové rudy podle křivky I pomocí vzduchu. Dmýchání bylo přerušeno v okamžiku kdy

obsah uhlíku poklesl na 0,5 %. Po celou dobu byla teplota udržována přibližně na hodnotě 1600 °C přiváděním dostatečného množství elektrické energie do indukčního vinutí 12. V posledním stupni bylo do taveniny dmýcháno asi 300 kg kysličníku vápenatého, křivka III, který byl unášen argonem a sloužil k odstranění síry.

Tento příklad vysvětluje dva charakteristické znaky postupu podle vynálezu, totiž, že při výrobě speciální oceli nebo jiné slitiny s obsahem více než jednoho legovacího kovu se kysličníky kovů podle vynálezu dmýchají postupně, a že se tyto kysličníky přivádějí do taveniny v pořadí odpovídajícím jejich zmenšující se afinitě ke kyslíku. To znamená, že kysličník, který se uhlíkem nebo jiným redukčním činidlem redukuje nejsnadněji, se dmýchá do taveniny v posledním stupni, zatímco kysličník, který se redukuje nejobtížněji, se dmýchá do taveniny v prvním stupni, a případně další kysličníky kovů se dmýchají v mezidobí podle afinity ke kyslíku. Příklad rovněž ukazuje, že křemíku a manganu, který je přítomen ve výchozí tavenině, lze s výhodou využít k redukci například kysličníku chromitého dmýchaného do taveniny v prvním stupni postupu podle vynálezu.

Dalším druhem legovaných ocelí, které lze vyrobit postupem podle vynálezu, jsou

oceli pro kryogenické—nízkoteplotní účely, například oceli s obsahem 5 nebo 9 % niklu. Přitom se nejprve vyrobí roztavené železo bohaté na uhlík, a to jakýmkoliv shora uvedeným způsobem, nebo se zavede do konvertoru podle obr. 1 a 2. Do této taveniny se přidá kysličník nikelnatý a teplota se udržuje na žádané hodnotě indukčním ohřevem, přičemž horký kov se dopravuje do všech míst roztaveného kovu pomocí proudu prášku dmýchaného dmyšní trubicí. Přivádění koncentrátní niklové rudy se provádí tak dlouho, až se dosáhne žádaného obsahu uhlíku a/nebo niklu reakcí mezi kysličníkem nikelnatým a uhlíkem rozpuštěným v tavenině, přičemž uhlík uvolňuje nikl reakcí s kyslíkem z kysličníku nikelnatého.

Ve všech shora popsaných případech je možné kombinovat dmýhání kysličníku kovu dmyšní trubicí ve formě prášku s přidáváním kysličníku kovu ve formě aglomerátu do konvertoru shora.

Podle výhodného provedení vynálezu sestává nosný plyn v případě oduhličování s výhodou z kyslíku, ze směsi vzduchu a kyslíku nebo ze směsi jiného plynu a kyslíku. V tomto případě slouží kyslík především k oduhličování, zatímco kysličník kovu dmýchaný spolu s plynem slouží především jako chladivo a zvětšuje impuls dmýchané směsi plynu a prášku.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob přímé redukce práškového kysličníku kovu, dmýchaného v suspenzi s nosným plynem zdola do roztavené lázně v konvertoru dmyšní trubicí procházející vzdívkou konvertoru, přičemž část roztavené lázně se odvádí z konvertoru do topné zóny spojené s dolní částí konvertoru a ohřívá

se v ní indukčním ohřevem na teplotu udržující mezi obsahem konvertoru a obsahem topné zóny teplotní gradient, vyznačující se tím, že suspenze práškového kysličníku kovu v nosném plynu se dmýchá do konvertoru mimo ústí topné zóny.

4 listy výkresů

