

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7468775号
(P7468775)

(45)発行日 令和6年4月16日(2024.4.16)

(24)登録日 令和6年4月8日(2024.4.8)

(51)国際特許分類		F I	
C 2 1 C	5/52 (2006.01)	C 2 1 C	5/52
C 2 1 B	11/10 (2006.01)	C 2 1 B	11/10
F 2 7 D	3/00 (2006.01)	F 2 7 D	3/00 Z
F 2 7 D	3/04 (2006.01)	F 2 7 D	3/04
F 2 7 D	17/00 (2006.01)	F 2 7 D	17/00 1 0 1 G
請求項の数 5 (全18頁)			

(21)出願番号	特願2023-503123(P2023-503123)	(73)特許権者	000001258
(86)(22)出願日	令和4年10月26日(2022.10.26)		J F E スチール株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/040024		東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
(87)国際公開番号	WO2023/112505	(74)代理人	100147485
(87)国際公開日	令和5年6月22日(2023.6.22)		弁理士 杉村 憲司
審査請求日	令和5年1月16日(2023.1.16)	(74)代理人	230118913
(31)優先権主張番号	特願2021-202068(P2021-202068)		弁護士 杉村 光嗣
(32)優先日	令和3年12月13日(2021.12.13)	(74)代理人	100165696
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 川原 敬祐
		(72)発明者	堤 康一
			東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
			J F E スチール株式会社内
		(72)発明者	三輪 善広
			東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
			J F E スチール株式会社内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 溶鉄の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

予熱室と溶解室とを有する電気炉における溶鉄の製造方法であって、
冷鉄源を予熱室に投入する冷鉄源投入ステップと、
前記冷鉄源投入ステップで投入された前記冷鉄源を、前記溶解室で発生した排ガスにより所定の温度まで予熱し、予熱鉄源とする冷鉄源予熱ステップと、
ここで、前記冷鉄源予熱ステップは、前記冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認する予熱確認ステップを有し、
前記予熱確認ステップで所定の温度まで予熱されたことが確認された前記予熱鉄源を前記溶解室へ供給する供給ステップと、
前記供給ステップで前記溶解室へ供給された前記予熱鉄源をアーク加熱によって溶解する溶解ステップと、を有し、
前記予熱確認ステップにおける、前記冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることの確認を、前記排ガスの顕熱量の変化量に基づいて行う、ことを特徴とする、溶鉄の製造方法。

【請求項 2】

前記顕熱量の変化量が、連続的に測定される前記排ガスの温度及び流量、並びに、前記予熱室内に投入されている前記冷鉄源の重量に基づいて算出される、請求項 1 に記載の溶鉄の製造方法。

【請求項 3】

以下の式（１）に従って算出される前記顕熱量の変化量が $700 \text{ kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})$ 以上である場合に、前記冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であると判断する、請求項１または２に記載の溶鉄の製造方法。

$$\Delta Q = |Q_1 - Q_N| \\ = | \{ (c \times F_1 \times T_1) / W_1 \} - \{ (c \times F_N \times T_N) / W_N \} | \cdots (1)$$

ここで、

ΔQ ：排ガスの顕熱量の変化量 $[\text{kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})]$

Q_1 ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの顕熱量 $[\text{kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})]$

Q_N ：連続的に算出される、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミング N での排ガスの顕熱量 $[\text{kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})]$

c ：排ガスの比熱 $[\text{kJ} / (\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})]$

F_1 ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの流量 $[\text{m}^3 / \text{秒}]$

F_N ：連続的に測定される、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミング N での排ガスの流量 $[\text{m}^3 / \text{秒}]$

T_1 ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの温度 $[\text{^\circ C}]$

T_N ：連続的に測定される、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミング N での排ガスの温度 $[\text{^\circ C}]$

W_1 ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの予熱室内の冷鉄源の重量 $[\text{トン}]$

W_N ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミング N での予熱室内の冷鉄源の重量 $[\text{トン}]$

【請求項４】

前記供給ステップにおける、前記予熱鉄源の前記溶解室への供給が、押し出し機で行われる、請求項１～３のいずれか一項に記載の溶鉄の製造方法。

【請求項５】

前記供給ステップにおける、前記予熱鉄源の前記溶解室への供給が、ベルトコンベアからの自由落下で行われる、請求項１～３のいずれか一項に記載の溶鉄の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、予熱室と溶解室とを有する電気炉において、冷鉄源を効率的に溶解して溶鉄を製造する方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

電気炉を用いた溶鉄の製造では、スクラップなどの冷鉄源をアーク熱で溶解して溶鉄を得るので、アーク熱を生成するために電力を多量に消費する。従来、電気炉での電力消費を抑えるために、溶解する前の冷鉄源を、化石燃料などを用いたバーナーで予熱する方法；溶解する前の冷鉄源を、先に行っている冷鉄源の溶解中に発生した高温の排ガスを利用して予熱する方法；補助熱源としてコークスを溶解中の冷鉄源に吹き込む方法；などの方法が採られている。

【０００３】

例えば、特許文献１には、予熱シャフトが溶解室の上方に直結した電気炉において、冷鉄源が溶解室と予熱シャフトとに連続して存在する状態を保つように予熱シャフトへ冷鉄源を連続的または断続的に供給しながら、溶解室内の冷鉄源をアークにより溶解する技術が開示されている。特許文献１の技術では、溶解室への冷鉄源の搬送供給のための装置を特に必要としない電気炉を用いて、溶解した溶鉄の中に、高温の排ガスで予熱した冷鉄源が溶け込むことによって、冷鉄源を効率的に溶解させている。

【０００４】

また、特許文献２には、電気炉とスクラップ予熱装置とがバイパス管路を隔てて離間して配置された製鋼設備において、スクラップの予熱を行うにあたり、スクラップ予熱装置への入側における排ガスの温度を測定しながら、スクラップ予熱装置に送り込むべき排ガ

10

20

30

40

50

スの量を決定し、その排ガスの供給量をファンの回転数で制御することにより、スクラップを所定温度に予熱する技術が開示されている。

【0005】

さらに、特許文献3には、電気炉から出た排ガスをスクラップの入った予熱槽に装入するダクトを有する設備構成において、予熱槽を保護しスクラップの溶解を防止することを所期して、前記予熱槽の入側と出側の排ガスの温度を測定し、その温度に応じてダンパの開閉を制御し、スクラップ予熱を行うことが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開平10-292990号公報

【文献】特開昭57-43191号公報

【文献】特開平4-273991号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1に記載の技術は、基本は冷鉄源の排ガスによる予熱及び自重により、冷鉄源を徐々に溶解させながら溶解室へと連続的に供給するものである。しかしながら、特許文献1には、連続的または断続的に予熱室から溶解室へ冷鉄源を供給する概念は記載されているものの、冷鉄源の供給に関する具体的な制御指標の開示がない。本発明者らが検討したところ、実際には、予熱シャフトから溶解室への径路において、例えば、冷鉄源が過剰に予熱されて大きな塊として留まったり、冷鉄源の予熱が不足したまま溶解室に供給されたり等の、意図しない状況が生じる場合がある。しかしながら、特許文献1では、このような冷鉄源の予熱の過不足を把握することができず、冷鉄源の予熱の過不足が生じた場合に、電気炉での電力消費を高めてしまう事例が発生することも判明した。そのため、冷鉄源の予熱の状況を把握し得る手段が求められる。

【0008】

また、特許文献2に記載の技術は、電気炉とは離間して配置されたスクラップ予熱装置の入側における排ガスの温度を測定しながら、スクラップ予熱のための排ガスの量そのものを予め変化・制御させるものである。しかしながら、本発明者らが検討したところ、実際には、スクラップ予熱装置内におけるスクラップが計算通りの温度に予熱されず、やはり電気炉での電力消費を高めてしまう事例が発生することが判明した。しかしながら、特許文献2でも、このような実際のスクラップの予熱の過不足を把握することができず、スクラップの予熱の状況を把握し得る手段が求められる。

【0009】

さらに、特許文献3に記載の技術は、電気炉から排出された排ガスをそのまま、ダクトを介して予熱炉に導入し、排ガスのダンパで制御しながら、スクラップを予熱する技術である。しかしながら、特許文献3に記載の技術では、予熱槽の保護およびスクラップの溶解防止の観点から両者の温度を設定値以下にすることに主眼があるため、特にスクラップの予熱が不足する場合があります、スクラップの予熱の状況を精度良く把握することが必要である。

【0010】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、冷鉄源の予熱の状況を把握して冷鉄源を効率的かつ確実に予熱することにより、低い電力原単位で溶鉄を得ることのできる、電気炉による溶鉄の製造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】

【0011】

本発明者らは、上記課題を解決することができる方法について検討を重ねた。その結果、排ガスによる冷鉄源の予熱にかかる条件を直接かつ事前に制御する手法に替えて、実際に冷鉄源が排ガスによって所定の温度まで予熱されたことを事後的に確認する手法（予熱

10

20

30

40

50

確認ステップ) を設ける着想に至った。そして、この予熱確認ステップ、及び、該ステップにて確認された予熱鉄源を溶解室へ供給する供給ステップを設けることにより、排ガスの顕熱を有効に冷鉄源へ伝え、電気炉で使用するエネルギーの指標である電力原単位を効果的に低減できることを見出した。

本発明は、上記の知見に基づきなされたもので、以下を要旨とする。

【0012】

1. 予熱室と溶解室とを有する電気炉における溶鉄の製造方法であって、
冷鉄源を予熱室に投入する冷鉄源投入ステップと、
前記冷鉄源投入ステップで投入された前記冷鉄源を、前記溶解室で発生した排ガスにより所定の温度まで予熱し、予熱鉄源とする冷鉄源予熱ステップと、

10

ここで、前記冷鉄源予熱ステップは、前記冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認する予熱確認ステップを有し、

前記予熱確認ステップで所定の温度まで予熱されたことが確認された前記予熱鉄源を前記溶解室へ供給する供給ステップと、

前記供給ステップで前記溶解室へ供給された前記予熱鉄源をアーク加熱によって溶解する溶解ステップと、を有することを特徴とする、溶鉄の製造方法。

【0013】

2. 前記予熱確認ステップにおける、前記冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることの確認を、前記排ガスの顕熱量の変化量に基づいて行う、前記1に記載の溶鉄の製造方法。

20

【0014】

3. 前記顕熱量の変化量が、連続的に測定される前記排ガスの温度及び流量、並びに、前記予熱室内に投入されている前記冷鉄源の重量に基づいて算出される、前記2に記載の溶鉄の製造方法。

【0015】

4. 以下の式(1)に従って算出される前記顕熱量の変化量が700kJ/(秒・トン)以上である場合に、前記冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であると判断する、前記2または3に記載の溶鉄の製造方法。

$$\Delta Q = | Q_1 - Q_N |$$

$$= | \{ (c \times F_1 \times T_1) / W_1 \} - \{ (c \times F_N \times T_N) / W_N \} | \cdots (1)$$

30

ここで、

ΔQ : 排ガスの顕熱量の変化量 [kJ/(秒・トン)]

Q_1 : 冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの顕熱量 [kJ/(秒・トン)]

Q_N : 連続的に算出される、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミングNでの排ガスの顕熱量 [kJ/(秒・トン)]

c : 排ガスの比熱 [kJ/(m³・°C)]

F_1 : 冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの流量 [m³/秒]

F_N : 連続的に測定される、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミングNでの排ガスの流量 [m³/秒]

40

T_1 : 冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの温度 [°C]

T_N : 連続的に測定される、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミングNでの排ガスの温度 [°C]

W_1 : 冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの予熱室内の冷鉄源の重量 [トン]

W_N : 冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミングNでの予熱室内の冷鉄源の重量 [トン]

【0016】

5. 前記供給ステップにおける、前記予熱鉄源の前記溶解室への供給が、押し出し機で行われる、前記1～4のいずれかに記載の溶鉄の製造方法。

【0017】

50

6. 前記供給ステップにおける、前記予熱鉄源の前記溶解室への供給が、ベルトコンベアからの自由落下で行われる、前記1～4のいずれかに記載の溶鉄の製造方法。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、排ガスを利用して冷鉄源を予熱室で予熱して予熱鉄源とし、溶解室へ予熱鉄源を供給する溶鉄の製造方法において、冷鉄源の予熱の状況を把握して冷鉄源を効率的かつ確実に予熱することにより、例えば、出鋼するまでの1チャージあたりの溶解時間を短縮し、電気炉で使用するエネルギーの主要な指標である電力原単位を効果的に低減可能である。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施形態を実施可能な電気炉の縦断面模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明の実施形態について、具体的に説明する。以下の実施形態は、本発明の好適な一例を示すものであり、これらの例によって何ら限定されるものではない。

【0021】

(溶鉄の製造方法)

本発明の溶鉄の製造方法は、所定の構造を有する電気炉を用いる方法であって、冷鉄源を予熱室に投入する冷鉄源投入ステップと；冷鉄源投入ステップで投入された冷鉄源を、溶解室で発生した排ガスにより所定の温度まで予熱し、予熱鉄源とする冷鉄源予熱ステップと；予熱鉄源を溶解室へ供給する供給ステップと；供給ステップで溶解室へ供給された予熱鉄源をアーク加熱によって溶解する溶解ステップと；任意にその他のステップと；を有する。とりわけ、上記冷鉄源予熱ステップが、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認する予熱確認ステップを更に有し、続く上記供給ステップにおいて、この所定の温度まで予熱されたことが確認された予熱鉄源を溶解室へ供給することを特徴とする。

【0022】

本発明の製造方法は、予熱確認ステップ及びこれに続く供給ステップを更に有することにより、冷鉄源が実際に所定の温度まで予熱された予熱鉄源となったことを確認した上で、直ちに予熱鉄源を溶解室内へと供給できる。そのため、冷鉄源を過剰に予熱することおよび、予熱が不足している冷鉄源のまま溶解室に供給すること、を回避することができる。したがって、本発明の製造方法によれば、排ガスによる冷鉄源の予熱を確実に行いつつ、排ガスの顕熱を有効に冷鉄源へと伝えることができ、その結果、電気炉での電力原単位を効果的に低減して溶鉄を製造することができる。

【0023】

[電気炉]

以下、本発明が好適に用い得る電気炉について、図を参照して詳述する。なお、図示した電気炉は好適例として示したものであり、溶解室と、該溶解室からの排ガスを導入可能な予熱室とを有する電気炉であれば、適用可能であることは言うまでもない。

図1に例示する電気炉1は、冷鉄源15を予熱してなる予熱鉄源をアーク18からの熱によって溶解して溶鉄16を得る溶解室2と；溶解室2よりも鉛直方向上方に向かってそびえる予熱室3であり、冷鉄源15を予熱し、得られた予熱鉄源を、例えば押し出し機10で溶解室2に供給するための予熱室3と；溶解室2で発生した排ガス24が流れ出るダクト20と；を備える。また、電気炉1は、任意の位置に設置された、好ましくはダクト20の径路内に配置された温度計30及び流量計31を更に備える。温度計30及び流量計31をダクト20の径路内に配置することにより、冷鉄源15の間を流れ抜けて該冷鉄源15の予熱に使用された後の排ガス24の温度及び流量を適時測定することができる。

【0024】

原料となる冷鉄源15は、供給用バケット14に装入され、走行台車23を介して所望

10

20

30

40

50

の冷鉄源供給口 19 の上方まで運ばれる。次に、冷鉄源供給口 19 を開けて、冷鉄源 15 を上方から予熱室 3 へと供給する。

予熱室 3 に供給された冷鉄源 15 は、上述のとおり溶解室 2 で発生した排ガスを利用して予熱され、予熱鉄源となる。例えば、先に溶解室 2 で発生した高熱の排ガス 24 を直接（溶解室 2 と予熱室 3 とを繋ぐ配管を通さずに）そのまま予熱室 3 へと通過させて冷鉄源 15 を予熱すれば、製造効率を高めることができる。そして、ダクト 20 により排ガスを吸引して予熱室 3 内を通過させ、余分な排ガスはダクト 20 を通じて排気してもよい。

【0025】

冷鉄源 15 が所定温度まで予熱された予熱鉄源は、図 1 に示す電気炉 1 の場合、押し出し機 10 によって連続的に溶解室 2 へと供給することができる。押し出し機 10 は、その先端を溶解室 2 側へと繰り返し往復移動させることにより、予熱室 3 内の予熱鉄源を溶解室 2 へ押し出し続ける。押し出し機 10 による溶解室 2 への予熱鉄源の供給量及び供給タイミングは、例えば、押し出し機 10 を移動させる時間的間隔（押し出し間隔）及び／又は押し出し機 10 の移動量によって調整可能である。押し出し間隔が短いほど予熱鉄源の供給を促進することができ、押し出し間隔が長いほど予熱鉄源の供給を抑制することができる。また、押し出し機 10 の移動量が大きいほど予熱鉄源の供給を促進することができ、押し出し機 10 の移動量が小さいほど予熱鉄源の供給を抑制することができる。

【0026】

これらの押し出し間隔及び移動量は、操業効率の観点から、ある値に初期設定した後は自動運転させることが常である。しかしながら、本発明は予熱確認ステップを有するので、冷鉄源 15 が所定の温度まで予熱された予熱鉄源となっているか否かの確認結果次第で、予熱鉄源の溶解室 2 への供給スケジュールを有効に制御することができる。一例として、後に詳述のとおり、排ガスの顕熱量の変化量をモニタリングし、そのモニタリング結果に基づいて予熱確認ステップを行い、同時進行的に押し出し機 10 の操作条件を制御することができる。なお、押し出し機 10 は、通常はシリンダー構造である。

【0027】

或いは、図示していないが、予熱室が溶解室よりも鉛直方向上方かつ水平方向に延在する電気炉を用いる場合は、予熱確認ステップで確認された予熱鉄源を、予熱室内を溶解室方向に向かって走行可能なベルトコンベアにて運搬し、該ベルトコンベアから自由落下によって予熱鉄源を溶解室に供給することもできる。この場合、溶解室への予熱鉄源の供給タイミングは、ベルトコンベアの移動速度を制御することにより制御可能である。ベルトコンベアの移動速度が高いほど予熱鉄源の供給を促進することができ、ベルトコンベアの移動速度が低いほど予熱鉄源の供給を抑制することができる。

【0028】

このベルトコンベアの移動速度も、操業効率の観点から、ある値に初期設定した後は自動運転させることが常である。しかしながら、本発明は予熱確認ステップを有するので、他の例として、排ガスの顕熱量の変化量をモニタリングし、そのモニタリング結果に基づいて予熱確認ステップを行い、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源となっているか否かの確認結果次第で、同時進行的にベルトコンベアの操作条件を制御することができる。

【0029】

図 1 に戻り、溶解室 2 は、炉壁 4 及び炉蓋 5 で区画されており、通常、アーク 18 を発生させて加熱するための電極 6、所望の高温状態を維持するための酸素吹き込みランス 7 及び炭材吹き込みランス 8、低温箇所を局所的に加熱するためのバーナー 9 を備えている。溶解室 2 に供給された予熱鉄源は、アーク熱によって溶解して溶鉄 16 と溶融スラグ 17 となる。得られた溶鉄 16 は、出湯用扉 21 を開けて出湯口 12 から出鋼することができる。また、溶融スラグ 17 は、出滓用扉 22 を開けて出滓口 13 から排滓することができる。

【0030】

冷鉄源 15 としては、通常、製鉄所で発生する自所屑、市中から発生するスクラップ、

溶銑を固めた銑鉄、還元鉄などがあるが、これらに限定されない。製鉄所で発生する自所屑としては、例えば、連続鑄造や造塊法で鑄造される鑄片の非定常部（鑄込み開始の部分や鑄込み終了時に発生する部分）、鋼帯などの鋼材の圧延で生じるクロップなどがある。また、市中から発生するスクラップとしては、建設鋼材（H型鋼など）、自動車の鋼材、缶類などのようなリサイクル材がある。また、溶銑を固めた銑鉄とは、高炉などの溶銑炉において、鉄鉱石及びコークスなどを原料として得られた溶銑を出銑し、固めたものである。また、還元鉄とは、鉄鉱石を天然ガスなどの還元性ガスで直接還元して得られる鉄源となる原料である。

【0031】

温度計30は、排ガス24の正しい温度を測定することが可能であれば、測定方式は問わないが、一般的には熱電対で測定する温度計30が望ましい。温度計30の設置位置は、予熱室3の壁面又はダクト20の壁面などの任意の位置であるが、排ガス24が冷鉄源15（場合によっては予熱鉄源）を通過した後方に設置することが好ましい。

10

なぜなら、予熱上流の温度計を設置する場所において測定される温度は、本発明で確認するためのステップで必要な排ガスの顕熱を示す温度だけでなく、溶鋼から直接伝わってくる輻射熱の両方を含有した温度を表示している可能性がある。そこで、予熱部下流において、測温することが、排ガスのもつ顕熱量を正しく示すことになる。従って、排ガス24の冷鉄源15に対して下流側に温度計30を設置すれば、冷鉄源15への排ガス24の顕熱の移動を良好に把握することができる。

【0032】

20

図1に示す電気炉1の場合、温度計30の好適な設置位置の候補としては、冷鉄源15が積み重なった上面よりも上方の予熱室3上部の壁面、又は、図1に示す予熱室3とダクト20との接続部よりも排ガス24が流れる下流後方などが挙げられる。前者の位置では、冷鉄源15の予熱室3への投入に応じて測定値が変化する可能性がある。したがって、総括した排ガスの顕熱量及びその変化量を確認するための温度が測定できるため、後者の位置の方がより好ましい。

【0033】

予熱室が水平方向に延在する電気炉の場合、温度計の好適な設置位置の候補としては、予熱室が垂直方向に存在する場合と同様に、溶解室に近い側の場合、上述した理由と同様に、排ガス温度以外に、どうしても溶鋼からの直接的な輻射による温度変動を含有してしまう可能性があることから、予熱室の下流に設置することが望ましい。

30

【0034】

熱電対を用いる場合の熱電対の設置形式は、応答性を高める観点からは、熱電対先端を直接、排ガスに接するように配置することが望ましいが、還元ガスにより熱電対先端の腐食を速める可能性があり、交換頻度及び温度の測定精度に劣る懸念がある。そのため、熱電対自体をアルミナ等の保護管ですべて覆って使用してもよい。ただし、この場合には、温度の測定精度を上げるために、予め保護管で覆った状態での応答性を把握し、生じ得る測定温度の差などを把握・調整して管理すればよい。温度計30から取り込んだデータは、一般的には補償導線（図示せず）を介して所定の場所、例えば、オペレーターが操作する操作室のモニターや記録装置（いずれも、図示せず）へと繋いで伝送する。

40

【0035】

流量計31は、温度計30と同様に、排ガス24の正しい流量を測定することが可能であれば、測定方式は問わない。電気炉1の建設当時から、排ガスの流量を測定することを意識して、例えばダクト20内に絞り機構を設け、ダクト20の断面積が異なる部位に圧力計を複数個設置し、それら圧力計で測定される圧力から排ガスの流速を算出し、その流速から排ガスの流量を算出可能なベンチュリ管式が好適な測定手段の候補の一つとして挙げられる。また、別の測定手段として、例えばダクト20にピトー管を設置し、静圧と動圧との両方を測定し、それらの圧力から排ガスの流速を算出し、ダクト20の断面積を乗じて排ガスの流量に換算する手法が挙げられる。

【0036】

50

流量計 31 の設置位置は、温度計 30 と同様に、予熱室 3 の壁面又はダクト 20 の壁面などの任意の位置である。冷鉄源 15 への排ガス 24 の顕熱の移動を良好に把握する観点、及び、冷鉄源 15 の予熱室 3 への投入に起因した測定値の変化の影響を回避する観点から、図 1 に示す電気炉 1 の場合、予熱室 3 内に積み重なった冷鉄源 15 の塔の上面よりも排ガス 24 が流れる下流後方に設置することが好ましい。

【0037】

予熱室が水平方向に延在する電気炉の場合、温度計の好適な設置位置の候補としては、予熱室が垂直方向に存在する場合と同様に、溶解室に近い側の場合、上述した理由と同様に、排ガス温度以外に、どうしても溶鋼からの直接的な輻射による温度変動を含有してしまう可能性があることから、予熱室の下流に設置することが望ましい。

10

【0038】

流量測定にあたり、ピトー管などで圧力を測定する際には、管に異物が混入してくると正しい圧力が測定できない問題がある。よって、適切な頻度で管の清掃を行うか、又は、一定間隔でエアなどにより管内の異物をパージする機構を設け（図示せず）、管の詰まりを防止することが必要である。この場合、パージによって測定できないタイミングが僅かに生じるが、そのタイミングでの排ガス流量は、パージ直前の数字を用いて算出すればよい。流量計 31 から取り込んだデータは、温度計 30 と同様に、補償導線（図示せず）を介して所定の位置、例えば、オペレーターが操作する操作室のモニターや記録装置（いずれも、図示せず）へと繋いで伝送する。

【0039】

20

〔冷鉄源投入ステップ〕

冷鉄源投入ステップでは、冷鉄源を予熱室に投入する。冷鉄源投入ステップには、上述の走行台車 23、供給用バケット 14、冷鉄源供給口 19 を好適に用いることができる。投入する冷鉄源の量は、使用する電気炉の仕様、溶鉄の製造目標量等によって適宜決定することができる。

冷鉄源の投入を複数回に分けて連続操作する場合、及び／又は、複数チャージに亘って連続操作する場合は、既に先の溶解ステップで得られた溶鉄が溶解室内に溜まっているので、あるタイミングで投入する冷鉄源の量を、予熱室の容量、溶鉄の製造目標量等に基づいて決定することができる。一方、初めてのチャージを操作する場合は、溶解室が空の状態であるため、冷鉄源が溶解室及び予熱室双方に存在するように冷鉄源を供給することができる。

30

【0040】

〔冷鉄源予熱ステップ〕

冷鉄源予熱ステップでは、冷鉄源投入ステップで投入された予熱室内の冷鉄源を、溶解室で発生した排ガスにより所定の温度まで予熱し、予熱鉄源とする。冷鉄源予熱ステップには、上述の排ガス 24、ダクト 20 を好適に用いることができる。

ここで、冷鉄源予熱ステップにおいては、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認する予熱確認ステップを行うことが肝要である。

【0041】

[[予熱確認ステップ]]

40

予熱確認ステップでは、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認する。つまり、予熱確認ステップでは、予熱鉄源を得るに先立って予熱条件を予め変更するのではなく、予熱鉄源が実際に得られたことの確認を事後的に行う。予熱鉄源が実際に得られたことの確認を事後的に行うことによって、冷鉄源を過剰に予熱することも冷鉄源の予熱が不足することも確実に回避できるので、冷鉄源の予熱を効率的に行い、もって溶鉄の製造に要する電力原単位を低減させることができる。予熱確認ステップには、上述の温度計 30、流量計 31 を好適に用いることができる。

【0042】

冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることの確認は、排ガスの顕熱量の変化量に基づいて好適に実施することができる。とりわけ、冷鉄源の投入タイミングを起点

50

として、冷鉄源の予熱に使用された後の上記排ガスの顕熱量の変化量に基づいてより好適に実施することができる。冷鉄源の予熱に使用された後の排ガスの顕熱量の変化量の確認は、例えば、温度計 30 及び流量計 31 を上述の好適な設置位置に設けることにより実施可能である。すなわち、冷鉄源の予熱に使用された後の上記排ガスの顕熱量の変化量は、（単に排ガス温度のみを計測することでは把握できない）排ガスによって冷鉄源に付与される熱量に相当するパラメータであるため、予熱鉄源が確実に予熱温度に達していることを確認するのに最適である。

【0043】

排ガスの顕熱量の変化量の算出

予熱確認ステップにおいて好適に参照可能な、排ガスの顕熱量の変化量の算出方法について具体的に説明する。排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ は、例えば上述の温度計 30 及び流量計 31 を用いて、連続的に測定される排ガスの温度 T 及び排ガスの流量 F 、並びに、予熱室内に投入されている冷鉄源の重量 W から、以下の式（1）～（2）に従って算出することができる。

$$\begin{aligned}\Delta Q &= |Q_1 - Q_N|, \\ Q_1 &= (c \times F_1 \times T_1) / W_1, \\ Q_N &= (c \times F_N \times T_N) / W_N \quad \dots (1)\end{aligned}$$

ここで、

ΔQ ：排ガスの顕熱量の変化量 [$\text{kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})$]

Q_1 ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの顕熱量 [$\text{kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})$]

Q_N ：連続的に算出される、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミング N での排ガスの顕熱量 [$\text{kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})$]

c ：排ガスの比熱 [$\text{kJ} / (\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$]

F_1 ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの流量 [$\text{m}^3 / \text{秒}$]

F_N ：連続的に測定される、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミング N での排ガスの流量 [$\text{m}^3 / \text{秒}$]

T_1 ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの温度 [$^\circ\text{C}$]

T_N ：連続的に測定される、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミング N での排ガスの温度 [$^\circ\text{C}$]

W_1 ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの予熱室内の冷鉄源の重量 [トン]

W_N ：冷鉄源を予熱室に投入したタイミングよりも後の任意のタイミング N での予熱室内の冷鉄源の重量 [トン]

【0044】

排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ は、例えば以下の要領で算出可能である。すなわち、冷鉄源を投入したタイミングで測定した排ガスの流量 F_1 、排ガスの温度 T_1 及び予熱室内の冷鉄源の重量 W_1 と、排ガスの比熱 c とを用いて、まず、冷鉄源を予熱室に投入したタイミングでの排ガスの顕熱量 Q_1 を求める。その後、冷鉄源予熱ステップを行っている間、連続的に任意の各タイミング 2, 3, ..., N における上記パラメータ $F_2, 3, \dots, N$; $T_2, 3, \dots, N$; $W_2, 3, \dots, N$; を測定し、各タイミングでの $Q_2, 3, \dots, N$ を連続的に求める。得られた Q_1 及び $Q_2, 3, \dots, N$ を上記式（1）にあてはめて、冷鉄源を投入したタイミングを起点とした各タイミングにおける排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ を得る。

【0045】

ダクト中を流れる排ガス流量を算出する場合には、ダクトの断面積に、流量計の圧力から算出される排ガスの流速を乗じて、単位時間あたりの排ガス流量が求めることができる。

$$F = v \times S \quad \dots (2)$$

ここで、

v ：排ガスの流速 [$\text{m} / \text{秒}$]

S ：排気ガスが通過するダクト面積 [m^2]

本発明の一実施形態では、排ガスの温度 T 及び排ガスの流速 v を連続して測定すること

10

20

30

40

50

により、上記式（２）に従って排ガスの流量 F も連続して測定できるため、上記式（１）に従って、排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ （ $\text{kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})$ ）も連続して算出することが可能である。

【００４６】

冷鉄源の予熱完了の判定

予熱確認ステップにおいて、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であること、つまり、冷鉄源の予熱が完了したことを確認する判定基準として、以下の一例が挙げられる。すなわち、排ガスの顕熱量 Q は、予熱室内の冷鉄源へと熱を伝えて予熱することによって低下する。これに伴い、冷鉄源を投入したタイミングからの排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ は、冷鉄源が予熱されるほど高まる。本発明者らが鋭意検討したところ、上述のとおり算出される排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ が $700 \text{ kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})$ 以上であれば、冷鉄源への温度上昇が 250°C 前後以上あるため、予熱室内の冷鉄源の予熱が十分に行われたと判定することができる。顕熱量の変化量 ΔQ は、 $800 \text{ kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})$ 以上がより好ましく、 $1000 \text{ kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})$ 以上がさらに好ましい。

10

【００４７】

一方、予熱室内の冷鉄源を過剰に予熱すると、冷鉄源が予熱室内で過剰に溶解し、大きな塊を形成し、排ガスの通気性が悪くなったり、溶解室への供給の妨げとなったりして、電気炉の操業に不具合が生じる場合がある。また、冷鉄源の過剰な予熱は、使用するエネルギーの過剰消費にもつながりやすい。これらの観点から、顕熱量の変化量 ΔQ は、 $1200 \text{ kJ} / (\text{秒} \cdot \text{トン})$ 以下が好ましい。

20

【００４８】

〔供給ステップ〕

供給ステップでは、予熱確認ステップで所定の温度まで予熱されたことが確認された予熱鉄源を溶解室へ供給する。供給ステップには、上述の押し出し機１０、又は、ベルトコンベア（図示せず）を好適に用いることができる。

冷鉄源１５の供給量及び供給タイミングは、予熱室が鉛直方向に沿ってそびえ立つ電気炉の場合は、１回の押し出しあたりの押し出し機１０の移動量と、押し出し機１０を移動させる時間間隔（押し出し間隔）とに支配される。或いは、予熱室が主に水平方向に配置される電気炉の場合は、ベルトコンベアの移動速度に支配される。そして、通常の操業では、これらの移動量及び押し出し間隔或いは移動速度の値について、冷鉄源の種類や予熱状況に応じて設定パターンを複数有しており、適した設定パターンを採用して自動運転する。しかしながら、本発明では予熱確認ステップを先に設けているので、予熱鉄源の確認の可否によって、冷鉄源１５の供給量及び／又は供給タイミングを適宜変更することができる。

30

ここで、「押し出し間隔」とは、予熱鉄源を繰り返し押し出して溶解室に供給するために、ある回で押し出し機を溶解室方向へ移動開始した時間から、次回に押し出し機を溶解室方向へ移動開始する時間までの、時間的間隔を意味する。

【００４９】

好適な一実施形態として、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認できたならば、具体例として、排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ が上記好適下限以上であれば、押し出し機の押し出し間隔を短縮させて予熱鉄源を直ちに溶解室へと供給することができる。同様に、押し出し機の移動量を増大させて予熱鉄源の溶解室への供給を促進することができる。逆に、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認できなければ、具体例として、排ガスの顕熱量の変化量が上記好適下限未満であれば、押し出し機の押し出し間隔及び／又は移動量を変更しないか、或いは、押し出し間隔を増大させる及び／又は移動量を短縮させて予熱鉄源の溶解室への供給を抑制することができる。

40

予熱鉄源が所定の温度であることを確認できた場合の押し出し機の押し出し間隔は、基本、２０秒間隔一定としている。例えば、排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ が所定値よりも５％以上高い場合には１０％以上短縮させることが好ましく、１０％以上高い場合には２０％以上短縮させることが好ましい。

50

【0050】

好適な他の実施形態として、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認できたならば、具体例として、排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ が上記好適下限以上であれば、ベルトコンベアの移動速度を速めて予熱鉄源を直ちに溶解室へと供給することができる。逆に、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認できなければ、具体例として、排ガスの顕熱量の変化量が上記好適下限未満であれば、ベルトコンベアの移動速度を遅らせて予熱鉄源の溶解室への供給を抑制することができる。

予熱鉄源が所定の温度であることを確認できた場合のベルトコンベアの移動速度は、1 m／分の移動速度一定で操業される。例えば、排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ が所定値よりも5%以上高い場合には10%以上高めることが好ましく、10%以上高い場合には20%以上高めることが好ましい。

10

【0051】

[溶解ステップ]

溶解ステップでは、供給ステップで溶解室へ供給された予熱鉄源をアーク加熱によって溶解する。具体的な溶解方法は、電気炉について上述したとおりであり、溶解ステップには、上述の電極6、酸素吹き込みランス7、炭材吹き込みランス8、バーナー9を好適に用いることができる。本発明では予熱確認ステップを先に設けているので、確実に予熱された予熱鉄源が直ちに溶解室へと供給されるため、溶解ステップで要する電力消費を低減させることができる。

【0052】

20

[その他のステップ]

その他のステップとしては、例えば、出鋼ステップが挙げられる。出鋼ステップでは、溶解ステップの後に、溶解室2に溜まった溶鉄16を出湯口12を介して電気炉1の外部に取り出すことができる。

【実施例】

【0053】

以下、本発明について実施例に基づき具体的に説明する。なお、以下の実施例は、本発明の好適な一例を示すものであり、本発明を何ら限定するものではない。また、以下の実施例は、本発明の趣旨に適合し得る範囲で変更を加えて実施することも可能であり、そのような態様も本発明の技術的範囲に含まれる。

30

図1に示す溶解室2と、予熱室3と、ダクト20に温度計30及び流量計31を備えた電気炉1において、以下の要領にて冷鉄源15を予熱して予熱鉄源とし、更に溶解して溶鉄16を製造した。この電気炉の設備諸元を以下に示す。

溶解室の溶鉄容量（出鋼量）：130トン

電力：交流50Hz

トランス容量：75MVA

電極数：3

【0054】

温度計30は、先端直径が3.2mmのシース型のKタイプの熱電対を使用した。温度計30は、ダクト20の側面に専用のフランジ付きの孔を空けて、熱電対の先端がダクト20内の中心部分まで位置するように装入した。シース型の熱電対は、高温の排ガスにより曲がってしまう等の不具合が想定されたので、直径3.2mmのアルミナの保護管で覆い、先端部分を長さ約3mm程度だけ露出させた。ダクト20の炉外側からは、温度計30に繋がれた補償導線によりデータ記録収集装置（図示せず）を介して、パーソナルコンピュータに測定温度に関するデジタルデータを取り込み記録した。

40

【0055】

流量計31は、温度計30と同様に、ダクト20の側面に設置した専用のフランジ付きの別の孔よりピトー管を装入して設置した。ピトー管には動圧と静圧とを測定するために2本の管を同じ位置に装入し、静圧測定用の管の開放面は排ガスの流れの下流側に孔が位置するように設置し、動圧測定用の管の開放面は排ガスの流れに対向する正面に孔が位置

50

するように設置した。ピトー管も熱電対と同様に高温の排ガスにさらされるため、1本あたり直径12mm、材質SUS316である動圧用と静圧用との管を計2本束ね、先端部分を除いて、直径32mmのアルミナの保護管で覆った。ダクト20の炉外側からは、流量計31に繋がれた補助導線によりデータ収集記録装置を介して、パーソナルコンピュータに測定流量に関するデジタルデータを取り込み記録した。

【0056】

そして、得られた温度及び流量のデータを用いて、排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ を算出した。

司令室には、電気炉を操業するオペレーターが直接監視できるように、排ガス顕熱量及びその変化量を常時確認可能なモニターを新規に準備した。また電気制御室には、押し出し機10の移動量、押し出し間隔などのデータが転送されてきており、押し出し機10の操作パラメータと排ガスの顕熱量の変化量に関するデータとを同時に確認・制御できるようにした。

【0057】

(従来例)

従来例は、温度計も流量計も使用せず、予熱確認ステップを実施しない、通常の電力原単位の範囲内で操業した、基準となる例である。

タイミングNでの操業中のダクト20での排ガスの温度が198℃、排ガス流量58Nm³/秒であり、予熱室の冷鉄源重量1トンあたりの単位時間あたりの排ガス顕熱量は418kJ/(t・秒)である。本発明の前は、排ガスの顕熱量がモニタリングされていないため、特にアクションを起こすことなく、20秒間隔で、押し出し機10の移動量1000mmで行っている。溶鉄16および熔融スラグ17がある溶解室2の内部に存在する排ガス24の雰囲気温度は、平均1100℃前後あり、予熱室3の上部における排ガス24の温度が十分に下がっていれば、その下がった分の排ガスの顕熱が冷鉄源に伝わっていると考えられる。しかしながら、排ガス24の温度は常に変動しており、今回の本発明のように、温度計30、流量計31の測定データから算出される排ガス24の顕熱量をモニタリングしていないと操業コストの主要因である電力原単位を更に下げることができない。この想定時の1c hあたりの電力原単位は、353kWh/tであった。

【0058】

(比較例1)

比較例1は、温度計及び流量計を使用したうえで、算出される排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ に基づき、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認できないまま(つまり、予熱が不足したまま)、冷鉄源を溶解室へ供給した例である。

すなわち、タイミングNでの操業中のダクト20での排ガスの温度は201℃、排ガス流量58Nm³/秒であり、予熱室の冷鉄源重量1トンあたりかつ単位時間あたりの排ガス顕熱量は424kJ/(t・秒)である。これを放置したまま、冷鉄源の押し出し機10の間隔を20秒のままで何もアクションを起こさない場合の1c hあたりの電力原単位は、358kWh/tと想定より悪化した。

【0059】

(比較例2)

比較例2は、温度計及び流量計を使用したうえで、算出される排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ に基づき、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であるにも関わらず、予熱確認ステップを実施せずに確認をしなかったため、冷鉄源の押し出し機10の間隔を変化させずに見過ごした例である。

すなわち、タイミングNでの操業中のダクト20での排ガスの温度は321℃、排ガス流量62Nm³/秒であり、予熱室の冷鉄源重量1トンあたりかつ単位時間あたりの排ガス顕熱量は718kJ/(t・秒)である。これを放置したまま、冷鉄源の押し出し機10の間隔を20秒のままで何もアクションを起こさない場合の1c hあたりの電力原単位は、367kWh/tと想定より悪化した。

【0060】

10

20

30

40

50

(比較例 3)

比較例 3 は、温度計及び流量計を使用したうえで、算出される排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ に基づき、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であるにも関わらず、予熱確認ステップを実施せずに確認をしなかったため、冷鉄源の押し出し機 10 の押し出し間隔を変化させずに見過ごし、予熱が過剰になった例である。

すなわち、タイミング N での作業中のダクト 20 での排ガスの温度は 578°C 、排ガス流量 $69\text{ Nm}^3/\text{秒}$ であり、予熱室の冷鉄源重量 1 トンあたりかつ単位時間あたりの排ガス顕熱量は $1441\text{ kJ}/(\text{t} \cdot \text{秒})$ である。これを放置したまま、冷鉄源の押し出し機 10 の間隔を 20 秒のままで何もアクションを起こさない場合の 1 c h あたりの電力原単位は、 $374\text{ kWh}/\text{t}$ と想定より、かなり悪化した。

10

【0061】

(比較例 4)

比較例 4 は、温度計のみの測定を行って流量計による測定を実施しないために排ガスの顕熱量の算出ができず、顕熱量の変化量 ΔQ が把握できなかった例である。その結果、予熱鉄源を溶解室へ供給するのに時間を要してしまった（つまり、予熱が過剰である、）別の例である。

すなわち、タイミング N での作業中のダクト 20 での排ガスの温度は 244°C であり、本来なら冷鉄源の押し出し機 10 の押し出し間隔を短くするために、押し出すタイミングを早めれば良かった事例である。そのため、1 c h あたりの電力原単位は、 $361\text{ kWh}/\text{t}$ と想定より悪化した。

20

【0062】

(発明例 1)

発明例 1 は、温度計及び流量計を使用したうえで、算出される排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ に基づき、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認し、確認された予熱鉄源を溶解室へ直ちに供給するために、押し出し機 10 の押し出し間隔を制御した例である。

すなわち、タイミング N での作業中のダクト 20 での排ガスの温度は 211°C 、排ガス流量は比較例 1 の $49\text{ Nm}^3/\text{秒}$ とほぼ同じである $55\text{ Nm}^3/\text{秒}$ であり、予熱室の冷鉄源重量あたりかつ単位時間あたりの排ガス顕熱量は $418\text{ kJ}/(\text{t} \cdot \text{秒})$ である。この排ガス 24 の顕熱量の変化量は $1023\text{ kJ}/(\text{t} \cdot \text{秒})$ と比較例 1 のほぼ 3 倍の値である。そこで、冷鉄源の押し出し機 10 の間隔を 20 秒から 15 秒間隔に変更した。その結果、排ガス 24 の顕熱量が従来の $332\text{ kJ}/(\text{t} \cdot \text{秒})$ となり、排ガスの顕熱が冷鉄源側に伝わっていると考えられ、1 c h あたりの電力原単位は、 $341\text{ kWh}/\text{t}$ と改善した。

30

【0063】

(発明例 2)

発明例 2 は、温度計及び流量計を使用したうえで、算出される排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ に基づき、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認し、確認された予熱鉄源を溶解室へ直ちに供給するために、押し出し機 10 の押し出し間隔を制御した別の例である。

40

すなわち、タイミング N での作業中のダクト 20 での排ガスの温度は比較例 2 の 574°C 、排ガス流量 $67\text{ Nm}^3/\text{秒}$ であり、予熱室の冷鉄源重量 1 トンあたりのかつ単位時間あたりの排ガス顕熱量は $1394\text{ kJ}/(\text{t} \cdot \text{秒})$ である。この顕熱量が従来に比べると大きくなっており、冷鉄源の押し出し機 10 の間隔を 20 秒から 12 秒間隔に変更した。その結果、排ガス顕熱量は、 $969\text{ kJ}/(\text{t} \cdot \text{秒})$ まで下がり、ガスの熱が冷鉄源側に移動していると考えられ、1 c h あたりの電力原単位は、 $324\text{ kWh}/\text{t}$ と改善した。

【0064】

(発明例 3)

発明例 3 は、温度計及び流量計を使用したうえで、算出される排ガスの顕熱量の変化量 ΔQ に基づき、冷鉄源が所定の温度まで予熱された予熱鉄源であることを確認し、確認さ

50

れた予熱鉄源を溶解室へ直ちに供給するために、押し出し機 10 の押し出し間隔を制御した別の例である。

すなわち、タイミング N での作業中のダクト 20 での排ガスの温度は 164°C 、排ガス流量 $49\text{ Nm}^3/\text{秒}$ であり、予熱室の冷鉄源重量 1 トンあたりかつ単位時間あたりの排ガス顕熱量は $293\text{ kJ}/(\text{t} \cdot \text{秒})$ である。これを放置したまま、冷鉄源の押し出し機 10 の間隔を 20 秒から 15 秒への短縮も行った。その結果、1 c h あたりの電力原単位は、 $349\text{ kWh}/\text{t}$ と想定より若干、改善された。これは顕熱量の変動が大きすぎると、冷鉄源が予熱部で溶解し、圧着し、排ガスが流れにくくなり予熱は一部弱くなるが、十分に熱エネルギーが伝わる効果が大い一例であるが、 ΔQ の上限を示す例となった。

【0065】

10

20

30

40

50

【表 1】

表 1	測定、 タイミ ング	予熱室内 の冷却源 の重量 W (トン)	排ガス の比熱 c (kJ/(Nm ³ ・°C))	排ガスの 温度 T (°C)	排ガスの 流速 v (m ³ /秒)	ダクト 面積 S (m ²)	排ガス の流量 F (Nm ³ /秒)	排ガス の流速 v (m ³ /秒)	冷却源の重量 あたりの 排ガスの 流量 Q = (F・T)/W (kJ/(秒・トン))		タイミン グ		タイミン グの後					1チャージ あたりの 電力原単位 (kWh/トン)	総合 評価	
									排ガス の流量 F (Nm ³ /秒)	排ガス の流速 v (m ³ /秒)	冷却源の 押し出し 間隔 (秒)	顕熱量 の変化量 ΔQ = Q ₁ - Q ₂ (kJ/(秒・トン))	予熱鉄源 ステップ	冷却源の 押し出し 間隔 (秒)	排ガス の温度 T (°C)	排ガス の流速 v (m ³ /秒)	排ガスの 流量 Q = (F・T)/W (kJ/(秒・トン))			顕熱量 の変化量 ΔQ = Q ₁ - Q ₂ (kJ/(秒・トン))
従来例	※1	35	1,302	341	35	1,767	62	27	763	20	算出せず	不実施	20	201	32	411	算出せず	予熱鉄源 ステップを 終了し実施	353	—
	※N	35	1,302	198	33	1,767	58	15	418	20	算出せず									
比較例1	※1	35	1,302	341	35	1,767	62	27	763	20	339	予熱鉄源で あることを 確認できず	20	204	33	430	-6	予熱鉄源で あることを 確認できない まま供給	358	不良
	※N	35	1,302	201	33	1,767	58	15	424	20										
比較例2	※1	35	1,302	578	39	1,767	69	52	1,441	20	723	(予熱鉄源で あることを 確認せず)	20	315	35	705	13	予熱鉄源であることを 確認しなかったため、 実際に予熱鉄源の供給 が予熱鉄源の供給 タイミ ングに遅れ	367	不良
	※N	35	1,302	321	35	1,767	62	26	718	20										
比較例3	※1	35	1,302	823	41	1,767	72	78	2,158	20	716	(予熱鉄源で あることを 確認せず)	20	586	38	1,423	18	予熱鉄源であることを 確認しなかったため、 実際に予熱鉄源の供給 が予熱鉄源の供給 タイミ ングに遅れ	374	不良
	※N	35	1,302	578	39	1,767	69	52	1,441	20										
比較例4	※1	35	1,302	379	測定せ ず	1,767	算出でき ず	算出でき ず	算出でき ず	20	算出できず	不実施	20	244	測定せず	算出できず	算出できず	顕熱量が算出できな いため予熱鉄源 ステップを終了し実施	361	不良
	※N	35	1,302	241	測定せ ず	1,767	算出でき ず	算出でき ず	算出でき ず	20	算出できず									
発明例1	※1	35	1,302	578	39	1,767	69	52	1,441	20	1,023	予熱鉄源で あることを 確認	15	173	30	332	86	予熱鉄源で あることを 確認	341	良好
	※N	35	1,302	211	31	1,767	55	15	418	20								予熱鉄源を 直ちに供給		
発明例2	※1	35	1,302	841	43	1,767	76	83	2,311	20	917	予熱鉄源で あることを 確認	12	399	42	1,071	323	予熱鉄源で あることを 確認	324	良好
	※N	35	1,302	574	38	1,767	67	50	1,394	20								予熱鉄源を 直ちに供給		
発明例3	※1	35	1,302	612	38	1,767	67	54	1,486	20	1,193	予熱鉄源で あることを 確認	15	135	28	242	52	予熱鉄源でなかった ため予熱鉄源を 直ちに供給	349	やや良好
	※N	35	1,302	164	28	1,767	49	11	293	20										

*1: 冷却源を予熱室に投入したタイミンより後の位置のタイミン
*N: 冷却源を予熱室に投入したタイミンより後の位置のタイミン

【0066】

表 1 では、従来例において消費した 1 チャージあたりの電力原単位を基準として、該電力原単位が 5 kWh / トン超低減した場合を良好とし；0 超 5 kWh / トン以下低減した場合をやや良好とし；上記基準と同等または増大した場合を不良として判断した。すなわち、上記基準よりも電力原単位を低減できた場合に有効と判断した。

【0067】

以上の説明から明かなように、冷鉄源が予熱鉄源となったことを確認し、かつ、確認された予熱鉄源を溶解室へと直ちに供給している発明例では、製造コストの主要部分を占める電力原単位を大幅に向上させることができ、その効果は非常に大きい。これは、発明

10

20

30

40

50

例においては、冷鉄源を効率よく予熱した予熱鉄源を溶解ステップに送ることができたので、予熱鉄源の溶解時間が短縮され、出鋼時間も短くなったことに起因すると考えられる。

【符号の説明】

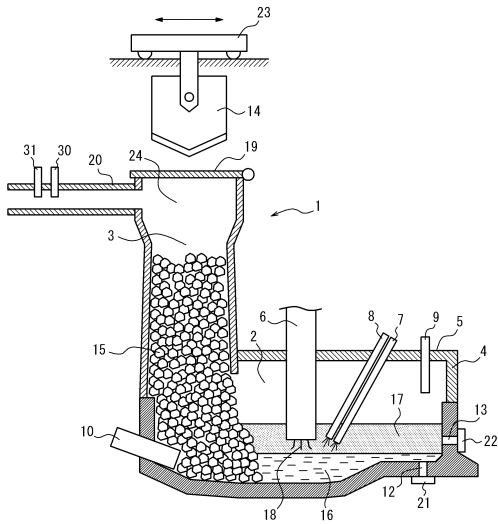
【 0 0 6 8 】

1	電気炉	
2	溶解室	
3	予熱室	
4	炉壁	
5	炉蓋	
6	電極	10
7	酸素吹き込みランス	
8	炭材吹き込みランス	
9	バーナー	
1 0	押し出し機	
1 2	出湯口	
1 3	出滓口	
1 4	供給用バケット	
1 5	冷鉄源	
1 6	溶鉄	
1 7	溶融スラグ	20
1 8	アーク	
1 9	冷鉄源供給口	
2 0	ダクト	
2 1	出湯用扉	
2 2	出滓用扉	
2 3	走行台車	
2 4	排ガス	
3 0	温度計	
3 1	流量計	30

40

50

【図面】
【図 1】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者

高田 陽介
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- (72)発明者

藤堂 渉
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- (72)発明者

小澤 純仁
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- (72)発明者

木島 秀夫
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
- 審査官

柁屋 健太郎
- (56)参考文献

特開2021-046608 (JP, A)
特開平09-159377 (JP, A)
特開平10-292990 (JP, A)
特開昭57-043191 (JP, A)
特開平04-273991 (JP, A)
- (58)調査した分野

(Int.Cl., DB名)
C21C 5/52
C21B 11/10
F27D 17/00
F27D 3/00