

(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
2024年9月12日(12.09.2024)



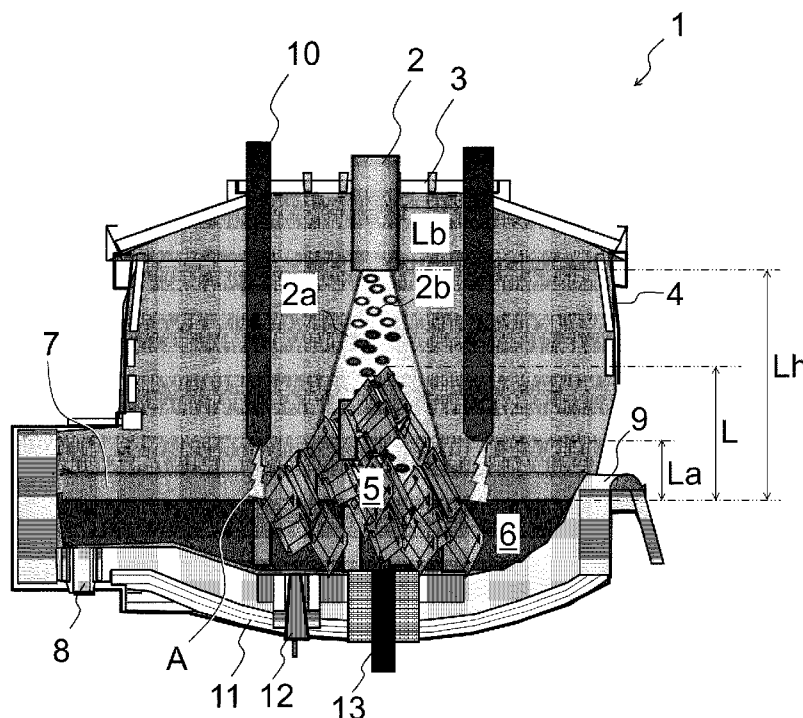
(10) 国際公開番号

WO 2024/185211 A1

- (51) 国際特許分類:
C21C 5/52 (2006.01) C21B 11/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/040492
- (22) 国際出願日: 2023年11月10日(10.11.2023)
- (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 2023-034262 2023年3月7日(07.03.2023) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小笠原 太 (OGASAWARA Futoshi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 小田 信彦(ODA Nobuhiko); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 堤 康一(TSUTSUMI Koichi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 中井 由枝(NAKAI Yoshie); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人銀座マロニエ特許事務所(GINZA MARONIE P.C.); 〒1040061 東

(54) Title: MOLTEN-IRON PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 溶鉄の製造方法



(57) Abstract: Provided is technology for smelting cold (direct-reduced and scrap) iron sources with heightened productivity and reduced electric-power consumption rate. The present invention is a molten-iron production method in which an electric furnace is utilized to smelt a cold iron source by means of electrical energy. Injection holes for injecting fuel and injection holes for injecting combustion-enhancing gas are provided; and in the electric furnace, arranged is a burner that jets flames through the injection holes directed toward the furnace content inside the electric furnace. Upon spraying



WO 2024/185211 A1

京都中央区銀座2丁目8番9号木挽館銀座ビル 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

in auxiliary feedstock that is in powdered form or has been processed into powdered form so as to pass through the flames formed by the burner, the auxiliary-feedstock feed rate or the burner-fuel feed rate is adjusted in accordance with the molten state of the cold iron source in the electric furnace.

(57) 要約: 生産性が高く、電力原単位を低減して、冷鉄源を溶解する技術を提供する。電気炉を用い、電気エネルギーにより冷鉄源を溶解する溶鉄の製造方法であって、燃料を噴出させる噴射孔および支燃性ガスを噴出させる噴射孔を備え、該噴射孔から前記電気炉内の炉内容物に向けて火炎を噴射するバーナーを前記電気炉に配し、前記バーナーにより形成される火炎の中を通過するように粉状または粉状に加工した副原料を吹込むにあたり、前記電気炉内の冷鉄源の溶解状況に応じて、前記副原料の供給速度または前記バーナーの燃料供給速度を調整する溶鉄の製造方法である。

明 細 書

発明の名称： 溶鉄の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、生産性が高く、電力原単位を低減して、冷鉄源を溶解する技術に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球温暖化防止の観点から、鉄鋼業界においても化石燃料の消費量を削減してCO₂ガスの発生量を減少させる技術開発が進められている。従来の一貫製鉄所においては、鉄鉱石を炭素で還元して溶銑を製造している。この溶銑を製造するには鉄鉱石の還元等のために溶銑1 tあたり500 kg程度の炭素源を必要とする。一方、鉄スクラップや固体還元鉄などの冷鉄源を主原料として溶鋼を製造する場合には、鉄鉱石の還元に必要なとされる炭素源が不要となり、冷鉄源を溶解するのに十分な熱量のエネルギーのみを必要とする。そのため、CO₂排出量を大幅に低減可能となる。

[0003] 冷鉄源高配合操業においては、アーク炉や誘導溶解炉等の電気炉が使用される場合が多い。そのとき、冷鉄源の溶解熱の多くを電力で付与している。生産性向上や電力原単位の削減のため、例えばアーク炉の一般的な操業では、以下のような技術が採用されている。1) 助燃バーナーを炉壁や排滓口に配し、コールドスポット等の冷鉄源の溶解を促進させる。2) 酸素ガス供給ランスから酸素を供給して鉄の酸化熱を付与するいわゆる酸素富化操業を行なう。

[0004] しかしながら、酸素富化操業においては、鉄の酸化ロスに伴う歩留低下が問題となる。また、助燃バーナーを使用する場合、バーナー火炎は溶鉄表面上の炉体上部に形成されるため、炉内容鉄への着熱効率が低く、供給した熱量の多くは排ガス顕熱として排出される。そのため電力原単位を削減できたとしても、燃料も含めた合計のエネルギー投入量の削減効果は小さい。炉内の溶鉄および冷鉄源に高効率で着熱させることが可能な熱付与手段が望まれ

ている。

[0005] 高効率な熱付与手段として、例えば特許文献1や2には、鉄浴型溶融還元炉において、酸化性ガスを供給する上吹きランスとは別に粉粒状の鉬石を投入するランスを設置する技術が開示されている。その技術では、ランスの先端部に鉬石の流通孔を設けるとともに燃料と酸素を吹き込む噴射孔からなるバーナーを設け、当該バーナーから発生する火炎の中を通過するように鉬石を供給している。そのとき、火炎の中で加熱された鉬石が炉内の溶鉄に熱を伝えることで、バーナー燃焼熱の利用が飛躍的に向上することを示している。バーナー火炎中でバーナー燃焼によって生じたガスから粉粒体に伝熱することで、バーナー燃焼によって生じたガスの温度、すなわち排ガス温度も低下することが示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2007-138207号公報

特許文献2：特開2008-179876号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上記従来技術には以下の問題がある。

粉体をバーナー火炎中に供給せずにバーナー単体で加熱を行った場合、前述のとおりバーナー燃焼熱の炉内溶鉄への着熱効率が低位となる。そして、排ガス顕熱が増加することで炉外に熱が排出されることになる。特許文献1や2に記載のように、粉粒体を添加することでバーナー燃焼熱が粉体に伝熱し、バーナー燃焼によって生じたガスの温度が低下する。しかし、粉粒体の供給速度が少ない場合はその伝熱量も低位となり、炉内溶鉄への着熱効率も低位となり、燃焼ガス温度の低下代も小さい。炉内溶鉄への高効率着熱および排ガス温度を低下させるための条件として、特許文献2に記載の溶融還元処理においては、粉体の供給速度を S (kg/min)、単位時間あたりの

バーナー燃料の発熱量を Q (MJ/min) としたときに粉体燃料比 S/Q を 0.3 以上とすることを示している。すなわち、バーナーの燃焼熱に対して十分な量の粉粒体を供給することが必要であることを示している。

[0008] このことは、精錬処理において供給可能な粉粒体の量によってバーナーの発熱量および炉内容鉄に熱付与可能な量が制約を受けるということを意味している。精錬処理に本来必要とする粉粒状の副原料よりも余剰の粉粒体を供給した場合は、余剰に供給した粉粒体を溶鉄温度まで加熱するための顕熱が余分に必要となり、バーナーにより付与した熱量を上回る熱損失が生じる。

[0009] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、電気炉において高効率な熱付与手段を提供し、生産性が高く、電力原単位を低減して、冷鉄源を溶解する技術の提案を目的としている。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を有利に解決する本発明にかかる溶鉄の製造方法は、電気炉を用い、電気エネルギーにより冷鉄源を溶解する溶鉄の製造方法であって、燃料を噴出させる噴射孔および支燃性ガスを噴出させる噴射孔を備え、該噴射孔から前記電気炉内の炉内容物に向けて火炎を噴射するバーナーを前記電気炉に配し、前記バーナーにより形成される火炎の中を通過するように粉状または粉状に加工した副原料を吹込むにあたり、前記電気炉内の冷鉄源の溶解状況に応じて、前記副原料の供給速度または前記バーナーの燃料供給速度を調整することを特徴とする。

[0011] なお、本発明にかかる溶鉄の製造方法は、

(a) 単位時間あたりに前記バーナーで使用する燃料の発熱量を Q (MJ/min) とし、前記副原料の供給速度を S (kg/min) とし、粉体燃料比 S/Q (kg/MJ) が式 (1) : $S/Q \geq 0.3 \times (1 - L/L_h)$ の関係 (ここで、 L は前記電気炉内の未溶解の冷鉄源の最大高さ位置と溶湯上面位置との鉛直方向距離 (m) であり、溶湯上面位置より上部に未溶解の冷鉄源が存在しない場合は 0 と置き、 L_h は前記バーナー先端位置と溶湯上面位置との鉛直方向距離 (m) である) を満足するように前記副原料の供給

速度または前記バーナーの燃料供給速度を調整すること、

(b) 前記電気炉がアーク炉であって、アークが発生する電極とバーナーとの最短距離を、該電極の先端と前記炉内容物との距離 L_a の1.1倍以上離すこと、

などがより好ましい解決手段になり得る。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、バーナー火炎を介して粉粒体を供給することで、粉粒体がバーナー火炎内で加熱されて伝熱媒体となるため、バーナー燃焼熱を高効率で電気炉の溶解室内の冷鉄源や溶鉄の加熱に利用可能であり、電力の使用量を削減可能である。さらに、電気炉内に未溶解の冷鉄源が大量に存在する場合はバーナー火炎で直接未溶解冷鉄源を加熱することが可能である。溶湯と比較して溶湯上に存在する冷鉄源は表面積が大きいいためバーナー燃焼熱を高効率で炉内冷鉄源に着熱させることが可能となる。

[0013] 従来の方では、高着熱効率を得るために十分な量の粉粒体を供給する必要があった。本発明では、粉粒体供給量に対して燃料の発熱量が過剰な場合でも、すなわち、バーナー燃焼熱のうち粉粒体加熱に寄与した分が低位であっても、電気炉内の未溶解冷鉄源を直接加熱することにより高い着熱効率を得ることが可能である。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の一実施形態にかかる電気炉として、直流アーク炉の概要を示す縦断面模式図である。

[図2]上記実施形態に用いるバーナーランスの先端部の縦断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施の形態について具体的に説明する。なお、各図面は模式的なものであって、現実のものとは異なる場合がある。また、以下の実施形態は、本発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであり、構成を下記のものに特定するものでない。すなわち、本発明の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された技術的範囲内において、種々の変更

を加えることができる。

[0016] 図1は、本発明の一実施形態にかかる電気炉としての直流アーク炉1の概要を示す縦断面模式図であり、直流アーク型電気炉操業の形態様式を示す。

[0017] 本実施形態では、電気炉1にはバーナーランス2が炉蓋3に設けられたバーナーランス挿入孔から昇降可能に挿入されている。なお、図1の例では、バーナーランス2が炉蓋から垂直に昇降可能に挿入されているが、これに限らない。バーナーランス2が炉壁の上方から炉内に向けて斜めに挿入されてもよい。また、バーナーは昇降可能なランス形式に限らず、ノズル部が炉蓋3や炉壁4に固定されている形態でもよい。また、上記バーナーに送酸機能を付与して、上記バーナーから送酸を行なってもよい。バーナーランス2は電気炉1に收容された冷鉄源5や溶鉄6などの炉内容物の表面に向かってバーナー火炎2aを噴射している。

[0018] なお、電気炉1には、炉蓋3を貫通して上方から、あるいは、排滓口から酸素吹き込みランスや炭材吹き込みランスが挿入されていてもよい。

[0019] 炭材吹き込みランスからは、空気や窒素などを搬送用ガスとして、コークス、チャー、石炭、木炭、黒鉛などの1種以上からなる炭材を熔融スラグ7に吹き込んでよい。また、酸素吹き込みランスからは酸素を供給（噴射）し、この酸素により熔融スラグ7を押しつけて、溶鉄6に酸素が吹き込まれるようにしてもよい。

[0020] なお、酸素吹き込みランスからは、純酸素ではなく、酸素含有ガス、たとえば、純酸素と空気の混合ガスなどを吹き込んでよい。

[0021] 電気炉1には、炉底11に出湯口8が設けられている。また、出湯口8の反対側には排滓口9が設けられている。この出湯口8は、内部に充填される詰め砂やマッド剤などにより閉塞されている。排滓口9は樋状であり、電気炉1の炉体を傾動して排滓できるようになっている。

[0022] 電気炉1の上部は、開閉可能な水冷構造の炉蓋3を貫通して上方から電極10が挿入されている。一方、炉底11を貫通して対極としての炉底電極13が設けられている。炉底電極13のために図示しない炉底電極冷却装置や

二次導体も設置されている。炉底電極 13 は溶鉄 6 や冷鉄源 5 に導通し、これらと電極 10 間でアークを飛ばすことにより冷鉄源 5 を溶解し、溶鉄 6 を加熱するアーク加熱部 A が構成される。通常、電極 10 は黒鉛などで構成され、上下移動可能である。炉底 11 に底吹き羽口 12 を設置してガス吹込みによる攪拌を行ってもよい。図 1 の例では 2 本電極 10 の例を示すが、1 本電極や 3 本以上であってもよい。図 1 の例では、2 本の電極間にバーナーランス 2 を配している。

[0023] 図 1 は、冷鉄源 5 として、鉄系スクラップを装入し、通電を開始して、冷鉄源 5 の溶解を行っている状態である。この間、バーナーランス 2 からバーナー火炎 2 a を通じて粉状副原料 2 b を吹き付けて、冷鉄源 5 の溶解を促進させている。この操業では、炭化水素または太陽光や風力、水力など再生可能エネルギーで製造した水素ガス等を主体とする燃料を用いることが好ましい。水素ガス等を主体とする燃料とは、水素ガスまたは水素富化気体燃料をいい、水素富化気体燃料としては、水素ガスとメタンガス、天然ガスまたは石油ガスとの混合ガスを用いることができる。CO₂発生量削減の観点からは水素ガスを 50 vol% 以上混合することが好ましい。

[0024] 上記実施形態では、電気炉として、電極を 2 本有する直流アーク炉 1 を用いたが、3 本電極などを用いた交流アーク炉であってもよい。

[0025] 図 2 に上記実施形態で用いるバーナーランス 2 の一形態例として、その先端部 20 を概略図で示す。中心に噴射孔を有する粉体供給管 21 を配置し、その周囲に噴射孔を有する燃料供給管 22 および支燃性ガス供給管 23 を順に配置する。その外側は冷却水通路 24 を有する外殻 25 を備える。粉体供給管 21 の外周部に設けられた噴射孔から、燃料ガス 26 と支燃性ガス 27 を供給してバーナー火炎 2 a を形成する。そして、粉体供給管 21 から噴射した粉状副原料 2 b を該バーナー火炎 2 a 中で加熱する。そうすることで、粉状副原料 2 b が伝熱媒体となるため、冷鉄源 5 や溶鉄 6 など炉内容物への火炎の着熱効率を向上させることが可能となる。その結果、電力量を低減することが可能となる。支燃性ガス 27 としては、純酸素のほか、酸素と CO₂

や不活性ガスとの混合ガス、空気や酸素富化空気が適用できる。さらに、粉体たる粉状副原料 2 b を搬送するガスを不活性ガスや支燃性ガスとすることができる。

[0026] 本実施形態にかかる溶鉄の製造方法では、たとえば、図 1 に示す直流アーク炉 1 などの電気炉に、まず、図示しないバケットより、鉄スクラップや固体還元鉄などの冷鉄源 5 を装入する。初装の冷鉄源 5 を装入したのちに、通電を開始する。そののちに炉内上部に設置されたバーナーランス 2 を電気炉 1 内に挿入し、電力とバーナー火炎 2 a の燃焼熱で冷鉄源 5 の加熱を行なう。

[0027] 初装の冷鉄源 5 の溶解がさらに進み、フラットバス状態、つまり、未溶解の冷鉄源 5 があっても溶鉄 6 内に浸漬した状態になったら、必要に応じ排滓口 9 より排滓を行なう。その後、通電とバーナー使用を中断し、炉蓋 3 を開けて 2 回目の冷鉄源 5 を装入することもできる。2 回目の冷鉄源 5 装入後は、通電を再開し、初装後と同様にバーナー加熱操作を行うことが好ましい。なお、冷鉄源 5 の装入回数は 3 回以上であってもよい。

[0028] 発明者らは、図 1 に示すような電気炉 1 を用い、燃料ガス流量や粉体の供給速度を種々変更して、炉内容物への着熱効率を調査した。ここで、副原料 2 b の供給速度 S (kg/min) の、バーナー 2 で使用する燃料 2 6 の単位時間あたり発熱量 Q (MJ/min) に対する比を、粉体燃料比 S/Q (kg/MJ) とする。

[0029] その結果、燃料ガスの発熱量に対し十分な量の粉体を供給することで、炉内容物への着熱効率が高位となり、かつ燃焼火炎温度が低下することを見出した。フラットバスの場合は、粉体燃料比 S/Q を 0.3 (kg/MJ) 以上とすることでバーナーの燃焼熱が高効率で炉内容物へ着熱する結果が得られた。そして、電力原単位削減効果および生産性向上効果が見られた。しかしながら、粉体供給速度 S に対して燃料の発熱量 Q が過多の場合、具体的には粉体燃料比 S/Q が 0.3 (kg/MJ) 未満の条件では、排ガス温度が高位となった。そして、炉内容物への着熱効率も低位となり、電力原単位削

減効果および生産性向上効果も小さかった。粉体供給速度 S に対して燃料の発熱量 Q が過多の場合にはバーナー燃焼熱の粉粒体への着熱が十分ではなく、排ガス顕熱として炉外排出されてしまったものと考えられる。

[0030] 一方で、炉内の未溶解冷鉄源 5 が大量に存在し、溶鉄 6 面よりも上方位置に冷鉄源 5 が積み重なっている状態では、粉体燃料比 S/Q を 0.3 (kg/MJ) 未満とした条件でも高着熱効率が得られることを見出した。これは、浴面上に存在している冷鉄源 5 は表面積が大きく、バーナー火炎で直接冷鉄源 5 が加熱される効果があると考えた。そのため、粉体燃料比 S/Q が小さい場合でもバーナー燃焼熱を効率的に炉内容物に伝熱可能であるためであると考えられる。炉内の未溶解冷鉄源 5 の量が多く、積み重なり高さが高いほど、直接着熱の効果は大きくなり、粉体燃料比 S/Q を下げても高着熱効率を得られる結果となった。整理すると、電気炉内の未溶解の冷鉄源 5 の最大高さ位置と溶湯上面位置との鉛直方向距離 L (m) と、バーナー先端位置と溶湯上面位置との鉛直方向距離 L_h (m) とにおいて、粉体燃料比 S/Q (kg/MJ) が $0.3 \times (1 - L/L_h)$ 以上必要であった。それ未満では、着熱効率が低下した。なお、溶湯上面位置より上部に未溶解の冷鉄源 5 が存在しない場合、つまり、フラットバスでは $L = 0$ とおく。なお、冷鉄源 5 の溶解の進行に伴って、溶湯上面位置は刻一刻と変化するので、それに応じて、 L_h を調整することが好ましい。

[0031] アーク炉 1 にバーナーランス 2 を設置するにあたり、バーナーランス 2 と黒鉛電極 10 の距離が短く、近接しすぎている場合には、電極からバーナーランス 2 に向かってアークが飛び、バーナーランス 2 が損傷する現象が見られた。ある電圧においてアークが発生する電極 10 と炉内容物の距離 L_a に対して、バーナーランス 2 と電極 10 の最短距離 L_b を十分に確保する必要があることがわかった。バーナーランス 2 と電極 10 の最短距離 L_b は、電極表面とバーナーランス表面との距離である。整理すると、バーナーランス 2 と電極 10 の最短距離 L_b は、電極 10 と炉内容物の距離 L_a の 1.1 倍以上とする必要がある。それ未満では、電極 10 とバーナーランス 2 との間

にアークが発生する可能性がある。

[0032] 本実施形態では、粉体種としては、粉状または粉状に加工した副原料 2 b である造滓材、ダスト等を用いることができる。バーナー火炎内で効率的に加熱するためには、比表面積を大きくすることが必要であり、粒径 100 μ m 程度以下であることが好ましい。副原料の粒度が大きい場合には、粉碎等により、粒径を 100 μ m 程度以下に加工することが好ましい。ここで、粒径は体積基準の 50% 通過率で表す。

[0033] また、電気炉としては、電気エネルギーを用いて冷鉄源を溶解し溶鉄を得るものであれば適用可能である。例えば、アーク炉であれば、上記の直流または交流のアーク炉だけでなく、ゼータベルグ式自焼成電極等をスラグ内に浸漬させて加熱を行なう浸漬型アーク炉であってもよい。また、炉内に設けられた発熱体からの輻射や炉内の対流及び伝導伝熱で被加熱物を加熱する間接式抵抗炉であってもよい。さらには、プラズマアーク溶解炉であってもよい。

[0034] 本実施形態で溶解した溶鉄 6 は、主原料とする鉄スクラップや固体還元鉄の金属組成と同等の組成となり、通常は比較的 C 含有量の少ない溶鋼である。成分調整のために、溶解した電気炉でそのまま合金添加を行ったり、酸素吹精による仕上げ脱炭処理や脱りん処理等を行ったりしてもよい。さらに出湯後、溶鋼脱硫処理、真空脱ガス処理等の 2 次精錬を行ってもよい。その後、連続鑄造などの鑄造工程を経て、鑄片等の半製品が製造される。

実施例

[0035] (実施例 1)

直流アーク炉を電気炉として用いて、冷鉄源溶解試験を行った。使用冷鉄源としてはスクラップを用い、合計装入量は 100 t とした。

[0036] 電気炉の炉蓋に燃料供給ラインと酸素供給ラインを備えたバーナーランスを設置しており、バーナーランスの先端部は図 2 に示すのと同様の多重管構造とした。バーナー燃料としてはプロパンガスを用いた。バーナーを使用しない場合 (処理 No. 1) と、バーナー燃料は供給するが粉体は供給せず炉

内容物をバーナー火炎単体で加熱した場合（処理No. 2）と、バーナー火炎中に粉状の石灰を吹き込んだ場合（処理No. 3～10）を比較した。出湯温度は1650℃とした。

[0037] 通電開始後、初装冷鉄源の溶解が進んで炉内の装入物の高さが下がり、フラットバスになった時点で、バーナーランスを下降し、バーナー火炎による加熱を併用した。粉体の供給は、搬送ガスにアルゴンガスを用い、粉状の石灰を100kg/minの供給速度にて合計50kg/t-溶鉄の量として電気炉内に供給した。燃料ガスとしてプロパンガスの供給量を2.2～11.1Nm³/minの範囲で電気炉のヒート毎に変化させた。粉体燃料比S/Qとしては、0.1～0.51kg/MJの範囲となった。また、それぞれのヒートで燃料ガスであるプロパンを燃焼させるための支燃性ガスとして酸素ガスを供給した。排滓口より排滓を行った後、通電とバーナー使用を中断し、炉蓋を開けて2回目以降の冷鉄源の装入を行った。2回目の冷鉄源の装入後は、通電を再開し、初装後と同様に操業を行った。このようにして最終的に1650℃の溶鋼を得て、取鍋に出湯した。

[0038] 各処理条件について、電力原単位、電気炉処理時間、バーナー燃焼熱の着熱効率の比較を行った。電力原単位は各処理条件の使用電力量を処理No. 1の使用電力量で除した値を指数とする。電気炉処理時間は通電開始から出湯開始までの時間（min）である。バーナー燃焼熱の着熱効率は、バーナー燃料の発熱量のうち炉内容物に着熱した熱量の比率を表す。その結果を表1に示す。

[0039]

[表1]

| No. | バーナー | | | | 電力原単位 指数 | 電気炉 処理時間 | バーナー 燃焼熱の 着熱効率 | 備考 |
|-----|------|--------------|----------------------|--------------|-------------|-------------|----------------------|-----|
| | 使用 | 粉体供給 速度 S | プロパン 供給速度 | 粉体燃料比 S/Q | | | | |
| | 有無 | kg/min | Nm ³ /min | kg/MJ | | | | |
| 1 | なし | - | - | - | 1.00 | 80 | - | 従来例 |
| 2 | あり | - | 2.2 | - | 1.00 | 80 | 15 | 比較例 |
| 3 | あり | 100 | 2.2 | 0.51 | 0.95 | 76 | 70 | 発明例 |
| 4 | あり | 100 | 2.8 | 0.40 | 0.90 | 72 | 70 | 発明例 |
| 5 | あり | 100 | 3.2 | 0.35 | 0.85 | 68 | 70 | 発明例 |
| 6 | あり | 100 | 3.7 | 0.30 | 0.80 | 64 | 70 | 発明例 |
| 7 | あり | 100 | 4.0 | 0.28 | 0.79 | 63 | 55 | 発明例 |
| 8 | あり | 100 | 4.4 | 0.25 | 0.79 | 63 | 40 | 発明例 |
| 9 | あり | 100 | 5.6 | 0.20 | 0.78 | 62 | 30 | 発明例 |
| 10 | あり | 100 | 11.1 | 0.10 | 0.77 | 62 | 20 | 発明例 |

[0040] バーナーを使用しない処理No. 1に対し、バーナー火炎単体で炉内容物を加熱した処理No. 2では、バーナー燃焼熱が有効に着熱せず、電力原単位、電気炉処理時間がほぼ同等であった。粉石灰をバーナー火炎内で加熱した処理No. 3～10では電力原単位および電気炉処理時間が低減する結果となった。これは、バーナー火炎内で粉石灰が加熱され、バーナー燃焼熱の一部が炉内容物に伝熱したためである。しかしながら、粉石灰供給速度に対して燃料の発熱量が過大な条件においては、バーナー燃焼熱の着熱効率が低下し、電力原単位および電気炉処理時間の低減効果は小さくなった。これは粉石灰への伝熱量が頭打ちになり、バーナー燃焼熱のうち排ガス顕熱として排出される割合が増加したためである。

[0041] (実施例2)

実施例1と同様の設備構成および燃料を用い、冷鉄源を溶解して溶鋼を得た。出湯温度は1650℃とした。通電開始後、初装冷鉄源の溶解が進んで炉内の装入物の高さが下がり、炉内上部に空間ができた時点でバーナーランスを下降し、バーナー火炎による加熱を併用した。粉体の供給は、搬送ガスにアルゴンガスを用い、粉状の石灰を100kg/minの供給速度にて合計50kg/t-溶鉄の量として電気炉内に供給した。炉内に未溶解冷鉄源

が積み重なっている状態のときは、冷鉄源の最大高さ位置と溶湯上面との距離をL (m)、バーナーランス先端位置と溶湯上面との鉛直方向距離をLh (m)としたときに、粉体燃料比S/Qが0.3×(1-L/Lh)以上となるように、かつ、なるべくプロパンガス流量を多く流すように変化させた。Lhは2.0m、炉内監視の結果、Lは1.4mから0m(フラットバス状態)まで推移した。その間、プロパンガス流量は12.3Nm³/minから3.7Nm³/minまで変化させた。粉体燃料比S/Qとしては0.089kg/MJから0.30kg/MJまでに相当する。

[0042] また、処理中に燃料ガスであるプロパンを燃焼させるための支燃性ガスとして酸素ガスを供給した。排滓口より排滓を行った後、通電とバーナー使用を中断し、炉蓋を開けて2回目以降の冷鉄源の装入を行った。2回目の冷鉄源の装入後は、通電を再開し、初装後と同様に操業を行った。このようにして最終的に1650℃の溶鋼を得て、取鍋に出湯した。

[0043] 処理条件について、電力原単位、電気炉処理時間、バーナー燃焼熱の着熱効率の調査を行った。電力原単位は各処理条件の使用電力量を実施例1の処理No.1の使用電力量で除した値を指数とする。電気炉処理時間は通電開始から出湯開始までの時間(分)である。バーナー燃焼熱の着熱効率は、バーナー燃料の発熱量のうち炉内容物に着熱した熱量の比率を表す。その結果を表2に示す。

[0044] [表2]

| No. | バーナー | | | | 電力原単位 指数 | 電気炉 処理時間 | バーナー 燃焼熱の 着熱効率 | 備考 |
|-----|------|--------------|----------------------|----------------|-------------|-------------|----------------------|-----|
| | 使用 | 粉体供給 速度 S | プロパン 供給速度 | 粉体燃料比 S/Q | | | | |
| | 有無 | kg/min | Nm ³ /min | kg/MJ | | | | |
| 11 | あり | 100 | 12.3 ~3.7 | 0.089 ~0.30 | 0.60 | 48 | 80 | 発明例 |

[0045] (実施例3)

実施例1の処理No.6の操業条件で、バーナーランスを挿入する位置を変化させ、アークが発生する電極とバーナーランスとの最短距離Lbを電極と溶湯上面までの距離Laとの関係で調査した。

[0046] 各処理条件について、電力原単位、電気炉処理時間、バーナー燃焼熱の着熱効率の調査を行った。電力原単位は各処理条件の使用電力量を実施例1の処理No. 1の使用電力量で除した値を指数とする。電気炉処理時間は通電開始から出湯開始までの時間（分）である。バーナー燃焼熱の着熱効率は、バーナー燃料の発熱量のうち炉内容物に着熱した熱量の比率を表す。電極とバーナーとの距離はLb/Laの比で表す。その結果を表2に示す。

[0047] [表3]

| No. | バーナー | | | | Lb/La | 電力原単位 指数 | 電気炉 処理時間 | バーナー 燃焼熱の 着熱効率 | 備考 |
|-----|------|--------------|----------------------|--------------|-------|-------------|-------------|----------------------|----|
| | 使用 | 粉体供給 速度 S | プロパン 供給速度 | 粉体燃料比 S/Q | | | | | |
| | 有無 | kg/min | Nm ³ /min | kg/MJ | | | | | |
| 12 | あり | 100 | 3.7 | 0.30 | 0.8 | - | min | % | ※ |
| 13 | あり | 100 | 3.7 | 0.30 | 1.0 | - | - | - | ※ |
| 14 | あり | 100 | 3.7 | 0.30 | 1.1 | 0.80 | 64 | 70 | |
| 15 | あり | 100 | 3.7 | 0.30 | 1.3 | 0.80 | 64 | 70 | |
| 16 | あり | 100 | 3.7 | 0.30 | 1.5 | 0.80 | 64 | 70 | |

※処理 No.12 および 13 はアークがバーナーランスに飛び、操業できなかった。

[0048] バーナーランスと電極が近接している処理No. 12および13ではアークがバーナーランスに飛んでしまい、操業が成立しなかった。バーナーランスと電極との最短距離Lbが電極と溶湯面との距離Laの1.1倍以上の条件においては、問題なく安定的に操業することが可能であった。

[0049] 本明細書中で用いる質量の単位「t」は10³kgを表す。気体の体積の単位に付す「N」は、温度0℃、圧力101325Paの標準状態での体積を表す。

産業上の利用可能性

[0050] 本発明の溶鉄の製造方法によれば、着熱効率が向上して、CO₂排出量を低減した熱源を使用して冷鉄源を溶解することができ、電力原単位が削減できるとともに環境負荷が軽減され産業上有用である。CO₂排出量を低減した熱源および粉状副原料の添加を必要とする精錬炉などのプロセスに適用して好適である。

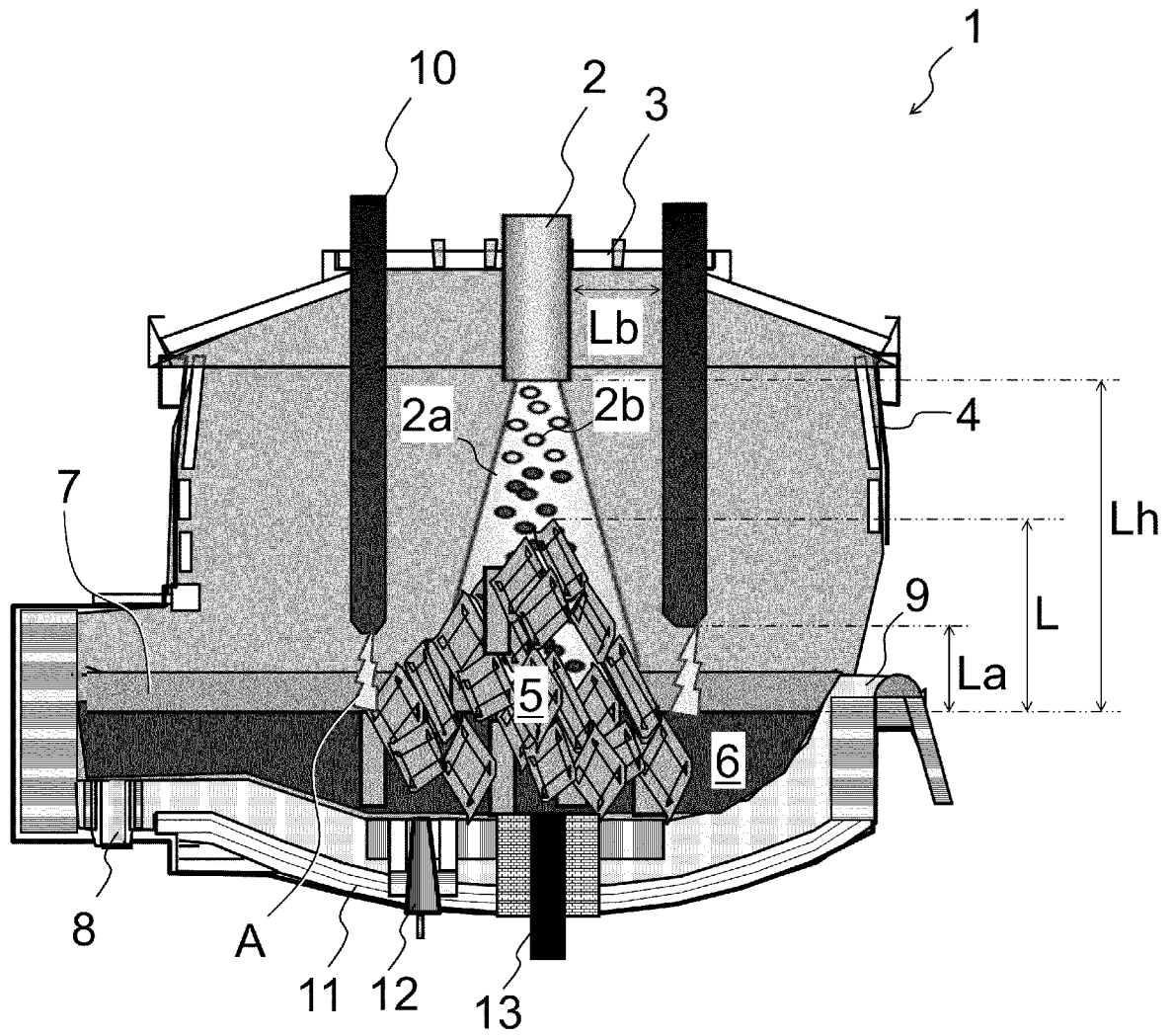
符号の説明

- [0051] 1 直流アーク炉（電気炉）
- 2 バーナーランス
- 2 a バーナー火炎
- 2 b （粉状）副原料
- 3 炉蓋
- 4 炉壁
- 5 冷鉄源（鉄系スクラップ）
- 6 溶鉄
- 7 （溶融）スラグ
- 8 出湯口
- 9 排滓口
- 10 電極
- 11 炉底
- 12 底吹き羽口
- 13 炉底電極
- 20 バーナーランス先端部（ノズル）
- 21 粉体供給管
- 22 燃料供給管
- 23 支燃性ガス供給管
- 24 冷却水通路
- 25 外殻
- 26 燃料ガス
- 27 支燃性ガス
- 28 冷却水
- A アーク加熱部

請求の範囲

- [請求項1] 電気炉を用い、電気エネルギーにより冷鉄源を溶解する溶鉄の製造方法であって、
- 燃料を噴出させる噴射孔および支燃性ガスを噴出させる噴射孔を備え、該噴射孔から前記電気炉内の炉内容物に向けて火炎を噴射するバーナーを前記電気炉に配し、
- 前記バーナーにより形成される火炎の中を通過するように粉状または粉状に加工した副原料を吹込むに当たり、
- 前記電気炉内の冷鉄源の溶解状況に応じて、前記副原料の供給速度または前記バーナーの燃料供給速度を調整する、溶鉄の製造方法。
- [請求項2] 単位時間あたりに前記バーナーで使用する燃料の発熱量を Q (MJ/min) とし、前記副原料の供給速度を S (kg/min) とし、粉体燃料比 S/Q (kg/MJ) が下記(1)式を満足するように前記副原料の供給速度または前記バーナーの燃料供給速度を調整する、請求項1に記載の溶鉄の製造方法。
- $$S/Q \geq 0.3 \times (1 - L/L_h) \quad (1)$$
- ここで、 L は前記電気炉内の未溶解の冷鉄源の最大高さ位置と溶湯上面位置との鉛直方向距離 (m) であり、溶湯上面位置より上部に未溶解の冷鉄源が存在しない場合は0と置き、 L_h は前記バーナー先端位置と溶湯上面位置との鉛直方向距離 (m) である。
- [請求項3] 前記電気炉がアーク炉であって、
- アークが発生する電極とバーナーとの最短距離を、該電極の先端と前記炉内容物との距離 L_a の1.1倍以上離す、請求項1に記載の溶鉄の製造方法。

[図1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/040492

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>C21C 5/52</i> (2006.01)i; <i>C21B 11/10</i> (2006.01)i FI: C21C5/52; C21B11/10 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) C21C5/52; C21B11/10 | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 | | |
| 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. |
| X | JP 2000-008115 A (NKK CORP.) 11 January 2000 (2000-01-11) paragraphs [0001]-[0038], fig. 2 | 1, 3 |
| Y | | 1-3 |
| X | JP 2018-016832 A (JFE STEEL CORPORATION) 01 February 2018 (2018-02-01) paragraphs [0001]-[0048], fig. 1-3 | 1, 3 |
| Y | | 1-3 |
| Y | JP 2008-179876 A (JFE STEEL CORPORATION) 07 August 2008 (2008-08-07) paragraphs [0018]-[0020], [0035]-[0041], fig. 1-7 | 1-3 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 29 January 2024 | | Date of mailing of the international search report 06 February 2024 |
| Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan | | Authorized officer Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/040492

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|--|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| JP 2000-008115 A | 11 January 2000 | (Family: none) | |
| JP 2018-016832 A | 01 February 2018 | (Family: none) | |
| JP 2008-179876 A | 07 August 2008 | (Family: none) | |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C21C 5/52(2006.01)i; C21B 11/10(2006.01)i FI: C21C5/52; C21B11/10 | | |
|---|---|----------------|
| 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（IPC）） C21C5/52; C21B11/10 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 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2024年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2024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 |
| X | JP 2000-008115 A（日本鋼管株式会社）11.01.2000（2000 - 01 - 11） 段落0001-0038, 図2 | 1, 3 |
| Y | | 1-3 |
| X | JP 2018-016832 A（JFEスチール株式会社）01.02.2018（2018 - 02 - 01） 段落0001-0048, 図1-3 | 1, 3 |
| Y | | 1-3 |
| Y | JP 2008-179876 A（JFEスチール株式会社）07.08.2008（2008 - 08 - 07） 段落0018-0020, 0035-0041, 図1-7 | 1-3 |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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抵触するものではなく、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 29.01.2024 | 国際調査報告の発送日 06.02.2024 | |
| 名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 権限のある職員（特許庁審査官） 祢屋 健太郎 4E 3635 電話番号 03-3581-1101 内線 3425 | |

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/040492

| 引用文献 | 公表日 | 特許ファミリー文献 | 公表日 |
|------------------|------------|-----------|-----|
| JP 2000-008115 A | 11.01.2000 | (ファミリーなし) | |
| JP 2018-016832 A | 01.02.2018 | (ファミリーなし) | |
| JP 2008-179876 A | 07.08.2008 | (ファミリーなし) | |