

(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
2025年3月27日(27.03.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/062843 A1

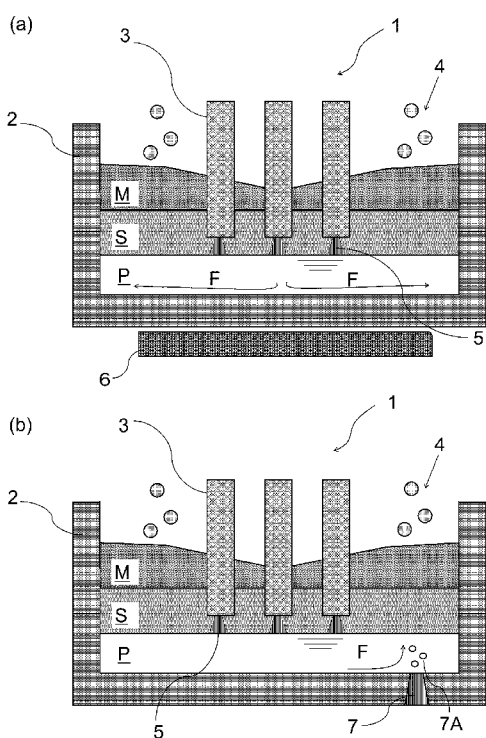
- (51) 国際特許分類:
C21B 11/10 (2006.01) C21C 5/52 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/027268
- (22) 国際出願日: 2024年7月31日(31.07.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-151438 2023年9月19日(19.09.2023) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP). J F E ミネラル株式会社(JFE MINERAL & ALLOY COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒1050014 東京都港区芝三丁目8番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 清泉 康太 (KIYOIZUMI Kota); 〒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). 三輪 善広(MIWA Yoshihiro); 〒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). 川畑 涼(KAWABATA Ryo); 〒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). 鈴木 健史(SUZUKI Takeshi); 〒1050014 東京都港区芝三丁目8番2号 J F E ミネラル株式会社内 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,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING ELECTRIC FURNACE

(54) 発明の名称: 電気炉の操業方法



(57) Abstract: A method for operating an electric furnace is provided, in which, when a raw metallic material is melted in the electric furnace to produce a molten metal, high productivity is obtained and the refractory wear is less. The method for operating an electric furnace comprises stacking and accommodating, inside the electric furnace, a molten metal, slag, a raw metallic material, and a subsidiary raw material in this order and continuously discharging a molten metal and slag, wherein: the electric furnace comprises a bottom part, furnace walls, a furnace lid, and a means for molten-metal stirring; and the input power per surface of the molten metal is 300 kW/m² or greater and the density of the power of stirring the molten metal by the stirring means is in the range of 5-100 W/t.

(57) 要約: 電気炉にて金属原料を溶融して溶融金属を製造する際に、生産性がよく耐火物の損耗の少ない電気炉の操業方法を提供する。電気炉内に、溶融金属と、溶滓と、金属原料および副原料とを順に積層して収容し、溶融金属および溶滓を連続的に排出して操業する電気炉の操業方法であって、前記電気炉は、底部と炉壁と炉蓋と溶融金属の攪拌手段とを備え、溶融金属の表面あたりの入力電力を300 kW/m²以上とし、前記攪拌手段による溶融金属の攪拌動力密度を、5~100 W/tの範囲とする方法である。

WO 2025/062843 A1

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))

明 細 書

発明の名称：電気炉の操業方法

技術分野

[0001] 本発明は、還元鉄を含む金属原料を電気炉、特に、サブマージアーク炉にて溶融して、溶融金属を製造する電気炉の操業方法に関する。以下の記載において、質量の単位である「t」は 10^3 kgを表し、体積の単位である「L」は $10^{-3} m^3$ を表す。気体の体積の単位に付す「N」は標準状態である $0^\circ C$ 、 $101325 Pa$ の状態を示す。本明細書中で、数値範囲をあらわす「 $x \sim y$ 」は、 x 以上 y 以下を表し、境界値を含む。

背景技術

[0002] 近年、環境負荷軽減のため CO_2 の排出量を抑制することが求められている。鉄鋼業においても、 CO_2 の排出量の多い高炉法に替えて、直接還元（DR）法による鉄源の製造が注目を集めている。DR法では、たとえば、鉄含有塊成化物をシャフト炉内で還元し、直接還元鉄（DRI）を製造する。この還元鉄や鉄スクラップなどの鉄源原料を電気アーク炉（EAF）やサブマージアーク炉（SAF）などに装入して加熱溶融し、スラグを分離したうえで溶鉄を製造する。

[0003] 日本国内において、豪州やインド等で産出される低品位鉄鉱石をDR法に適用する検討が進められている。現状のEAFでは、低品位鉄鉱石を原料として製造された還元鉄を溶融処理することは難しい。そこで、サブマージアーク炉（SAF）の使用が検討されている。

[0004] SAFによる溶鉄の製造は、スクラップ、銑鉄、直接還元鉄（DRI）、溶銑、又は熱間ブリケット化鉄（HBI）などの金属材料および副原料を、炉蓋を開放しないでサブマージアーク炉（SAF）の炉内に連続的に供給するか又は小バケットで装入するプロセスである。このSAF溶融プロセスはフラットバス操業で行われることもある。原料の装入中、サブマージアーク炉では、溶融スラグ中に電極を挿入し、複数の電極間または電極－溶鉄間に

アークを発生させて、また、原料スラグに電流を流し、抵抗加熱や熱伝達により原料を加熱溶融する。

[0005] SAF溶融プロセスの一つの問題は、電極から離れた位置にある原料への熱伝達の効率の低さにある。そこでは、金属原料の溶融が遅れ、濃度勾配、信頼性のない温度測定、信頼性のないプロセス制御、過剰な温度の溶融金属出湯などの問題を引き起こす。この不均一な温度の問題を解決するために、特許文献1に開示された電磁攪拌や特許文献2に開示されたガス攪拌が開発されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特表2020-505579号公報

特許文献2：特開2002-317918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、従来技術には以下の問題があった。すなわち、特許文献1に記載の技術は、いわゆる、電気アーク炉に適用された技術である。電気アーク炉では、溶融金属に対するスラグ比が低く、Fe量が多い操業が行われる。電気炉内に、溶融金属と、溶滓と、金属原料および副原料とを順に積層して收容し、溶融金属および溶滓を連続的に排出して、還元雰囲気での操業する技術には直接適用できない。また、特許文献2に記載の技術は廃棄物溶融炉にかかる電気炉であって、溶融金属の大量生産を企図していない。電気炉、特にサブマージアーク炉に適用して、溶融金属の安定生産を考慮した電気炉の操業方法が課題であった。

[0008] 本発明は、上記の事情を鑑みてなされたものであって、電気炉にて金属原料を溶融して溶融金属を製造する際に、生産性がよく耐火物の損耗の少ない電気炉の操業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

[0009] 上記課題を有利に解決する本発明にかかる電気炉の操業方法は、電気炉内に、熔融金属と、溶滓と、金属原料および副原料とを順に積層して收容し、熔融金属および溶滓を連続的に排出して操業する電気炉の操業方法であって、前記電気炉は、底部と炉壁と炉蓋と熔融金属の攪拌手段とを備え、熔融金属の表面あたりの入力電力を 300 kW/m^2 以上とし、前記攪拌手段による熔融金属の攪拌動力密度を、 $5\sim100\text{ W/t}$ の範囲とすることを特徴とする。

[0010] なお、本発明にかかる電気炉の操業方法は、

(a) 前記電気炉を、酸素ガスを意図的に供給せずに溶解可能な電気炉とすること、

(b) 前記攪拌手段を、前記電気炉の底部に設けられた電磁攪拌機とすること、

(c) 前記攪拌手段を、浸漬ランスまたは前記電気炉の底部に設けられたガス底吹手段からのガス吹込みとすること、

(d) 前記熔融金属の排出口と前記溶滓の排出口とは、炉底中心に対し、異なる方向の炉壁に設けられており、閉塞材を詰められた排出口から閉塞材を貫通して開口することにより、熔融金属を排出すること、

(e) 前記金属原料の一部または全部が還元鉄であること、

(f) 前記溶滓の塩基度が、 $1.0\sim1.5$ の範囲にある、ここで、溶滓の塩基度とは、質量基準で溶滓中の SiO_2 に対する CaO の比率であること、

(g) 前記電気炉にアーク炉を用い、対地電圧であるアーク電圧 E (V) をアーク電極1本あたりの電流 I (A) の平方根で除した値 E/\sqrt{I} が 2.0 以下となるように電極高さ、アーク電圧およびアーク電流のうち少なくとも1を調整すること、

(h) 前記電気炉がサブマージアーク炉であること、
などがより好ましい解決手段になり得る。

発明の効果

[0011] 本発明にかかる電気炉の操業方法によれば、熔融金属に適度の攪拌を行う

ことにより、十分な入力電力を負荷して、熔融金属の温度上昇を抑制でき、耐火物の損耗を抑制したうえで生産性良く熔融金属を製造できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の一実施形態にかかる電気炉の操作方法を説明する模式縦断面図であって、(a)は電磁攪拌設備を有する例を示し、(b)は底吹き攪拌の例を示す。

[図2]電気炉の溶銑の表面あたりの入力電力と溶銑温度との関係に与える溶銑の攪拌動力密度の影響を表すグラフである。

[図3]溶湯の攪拌機能をもたないサブマージアーク炉を表す模式縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施の形態について具体的に説明する。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設備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。

[0014] 図1は、本発明の一実施形態にかかる電気炉の操作方法に用いるのに好適なサブマージアーク炉の構成を説明する模式縦断面図である。図1(a)はリニアモータからなる電磁攪拌機6を備えた例である。図1(b)は底吹き羽口7からガス吹きして気泡7Aを吹き込んだ例である。サブマージアーク炉1は、炉壁2内に溶銑Pと熔融スラグ(溶滓)Sと金属原料および副原料からなる原料Mを積層して収容している。サブマージアーク炉1では、熔融スラグS中に電極3を挿入し、複数の電極3間または電極3-溶銑P間にアークを発生させて輻射加熱により、または、電極-原料-スラグ-溶銑間に流れる電流の抵抗加熱により原料を加熱熔融する。本実施形態では、意図的に酸素を供給しない、いわゆる、還元雰囲気での電気加熱とする。「意図的に酸素を供給しない」とは、原料の装入時や吹込みガス、耐火物の隙間等からの空気の混入を妨げるものではない。原料の加熱に酸化熱を利用しないこ

とを意味する。

- [0015] 本実施形態では、上部から原料4を投入し、連続的に熔融金属を製造することが好ましい。その場合、熔融金属の排出口と溶滓の排出口を有し、互いに炉底中心に対し、異なる方向に配置することが好ましい。それぞれの排出口に閉塞材を詰めて置き、所定の量の熔融金属が保持できた時点で閉塞材を貫通して開口することにより、熔融金属を排出することが好ましい。
- [0016] 本実施形態では、還元鉄を含む鉄源原料をサブマージアーク炉1に装入する。それとともに、副原料として、溶銑P上に形成される熔融スラグSの塩基度 (CaO/SiO_2) を調整するために造滓材を添加すること、および、溶銑PのC含有量を調整するために炭材を添加することのうち少なくとも一方または両方を含む。熔融スラグの塩基度 (CaO/SiO_2) は、熔融スラグ中の質量分率でCaOのSiO₂に対する比をいう。
- [0017] 本実施形態では、サブマージアーク炉1で熔融する鉄源原料として、還元鉄を含む。還元鉄は事前に直接還元法により製造してもよいし、市販の還元鉄を購入して使用してもよい。鉄源原料として、鉄スクラップやスケールを用いることもできる。還元鉄の鉄源原料に占める質量比率は50~100%であることが好ましい。
- [0018] 還元鉄の金属化率は60%以上であると電力原単位が低位となり、エネルギー効率に優れる。金属化率の上限を特に限定するものではない。金属化率が高すぎると、サブマージアーク炉1では熔融スラグSの上から投入した原料4である還元鉄がスラグ中で通電し、抵抗熱が小さくなるおそれがある。したがって、金属化率の上限は90%程度とすることが好ましい。
- [0019] 造滓材は、CaO源としては石灰石 (CaCO_3) や生石灰 (CaO)、やSiO₂源としては珪石 (SiO₂) を添加することが好ましい。塊状のもの、または、粉状のもの金属原料とともに、または、混合して、たとえば、造粒して用いることが好ましい。熔融スラグSの塩基度 (CaO/SiO_2) を1.0~1.5の範囲とすることが好ましい。熔融スラグの塩基度がその範囲であると、高炉スラグと同程度の組成となり、セメントなどの路盤材とし

て再利用する際に好適である。また、溶融スラグ中の全鉄量が5.0質量%以下であることが好ましい。酸素ガスを意図的に供給しないことによって達成でき、鉄歩留まりが向上する。

[0020] 炭材は、コークスや石炭を用いることができる。バイオマス炭を用いてもよい。塊状のもの、または、粉状のもの金属原料とともに、または、混合して、たとえば、造粒して用いることが好ましい。溶銑P中のC含有量は2.0~5質量%の範囲に調整することが好ましい。この範囲であれば、銑鉄として、そのまま、あるいは、次工程の製鋼原料として用いて好適である。

[0021] 本実施形態では、金属原料、たとえば、還元鉄の溶融に電気エネルギーを用いる。したがって、高炉法など炭素の燃焼熱を用いる場合に比較して、CO₂排出量の削減効果が得られる。再生可能エネルギーにより発電された電気エネルギーを用いることが好ましい。

[0022] 図3に示すような溶湯の攪拌機能をもたないサブマージアーク炉を用いて、本実施形態と同様の溶融金属を製造する電気炉の操作方法を行うと、以下のような問題が生じる。このようなサブマージアーク炉では外部からの酸素供給がなく、炉内での固体・液体の流動が起こらないため、溶湯Pから溶融スラグSを介して原料Mへの伝熱は、ほぼ熱伝導のみとなる。また、通常は電極3が上面視で中央に配置される。したがって、原料Mへの熱供給が限られ、入力電力を大きくしても、溶湯Pの加熱に入力電力の大部分が消費されてしまい、原料Mの溶解に使われる入力電力、特に、電極3から離れた位置の原料Mへの熱供給が少なくなる。溶銑表面あたりの電力密度で250kW/m²程度で溶銑温度が1500℃以上となってしまう。一般的な耐火物は1550℃以上で損耗速度が急激に増加するため、上記条件では、耐火物が激しく損耗してしまう。そのため、通常のサブマージアーク炉は、溶銑表面あたりの電力密度で250kW/m²程度で操作している場合が多い。そのような炉を用いて、大量の溶融金属を製造しようとする、大面積の設備や、数多くの設備を必要とし、投資が過大となる。そこで、発明者らは検討の結果、攪拌動力密度εと溶銑温度の間に図2に示す関係性を見出し、溶銑温度を

抑制しつつ高電力密度を印加することを可能にした。

- [0023] 発明者らは、鋭意検討の結果、溶銑表面当たりの電力密度と溶湯Pの温度との関係が攪拌動力に依存するという関係性を見出した。図2にその検討結果を示す。例えば、通常のサブマージアーク炉では攪拌動力密度 $\varepsilon = 0$ であり、従来のサブマージアーク炉において、 250 kW/m^2 程度で操業されることも説明できる。また、攪拌動力を少しでも加えることで、溶湯Pの温度を上げることなく多量の電力を炉に投入できることを新規発見した。
- [0024] 本実施形態のサブマージアーク炉1は、底部と炉壁2と図示しない炉蓋と熔融金属の攪拌手段とを備える。熔融金属の表面あたりの入力電力を 300 kW/m^2 以上とし、攪拌手段による熔融金属の攪拌動力密度 ε を、 $5 \sim 100 \text{ W/t}$ の範囲とすることで、過大な設備投資を行うことなく、高い生産性と安定した操業を実現する。熔融金属の表面あたりの入力電力を $500 \sim 2500 \text{ kW/m}^2$ の範囲とすることが好ましい。攪拌動力密度 ε は $10 \sim 30 \text{ W/t}$ の範囲とすることが好ましい。
- [0025] 攪拌動力密度が下限未満では、熔融金属の過熱により、炉壁などの耐火物の損耗が進行するおそれがある。攪拌動力密度が上限超えでは熔融金属流速が速すぎて耐火物の損耗が進行するおそれがある。
- [0026] 熔融金属の攪拌手段の一例として、図1(a)に示すような電磁攪拌機6を底部に設置することが好ましい。電磁攪拌機6を設置する底部は非磁性体で構成することが好ましい。電磁攪拌による攪拌動力密度は、電磁攪拌の出力に対し、たとえば、数値解析や実験的に求めることができる。たとえば、電磁攪拌の出力電力の0.5%程度とすることができる。電磁攪拌機6は、たとえば、リニアモータで構成して、炉底中心から炉壁に向かう方向や炉壁から炉底中心に向かう方向に進行磁界を発生することができる。また、炉底中心を挟んで対向して配置し、互いに異なる方向に進行磁界を発生させたり、周方向に電磁攪拌機を配置したりして、熔融金属に旋回流を発生させてもよい。電磁攪拌による熔融金属の流れは、たとえば、炉底に沿った流れとなり、炉壁で反転して、熔融金属表面に強制対流に基づく伝熱を生じさせる。

[0027] 熔融金属の攪拌手段の他の例として、図1(b)に示すような底吹き羽口7を炉底に設置し、ガスを吹き込んで気泡7Aによる攪拌が好ましい。底吹き羽口に替えて、浸漬ランスの先端からガス吹きしてもよい。攪拌動力密度は吹き込むガスの流量などから、たとえば、下記(1)式により計算することができる。

$$\begin{aligned} [0028] \quad \varepsilon = & (371 \times Q \times T_m / W_m) \times [\ln \{1 + (9.8 \times \rho_m \times h / P)\} \\ & + (1 - T_g / T_m)] \\ & (1) \end{aligned}$$

ただし、 ε : 攪拌動力密度 (W/t)、

Q : ガスの合計流量 (Nm³/sec)、

T_m : 溶湯の温度 (K)、

W_m : 溶湯の重量 (t)、

ρ_m : 溶鋼密度 (t/m³)、

h : 上吹きガスについてはランス先端の溶湯面からの距離 (m) で、
底吹きガスについては溶湯面から取鍋底までの距離 (m)、

P : 大気圧 (101.325 kPa)、

T_g : ガスの温度 (K)

[0029] 上記実施形態では、上面視で略円形の電気炉を例に説明したが、楕円形や長方形など形状は問わない。

[0030] 本実施形態の電気炉1はアーク炉であることが好ましい。本実施形態で好適に用いるサブマージアーク炉では、電極-原料-スラグ-溶銑間に電流が流れることから、一般に空気中にアークを発生させる電気炉と比べ、同じ電流値での対地電圧が低くなる。これはスラグの電気伝導度が空気に比べ大幅に大きいことによる。そのため、対地電圧であるアーク電圧 E (V) をアーク電極1本あたりの電流 I (A) の平方根で除した値 E/\sqrt{I} が2.0以下となるように電極高さ、アーク電圧およびアーク電流のうち少なくとも1を調整することが好ましい。より好ましくは指標 E/\sqrt{I} を1.5以下とすることである。

実施例

[0031] 図1に示したような、4～6 t規模のサブマージアーク炉1を用いて、調査した。表1に調査に用いたアーク炉として三相交流の電気炉の諸元をまとめて示す。

[0032] [表1]

項目	電気炉
電源	三相交流
変圧器容量	4.0 MVA
電極	黒鉛電極
電極直径	16 inch(0.41m)
電極本数	3本
外径 / 高さ	3.1m/2.6m

[0033] サブマージアーク炉1の炉内にシュレッダー屑、炭材、高炉スラグを装入して通電し、初期溶解を行った。溶銑として750 kg、スラグとして1500 kgとなるように事前装入量を調整した。事前装入物が全溶解後、主原料としての還元鉄と、溶銑中のC濃度調整およびスラグの組成調整のための炭材、石灰、アルミナ、MgO源等の副原料を事前混合した原料を連続投入した。溶銑の最大量は4 tを目標とし、原料の投入量で調整した。溶銑の厚みは最終で140 mmとなる。

[0034] サブマージアーク式電気炉の入力電力はタップ電圧と電極位置により調整し、電力が所定の条件となるように調整した。

[0035] 電磁攪拌用に用いた電磁攪拌装置のトランスは200 kVAとし、出力を調整した。最大出力時の力率は概ね50%程度であり、最大100 kW程度の出力が可能であった。電磁攪拌の寄与率を実測することは困難であるため、数値解析手法を用いてあらかじめ算出し、0.5%とした。この値は、電磁攪拌装置の一般的な値であり、大きく変化しない。操業条件を表2に示す。

[0036] 底吹き攪拌にはポーラスタイプのノズルを設置し、N₂ガスにより攪拌した。攪拌動力密度の算出には上記(1)式を用い、浴密度を7.0 t/m³、溶

融金属の高さ h を 0.14 m、ガスの温度 T_g を 300 K、溶融金属の温度 T_m を 1800 K として算出した。操業条件を表 3 に示す。

[0037] 判定欄では、耐火物の損耗量 (mm) を水準ごとに評価し、試験 No. 1 の条件での損耗量を 1 として規準化し、2 倍以上となったものを × と評価した。また生産性は、還元鉄を投入し始めてからすべての原料が溶解し終わるまでの時間を評価し、100 分以内で 4 t の溶銑を製造できなかったものを × とした。そして、それ以外を ○ とした。結果を表 2 および 3 に併記した。また、操業中の指標 E/\sqrt{I} の値を表 2 および 3 に併記した。

[0038] [表2]

No.	攪拌	電気炉	電力	電磁攪拌	攪拌動力	耐火物	溶解	E/\sqrt{I}	判定	備考
	手段	電力	密度	電力	密度	損耗量	時間	V/A		
1	なし	1420	280	0	-	1.0	114	0.89	×	比較例
2	なし	2790	550	0	-	4.0	75	1.09	×	比較例
3	なし	3550	700	0	-	9.0	61	1.19	×	比較例
4	電磁	1420	280	20	25	0.9	110	0.89	△	発明例
5	電磁	2790	550	1	1.3	3.5	72	1.09	△	発明例
6	電磁	2790	550	5	6.3	1.3	71	1.09	○	発明例
7	電磁	2790	550	40	50	1.7	71	1.09	○	発明例
8	電磁	3550	700	100	125	3.1	63	1.19	△	発明例
9	電磁	3550	700	20	25	1.4	58	1.19	○	発明例
10	電磁	3550	700	100	125	3.0	54	1.19	△	発明例

[0039]

[表3]

No.	攪拌	電気炉 電力	電力 密度	底吹ガス 流量	攪拌動力 密度	耐火物 損耗量	溶解 時間	E/√I	判定	備考
	手段	kW	kW/m ²	NL/min	W/t	-	min	V/√A		
1	なし	1420	280	0	-	1.0	114	0.89	×	比較例
2	なし	2790	550	0	-	4.0	75	1.09	×	比較例
3	なし	3550	700	0	-	9.0	61	1.19	×	比較例
11	底吹	1420	280	20	7.8	1.1	120	0.89	×	比較例
12	底吹	2790	550	2	0.8	0.9	75	1.09	○	発明例
13	底吹	2790	550	5	2.0	1.2	74	1.09	○	発明例
14	底吹	2790	550	10	3.9	1.4	72	1.09	○	発明例
15	底吹	3550	700	20	7.8	1.2	65	1.19	○	発明例
16	底吹	3550	700	100	39	1.1	68	1.19	○	発明例
17	底吹	3550	700	200	78	1.2	70	1.19	○	発明例

[0040] 溶融金属の表面あたりの入力電力を300kW/m²以上、かつ、攪拌手段による溶融金属の攪拌動力密度を、5~100W/tの範囲とした発明例は、生産性および耐火物の損耗のいずれも優れていた。その条件を外れる比較例は、生産性または耐火物の損耗のいずれかが劣っていた。

符号の説明

- [0041] 1 電気炉（サブマージアーク炉、SAF）
 2 炉壁
 3 電極
 4 （投入）原料
 5 アーク
 6 電磁攪拌機（リニアモーター）
 7 底吹き羽口
 7A 気泡
 P 溶銑（溶湯）
 S 溶融スラグ（溶滓）
 M 原料
 F （溶融金属の）流れ

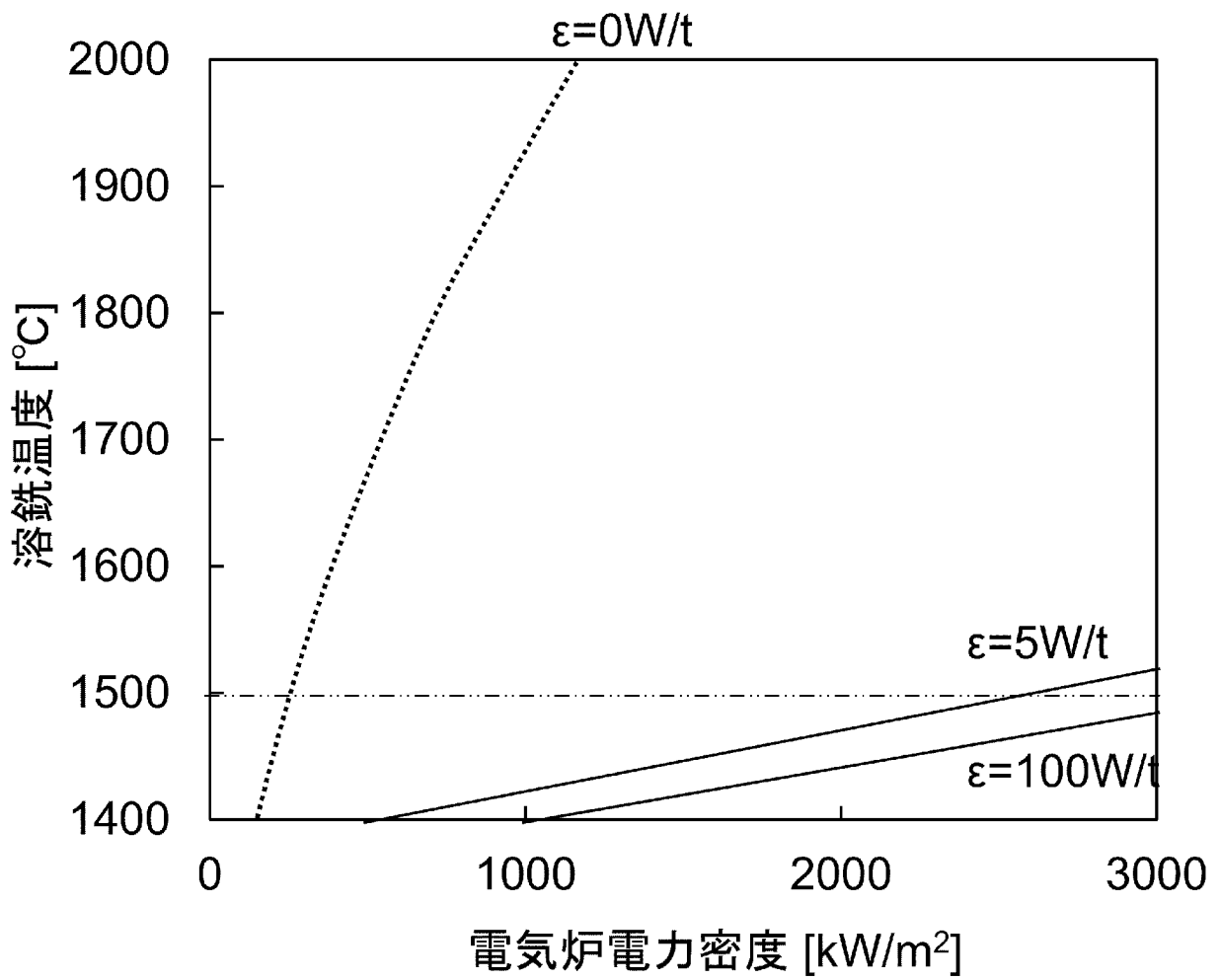
請求の範囲

- [請求項1] 電気炉内に、熔融金属と、溶滓と、金属原料および副原料とを順に積層して収容し、熔融金属および溶滓を連続的に排出して操業する電気炉の操業方法であって、
前記電気炉は、底部と炉壁と炉蓋と熔融金属の攪拌手段とを備え、
熔融金属の表面あたりの入力電力を 300 kW/m^2 以上とし、
前記攪拌手段による熔融金属の攪拌動力密度を、 $5\sim 100\text{ W/t}$ の範囲とする、電気炉の操業方法。
- [請求項2] 前記電気炉を、酸素ガスを意図的に供給せずに溶解可能な電気炉とする、請求項1に記載の電気炉の操業方法。
- [請求項3] 前記攪拌手段を、前記電気炉の底部に設けられた電磁攪拌機とする、請求項1に記載の電気炉の操業方法。
- [請求項4] 前記攪拌手段を、浸漬ランスまたは前記電気炉の底部に設けられたガス底吹手段からのガス吹込みとする、請求項1に記載の電気炉の操業方法。
- [請求項5] 前記熔融金属の排出口と前記溶滓の排出口とは、炉底中心に対し、異なる方向の炉壁に設けられており、
閉塞材を詰められた排出口から閉塞材を貫通して開口することにより、
熔融金属を排出する、請求項1に記載の電気炉の操業方法。
- [請求項6] 前記金属原料の一部または全部が還元鉄である、請求項1に記載の電気炉の操業方法。
- [請求項7] 前記溶滓の塩基度が、 $1.0\sim 1.5$ の範囲にある、ここで、溶滓の塩基度とは、質量基準で溶滓中の SiO_2 に対する CaO の比率である、請求項5に記載の電気炉の操業方法。
- [請求項8] 前記電気炉にアーク炉を用い、
対地電圧であるアーク電圧 E (V) をアーク電極1本あたりの電流 I (A) の平方根で除した値 E/\sqrt{I} が 2.0 以下となるように電極高さ、アーク電圧およびアーク電流のうち少なくとも1を調整する、請

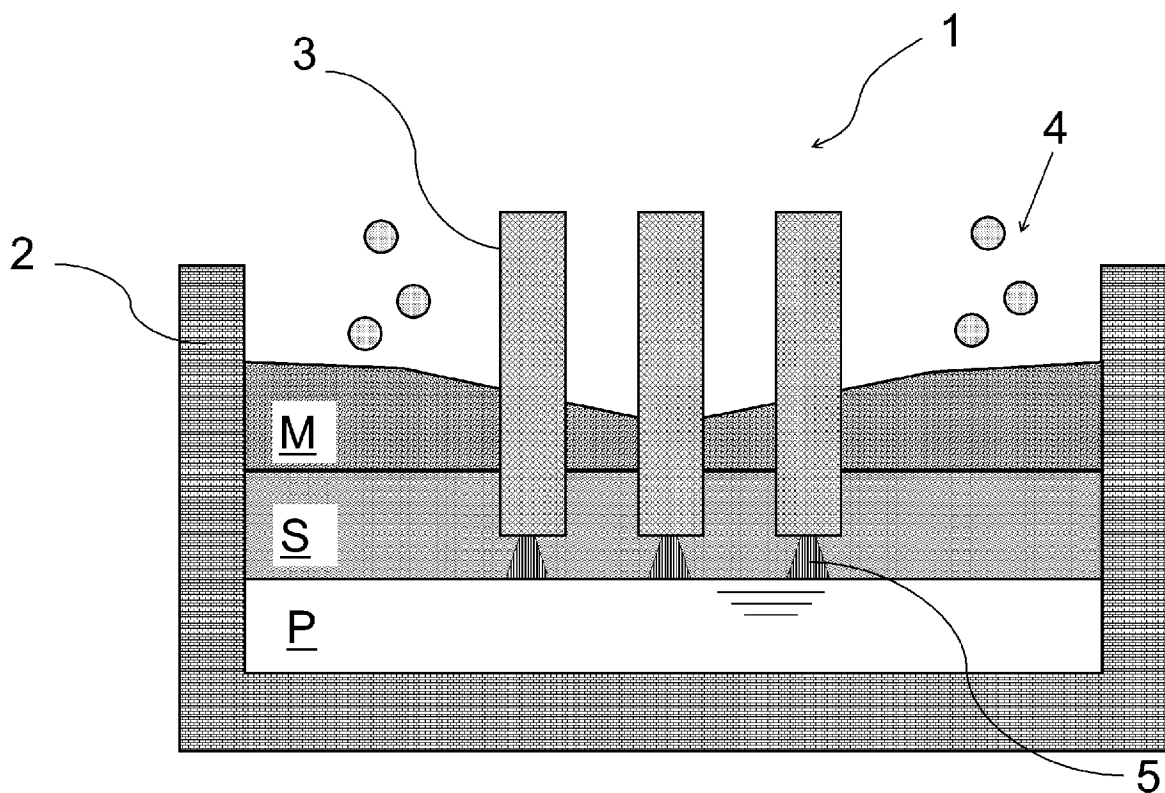
求項 1 に記載の電気炉の操業方法。

[請求項9] 前記電気炉がサブマージアーク炉である、請求項 1 に記載の電気炉の操業方法。

[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/027268

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>C21B 11/10</i> (2006.01)i; <i>C21C 5/52</i> (2006.01)i FI: C21B11/10; C21C5/52 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) C21B11/10; C21C5/52		
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	WO 2020/217890 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 29 October 2020 (2020-10-29) paragraphs [0078]-[0103]	1-2, 4
Y		3, 5-9
Y	JP 62-146215 A (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 30 June 1987 (1987-06-30) page 4, lower left column, line 15 - page 5, upper left column, line 1	3, 8-9
Y	JP 2004-137572 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 13 May 2004 (2004-05-13) paragraphs [0026], [0047]	3, 8-9
Y	WO 2014/003119 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 03 January 2014 (2014-01-03) paragraphs [0023]-[0024]	5, 7
Y	JP 2015-227733 A (NIPPON STEEL & SUMIKIN ENGINEERING CO., LTD.) 17 December 2015 (2015-12-17) claim 1	6
<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 20 September 2024		Date of mailing of the international search report 08 October 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/JP2024/027268

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/217890	A1	29 October 2020	US 2022/0195546 A1 paragraphs [0112]-[0162]	
				EP 3960880 A1	
				CN 113710819 A	
				KR 10-2021-0151968 A	
				BR 112021021108 A	
				TW 202039867 A	
				ES 2961323 T	

JP	62-146215	A	30 June 1987	(Family: none)	

JP	2004-137572	A	13 May 2004	CN 1497054 A	

WO	2014/003119	A1	03 January 2014	US 2014/0247856 A1 paragraph [0039]	
				US 2014/0291901 A1	
				US 2015/0135896 A1	
				WO 2014/003123 A1	
				WO 2014/003127 A1	
				EP 2757163 A1	
				EP 2759606 A1	
				EP 2767597 A1	
				CA 2851963 A	
				CN 103930573 A	
				KR 10-2014-0085506 A	
				BR 112014011858 A	
				IN 7281DEN2014 A	
				CA 2851604 A	
				CA 2852500 A	
				CN 103930574 A	
				KR 10-2014-0079805 A	
				CN 104039987 A	
				KR 10-2014-0085499 A	
				BR 112014011250 A	
				IN 7279DEN2014 A	
				IN 7659DEN2014 A	
				BR 112014011428 A	

JP	2015-227733	A	17 December 2015	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C21B 11/10(2006.01)i; C21C 5/52(2006.01)i FI: C21B11/10; C21C5/52		
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）） C21B11/10; C21C5/52 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	WO 2020/217890 A1（日本製鉄株式会社）29.10.2020（2020 - 10 - 29） [0078] - [0103]	1-2, 4
Y		3, 5-9
Y	JP 62-146215 A（石川島播磨重工業株式会社）30.06.1987（1987 - 06 - 30） 第4頁左下欄第15行目 - 第5頁左上欄第1行目	3, 8-9
Y	JP 2004-137572 A（新日本製鐵株式会社）13.05.2004（2004 - 05 - 13） [0026]、[0047]	3, 8-9
Y	WO 2014/003119 A1（新日鐵住金株式会社）03.01.2014（2014 - 01 - 03） [0023] - [0024]	5, 7
Y	JP 2015-227733 A（新日鐵住金エンジニアリング株式会社）17.12.2015（2015 - 12 - 17） 請求項1	6
<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、一般的技术水準を示すもの “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 20.09.2024	国際調査報告の発送日 08.10.2024	
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） 池田 安希子 4E 4175 電話番号 03-3581-1101 内線 3423	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/027268

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2020/217890	A1	29.10.2020	US	2022/0195546	A1	
					[0112] - [0162]		
				EP	3960880	A1	
				CN	113710819	A	
				KR	10-2021-0151968	A	
				BR	112021021108	A	
				TW	202039867	A	
				ES	2961323	T	

JP	62-146215	A	30.06.1987	(ファミリーなし)			

JP	2004-137572	A	13.05.2004	CN	1497054	A	

WO	2014/003119	A1	03.01.2014	US	2014/0247856	A1	
					[0039]		
				US	2014/0291901	A1	
				US	2015/0135896	A1	
				WO	2014/003123	A1	
				WO	2014/003127	A1	
				EP	2757163	A1	
				EP	2759606	A1	
				EP	2767597	A1	
				CA	2851963	A	
				CN	103930573	A	
				KR	10-2014-0085506	A	
				BR	112014011858	A	
				IN	7281DEN2014	A	
				CA	2851604	A	
				CA	2852500	A	
				CN	103930574	A	
				KR	10-2014-0079805	A	
				CN	104039987	A	
				KR	10-2014-0085499	A	
				BR	112014011250	A	
				IN	7279DEN2014	A	
				IN	7659DEN2014	A	
				BR	112014011428	A	

JP	2015-227733	A	17.12.2015	(ファミリーなし)			
