

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4019117号  
(P4019117)

(45) 発行日 平成19年12月12日(2007.12.12)

(24) 登録日 平成19年10月5日(2007.10.5)

(51) Int. Cl.	F I
<b>F 2 7 D 3/16 (2006.01)</b>	F 2 7 D 3/16 A
<b>C 2 1 C 1/00 (2006.01)</b>	C 2 1 C 1/00
<b>C 2 2 B 9/10 (2006.01)</b>	C 2 2 B 9/10 1 O 2
<b>F 2 7 D 17/00 (2006.01)</b>	F 2 7 D 17/00 1 O 1 Z

請求項の数 8 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2002-288116 (P2002-288116)	(73) 特許権者	000231235
(22) 出願日	平成14年9月30日(2002.9.30)		大陽日酸株式会社
(65) 公開番号	特開2003-172584 (P2003-172584A)		東京都品川区小山一丁目3番26号
(43) 公開日	平成15年6月20日(2003.6.20)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成15年6月9日(2003.6.9)		弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号	特願2001-302734 (P2001-302734)	(74) 代理人	100108578
(32) 優先日	平成13年9月28日(2001.9.28)		弁理士 高橋 詔男
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆
前置審査		(74) 代理人	100101465
			弁理士 青山 正和
		(74) 代理人	100094400
			弁理士 鈴木 三義
		(74) 代理人	100107836
			弁理士 西 和哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粉体吹込み装置および精錬方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

液体中に粉体を吹き込む装置であって、

粉体を供給する粉体供給管の外周側に、支燃性流体を供給する支燃性流体供給管が設けられた多重管構造のノズルを有し、これら供給管の隙間が支燃性流体流路とされ、

粉体供給管と支燃性流体供給管の先端部には、支燃性流体流路が先端方向に向けて徐々に広くなるように形成されたテーパ部が設けられ、これらテーパ部より基端側に、前記隙間が比較的狭いスロート部が形成され、

供給管中心軸に対するテーパ部の傾斜角度が、 $4 \sim 11^\circ$ であり、

スロート部における支燃性流体流路の断面積  $A_1$  と、供給管の先端における支燃性流体流路の断面積  $A_2$  との比率 ( $A_2 / A_1$ ) が、次式で表される範囲内であることを特徴とする粉体吹込み装置。

【数 1】

$$\sqrt{\frac{\left(\frac{k-1}{k+1}\right)\left(\frac{2}{k+1}\right)^{2/(k-1)}}{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{2/k} - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{(k+1)/k}}} < \frac{A_2}{A_1} \leq 3.0 \sqrt{\frac{\left(\frac{k-1}{k+1}\right)\left(\frac{2}{k+1}\right)^{2/(k-1)}}{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{2/k} - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{(k+1)/k}}}$$

10

$k$  : 支燃性流体の比熱比(—)

$p_0$  : スロート部より基端側における支燃性流体の圧力(Pa)

$p$  : ノズル外部の圧力(Pa)

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の粉体吹き込み装置において、

支燃性流体供給管の外周側に、燃料流体を供給する燃料流体供給管が設けられ、これら供給管の隙間が燃料流体流路とされ、

燃料流体供給管は、粉体供給管からの粉体流あるいは支燃性流体供給管からの支燃性流体流の周囲に、燃料流体を噴出させることができるように構成されていることを特徴とする粉体吹き込み装置。

【請求項 3】

請求項 2 項記載の粉体吹き込み装置において、支燃性流体供給管に、燃料流体流路から支燃性流体供給管内部に燃料流体を導く燃料流体噴出部が形成され、供給管中心軸に対する燃料流体噴出部の傾斜角度  $\theta$  が、 $5 \sim 90^\circ$  であることを特徴とする粉体吹き込み装置。

30

【請求項 4】

請求項 3 記載の粉体吹き込み装置において、燃料流体噴出部より先端側の支燃性流体供給管の内面に、周方向に沿う溝が形成されていることを特徴とする粉体吹き込み装置。

【請求項 5】

請求項 3 または 4 記載の粉体吹き込み装置において、支燃性流体供給管には、燃料流体噴出部より先端側に、ほぼ一定の内径を有する直胴部が形成されていることを特徴とする粉体吹き込み装置。

【請求項 6】

請求項 2 ないし 5 のいずれか 1 項記載の粉体吹き込み装置を用いて、酸素を含む支燃性流体と粉体とを、燃料流体とともに冷鉄源に向けて噴出させることによって、冷鉄源を溶解し、精錬する炉の操作方法であって、冷鉄源が溶解する溶解工程と、冷鉄源が溶落ちした後の精錬工程とにおいて、それぞれ独立に燃料流体供給量を設定することを特徴とする冷鉄源の溶解・精錬炉の操作方法。

40

【請求項 7】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項記載の粉体吹き込み装置を用いて、粉体を供給するとともに、この粉体流の周囲から粉体を巻き込むように支燃性流体を供給し、これら粉体および支燃性流体を溶鉄に向けて噴出させることによって、この溶鉄を精錬することを特徴とする精錬方法。

【請求項 8】

50

支燃性流体を噴出させる際の支燃性流体の初速が音速以上であることを特徴とする請求項7記載の精錬方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熔融金属などの液体中に、コークス、廃棄物燃料等の粉体を、酸素、酸素富化空気等の流体とともに吹き込む装置および精錬方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

液体中に粉体を気体や液体等の流体とともに吹き込む装置(以下、ランスと称する)は、様々な生産プロセスに用いられている。

特に、電気炉製鋼プロセスでは、熔融金属内にコークス等の粉状固体燃料(粉体)を、酸素とともに吹き込み、燃焼させ、この燃焼エネルギーを熔融金属に着熱させることで、電力原単位を削減している。

また、精錬プロセスにおいても、熔融金属内に粉状のフラックスを吹き込み、冶金反応促進・反応効率の向上が図られている。

これらのプロセスを効率的に行うためには、熔融金属内に粉体を深く浸入させる必要があり、そのためには粉体を高速で吹き込む必要がある。

従来、熔融金属内に粉体を吹き込む装置としては、非水冷型、および水冷型のランスが用いられている。

これらの装置は、高温の熔融金属や熔融スラグ中にランスを浸せきさせて、直接、熔融金属内に粉体を吹き込むことができる。

しかし、非水冷型ランスの場合には、ランス自体が溶損するため、これを頻繁に交換する必要があり、水冷型ランスの場合は、ノズル閉塞防止のため、頻繁にメンテナンスを行う必要がある。このため、いずれのランスにおいても、作業性に問題があった。

【0003】

一方、特許文献1、2には、ランスを高温の熔融金属や熔融スラグに浸せきすることなく、熔融金属から離れた位置から、超高速気体噴流を利用して粉体を搬送し噴出させることによって、粉体を高速で熔融金属等に吹き込むことができる装置が開示されている。

これらの装置では、ランスを熔融金属や熔融スラグに浸せきする必要がないために、ノズルのメンテナンスにかかるコストや作業性を大幅に改善できる。

しかし、特許文献3に記載された装置の場合には、粉体を気体噴流に混合させる位置が超高速噴流の噴出口から離れているため、混合位置において噴流自体が減速しており、また、気体噴流に対し、流れ方向が異なる粉体流を合流させるため、噴流に乱れが生じて噴流が大幅に減速してしまう。このため、粉体流の高速化が困難である。

また、特許文献4で開示された装置の場合には、気体噴流と粉体流とがほぼ同一方向で吹き込まれるため、噴流の乱れは少なくなるものの、この場合も、粉体と気体噴流との混合位置がノズルから離れているため、減速し始めた噴流に対して粉体を混合することとなり、粉体速度の高速化が困難であった。

【0004】

また、非特許文献1や特許文献5に記載されているようなランスも提案されている。

これらに開示された装置は、あらかじめ酸素に粉体を混合するか、または別系統で供給された酸素と粉体をスロート部直前で混合し、その混合流をラバールノズルから噴出させることができるようになっている。

この装置では、高速の酸素噴流と粉体が混合された状態でラバールノズルから噴出されるために、噴流および粉体の高速化が可能である。

この装置では、スロート部手前で高速の酸素噴流に粉体を混合するため、特にスロート部の摩耗が激しい。このため、ノズルが変形しやすく、超音速の噴流を噴出しにくくなることがあった。また、純酸素等の高濃度酸素富化流体を搬送流体として用いる場合には、可燃性粉体の搬送はできなかった。

10

20

30

40

50

この他に、特許文献6でもランスが提案されている。このランスは、粉体供給管の外周に酸素供給管を配置し、ノズル出口まで酸素と粉体を別系統で供給するものである。

この装置によれば、粉体供給によるノズル摩耗を防ぐことができる。

【0005】

【特許文献1】

米国特許第5,788,921号

【0006】

【特許文献2】

特開昭56-5914号公報

【0007】

10

【特許文献3】

米国特許第5,788,921号

【0008】

【特許文献4】

特開昭56-5914号公報

【0009】

【非特許文献1】

土井襄(編)、転炉製鋼法、日刊工業新聞社、p.192

【0010】

【特許文献5】

20

特開平8-81712号公報

【0011】

【特許文献6】

特開平7-216430号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、このノズルは高速の酸素噴流が、粉体流路を囲む円環状に形成されるため、粉体の飛散防止に効果的であるものの、粉体と酸素の混合位置がノズルから離れており、前述のように粉体流の高速化が困難であった。

また、粉体を高速の酸素噴流出口近傍に供給することができる装置も提案されているが、中心の粉体流を酸素噴流管の方向へ曲げるためのノズルが必要となり、粉体がこのノズルへ衝突し、ノズルが劣化する問題があった。

30

【0013】

また、鉄鋼精錬プロセスにおいては、高炉などで製造した溶鉄(例えば溶銑や、溶銑を脱炭して得られた溶鋼)に酸素を供給する酸化精錬が行われている。この際、種々の副原料が添加されることがある。

例えば溶湯の昇温や鉄スクラップの溶解などには炭材などの熱補償材が用いられる。不純物除去にはCaOなどの精錬材が用いられる。最終製品の材料特性上必要とされる成分の添加には合金類が用いられる。還元処理を行う際には鉄鉱石、マンガン鉱石などが用いられる。

40

溶鉄に副原料を添加する方法としては、上方から添加する方法と、浴中に添加する方法があるが、上方添加の場合には溶解性や投入効率などの問題があり、浴中添加の場合には設備的に添加が難しくなることがあった。

近年では、粉体化した副原料を酸素ランスを用いて上方から添加することが行われている。この方法では、直径数mm以下の細かい粒子の添加が可能となるため、副原料の溶解性、反応性を高めることができる。また装置を浴中に浸漬させる必要がないため設備的問題も解消される。

しかし、粉体の吹込みの際には、吹込み速度が不足し、粉体が飛散したり、浴中での粉体の混合が不十分となる問題があった。

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、粉体の流速を高め、この粉体を効率よく液

50

体に吹き込むことができる装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明の粉体吹込み装置は、液体中に粉体を吹き込む装置であって、粉体を供給する粉体供給管の外周側に、支燃性流体を供給する支燃性流体供給管が設けられた多重管構造のノズルを有し、これら供給管の隙間が支燃性流体流路とされ、粉体供給管と支燃性流体供給管の先端部には、支燃性流体流路が先端方向に向けて徐々に広がるように形成されたテーパ部が設けられ、これらテーパ部より基端側に、前記隙間が比較的狭いスロート部が形成されていることを特徴とする。供給管中心軸に対するテーパ部の傾斜角度は、 $4 \sim 11^\circ$  が好ましく、更には  $5 \sim 10^\circ$  が好ましい。

10

スロート部における支燃性流体流路の断面積  $A_1$  と、供給管の先端における支燃性流体流路の断面積  $A_2$  との比率 ( $A_2 / A_1$ ) は、次式で表される範囲内であることが好ましい。

【数 2】

$$\sqrt{\frac{\left(\frac{k-1}{k+1}\right)\left(\frac{2}{k+1}\right)^{2/(k-1)}}{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{2/k} - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{(k+1)/k}}} < \frac{A_2}{A_1} \leq 3.0 \sqrt{\frac{\left(\frac{k-1}{k+1}\right)\left(\frac{2}{k+1}\right)^{2/(k-1)}}{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{2/k} - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{(k+1)/k}}}$$

20

$k$  : 支燃性流体の比熱比 (—)

$p_0$  : スロート部より基端側における支燃性流体の圧力 (Pa)

$p$  : ノズル外部の圧力 (Pa)

30

本発明の粉体吹込み装置では、支燃性流体供給管の外周側に、燃料流体を供給する燃料流体供給管が設けられ、これら供給管の隙間が燃料流体流路とされ、燃料流体供給管が、粉体供給管からの粉体流あるいは支燃性流体供給管からの支燃性流体流の周囲に、燃料流体を噴出させることができるように構成することができる。

本発明の粉体吹込み装置は、支燃性流体供給管に、燃料流体流路から支燃性流体供給管内部に燃料流体を導く燃料流体噴出部が形成され、供給管中心軸に対する燃料流体噴出部の傾斜角度  $3^\circ$  が、 $5 \sim 90^\circ$  である構成とすることができる。

本発明の粉体吹込み装置は、燃料流体噴出部より先端側の支燃性流体供給管の内面に、周方向に沿う溝が形成されている構成とすることができる。

本発明の粉体吹込み装置では、支燃性流体供給管の燃料流体噴出部より先端側に、ほぼ一定の内径を有する直胴部が形成されている構成とすることができる。

40

【 0 0 1 5 】

本発明の冷鉄源の溶解・精錬炉の操作方法は、粉体吹込み装置を用いて、酸素を含む支燃性流体と粉体とを、燃料流体とともに冷鉄源に向けて噴出させることによって、冷鉄源を溶解し、精錬する炉の操作方法であって、冷鉄源が溶解する溶解工程と、冷鉄源が溶落ちした後の精錬工程とにおいて、それぞれ独立に燃料流体供給量を設定することを特徴とする。

本発明の冷鉄源の溶解・精錬炉の操作方法では、上記粉体吹込み装置を用いることができる。

本発明の冷鉄源の溶解・精錬炉の操作方法は、脱珪、脱磷、脱硫、脱炭、昇温、熱付加、

50

スクラップ溶解、合金溶解、還元処理、脱ガスのうち1種以上を対象とすることができる。

精錬にあたっては、固体炭素源、炭化水素源、石灰源、マグネシウム源、アルミニウム源、鉄鉱石、マンガン鉱石、合金のうち1種以上を溶鉄に添加することができる。

支燃性流体としては、純酸素ガス、工業用酸素ガス、空気のうち1種または2種以上を用いることができる。

#### 【0016】

本発明の精錬方法は、粉体吹込み装置を用いて、粉体を供給するとともに、この粉体流の周囲から粉体を巻き込むように支燃性流体を供給し、これら粉体および支燃性流体を溶鉄に向けて噴出させることによって、この溶鉄を精錬することを特徴とする。

10

支燃性流体を噴出させる際の支燃性流体の初速は音速以上、好ましくはマッハ数 $M = 1.10$ とするのが好ましい。

本発明の精錬方法では、支燃性流体の周囲に燃料流体を噴出させ、この燃料流体を燃焼しつつ噴出させるのが好ましい。

本発明の精錬方法では、上記粉体吹込み装置を用いることができる。

本発明の精錬方法は、脱珪、脱磷、脱硫、脱炭、昇温、熱付加、スクラップ溶解、合金溶解、還元処理、脱ガスのうち1種以上を対象とすることができる。

精錬にあたっては、固体炭素源、炭化水素源、石灰源、マグネシウム源、アルミニウム源、鉄鉱石、マンガン鉱石、合金のうち1種以上を溶鉄に添加することができる。

支燃性流体としては、純酸素ガス、工業用酸素ガス、空気のうち1種または2種以上を用いることができる。

20

本発明の精錬方法では、精錬の際に発生する排ガスから顕熱または潜熱を回収することができる。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

図1は、本発明の粉体吹込み装置の第1の実施形態の要部を示す概略構成図である。

図1に示す粉体吹込み装置（以下、ランスと称する）1は、熔融金属などの液体中に、コークス、廃棄物燃料等の粉体を吹き込むノズル2を備えている。

ここに示すノズル2は、コークスや廃棄物燃料等の粉体を空気等の搬送流体とともに供給する粉体供給管3の外周側に、粉体の燃焼を促進する支燃性流体を供給する支燃性流体供給管4が設けられ、その外周側に、燃料流体を供給する燃料流体供給管5が設けられ、さらにその外周側に、管状の水冷ジャケット6が設けられている。

30

このノズル2は、内周側から外周側にかけて供給管3～5および水冷ジャケット6が設けられた4重管構造となっている。

#### 【0018】

粉体供給管3は、コークス、廃棄物燃料等の粉体と、粉体搬送用の搬送流体とを含む混合体を、内部に流通させることができるようになっている。

粉体供給管3の先端部の外周には、粉体供給管テーパ部3aが形成されている。粉体供給管テーパ部3aは、粉体供給管3の外径が先端方向に向けて徐々に小さくなるように形成されている。

40

粉体供給管3の中心軸方向に対する粉体供給管テーパ部3aの傾斜角度 $\theta$ は、 $4^\circ \leq \theta \leq 11.1^\circ$ （好ましくは $5^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ ）となるように設定するのが好ましい。

なお、図1には、直管状の粉体供給管3を例示したが、粉体供給管は、圧力損失が少なく粉体を安定に供給可能であれば、形状は特に限定されない。

#### 【0019】

支燃性流体供給管4は、酸素等の支燃性流体を、供給管3、4の隙間（供給管3の外周と供給管4の内面との間。以下、支燃性流体流路12と称する）に流通させることができるようになっている。

支燃性流体供給管4の先端部の内周には、支燃性流体供給管テーパ部4aが形成されている。

50

支燃性流体供給管テーパ部 4 a は、支燃性流体供給管 4 の内径が先端方向に向けて徐々に大きくなるように形成されている。

供給管 3、4 に形成されたテーパ部 3 a、4 a によって、支燃性流体流路 1 2 は、供給管 3、4 の先端方向に向けて徐々に広がっている。

支燃性流体供給管テーパ部 4 a の中心軸方向に対する傾斜角度  $\theta_2$  は、 $4^\circ \sim 11^\circ$ （好ましくは  $5^\circ \sim 10^\circ$ ）となるように設定するのが好ましい。

#### 【0020】

供給管 3、4 のテーパ部 3 a、4 a の傾斜角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  は、上記範囲（ $4 \sim 11^\circ$ 、好ましくは  $5 \sim 10^\circ$ ）とすることによって、支燃性流体流路 1 2 で、支燃性流体を適度に膨張させ、高速の支燃性流体の流れ（超音速流）を得ることができるようになる。

このため、粉体供給管 3 内の気圧を先端付近において低くすることができ、粉体供給管 3 内の粉体の流速を高くすることができる。さらに、高速の支燃性流体により粉体を搬送することができるため、粉体流速をいっそう高めることができる。

傾斜角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  が上記範囲未満であると、支燃性流体の膨張が不十分となるため、支燃性流体の速度が低くなり、粉体の流速が不十分となる。また傾斜角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  が上記範囲を越えると、噴出する支燃性流体が過度に膨張するため、ノズル出口で支燃性流体の速度が低くなり、粉体の流速が不十分となる。

テーパ部 4 a の傾斜角度  $\theta_2$  は、粉体供給管 3 のテーパ部 3 a の傾斜角度  $\theta_1$  にほぼ等しくなるように設定するのが好ましい。

すなわち、傾斜角度  $\theta_1$  と傾斜角度  $\theta_2$  との差は、 $1^\circ$  以下であることが好ましい。この差がこの範囲を越えると、支燃性流体の流れに乱れが生じ、粉体の流速が不十分となる。

#### 【0021】

支燃性流体供給管テーパ部 4 a の基端側には、このテーパ部 4 a に隣接して、細径部 4 b が形成されている。細径部 4 b の内径は、テーパ部 4 a の最小内径とほぼ同じか、やや小さくなるように形成するのが好ましい。細径部 4 b の基端側には、この細径部 4 b よりも内径が大きい太径部 4 c が形成されている。

このため、細径部 4 b における支燃性流体流路 1 2（以下、スロート部 7 と称する）は、供給管 4 の他の部分における支燃性流体流路 1 2 に比べて狭くなっている。

スロート部 7 の断面積  $A_1$  とし、供給管 3、4 の先端 3 b、4 d における支燃性流体流路 1 2 の断面積を  $A_2$  とすると、これら断面積  $A_1$ 、 $A_2$  の比率（ $A_2 / A_1$ ）は、次に示す式（1）で表される範囲にあることが好ましい。

#### 【0022】

#### 【数 3】

$$\sqrt{\frac{\left(\frac{k-1}{k+1}\right)\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}}}{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{(k+1)}{k}}}} < \frac{A_2}{A_1} \leq 3.0 \sqrt{\frac{\left(\frac{k-1}{k+1}\right)\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}}}{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{(k+1)}{k}}}} \quad \dots\dots (1)$$

$k$ ：支燃性流体の比熱比（－）

$p_0$ ：スロート部より基端側における支燃性流体の圧力（Pa）

$p$ ：ノズル外部の圧力（Pa）

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 3 】

この断面積比  $A_2 / A_1$  が上記範囲未満であると、支燃性流体の膨張が不十分となるため、支燃性流体の速度が低くなり、粉体の流速が不十分となる。また断面積比  $A_2 / A_1$  が上記範囲を越えると、噴出する支燃性流体が過度に膨張するため、ノズル出口で支燃性流体の速度が低くなり、粉体の流速が不十分となる。

なおノズル外部の圧力とは、このノズル 2 がおかれた雰囲気圧をいう。例えばノズル 2 が大気圧下におかれている場合には、ノズル外部の圧力は大気圧となる。

## 【 0 0 2 4 】

スロート部 7 の内径（細径部 4 b の内径）は、次のようにして設定するのが好ましい。

一般に、ラバールノズルのスロート部の断面積  $A_{L1}$  は、式 (2) より求めた値で設計されている。

10

## 【 0 0 2 5 】

## 【 数 4 】

$$A_{L1} = \frac{m}{\sqrt{\frac{2k}{k-1}} \sqrt{p_0 \rho_0} \left( \frac{p}{p_0} \right)^{2/k} \left[ 1 - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{(k-1)/k} \right]} \quad \dots\dots (2)$$

20

$A_{L1}$  : ラバールノズルのスロート部断面積 ( $m^2$ )

$m$  : 支燃性流体の質量流量 ( $kg/s$ )

$p_0$  : スロート部より基端側における支燃性流体の圧力 ( $Pa$ )

$p$  : ノズル外部の圧力 ( $Pa$ )

$k$  : 支燃性流体の比熱比 (—)

$\rho_0$  : 支燃性流体の密度 ( $kg/m^3$ )

30

## 【 0 0 2 6 】

支燃性流体供給管 4 のスロート部 7 における内径  $d_1$ （細径部 4 b における内径）は、スロート部 7 の断面積  $A_1$  が、上記式 (2) によって求められた断面積  $A_{L1}$  に等しくなるように設定するのが好ましい。

支燃性流体供給管 4 の先端 4 d の内径（出口径） $d_2$  は、上記断面積比  $A_2 / A_1$  が、ラバールノズルにおける断面積比  $A_{L2} / A_{L1}$ （支燃性流体流路の出口断面積（ノズル先端における断面積） $A_{L2}$  とスロート部断面積  $A_{L1}$  の比率）（式 (3) に示す）に対し、式 (4) に示す関係を満たすように決めるのが好ましい。

40

## 【 0 0 2 7 】

## 【 数 5 】

$$\frac{A_{L2}}{A_{L1}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{k-1}{k+1}\right)\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}}}{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{(k+1)}{k}}}} \dots\dots(3)$$

10

$$1.0 \cdot \frac{A_{L2}}{A_{L1}} < \frac{A_2}{A_1} \leq 3.0 \cdot \frac{A_{L2}}{A_{L1}} \dots\dots(4)$$

## 【 0 0 2 8 】

20

( A 2 / A 1 ) が ( A L 2 / A L 1 ) の 1 倍未満である場合には、支燃性流体の膨張が不十分となり、支燃性流体の速度が低くなり、粉体の噴出速度が低下する。( A 2 / A 1 ) が ( A L 2 / A L 1 ) の 3 . 0 倍を越える場合には、噴出する支燃性流体が過度に膨張するため、ノズル出口で支燃性流体の速度が低くなり、粉体の噴出速度が低下する。

これに対し、( A 2 / A 1 ) が ( A L 2 / A L 1 ) の 1 ~ 3 . 0 倍である場合には、支燃性流体は若干過膨張となり、高速で流れるようになる(超音速状態になる)。また支燃性流体流路 1 2 内の気圧が負圧になりやすくなるため、燃料流体を使用していない時に、支燃性流体が燃料流体の流路に流入することによる逆火の危険性を回避できるという利点もある。

## 【 0 0 2 9 】

支燃性流体供給管 4 の先端部には、燃料流体を供給管 4 の内部に導く燃料流体噴出部 8 が設けられている。

30

燃料流体噴出部 8 は、粉体供給管 3 から噴出される粉体流の周囲に、燃料流体を噴出させることができるように構成するのが好ましい。

燃料流体を粉体流の周囲に噴出させるために、燃料流体噴出部 8 を、供給管 4 の周方向にわたって連続的なスリット状に形成し、燃料流体が粉体流を囲むように噴出できるようにする構成を採用できる。

また燃料流体を粉体流の周囲に噴出させるようにするため、燃料流体噴出部 8 を、供給管 4 の周方向にわたって断続的に形成した孔部としてもよい。

## 【 0 0 3 0 】

燃料流体噴出部 8 は、供給管 4 の外側から内側に向けて先端方向に傾斜して形成されており、供給管 4 の中心軸方向に対する噴出部 8 の傾斜角度(供給管 4 の中心軸に対する噴出部 8 の中心軸の傾斜角度) 3 は、5 ° 以上 9 0 ° 以下とするのが好ましい。

40

特に、燃料流体が気体である場合には、傾斜角度 3 は、5 ° 以上 6 0 ° 以下とするのが好ましい。

傾斜角度 3 が上記範囲未満であると、燃料流体と支燃性流体の混合が不十分になり、火災が不安定となりやすくなる。

傾斜角度 3 が上記範囲を越えると、燃料流体噴出部 8 から噴出する燃料流体が供給管 4 内の支燃性流体の流れを妨げ、支燃性流体の速度を低下させるため、粉体供給管 3 からの粉体の噴出速度が不十分となる。

## 【 0 0 3 1 】

50

燃料流体供給管 5 は、L N G（液化天然ガス）等の燃料流体を、供給管 4、5 の隙間（以下、燃料流体流路 1 3 と称する）に流通させることができるようになっている。

燃料流体供給管 5 の先端と、支燃性流体供給管 4 の先端との間には、これら供給管 4、5 間を閉止する閉止壁部 9 が設けられており、燃料流体の全量が、燃料流体流路 1 3 から燃料流体噴出部 8 を通して噴出することができるようになっている。

#### 【0032】

水冷ジャケット 6 は、その内部に冷却水を流通させることができるようになっており、この冷却水の流通によって、供給管 3 ~ 5 の内部温度を調節することができるようになっている。

#### 【0033】

10

次に、上記ノズル 2 を備えたランス 1 の使用方法について説明する。

コークスや廃棄物燃料等の粉体と搬送流体とを含む混合体を粉体供給管 3 内に供給し、先端側から噴出させる。

搬送流体としては、窒素、空気、酸素、酸素富化空気などを用いることができる。

同時に、支燃性流体を、支燃性流体流路 1 2（供給管 3、4 の隙間）に供給し、先端側から噴出させる。支燃性流体としては、酸素を含むもの（空気、酸素、酸素富化空気）が用いられる。

#### 【0034】

上述のように、粉体供給管 3 外周および支燃性流体供給管 4 内周には、それぞれテーパ部 3 a、4 a が形成されているため、支燃性流体流路 1 2 は、先端方向に向けて徐々に広がっている。

20

このため、支燃性流体流路 1 2 で、支燃性流体を適度に膨張させ、高速の支燃性流体を得ることができる。

よって、粉体供給管 3 内の圧力を先端付近において十分に低くすることができ、粉体供給管 3 内の粉体の流速を高くすることができる。さらに、高速の支燃性流体により粉体を搬送することができるため、粉体流速をさらに高めることができる。

#### 【0035】

また同時に、L N G（液化天然ガス）等の燃料流体を、燃料流体流路 1 3（供給管 4、5 の隙間）に供給し、燃料流体噴出部 8 を通して供給管 4 内に噴出させ、燃焼させる。

これによって、支燃性流体と燃料流体との混合流体が燃焼しつつ粉体とともに噴出する。

30

#### 【0036】

これによって、粉体流の周囲に流れる流体を高速化し、この流体の流れによって搬送される粉体の流速をさらに高めることができる。さらには、粉体が径方向に拡散するのを防ぐことができる。

従って、粉体を効率よく熔融金属等に吹き込むことが可能となる。

また、粉体を、スロート部 7 を通さずに供給することができるため、スロート部 7 における摩耗を未然に防ぐことができる。

さらに、粉体および支燃性流体をそれぞれ別系統から、すなわち供給管 3、4 から供給することができるため、これらが混合する際の流体流速の低下を最小限に抑えることができる。

40

#### 【0037】

なお、燃料流体としては、L N G のほか、L P G（液化石油ガス）、C O、 $H_2$ 、C O /  $H_2$  混合ガスが使用できる。また、重油、灯油などの液体燃料を用いることもできる。

#### 【0038】

次に、本発明のランスの第 2 の実施形態を、図 2 を参照して説明する。

図 2 は、本実施形態のランス 2 1 のノズル 2 2 を示すもので、このノズル 2 2 は、支燃性流体供給管 4 のテーパ部 4 a の先端側に、ほぼ一定の内径を有する管状の直胴部 2 3 が設けられている。

直胴部 2 3 は、テーパ部 4 a の先端における供給管 4 の内径とほぼ等しい内径を有する。

直胴部 2 3 の内面には、周方向に沿って溝 2 4 が形成されている。

50

溝 2 4 は、燃料流体の燃焼炎を安定化させるためのもので、直胴部 2 3 の全周にわたって形成されている。

【 0 0 3 9 】

次に、このノズル 2 2 を備えたランス 2 1 を使用方法について説明する。粉体と搬送流体とを含む混合体を粉体供給管 3 内に供給し、先端側から噴出させるとともに、支燃性流体を、支燃性流体流路 1 2 に供給し、先端側から噴出させる。

同時に、燃料流体を燃料流体流路 1 3 に供給し、燃料流体噴出部 8 を通して供給管 4 内に噴出させ、燃焼させる。

【 0 0 4 0 】

本実施形態のランス 2 1 では、供給管 4 の先端に、ほぼ一定の内径を有する直胴部 2 3 が設けられているので、噴出する燃料流体が径方向に拡散するのを防ぎ、燃料流体の燃焼炎を安定化することができる。

また、直胴部 2 3 に、溝 2 4 が設けられているので、燃料流体噴出部 8 から噴出した燃料流体が溝 2 4 内で循環流を形成する。

このため、支燃性流体供給管 4 内の支燃性流体の流速が高い場合でも、溝 2 4 内の燃料流体の燃焼が支燃性流体の流れに妨げられることがない。よって、燃料流体の燃焼炎を安定に維持することができる。

従って、粉体の流れをいっそう高速化することができる。

【 0 0 4 1 】

なお、本発明における流体とは、気体状態、液体状態、および気体中にミスト状の液体が含まれる状態の流体を含む。

【 0 0 4 2 】

次に、本発明の冷鉄源の溶解・精錬炉の操作方法について説明する。

固体原料（冷鉄源）を溶解させるには、電気炉を用いて、固体原料を炉内へ装入し、アーク加熱により溶解させる。

炉内には供給熱の不足によりコールドスポットが生じることがあるため、本発明の操作方法では、バーナ・ランスを、コールドスポットを加熱できるように設置することができる。

電気炉溶解では、主に固体原料を溶解させる工程（溶解工程）と、それが溶落ちし液体状態となった液状物（溶鋼など）を昇温、精錬する工程とがある。

【 0 0 4 3 】

本発明の操作方法では、粉体吹込み装置を用いて、酸素を含む支燃性流体と燃料流体との混合流体を燃焼させつつ冷鉄源に向けて噴出させることによって、冷鉄源を溶解し、精錬する。

粉体吹込み装置を用いて固体原料（冷鉄源）を溶解するに際しては、固体原料が溶解する工程と、固体原料が溶落ちした後の精錬工程において、それぞれの工程に適した条件となるように、独立的に燃料流体供給量を設定する。

本発明の粉体吹込み装置は、支燃性流体と燃料流体の混合流体を、火炎とともに高速で噴出させることができるため、優れた溶断能力を有する。

溶解工程においては、固体原料を溶断しつつ加熱することができるため、加熱効率を高めることができる。このため、燃料への着熱効率を高め、より多くの燃料を燃焼させ、電力原単位を低減することができる。

【 0 0 4 4 】

一方、溶落ち以降の精錬工程では、炉内は、底部に溶鋼やスラグなどがあり、その上方は空間部となるため、多量の燃料を供給したとしても、その着熱効率は低くなる。

このため、流体流速が減衰するのを抑止する効果が得られる範囲で最小限の燃料を供給することによって、炉壁から浴に向けて効率よく支燃性流体（酸素）を吹き込み、脱炭反応やスラグフォーミングを促進させる。

【 0 0 4 5 】

溶解工程では、1 酸素比 < 3 を満たすようにするのが好ましい。これによって、固体原

10

20

30

40

50

料の溶断、溶解を促すとともに、炉内で発生する一酸化炭素などの可燃成分を燃焼させることができる。

なお酸素比とは、燃料流体の完全燃焼に必要な酸素量に対して供給する酸素量の比をいう。

溶落ち以降の精錬工程では、燃料流体供給量を大幅に低く、好ましくは酸素比が3以上となるようにし、支燃性流体（酸素）を高速で吹き込むことによって、脱炭反応およびスラグフォーミングを促進しつつ、固体原料を溶解させることができる。

#### 【0046】

このように、固体原料が溶解する溶解工程と、固体原料が溶落ちした後の精錬工程において、独立的に燃料流体供給量を設定する方法によれば、燃料流量のみを調整するという単純な方法によって、各工程の効率化を図ることができる。

10

さらには、溶落ち以降の精錬工程において、コークスなどの炭素源や廃プラスチックなどの廃棄物からなる粉体を、固体原料に高速で吹き込むことができる。また、この粉体を原料中で燃焼させ、原料を効率的に加熱することができる。

#### 【0047】

次に、本発明の精錬方法について説明する。

本発明の精錬方法は、粉体吹込み装置を用いて、粉体を供給するとともに、この粉体流の周囲から粉体を巻き込むように支燃性流体を供給し、これら粉体および支燃性流体を溶鉄に向けて噴出させることによって、この溶鉄を精錬する方法である。

粉体は、搬送気体によって搬送することによって供給することができる。

20

#### 【0048】

一般に、高炉から出鉄された溶鉄は、溶鉄鍋などの搬送用器に受鉄され、脱珪、脱燐、脱硫などの予備処理が施された後に、転炉に装入され、必要に応じて予備処理された後、脱炭される。脱炭された溶鋼は、溶鋼鍋などの搬送容器により搬送され、二次精錬工程に供される。

本発明の精錬方法は、溶鉄（溶鉄や溶鋼）を受容する容器、例えば転炉、溶融還元炉、脱炭炉、二次精錬炉などの精錬炉において実施することができる。本発明の精錬方法は、高炉鍋、混鉄車（トビードカー）、装入用の鍋などの輸送用容器において実施することもできる。

上記容器は、支燃性流体の排ガスを処理する処理装置を有するものであることが好ましい。

30

#### 【0049】

以下、本発明の精錬方法を転炉内の溶鉄に対して適用した例を説明する。

一般に、転炉に装入された溶鉄は、ランスからの酸素供給（送酸）によって脱炭され、溶鋼として次工程に供される。この際、スラグや溶鋼の成分調整を目的として、精錬剤（ $\text{CaO}$ 、ドロマイトなど）、鉬石類（鉄鉬石、マンガン鉬石など）、合金類などが添加される。

また、鉄スクラップの溶解、昇温などを行う際には、十分な熱量が必要となる。またマンガン鉬石などの鉬石類を用いて還元処理を行う際には、十分な還元熱が必要である。このため、溶鉄中の炭素などの量が十分でない場合には、酸素の供給が十分であっても熱補償が必要となり、コークス、土壌黒鉛、石炭などの炭材が添加される。

40

#### 【0050】

副原料としては、コークス、石炭などの固体炭素源：プラスチックなどの炭化水素源： $\text{CaO}$ 、 $\text{CaCO}_3$ 等を含む石灰源： $\text{MgO}$ 、 $\text{MgCO}_3$ 等を含むマグネシウム源： $\text{Al}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等を含むアルミニウム源：鉄鉬石：マンガン鉬石：合金のうち1種以上を挙げることができる。

固体炭素源、炭化水素源、アルミニウム源は、燃料源として作用する。

上記副原料は、通常、上方から自然落下させることによって添加される。副原料は、溶解性、反応性を高めるため、粒径の小さい粉体とすることが好ましいが、酸素を供給する場合には排ガスによって粉体が飛散しやすくなる。

50

このため、粒径数十mm以上のものが使用されるが、溶解性、反応性は損なわれる。

【0051】

本発明では、粉体吹込み装置を用いて、粉体を供給するとともに、この粉体流の周囲から粉体を巻き込むように支燃性流体を供給し、これら粉体および支燃性流体を溶鉄に向けて噴出させる。

粉体吹込み装置としては、図1に示すものを使用できる。

また、単独の装置で粉体吹込みと支燃性流体供給とを行ってもよいし、粉体吹込み用の装置と支燃性流体供給用の装置を使用してもよい。

本発明では、支燃性流体の周囲に燃料流体を噴出させ、この燃料流体を燃焼しつつ噴出させることができる。

10

【0052】

本発明では、粉体流の周囲から粉体を巻き込むように支燃性流体を供給するので、支燃性流体によって粉体を高速化することができる。

このため、粉体を浴中または浴面近くに吹き込むことができる。

従って、粉体の溶解性、反応性を高めることができる。

【0053】

支燃性流体を噴出させる際の支燃性流体の初速は音速以上、好ましくはマッハ数 $M = 1.10$ とするのが好ましい。この初速がこの範囲未満であると、粉体の速度が不十分となる。

粉体および支燃性流体が高速となると、浴中への進入深さが大きくなるが、支燃性流体が炉底に達すると、炉が劣化することがあるため、粉体および支燃性流体の速度は、これらが炉底に達しない程度に調整するのが好ましい。

20

【0054】

本発明の精錬方法は、脱珪、脱燐、脱硫、脱炭、昇温、熱付加、スクラップ溶解、合金溶解、還元処理、脱ガスのうち1種以上に適用することができる。

熱付加は、鉄源や合金源添加時の熱補償のために行われる。還元処理は、鉄鉱石、マンガン鉱石などを用いて行われる。

精錬の際に用いる精錬剤は、精錬の目的に応じて選択使用すればよい。例えば、脱珪や脱燐では、酸素との反応で生成する珪酸や燐酸をスラグとして安定化するため、安定化効果のある石灰源などを精錬剤として用いるのが好ましい。

30

石灰源は、 $CaO$ と $CaCO_3$ のうち少なくとも一方を主成分とするものを用いると、迅速に溶融、スラグ化させることができるため好ましい。

【0055】

本発明の精錬方法では、粉体を高速で添加することができるため、粉体の粒径が小さい場合（例えば粒径数百 $\mu m$ 以下）である場合でも、飛散等を防ぎ、効率よく粉体吹込みが可能である。

副原料の添加量は、精錬処理量、要求される精錬度、許容される精錬時間などの条件によって設定することができる。

【0056】

また、鉱石を還元処理する際には、鉄鉱石、マンガン鉱石、その他の鉱石に対し、媒溶剤（石灰など）、コークス、石炭などが還元剤や熱付加用の燃料源として添加されることがある。

40

本発明では、これらを高速で添加することができるため、還元速度や還元効率を高めることができる。

また、鉱石の還元時やスクラップ溶解時の降温の補償や、単なる浴の昇温のために、燃料源を効率的に燃焼し、発生した熱を効果的に着熱させることが可能である。

【0057】

固体炭素源、炭化水素源、アルミニウム源などを燃料源として用いる場合には、これらを粉体として高速で添加することができるため、これらを浴の深部まで供給し、燃焼効率を高めることができる。

50

粉体の粒度、粉体と支燃性流体の比などを調整することによって、燃焼効率を調整することができる。

粉体と支燃性流体との比については、酸素比（空気比）を増減することによって調整することができる。この際、溶鉄中の被酸化物（炭素、珪素など）の量や、目的とする燃焼状態を考慮して粉体と支燃性流体との比を定めることができる。

#### 【0058】

支燃性流体としては、純酸素ガス、工業用酸素ガス、空気のうち1種または2種以上を用いることができる。

支燃性流体は、気体状態に限らず、液体状態、および気体中にミスト状の液体が含まれる状態の気液混合体であってもよい。

粉体を搬送する搬送流体としては、アルゴンなどの不活性ガス、窒素ガス、一酸化炭素ガスが使用可能である。また、配管内での燃焼などの問題がない限り、支燃性流体を用いることもできる。

また、燃料に関しては、LPG、LNGなどの炭化水素系ガスのほか、製鉄所内で回収される高炉ガス、転炉ガスなども使用できる。

また、本発明では、精錬の際に発生する排ガスから、熱交換器などを用いて顕熱または潜熱を回収することができる。

#### 【0059】

本発明の精錬方法では、支燃性流体を高速化することができるため、従来より浴の深部まで支燃性流体を吹き込むことができ、精錬効率を高めることができる。

#### 【0060】

##### 【実施例】

##### （実施例1）

図1に示す構成のノズル2を有するランス1を作製した。

装置仕様を表1に示す。表中、ノズル広がり角とは、テーパ部3a、4aの傾斜角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ を意味する。また噴流とは粉体流を指す。

#### 【0061】

##### （比較例1）

ラバールノズルを有するランスを作製した。

装置仕様を表1に併せて示す。

#### 【0062】

##### 【表1】

	比較例1	実施例1
支燃性流体流量( $\text{Nm}^3/\text{h}$ )	400	400
支燃性流体圧力(kPa)	510	510
噴流初速(マッハ数)(-)	1.5	1.5
スロート部断面積( $\text{mm}^2$ )	$A_{L1}=128$	$A_1=128$
スロート部径(mm)	12.8	$d_1=25.3$
出口断面積( $\text{mm}^2$ )	$A_{L2}=175$	$A_2=248$
出口径(mm)	14.9	$d_2=27.4$
断面積比(-)	$A_{L2}/A_{L1}=1.37$	$A_2/A_1=2.19$
ノズル広がり角( $^\circ$ )	8	$\theta_1, \theta_2=8$

支燃性流体=純酸素( $k=1.4(-)$ )

#### 【0063】

ピトー管を用いて、粉体を供給しない状態で実施例 1 および比較例 1 における噴流特性を調べた。

噴流速度の評価には、下記の式 (5) を用いた。

【 0 0 6 4 】

【 数 6 】

$$\frac{M_x}{M_0} = K_M \cdot \left( \frac{1}{L_x / d_0} \right) \dots\dots (5)$$

10

$M_x$ : 噴流速度 (マッハ数) (—)

$M_0$ : 噴流の初速 (マッハ数) (—)

$K_M$ : 噴流の減衰係数 (—)

$L_x$ : ノズル出口からの供給管中心軸方向距離 (mm)

$d_0$ : ノズル出口径 (mm)

【 0 0 6 5 】

20

結果を図 3 に示す。図 3 において、横軸はノズル先端から供給管中心軸方向の距離を示し、縦軸は噴流速度を示す。

図 3 より、実施例 1 のランスでは、粉体供給管 3 を設けているが、断面積比  $A_2 / A_1$  を適切な値にすることによって、ラバールノズルを有する比較例 1 のランスとほぼ同等の噴流速度を得ることができたことがわかる。

【 0 0 6 6 】

式 (5) 中の  $K_M$  値は噴流の速度減衰係数であり、噴流のポテンシャルコアの長さを示す。ポテンシャルコアとは、噴流の初期流速および初期濃度 (粉体濃度) が維持されている領域を指し、 $K_M$  値が大きいほど噴流性能が高いことを意味する。

【 0 0 6 7 】

30

$K_M$  値の解析結果を図 4 に示す。図 4 において、横軸は  $L_x / d_0$  を示し、縦軸は、 $M_x / M_0$  を示す。

図 4 より、実施例 1 の  $K_M$  値は、比較例 1 の  $K_M$  値にほぼ等しく、実施例 1 のランス 1 では、ラバールノズルを備えた比較例 1 と同等の噴流性能が得られたことがわかる。

【 0 0 6 8 】

表 1 に示した実施例において、断面積比 ( $A_2 / A_1$ ) を 2 . 1 9 とし、ノズル広がり角 (テーパ部 3 a、4 a の傾斜角度 1、2)  $0 \sim 12^\circ$  とした装置を用いて  $K_M$  値を求めた。

表 1 に示した実施例において、ノズル広がり角を  $8^\circ$  とし、断面積比 ( $A_2 / A_1$ ) を 0 . 5 ~ 4 とした装置を用いて  $K_M$  値を求めた。

40

$K_M$  値をノズル形状因子で整理した結果を図 5 および図 6 に示す。

図 5 は、ノズル広がり角と  $K_M$  値との関係を示すグラフである。

図 5 より、ノズル広がり角を  $4 \sim 11^\circ$  (好ましくは  $5 \sim 10^\circ$ ) とすることによって、高い  $K_M$  値が得られたことがわかる。

図 6 は、比較例 1 の断面積比 ( $A_{L2} / A_{L1}$ ) に対する、実施例 1 の断面積比 ( $A_2 / A_1$ ) の比率と、 $K_M$  値との関係を示すグラフである。

図 6 より、断面積比 ( $A_{L2} / A_{L1}$ ) に対する断面積比 ( $A_2 / A_1$ ) の比率を、1 ~ 3 . 0 とすることによって、高い  $K_M$  値が得られたことがわかる。

【 0 0 6 9 】

( 実施例 2 )

50

図 2 に示す構成のノズル 2 2 を有するランス 2 1 を作製した。装置仕様を表 2 に示す。

【 0 0 7 0 】

( 比較例 2 )

特開昭 56-5914 号公報で開示された形状のノズル(マルチジェットノズル)を有するランスを作製した。このノズルを図 7 に示す。

このノズルは、中心に形成された粉体流路 3 3 の外周側に、3 つの一次支燃性流体流通孔 3 4 が形成され、その外周側に複数の燃料流体流通孔 3 5 が形成され、その外周側に複数の二次支燃性流体流通孔 3 6 が形成され、その外周側に水冷ジャケット 3 7 が設けられている。

装置仕様を表 2 に併せて示す。表中、スロート部とは、流通孔 3 4 内のスロート部 3 4 a を指す。スロート部断面積、スロート部径、出口断面積は 1 つの流通孔あたりの値を示す。装置仕様を表 2 に併せて示す。

【 0 0 7 1 】

【表 2】

	比較例 2	実施例 2
支燃性流体流量(Nm <sup>3</sup> /h)	400	400
支燃性流体圧力(k P a)	510	510
噴流初速(マッハ数)(-)	1.5	1.5
スロート断面積(mm <sup>2</sup> )	A <sub>L1</sub> =46.2 (1 孔あたり)	A <sub>1</sub> =128
スロート径(mm)	7.4 (1 孔あたり)	d <sub>1</sub> =25.3
出口断面積(mm <sup>2</sup> )	A <sub>L2</sub> =58.3 (1 孔あたり)	A <sub>2</sub> =248
出口径(mm)	8.6	d <sub>2</sub> =27.0
断面積比(-)	A <sub>L2</sub> /A <sub>L1</sub> =1.37	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub> =1.94
ノズル広がり角(°)	8	θ <sub>1</sub> , θ <sub>2</sub> =8
溝深さ L <sub>1</sub> (mm)	-	4
溝長さ L <sub>2</sub> (mm)	-	4
直胴部長さ L <sub>3</sub> (mm)	-	9
燃料流量(Nm <sup>3</sup> /h)	-	10.9
燃料噴出流速(m/ s)	-	78
燃料噴出角 θ <sub>3</sub> (°)	-	30
燃料噴出部数(個)		10
粉体供給量(k g/ h)	200	200
粉体平均粒径(μ m)	150	150

支燃性流体=純酸素(k=1.4(-))、燃料流体=L P G

【 0 0 7 2 】

上記実施例 2 および比較例 2 のランスを用いて粉体噴出試験を行った。

また、実施例 2 のランスを用い、燃料流体を用いずに粉体噴出試験を行った。結果を図 8 に示す。

【0073】

図 8 において、横軸はノズル先端から中心軸方向の距離を示し、縦軸は粉体速度を示す。なお、粉体速度の計測には、レーザードップラー法を用いた。

【0074】

図 8 に示すように、実施例 2 では、比較例 2 に比べ、粉体速度を大幅に高速化することができたことがわかる。

また、燃料流体を用いた場合には、粉体速度をさらに高めることができたことがわかる。また燃料流体を用いた場合には、燃料流体を用いない場合に比べ、粉体速度が減衰しにく

10

【0075】

(実施例 3)

350 kg スケールの誘導溶解炉にて、温度 1500、炭素濃度 [C] が 2.5 重量 % となるように溶鉄 200 kg を溶製した。

図 1 に示す構成の粉体吹込み装置 1 を、溶鉄の浴面から高さ 350 mm の位置に配置し、粉体および支燃性流体を溶鉄に向けて 5 分間にわたって噴出させた。

粉体としては、粒径 500  $\mu\text{m}$  以下のコークス粉体を用いた。添加速度は 15 kg / hr とした。支燃性流体としては酸素を使用した。

また、攪拌のため、炉底のポーラスノズルより Ar ガスを炉内に供給した。供給速度は 3

20

【0076】

(実施例 4)

燃料として LPG を供給すること以外は実施例 3 と同様にして試験を行った。装置仕様および試験結果を表 3 に示す。

【0077】

(比較例 3)

図 7 に示す装置を用いて試験を行った。装置仕様および試験結果を表 3 に示す。

【0078】

(比較例 4)

単孔型 (支燃性流体噴出孔が 1 つのもの) の装置を用いて試験を行った。装置仕様および試験結果を表 3 に示す。

30

【0079】

【表 3】

	比較 例 3	比較 例 4	実施 例 3	実施 例 4
支燃性流体流量(Nm <sup>3</sup> /h)	60	60	60	60
支燃性流体圧力(kPa)	810	810	810	810
支燃性流体噴出速度(初速)(マッハ数)(-)	1.7	1.7	1.7	1.7
支燃性流体噴出孔数(-)	3	1	—	—
スロート部断面積 (mm <sup>2</sup> )	12.5	12.6	12.6	12.6
スロート部径(mm)	2.3	4.0	10.0	10.0
出口断面積(mm <sup>2</sup> )	21.2	21.2	23.8	23.8
出口径(mm)	3.0	5.2	10.7	10.7
断面積比(-)	1.70	1.69	1.89	1.89
ノズル広がり角(°)	8	8	8	8
溝深さ(mm)	—	—	—	2
溝幅(mm)	—	—	—	2
直胴部長さ(mm)	—	—	—	4
燃料流量(Nm <sup>3</sup> /h)	—	—	—	1.5
燃料噴出速度(マッハ数)(-)	—	—	—	80
燃料噴射角(燃料噴出孔の傾斜角度) $\theta_2$ (°)	—	—	—	30
燃料流体噴出孔数 (-)	—	—	—	6
加炭効率(%)	60.0	68.0	83	89
ノズル詰まり	なし	あり	なし	なし

10

20

30

## 【0080】

(実施例5)

本発明を溶銑脱磷に適用した。磷濃度が0.08~0.085重量%の5トンの溶銑を小型転炉に装入し、上方から粉体および純酸素ガスを供給し脱磷した。なお、装入前溶銑のその他の成分は[C]が4.3~4.4重量%、[Si]が0.08~0.10重量%であった。温度は1285~1290であった。

粉体としては0.3~1.5mm径(平均粒径1mm)の石灰を、溶銑トン当たり8kg用いた。

粉体吹込み装置としては、実施例1で用いたものと同様のものを用い、上記石灰粉を毎時5kgで8分間添加した。搬送流体としては純窒素ガス(毎分45Nm<sup>3</sup>)を用いた。純酸素ガスは、石灰添加期間を通じ、毎時400Nm<sup>3</sup>で添加した。試験結果を表4に示す。

40

## 【0081】

(比較例5)

粉体吹込み装置を使用せず、袋詰めした5kgの石灰粉を30秒ごとに8回に分けて投入した。純酸素ガスの供給条件は実施例5と同様とした。試験結果を表4に示す。

## 【0082】

(比較例6)

比較例4で使用した単孔型の装置を用い、実施例5と同様の石灰を純酸素ガスとともに供

50

給した。純酸素ガスの供給条件は実施例 5 と同様とした。

単孔型装置としては、ラバールノズルを有し、出口径が 14.9 mm のものを用いた。

処理後溶銑の成分は [C] が 3.8 ~ 3.9 重量%、[Si] が 0.01 % 以下であった。温度は、1310 ~ 1320 であった。試験結果を表 4 に示す。

なお、表中、P 分配とは、スラグ中の燐の量に対するメタル中の燐の量の比率を示すものである。

【0083】

【表 4】

	処理前[P] (重量%)	処理後[P] (重量%)	P 分配 (—)
実施例 5	0.085	0.007	530
比較例 5	0.080	0.029	95
比較例 6	0.082	0.018	170

10

【0084】

表 4 より、実施例では、脱燐効率を高くし、溶銑中の燐濃度を低くすることができたことがわかる。

また、P 分配の値より、投入した石灰の脱燐効率を高めることができたことがわかる。

【0085】

(実施例 6 ~ 10)

本発明を溶銑のスクラップ溶解に適用した。3 トンの溶銑を小型転炉に装入し、上方から粉体および純酸素ガスを供給した。なお、装入前溶銑の成分は、[C] が 4.7 ~ 4.8 重量%、[Si] が 0.05 重量%であった。温度は 1230 ~ 1240 であった。

粉体としては 0.3 ~ 1.5 mm 径 (平均粒径 1 mm) のプラスチック、石灰、またはコークスを用い、使用量は溶銑トンあたり 40 kg とした。

30

粉体吹込み装置としては、実施例 4 で用いたものを使用した。

試験開始から毎分 0.5 Nm<sup>3</sup> の純窒素ガスを搬送流体として、上記毎時 4 kg の粉体を添加した。純酸素ガスは、毎分 400 Nm<sup>3</sup> 添加し、同時に燃料として LPG (毎時 10.9 Nm<sup>3</sup>) を供給した。

30 分間で溶解できたスクラップ量を測定した。試験結果を表 5 に示す。

【0086】

(比較例 7 ~ 10)

比較例 7、8 では、粉体吹込み装置を使用せず、石灰またはコークスを炉上部のシューターから投入し、ランスを用いて純酸素のみを供給した。

40

比較例 9、10 では、比較例 4 で用いた装置を用いた。

30 分間で溶解できたスクラップ量を測定した。試験結果を表 5 に示す。

【0087】

【表 5】

	炭材種類	処理後[C] (重量%)	処理後温度 (°C)	スクラップ溶解量 (kg)
実施例 6	プラスチック	1.22	1635	620
実施例 7	プラスチック	1.17	1640	640
実施例 8	石炭	1.30	1645	760
実施例 9	石炭	1.51	1640	750
実施例10	コークス	1.82	1640	780
比較例 7	石炭	1.05	1625	310
比較例 8	コークス	1.11	1635	340
比較例 9	プラスチック	1.03	1625	400
比較例10	石炭	1.08	1625	490

10

20

## 【0088】

表5より、実施例では、スクラップの溶解量を増加できることがわかった。

これは、粉体を効率よく添加できたことに加え、酸素ガスを溶銑に対し効率的に添加できたため、粉体の燃焼による発生熱を有効に浴に着熱できたためであると考えられる。

## 【0089】

(実施例11、12)

本発明を溶銑の昇温に適用した。5トンの溶銑を小型の転炉に装入し、上方から粉体および純酸素ガスを供給した。なお、装入前の溶銑の[C]は4.0~4.1重量%であり、温度は1260~1270であった。

30

粉体としては0.3~1.5mm径(平均粒径1mm)のプラスチック、石灰、またはコークスを用い、使用量は溶銑トンあたり8kgとした。

粉体吹込み装置としては、実施例4で用いたものを使用した。

試験開始から毎時0.5Nm<sup>3</sup>の純窒素ガスを搬送流体として、上記毎分5.3kgの粉体を添加した。純酸素ガスは、毎分400Nm<sup>3</sup>添加した。

8分間の処理を行った際の試験結果を表6に示す。

なお、表中には、溶銑の[C]の低下による昇温差を差し引き、燃料源添加による昇温分を計算で求め、補正昇温量として示した。

40

## 【0090】

(比較例11~14)

比較例11、12では、粉体吹込み装置を使用せず、プラスチックを炉上部のシューターから投入し、ランスを用いて純酸素のみを供給した。

比較例13、14では、比較例4で用いた装置を用いた。

8分間の処理を行った際の試験結果を表6に示す。

## 【0091】

【表6】

	処理前[C] (重量%)	処理後[C] (重量%)	処理後温度 (℃)	処理後温度 (℃)	補正昇温量 (℃)
実施例11	4.00	3.80	1265	1360	80
実施例12	4.00	3.85	1260	1350	79
比較例11	4.10	3.35	1265	1345	24
比較例12	4.10	3.40	1265	1350	33
比較例13	4.10	3.60	1265	1350	48
比較例14	4.05	3.50	1270	1350	39

10

## 【0092】

表6より、実施例では、本発明では、昇温量を増加できることがわかった。

20

これは、粉体を効率よく添加できたことに加え、酸素ガスを溶銑に対し効率的に添加できたため、粉体の燃焼による発生熱を有効に浴に着熱できたためであると考えられる。

## 【0093】

上記実施例の結果より、本発明の粉体吹込み装置によれば、粉体流速を高め、粉体を浴の深部まで到達させ、燃焼や精錬反応を浴の深部において進行させることができ、精錬効率を向上させることができることがわかる。

## 【0094】

## 【発明の効果】

本発明の粉体吹込み装置では、粉体供給管と支燃性流体供給管の先端部に、これら供給管の隙間の支燃性流体流路が先端方向に向けて徐々に広がるように形成されたテーパ部が設けられているので、支燃性流体を適度に膨張させ、高速の支燃性流体の流れを得ることができる。

30

よって、粉体供給管内の圧力を、先端付近において十分に低くすることができ、粉体供給管内の粉体の流速を高くすることができる。さらに、高速の支燃性流体流により粉体を搬送することができるため、粉体流速をさらに高めることができる。

従って、粉体を効率よく熔融金属等に吹き込むことが可能となる。

## 【0095】

また、支燃性流体供給管の外周側に、燃料流体を供給する燃料流体供給管が設けられ、この燃料流体供給管は、粉体供給管からの粉体流を囲むように、燃料流体を噴出させることができる構成を採用することによって、粉体流を囲む流体の流れを高速化し、この流体の流れによって搬送される粉体の流速をさらに高めることができる。さらには、粉体が径方向に拡散するのを防ぐことができる。

40

従って、粉体をいっそう効率よく熔融金属等に吹き込むことが可能となる。

## 【0096】

支燃性流体供給管の先端部に、ほぼ一定の内径を有する直胴部が形成された構成を採用することによって、噴出する燃料流体が径方向に拡散するのを防ぎ、燃料流体の火炎を安定化することができる。

また直胴部の内面に、周方向に沿う溝が形成されている構成によって、燃料流体の火炎をさらに安定化し、流体の流れの乱れを防ぐことができる。

従って、粉体の流れをいっそう高速化することができる。

50

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の粉体吹込み装置の第 1 の実施形態を示す断面図である。

【図 2】 本発明の粉体吹込み装置の第 2 の実施形態を示す断面図である。

【図 3】 試験結果を示すグラフである。

【図 4】 試験結果を示すグラフである。

【図 5】 試験結果を示すグラフである。

【図 6】 試験結果を示すグラフである。

【図 7】 比較例 2 の粉体吹込み装置に用いられるノズルの断面図である。

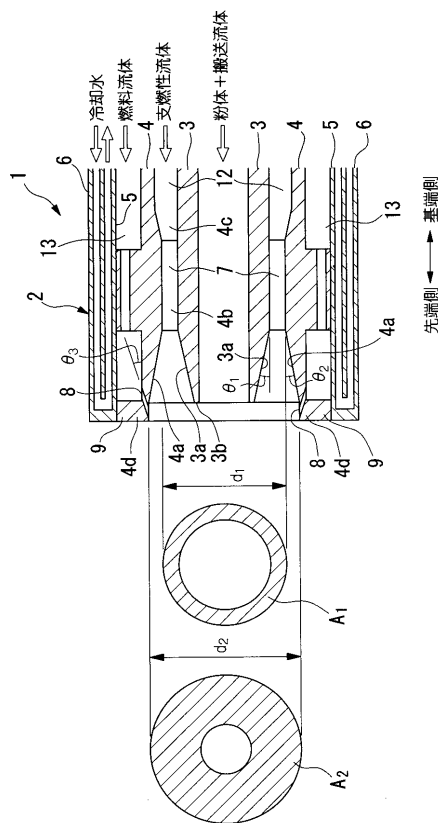
【図 8】 試験結果を示すグラフである。

## 【符号の説明】

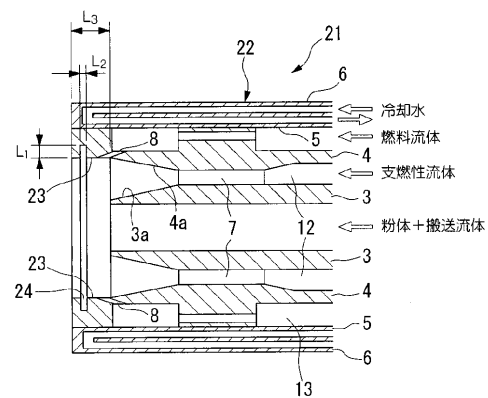
1、2 1・・・ランス（粉体吹込み装置）、2・・・ノズル、3・・・粉体供給管、4・・・支燃性流体供給管、5・・・燃料流体供給管、7・・・スロート部、8・・・燃料流体噴出部、12・・・支燃性流体流路

10

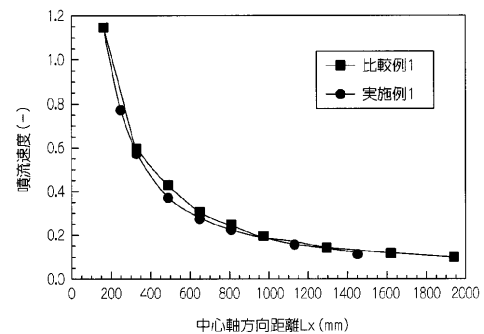
【図 1】



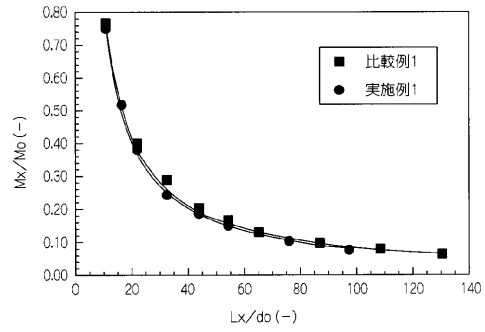
【図 2】



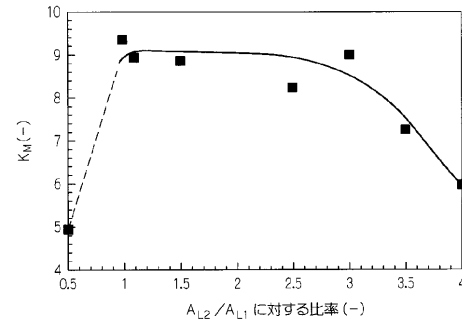
【図 3】



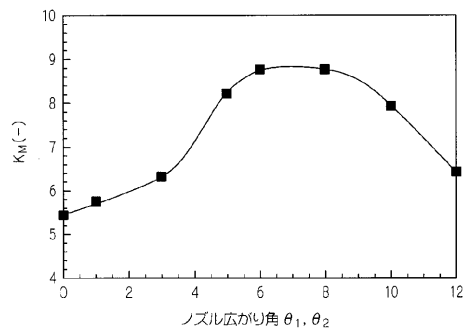
【図4】



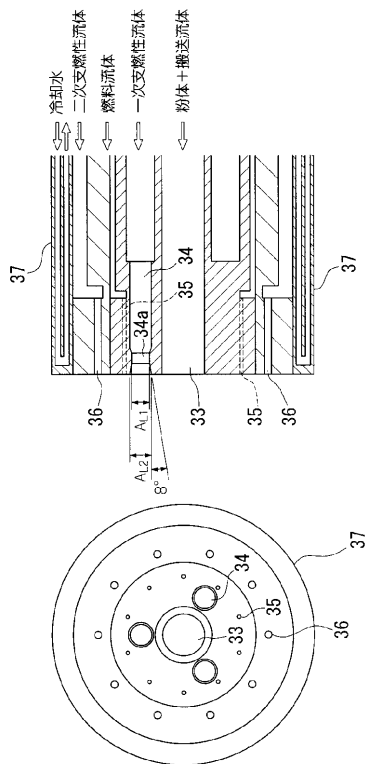
【図6】



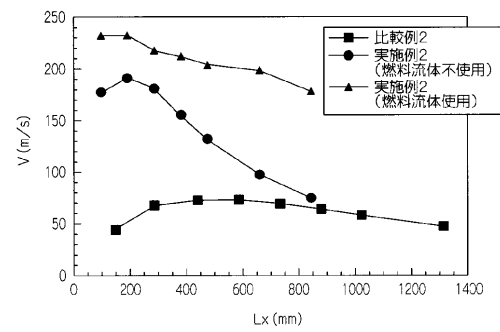
【図5】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

- (74)代理人 100108453  
弁理士 村山 靖彦
- (72)発明者 五十嵐 弘  
東京都港区西新橋 1 丁目 1 6 番 7 号 日本酸素株式会社内
- (72)発明者 中林 宏行  
東京都港区西新橋 1 丁目 1 6 番 7 号 日本酸素株式会社内
- (72)発明者 小林 伸明  
東京都港区西新橋 1 丁目 1 6 番 7 号 日本酸素株式会社内
- (72)発明者 鷲見 郁宏  
東京都千代田区丸の内一丁目 1 番 2 号 日本鋼管株式会社内
- (72)発明者 菊地 良輝  
東京都千代田区丸の内一丁目 1 番 2 号 日本鋼管株式会社内

審査官 木村 孔一

(56)参考文献 特公昭 4 9 - 0 2 0 4 4 4 ( J P , B 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F27D 3/16  
C21C 1/00  
C22B 9/10  
F27D 17/00