

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-43314

(P2010-43314A)

(43) 公開日 平成22年2月25日(2010.2.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 1 B 13/00 (2006.01)	C 2 1 B 13/00	4 K O 1 2
C 2 1 B 11/00 (2006.01)	C 2 1 B 11/00	
C 2 1 B 5/00 (2006.01)	C 2 1 B 5/00 3 O 1	
C 2 1 B 13/02 (2006.01)	C 2 1 B 13/02	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-207420 (P2008-207420)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成20年8月11日 (2008.8.11)		新日本製鐵株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
		(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100077517
			弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100140121
			弁理士 中村 朝幸
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

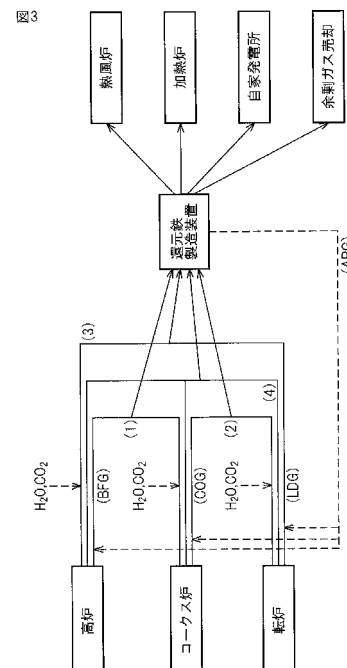
(54) 【発明の名称】還元鉄及び銑鉄の製造方法

(57) 【要約】

【課題】製鉄プロセスで発生する副生ガスを還元ガスとして使用して、還元鉄を製造するとともに、製鉄プロセスにおいて放出するCO₂量を削減して、地球温暖化防止に寄与する。

【解決手段】酸化鉄原料を還元ガスで還元して還元鉄を製造する方法において、(i)製鉄プロセスで発生するH₂及び／又はCOを含む副生ガスから、H₂含有率[質量%]とCO含有率[質量%]の比：H₂/COが所定の範囲内にある還元ガスを製造し、(ii)上記還元ガスを還元鉄製造装置に供給することを特徴とする。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸化鉄原料を還元ガスで還元して還元鉄を製造する方法において、

(i) 製鉄プロセスで発生する H_2 及び／又は CO を含む副生ガスから還元ガスを製造し、

(ii) 上記還元ガスを還元鉄製造装置に供給することを特徴とする還元鉄の製造方法。

【請求項 2】

前記副生ガスが、高炉や、コークス充填型溶融炉より発生した副生ガス、コークス炉より発生した副生ガス、及び、転炉より発生した副生ガスであることを特徴とする請求項 1 に記載の還元鉄の製造方法。

10

【請求項 3】

H_2 及び／又は CO の含有量の異なる前記副生ガスの中から 2 種以上の副生ガスを選択して混合し、 H_2 含有率〔モル％〕及び CO 含有率〔モル％〕、並びに、 H_2 含有率〔モル％〕と CO 含有率〔モル％〕の比： H_2/CO を調整して還元ガスを製造することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の還元鉄の製造方法。

【請求項 4】

H_2 及び／又は CO の含有率の異なる前記副生ガスの中から 1 種又は 2 種以上の副生ガスを選択し、及び／又は、混合し、次いで、該副生ガスに H_2O 及び／又は CO_2 を添加して改質し、 H_2 含有率〔モル％〕及び CO 含有率〔モル％〕、並びに、 H_2 含有率〔モル％〕と CO 含有率〔モル％〕の比： H_2/CO を調整して還元ガスを製造することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の還元鉄の製造方法。

20

【請求項 5】

H_2 及び／又は CO の含有率の異なる前記副生ガスの中から選択した 1 種又は 2 種以上の副生ガスと、該副生ガスに H_2O 及び／又は CO_2 を添加して改質した H_2 及び／又は CO の含有率の異なる改質副生ガスの中から、1 種又は 2 種以上の副生ガスを選択して混合し、 H_2 含有率〔モル％〕及び CO 含有率〔モル％〕、並びに、 H_2 含有率〔モル％〕と CO 含有率〔モル％〕の比： H_2/CO を調整して還元ガスを製造することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の還元鉄の製造方法。

【請求項 6】

前記 H_2 及び／又は CO の含有量の異なる副生ガスの中から選択した副生ガスは、予め、副生ガス中に含まれる N_2 、 H_2O 、及び、 CO_2 の 1 種又は 2 種以上を除去したものであることを特徴とする請求項 3～5 のいずれか 1 項に記載の還元鉄の製造方法。

30

【請求項 7】

前記還元鉄製造装置がシャフト炉であることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の還元鉄の製造方法。

【請求項 8】

前記シャフト炉に装入する酸化鉄原料が、粉状鉄鉱石を塊成化した焼結鉱：20 質量％以上と、残部：塊状鉄鉱石、及び、粉状鉄鉱石を塊成化したペレット及びブリケットの 1 種又は 2 種以上からなることを特徴とする請求項 7 に記載の還元鉄の製造方法。

40

【請求項 9】

前記還元ガスの H_2/CO を、

(i) H_2/CO と、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合率（質量％）、該焼結鉱中の 2 次ヘマタイト含有率（質量％）、及び、該焼結鉱中の気孔率（体積％）に応じて求めた、安定操業を維持するための上記酸化鉄原料の耐還元粉化指数 RDI （％）の許容限界値（上限値）との関係に基づいて、耐還元粉化指数 RDI （％）が許容限界値（上限値）以下となるように設定する

ことを特徴とする請求項 8 に記載の還元鉄の製造方法。

【請求項 10】

前記還元ガスの H_2/CO を、

50

(i) H_2/CO と、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合率(質量%)、該焼結鉱中の2次ヘマタイト含有率(質量%)、及び、該焼結鉱中の気孔率(体積%)に応じて求めた、安定操業を維持するための上記酸化鉄原料の耐還元粉化指数RDI(%)の許容限界値(上限値)との関係、及び、

(ii) H_2/CO と、還元鉄の平均金属化率(トータル鉄に対する金属鉄の質量割合): 60%以上を達成するための上記酸化鉄原料の被還元性JIS-RI(%)の許容限界値(下限値)との関係に基づいて、被還元性JIS-RI(%)が許容限界値(下限値)以上で、耐還元粉化指数RDI(%)が許容限界値(上限値)以下となるように設定することを特徴とする請求項8に記載の還元鉄の製造方法。

【請求項11】

請求項1～10のいずれか1項に記載の還元鉄の製造方法で製造した還元鉄の1部又は全部を、溶融還元炉に装入して溶融及び還元し銑鉄を製造することを特徴とする銑鉄の製造方法。

【請求項12】

前記還元鉄の1部又は全部を、スクラップ、粒銑、及び、形銑の一部又は全部に替えて装入することを特徴とする請求項11に記載の銑鉄の製造方法。

【請求項13】

前記溶融還元炉が、高炉、コークス充填型溶融炉、電気炉、転炉、及び、混銑炉のいずれかであることを特徴とする請求項11又は12に記載の銑鉄の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、酸化鉄(主として、 Fe_2O_3)を主体とする酸化鉄原料を還元ガスで直接還元して還元鉄を製造する方法、及び、製造した還元鉄を、焼結鉱、ペレット、ブリケット、スクラップ、粒銑、形銑等に替わる製鉄原料として使用して銑鉄を製造する方法に関するものである。

【背景技術】

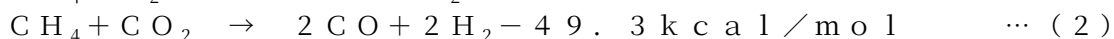
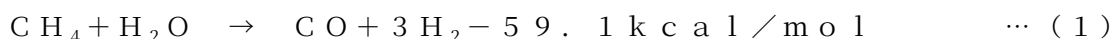
【0002】

従来から、還元ガスとして、天然ガス、又は、天然ガスを改質したガス(CO 及び H_2 が主成分)を用い、酸化鉄(主として、 Fe_2O_3)を主体とする酸化鉄原料(以下「酸化鉄原料」ということがある)を直接還元する方法が知られている(例えば、特許文献1、参照)。

【0003】

一般に、天然ガスを用いる直接還元法においては、天然ガスに H_2O 又は CO_2 を添加し、 Ni 、 Co 、 Fe 等の触媒の存在下で改質して(下記(1)及び(2)式、参照)、 CO 濃度と H_2 濃度を高めた還元ガスを用いている。

【0004】



ただし、上記方法を実施するプラントの建設は、天然ガスの安定供給が可能な天然ガス産出地にほぼ限られてしまう。

【0005】

石炭をガス化した時に発生するガス(石炭ガス化炉ガス)が、天然ガス又は改質天然ガスと同種の還元成分(CO 、 H_2)を含んでいるので、コークス製造用の原料炭に比べて安価な一般炭をガス化炉でガス化し(CO 、 H_2 、及び/又は、 H_2S を主成分とするガスが得られる)、該ガスを還元ガスとして使用する還元鉄の製造方法も提案されている(特許文献2及び3、参照)。

【0006】

また、 CO 及び/又は H_2 を所要量含んでいれば還元ガスとして機能するので、 CO 及び/又は H_2 を所要量含む廃ガスを、直接、又は、改質して、酸化鉄原料の直接還元を用

10

20

30

40

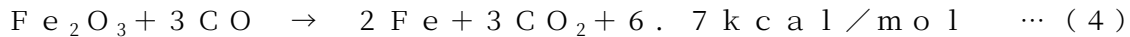
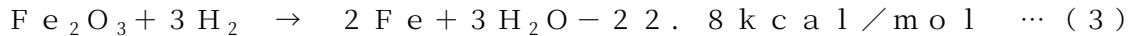
50

いる方法も提案されている（特許文献４～１１、参照）。なお、特許文献９～１１に開示の直接還元法は、通称、MIDREX法と言われている還元法である。

【０００７】

一般に、 Fe_2O_3 を主体とする鉄鉱石を、 H_2 及び CO を含む還元ガスで還元する場合、下記式（３）及び（４）の反応で還元が進行する。

【０００８】



即ち、 H_2 による Fe_2O_3 の還元は、上記（３）式の吸熱反応により進行し、 CO による Fe_2O_3 の還元は、上記（４）式の発熱反応により進行する。

10

【０００９】

それ故、還元炉内の温度を所要レベルに維持し、 Fe_2O_3 の還元を効率的に促進するためには、還元ガスを所定温度以上に加熱して炉内に導入するとともに、還元ガス中の H_2 と CO の量比を所定範囲内に調整し、上記（３）式の吸熱反応による熱量の低下分を、上記（４）式の発熱反応による発熱で補償する必要がある。

【００１０】

還元プロセスにより還元条件は異なるが、例えば、常圧の縦型ショフト炉を用いる直接還元法（MIDREX法〔特許文献９～１１、参照〕）で、(a)塊状鉄鉱石、(b)粉状鉄鉱石を塊成化したペレット又はブリケット、及び／又は、(c)焼結鉱を還元して還元鉄を製造する場合、通常、還元ガスの温度は $800 \sim 1000^\circ\text{C}$ 、還元ガス中の H_2 と CO の合計濃度は 90 モル％程度、モル比： H_2/CO は 1.5 程度である。

20

【００１１】

ところで、製鉄プロセスにおいては、高炉ガス（以下「BFG」ということがある）、コークス炉ガス（以下「COG」ということがある）、及び、転炉ガス（以下「LDG」ということがある）などの副生ガスが大量に発生する。表１に、これら副生ガスの組成と保有熱量を示す。

【００１２】

【表１】

30

表１

(モル％)

	CO	H ₂	その他	熱量kcal/Nm ³
COG	5%	55%	※１ 40%	4500
LDG	70%	20%	10%	2250
BFG	22%	4%	※２ 74%	800

※１：40%： CH_4

※２：21%： CO_2 、50%： N_2 、3%： H_2O

40

【００１３】

表１に示すように、COG及びLDGは、CO及び H_2 を合計で 50 モル％以上含んでいるので、還元ガスとして機能し得るガスであるが、発熱量が大きい（表１、参照）ことから、もっぱら、製鉄プロセスにおける加熱炉などの燃料として利用されているのが現状である（図１、参照）。

【００１４】

また、BFGは、CO及び H_2 の含有量が合計で 30 モル％より低いので、単独では還元ガスとして機能し得ないが、製鉄プロセスにおける加熱炉などの燃料として利用されているのが現状である（図１、参照）。

【００１５】

50

即ち、製鉄プロセスで発生する副生ガスは、いずれも、本来備える還元能が活用されずに、 CO_2 を多く含む燃焼排ガスとして、大気中に放散されているのが現状である。

【0016】

【特許文献1】特開昭63-213613号公報
【特許文献2】特開昭56-105411号公報
【特許文献3】特開2004-169074号公報
【特許文献4】特開昭61-099613号公報
【特許文献5】米国特許第3558118号明細書
【特許文献6】米国特許第3850616号明細書
【特許文献7】米国特許第3883123号明細書
【特許文献8】米国特許第3948646号明細書
【特許文献9】米国特許第3617227号明細書
【特許文献10】米国特許第3748120号明細書
【特許文献11】米国特許第3748120号明細書
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】

10

【0017】

前述したように、製鉄プロセスで発生する副生ガスは、本来備える還元能が活用されないまま、 CO_2 の放散源となっているのが現状である。そこで、本発明は、製鉄プロセスで発生する副生ガスを還元ガスとして使用して、還元鉄を製造するとともに、製鉄プロセスにおいて放出する CO_2 量を削減して、地球温暖化防止に寄与することを課題とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明者らは、上記課題を解決する手法について鋭意研究した。その結果、製鉄プロセスで発生する複数の副生ガスを、必要に応じ改質し、適宜、混合して、 H_2 含有率〔質量%〕と CO 含有率〔質量%〕の比： H_2/CO を所定の範囲内に調整すれば、還元鉄の製造に必要な還元能を有する還元ガスを製造できることが判明した。

【0019】

そして、上記還元ガスを用いて製造した還元鉄を製鉄原料として使用することにより、製鉄プロセスで発生する CO_2 量を削減できることが判明した。

30

【0020】

本発明は、上記知見に基づいてなされたもので、その要旨は以下のとおりである。

【0021】

(1) 酸化鉄原料を還元ガスで還元して還元鉄を製造する方法において、

(i) 製鉄プロセスで発生する H_2 及び／又は CO を含む副生ガスから還元ガスを製造し、

(ii) 上記還元ガスを還元鉄製造装置に供給することを特徴とする還元鉄の製造方法。

【0022】

(2) 前記副生ガスが、高炉や、コークス充填型溶融炉より発生した副生ガス、コークス炉より発生した副生ガス、及び、転炉より発生した副生ガスであることを特徴とする上記(1)に記載の還元鉄の製造方法。

40

【0023】

(3) H_2 及び／又は CO の含有量の異なる前記副生ガスの中から2種以上の副生ガスを選択して混合し、 H_2 含有率〔モル%〕及び CO 含有率〔モル%〕、並びに、 H_2 含有率〔モル%〕と CO 含有率〔モル%〕の比： H_2/CO を調整して還元ガスを製造することを特徴とする上記(1)又は(2)に記載の還元鉄の製造方法。

【0024】

(4) H_2 及び／又は CO の含有率の異なる前記副生ガスの中から1種又は2種以上の副生ガスを選択し、及び／又は、混合し、次いで、該副生ガスに H_2O 及び／又は CO_2 を

50

添加して改質し、 H_2 含有率〔モル％〕及び CO 含有率〔モル％〕、並びに、 H_2 含有率〔モル％〕と CO 含有率〔モル％〕の比： H_2/CO を調整して還元ガスを製造することを特徴とする上記（１）又は（２）に記載の還元鉄の製造方法。

【００２５】

（５） H_2 及び／又は CO の含有率の異なる前記副生ガスの中から選択した１種又は２種以上の副生ガスと、該副生ガスに H_2O 及び／又は CO_2 を添加して改質した H_2 及び／又は CO の含有率の異なる改質副生ガスの中から、１種又は２種以上の副生ガスを選択して混合し、 H_2 含有率〔モル％〕及び CO 含有率〔モル％〕、並びに、 H_2 含有率〔モル％〕と CO 含有率〔モル％〕の比： H_2/CO を調整して還元ガスを製造することを特徴とする上記（１）又は（２）に記載の還元鉄の製造方法。

10

【００２６】

（６）前記 H_2 及び／又は CO の含有量の異なる前記副生ガスの中から選択した副生ガスは、予め、副生ガス中に含まれる窒素、 H_2O 、及び、 CO_2 の１種又は２種以上を除去したものであることを特徴とする上記（３）～（５）のいずれかに記載の還元鉄の製造方法。

【００２７】

（７）前記還元鉄製造装置がシャフト炉であることを特徴とする上記（１）～（６）のいずれかに記載の還元鉄の製造方法。

【００２８】

（８）前記シャフト炉に装入する酸化鉄原料が、粉状鉄鉱石を塊成化した焼結鉱：２０質量％以上と、残部：塊状鉄鉱石、及び、粉状鉄鉱石を塊成化したペレット及びブリケットの１種又は２種以上からなることを特徴とする上記（７）に記載の還元鉄の製造方法。

20

【００２９】

（９）前記還元ガスの H_2/CO を、

（ｉ） H_2/CO と、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合率（質量％）、該焼結鉱中の２次ヘマタイト含有率（質量％）、及び、該焼結鉱中の気孔率（体積％）に応じて求めた、安定操業を維持するための上記酸化鉄原料の耐還元粉化指数 RDI （％）の許容限界値（上限値）との関係に基づいて、耐還元粉化指数 RDI （％）が許容限界値（上限値）以下となるように設定する

ことを特徴とする上記（８）に記載の還元鉄の製造方法。

30

【００３０】

（１０）前記還元ガスの H_2/CO を、

（ｉ） H_2/CO と、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合率（質量％）、該焼結鉱中の２次ヘマタイト含有率（質量％）、及び、該焼結鉱中の気孔率（体積％）に応じて求めた、安定操業を維持するための上記酸化鉄原料の耐還元粉化指数 RDI （％）の許容限界値（上限値）との関係、及び、

（ii） H_2/CO と、還元鉄の平均金属化率（トータル鉄に対する金属鉄の質量割合）：６０％以上を達成するための上記酸化鉄原料の被還元性 $JIS-RI$ （％）の許容限界値（下限値）との関係に基づいて、被還元性 $JIS-RI$ （％）が許容限界値（下限値）以上で、耐還元粉化指数 RDI （％）が許容限界値（上限値）以下となるように設定することを特徴とする上記（８）に記載の還元鉄の製造方法。

40

【００３１】

（１１）上記（１）～（１０）のいずれかに記載の還元鉄の製造方法で製造した還元鉄の１部又は全部を、溶融還元炉に装入して溶融及び還元し銑鉄を製造することを特徴とする銑鉄の製造方法。

【００３２】

（１２）前記還元鉄の１部又は全部を、スクラップ、粒銑、及び、形銑の一部又は全部に替えて装入することを特徴とする上記（１１）に記載の銑鉄の製造方法。

【００３３】

（１３）前記溶融還元炉が、高炉、コークス充填型溶融炉、電気炉、転炉、及び、混銑

50

炉のいずれかであることを特徴とする上記（１１）又は（１２）に記載の銑鉄の製造方法。

【発明の効果】

【００３４】

本発明によれば、製鉄プロセスで発生する副生ガスを有効に還元鉄の製造に用いることができるとともに、製鉄プロセスで発生する CO_2 量を、高炉法で発生する CO_2 の量より低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３５】

本発明について、以下、詳細に説明する。

10

１）還元鉄の製造方法について説明する。

【００３６】

図１に、高炉、コークス炉、及び、転炉を例にとり、製鉄プロセスで発生する副生ガスの従来の利用態様を示す。図に示すように、高炉ガス、コークス炉ガス、及び、転炉ガスは、従来から、製鉄プロセスにおける熱風炉、加熱炉、自家発電所などの燃料として利用されている。

【００３７】

図１に示す従来の副生ガスの利用態様においては、燃焼排ガス中に CO_2 が多量に含まれているので、 CO_2 の削減を期待することはできない。

【００３８】

20

本発明は、酸化鉄原料を還元ガスで還元して還元鉄を製造する還元鉄の製造方法において、

（ｉ）製鉄プロセスで発生する H_2 及び／又は CO を含む副生ガスから還元ガスを製造し、

（ii）上記還元ガスを還元鉄製造装置に供給することを基本的な技術思想とする。

【００３９】

本発明の副生ガスは、製鉄プロセスにおいて発生し、 H_2 及び／又は CO を含む副生ガスであればよく、特に、発生源に制限はないが、大量に得られる点で、高炉や、コークス充填型溶融炉より発生した副生ガス、コークス炉より発生した副生ガス、及び、転炉より発生した副生ガスが好ましい。

30

【００４０】

そして、(a) H_2 及び／又は CO 含有量の異なる前記副生ガスの中から、２種以上の副生ガスを選択して混合し、又は、(b) H_2 及び／又は CO の含有率の異なる上記副生ガスの中から、１種又は２種以上の副生ガスを選択し、及び／又は、混合し、次いで、 H_2O 及び／又は CO_2 を添加して改質し、又は、(c) H_2 及び／又は CO の含有率の異なる前記副生ガスの中から選択した１種又は２種以上の副生ガスと、該副生ガスに H_2O 及び／又は CO_2 を添加して改質した H_2 及び／又は CO の含有率の異なる改質副生ガスの中から、１種又は２種以上の副生ガスを選択して混合して、還元ガスを製造する。

【００４１】

40

好ましくは、前記(a)～(c)において、前記 H_2 及び／又は CO の含有量の異なる副生ガスの中から選択した副生ガスについては、予め、改質副生ガスの中に含まれる N_2 、 H_2O 、及び、 CO_2 の１種又は２種以上を除去して、還元ガスを製造する。

【００４２】

この時、前記製鉄プロセスで発生した副生ガスに加えて、還元鉄製造装置（還元炉）より発生するガスや、天然ガスを改質したガス、及び、一般炭をガス化炉でガス化したガスなどの製鉄プロセス以外で発生した、 H_2 及び／又は CO を含む還元ガスを混合してもよい。

【００４３】

還元ガスの還元能は、 H_2 含有率〔質量％〕と CO 含有率〔質量％〕に依存し、しかも

50

、吸熱反応と発熱反応により進行するので（前記式（3）及び（4）、参照）、 H_2 含有率〔質量％〕とCO含有率〔質量％〕の比： H_2/CO （以下、単に「 H_2/CO 」ということがある）を所定の範囲内に調整することが必要である。

【0044】

図2に、酸化鉄の還元平衡状態図を示す。図2（a）は、 $CO-CO_2$ 系ガスを用いた場合の酸化鉄とCOの還元平衡状態図であり、図2（b）は、 H_2-H_2O 系ガスを用いた場合の酸化鉄と H_2 の還元平衡状態図である。

【0045】

図2に示すように、酸化鉄の還元性（還元反応速度）は、還元ガス中のCO及び／又は H_2 （還元性成分）の含有率に依存する。

10

【0046】

例えば、 $1000^{\circ}C$ で、 Fe_2O_3 を、 Fe_3O_4 、 FeO を経て、 Fe まで還元するために、（i）還元ガスとして $CO-CO_2$ 系ガスを用いる場合には、還元ガス中に、CO：72モル％以上が必要であり、（ii）還元ガスとして H_2-H_2O 系ガスを用いる場合には、還元ガス中に、 H_2 ：55モル％以上が必要である。

【0047】

また、還元ガスとして、 $CO-CO_2$ 系ガスと H_2-H_2O 系ガスを、M1（モル％）：M2（モル％）で混合した還元ガスを用いる場合には、同様に、 $1000^{\circ}C$ で Fe まで還元するのに必要となる還元ガス中のCO含有率は、 $72 \times M1 / 100$ （モル％）で、同 H_2 含有率は、 $55 \times M2 / 100$ （モル％）となる。

20

【0048】

このように、還元ガスのCO含有率と H_2 含有率を調整することにより、酸化鉄原料の還元性を確保することができる。

【0049】

また、COによる還元は発熱反応で進行し、 H_2 による還元は吸熱反応で進行するので、炉内における熱量を所定のレベルに維持するために、モル比 H_2/CO を所定の範囲内に調整する必要がある。

【0050】

また、モル比 H_2/CO は、還元炉に装入する酸化鉄原料の還元粉化特性にも影響し、特に、酸化鉄原料中に、塊状鉄鉱石やペレットに比べて還元粉化し易い焼結鉄鉱石を含む場合は、還元炉の通気性を良好に維持し、安定した操業を行うためには、酸化鉄原料の耐還元粉化指数RDI（％）、さらには、被還元性JIS-RI（％）を考慮して設定することが望ましい。この点については、後述する。

30

【0051】

図3に、本発明の利用態様の一例を示す。

【0052】

図3に示すように、（i）高炉ガス（BFG）は、CO及び H_2 の含有量が少ないため、 H_2O 及び／又は CO_2 で改質し、また、（ii）コークス炉ガス（COG）、及び、転炉ガス（LDG）は、必要に応じ、 H_2O 及び／又は CO_2 で改質し（以下、改質した副生ガスを「改質副生ガス」という）、これら副生ガス及び改質副生ガスの中から、適宜、1種又は2種以上を選択して混合し、還元鉄製造装置に供給する。

40

【0053】

なお、高炉ガス（BFG）、コークス炉ガス（COG）、及び、転炉ガス（LDG）は、改質前に、予め、副生ガス中に含まれる N_2 、 H_2O 、及び CO_2 の1種又は2種以上を除去するのが好ましい。

【0054】

還元鉄製造装置より発生するガス（以下「ARG」ということがある）は、ガス分析の結果に従い使用先を決定する。この場合、既存の副生ガスと混合してもよいし、また、改質後、既存の副生ガスと混合してもよい。

【0055】

50

なお、表 1 に示すように、高炉ガス (B F G) は、C O G、及び、L D G に比べ、C O 量及び H_2 量が少ないので、 H_2O 及び / 又は CO_2 で改質して用いるのが好ましい。

【0056】

本発明においては、B F G、C O G、L D G 等の副生ガス中のガス成分 (特に、C O と H_2) を適宜分析してガス成分を把握し (図示なし)、複数の副生ガス及び改質副生ガスの 1 種又は 2 種以上を混合し、 H_2 含有率 [モル %] と C O 含有率 [モル %] の比: $H_2 / C O$ が所定の範囲内ある還元ガスを製造して還元鉄製造装置に供給する。

【0057】

副生ガスの成分分析は、連続的に行なうのが望ましいが、炉操業が安定していて、成分組成に大きな変化がない場合には、間欠的に行ってもよい。

10

【0058】

図 3 中の (1) は、B F G と C O G を混合する利用態様を示す。この場合、必要に応じ、B F G 及び C O G の一方又は両方を改質してもよい。図 3 中の (2) は、L D G と C O G を混合する利用態様を示す。この場合も、必要に応じ、L D G 及び C O G の一方又は両方を改質してもよい。

【0059】

また、図 3 中の (3) は、B F G と L D G を混合する利用態様を示す。この場合も、必要に応じ、B F G 及び L D G の一方又は両方を改質してもよい。図 3 中の (4) は、B F G、C O G、及び、L D G を混合する利用態様を示す。この場合も、必要に応じ、B F G、C O G、及び、L D G の 1 種以上を改質してもよい。

20

【0060】

上記利用態様で製造した還元ガスを、還元鉄製造装置に供給する前に、ガス成分を分析し、 $H_2 / C O$ が所定の範囲内にあることを確認することが望ましい。

【0061】

ただし、本発明においては、最終的に、還元鉄製造装置に供給する還元ガスとして、 $H_2 / C O$ が所定の範囲内にある還元ガスが得られればよいので、製鉄プロセスで発生する副生ガスの利用態様は、図 3 に示す利用態様に限定されない。前述したように、製鉄プロセス以外で発生した還元能を備えるガスを混合してもよい。

【0062】

所定の範囲の $H_2 / C O$ を有する還元ガスを製造するために、副生ガスの成分組成を調整する必要がある場合には、(a) 成分分析を行なう前に、副生ガスを改質 (脱 CO_2 、 CH_4 の加水分解等) するか、(b) 副生ガスを複数混合するか、又は、(c) 改質副生ガスと他の副生ガス (改質してもしなくてもよい) を混合する。

30

【0063】

即ち、本発明においては、副生ガス及び / 又は改質副生ガスの混合割合を調整し、還元ガスの $H_2 / C O$ を所定の範囲内に調整する。

【0064】

また、本発明においては、製鉄プロセスで発生する H_2 及び / 又は C O の含有率の異なる前記副生ガスの中から、1 種又は 2 種以上の副生ガスを選択し、及び / 又は、混合し、次いで、該副生ガスに H_2O 又は CO_2 を添加し、F e、N i、C o 等の触媒の存在下で加熱して改質し、好ましくは改質後、窒素を除去し、還元ガスを製造してもよい。

40

【0065】

この場合、副生ガス及び H_2O 又は CO_2 の混合割合を調整して改質し、好ましくは改質前に、予め、副生ガス中に含まれる N_2 、 H_2O 、及び、 CO_2 の 1 種又は 2 種以上を除去し、還元ガスのモル比 $H_2 / C O$ を所定の範囲内に調整する。

【0066】

本発明で用いる還元鉄製造装置は、酸化鉄原料を還元し得る装置であればよく、特定構造の還元装置に限定されないが、従来技術で用いるシャフト炉が好ましい。

【0067】

酸化鉄原料は、主に Fe_2O_3 を含むものであればよく、その形態は、塊状鉄鉱石 (塊鉄

50

石)、粉状鉄鉱石(鉄含有ダスト類を含む)を塊成化した焼結鉱、及び、粉状鉄鉱石(鉄含有ダスト類を含む)を塊成化したペレットが好ましい。

【0068】

還元鉄製造装置としてシャフト炉を用いる場合、酸化鉄原料として、例えば、粉状鉄鉱石を塊成化した焼結鉱：20質量%以上、及び、残部：塊状鉄鉱石、及び、粉状鉄鉱石を塊成化したペレット及びブリケットの1種又は2種以上からなる酸化鉄原料を使用することができる。

【0069】

粉状鉄鉱石を塊成化したペレット及びブリケットは、それぞれ、焼成したものと、非焼成のものに区分される。また、非焼成ペレットには、さらに、炭素を含有し、被還元性が向上した含炭ペレットがあり、また、非焼成ブリケットには、同じく、炭素を含有し、被還元性が向上した含炭ブリケットがある。

【0070】

焼結鉱は、その他の塊成鉱及び塊状鉄鉱石に比べて、二次ヘマタイト(Fe_2O_3)の含有量が多く、かつ、気孔率が高く、還元粉化し易い。このため、酸化鉄原料中の焼結鉱の含有率(質量%)、焼結鉱中の2次ヘマタイト含有率(質量%)、及び、焼結鉱中の気孔率(体積%)は、酸化鉄原料の耐還元粉化指数RDI(%）、及び、還元炉内の通気性に影響する。

【0071】

図4に、焼結鉱中の2次ヘマタイト含有率及び焼結鉱気孔率と、還元粉化率との関係を示す。還元温度を還元粉化が進行し易い550℃に設定し、焼結鉱単体の還元粉化特性を調査した。図4に示すように、焼結鉱単体中の2次ヘマタイト含有率及び焼結鉱気孔率の増加に伴って、焼結鉱のRDI(%)は増加する、即ち、還元炉内の還元粉化率は増大する。

【0072】

焼結鉱を、酸化鉄原料の一部又は全部として用いる場合、焼結鉱中の2次ヘマタイト含有率及び焼結鉱気孔率に基づいて、予め、耐還元粉化指数RDI(%)を推定しておくことが必要である。

【0073】

なお、耐還元粉化指数RDI(%)は、JIS M8720に準じて測定する。つまり、16-20mmに篩い分けた500gの焼結鉱試料を、550℃のもとで、CO：30%、N₂：70%の還元ガス中で30分還元し、その後、回転ドラム内に充填し、900回転させた後、篩い分け、-2.83mmの割合(%)で表示する。

【0074】

焼結鉱を含む酸化鉄原料の還元操業を安定的に継続するためには、酸化鉄原料の耐還元粉化指数RDI(%)を所要のレベルに維持しなければならない。

【0075】

それ故、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合率(質量%)、該焼結鉱中の2次ヘマタイト含有率(質量%)、及び、該焼結鉱中の気孔率(体積%)に応じて求めた耐還元粉化指数RDI(%)の許容限界値(上限値)と、還元ガスのH₂/COとの関係を予め求め、該関係に基づいて、H₂/COの所定範囲を、耐還元粉化指数RDI(%)が許容限界値(上限値)以下となるように設定する。

【0076】

まず、図5に、表2に示す成分組成と性状の焼結鉱、ペレット、及び、塊鉱石のそれぞれを酸化鉄原料として用い、550℃で還元した場合における、還元ガスのモル比H₂/COと還元粉化率(%)の関係を示す。図5中、横軸上のH₂/CO=1.5は、天然ガスを改質したときの一条件を示している。

【0077】

10

20

30

40

【表 2】

表 2

	T. Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	RDI %	気孔率 %	JIS-RI %
焼結鉱	0.5778	0.0515	0.0181	0.0979	0.005	0.075	35	38	65
焼結鉱	0.5778	0.0515	0.0181	0.0979	0.005	0.055	45	45	75
塊鉱石	0.6576	0.0249	0.0133	0.0003	0.0018	0	10	8	55
ペレット	0.6138	0.0300	0.0064	0.0262	0.0007	0.0088	15	20	70

【0078】

被還元性 J I S - R I も、表 2 に示すように、塊鉱石 < R D I 3 5 焼結鉱 < ペレット < R D I 4 5 焼結鉱の順で増加する。一方、焼結鉱中の 2 次ヘマタイトや気孔率などの性状により焼結鉱の耐還元粉化指数 R D I は変化する。このため、表 2 に示すように、耐還元粉化指数 R D I (%) は、塊鉱石 < ペレット < R D I 3 5 焼結鉱 < R D I 4 5 焼結鉱の順に増加する。

【0079】

つまり、表 2 に示すように、ペレット中の気孔率が、R D I 3 5 焼結鉱及び R D I 4 5 焼結鉱に比べて少ないので、ペレットの還元粉化率 (%) は、R D I 3 5 焼結鉱及び R D I 4 5 焼結鉱の耐還元粉化指数 R D I (%) より小さい値となる。

【0080】

図 6 に、焼結鉱を配合した酸化鉄原料をシャフト炉に供給し、還元ガス温度 1 0 0 0 °C で還元を行なう場合における、還元炉の安定操業を維持するための酸化鉄原料の耐還元粉化指数 R D I の許容限界値 (上限値) と、還元ガスの H₂ / C O の関係の一例を示す。

【0081】

図 6 から、還元炉の通気性を良好に維持した安定操業を行うためには、酸化物原料の耐還元粉化指数 R D I が増加するのに伴い、酸化鉄原料の耐還元粉化指数 R D I の許容限界値 (上限値) 以下になるように、還元ガスのモル比 H₂ / C O を下げる必要があることが解る。

【0082】

即ち、塊鉱石又はペレットと、これらよりも還元粉化し易い性状の焼結鉱を配合した酸化鉄原料を、シャフト炉で還元する場合、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合割合の増大、及び / 又は、焼結鉱中の 2 次ヘマタイト及び気孔率の増加 (耐還元粉化指数 R D I の増加) に伴い、酸化鉄原料の耐還元粉化指数 R D I は低下するため、その低下に応じ、酸化鉄原料の耐還元粉化指数 R D I の許容限界値 (上限値) 以下になるように、還元ガスのモル比 H₂ / C O を下げなければ、安定操業を行うことができないこととなる。

【0083】

図 7 に、表 2 に示す塊鉱石又はペレットと焼結鉱を適宜配合した酸化鉄原料 (5 0 0 g) を、5 5 0 °C で 9 0 分、H₂ / C O : 1 . 5 又は 1 . 0 の還元ガスで還元したときの、焼結鉱の配合割合と還元粉化率の関係を示す。還元後、- 3 m m の粉率を測定し、還元粉化率とした。図 7 から、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合割合、及び / 又は、H₂ / C O が高くなると、還元粉化率は上昇することが解る。

【0084】

図 7 において、シャフト炉における操業を安定化するための還元粉化率 (%) の許容値 (上限値) を、かりに 3 5 % とすると、酸化鉄原料の還元粉化率 (%) が許容上限値 : 3 5 % 以下になるように、焼結鉱の R D I に影響を及ぼす焼結鉱中の気孔率、2 次ヘマタイト量、及び、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合割合に応じて、還元ガスの H₂ / C O を調整す

10

20

30

40

50

る必要がある。

【0085】

ここで、一例として、図8に、RDI35焼結鉱と塊鉱石（表2、参照）を配合した酸化鉄原料をシャフト炉に装入し、還元温度：1000℃で還元したときの、還元炉の安定操業を維持するための還元粉化率の許容限界値（上限値）（%）と還元ガスの H_2/CO の関係を示す。

【0086】

天然ガスを改質した通常の還元ガス（ $H_2/CO = 1.5$ ）を使用するシャフト炉での操業においては、酸化鉄原料のRDIが15以上（焼結鉱配合率：20%以上に相当する）になると、還元過程（ヘマタイト→マグネタイト）で還元粉化率が増加して、操業が不安定になる。

【0087】

焼結鉱は、塊鉱石、ペレットに比べて、気孔率及び2次ヘマタイト含有率が高く、かつ、RDIが高いので、焼結鉱を酸化鉄原料中に多量に配合すると、酸化鉄原料自体のRDIが高くなるので、還元ガスの H_2/CO を1.5以下にする必要がある。

【0088】

図8に示す操業例は、LDG、COGの改質ガス、及び、BFGの改質ガスを混合して、還元ガスの H_2/CO を1.5以下に調整したものである。例えば、焼結鉱の配合割合が40%の場合、還元ガスの H_2/CO を1.1に調整する。この調整により、還元粉化率が低下して、安定操業を行うことができる。

【0089】

即ち、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合割合、及び、酸化鉄原料中に配合する焼結鉱中の2次ヘマタイト含有率、及び、焼結鉱気孔率に応じて、還元ガスの H_2/CO を、炉内還元粉化率が、安定操業が可能な許容限界値（上限値）になるように調整する。

【0090】

したがって、予め、焼結鉱を配合した酸化鉄原料の耐還元粉化指数RDIの許容限界値（上限値）と還元ガスの H_2/CO の関係を求め、該関係に基づいて、酸化鉄原料の耐還元粉化指数RDIが、還元粉化の許容限界値（上限値）以下となるように、還元ガスの H_2/CO を調整すれば、シャフト炉での還元操業を安定して継続することができる。

【0091】

次に、酸化鉄原料の被還元性JIS-RI（%）について説明する。

【0092】

酸化鉄原料の被還元性JIS-RI（%）は、得られる還元鉄の金属化率に影響するので、金属化率を高める場合には、酸化鉄原料の被還元性JIS-RI（%）を考慮する必要がある。

【0093】

なお、被還元性JIS-RI（%）は、JIS M8713に準じて測定する。つまり、19.0-22.4mmに篩い分けた500gの焼結鉱試料を、900℃のもとで、COを30%、 N_2 を70%含む還元ガスで180分還元した後、還元前の被還元酸素量に対する還元酸素量の割合で表示する。

【0094】

所定の金属化率（例えば、60%以上）を達成するためには、酸化鉄原料の被還元性JIS-RI（%）を所要のレベルに維持しなければならない。それ故、被還元性JIS-RI（%）の許容限界値（下限値）と、還元ガスの H_2/CO との関係を予め求め、該関係に基づいて、還元ガスのモル比 H_2/CO の所定の範囲を、被還元性JIS-RI（%）の許容限界値（下限値）以上となるように設定する。

【0095】

図9に、酸化鉄原料として、表2に示す組成及び性状の焼結鉱、ペレット、及び、塊鉱石を、それぞれ単体でシャフト炉に装入し、900℃で還元したときの金属化率（%）と還元ガスのモル比 H_2/CO の関係を示す。還元ガスのモル比 H_2/CO の上昇に伴い、金

10

20

30

40

50

属化率（％）は向上することが解る。

【0096】

J I S - R I : 6 5 及び J I S - R I : 7 5 の焼結鉱と、J I S - R I : 7 0 のペレット、J I S - R I : 5 5 の塊鉱石（表 2、参照）を、配合割合を変えて配合した 5 0 0 g の酸化鉄原料試料を、 $H_2/C O = 0.5$ 、 0.8 、及び、 1.5 の条件で、 $900^\circ C$ 、1 8 0 分還元した。還元後の金属化率（％）と、焼結鉱の配合割合の関係を、図 1 0 に示す。なお、図中には、金属化率（％）の許容値（下限値）6 0 % のライン（図中、a）と、ベース原料と同等の金属化率を維持するライン（図中、b）を示した。

【0097】

J I S - R I : 7 5 の焼結鉱の配合割合を高めていくと、金属化率（％）は上昇する。一方、J I S - R I : 6 5 の焼結鉱を使用する場合、塊鉱石と置換する場合においては、焼結鉱の配合割合を高めていくと、金属化率（％）は上昇するが、J I S - R I : 7 0 のペレットの置換では、焼結鉱の配合率を高めると、金属化率（％）は低下する。

10

【0098】

したがって、(i) $H_2/C O$ と、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合率（質量％）、該焼結鉱中の 2 次ヘマタイト含有率（質量％）、及び、該焼結鉱中の気孔率（体積％）に応じて求めた、安定操業を維持するための酸化鉄原料の耐還元粉化指数 R D I（％）の許容限界値（上限値）との関係に加え、(ii) $H_2/C O$ と、還元鉄の平均金属化率（トータル鉄に対する金属鉄の質量割合）：6 0 % 以上を達成するための酸化鉄原料の被還元性 J I S - R I（％）の許容限界値（下限値）との関係が重要である。

20

【0099】

図 1 1 に、還元ガス温度 $1000^\circ C$ の条件における、 $H_2/C O$ と、金属化率（トータル鉄に対する金属鉄の質量割合）：6 0 ~ 8 5 % を達成する酸化鉄原料の被還元性 J I S - R I（％）の関係を示す。被還元性 J I S - R I（％）の上昇を狙う場合、還元ガスのモル比 $H_2/C O$ を低減する必要があることが解る。

【0100】

したがって、6 0 % 以上の金属化率を確実に得るには、還元ガスのモル比 $H_2/C O$ は、(i) $H_2/C O$ と、酸化鉄原料中の焼結鉱の配合率（質量％）、該焼結鉱中の 2 次ヘマタイト含有率（質量％）、及び、該焼結鉱中の気孔率（体積％）に応じて求めた、安定操業を維持するための酸化鉄原料の耐還元粉化指数 R D I（％）の許容限界値（上限値）との関係、及び、(ii) $H_2/C O$ と、還元鉄の平均金属化率（トータル鉄に対する金属鉄の質量割合）：6 0 % 以上を達成するための酸化鉄原料の被還元性 J I S - R I（％）の許容限界値（下限値）との関係に基づいて、被還元性 J I S - R I（％）が許容限界値（下限値）以上で、耐還元粉化指数 R D I（％）が許容限界値（上限値）以下となるように設定する必要がある。

30

【0101】

図 1 2 に、焼結鉱と塊鉱石を混合した酸化鉄原料を用い、還元ガス温度 $1000^\circ C$ で還元した場合における、金属化率 6 0 % と通気性（炉内粉率上限）を満足する J I S - R I とモル比 $H_2/C O$ の関係を示す。

【0102】

通常操業では、J I S - R I : 5 5 程度の塊鉱石を使用し、天然ガスを改質したガス（ $H_2/C O = 1.5$ ）で操業しているが、天然ガスの代わりに製鉄プロセスで発生する副生ガス：L D G + C O G を使用し、 $H_2/C O = 1.20$ で操業したところ、還元鉄（製品）の金属化率が低下し、操業が不安定になった。

40

【0103】

図 1 3 に、焼結鉱とペレットを混合した酸化鉄原料を用い、還元ガス温度 $1000^\circ C$ で還元した場合における、金属化率 6 0 % と通気性（炉内粉率上限）を満足する J I S - R I とモル比 $H_2/C O$ の関係を示す。

【0104】

ペレットは、塊状鉄鉱石に比べて、J I S - R I が高く、R D I が高いので、図 1 2 に

50

示す関係に比べて、J I S - R I が高く、R D I が高い条件で、通気性と還元性を同時に満足する操業範囲が存在する。製鉄プロセスで発生する副生ガス：L D G + C O G を混合し、 $H_2 / CO = 1.20$ となるように調整して操業する場合、酸化鉄原料の J I S - R I が 67 以上の範囲（R D I 35 焼結鉱の場合）、又は、73 以下の範囲（R D I 145 焼結鉱の場合）にあれば、下限金属化率 60 % と通気性を同時に満足する安定操業域が存在する。

【0105】

2) 次に、銑鉄の製造方法について説明する。

【0106】

本発明の銑鉄の製造方法においては、本発明の還元鉄の製造方法で製造した還元鉄の 1 部又は全部を、高炉や、コークス充填型溶融炉、電気炉、及び、転炉に装入して溶融し、銑鉄を製造する。

10

【0107】

還元鉄の 1 部又は全部を、スクラップや粒銑、形銑の一部又は全部に替えて転炉や T P C（混銑車）等の溶銑搬送装置に装入してもよい。この時、製造した還元鉄を熱間で装入することが望ましい。

【0108】

例えば、還元鉄製造炉の出側に断熱構造のホッパーを設け、所定量を T P C（混銑車）に切り出し、その後、T P C で受銑することにより製造した還元鉄を溶解し、溶銑を増やすことができる。700℃で装入した場合、常温の約 1.5 倍の還元鉄を、混銑車（T P C）等の混銑炉内に投入することができる。

20

【0109】

本発明は、このように、製鉄プロセスで発生する副生ガスを活用して酸化鉄原料を還元して還元鉄を製造する工程、及び、該工程で製造した還元鉄を含む製鉄原料を溶融する工程を通じ、製鉄プロセスで発生する CO_2 の量を削減することができる。

【実施例】

【0110】

次に、本発明の実施例について説明するが、実施例で採用する条件は、本発明の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例であり、本発明は、この一条件例に限定されるものではない。本発明は、本発明の要旨を逸脱せず、本発明の目的を達成する限りにおいて、種々の条件を採用し得るものである。

30

【0111】

（実施例 1）

C O G と L D G を混合した還元ガスを用いて還元鉄を製造し、冷却した後、還元鉄を豎型溶解炉で溶解した例を示す。気体に係る % は「モル %」を意味する。

【0112】

ガス分析の結果、C O G の成分組成は、C O : 5 %、 H_2 : 55 % で、L D G の成分組成は、C O : 70 %、 H_2 : 20 % であった（表 1、参照）。そこで、C O G : 65 %、L D G : 35 % の割合で混合し、還元ガスを製造した。還元ガスの成分組成は、分析の結果、表 3 に示すように、C O : 27.8 %、 H_2 : 42.8 % であり、計画通りの混合であった。

40

【0113】

【表 3】

表 3

	CO	H ₂	その他	熱量kcal/Nm ³
COG	3.3%	35.8%	26.0%	2925
LDG	24.5%	7.0%	3.5%	788
還元ガス	27.8%	42.8%	29.5%	3713

混合比率 COG : 65% H₂/CO=1.541
 LDG : 35%

10

【0114】

表 3 に示す還元ガスを、28 kNm³/Hr (COG : 18 kNm³/Hr、LDG : 10 kNm³/Hr) で還元鉄製造装置に供給した。還元鉄供給装置は、φ5mの縦型シャフト炉本体、還元ガス予熱炉、除塵装置、CO₂除去装置等から構成されているものである。

【0115】

還元鉄製造装置に、酸化鉄原料として、塊鉱石とペレットを半々で配合したものを装入した。塊鉱石とペレットの径は、略10mm程度である。900℃に加熱した還元ガスを、ショフト炉本体に供給し、還元鉄を製造した。還元鉄の再酸化を防止するため、熱間でブリケット（以下、HBI（ホットブリケットアイアン））にして冷却した。生産速度は、約40t/Hであった。

20

【0116】

上記HBIを、67m³のキューボラに装入して溶解し、銑鉄を製造した。還元鉄製造から銑鉄製造までに要したエネルギーは4.4Gcal/tであり、大型高炉での溶銑製造エネルギー4.2Gcal/tより大きい。CO₂発生量は、1200kg/tであり、高炉法によるCO₂発生量：1600kg/tの3/4であった。これは、製鉄プロセスで発生するH₂を含む副生ガスを還元ガスとして活用したことによるものといえる。

【0117】

（実施例2）

還元ガスとして天然ガスを改質したガス（H₂/CO=約1.5）、酸化鉄原料として、塊鉱石（RDI : 10%、JIS-RI : 55）とペレット（RDI : 15%、JIS-RI : 70）を用い、シャフト炉で通常の操作を実施した。次に、比較例1及び2として、上記酸化物原料にRDI : 35%、JIS-RI : 65の焼結鉱、又は、RDI : 45%、JIS-RI : 75の焼結鉱を配合して操作し、操作状態を確認した。

30

【0118】

次に、本発明の実施例として、還元ガスとして、製鉄プロセスで発生した高炉ガス（BFG）、コークス炉ガス（COG）、及び、転炉ガス（LDG）を、そのまま又は改質して混合し、H₂/COを、所定の範囲内に調整した還元ガスを製造し、該還元ガスを用い、酸化鉄原料として、RDIの異なる焼結鉱を所定の配合割合で配合した酸化鉄原料をシャフト炉に装入し、同様に、操作状態を確認した。

40

【0119】

表 4 に、試験条件及び試験結果を示す。

【0120】

【表 4】

表 4

	通常操業	比較例 1	比較例 2	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
還元温度	900	900	900	900	900	900	900	900
H ₂ +CO	92	92	92	92	92	92	92	92
H ₂ /CO	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.0	0.5	0.4
焼結鉱	0	20	25	25	25	50	60	70
RD値 (JIS-RI値)	35 (65)	35 (65)	45 (75)	35 (65)	35 (65)	35 (65)	45 (75)	45 (75)
塊状鉄鉱石	90	80	75	75	75	0	0	0
RD値 (JIS-RI値)	10 (55)	10 (55)	10 (55)	10 (55)	10 (55)	10 (55)	10 (55)	10 (55)
ペレット	10	0	0	0	0	50	40	30
RD値 (JIS-RI値)	15 (70)	15 (70)	15 (70)	15 (70)	15 (70)	15 (70)	15 (70)	15 (70)
原料RD値 (JIS-RI値)	10.5 (56.5)	15.0 (57.0)	18.8 (60.0)	16.3 (57.5)	16.3 (57.5)	25.0 (67.5)	33.0 (73.0)	36.0 (73.5)
還元ガス	NG	NG	NG	NG+LDG	COG+LDG	COG+LDG	COG+LDG	COG+LDG +BFG
ガス量	213	222	164	223	218	201	136	129
生産速度	170	165	130	165	165	155	130	135
ηCO	48	45	35	46	46	48	50	48
ηH ₂	40	38	30	36	36	34	25	30
金属化率	85	85	50	85	85	85	70	63
操業状態	安定	安定	不安定	安定	安定	安定	安定	安定

【0121】

表 4 において比較例 1 は、酸化物原料に、RDI : 35 %、JIS-RI : 65 の焼結鉱を 20 % 配合した操業例であるが、天然ガスを改質した H₂/CO : 1.5 の還元ガスで、安定操業が可能であった。

【0122】

次に、比較例 2 として、酸化物原料に、RDI : 45 %、JIS-RI : 75 の焼結鉱

を配合し、その配合割合を25%に増加し、他の条件は、比較例1と同じ条件で操作を実施した。その結果、焼結鉱のRDIの増加、又は、酸化物原料中の焼結鉱配合割合の増加に伴う還元粉化により、通気変動が生じ始め、操作が不安定となった。

【0123】

実施例1は、焼結鉱の配合割合及び還元ガスの条件以外は、比較例1と同じ条件で、天然ガスに転炉ガス(LDG)を混合して、 $H_2/CO:1.2$ に低下させた還元ガスを用いた操業例である。実施例1の操業例は、酸化物原料中の焼結鉱の配合割合が、比較例1よりも高い25%の場合でも、還元ガスの H_2/CO の低下により、安定操業が可能となった例である。

【0124】

実施例2は、還元ガスの条件以外は、実施例1と同じ条件で、還元ガスとして、製鉄所の副生ガスであるコークス炉ガス(COG)と転炉ガス(LDG)を混合して、 $H_2/CO:1.2$ に調整した還元ガスを用いた操業例である。同様に、安定操業が可能となった操業例である。

【0125】

実施例3は、還元ガスの H_2/CO 、及び、焼結鉱の配合割合以外は、実施例2と同じ条件で、焼結鉱の配合割合を50%に増加した操業例である。還元ガスの H_2/CO を1.0に調整することで、安定操業が可能となった操業例である。

【0126】

実施例1～3の結果を含む、還元粉化率の許容値(上限値)及び酸化物原料のRDIと、還元ガスの H_2/CO との関係は、図6に示す傾向にある。

【0127】

塊鉱石やペレットに比べて、気孔率及び2次ヘマタイト含有率が高く、かつ、RDIが高い焼結鉱を、酸化物原料中に多量に配合する場合は、酸化物原料のRDIが高くなるため、 H_2/CO の異なる複数の製鉄所副生ガスを混合して、 H_2/CO を1.5より低くなるように調整する必要がある。

【0128】

実施例4は、実施例3よりもRDIが高い焼結鉱(RDI:45の焼結鉱)を、実施例3よりも高い60%の配合割合で配合し、コークス炉ガス(COG)と転炉ガス(LDG)の混合比により、還元ガスの H_2/CO を、実施例3よりも低く($H_2/CO:0.5$)調整した操業例である。実施例4では、実施例3よりも、酸化物原料のRDIが増加したにもかかわらず、安定操業が可能となった。

【0129】

実施例5は、高炉ガス(BFG)、コークス炉ガス(COG)、及び、転炉ガス(LDG)を混合し、 $H_2/CO:0.4$ に調整した還元ガスを用い、酸化物原料中のRDI:45の焼結鉱を70%に増加し、残部をペレット(30%)とした操業例であるが、安定操業が可能であった。

【産業上の利用可能性】

【0130】

前述したように、本発明によれば、製鉄プロセスで発生する副生ガスを有効に還元鉄の製造に用いることができるとともに、製鉄プロセスで発生する CO_2 量を、高炉法で発生する CO_2 量より低減することができる。よって、本発明は、製鉄産業において利用可能性が高いものである。

【図面の簡単な説明】

【0131】

【図1】製鉄プロセスで発生する副生ガスの従来の利用態様を示す図である。

【図2】製鉄プロセスで発生する副生ガスの本発明の利用態様を示す図である。

【図3】酸化鉄の還元平衡状態図である。(a)は、酸化鉄とCOの還元平衡状態図であり、(b)は、酸化鉄と H_2 の還元平衡状態図である。

【図4】酸化物原料が焼結鉱単体の場合における、気孔率及び2次ヘマタイト含有率と還

10

20

30

40

50

元粉化率の許容値（上限値）との関係の一例を示す図である。

【図 5】酸化物原料が、焼結鉱単体、ペレット単体、及び、塊鉱石単体の場合における、還元ガスの $H_2/C O$ と還元粉化率との関係の一例を示す図である。

【図 6】焼結鉱を配合した酸化鉄原料の、還元炉の安定操業を維持するための耐還元粉化指数 $R D I$ の許容限界値（上限値）と、還元ガスの $H_2/C O$ の関係を示す図である。

【図 7】酸化物原料中の焼結鉱の配合割合及び還元ガスの $H_2/C O$ と、還元粉化率との関係の一例を示す図である。

【図 8】焼結鉱の配合割合と、還元ガスの $H_2/C O$ との関係の一例を示す図である。

【図 9】焼結鉱、ペレット、及び、塊鉱石を、それぞれ単体で酸化鉄原料として用い 900℃で還元したときの金属化率（％）と還元ガスのモル比 $H_2/C O$ の関係を示す図である。

【図 10】酸化鉄原料中の焼結鉱の配合割合と、還元後の金属化率（％）との関係を示す図である。

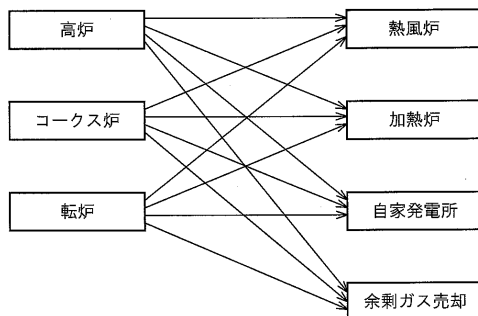
【図 11】還元ガス温度 1000℃の条件における、 $H_2/C O$ と、金属化率（トータル鉄に対する金属鉄の質量割合）：60～85％を達成する酸化鉄原料の被還元性 $J I S - R I$ （％）の関係を示す図である。

【図 12】焼結鉱と塊鉱石を混合した酸化鉄原料を用い、還元ガス温度 1000℃で還元した場合における、金属化率 60％と通気性（炉内粉率上限）を満足する $J I S - R I$ とモル比 $H_2/C O$ の関係を示す図である。

【図 13】焼結鉱とペレットを混合した酸化鉄原料を用い、還元ガス温度 1000℃で還元した場合における、金属化率 60％と通気性（炉内粉率上限）を満足する $J I S - R I$ とモル比 $H_2/C O$ の関係を示す。

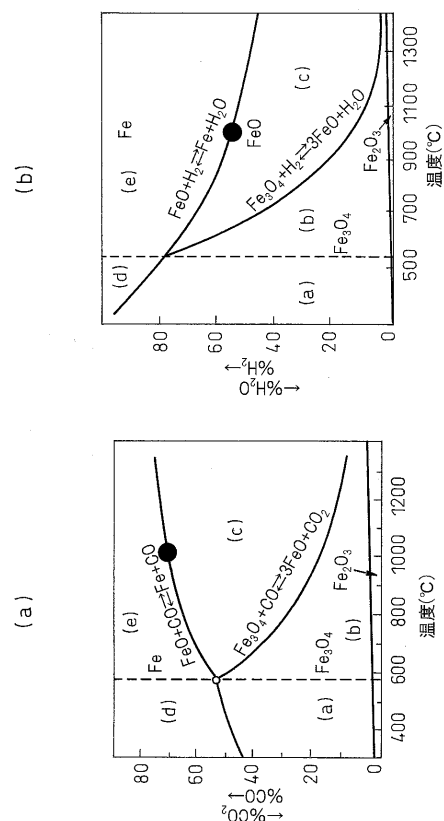
【図 1】

図1

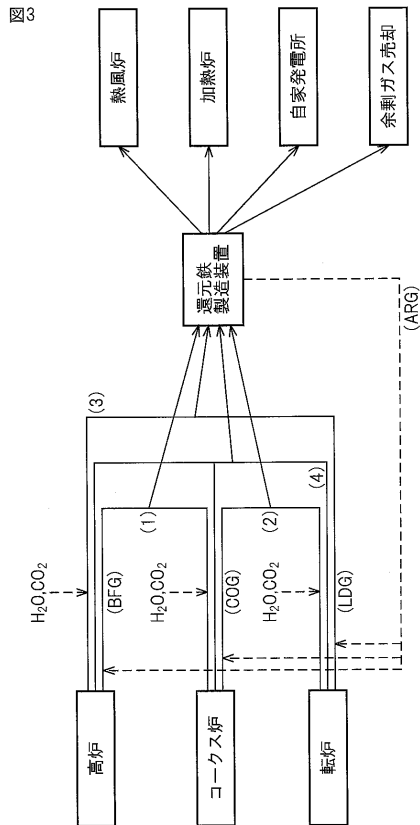


【図 2】

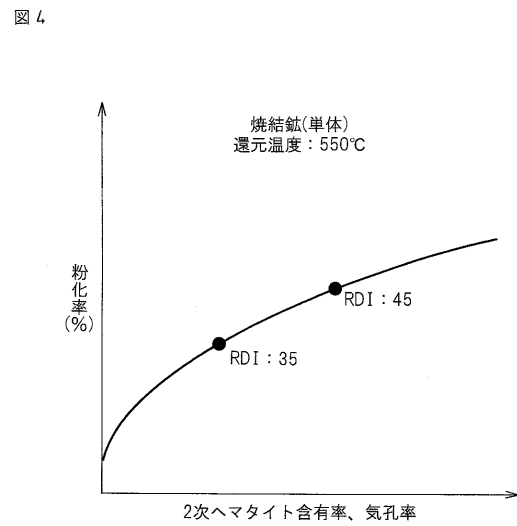
図 2



【図 3】

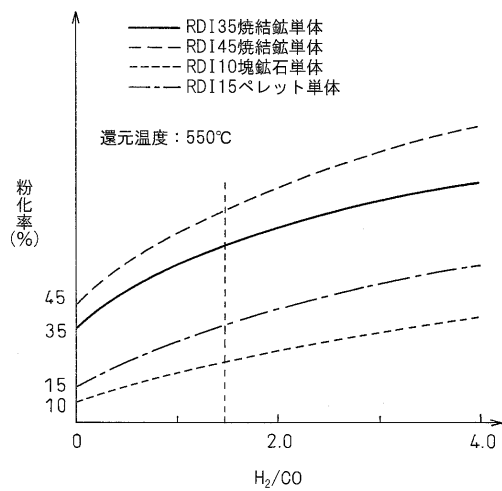


【図 4】



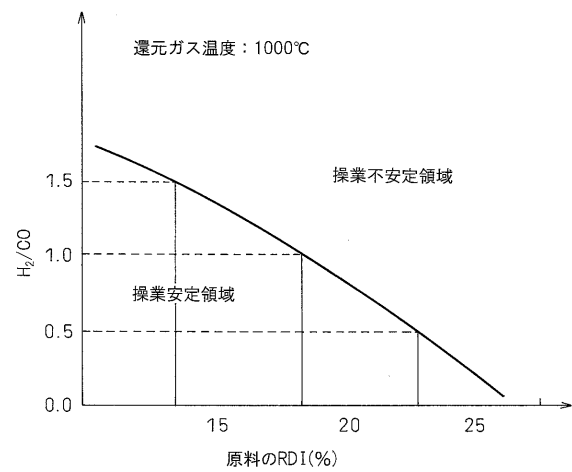
【図 5】

図 5



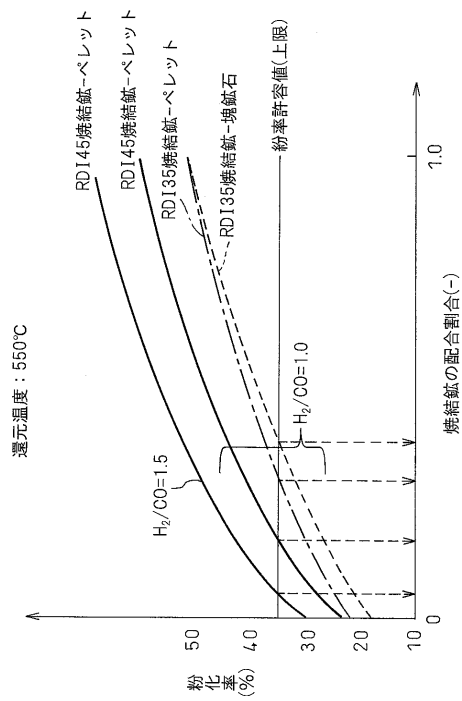
【図 6】

図 6



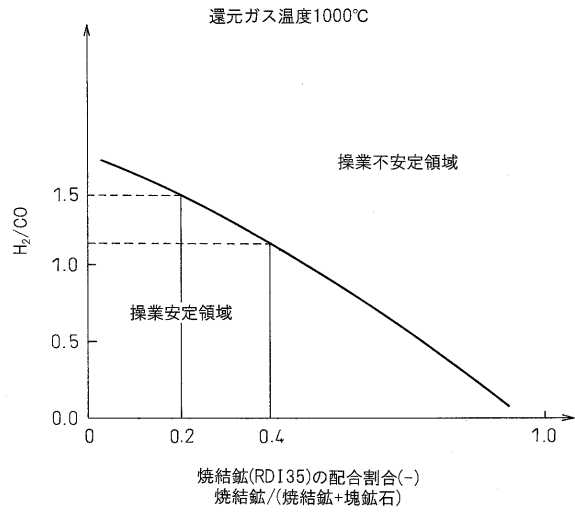
【図 7】

図 7



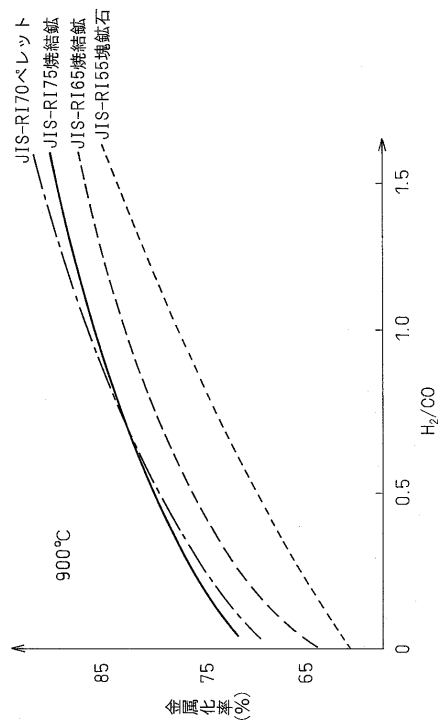
【図 8】

図 8



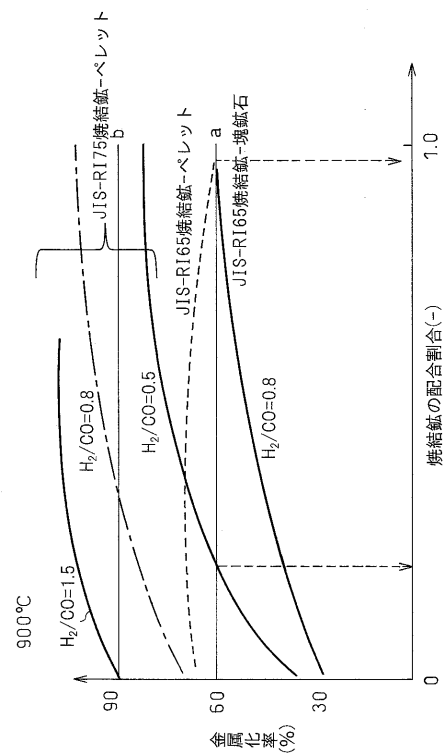
【図 9】

図 9



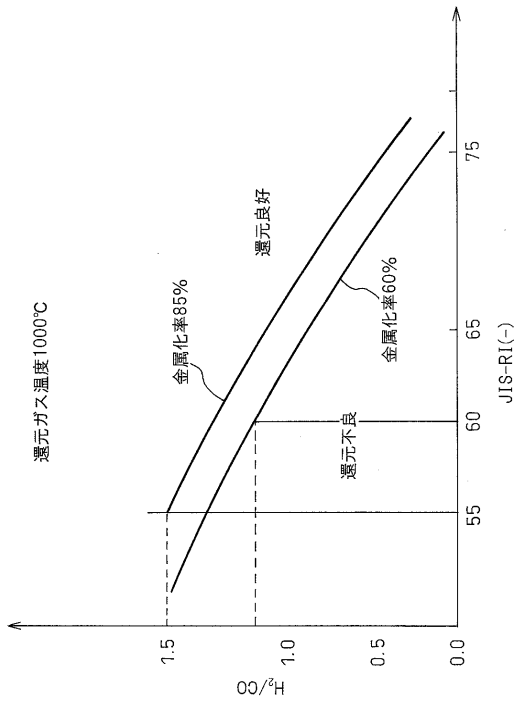
【図 10】

図 10



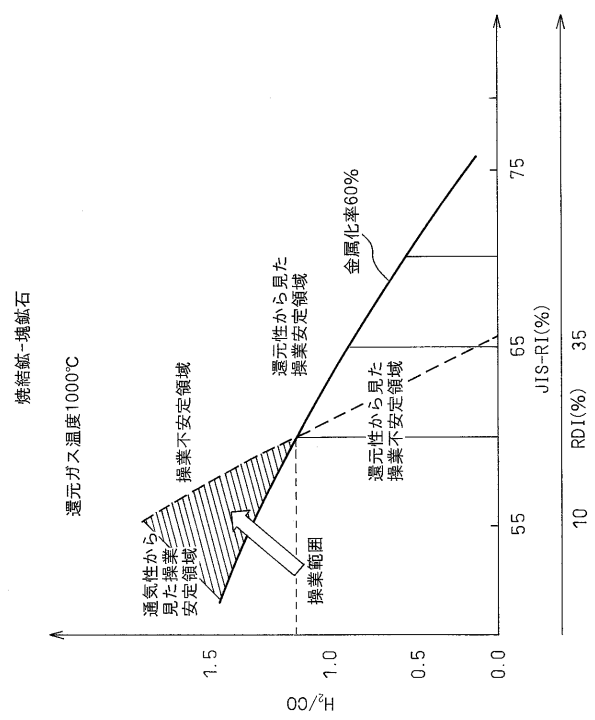
【図 1 1】

図 11



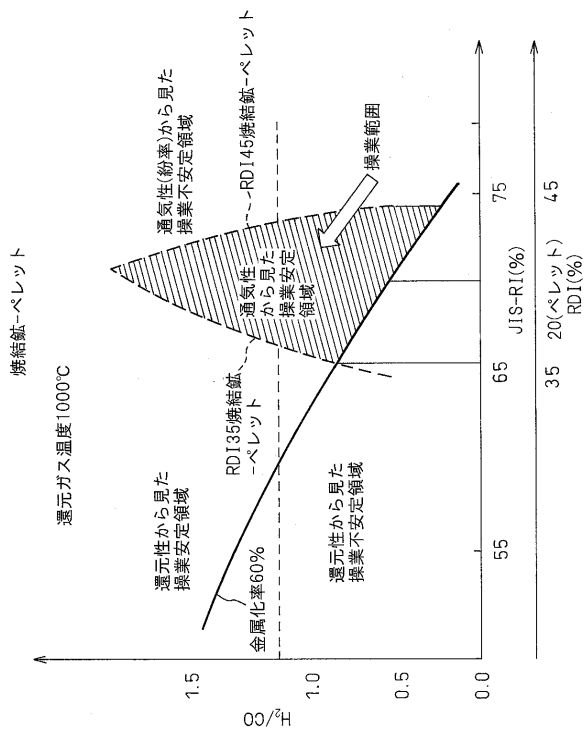
【図 1 2】

図 12



【図 1 3】

図 13



フロントページの続き

- (72)発明者 内藤 誠章
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 国友 和也
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 金井 則之
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 山村 雄一
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 木村 寛
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 三輪 隆
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 小野 透
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 磯部 誠
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 川村 拓史
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 篠竹 昭彦
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- Fターム(参考) 4K012 BA01 BA06 BA07 CA01 CA03 CA05 CA08 DC03 DC05