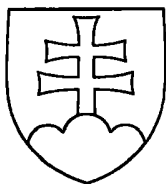


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) SK



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ZVEREJNENÁ PRIHLÁŠKA VYNÁLEZU

- (22) Dátum podania: 09.12.1998
(31) Číslo prioritnej prihlášky: 90182, 90206, 90212
(32) Dátum priority: 10.12.1997, 29.01.1998, 04.02.1998
(33) Krajina priority: LU, LU, LU
(40) Dátum zverejnenia: 11.12.2000
(86) Číslo PCT: PCT/EP98/08005, 09.12.1998

(21) Číslo dokumentu:

867-2000

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl.⁷:

C 21B 13/06
C 21B 13/10
F 27B 9/18

(71) Prihlasovateľ: Paul Wurth S. A., Luxembourg, LU;

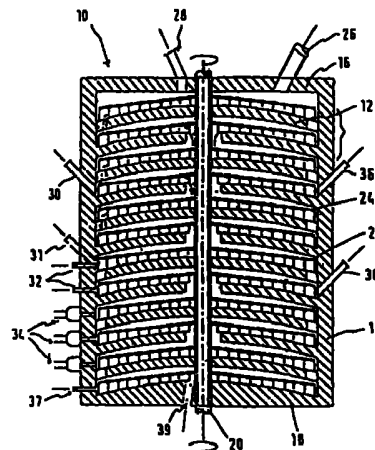
(72) Pôvodca vynálezu: Frieden Romain, Beidweiler, LU;
Hansmann Thomas, Trier, DE;
Solvi Marc, Ehrlange/Mess, LU;

(74) Zástupca: Rott, Růžička, Guttmann, v. o. s., Bratislava, SK;

(54) Názov prihlášky vynálezu: **Spôsob výroby priamo redukovaného železa v etážovej peci**

(57) Anotácia:

Je opísaný spôsob výroby priamo redukovaného železa v etážovej peci zahŕňajúcej niekoľko poschodí usporiadaných nad sebou vo vrstvách, pričom sa ruda kontinuálne privádza do etážovej pece, dávkuje do najvyššieho poschodia, stupňovito premiestňuje do nižších poschodí a redukčné činidlo sa dávkuje do najvyššieho poschodia a/alebo poschodí pod ním, a reaguje s rudou, aby sa vytvorilo priamo redukované železo. Priamo redukované železo a zvyšky redukčného činidla sa vypúšťajú v oblasti najnižšieho poschodia etážovej pece.



Spôsob výroby priamo redukovaného železa v etážovej peci

Oblasť techniky

Vynález sa týka spôsobu výroby priamo redukovaného železa v etážovej peci.

Doterajší stav techniky

Výroba priamo redukovaného železa nastáva v procese priamej redukcie redukciou oxidu železa pevným alebo plynným redukčným činidlom. Uhlíkatá látka reaguje s oxidom uhličitým a tvorí redukčný plyn CO pri vyššej teplote, napríklad slúži ako pevné redukčné činidlo.

Proces tohto druhu sa môže uskutočňovať napríklad v rotačnej nístejovej peci, t. j. v peci s rotačným prstencovým pecným dnom, ktorá je vymurovaná z hornej strany žiaruvzdorným materiálom a je obklopená plášťom. Horáky, ktoré prenikajú obložením a vykurujú vnútro plášťa na dosiahnutie potrebnej reakčnej teploty nad $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$, sú namontované zhora plášťa.

Oxid železa sa rozptyľuje spolu s redukčným činidlom v špecifickom bode rotačnej nístejovej a zavádza sa rotáciou rotačnej nístejovej do vnútra opancierovania, kde reaguje vďaka vysokým teplotám s redukčným činidlom a po asi jednej obrátke rotačnej nístejovej je prítomné už priamo redukované železo. V tomto procese sa oxid železa a redukčné činidlo po vsádzke na vymurovaný žiaruvzdorný materiál rotačnej nístejovej musí najprv zahriať na potrebnú reakčnú teplotu, než môže začať aktuálna redukčná reakcia. To nastáva v priestore ohraničujúcom vsádzkovú zónu rotačnej pece v smere rotácie pri prenose tepla z horúcich odpadových plynov horákov do materiálu vsádzky.

V dôsledku malej tepelnej vodivosti materiálu vsádzky trvá vyhrievacia fáza značnú dobu pred dosiahnutím potrebnej teploty vnútri vrstiev materiálu vsádzky. Čím dlhšia je vyhrievacia fáza, tým nižšia je produktivita rotačnej nístejovej pece, pretože rýchlosť vyhrievania určuje rýchlosť rotácie rotačnej nístejovej.

Redukčný pochod závisí od koncentrácie redukčných plynov, ktoré sú v kontakte s rudou. Zloženie plynov v individuálnych zónach pece sa dá však ťažko ovládať, pretože celá pec spočíva len na samotnom reakčnom priestore. V konvenčných procesoch nemôže byť teda difúzia CO z redukčného činidla do rudy a CO_2 z rudy do redukčného činidla ovplyvňovaná.

Od určitého stupňa premeny na kov sa rýchlosť redukčného procesu ďalej znižuje takým spôsobom, že sa proces obvykle preruší, keď sa dosiahne 85 až 95 % premeny na kov. Redukcia zostávajúcich oxidov by vyžadovala neekonomické predĺženie doby procesu.

Z toho vyplýva, že úlohou tohto vynálezu je navrhnúť alternatívny spôsob výroby priamo redukovaného železa.

Podstata vynálezu

Podľa vynálezu sa tento problém rieši spôsobom výroby v etážovej peci, ktorá má niekoľko etáží(poschodí), jednu nad druhou. Ruda sa kontinuálne zavádza do etážovej pece a dávkuje do najvyššieho poschodia a stupňovito premiestňuje do nižších poschodí;

redukčné činidlo sa dávkuje do najvyššieho poschodia a/alebo do jedného zo spodnejších poschodí pod ním;

priamo redukované železo sa vypúšťa spolu so zvyškami redukčného činidla v priestore poschodia na dne etážovej pece.

Dôležitá výhoda vynálezu je, že reakčný priestor je rozdelený na rôzne zóny, pevné látky sa pohybujú kontinuálne z hornej časti smerom dole a plyny odo dna nahor. Rozdelením reakčného priestoru sa dajú reakčné podmienky merať a riadiť v rôznych zónach alebo rovnako a selektívne pre každé poschodie.

Ako redukčné činidlo prichádza do úvahy pevné, kvapalné alebo plynné redukčné činidlo.

Pri tomto spôsobe sa môže jemne zrnitá ruda bez spekania vsádzať selektívnym procesom riadenia a kontinuálnou cirkuláciou. To je zvlášť výhodné, pokiaľ sa použije redukčné činidlo vytvárajúce popol. Separáciu popola redukčného činidla od železa je možné uskutočňovať ľahko. Táto separácia sa môže

uskutočniť napríklad triedením v horúcom poschodí. Po čiastočnom ochladiení pod 700°C je na druhej strane možné separovať priamo redukované železo magnetickými separátormi od popola a prebytku redukčného činidla. Tento spôsob sa môže využiť z toho dôvodu, že kontinuálne miešanie v etážovej peci zabraňuje spekaniu železa. Priamo redukované železo je teda produkované v jemne zrnitej forme a je ľahko zachytiteľné magnetickými separátormi. Akosť priamo redukovaného železa, získaného touto cestou, je nezávislá od množstva zvyškov redukčného činidla.

Získané železo sa môže následne spracovávať na pelety alebo brikety alebo zavádzať priamo do taviacej pece (elektrickej pece a pod.) a ďalej spracovávať.

Pokiaľ sa požaduje, spaľujú sa vytvárané zvyšky redukčného činidla v horákoch s nejakým nevyužitým redukčným činidlom a výsledné teplo sa privádza do pece.

Preto sa môže používať a/alebo prevádzkovo využívať menej nákladné redukčné činidlo, ktoré má pomerne vysoký obsah popola a pracovať s pomerne veľkým prebytkom redukčného činidla.

V prípadoch, v ktorých je nutné pracovať s prebytkom redukčného činidla, je výhodné spracovať zvyšky tak, aby sa nevyužitú redukčné činidlo separovalo a mohlo sa znovu využiť. To sa môže urobiť napr. triedením zvyškov, pokiaľ je nevyužitú redukčné činidlo prítomné v dostatočne hrubej forme. Nevyužitú redukčné činidlo sa môže zavádzať priamo do etážovej pece.

Avšak vsádzku redukčného činidla je možné tiež rozdeliť medzi niekoľko poschodí.

Je teda možné hrubo zrnité redukčné činidlo (1 až 3 mm) zavádzať do etážovej pece vo vyššom mieste a jemne zrnité redukčné činidlo (< 1 mm) pridávať v nižšom mieste. Tým sa v rozsiahlej miere predchádza unikaniu prachu s odťahovanými plynmi a reakcia sa urýchľuje jemne zrnitými časticami redukčného činidla zavádzaného v nižšom mieste.

Sádzanie hrubších častíc znižuje spotrebu redukčných činidiel, pretože malé častice sa spotrebávajú cestou odpadových plynov v horných poschodiach rýchlejšie, než je potrebné na redukciu železnej rudy.

Podľa výhodného uskutočnenia sa ruda suší a je možné ju i predhriať horúcimi plynmi v etážovej peci predtým, než sa vsadí do etážovej pece a príde do kontaktu s redukčným činidlom. Ruda sa výhodne ohrieva na teplotu aspoň 200 °C, výhodne na teplotu aspoň 350 °C. V tomto prípade ohrievanie a sušenie nemá prekročiť 10 až 20 minút, aby sa predišlo zlepovaniu rudy v redukčnej atmosfére.

Ruda sa však môže miešať s aspoň časťou redukčného činidla než sa vsadí do etážovej pece.

Pri selektívnom pridávaní redukčného činidla do nižších poschodí pece sa môžu redukujúce plyny v peci nastaviť na optimálnu koncentráciu, teda dosiahnuť lepší stupeň metalizácie.

Všetky stúpajúce plyny, vrátane prchavých komponentov redukčných činidiel, sa môžu kompletne spaľovať v hornej časti pece alebo mimo etážovú pec v sušiacom zariadení pre rudu a, pokiaľ je to vhodné, pre redukčné činidlá, a zostávajúce teplo odpadových plynov pece sa touto cestou môže maximálne výhodne využiť.

Ruda kontinuálne cirkuluje vďaka hreblám, namontovaným na každom poschodí pece a stupňovito sa dopravuje na nižšie ležiace poschodie. Týmto spôsobom sa ruda suší a rýchlejšie ohrieva než v konvenčných peciach. Redukčné činidlo sa rýchlo vmieša pomocou hrebiel pod rudu a rýchlo ohreje na reakčnú teplotu. Zlepovaniu redukčného činidla a rudy sa predchádza kontinuálnou cirkuláciou. Rýchlosť cirkulácie závisí od mnohých činiteľov, ako od geometrie hrebiel, hrúbky vrstiev atď. Ruda, niektoré prítomné redukčné činidlo a priamo redukované železo v poschodiach by malo cirkulovať aspoň raz vždy za tri minúty s výsledkom, že sa z veľkej časti predíde aglomerácii.

Je možné injektovať plyny obsahujúce kyslík selektívne na poschodie, kde sa musia pokryť požiadavky na teplo spaľovaním prebytku prevádzkových plynov.

Je výhodné využiť plyny obsahujúce kyslík, ktoré majú teplotu aspoň 350 °C.

Plynné redukčné činidlo sa môže dodatočne injektovať na poschodia pri dna etážovej pece. Tým sa dosiahne kompletnejšia redukcia rudy.

Podľa ďalšieho výhodného uskutočnenia sa jedno alebo viacero poschodí v peci, ktoré sú pod poschodím, do ktorého sa zavádza redukčné činidlo, vyhrieva horákmi.

Aby sa neznížovala koncentrácia redukčných plynov v nižšej časti pece spalínami pri systéme spaľovania, môže sa energia tiež dodávať nepriamo, t. j. radiačným ohrevom.

Podľa iného výhodného uskutočnenia sa plyny odsávajú z etážovej pece z jedného alebo viacerých poschodí. Tieto horúce plyny sa môžu následne viesť buď práčkou CO_2 na zníženie množstva plynov a zvýšenie redukčného potenciálu plynu, alebo prídavným reaktorom obsahujúcim uhlík, takže v horúcich plynch prítomný CO_2 reaguje s uhlíkom a vytvorí oxid uhoľnatý podľa rovnováhy vznikajúceho plynu a redukčný potenciál sa teda zvýši. Plyny obohatené o oxid uhoľnatý sa následne vracajú do etážovej pece.

Pokiaľ je to nutné, zavádzajú sa prísady do poschodí pod poschodím, kam sa zavádzajú redukčné činidlá.

V takom prípade je výhodné odvádzať plyny nad poschodím, kam sa zavádzajú aditíva.

Podľa výhodného uskutočnenia sa plyny odsávajú z etážovej pece pod špecifickým poschodím a následne reinjektujú do pece nad týmto poschodím. V tomto poschodí je možné zavádzať do pece prach oxidov železa obsahujúci uhlík a ťažké kovy. Oxidy ťažkých kovov sa tu redukujú, ťažké kovy prchajú a plyny, vytvárané v tomto poschodí sa potom odsávajú oddelene.

Na dosiahnutie ďalšieho zvýšenia produktivity etážovej pece sa môže pracovať pri špecifickom prebytku tlaku. Na rozdiel od rotačnej pece, ktorá je tesnená vodným uzáverom s priemerom asi 50 m, je možné toto realizovať omnoho ľahšie v etážovej peci, ktorá má len malé tesnenie pohonného hriadeľa. V takom prípade sa na vsádzku a odstraňovanie materiálu musia zaistiť tlakové závery.

Uskutočnenie vynálezu bude ďalej nižšie opísané na základe priložených obrázkov.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Obr. 1: znázorňuje rez etážovou pecou na výrobu priamo redukovaného železa;

obr. 2: znázorňuje rez alternatívnym typom etážovej pece na výrobu priamo redukovaného železa.

Obr. 1 ukazuje rez etážovou pecou 10, ktorá má niekoľko, v tomto prípade jedenásť poschodí 12, jedno nad druhým. Tieto samonosné poschodia 12 a plášť 14, veko 16, dno 18 pece sú vyrobené zo žiaruvzdorného materiálu.

Hriadeľ 20, na ktorom sú postupne v poradí upevnené do poschodí vyčnievajúce hreblá 22, je namontovaný v strede pece.

Hreblá 22 sú konštruované tým spôsobom, že pôsobia cirkuláciu materiálu na poschodí z vnútra smerom von a potom na poschodí pod ním z vonkajšej strany smerom dovnútra s cieľom viesť materiál pecou zhora smerom nadol.

Ruda sa môže sádzať do pece buď separátne alebo dohromady s redukčným činidlom. Pri takom spôsobe sa môže ruda sušiť mimo pece a miešať s redukčným činidlom, zmes sa potom vloží na najvyššie poschodie, alebo sa ruda a redukčné činidlo môžu sádzať do pece separátne a priviesť do kontaktu s redukčným činidlom na prvom poschodí a/alebo na jednom z nižšie ležiacich poschodí.

Potom čo bola ruda privedená do prvého poschodia, uvádza sa do cirkulácie hreblami 22 a vedie k okraju poschodia, odkiaľ padá niekoľkými otvormi, upravenými s cieľom prepadnutia do nižšieho poschodia. Odtiaľ sa ruda vedie do stredu poschodia a potom padá na poschodie ležiace pod ním. Počas tejto doby sa ruda ohrieva kontaktom s poschodím a stúpajúcimi horúcimi plynmi na približne 600 °C až 1000 °C.

Hriadeľ 20 a hreble 22 sú chladené vzduchom, a otvory 24, cez ktoré môže vzduch prúdiť do vnútra pece a je možné ich tu využiť na dodatočné spálenie, sú usporiadané na hrebloch.

Komín 26, ktorým sa môžu odťahovať plyny z pece a otvor 28, ktorým sa môže ruda vkladať na najvyššie poschodie sú upravené vo veku 16 pece 10.

Aspoň jeden vstupný otvor 30, ktorým sa môže zavádzať do pece redukčné činidlo, je upravený v postranných stenách pece 10 - normálne v hornej tretine. Tieto redukčné činidlá môžu byť prítomné ako v plynnej, tak i v kvapalnej alebo pevnej forme. Redukčné činidlá sú oxid uhoľnatý, vodík, zemný plyn, ropa a deriváty ropy, alebo pevné uhľikaté látky ako lignitový koks, ropný koks, kychtový prach, uhlie alebo podobne. Uhľikátá látka, ktorá sa zavádza dole do spodnej časti pece 10, sa mieša pomocou hrebíel 22 s ohriatou rudou. Oxid železa, prítomný v rude, sa stupňovito redukuje pri vysokej teplote a v prítomnosti oxidu uhoľnatého počas transportu etážovou pecou 10 na kovové železo.

Dýzy 32, ktorými sa môže vháňať do pece vzduch alebo iný plyn, obsahujúci kyslík, sú upravené v dolnej polovici postrannej steny na injektovanie horúcich plynov (350°C až 500°C), obsahujúcich kyslík. Výsledkom vysokých teplôt a prítomnosti kyslíka sa určitá časť uhlíka spáli na oxid uhličitý, ktorý zasa obratom reaguje s uhlíkom, prítomným v prebytku a konvertuje sa na oxid uhoľnatý. Oxid uhoľnatý konečne redukuje oxid železa na kovové železo. Keďže je táto reakcia prevážne endotermická, je logické montovať do nižšej časti pece horáky 34, ktoré zaisťujú rovnomerne vysokú teplotu poschodia pri dne pece. V tomto prípade sa môžu použiť horáky na plyn alebo na práškovité uhlie.

Tieto horáky 34 sa môžu vytápať plynom alebo práškovitým uhlím so vzduchom na predhrievanie a/alebo prídavné ohrievanie. Ako výsledok kvantitatívneho pomeru medzi kyslíkom a palivom sa môže dosiahnuť produkcia prídavného redukujúceho plynu, alebo v prípade prebytku vzduchu, dodatočné spálenie prevádzkových plynov. V prípade vytápania práškovitým uhlím sa môže v horáku produkovať prebytok oxidu uhoľnatého. Pomocou externých spaľovacích komôr sa môže predísť vstupu popola zo spáleného uhlia do pece a jeho zmiešaniu s priamo redukovaným železom. Teploty v spaľovacích komorách sa zvolia tým spôsobom, aby vzniknutá troska išla odpichovať v kvapalnej forme a išlo s ňou disponovať v sklovitej forme. Produkcia oxidu uhoľnatého znižuje spotrebu pevných uhľikátých látok v peci 10 a teda tiež obsah popola v konečnom produkte.

V postrannej stene pece sú vo výške prostredného poschodia vytvorené otvory 36, ktorými sa môžu odvádzať horúce plyny z pece.

Zaistenie prívodu plyného redukčného činidla, napr. oxidu uhoľnatého alebo vodíka v poslednom alebo v dvoch posledných poschodiach, sa uskutoč-

ňuje prostredníctvom špeciálnych dýz 37. Redukciu rudy je možné dokončiť v tejto atmosfére so zvýšeným redukčným potenciálom.

Priamo redukované železo sa odoberá spolu s popolom redukčných činidiel otvorom 39 v dne 18 pece 10.

Je možno riadiť redukciu rudy presne a uskutočňovať proces za optimálnych podmienok riadením prívodu pevných, kvapalných a plyných redukčných činidiel a plynov s obsahom kyslíka v rôznych miestach etážovej pece 10 a vybavením na odťah prebytku plynov v kritických miestach.

Obr. 2 ukazuje etážovú pec 10 veľmi podobnú peci z obr. 1.

Táto pec 10 tiež dovoľuje použiť problematický odpad ako kontaminovaný prach, obsahujúci železo na výrobu priamo redukovaného železa.

Napríklad kontaminované prachy, obsahujúce oxid železa z elektrických alebo konvertorových zariadení, vyrábajúcich oceľ, ktoré obsahujú sotva nejaký uhlík, sa môžu vsádzať dohromady s rudou otvorom 28 vo veku 16 do etážovej pece 10. Prachy obsahujúce oxid železa a veľké množstvo uhlíka, ako zvyšky, obsahujúce olej z valcovacích stolíc alebo prach z odpadu plynových práčok vysokých pecí, sa môžu vsádzať špeciálnym otvorom 31 do pece 10.

Tieto produkty, obsahujúce uhlík a oxid železa, sú často kontaminované ťažkými kovmi; veľký podiel plynov prúdiacich v peci smerom nahor sa môže odťahovať z pece 10 pod poschodím, na ktoré sa dávkuje prach oxidu železa obsahujúci uhlík, odťahovou spojkou 38 v postrannej stene a znovu injektovať do pece 10 vtokom 40 nad týmto poschodím. Z toho vyplýva, že množstvo plynu na poschodí, na ktoré sa zavádza železný prach, je malé. Ťažké kovy, prítomné v železnom prachu, sa redukujú bezprostredne po ich zavedení do pece a prchajú. Potom sa môžu z pece 10 odsať v pomerne malom množstve plynov výpustom 42 v postrannej stene. Malý objem plynu s pomerne vysokým obsahom ťažkých kovov sa potom môže oddelene vyčistiť. Výsledkom malého množstva odpadových plynov sú malé rýchlosti prúdenia plynu na zodpovedajúcich poschodiach a s odpadovým plynom sa vypúšťajú len malé množstvá prachu. Z toho vyplýva, že v odpadovom plyne je extrémne vysoká koncentrácia ťažkých kovov.

Oxid železa, prítomný v prachu, sa redukuje na železo spolu s rudou, vsádzanou do pece.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. **Spôsob výroby priamo redukovaného železa v etážovej peci, ktorá má niekoľko poschodí, jedno nad druhým, a kde vysoká teplota prevláda v nižších poschodiach, vyznačujúci sa tým, že**

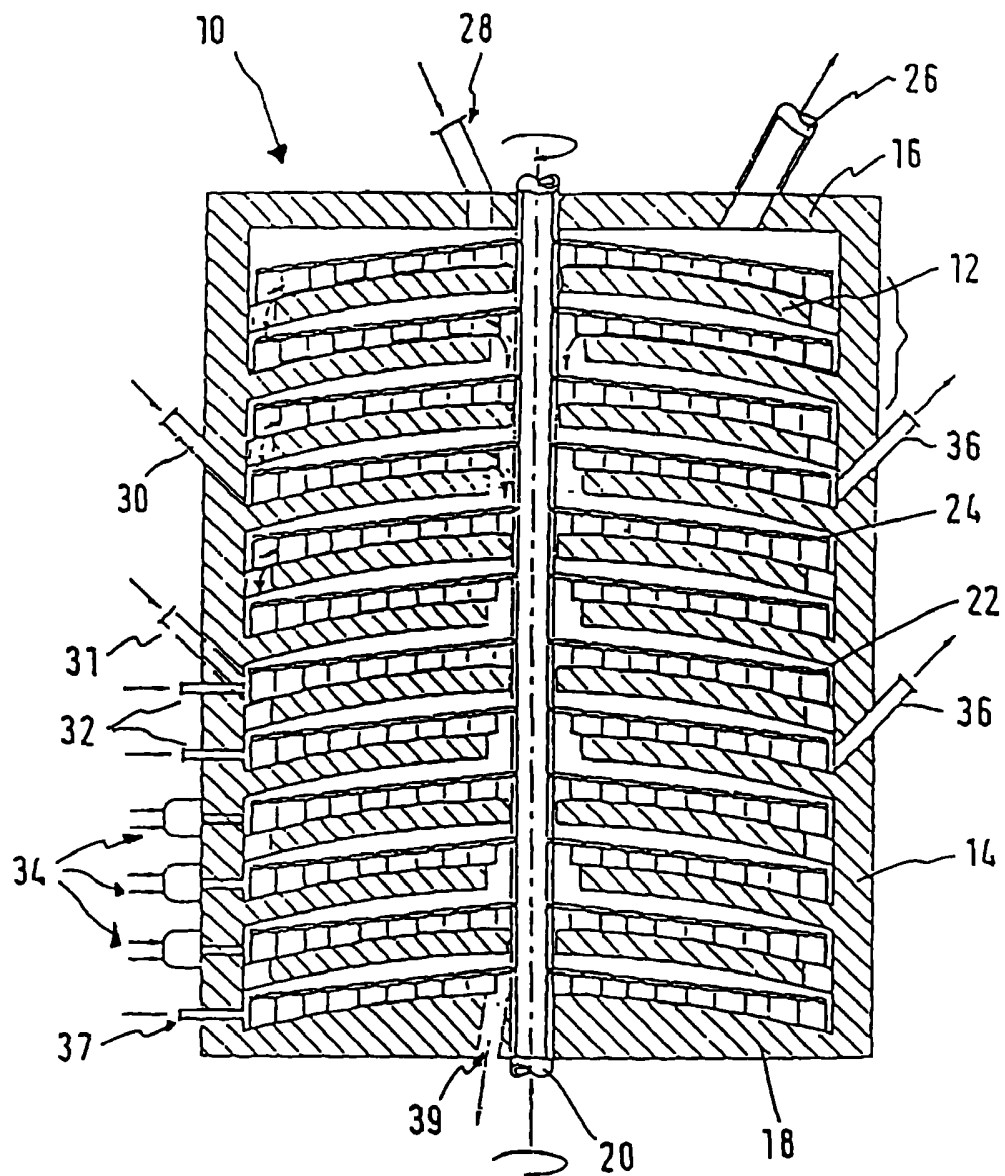
ruda sa kontinuálne zavádza do etážovej pece a dávkuje do najvyššieho poschodia pece a stupňovito premiestňuje do nižších poschodí;

pevné alebo kvapalné redukčné činidlo sa dávkuje do najvyššieho poschodia a/alebo do jedného z poschodí pod ním;

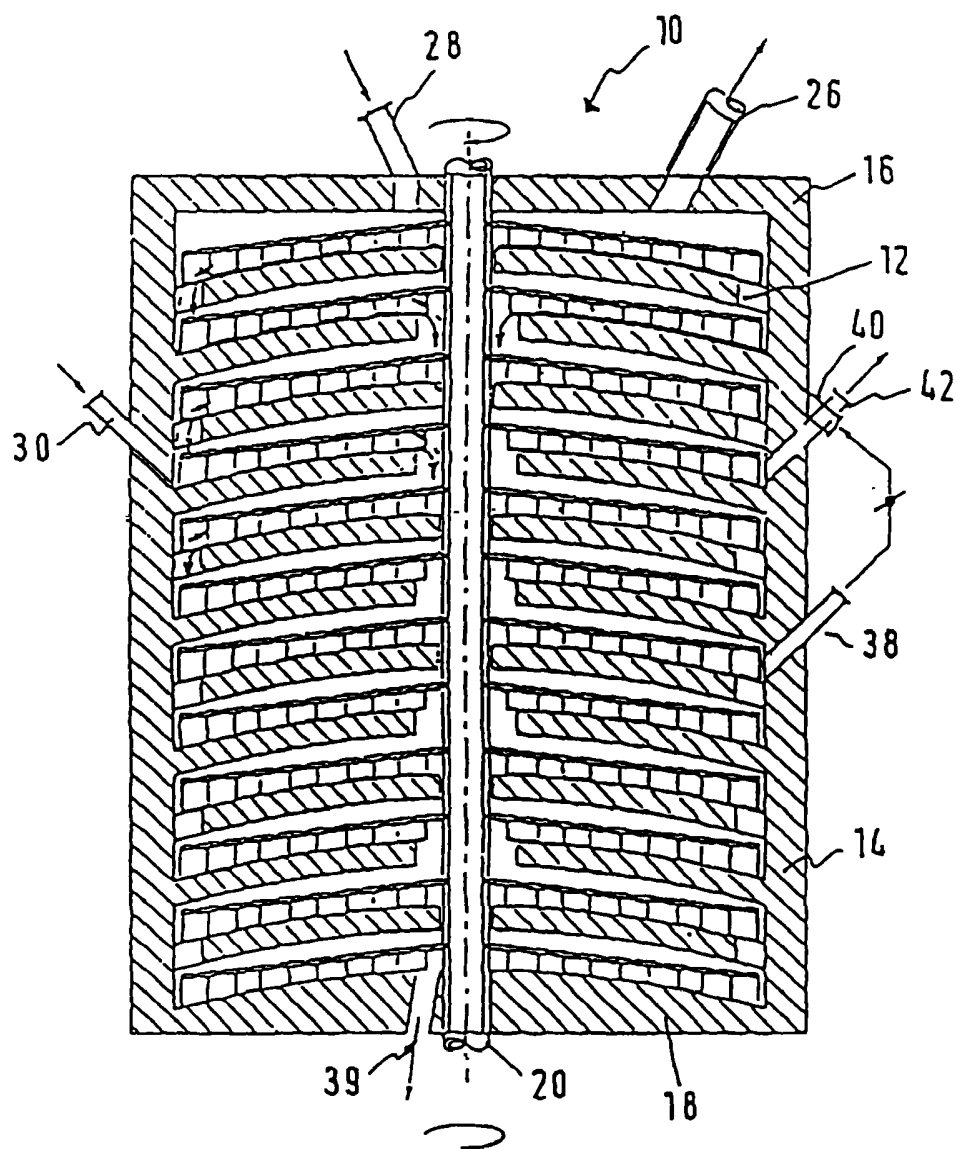
plyn obsahujúci kyslík sa privádza v spodnej polovici bočnej steny do etážovej pece a reaguje s časťou redukčného činidla, čím vytvára redukčný plyn, ktorý reaguje s rudou a vytvára tak priamo redukované železo;

priamo redukované železo sa vypúšťa spolu so zvyškami redukčných činidiel v priestore poschodia pri dne etážovej pece.
2. **Spôsob podľa nároku 1, vyznačujúci sa tým, že jedno alebo viacero nižších poschodí sa vyhrieva horákmi umiestnenými v stene pece.**
3. **Spôsob podľa jedného z predchádzajúcich nárokov, vyznačujúci sa tým, že spôsob sa uskutočňuje pri pretlaku.**
4. **Spôsob podľa jedného z predchádzajúcich nárokov, vyznačujúci sa tým, že redukčné činidlo sa zavádza do rôznych poschodí etážovej pece.**
5. **Spôsob podľa jedného z predchádzajúcich nárokov, vyznačujúci sa tým, že sa do etážovej pece zavádza prebytok redukčných činidiel .**

6. Spôsob podľa jedného z predchádzajúcich nárokov, vyznačujúci sa tým, že hrubo zrnité redukčné činidlo sa zavádza do etážovej pece vyššie a jemne zrnité redukčné činidlo nižšie.
7. Spôsob podľa jedného z predchádzajúcich nárokov, vyznačujúci sa tým, že plynné redukčné činidlo, napr. oxid uhoľnatý alebo vodík, sa privádza do posledného alebo do posledných dvoch poschodí špeciálnymi dýzami (37).
8. Spôsob podľa jedného z predchádzajúcich nárokov, vyznačujúci sa tým, že nevyužité redukčné činidlá sa oddelia od zvyškov po vypustení z etážovej pece.
9. Spôsob podľa nároku 8, vyznačujúci sa tým, že nevyužité redukčné činidlo sa spaľuje v externých spaľovacích komorách a vzniknuté teplo sa privádza do etážovej pece.
10. Spôsob podľa jedného z predchádzajúcich nárokov, vyznačujúci sa tým, že jedno alebo viacero poschodí sa môže vykurovať nepriamo.
11. Spôsob podľa jedného z predchádzajúcich nárokov, vyznačujúci sa tým, že prach oxidu železa alebo troska, obsahujúca oxidy ťažkých kovov, sa zavádza do pece, tu sa oxidy redukujú a ťažké kovy vyprchajú.
12. Spôsob podľa nároku 11, vyznačujúci sa tým, že vyprchané ťažké kovy sa odsávajú oddelene z poschodia, kde sa vytvárajú.



Obr. 1



Obr. 2