

(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12月12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号

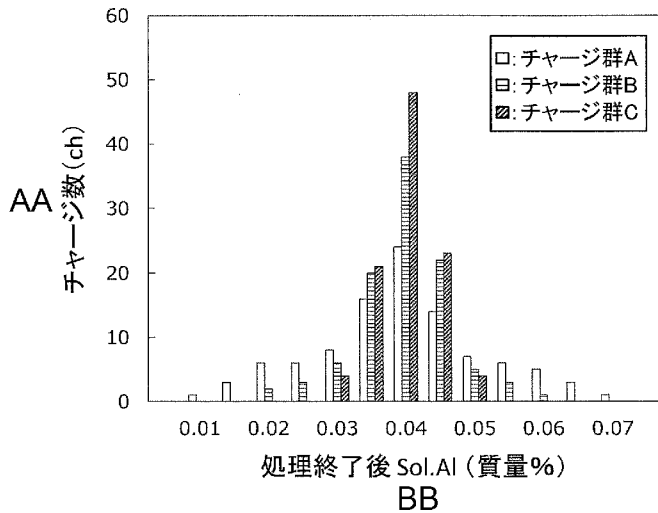
WO 2024/252763 A1

- (51) 国際特許分類:
C21C 7/10 (2006.01) C21C 7/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/012506
- (22) 国際出願日: 2024年3月27日(27.03.2024)
- (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 2023-092188 2023年6月5日(05.06.2023) 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: 溝端 圭介(MIZOBATA Keisuke); 〒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). 村井 剛(MURAI Takeshi); 〒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: 熊坂 晃, 外(KUMASAKA Akira et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町一丁目6番1号 J F E テクノリサーチ株式会社知的財産事業部内 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,

(54) Title: MOLTEN STEEL PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 溶鋼の製造方法

[図2]



A, B, C Charge group

AA Charge number

BB Sol. Al after end of processing (mass%)

(57) Abstract: Provided is a molten steel production method that can, when performing deoxidation refinement by using a vacuum degassing device, control the Al concentration in a molten steel to a target concentration of 0.01 mass% or more without greatly increasing the processing cost. This molten steel production method is for producing a molten steel having an Al concentration of 0.01 mass% or more by adding Al to the molten steel twice or more in a vacuum degassing device, and involves predicting the Al yield from a change in temperature of a slag before and after the first round of Al addition,



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))

and determining the Al addition amount in the second round and thereafter by using the predicted Al yield.

- (57) 要約: 真空脱ガス装置を用いて脱酸精錬を行う際に、処理コストを大きく増大させることなく、溶鋼のA I濃度を0.01質量%以上の目標濃度に制御できる溶鋼の製造方法を提供する。真空脱ガス装置内で溶鋼にA Iを2回以上添加して、A I濃度が0.01質量%以上の溶鋼を製造する溶鋼の製造方法であって、1回目のA I添加前後におけるスラグの温度変化からA I歩留りを予測し、予測されたA I歩留りを用いて2回目以降のA I添加量を決定する。

明 細 書

発明の名称：溶鋼の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、真空脱ガス装置を用いて脱酸された溶鋼を製造する溶鋼の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 未脱酸、又は半脱酸の溶鋼をRHやDHなどの真空脱ガス装置を用いて脱ガス処理を行う場合には、一般的に処理途中に金属Alを真空雰囲気中の溶鋼に添加することで溶鋼の脱酸精錬を行う。しかしながら、脱酸時の金属Alの歩留りは操業条件によって大きくばらつき、このばらつきが成分外しやAl合金コスト増加の要因になっている。このため、Al歩留りのばらつきを低減させるための技術として、いくつかの技術が報告されている。

[0003] 例えば、特許文献1には、転炉出鋼後における取鍋内の溶鋼上のスラグに対して脱酸材を添加し、スラグによるAlの酸化を抑制することで溶鋼のAl濃度を制御する技術が開示されている。特許文献2には、真空精錬の前に酸素プローブを用いるなどでスラグ中のFe及びMnO濃度を測定しスラグの酸化度を求め、スラグの酸化度の測定値に応じてAlの投入量を決定する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開昭63-183117号公報

特許文献2：特開2006-283089号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Thermodynamic data for steelmaking edited by Mitsutaka Hino and Kimihisa Ito Tohoku University Press, 2010

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献 1 に開示された方法ではスラグ上に脱酸材を添加しているが、当該脱酸材の添加で完全にスラグ中の酸化物が還元されるわけではない。このため、一部の Al はスラグと反応するので、溶鋼の Al 濃度のばらつきは大きくなる。極低炭素鋼の処理のように未脱酸出鋼後に真空脱ガスで送酸脱炭を行う場合には、スラグ上への脱酸材添加後の送酸により FeO が発生し、発生した FeO と Al とが反応するので、溶鋼の Al 濃度のばらつきがさらに大きくなる。

[0007] 特許文献 2 では、酸素プローブを用いてスラグ中の T. Fe 及び Mn O 濃度を測定しているが、製鋼プロセスにおいてスラグの酸化度を迅速に測定するにはスラグ用の酸素プローブが必要になる。スラグ用の酸素プローブは単価が高いので、処理コストが大きく増加する。

[0008] 本発明は上記事情を鑑みてなされたもので、その目的は、真空脱ガス装置を用いて脱酸精錬を行う際に、処理コストを大きく増大させることなく、溶鋼の Al 濃度を 0.01 質量%以上の目標濃度に制御できる溶鋼の製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するための手段は、以下の通りである。

[1] 真空脱ガス装置内で溶鋼に Al を 2 回以上添加して、Al 濃度が 0.01 質量%以上の溶鋼を製造する溶鋼の製造方法であって、1 回目の Al 添加前後におけるスラグの温度変化から Al 歩留りを予測し、予測された前記 Al 歩留りを用いて 2 回目以降の Al 添加量を決定する、溶鋼の製造方法。

[2] 前記 1 回目の Al 添加前後における前記溶鋼の熱量変化から Al の蒸発割合を求め、

前記スラグの温度変化と前記蒸発割合とから Al 歩留りを予測する、[1] に記載の溶鋼の製造方法。

[3] 下記(1)式を用いて前記 Al 歩留りを予測し、下記(2)式を用いて 2 回目以降の Al 添加量を決定する、[2] に記載の溶鋼の製造方法。

[数1]

$$\eta = 1 - \alpha \times (\Delta T/d) - \frac{0.01a_o}{f_o} \times \frac{W_{steel}}{W_{Al_{1st}}} - \beta \cdot \cdot \cdot (1)$$

[数2]

$$W_{Al_{2nd}} = 0.01 \times ([Al]_{Target} - [Al]_0) \times W_{steel} - \eta \times W_{Al_{1st}} \cdot \cdot \cdot (2)$$

上記（１）、（２）式において、 η は前記ＡＩ歩留り（－）であり、 ΔT は前記スラグの温度変化（℃）であり、 d は前記スラグの厚み（mm）であり、 α は補正係数（－）であり、 β は前記蒸発割合（－）であり、 a_o は前記１回目のＡＩ添加前の溶鋼の酸素濃度（質量％）であり、 f_o は前記溶鋼の酸素の活量係数（－）であり、 W_{steel} は前記溶鋼の重量（kg）であり、 $W_{Al_{1st}}$ は前記１回目のＡＩ添加量（kg）であり、 $W_{Al_{2nd}}$ は前記２回目以降のＡＩ添加量（kg）であり、 $[Al]_{Target}$ は前記溶鋼の目標ＡＩ濃度（質量％）であり、 $[Al]_0$ は前記１回目のＡＩ添加前の溶鋼のＡＩ濃度（質量％）である。

[４] 下記（３）～（６）式を用いて前記蒸発割合を求める、[２]又は[３]に記載の溶鋼の製造方法。

[数3]

$$\Delta Q = \Delta Q_{exo} + \Delta Q_{sens} \cdot \cdot \cdot (3)$$

[数4]

$$\Delta Q_{exo} = 10 \times \frac{a_o}{f_o} \times \frac{54}{48} \times 6464 \cdot \cdot \cdot (4)$$

[数5]

$$\Delta Q_{sens} = 517 \times \frac{W_{Al_1st}}{0.001 \times W_{steel}} \cdot \cdot \cdot (5)$$

[数6]

$$\beta = X \times \ln \Delta Q + Y \cdot \cdot \cdot (6)$$

上記(3)～(6)式において、 ΔQ は前記1回目に添加したAlによる前記溶鋼の熱量変化(kcal/t-steel)であり、 ΔQ_{ex} は前記1回目に添加したAlによる前記溶鋼の反応熱量の変化(kcal/t-steel)であり、 ΔQ_{sens} は前記1回目に添加したAlによる前記溶鋼の顕熱量の変化(kcal/t-steel)であり、 a_0 は前記1回目のAl添加前の溶鋼の酸素濃度(質量%)であり、 f_0 は前記溶鋼の酸素の活量係数(ー)であり、 β は前記蒸発割合(ー)であり、X、Yは定数である。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、処理コストを大きく増大させることなく、溶鋼のAl濃度を0.01質量%以上の目標濃度に制御された溶鋼を製造できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、RH真空脱ガス装置10の断面模式図である。

[図2]図2は、RH真空脱ガス処理終了後のSol. Al濃度とチャージ数との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。本発明に係る溶鋼の製造方法を実施できる真空脱ガス設備には、RH真空脱ガス装置、DH真空脱ガス装置及びREDA真空脱ガス装置などがある。これらの中で最も代表的なRH真空脱ガス装置を用いて本発明に係る溶鋼の製造方法の実施

形態を説明する。

[0013] 図1は、RH真空脱ガス装置10の断面模式図である。図1において、符号12は取鍋であり、符号14は溶鋼であり、符号16はスラグである。符号18は真空槽であり、真空槽18は上部槽20と下部槽22で構成される。符号24は上昇側浸漬管（上昇管）であり、符号26は下降側浸漬管（下降管）である。符号28は乾留用ガス吹込み管であり、符号30はダクトであり、符号32は原料投入口であり、符号34は上吹きランスである。上吹きランス34は、真空槽内の溶鋼に酸素ガスや媒溶剤を吹き付けて添加する装置であり、真空槽18の上部に設置され、真空槽18の内部で上下移動が可能となっている。符号36はサーマルカメラであり、サーマルカメラ36はスラグ温度を測定するのに用いられる。

[0014] RH真空脱ガス装置10では、脱燐処理や脱炭処理が施された溶鋼14を収容した取鍋12を昇降装置（図示せず）にて上昇させ、上昇側浸漬管24及び下降側浸漬管26を取鍋12内の溶鋼14に浸漬させる。そして、真空槽18の内部をダクト30に連結される排気装置（図示せず）にて排気して真空槽18の内部を減圧するとともに、乾留用ガス吹込み管28から上昇側浸漬管24の内部に環流用ガスを吹き込む。真空槽18の内部が減圧されると、取鍋12内の溶鋼14は、大気圧と真空槽内の圧力（真空度）との差に比例して上昇し、真空槽18内に流入する。同時に、環流用ガス吹込み管10から吹き込まれる環流用ガスによるガスリフト効果によって、溶鋼14は、環流用ガスとともに上昇側浸漬管24を上昇して真空槽18の内に流入する。その後、下降側浸漬管26を経由して取鍋12に戻る流れ、所謂、環流が形成されて真空脱ガス精錬が実施される。溶鋼14は、真空槽18内で減圧下の雰囲気曝され、溶鋼14中のガス成分が真空槽18内の雰囲気に移動することで、溶鋼14の脱ガス反応が進行する。

[0015] 真空脱ガス精錬において、未脱酸溶鋼又は半脱酸溶鋼の脱酸処理を行う場合には、脱酸剤として酸素と反応し酸化物を生成する合金を原料投入口32から真空槽18内の溶鋼14に添加する。脱酸材には、その脱酸力の強さか

ら金属 A I 又は A I 含有合金が一般に用いられる。本実施形態に係る溶鋼の製造方法においても、脱酸材として金属 A I 及び A I 含有合金を用い、これら金属 A I、及び A I 含有合金をまとめて A I と記載する。

[0016] 脱酸材として添加した A I とスラグ 16 の酸化物とが反応すると A I の反応熱によりスラグ 16 が加熱される。本発明者らは、A I の反応量に応じてスラグ温度が上昇すると仮定し、サーマルカメラを用いて真空脱ガス処理中の A I 添加前後におけるスラグ温度を測定した。その結果、スラグ 16 の温度変化と A I の反応量とが良く相関することを確認した。そこで、本発明者らは、溶鋼 14 に A I を 2 回以上添加するとして、まず、1 回目の A I 添加前後における当該スラグ 16 の温度変化から、スラグ 16 によって消費される A I 量を考慮した A I 歩留りを予測し、当該 A I 歩留りを用いて 2 回目以降に溶鋼 14 に添加する A I の添加量を決定することで、脱酸処理後の溶鋼 14 の A I 濃度を高い精度で制御できることを見出した。

[0017] そこで、本実施形態に係る溶鋼の製造方法では、RH 真空脱ガス装置 10 内で溶鋼脱酸を行うにあたり、脱酸材である A I を 2 回以上添加して A I 濃度が 0.01 質量%以上の溶鋼を製造する。まず、過去の操業実績から溶鋼 14 の酸素濃度を参考にしておおよその A I 歩留りを推定し、A I 添加後の溶鋼 14 の酸素濃度が 0.0002 質量%未満になるように、1 回目の A I 添加量を決定し溶鋼 14 に添加する。この時、取鍋 12 内のスラグ 16 を上部から測定できる位置にサーマルカメラ 36 を設置しておき、当該サーマルカメラ 36 を用いてスラグ温度を連続測定する。サーマルカメラ 36 は放射温度計の一例である。

[0018] 1 回目の A I が添加されると、スラグ 16 中の FeO 等の酸化物と A I が反応し、スラグ温度が上昇する。このとき、1 回目の A I 添加後のスラグ温度から A I 添加前のスラグ温度を引いた値をスラグ温度変化 ΔT とすると、下記 (1) 式を用いて 1 回目に添加した A I の歩留りを予測できる。スラグ温度は、サーマルカメラ 36 で測定される所定領域の平均温度である。A I 添加後のスラグ温度は、A I 添加によるスラグ温度の上昇が止まった後のス

ラグ温度である。

[0019] [数7]

$$\eta = 1 - \alpha \times (\Delta T/d) - \frac{0.01a_o}{f_o} \times \frac{W_{steel}}{W_{Al_1st}} - \beta \cdot \cdot \cdot (1)$$

上記（１）式において、 η はＡＩ歩留り（－）である。 ΔT はスラグ１６の温度変化（℃）である。 d はスラグ１６の厚み（mm）である。 α は補正係数（－）である。 β は１回目に添加したＡＩの蒸発割合（－）である。 a_o は１回目のＡＩ添加前の溶鋼の酸素濃度（質量％）である。 f_o は溶鋼１４中の酸素の活量係数（－）である。 W_{steel} は溶鋼１４の重量（kg）である。 W_{Al_1st} は１回目のＡＩ添加量（kg）である。単位（－）は無次元を意味する。補正係数は、実作業の実績ＡＩ添加量およびＡＩ分析値（過去３ヶ月～１年程度の平均値）から求められるＡＩ歩留りと（１）式から求められるＡＩ歩留りとが一致するように決定される。溶鋼１４の酸素の活量係数は下記（７）式を用いて求められる。

[0020] [数8]

$$\log f_o = \sum_i e_o^i (\% i) \cdot \cdot \cdot (7)$$

上記（７）式において、 f_o は溶鋼１４の酸素の活量係数（－）である。 e_o^i は溶鋼１４中の成分ｉが酸素に及ぼす相互作用助係数（－）である。（％ｉ）は溶鋼１４中の成分ｉの濃度（質量％）である。相互作用助係数 e_o^i は非特許文献１に記載の値を用いる。

[0021] 上記（１）式におけるスラグ厚みは、溶鋼レベル計を用いて溶鋼面高さを測定することや、取鍋１２内の溶鋼１４に金属棒を浸漬させ、スラグ１６により溶解した部分の長さを測定することで求められる。溶鋼１４の酸素濃度は、脱酸処理前であって脱燐、脱炭処理後に測定された溶鋼１４の酸素濃度

を用いてよい。上記（１）式から求められるＡＩ歩留りと、下記（２）式とを用いて２回目以降のＡＩ添加量を決定する。ＡＩとしてＡＩ含有合金を用いる場合には、ＡＩ含有合金の添加量に当該合金のＡＩ純分を乗じることによって求められる金属ＡＩの添加量に基づいてＡＩ含有合金の添加量を決定すればよい。

[0022] [数9]

$$W_{Al_2nd} = 0.01 \times ([Al]_{Target} - [Al]_0) \times W_{steel} - \eta \times W_{Al_1st} \cdots (2)$$

上記（２）式において、 W_{Al_2nd} は２回目以降のＡＩ添加量（ｋｇ）である。 $[Al]_{Target}$ は目標とする溶鋼１４のＡＩ濃度（質量％）である。 $[Al]_0$ は１回目のＡＩ添加前の溶鋼１４のＡＩ濃度（質量％）である。 W_{steel} は溶鋼１４の重量（ｋｇ）である。 η はＡＩ歩留り（－）である。 W_{Al_1st} は１回目のＡＩ添加量（ｋｇ）である。

[0023] このようにして、決定された添加量のＡＩを２回目以降に添加する。２回目以降とは、決定された添加量のＡＩを２回目に全て添加してもよく、２回以上に分割、例えば、決定された添加量をさらに２回や３回に分割して溶鋼１４に添加してもよい。

[0024] このように２回目以降のＡＩ添加量を決定することで、スラグ用の酸素プローブを用いることなく、スラグ１６によって消費されるＡＩ量を考慮したＡＩ歩留りに基づいて２回目以降のＡＩ添加量を決定できる。決定した添加量のＡＩを溶鋼１４に添加することで、スラグ１６によるＡＩ量のばらつきを小さくでき、処理コストを大きく増大させることなく、溶鋼のＡＩ濃度を０．０１質量％以上の目標濃度に高い精度で制御された溶鋼が製造できるようになる。

[0025] 上記（１）式における β は、１回目に添加したＡＩの蒸発割合である。１回目に添加したＡＩの蒸発割合は、過去の操業実績に基づいた所定量としてもよいが、１回目のＡＩ添加前後における溶鋼１４の熱量変化からＡＩの蒸

発割合を求めることが好ましい。具体的には、下記（３）～（５）式を用いて、１回目のＡＩ添加前後における溶鋼１４の熱量変化 ΔQ を求め、当該 ΔQ と下記（６）式とを用いて１回目に添加したＡＩの蒸発割合を求めることが好ましい。

[0026] [数10]

$$\Delta Q = \Delta Q_{exo} + \Delta Q_{sens} \cdots (3)$$

[0027] [数11]

$$\Delta Q_{exo} = 10 \times \frac{a_o}{f_o} \times \frac{54}{48} \times 6464 \cdots (4)$$

[0028] [数12]

$$\Delta Q_{sens} = 517 \times \frac{W_{Al_1st}}{0.001 \times W_{steel}} \cdots (5)$$

[0029] [数13]

$$\beta = X \times \ln \Delta Q + Y \cdots (6)$$

上記（３）～（６）式において、 ΔQ は１回目に添加したＡＩによる溶鋼１４の熱量変化（ $\text{kcal} / \text{t-steel}$ ）である。 ΔQ_{exo} は１回目に添加したＡＩによる溶鋼１４の反応熱量の変化（ $\text{kcal} / \text{t-steel}$ ）である。 ΔQ_{sens} は１回目に添加したＡＩによる溶鋼１４の顕熱量の変化（ $\text{kcal} / \text{t-steel}$ ）である。 a_o は１回目のＡＩ添加前の溶鋼の酸素濃度（質量％）である。 f_o は溶鋼の酸素の活量係数（－）である。 W_{Al_1st} は１回目のＡＩ添加量（ kg ）である。 W_{steel} は溶鋼１４の重量（ kg ）で

ある。 β は1回目に添加したA Iの蒸発割合（－）である。 X 、 Y は定数である。 f_0 は上記（7）式を用いて求められる。定数 X 、 Y はラボ実験結果から求めてもよく、実操業における実績A I蒸発量と計算値が一致するようにフィッティングすることで求めてもよい。

[0030] このように、1回目のA I添加前後における溶鋼14の熱量変化からA Iの蒸発割合を求めることで、当該A Iの蒸発割合を高い精度で求めることができる。当該蒸発割合と、上記（1）、（2）式を用いて2回目以降のA I添加量を決定する。決定した添加量のA Iを溶鋼14に添加することで、溶鋼のA I濃度を0.01質量%以上の目標濃度に、さらに高い精度で制御された溶鋼を製造できるようになる。

実施例

[0031] 次に、転炉で溶銑を脱炭精錬して溶製した300トンの溶鋼を転炉から取鍋に出鋼し、取鍋内の溶鋼を図1に示したRH真空脱ガス装置10で真空脱ガス精錬する試験を行った実施例を説明する。対象鋼種は炭素濃度の上限が25ppmであり、目標A I濃度が0.04質量%の極低炭鋼種である。試験で用いた溶鋼の成分組成は、C；0.04～0.06質量%、Si；0.15～0.25質量%、Mn；1.2～1.4質量%、P；0.02質量%以下、S；0.003質量%以下であった。脱酸前の溶鋼温度は1580～1630℃であり、脱酸前の溶鋼の酸素濃度は200～600ppmであった。RH真空脱ガス装置の真空度を2torrとし、環流ガス流量を2500NL/minとした。脱酸材として金属A Iを用いた。

[0032] 脱炭処理が十分に進行した後、測酸プローブを用いて溶鋼の酸素濃度 a_0 を測定し、 a_0 の値及び溶鋼量から1回目に添加するA Iの添加量を200～600kgの範囲で決定して添加した。試験はそれぞれ100チャージずつのチャージ群A、B、Cに分けて実施し、それぞれのチャージ群について下記のように2回目に添加するA Iの添加量を決定した。

[0033] チャージ群A（比較例）では、測酸プローブで溶鋼の酸素濃度を測定し、A I－O平衡から溶鋼のA I濃度を推定し、2回目に添加するA I添加量を決

定した。チャージ群B（発明例1）では上記（1）式と（2）式を用いて2回目に添加するAⅠ添加量を決定した。但し、チャージ群Bでは、1回目に添加したAⅠの蒸発割合として過去の操業平均から求めた定数を用いた。チャージ群C（発明例2）では上記（1）式と（2）式とを用いて2回目に添加するAⅠ添加量を決定した。但し、チャージ群Cでは、1回目に添加したAⅠの蒸発割合として上記（3）～（6）式で求めた値を用いた。

[0034] それぞれのチャージ群において、RH真空脱ガス処理終了後にメタルサンプルを採取し、溶鋼のS o l. AⅠ濃度を測定した。

[0035] 図2は、RH真空脱ガス処理終了後のS o l. AⅠ濃度とチャージ数との関係を示すグラフである。図2において横軸はS o l. AⅠ濃度（質量％）であり、縦軸はチャージ数（c h）である。図2に示すように、発明例であるチャージ群B、Cでは、比較例であるチャージ群Aよりも目標濃度である0.04質量％に対してS o l. AⅠ濃度のばらつきが小さくなった。それぞれのチャージ群におけるRH真空脱ガス処理終了後の溶鋼のS o l. AⅠ濃度の標準偏差を下記表1に示す。

[0036] [表1]

分類		標準偏差 σ (%)
発明例 1	チャージ群B	0.0027
発明例 2	チャージ群C	0.0009
比較例 1	チャージ群A	0.0114

[0037] 表1に示すように、発明例1、2のRH真空脱ガス処理終了後の溶鋼のS o l. AⅠ濃度の標準偏差は、比較例1の当該標準偏差よりも小さくなった。この結果から、1回目のAⅠ添加前後におけるスラグの温度変化からAⅠ歩留りを予測し、予測されたAⅠ歩留りを用いて2回目のAⅠ投入量を決定

することで、溶鋼のA I濃度を0.01質量%以上の目標濃度（0.04質量%）に高い精度で制御できることが確認された。

[0038] 発明例2のRH真空脱ガス処理終了後の溶鋼のS o I. A I濃度の標準偏差は、発明例1の当該標準偏差よりも小さくなった。この結果から、上記（1）式の1回目に添加したA Iの蒸発割合を、1回目のA I添加前後における溶鋼の熱量変化から求めることで、溶鋼のA I濃度を0.01質量%以上の目標濃度（0.04質量%）にさらに高い精度で制御できることが確認された。

符号の説明

- [0039] 10 RH真空脱ガス装置
- 12 取鍋
- 14 溶鋼
- 16 スラグ
- 18 真空槽
- 20 上部槽
- 22 下部槽
- 24 上昇側浸漬管
- 26 下降側浸漬管
- 28 乾留用ガス吹込み管
- 30 ダクト
- 32 原料投入口
- 34 上吹きランス
- 36 サーマルカメラ

請求の範囲

[請求項1] 真空脱ガス装置内で溶鋼に A l を 2 回以上添加して、A l 濃度が 0 . 0 1 質量%以上の溶鋼を製造する溶鋼の製造方法であって、

1 回目の A l 添加前後におけるスラグの温度変化から A l 歩留りを予測し、予測された前記 A l 歩留りを用いて 2 回目以降の A l 添加量を決定する、溶鋼の製造方法。

[請求項2] 前記 1 回目の A l 添加前後における前記溶鋼の熱量変化から A l の蒸発割合を求め、

前記スラグの温度変化と前記蒸発割合とから A l 歩留りを予測する、請求項 1 に記載の溶鋼の製造方法。

[請求項3] 下記 (1) 式を用いて前記 A l 歩留りを予測し、

下記 (2) 式を用いて 2 回目以降の A l 添加量を決定する、請求項 2 に記載の溶鋼の製造方法。

[数1]

$$\eta = 1 - \alpha \times (\Delta T/d) - \frac{0.01a_o}{f_o} \times \frac{W_{steel}}{W_{Al_1st}} - \beta \cdot \cdot \cdot (1)$$

[数2]

$$W_{Al_2nd} = 0.01 \times ([Al]_{Target} - [Al]_0) \times W_{steel} - \eta \times W_{Al_1st} \cdot \cdot \cdot (2)$$

上記 (1) 、 (2) 式において、 η は前記 A l 歩留り (-) であり、 ΔT は前記スラグの温度変化 (° C) であり、 d は前記スラグの厚み (m m) であり、 α は補正係数 (-) であり、 β は前記蒸発割合 (-) であり、 a_o は前記 1 回目の A l 添加前の溶鋼の酸素濃度 (質量 %) であり、 f_o は前記溶鋼の酸素の活量係数 (-) であり、 W_{steel} は前記溶鋼の重量 (k g) であり、 W_{Al_1st} は前記 1 回目の A l 添加量 (k g) であり、 W_{Al_2nd} は前記 2 回目以降の A l 添加量 (k

g) であり、 $[A]_{Target}$ は前記溶鋼の目標 A 濃度（質量％）であり、 $[A]_0$ は前記 1 回目の A 添加前の溶鋼の A 濃度（質量％）である。

[請求項4] 下記（3）～（6）式を用いて前記蒸発割合を求める、請求項 2 又は請求項 3 に記載の溶鋼の製造方法。

[数3]

$$\Delta Q = \Delta Q_{exo} + \Delta Q_{sens} \cdots (3)$$

[数4]

$$\Delta Q_{exo} = 10 \times \frac{a_o}{f_o} \times \frac{54}{48} \times 6464 \cdots (4)$$

[数5]

$$\Delta Q_{sens} = 517 \times \frac{W_{Al_1st}}{0.001 \times W_{steel}} \cdots (5)$$

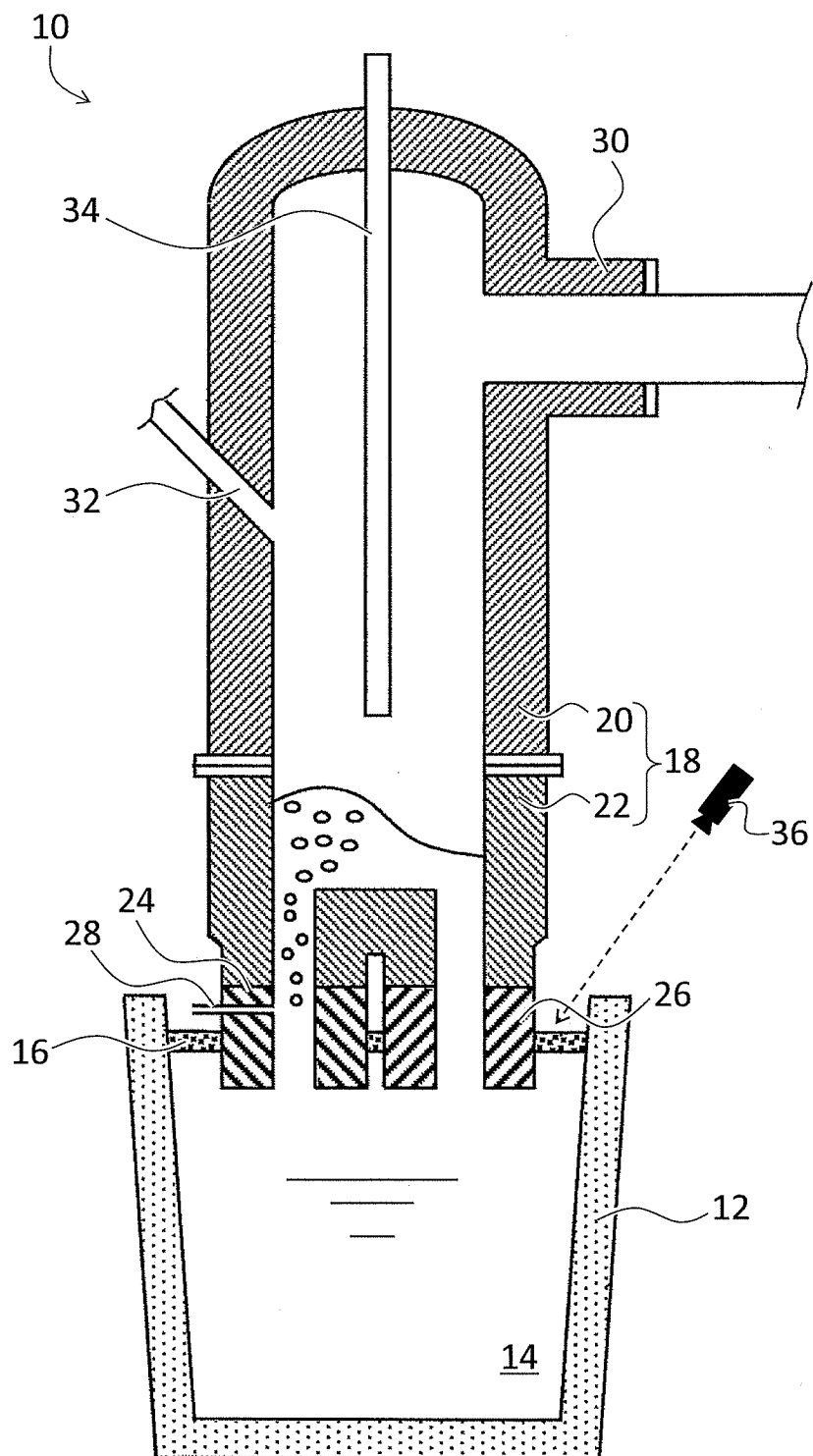
[数6]

$$\beta = X \times \ln \Delta Q + Y \cdots (6)$$

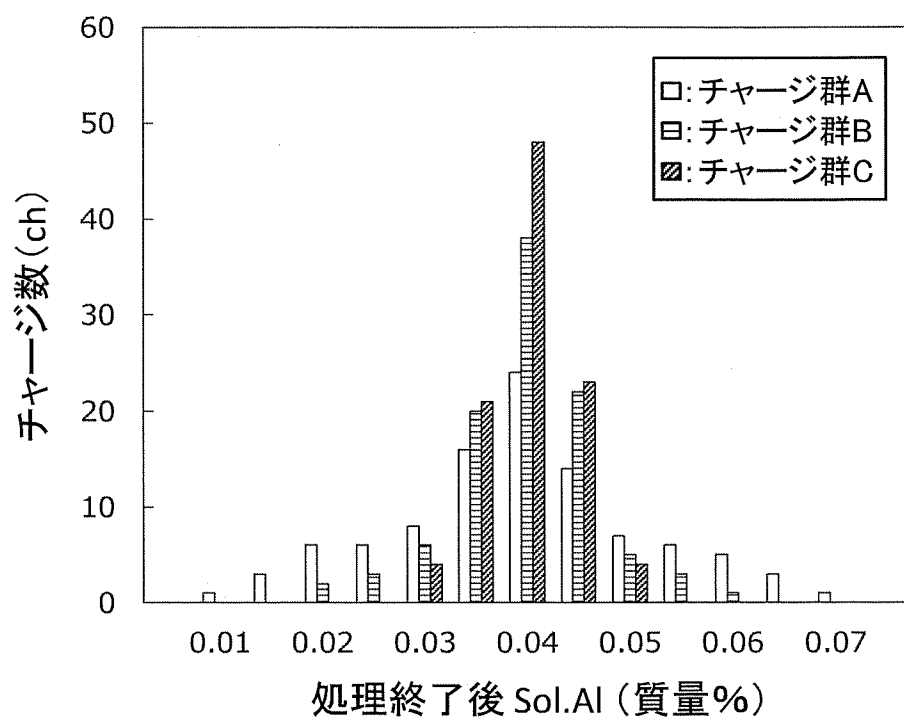
上記（3）～（6）式において、 ΔQ は前記 1 回目に添加した A による前記溶鋼の熱量変化（kcal/t-steel）であり、 ΔQ_{exo} は前記 1 回目に添加した A による前記溶鋼の反応熱量の変化（kcal/t-steel）であり、 ΔQ_{sens} は前記 1 回目に添加した A による前記溶鋼の顕熱量の変化（kcal/t-steel）であり、 a_o は前記 1 回目の A 添加前の溶鋼の酸素濃度（質量％）であり、 f_o は前記溶鋼の酸素の活量係数（－）であり、 W_{Al_1st}

s_t は前記 1 回目の A l 添加量 (k g) であり、 W_{steel} は前記溶鋼の重量 (k g) であり、 β は前記蒸発割合 (－) であり、X、Y は定数である。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/012506

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>C21C 7/10</i> (2006.01)i; <i>C21C 7/06</i> (2006.01)i FI: C21C7/10 Z; C21C7/06 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) C21C7/10; C21C7/06 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.
A	WO 2023/013377 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 09 February 2023 (2023-02-09) entire text, all drawings	1-4
A	WO 2022/259807 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 15 December 2022 (2022-12-15) entire text, all drawings	1-4
A	JP 2015-178646 A (JFE STEEL CORPORATION) 08 October 2015 (2015-10-08) entire text, all drawings	1-4
A	JP 2007-177296 A (JFE STEEL CORPORATION) 12 July 2007 (2007-07-12) entire text, all drawings	1-4
A	JP 04-362114 A (NISSHIN STEEL CO., LTD.) 15 December 1992 (1992-12-15) entire text, all drawings	1-4
☐ 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 “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 28 May 2024		Date of mailing of the international search report 11 June 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/JP2024/012506

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
WO	2023/013377	A1	09 February 2023	TW	202307219	A

WO	2022/259807	A1	15 December 2022	CA	3218992	A
				entire text, all drawings		
				JP	2022-189519	A
				CN	117441032	A
				KR	10-2024-0013200	A
				TW	202313997	A

JP	2015-178646	A	08 October 2015	(Family: none)		

JP	2007-177296	A	12 July 2007	(Family: none)		

JP	04-362114	A	15 December 1992	(Family: none)		

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
C21C 7/10(2006.01)i; C21C 7/06(2006.01)i
FI: C21C7/10 Z; C21C7/06

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））
C21C7/10; C21C7/06

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
A	WO 2023/013377 A1（J F E スチール株式会社）09.02.2023（2023 - 02 - 09） 全文、全文	1-4
A	WO 2022/259807 A1（J F E スチール株式会社）15.12.2022（2022 - 12 - 15） 全文、全文	1-4
A	JP 2015-178646 A（J F E スチール株式会社）08.10.2015（2015 - 10 - 08） 全文、全文	1-4
A	JP 2007-177296 A（J F E スチール株式会社）12.07.2007（2007 - 07 - 12） 全文、全文	1-4
A	JP 04-362114 A（日新製鋼株式会社）15.12.1992（1992 - 12 - 15） 全文、全文	1-4

☐ 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
“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 28.05.2024	国際調査報告の発送日 11.06.2024
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） 有田 恭子 4E 9540 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/JP2024/012506

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2023/013377	A1	09.02.2023	TW	202307219	A	

WO	2022/259807	A1	15.12.2022	CA	3218992	A	
				全部、全図			
				JP	2022-189519	A	
				CN	117441032	A	
				KR	10-2024-0013200	A	
				TW	202313997	A	

JP	2015-178646	A	08.10.2015	(ファミリーなし)			

JP	2007-177296	A	12.07.2007	(ファミリーなし)			

JP	04-362114	A	15.12.1992	(ファミリーなし)			
