

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 792271 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 792271

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
C21B

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 20.07.1979

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 20.07.1979

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 01.01.1981

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 12.06.2019

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

15.08.1978 US 933,691

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 •Midrex Corporation, One NCNB Plaza, Charlotte, North Carolina, United States, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 •Meissner, David Charles, United States, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

2 •Sanzenbacher, Charles Walter, United States, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Leitzinger Oy, High Tech Center, Tammasaarenkatu 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Menetelmä raudan pelkistämiseksi.

Förfarande för reducering av järn.

Midrex Corporation
One NCNB Plaza
Charlotte, North Carolina 28280
U.S.A.

Rautaoksidin pelkistysmenetelmä suorapelkistysuunissa. -
Reduktionsförfarande för järnoxid i en direkreduktionsugn.

Keksinnön kohteena on rautaoksidin pelkistysmenetelmä suorapelkistysuunissa, jossa uuniin johdetaan kuumaa pelkistyskaasua, jonka laatu on vähintään noin 8 ja lämpötila noin 760 - noin 900 °C, pelkistyskaasun sisältämän rautaoksidin pelkistämiseksi metalliseksi rautatuotteeksi ja hiilidioksidia sisältävän käytetyn pelkistyskaasun muodostamiseksi, josta poistetaan huomattava osa hiilidioksidista pelkistävän kaasun muodostamiseksi, kaasutetaan fossiilipolttoainetta, edullisesti kivihiiltä, ligniittiä tai hiiltä kuuman generaattori-kaasun tuottamiseksi, temperoidaan kuuma generaattorikaasu voimakkaasti pelkistävän kaasun ensimmäisellä kaasuvirralla.

Rautaoksidin, esimerkiksi pellettien tai kappalemaisen malmin, suorapelkiäys kiinteätilaiseksi metalliseksi raudaksi on viime vuosina tullut kaupalliseksi todellisuudeksi monissa suorapelkistyslaitoksissa kautta maailman. Tällä hetkellä käytössä olevien tai rakenteilla olevien tällaisten laitosten yhteinen vuosikapasiteetti on yli 15 miljoonaa metristä tonnia suorapelkistettyä rautatuotetta, joka pääasiassa käytetään sähkökaariuunien raaka-aineena teräksen valmistuksessa. Maailman suorapelkistetyn raudan lisätarpeen arvioidaan kasvavan melkoisesti monta vuotta tämän

raaka-aineen kasvavan maailmantarpeen tyydyttämiseksi, kun terästä sähkökaariuuneilla valmistavia laitoksia rakennetaan yhä lisää.

Suurin osa suorapelkistettyä rautaa tuottavista laitoksista käyttää pelkistyslähteenä luonnonkaasua. Luonnonkaasu reformoidaan niin, että saadaan CO- ja H₂-pelkistimiä. Muutama laitos käyttää kivihiiltä pelkistyslähteenä pyöriväuunisissa prosesseissa, esimerkiksi SL/RN-prosessissa, jossa hiili saatetaan reagoimaan suoraan in situ uunissa kaasuttamatta hiiltä erikseen hiilimonoksidiksi ja vedyksi. Pyöriväuunisissa prosesseissa kivihiilen hyväksikäyttö on luonnostaan tehontonta, koska hiilestä poltetaan noin 2/3 uunissa lämmön saamiseksi ja vain 1/3 pelkistyskaasun valmistamiseen suorapelkistystä varten. Tästä tehottomuudesta johtuen kivihiiltä tarvitaan 5,0 - 6,0 Gcal (Gigacaloriaa) per metrinen tonni valmistettua suorapelkistettyä rautaa. Sen sijaan tehokkaammissa luonnonkaasuprosesseissa, kuten Midrex, Purofer- tai Armco-prosesseissa tarvitaan luonnonkaasua 3,0 - 3,5 Gcal per metrinen tonni valmistettua suorapelkistettyä rautaa.

On olemassa monia, ei vielä kuitenkaan kaupallistettuja menetelmiä, esimerkiksi USA-patentissa 3,853,538 esitetty menetelmä, joissa kivihiili kaasutetaan hapettamalla osittain hapella ja höyryllä kaasuksi, joka sen jälkeen käytetään raudan suorapelkistyksessä eri tavoin hyödyksi. Pääsyy siihen, että yhtään näistä prosesseista ei ole kaupallistettu, on joko se, että menetelmä on kaupallistamisen kannalta liian monimutkainen tai epäkäytännöllinen, tai että kivihiilen tarpeet ovat liian suuret. Epäkäytännölliseen menetelmään tai suureen kivihiilen kokonaistarpeeseen johtava perusongelma on, että kivihiilen kaasutuslaitteesta saatu kuuma kaasu sisältää niin vähän pelkistäviä aineita (CO plus H₂) hapettimien (CO₂ plus H₂O höyry) suhteen, että sitä ei voida suoraan käyttää tehokkaasti hyödyksi raudan suorapelkistyksessä.

Oheisen keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä esitetyt epäkohdat. Tämä saadaan aikaan siten, että saatetaan temperoitu kaasuseos reagoimaan rikkiakseptorin kanssa sinänsä tunnetulla tavalla rikin poistamiseksi kaasusta, kuumennetaan voimakkaasti pelkistävän kaasun toista kaasuvirtaa, joka sekoitetaan kuumaan rikittömään kaasuun niin, että mainituun uuniin johtamista varten muodostuu pelkistyskaasua. Keksinnön mukaisessa menetelmässä saavutetaan suuri terminen tehokkuus ja näin on, yhdessä kehitteillä olevan entistä paremman kivihiilen kaasutusteknologian kanssa, käytännössä

mahdollista kaupallisesti toteuttaa raudan suorapelkistys käyttämällä pelkistyslähteenä kivihiilikaasutusta. Oheisessa keksinnössä tarvitaan kaasutukseen noin 3,1 Gcal hiiltä ja sähkön tuottamiseen noin 0,4 Gcal hiiltä 30 % konversiotehokkuudella kaasutuksessa tarvittavan hapen tuottamiseen. Kivihiilen kokonaistarve on noin 3,5 Gcal per metrinen tonni suorapelkistettyä rautaa.

Keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan suorapelkistää rautaa käyttämällä hyödyksi kivihiilestä saatua kaasua ja kaikki suorapelkistykseen käytetty kaasu käytetään tehokkaasti kivihiilitarpeen minimoimiseksi.

Keksinnön tavoitteena on myös tuoda esiin tehokas menetelmä, jossa kivihiilen kaasutuslaitteesta saatu kuuma kaasu käytetään suoraan raudan suorapelkistyksessä sekoittamalla sen kanssa pelkistysuunista saatua, laadultaan parannettua käytettyä pelkistyskaasua.

Keksinnön tavoitteena on edelleen tuoda esiin menetelmä, jolla valmistetaan kuumaa pelkistyskaasua poistamalla kivihiilen kaasutuslaitteesta tulevasta kuumasta kaasusta rikki saattamalla kaasu reagoimaan rikkiakseptorin, kuten kalkin kanssa ja sekoittamalla rikkitöntä kaasua ja kierrätettyä, kuumaa voimakkaasti pelkistyvää käytettyä pelkistyskaasua.

Keksinnön tavoitteena on myös käyttää uudelleen suorapelkistysuunista tuleva käytetty kaasu tehokkaammin kuin aikaisemmissa kivihiilipohjaisissa suorapelkistysmenetelmissä.

Liitteenä oleva kuvio havainnollistaa kaaviollisesti keksinnön mukaisen menetelmän suoritusmuotoa.

Kuulutyypinen vastavirta-suorapelkistysuuni, joka on vuorattu tulenkestävästi, on esitetty piirustuksissa viitenumerolla 10. Rautaksidisyöttö 12, joka on oksidipelletteinä ja/tai luonnonmukaisina malmikappaleina, joiden nimellinen hiukkaskoko on välillä 5 - 30 mm, syötetään syöttösuppilon 14 ja syöttöputken 16 kautta uuniin uunin panostamiseksi. Pelkistetyt rautapelletit ja/tai palat poistetaan uunin alaosasta uunin poistoputken 18 kautta kuljettimella 20, jonka nopeus määrää panoksen laskeutumisenopeuden uunin 10 läpi. Uuniin 10 tuodaan uutta kuumaa pelkistyskaasua kuuman pelkistyskaasun syöttöputken 21 kautta ja sen jälkeen usean kaasun syöttöportin 22 kautta,

jotka on sijoitettu tulenkkestävään seinämään uunin keskiosaan. Kuuma pelkistyskaasu virtaa sisäänpäin ja sen jälkeen ylöspäin laskeutuvaan panokseen nähden vastavirtaan. Käytetty CO_2 -rikas pelkistyskaasu poistuu panoksesta lähellä uunin yläosaa panostustasossa 24, jonka oksidin syöttöputkesta 16 tuleva syöttö muodostaa. Käytetty CO_2 -rikas pelkistyskaasu, jota jäljempänä kutsutaan huippukaasuksi, poistuu uunista poistoputken 26 kautta.

Uunin 10 alaosa on varustettu jäähdytyskaasupiirillä, jolla pelkistetty rauta jäähdytetään ennen sen poistamista. Tähän jäähdytyspiiriin kuuluu jäähdytyskaasun syöttöputki 30, joka johtaa uunissa 10 olevaan jäähdytyskaasun jakolaitteeseen 31, jäähdytyskaasun talteenotin 32, joka sijaitsee uunissa jakolaitteen yläpuolella, jäähdytyskaasun poistokappale 34 ja ulkopuolinen kaasun kiertojärjestelmä, jossa on jäähdytys-pesuri 36 ja kiertopuhallin 38.

Fossiilipolttoaineen kaasutuslaitteella 40, joka käyttää injektorin 42 kautta syötettyä happea tai happea ja H_2O , kaasutetaan polttoaineen injektorin 44 läpi syötetty jauhettu fossiilipolttoaine, kuten kivihiili, ligniitti tai hiili. Näin saatu kuuma kaasutuskaasu poistetaan kaasutuslaitteesta putken 46 kautta. Polttoaineen kaasutuksen jäännöstuhka poistetaan kaasutuslaitteesta 40 tuhkanpoistimen 48 kautta.

Huippukaasu, joka poistuu uunista 10 poistoputken 26 kautta, jäähdytetään ja pestään pölyttömäksi jäähdytys-pesurissa 50, minkä jälkeen se virtaa putkeen 51. Osa jäähdytetystä huippukaasusta päästetään systeemistä purkuputken 52 kautta ja käytetään polttoaineena, jolla valmistetaan höyryä myöhemmin kuvatulla tavalla. Toinen osa jäähdytetystä huippukaasusta poistetaan putken 54 kautta ja käytetään polttimen polttoaineena. Kolmas osa jäähdytetystä huippukaasusta puristetaan kaasukompressorissa 56 ja johdetaan sen jälkeen tavanomaiseen regenrointityyppiseen hiilidioksidin poistoyksikköön 58 putken 60 kautta. Hiilidioksidin poistoyksikössä huippukaasusta poistetaan suurin osa hiilidioksidista, jolloin saadaan runsasreduktanttista kaasua, joka poistuu yksiköstä 58 putken 64 kautta. Osa runsasreduktanttisesta kaasusta syötetään temperointiputkeen 66, joka säättää putkessa 46 olevan kuuman kaasutuskaasun lämpötilan tuhkan jähmettymispisteen alapuolella olevaan lämpötilaan. Tämä temperointikaasu voitaisiin vaihtoehtoisesti johtaa kaasutuslaitteen

40 kaasunpoisto-osaan, jossa sillä ei olisi mitään merkittävää haitallista vaikutusta kaasutuslämpötilaan.

Putken 46 kuuma kaasutuskaasu johdetaan kaasun syöttöputken 68 kautta kaasun rikinpoistimeen 70 sen jälkeen, kun se on sekoitettu putken 66 temperointikaasun kanssa, joka sitä myös hieman jäähdyttää. Rikinpoistin 70 on tulenkestävästi vuorattu, kuilutyypinen vastavirtauuni, joka panostetaan syöttämällä sen yläosaan hiukkasmaista kalkkikiveä syöttösuppilon 72 ja syöttöputken 74 kautta. Kaasun syöttöputkesta 68 tuleva temperoitu kuuma kaasutuskaasu johdetaan rikinpoistimeen kaasun syöttöporttien 76 kautta, jotka on sijoitettu tulenkestävään seinämään reaktorin keskiosaan. Tämä kaasu virtaa sisäänpäin panoksen läpi ja sen jälkeen ylöspäin laskeutuvaan panokseen nähden vastavirtaan. Kuuma kaasu, josta rikki on poistettu, poistuu panoksesta panostustasolla 78 ja sen jälkeen poistoputken 80 läpi. Hiukkasmaisen reagoiut kalkki, joka sisältää rikkiä, ja kaikki reagoimatta jäänyt kalkki poistetaan rikinpoistimesta kuljettimen 84 avulla poistoputken 82 kautta. Se, että kuljetin 84 poistaa reagoineen hiukkasmaisen materiaalin putken 82 kautta, saa panoksen virtaamaan painovoiman vaikutuksesta ja säättää panoksen laskeutumisenopeutta rikinpoistimen 70 läpi. Pieni osa yksiköstä 58 tulevaa voimakkaasti pelkistynyttä kaasua johdetaan jäähdytyskaasuna putken 86 kautta rikinpoistimen 70 alaosassa olevaan jäähdytyskaasun jakolaitteeseen 88, jolloin se jäähdyttää panoksen ennen sen poistoa. Tämä jäähdytyskaasu virtaa ylöspäin rikinpoistimen läpi. Kuuma laskeutuva panos esikuumentaa sen ennenkuin kaasu tulee keskiosaan.

Kaasun kuumennuslaitteella 90 kuumennetaan putkesta 99 tuleva voimakkaasti pelkistynyt kaasun lämpötilaan, jossa sitä voidaan käyttää pelkistyskaasuna pelkistysuunissa 10. Kuumennuslaitteeseen kuuluu useita kuumennusputkia 92, joista vain yksi on esitetty, yksi tai useampia polttimia 94 ja kaasun poistohormi 96. Hormista 96 tulevat kuumat poistokaasut käytetään parhaiten lämmönvaihtimessa, ei esitetty, jossa ne esikuumentavat lähteestä 98 tulevan polttimien 94 palamisilman. Polttimen 94 polttoaine on putken 54 kautta tuotu huippukaasu. Kuumennettu voimakkaasti pelkistynyt kaasun poistuu lämmityslaitteesta 90 putken 100 kautta. Se sekoitetaan rikinpoistimesta 70 tulevan kuumen kaasun kanssa, josta rikki on poistettu, ja sen lämpötila säädetään putken 102 kylmällä voimakkaasti pelkistävällä kaasulla niin, että saavutetaan haluttu uunin syöttökaasun lämpötila. Tästä kaasun-

seoksesta tulee kuuma pelkistyskaasu, joka johdetaan kaasunsyöttöputken 21 kautta pelkistysuuniin 10.

Raudan suorassa pelkistyksessä lämpötehokkuudeltaan paras pelkistysuunityyppi on vastavirtatyypinen kuilu-uuni, jossa pelkistävä kaasu ja pelkistettävä kiintoaines virtaavat toisiaan vastaan. Tällaisessa järjestelyssä kuuma pelkistyskaasu ei ainoastaan pelkistä rautaoksidin metalliseksi raudaksi vaan myös kuumentaa tulevan kylmän rautaoksidisyötön pelkistyslämpötilaan.

Vastavirtatyypisellä kuilu-uunilla on myös suurin kemiallinen tehokkuus kaikentyyppisistä pelkistysuuneista edellyttäen, että uuniin syötetty kuuma pelkistyskaasu on riittävän korkealaatuista. Pelkistyskaasun laatu ilmoitetaan yleisesti pelkistimien ($\text{CO} + \text{H}_2$) suhteena oksidantteihin ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) kaasuseoksessa. Kaupallinen käyttökokemus luonnonkaasuun perustuvissa yksiköissä on osoittanut, että kuuman pelkistyskaasun laadun tulisi olla vähintään noin 8, jotta voitaisiin täysin käyttää hyödyksi vastavirtatyypisen kuilu-pelkistysuunin kemiallinen tehokkuus.

Kun kaasutetaan jauhettuja kiinteitä fossiilipolttoaineita, kuten kivihiiltä tai ligniittiä, osittain hapettavassa kaasutuslaitteessa, kuten kaasutuslaitteessa 40, joka tuottaa kuumaa, pääasiassa CO , H_2 , CO_2 ja H_2O sisältävää kaasutuskaasua, korkealaatuisin kuuma kaastutuskaasu, jota nykyään on käytännössä kaupallisesti mahdollista valmistaa, on laadultaan välillä noin 3 - 4. Tällä hetkellä on kuitenkin rakenteilla prosessien kehittämiseen ja käsittelyyn tarkoitettuja kivihiilen kaasutuslaitteita, joiden tavoitteena on tuottaa kehittyneemmän kaasutusteknologia turvin parempilaatuista kuumaa kaasua, jonka laatu on vähintään noin 6. Oheinen keksintö tuo esiin menetelmän, jolla tehokkaasti voidaan käyttää hyödyksi tällainen parempilaatuinen kuuma kaasutuskaasu jäähdyttämättä kaasua alle lämpötilan, jossa se syötetään pelkistysuuniin.

Seuraava oheisen keksinnön toimintakuvaus perustuu siihen, että tyypillistä U.S.A:n länsiosan ruskohiiltä kaasutetaan hapella, H_2O :lla ja jauhetulla kivihielellä entrained-bed-tyyppisessä kaasutuslaitteessa, joka tuottaa kuumaa kaasua, joka sisältää pääasiassa CO , H_2 , CO_2 ja H_2O . Kaastutuslämpötila tällaisessa kaasutuslaitteessa on yleensä noin 1400°C . Tässä lämpötilassa kivihiehituh-

kasta tulee nestemäistä, sammutetaan vedellä ja poistetaan kuonana kaasutuslaitteen alaosasta.

Seuraavassa on esitetty esimerkki oheisesta keksinnöstä piirustukseen viitaten. Kuumaa pelkistyskaasua, jonka laatu on 10 ja joka on tyypillisessä suositellussa lämpötilassa 815°C , johdetaan pelkistysuuniin 10 kaasun syöttöputken 21 kautta. Kuuma kaasu jakaantuu uunin panokseen ja virtaa sen jälkeen ylöspäin vasten laskeutuvaa rautaoksidipanosta. Kaasun CO ja H_2 reagoivat rautaoksidin kanssa muodostaen hiilidioksidia ja vettä ja metallista rautaa yleisesti tunnettujen pelkistysreaktioiden kautta. Rautaoksidin pelkistämiseen metalliseksi raudaksi liittyvä kemiallinen termodynamiikka on sellainen, että vain osa alussa olevista reductanteista (CO plus H_2) voi reagoida ennenkuin muodostuvat hapettimet (CO_2 ja H_2O) pysäyttävät pelkistysreaktiot. Tämä termodynaaminen tilanne johtaa siihen, että uunista poistoputken 26 kautta poistuvan käytetyn pelkistyskaasun laatu on 1,5. Kaasun jäähdytys-pesurissa 50 tiivistyy paljon vesihöyryä. Se poistetaan kaasusta, jolloin saadaan jäähdytettyä huippukaasua, jonka laatu on 2,0. Tämänlaatuinen kaasu sopii hyvin polttamisen polttoaineeksi, mutta se on oleellisesti neutraalia kaasua, jolla ei ole raudan suoraan pelkistämiseen kelpaavaa pelkistystehoa.

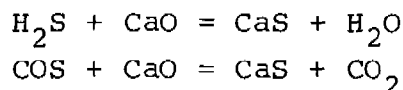
Pieni osa 2,0 laatuoisesta huippukaasusta käytetään polttoaineena kaasun kuumennuslaitteen 90 polttimessa 94. Jonkin verran suurempi, mutta kuitenkin yhä pieni osa huippukaasusta puretaan systeemistä purkuputken 52 kautta. Tätä poistettua kaasua käytetään boilerin (ei esitetty) kuumentamisen polttoaineena hiilidioksidin poistoyksikön 58 käyttämiseen tarvittavan höyryn kehittämiseksi. Suurin osa huippukaasusta kierrätetään hiilidioksidin poistoyksikön 58 kautta, jossa suurin osa hiilidioksidista poistetaan, jolloin saadaan runsasreduktanttista kaasua, joka poistuu hiilidioksidin poistoyksiköstä putken 64 kautta. Tämä ~~erittäin~~ ^{erittäin} pelkistetty kaasu, laatu on erittäin korkea, nimittäin 23, käytetään prosessissa hyödyksi neljällä tavalla.

Kivihiilen kaasutuslaitteesta putkesta 46 poistuvan kuumen kaasutuskaasun lämpötila on 1370°C ja sen laatuluku on 6,5. Kaasu sisältää kivihiilen rikistä muodostunutta H_2S ja COS, jonkin verran reagoimaton kivihiilitervaa ja jonkin verran nestemäisiä pisaroita tuhkaajamänä. Jotta kuuma kaasutuskaasu voitaisiin siirtää putkissa, sen sisältämät

nestemäiset tuhkapisarat on jähmetettävä. Tämä tapahtuu siten, että kuuman kaasun kanssa sekoitetaan kylmää runsasreduktanttista kaasua virrasta 66, jolloin seoksen lämpötilaksi rikinpoistimen 70 kaasun-syöttöputkessa 68 saadaan 950°C . Säättämällä lämpötila kylmällä voimakkaasti pelkistävällä kaasulla päästään kaasuseokseen, jonka laatuluku kaasun syöttöputkessa 68 on 9,0.

Rikinpoistimeen 70 syötetään hiukkasmaista kalkkikiveä. Hiukkaskoko on parhaiten välillä noin 3 - 20 mm, jotta saataisiin hyvin kaasua läpäisevä panos. Rikinpoistimeen 70 syötetyn kuuman kaasun massavirtausnopeus on erittäin suuri verrattuna rikinpoistimeen syötetyn kylmän kalkkikiven massavirtausnopeuteen. Tämän seurauksena kalkkikivi kuumenee erittäin nopeasti kaasun lämpötilaan ollessaan yhä hieman panostustason 78 alapuolella olevalla korkeudella. Tämä saa kalkkikiven kalsinoitumaan hyvin nopeasti poltetuksi kalkiksi (CaO), joka on oikea kalkkimuoto reagoimaan H_2S :n ja COS :n kanssa ja poistamaan nämä komponentit kaasutuskaasusta. Kalkkikiven asemesta voitaisiin luonnollisesti syöttää poltettua kalkkia, mutta tämä ei olisi taloudellista.

Kuuman kaasutuskaasun lämpötila säädetään 950°C :een kylmän voimakkaasti pelkistävän kaasun avulla ennenkuin se johdetaan rikinpoistimeen 70, millä edistetään H_2S :n ja COS :n yleisesti tunnettuja reaktioita kalkin kanssa:



Kuuman kaasun hapettimien (CO_2 plus H_2O) pitoisuuden alentaminen temperoimalla korkealaatuisella voimakkaasti pelkistävällä kaasulla myös edistää H_2S :n ja COS :n poistamista. Käytetyn kivihiilen kuuman kaasutuskaasun rikkipitoisuus on noin 3900 miljoonastilavuusosaa (ppmv) H_2S :n ja COS :n summana. 950°C :n reaktiolämpötilassa ja temperoinnin jälkeisellä pienemmällä CO_2 plus H_2O :n pitoisuudella rikinpoistimesta poistuvan kaasun rikkipitoisuus on noin 120 ppmv. Tämä rikkimäärä on pienempi kuin suurin arvo, joka voidaan sallia raudan suorassa pelkistyksessä, ja sitä pienennetään edelleen sekoittamalla putkesta 100 tai 102 tulevan rikittömän kuuman tai kylmän runsasreduktanttisen kaasun kanssa. Kalkkikiven tarvittu määrä riippuu kivihiilen rikkipitoisuudesta. Rikin ja kalkin välisestä reaktiosta rikinpoistimessa muodostuneen CO_2 plus H_2O :n määrä on vain pieni osa koko kaasun tilavuudesta ja sillä on vain vähäinen vaikutus kaasun,

joka poistuu rikinpoistimesta, poistoputkessa 80, laatuun. Myös sillä hiilidioksidilla, joka vapautuu rikinpoistimessa kalkkikiven kalsinoituessa poltetuksi kalkiksi, on vain vähäinen vaikutus kaasun laatuun. Molemmat nämä CO_2 plus H_2O :n pienet lisämäärät on sisällytetty jäljempänä esitettyihin taulukoihin.

Reaktiovyöhykkeestä poistuva kuuma panos jäähdytetään rikinpoistimessa 70 ennen purkamistaan syöttämällä jäähdytyskaasun jakolaitteeseen 88 putkesta 86 suhteellisen pieni virtaus runsasreduktanttista kaasua. Tämä korkealaatuinen jäähdytyskaasu virtaa ylöspäin, ja porteista 76 tuleva kaasu pakottaa sen kohti reaktiovyöhykkeen keskiosaa sen jälkeen, kun kuuma laskeutuva panos on esikuumentanut sen jäähdytysvyöhykkeessä.

Osa voimakkaasti pelkistyvästä kaasusta, joka poistuu hiilidioksidin poistoyksiköstä 58 putken 64 kautta, johdetaan putken 99 kautta kaasun kuumennuslaitteeseen 90. Tässä kuumennuslaitteessa, johon sisältyy joukko lämmönkestäviä, lejeeringistä tehtyjä kuumennusputkia 92, kaasu kuumennetaan noin 815°C :een, joka on suositeltu käyttölämpötila useimman tyyppisten rautaoksidisyöttöjen suorassa pelkistyksessä. Tämä lämpötila voi olla välillä 760 ja 900°C poikkeamatta oheisesta keksinnöstä.

Kaasunpoistoputken 80 kautta rikinpoistimesta 70 poistuvan kaasun lämpötila on esimerkissä 915°C , sen jälkeen kun se on kuumentanut tulevan kylmän kalkkikiven ja kalsinoinut kalkkikiven poltetuksi kalkiksi. Tämä 915°C -asteinen kaasu jäähdytetään noin 815°C :een johtamalla siihen ja sekoittamalla sen kanssa suhteellisen pieni virtaus voimakkaasti pelkistyvää temperointikaasua putkesta 102. Putkesta 102 tulevan voimakkaasti pelkistyvän temperointikaasun lisääminen voidaan luonnollisesti jättää pois yksinkertaisesti kuumentamalla voimakkaasti pelkistynyt kaasu kuumennuslaitteessa 90 alle 815°C lämpötilaan, jotta pelkistyskaasuseoksen lämpötilaksi saataisiin noin 815°C pelkistyskaasun syöttökohdassa 21. Temperointikaasun lisääminen putken 102 kautta tekee yksinkertaisesti helpommaksi säätää pelkistyskaasun syöttökohtaan 21 johdetun kuuman pelkistyskaasun lämpötilaa.

Seuraavissa taulukoissa on annettu täydellinen prosessianalyysi keksinnön mukaisesta menetelmästä piirustukseen viitaten. Näitä arvoja on pidettävä ainoastaan kuvaavina eikä millään tavoin rajoitta-

vina. Kaikkien taulukoiden pohjana on yksi metrijärjestelmän tonni suorapelkistettyä rautatuotetta, jonka metallisuusaste on 92 % ja hiilipitoisuus 1,5 %. Nämä ovat laajalti hyväksytyjä kaupallisia standardeja suorapelkistetylle raudalle, joka on valmistettu luonnonkaasupohjaisissa suorapelkistysyksiköissä.

Taulukossa I on esitetty kaasun virtausmäärät ja kaasun laatu (pelkistimen suhde hapettimiin) piirustuksessa esitetyissä kohdissa.

Taulukko I

<u>Nimike</u>	<u>Kaasuvirrat</u>		
	<u>Juoksukaa- vion numero</u>	<u>Virtaus *nm³</u>	<u>Kaasun laatu</u>
Kaasutuskaasu	46	931	6,5
Temperointikaasu	66	532	23,0
Kaasuseos rikinpoisti- meen	68	1463	9,0
Rikinpoistimesta pois- tuva kaasu	80	1511	8,5
Temperointikaasu	102	220	23,0
Kuumennuskaasu	100	238	23,0
Pelkistyskaasu	21	1969	10,0
Käytetty pelkistyskaasu	26	1957	1,5
Jäähdytetty huippukaasu	51	1782	2,0
Purettu huippukaasu	52	48	2,0
Polttoaine-huippukaasu	54	269	2,0
Voimakkaasti pelkistävä kaasu	64	1031	23,0
Rikinpoistimen jäähdytys- kaasu	86	41	23,0

* normaali kuutiometrejä

Huomio: Käytetyn kaasun virtaus poistokohdassa 26 on pienempi kuin pelkistyskaasun virtaus syöttökohdassa 21, koska suorapelkistettyyn rautaan tulee 1,5 % hiiltä reaktiosta pelkistyskaasun CO:n kanssa.

Taulukossa II on esitetty kivihiilen kaasutuslaitteen 40 syöttötarpeet.

Taulukko II

Kivihiilen kaasutuslaite

Kuiva kivihiili (kg)	488
H ₂ O (kg)	93
Happi (nm ³ 98 % O ₂)	235

Taulukossa III on esitetty rikinpoistimen 70 syöttötarpeet ja ulostulot.

Taulukko III

Rikinpoistin

(kaikki yksiköt kg:na)

Kalkkikivi, sisään	32,6
CaO, ulos	9,1
CaS, ulos	11,7

Taulukossa IV on esitetty keksinnön mukaisen prosessin energiatarpeet.

Taulukko IV

Energia

Kaasutuslaitteen kivihiili	3,1 Gcal.
Happiyksikön kivihiili	0,4 Gcal*

* noin 140 kWh 30 %:n konversioteholla

Taulukossa V on esitetty kaasun lämpötilat prosessissa esitetyissä kohdissa.

Taulukko V

Kaasun lämpötilat

<u>Nimike</u>	<u>Juoksukaavion numero</u>	<u>Lämpötila, °C</u>
Kaasutuskaasu	46	1370
Rikinpoistimeen	68	950
Rikinpoistimesta	80	915
Pelkistyskaasu	21	815
Kaasun kuumennuslaitteen hormikaasu	96	925
Kaasun kuumennuslaitteen poltinilma	98	450

Taulukossa VI on esitetty kaasuanalyysit prosessissa esitetyissä kohdissa.

Taulukko VI

Kaasuanalyysi

<u>Nimike</u>	<u>Virtaus- kaavion numero</u>	<u>%CO</u>	<u>%CO₂</u>	<u>%H₂</u>	<u>%H₂O</u>	<u>%CH₄</u>	<u>%N₂</u>	<u>ppmv (H₂S+CO₂)</u>
Kaasutuskaasu	46	55,5	5,5	30,0	7,7	0,1	0,9	3900
Rikinpoistimeen	68	53,5	4,2	34,4	5,6	0,2	1,9	2500
Rikinpoistimesta	80	52,4	5,3	35,1	5,1	0,2	1,9	120
Pelkistyskaasu	21	51,8	4,5	36,8	4,3	0,2	2,3	90
Käytetty pelkis- tyskaasu	26	32,0	24,1	27,0	14,4	0,2	2,3	0
Huippukaasu	51	35,1	26,5	29,6	6,0	0,2	2,6	0
Voimakkaasti pel- kistävä kaasu	64	49,9	2,0	42,1	2,0	0,3	3,6	0

Kaasutuskaasun virtaus putkessa 46 on esimerkissä 931 nm³ per metrinen tonni suorapelkistettyä rautatuotetta. Tämä kaasu sisältää 85,5 % CO plus H₂ pelkistimiä eli 796 nm³ näitä pelkistimiä. Kuumen pelkistyskaasun virtaus syöttöputkessa 21 on 1969 nm³, josta 88,6 % eli 1744 nm³ on CO plus H₂ pelkistimiä. Kaasutuslaite 40 tuottaa siten vain 46 % siitä CO plus H₂:sta, joka tarvitaan suorapelkistykseen uunissa 10. Loput 54 % pelkistyskaasun tarpeesta saadaan suora-
pelkistysuunin käytetystä kiertokaasusta.

Vaikkakin vastavirtatyypinen akselirikinpoistin on kuvattu kaasun rikinpoiston suhteen, tämän kaasun rikinpoisto voidaan luonnollisesti suorittaa jossakin muussa prosessilaitteessa kuin kuilu-rikinpoistimessa, esimerkiksi kalkkihiukkasten muodostamassa vetykerroksessa, poikkeamatta oheisen keksinnön perusajatuksista. Kalkin vaihtoehtona voidaan lisäksi rikinpoistoaineena käyttää mitä tahansa muuta sopivaa rikkiakseptoria, kuten magnaanioksidia.

Edellä olevasta voidaan helposti havaita, että olemme tuoneet esiin energiatehokkaan, termisesti tehokkaan, hyödyllisen ja käytännöllisen prosessin, jolla rauta voidaan suorapelkistää käyttämällä suorassa pelkistyksessä hyödyksi kivihiilen kaasutuskaasua pelkistyslähteenä.

Patenttivaatimukset

1. Rautaoksidin pelkistysmenetelmä suorapelkistysuunissa, jossa uuniin johdetaan kuumaa pelkistyskaasua, jonka laatu on vähintään noin 8 ja lämpötila noin 760 - noin 900°C, pelkistyskaasun sisältämän rautaoksidin pelkistämiseksi metalliseksi rautatuotteeksi ja hiilidioksidia sisältävän käytetyn pelkistyskaasun muodostamiseksi, josta poistetaan huomattava osa hiilidioksidista pelkistävän kaasun muodostamiseksi, kaasutetaan fossiilipolttoainetta edullisesti kivihiiltä, ligniittiä tai hiiltä kuuman generaattorikaasun tuottamiseksi, temperoidaan kuuma generaattorikaasu voimakkaasti pelkistävän kaasun ensimmäisellä kaasuvirralla, t u n n e t t u siitä, että saatetaan temperoitu kaasuseos reagoimaan rikkiakseptorin kanssa sinänsä tunnetulla tavalla rikin poistamiseksi kaasusta, kuumennetaan voimakkaasti pelkistävän kaasun toista kaasuvirtaa, joka sekoitetaan kuumaan rikittömään kaasuun niin, että mainittuun uuniin johtamista varten muodostuu pelkistyskaasua.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että osa CO₂ sisältävästä käytetystä pelkistyskaasusta käytetään polttoaineena voimakkaasti pelkistävän kaasun toisen virran kuumentamiseen.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että rikittömän kaasun kanssa sekoitetaan kuumentamattoman voimakkaasti pelkistävän kaasun kolmas virta pelkistyskaasun lämpötilan säätämiseksi.

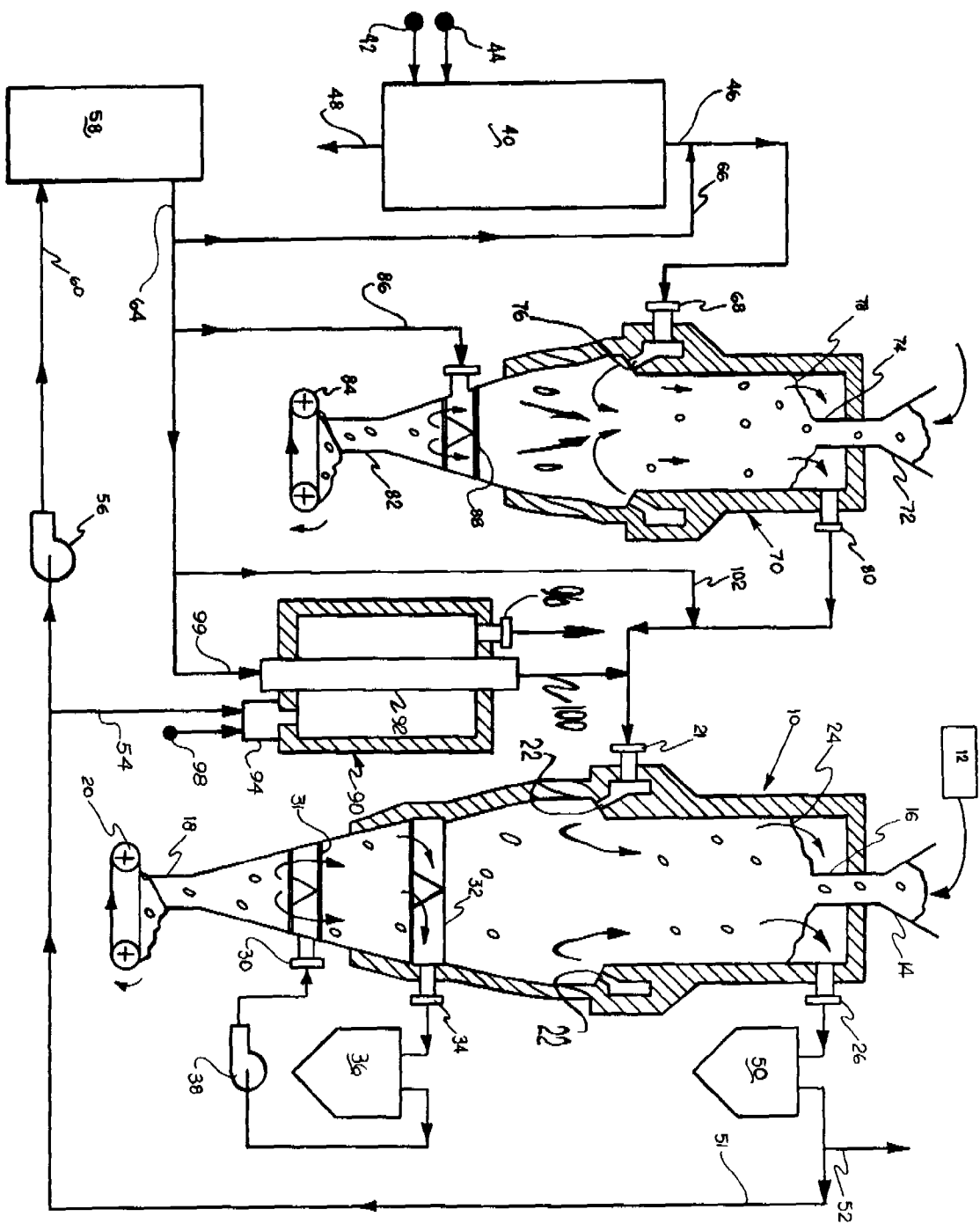
Patentkrav

1. Reduktionsförfarande för järnoxid i en direktreduktionsugn, i vilket het reduktionsgas med en kvalitet ^{minst ca} ~~av 78~~ och temperatur av ca 760 - ca 900°C matas in i ugnen, för reduktion av reduktionsgasens innehåll av järnoxid till en metallisk järnprodukt och för bildning av en koldioxid innehållande använd reduktionsgas, ur vilken en betydande del av koldioxiden avlägsnas för bildning av en ^{reducerande} ~~reducerade~~ gas, ett fossilbränsle, företrädesvis stenkol, lignit eller kol förgasas för framställning av en het generatorgas, den heta generatorgasen tempereras med en första gasström av den kraftigt reducerande gasen, k ä n n e t e c k n a t därav, att den tempererade gasblandningen omsätts med en svavelacceptor på i och för sig känt sätt för avlägsning av svavel från gasen,
 - den andra gasströmmen av den kraftigt reducerande gasen uppvärms, och
 - som blandas med den heta svavelfria gasen så, att en reduktionsgas för inmatning i nämnda ugn bildas.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att en del av den CO₂ innehållande använda reduktionsgasen används som bränsle för uppvärmning av den andra strömmen av den kraftigt reducerande gasen.

3. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att med den svavelfria gasen blandas en tredje ström av den oupphettade kraftigt reducerande gasen för reglering av reduktionsgasens temperatur.

PS



792271

Viitejulkaisuja - Anförda publikationer

Julkisia suomalaisia patenttihakemuksia: - Offentliga finska patentansökningar

Hakemus-, kuulutus- ja patenttijulkaisuja: - Ansökningspublikationer,
utläggnings- och patentskrifter:

FI

CH

DE

DK

FR

GB

NO

SE

US

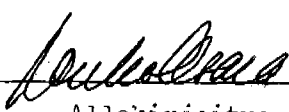
3.853.538 (C 21.5¹³/60)
 3.954.444 (C 21.15⁵/06)
 4.640.816 (C 21.15¹³/00)

Merkitse hakemusjulkaisun (esim. saksal. Offenlegungsschrift) numeron
 eteen H ja vastaavasti kuulutus- ja patenttijulkaisun numeron eteen K ja P.

EP

WO

Muita julkaisuja: - Andra publikationer:


Allekirjoitus