

(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
2018年2月1日(01.02.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/021248 A1

- (51) 国際特許分類:
F23D 14/24 (2006.01) F27B 3/08 (2006.01)
F23C 1/12 (2006.01) F27D 3/16 (2006.01)
F23D 17/00 (2006.01) F27D 7/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/026715
- (22) 国際出願日: 2017年7月24日(24.07.2017)
- (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 2016-146561 2016年7月26日(26.07.2016) 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). 中外炉工業株式会社(CHUGAI RO CO., LTD.)

[JP/JP]; 〒5410046 大阪府大阪市中央区平野町3丁目6番1号 Osaka (JP).

- (72) 発明者: 堤 康一(TSUTSUMI Koichi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 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). 小澤 純仁(OZAWA Sumito); 〒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). 鷲見 郁宏(SUMI Ikuhiro); 〒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). 友澤 健一(TOMOZAWA Kenichi); 〒5410046 大阪府大阪市中央区平野町3丁目6番1号 中外炉工業株式会社内 Osaka (JP). 伊藤 貴之(ITO Takayuki);

(54) Title: AUXILIARY BURNER FOR ELECTRIC FURNACE

(54) 発明の名称: 電気炉用助燃バーナー

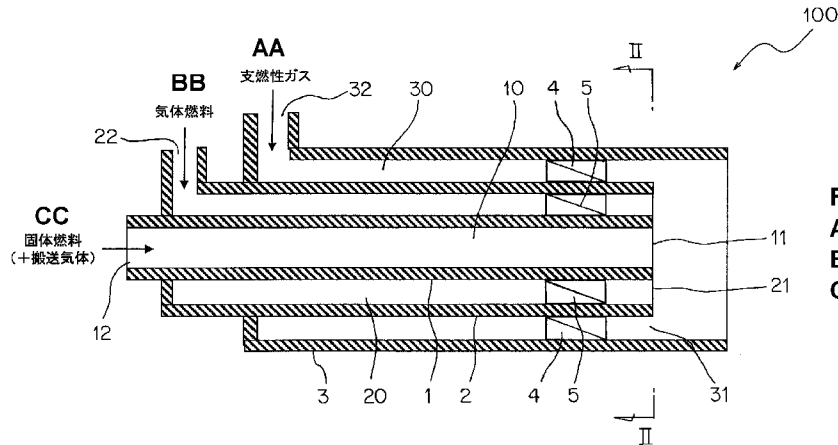
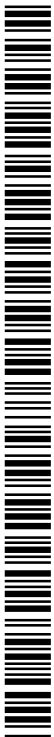


FIG. 1:
 AA Combustion-supporting gas
 BB Gas fuel
 CC Solid fuel (+carrier gas)

(57) **Abstract:** Provided is an auxiliary burner for an electric furnace, the burner being capable of increasing and homogenizing the heating effect of iron scrap by suitably and efficiently burning solid fuel along with gas fuel. This auxiliary burner 100 for an electric furnace comprises, in the stated order from the center side, a solid fuel injection tube 1, a gas fuel injection tube 2, and a combustion-supporting gas injection tube 3, all arranged coaxially, and is characterized in that: a flow path 30 of the combustion-supporting gas injection tube 3 is provided with a plurality of turning blades 4 for turning the combustion-supporting gas, and a flow path 20 of the gas fuel injection tube 2 is provided with a plurality of turning blades 5 for turning the gas fuel; and the angle θ_1 of the turning blades 4 and the angle θ_2 of the turning blades 5 satisfy the relationship $\theta_1 < \theta_2$.



WO 2018/021248 A1

〒5410046 大阪府大阪市中央区平野町3丁目6
番1号 中外炉工業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA Kenji);
〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1
号 霞が関コモンゲート西館36階 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

(57) 要約: 固体燃料を気体燃料とともに適切かつ効率的に燃焼させることで、鉄系スクラップの加熱効果を高くかつ均一にすることが可能な電気炉用助燃バーナーを提供する。本開示の電気炉用助燃バーナー100は、中心側から順に、固体燃料噴射管1、気体燃料噴射管2、及び支燃性ガス噴射管3が同軸に配置された構造を有し、支燃性ガス噴射管3の流路30には、支燃性ガスを回転させるための複数枚の巡回羽根4が設けられるとともに、気体燃料噴射管2の流路20には、気体燃料を回転させるための複数枚の巡回羽根5が設けられ、巡回羽根4の角度 θ_1 と巡回羽根5の角度 θ_2 とが $\theta_1 < \theta_2$ の関係を満たすことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：電気炉用助燃バーナー

技術分野

[0001] 本発明は、鉄系スクラップを溶解（melt）して溶鉄を製造する電気炉に付設される助燃バーナーに関するものである。

背景技術

[0002] 電気炉を使用して鉄系スクラップを溶解する場合、電極周辺の鉄系スクラップは早く溶解するが、電極から離れた場所、すなわちコールドスポットにある鉄系スクラップは溶解が遅く、炉内の鉄系スクラップ溶解速度に不均一が生じる。このため、炉内全体の作業時間は、コールドスポットの鉄系スクラップの溶解速度に律速されていた。

[0003] そこで、このような鉄系スクラップの溶解速度の不均一性を解消し、炉内全体の鉄系スクラップをバランス良く溶解させるべく、コールドスポットの位置に助燃バーナーを設置し、この助燃バーナーでコールドスポットに位置する鉄系スクラップの予熱、切断、溶解を行う方法が採られるようになってきた。

[0004] このような助燃バーナーとして、例えば、特許文献1には、中心部から可燃物の飛散用及び鉄系スクラップのカッティング用酸素ガスを噴出し、この酸素ガスの外周部から燃料を、さらにこの燃料の外周部から燃焼用酸素ガスを噴出するために三重管構造としたバーナーであって、中心部から噴出する酸素ガスの速度を高速とするために、中心部の酸素ガス噴出管の先端に絞り部を設けるとともに、最外周から噴出する燃焼用酸素ガスに旋回力を付与するために、燃料噴出管と燃焼用酸素ガス噴出管とで形成される環状空間に旋回羽根を設置した電気炉用高速純酸素助燃バーナーが提案されている。

[0005] また、特許文献2には、助燃バーナーのノズル先端を偏心させ、バーナーを回転させることでバーナー火炎の指向性を広範囲へ拡大させる電気炉用バーナー設備が提案されている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開平10-9524号公報
特許文献2：特開2003-4382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、2に記載された技術を用いることで、助燃バーナーを用いて鉄系スクラップを効率よく予熱、溶解することができる。しかしながら、特許文献1、2では、燃料の対象が高価な気体燃料に制限されるという問題がある。安価な燃料としては、石炭などの固体燃料が挙げられるが、固体燃料は一般に、気体燃料よりも早く燃焼させることは困難であり、条件によっては失火することもあり、固体燃料の助燃バーナーへの利用は困難であった。また、固体燃料の粒子径が大きいとバーナーの火炎中で燃え切らず、熱的に効率が非常に悪いという問題もある。
- [0008] そこで本発明は、固体燃料を気体燃料とともに適切かつ効率的に燃焼させることで、鉄系スクラップの加熱効果を高くかつ均一にすることが可能な電気炉用助燃バーナー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] 本発明者らは、石炭などの固体燃料を使用できる電気炉用助燃バーナーについて検討を重ねた結果、燃料として気体燃料と固体燃料を用いる多重管構造の助燃バーナーにおいて、最外周から噴射する支燃性ガスとその内側から噴射する気体燃料に特定の条件で旋回を与えることにより、固体燃料を気体燃料とともに適切かつ効率的に燃焼させることができ、これによりスクラップ加熱効果が向上し、さらに、バーナーの火炎温度が均一化することを見出した。
- [0010] また、同じく燃料として気体燃料と固体燃料を用いる多重管構造の助燃バーナーにおいて、支燃性ガス（最外周から噴射）と固体燃料（最内周から噴

射)の間から噴射する気体燃料にのみ特定の条件で旋回を与えることによっても、固体燃料を気体燃料とともに適切かつ効率的に燃焼させることができ、これによりスクラップ加熱効果が向上し、さらに、バーナーの火炎温度が均一化することを見出した。

[0011] 本発明は、このような知見に基づきなされたもので、以下を要旨とするものである。

[1] 鉄系スクラップを溶解して溶鉄を製造する電気炉に付設され、燃料として気体燃料と固体燃料を用いる電気炉用助燃バーナーであって、

前記固体燃料が通過する第1流路を区画し、該第1流路の先端から前記固体燃料を噴射する固体燃料噴射管と、

前記固体燃料噴射管の周囲に配置され、前記固体燃料噴射管の外壁との間で前記気体燃料が通過する第2流路を区画し、該第2流路の先端から前記気体燃料を噴射する気体燃料噴射管と、

前記気体燃料噴射管の周囲に配置され、前記気体燃料噴射管の外壁との間で支燃性ガスが通過する第3流路を区画し、該第3流路の先端から前記支燃性ガスを噴射する支燃性ガス噴射管と、

前記第3流路に、その周方向に所定間隔で配置された複数枚の第1羽根と、

前記第2流路に、その周方向に所定間隔で配置された複数枚の第2羽根と、

を有し、前記複数枚の第1羽根のバーナー軸線に対してなす角度 θ_1 と、前記複数枚の第2羽根のバーナー軸線に対してなす角度 θ_2 とが、 $\theta_1 < \theta_2$ の関係を満たすことを特徴とする電気炉用助燃バーナー。

[0012] [2] 前記角度 θ_1 が 10° 以上 50° 以下であり、前記角度 θ_2 が 20° 以上 75° 以下である、上記[1]に記載の電気炉用助燃バーナー。

[0013] [3] $\theta_2 - \theta_1$ が 15° 以上 45° 以下である、上記[1]又は[2]に記載の電気炉用助燃バーナー。

[0014] [4] 各々の前記第1羽根の前記周方向における長さを Q_1 とし、前記複数

枚の第1羽根の前記周方向における設置間隔を P_1 としたとき、 Q_1/P_1 が1.0以上1.2以下であり、

各々の前記第2羽根の前記周方向における長さを Q_2 とし、前記複数枚の第2羽根の前記周方向における設置間隔を P_2 としたとき、 Q_2/P_2 が1.0以上1.2以下である、上記[2]又は[3]に記載の電気炉用助燃バーナー。

[0015] [5] 前記角度 θ_1 が 0° であり、前記角度 θ_2 が 10° 以上 70° 以下である、上記[1]に記載の電気炉用助燃バーナー。

[0016] [6] 前記角度 θ_2 が 45° 以上 60° 以下である、上記[5]に記載の電気炉用助燃バーナー。

[0017] [7] 各々の前記第2羽根の前記周方向における長さを Q_2 とし、前記複数枚の第2羽根の前記周方向における設置間隔を P_2 としたとき、 Q_2/P_2 が1.0以上1.2以下である、上記[5]又は[6]に記載の電気炉用助燃バーナー。

発明の効果

[0018] 本発明の助燃バーナーによれば、固体燃料を気体燃料とともに適切かつ効率的に燃焼させることで、鉄系スクラップの加熱効果を高くかつ均一にすることが可能である。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の第1の実施形態による電気炉用助燃バーナー100のバーナー軸線に沿った断面図である。

[図2]図1のII-II線に沿う断面図である。

[図3]図1の助燃バーナー100における複数枚の旋回羽根4の一部を、支燃性ガス噴射管3をその周方向に展開した状態で示す説明図である。

[図4]図1の助燃バーナー100における複数枚の旋回羽根5の一部を、気体燃料噴射管2をその周方向に展開した状態で示す説明図である。

[図5]本発明の第2の実施形態による電気炉用助燃バーナー200のバーナー軸線に沿った断面図である。

[図6]図5のVI-VI線に沿う断面図である。

[図7]図5の助燃バーナー200における複数枚の旋回羽根5の一部を、気体燃料噴射管2をその周方向に展開した状態で示す説明図である。

[図8]本発明の一実施形態による助燃バーナー100, 200の使用状況の一例を模式的に示す説明図である。

[図9]本発明の一実施形態による助燃バーナーについて、全燃料に占める固体燃料の比率を変えた場合の火炎長さの変化を説明するためのグラフである。

[図10](A)は、実施例で行った助燃バーナーの燃焼試験の方法を示す説明図であり、(B)は、当該燃焼試験で用いた鉄板に対する熱電対の設置位置を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] (第1の実施形態による電気炉用助燃バーナー)

以下、図1～4を参照して、本発明の第1の実施形態による電気炉用助燃バーナー100を説明する。本実施形態の助燃バーナー100は、鉄系スクラップを溶解して溶鉄を製造する電気炉に付設されるものであって、燃料として気体燃料と固体燃料を用いる。

[0021] 助燃バーナー100において、燃料及び支燃性ガス供給用の本体部分は、中心側から順に固体燃料噴射管1、気体燃料噴射管2、及び支燃性ガス噴射管3が同軸に配置された3重管構造となっている。固体燃料噴射管1は、固体燃料が通過する固体燃料流路10(第1流路)を区画し、この固体燃料流路10の先端が円形の固体燃料吐出口11であり、ここから固体燃料を噴射する。気体燃料噴射管2は、固体燃料噴射管1の周囲に配置され、固体燃料噴射管1の外壁との間で気体燃料が通過する気体燃料流路20(第2流路)を区画し、この気体燃料流路20の先端がリング状の気体燃料吐出口21であり、ここから気体燃料を噴射する。支燃性ガス噴射管3は、気体燃料噴射管2の周囲に配置され、気体燃料噴射管2の外壁との間で支燃性ガスが通過する支燃性ガス流路30(第3流路)を区画し、この支燃性ガス流路30の先端がリング状の支燃性ガス吐出口31であり、ここから支燃性燃料を噴射する。

- [0022] 助燃バーナー 100 の先端部では、固体燃料噴射管 1 と気体燃料噴射管 2 は、ともに先端がバーナー軸線に沿った同じ位置にあり、最外周の支燃性ガス噴射管 3 のみ、先端が 10～200 mm 程度突出している。各噴射管 1, 2, 3 の内径は特に限定されないが、一般に、固体燃料噴射管 1 の内径は 10～40 mm 程度、気体燃料噴射管 2 の内径は 20～60 mm 程度、支燃性ガス噴射管 3 の内径は 40～100 mm 程度とする。各噴射管の厚みも特に限定されないが、一般に 2～20 mm 程度とする。
- [0023] また、バーナー後端側において、支燃性ガス噴射管 3 のバーナー後端側には、支燃性ガス供給口 32 が設けられ、これを介して支燃性ガス流路 30 に支燃性ガスが供給される。同じく、気体燃料噴射管 2 のバーナー後端側には、気体燃料供給口 22 が設けられ、これを介して気体燃料流路 20 に気体燃料が供給される。同じく、固体燃料噴射管 1 のバーナー後端側には、固体燃料供給口 12 が設けられ、これを介して固体燃料流路 30 に固体燃料が搬送気体とともに供給される。
- [0024] 支燃性ガス供給口 32 には、支燃性ガス供給機構（図示せず）が接続され、これが支燃性ガスを支燃性ガス供給口 32 に供給する。気体燃料供給口 22 には、気体燃料供給機構（図示せず）が接続され、これが気体燃料を気体燃料供給口 22 に供給する。固体燃料供給口 12 には、固体燃料供給機構及び搬送気体供給機構（ともに図示せず）が接続され、これらが固体燃料及び搬送気体を固体燃料供給口 12 に供給する。
- [0025] また、図示しないが、支燃性ガス噴射管 3 の外側には、さらに内側管体と外側管体が同軸に配され、それら外側管体と内側管体との間と、内側管体と支燃性ガス噴射管 3 との間に、相互に連通した冷却流体用流路（冷却流体の往路及び復路）を形成している。
- [0026] 本実施形態の助燃バーナーに使用できる燃料としては、以下のものが例示できる。気体燃料としては、例えば、LPG（液化石油ガス）、LNG（液化天然ガス）、水素、製鉄所副生ガス（Cガス、Bガス等）、これらの2種以上の混合ガスなどが挙げられ、これらの1種以上を用いることができる。

また、固体燃料としては、粉末状固体燃料、例えば、石炭（微粉炭）、プラスチック（粒状又は粉状のもの。廃プラスチックを含む）などが挙げられ、これらの1種以上を用いることができるが、石炭（微粉炭）が特に好ましい。また、支燃性ガスとしては、純酸素（工業用酸素）、酸素富化空気、空気のいずれを用いてもよいが、純酸素を用いることが好ましい。搬送気体としては、例えば窒素を用いることができる。

[0027] [支燃性ガス噴射管を最外周とする理由]

支燃性ガスの流量は、供給ガス量の中で最も多いことから、他の供給ガス（気体燃料及び搬送気体）と流速を合わせるためには、支燃性ガス吐出口31の吐出面積を気体燃料吐出口21や固体燃料吐出口11よりも大きくする必要がある。その観点から、支燃性ガス噴射管3は最外周とするのが最適である。以下、支燃性ガスとして酸素を、気体燃料としてLNGを、固体燃料として微粉炭をそれぞれ使用する場合を例に説明する。

まず、燃焼に必要な酸素の量は下記(1)式により算出される。

燃焼に必要な酸素量 = 酸素比（係数）× [LNG流量 × LNGの理論酸素量 + 微粉炭供給量 × 微粉炭の理論酸素量] … (1)

[0028] 燃焼に必要な酸素量について、以下の条件にて具体的に算出する。すなわち、計算条件として、LNGの発熱量を $9700 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ とし、固体燃料である微粉炭の発熱量を $7500 \text{ kcal} / \text{kg}$ とする。また、助燃バーナーの総エネルギーの90%を固体燃料、10%を気体燃料から供給するものとする。例えば、LNGを $6.2 \text{ Nm}^3 / \text{h}$ で供給する場合は、その発熱量は $60 \text{ Mcal} / \text{h}$ となる。この場合、バーナーの目標総発熱量である $600 \text{ Mcal} / \text{h}$ との差分である $540 \text{ Mcal} / \text{h}$ を微粉炭から供給する必要があり、その供給量は約 $72 \text{ kg} / \text{h}$ となる。また、理論酸素量は燃料中の炭素分や水素分などから算出され、LNGの理論酸素量は $2.25 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3$ 程度、微粉炭の理論酸素量は $1.70 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$ 程度である。

[0029] 酸素比は1.0～1.1の酸素過剰条件が一般的であり、酸素比を1.1とした場合の燃焼に必要な酸素量は、上記(1)式より $150 \text{ Nm}^3 / \text{h}$ (= 1

、 $1 \times [6.2 \times 2.25 + 7.2 \times 1.7]$) と算出される。したがって、純酸素を用いた場合では、LNG燃料の約2.5倍の流量が必要である。また、微粉炭の搬送窒素と比較しても、固気比（単位時間当たりの固体の供給速度／単位時間当たりの搬送気体の供給速度）が1.2の場合の窒素流量は5.8 Nm³/h程度であり、約2.6倍の流量が必要である。したがって、酸素の吐出速度を燃料ガスや微粉炭の吐出速度と同じにするためには、支燃性ガス吐出口31は、気体燃料吐出口21や固体燃料吐出口11の20倍以上の吐出面積（径方向断面積）が必要となる。このため、バーナーのレイアウト上、支燃性ガス吐出口31をバーナーの最外周部に配置するのが合理的である。また、支燃性ガスとして純酸素ではなく、空気を用いる場合はさらに5倍の流量が必要となる。この場合も同様の理由から、支燃性ガス吐出口31をバーナーの最外周部に配置するのが合理的である。

[0030] [旋回羽根]

支燃性ガス流路30とは、その周方向に所定間隔で、支燃性ガスを旋回（バーナー周方向での旋回。以下同様）させるための複数枚の旋回羽根4（第1羽根）が設けられる。また、気体燃料流路20にも、その周方向に所定間隔で、気体燃料を旋回させるための複数枚の旋回羽根5（第2羽根）が設けられる。このように特定の条件で設けられた旋回羽根4、5により支燃性ガスと気体燃料に旋回を付与することにより、固体燃料を気体燃料とともに適切かつ効率的に燃焼させることができ、これによりスクラップ加熱効果が向上し、さらに、バーナーの火炎温度が均一化される。その結果、電気炉内のスクラップを効率よく加熱又は溶解することができる。

[0031] 燃焼に必要な要素として、可燃性物質、酸素、温度（火源）の3要素が挙げられる。また、可燃性物質の状態に関して、燃焼の容易さは気体、液体、固体の順番である。これは、可燃性物質が気体状態であれば、可燃性物質と酸素との混合が容易であり、燃焼の継続（連鎖反応）が行われるからである。

[0032] 助燃バーナーを用いて可燃性物質として気体燃料を燃焼させた場合、酸素

濃度や気体燃料の流速やバーナーチップ形状に依存するが、一般的に気体燃料はバーナー先端から噴射された直後に即座に燃焼する。これに対して、可燃性物質として石炭に代表される固体燃料を用いる場合、気体燃料のように早く燃焼させるのは困難である。これは、石炭の着火温度が400～600℃程度であり、この着火温度を維持することと、着火温度までの昇温時間が必要であることに起因する。

[0033] 固体燃料が着火温度に到達するまでの昇温時間は、固体燃料の粒径（比表面積）に依存し、粒子を細かくすれば、着火時間を短くすることはできる。これは、燃焼反応が、着火温度の維持と、可燃性物質と酸素との反応によって進行するためである。燃焼反応を効率よく進行させるためには、石炭の効率的な加熱と、石炭と酸素との反応を順次発生させることが重要である。

[0034] 本実施形態の助燃バーナーは、上記のような石炭の効率的な加熱と、可燃性物質と酸素との反応を、ガスの旋回を利用して向上させるものである。

[0035] 以下、助燃バーナーの気体燃料としてLNG（液化天然ガス）、固体燃料として石炭（微粉炭）、支燃性ガスとして純酸素を使用する場合を例として説明する。なお、燃料の着火温度は、一般的には固体燃料＞液体燃料＞気体燃料である。

[0036] 助燃バーナーの燃料としてLNGと石炭を用いた場合、LNGと純酸素の燃焼により石炭の着火温度以上の燃焼場が作られ、この燃焼場に石炭が送り込まれることで石炭が着火温度まで温度上昇し、石炭の燃焼（気化→着火）が起こる。石炭の温度上昇に必要な熱量が消費されるため火炎温度は低下するが、石炭の着火が起きる領域では温度が上昇する。

[0037] 燃料であるLNGや石炭と酸素の反応により、不燃性気体である二酸化炭素が発生する。不燃性気体は燃焼の継続（連鎖反応）を阻害し、燃焼性を低下させる原因となる。また、石炭は搬送気体とともに供給されるが、搬送気体の流量が多いと搬送気体の比熱分の温度低下となることから、一般的に、固気比を大きくした方が燃焼性は向上する。しかしながら、固気比が大きい状態とは、石炭が密な状態であり、外部からの熱や酸素との反応が中心部へ

伝わりにくい条件である。石炭を効率よく燃焼させるためには、石炭の燃焼場において、石炭の周囲に熱や酸素が十分存在する条件を作り出すことが重要である。

[0038] そして、本発明者らによる検討の結果、酸素（支燃性ガス）とLNG（気体燃料）に特定の条件で旋回を付与することで、石炭及びLNGと酸素とを効率よく混合させながら均一に燃焼させることができ、高い燃焼性が得られることが判った。すなわち、LNG及び石炭と酸素との反応が迅速に行われ、この反応熱によって石炭が効率的に加熱され、さらに、反応によって発生する二酸化炭素も酸素の旋回により拡散される。このため、燃焼性が向上することが判った。

[0039] すなわち、本実施形態では、支燃性ガス流路30に設けられる複数枚の旋回羽根4のバーナー軸線に対してなす角度 θ_1 （図3）と、気体燃料流路20に設けられる複数枚の旋回羽根5のバーナー軸線に対してなす角度 θ_2 （図4）とが、 $\theta_1 < \theta_2$ の関係を満たすことが重要である。この理由は以下のとおりである。すなわち、支燃性ガスと気体燃料に旋回を付与することにより、固体燃料及び気体燃料と支燃性ガスとの混合を促進するには、一般的には旋回角度（旋回羽根のバーナー軸線に対してなす角度 θ ）を大きくすることが有効である。しかし、本実施形態の助燃バーナーでは、支燃性ガスは最外周部から噴出しており、旋回角度が大きすぎると逆に拡散しすぎてしまう。一方、気体燃料は、支燃性ガスよりも内側から噴出しているため、支燃性ガスよりも旋回角度を大きくしても、その外周部に支燃性ガス流があるため周辺に拡散をすることがなく、むしろ旋回角度を大きくすることにより混合が促進される。つまり、ノズル幾何学的な構成上で、支燃性ガスの内側から噴出させる気体燃料の旋回角度を大きくすることが重要である。

[0040] 角度 θ_1 と角度 θ_2 は、上記のとおり $\theta_1 < \theta_2$ の関係を満足すればよいが、上述した作用をより確実に得るという観点からは、 $\theta_2 - \theta_1$ が 15° 以上 45° 以下であることが望ましい。

[0041] また、本発明の効果をより確実に得るという観点からは、支燃性ガス流路

30に設けられる旋回羽根4の角度 θ_1 は 10° 以上 50° 以下とすることが好ましく、気体燃料流路20に設けられる旋回羽根5の角度 θ_2 は 20° 以上 75° 以下とすることが好ましい。

[0042] 旋回羽根4の角度 θ_1 が 10° 未満では、支燃性ガスに十分な旋回を付与することができない恐れがある。一方、旋回羽根4の角度 θ_1 が 50° を超えると、支燃性ガスが外側に拡散しすぎ、燃焼場において石炭の周囲に熱や酸素が十分存在する条件を作り出すことができなくなる恐れがある。以上のような観点から、より好ましい旋回羽根4の角度 θ_1 は 20° 以上 45° 以下である。

[0043] また、旋回羽根5の角度 θ_2 が 20° 未満では、気体燃料に十分な旋回を付与することができない恐れがある。一方、旋回羽根5の角度 θ_2 が 75° を超えると支燃性ガスとの混合が不十分になりやすく、よどみ領域が生じて燃焼が不十分となる恐れがある。以上のような観点から、より好ましい旋回羽根5の角度 θ_2 は 45° 以上 65° 以下である。

[0044] 旋回羽根4、5の枚数や旋回羽根4、5の肉厚などについては、特に制限はないが、ガス（支燃性ガス、気体燃料）に十分な旋回を付与する一方で、ガスの流れを阻害せず、かつ羽根が変形しないようにするために、旋回羽根4、5の枚数はそれぞれ8枚以上16枚以下、羽根の肉厚は1～10mm程度が適当である。

[0045] また、バーナー軸方向での旋回羽根4、5の設置位置は、ガス流路（支燃性ガス流路30、気体燃料流路20）内であれば特に制限はないが、ガス流路の先端（支燃性ガス吐出口31、気体燃料吐出口21）から離れすぎると、旋回羽根4、5を通過したガス同士が混合する前に目標とする旋回角度を維持できなくなる恐れがある。一方、旋回羽根4、5の設置位置がガス流路の先端（支燃性ガス吐出口31、気体燃料吐出口21）に近すぎると、旋回角度を保持するための助走時間が短いため、狙い通りの旋回角度を保持した旋回流（支燃性ガス流、気体燃料流）が生じにくくなる。このため、図3に示す旋回羽根4の支燃性ガス吐出口31側の先端と、支燃性ガス吐出口31

とのバーナー軸方向での距離 L_{B1} 、及び図4に示す旋回羽根5の気体燃料吐出口21側の先端と、気体燃料吐出口21とのバーナー軸方向での距離 L_{B2} は、それぞれ10～50mm程度とするのが好ましい。

[0046] また、図3に示すバーナー軸方向での旋回羽根4の長さ L_{A1} 、及び図4に示すバーナー軸方向での旋回羽根5の長さ L_{A2} は、安定した旋回流が得られるようにするために、それぞれ20mm以上であることが好ましい。また、当該長さ L_{A1} 及び L_{A2} は、羽根の製造コストの観点からそれぞれ100mm以下であることが好ましい。

[0047] また、図3に示す各々の旋回羽根4の支燃性ガス流路30の周方向における長さ（周長）を Q_1 とし、旋回羽根4の支燃性ガス流路30の周方向での間隔を P_1 としたとき、 Q_1/P_1 （ラップ率）を1.0以上1.2以下とすることが好ましい。同様に、図4に示す各々の旋回羽根5の気体燃料流路20の周方向における長さ（周長）を Q_2 とし、旋回羽根5の気体燃料流路20の周方向での間隔を P_2 としたとき、 Q_2/P_2 （ラップ率）を1.0以上1.2以下とすることが好ましい。 Q_1/P_1 又は Q_2/P_2 が1.0未満では、ガス流れに旋回を付与しにくくなる結果、火炎温度の均一化が困難となる。一方、 Q_1/P_1 又は Q_2/P_2 が1.2を超えると、ガスが流れる際の抵抗が大きくなるため、ガスの流れに対して圧力損失が大きくなり、流れにくくなる結果、やはり火炎温度の均一化が困難となる。なお、図3に示すように、全ての旋回羽根4は、距離 L_{B1} 、バーナー軸方向での長さ L_{A1} 、及び周長 Q_1 が同一であり、間隔 P_1 も等間隔であることが好ましい。また、図4に示すように、全ての旋回羽根5は、距離 L_{B2} 、バーナー軸方向での長さ L_{A2} 、及び周長 Q_2 が同一であり、間隔 P_2 も等間隔であることが好ましい。

[0048] また、旋回羽根4による旋回方向と旋回羽根5による旋回方向は、同じ方向とする方が好ましいが、異なる方向であってもよい。

[0049] 旋回羽根4、5は、それ自体を管体（噴射管）に組み込む方式としてもよいし、管体と一体構造となるような機械加工を施したものでもよい。

[0050] （第2の実施形態による電気炉用助燃バーナー）

以下、図1～7を参照して、本発明の第2の実施形態による電気炉用助燃バーナー200を説明する。本実施形態の助燃バーナー200は、旋回羽根の構成を除いて第1の実施形態による助燃バーナー100と同様の構成を有する。このため、以下では旋回羽根の構成を中心に説明し、それ以外については第1の実施形態の記載を援用する。

[0051] [旋回羽根]

本実施形態では、気体燃料流路20にのみ、その周方向に所定間隔で、気体燃料を旋回させるための複数枚の旋回羽根5が設けられる。一方で、支燃性ガス流路30には、旋回羽根を設けない。ただし、支燃性ガス流路30には、支燃性ガスの旋回目的ではなく、気体燃料噴射管2と支燃性ガス噴射管3とを同芯状に保持する目的で、第1の実施形態における角度 θ_1 が 0° となる第1の羽根(図5では図示せず)が設けられている。

[0052] このように特定の条件で設けられた旋回羽根5により気体燃料に旋回を付与することにより、気体燃料と固体燃料と支燃性ガスの混合促進作用が得られ、固体燃料を気体燃料とともに適切かつ効率的に燃焼させることができ、これによりスクラップ加熱効果が向上し、さらに、バーナーの火炎温度が均一化される。その結果、電気炉内のスクラップを効率よく加熱又は溶解することができる。

[0053] 本実施形態では、支燃性ガスは旋回せずに直進する。このため、気体燃料に比較的大きな旋回角度で旋回を付与しても、直進する支燃性ガスの流れが一種の壁のような役割を果たす。このため、支燃性ガスが外側方向に向かって拡散するようなことがなく、燃焼性が低下しない。さらに、支燃性ガスを旋回させずに気体燃料のみを旋回させることで、支燃性ガスの直進性を確保しつつ混合を促進させることができるため、バーナー火炎の直進を高めることができる。すなわち、後述する図9で説明するバーナー火炎長さを長くできる。このため、本実施形態の助燃バーナー200は、バーナー火炎の直進性を増す必要がある場合に特に有用であるといえる。

[0054] 本発明者らによる検討の結果、本実施形態では、気体燃料に特定の条件で

旋回を付与することで、石炭及びLNGと酸素とを効率よく混合させながら均一に燃焼させることができ、高い燃焼性が得られることが判った。すなわち、LNG及び石炭と酸素との反応が迅速に行われ、この反応熱によって石炭が効率的に加熱され、さらに、反応によって発生する二酸化炭素も気体燃料の旋回により拡散される。このため、燃焼性が向上することが判った。

[0055] すなわち、本実施形態では、旋回羽根5のバーナー軸線に対してなす角度 θ_2 (図7)を 10° 以上 70° 以下とする必要がある。この旋回羽根5の角度 θ_2 が 10° 未満では、気体燃料に十分な旋回を付与することができず、さきに述べたような本発明が狙いとする作用効果(混合促進作用)が十分に得られない。一方、旋回羽根5の角度 θ_2 が 70° を超えても混合促進作用は得られるが、バーナー火炎の直進性が減じてしまい、バーナー火炎長が短くなってしまふ。以上のような観点から、角度 θ_2 は 10° 以上 70° 以下であるが、より好ましくは 45° 以上 60° 以下である。

[0056] なお、旋回羽根5の枚数や肉厚、旋回羽根5の気体燃料吐出口21側の先端と気体燃料吐出口21とのバーナー軸方向での距離 L_{B2} 、バーナー軸方向での旋回羽根5の長さ L_{A2} 、図7に示す Q_2/P_2 (ラップ率)などの点についての好ましい条件、支燃性ガス噴射管2を最外周とする理由などは、さきに述べた第1の実施形態と同様である。

[0057] 以上説明した本発明の第1及び第2実施形態の助燃バーナー100, 200によれば、固体燃料を気体燃料とともに適切かつ効率的に燃焼させることにより、スクラップ加熱効果が向上し、さらに、バーナーの火炎温度が均一化する。このため、石炭などの安価な固体燃料を用いて、鉄系スクラップを効率よく加熱又は溶解することができる。さらに、本実施形態の助燃バーナー100, 200では、以下の付加的な効果を奏する。すなわち、本実施形態では、全燃料に占める固体燃料の比率(発熱量換算、以下単に「固体燃料比率」という。)を変えることにより、加熱又は溶解しようとするスクラップとの距離に応じて火炎長さを任意に調整することができる。また、一般に、助燃バーナーはガス流速が比較的小さいために、飛散してくる溶鉄や溶融

スラグのスプラッシュによりガス吐出口が詰まってしまうことがあるが、本実施形態では、固体燃料の搬送ガスによりスプラッシュがパージされるため、スプラッシュによるガス吐出口の詰まりが生じにくい。

[0058] 図8は、本実施形態の助燃バーナー100、200の使用状況の一例（電気炉の半径方向での縦断面）を模式的に示すものであり、7は炉体、8は電極、100、200は助燃バーナー、xはスクラップである。助燃バーナー100、200は、適当な伏角をもって設置される。助燃バーナー100、200は、電気炉内のいわゆるコールドスポットにあるスクラップを加熱又は溶解できるように、通常、複数基設置される。

[0059] ここで、助燃バーナーに用いる燃料の着火温度によって、火炎長さに違いが生じる。固体燃料と気体燃料は着火温度が異なるので、固体燃料比率を変えることにより、助燃バーナーの火炎長さ（つまり、バーナーからある距離だけ離れた位置での火炎温度）を任意に調整することができる。

[0060] さきに述べたように、本実施形態の助燃バーナーでは、気体燃料と支燃性ガスの燃焼により固体燃料の着火温度以上の燃焼場が作られ、この燃焼場に固体燃料が送り込まれることで固体燃料が着火温度まで温度上昇し、固体燃料の燃焼（気化→着火）が起こる。固体燃料の温度上昇に必要な熱量が消費されるため火炎温度は低下するが、固体燃料の着火が起きる領域では温度が上昇する。したがって、本実施形態の助燃バーナーで生じる火炎は、固体燃料比率が低い時はバーナー先端から近い位置が高温となる（すなわち短い火炎となる）が、固体燃料比率を高くすると、固体燃料の吸熱の後の発熱により、バーナー先端から遠い位置でも高温となる（すなわち長い火炎となる）。したがって、固体燃料比率を変えることで、火炎長さ（つまり、バーナーからある距離だけ離れた位置での火炎温度）を制御することができる。

[0061] 図9は、本実施形態の助燃バーナーについて、固体燃料比率を変えた場合の火炎長さの変化を模式的に示したものである。同図において、実線はバーナー軸方向においてバーナー先端から0.2m離れた位置での火炎温度であり、破線は同じくバーナー先端から0.4m離れた位置での火炎温度であり

、横軸は気体燃料＋固体燃料中での固体燃料の比率である。図9によれば、固体燃料比率が低い条件では、バーナー近傍である0.2 m位置での火炎温度は高温であるが、0.4 m位置では急激な温度低下が生じている。すなわち、火炎長さが短い。一方、固体燃料比率が高い条件では、バーナー近傍である0.2 m位置での火炎温度は、気体燃料100%の場合と比較して低温であるが、0.4 m位置でもほとんど温度低下が生じていない。すなわち、火炎長さが長い。これは、バーナー近傍では気体燃料が優先的に燃焼し、その火炎内で高温化した固体燃料が0.4 m位置で燃焼され、温度が維持されるためである。

[0062] 電気炉の操業では、スクラップの装入、追装や溶解により助燃バーナーとスクラップとの距離が変化する。一般に、助燃バーナーとスクラップの距離は、操業開始時や追装後の初期段階では小さく、スクラップの溶解の進行とともに大きくなる。これは、最初に助燃バーナーに近いスクラップから順に溶解されるため、スクラップの溶解の進行とともに、未溶解のスクラップと助燃バーナーとの距離が大きくなっていくためである。本実施形態の助燃バーナーは、加熱又は溶解しようとするスクラップとの距離に応じて固体燃料比率を変えることで火炎長さを調整（変更）し、スクラップと助燃バーナーとの距離の関わりなく、火炎がスクラップに届くようにすることができる。すなわち、助燃バーナーとスクラップの距離が小さい時は、固体燃料比率を低くして火炎長さを短くし、助燃バーナーとスクラップの距離が大きい時は、固体燃料比率を高めて火炎長さを長くする。これにより、スクラップを効率よく加熱又は溶解することができる。

[0063] 具体的には、電気炉の一般的な操業（1チャージの操業）では、2～3回程度のスクラップの装入が行われる。電気炉の操業は、初回スクラップを装入した後に、通電開始や助燃バーナー使用開始により始まる。操業開始時の状態は、前操業の溶鉄を一部残留させて下部に溶湯が存在する場合と、前操業の溶鉄全量を出湯させて炉内为空の場合があるが、操業方法に大きな違いはない。スクラップ装入後の初期段階は、嵩密度が高く電気炉内の全体にス

クラップが充填されている状況である。したがって、助燃バーナー先端部とスクラップの距離は近い状態にある。スクラップ装入後の初期段階における助燃バーナー先端部とスクラップの距離は大よそ0.5 m程度である。これは、助燃バーナー先端部とスクラップの距離が近すぎると、スクラップが溶解した時に発生するスプラッシュが助燃バーナーに溶着してしまうためである。また、助燃バーナー先端部高さの位置は、炉の特性にもよるが、スクラップ溶け落ち後の湯面高さから1 m以上上方であるのが一般的である。

[0064] 操業が進行すると、溶鉄と接している下部や、電極近傍や、助燃バーナー近傍のスクラップから溶解が進行していく。助燃バーナー近傍のスクラップは、スクラップ装入後の初期段階では溶解とともに上部にあるスクラップが落下するため、常に0.5 m程度の距離があるが、上部のスクラップがなくなるとスクラップとの距離が遠くなる。スクラップとの距離が遠くなると、助燃バーナーの熱をスクラップに対して効率的に供給することができないことから、従来では、助燃バーナーを停止する操業を行うこともあった。これに対して本実施形態の助燃バーナーを用いた操業では、スクラップが近い時は固体燃料比率を低くして短い火炎でスクラップを溶解し、溶解が進行してスクラップの距離が遠くなった時に固体燃料比率を高くすることで、長い火炎でスクラップを溶解する。これによって、より多くのスクラップを効率的に溶解することができ、操業時間の短縮および電力原単位の削減を図ることができる。2～3回程度のスクラップの装入により助燃バーナーとスクラップとの距離が変化することから、固体燃料比率をその都度適正に変化させることで、スクラップを効率的に溶解させることができる。

[0065] 上記操業の場合、助燃バーナーとスクラップの距離を把握する必要があるが、例えば、助燃バーナーにレーザー距離計を設置し、このレーザー距離計によりスクラップまでの距離を測定することができる。また、排滓口などの窓を通じて炉内の状況を監視カメラで観察することができ、電気炉の構造によっては、この監視カメラによる炉内の観察によりスクラップまでの距離を把握することができる。また、操業データから距離の把握に有用な情報が得

られる場合もある。

実施例

[0066] [実施例 1]

図 1 ～ 図 4 に示す構造の助燃バーナーを用いて鉄板を加熱し、鉄板の温度測定を行った。バーナーの燃焼条件を表 1 に示す。

[0067] 燃料には LNG（気体燃料）と微粉炭（固体燃料）を用い、支燃性ガスには純酸素を用いた。中心の固体燃料噴射管から窒素を搬送気体として微粉炭を噴射するとともに、その外側の気体燃料噴射管から LNG を、その外側（最外周）の支燃性ガス噴射管から純酸素を、それぞれ噴射した。微粉炭の仕様は、表 2 に示す。

[0068] 各水準における、支燃性ガス噴射管内の旋回羽根の角度 θ_1 、気体燃料噴射管内の旋回羽根の角度 θ_2 、 Q_1/P_1 の値、及び Q_2/P_2 の値を表 3 に示した。なお、角度 0° の旋回羽根とは、支燃性ガスや気体燃料の旋回目的ではなく、気体燃料噴射管 2 と支燃性ガス噴射管 3、固体燃料噴射管 1 と気体燃料噴射管 2 を、それぞれ同芯状に保持する部材として設けられるものである。なお、全水準において、旋回羽根の枚数は 8 枚、 L_{B1} 及び L_{B2} は 40 mm、 P_1 及び P_2 は 30 mm とした。

[0069] 図 10 に、助燃バーナーを用いた燃焼試験の概略を示す。図 10 (A) は燃焼試験の方法を、図 10 (B) は当該燃焼試験で鉄板に対する熱電対の設置位置を、それぞれ示している。

[0070] 温度測定に用いた鉄板の寸法は縦 500 mm、横 500 mm、厚み 4 mm であり、SS400 を用いた。鉄板の温度を測定するために、バーナー火炎の照射面の反対側に K 型熱電対を、板中央に 1 カ所、中央から左右 100 mm の位置に各 1 カ所、中央から左右 200 mm の位置に各 1 カ所の計 5 カ所設置した。さらに、K 型熱電対を設置した鉄板面側に、厚み 25 mm の断熱材（耐火ボード）を設置した。この断熱材付の鉄板を、助燃バーナーと対向する前面にバーナー火炎導入用の開口を設けた炉（炉内温度：室温）内に配置した。バーナー先端から鉄板までの距離は、電気炉操業を想定して 1.0

mとした。

[0071] バーナー点火を実験開始とし、鉄板に設置した熱電対の出力をデータロガーに取り込み、300℃から1000℃までの鉄板の昇温速度を測定し、鉄板幅方向における熱電対5点の昇温速度の平均値、最大値、最小値を求めた。また、昇温速度の[最大値] - [平均値]、及び[平均値] - [最小値]を求めた。それらの結果を表3に示す。

[0072] 鉄板の昇温速度に基づき、以下の判定基準で総合評価を行い、「○」、「△」を合格、「×」を不合格とした。結果を表3に示す。なお、鉄板の昇温速度の鉄板幅方向における平均値が200℃/分未満のものは、基本的にバーナーとしての性能を満たさないと考えられる。

○：昇温速度の平均値が200℃/分以上、かつ、昇温速度の[最大値] - [最小値]が100℃/分以下

△：昇温速度の平均値が200℃/分以上、かつ、昇温速度の[最大値] - [平均値]と[平均値] - [最小値]がともに100℃/分以下、かつ、昇温速度の[最大値] - [最小値]が100℃/分超200℃/分以下

×：次の(1)～(4)の条件のうちの1つ以上を満足しない。(1)昇温速度の平均値が200℃/分以上、(2)昇温速度の[最大値] - [平均値]が100℃/分以下、(3)昇温速度の[平均値] - [最小値]が100℃/分以下、(4)昇温速度の[最大値] - [最小値]が200℃/分以下

[0073] 表3から明らかなように、角度 θ_1 及び θ_2 が0°のNo. 1では、昇温速度の平均値が187℃/分(最大値228℃/分、最小値152℃/分)と低く、加熱能力に問題がある。

[0074] No. 5, 7, 8は、 $\theta_1 > \theta_2$ であり、本発明条件を満足しないため、気体燃料と固体燃料と支燃性ガスの混合促進作用が不十分であり、このため昇温速度の平均値が200℃/分未満と低く、No. 1と同様、加熱能力に問題がある。

[0075] これに対して本発明例であるNo. 2～4, 6, 9～14は、高い加熱能力を有するとともに、昇温速度のバラツキが小さくいため、広い面積を安定

的に加熱できる。このため、スクラップを均一に加熱でき、操業で問題となるスクラップの不均一溶解に対して効果的である。

[0076] また、本発明例のなかでも、角度 θ_1 が 20° 以上 45° 以下、かつ角度 θ_2 が 45° 以上 65° 以下である発明例、また、 $\theta_2 - \theta_1$ が 15° 以上 45° 以下である発明例に該当するNo. 3, 4, 9は、全体として、より昇温速度の平均値が高く且つ昇温速度のバラツキが小さくなっている。すなわち、これらは特に好適な助燃バーナーであるといえる。

[0077] また、旋回羽根の角度 $\theta_1 = 20^\circ$ 、 $\theta_2 = 45^\circ$ に固定し、 Q_1/P_1 及び Q_2/P_2 の値を種々変更したNo. 3, 11~14を比較すると、 Q_1/P_1 及び Q_2/P_2 の値を1.0以上1.2以下としたNo. 3, 12, 13において、より昇温速度の平均値が高く且つ昇温速度のバラツキが小さくなっている。

[0078] この試験でのバーナー出力 600Mcal/h は、 60t/ch の電気炉に設置されている規模であり、実機スケールでの試験を実施した。したがって、実機の電気炉においても同様な効果が期待できることは明らかである。

[0079] [表1]

表1

バーナー出力	600Mcal/h
固体燃料吹き込み量	72kg/h
固体燃料搬送ガス流量	5.8Nm ³ /h
気体燃料流量	6.2Nm ³ /h
支燃性ガス流量	150Nm ³ /h

[0080] [表2]

表2

炭種(品名)	MDT
全炭素 (mass%)	81.7
固定炭素 (mass%)	76.9
揮発分 (mass%)	13.4
Ash (mass%)	9.7
S (mass%)	0.34
低位発熱量(kcal/kg)	7511
粒径d(90)(μm)	200

[0081]

[表3]

表3

No.	区分	気体燃料噴射管内の 旋回羽根の角度 θ_2 (°)	支燃ガス噴射管内の 旋回羽根の角度 θ_1 (°)	Q_1/P_1 (-)	Q_2/P_2 (-)	鉄板の昇温速度 (300°C→1000°C)			鉄板幅方向での昇温速度のバラツキ		総合 評価
						鉄板幅方向 での平均値 (°C/分)	鉄板幅方向 での最大値 (°C/分)	鉄板幅方向 での最小値 (°C/分)	[最大値]-[平均値] (°C/分)	[平均値]-[最小値] (°C/分)	
1	比較例	0	0	1.1	1.1	187	228	152	41	35	x
2	発明例	20	10	1.1	1.1	208	259	157	51	51	△
3	発明例	45	20	1.1	1.1	248	261	204	13	44	○
4	発明例	60	45	1.1	1.1	239	257	201	18	38	○
5	比較例	5	20	1.1	1.1	182	217	140	35	42	x
6	発明例	75	20	1.1	1.1	203	234	124	31	79	△
7	比較例	30	30	1.1	1.1	187	218	158	31	29	x
8	比較例	50	70	1.1	1.1	175	209	146	34	29	x
9	発明例	65	20	1.1	1.1	246	271	194	25	52	○
10	発明例	70	50	1.1	1.1	231	278	172	47	59	△
11	発明例	45	20	0.9	0.9	213	256	148	43	65	△
12	発明例	45	20	1.0	1.0	228	259	176	31	52	○
13	発明例	45	20	1.2	1.2	231	267	181	36	50	○
14	発明例	45	20	1.3	1.3	220	281	167	61	53	△

[0082] [実施例 2]

図 5～図 7 に示す構造の助燃バーナーを用いて鉄板を加熱し、鉄板の温度測定を行った。バーナーの燃焼条件（表 1）、使用した気体燃料、固体燃料（表 2）及び支燃性ガス、燃焼試験の方法（図 10）、試験結果の評価などは [実施例 1] と同様とした。

[0083] 各水準における、気体燃料噴射管内の旋回羽根の角度 θ_2 及び Q_2/P_2 の値を表 4 に示した。なお、角度 0° の旋回羽根とは、気体燃料の旋回目的ではなく、固体燃料噴射管 1 と気体燃料噴射管 2 とを同芯状に保持する部材として設けられるものである。なお、全水準において、旋回羽根の枚数は 8 枚、 L_{B2} は 40 mm、 P_2 は 30 mm とした。

[0084] 試験結果を表 4 に示す。表 4 から明らかなように、 θ_2 が 0° の N o. 1 は、表 3 の N o. 1 と実質的に同じ助燃バーナーであり、昇温速度の平均値が低く、加熱能力に問題がある。

[0085] N o. 2 は、 θ_2 が小さすぎるため、気体燃料に十分な旋回を付与することができず、混合促進作用が十分に得られない。このため、昇温速度の平均値が $189^\circ\text{C}/\text{分}$ （最大値 $241^\circ\text{C}/\text{分}$ 、最小値 $118^\circ\text{C}/\text{分}$ ）と低く、N o. 1 と同様、加熱能力に問題がある。

[0086] N o. 7 は、 θ_2 が大きすぎるため、バーナー火炎の直進性が低減してバーナー火炎長が短くなり、このため、昇温速度の平均値が $170^\circ\text{C}/\text{分}$ （最大値 $198^\circ\text{C}/\text{分}$ 、最小値 $115^\circ\text{C}/\text{分}$ ）と極めて低く、加熱能力に問題がある。

[0087] これに対して本発明例である N o. 3～6, 8～11 は、高い加熱能力を有するとともに、昇温速度のバラツキが小さくいため、広い面積を安定的に加熱できる。このため、スクラップを均一に加熱でき、操業で問題となるスクラップの不均一溶解に対して効果的である。

[0088] また、本発明例のなかでも、旋回羽根の角度 θ_2 を 45° 以上 60° 以下とした N o. 4, 5 は、特に昇温速度の平均値が高く且つ昇温速度のバラツキが小さい（昇温速度の [最大値] - [最小値] が $100^\circ\text{C}/\text{分}$ 以下）ため、

特に好適な助燃バーナーであるといえる。

[0089] また、旋回羽根の角度 $\theta_2 = 60^\circ$ に固定し、 Q_2/P_2 の値を種々変更した No. 5, 8~11 を比較すると、 Q_2/P_2 の値を 1.0 以上 1.2 以下とした No. 5, 9, 10 において、より昇温速度の平均値が高く且つ昇温速度のバラツキが小さくなっている。

[0090]

[表4]

表4

No.	区分	気体燃料噴射管内の 旋回羽根の角度 θ_2 (°)	Q_2/P_2 (-)	鉄板の昇温速度 (300°C→1000°C)			鉄板幅方向での昇温速度のバラツキ		総合 評価
				鉄板幅方向 での平均値 (°C/分)	鉄板幅方向 での最大値 (°C/分)	鉄板幅方向 での最小値 (°C/分)	[最大値]-[平均値] (°C/分)	[平均値]-[最小値] (°C/分)	
1	比較例	0	1.1	187	228	152	41	35	×
2	比較例	5	1.1	189	241	118	52	71	×
3	発明例	10	1.1	210	251	141	41	69	△
4	発明例	45	1.1	224	275	198	51	26	○
5	発明例	60	1.1	237	286	202	49	35	○
6	発明例	70	1.1	215	235	132	20	83	△
7	比較例	80	1.1	170	198	115	28	55	×
8	発明例	60	0.9	209	238	121	29	88	△
9	発明例	60	1.0	216	269	196	53	20	○
10	発明例	60	1.2	237	286	187	49	50	○
11	発明例	60	1.3	222	257	134	35	88	△

産業上の利用可能性

[0091] 本発明の助燃バーナーによれば、固体燃料を気体燃料とともに適切かつ効率的に燃焼させることで、鉄系スクラップの加熱効果を高くかつ均一にすることが可能である。

符号の説明

- [0092] 100, 200 電気炉用助燃バーナー
- 1 固体燃料噴射管
 - 2 気体燃料噴射管
 - 3 支燃性ガス噴射管
 - 4 旋回羽根 (第1羽根)
 - 5 旋回羽根 (第2羽根)
 - 7 炉体
 - 8 電極
 - x 鉄系スクラップ
 - 10 固体燃料流路 (第1流路)
 - 11 固体燃料吐出口
 - 12 固体燃料供給口
 - 20 気体燃料流路 (第2流路)
 - 21 気体燃料吐出口
 - 22 気体燃料供給口
 - 30 支燃性ガス流路 (第3流路)
 - 31 支燃性ガス吐出口
 - 32 支燃性ガス供給口
 - θ_1 旋回羽根4のバーナー軸線に対してなす角
 - Q_1 旋回羽根4の第3流路周方向における長さ
 - P_1 旋回羽根4の第3流路周方向における設置間隔
 - θ_2 旋回羽根5のバーナー軸線に対してなす角
 - Q_2 旋回羽根5の第2流路周方向における長さ

P₂ 旋回羽根 5 の第 2 流路周方向における設置間隔

請求の範囲

- [請求項1] 鉄系スクラップを溶解して溶鉄を製造する電気炉に付設され、燃料として気体燃料と固体燃料を用いる電気炉用助燃バーナーであって、前記固体燃料が通過する第1流路を区画し、該第1流路の先端から前記固体燃料を噴射する固体燃料噴射管と、前記固体燃料噴射管の周囲に配置され、前記固体燃料噴射管の外壁との間で前記気体燃料が通過する第2流路を区画し、該第2流路の先端から前記気体燃料を噴射する気体燃料噴射管と、前記気体燃料噴射管の周囲に配置され、前記気体燃料噴射管の外壁との間で支燃性ガスが通過する第3流路を区画し、該第3流路の先端から前記支燃性ガスを噴射する支燃性ガス噴射管と、前記第3流路に、その周方向に所定間隔で配置された複数枚の第1羽根と、前記第2流路に、その周方向に所定間隔で配置された複数枚の第2羽根と、を有し、前記複数枚の第1羽根のバーナー軸線に対してなす角度 θ_1 と、前記複数枚の第2羽根のバーナー軸線に対してなす角度 θ_2 とが、 $\theta_1 < \theta_2$ の関係を満たすことを特徴とする電気炉用助燃バーナー。
- [請求項2] 前記角度 θ_1 が 10° 以上 50° 以下であり、前記角度 θ_2 が 20° 以上 75° 以下である、請求項1に記載の電気炉用助燃バーナー。
- [請求項3] $\theta_2 - \theta_1$ が 15° 以上 45° 以下である、請求項1又は2に記載の電気炉用助燃バーナー。
- [請求項4] 各々の前記第1羽根の前記周方向における長さを Q_1 とし、前記複数枚の第1羽根の前記周方向における設置間隔を P_1 としたとき、 Q_1 / P_1 が 1.0 以上 1.2 以下であり、各々の前記第2羽根の前記周方向における長さを Q_2 とし、前記複数枚の第2羽根の前記周方向における設置間隔を P_2 としたとき、 Q_2 / P_2 が 1.0 以上 1.2 以下である、請求項2又は3に記載の電気

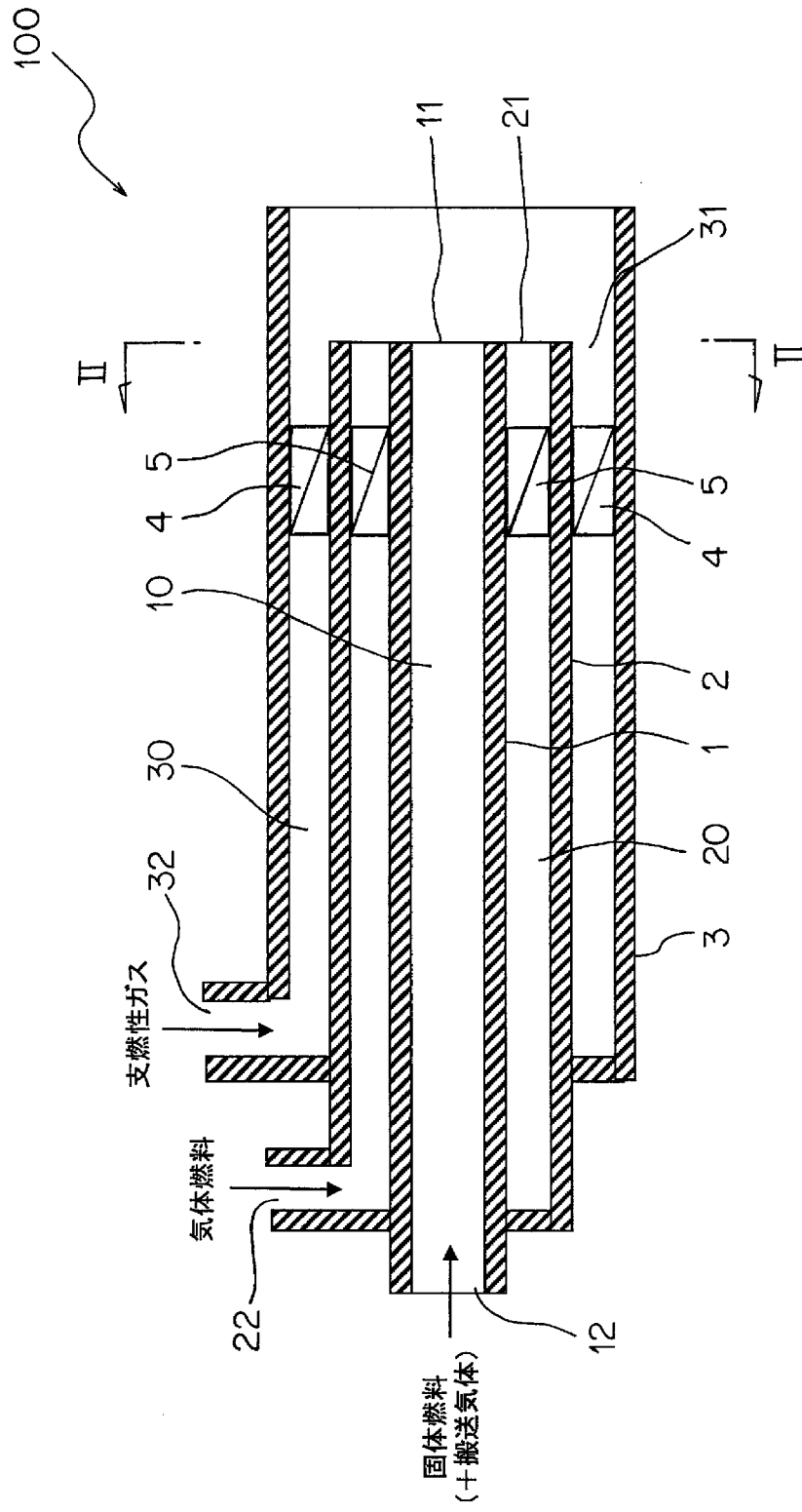
炉用助燃バーナー。

[請求項5] 前記角度 θ_1 が 0° であり、前記角度 θ_2 が 10° 以上 70° 以下である、請求項1に記載の電気炉用助燃バーナー。

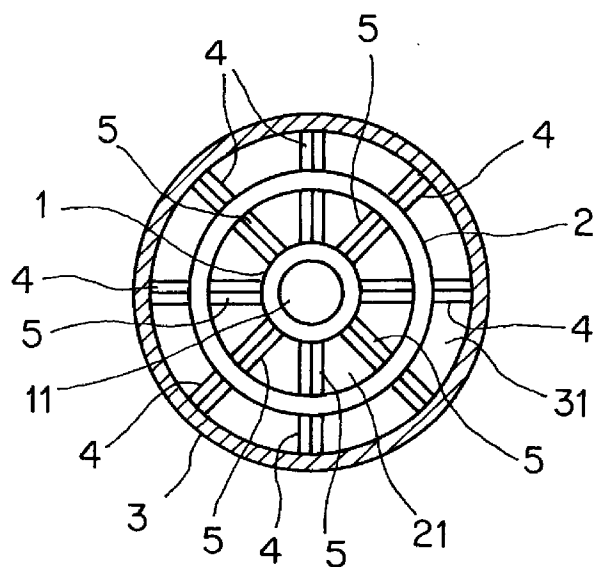
[請求項6] 前記角度 θ_2 が 45° 以上 60° 以下である、請求項5に記載の電気炉用助燃バーナー。

[請求項7] 各々の前記第2羽根の前記周方向における長さを Q_2 とし、前記複数枚の第2羽根の前記周方向における設置間隔を P_2 としたとき、 Q_2 / P_2 が 1.0 以上 1.2 以下である、請求項5又は6に記載の電気炉用助燃バーナー。

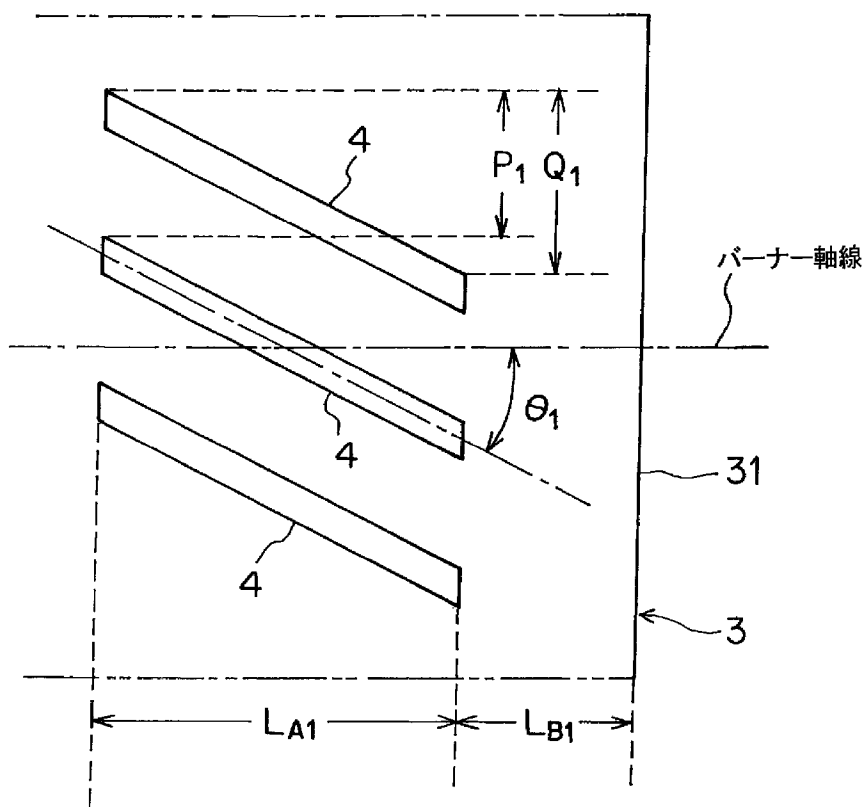
[図1]



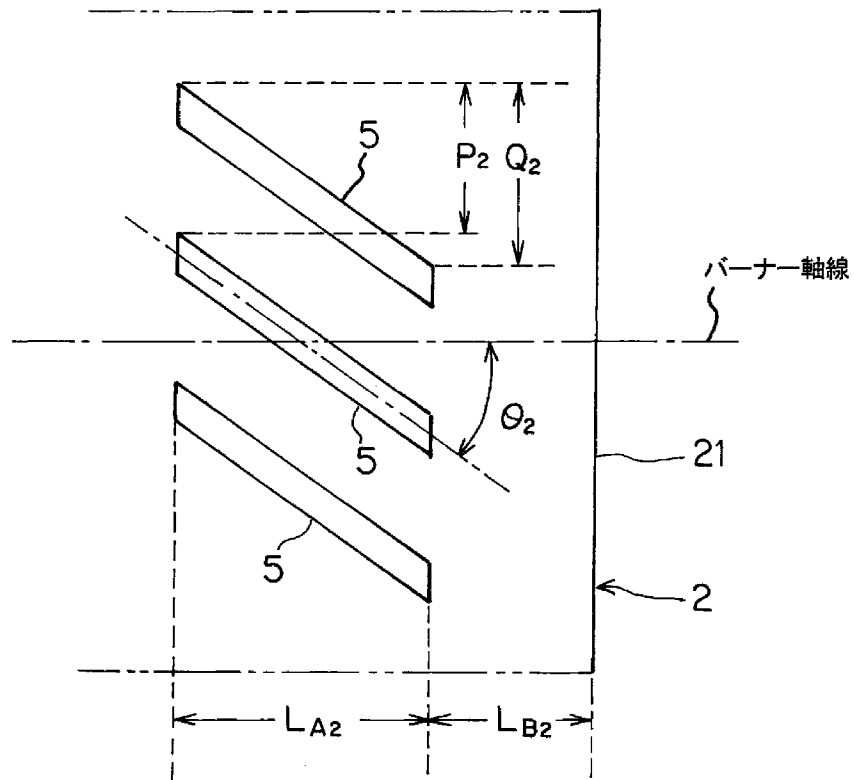
[図2]



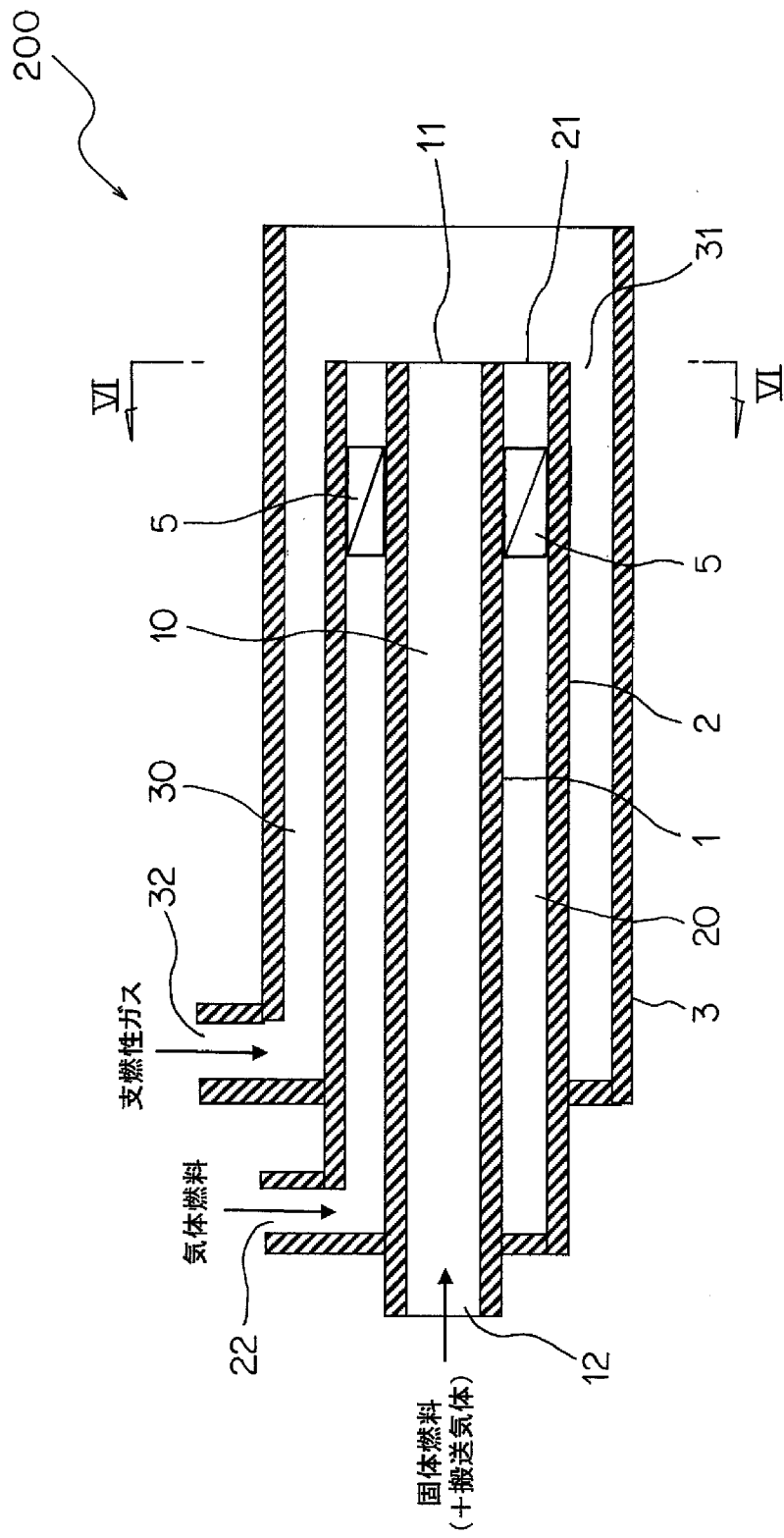
[図3]



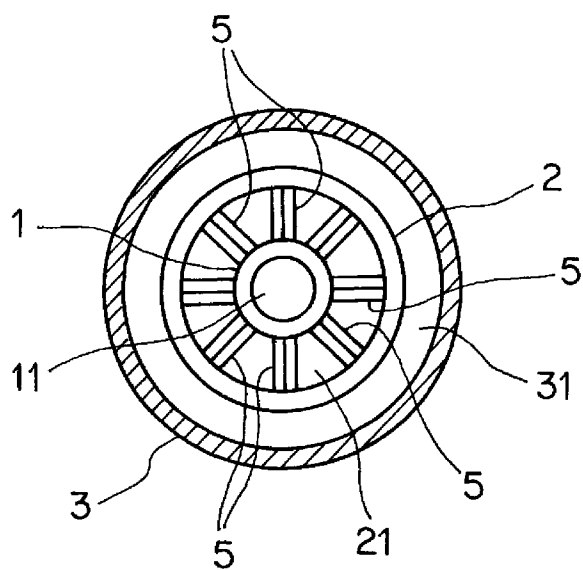
[図4]



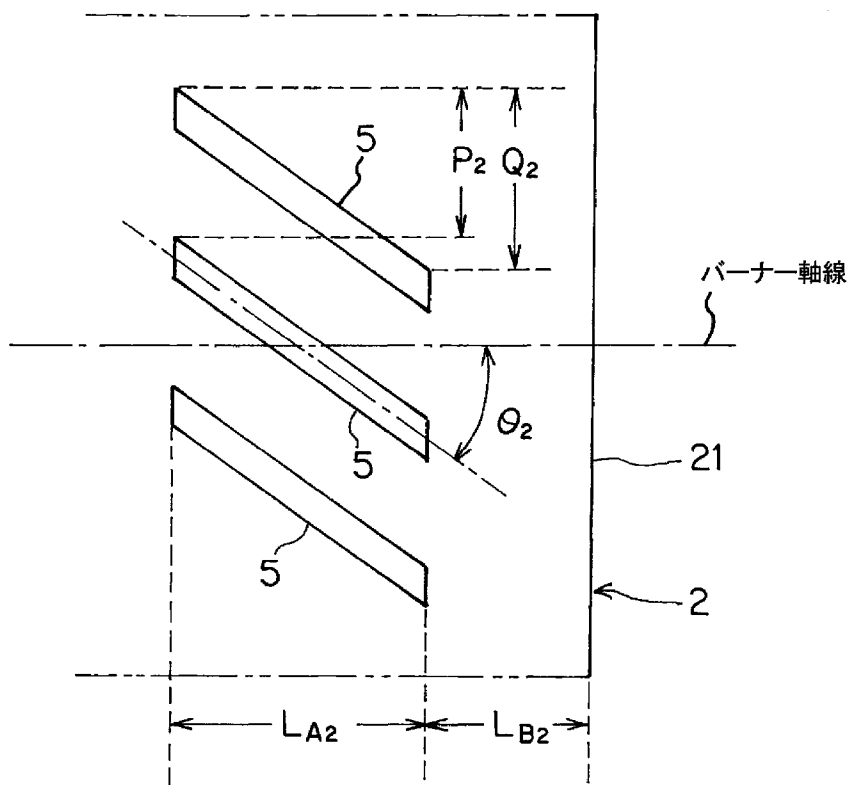
[図5]



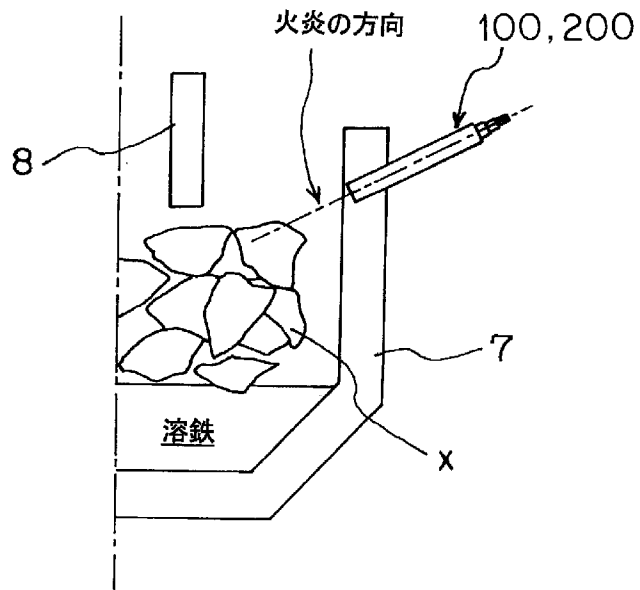
[図6]



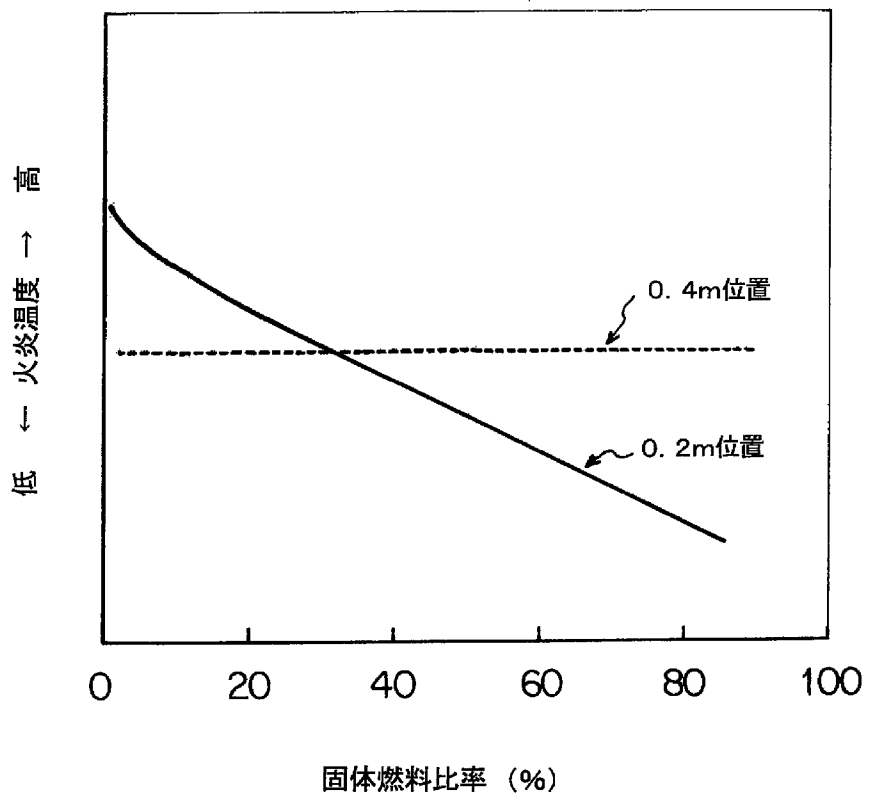
[図7]



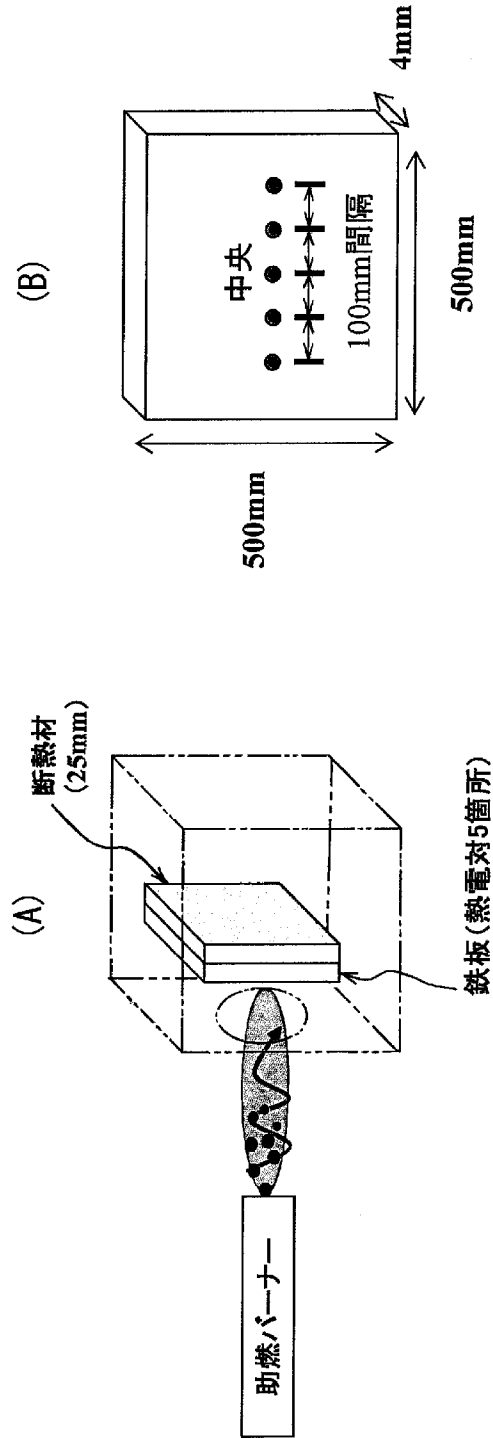
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/026715

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F23D14/24(2006.01)i, F23C1/12(2006.01)i, F23D17/00(2006.01)i, F27B3/08(2006.01)i, F27D3/16(2006.01)i, F27D7/02(2006.01)i

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)
F23D14/24, F23C1/12, F23D17/00, F27B3/08, F27D3/16, F27D7/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y A	JP 63-12923 B2 (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 23 March 1988 (23.03.1988), column 1, lines 10 to 13; column 2, line 23 to column 6, line 16; fig. 3, 7 (Family: none)	1, 5-7 2-4
Y	US 2012/0129111 A1 (FIVES NORTH AMERICA COMBUSTION, INC.), 24 May 2012 (24.05.2012), paragraph [0053]; fig. 19 & WO 2011/146551 A1	1, 5-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 22 September 2017 (22.09.17)	Date of mailing of the international search report 03 October 2017 (03.10.17)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/026715

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-283029 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 13 October 2005 (13.10.2005), paragraphs [0032] to [0035], [0063]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1, 5-7
Y	WO 2009/034626 A1 (Taiheiyo Cement Corp.), 19 March 2009 (19.03.2009), paragraphs [0023] to [0033]; table 1; fig. 1 to 3 & KR 10-2010-0061472 A	5-7
Y	WO 2015/136609 A1 (Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.), 17 September 2015 (17.09.2015), paragraph [0036]; fig. 9 & US 2016/0252246 A1 & KR 10-2016-0064155 A & CN 105683656 A	7
A	JP 2004-100967 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 02 April 2004 (02.04.2004), entire text; all drawings & JP 2004-180302 A & US 2004/0100967 A1 & EP 1458149 A2	1-7
A	JP 7-12314 A (Nippon Sanso Corp.), 17 January 1995 (17.01.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	US 2014/0004469 A1 (L'AIR LIQUIDE, S.A. POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES), 02 January 2014 (02.01.2014), entire text; all drawings & WO 2012/123382 A1 & EP 2500640 A1	1-7
A	EP 2141413 A1 (L'AIR LIQUIDE S.A. POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE), 06 January 2010 (06.01.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	US 5203692 A (F.L.SMIDTH & CO.A/S), 20 April 1993 (20.04.1993), entire text; all drawings & EP 440281 A2	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F23D14/24(2006.01)i, F23C1/12(2006.01)i, F23D17/00(2006.01)i, F27B3/08(2006.01)i, F27D3/16(2006.01)i, F27D7/02(2006.01)i

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))

Int.Cl. F23D14/24, F23C1/12, F23D17/00, F27B3/08, F27D3/16, F27D7/02

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y A	JP 63-12923 B2 (石川島播磨重工業株式会社) 1988.03.23, 第1欄第10-13行, 第2欄第23行-第6欄第16行, 第3, 7図 (ファミリーなし)	1, 5-7 2-4
Y	US 2012/0129111 A1 (FIVES NORTH AMERICA COMBUSTION, INC.) 2012.05.24, 段落 [0053], Fig. 19 & WO 2011/146551 A1	1, 5-7
Y	JP 2005-283029 A (大阪瓦斯株式会社) 2005.10.13, 段落 [003	1, 5-7

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
 「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矛盾するものではなく、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

22.09.2017

国際調査報告の発送日

03.10.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤原 弘

3L

3928

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

C (続き) . 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
	2] - [0035], [0063], 図1-3 (ファミリーなし)	
Y	WO 2009/034626 A1 (太平洋セメント株式会社) 2009.03.19, 段落 [0023] - [0033], 表1, 図1-3 & KR 10-2010-0061472 A	5-7
Y	WO 2015/136609 A1 (三菱日立パワーシステムズ株式会社) 2015.09.17, 段落 [0036], 図9 & US 2016/0252246 A1 & KR 10-2016-0064155 A & CN 105683656 A	7
A	JP 2004-100967 A (住友金属工業株式会社) 2004.04.02, 全文, 全図 & JP 2004-180302 A & US 2004/0100967 A1 & EP 1458149 A2	1-7
A	JP 7-12314 A (日本酸素株式会社) 1995.01.17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	US 2014/0004469 A1 (L' AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L' ETUDE ET L' EXPLOITATION DES PROCEDES) 2014.01.02, 全文, 全図 & WO 2012/123382 A1 & EP 2500640 A1	1-7
A	EP 2141413 A1 (L' AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME POUR L' ETUDE ET L' EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE) 2010.01.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	US 5203692 A (F. L. SMIDTH & CO. A/S) 1993.04.20, 全文, 全図 & EP 440281 A2	1-7