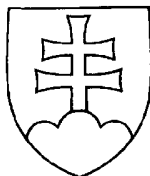


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19)

SK



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

PATENTOVÝ SPIS

- (21) Číslo prihlášky: **25-99**
(22) Dátum podania prihlášky: **9. 7. 1997**
(24) Dátum nadobudnutia účinkov patentu: **7. 10. 2003**
Vestník ÚPV SR č.: **10/2003**
(31) Číslo prioritnej prihlášky: **A 1225/96**
(32) Dátum podania prioritnej prihlášky: **10. 7. 1996**
(33) Krajina alebo regionálna organizácia priority: **AT**
(40) Dátum zverejnenia prihlášky: **7. 5. 1999**
Vestník ÚPV SR č.: **05/1999**
(47) Dátum sprístupnenia patentu verejnosti: **2. 9. 2003**
(62) Číslo pôvodnej prihlášky v prípade vylúčenej prihlášky:
(86) Číslo podania medzinárodnej prihlášky podľa PCT: **PCT/AT97/00156**
(87) Číslo zverejnenia medzinárodnej prihlášky podľa PCT: **WO98/01586**

(11) Číslo dokumentu:

283 607

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁷:

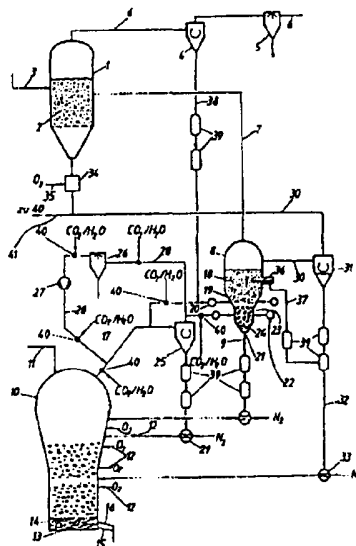
C21B 13/14

- (73) Majiteľ: **VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH, Linz, AT;**
POHANG IRON & STEEL CO., LTD., Pohang City, Kyong, Sang Book-Do, KR;
RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY INCORPORATED
FOUNDATION, Pohang City, KR;
- (72) Pôvodca: **Kepplinger Leopold Werner, Leonding, AT;**
Wurm Johann, Bad Zell, AT;
Mizelli Herbert, Micheldorf, AT;
Kastner Rainer-Walter, Zwettl a.d. Rodl, AT;
Brunnbauer Günther, Wallern, AT;
- (74) Zástupca: **Hörmannová Zuzana, Ing., Bratislava, SK;**

- (54) Názov: **Spôsob výroby redukčného plynu použiteľného na redukciu kovovej rudy a zariadenie na vykonávanie tohto spôsobu**

(57) Anotácia:

Je opísaný spôsob výroby horúceho redukčného plynu obsahujúceho oxid uhoľnatý a vodík, použiteľného na redukciu jemnozrnných kovových rúd, najmä železnej rudy, pričom redukčný plyn sa tvorí splynovaním nosičov uhlíka, najmä uhlia, nastávajúcim za prívodu kyslíka v splynovacej zóne, a potom sa ochladí na redukčnú teplotu vhodnú na redukčný proces, pri ktorom sa redukčný plyn prídavkom vody a/alebo oxidu uhličitého s cieľom potlačiť Boudouardovu reakciu a heterogénnu reakciu vodného plynu a s tým spojené zahriatie redukčného plynu prevedie na redukčný plyn, termodynamicky stabilný pri redukčnej teplote. Ďalej je opísané zodpovedajúce zariadenie na vykonávanie tohto spôsobu.



Oblasť techniky

Vynález sa týka spôsobu výroby redukčného plynu obsahujúceho oxid uhoľnatý a vodík, použiteľného na redukciu jemnozrnných kovových rúd, obzvlášť železnej rudy, pričom redukčný plyn sa tvorí splyňovaním nosičov uhlíka, najmä uhlia, nastávajúcím za prívodu kyslíka, v splyňovacej zóne, a potom sa ochladí na redukčnú teplotu, vhodnú na redukčný proces. Ďalej sa týka tiež zariadenia na vykonávanie tohto spôsobu.

Doterajší stav techniky

Spôsob opísaného druhu je napríklad známy z EP-A-0 594 557. Pri tomto známom spôsobe sa z aspoň predredukovanej železnej huby roztaví v tavnej splyňovacej zóne za prívodu nosičov uhlíka a kyslík obsahujúceho plynu surové železo alebo predprodukt ocele a vyrobí sa redukčný plyn, obsahujúci oxid uhoľnatý a vodík. Redukčný plyn, vznikajúci v tavnej splyňovacej zóne, má teplotu v rozmedzí 1000 až 1200 °C. Pritom sa uvoľnené uhlíkovodíkové zlúčeniny rozkladajú. Súčasne klesá na základe týchto teplôt obsah oxidu uhličitého a vody pod 6 % CO₂ a 4 % H₂O, lebo sa premieňajú na oxid uhoľnatý a vodík.

Tento veľmi horúci redukčný plyn sa musí kvôli zhodnoteniu v redukčnom reaktore pred zavedením do redukčného reaktora ochladiť. Na to je napríklad podľa EP-A-0 594 557 prispôsobený vstrekovací chladič. Takto ochladená časť redukčného plynu sa primieša do redukčného plynu, vychádzajúceho z tavnej splyňovacej zóny. Toto zvyčajne vykonávané ochladenie redukčného plynu s ochladeným redukčným plynom rovnakého druhu na teplotu asi 700 až 900 °C zabráňuje tomu, aby dochádzalo počas redukcie rudy k roztaveniu častíc rudy v redukčnej zóne, bez toho však, aby sa znížil redukčný potenciál pre redukčný plyn.

Nevýhodné je však, že takto ochladený redukčný plyn je termodynamicky nestabilný; tvorí sa z oxidu uhoľnatého oxid uhličitý a uhlík podľa Boudouardovej rovnováhy a rovnako ako podľa heterogénnej rovnováhy vodného plynu prebieha reakcia oxidu uhoľnatého s vodíkom na vodu a uhlík, ktorá je rovnako ako predtým opísaná reakcia exotermická. Toto vedie k zvýšeniu teploty redukčného plynu, a tým k zvýšeniu teploty materiálu reaktora. Dochádza k tvorbe aglomerátov. Tým je nielen rušený redukčný proces, ale tiež vytážovanie materiálu reaktora z redukčnej zóny.

V US-A-5 185 032 je opísaný spôsob, pri ktorom sa horúci redukčný plyn, vytvorený v tavnom splyňovači, ochladzuje vstrekaním vody na teploty 900 až 950 °C.

Zo spisu FR-A-2 236 951 je známy spôsob, pri ktorom sa redukčný plyn, vytváraný v elektrickej peci, zavádza priamo do redukčnej šachty nachádzajúcej sa nad elektrickou pecou a pri vstupe do redukčnej šachty sa chladí vháňaním vody, vodnej pary, oxidu uhličitého, uhlíkovodíkov alebo iných chladiacich médií, aby sa zabránilo aglomerácii materiálu obsahujúceho oxidy kovov v redukčnej šachte. Obsah oxidu uhličitého a vody takto ochladeného redukčného plynu je relatívne vysoký.

V spise FR-A-766 167 je opísaný spôsob, pri ktorom sa horúci redukčný plyn, tvorený v taviacom agregáte, zavádza priamo do redukčnej komory, pričom sa v oblasti dómu taviaceho agregátu, to znamená ešte pred zavedením do redukčnej komory, chladí buď zavádzaním spotrebovaného redukčného plynu po odstránení kyseliny uhličitej, alebo zavádzaním zmesi z kyseliny uhličitej alebo vodnej pary a uhlia, aby sa zabránilo aglomerácii vsadeného materiálu v redukčnej komore.

Úlohou predloženého vynálezu je odstránenie týchto nevýhod a ťažkostí, a je teda potrebné vypracovať spôsob opísaného druhu a zostrojiť zariadenie na vykonávanie takého spôsobu, ktorý by umožnil výrobu redukčného plynu, ktorého teplota by ležala v oblasti, ktorá by bola vhodná na redukciu kovovej rudy, teda pod teplotou, pri ktorej by sa mohli vyskytovať nátky a zvary v aspoň čiastočne redukovanej kovovej rude. Preto by sa mal optimalizovať obsah vody a oxidu uhličitého v redukčnom plyne a ďalej by sa malo zabrániť chemickému pôsobeniu na kovové materiály plyn vedúcich systémov, to znamená reaktorov, potrubí zásobujúcich plynom, zostáv podobne.

Podstata vynálezu

Uvedená úloha bola vyriešená vypracovaním spôsobu uvedeného druhu tak, že sa redukčný plyn, ktorý nebol podrobený prídavku vody a/alebo oxidu uhličitého, spôsobu účinnému chladenie, prídavkom vody a/alebo oxidu uhličitého na účely potlačenia Boudouardovej reakcie a heterogénnej reakcie vodného plynu a s tým spojeného zahriatia redukčného plynu, a teda i kovovej rudy, prevedie na redukčný plyn, termodynamicky stabilný pri redukčnej teplote.

Cieleným prídavkom vody a/alebo oxidu uhličitého sa cielene ovplyvní, prípadne potlačí termodynamicky spôsobený rozklad reduktantov oxidu uhoľnatého a vodíka. Nastavia sa oblasti koncentrácií v redukčnom plyne, pri ktorých sa potlačí silne exotermická Boudouardova reakcia a heterogénna reakcia vodného plynu, takže nemôže dochádzať k rušivému vzostupu teploty redukčného plynu. Súčasne sa tým kontroluje oxidačný stupeň redukčného plynu a chemické pôsobenie na kovové materiály.

Výhodne sa vykonáva prídavok vody a/alebo oxidu uhličitého v množstve, kedy sa dosiahne približne Boudouardova rovnováha a heterogénna rovnováha vodného plynu redukčného plynu pri teplote, vhodnej na redukčný proces. Výhodne sa vykonáva chladenie redukčného plynu privádzaním chladiaceho plynu rovnakého druhu, horného plynu (vysokopecného, kychtového) a/alebo vody a/alebo oxidu uhličitého.

Účelne sa vykonáva prídavok vody privádzaním vodnej pary a prídavok oxidu uhličitého privádzaním plynu, obsahujúceho oxid uhličitý.

Zavádzanie oxidu uhličitého do redukčného plynu sa môže podľa výhodnej formy vyhotovenia vykonávať aspoň sčasti tak, že sa pri redukčnom procese zreagovaný redukčný plyn privádza do redukčného plynu, tzv. horného plynu (vysokopecného, kychtového). Môžu sa použiť tiež iné plyny, obsahujúce oxid uhličitý, napríklad z čistenia oxidu uhličitého.

Aby sa dosiahlo intenzívne ochladenie redukčného plynu, primieša sa k redukčnému plynu výhodne, ako je známe zo stavu techniky, ochladený redukčný plyn rovnakého druhu a vykonáva sa prídavok vody a/alebo oxidu uhličitého do ochladeného redukčného plynu rovnakého druhu.

Zariadenie na vykonávanie spôsobu s aspoň jedným redukčným reaktorom, do ktorého ústi dopravník kovovej rudy a potrubie redukčného plynu a s aspoň jedným splyňovacím reaktorom, do ktorého ústia prívody nosiča uhlíka a kyslík obsahujúce plyny, sa vyznačuje tým, že zdroj oxidu uhličitého a/alebo zdroj vody sú spojené s potrubím redukčného plynu podrobeného chladeniu, vedenému v plynovom potrubí redukčného plynu.

Výhodne je redukčný reaktor opatrený odvodovým vedením zreagovaného redukčného plynu, z ktorého vychá-

dza odbočné vedenie, ktoré je spojené s vedením redukčného plynu.

Dalšia výhodná forma vyhotovenia sa vyznačuje tým, že z vedenia redukčného plynu ústi späťne vývod redukčného plynu cez premývačku a kompresor opäť do potrubia redukčného plynu, ale v smere prúdenia pred rozvetvením späťneho vývodu redukčného plynu, najmä pred umiestnením odprašovacieho zariadenia v potrubí redukčného plynu, a že zdroj oxidu uhličitého a/alebo vody je spojený so spätným vývodom redukčného plynu. Ako redukčný reaktor sa môže použiť reaktor so stacionárnou vírivou vrstvou, Venturiho vírivou vrstvou, cirkulujúcou vírivou vrstvou alebo cyklónovou kaskádou.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Vynález je v nasledujúcom bližšie objasnený pomocou schematicky znázorneného príkladu vyhotovenia na obr. 1, pričom tento obrázok v schematickej forme znázorňuje výhodnú formu vyhotovenia zariadenia podľa predloženého vynálezu.

Príklady uskutočnenia vynálezu

Na obrázku je znázornený predhrievací reaktor 1, ktorý je vytvorený ako predhrievací reaktor s vírivou vrstvou, do ktorého je možné dávkovať železnú rudu a prísady obsahujúce vsádzkovú látku cez dávkovacie potrubie 3, výústené po boku vo výške zóny vírivého lôžka 2 (predhrievacia zóna). Na hornom konci predhrievacieho reaktora 1 s vírivou vrstvou sa odťahujú v ňom vytvorené a cezeň prúdiace plyny cez vývod 6 plynu, opatrený cyklónou 4 na čistenie plynu a premývačkou 5 plynu, ako je Venturiho premývačka. Tieto plyny sú k dispozícii ako vysoko hodnotný exportný plyn s výhrevnosťou asi 8000 kJ/Nm^3 na rôzne účely, napríklad na výrobu prúdu s kyslíkom alebo bez neho.

Použitie látky, predhriate v predhrievacom reaktore 1, sa vedú dopravníkom 7 vcelku do redukčného reaktora 8, vytvoreného ako reaktor s vírivou vrstvou, prípadne ako kaskádový reaktor a v tomto sa z väčšej časti úplne redukujú.

Cez dopravník železnej huby 9 (napríklad pomocou plynového injektora) sa vedie reakčný produkt, vytvorený v redukčnom reaktore 8 s vírivou vrstvou do tavného splyňovača 10 a síce sa zavádza vo výške lôžka obsahujúceho uhlík v tavnom splyňovači 10, nad neho alebo do jeho vnútra. Tavný splyňovač má aspoň jeden privod 11 uhlia a prísad, ako i vo viacerých výškach usporiadané dýzové privody 12 kyslík obsahujúcich plynov.

V tavnom splyňovači 10 sa zhromažďuje v tavnjej splyňovacej zóne roztavené tekuté železo 13 a roztavená tekutá troska 14, ktoré sa môžu vždy cez výpust 15 a 16 oddelene odpichovať. V tavnom splyňovači 10 sa z nosičov uhlíka a kyslík obsahujúceho plynu vyrába redukčný plyn, ktorý sa zhromažďuje v upokojuvacom priestore nad uhlík obsahujúcim lôžkom a privádza sa plynovým potrubím 17 do redukčného reaktora 8 s vírivou vrstvou, a síce cez zúženie vo forme zrezaného kužeľa na vytvorenie vírivého lôžka 18 (redukčná zóna), vytvárajúce plyn rozdeľujúce dno 19 v podstate šachtového redukčného reaktora 8 s vírivou vrstvou okolo obvodu ktorého sa privádza redukčný plyn prostredníctvom kruhového potrubia 20.

Veľké častice pevných látok, ktoré sa vo vírivkej vrstve nedajú udržať vo vznose, klesajú centricky pôsobením sily tiaže a odťahujú sa cez centrálny odťah 21 pevnej látky. Tento centrálny odťah 21 pevnej látky je vytvorený tak, že

cez radiálny privod plynu 22 do valcovitej časti 23 s kužeľovým dnom 24, usporiadanej pod plyn rozdeľujúcim dnom 19 vo forme zrezaného kužeľa, je vytvorené prúdenie pevného lôžka, takže sa môže dosiahnuť uspokojivá redukcia tiež veľkých častíc.

Usporiadanie plyn rozdeľujúceho dna 19 vo forme zrezaného kužeľa sa mení rýchlosť prázdnu rúrkou s výškou. Ako dôsledok sa nastavuje cez výšku plyn rozdeľujúceho dna 19 vlastné rozdelenie veľkosti častíc. Zodpovedajúcim usporiadaním dýz v plyn rozdeľujúcom dne 19 sa tak môže vytvoriť interne cirkulujúca vírivá vrstva, v ktorej je v strede rýchlosť vyššia ako pri okraji. Vytvorenie vírivkej vrstvy tohto druhu môže nájsť použitie tak pre redukčný reaktor 8, ako tiež pre predhrievací reaktor 1.

Časť redukčného plynu, vychádzajúceho z tavného splyňovača 10, sa podrobí čisteniu v horúcej cyklóne 25 a chladeniu v ďalej zaradenej premývačke 26 a cez kompresor 27 sa opäť cez spätné potrubie 28 primieša do redukčného plynu, vychádzajúceho z tavného splyňovača 10. Prach, odlučovaný v horúcej cyklóne 25, sa vedie späť cez plynový injektor 29 do tavného splyňovača 10. Časť ešte nechladeného redukčného plynu, vystupujúceho z horúcej cyklóny 25, sa vedie cez radiálny privod plynu 22 do redukčného reaktora 8 s vírivou vrstvou cez jeho valcovitú časť 23.

Plyn, odťahovaný z redukčného reaktora 8 s vírivou vrstvou, sa vedie plynovým potrubím 30 do redukčnej cyklóny 31, v ktorej sa z redukčného plynu odlúčia ešte prítomné pevné častice a celkom sa redukujú. Tieto jemné častice sa vedú dopravníkom 32 cez plynový injektor 33 do tavného splyňovača 10 asi do výšky horného konca lôžka.

Čiastočne oxidovaný redukčný plyn, vystupujúci z redukčnej cyklóny 31, je vedený plynovým potrubím 30 do predhrievacieho reaktora 1, pričom sa však kvôli zahriatiu redukčného plynu jeho časť spáli a síce v spaľovacej komore 34, do ktorej ústi potrubie 35, privádzajúce kyslík obsahujúci plyn.

Z redukčného reaktora 8 s vírivou vrstvou sa časť celkom redukovaných vsádzaných látok odťahuje vo výške vírivého lôžka 18 pomocou vynášacej závitovky 36 a cez dopravník 37 a plynový injektor 33 sa zavádza do tavného splyňovača 10 asi vo výške horného konca lôžka, výhodne spoločne s jemnými časticami pevnej látky, pochádzajúcimi z redukčnej cyklóny 31.

Jemnozrnný materiál, odlúčený v cyklóne 4 z vývodu 6 exportného plynu sa dopravníkom 38 s uzávermi 39, ktorými sú opatrené tiež ďalšie dopravníky, ako 9, 32 a 37, pre čiastočne alebo celkom redukovaný materiál, cez kruhové potrubie 20, ktoré privádza redukčný plyn, zavádza do redukčného reaktora 8 s vírivou vrstvou.

Funkcia zariadenia podľa obr. 1 je nasledujúca:

Spracovávaná jemnozrnná ruda, preosiata a usušená, sa pneumaticky alebo pomocou strného alebo kolmého dopravníka dávkuje do predhrievacieho reaktora 1. Tu sa predhreje vo vírivom lôžku 2 na teplotu asi 850°C a v dôsledku redukujúcej atmosféry sa prípadne predbežne zredukuje, asi do stupňa wüstitu.

Pre tento postup predbežnej redukcie má obsahovať redukčný plyn aspoň 25 % $\text{CO} + \text{H}_2$, aby mal dostatočnú redukčnú silu.

V nasledujúcom postupne prúdi predhriata a prípadne predbežne zredukovaná jemnozrnná ruda, výhodne pôsobením sily tiaže, do redukčného reaktora 8, v ktorého vírivkej vrstve, prípadne vírivom lôžku 18 sa jemnozrnná ruda ďalekosiahle redukuje pri teplote asi 850°C až do stupňa Fe. Pre tento redukčný stupeň má mať plyn obsah $\text{CO} + \text{H}_2$ aspoň 68 %.

Pre jemnozrnné rudy s dlhším redukčným časom je usporiadaný druhý (v prípade potreby i tretí) redukčný reaktor s vírivou vrstvou s prídavnou redukčnou cyklónou v sérii, prípadne v rade k prvému redukčnému reaktoru 8. Pri druhom redukčnom reaktore sa jemnozrnná ruda redukuje až do stupňa wüstitu a pri prvom redukčnom reaktore 8 až do stupňa Fe.

Vzťahovou značkou 40 sú označené najdôležitejšie miesta opísaného zariadenia, v ktorých je obzvlášť výhodná možnosť pripojenia zdroja oxidu uhličitého a/alebo vody, teda možnosť prídavku plynov, obsahujúcich oxid uhčitý a/alebo vodu, ktorých účinok je v nasledujúcom ešte opísaný.

Miesta prídavku 40 sú uložené účelne buď v plynovom potrubí 17, ktoré spája tavný splyňovač 10 s redukčným reaktorom 8, alebo v chladiacom spätnom potrubí 28 redukčného plynu s premývačkou 26 a kompresorom 27. Keď je miesto prídavku 40 v chladiacom spätnom potrubí 28 redukčného plynu s premývačkou 26 a kompresorom 27 za kompresorom 27, predstavuje to výhodu, napríklad v tom, že kompresor 27 môže byť menší a že sa kompresiou zahriaty plyn prívodom vody a/alebo oxidu uhličitého ochladí.

Pomocou nasledujúcich príkladov 1 až 4 je účinok návrhov podľa predloženého vynálezu bližšie objasnený, pričom príklad 1 predstavuje iba stav techniky. Pri všetkých hodnotách analýzy plynu vždy ide o objemové percentá.

Príklad I

Redukčný plyn, vyrobený podľa stavu techniky napríklad podľa EP-A-0 594 557, má zloženie, uvedené v nasledujúcej tabuľke I. Redukčný plyn opúšťa tavný splyňovač 10 s teplotou 1050 °C za tlaku 0,45 MPa abs. Má sa použiť na redukcii železnej rudy.

Tabuľka I

CO	65 %
H ₂	30 %
CO ₂	1 %
H ₂ O	1 %
CH ₄	1 %
N ₂	2 %

Aby sa dosiahla teplota redukčného plynu asi 850 °C, musí sa do redukčného plynu primiešať chladiaci plyn. Podľa príkladu I sa primieša chladiaci plyn rovnakého druhu s teplotou 70 °C, ktorý má rovnako tlak 0,45 MPa abs. Aby sa dosiahla teplota 850 °C, je potrebný prídavok 27,8 % chladiaceho plynu. Z toho vyplývajú nasledujúce nevýhody:

- je potrebné veľmi veľké množstvo chladiaceho plynu, to znamená, že sa musí odobrať veľká časť horúceho redukčného plynu a podrobiť energeticky a technologicky nákladnému chladeniu,

- celkový obsah oxidu uhličitého a vody nezodpovedá rovnováhe, takže po primiešaní chladiaceho plynu na ceste k redukčnému reaktoru 8 dochádza k rozkladu oxidu uhoľnatého a vodíka podľa rovníc: $2\text{CO} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ (Boudouardova reakcia), prípadne $\text{CO} + \text{H}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{C}$ (heterogénna reakcia vodného plynu), ktorý je silne exotermický. Dôsledkom toho je zvýšenie teploty, takže môže byť potrebný ďalší prívod chladiaceho plynu. Zvýšenie teploty vedie k tvorbe aglomerátov materiálu reaktora. Ďalej dochádza k chemickému pôsobeniu na rúrky, zostavby a podobne z kovového materiálu, vedúce ďalej redukčný plyn. Na to sa reakciou oxidu uhoľnatého a vodíka znižuje množstvo plynu účinné na redukcii.

Príklad II

Do redukčného plynu s chemickým zložením podľa tabuľky I sa pridá plyn bohatý na oxid uhčitý s teplotou 70 °C za tlaku 0,45 MPa abs. Zloženie plynu, bohatého na oxid uhčitý, je uvedené v nasledujúcej tabuľke II.

Tabuľka II

CO	13 %
H ₂	2 %
CO ₂	77 %
H ₂ O	5 %
CH ₄	1 %
N ₂	2 %

Prídavkom 12,3 % chladiaceho plynu rovnakého druhu podľa príkladu I a 10,7 % plynu bohatého na oxid uhčitý podľa tabuľky II k redukčnému plynu podľa tabuľky I sa získa redukčný plyn s teplotou 850 °C a tlakom 0,45 MPa abs., ktorý má zloženie, uvedené v nasledujúcej tabuľke III.

Tabuľka III

CO	60,5 %
H ₂	27,5 %
CO ₂	7,6 %
H ₂ O	1,4 %
CH ₄	1,0 %
N ₂	2,0 %

Pri tomto redukčnom plyne je celkový obsah oxidu uhličitého a vody v blízkosti rovnovážnej hodnoty pri teplote 850 °C, takže sa rozklad oxidu uhoľnatého a vodíka prakticky môže úplne vylúčiť. Prídavok plynu bohatého na oxid uhčitý sa vykonáva v okruhu chladiaceho plynu, napríklad v spätnom potrubí 28 podľa obr. 1. Je zrejmé, že je možné podstatné zmenšenie okruhu chladiaceho plynu, lebo sa teraz musí pridávať iba 12,3 % chladiaceho plynu namiesto 27,8 % chladiaceho plynu podľa príkladu I. Podľa príkladu II je možné účelne používať plyny s nižšou kalorickou hodnotou, teda plyny bohaté na oxid uhčitý. Pri redukcii železnej rudy takto kondicionovaným redukčným plynom sa spoľahlivo zabráni príliš veľkému zahriatiu materiálu reaktora a redukovaný materiál sa dá bez ťažkostí previesť do tavného splyňovača 10.

Príklad III

Podľa tohto príkladu sa horný plyn, odťahovaný z redukčného reaktora 8, po zodpovedajúcom čistení, chladení a kompresii primieša pri teplote 70 °C a tlaku 0,45 MPa abs. k redukčnému plynu, vystupujúcemu z tavného splyňovača 10. Zloženie horného plynu je uvedené v nasledujúcej tabuľke IV.

Tabuľka IV

CO	42 %
H ₂	19 %
CO ₂	34 %
H ₂ O	2 %
CH ₄	1 %
N ₂	2 %

Prídavkom 23,3 % horného plynu k redukčnému plynu sa vytvorí zmesový plyn s teplotou 850 °C a tlakom 0,45 MPa abs., ktorý má zloženie, uvedené v nasledujúcej tabuľke V. Tiež tu sa celkový obsah oxidu uhličitého a vody približuje rovnováhe, takže je tu prakticky úplne vylúčená Boudouardova reakcia a heterogénna reakcia vodného plynu.

Tabuľka V

CO	60,6 %
H ₂	27,9 %
CO ₂	7,3 %
H ₂ O	1,2 %
CH ₄	1,0 %
N ₂	2,0 %

Podľa príkladu III je rovnako nutné nižšie množstvo plynu na chladenie redukčného plynu, vystupujúceho z tavného splyňovača 10 ako podľa príkladu I. Primiešanie horného plynu sa vykonáva do plynového potrubia 17, prípadne 28 cez vedľajšie potrubie 41, vedúce od plynového potrubia na horný plyn 30 k plynovému potrubiu 17, ktoré je vedené cez zodpovedajúce chladiace zariadenie a kompresor. Prípadne prebieha primiešanie cez miesta prídavku 40.

Príklad IV

Podľa príkladu IV sa do chladiaceho plynu rovnakého druhu primieša vodná para. Chemické zloženie redukčného plynu, opúšťajúceho tavný splyňovač 10 a chladiaceho plynu sú identické ako sú zloženia, uvedené v príklade I. Para (100 % H₂O) sa primieša s teplotou 250 °C a tlakom 1,2 MPa abs. Pri primiešaní 18 % chladiaceho plynu s 8,5 % vodnej pary sa tvorí redukčný plyn s teplotou 850 °C a tlakom 0,45 MPa abs. Chemické zloženie redukčného plynu je uvedené v nasledujúcej tabuľke VI.

Tabuľka VI

CO	60,7 %
H ₂	28,0 %
CO ₂	0,9 %
H ₂ O	7,6 %
CH ₄	0,9 %
N ₂	1,9 %

Tento variant poskytuje rovnako výhodu menších rozmerov okruhu chladiaceho plynu, pričom celkový obsah oxidu uhličitého a vody je približne v rovnováhe. Ako dodatočná výhoda je tu nepatrná zmena množstva redukantov.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Spôsob výroby horúceho redukčného plynu, obsahujúceho oxid uhoľnatý a vodík, použiteľného na redukciu jemnozrnných kovových rúd, najmä železnej rudy, pričom redukčný plyn sa tvorí splynovaním nosičov uhlíka, najmä uhlia, nastávajúcím za prívodu kyslíka, v splynovacej zóne, a potom sa ochladí na redukčnú teplotu, vhodnú na redukčný proces, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že sa redukčný plyn, ktorý nebol podrobený prídavku vody a/alebo oxidu uhličitého, spôsobujúcemu chladenie, prídavkom vody a/alebo oxidu uhličitého na účely potlačenia Boudouardovej reakcie a heterogénnej reakcie vodného plynu a s tým spojeného zahriatia redukčného plynu, prevedie na redukčný plyn termodynamicky stabilný pri redukčnej teplote.

2. Spôsob podľa nároku 1, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že sa prídavok vody a/alebo oxidu uhličitého vykonáva v množstve, kedy sa dosiahne približne Boudouardova rovnováha a heterogénna rovnováha vodného plynu pri redukčnom plyne pri teplote, vhodnej na redukčný proces.

3. Spôsob podľa nároku 1 alebo 2, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že sa prídavok vody vykonáva privádzaním vodnej pary.

4. Spôsob podľa jedného alebo viacerých z nárokov 1 až 3, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že sa prídavok oxidu uhličitého vykonáva privádzaním plynu, obsahujúceho oxid uhličitý.

5. Spôsob podľa nároku 3 alebo 4, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že sa pri reakčnom procese zreagovaný redukčný plyn zavádza do redukčného plynu.

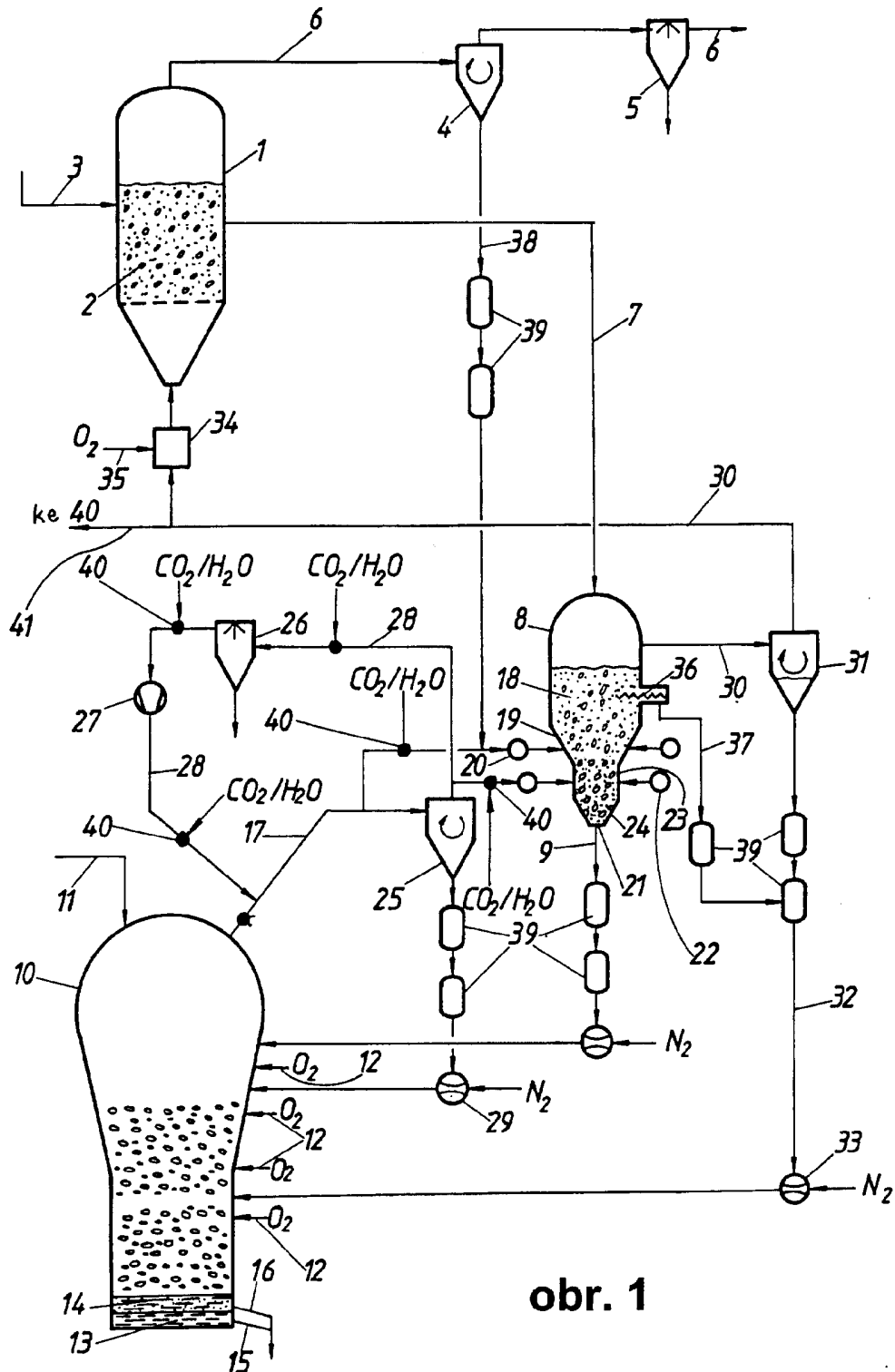
6. Spôsob podľa jedného alebo viacerých z nárokov 1 až 5, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že sa ochladený redukčný plyn rovnakého druhu primieša do redukčného plynu a prídavok vody a/alebo oxidu uhličitého sa prevádza do ochladeného redukčného plynu rovnakého druhu.

7. Zariadenie na vykonávanie spôsobu podľa jedného alebo viacerých z nárokov 1 až 6 s aspoň jedným redukčným reaktorom (8), do ktorého ústi zásobovacie potrubie (7) kovovej rudy a plynové potrubie (17) redukčného plynu a s tavným splyňovačom (10), do ktorého ústi prívod (11) nosiča uhlíka a prívody (12) kyslík obsahujúcich plynov a z ktorého vystupuje plynové potrubie (17) redukčného plynu a s chladiacim zariadením, usporiadaným v plynovom potrubí (17) redukčného plynu, nespôsobujúcim prídavok vody a/alebo oxidu uhličitého k redukčnému plynu, **v y z n a č u j ú c e s a t ý m**, že zdroj oxidu uhličitého a/alebo zdroj vody sú spojené s potrubím redukčného plynu podrobeného chladeniu vedenému v plynovom potrubí (17) redukčného plynu.

8. Zariadenie podľa nároku 7, **v y z n a č u j ú c e s a t ý m**, že redukčný reaktor (8) je opatrený výstupným potrubím (6) a plynovým potrubím (30) zreagovaného redukčného plynu, z ktorého vychádza vedľajšie potrubie (41), ktoré je spojené s plynovým potrubím (17) redukčného plynu.

9. Zariadenie podľa nároku 7 alebo 8, **v y z n a č u j ú c e s a t ý m**, že z plynového potrubia (17) redukčného plynu ústi spätné potrubie (28) redukčného plynu cez premývačku (26) a kompresor (27) opäť do plynového potrubia (17) redukčného plynu, ale v smere prúdenia pred rozvetvením spätného potrubia (28) redukčného plynu, obzvlášť pred odprašovacím zariadením (25), ktorým je opatrené plynové potrubie (17) redukčného plynu, a že zdroj oxidu uhličitého a/alebo vody je spojený so spätným vedením (28) redukčného plynu.

1 výkres



obr. 1

 Koniec dokumentu
