(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2004-509231
(P2004-509231A)
(43)公表日　平成16年3月25日(2004.3.25)

| (51)Int.Cl.[7] | F I | | テーマコード（参考） |
|---|---|---|---|
| C21B 11/08 | C21B 11/08 | | 4K045 |
| F27B 3/18 | F27B 3/18 | | 4K055 |
| F27B 3/22 | F27B 3/22 | | |
| F27D 3/16 | F27D 3/16 | Z | |
| F27D 3/18 | F27D 3/18 | | |

審査請求 未請求　予備審査請求 有　（全 42 頁）

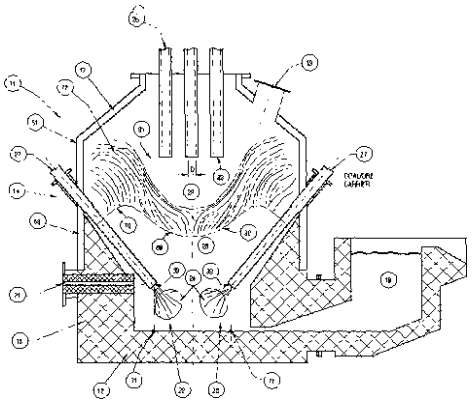
(21)出願番号　特願2002-529555(P2002-529555)
(86)(22)出願日　平成13年9月13日(2001.9.13)
(85)翻訳文提出日　平成15年3月18日(2003.3.18)
(86)国際出願番号　PCT/AU2001/001149
(87)国際公開番号　WO2002/024963
(87)国際公開日　平成14年3月28日(2002.3.28)
(31)優先権主張番号　PR 0231
(32)優先日　平成12年9月19日(2000.9.19)
(33)優先権主張国　オーストラリア(AU)

(71)出願人　500134311
テクノロジカル　リソーシズ　プロプライエタリー　リミテッド
オーストラリア国３０００　ビクトリア，メルボルン，コリンズ　ストリート　５５
(74)代理人　100066692
弁理士　浅村　皓
(74)代理人　100072040
弁理士　浅村　肇
(74)代理人　100087217
弁理士　吉田　裕
(74)代理人　100080263
弁理士　岩本　行夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】直接製錬法および装置

(57)【要約】
鉄および／または鉄合金を製造するための直接製錬法が開示されている。本製錬法は、炉床、側壁および天井を有するとともに、少なくとも４ｍの最小炉床内幅寸法を有する冶金容器内で商業規模により操業する。本製錬法は溶湯に基づく製錬法であり、含鉄材料、炭素材料および溶剤を製錬容器に供給すること、および含鉄供給材料を溶湯中で溶融金属に製錬し、浴中でガスを生成することを含む。また、本製錬法は、空気または最大５０％の酸素富化空気である含酸素ガスジェットを３本以上のランスを通じて溶湯静止表面上の空間（最上部空間）へ噴射し、工程で生じるガスを燃焼し、また溶湯からの溶融材料の、最上部空間への上向きの動きを作り出し、もって浴への熱伝達を促進し、容器からの熱損失を極小化することを含む。本製錬法は、容器最上部空間の（噴射された含酸素ガス容量の２～６倍もの）多量のガスを、容器へ噴射された含酸素ガスジェットへ取り込むことで特徴付けられる。



【特許請求の範囲】
【請求項１】
炉床、側壁および天井を有するとともに、少なくとも４ｍの炉床内幅寸法を有する冶金容器で商業規模により操業する、鉄および／または鉄合金を製造するための直接製錬法であり、この方法が以下の段階、すなわち：
（ａ）溶融金属と溶融スラグを含む溶湯を作る段階と、
（ｂ）供給原料である含鉄材料、炭素材料および溶剤を製錬容器に供給する段階と、
（ｃ）含鉄供給材料を溶湯中で溶融金属に製錬し、浴中にガスを生じさせる段階と、
（ｄ）空気または最大５０％の酸素を含む空気である含酸素ガスのジェットを、３本以上のランスを通じて、溶湯の静止表面の上の空間、すなわち、最上部空間、に噴射し、工程で生じるガスを燃焼させる段階と、
（ｅ）溶湯から最上部空間への溶融材料の上方への動きを作り出し、浴への熱伝達を促進して容器からの熱損失を極小化する段階とを含み、
噴射されるガスの２～６倍容積である、前記最上部空間容積のガスを、容器内に噴射される含酸素ガスジェットに取り込むことによって特徴づけられる直接製錬法。
【請求項２】
内径０．８ｍ以下の出口端を有するランスを使用して、少なくとも１５０ｍ／秒の速度で含酸素ガスを前記ランスを通じて噴射することにより、噴射されたガス容積の２～６倍容積の最上部空間ガスを取り込むことを含む請求項１に記載された直接製錬法。
【請求項３】
前記ランスを通じて含酸素ガスを少なくとも２００ｍ／秒の速度で噴射することを含む請求項２に記載された直接製錬法。
【請求項４】
ランス出口端が、溶湯静止表面の上方７ｍ未満にあるようにランスを配置することを含む請求項２または請求項３に記載された直接製錬法。
【請求項５】
含酸素ガスを、温度８００～１４００℃に予熱することを含む請求項１から請求項４までのいずれか１項に記載された直接製錬法。
【請求項６】
含酸素ガスを渦巻き状態で容器内に噴射することを含む請求項１から請求項５までのいずれか１項に記載された直接製錬法。
【請求項７】
前記段階（ｂ）において、下向きに伸長する３本以上の固体噴射ランスを通じて溶湯中に供給材料を噴射することによって供給材料を供給し、もってガス流を作り出し、該ガス流が、
（ｉｉｉ）膨張溶湯帯域を作り、
（ｉｖ）該膨張溶湯帯域から上方に投げ出された溶融材料の飛沫、液滴および流れをもたらすことを含む請求項１から請求項６までのいずれか１項に記載された直接製錬法。
【請求項８】
方法を実行するために必要な固体材料の全重量のうち少なくとも８０重量％を固体噴射ランスを通じて噴射することを含む請求項７に記載された直接製錬法。
【請求項９】
固体噴射ランスを通じて少なくとも４０ｍ／秒の速度で供給材料を溶湯中に噴射することを含む請求項７または請求項８に記載された直接製錬法。
【請求項１０】
固体噴射ランスを通じて８０～１００ｍ／秒の速度で供給材料を溶湯中に噴射することを含む請求項９に記載された直接製錬法。
【請求項１１】
固体噴射ランスを通じて、２．０ｔ／$m^2$／秒（ここで$m^2$は、供給ランス管の横断面積を意味する）の流速で供給材料を溶湯中に噴射することを含む請求項７から請求項１０ま

でのいずれか１項に記載された直接製錬法。
【請求項１２】
固体噴射ランスを通じて、「固体／ガス」比：１０～１８ｋｇ／Ｎｍ$^3$で溶湯中に供給材料を噴射することを含む請求項７から請求項１１までのいずれか１項に記載された直接製錬法。
【請求項１３】
溶湯中に生じるガス流が少なくとも０．３５Ｎｍ$^3$／秒／ｍ$^2$（ここで、ｍ$^2$は炉床の最小幅位置における水平断面積を意味する）である請求項７から請求項１２までのいずれか１項に記載された直接製錬法。
【請求項１４】
（ａ）炉床、側壁および天井を有し、かつ、金属に富む帯域と該金属に富む帯域の上方の膨張溶湯帯域とを含む鉄およびスラグから成る溶湯を収容するために、少なくとも４ｍの炉床内幅寸法を有する、傾斜できない固定冶金容器と、（ｂ）空気または最大５０％の酸素富化空気である含酸素ガスのジェットを溶湯の上の容器内領域へ噴射するための、下向きに容器内に伸長する３本以上のランスと、（ｃ）供給材料である含鉄材料および／または炭素材料および搬送ガスを溶湯中に供給するための手段と、（ｄ）容器から溶融金属とスラグを排出するための手段とを含む、直接製錬法により鉄および／または鉄合金を製造するための装置。
【請求項１５】
前記含酸素ガス噴射ランスの各々が内径０．８ｍ以下の出口端を有し、少なくとも該内径と等しい距離だけ容器内に突出するとともに、少なくとも１５０ｍ／秒の速度で含酸素ガスを噴射することのできる請求項１４に記載された直接製錬法により鉄および／または鉄合金を製造するための装置。
【請求項１６】
前記含酸素ガス噴射ランスの各々が、噴射するガスに渦巻き運動を与える請求項１４または請求項１５に記載された直接製錬法により鉄および／または鉄合金を製造するための装置。
【請求項１７】
使用中の各含酸素ガス噴射ランスの出口端が容器内溶湯の静止表面の上位７ｍ以下にあることを含む請求項１５または請求項１６に記載された直接製錬法により鉄および／または鉄合金を製造するための装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
本発明は、鉄鉱石を包含する含鉄材料、鉄を含むその他の鉱石（例：クロマイト）、部分還元鉱石、および含鉄廃棄物（例：回収鋼材）から、鉄および／または鉄合金を製造するための方法と装置に関するものである。
【０００２】
具体的に言えば、本発明は、溶融鉄および／または溶融鉄合金を製造するための、溶融金属浴を用いた直接製錬法と装置に関するものである。
【０００３】
溶融鉄製造のための、溶湯を用いた一つの公知直接製錬法は、ＤＩＯＳ法である。ＤＩＯＳ法は、予備還元段階と製錬還元段階とを含む。ＤＩＯＳ法では、鉱石（８ｍｍ未満）が、製錬還元容器（鉄とスラグから成る溶湯を収容し、スラグが鉄の上に厚い層を作る）からの離脱ガスを用いた沸騰流動床で予熱され（７５０℃）、予備還元（１０～３０％）される。鉱石の微粒成分（０．３ｍｍ未満）と粗粒成分（８ｍｍ未満）が、工程の予備還元段階において分離され、０．３ｍｍ未満の成分はサイクロンで捕集されて窒素と共に製錬還元容器に噴射され、一方で、粗粒鉱石は重力落下で装入される。予め乾燥された石炭が、頂部から、直接、製錬還元炉に装入される。石炭はスラグ層中で炭と揮発成分に分解し、鉱石は溶融スラグに溶解してＦｅＯを形成する。ＦｅＯは、スラグ／鉄界面およびスラグ／炭界面で還元されて鉄になる。鉄／スラグ界面およびスラグ／炭界面で生じる一酸化

炭素が泡立ちスラグを作る。特別設計のランスを通じて酸素が噴射され、泡立ちスラグ内に酸素を導入して二次燃焼を改善する。酸素噴射は、製錬還元反応で生じる一酸化炭素を燃焼させ、それによって生じた熱が、先ず溶融スラグに伝えられ、次いで底吹きガスの強い撹拌効果でスラグ／鉄界面へ伝えられる。製錬還元容器の底部または側壁から高温の鉄浴に導入される撹拌ガスは伝熱効率を向上させ、還元のためのスラグ／鉄境界面を増加させ、もって容器の生産性と熱効率を高める。しかしながら、激しい撹拌は、酸素ジェットとスラグ中の鉄液滴との間の相互作用を増大させて二次燃焼を低下させ、その結果、生産性の低下と耐火材の消耗増加を伴うので、噴射速度は限定的でなければならない。スラグと鉄は定期的にタップ孔から排出される。

【０００４】

溶融鉄製造のための別の公知直接製錬法はＲｏｍｅｌｔ法である。Ｒｏｍｅｌｔ法は、製錬還元容器中で含鉄供給材料を鉄に製錬し、またガス状反応生成物を後燃焼させ含鉄供給材料の製錬継続に必要な熱を伝達する媒体として、大量の、強く撹拌されたスラグを用いることを基礎とする。含鉄供給材料、石炭、および溶剤が、容器天井の開口部を通してスラグ浴中に重力落下で供給される。Ｒｏｍｅｌｔ法は、必要なスラグの撹拌を引き起こすために、下段列羽口を通じて酸素富化空気からなる一次衝風をスラグ中に噴射する段階と、後燃焼を促進させるために、上段列羽口を通じて酸素富化空気または酸素をスラグ中に噴射する段階とを含む。スラグ中で生じた溶融鉄は下方に移動して鉄層を形成し、前炉を経て排出される。Ｒｏｍｅｌｔ法における鉄層は、重要な反応媒体ではない。

【０００５】

溶融鉄の製造のための、溶湯を用いた別の公知直接製錬法がＡＩＳＩ法である。ＡＩＳＩ法は、予備還元段階と製錬還元段階とを含む。ＡＩＳＩ法では、予熱され部分的に予備還元された鉄鉱石ペレット、石炭または紛コークス、および溶剤が、炉頂から鉄とスラグの溶湯を保有する加圧製錬容器内に装入される。石炭はスラグ層中で揮発分を失い、鉄鉱石ペレットはスラグ層に溶解してスラグ中の炭素（炭）によって還元される。操業状態はスラグの泡立ちに現れる。工程で生じる一酸化炭素と水素はスラグ層中またはスラグ層直上で後燃焼し、吸熱還元反応に要する熱を供給する。中央に位置する水冷ランスを通じて炉頂から酸素が噴射され、また、十分な撹拌を確保して後燃焼エネルギーの浴への伝達を促進させるために、反応装置の底部羽口を通じて窒素が噴射される。工程の離脱ガスは、鉱石ペレットの余熱とＦｅＯまたはウスタイトへの予備還元のために縦型炉に供給される前に高温サイクロンで除塵される。

【０００６】

反応媒体を溶融鉄層に依存し、一般にＨｉｓｍｅｌｔ法と称される別の直接製錬法が、本件出願人による国際出願ＰＣＴ／ＡＵ９６／００１９７（ＷＯ　９６／３１６２７）に記載されている。

【０００７】

前記国際出願に記載されているＨｉｓｍｅｌｔ法は、

（ａ）容器内に鉄層とスラグ層からなる浴を形成する段階と、

（ｂ）（ｉ）含鉄供給材料（代表的には鉄酸化物）および（ｉｉ）固体炭素材料（代表的には石炭であり、石炭は、鉄酸化物の還元剤およびエネルギー源として働く）を浴中に吹き込む段階と、

（ｃ）鉄層中で含金属供給材料を金属に製錬する段階とを含む。

【０００８】

また、Ｈｉｓｍｅｌｔ法は、含酸素ガスを浴上の空間へ噴射し、溶湯から放出される反応生成ガス（ＣＯと$Ｈ_2$）を後燃焼させ、それによって生じる熱を、含金属供給材料の製錬に必要な熱エネルギーとして利用するために、浴に伝達することを含む。

【０００９】

さらに、Ｈｉｓｍｅｌｔ法は、浴の静止表面上部空間に遷移帯域を形成することを含む。この遷移帯域には、上下動する好適質量の溶融材料の飛沫、液滴、および流れが存在し、それらが、浴の上での反応ガスの後燃焼によって生じた熱エネルギーを浴に伝達するため

の有効な手段となる。
【００１０】
本件出願人は、商業的な操業に必要な事項に関する研究開発を含む広範な研究開発を直接製錬法について行い、それらの工程について一連の重要な知見を得た。
【００１１】
本発明の核心は反応ガスの後燃焼にある。
【００１２】
反応ガスの十分な後燃焼と、それに続く溶湯への熱伝達のない、直接製錬法による溶湯（特に、予備還元段階のないもの）は、含鉄材料の還元が吸熱性であるため、不経済であり、しかも多くの場合実用性がない。
【００１３】
別の問題は、良好な後燃焼が、溶湯中の溶融金属や炭のような材料の多量の酸化消耗で行われてはならないということである。なぜなら、そのような酸化を補うために過大量の固体炭素質材料を必要とし、工程が不経済になるからである。
【００１４】
さらに、溶湯中の過大量の液状ＦｅＯは、溶融金属の公称静止面領域周囲の耐火材消耗にとって特に有害である。
【００１５】
広い意味で言えば、本発明は、鉄および／または鉄合金を製造するための、炉床、側壁、天井および少なくとも４ｍ（より好ましくは少なくとも６ｍ）の炉床内幅寸法を有する冶金容器内で商業規模により操業する直接製錬法である。
【００１６】
さらに具体的に言うと、本直製錬法は、次の段階、すなわち、
（ａ）溶融金属と溶融スラグを含む溶湯を作る段階と、
（ｂ）供給原料である含鉄材料、炭素材料および溶剤を製錬容器に供給する段階と、
（ｃ）含鉄供給材料を溶湯中で溶融金属に製錬し、浴中にガスを生じさせる段階と、
（ｄ）空気または最大５０％の酸素を含む空気である含酸素ガスのジェットを、３本以上のランスを通じて、溶湯の静止表面の上の空間、すなわち、最上部空間、に噴射し、工程で生じるガスを燃焼させる段階と、
（ｅ）溶湯から最上部空間への溶融材料の上方への動きを作り出し、浴への熱伝達を促進して容器からの熱損失を極小化する段階とを含み、
噴射されるガスの２～６倍容積である、前記最上部空間容積のガスを、容器内に噴射される含酸素ガスジェットに取り込むことを特徴とする。
【００１７】
本発明は、噴射されたガス容積の２～６倍容積の最上部空間ガスを噴射ガスジェットに取り込むことが、浴中の溶融材料を許容できない水準で酸化させることなく、最上部空間のガスの良好な後燃焼と、溶湯に対する良好な熱伝達を可能にするという認識に基づく。
【００１８】
また、本発明は、内径０．８ｍ以下（好ましくは０．６ｍ）の出口端を有するランスを通じて少なくとも１５０ｍ／秒の速度で含酸素ガスを噴射することによって、前記範囲内の最上部空間のガスを、噴射された含酸素ガスに取り込むことが可能であるという認識に基づく。
【００１９】
したがって、好ましくは本製錬法は、０．６ｍ以下の出口端内径を有するランスを通じて少なくとも１５０ｍ／秒の速度で含酸素ガスジェットを噴射することにより特徴づけられる。
【００２０】
好ましくは、前記速度は２００ｍ／秒である。
【００２１】
含酸素ガス噴射ランスの出口端は、溶湯静止表面の上７ｍ以下にあるのが好ましい。

【００２２】
好ましくは、本製錬法は、含酸素ガスを温度８００～１４００℃まで予熱することを含む。
【００２３】
含酸素ガスジェット噴射のために３本以上のランスを用いることは、そうではなく多数のランスの合計断面積と同じ断面積を有するランス１本を用いる場合よりも製錬容器の天井高さを低くできる。これは、より小さな多数のランス端から放射するガスジェットの「表面／容積」比の増大の結果である。ガス取り込みには、自由空間がより少ないことが求められ、したがって冶金容器の高さも低いものが求められる。結果として、より小型の、容器からの熱損失の少ない、コスト上有利な直接製錬法となる。
【００２４】
好ましくは、本発明工程が、含酸素ガスを渦巻き状態で容器内に噴射することを含む。
【００２５】
渦は噴射ガスジェットへの最上部空間ガスの吸引率を高める。このため、渦の利用は、溶湯の上の含酸素ガス噴射ランスの出口端高さを、渦利用のないランスの高さよりも低くすることを可能にする。このように、与えられた内径と数の渦利用ランスを有する冶金容器は、同一内径、同数の渦利用のないランスを有するものよりも高さを低くできる。このことは、容器高さをさらに極小化する上で、したがって、そこを通って熱が容器から失われることとなる表面積をさらに極小化する上で、重要な検討材料である。
【００２６】
さらに、どのような高さの冶金容器についても、渦の利用は含酸素ガス噴射ジェット用ランスの数が渦利用のないランスの数よりも少なくできることを意味する。しかしながら、渦利用ランスの数を減らすことが好ましいとはいえ、その程度に限界がある。具体的には、一定寸法の冶金容器においてランス数が減らされると、ランス内径はかなり増大させなければならない。内径が増大すると、ランス内の渦巻き装置を冷却することがより困難になり、酸素富化予熱空気を用いている場合には、特に、焼失する傾向が高まる結果となる。内径が約０．８ｍよりも大きいランスは必要とされる操業寿命、すなわち最低６ヶ月（好ましくは１２ヶ月）にわたり、そのような渦巻き装置を保持することができそうにないと思われる。渦巻き装置に銅のような高熱伝導性材料を用いることは、予熱空気が銅のような軟質材料を速やかに浸食する小さな研摩性粒子を帯びがちであるとすれば、有望でないように思われる。
【００２７】
好ましくは、渦巻き装置を使用する場合には使用ランスの数が３～６本であり、他方で渦巻き装置を使用しない場合には、好ましくは使用ランスの数が６本以上である。
【００２８】
好ましくは、段階（ｂ）が、下向きに伸長する３本以上の固体噴射ランスを通じて溶湯に噴射することによって供給材料を供給すること、および、それによってガス流を作り、もって（ｉ）膨張溶湯帯域を形成するとともに（ｉｉ）該膨張溶湯帯域から上向きに溶湯の飛沫、液滴および流れを放出することを含む。
【００２９】
供給材料の噴射および、該噴射と溶湯での供給材料の反応から結果として生じるガス流が、膨張溶湯帯域に対する、材料の、かなりの出入り運動を生じさせる。
【００３０】
本発明方法は、冶金容器からの溶融鉄および／または鉄合金の定期的または連続的な排出を含むことが好ましい。
【００３１】
また、好ましくは、本発明方法が、冶金容器からの溶融スラグの定期的または連続的な排出を含む。
【００３２】
含鉄材料は、鉄鉱石、鉄を含む他の鉱石（例：クロマイト）、部分還元鉱石、および含鉄

廃棄物（例：回収鋼材）を含んでよい。含鉄材料（すなわち、鉄が主成分である材料）が好ましいが、本発明は含鉄材料の使用に限定されないことに留意すべきである。

【００３３】

好ましくは、本発明方法が、方法を実行するために必要な固体材料の全重量のうち少なくとも８０重量％を固体噴射ランスから噴射することを含む。

【００３４】

好ましくは、本発明方法が、固体噴射ランスを通じて、少なくとも速度４０ｍ／秒で溶湯中に供給材料を噴射することを含む。

【００３５】

好ましくは、前記速度が８０～１００ｍ／秒の範囲にある。

【００３６】

好ましくは、本発明工程が、固体噴射ランスを通じて、２．０ｔ／$m^2$／秒（ここで$m^2$は、供給ランス管の横断面積を意味する）の流速で溶湯中に供給材料を噴射することを含む。

【００３７】

好ましくは、本発明工程が、固体噴射ランスを通じて、「固体／ガス」比１０～１８ｋｇ／$Nm^3$で溶湯中に供給材料を噴射することを含む。

【００３８】

本発明の文脈において、「製錬」とは、溶融鉄および／または溶融鉄合金を製造するために、供給材料を還元する化学反応が起きる熱的処理を意味する。

【００３９】

本発明の文脈において、「ランス」とは、或る範囲で製錬容器内に突出するガス／材料噴射装置を意味する。

【００４０】

好ましくは、溶湯中に生じるガス流が少なくとも０．３５$Nm^3$／秒／$m^2$（ここで、$m^2$は炉床の最も狭い位置における水平断面積を意味する）である。

【００４１】

好ましくは、溶湯中に生じるガス流が少なくとも０．５$Nm^3$／秒／$m^2$である。

【００４２】

好ましくは、溶湯中に生じるガス流が２$Nm^3$／秒／$m^2$未満である。

【００４３】

溶湯中に生じるガス流は、一部、底壁および／または側壁から溶湯中へのガス噴射の結果として、生じさせてもよい。

【００４４】

溶融材料が、側壁上に「濡れ」層または「乾いた」層を形成してもよい。「濡れ」層は、側壁に付着する固化層、半固体（粥状）層および液状外皮膜を含む。「乾いた」層は、ほぼ全てのスラグが固化したものである。

【００４５】

冶金容器内でのスラグの製造は、含鉄材料、炭素材料、および溶剤の容器への供給速度、および含酸素ガス噴射速度などの操業変数（パラメーター）を変えることによって制御される。

【００４６】

本発明方法が製鉄に用いられる場合には、好ましくは、本発明方法は、溶融鉄中の溶解炭素を少なくとも３重量％になるように制御すること、および、鉄酸化物の水準が６重量％未満（より好ましくは５重量％未満）になるように、スラグを強い還元状態に維持することを含む。

【００４７】

含鉄材料と炭素材料の噴射は、同一ランスまたは別体ランスによって行ってよい。

【００４８】

好ましくは、後燃焼の水準は少なくとも４０％である。ここで、後燃焼は、次の定義によ

る。
【００４９】
【化１】

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

ここで、
［ＣＯ$_2$］＝離脱ガス中のＣＯ$_2$容量％
［Ｈ$_2$Ｏ］＝離脱ガス中のＨ$_2$Ｏ容量％
［ＣＯ］　＝離脱ガス中のＣＯ容量％
［Ｈ$_2$］　＝離脱ガス中のＨ$_2$容量％
【００５０】
広い意味で言えば、本発明は、直接製錬法による鉄および／または鉄合金の製造装置をも提供する。その装置は、炉床、側壁、天井を有するとともに、鉄とスラグの溶湯（金属に富む帯域と、該金属に富む帯域上の膨張溶湯帯域とを含む）を収容するために、少なくとも４ｍ（好ましくは６ｍ）の最小炉床内幅寸法を有する傾斜できない固定容器を含む。
【００５１】
より具体的には、（ａ）炉床は耐火材で造られ、溶融金属と接触する底と側部を有し、（ｂ）側壁が炉床側部から上方に伸長して膨張溶湯帯域およびガス連続空間と接触しており、このガス連続空間と接する場所の側壁は水冷パネルとパネル上の溶融材料層を含む。
【００５２】
より具体的には、該装置はさらに、（ａ）空気または５０％までの酸素富化空気である含酸素ガスジェットを溶湯上方の容器内領域に噴射するために、容器内へ下向きに伸長する３本以上のランス、（ｂ）供給原料である含鉄材料および／または炭素材料ならびに搬送ガスを溶湯中に供給するための手段、および（ｃ）冶金容器から溶融金属と溶融スラグを排出するための手段を含む。
【００５３】
より具体的には、各々の含酸素ガス噴射ランスは内径０．６ｍ以下の出口端を有し、少なくともその内径と等しい距離だけ容器内に突き出すとともに、含酸素ガスを少なくとも１５０ｍ／秒の速度で噴射することができる。
【００５４】
好ましくは、前記速度が少なくとも２００ｍ／秒である。
【００５５】
好ましくは、各々の含酸素ガス噴射ランスは、ガスに渦を付与するための手段を含む。
【００５６】
好ましくは、含酸素ガス噴射領域は冶金容器の中央領域である。
【００５７】
好ましくは、含酸素ガス噴射ランスの出口端が、溶湯静止表面のわずか７ｍ上方にある。
【００５８】
前記ランスの配置と容器中への突き出し長さは、後燃焼による火炎が容器側壁または天井を舐めまわすのを防ぐように選定することが強く望まれる。
【００５９】
好ましくは、供給材料を供給する手段が少なくとも３本の固体噴射ランスを含む。
【００６０】
好ましくは、固体噴射ランスの数、含酸素ガス噴射ランスの数、これらランスの相対的位置と操業条件が、
（ｉ）前記膨張溶湯帯域が、前記冶金容器内の含酸素ガス噴射領域と側壁の間にある含酸素ガス噴射周囲の隆起領域を含み、

（ｉｉ）溶融材料の飛沫、液滴および流れが前記隆起領域より上向きに投げ出されて含酸素ガス噴射領域と側壁の間の含酸素ガス噴射領域の周囲にカーテンを形成するとともに、側壁を濡らし、そして
（ｉｉｉ）前記含酸素ガス噴射ランスの下端の周囲に自由空間が生じ、該自由空間の溶融材料濃度が前記膨張溶湯帯域における溶融材料の濃度よりも低くなる、
ように選定される。

【００６１】
好ましくは、固体噴射ランスが容器側壁内水冷パネルを貫いて下向きかつ内向きに容器の炉床領域まで伸長する。

【００６２】
本発明製錬法および装置の好適例を、添付図を見ながらさらに説明する。添付図は、本発明製錬法および装置の好適例を模式的に示す縦断面図である。

【００６３】
以下の説明は、鉄鉱石を製錬して溶融鉄を製造するという文脈であり、本発明がこの用途に限られるものでなく、あらゆる適切な供給材料の製錬に適用可能である点に留意すべきである。

【００６４】
図示の直接製錬装置は、全体を１１で示す冶金容器を含む。容器１１は、耐火レンガから造られた底１２と側部１３を含む炉床、炉床側部１３から上向きに伸長して全体で円筒状の樽を形成し、水冷パネルからなる上樽部分５１と耐火レンガの内張りを有する水冷パネルからなる下樽部分５３を含む側壁１４、天井１７、離脱ガス出口１８、溶融鉄を連続的に排出するための前炉１９および溶融スラグ排出のためのタップ孔２１を含む。

【００６５】
炉床と上樽部分５１が容器内の円筒領域を構成する。下樽部分５３は、全体として截頭円錐形状の円筒状領域を容器内に画成し、より小さい直径の炉床とより大きい直径の上樽部分５１の間の遷移部分を提供する。商業規模の設備、すなわち少なくとも年間５０万トンの溶融鉄を生産する設備では、炉床直径は少なくとも４ｍ、より好ましくは６ｍである。

【００６６】
本発明は、この容器形状に限定されず、商業規模で溶融鉄を製造するために適切なその他のあらゆる形状、寸法の容器にも及ぶことに留意すべきである。

【００６７】
稼動中、容器は鉄とスラグの溶湯を保有する。

【００６８】
容器には、熱風ジェットを容器中央上部領域９１へ噴射し溶湯から放出される反応ガスを後燃焼するため、下向きに伸長する３本の熱風噴射ランス２６が取り付けられる。ランス２６の出口端３９は、０．６ｍ以下の内径Ｄを有する。商業規模の設備では、出口端３９は溶湯の静止面（示されていない）から少なくとも７ｍ上方にあるように設置される。

【００６９】
用語「静止表面」は、容器へのガスおよび固体の噴射がないときの溶湯の表面を意味する。

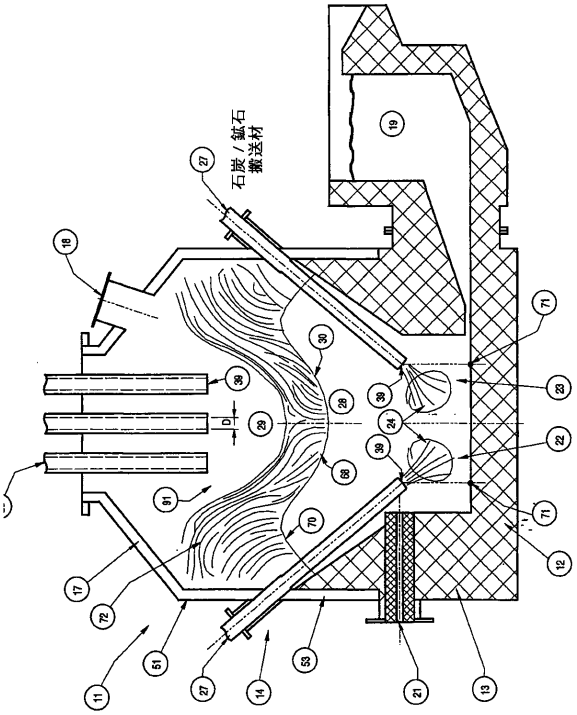
【００７０】
容器にはまた、側壁１４を貫いて下向きかつ内向きに、そして溶湯中に水平に対し２０～７０度の角度で伸長し、原料である鉄鉱石、固体炭素材料および溶剤を酸素を含まない搬送ガスに乗せて溶湯中に噴射するための４本の固体噴射ランス２７（そのうち２本のみが図示されている）が取り付けられる。

【００７１】
ランス２７は、ランス２７の出口端３９が容器中心軸の周囲に等間隔に離隔されるよう配置される。さらに、ランス２７は出口端３９から鉛直下方に引いた線が、炉床直径の３分の２オーダーの直径を有する円上の個所７１において炉床底１２と交わるように配置される。

【００７２】
ランス２７の位置は、酸素ランス２６の位置および容器側壁１４とランス２６との間のランス２６の周囲に少なくとも実質的に溶融材料のカーテン７２を形成する目的との脈絡において選定されること、ならびに容器／ランス２６の異なった配置形状においてこの目的を達成するためには、ランス２７の異なった配置がより適切かもしれないことに留意すべきである。特に、本発明はランス２６が中央に置かれた配置に限定されないことに留意すべきである。
【００７３】
実操業では、鉄鉱石、固体炭素材料（典型的には、石炭）および溶剤（典型的には、石灰とマグネシア）が、搬送ガス（典型的には、$N_2$）に乗せられて、ランス２７を経て、少なくとも４０ｍ／秒、好ましくは８０～１００ｍ／秒の速度で溶湯中に噴射される。固体材料／搬送ガスの勢いが固体材料と搬送ガスを炉床底１２の方に向けて容器中心軸の周囲に位置する領域（符号２４で示される円で囲まれた領域）へ運ぶ。これら領域は、以下の記述において、固体／ガス噴射の高濃度な領域２４と称する。石炭は揮発分を失い、それによりガスを生じる。炭素は一部が金属に溶解し、一部が固体炭素として残る。鉄鉱石は金属に製錬され、製錬反応によって一酸化炭素ガスが生じる。溶湯中に運ばれたガス、および揮発と製錬を経て生じたガスは、溶湯からの溶融材料（金属およびスラグを含む）と固体炭素の大きな浮揚隆起を作り出す。
【００７４】
溶融材料と固体炭素の浮揚隆起は、溶湯内、特に固体／ガス噴射の高濃度な領域２４の直上外側に強い撹拌を引き起こし、その結果、矢印３０で示される表面を有する膨張溶湯帯域２８が生じる。具体的に言うと、膨張溶湯帯域２８の表面は中央領域９１と容器側壁１３の間に環状隆起領域７０を形成する。この撹拌の程度は、膨張溶湯帯域内に溶湯材料の大きな動きがあり、そして帯域内を通し、温度変動が３０℃であるといった適度に均一な温度（典型的には、１４５０～１５５０℃）であるような、溶融材料の強い混合がある程度である。
【００７５】
膨張溶湯帯域２８内の溶融材料の強い混合にもかかわらず、溶融鉄は漸進的に炉床下部へ向かって定着して金属に富む帯域２３を形成し、前炉１９を経て連続的に取り去られる。
【００７６】
膨張溶湯帯域２８と金属に富む帯域２３の間の境界面は、主として固体／ガス噴射の高濃度な領域２４によって決定される。これら領域からの溶融材料の大きな上向きの動きは、ランス２７を経ての供給材料のさらなる連続的供給とすでに溶けた材料の下向きの動きによって埋め合わされる。
【００７７】
加えて、固体／ガス噴射の高濃度な領域２４からの上向きのガス流はいくらかの溶融材料（主としてスラグ）を飛沫、液滴および流れとして膨張溶湯帯域２８の隆起領域７０を越えて投げ出し、上述のカーテン７２を形成する。カーテン７２中の溶融材料は膨張溶湯帯域上方の、側壁１４の上樽部分５１および天井１７に接触する。
【００７８】
広義の観点で言えば、膨張溶湯帯域２８とは、その中にガスによる空隙を持つ液状連続体である。
【００７９】
上述の溶融材料の動きは、膨張溶湯帯域２８の隆起領域７０と溶融材料のカーテン７２を形成する、固体／ガス噴射の高濃度な領域に起源した噴水列と見ることもできる。
【００８０】
実際の操業では前記に加え、温度８００～１４００℃の熱風が少なくとも速度１５０ｍ／秒でランス２６を経て容器中央領域９１へ噴射される。この熱風ジェットは同領域内の、上向きに投げ出された溶融材料の方向を逸らせて、実質的に金属、スラグともに存在しない自由空間２９をランス２６の先端周囲に形成させる。この下向きの熱風ジェットは投げ

出された溶融材料を上述のカーテン７２の形にするのに寄与する。
【００８１】
ランス２６を経て噴射された熱風はランス２６の先端周囲の自由空間および周辺の溶融材料内の反応ガス（一酸化炭素および水素）を後燃焼し、２０００℃以上のオーダーの高温を生む。熱はガス噴射領域内の溶融材料へ伝達され、次に一部が溶融材料経由で金属に富む帯域２３へ伝達される。
【００８２】
自由空間２９は、それが膨張溶湯帯域２８上方空間のガスをランス２６出口端３９周囲の自由空間２９へ流れ込むことを可能にし、このガス流が、ある限りの反応ガスの後燃焼への接触を増すため、高水準の後燃焼達成にとって重要である。
【００８３】
上述の装置および工程操業条件が、熱風の２～６倍もの多量の最上部空間のガスを、噴射された熱風へ取り込むことを可能とする。本出願人は、この範囲の取り込み比率が、良好な後燃焼と溶湯への良好な熱伝達達成を、溶融材料の許容範囲の再酸化のもとで可能にすることを発見した。
【００８４】
カーテン７２もまた、後燃焼の火炎から側壁への放射エネルギーに対し部分的な遮蔽を提供することで重要である。
【００８５】
そのうえ、カーテン７２内の上下動する溶融材料の液滴、飛沫および流れは後燃焼で生み出された熱を溶湯に伝達する効果的な手段である。
【００８６】
本発明は図に基づいて説明された細目に限定されることなく、多くの修正と変更が本発明の精神および範疇に入ることを理解すべきである。
【図面の簡単な説明】
【図１】
本発明の製錬法および装置の好適例を模式的に示す縦断面図。

【図１】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
28 March 2002 (28.03.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/24963 A1

(51) International Patent Classification[7]: C21B 11/08, 13/10

(21) International Application Number: PCT/AU01/01149

(22) International Filing Date:
13 September 2001 (13.09.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
PR 0231 19 September 2000 (19.09.2000) AU

(71) Applicant *(for all designated States except US)*: **TECHNOLOGICAL RESOURCES PTY LTD** [AU/AU]; 55 Collin Street, Melbourne, Victoria 3000 (AU).

(72) Inventors; and
(75) Inventors/Applicants *(for US only)*: **DRY, Rodney, James** [AU/AU]; 326 The Boulevard, City Beach, Western Australia 6015 (AU). **BATES, Cecil, Peter** [NZ/AU]; 12A Coogee Road, Mt Pleasant, Western Australia 6153 (AU).

(74) Agent: **GRIFFITH HACK**; Level 3, 509 St Kilda Road, Melbourne, Victoria 3004 (AU).

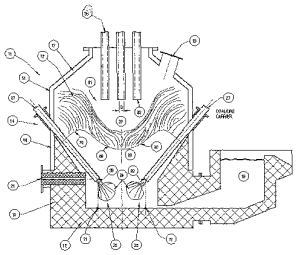
(81) Designated States *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States *(regional)*: ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Published:**
— *with international search report*

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

(54) **Title:** A DIRECT SMELTING PROCESS AND APPARATUS



(57) **Abstract:** A direct smelting process for producing iron and/or ferroalloys is disclosed. The process operates on a commercial scale in a metallurgical vessel that has a hearth, side walls, and a roof, and a minimum width dimension of the interior of the hearth of at least 4 meters. The process is a molten bath-based process and includes supplying ferruginous material, carbonaceous material, and fluxes into the vessel and smelting ferruginous feed material to molten metal in the molten bath and generating gases in the bath. The process also includes injecting jets of oxygen-containing gas being air or air with up to 50% oxygen through 3 or more lances into a space above the quiescent surface of the molten bath (the "top space") and combusting gases generated in the process and generating upward movement of molten material from the molten bath into the top space to facilitate heat transfer to the bath and to minimise heat loss from the vessel. The process is characterised by entraining a volume of top space gas into the jets of oxygen-containing gas injected into the vessel that is 2-6 times the volume of the injected gas.

WO 02/24963 A1

A DIRECT SMELTING PROCESS AND APPARATUS

The present invention relates to a process and an apparatus for producing iron and/or ferroalloys from ferruginous material, including iron ores, other ores containing iron such as chromite ores, partially reduced ores, and iron-containing waste streams such as steel reverts.

The present invention relates particularly to a molten metal bath-based direct smelting process and an apparatus for producing molten iron and/or ferroalloys.

One known molten bath-based direct smelting process for producing molten iron is the DIOS process. The DIOS process includes a pre-reduction stage and a smelt reduction stage. In the DIOS process ore (-8mm) is pre-heated (750°C) and pre-reduced (10 to 30%) in bubbling fluidised beds using offgas from a smelt reduction vessel which contains a molten bath of iron and slag, with the slag forming a deep layer on the iron. The fine (-0.3mm) and coarse (-8 mm) components of the ore are separated in the pre-reduction stage of the process and the ~0.3 mm component is collected in a cyclone and injected into the smelt reduction vessel with nitrogen whilst the coarse ore is charged by gravity. Pre-dried coal is charged directly to the smelt reduction vessel from the top of the vessel. The coal decomposes into char and volatile matter in the slag layer and the ore dissolves in the molten slag and forms FeO. The FeO is reduced at the slag/iron and slag/char interfaces to produce iron. The carbon monoxide generated at the iron/slag and slag/char interfaces generates a foaming slag. Oxygen is blown through a specially designed lance

that introduces the oxygen inside the foamed slag and improves secondary combustion. Oxygen jets burn carbon monoxide that is generated with the smelting reduction reactions, thereby generating heat that is transferred first to the molten slag and then to the slag/iron interface by the strong stirring effect of bottom blowing gas. The stirring gas introduced into the hot iron bath from the bottom or side of the smelt reduction vessel improves heat transfer efficiency and increases the slag/iron interface for reduction and therefore the vessel productivity and thermal efficiency. However, injection rates must be limited as strong stirring lowers secondary combustion due to increased interaction between the oxygen jet and iron droplets in the slag with subsequent lowering of productivity and increased refractory wear. Slag and iron are tapped periodically.

Another known direct smelting process for producing molten iron is the Romelt process. The Romelt process is based on the use of a large volume, highly agitated slag bath as the medium for smelting ferruginous feed material to iron in a smelt reduction vessel and for post-combusting gaseous reaction products and transferring the heat as required to continue smelting ferruginous feed material. The ferruginous feed material, coal, and fluxes are gravity fed into the slag bath via an opening in the roof of the vessel. The Romelt process includes injecting a primary blast of oxygen-enriched air into the slag via a lower row of tuyeres to cause necessary slag agitation and injection of oxygen-enriched air or oxygen into the slag via an upper row of tuyeres to promote post-combustion. The molten iron produced in the slag moves downwardly and forms an iron layer and is discharged via a forehearth. In the Romelt process the iron layer is not an important reaction medium.

Another known direct smelting process for

producing molten iron is the AISI process. The AISI process includes a pre-reduction stage and a smelt reduction stage. In the AISI process pre-heated and partially pre-reduced iron ore pellets, coal or coke breeze and fluxes are top charged into a pressurised smelt reactor which contains a molten bath of iron and slag. The coal devolatilises in the slag layer and the iron ore pellets dissolve in the slag and then are reduced by carbon (char) in the slag. The process conditions result in slag foaming. Carbon monoxide and hydrogen generated in the process are post combusted in or just above the slag layer to provide the energy required for the endothermic reduction reactions. Oxygen is top blown through a central, water cooled lance and nitrogen is injected through tuyeres at the bottom of the reactor to ensure sufficient stirring to facilitate heat transfer of the post combustion energy to the bath. The process offgas is de-dusted in a hot cyclone before being fed to a shaft type furnace for pre-heating and pre-reduction of the pellets to FeO or wustite.

Another known direct smelting process, which relies on a molten iron layer as a reaction medium, and is generally referred to as the HIsmelt process, is described in International application PCT/AU96/00197 (WO 96/31627) in the name of the applicant.

The HIsmelt process as described in the International application includes:

(a) forming a bath of molten iron and slag in a vessel;

(b) injecting into the bath:

(i) ferruginous feed material, typically iron oxides; and

(ii) a solid carbonaceous material, typically coal, which acts as a reductant of the iron oxides and a source of energy; and

(c) smelting the metalliferous feed material to metal in the iron layer.

The HIsmelt process also includes injecting oxygen-containing gas into a space above the bath and post-combusting reaction gases, such as CO and $H_2$, released from the bath and transferring the heat generated to the bath to contribute to the thermal energy required to smelt the metalliferous feed materials.

The HIsmelt process also includes forming a transition zone in the space above the nominal quiescent surface of the bath in which there is a favourable mass of ascending and thereafter descending droplets or splashes or streams of molten material that provide an effective medium to transfer to the bath the thermal energy generated by post-combusting reaction gases above the bath.

The applicant has carried out extensive research and development work on direct smelting processes including research and development work on the requirements for commercially operating processes and has made a series of significant findings in relation to such processes.

The focus of the present invention is on post combustion of reaction gases.

Without adequate post combustion of reaction gases and subsequent transfer of heat back to the molten

bath, such molten bath based direct smelting processes, particularly those without a pre-reduction stage, become uneconomic and in many cases unworkable because of the endothermic nature of the reduction of ferruginous materials.

A further issue is that good post combustion must not be at the expense of oxidising significant amounts of material such as molten metal and char in the molten bath as the process becomes inefficient, with excessive amounts of solid carbonaceous material being needed to counter such oxidation.

As well, excessively high amounts of liquid FeO in the molten bath are particularly detrimental to refractory wear around the region of the nominal quiescent level of the molten metal.

In general terms, the present invention is a direct smelting process for producing iron and/or ferroalloys which operates on a commercial scale in a metallurgical vessel that has a hearth, side walls, and a roof, and a minimum width dimension of the interior of the hearth of at least 4 meters, more preferably at least 6 meters.

In more specific terms, the direct smelting process includes the steps of:

(a) forming a molten bath containing molten metal and molten slag;

(b) supplying feed materials being ferruginous material, carbonaceous material, and fluxes into the vessel;

(c) smelting ferruginous feed material to

molten metal in the molten bath and generating gases in the bath;

(d) injecting jets of oxygen-containing gas being air or air with up to 50% oxygen through 3 or more lances into a space above the quiescent surface of the molten bath (the "top space") and combusting gases generated in the process; and

(e) generating upward movement of molten material from the molten bath into the top space to facilitate heat transfer to the bath and to minimise heat loss from the vessel;

and which process is characterised by entraining a volume of top space gas into the jets of oxygen-containing gas injected into the vessel that is 2-6 times the volume of the injected gas.

The present invention is based on the realisation that entraining a volume of top space gas into the injected gas jets that is 2-6 times the volume of the injected gas makes it possible to achieve good post combustion of top space gas and good heat transfer to the molten bath and without unacceptable levels of oxidation of molten materials in the bath.

The present invention is also based on the realisation that it is possible to achieve entrainment of volumes of top space gas into the injected oxygen-containing gas within the range described above by injecting the oxygen-containing gas through lances having outlet ends of internal diameter of 0.8m or less (preferably 0.6m or less) at a velocity of at least 150m/s.

Accordingly, preferably the process is characterised by injecting jets of oxygen-containing gas through lances having outlet ends of internal diameter of 0.6m or less at a velocity of at least 150m/s.

Preferably the velocity is at least 200m/s.

Preferably the outlet ends of the oxygen containing gas injection lances are no more than 7m above a quiescent surface of the molten bath.

Preferably the process includes preheating the oxygen-containing gas to a temperature of 800-1400°C.

The use of 3 or more lances for injecting jets of oxygen containing gas allows the roof of the smelting vessel to be lower than otherwise would be the case with a single lance having the same total internal cross-sectional area as the multiple lances. This is due to the increase in surface-to-volume ratio of the gas jets emanating from the ends of the smaller multiple lances. Less free space for gas entrainment is needed, hence less vertical height in the metallurgical vessel. The result is a more compact, cost effective direct smelting process with lower heat losses from the vessel.

Preferably the process includes injecting oxygen-containing gas into the vessel in a swirling motion.

Swirl increases the suction rate of top space gas into the injected gas jets. Therefore, the use of swirl makes it possible for the height of the outlet ends of the oxygen-containing gas injection lances above the molten bath to be less than the height of non-swirl lances. Thus, a vessel that has a given number of swirl lances of a given internal diameter can be a lower height than a

vessel that has the same number of non-swirl lances of the same internal diameter. This is an important consideration in terms of further minimising vessel height and thus surface area through which heat can be lost from the vessel.

Further, for a vessel of any given height, the use of swirl means that the number of lances for injecting jets of oxygen containing gas can be less than the number of non-swirl lances. However there is a limitation on the extent to which it is desirable to reduce the number of swirl lances. Specifically, as the number of lances is reduced in a vessel of a given size, the internal diameter of the lances must be increased significantly. With increasing internal diameter it becomes more difficult to cool the swirl apparatus within such lances, with the result that they have an increased tendency to burn away, particularly when using oxygen enriched preheated air. It is expected that lances of greater than about 0.8 metres internal diameter are unlikely to be able to support such swirl apparatus for the operating life needed i.e a minimum of 6 months and more desirably 12 months. The use of high heat conducting materials such as copper for the swirl apparatus is thought to be not viable given the tendency of pre-heated air to be carrying small abrasive particles with it, which quickly erodes soft material like copper.

Preferably when using swirl apparatus the number of lances used is from 3 to 6, whereas without swirl apparatus the number of lances is preferably 6 or more.

Preferably step (b) includes supplying feed materials by injecting feed materials into the molten bath through 3 or more downwardly extending solids injection lances and thereby generating a gas flow which causes:

(i) the formation of an expanded molten bath zone; and

(ii) splashes, droplets and streams of molten material to be projected upwardly from the expanded molten bath zone.

The injection of feed materials and the resultant gas flow arising from the injection of the feed materials and reactions of the feed materials in the molten bath causes substantial movement of material into and from the expanded molten bath zone.

Preferably the process includes periodically or continuously tapping molten slag from the vessel.

Preferably the process also includes periodically or continuously tapping molten iron and/or ferroalloys from the vessel.

The ferruginous materials may include iron ores, other ores containing iron such as chromite ores, partially reduced ores, and iron-containing waste streams such as steel reverts. It is noted that whilst ferrous material, ie material in which iron is the principal component, is the preferred ferruginous material, the invention is not limited to the use of ferrous material.

Preferably the process includes injecting at least 80% by weight of the total weight of solid material required to operate the process through the solids injection lances.

Preferably the process includes injecting feed materials into the molten bath at a velocity of at least 40 m/s through the solids injection lances.

Preferably the velocity is in the range of 80-100 m/s.

Preferably the process includes injecting feed materials into the molten bath through the solids injection lances at a mass flow rate of up to 2.0 $t/m^2/s$ where $m^2$ relates to the cross-sectional area of the lance delivery tube.

Preferably the process includes injecting feed materials into the molten bath through the solids injection lances at a solids/gas ratio of 10-18 $kg/Nm^3$.

In the context of the present invention the term "smelting" is understood herein to mean thermal processing wherein chemical reactions that reduce the feed materials take place to produce liquid iron and/or ferroalloys.

In the context of the present invention the term "lance" is understood herein to be a gas/material injection device that protrudes to some extent into the interior of the vessel.

Preferably the gas flow generated in the molten bath is at least 0.35 $Nm^3/s/m^2$ (where $m^2$ relates to the area of a horizontal cross section through the hearth at its minimum width).

Preferably the gas flow generated in the molten bath is at least 0.5 $Nm^3/s/m^2$.

Preferably the gas flow rate generated in the molten bath is less than 2 $Nm^3/s/m^2$.

The gas flow generated in the molten bath may be generated in part as a result of bottom and/or side wall injection of a gas into the molten bath.

The molten material may form a "wet" layer or a "dry" layer on the side walls. A "wet" layer comprises a frozen layer that adheres to the side walls, a semi-solid (mush) layer, and an outer liquid film. A "dry" layer is one in which substantially all of the slag is frozen.

The production of slag in the vessel may be controlled by varying the feed rates of ferruginous material, carbonaceous material, and fluxes to the vessel and operating parameters such as oxygen-containing gas injection rates.

In situations where the process is concerned with producing iron, preferably the process includes controlling the level of dissolved carbon in molten iron to be at least 3 wt% and maintaining the slag in a strongly reducing condition leading to iron oxide levels of less than 6 wt%, more preferably less than 5 wt% (measured as the amount of iron in iron oxides in the slag tapped from the vessel).

The injection of ferrous material and carbonaceous material may be through the same or separate lances.

Preferably the level of post-combustion is at least 40%, where post-combustion is defined as:

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

where:

$[CO_2]$ = volume % of $CO_2$ in off-gas
$[H_2O]$ = volume % of $H_2O$ in off-gas
$[CO]$ = volume % of CO in off-gas

$[H_2]$ = volume % of $H_2$ in off-gas

In general terms the present invention also provides an apparatus for producing iron and/or ferroalloys by a direct smelting process, which apparatus includes a fixed non-tiltable metallurgical vessel that has a hearth, side walls, and a roof, and a minimum width dimension of at least 4 meters, preferably at least 6 meters, in the interior of the hearth for containing a molten bath of iron and slag that includes a metal-rich zone and an expanded molten bath zone above the metal-rich zone.

In more specific terms:

(a) the hearth is formed of refractory material and has a base and sides in contact with the molten metal; and

(b) the side walls extend upwardly from the sides of the hearth and are in contact with the expanded molten bath zone and the gas continuous space, wherein the side walls that contact the gas continuous space include water cooled panels and a layer of molten material on the panels.

In more specific terms the apparatus further includes:

(a) 3 or more lances extending downwardly into the vessel for injecting jets of oxygen-containing gas being air or air enriched with up to 50% oxygen into a region of the vessel above the molten bath;

(b) a means for supplying feed materials being

ferruginous material and/or carbonaceous material and carrier gas into the molten bath; and

(c) a means for tapping molten metal and slag from the vessel.

In more specific terms each oxygen-containing gas injection lance has an outlet end of internal diameter of 0.6m or less, protrudes at least a distance equivalent to its internal diameter into the vessel, and can inject oxygen-containing gas at a velocity of at least 150m/s.

Preferably the velocity is at least 200m/s.

Preferably each oxygen-containing gas injection lance includes a means for imparting swirl to the gas.

Preferably the oxygen-containing gas injection region is a central region of the vessel.

Preferably the outlet ends of the oxygen-containing gas injection lances are no more than 7m above a quiescent surface of the molten bath.

It is highly desirable that the placement of the lances and the length of protrusion into the vessel be selected so as to prevent the flame caused by post-combustion from tracking along the side walls or roof of the vessel.

Preferably the means for supplying feed materials includes at least 3 solids injection lances.

Preferably the numbers of the solids injection and oxygen-containing gas injection lances and the relative positions of these lances and the operating

conditions of the process are selected so that:

(i) the expanded molten bath zone includes a raised region around the oxygen-containing gas injection region of the vessel between the region and the side walls;

(ii) splashes, droplets and streams of molten material project upwardly from the raised region and form a curtain around the oxygen gas injection region between the region and the side walls and wet the side walls; and

(iii) a "free" space forms around a lower end of each oxygen-containing gas injection lance, the free space having a concentration of molten material that is lower than the molten material concentration in the expanded molten bath zone.

Preferably the solids injection lances extend through water cooled panels in the side walls of the vessel and downwardly and inwardly to the hearth region of the vessel.

The present invention is described further by way of example with reference to the accompanying drawing which is a vertical section illustrating in schematic form a preferred embodiment of the process and the apparatus of the present invention.

The following description is in the context of smelting iron ore to produce molten iron and it is understood that the present invention is not limited to this application and is applicable to a smelting any suitable feed materials.

The direct smelting apparatus shown in the figure

includes a metallurgical vessel denoted generally as 11. The vessel 11 has a hearth that incudes a base 12 and sides 13 formed from refractory bricks; side walls 14 which form a generally cylindrical barrel extending upwardly from the sides 13 of the hearth and which includes an upper barrel section 51 formed from water cooled panels and a lower barrel section 53 formed from water cooled panels having an inner lining of refractory bricks; a roof 17; an outlet 18 for off-gases; a forehearth 19 for discharging molten iron continuously; and a tap-hole 21 for discharging molten slag.

The hearth and the upper barrel section 51 define cylindrical regions within the vessel. The lower barrel section 53 defines a generally frusto-conical cylindrical region within the vessel which provides a transition between the narrower diameter hearth and the wider diameter upper barrel section 51. In a commercial scale plant, ie a plant producing at least 500,000 tonnes/year of molten iron, the diameter of the hearth is at least 4 meters, more preferably at least 6 meters.

It is noted that the present invention is not limited to this vessel geometry and extends to any other suitably shaped and sized vessel for producing molten metal on a commercial scale.

In use, the vessel contains a molten bath of iron and slag.

The vessel is fitted with 3 downwardly extending hot air injection lances 26 for delivering jets of hot air into a central, upper region 91 of the vessel and post-combusting reaction gases released from the molten bath. The outlet ends 39 of the lances 26 have an internal diameter D of 0.6m or less. The outlet ends 39 are positioned at least 7 meters above a quiescent surface

(not shown) of the molten bath in a commercial scale plant.

The term "quiescent surface" is understood to mean the surface of the molten bath when there is no injection of gas and solids into the vessel.

The vessel is also fitted with 4 solids injection lances 27 (only two of which are shown in the figure) extending downwardly and inwardly through the side walls 14 and into the molten bath at an angle of 20-70° to the horizontal for injecting feed materials being iron ore, solid carbonaceous material, and fluxes entrained in an oxygen-deficient carrier gas into the molten bath.

The lances 27 are positioned so that the outlet ends 39 of the lances 27 are equi-spaced apart around the central vertical axis of the vessel. In addition, the lances 27 are positioned so that lines drawn vertically down from the outlet ends 39 intersect the base 12 of the hearth at locations 71 on a circle that has a diameter of the order of 2/3 of the diameter of the hearth.

It is noted that the position on the lances 27 is selected in the context of the position of the oxygen lances 26 and the objective of forming a curtain 72 of molten material at least substantially around the lances 26 and between the side walls 14 of the vessel and the lances 26 and that a different arrangement of lances 27 may be more appropriate to achieve this objective in a different vessel/lance 26 configuration. Specifically, it is noted that the present invention is not limited to arrangements in which the lances 26 are centrally located.

In use, iron ore, solid carbonaceous material (typically coal), and fluxes (typically lime and magnesia) entrained in a carrier gas (typically $N_2$) are injected into

the molten bath via the lances 27 at a velocity of at least 40 m/s, preferably 80-100 m/s. The momentum of the solid material/carrier gas carries the solid material and gas towards the base 12 of the hearth into regions (the circled regions indicated by the numeral 24) that are spaced around the central axis of the vessel. These regions are referred to in the following description as regions 24 of high concentration of solids/gas injection. The coal is devolatilised and thereby produces gas. Carbon partially dissolves into the metal and partially remains as solid carbon. The iron ore is smelted to metal and the smelting reaction generates carbon monoxide gas. The gases transported into the molten bath and generated via devolatilisation and smelting produce significant buoyancy uplift of molten material (including metal and slag) and solid carbon from the molten bath.

The buoyancy uplift of molten material and solid carbon causes substantial agitation in the molten bath, particularly immediately above and outwardly spaced from the regions 24 of high concentration of solids/gas injection, with the result that an expanded molten bath zone 28 that has a surface indicated by the arrow 30 forms. More particularly, the surface of the expanded molten bath zone 28 forms an annular raised region 70 between the central region 91 and the vessel side walls 14. The extent of agitation is such that there is substantial movement of molten material within the expanded molten bath zone 28 and strong mixing of the molten material within this zone to the extent that there is reasonably uniform temperature - typically, 1450 - 1550°C with a temperature variation of the order of 30° throughout the zone.

Notwithstanding the strong mixing of molten material in the expanded molten bath zone 28, molten iron progressively settles towards the lower part of the hearth

and forms a metal-rich zone 23 and is continuously removed via the forehearth 19.

The interface between the expanded molten bath zone 28 and the metal-rich zone 23 is determined largely by the regions 24 of high concentration of solids/gas injection. The substantial upward movement of molten material from these regions is compensated for by the continual supply of further feed materials via the lances 27 and the downward movement of already-molten material.

In addition, the upward gas flow from the regions 24 of high concentration of solids/gas injection projects some molten material (predominantly slag) as splashes, droplets and streams beyond the raised region 70 of the expanded molten bath zone 28 and forms the above-described curtain 72. The molten material in the curtain 72 contacts the upper barrel section 51 of the side walls 14 that is above the expanded molten bath zone 28 and the roof 17.

In general terms, the expanded molten bath zone 28 is a liquid continuous volume, with gas voids therein.

The above-described movement of molten material can be visualised as a series of fountains originating from the regions of high concentration of solids/gas injection which forms the raised region 70 of the expanded molten bath zone 28 and the curtain 72 of molten material.

In addition to the above, in use, hot air at a temperature of 800-1400°C is injected at a velocity of at least 150m/s into the central region 91 of the vessel via lances 26. The hot air jets deflect upwardly projected molten material in that region and causes an essentially metal/slag free space 29 to form around the end of the lance 26. The downward jets of hot air contribute to

shaping projected molten material into the above-described curtain 72.

The hot air injected via the lances 26 post-combusts reaction gases CO and $H_2$ in the free space 29 around the outlet ends 39 of the lances 26 and in the surrounding molten material and generates high temperatures of the order of 2000°C or higher. The heat is transferred to the molten material in the region of gas injection and the heat is then partially transferred via the molten material to the metal-rich zone 23.

The free space 29 is important to achieving high levels of post combustion because it enables gas in the space above the expanded molten bath zone 28 to flow into the free space 29 around the outlet ends 39 of the lances 26 and this gas flow increases exposure of available reaction gases to post combustion.

The above-described apparatus and process operating conditions make it possible to achieve entrainment of a volume of top space gas into the injected hot air that is 2-6 times the volume of the hot air. The applicant has found that this range of entrainment ratios makes it possible to achieve good post-combustion and heat transfer to the molten bath without unacceptable levels of re-oxidation of molten metal.

The curtain 72 is also important in providing a partial barrier to radiation energy from the post combustion jet to the side walls 14.

Moreover, the ascending and descending droplets, splashes and streams of molten material within the curtain 72 are an effective means of transferring heat generated by post combustion to the molten bath.

It is to be understood that this invention is in no way limited to the details of the illustrated construction and that many modifications and variations will fall within the spirit and scope of the invention.

CLAIMS:

1. A direct smelting process for producing iron and/or ferroalloys which operates on a commercial scale in a metallurgical vessel that has a hearth, side walls, and a roof, and a minimum width dimension of the interior of the hearth of at least 4 meters, which process includes the steps of:

(a) forming a molten bath containing molten metal and molten slag;

(b) supplying feed materials being ferruginous material, carbonaceous material, and fluxes into the vessel;

(c) smelting ferruginous feed material to molten metal in the molten bath and generating gases in the bath;

(d) injecting jets of oxygen-containing gas being air or air with up to 50% oxygen through 3 or more lances into a space above the quiescent surface of the molten bath (the "top space") and combusting gases generated in the process; and

(e) generating upward movement of molten material from the molten bath into the top space to facilitate heat transfer to the bath and to minimise heat loss from the vessel;

and which process is characterised by entraining a volume of top space gas into the jets of oxygen-containing gas injected into the vessel that is 2-6 times the volume of the injected gas.

2. The process defined in claim 1 includes entraining the top space gas volume that is 2-6 times the volume of the injected gas by using lances having outlet ends of internal diameter of 0.8m or less and injecting oxygen-containing gas through the lances at a velocity of at least 150m/s.

3. The process defined in claim 2 includes injecting oxygen-containing gas through the lances at a velocity of at least 200m/s.

4. The process defined in claim 2 or claim 3 includes positioning the lances to that outlet ends of the lances are no more than 7m above a quiescent surface of the molten bath.

5. The process defined in any one of the preceding claims includes preheating the oxygen-containing gas to a temperature of 800-1400°C.

6. The process defined in any one of the preceding claims includes injecting oxygen-containing gas into the vessel in a swirling motion.

7. The process defined in any one of the preceding claims includes supplying feed materials in step (b) by injecting feed materials into the molten bath through 3 or more downwardly extending solids injection lances and thereby generating a gas flow which causes:

(iii) the formation of an expanded molten bath zone; and

(iv) splashes, droplets and streams of molten material to be projected upwardly from the expanded molten bath zone.

8. The process defined in claim 7 includes injecting at least 80% by weight of the total weight of solid material required to operate the process through the solids injection lances.

9. The process defined in claim 7 or claim 8 includes injecting feed materials into the molten bath at a velocity of at least 40 m/s through the solids injection lances.

10. The process defined in claim 9 includes injecting feed materials into the molten bath at a velocity in the range of 80-100 m/s through the solids injection lances.

11. The process defined in any one of claims 7 to 10 includes injecting feed materials into the molten bath through the solids injection lances at a mass flow rate of up to 2.0 $t.m^2/s$ where $m^2$ relates to the cross-sectional area of the lance delivery tube.

12. The process defined in any one of claims 7 to 11 includes injecting feed materials into the molten bath through the solids injection lances at a solids/gas ratio of 10-18 $kg/Nm^3$.

13. The process defined in any one of claims 7 to 12 wherein the gas flow generated in the molten bath is at least 0.35 $Nm^3/s/m^2$ (where $m^2$ relates to the area of a horizontal cross section through the hearth at its minimum width).

14. An apparatus for which producing iron and/or ferroalloys by a direct smelting process, which apparatus includes:

(a) a fixed non-tiltable metallurgical vessel that has a hearth, side walls, and a roof,

and a minimum width dimension of at least 4 meters in the interior of the hearth for containing a molten bath of iron and slag that includes a metal-rich zone and an expanded molten bath zone above the metal-rich zone;

(b) 3 or more lances extending downwardly into the vessel for injecting jets of oxygen-containing gas being air or air enriched with up to 50% oxygen into a region of the vessel above the molten bath;

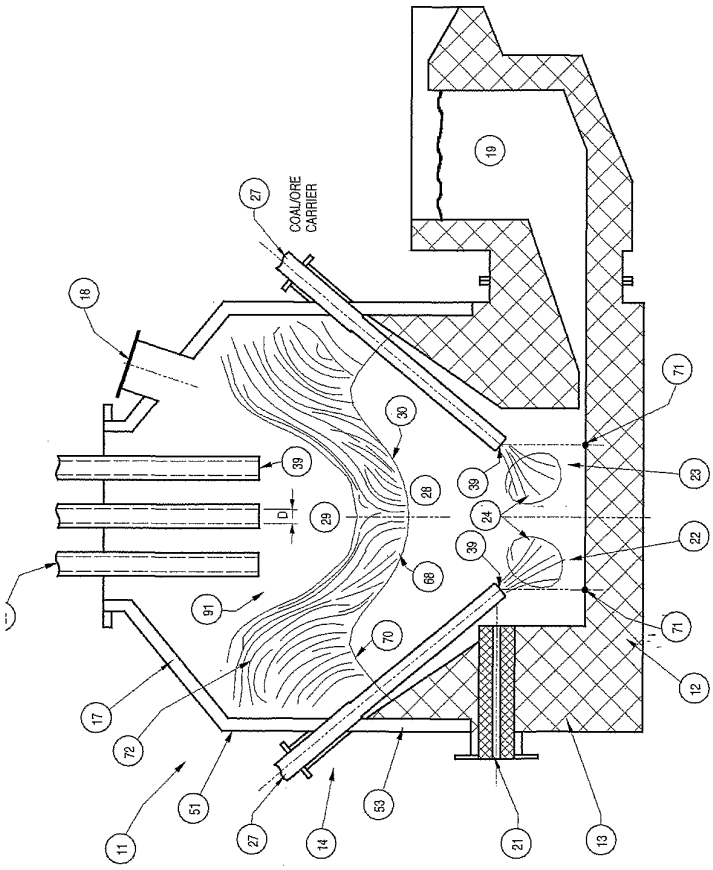
(c) a means for supplying feed materials being ferruginous material and/or carbonaceous material and carrier gas into the molten bath; and

(d) a means for tapping molten metal and slag from the vessel.

15. The apparatus defined in claim 14 wherein each oxygen-containing gas injection lance has an outlet end of internal diameter of 0.8m or less, protrudes at least a distance equivalent to its internal diameter into the vessel, and can inject oxygen-containing gas at a velocity of at least 150m/s.

16. The apparatus defined in claim 14 or claim 15 wherein each oxygen-containing gas injection lance includes a means for imparting a swirling motion to the gas.

17. The apparatus defined in any one of claims 15 or claim 16 wherein the outlet end of each oxygen-containing gas injection lance in use is no more than 7m above a quiescent surface of the molten bath in the vessel.


COAL/ORE CARRIER
D

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/AU01/01149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. [7]: C21B 11/08, 13/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC[7] AS ABOVE

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Nil

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
DWPI: IPC as above with key words combust

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| P, X | EP 1067201 A2 (Technological Resources Pty. Ltd.), 10 January 2001<br>Column 2 lines 10- 35; column 3, lines 7- 13; column 5, lines 7 & 8; claim 1 | 1- 17 |
| P, X | AU 200064111 A1 (Technological Resources Pty. Ltd.), 26 April 2001<br>Page 5 line 14- page 6, line 14; page 12, line 36- page 13, line 3; claims 1; 9 | 1- 17 |
| P, X | EP 1087022 A2 (Technological Resources Pty. Ltd.), 28 March 2001<br>Column 4, lines 12- 45; claim 1 | 1- 17 |

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C [X] See patent family annex

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 30 October 2001 | - 8 NOV 2001 |
| Name and mailing address of the ISA/AU<br>AUSTRALIAN PATENT OFFICE<br>PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA<br>E-mail address: pct@ipaustralia.gov.au<br>Facsimile No. (02) 6285 3929 | Authorized officer<br>MR KIM WELLENS<br>Telephone No : (02) 6283 2162 |

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT | International application No. PCT/AU01/01149 |
|---|---|

C (Continuation). **DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| P, A | EP 1076102 A2 (Technological Resources Pty. Ltd.), 14 February 2001<br>Whole Document | 1-17 |
| A | WO 00/22176 (Technological Resources Pty. Ltd.), 20 April 2000<br>Whole Document | 1-17 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
Information on patent family members

International application No.
**PCT/AU01/01149**

This Annex lists the known "A" publication level patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

| Patent Document Cited in Search Report | | Patent Family Member | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EP | 1067201 | AU | 200042725 | BR | 200003469 | CN | 1280199 |
| | | JP | 2001032006 | | | | |
| AU | 64111/00 | AU | 200064111 | CN | 1308138 | JP | 2001192717 |
| EP | 1087022 | AU | 200061311 | BR | 200004478 | CN | 1308137 |
| | | JP | 2001158906 | | | | |
| EP | 1076102 | AU | 200051918 | BR | 200003486 | CN | 1288065 |
| | | JP | 2001073019 | | | | |
| WO | 200022176 | AU | 200011381 | EP | 1137815 | | |

END OF ANNEX

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(72)発明者 ドライ、ロドニー、ジェイムズ
オーストラリア国 ウエスタン オーストラリア、シティ ビーチ、 ザ ブールヴァード ３２６
(72)発明者 ベイツ、セシル、ピーター
オーストラリア国 ウエスタン オーストラリア、マウント プレザント、 クーギー ロード １２エイ

Ｆターム(参考) 4K045 AA04 BA01 DA06 RA12 RB16 RC06 RC08
4K055 AA00 MA02 MA17