

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011年2月24日(24.02.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/021577 A1

- (51) 国際特許分類:
C22B 1/243 (2006.01) C21B 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/063726
- (22) 国際出願日: 2010年8月12日(12.08.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-191966 2009年8月21日(21.08.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新日本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 樋口 謙一 (HIGUCHI Kenichi) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP). 横山 浩一 (YOKOYAMA Hirokazu) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内

二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP). 国友 和也 (KUNITOMO Kazuya) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo (JP).

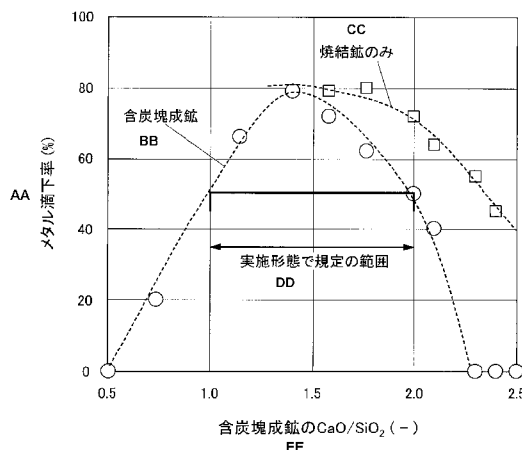
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: UNFIRED CARBON-CONTAINING AGGLOMERATE FOR BLAST FURNACES AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 高炉用の非焼成含炭塊成鉱およびその製造方法

[図4]



AA Metal Drop Rate (%)
BB Carbon-Containing Agglomerate
CC Sintered Ores Only
DD Specified Range in Embodiment
EE CaO/SiO₂ (-) of Carbon-Containing Agglomerate

(57) Abstract: Disclosed is an unfired carbon-containing agglomerate that has a carbon content (T.C) in the range of 18 to 25 mass%, and a CaO/SiO₂ ratio of CaO content (mass%) and SiO₂ content (mass%) in the range of 1.0 to 2.0. Also provided is a production method for the unfired carbon-containing agglomerate that is provided with a molded body formation process for obtaining a molded body by mixing and kneading iron-containing materials, carbon-containing materials, and a binder, and molding the kneaded mixture; and a process for obtaining the unfired carbon-containing agglomerate by subsequently curing the aforementioned molded body. In the aforementioned molded body formation process, one or more combination conditions selected from a group comprising the ore type and the combination quantity of the binder are adjusted in a manner such that the carbon content (T.C) of the aforementioned unfired carbon-containing agglomerate becomes in the range of 18 to 25 mass% and the CaO/SiO₂ ratio of the CaO content (mass%) and the SiO₂ content (mass%) in gangue components becomes in the range of 1.0 to 2.0.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/021577 A1



MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

この非焼成含炭塊成鉱は、炭素含有量 (T. C) が 18 ~ 25 質量%であり、CaO 含有量 (質量%) と SiO₂ 含有量 (質量%) の比 CaO/SiO₂ が 1.0 ~ 2.0 である。この非焼成含炭塊成鉱の製造方法は、含鉄原料、含炭原料、及びバインダーを混合、混練し、混練物を成形して成形体を得る成形体の形成工程と、次いで前記成形体を養生して非焼成含炭塊成鉱を得る工程を有し、前記非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量 (T. C) が 18 ~ 25 質量%、かつ脈石成分の CaO 含有量 (質量%) と SiO₂ 含有量 (質量%) の比 CaO/SiO₂ が 1.0 ~ 2.0 となるように、前記成形体の形成工程において、鉱石銘柄、およびバインダー配合量からなる群から選ばれる 1 つ以上の配合条件を調整する。

明 細 書

発明の名称： 高炉用の非焼成含炭塊成鉱およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、高炉用の非焼成含炭塊成鉱に関し、特に、高炉の炉下部スラグ融点を低くして高炉の還元材比を低下できる非焼成含炭塊成鉱に関する。

本願は、２００９年８月２１日に、日本に出願された特願２００９－１９１９６６号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、製鉄所の各種集塵装置等から回収される多種の含鉄ダストや含炭ダストを配合し、セメント系の水硬性バインダーを添加して混練、成型して８～１６mm径の非焼成塊成鉱が製造され、高炉原料として使用されている。

[0003] 非焼成含炭塊成鉱の製造方法としては、製鉄ダストをペレットに造粒し、次いでペレットを養生し硬化させる方法が知られている。前記製鉄ダストをペレットに造粒する工程では、ダストの粒度分布を適正範囲に調整し、生石灰、セメントなどのバインダーと５～１５％の水分を添加し、混合物をディスクペレタイザー等により造粒してペレットを得ている。

[0004] このような非焼成含炭塊成鉱の製造においては、高炉操業における還元材比を低減する目的で、非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量（Ｔ．Ｃ）を高くすることも要求されている。

[0005] 例えば、特許文献１では、含酸化鉄原料とカーボン系炭材を配合し、バインダーを加えて混練、成型、養生してカーボン内装非焼成塊成鉱が製造されている。このカーボン内装非焼成塊成鉱は、含酸化鉄原料に含有される酸化鉄を還元し金属鉄とするために必要な理論炭素量の８０～１２０％のカーボンを有する。また、常温での圧潰強度７８５０ｋＮ／ｍ^２以上となるようにバインダーが選択され、混合、成型、養生が行われている。非焼成含炭塊成鉱中の酸化鉄が内装するカーボンにより還元反応が起こるため、還元率を向上させることができる。

[0006] しかしながら、この製造方法では、強度確保のために炭素含有量が制限され、十分な高炉における還元材比を削減する効果が得られない。還元材比を削減する効果を十分に得るために、この非焼成含炭塊成鉱を多量に高炉で使用する場合、高炉内でバインダーの脱水反応による吸熱量が大きくなる。これにより、低温熱保存帯を形成し、焼結鉱の還元粉化を助長してしまう欠点があった。

また、バインダーとして、生石灰やCaO系セメントが多く用いられるため、非焼成含炭塊成鉱中のCaO含有量が高くなる。このため、反応過程で非焼成含炭塊成鉱から生成する融液の粘度が過度に高くなる。これにより、生成メタルの凝集と溶解落ちが阻害される。以上により、高炉の炉下部の通気・通液性を悪化させるといった欠点があった。

[0007] 例えば、非焼成含炭塊成鉱が低温で溶融、滴下すれば、縦型炉内において、非焼成含炭塊成鉱は早期に溶融し、炉内に充填された原料の間隙を容易に流れ落ちる。この場合、コークスと接触する期間が長くなることになる。その結果、非焼成含炭塊成鉱中の粉状鉄鉱石の還元反応や生成した鉄の浸炭反応を促進できる。

[0008] 特許文献2では、 SiO_2 、 Al_2O_3 の表面濃化が生じた粉状鉄鉱石であっても、 CaCO_3 をコーティングすることによって溶融温度を低減できることに着目している。そして、この着目点に基づいて、粉状鉄鉱石とフラックスとが石炭を介して結合された非焼成含炭塊成鉱を提案している。

[0009] なお、特許文献2では、石炭を23.3～24.6質量%含有する含炭塊成鉱が開示されているが、一般的に石炭の含有カーボン量は70%程度であり、残りは灰分と揮発分である。従って、含炭塊成鉱中の炭素含有量は16～17質量%に相当する。

[0010] 一方、焼結鉱の滴下性と成分の関係については、多くの報告がなされている。

例えば、非特許文献1では、焼結鉱の滴下温度は CaO/SiO_2 に対して非線形に変化し、 $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 1.0$ 付近が最も滴下温度が低くなるこ

と、及びMgOを増加させると滴下温度が低下することが報告されている。

[0011] また、非特許文献2では、7%のカーボンを含有するダストコールドペレット（セメント結合）にMgOを2%添加すると、高温の通気抵抗が低下することが報告されている。

[0012] 以上のように、炭素含有量が10%未満の焼結鉱やダストペレットのメタル滴下性を改善するために、脈石組成のCaO/SiO₂とMgOを適正化することは周知である。しかしながら、還元挙動が全く異なる炭素含有量の高い（18～25質量%）含炭塊成鉱のメタル滴下性や、そのメタル滴下性を決定する炉下部におけるスラグ融点の適正な条件は、今まで知られていなかった。

[0013] そこで、発明者等は、炭素含有量が高い含炭塊成鉱（総C含有量20%、総Fe含有量40%、CaO11%、SiO₆%, Al₂O₃2.5%、MgO0.5%）の還元特性を調べた。図8は、従来の焼結鉱（総Fe含有量58.5%、FeO8%、CaO10%、SiO₂5%、Al₂O₃1.7%、MgO1.0%）と炭素含有量の多い含炭塊成鉱について、温度と還元率との関係を示す。図8を参照すると、従来の焼結鉱に比べて、含炭塊成鉱では、低温域で著しく還元が進行することがわかる。これが、炭素含有量の高い含炭塊成鉱の大きな特徴である。

[0014] 次に、上記還元試験の結果から得られた図8の還元率を用いて、還元進行によるスラグ融点（CaO-SiO₂-Al₂O₃-MgO-FeO）の変化をコンピュータによりシミュレーションした。なお、焼結鉱及び含炭塊成鉱の鉄成分のうち、未還元の鉄は全てFeOとして存在すると仮定して、還元率からスラグ融点を計算した。結果を図9に示す。ここで、融点とは全てが液相となる温度を意味し、融点以下でも融液は生成している。しかし、融点が高いときは、融液量は低くなるので、融点は間接的に融液量を表している。

[0015] 図9を参照すると、焼結鉱では、1200～1400℃において、スラグ融点が試料温度とほぼ一致しており、この温度域で多量の融液が生成されることが考えられる。これに対して、含炭塊成鉱では、スラグ融点は900℃付近

から著しく上昇し、1600℃以上に達している。従って、炭素含有量の高い含炭塊成鉱では、融液量が極めて少ない状態で還元が進行すると考えられる。このため、固相が常に存在するので、上記メタルの凝集が阻害され、滴下悪化の原因となる。上記5成分系（ $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}-\text{FeO}$ ）において、炭素含有量の高い含炭塊成鉱では、 FeO が融点に及ぼす影響が極めて大きく、低温で急速に還元が進行する。図9で示された結果は、炭素含有量の高い含炭塊成鉱に特有の現象である。

[0016] 以上のように、炭素含有量の高い含炭塊成鉱の還元は、焼結鉱に比べて、低温域で著しく進行し、融液量が極めて少ない状態で還元が進行する。このため、焼結鉱の還元進行における滴下特性についての知見は、炭素含有量の高い含炭塊成鉱についてそのまま適用することはできない。

[0017] 含炭塊成鉱を高炉で使用する際に、スラグ融点が高い場合、融着帯下面が下がり、下部滴下帯領域を狭めるとともに、滴下帯と炉芯部のスラグホールドアップ量が増加する。詳細には、滴下帯と炉芯部（メタルとスラグが比重分離しながら湯だまり部へ流れ落ちるゾーン）において、融液の流れがスムーズとならず、空隙部（流路）に融液が滞ることになる。これにより、ガスの流れが偏流してしまい、均一なガス加熱ができなくなる。このため、局所的に熱不足の箇所ができてしまい、炉下部通気性が安定した操業が困難となる。

先行技術文献

特許文献

- [0018] 特許文献1：特開2003-342646号公報
特許文献2：特開2005-325412号公報

非特許文献

- [0019] 非特許文献1：ISIJ International 44 (2004), p. 2057
非特許文献2：鉄と鋼, 70 (1984), p. S825

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0020] 本発明では、高炉使用に最適なスラグ融点を有する含炭塊成鉱の成分条件を特定する。そしてこの研究結果に基づき、本発明は、スラグ融点を低くして高炉の還元材比を低減できる非焼成含炭塊成鉱及びその製造方法の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

- [0021] 本発明者等は、含炭塊成鉱の脈石成分の CaO/SiO_2 を特定の範囲（ $1.0 \sim 2.0$ ）にすることで、炉下部スラグ融点を低減でき、優れたメタル滴下性を達成できる非焼成含炭塊成鉱成品を見出した。非焼成含炭塊成鉱の脈石成分の CaO/SiO_2 を $1.0 \sim 2.0$ にするためには、後述するように、高 SiO_2 含有鉱石および MgO 含有副原料の配合量を調整することが好ましいことも見出した。

- [0022] 本発明の一態様に係る高炉用の非焼成含炭塊成鉱は、含鉄原料、含炭原料、及びバインダーを混合、混練し、混練物を成形して成形体を得て、次いで前記成形体を養生して製造され、炭素含有量（ T.C ）が $18 \sim 25$ 質量%、かつ脈石成分の CaO 含有量（質量%）と SiO_2 含有量（質量%）の比 CaO/SiO_2 が $1.0 \sim 2.0$ である。

本発明の一態様に係る高炉用の非焼成含炭塊成鉱では、 CaO 含有量（質量%）、 SiO_2 含有量（質量%）、 Al_2O_3 含有量（質量%）、 MgO 含有量（質量%）および炭素含有量（ T.C ）（質量%）により表される脈石量（ $(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{炭素含有量}(\text{T.C}))$ ）の値が 0.25 以下であり、かつ MgO 含有量が 0.5 質量%以上であつてもよい。

前記バインダーの含有量が $5 \sim 10$ 質量%であつてもよい。

- [0023] 本発明の一態様に係る高炉用の非焼成含炭塊成鉱の製造方法は、含鉄原料、含炭原料、及びバインダーを混合、混練し、混練物を成形して成形体を得る成形体の形成工程と、次いで前記成形体を養生して非焼成含炭塊成鉱を得る工程を有し、前記非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量（ T.C ）が $18 \sim 25$

質量%、かつ脈石成分のCaO含有量（質量%）とSiO₂含有量（質量%）の比CaO/SiO₂が1.0～2.0となるように、前記成形体の形成工程において、鉱石銘柄、およびバインダー配合量からなる群から選ばれる1つ以上の配合条件を調整する。

本発明の一態様に係る高炉用の非焼成含炭塊成鉱の製造方法では、前記非焼成含炭塊成鉱のCaO含有量（質量%）、SiO₂含有量（質量%）、Al₂O₃含有量（質量%）、MgO含有量（質量%）および炭素含有量（T.C）（質量%）により表される脈石量（ $(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{炭素含有量 (T.C)})$ ）の値が0.25以下であり、かつMgO含有量が0.5質量%以上となるように、前記成形体の形成工程において、前記配合条件を調整してもよい。

前記バインダー配合量を5～10質量%の範囲で調整してもよい。

前記成形体の形成工程において、珪石、蛇紋岩、橄欖岩、ドロマイト、ニッケルスラグ、マグネサイト、ブルーサイトから選ばれる副原料、及び高SiO₂含有鉱石のうちいずれか一方又は両方をさらに配合し、前記非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量（T.C）が18～25質量%、かつCaO含有量とSiO₂含有量の比CaO/SiO₂が1.0～2.0となるように、前記副原料及び高SiO₂含有鉱石の配合量を調整してもよい。

発明の効果

[0024] 本発明の一態様に係る高炉用の非焼成含炭塊成鉱は、非焼成含炭塊成鉱だけでなく、焼結鉱などの主要な高炉用鉄含有原料の被還元率を向上するために十分な炭素含有量を有する。さらに、高炉の操業において、従来に比べて、スラグ融点を低く抑えることができ、優れた還元生成スラグ特性（メタル滴下性）を達成できる。

このため、本発明の一態様に係る非焼成含炭塊成鉱を高炉用鉄含有原料の一部として使用すると、高炉操業時の炉下部において良好な通気性を実現できる。また、還元材比（コークス比）を大幅に低減できる。

[0025] 本発明の一態様に係る高炉用の非焼成含炭塊成鉱の製造方法では、非焼成

プロセスが適用されているため、焼成プロセスに比べて、省エネルギー化、低CO₂化が可能となる。また、比較的安価で簡易な方法により、製鉄プロセスで発生したダストを、鉄含有原料および炭材としてリサイクル処理できる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1] バインダー（セメント）配合量（及びCaO/SiO₂の比）と冷間圧潰強度との関係を示す図である。

[図2] MgO含有量が1.5%である場合の焼結鉱及び非焼成含炭塊成鉱のCaO/SiO₂とスラグ融点との関係を示す図である。

[図3] CaO/SiO₂が1.5である場合の焼結鉱及び非焼成含炭塊成鉱のMgO含有量とスラグ融点との関係を示す図である。

[図4] 非焼成含炭塊成鉱と焼結鉱のCaO/SiO₂とメタル滴下率との関係を示す図である。

[図5] 非焼成含炭塊成鉱と焼結鉱のMgO含有量とメタル滴下率との関係を示す図である。

[図6] 脈石量（CaO+SiO₂+MgO+Al₂O₃）／（100-TC）の値とメタル滴下率との関係を示す図である。

[図7] 非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量（TC）とメタル滴下率との関係を示す図である。

[図8] 従来の焼結鉱及び高炭素含有量の非焼成含炭塊成鉱の温度と還元率との関係を示す図である。

[図9] 従来の焼結鉱及び高炭素含有量の非焼成含炭塊成鉱の温度とスラグ融点の計算値との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0027] 本実施形態の高炉用の非焼成含炭塊成鉱は、含鉄原料、含炭原料、及びバインダーを混合、混練し、混練物を成形して成形体を得て、次いで前記成形体を養生する方法により製造される。炭素含有量（TC）は18～25質量%であり、脈石成分のCaO/SiO₂は1.0～2.0である。これによ

り、高炉使用に最適なスラグ融点が得られるようになっている。

- [0028] 本実施形態において、非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量（T. C）は18～25質量%であり、好ましくは20～23質量%である。

炭素含有量が18%未満では、脈石成分を調整しても、還元材比を低減する効果が小さくなってしまう。炭素含有量が25質量%を超えると、高炉用に使用されるために必要な最低限の冷間圧潰強度を有することができなくなる。

- [0029] 非焼成含炭塊成鉱の脈石成分のCaO含有量（質量%）とSiO₂含有量（質量%）の比CaO/SiO₂（塩基度とも言う）は、1.0～2.0であり、好ましくは、1.4～1.7である。

CaO/SiO₂を1.0～2.0の範囲内の低い値にすることによって、メタル滴下率を向上させることができる。CaO/SiO₂が2.0を超える場合、メタル滴下率が50%未満となる。CaO/SiO₂が1.0未満の場合、メタル滴下率が向上する効果は飽和してしまう。

- [0030] 本実施形態において、脈石量の値は、0.25以下であることが好ましく、更に好ましくは0.22～0.25である。ここで、脈石量は、以下の式により算出される値である。

$$\text{脈石量} = (\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{炭素含有量 (T. C)})$$

なお、式中のCaO、SiO₂、Al₂O₃、及びMgOは、それぞれ非焼成含炭塊成鉱中のCaO含有量（質量%）、SiO₂含有量（質量%）、Al₂O₃含有量（質量%）、及びMgO含有量（質量%）を示す。

脈石量の値を0.25以下とすることによって、スラグ量を低下させ、滴下性をさらに改善できる。

- [0031] MgO含有量は0.5質量%以上であることが好ましく、更に好ましくは0.6～2.0質量%である。これにより、低FeOスラグ（FeO含有量の少ないスラグ）の融点が、MgOによって低下し、メタル滴下性をさらに向上させることができる。

[0032] 本実施形態の高炉用の非焼成含炭塊成鉱の製造方法は、含鉄原料、含炭原料、及びバインダーを混合、混練し、混練物を成形して成形体を得る成形体の形成工程と、次いで前記成形体を養生して非焼成含炭塊成鉱を得る工程を有する。成形体の形成工程では、非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量（ $T.C$ ）が18～25質量%となり、かつ脈石成分の CaO 含有量（質量%）と SiO_2 含有量（質量%）の比 CaO/SiO_2 が1.0～2.0となるように、鉱石銘柄およびバインダー配合量からなる群から選ばれる1つ以上の配合条件を調整する。

[0033] 本実施形態で使用する含鉄原料としては、製鉄プロセスにおいて発生する焼結ダスト、高炉ダストなどの含鉄ダスト、焼結用粉状鉄鉱石より粒度が小さいペレットフィード、焼結用粉状鉄鉱石を破碎及び／又は整粒して作製された微粉状鉄鉱石などが挙げられる。

使用する鉱石銘柄によって、鉄および SiO_2 などの脈石成分の含有量が大きく異なる。したがって、使用する鉱石銘柄を選択することによって、 CaO/SiO_2 値を調整できる。特に、 CaO/SiO_2 値は、 SiO_2 含有量の多い鉱石の配合量によって大きく影響する。

本実施形態で使用する鉱石銘柄としては、インドハイシリシャス、ローブリバー、ヤンディークージナ、リオドセ（イタピラ）、マラマンバなどが挙げられる。

[0034] 本実施形態で使用する含炭原料としては、高炉一次灰、コークスダスト、微粉コークス、無煙炭などが挙げられる。

[0035] 本実施形態で使用するバインダーとしては、一般的に用いられる高炉水砕スラグを主成分とする微粉末やアルカリ刺激剤からなる時効性バインダー、生石灰、ポルトランドセメント、ベントナイトなどが挙げられる。バインダーの配合量（添加量）は、他の配合条件等を勘案して適宜決めることができる。バインダーの配合量が少なすぎると、非焼成含炭塊成鉱の冷間圧延強度を十分に維持することが困難となる。また、バインダーの配合量が多すぎると、非焼成含炭塊成鉱のスラグ量が増大し、炉下部の通気性が不安定化する

。これにより、安定した還元材比低減効果が得られない。

[0036] そこで、バインダー配合量を調整して CaO/SiO_2 を変化させた非焼成含炭塊成鉱の冷間強度を調査した。得られた結果を表1及び図1に示す。

[0037] [表1]

CaO/SiO_2 (-)	冷間圧潰強度 (kg/cm^2)	セメント配合 量 (重量%)
0.5	20	2.3
0.74	50	3.2
0.99	102	4.2
1.1	105	5.1
1.3	120	6.3
1.5	130	7.4
1.7	140	8.5
1.9	162	9.6
2.1	192	10.8
2.3	194	11.6
2.5	198	12.5

[0038] バインダー（セメント）配合量が少なくなる（ CaO/SiO_2 が低下する）と共に、冷間強度は低下した。そして、 CaO/SiO_2 が1.0未満（バインダー（セメント）配合量は5質量%未満）の場合、冷間の圧潰強度 $100\text{ kg}/\text{cm}^2$ を維持することが困難となった。非焼成含炭塊成鉱の冷間圧潰強度が $100\text{ kg}/\text{cm}^2$ 未満となると、高炉への搬送、装入時に非焼成含炭塊成鉱の粉化を引き起こす場合がある。冷間の圧潰強度を $100\text{ kg}/\text{cm}^2$ 以上に維持するために、バインダー（セメント）配合量を5質量%以上とすることが好ましい。また、バインダー（セメント）配合量が10質量%を超えると、脈石量の増大を招く場合がある。このため、バインダー（セメント）配合量を10質量%以下とすることが好ましい。よって、バインダーの配合量は5～10質量%が好ましい。

[0039] なお、混合、混練、成形、及び養生の製造工程のうち、養生中にセメント

の水和反応によって自由水が含炭塊成鉱中の水和物に取り込まれる。このため製造工程を経るときに、原料の全配合量は若干変化するが、その変化量は微小であり、ほとんど変化することは無いと考えて良い。このため、例えばバインダーの配合量は、製造された非焼成含炭塊成鉱中のバインダー含有量とほぼ同一となる。他の成分についても同様に、製造工程での配合量と非焼成含炭塊成鉱中の含有量はほぼ同一である。

従って、本実施形態の非焼成含炭塊成鉱において、バインダーの含有量は5～10質量%であることが好ましく、これにより上記したように100 kg/cm²以上の冷間圧潰強度が達成できる。

[0040] 本実施形態では、さらに副原料及び高SiO₂含有鉱石を配合することが好ましい。これにより、より厳密に成分調整を行うことができる。特に、バインダー量に左右されることなく、CaO/SiO₂値を調整できる。

副原料としては、SiO₂を主成分とする珪石、MgOを主成分とする蛇紋岩、橄欖岩、ドロマイト、ニッケルスラグ、マグネサイト、ブルーサイトなどが挙げられる。また、高SiO₂含有鉱石は、SiO₂含有量が3.5質量%以上の鉱石である。

[0041] 一般に、目標とする非焼成含炭塊成鉱の化学成分が規定されると、これら副原料や高SiO₂含有鉱石の配合量は自動的に決まってしまう。このため、これら副原料や高SiO₂含有鉱石の配合量は、特に限定されず、非焼成含炭塊成鉱の化学成分に応じて適宜決定される。

[0042] 次に、CaO/SiO₂、MgO含有量および脈石量を調整する方法についてより詳細に述べる。

CaO/SiO₂は、配合される原料に含まれるCaO量及びSiO₂量によって決定される。

[0043] CaOは、主に、バインダー、含炭原料として使用される高炉一次灰、含鉄原料として使用される焼結系ダストや転炉系ダストなどに含まれており、これらの配合量を適宜調整することによって、CaO含有量を調整できる。ただし、バインダーとしてCaO分の高いセメント系バインダーを使用する

場合、 CaO/SiO_2 が1.0～2.0となるように CaO 含有量を調整するためには、バインダーの配合量自体を減少させる必要がある。このため、十分な冷間圧潰強度が得られるかどうか、考慮する必要がある。

[0044] SiO_2 、 MgO は、主に、バインダー、含炭原料として使用される高炉一次灰、含鉄原料として使用される焼結系ダスト、炭素系減量中の灰分などに含まれる。

本実施形態では、非焼成含炭塊成鉱中の CaO/SiO_2 が1.0～2.0となれば、 SiO_2 の添加形態（ SiO_2 を含む原料の形態）に関わらず、一定の効果をもたらすことができる。また、 MgO についても、 MgO 含有量が0.5質量%以上となれば、 MgO の添加形態（ MgO を含む原料の形態）に関わらず、一定の効果をもたらすことができる。

積極的に CaO/SiO_2 の値を低減したり、 MgO 含有量を0.5質量%以上とする場合には、珪石、蛇紋岩、橄欖岩、ドロマイト、ニッケルスラグ、マグネサイト、ブルーサイトなどの副原料や高 SiO_2 含有鉱石を配合することが好ましい。これにより、前述したようにバインダー量に左右されることなく、 CaO/SiO_2 の値や MgO 含有量を調整できる。ただし、これら副原料や高 SiO_2 含有鉱石を多量に配合すると、脈石量が増大することになる。このため、脈石量が0.25以下となるように、 CaO/SiO_2 、 MgO を調整することが好ましい。

[0045] 本実施形態において、前述したように、炭素含有量（ T.C ）、 CaO/SiO_2 、脈石量、及び MgO 含有量の数値範囲を規定している。これら数値範囲の臨界的意義を示す実験結果を以下に示す。

CaO/SiO_2 が1.5であり、かつ MgO 含有量が1.5%である焼結鉱と非焼成含炭塊成鉱の1400℃における還元率を測定した。そして、未還元鉄は全て FeO としてスラグ中に存在すると仮定して、得られた還元率からスラグ中の FeO 濃度を算出した。その結果、スラグ中の FeO 濃度は、焼結鉱を使用した場合は34%であり、非焼成含炭塊成鉱を使用した場合は2%であることが分かった。この FeO 濃度を用いて、焼結鉱と非焼成

含炭塊成鉱について、 CaO/SiO_2 の値又は MgO 含有量と、スラグ融点との関係を調べた。なお、スラグ融点 ($\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}-\text{FeO}$) は、コンピュータによるシミュレーションから求めた。

[0046] 図2は、 MgO 含有量が1.5%である場合の CaO/SiO_2 とスラグ融点との関係を示す。図3は、 CaO/SiO_2 が1.5である場合の MgO 含有量とスラグ融点との関係を示す。

図2から明らかなように、焼結鉱と非焼成含炭塊成鉱では、 CaO/SiO_2 がスラグ融点に及ぼす影響の度合いが異なる。これは、高温での還元率（すなわちスラグ中の FeO 濃度）の差に起因している。具体的には、焼結鉱では、 CaO/SiO_2 が1.0低下すると、スラグ融点が278℃低下する。これに対して、非焼成含炭塊成鉱では、 CaO/SiO_2 が1.0低下すると、スラグ融点が620℃低下する。このため、非焼成含炭塊成鉱における CaO/SiO_2 の影響は、焼結鉱における CaO/SiO_2 の影響よりも2倍以上大きい。

[0047] 非焼成含炭塊成鉱では、低温における還元率が高い。炭素含有量の少ない焼成塊成鉱に比べて、炭素含有量の多い非焼成含炭塊成鉱を用いた場合、高炉の上部で早く還元される。すると、上部で還元されて下部に移動するスラグ中に残る未還元の鉄成分の量（ FeO の量）が少なくなる。スラグ中の FeO の量が少なくなるとスラグ融点が上昇する。前述したように、スラグの融点は、塩基度（ CaO/SiO_2 ）によっても左右される。このため、非焼成含炭塊成鉱中の塩基度によって、スラグ融点が大きく変化すると考えられる。また、非焼成含炭塊成鉱中の塩基度が大きいと、スラグ融点が非常に高くなってしまうと考えられる。

[0048] また、図3を参照すると、焼結鉱では、 MgO 含有量が1.0%増加すると、スラグ融点は50℃低下する。これに対して、非焼成含炭塊成鉱では、 MgO 含有量が1.0%増加すると、スラグ融点は22℃低下する。このため、非焼成含炭塊成鉱における MgO 含有量の影響は、焼結鉱における MgO 含有量の影響に比べて約半分である。

[0049] ただし、厳密には、滴下挙動は、スラグ融点だけで決定されず、スラグ量や他のスラグ物性（粘度やメタルとの濡れ性など）によっても左右される。このため滴下挙動は、複雑な現象であり、現時点でも完全には解明されていない。しかしながら、焼結鉱と非焼成含炭塊成鉱では、スラグ融点を低下させてメタル滴下を促進する成分条件が異なることは明らかである。

[0050] そこで、荷重軟化試験装置を用いて、種々の脈石成分を有する非焼成含炭塊成鉱の滴下特性を調査した。

含鉄原料と含炭原料を粉砕し、バインダー、副原料と共に混合し、混練して混練物を得た。次いで混練物を成形し、成形体を所定期間養生して非焼成含炭塊成鉱を製造した。非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量 T. C（トータルカーボン）は 20 質量%とした。また CaO/SiO_2 と MgO 含有量が所定の値となるように、含鉄原料と副原料の配合率を調整した。バインダー（セメント）の配合量は 10 質量%とした。

具体的には、脈石量（ $(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (100 - \text{炭素含有量 (T. C)})$ ）を 0.22 で一定とし、 MgO 含有量を 0.9 質量%で一定として、 CaO/SiO_2 が 0.5～2.5 の範囲で所定の値となるように、ポルトランドセメントと微粉珪石の配合量を調整した。以上により、脈石成分の CaO/SiO_2 が 0.5～2.5 の範囲でそれぞれ異なる非焼成含炭塊成鉱を製造した。

また、 CaO/SiO_2 を 2.0 で一定とし、種々の MgO 含有量を有する非焼成含炭塊成鉱を製造した。

[0051] まず、脈石成分の CaO/SiO_2 が 0.5～2.5 の範囲でそれぞれ異なる非焼成含炭塊成鉱に対して荷重軟化試験を実施した。

実際の高炉使用を想定して、非焼成含炭塊成鉱を通常の焼結鉱（ $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 1.8$ ）に対して 10% の割合で混合した。1600℃まで加熱して還元した段階で、るつぽから滴下したメタル量（率）を測定した。そして、以下の式で定義されるメタル滴下率（%）を計算した。

$$\text{メタル滴下率 (\%)} = \text{滴下メタル量} / (\text{装入した総 Fe 量} \times 0.95) \times$$

100

また焼結鉱のみにについても、同様にメタル滴下率を測定した。なお、焼結鉱のメタル滴下率が50%未満となると、融着帯下面が下がり、下部滴下帯領域を狭める。このため、下部通気性が悪化し、安定した操業が困難となる。

得られた結果を表2、図4に示す。

[0052] [表2]

メタル滴下率(%)		
CaO/SiO_2 (-)	非焼成含炭塊成鉱	焼結鉱のみ
0.51	0	—
0.74	20	—
1.15	66	—
1.4	79	—
1.58	72	79
1.77	62	80
2	50	72
2.1	40	64
2.3	0	55
2.4	0	45
2.5	0	—

[0053] 図4から分かるように、非焼成含炭塊成鉱の CaO/SiO_2 が高いほど、メタル滴下率が減少した。特に非焼成含炭塊成鉱の CaO/SiO_2 が2.0を超えると、50%のメタル滴下率を維持することが困難となった。非焼成含炭塊成鉱を用いることによって、低温領域から間接還元が進むため、融着層でメタルと共存するスラグ中の FeO 含有量が低下して、スラグ融点が上昇する。一般に、還元により生成した鉄の融液は、高炉下部に降下する際にコークスの炭素を包含し、炭素含有量が増加する（還元生成メタル浸炭）。スラグ融点が増加することによって、還元生成メタル浸炭後の鉄の融液同士

の凝集が妨げられ、図4に示された結果が得られたと考えられる。 CaO/SiO_2 が1.0未満では、共存スラグ融点は十分低いにも関わらず、スラグ滴下率は50%未満となった。これは、ネットワークフォーマーである SiO_2 の割合が増加するため、共存スラグの粘度が上昇してメタルの凝集が阻害されるためである。

また、図4においては、 MgO 含有量が1.5%の焼結鉱の CaO/SiO_2 とメタル滴下率との関係を表す測定結果も示されている。焼結鉱においても、 CaO/SiO_2 の上昇に伴ってメタル滴下率が低下する傾向が見られる。しかし、その変化はゆるやかである。図4の結果からも、非焼成含炭塊成鉱塊と焼結鉱では、優れたメタル滴下性を達成するために具備すべき成分条件が異なることが確認できる。

以上のように、メタル滴下率の向上のためには、 CaO/SiO_2 を1.0～2.0とする必要がある。 CaO/SiO_2 は、好ましくは1.4～1.7であり、60%超のメタル滴下率が達成できる。

[0054] また、 CaO/SiO_2 が2.0であり、かつ種々の MgO 含有量を有する非焼成含炭塊成鉱塊に対して、同様の方法により荷重軟化試験を実施した。そして、非焼成含炭塊成鉱塊を焼結鉱に対して10%の割合で混合したときの、非焼成含炭塊成鉱塊中の MgO 含有量とメタル滴下率との関係を調べた。得られた結果を表3、図5に示す。

[0055]

[表3]

メタル滴下率 (%)		
MgO (重量%)	非焼成含炭塊成鉱	焼結鉱のみ
0.2	40	0
0.3	45	10
0.4	48	19
0.5	50	20
0.72	55	37
1.06	60	54
1.63	65	80
1.97	73	82
2.51	71	84
2.8	72	—
3	73	—

[0056] 図5から分かるように、メタル滴下率を向上させるためには、非焼成含炭塊成鉱中のMgO含有量を上昇させることも有効である。 $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 2.0$ の非焼成含炭塊成鉱を10%の割合で焼結鉱に混合したときのメタル滴下率の変化から、MgO含有量が0.5質量%以上になると、メタル滴下率は50%を維持できることがわかる。MgO含有量が高いほど、メタル滴下率は上昇する。しかし、MgO含有量2.0%付近からは、効果が飽和することがわかる。これは、前述の低FeOスラグ（FeO含有量の少ないスラグ）の融点 γ が、MgOによって低下するためであり、 CaO/SiO_2 が高い条件ほど、MgOによる効果が有効に得られる。

従って、MgO含有量は0.5質量%以上であることが好ましい。上限は特に設けない。

[0057] また、図5においては CaO/SiO_2 が2.0の焼結鉱のMgO含有率とメタル滴下率 (%) との関係を表す測定結果も示されている。焼結鉱においても、MgO含有量の上昇に伴ってメタル滴下率が上昇する傾向が見られる。しかし、その変化（影響）は、非焼成含炭塊成鉱と較べて大きい。図5の

結果からも、非焼成含炭塊成鉱塊と焼結鉱では、優れたメタル滴下性を達成するために具備すべき成分条件が異なることが確認できる。

[0058] また共存するスラグ量（脈石量＋未還元のFeO量）も、滴下性を決定する重要な因子である。そこで、CaO/SiO₂が1.5であり、MgOが1.0%であり、脈石量が異なる非焼成含炭塊成鉱を製造した。そして、そのメタル滴下率を測定し、滴下特性を調べた。

前述したように脈石量は、以下の式により算出した。

脈石量＝（CaO＋SiO₂＋Al₂O₃＋MgO）／（100－炭素含有量（T.C.））

得られた結果を表4、図6に示す。

[0059]

[表4]

脈石量 (%)	メタル滴下率 (%)
0	72
0.05	68
0.1	75
0.15	60
0.2	63
0.25	68
0.3	40
0.35	20
0.4	8
0.45	0
0.5	0

[0060] 前述したように、スラグ中のFeO濃度は、比較的低温部で、既に2%まで低下するので、FeO濃度の影響は小さい。その結果、脈石量が0.25以下では、スラグ量によらず、良好なメタル滴下性を示した。脈石量が0.25以下の範囲では、スラグ量よりも、固相率、粘度、メタルとの濡れ性などのスラグ物性が、メタル滴下性の支配因子となると考えられる。しかし、脈石量が0.25を超えると、スラグ量の影響が無視できなくなり、滴下性は悪化した。さらにこのレベル（0.25超）の脈石量になると、高炉で非焼成含炭塊成鉱を多量に使用する際に、炉床スラグ量の著しい増大を招き、

出滓作業が不安化し、通気変動の原因となる。

以上の結果から、脈石量 $(\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3) / (100 - \text{TC})$ が 0.25 以下となるように非焼成含炭塊成鉱の成分を調整することが好ましい。

[0061] さらに、メタル滴下率に及ぼす非焼成含炭塊成鉱中の炭素含有量 (T. C) の影響について調査した。

MgO が 1.0 質量% で一定であり、脈石量が 0.22 で一定であり、 $\text{CaO} / \text{SiO}_2$ が 0.5、1.0、1.5、2.0、又は 2.5、炭素含有量 (T. C) が 10、15、18、25、又は 30 質量% となるように、原料の配合比を調整して非焼成含炭塊成鉱を製造した。

前述した方法と同様にしてメタル滴下量 (率) を測定した。得られた結果を図 7 に示す。

[0062] [表5]

メタル滴下率 (%)					
炭素含有量 (T. C) (mass%)	$\text{CaO} / \text{SiO}_2$ (-)				
	0.5	1	1.5	2	2.5
10	55	80	75	70	52
15	47	80	75	65	45
18	42	80	70	60	40
25	25	75	60	50	20
30	10	70	50	40	0

[0063] 図 7 の結果から、炭素含有量 (T. C) の増加に伴って、メタル滴下率が低下することが分かる。これは前述の通り、炭素含有量 (T. C) の増加に伴って、メタルと共存するスラグ中の FeO 濃度が減少するからである。

前述したように、高炉での安定した操業を実現するためには、メタル滴下率は 50% 以上である必要がある。 $\text{CaO} / \text{SiO}_2$ が 1.0 ~ 2.0 において、炭素含有量 (T. C) が 25 質量% 以下のとき、50% 以上のメタル滴下率を達成できることが分かる。従って、炭素含有量 (T. C) の上限値を 25 質量% とする必要がある。

[0064] なお、本実施形態では、非焼成含炭塊成鉱の成分と脈石の配合量を所定の

範囲に調整するが、非焼成含炭塊成鉱の成形方法、形状、物理構造（気孔・空隙率など）は制限されない。高炉用の非焼成含炭塊成鉱であれば、ペレットやブリケットなどの様々な形態が適用可能である。また、押し出し成形などの様々な成形方法が適用可能であり、同等の効果が得られる。

[0065] 高炉内では、装入物が上部から下部へ移動し、還元ガスが下部から上部へ移動し、これにより熱交換と反応が進行する。このため、高炉は向流反応器である。一般に高炉の連続操業においては、鉱石層の上層にて、還元ガスの還元力が失われて、還元が十分に進まない場合があった。特に、焼成塊成鉱は、炭素を含有せず、自己還元能力がない。このため、焼成塊成鉱を用いた場合、焼成塊成鉱は、鉱石層の上部で十分に還元されない。そして、還元が不完全な状態で、焼成塊成鉱が高炉下部へ移動した場合、高炉の滴下帯と炉芯部で還元され、直接還元を引き起こす。このような場合、高炉への負荷が高くなり、また通気性が悪くなる問題があった。

これに対して、本実施形態の非焼成含炭塊成鉱を用いると、高炉内で鉄鉱石と共に本実施形態の非焼成含炭塊成鉱が存在することによって、特に鉱石層の上層での還元効率を大幅に向上させることができる。

しかし、炭素含有量が高い非焼成含炭塊成鉱では、前述したように、特に塩基度（ CaO/SiO_2 ）によるスラグ融点への影響が大きい（図2）。本実施形態では、前述した発明者等の研究結果に基づいて、炭素含有量（ T.C ）及び CaO/SiO_2 を規定することによって、良好なメタル滴下性を達成している。このため、滴下帯と炉芯部のスラグホールドアップ量が減少し、良好な通気性を確保できる。

さらに、前述したように、高炉内で鉄鉱石と共に本実施形態の非焼成含炭塊成鉱が存在することによって、特に鉱石層の上層での還元効率を大幅に向上させることができる。還元が行われ難い鉱石層の上層での還元効率を大幅に向上できるため、高炉全体での還元効率は大幅に向上することとなる。このため、本実施形態の非焼成含炭塊成鉱中の炭素量の余剰分と同量のコークス量よりも多い量の還元材を低減できる。

実施例

[0066] 含鉄原料として、微粉状鉄含有原料（焼結ダストと鉄鉱石）を用意し、含炭原料として、炭材（コークスダスト、粉コークス、および、高炉一次灰）を用意した。また、バインダーとして、セメント（早強ポルトランドセメント）を用意した。なお、いくつかの実施例では、 SiO_2 含有量の高い副原料も用いた。

セメント（早強ポルトランドセメント）の配合比率が4～9質量%であり、炭材および微粉状鉄含有原料の配合割合が種々の値となるように、原料の配合量を調整した。これら原料を水分と共に混合し、アイリッヒミキサーで混練した。得られた混練物をパンペレタイザーで造粒（成形）して生ペレットを得た。次いで、生ペレットを、2週間、天日養生して非焼成含炭塊成鉱を製造した。なお、生ペレットの水分は、配合するセメント量に応じて10～14質量%に調整した。

[0067] 得られた非焼成含炭塊成鉱について、JIS M8718に準じて、以下の方法により冷間圧潰強度を測定した。試料1個に対して、規定の加圧速度で圧縮荷重を掛け、試料が破壊した時の荷重値を測定した。単位断面積当たりの荷重値（ kg/cm^2 ）を求めた。そして試料100個の平均値を算出し、強度指数として用いた。

前述した方法により、非焼成含炭塊成鉱のスラグ融点及びメタル滴下率を測定した。

また、有効容積5500 m^3 の高炉において、原料の一部として、50 kg/tp の量の非焼成含炭塊成鉱を使用して、高炉の操業を行った。そして、高炉の操業における上部K値、下部K値、風圧変動、及び還元材比を測定し、約1ヶ月間の操業結果の平均値を求めた。結果を表6に示す。

[0068]

[表6]

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	比較例 1	比較例 2	比較例 3
炭素含有量 (T.C)	20	20	20	20	20	17	20	30
鉄含有量 (T.Fe)	50	50	50	50	50	52	50	46
CaO含有量	10	10	6	6	9	9.5	11	7
SiO ₂ 含有量	5.1	10	5.1	5.8	7.5	5	5	4.7
MgO含有量	0.6	0.6	0.6	3	0.4	1.0	0.4	0.9
Al ₂ O ₃ 含有量	1.8	1.8	1.8	1.8	0.7	1.8	1.8	2.8
CaO/SiO ₂	2.0	1.0	1.2	1.0	1.2	1.9	2.2	1.5
脈石量	0.22	0.28	0.17	0.21	0.22	0.19	0.23	0.22
バインダーの配合量	9	9	4	9	9	9	9	9
副原料の配合量	0	2	0	2	1.8	0	0	1.2
冷間圧潰強度	125	128	85	135	112	107	120	60
スラグ融点	1590	1502	1550	1540	1570	1540	1780	1575
メタル滴下率	52	38	75	78	52	80	15	65
高炉での使用量	50	50	50	50	50	50	50	50
炉下部 K 値	0.9	1.29	0.9	0.9	1.13	0.9	1.35	1.62
炉上部 K 値	0.33	0.48	0.51	0.33	0.33	0.38	0.36	0.63
風圧変動	38	66	38	33	40	33	65	72
還元材比	470	510	502	465	498	520	500	530

- [0069] 表6を参照すると、実施例1では、成分の適正化を実施し、 CaO/SiO_2 を2.0、 MgO を0.6%、脈石量を0.22とした。高炉で使用する、炉下部の通気性が改善され、還元材比は470kg/t pまで低下した。このため、炭素含有量の高い非焼成含炭塊成鉱を用いた効果が発揮された。
- [0070] また、実施例2では、 SiO_2 含有量の高い副原料を配合し、 SiO_2 含有量を高めて CaO/SiO_2 を1.0と更に低下させた。この実施例2では、 CaO/SiO_2 と MgO 含有量が適正範囲であったため、スラグ融点を低くすることができた。ただ、脈石量が0.28と増大したため、メタル滴下性はやや低くなり、還元材比はあまり低下しなかった。
- [0071] 実施例3では、脈石量を低減するためにバインダー量を4%まで低下させた。しかし、化学成分の含有量は適正であったため、メタル滴下率は向上した。ただし、バインダー量が少ないため、冷間圧潰強度は85kg/cm²と不十分となった。このため、高炉にて使用した場合、炉内での粉量が増加し、これにより上部通気性が悪くなり、還元材比はやや高位であった。
- [0072] 実施例4では、バインダー量を低下させずに、副原料を配合することによって、して化学成分の含有量の調整を行った。この結果、冷間圧潰強度を損なうことなく、メタル滴下性が良好な非焼成含炭塊成鉱が製造できた。高炉にて使用した場合、還元材比が最も低下した。
- [0073] 実施例5では、 CaO/SiO_2 および脈石量は、本実施形態で規定された範囲(CaO/SiO_2 : 1.0~2.0、脈石量: 0.25以下)であるが、 MgO 含有量が0.4%と低く設定されていた。このため、メタル滴下率は52%に留まり、還元材比は低減するものの、その還元材比を低減する効果は比較的小さかった。
- [0074] これに対して、比較例1では、炭素含有量(T.C)が17質量%と低く、 CaO/SiO_2 が1.9と低く、 MgO 含有量が1.0%と高い非焼成含炭塊成鉱を製造した。炭素含有量(T.C)が低いこともあって、スラグ融点は十分低く、滴下性に問題はなかった。ただし、高炉にて使用した場合、カーボン含有量が低いため、還元材比を低くするには困難があった。

- [0075] 比較例 2 では、炭素含有量 (T. C) を 20% に高めて、かつ CaO/SiO_2 を 2.2 まで高めた非焼成含炭塊成鉱を製造した。低温での還元率が向上するため、スラグ融点は著しく上昇した。さらに CaO/SiO_2 が 2.0 超であるため、メタル滴下性が低下した。しかし、高炉にて使用した場合、炉下部での通気性が悪化し、風圧の変動が顕著に増加した。これにより、操業は不安定化した。このため、炭素含有量が高いことによる効果を十分享受することができず、還元材比は 500 kg/t p レベルに留まった。
- [0076] 比較例 3 では、炭素含有量が 30% であり、本実施形態で規定された範囲の上限 25 質量% を超える高炭素の非焼成含炭塊成鉱を製造した。他の成分の含有量は適切な範囲内であったため、滴下率は 65% と向上した。しかし、冷間強度が 60 kg/cm² と低く、高炉にて使用するために必要な最低限の強度が得られなかった。このため、高炉内への粉の装入量が増加し、長期的な安定操業が困難となった。
- [0077] 以上のように、非焼成含炭塊成鉱において、炭素含有量 (T. C) を 18 ~ 25 質量%、 CaO/SiO_2 を 1.0 ~ 2.0 の範囲内とすることにより、メタル滴下性が良好であり、かつ高炉にて使用する際の還元材比を低下させることができる。特に、脈石量 ($\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$) / (100 - 炭素含有量 (T. C)) の値が 0.25 以下、および MgO 含有量が 0.5 質量% 以上である場合には、この効果が顕著である。また、このような成分調整を副原料の添加により行い、バインダー配合量を 5 ~ 10% とすることにより、冷間の圧潰強度も維持できる。

産業上の利用可能性

- [0078] 本発明の一態様に係る高炉用の非焼成含炭塊成鉱は、高炉で使用する際に非焼成含炭塊成鉱だけでなく、焼結鉱などの主要な高炉用鉄含有原料の被還元率を向上するために十分な炭素含有量を有する。さらに、高炉の操業において、従来に比べて、スラグ融点を低く抑えることができ、優れた還元生成スラグ特性 (メタル滴下性) を達成できる。

このため、本発明の一態様に係る非焼成含炭塊成鉱を高炉用鉄含有原料の

一部として使用すると、高炉操業時の炉下部において良好な通気性を実現でき、還元材比（コークス比）を大幅に低減できる。

[0079] 本発明の一態様に係る高炉用の非焼成含炭塊成鉱の製造方法では、非焼成プロセスが適用されているため、焼成プロセスに比べて、省エネルギー化、低CO₂化が可能となる。また、比較的安価で簡易な方法により、製鉄プロセスで発生したダストを、鉄含有原料および炭材としてリサイクル処理できる。

従って、本発明の一態様は、高炉で使用される含炭塊成鉱に係る技術分野に好適に適用できる。

請求の範囲

- [請求項1] 含鉄原料、含炭原料、及びバインダーを混合、混練し、混練物を成形して成形体を得て、次いで前記成形体を養生して製造され、
炭素含有量（T. C）が18～25質量%、かつ脈石成分のCaO含有量（質量%）とSiO₂含有量（質量%）の比CaO/SiO₂が1.0～2.0であることを特徴とする高炉用の非焼成含炭塊成鉱。
- [請求項2] CaO含有量（質量%）、SiO₂含有量（質量%）、Al₂O₃含有量（質量%）、MgO含有量（質量%）および炭素含有量（T. C）（質量%）により表される脈石量（（CaO+SiO₂+Al₂O₃+MgO）/（100-炭素含有量（T. C）））の値が0.25以下であり、かつMgO含有量が0.5質量%以上である請求項1に記載の高炉用の非焼成含炭塊成鉱。
- [請求項3] 前記バインダーの含有量が5～10質量%である請求項1に記載の高炉用の非焼成含炭塊成鉱。
- [請求項4] 含鉄原料、含炭原料、及びバインダーを混合、混練し、混練物を成形して成形体を得る成形体の形成工程と、
次いで前記成形体を養生して非焼成含炭塊成鉱を得る工程を有し、
前記非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量（T. C）が18～25質量%、かつ脈石成分のCaO含有量（質量%）とSiO₂含有量（質量%）の比CaO/SiO₂が1.0～2.0となるように、前記成形体の形成工程において、鉱石銘柄、およびバインダー配合量からなる群から選ばれる1つ以上の配合条件を調整することを特徴とする高炉用の非焼成含炭塊成鉱の製造方法。
- [請求項5] 前記非焼成含炭塊成鉱のCaO含有量（質量%）、SiO₂含有量（質量%）、Al₂O₃含有量（質量%）、MgO含有量（質量%）および炭素含有量（T. C）（質量%）により表される脈石量（（CaO+SiO₂+Al₂O₃+MgO）/（100-炭素含有量（T.

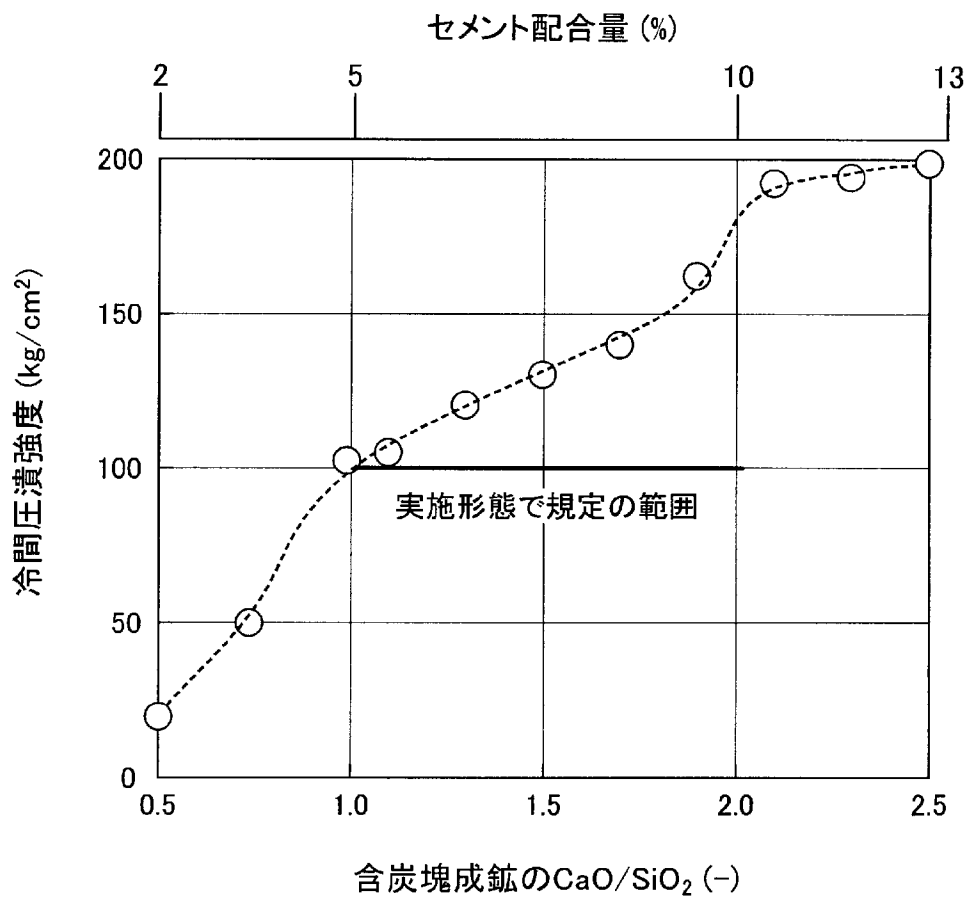
C))) の値が 0.25 以下であり、かつ MgO 含有量が 0.5 質量 % 以上となるように、前記成形体の形成工程において、前記配合条件を調整する請求項 4 に記載の高炉用の非焼成含炭塊成鉱の製造方法。

[請求項 6] 前記バインダー配合量を 5 ~ 10 質量 % の範囲で調整する請求項 4 に記載の高炉用の非焼成含炭塊成鉱の製造方法。

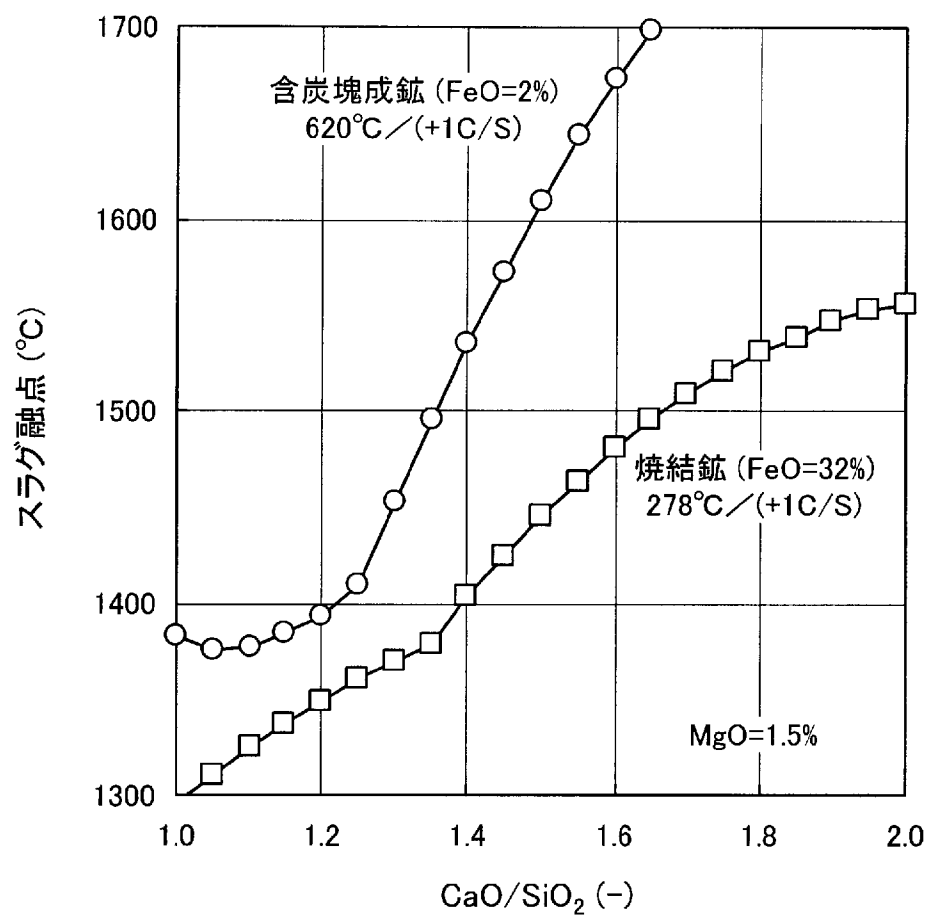
[請求項 7] 前記成形体の形成工程において、珪石、蛇紋岩、橄欖岩、ドロマイト、ニッケルスラグ、マグネサイト、ブルーサイトから選ばれる副原料、及び高 SiO₂ 含有鉱石のうちいずれか一方又は両方をさらに配合し、

前記非焼成含炭塊成鉱の炭素含有量 (T. C) が 18 ~ 25 質量 %、かつ CaO 含有量と SiO₂ 含有量の比 CaO / SiO₂ が 1.0 ~ 2.0 となるように、前記副原料及び高 SiO₂ 含有鉱石の配合量を調整することを特徴とする請求項 4 に記載の高炉用の非焼成含炭塊成鉱の製造方法。

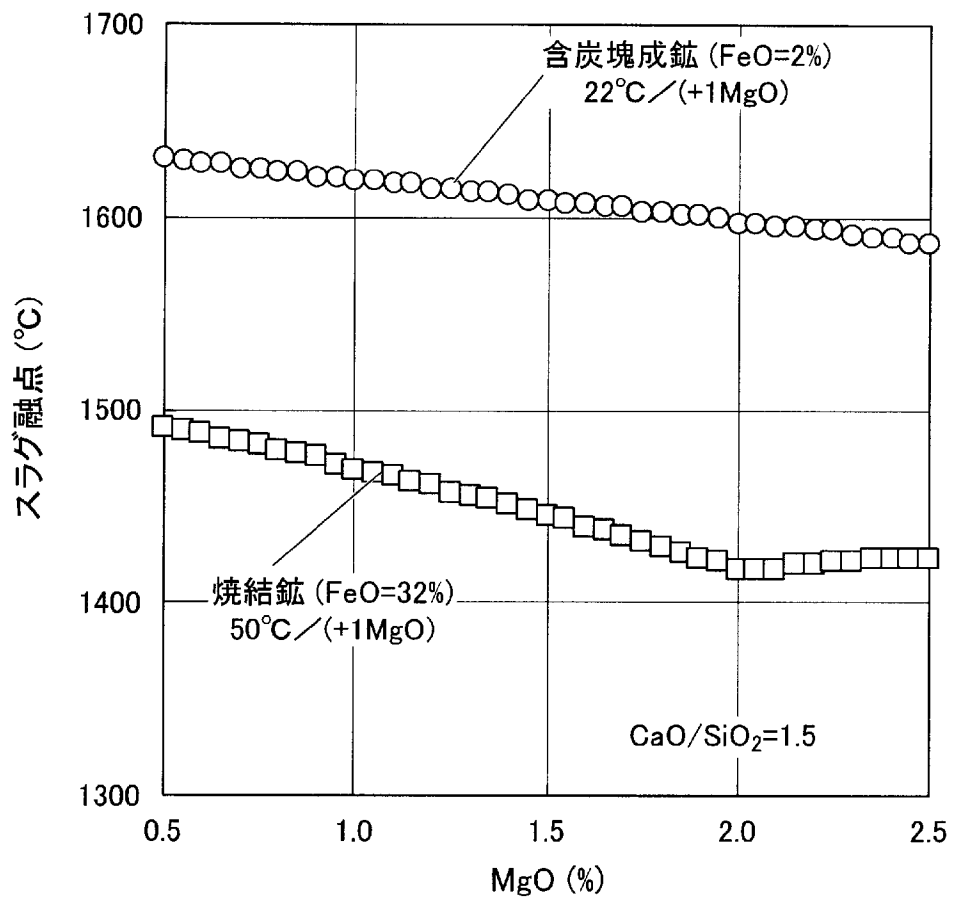
[図1]



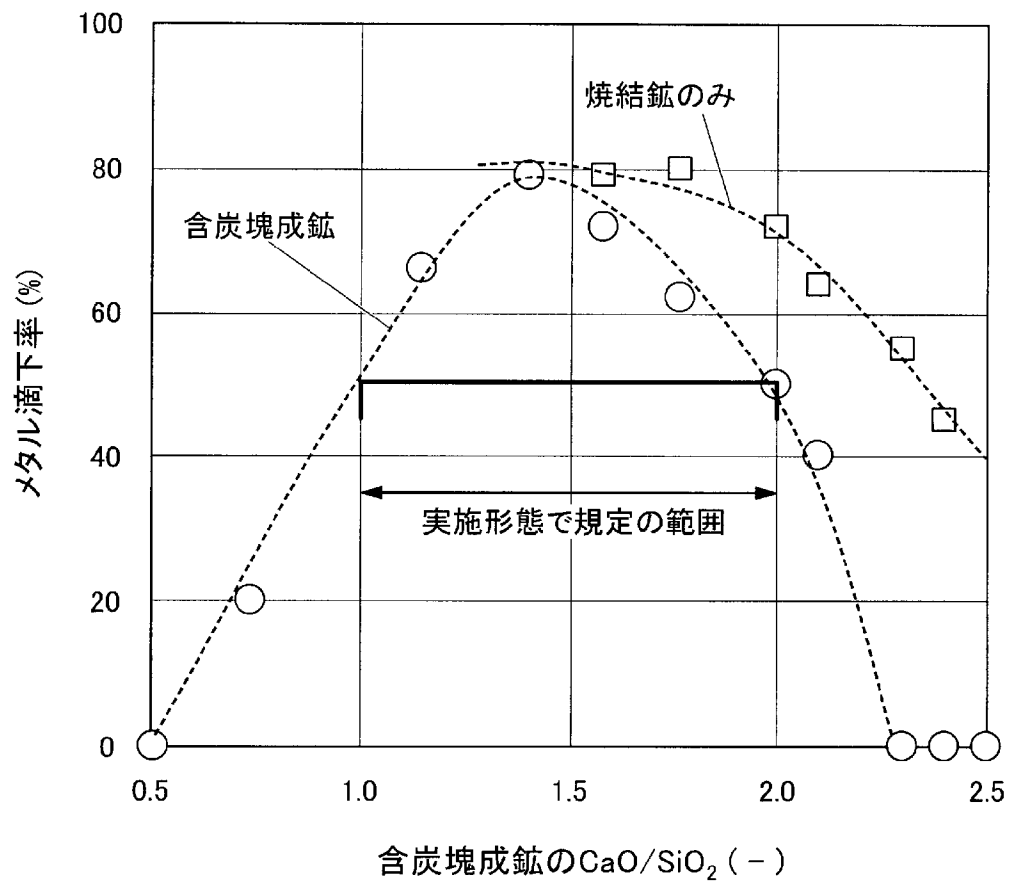
[図2]



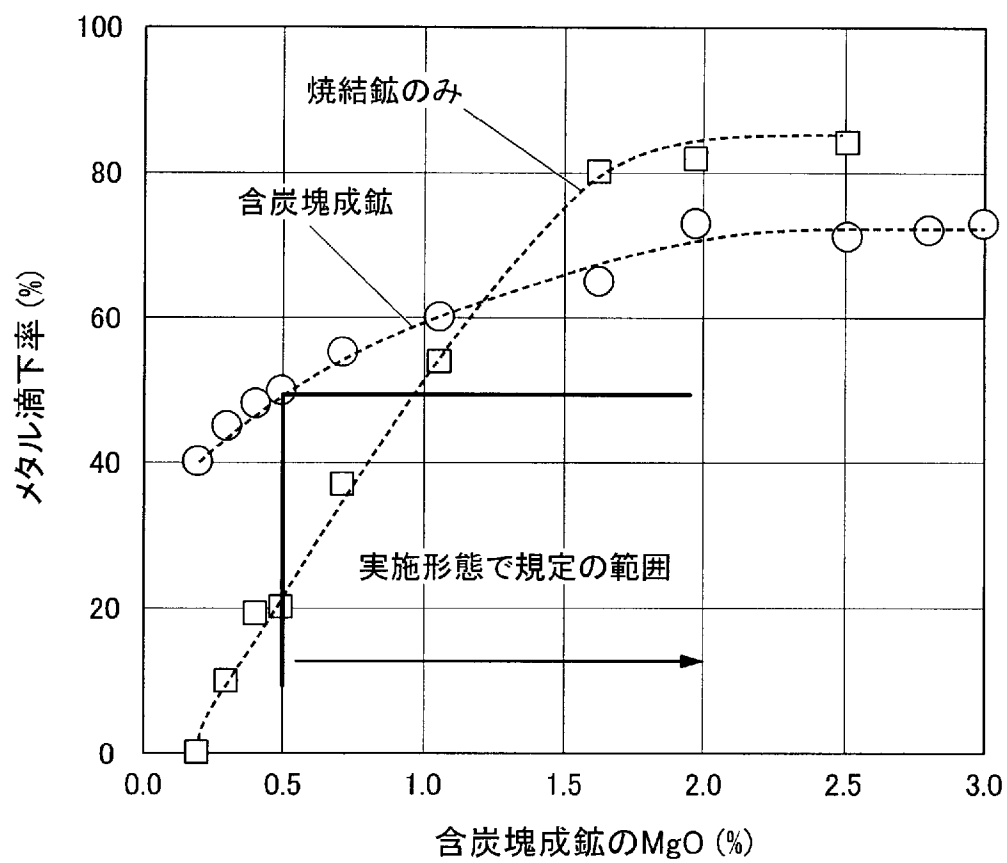
[図3]



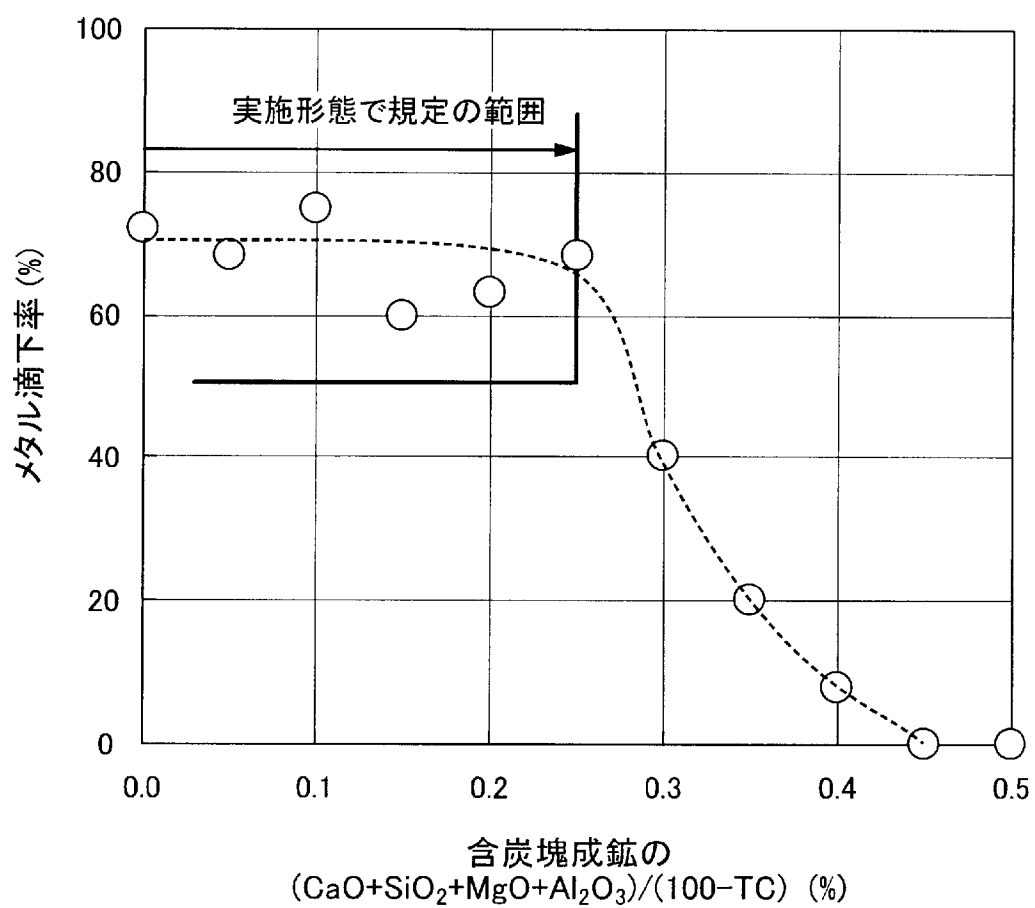
[図4]



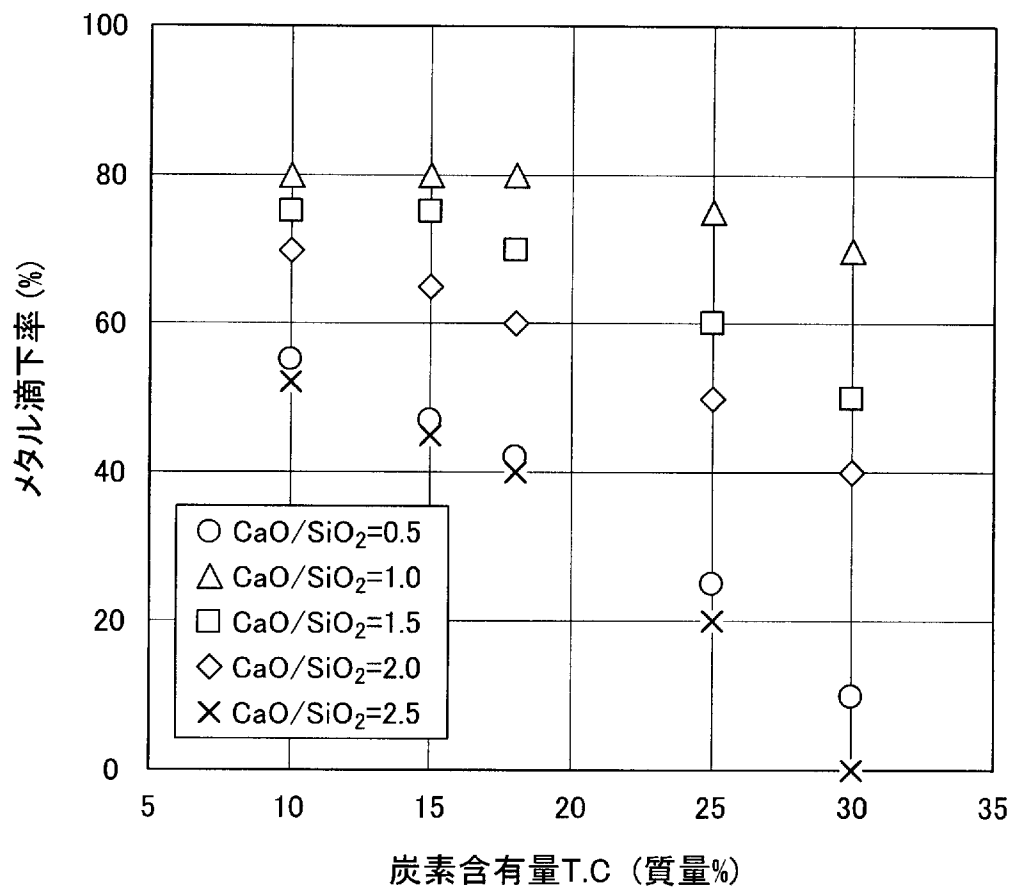
[図5]



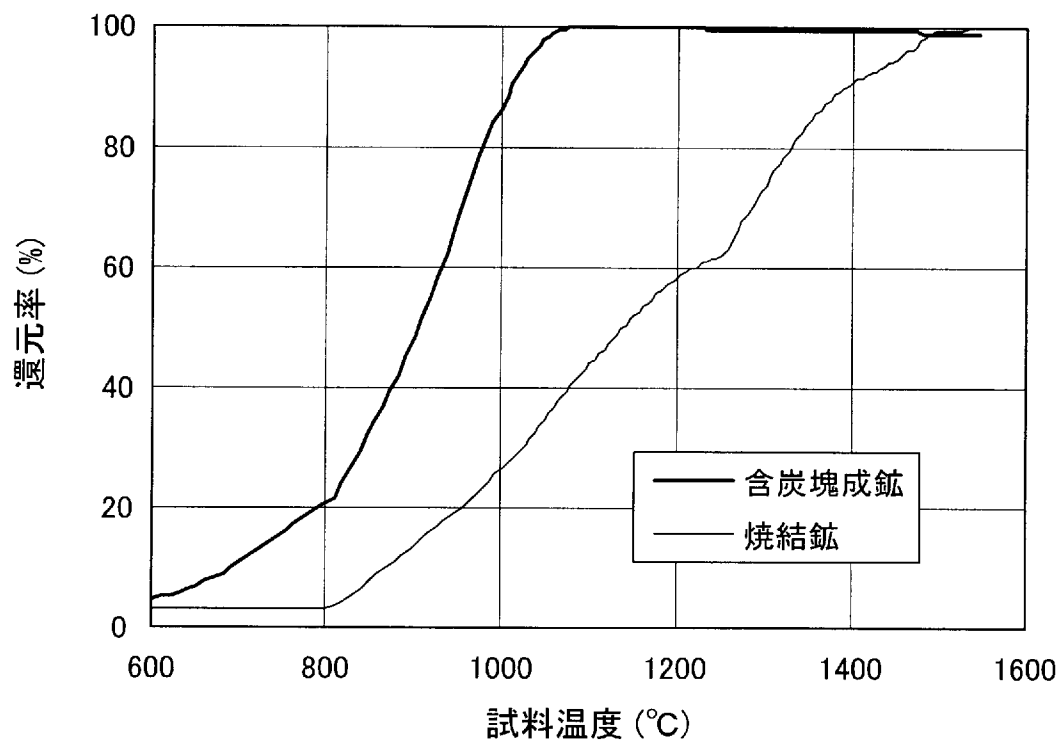
[図6]



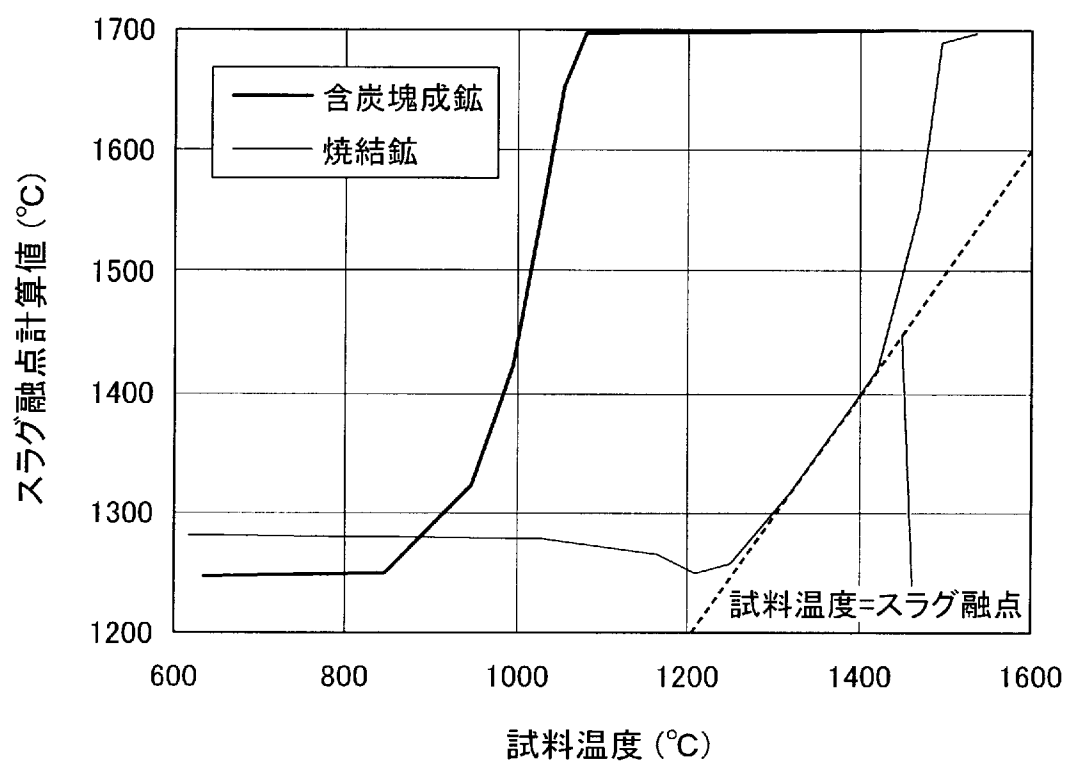
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/063726

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22B1/243(2006.01) i, C21B5/00(2006.01) i

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)

C22B1/00-61/00, C21B3/00-5/06, C21B11/00-15/04

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 62-050420 A (Nippon Steel Corp.), 05 March 1987 (05.03.1987), claims; table 1; fig. 1 (Family: none)	1-7
A	JP 2008-095177 A (Nippon Steel Corp.), 24 April 2008 (24.04.2008), claim 1; tables 1, 2 (Family: none)	1-7
A	JP 2002-146444 A (Kobe Steel, Ltd.), 22 May 2002 (22.05.2002), claims 1, 2 (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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
15 October, 2010 (15.10.10)

Date of mailing of the international search report
26 October, 2010 (26.10.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C22B1/243 (2006.01)i, C21B5/00 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C22B1/00-61/00, C21B3/00-5/06, C21B11/00-15/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 62-050420 A (新日本製鐵株式会社) 1987.03.05, 特許請求の範囲, 第1表, 第1図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2008-095177 A (新日本製鐵株式会社) 2008.04.24, 請求項1, 表1, 2 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2002-146444 A (株式会社神戸製鋼所) 2002.05.22, 請求項1, 2 (ファミリーなし)	1-7

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 5 . 1 0 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 6 . 1 0 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

河口 展明

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 5

4 K

3 7 7 0