

(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2010-96592

(P2010-96592A)

(43) 公開日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 33/24 (2006.01)	GO 1 N 33/24 A	4 K O O 1
C 2 2 B 1/16 (2006.01)	C 2 2 B 1/16 Q	
GO 1 N 5/04 (2006.01)	GO 1 N 5/04 A	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2008-266569 (P2008-266569)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成20年10月15日 (2008.10.15)		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】 焼結用配合鉄鉱石の評価方法

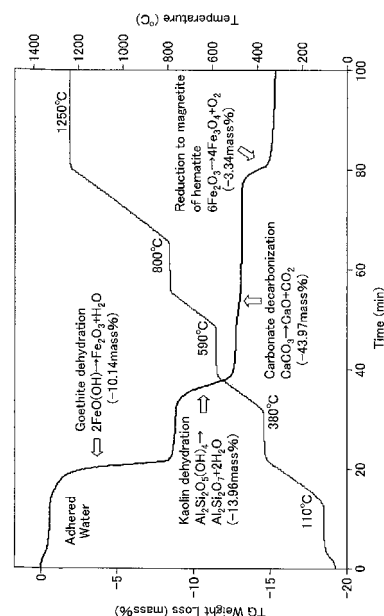
(57) 【要約】

【課題】 Al_2O_3 の含有量が高く、造粒性を阻害する 0.25mm以下の微粉を多く含むマランバ鉱石、低燐および高燐ブロックマン鉱石、または、これらを含むブレンド鉱石を焼結原料として多量に使用する際に、焼結原料の焼結性および造粒性を高めるための焼結用配合鉄鉱石の評価方法を提供する。

【解決手段】 鉄鉱石の熱重量測定を行い、熱重量測定における380～590℃の温度範囲において観測される重量減少量からカオリン量を算出し、鉄鉱石の元素分析から求められたAl含有量からギブサイト量を算出し、熱重量測定における110～380℃の温度範囲において観測される重量減少量からゲーサイト量を算出し、算出されたこれらの量に基づいて鉄鉱石の焼結特性を評価する。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 種または 2 種以上の鉄鉱石を含む焼結用配合鉄鉱石の評価方法において、
 前記鉄鉱石の熱重量測定を行い、
 (a) 熱重量測定における $380^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ から $590^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少をカオリン $\{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4\}$ の脱水による重量減少として、脱水量からカオリン量 W_{KAO} を算出し、
 (b) 前記鉄鉱石の元素分析から求められた Al 含有量 (T. Al) から前記カオリンを構成する Al 量を減じた残りの Al 量をギブサイト $\{\text{Al}(\text{OH})_3\}$ を構成する Al としてギブサイト量 W_{GIB} を算出し、
 (c) 熱重量測定における $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ から $380^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少から、前記ギブサイトの脱水による重量減少を減じた重量減少をゲーサイト $\{\text{FeO}(\text{OH})\}$ の脱水による重量減少として、ゲーサイト量 W_{GOE} を算出し、
 (d) 前記 W_{KAO} 、 W_{GIB} 、 W_{GOE} に基づいて鉄鉱石の焼結特性を評価することを特徴とする焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

10

【請求項 2】

1 種または 2 種以上の鉄鉱石を含む焼結用配合鉄鉱石の熱重量測定を行い、予め測定しておいた前記鉄鉱石の化合水 (CW) と、熱重量測定における $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ から $380^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少の差をカオリン $\{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4\}$ の脱水による重量減少として、カオリン量 W_{KAO} を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

20

【請求項 3】

前記 W_{KAO} (mass%)、 W_{GIB} (mass%)、 W_{GOE} (mass%) は、下記 (1) 式、(2) 式、(3) 式および (4) 式に基づいて算出することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

$$W_{\text{KAO}} = \Delta T G_{380-590} / k_1 \quad \dots (1)$$

$$W_{\text{KAO}} = (CW - \Delta T G_{110-380}) / k_1 \quad \dots (2)$$

$$W_{\text{GIB}} = \{T. \text{Al} - (W_{\text{KA}} \times k_2)\} \times k_3 \quad \dots (3)$$

$$W_{\text{GOE}} = \{\Delta T G_{110-380} - (W_{\text{GIB}} \times k_4)\} / k_5 \quad \dots (4)$$

ただし、上記 $\Delta T G_{380-590}$ および $\Delta T G_{110-380}$ は、熱重量測定における $380^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ から $590^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 、および $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ から $380^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ の各温度範囲において観測される重量減少 (mass%)、CW、T. Al は、予め測定しておいた化合水および Al 含有量 (mass%) を示す。

30

なお、上記 (1) ~ (4) 式に用いた k_1 から k_5 の係数は、以下の式量の計算から求められる。

$$k_1: 2\text{H}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \quad 0.13957$$

$$k_2: 2\text{Al} / \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \quad 0.20903$$

$$k_3: \text{Al}(\text{OH})_3 / \text{Al} \quad 2.891$$

$$k_4: 3\text{H}_2\text{O} / 2\text{Al}(\text{OH})_3 \quad 0.11548$$

$$k_5: \text{H}_2\text{O} / 2\text{FeO}(\text{OH}) \quad 0.10138$$

40

【請求項 4】

さらに、

(e) 予め測定しておいた酸可溶性酸化鉄 (II) (FeO) からマグネタイト (Fe_3O_4) 量 W_{MAG} を算出し、予め測定しておいた全鉄量 (T. Fe) から、前記マグネタイト構成する Fe と前記ゲーサイトを構成する Fe とを減じた残りの Fe をヘマタイト (Fe_2O_3) を構成する Fe としてヘマタイト量 W_{HEM} を算出し、

(f) 予め測定しておいた Si 量 (T. Si) から前記カオリンを構成する Si 量を減じた残りの Si 量を石英 (SiO_2) を構成する Si として石英量 W_{QUA} を算出し、

(g) 前記 W_{KAO} 、 W_{GIB} 、 W_{GOE} 、 W_{MAG} 、 W_{HEM} 、 W_{QUA} に基づいて鉄鉱石の焼結特性を評価する

50

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

【請求項 5】

前記 W_{MAG} (mass%)、 W_{HEM} (mass%)、 W_{QUA} (mass%) は、下記 (5) 式、(6) 式、(7) 式に基づいて算出することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

$$W_{\text{MAG}} = \text{FeO} / k_6 \quad \dots (5)$$

$$W_{\text{HEM}} = \{ \text{T. Fe} - (W_{\text{GOE}} \times k_7 + W_{\text{MAG}} \times k_8) \} / k_9 \quad \dots (6)$$

$$W_{\text{QUA}} = \{ \text{T. Si} - (W_{\text{KAO}} \times k_{10}) \} \times k_{11} \quad \dots (7)$$

ただし、上記 FeO は酸可溶性酸化鉄 (II) を酸化第一鉄 (FeO) に換算した含有量 (mass%)、T. Fe は全鉄含有量 (mass%)、T. Si は Si 含有量 (mass%) を示す

10

。なお、上記 (5) ~ (7) 式に用いた k_6 から k_{11} の係数は、以下の式量の計算から求められる。

$$k_6 : \text{FeO} / \text{Fe}_3\text{O}_4 \quad 0.31030$$

$$k_7 : \text{Fe} / \text{FeO}(\text{OH}) \quad 0.62852$$

$$k_8 : 3\text{Fe} / \text{Fe}_3\text{O}_4 \quad 0.72359$$

$$k_9 : 2\text{Fe} / \text{Fe}_2\text{O}_3 \quad 0.69942$$

$$k_{10} : 2\text{Si} / \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \quad 0.21758$$

$$k_{11} : \text{SiO}_2 / \text{Si} \quad 2.13934$$

【請求項 6】

20

1 種または 2 種以上の鉄鉱石を含む焼結用配合鉄鉱石の評価方法において、

不活性ガス、または窒素雰囲気下で熱重量測定を行い、

(h) 熱重量測定における $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ から $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少をゲーサイト $\{\text{FeO}(\text{OH})\}$ の脱水による重量減少として、ゲーサイト量 W_{GOE}^* を簡易的に算出し、

(i) 熱重量測定における $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ から $590^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少をカオリン $\{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4\}$ の脱水による重量減少として、脱水量からカオリン量 W_{KAO} を算出し、

(j) 熱重量測定における $800^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}$ から $1250^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少と前記 W_{GOE}^* を基にヘマタイト量 W_{HEM}^* を簡易的に算出し、

30

(k) 前記 W_{GOE}^* 、 W_{KAO} 、および W_{HEM}^* に基づいて鉄鉱石の焼結特性を評価することを特徴とする焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

【請求項 7】

前記 W_{GOE}^* (mass%)、 W_{KAO} (mass%)、 W_{HEM}^* (mass%) は、下記 (8) 式、(9) 式、(10) 式に基づいて算出することを特徴とする請求項 6 に記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法

$$W_{\text{GOE}}^* = \Delta T G_{110-380} / k_5 \quad \dots (8)$$

$$W_{\text{KAO}} = \Delta T G_{380-590} / k_1 \quad \dots (9)$$

$$W_{\text{HEM}}^* = (\Delta T G_{800-1250} / k_{12}) - (W_{\text{GOE}}^* \times k_{13}) \quad \dots (10)$$

ただし、上記 $\Delta T G_{110-380}$ 、 $\Delta T G_{380-590}$ および $\Delta T G_{800-1250}$ は、熱重量測定における $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ から $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ から $590^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、および $800^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}$ から $1250^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}$ の各温度範囲において観測される重量減少 (mass%) を示す。

40

なお、上記 (8) ~ (10) 式に用いた k_1 、 k_5 、 k_{12} 、 k_{13} の係数は、以下の式量の計算から求められる。

$$k_1 : 2\text{H}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \quad 0.13957$$

$$k_5 : \text{H}_2\text{O} / 2\text{FeO}(\text{OH}) \quad 0.10138$$

$$k_{12} : \text{O}_2 / 6\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad 0.03340$$

$$k_{13} : \text{Fe}_2\text{O}_3 / 2\text{FeO}(\text{OH}) \quad 0.89862$$

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、焼結鉱の製造方法に関し、特に、焼結原料に配合する難焼結性の成分組成を有する鉄鉱石、または、ブレンド鉱石（配合鉄鉱石）を事前粉碎処理することで、焼結原料の焼結性および造粒性を改善し、焼結の成品歩留および生産性を向上するための焼結用配合鉄鉱石の評価方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、高炉製鉄法の主原料として用いられる焼結鉱は、以下のように製造される。

先ず、焼結原料の主原料となる約10mm以下の鉄鉱石粉、焼結返鉱、焼結篩下粉、製鉄ダスト（製鉄ダスト、製鋼ダスト、スケール等）などからなるその他鉄含有原料、石灰石、ドロマイト、転炉スラグ、蛇紋岩、珪石、かんらん岩などの副原料、コークス粉、無煙炭などの炭材を配合後、ドラムミキサー、ペレタイザー等の造粒機で適量水分となるように水分添加量を調節しながら混合、造粒を行い、焼結原料を擬似粒子化した後、焼結機に装入し焼成する。焼成後の焼結ケーキは、解砕、整粒して、所定粒径の焼結鉱となる。

【0003】

なお、所定粒径より粒径の小さい焼結鉱や、高炉までの搬送中に崩壊して生じた焼結粉は、それぞれ、焼結返鉱、焼結篩下粉と呼ばれ、焼結原料に配合する鉄含有原料として使用される。

【0004】

ここで、通常の焼結原料を造粒して得られる擬似粒子は、主に、粒径0.5mm以下の微粉粒子が粒径1～3mmの核粒子に付着した構造となっており、焼結原料をこのような擬似粒子とすることにより、焼結機内の焼結原料充填層（焼結ベッド）中の微粉粒子による通気性の悪化を抑制し、焼結機の実産性の向上を図ることができる。

【0005】

また、近年、鉄資源の有効利用の点から、焼結用原料として、ペレット用微粉鉄鉱石（ペレットフィード）、マラマンバ鉱石などの微粉割合が高い焼結用粉鉄鉱石、さらに、製鉄プロセスで発生する製鉄ダストを多く配合することが行なわれている。

【0006】

このような微粉鉄鉱石の割合が高い焼結原料を造粒するために、従来から、焼結原料に生石灰などの造粒剤を添加し、混練機（ミキサー）で混合した後、ドラムミキサー、さらには、ドラムミキサーに較べて造粒能力が高いディスクペレタイザーなどの、造粒能力が高い造粒機を用いて造粒する方法が行なわれている。

【0007】

この造粒方法により得られる微粉割合が高い焼結原料からなるペレット状の造粒物は、比較的密度が高い造粒物となるため、通常の焼結機を用いて焼成する際に、造粒物内部への酸素の拡散が阻害され、内部の炭材の燃焼が遅れる。

【0008】

焼結原料の造粒処理工程では、焼結原料中の微粉粒子を核粒子の周りに付着させる度合い、つまり、焼結原料の擬似粒化性を向上させるとともに、造粒で得られた擬似粒子が、焼結機までの搬送中および焼結ベッドにおいて崩壊し難い擬似粒子の強度を有すること等が求められる。また、一般に、このような焼結原料の擬似粒化性や擬似粒子の強度（崩壊し難さ）は、焼結原料の配合原料の成分や粒度構成、特に、焼結原料の主要部分を占める鉄鉱石の成分や粒度構成によって大きく左右される。

【0009】

鉄鉱石の分析は、日本工業規格JIS M 8202、8205、8207、8208、8210～8230に示される方法に則って行われており、一般的にはJIS M 8212 鉄鉱石中—全鉄定量方法から求められる全鉄（T. Fe）、JIS M 8212 鉄鉱石中の酸可溶性鉄（II）定量方法から求められる酸化第一鉄量（FeO）、JIS M 8211 鉄鉱石中の化合水定量方法から求められる化合水量（CW）、JIS

10

20

30

40

50

M 8205 鉄鉱石の蛍光X線分析方法から求められる SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 等、JIS M 8216 鉄鉱石中一りん定量方法から求められる P 量等によって鉄鉱石の品質評価が行われている（例えば、非特許文献1～5、参照）。

【0010】

ただし、蛍光X線分析法から求められる SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 等は、Si、Al、Ca、Mg等の元素量を酸化物に換算して表しているものであり、鉄鉱石中に石英（ SiO_2 ）や鋼玉（ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ）などが存在していることを示しているものではない。

【0011】

一方、焼結原料の主要原料である鉄鉱石は、成分、特性が多様な銘柄の鉄鉱石が世界に存在し、一般的に、これらの複数銘柄の鉄鉱石を鉄含有原料として焼結原料中に配合して使用している。このような鉄鉱石のうち、これまで焼結原料として多く使用されてきた良質なヘマタイト鉱石は、世界の鉄鉱石資源をみても枯渇の方向にあり、現状の生産が続くと、主要鉱山は、近年中にも掘り尽くされてしまうと予測されており、これに替わる銘柄の鉄鉱石の利用が望まれている。

10

【0012】

このような中で、近年、将来の主要な焼結用鉄鉱石として、良質なヘマタイト鉱石に比べて、安価でかつ資源的にも豊富なマラマンバ鉱石、高燐ブロックマン鉱石などが、焼結原料として注目されている。

【0013】

マラマンバ鉱石とは、豪州のマラマンバ鉄鉱床から産出する鉄鉱石の総称であり、ゲーサイト（ $\alpha\text{-FeOOH}$ ）とマータイト（マグネタイト形状を有する $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ）を主要鉄鉱物とし、表1に示す産地銘柄名（通称名）で、ウェストアンジェラス鉱が、その代表的な鉄鉱石である。

20

【0014】

ブロックマン鉱石とは、豪州のブロックマン鉄鉱床から産出する鉄鉱石の総称であり、ヘマタイトを主要鉄鉱物とし、表1に示す産地銘柄名（通称名）でハマスレイ鉱、ニューマン鉱、および、HIB鉱などが、その代表的な鉄鉱石である。HIB鉱などは、Pが0.07質量%以上と高いので、高燐ブロックマン鉱石と呼び、ハマスレイ鉱、ニューマン鉱、および、HIP鉱などは、Pが0.07質量%未満と比較的低いので低燐ブロックマン鉱石と呼び、両者を区別している。

30

【0015】

【表 1】

表 1

分類	銘柄	化学組成 (質量%)					粒度分布	
		T. Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	CW	+ 3 mm	- 0. 25mm
イタビラ	リオドセ	65. 3	4. 5	0. 55	0. 031	0. 98	24	40
	カラジャス	67. 2	0. 8	0. 84	0. 028	1. 21	32	24
ブロックマン	ハマスレイ	63. 2	4. 5	2. 15	0. 072	2. 5	27	18
	Mt. ニューマン	63. 8	5. 4	2. 63	0. 065	2. 2	36	24
	HIB	63	3. 2	2. 08	0. 117	3. 87	30	25
マラマンバ	ウェストアンジェラス	62. 9	2. 8	2. 11	0. 071	5. 51	27	33
	MAC	63. 1	2. 7	1. 32	0. 056	3. 13	26	36
	ホープダウンス	61. 6	3. 1	1. 52	0. 056	5. 41	29	26
ピソライト	ローブリバー	58. 6	5. 6	2. 66	0. 044	7. 48	32	14
	ヤンディ	57. 4	5. 2	1. 54	0. 042	8. 84	34	8
新規	ピルバラブレンド	62. 8	3. 34	2. 09	0. 081	3. 86	40	27

【0016】

表 1 に、日本国内で焼結用原料として使用している代表的な鉄鉱石の化学的および物理的な特徴を示す。

豪州のマラマンバ鉱石（産地銘柄：ウェストアンジェラス）と、豪州の低燐ブロックマン鉱石（産地銘柄：ハマスレイ、Mt. ニューマン）、および、高燐ブロックマン鉱石（産地銘柄：HIB）は、0. 25 mm以下の微粉部分が多い粒度分布を有するとともに、融点の高い脈石成分である Al₂O₃の含有量が高く、結晶水も比較的高いため、造粒性と焼結性が悪い鉄鉱石として知られている。また、これらの鉄鉱石中の化合水（CW）の含有量が高い理由は、主要鉄鉱物として、 α -FeOOHを多く含有することに起因するとされている。

【0017】

これらのマラマンバ鉱石および高燐ブロックマン鉱石は、資源的に安定供給が可能で、かつ、安価な鉄鉱石であるため、焼結原料への適用が検討され、現在、一部使用されている。また、近年、マラマンバ鉱石、低燐ブロックマン鉱石、および、高燐ブロックマン鉱石を含有するブレンド鉱石であるピルバラブレンド鉱石の採掘量が増加し、将来的に、焼結原料として適用することが検討されている。

【0018】

しかし、上記マラマンバ鉱石およびブロックマン鉱石、および、これらの鉄鉱石を含有するピルバラブレンド鉱石などのブレンド鉱石は、0. 25 mm以下の微粉が多い粒度分布を有することに起因して造粒性が悪く、焼結時に、原料充填層の通気性を阻害し、生産性を低下する原因となる。また、これらの鉄鉱石およびブレンド鉱石は、焼結性を低下させる高融点の Al₂O₃化合物および CW（ α -FeOOH由来と考えられている）の含有量が高い。

【0019】

このため、マラマンバ鉱石、低燐ブロックマン鉱石、高燐ブロックマン鉱石、および、これらの鉄鉱石を含有するブレンド鉱石を焼結原料として使用する場合は、焼結鉱の生産性や成品歩留を維持するために、その配合割合は10%程度以下に制限し、その他の鉄鉱石として良質なヘマタイト主要鉱石を配合して使用しているのが現状である。

【0020】

しかしながら、上述のように、現在の日本国内で使用する鉄鉱石の主要産出国である豪州でも、マラマンバ鉱石、低燐ブロックマン鉱石、高燐ブロックマン鉱石、および、これ

らの鉄鉱石を含有するブレンド鉱石へと生産が移行する動きがあり、近い将来、これらの鉄鉱石が、今後の豪州産鉄鉱石の主力となることが予想される。したがって、これらの安定供給可能で安価であるものの、難造粒性および難焼結性の鉄鉱石を多量に配合した焼結原料を造粒する際に、焼結時の焼結性を向上させるとともに、造粒性を改善することが望まれている。

【0021】

従来のマラマンバ鉱の使用例としては、日本鋼管（株）福山製鉄所においてHPS法（非特許文献6、参照）の適用により、多量のマラマンバ鉱を使用した実績はあるが、HPS法は、造粒工程に皿型造粒設備を導入し、従来以上の石灰石を添加することで、粒径の小さい微粉鉱石の多量使用を可能とした技術であり、既設のドラムミキサーを中心とする造粒を考慮した方法ではない。また、既設焼結機への皿型造粒設備の導入には莫大な設備投資およびランニングコストを要するものである。

10

【0022】

【非特許文献1】日本工業規格JIS M 8212「鉄鉱石－全鉄定量方法」

【非特許文献2】日本工業規格JIS M 8213「鉄鉱石－酸可溶性鉄（II）定量方法」

【非特許文献3】日本工業規格JIS M 8211「鉄鉱石－化合推定量方法」

【非特許文献4】日本工業規格JIS M 8205「鉄鉱石の蛍光X線分析方法」

【非特許文献5】日本工業規格JIS M 8216「鉄鉱石－りん定量方法」

【非特許文献6】坂本登、外4名、「高炉用新塊成鉱の製造条件に関する基礎的検討および品質の評価」、鉄と鋼、社団法人 日本鉄鋼協会、第73年（1987）第11号、p 62

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0023】

近年、マラマンバ鉱石の他にも、0.25mm以下の微粉部分が多く、 Al_2O_3 含有量が高い、低燐ブロックマン鉱石、高燐ブロックマン鉱石、および、マラマンバ鉱石と低燐ブロックマン鉱石と高燐ブロックマン鉱石を含むビルバラブレンド鉱石などのブレンド鉱石の採掘量が増加し、焼結原料への適用も検討され、これらの難焼結性および難造粒性の鉄鉱石を、焼結原料に多量配合することが望まれている。

30

【0024】

これら難焼結性および難造粒性の鉄鉱石を焼結原料に多量配合しながら焼結鉱の成品歩留および生産性を良好に維持するためには、鉄鉱石を構成する鉱物成分を正しく分析し、鉱物成分量を制御した配合設計が重要となる。

【0025】

しかしながら、鉄鉱石の評価はT. Fe、FeO、CWおよび蛍光X線分析法から求められる SiO_2 、 Al_2O_3 、CaO、MgO等によって行われており、鉄鉱石を構成する鉱物成分を正しく評価・分析する手法が無かった。

【0026】

非特許文献4に示される日本工業規格JIS M 8205「鉄鉱石の蛍光X線分析法」は、試料の鉄鉱石を四ほう酸ナトリウムまたは四ほう酸リチウムの融剤と共に1000～1150℃に加熱して均一なガラスビードを作製して測定するガラスビード法が採用されており、ガラスビード法では、鉄鉱石を1000℃以上に加熱するため、例えば石灰石（ $CaCO_3$ ）のような炭酸塩やギブス石（ギブサイト、 $\gamma-Al(OH)_3$ ）のような水酸化物が含まれていても、加熱によって脱炭酸や脱水が起こり、ガラスビード内ではCaOや Al_2O_3 のような酸化物として測定される。

40

【0027】

従って、蛍光X線法では、鉄鉱石中に含まれる元素の量はわかるものの、水酸化物や炭酸塩などの鉱物形態を分析できないという問題があった。従来焼結性に影響を及ぼすと言われている Al_2O_3 は、コランダム（ $\alpha-Al_2O_3$ ）などの酸化アルミニウム鉱物を示す

50

ものではなく、蛍光 X 線分析によって求められる Al 量そのものである。

【0028】

本発明は、安価でかつ資源的にも豊富であるものの、焼結性を阻害するとされている Al_2O_3 の含有量が高く、造粒性を阻害する 0.25mm 以下の微粉を多く含むマラマンバ鉱石、低燐ブロックマン鉱石、および、高燐ブロックマン鉱石、または、これらの鉄鉱石を含むピルバラブレンド鉱石などのブレンド鉱石を焼結原料として多量に使用する際に、焼結原料の焼結性および造粒性を高め、焼結鉱の成品歩留および生産性を良好に維持するための焼結用配合鉄鉱石の評価方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0029】

本発明に係る焼結用配合鉄鉱石評価方法は、上述した目的を達成するため、以下の特徴点を備えている。

【0030】

(1) 1 種または 2 種以上の鉄鉱石を含む焼結用配合鉄鉱石の評価方法において、前記鉄鉱石の熱重量測定を行い、

(a) 熱重量測定における $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ から $590^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少をカオリン $\{Al_2Si_2O_5(OH)_4\}$ の脱水による重量減少として、脱水量からカオリン量 W_{KAO} を算出し、

(b) 前記鉄鉱石の元素分析から求められた Al 含有量 (T. Al) から前記カオリンを構成する Al 量を減じた残りの Al 量をギブサイト $\{Al(OH)_3\}$ を構成する Al としてギブサイト量 W_{GIB} を算出し、

(c) 熱重量測定における $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ から $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少から、前記ギブサイトの脱水による重量減少を減じた重量減少をゲーサイト $\{FeO(OH)\}$ の脱水による重量減少として、ゲーサイト量 W_{GOE} を算出し、

(d) 前記 W_{KAO} 、 W_{GIB} 、 W_{GOE} に基づいて鉄鉱石の焼結特性を評価することを特徴とする焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

【0031】

(2) 1 種または 2 種以上の鉄鉱石を含む焼結用配合鉄鉱石の熱重量測定を行い、予め測定しておいた前記鉄鉱石の化合物 (CW) と、熱重量測定における $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ から $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少の差をカオリン $\{Al_2Si_2O_5(OH)_4\}$ の脱水による重量減少として、カオリン量 W_{KAO} を算出することを特徴とする (1) に記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

【0032】

(3) 前記 W_{KAO} (mass%)、 W_{GIB} (mass%)、 W_{GOE} (mass%) は、下記 (1) 式、(2) 式、(3) 式および (4) 式に基づいて算出することを特徴とする上記 (1) または (2) に記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

$$W_{KAO} = \Delta T G_{380-590} / k_1 \quad \dots (1)$$

$$W_{KAO} = (CW - \Delta T G_{110-380}) / k_1 \quad \dots (2)$$

$$W_{GIB} = \{T. Al - (W_{KA} \times k_2)\} \times k_3 \quad \dots (3)$$

$$W_{GOE} = \{\Delta T G_{110-380} - (W_{GIB} \times k_4)\} / k_5 \quad \dots (4)$$

ただし、上記 $\Delta T G_{380-590}$ および $\Delta T G_{110-380}$ は、熱重量測定における $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ から $590^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、および $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ から $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の各温度範囲において観測される重量減少 (mass%)、CW、T. Al は、予め測定しておいた化合物および Al 含有量 (mass%) を示す。

なお、上記 (1) ~ (4) 式に用いた k_1 から k_5 の係数は、以下の式量の計算から求められる。

$$k_1 : 2H_2O / Al_2Si_2O_5(OH)_4 \quad 0.13957$$

$$k_2 : 2Al / Al_2Si_2O_5(OH)_4 \quad 0.20903$$

$$k_3 : Al(OH)_3 / Al \quad 2.891$$

$$k_4 : 3H_2O / 2Al(OH)_3 \quad 0.11548$$

$$k_5: \text{H}_2\text{O} / 2\text{FeO}(\text{OH}) \quad 0.10138$$

【0033】

(4) さらに、

(e) 予め測定しておいた酸可溶性酸化鉄(II) (FeO) からマグネタイト (Fe_3O_4) 量 W_{MAG} を算出し、予め測定しておいた全鉄量 (T. Fe) から、前記マグネタイト構成する Fe と前記ゲーサイトを構成する Fe とを減じた残りの Fe をヘマタイト (Fe_2O_3) を構成する Fe としてヘマタイト量 W_{HEM} を算出し、

(f) 予め測定しておいた Si 量 (T. Si) から前記カオリンを構成する Si 量を減じた残りの Si 量を石英 (SiO_2) を構成する Si として石英量 W_{QUA} を算出し、

(g) 前記 W_{KAO} 、 W_{GIB} 、 W_{GOE} 、 W_{MAG} 、 W_{HEM} 、 W_{QUA} に基づいて鉄鉱石の焼結特性を評価することを特徴とする(1)から(3)のいずれかに記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

10

【0034】

(5) 前記 W_{MAG} (mass%)、 W_{HEM} (mass%)、 W_{QUA} (mass%) は、下記(5)式、(6)式、(7)式に基づいて算出することを特徴とする(1)から(4)のいずれかに記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

$$W_{\text{MAG}} = \text{FeO} / k_6 \quad \dots (5)$$

$$W_{\text{HEM}} = \{ \text{T. Fe} - (W_{\text{GOE}} \times k_7 + W_{\text{MAG}} \times k_8) \} / k_9 \quad \dots (6)$$

$$W_{\text{QUA}} = \{ \text{T. Si} - (W_{\text{KAO}} \times k_{10}) \} \times k_{11} \quad \dots (7)$$

ただし、上記 FeO は酸可溶性酸化鉄(II)を酸化第一鉄 (FeO) に換算した含有量 (mass%)、 T. Fe は全鉄含有量 (mass%)、 T. Si は Si 含有量 (mass%) を示す。

20

なお、上記(5)～(7)式に用いた k_6 から k_{11} の係数は、以下の式量の計算から求められる。

$$k_6: \text{FeO} / \text{Fe}_3\text{O}_4 \quad 0.31030$$

$$k_7: \text{Fe} / \text{FeO}(\text{OH}) \quad 0.62852$$

$$k_8: 3\text{Fe} / \text{Fe}_3\text{O}_4 \quad 0.72359$$

$$k_9: 2\text{Fe} / \text{Fe}_2\text{O}_3 \quad 0.69942$$

$$k_{10}: 2\text{Si} / \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \quad 0.21758$$

$$k_{11}: \text{SiO}_2 / \text{Si} \quad 2.13934$$

30

【0035】

(6) 1種または2種以上の鉄鉱石を含む焼結用配合鉄鉱石の評価方法において、不活性ガス、窒素、または乾燥空気雰囲気下で熱重量測定を行い、

(h) 熱重量測定における $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ から $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少をゲーサイト $\{ \text{FeO}(\text{OH}) \}$ の脱水による重量減少として、ゲーサイト量 W_{GOE}^* を簡易的に算出し、

(i) 熱重量測定における $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ から $590^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少をカオリン $\{ \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \}$ の脱水による重量減少として、脱水量からカオリン量 W_{KAO} を算出し、

(j) 熱重量測定における $800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ から $1250^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ の温度範囲において観測される重量減少と前記 W_{GOE}^* を基にヘマタイト量 W_{HEM}^* を簡易的に算出し、

40

(k) 前記 W_{GOE}^* 、 W_{KAO} 、および W_{HEM}^* に基づいて鉄鉱石の焼結特性を評価することを特徴とする焼結用配合鉄鉱石の評価方法。

【0036】

(7) 前記 W_{GOE}^* (mass%)、 W_{KAO} (mass%)、 W_{HEM}^* (mass%) は、下記(8)式、(9)式、(10)式に基づいて算出することを特徴とする(6)に記載の焼結用配合鉄鉱石の評価方法

$$W_{\text{GOE}}^* = \Delta T G_{110-380} / k_5 \quad \dots (8)$$

$$W_{\text{KAO}} = \Delta T G_{380-590} / k_1 \quad \dots (9)$$

$$W_{\text{HEM}}^* = (\Delta T G_{800-1250} / k_{12}) - (W_{\text{GOE}}^* \times k_{13}) \quad \dots (10)$$

50

ただし、上記 $\Delta T G_{110-380}$ 、 $\Delta T G_{380-590}$ および $\Delta T G_{800-1250}$ は、熱重量測定における $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ から $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、 $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ から $590^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 、および $800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ から $1250^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ の各温度範囲において観測される重量減少 (mass%) を示す。

なお、上記 (8) 式～(10) 式に用いた k_1 、 k_5 、 k_{12} 、 k_{13} の係数は、以下の式量の計算から求められる。

$$k_1: 2\text{H}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \quad 0.13957$$

$$k_5: \text{H}_2\text{O} / 2\text{FeO}(\text{OH}) \quad 0.10138$$

$$k_{12}: \text{O}_2 / 6\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad 0.03340$$

$$k_{13}: \text{Fe}_2\text{O}_3 / 2\text{FeO}(\text{OH}) \quad 0.89862$$

10

【発明の効果】

【0037】

本発明によれば、焼結用配合鉄鉱石の鉱物を化合物として定量することができるため、例えば、焼結原料の焼結性および造粒に影響を与える鉄鉱石中の鉱物の化学形態を特定し、鉱物成分を定量することにより、焼結鉱の成品歩留および生産性を良好に維持するための焼結用配合鉄鉱石を評価することができる。

【0038】

したがって、本発明方法の適用により、安価でかつ資源的にも豊富であるものの、従来焼結性を阻害すると言われている Al_2O_3 の含有量が高く、造粒性を阻害する 0.25mm 以下の微粉を多く含むマラマンバ鉱石、および、高燐ブロックマン鉱石、または、これらの鉄鉱石を含むピルバラブレンド鉱石などのブレンド鉱石を焼結原料として多量に使用して焼結鉱を製造する際に、予め焼結用配合鉄鉱石の評価を行うことで、焼結原料の焼結性、造粒性および造粒物の付着強度を高めることができ、その結果、焼結時の通気性を改善し、焼結鉱の成品歩留および生産性を向上させることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

まず、本発明の技術思想について説明する。

前述の通り、鉄鉱石の評価は T. Fe 、 FeO 、 CW および蛍光X線分析法から求められる SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 等によって行われている。蛍光X線分析の測定方法は、試料の鉄鉱石を四ほう酸ナトリウムまたは四ほう酸リチウムの融剤と共に $1000 \sim 1150^\circ\text{C}$ に加熱して均一なガラスビードを作製して測定するガラスビード法が採用されている。ガラスビード法では、鉄鉱石を 1000°C 以上に加熱するため、例えば石灰石 (CaCO_3) のような炭酸塩やギブス石 (ギブサイト、 $\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$) のような水酸化物が含まれていても、加熱によって脱炭酸や脱水が起こり、ガラスビード内では CaO や Al_2O_3 のような酸化物として測定される。従って、従来焼結性に影響を及ぼすと言われている Al_2O_3 は、コランダム ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) などの酸化アルミニウム鉱物を示すものではなく、蛍光X線分析によって求められる Al 量そのものである。

30

【0040】

鉄の産出形態として磁鉄鉱 (マグネタイト、主成分は Fe_3O_4)、赤鉄鉱 (ヘマタイト、主成分は $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)、褐鉄鉱 (リモナイト) があり、褐鉄鉱は不純な針鉄鉱 (ゲーサイト、主成分は $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$) または鱗鉄鉱 (レピドクロサイト、主成分は $\gamma\text{-FeO}(\text{OH})$) であることがわかっており、製鉄原料に供される褐鉄鉱は、ゲーサイトが圧倒的に多い。

40

【0041】

ゲーサイトは、 300°C 程度に加熱すると、脱水して水を生成する。JIS M 8211 (非特許文献3、参照) から求められる CW は、鉄鉱石を 950°C まで加熱した時に発生する水分量であり、主にゲーサイト由来の水分と言われている。しかし、鉄鉱石に含まれる可能性のある脈石成分のうち、ギブサイトも $250 \sim 300^\circ\text{C}$ で脱水し、粘土鉱物のカオリン ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) は 400°C 以上で脱水する。従って、 CW を全てゲーサイト由来の水分とすると、ゲーサイトを過大評価してしまう。

50

【0042】

本発明者らは、鉄鉱石の主要鉱物を Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 、 $\text{FeO}(\text{OH})$ とカオリン、カオリン以外の Al 鉱物、カオリン以外の Si 鉱物とし、カオリン以外の Al 鉱物をギブサイト、カオリン以外の Si 鉱物を石英と仮定して、先ず、これらの鉱物含有量を定量する方法を検討した。次にこれらの鉱物が焼結性にどのような影響を与えるかを調べるために、Fe、Ca、Al、Si の元素量を一定として、試薬を用いて化合物形態の影響を調査した。

【0043】

図1に熱重量測定結果(TG曲線)を示す。昇温方法としては、一定の昇温速度で連続的に昇温させても良いが、図1に示すように、110℃、380℃など所定の温度まで昇温した後、その温度で保持するステップ昇温を行っても良い。また、熱重量測定時の雰囲気ガスは、1000℃まではAr、He等の不活性ガス、窒素、乾燥空気の何れでも良いが、1250+50℃まで加熱して Fe_2O_3 の還元量を測定する場合は、不活性ガス、または窒素を用いなければならない。

10

【0044】

図1において、室温から110℃までに観測される重量減少は、付着水に起因するものである。付着水は $110 \pm 5^\circ\text{C}$ の範囲で測定するのが良い。105℃以下では付着水の蒸発に時間がかかり、115℃以上では、付着水以外の水分が脱離するおそれがある。

【0045】

110から380℃で観測される重量減少は、主にゲーサイト($\text{FeO}(\text{OH})$)の脱水と考えられるが、ギブス石が共存すると、同じ領域で重量減少を示す。この領域の下限温度は付着水の測定の影響を抑制するために $110 \pm 5^\circ\text{C}$ が最適である。またその上限温度は、 $380 \pm 10^\circ\text{C}$ が最適で、370℃以下ではゲーサイト($\text{FeO}(\text{OH})$)の脱水が不十分で、390℃以上ではカオリンの脱水が始まる。

20

【0046】

従って、鉄鉱石の評価の手順としては、カオリンを定量し、カオリン以外のAl鉱物をギブス石としてTGの110から380℃の重量減少からギブス石の関与を除き、ゲーサイト量を求める必要がある。

【0047】

380から590℃で観測される重量減少は、主にカオリンの脱水による重量減少と考えられる。この領域の下限温度はゲーサイト($\text{FeO}(\text{OH})$)の脱水の測定の影響を抑制するために380℃が最適である。この領域の上限温度は $590 \pm 10^\circ\text{C}$ が最適で、580℃以下ではカオリンの脱水に時間がかかり、600℃以上では炭酸塩の分解が始まるおそれがある。

30

【0048】

図2に鉄鉱石の赤外吸収(IR)スペクトルを示す。

図2に示す鉄鉱石のIRスペクトルでは、カオリンやゲーサイトが観測される。

【0049】

また、図3に焼結用配合鉄鉱石に含まれる各種鉄鉱石のIRスペクトルとTG測定を行い、カオリンのIRピーク強度とTGにおける380から590℃の重量減少の関係を示す。

40

IRスペクトルのカオリンのピーク強度とTGにおける380から590℃の重量減少は、非常に良い相関があり、TGにおける380から590℃の重量減少はカオリンの脱水によるものと考えられる。

【0050】

590から800℃で観測される重量減少は、主に石灰石の脱炭酸によるものである。JIS M 8211で求められるCWは、105から950℃に加熱する際に発生する水分で、TGによって得られる110から380℃と380から590℃の重量減少の和にほぼ等しい。

800から1250℃で観測される重量減少は、 Fe_2O_3 が Fe_3O_4 に還元される際の

50

重量減少であり、TGの雰囲気ガスに不活性ガス、または窒素などを用いることによって雰囲気中の酸素分圧を下げると、1200℃以上で Fe_2O_3 の還元が起こる。この温度領域は、800+50℃から1250+50℃が最適である。800℃以下では脱炭酸が不十分で、1250℃以下は Fe_2O_3 の還元が不十分となるおそれがある。

【0051】

次に実際の鉄鉱石の評価手順を示す。まず、鉄鉱石のT、Fe、FeO、CW、 SiO_2 、 Al_2O_3 、CaO、MgOなどを測定する。分析法は日本工業規格(JIS)に従うのが良い(非特許文献1から4、参照)。蛍光X線分析によって得られた SiO_2 、 Al_2O_3 、CaO、MgOなどは、 $T.\text{Si} = \text{Si} / \text{SiO}_2$ 、 $T.\text{Al} = \text{Al} / \text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $T.\text{Ca} = \text{Ca} / \text{CaO}$ 、 $T.\text{Mg} = \text{Mg} / \text{MgO}$ などの計算により、元素量に換算する。ただし、計算式を酸化物換算用に変換すれば、 SiO_2 、 Al_2O_3 などの酸化物量をそのまま利用することもできる。また、 SiO_2 、 Al_2O_3 、CaO、MgOは、蛍光X線分析法ではなく、化学分析によるSi、Al、Ca、Mg量(例えば非特許文献7、8、9、10、参照)を用いても良い。

10

【0052】

[非特許文献7] 日本工業規格JIS M 8214「鉄鉱石—けい素定量方法」

[非特許文献8] 日本工業規格JIS M 8220「鉄鉱石—アルミニウム定量方法」

[非特許文献9] 日本工業規格JIS M 8221「鉄鉱石—カルシウム定量方法」

[非特許文献10] 日本工業規格JIS M 8222「鉄鉱石—マグネシウム定量方法」

20

【0053】

鉄鉱石中のカオリン量 W_{KAO} は、熱重量測定法(Thermogravimetry; TG)によって、380±10℃から590±10℃間の重量減少(mass%)から以下の式によって求められる。ここで、 $\Delta T G_{380-590}$ は380±10℃から590±10℃間の重量減少である。また、 k_1 は $2\text{H}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ から求めた係数である。

$$W_{\text{KAO}} = \Delta T G_{380-590} / k_1 \quad \dots (1)$$

【0054】

カオリン量 W_{KAO} は、JIS分析法によって求められた化合水(CW)と、熱重量測定における110℃±5℃から380℃±10℃の温度範囲において観測される重量減少の差をカオリン $\{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4\}$ の脱水による重量減少として、次式から求めることもできる。

$$W_{\text{KAO}} = (\text{CW} - \Delta T G_{110-380}) / k_1 \quad \dots (2)$$

ここで、 k_2 は $2\text{Al} / \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ から求めた係数である。

【0055】

鉄鉱石中のAl鉱物は、カオリンとそれ以外の鉱物に分けられ、本発明ではカオリン以外のAl鉱物ギブサイトと仮定している。ギブサイトの量 W_{GIB} は、T、Alから前記カオリンを構成するAl量を減じた残りのAlをギブサイト $\{\text{Al}(\text{OH})_3\}$ を構成するAlとしてギブサイト量 W_{GIB} を算出する。

$$W_{\text{GIB}} = \{T.\text{Al} - (W_{\text{KA}} \times k_2)\} \times k_3 \quad \dots (3)$$

ここで、 k_3 は $\text{Al}(\text{OH})_3 / \text{Al}$ から求めた係数である。

【0056】

ゲーサイト量 W_{GOE} は、熱重量測定における110℃±5℃から380℃±10℃の温度範囲において観測される重量減少から、前記ギブサイトの脱水による重量減少を減じた重量減少をゲーサイト $\{\text{FeO}(\text{OH})\}$ の脱水による重量減少として算出する。

$$W_{\text{GOE}} = \{\Delta T G_{110-380} - (W_{\text{GIB}} \times k_4)\} / k_5 \quad \dots (4)$$

ここで、 k_4 は $3\text{H}_2\text{O} / 2\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 k_5 は $\text{H}_2\text{O} / 2\text{FeO}(\text{OH})$ から求めた係数である。

【0057】

50

マグネタイト (Fe_3O_4) 量 W_{MAG} は、酸可溶性酸化鉄 (II) (FeO) をマグネタイトを形成する FeO として、次式より算出する。

$$W_{\text{MAG}} = \text{FeO} / k_6 \quad \dots (5)$$

ここで、 k_6 は $\text{FeO} / \text{Fe}_3\text{O}_4$ から求めた係数である。

【0058】

ヘマタイト量 W_{HEM} は、 $T \cdot \text{Fe}$ から、前記マグネタイト構成する Fe 量と前記ゲーサイトを構成する Fe 量とを減じた残りの Fe をヘマタイト (Fe_2O_3) を構成する Fe として算出する。

$$W_{\text{HEM}} = \{ T \cdot \text{Fe} - (W_{\text{GOE}} \times k_7 + W_{\text{MAG}} \times k_8) \} / k_9 \quad \dots (6)$$

ここで、 k_7 は $\text{Fe} / \text{FeO}(\text{OH})$ 、 k_8 は $3\text{Fe} / \text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 k_9 は $2\text{Fe} / \text{Fe}_2\text{O}_3$ から求めた係数である。 10

【0059】

石英量 W_{QUA} は、 $T \cdot \text{Si}$ から前記カオリンを構成する Si 量を減じた残りの Si を石英 (SiO_2) を構成する Si として算出する。

$$W_{\text{QUA}} = \{ T \cdot \text{Si} - (W_{\text{KAO}} \times k_{10}) \} \times k_{11} \quad \dots (7)$$

ここで、 k_{10} は $2\text{Si} / \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 、 k_{11} は SiO_2 / Si から求めた係数である。

【0060】

Ca および Mg 鉱物は、石灰石 (CaCO_3)、ドロマイト $\{ \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 \}$ 、菱苦土鉱 (MgCO_3) として扱うのが良い。 20

試料鉄鉱石量が極わずかで、 JIS 法等による分析が困難な場合には、熱重量測定を用いて、簡易的に鉄鉱石を評価することもできる。

【0061】

不活性ガス、または窒素雰囲気下で鉄鉱石の熱重量測定を行い、 $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ から $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の温度において観測される重量減少と、 $380^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ から $590^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ の温度において観測される重量減少と、熱重量測定 $800^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}$ から $1250^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C}$ の温度において観測される重量減少を基に下式より簡易ゲーサイト量 W_{GOE}^* (mass%)、簡易カオリン量 W_{KAO} (mass%)、簡易ヘマタイト量 W_{HEM}^* (mass%) を求めることができる。

$$W_{\text{GOE}}^* = \Delta T G_{110-380} / k_5 \quad \dots (8) \quad 30$$

$$W_{\text{KAO}} = \Delta T G_{380-590} / k_1 \quad \dots (9)$$

$$W_{\text{HEM}}^* = (\Delta T G_{800-1250} / k_{12}) - (W_{\text{GOE}}^* \times k_{13}) \quad \dots (10)$$

ここで、 k_{12} は $\text{O}_2 / 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 k_{13} は $\text{Fe}_2\text{O}_3 / 2\text{FeO}(\text{OH})$ から求めた係数である。

【0062】

さらに W_{GOE}^* と W_{HEM}^* から簡易的に $T \cdot \text{Fe}$ も求めることができる。熱重量測定は、10mg 程度あれば測定できるので、試料量が極わずかな時に有用である。

【実施例】

【0063】

(実施例1)

試薬の $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ および $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$ に所定量の CaCO_3 、 SiO_2 、 $\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (カオリン)、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ を混合し、本発明による評価と従来の分析法の結果を比較した。表2にその結果を示す。従来の分析法については、元素量表示 (比較例1) と酸化物換算 (比較例2) で表した。

【0064】

【表 2】

表 2

試料No.	実施例						
	Fe ₂ O ₃	FeO (OH)	CaCO ₃	SiO ₂	Al (OH) ₃	カオリン	Al ₂ O ₃
H-1	72.4		16.2	4.5	6.9		
H-2	71.8		16.1			12.1	
H-3	74.2		16.5	4.6			4.6
G-1		74.5	14.9	4.2	6.4		
G-2		74.0	14.8			11.2	
G-3		76.2	15.2	4.3			4.3

【0065】

【表 3】

表 3

試料No.	比較例1					比較例2				
	T. Fe	T. Si	T. Al	T. Ca	CW	T. Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CW
H-1	50.2	2.05	2.24	6.54	2.80	50.2	4.79	4.23	9.15	2.80
H-2	49.9	2.39	2.31	6.39	1.75	49.9	4.94	4.36	8.94	1.75
H-3	50.5	2.16	2.35	6.81	0.18	50.5	5.03	4.44	9.52	0.18
G-1	44.4	1.97	2.15	6.07	10.80	44.4	4.60	4.06	8.49	10.80
G-2	44.8	2.21	2.17	5.93	8.96	44.8	4.64	4.10	8.30	8.96
G-3	45.5	1.90	2.12	6.31	7.99	45.5	4.54	4.00	8.83	7.99

【0066】

実施例では、化合物毎の定量情報が表されているが、比較例ではG-1、-2、-3がH-1、-2、-3に比べてCWが高く、他の元素が相対的に少なくなっていることしかわからない。

【0067】

次に、これらの試料を成型して1300℃で焼成し、強度試験を行った。その結果を図4に示す。図4は、強度試験後の粉率を測定したもので、0.25mm以下と0.5mm以下の粉率をプロットしており、粉率が小さいほど強度が強いことを示している。

【0068】

図4より、強度の強さはH-2>G-2≥H-3≥H-1>G-1>G-3の順で、H-2、G-2の強度が高い（粉率が低い）ことから、カオリンは焼結体の強度に悪影響を及ぼさず、H-1、G-1およびH-3、G-3の強度が低いことから、γ-Al(OH)₃やα-Al₂O₃が強度を低下させること、特にG-3の強度が著しく低いことから、α-FeO(OH)とα-Al₂O₃の組み合わせは強度を著しく低下させることなどがわかる。

【0069】

すなわち、従来はAl₂O₃が高いと焼結性が悪いといわれていたが、実際には焼結性を低下させるAl系鉱物と悪影響を及ぼさないAl系鉱物があり、カオリンは後者であることがわかる。比較例で示した従来の分析値ではH-1～H-3、G-1～G-3は、元素組成に殆ど差が無いために強度の判断はできないが、実施例のように鉱物形態がわかるとカオリン量の違いから焼結性を推定することができ、配合設計に用いることができる。

【0070】

(実施例2)

図5に粒径2.8～4.75mmの鉄鉱石粒子28粒を1粒ずつ熱分析し、鉱物組成を評価した結果を示す。ゲーサイト、カオリン、ヘマタイトは、次式によって算出した。

$$W_{GOE}^* = \Delta T G_{110-380} / k_5 \quad \dots (8)$$

$$W_{KAO} = \Delta T G_{380-590} / k_1 \quad \dots (9)$$

$$W_{HEM}^* = (\Delta T G_{800-1250} / k_{12}) - (W_{GOE}^* \times k_{13}) \quad \dots (10)$$

ここで、 k_{12} は $O_2 / 6Fe_2O_3$ 、 k_{13} は $Fe_2O_3 / 2FeO(OH)$ から求めた係数である。

【0071】

粒子毎に鉱物組成は異なり、純粋なヘマタイトからほとんどカオリンのみという粒子まで、さまざまな産出形態があることを、本発明によれば、わずか一粒で評価できる。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】鉄鉱石の熱重量測定結果の一例であるTG曲線を示す図である。

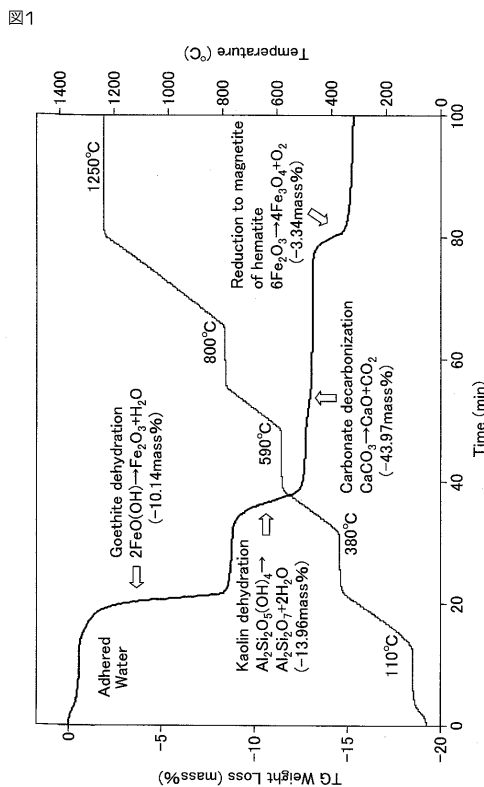
【図2】鉄鉱石の赤外吸収スペクトルを示す図である。

【図3】鉄鉱石の赤外吸収スペクトルにおけるカオリンの吸収強度とTGにおける380から590℃の重量減少の関係を示す。

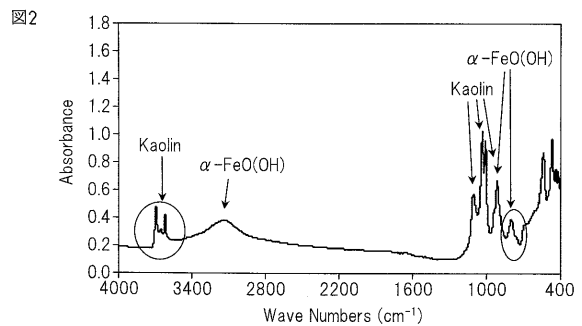
【図4】試薬混合物焼結体の強度測定（粉率）結果を示す図である。

【図5】粒径2.8から4.75mmの鉄鉱石粒子28粒の本発明による評価結果を示す図である。

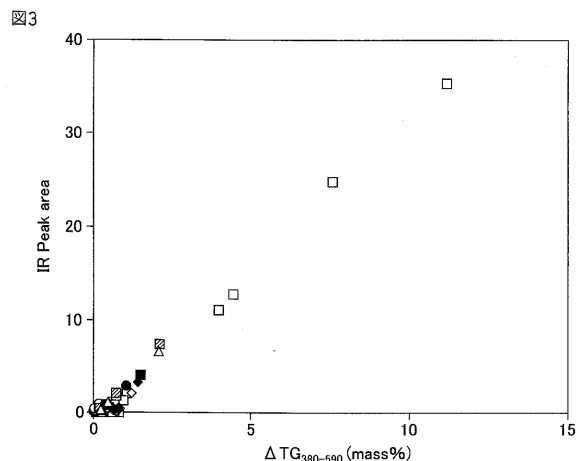
【図1】



【図2】

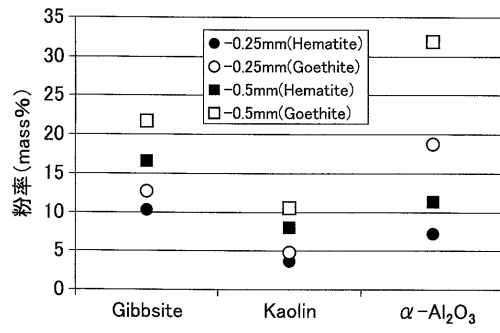


【図3】



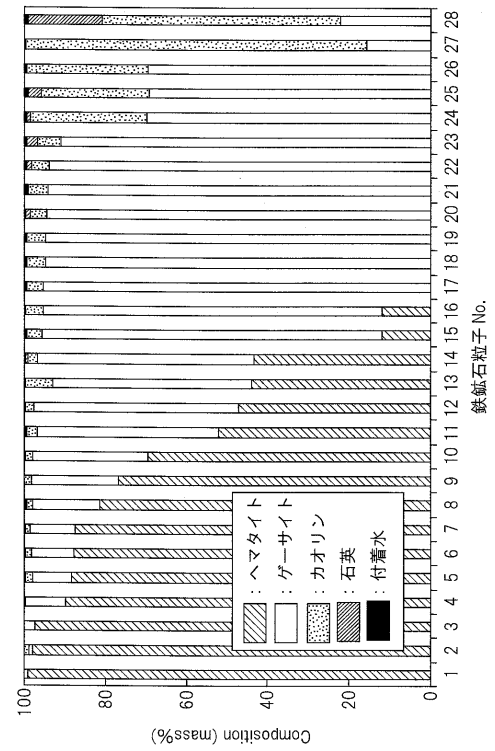
【 図 4 】

図4



【 図 5 】

図5



フロントページの続き

- (72)発明者 藤岡 裕二
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 岡崎 潤
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 斎藤 元治
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) 4K001 AA10 BA02 CA32 CA49