

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRUMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2002-3440**
(22) Přihlášeno: **11.04.2001**
(30) Právo přednosti: **17.04.2000 AU 20006950**
(40) Zveřejněno: **17.09.2003**
(Věstník č. 9/2003)
(47) Uděleno: **21.12.2011**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **01.02.2012**
(Věstník č. 5/2012)
(86) PCT číslo: **PCT/AU2001/000419**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2001/081637**

(11) Číslo dokumentu:

302 976

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:
C21B 11/00 (2006.01)
C21B 11/02 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

WO 2000/01854 A1; WO 2000/01855 A1; WO 2000/14285 A1; WO 1999/16911 A1; EP 308925 A1.

(73) Majitel patentu:

TECHNOLOGICAL RESOURCES PTY LTD,
Melbourne, AU

(72) Původce:

Dry Rodney James, City Beach, AU
Burke Peter Damian, Winthrop, AU

(74) Zástupce:

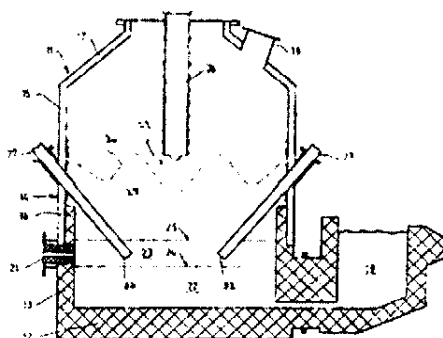
Dr. Karel Čermák, Národní třída 32, Praha 1, 11000

(54) Název vynálezu:

Způsob přímého tavení

(57) Anotace:

Řešení se týká způsobu přímého tavení, založeného na roztavené lázni, a zařízení na výrobu kovů z materiálu, obsahujícího železo. Způsob zahrnuje vhánění vstupních materiálů, kterými jsou tuhý materiál a nosný plyn, do roztavené lázně při rychlosti alespoň 40 m/s přes alespoň jednu dolů směřující přívodní trubku pro vhánění pevných materiálů, opatřenou dodávací trubicí o vnitřním průměru 40 mm až 200 mm, která je umístěna tak, že středová osa výstupního konce přívodní trubky leží pod úhlem od 20° do 90° vzhledem k vodorovné ose. Vhánění vstupních materiálů vytváří povrchové proudění plynu alespoň 0,04 Nm³/s/m² v roztavené lázni alespoň částečně prostřednictvím reakcí vháněného materiálu v lázni. Proudění plynu způsobuje, že roztavený materiál je vypuzován směrem vzhůru jako rozstříkované a šplíchající kapičky nebo proudy a vytváří expandovanou oblast roztavené lázně, přičemž proudění plynu a směrem vzhůru vypuzovaný roztavený materiál způsobují zásadní pohyb materiálu v roztavené lázni a silné promíchávání roztavené lázně. Vstupní materiály jsou zvoleny tak, že v celkovém smyslu jsou reakce vstupních materiálů v roztavené lázni endotermické. Způsob rovněž zahrnuje dmýhání plynu, obsahujícího kyslík, do horní oblasti nádoby prostřednictvím alespoň jedné přívodní trubky pro dmýhání plynového kyslíku a hořlavých plynů pro přídavné spalování, uvolněných z roztavené lázně.



CZ 302976 B6

Způsob přímého tavení

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu přímého tavení pro výrobu kovů včetně kovových slitin z materiálů, obsahujících železo, a to zejména, avšak nikoli výlučně, způsobu výroby železa z výchozího materiálu, obsahujícího železo, jako jsou například rudy, částečně redukované nebo odkysličené rudy a odpadní materiály, obsahující kov.

10

Vynález se týká zejména způsobu přímého tavení, využívajícího lázně roztaveného kovu.

Dosavadní stav techniky

15

Jeden známý způsob přímého tavení, založený na roztavené lázni a určený pro výrobu roztaveného železného kovu, je způsob DIOS. Tento způsob DIOS zahrnuje etapu předběžné redukce a etapu redukce při tavení.

20

U způsobu DIOS je ruda (pod 8 mm) předehřívána (750 °C) a předběžně redukována (10 až 30 %) ve fluidních ložích s využitím odpadních plynů z tavné redukční nádoby, která obsahuje roztavenou lázeň kovu a strusky, přičemž struska vytváří na kovu silnou vrstvu.

25

Jemné částice (pod 3 mm) a hrubé částice (pod 8 mm) rudy jsou oddělovány v etapě předběžné redukce daného způsobu. Uhlí a předehřátá a předběžně redukováná ruda jsou (prostřednictvím dvou přívodních potrubích) přiváděny kontinuálně do tavné redukční pece z horní části této pece. Ruda se rozpouští a vytváří oxid železnatý FeO v silné vrstvě strusky, přičemž uhlí se rozkládá na aktivní uhlí a na těkavé látky ve vrstvě strusky.

30

Kyslík je vháněn nebo dmýchán speciálně zkonstruovanou přívodní trubkou, což přispívá k sekundárnímu spalování ve zpěněné strusce. Proudý kyslík spalují oxid uhelnatý, který je vytvářen v průběhu tavných redukčních reakcí, v důsledku čehož je vytvářeno teplo, které je přenášeno do roztavené strusky. Oxid železnatý FeO je redukván na rozhraní strusky a kovu, jakož i na rozhraní strusky a aktivního uhlí.

35

Promíchávací plyn, vháněný do lázně horkého kovu ze spodní strany tavné redukční nádoby, zdokonaluje účinnost přednosu tepla a zvyšuje rozhraní strusky a kovu pro průběh redukce. Struska a kov jsou pravidelně odpichovány.

40

Dalším známým postupem přímého tavení pro výrobu roztaveného železného kovu je způsob AISI. Tento způsob AISI rovněž zahrnuje etapu předběžné redukce a etapu redukce při tavení.

45

U způsobu AISI jsou předehřátá a částečně předběžně zredukováná zrnka železné rudy společně s uhlím nebo hráškovým koksem a se struskotvornými přísadami přiváděny seshora do tlakového tavicího reaktoru, který obsahuje roztavenou lázeň kovu a strusky.

50

Uhlí se ve vrstvě strusky rychle odplyňuje, přičemž se zrnka železné rudy rozpouštějí ve strusce a jsou následně redukována s pomocí uhlíku (aktivního uhlí) ve strusce. Procesní podmínky způsobují zpěnění strusky. Oxid uhelnatý CO a vodík H₂, vytvářené při tomto procesu, jsou přidavně spalovány ve vrstvě strusky nebo přímo nad ní za účelem vytváření energie, nezbytné pro endotermické redukční reakce.

55

Kyslík je vháněn nebo dmýchán seshora přes středovou vodou chlazenou přívodní trubku, přičemž dusík je vháněn dmyšňí trubici ve spodní části reaktoru pro zajištění dostatečného promíchávání za účelem usnadnění přenosu tepla, získaného z energie přidavného spalování, do lázně.

Odpadní plyny z daného procesu jsou zbavovány prachu v cyklónovém odlučovači prachu ještě předtím, než jsou přiváděny do pece šachtového typu pro předehřívání a předběžnou redukci zrněk oxidu železnatého nebo wustitu.

5

Další známý způsob přímého tavení, který je založen na vrstvě roztaveného kovu jako na reakčním médiu, a který je obecně nazýván jako tavicí proces HI, je popsán v mezinárodní patentové přihlášce PCT/AU 96/00197 (WO 96/31627) na jméno přihlašovatele.

10 Tento tavicí proces HI, tak jak je popsán ve shora uvedené mezinárodní patentové přihlášce, obsahuje:

(a) vytváření lázně roztaveného kovu a strusky v nádobě;

15 (b) přivádění či vhánění do této lázně:

(i) vstupního materiálu, obsahujícího kov, kterým jsou obvykle oxidy kovů; a

(ii) pevného uhlíkatého materiálu, obvykle uhlí, které působí jako redukční činidlo pro oxidy kovů a jako zdroj energie; a

20 (c) tavení vstupního materiálu, obsahujícího kov, na kov v kovové vrstvě.

Tavicí proces HI rovněž zahrnuje vhánění plynu, obsahujícího kyslík, do prostoru nad lázní, a reakčních plynů pro přídavné spalování, jako jsou například oxid uhelnatý (CO) a vodík (H₂), uvolňovaných z lázně a přenášejících vytvářené teplo do lázně za účelem zvyšování tepelné energie, požadované pro tavení vstupních materiálů, obsahujících kov.

25

Tavicí proces HI rovněž zahrnuje vytváření přechodové oblasti v prostoru nad nominálním nehybným povrchem lázně, ve které dochází ke stoupání a klesání rozstříkovaných a šplíchajících kapiček nebo proudů roztaveného kovového materiálu, které vytvářejí účinné médium pro přenášení do lázně tepelné energie, která je vytvářena prostřednictvím přídavného spalování reakčních plynů v prostoru nad lázní.

30

Způsob tavení HI, popsáný v mezinárodní patentové přihlášce, je charakterizován vytvářením přechodové oblasti prostřednictvím vhánění nosného plynu, vstupních materiálů, obsahujících kov, a tuhého uhlíkatého materiálu do lázně přes úsek strany nádoby, který je ve styku s lázní, a/nebo z horní strany lázně tak, že nosný plyn a tuhý materiál proniká do lázně a způsobuje vypuzování roztaveného materiálu do prostoru nad povrchem lázně.

35

Způsob tavení HI, popsáný v mezinárodní patentové přihlášce, představuje zdokonalení vzhledem k dřívějším formám způsobu tavení HI, kde byla přechodová oblast vytvářena prostřednictvím spodního vhánění plynu a/nebo uhlíkatého materiálu do lázně, což způsobovalo vypuzování rozstříkovaných a šplíchajících kapiček nebo proudů roztaveného materiálu z lázně.

40

45 Podstata vynálezu

Přihlašovatelem byly provedeny rozsáhlé výzkumy a zkušební práce v oblasti způsobů přímého tavení, přičemž bylo dosaženo celé řady významných zjištění v souvislosti s těmito způsoby.

50 Obecně řečeno se předmět tohoto vynálezu týká způsobu přímého tavení pro výrobu kovů včetně kovových slitin z materiálů, obsahujících železo, zahrnující následující kroky:

a) vytváření lázně roztaveného kovu a roztavené strusky v hutnické nádobě,

b) vhánění vstupních materiálů, kterými jsou tuhý materiál a nosný plyn, do roztavené lázně při rychlosti alespoň 40 m/s prostřednictvím dolů směřující přívodní trubky pro vhánění tuhých materiálů, která má přívodní trubici o vnitřním průměru od 40 mm do 200 mm, která je umístěna tak, že středová osa výstupního konce přívodní trubky leží pod úhlem od 20° do 90° vzhledem k vodorovné ose pro vytváření povrchového proudu plynu alespoň 0,04 Nm³/s/m² v roztavené lázni, kde m² se týká plochy vodorovného průřezu roztavené lázně, alespoň částečně prostřednictvím reakcí vhaněného materiálu v lázni, což způsobuje vystřikování roztaveného materiálu ve formě rozstříkovaných a šplíchajících kapiček nebo proudů a vytváření expandované oblasti roztavené lázně, přičemž proud plynu a vzhůru vystřikovaný roztavený materiál způsobují zásadní pohyb materiálu v roztavené lázni a silné promíchávání roztavené lázně, přičemž přiváděné materiály jsou zvoleny tak, že celkově jsou reakce přiváděných materiálů v roztavené lázni endotermické, a

c) dmýchání plynu, obsahujícího kyslík, do horní oblasti metalurgické nádoby prostřednictvím alespoň jedné přívodní trubky pro dmýchání plynného kyslíku, a přidavné spalování spalitelných plynů, uvolňovaných z roztavené lázně, přičemž stoupající a poté klesající roztavený materiál v expandované oblasti roztavené lázně usnadňuje přenos tepla do roztavené lázně.

Expandovaná oblast roztavené lázně je charakterizována vysokým objemovým podílem plynových pórů v roztaveném materiálu.

Objemový podíl plynových pórů v roztaveném materiálu činí s výhodou alespoň 30 % objemu expandované oblasti roztavené lázně.

Rozstříkované a šplíchající kapičky nebo proudy roztaveného materiálu jsou vytvářeny prostřednictvím shora popisovaného proudění plynu v roztavené lázni. Jelikož si přihlašovatel nepřeje být vázán následujícím popisem, je přesvědčen, že rozstříkované a šplíchající kapičky nebo proudy jsou vytvářeny v důsledku promíchávacího turbulentního režimu při nižších rychlostech proudění plynu a v důsledku fontánového režimu při vyšších rychlostech proudění plynu.

Proudění plynu a směrem vzhůru vypuzovaný roztavený materiál s výhodou způsobují zásadní pohyb materiálu, a to směrem do a směrem ven z roztavené lázně.

Tuhý materiál s výhodou obsahuje materiál, obsahující železo, a/nebo tuhý uhlíkatý materiál. Shora popisovaná expandovaná oblast roztavené lázně je naprosto odlišná od vrstvy zpěněné strusky, vytvářené v souladu se shora popsáním způsobem AISI.

Krok (b) s výhodou obsahuje vhánění vstupních materiálů do roztavené lázně tak, že vstupní materiály pronikají do spodní oblasti roztavené lázně.

Expandovaná oblast roztavené lázně je s výhodou vytvářena na spodní oblasti roztavené lázně.

Krok (b) s výhodou obsahuje vhánění vstupních materiálů do roztavené lázně prostřednictvím přívodní trubky při rychlosti v rozmezí od 80 do 100 m/s.

Krok (b) dále s výhodou obsahuje vhánění vstupních materiálů do roztavené lázně prostřednictvím přívodní trubky při hmotnostní průtokové rychlosti až do 2,0 t/m²/s, kde m² se týká průřezové plochy přívodní trubky.

Krok (b) rovněž s výhodou zahrnuje vhánění vstupních materiálů do roztavené lázně prostřednictvím přívodní trubky při poměru tuhých látek ku plynu o velikosti od 10 do 25 kg tuhých látek na Nm³ plynu.

Poměr tuhých látek ku plynu je nejvýhodnější 10 až 18 kg tuhých látek na Nm³ plynu.

Krok (b) s výhodou zahrnuje vhánění vstupních materiálů prostřednictvím množiny přívodních trubek pro vhánění tuhých materiálů a vytváření proudu plynu alespoň $0,04 \text{ Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ v roztavené lázni.

- 5 Proud plynu v roztavené lázni, vytvářený v kroku (b), je s výhodou alespoň $0,04 \text{ Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ na nominálním klidovém povrchu roztavené lázně.

Proud plynu v roztavené lázni má s výhodou průtokovou rychlost alespoň $0,2 \text{ Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$.

- 10 Průtoková rychlost je s výhodou alespoň $0,3 \text{ Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$.

Průtok plynu v roztavené lázni, vytvářený v kroku (b), je s výhodou menší, než $2 \text{ Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$.

- 15 Proudění plynu v roztavené lázni může být částečně vytvářeno v důsledku vhánění plynu do roztavené lázně zespoda a/nebo boční stěnou, a to s výhodou do spodní oblasti roztavené lázně.

Plynem, obsahujícím kyslík, dmýchaným pro roztavené lázně v kroku (c), je s výhodou vzduch nebo kyslíkem obohacený vzduch.

- 20 Krok (c) s výhodou obsahuje dmýchání vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu do hutnické nádoby při teplotě od 800°C do 1400°C a při rychlosti od 200 m/s do 600 m/s prostřednictvím alespoň jedné přívodní trubky pro dmýchání plynného kyslíku, a vytlačování expandované oblasti roztavené lázně v oblasti spodního konce přívodní trubky směrem od přívodní trubky, a vytváření „volného“ prostoru kolem spodního konce přívodní trubky, kde je koncentrace roztaveného materiálu, která je nižší, než koncentrace roztaveného materiálu v expandované oblasti roztavené lázně, přičemž přívodní trubka je umístěna tak, že:

- (i) středová osa přívodní trubky leží pod úhlem od 20° do 90° vzhledem k vodorovné ose,
 (ii) přívodní trubka zasahuje do hutnické nádoby ve vzdálenosti, která činí alespoň velikost
 30 vnějšího průměru spodního konce přívodní trubky, a
 (iii) spodní konec přívodní trubky má alespoň trojnásobnou velikost, jako vnější průměr spodního konce přívodní trubky nad klidovým povrchem roztavené lázně.

- 35 Koncentrace roztaveného materiálu ve volném prostoru kolem spodního konce přívodní trubky činí s výhodou 5 % nebo méně objemu tohoto prostoru.

- Volný prostor kolem spodního konce přívodní trubky je s výhodou polokulovým prostorem, který má průměr, který činí alespoň dvojnásobek vnějšího průměru spodního konce přívodní trubky.

- 40 Volný prostor kolem spodního konce přívodní trubky s výhodou nepřesahuje čtyřnásobek vnějšího průměru spodního konce přívodní trubky.

- 45 S výhodou alespoň 50 %, ještě výhodněji alespoň 60 % objemových kyslíku ve vzduchu nebo v kyslíkem obohaceném vzduchu je spalováno ve volném prostoru kolem spodního konce přívodní trubky.

- Krok (c) s výhodou obsahuje dmýchání plynu, obsahujícího kyslík, do hutnické nádoby ve vířivém pohybu.

- 50 Způsob podle tohoto vynálezu obsahuje s výhodou řízení hladiny rozpuštěného uhlíku v roztaveném železe tak, aby byla alespoň 3 % hmotnostní, a udržování strusky v silně redukovaném stavu, což vede k hladinám oxidu železnatého FeO menším, než 6 % hmotnostních, a s výhodou menším, než 5 % hmotnostních, ve strusce.

Způsob podle tohoto vynálezu obsahuje rovněž s výhodou zajišťování vystřikování roztaveného materiálu do horního prostoru nad expandovanou oblastí roztavené lázně.

- 5 Krok (c) s výhodou zahrnuje přidavné spalování hořlavých plynů tak, že úroveň přidavného spalování je alespoň 40 %, přičemž přidavné spalování je definováno jako:

$$\frac{[CO_2] + [H_2O]}{[CO_2] + [H_2O] + [CO] + [H_2]}$$

- 10 kde:

$[CO_2]$ – znamená objem oxidu uhličitého CO_2 v odpadních plynech v procentech,

$[H_2O]$ – znamená objem vody H_2O v odpadních plynech v procentech,

- 15 $[CO]$ – znamená objem oxidu uhelnatého CO v odpadních plynech v procentech, a

$[H_2]$ – znamená objem vodíku H_2 v odpadních plynech v procentech.

- 20 Výrazem „tavení“ je zde nutno rozumět tepelné zpracování, při kterém dochází k chemickým reakcím, které redukuje vstupní materiál, obsahující železo, za účelem výroby tekutého kovu.

Výrazem „klidový povrch“ v souvislosti s roztavenou lázní je nutno rozumět povrch roztavené lázně za provozních podmínek, kdy nedochází k žádnému vhnění plynů nebo tuhých látek, a tím ani k žádnému promíchávání lázně.

- 25 Způsob s výhodou zahrnuje udržování vysoké zásoby strusky v nádobě vzhledem k množství roztaveného železného kovu v nádobě.

- 30 Množství strusky v nádobě, to znamená zásoba strusky, má přímý dopad na množství strusky, která je v expandované oblasti roztavené lázně.

Poměrně nízké charakteristiky přenosu tepla u strusky v porovnání s kovem jsou velice významné v souvislosti s minimalizací tepelných ztrát z expandované oblasti roztavené lázně do vodou chlazených bočních stěn, jakož i z nádoby prostřednictvím jejich bočních stěn.

- 35 V důsledku vhodného řízení daného způsobu může struska v expandované oblasti roztavené lázně vytvářet vrstvu nebo vrstvy na bočních stěnách, které napomáhají při zabraňování tepelným ztrátám z těchto bočních stěn.

- 40 Takže změnou zásoby strusky je možno zvyšovat nebo snižovat množství strusky v expandované oblasti roztavené lázně a na bočních stěnách, v důsledku čehož je možno řídit a kontrolovat tepelné ztráty prostřednictvím bočních stěn nádoby.

Struska může vytvářet „mokrou“ vrstvu nebo „suchou“ vrstvu na bočních stěnách.

- 45 „Mokrá“ vrstva obsahuje ztuhlou vrstvu, která ulpívá na bočních stěnách, polotuhou vrstvu a vnější kapalný filmový povlak.

„Suchá“ vrstva je taková, ve které je v podstatě veškerá struska ztuhlá.

- 50 Množství strusky v nádobě rovněž představuje opatření pro regulaci rozsahu přidavného spalování.

Pokud je zejména zásoba strusky příliš nízká, bude docházet ke zvýšenému vystavení kovu v expandované oblasti roztavené lázně okolnímu působení, v důsledku čehož bude docházet ke zvýšené oxidaci kovu a rozpuštěného uhlíku v kovu a k potenciálu pro redukované přídavné spalování a následné snížené přídavné spalování bez ohledu na kladný účinek, který má kov v expandované oblasti roztavené lázně na přenos tepla do kovové vrstvy.

Kromě toho, pokud je zásoba strusky příliš vysoká, potom jedna nebo více přívodních trubek pro dmýchání plynu, obsahujícího kyslík, bude ponořena do expandované oblasti roztavené lázně, což minimalizuje pohyb reakčních plynů v horní oblasti směrem ke konci každé přívodní trubky, v důsledku čehož dochází ke snížení potenciálu pro přídavné spalování.

Množství strusky v nádobě, to znamená zásoba strusky, může být regulováno a řízeno s pomocí rychlostí odpichování kovu a strusky.

Vytváření strusky v nádobě může být regulováno a řízeno prostřednictvím změny rychlostí přivádění vstupního materiálu, obsahujícího kov, uhlíkatého materiálu a struskotvorných přísad do nádoby, jakož i prostřednictvím změny provozních parametrů, jako jsou například rychlosti dmýchání plynu, obsahujícího kyslík.

Materiál, obsahující železo, je s výhodou taven na kov alespoň převážně ve spodní oblasti roztavené lázně. Tato oblast nádoby má konstantně vysokou koncentraci kovu.

V praxi existuje určitý podíl materiálu, obsahujícího železo, který je taven na kov, a to v ostatních oblastech nádoby. Avšak úkolem způsobu podle tohoto vynálezu a významným rozdílem mezi způsobem podle tohoto vynálezu a dosud známými způsoby je maximalizovat tavení materiálu, obsahujícího železo, ve spodní oblasti roztavené lázně.

Krok (b) předmětného způsobu může zahrnovat vhánění vstupních materiálů přes množinu přívodních trubek pro vhánění tuhých materiálů, a vytváření proudění plynu o velikosti alespoň $0,04 \text{ Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ v roztavené lázni.

Vhánění materiálu, obsahujícího železo, a uhlíkatého materiálu může být prováděno s pomocí stejných nebo samostatných přívodních trubek.

Expandovaná oblast roztavené lázně je velice důležitá ze dvou důvodů.

Za prvé stoupající a poté klesající roztavený materiál představuje velice účinné prostředky pro přenos tepla do roztavené lázně, kteréžto teplo je vytvářeno prostřednictvím přídavného spalování reakčních plynů.

Za druhé roztavený materiál, a zejména struska, v expandované oblasti roztavené lázně tvoří velice účinné prostředky pro minimalizaci tepelných ztrát prostřednictvím bočních stěn nádoby.

Velice významný rozdíl mezi výhodným příkladným provedením způsobu podle tohoto vynálezu a způsoby, známými z dosavadního stavu techniky, spočívá v tom, že u výhodného provedení je hlavní oblastí tavení spodní oblast roztavené lázně, přičemž hlavní oblast oxidace (tj. vytváření tepla) leží nad ní a v horní oblasti expandované oblasti roztavené lázně, přičemž tyto oblasti jsou prostorově velice dobře odděleny a k přenosu tepla dochází prostřednictvím fyzického pohybu roztaveného kovu a strusky mezi těmito dvěma oblastmi.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude v dalším podrobněji objasněn na příkladech jeho konkrétního provedení, jejichž popis bude podán s přihlédnutím k přiloženým obrázkům výkresů, kde:

obr. 1 znázorňuje pohled ve svislém řezu, zobrazující schematickou formu výhodného příkladného provedení způsobu a zařízení podle tohoto vynálezu;

- 5 obr. 2A a obr. 2B, které jsou spolu spojeny na linii A–A, znázorňují pohled v podélném řezu na jednu z přívodních trubek pro vhánění tuhých materiálů, zobrazenou na obr. 1;

obr. 3 znázorňuje ve zvětšeném měřítku pohled v podélném řezu na zadní konec přívodní trubky;

- 10 obr. 4 znázorňuje ve zvětšeném měřítku pohled v podélném řezu na přední konec přívodní trubky; a

obr. 5 znázorňuje pohled v příčném řezu, přičemž řez je veden podél čáry 5–5 z obr. 4.

15

Příklady provedení vynálezu

- Následující popis je podán v souvislosti s tavením železné rudy za účelem výroby roztaveného železa, přičemž je zcela pochopitelné, že předmět tohoto vynálezu není omezen pouze na toto uplatnění, neboť je uplatnitelný pro jakékoliv vhodné rudy, obsahující železo, a/nebo obohacené rudy, a to včetně částečně redukovaných kovových rud a vratných odpadních materiálů.

- Zařízení pro přímé tavení, znázorněné na vyobrazení podle obr. 1, obsahuje hutnickou nádobu, která je obecně označena vztahovou značkou 11. Hutnická nádoba 11 má nístěj, která obsahuje:

25 základnu 12 a strany 13, vytvořené ze žáruvzdorných cihel;

boční stěny 14, které tvoří obecně válcovitý buben, vybíhající vzhůru od stran 13 nístěje a obsahující horní válcový úsek, vytvořený z vodou chlazených desek (neznázorněno), a spodní válcový úsek, vytvořený z vodou chlazených desek (neznázorněno), opatřené vnitřním obložením ze žáruvzdorných cihel;

- 30 klenbu 17;

výstup 18 pro odpadní plyny;

předpecí 19 pro kontinuální odvádění roztaveného kovu; a

odpichový otvor 21 pro odvádění roztavené strusky.

- 35 Při provozu za klidových podmínek pak hutnická nádoba 11 obsahuje roztavenou lázeň železa a strusky, která je tvořena vrstvou 22 roztaveného kovu a vrstvou 23 roztavené strusky, ležící na vrstvě 22 roztaveného kovu.

Výrazem „vrstva kovu“ se rozumí ta oblast lázně, která obsahuje převážně kov.

40

Prostor nad nominálním klidovým povrchem roztavené lázně je v dalším nazýván jako „horní prostor“.

- Šipkou, označenou vztahovou značkou 24, je vyznačena poloha nominálního klidového povrchu vrstvy 22 roztaveného kovu, přičemž šipkou, označenou vztahovou značkou 25, je vyznačena poloha nominálního klidového povrchu vrstvy 23 roztavené strusky (tj. roztavené lázně).

Výrazem „klidový povrch“ je nutno rozumět takový povrch, kde nedochází k žádnému vhánění nebo dmýhání plynu a tuhých látek do hutnické nádoby 11.

50

Hutnická nádoba 11 je opatřena dolů směřující přívodní trubicí 26 pro dmýhání horkého vzduchu, která je určena pro přivádění proudu horkého vzduchu do horní oblasti hutnické nádoby 11 a

pro přidavné spalování reakčních plynů, uvolňovaných z roztavené lázně. Přívodní trubka 26 pro dmýchání horkého vzduchu má vnější průměr D na svém spodním konci.

Přívodní trubka 26 pro dmýchání horkého vzduchu je umístěna tak, že:

- 5 (i) středová osa přívodní trubky 26 leží pod úhlem od 20° do 90° vzhledem k vodorovné ose (přívodní trubka 26, znázorněná na obr. 1, leží pod úhlem 90°;
- (ii) přívodní trubka 26 zasahuje do hutnické nádoby 11 ve vzdálenosti, která má velikost alespoň vnějšího průměru D spodního konce přívodní trubky 26; a
- 10 (iii) spodní konec přívodní trubky 26 má velikost alespoň trojnásobku vnějšího průměru D spodního konce přívodní trubky 26 nad klidovým povrchem 25 roztavené lázně.

Hutnická nádoba 11 je rovněž opatřena přívodními trubkami 27 pro vhánění tuhých materiálů (znázorněny jsou dvě), probíhajícími směrem dolů a směrem dovnitř přes boční stěny 14 a do roztavené lázně, přičemž výstupní konce 82 přívodních trubek 27 leží pod úhlem 20° až 70° vzhledem k vodorovné rovině pro vhánění železné rudy, tuhého uhlíkatého materiálu a strusko-

20 tvorných přísad, unášených v nosném plynu s nedostatkem kyslíku, do roztavené lázně.

Poloha přívodních trubek 27 je zvolena tak, že jejich výstupní konce 82 leží nad klidovým povrchem 24 vrstvy 22 roztaveného kovu. Tato poloha přívodních trubek 27 snižuje riziko poš-

25 od 150 mm do 1500 mm nad klidovým povrchem 24 vrstvy 22 roztaveného kovu.

Poloha přívodních trysek 27 je zejména zvolena tak, že jejich výstupní konce 82 leží v rozmezí

30 V této souvislosti je nutno poznamenat, že přestože jsou přívodní trubky 27 na vyobrazení podle obr. 1 znázorněny tak, že zasahují do hutnické nádoby 11, tak výstupní konce 82 přívodních trubek 27 mohou být rovněž vyrovnány v jedné rovině s boční stěnou 14.

Přívodní trubky 27 jsou podrobněji popsány s odkazem na vyobrazení podle obr. 2 až obr. 5.

35 Za provozu jsou železná ruda, tuhý uhlíkatý materiál (obvykle uhlí) a struskotvorné přísady (obvykle vápno a oxid hořečnatý MgO), unášené v nosném plynu (obvykle dusík N²), vháněny do roztavené lázně prostřednictvím přívodních trubek 27 při rychlosti alespoň 40 m/s, s výhodou pak 80 až 100 m/s.

40 Pohybová energie tuhého materiálu a nosného plynu způsobuje, že tuhý materiál a plyn pronikají do spodní oblasti roztavené lázně. Dochází k rychlému odplyňování uhlí, v důsledku čehož je ve spodní oblasti lázně vyvíjen plyn. Uhlík se částečně rozpouští do kovu a částečně zůstává jako tuhý uhlík. Železná ruda se taví na kov, přičemž při této tavicí reakci je vyvíjen plynný oxid uhelnatý CO.

45 Plyny, přiváděné do spodní oblasti lázně a vyvíjené prostřednictvím odplyňování a tavení, vytvářejí výrazný vztlačový zdvih roztaveného kovu, tuhého uhlíku a strusky (vtahované do spodní oblasti lázně v důsledku vhánění pevných látek a plynu) ze spodní oblasti lázně, v důsledku čehož je zajišťován pohyb rozstříkovaných a šplíchajících kapiček nebo proudů roztaveného kovu a strusky směrem vzhůru, přičemž tyto rozstříkované a šplíchající kapičky nebo proudy unášejí strusku při svém pohybu přes horní oblast roztavené lázně.

50 Proudění plynu, vytvářené shora popsaným vháněním nosného plynu a v důsledku reakcí v lázni, činí alespoň 0,04 Nm³/s/m² klidového povrchu roztavené lázně (tj. klidového povrchu 25).

Vztlakový zdvih roztaveného kovu, tuhého uhlíku a strusky způsobuje výrazné promíchávání roztavené lázně, v důsledku čehož se roztavená lázeň rozpíná z hlediska svého objemu a vytváří oblast 28 expandované roztavené lázně, která má povrch, označený šipkou 30. Rozsah promíchávání je takový, že dochází k výraznému pohybu roztaveného materiálu v roztavené lázni (včetně pohybu roztaveného materiálu do spodní oblasti lázně a z této spodní oblasti) a k silnému promíchávání roztavené lázně v takové míře, že je zde přiměřeně stejnoměrná teplota v celé roztavené lázni, a to obvykle o velikosti 1450 °C až 1550 °C, přičemž dochází ke kolísání teploty v rozsahu 30 °C v každé oblasti.

Kromě toho vzhůru směřující proud plynu vrhá některý roztavený materiál (převážně strusku) za oblast 28 expandované roztavené lázně a na část horního válcového úseku bočních stěn 14, tj. nad oblast 28 expandované roztavené lázně, a rovněž na klenbu 17.

Obecně řečeno je oblast 28 expandované roztavené lázně tvořena kontinuálním objemem kapaliny, ve které jsou obsaženy bublinky plynu.

Kromě shora uvedeného je za provozu horký vzduch o teplotě od 800 °C do 1400 °C vháněn při rychlosti 200 až 600 m/s prostřednictvím přívodní trubky 26 pro dmýchání horkého vzduchu a proniká do středové zóny oblasti 28 expandované roztavené lázně, přičemž vytváří kolem konce přívodní trubky 27 volný prostor 28, ve kterém v podstatě není žádný kov ani struska.

Proud horkého vzduchu, vystupující z přívodní trubky 26, způsobuje přidavné spalování reakčních plynů oxidu uhelnatého CO a vodíku H₂ v oblasti 28 expandované roztavené lázně a ve volném prostoru 29 kolem konce přívodní trubky 26, přičemž jsou vytvářeny vysoké teploty o velikosti řádově 2 000 °C nebo vyšší v plynovém prostoru.

Teplo je přenášeno do rozstříkovaných a šplíchajících kapiček nebo proudů roztaveného materiálu v oblasti vhánění plynu, přičemž je teplo poté částečně přenášeno do roztavené lázně.

Volný prostor 29 bez kovu a strusky je velice důležitý pro dosahování vysokého stupně přidavného spalování, neboť umožňuje unášení plynů v prostoru nad oblastí 28 expandované roztavené lázně do koncové oblasti přívodní trubky 26, v důsledku čehož je zvyšováno přidavné spalování dostupných reakčních plynů.

Kombinovaný účinek polohy přívodní trubky 26, průtokové rychlosti plynu v přívodní trubce 26 a pohybu rozstříkovaných a šplíchajících kapiček nebo proudů roztaveného materiálu směrem vzhůru způsobuje tvarování oblasti 28 expandované roztavené lázně kolem spodní oblasti přívodní trubky 26. Tato tvarovaná oblast vytváří částečnou překážku pro přenos tepla sáláním na boční stěny 14.

Kromě toho stoupající a klesající rozstříkované a šplíchající kapičky nebo proudy roztaveného materiálu tvoří účinné prostředky pro přenos tepla z oblasti 28 expandované roztavené lázně do roztavené lázně, v důsledku čehož je teplota oblasti 28 v oblasti bočních stěn 14 řádově od 1450 °C do 1550 °C.

Konstrukce přívodních trubek 27 pro vhánění tuhých materiálů je znázorněna na vyobrazeních podle obr. 2 až obr. 5.

Jak je na těchto obrázcích výkresů znázorněno, tak každá přívodní trubka 27 obsahuje středovou jádrovou trubici 31, kterou je přiváděn tuhý materiál, a prstencovitý chladicí plášť 32, obklopující středovou jádrovou trubici 31 na podstatné části její délky.

Středová jádrová trubice 31 je vytvořena z úseku 33 z uhlíku/legované oceli ve většině své délky, avšak úsek 34 z nerezové oceli na jejím předním konci vyčnívá jako tryska z předního konce prstencovitého chladicího pláště 32.

Přední koncový úsek 34 středové jádrové trubice 31 je připojen k úseku 33 z uhlíku/legované oceli středové jádrové trubice 31 prostřednictvím krátkého ocelového přechodového úseku 35, který je přivařen k přednímu koncovému úseku 34 z nerezové oceli a připojen k úseku 33 z uhlíku/legované oceli prostřednictvím šroubového závitu 36.

Středová jádrová trubice 31 je uvnitř obložena až k přednímu koncovému úseku 34 tuhým keramickým obkladem 37, vytvořeným ze soustavy odlitých keramických trubek. Zadní konec středové jádrové trubice 31 je připojen s pomocí spojky 38 k tvarovce 39 ve tvaru písmene T, kterou jsou částice tuhého materiálu přiváděny ve stlačeném fluidizačním nosném plynu, například v dusíku.

Prstencovitý chladič plášť 32 obsahuje dlouhou dutou prstencovitou konstrukci 41, obsahující vnější trubku 42 a vnitřní trubku 43, které jsou vzájemně spojeny předním koncovým spojovacím kusem 44, a podélnou trubkovitou konstrukci 45, která je umístěna v dlouhé duté prstencovité konstrukci 41 tak, že rozděluje vnitřní prostor této konstrukce 41 tak, že rozděluje vnitřní prostor této konstrukce 41 na vnitřní podélný prstencovitý vodní průtokový kanál 46 a na vnější podélný prstencovitý vodní průtokový kanál 47.

Podélná trubkovitá konstrukce 45 je tvořena dlouhou trubkou 48 z uhlíkaté oceli, přivařenou k obrobenému přednímu koncovému kusu 49 z uhlíkaté oceli, který zapadá do předního koncového spojovacího kusu 44 dlouhé duté prstencovité konstrukce 41 pro vytvoření prstencovitého koncového průtokového kanálu 51, který vzájemně propojuje přední konce vnitřního podélného prstencovitého vodního průtokového kanálu 46 a vnějšího podélného prstencovitého vodního průtokového kanálu 47.

Zadní konec prstencovitého chladičského pláště 32 je opatřen přívodem 52 vody, kterým může být proud chladičí vody nasměrován do vnitřního podélného prstencovitého vodního průtokového kanálu 46, a odvodem 53 vody, kterým je voda odváděna z vnějšího podélného prstencovitého vodního průtokového kanálu 47 na zadním konci přívodní trubky 27.

Proto tedy za provozu přívodní trubky 27 proudí chladičí voda směrem dopředu dolů přívodní trubkou 27 přes vnitřní podélný prstencovitý vodní průtokový kanál 46, poté ven a zpět kolem prstencovitého koncového průtokového kanálu 51 do vnějšího podélného prstencovitého vodního průtokového kanálu 47, kterým proudí zpět podél přívodní trubky 27 a ven odvodem 53 vody.

Tím je zajištěno, že ta nejchladnější voda se dostává do vztahu pro přenos tepla s přicházejícím tuhým materiálem, čímž je zajištěno, že nedojde k roztavení nebo hoření tohoto materiálu před jeho výstupem z předního konce přívodní trubky 27, přičemž je umožněno účinné chlazení jak tuhého materiálu, který je vháněn středovou jádrovou trubicí 31 přívodní trubky 27, tak i účinné chlazení předního konce vnějších ploch přívodní trubky 27.

Vnější plochy vnější trubky 42 a předního koncového spojovacího kusu 44 dlouhé duté prstencovité konstrukce 41 jsou obrobeny tak, že je zde vytvořen pravidelný vzor pravoúhlých vyčnívajících výstupků 54, z nichž každý má podříznutý nebo rybinovitý průřez, takže tyto výstupky 54 mají směrem ven se rozbíhající tvar, přičemž slouží jako klínovité útvary pro tuhnutí strusky na vnějších plochách přívodní trubky 27. Tuhnutí strusky na přívodní trubce 27 napomáhá při snižování teploty kovových součástí přívodní trubky 27.

V provozu bylo zjištěno, že struska, tuhnoucí na předním konci přívodní trubky 27 slouží jako základna pro vytváření rozšířené trubice tuhého materiálu, která slouží jako prodloužení přívodní trubky 27, což dále zabraňuje vystavení kovových součástí přívodní trubky 27 působení velice krutých provozních podmínek, panujících v hutnické nádobě 11.

Bylo zjištěno, že je velmi důležité chladit konec přívodní trubky 27 pro udržování vysoké průtokové rychlosti vody kolem prstencovitého koncového průtokového kanálu 51. Zejména je velice žádoucí udržovat rychlost průtoku vody v oblasti řádově zhruba 10 m/s pro dosahování maximálního přestupu tepla. Za účelem dosahování maximální průtokové rychlosti vody v této oblasti je účinný průřez pro průtok vody průtokovým kanálem 51 výrazně snížen, takže je nižší, než účinný průřez jak vnitřního podélného prstencovitého vodního průtokového kanálu 46, tak i vnějšího podélného prstencovitého vodního průtokového kanálu 47.

Přední koncový kus 49 podélné trubkovité konstrukce 45 je vytvářen a umístěn tak, že voda, proudící od předního konce vnitřního prstencovitého kanálu 46, prochází přes dovnitř zúžený nebo kuželovitý tryskový průtokový kanálový úsek 61 pro minimalizaci vírů a ztrát před průchodem do prstencovitého koncového průtokového kanálu 51.

Prstencovitý koncový průtokový kanál 51 rovněž snižuje účinnost průtokové oblasti ve směru proudění vody tak, že je udržována zvýšená průtoková rychlost vody kolem ohybu v kanálu a zpět k vnějšímu podélnému prstencovitému vodnímu průtokovému kanálu 47. Tímto způsobem je možno dosáhnout nezbytných vysokých průtokových rychlostí vody v koncové oblasti chladičícího pláště 32 bez nadměrného poklesu tlaku a bez rizika zablokování v ostatních částech přívodní trubky 27.

Za účelem udržování vhodné rychlosti proudění chladicí vody kolem koncového průtokového kanálu 51 a za účelem minimalizace kolísání přenosu tepla je velice důležité udržovat konstantní kontrolovaný prostor mezi předním koncovým kusem 49 podélné trubkovité konstrukce 45 a předním koncovým spojovacím kusem 44 dlouhé duté prstencovité konstrukce 41. To představuje problém v důsledku rozdílném tepelného rozpínání a smršťování u jednotlivých součástí přívodní trubky 27.

Zejména vnější trubka 42 duté prstencovité konstrukce 41 je vystavena působení mnohem vyšších teplot, než vnitřní trubka 43 této prstencovité konstrukce 41, přičemž přední konec této konstrukce 41 má tak snahu se odvalovat směrem dopředu, a to způsobem, znázorněným čerchovanou čarou 62 na vyobrazení podle obr. 4. To způsobuje tendenci rozevírání mezery mezi předním koncovým spojovacím kusem 44 a předním koncovým kusem 49, které vymezují koncový průtokový kanál 51, a to tedy, pokud je přívodní trubka 27 vystavena působení provozních podmínek v hutnické nádobě 11.

A naopak má kanál snahu se uzavírat, pokud dojde během provozu k poklesu tlaku.

Za účelem odstranění těchto problémů je zadní konec vnitřní trubky 43 duté prstencovité konstrukce 41 uložen v posuvné opěře 63, takže se může pohybovat v osové směru vzhledem k vnější trubce 42 této konstrukce 41, přičemž zadní konec podélné trubkovité konstrukce 45 je rovněž uložen v posuvné opěře 64, přičemž je připojen k vnitřní trubce 43 konstrukce 41 prostřednictvím soustavy obvodově rozmístěných spojovacích klínů 65, takže trubky 43 a 45 se mohou pohybovat v osové směru společně.

Kromě toho jsou koncové kusy 44 a 49 duté prstencovité konstrukce 41 a podélné trubkovité konstrukce 45 spolu vzájemně spojeny prostřednictvím soustavy od sebe vzdálených spojovacích kolíků 70 pro udržování vhodné vzdálenosti, a to jak při pohybu v důsledku tepelného rozpínání, tak i smršťování pláště přívodní trubky 27.

Posuvná opěra 64 pro vnitřní konec trubkovité konstrukce 45 je tvořena kroužkem 66, připevněným k vodní průtokové rozvodné potrubní konstrukci 68, která vymezuje přívod 52 vody a odvod 53 vody, přičemž je utěsněna s pomocí těsnicího O-kroužku 69.

Posuvná opěra 63 pro zadní konec vnitřní trubky 43 duté prstencovité konstrukce 41 je obdobně tvořena prstencovitou přírubou 71, připevněnou k vodní průtokové rozvodné potrubní konstrukci 68, přičemž je utěsněna prostřednictvím těsnicího O-kroužku 72.

5 Prstencovitý píst 73 je umístěn v prstencovité přírubě 71, přičemž je připojen prostřednictvím šroubového závitového spojení 80 k zadnímu konci vnitřní trubky 43 duté prstencovité konstrukce 41 tak, že uzavírá vodní vstupní rozvodnou potrubní komoru 74, do které přichází vstupní proudění chladicí vody z přívodu 52 vody. Prstencovitý píst 73 se posouvá na vytvrzených plochách na prstencovité přírubě 71, přičemž je opatřen těsnicemi O-kroužky 81 a 82.

10 Posuvné těsnění, poskytované prstencovitým pístem 73, nejenže umožňuje pohyb vnitřní trubky 43 v důsledku rozdílů při tepelném rozpínání duté prstencovité konstrukce 41, avšak rovněž umožňuje pohyb vnitřní trubky 43 pro kompenzování jakéhokoliv pohybu duté prstencovité konstrukce 41, způsobovaného nadměrným tlakem vody v chladicím plášti.

15 Pokud dojde k tomu, že z jakýchkoliv důvodů je tlak proudu chladicí vody nadměrný, tak vnější trubka 42 duté prstencovité konstrukce 41 bude vytlačována směrem ven, přičemž prstencovitý píst 73 umožní, aby se vnitřní trubka 42 pohybovala příslušným způsobem za účelem uvolnění nárůstu tlaku.

20 Vnitřní prostor 75 mezi prstencovitým pístem 73 a prstencovitou přírubou 71 je odvědušen prostřednictvím odvědušovacího otvoru 76 pro umožnění pohybu prstencovitého pístu 73 a úniku vody, pronikající přes tento prstencovitý píst 73.

25 Zadní část prstencovitého chladicího pláště je opatřena vnější výztužnou trubkou 83 na části za přívodní trubkou 27, přičemž vymezuje prstencovitý chladicí vodní kanál 84, kterým prochází samostatný proud chladicí vody prostřednictvím přívodu 85 vody a odvodu 86 vody.

30 Chladicí voda prochází chladicím pláštěm 32 obvykle při průtokové rychlosti 100 m³/h při maximálním provozním tlaku 800 kPa pro zajištění průtokových rychlostí 10 m/min v koncové oblasti chladicího pláště 32. Vnitřní a vnější části chladicího pláště 32 mohou být vystaveny působení teplotních rozdílů v řádu 200 °C, přičemž pohyb trubek 42 a 45 v posuvných opěrách 63 a 64 může být výrazný během provozu přívodní trubky 27, avšak účinná průřezová průtoková oblast koncového průtokového kanálu 51 je udržována v podstatě konstantní při všech provozních podmínkách.

35 Je zcela pochopitelné, že předmět tohoto vynálezu není nikterak omezen na podrobnosti shora popsané a na výkresech znázorněné konstrukce, neboť celá řada jeho modifikací a variant spadá do myšlenky a rozsahu tohoto vynálezu.

40 V této souvislosti je nutno konstatovat, že přívodní trubka pro vhánění plynného kyslíku může být integrální s horním tělesem přívodní trubky pro vhánění tuhých látek nebo může tvořit jeho část.

45

PATENTOVÉ NÁROKY

50

1. Způsob přímého tavení pro výrobu kovů včetně kovových slitin z materiálů, obsahujících železo, zahrnující následující kroky:

a) vytváření lázně roztaveného kovu a roztavené strusky v hutnické nádobě,

55

b) vhánění vstupních materiálů, kterými jsou tuhý materiál a nosný plyn, do roztavené lázně při rychlosti alespoň 40 m/s prostřednictvím dolů směřující přívodní trubky pro vhánění tuhých materiálů, která má přívodní trubici o vnitřním průměru od 40 mm do 200 mm, která je umístěna tak, že středová osa výstupního konce přívodní trubky leží pod úhlem od 20° do 90° vzhledem k vodorovné ose pro vytváření povrchového proudu plynu alespoň $0,04 \text{ Nm}^3/\text{s/m}^2$ v roztavené lázni, kde m^2 se týká plochy vodorovného průřezu roztavené lázně, alespoň částečně prostřednictvím reakcí vháněného materiálu v lázni, což způsobuje vystřikování roztaveného materiálu ve formě rozstříkovaných a šplíchajících kapiček nebo proudů a vytváření expandované oblasti roztavené lázně, přičemž proud plynu a vzhůru vystřikovaný roztavený materiál způsobují zásadní pohyb materiálu v roztavené lázni a silné promíchávání roztavené lázně, přičemž přiváděné materiály jsou zvoleny tak, že celkově jsou reakce přiváděných materiálů v roztavené lázni endotermické, a

c) dmýchání plynu, obsahujícího kyslík, do horní oblasti metalurgické nádoby prostřednictvím alespoň jedné přívodní trubky pro dmýchání plynného kyslíku, a přídavné spalování spalitelných plynů, uvolňovaných z roztavené lázně, přičemž stoupající a poté klesající roztavený materiál v expandované oblasti roztavené lázně usnadňuje přenos tepla do roztavené lázně.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že krok (b) obsahuje vhánění vstupních materiálů do roztavené lázně tak, že vstupní materiály pronikají do spodní oblasti roztavené lázně.

3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že krok (b) obsahuje vhánění vstupních materiálů do roztavené lázně prostřednictvím přívodní trubky při rychlosti v rozmezí od 80 do 100 m/s.

4. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že krok (b) obsahuje vhánění vstupních materiálů do roztavené lázně prostřednictvím přívodní trubky při hmotnostní průtokové rychlosti až do $2,0 \text{ t/m}^2/\text{s}$, kde m^2 se týká průřezové plochy přívodní trubky.

5. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že krok (b) zahrnuje vhánění vstupních materiálů do roztavené lázně prostřednictvím přívodní trubky při poměru tuhých látek ku plynu o velikosti od 10 do 25 kg tuhých látek na Nm^3 plynu.

6. Způsob podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že poměr tuhých látek ku plynu je 10 až 18 kg tuhých látek na Nm^3 plynu.

7. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že krok (b) zahrnuje vhánění vstupních materiálů prostřednictvím množiny přívodních trubek pro vhánění tuhých materiálů a vytváření proudu plynu alespoň $0,04 \text{ Nm}^3/\text{s/m}^2$ v roztavené lázni.

8. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že proud plynu v roztavené lázni, vytvářený v kroku (b), je alespoň $0,04 \text{ Nm}^3/\text{s/m}^2$ na nominálním klidovém povrchu roztavené lázně.

9. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že proud plynu v roztavené lázni má průtokovou rychlost alespoň $0,2 \text{ Nm}^3/\text{s/m}^2$.

10. Způsob podle nároku 9, **vyznačující se tím**, že průtoková rychlost je alespoň $0,3 \text{ Nm}^3/\text{s/m}^2$.

11. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že průtok plynu v roztavené lázni, vytvářený v kroku (b), je menší, než $2 \text{ Nm}^3/\text{s/m}^2$.

12. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že plynem, obsahujícím kyslík, dmýchaným pro roztavené lázně v kroku (c), je vzduch nebo kyslíkem obohacený vzduch.

5 13. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že krok (c) obsahuje dmýchání vzduchu nebo kyslíkem obohaceného vzduchu do hutnické nádoby při teplotě od 800 °C do 1400 °C asi při rychlosti od 200 m/s do 600 m/s prostřednictvím alespoň jedné přívodní trubky pro dmýchání plynného kyslíku, a vytlačování expandované oblasti roztavené lázně v oblasti spodního konce přívodní trubky směrem od přívodní trubky, a vytváření „volného“ prostoru
10 kolem spodního konce přívodní trubky, kde je koncentrace roztaveného materiálu, která je nižší, než koncentrace roztaveného materiálu v expandované oblasti roztavené lázně, přičemž přívodní trubka je umístěna tak, že:

(i) středová osa přívodní trubky leží pod úhlem od 20° do 90° vzhledem k vodorovné ose,

(ii) přívodní trubka zasahuje do hutnické nádoby ve vzdálenosti, která činí alespoň velikost
15 vnějšího průměru spodního konce přívodní trubky, a

(iii) spodní konec přívodní trubky má alespoň trojnásobnou velikost, jako vnější průměr spodního konce přívodní trubky nad klidovým povrchem roztavené lázně.

20 14 Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že krok (c) obsahuje dmýchání plynu, obsahujícího kyslík, do hutnické nádoby ve vířivém pohybu.

15 15. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že obsahuje řízení hladiny rozpuštěného uhlíku v roztaveném železe tak, aby byla alespoň 3 % hmotnostní, a udržování strusky v silně redukovaném stavu, což vede k hladinám oxidu železnatého FeO menším, než 6 % hmotnostních, a s výhodou menším, než 5 % hmotnostních, ve strusce.

30 16. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že obsahuje zajišťování vystřikování roztaveného materiálu do horního prostoru nad expandovanou oblastí roztavené lázně.

35 17. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že krok (c) zahrnuje přidavné spalování hořlavých plynů tak, že úroveň přidavného spalování je alespoň 40 %, přičemž přidavné spalování je definováno jako:

$$\frac{[CO_2] + [H_2O]}{[CO_2] + [H_2O] + [CO] + [H_2]}$$

kde:

40 $[CO_2]$ – znamená objem oxidu uhličitého CO_2 v odpadních plynech v procentech,

$[H_2O]$ – znamená objem vody H_2O v odpadních plynech v procentech,

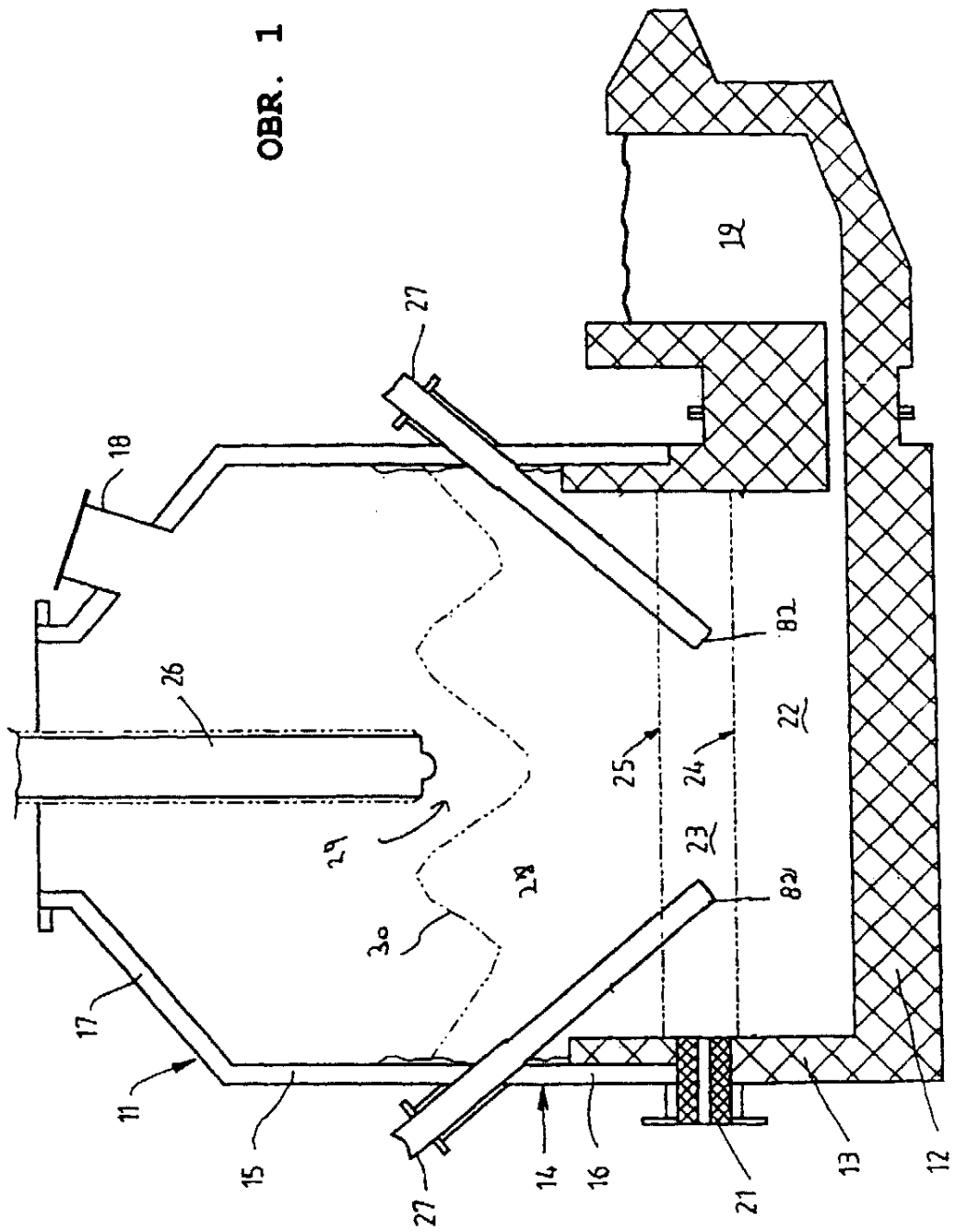
45 $[CO]$ – znamená objem oxidu uhelnatého CO v odpadních plynech v procentech, a

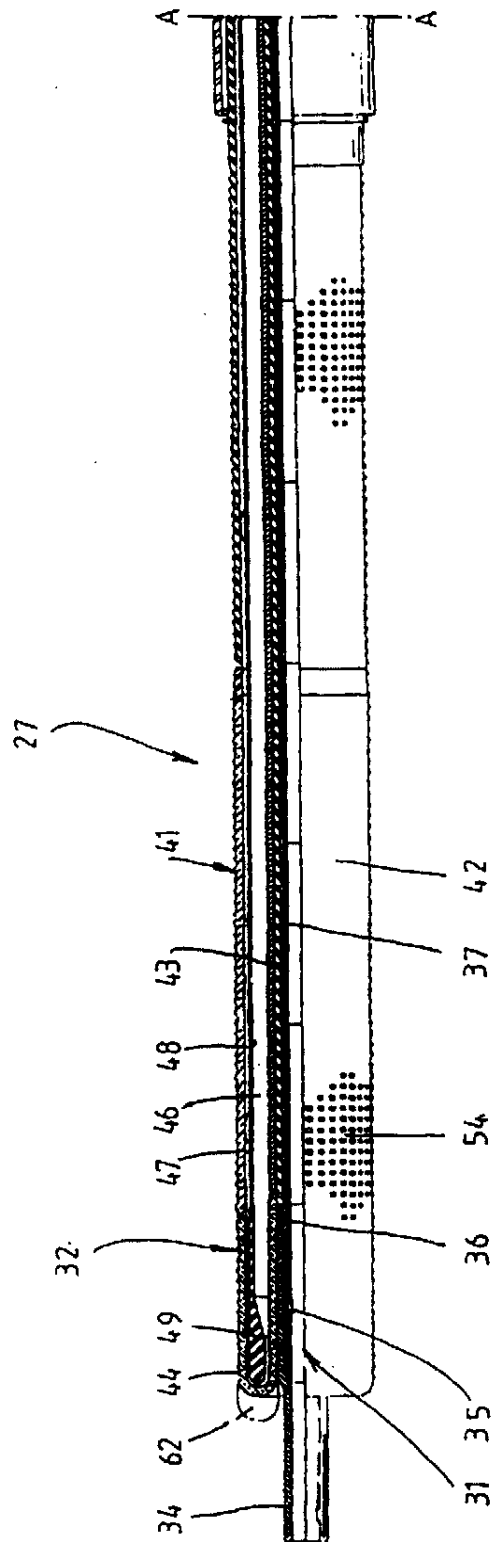
$[H_2]$ – znamená objem vodíku H_2 v odpadních plynech v procentech.

50

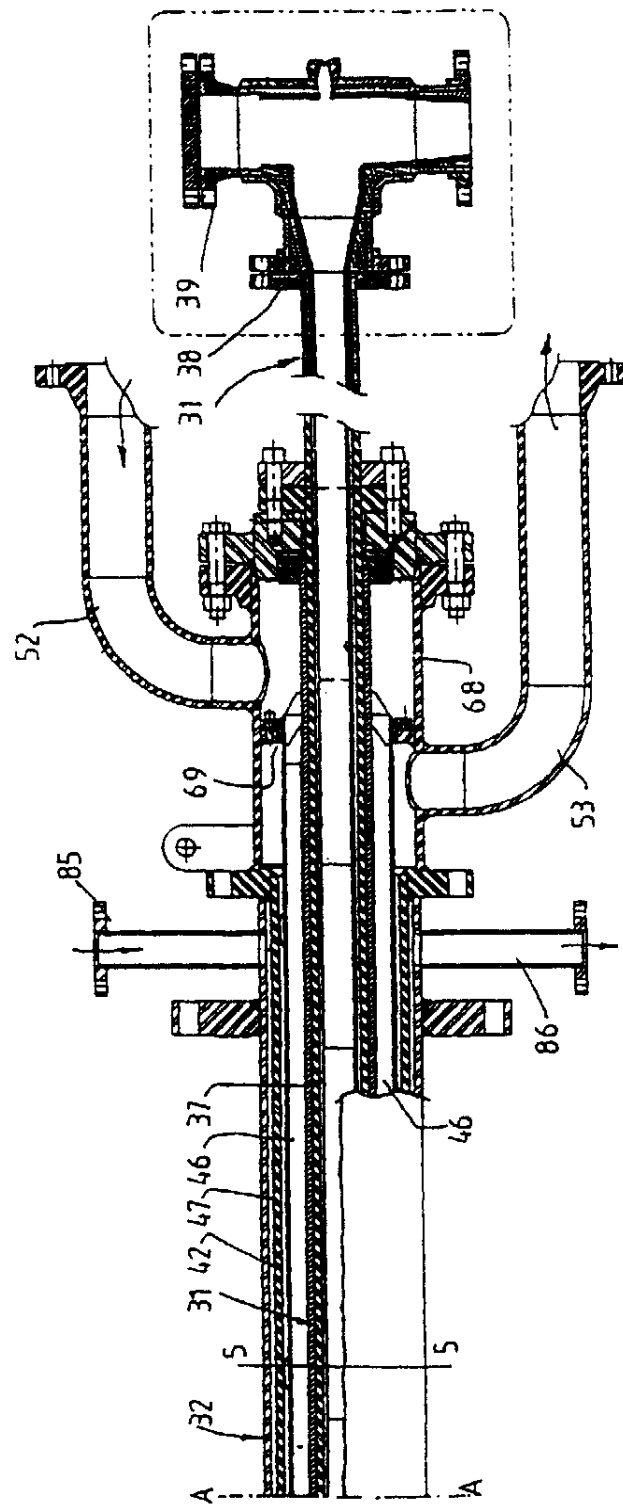
5 výkresů

OBR. 1

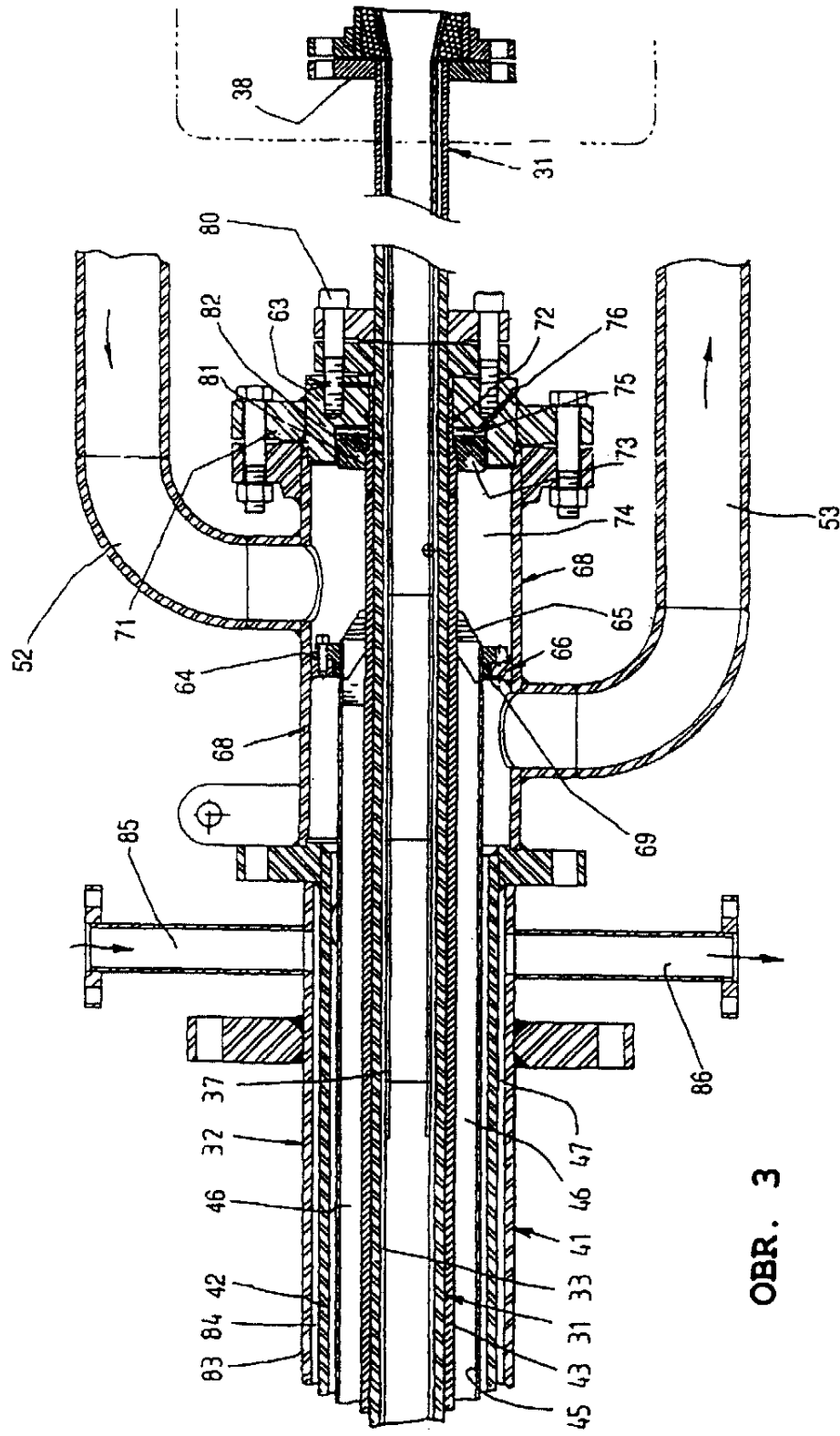




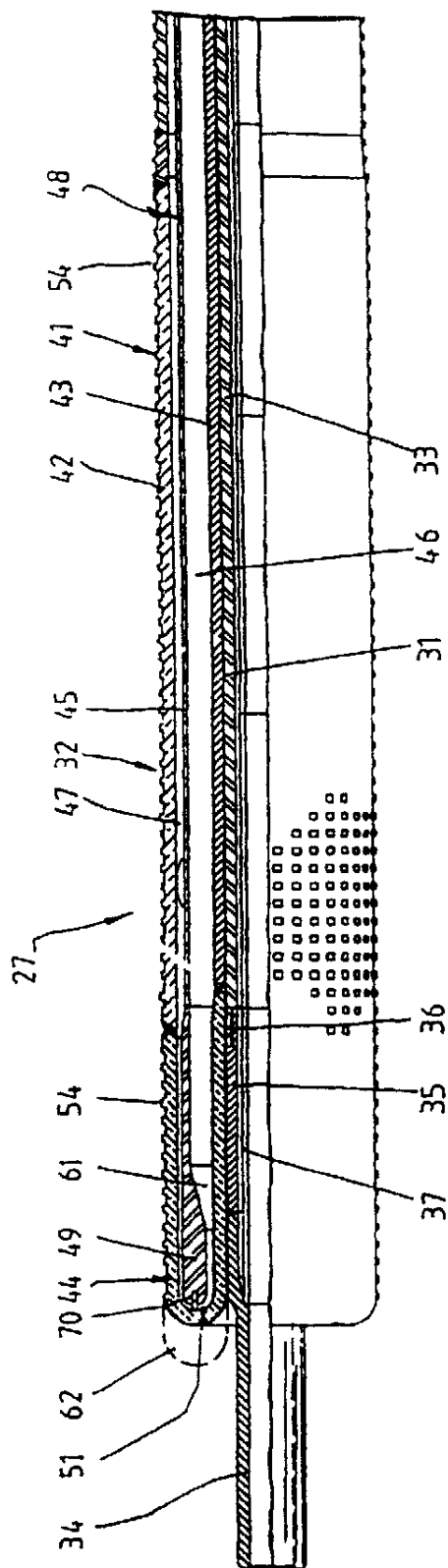
OBR. 2A



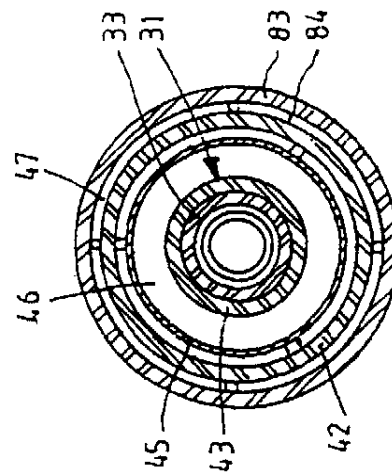
OBR. 2B



OBR. 3



OBR. 4



OBR. 5

Konec dokumentu