

(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
2014 年 9 月 25 日(25.09.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/148546 A1

- (51) 国際特許分類:
F23D 14/22 (2006.01) *F23D 14/58* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/057514
- (22) 国際出願日: 2014 年 3 月 19 日(19.03.2014)
- (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 2013-059023 2013 年 3 月 21 日(21.03.2013) JP
- (71) 出願人: 大陽日酸株式会社 (TAIYO NIPPON SANSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1428558 東京都品川区小山一丁目 3 番 2 6 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山本 康之 (YAMAMOTO Yasuyuki); 〒1428558 東京都品川区小山一丁目 3 番 2 6 号 大陽日酸株式会社内 Tokyo (JP). 藤本 隆之 (FUJIMOTO Takayuki); 〒1428558 東京都品川区小山一丁目 3 番 2 6 号 大陽日酸株式会社内 Tokyo (JP). 萩原 義之 (HAGIHARA Yoshiyuki); 〒1428558 東京都品川区小山一丁目 3 番 2 6 号 大陽日酸株式会社内 Tokyo (JP). 飯野 公夫 (IINO Kimio); 〒1428558 東京都品川区小山一丁目 3 番 2 6 号 大陽日酸株式会社内 Tokyo (JP).

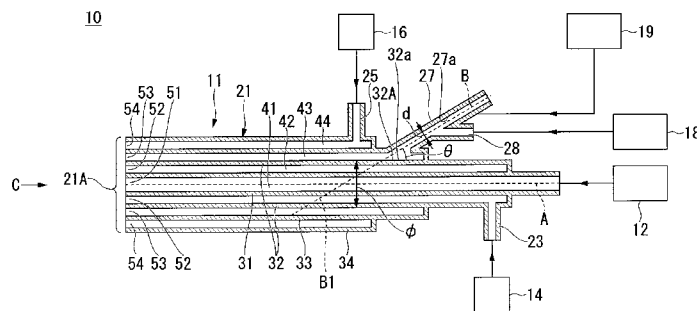
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: COMBUSTION BURNER, BURNER DEVICE, AND METHOD FOR HEATING MATERIAL POWDER

(54) 発明の名称: 燃焼バーナ、バーナ装置、及び原料粉体加熱方法



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a combustion burner that is capable of efficiently heating a material powder by improving, with a simple configuration, the dispersibility of the material powder which is jetted from a material powder jetting opening. Provided is a combustion burner characterized in that: a material powder introduction tube that introduces a material powder into a material powder supply path is arranged such that an axis extended from the central axis of the material powder introduction tube does not intersect with the central axis of the burner body; and the material powder introduction tube is arranged such that the angle (θ) formed between the central axis of the material powder introduction tube and the outer surface of a second annular member is greater than 0 degrees and smaller than 90 degrees.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/148546 A1



本発明は、簡便な構成により、原料粉体噴出口から噴出させる原料粉体の分散性を向上させることで、原料粉体の加熱を効率良く行うことの可能な燃焼バーナを提供することを目的の一つとし、原料粉体供給経路内に原料粉体を導入する原料粉体導入管は、原料粉体導入管の中心軸を延在させた軸がバーナ本体の中心軸と交わらないようにすると共に、かつ原料粉体導入管の中心軸と第2の環状部材の外面との成す角度 θ が0度よりも大きくかつ90度よりも小さくなるように配置することを特徴とする燃焼バーナを提供する。

明 細 書

発明の名称： 燃焼バーナ、バーナ装置、及び原料粉体加熱方法 技術分野

[0001] 本発明は、粉体（原料粉体）を加熱する燃焼バーナ、バーナ装置、及び原料粉体加熱方法に関する。

背景技術

[0002] 燃焼バーナは、鉄等の金属溶融、ガラスの製造、ごみの焼却等に使されている。燃焼バーナを用いて、金属、ガラス、ごみ等の対象物を加熱する方法としては、火炎を対象物に直接当てて加熱する方法と、火炎の輻射熱により間接的に対象物を加熱する方法とがある。

火炎を対象物に直接当てて加熱する方法は、火炎の輻射熱により間接的に対象物を加熱する方法と比較して、エネルギーの利用効率が高いというメリットを有する。

[0003] 特許文献 1 には、火炎を対象物に直接当てて加熱する燃焼バーナを用いて、冷鉄源を溶解させることが開示されている。

[0004] ところで、加熱したい対象物が粉体（原料粉体）の場合、対象物の体積あたりの表面積が大きいので、火炎及び／または火炎付近の高温領域（以下、「火炎領域」という）を通過させることにより、高効率で対象物を加熱することが可能となる。

[0005] 特許文献 2 ～ 4 には、粉体が噴出される粉体噴出口を燃焼バーナや燃焼バーナの付近に設置し、粉体の噴出と同時に火炎領域に粉体を直接投入し、加熱する燃焼バーナや燃焼方法が開示されている。

特許文献 2 ～ 5 に開示された燃焼バーナは、燃焼バーナの中心またはその近傍（以下、「燃焼バーナの中心部」という）に、粉体噴出口が配置されている。

[0006] しかしながら、粉体は、ブラウン運動が無いので、分散しづらく、偏在しやすいといった特性がある。

燃焼バーナの火炎領域を通過する粉体が偏在した場合、粉体の密度の高い部分では十分に粉体が加熱されず、逆に粉体の密度の低い部分では火炎の熱が粉体の加熱に十分に活用されないといった状況が発生して、燃焼バーナのエネルギーの利用効率が低下してしまう。

[0007] そこで、燃焼バーナを用いて粉体を加熱する場合、粉体を分散させて火炎領域を通過させる必要がある。

しかしながら、特許文献 2～4 に開示された燃焼バーナでは、燃焼バーナの中心部に粉体の噴出口が配置されているため、粉体が偏在した状態で火炎領域を通過してしまう。このため、粉体を加熱しづらく、非効率であった。

[0008] このような問題を解決可能な従来技術として、粉体噴出口を燃焼バーナの中心部ではなく、燃焼バーナの中心部よりも外側の位置であって、燃焼バーナの中心を中心とする円周上に複数配置し、支燃性の気体を噴出する複数の支燃性ガス噴出口が配置された円周と燃料を噴出する複数の燃料ガス噴出口が配置された円周とで、複数の粉体噴出口が配置される円周を挟み込む構成とされた多重管構造の燃焼バーナがある（例えば、特許文献５および６参照。）。。

[0009] 上記多重管構造の燃焼バーナを用いることで、粉体が拡がって噴出されるため、火炎領域を通過する粉体の分散性を大きく向上させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開2008-39362号公報

特許文献2：特開2010-37134号公報

特許文献3：特開2010-196117号公報

特許文献4：特開2009-92254号公報

特許文獻5：特許第3688944号公報

特許文献6：特開2009-198083号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら、特許文献5および6に開示された多重管構造の燃焼バーナを用いたとしても、粉体噴出口の各領域において、粉体が均一に分散して噴出するわけではなく、粉体噴出口から粉体が偏在した筋状の流れが噴出されることもある。

[0012] この場合、粉体噴出口を円周上に配置しても、粉体を十分に加熱することはできない。

したがって、円周上に粉体噴出口を配置した多重管の燃焼バーナを用いる場合でも、その効果を発揮するためには、粉体を円周上に均一に分散させた状態で噴出させる必要がある。

[0013] 一方、粉体の分散性を向上させることの可能な方法として、気流を活用する方法がある。具体的には、例えば、粉体を気流搬送させて、高速で粉体を噴出させることで粉体を分散させる方法や、気体と粉体とが均一に混合された混合気流を生じさせる方法等がある。

[0014] しかし、上記気流を活用した方法では、粉体の分散や搬送に用いる気体の供給量（流量）を多くする必要がある。このため、火炎領域では、粉体への加熱とは別に、気体の加熱に多大なエネルギーが消費されるため、粉体の加熱効率が悪くなる。

[0015] また、搬送用の気体の供給量の増大により、粉体噴出口から噴出される粉体の噴出速度が増大する。これにより、火炎領域での粉体の滞留時間が短くなるため、粉体の加熱効率が一気に低下してしまう。

上記理由から、粉体を加熱する場合において、気体の供給量を大きくして、粉体を分散させる方法は非効率な方法と言える。

[0016] また、気流を用いて高速で粉体を噴出させることは、粉体の散逸につながり、歩留まりの悪化という問題も引き起こす。

さらには、気流に高い圧力を印加する必要があるため、途中の配管、機器、及び燃焼バーナを長大にする必要がある。このため、配管が詰まる恐れがあった。

このような理由から、多くの量の搬送用の気体を用いて、粉体を分散させる方法は、非現実的であった。

[0017] また、燃焼バーナに粉体を供給する前に、粉体の分散性を向上させたとしても、粉体を燃焼バーナへ輸送する管内や、燃焼バーナへの導入時に、粉体が再び偏在する恐れがあった。この場合、粉体噴出口から分散された状態で粉体を噴出させることができない。

だからといって、長大な機構や、複雑繊細な構造を燃焼バーナが有することは、経済性、操作性が大幅に悪化し、粉体が詰まる原因となるため、非現実的である。

[0018] そこで、本発明は、簡便な構成により、原料粉体噴出口から噴出させる原料粉体の分散性を向上させることで、原料粉体の加熱を効率良く行うことの可能な燃焼バーナ、バーナ装置、及び原料粉体加熱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

[0019] 上記目的は、下記（１）～（１２）により達成される。

（１）少なくとも、火炎を形成するバーナ本体と、２つ以上の原料粉体導入管とを具備する燃焼バーナであって、

上記バーナ本体は、原料粉体を供給する原料粉体供給経路、および該原料粉体供給経路の内側に設けられた１つ以上の経路を含む、同心円状に配置された複数の環状部材により形成された複数の経路と、上記原料粉体供給経路により供給された上記原料粉体を噴出する原料粉体噴出口および原料粉体噴出口の内側に位置する複数の噴出口とを有し、

上記原料粉体供給経路は、当該経路の外側を区画する第１の原料粉体供給経路区画用環状部材と、当該経路の内側を区画する第２の原料粉体供給経路区画用環状部材とにより形成され、

上記２つ以上の原料粉体導入管は、上記第１の原料粉体供給経路区画用環状部材に設けられ、該原料粉体導入管の中心軸を延在させた軸が上記バーナ本体の中心軸と交わらないようにすると共に、上記原料粉体導入管の中心軸

と前記第2の原料粉体供給経路区画用環状部材の外表面との成す角度が0度よりも大きくかつ90度よりも小さくなるように設けると共に、上記バーナ本体の中心軸に対して回転対称となるように配置されていることを特徴とする燃焼バーナ。

[0020] (2) 前記原料粉体導入管の中心軸と前記第2の原料粉体供給経路区画用環状部材の外表面との成す角度が10度以上で、かつ45度未満であることを特徴とする(1)に記載の燃焼バーナ。

[0021] (3) 前記原料粉体導入管の内径 d と前記第2の原料粉体供給経路区画用環状部材の外径 ϕ との関係が下記(1)式を満たすことを特徴とする(1)または(2)に記載の燃焼バーナ。

$$\phi > 2d \cdots (1)$$

[0022] (4) 前記複数の噴出口のうち、最も内側に配置された噴出口以外の噴出口の形状が、リング状であることを特徴とする(1)ないし(3)のうち、いずれかに記載の燃焼バーナ。

[0023] (5) 前記原料粉体導入管に設けられ、該原料粉体導入管に前記原料粉体を投入する原料粉体投入口を有することを特徴とする(1)ないし(4)のうち、いずれかに記載の燃焼バーナ。

[0024] (6) 前記原料粉体投入口は、1つの前記原料粉体導入管に対して偶数個配置することを特徴とする(5)に記載の燃焼バーナ。

[0025] (7) 前記複数の経路は、支燃性流体を供給する支燃性流体供給経路、及び燃焼流体を供給する燃焼流体供給経路を含むことを特徴とする(1)ないし(6)のうち、いずれかに記載の燃焼バーナ。

[0026] (8) 前記支燃性流体供給経路と前記燃焼流体供給経路との間に配置することを特徴とする(7)に記載の燃焼バーナ。

[0027] (9) 上記(6)ないし(8)のうち、いずれかに記載の燃焼バーナと、筒状とされた原料粉体導入部と、前記原料粉体投入口に前記原料粉体を導出する複数の原料粉体導出部と、前記原料粉体導入部と複数の前記原料粉体導出部との間に配置されており、前記原料粉体導入部から前記複数の原料粉体導

出部に向かうにつれて幅広形状とされ、前記複数の原料粉体導出部に前記原料粉体を分配する空間を有する原料粉体分配部とを含む原料粉体分配器とを有し、前記複数の原料粉体導出部は、前記原料粉体導入部の中心に対して、点対称となるように配置されており、同一の前記原料粉体導入管に配置された偶数個の前記原料粉体投入口は、点対称で配置された前記原料粉体導出部と接続されていることを特徴とするバーナ装置。

[0028] (10) 前記複数の原料粉体導出部は、前記原料粉体分配部との接続位置から外側に広がるように配置されていることを特徴とする(9)に記載のバーナ装置。

[0029] (11) 支燃性流体及び燃焼流体を用いて、バーナ装置を構成するバーナ本体の先端に形成される火炎により、原料粉体を加熱する原料粉体加熱方法であって、円筒状とされた原料粉体供給経路に対して、0度よりも大きくかつ90度よりも小さい角度で傾斜した方向で、かつバーナ本体の中心軸と交わらない方向から、前記原料粉体供給経路に前記原料粉体を導入する原料粉体導入工程と、前記原料粉体供給経路により供給された前記原料粉体を原料粉体噴出口から噴出させて、前記火炎により前記原料粉体を加熱する加熱工程とを有することを特徴とする原料粉体加熱方法。

[0030] (12) 前記原料粉体導入工程の前に、原料粉体分配器により前記原料粉体を複数に分配する工程を有し、前記原料粉体導入工程では、前記原料粉体供給経路に、前記原料粉体分配器により分配された前記原料粉体を導入することを特徴とする(11)に記載の原料粉体加熱方法。

発明の効果

[0031] 本発明の燃焼バーナによれば、原料粉体供給経路の外側を区画する第1の原料粉体供給経路区画用環状部材に、原料粉体供給経路に原料粉体を導入する2つ以上の原料粉体導入管を設け、原料粉体導入管の中心軸と第2の原料粉体供給経路区画用環状部材の外周との成す角度が0度よりも大きくかつ90度よりも小さい角度で傾斜するように原料粉体導入管を配置することで、第2の原料粉体供給経路区画用環状部材の外壁に原料粉体を衝突させて、原

原料粉体供給経路内において原料粉体供給経路の周方向（左右方向）に原料粉体を分散させることが可能となる。

[0032] さらに、原料粉体導入管の中心軸を延在させた軸がバーナ本体の中心軸と交わらないように、かつバーナ中心軸に対して回転対称となるように、2つ以上の原料粉体導入管を配置することにより、第2の原料粉体供給経路区画用環状部材の外壁に原料粉体を衝突させることが可能となるので、原料粉体供給経路内において原料粉体供給経路の周方向への原料粉体の分散を均一にすることができる。

[0033] これにより、原料粉体噴出口から分散された原料粉体を噴出させることが可能となるので、火炎及び／または火炎付近の高温領域（以下、「火炎領域」という）により原料粉体を効率良く加熱することができる。

[0034] また、原料粉体の分散に特に高速な気流（原料粉体搬送用の気体）を使用する必要がないため、燃焼バーナの構成が複雑になることがなく、目詰まりも起こりづらい。

よって、本発明の燃焼バーナによれば、簡便な構成により、原料粉体噴出口から噴出させる原料粉体の分散性を向上させることで、原料粉体の加熱を効率良く行うことができる。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]本発明の第1の実施の形態に係るバーナ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。

[図2]図1に示す第1の実施の形態の燃焼バーナをC視した図である。

[図3]原料粉体導入管とバーナ本体の中心軸との位置関係を説明するための燃焼バーナの模式的な断面図である。

[図4]図3に示す原料粉体導入管とバーナ本体の中心軸との位置関係のときに、原料粉体の分散性が均一化することを説明するための燃焼バーナの模式的な断面図である。

[図5]原料粉体導入管の中心軸を延在させた軸とバーナ本体の中心軸とが交わる構造とされた燃焼バーナを用いた際に原料粉体の分散性が悪化することを

説明するための燃焼バーナの模式的な断面図である。

[図6]本発明の第2の実施の形態に係るバーナ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。

[図7]原料粉体分配器の平面図（原料粉体分配器の上端側から平面視した図）である。

[図8]図7に示す原料粉体分配器のD-D線方向の断面図である。

[図9]原料粉体受け器の平面図である。

[図10]図9に示す原料粉体受け器を使用して燃焼バーナから噴出される原料粉体の噴出量を測定した際の燃焼バーナと原料粉体受け器との位置関係を模式的に示す図である。

[図11]実験例1のバーナ装置（燃焼バーナM1～M7のうち、いずれか1つの燃焼バーナを有するバーナ装置）を用いて、自由落下方式及び気流搬送方式で原料粉体を供給した際の（原料粉体の噴出量の最小値）／（原料粉体の噴出量の最大値）と（距離x）／（第2の環状部材の外径φ）との関係を示す図（グラフ）である。

[図12]実験例2のバーナ装置（燃焼バーナN1～N7のうち、いずれか1つの燃焼バーナを有するバーナ装置）を用いて、自由落下方式及び気流搬送方式で原料粉体を供給した際の（原料粉体の噴出量の最大値）／（原料粉体の噴出量の最小値）と（距離x）／（第2の環状部材の外径φ）との関係を示す図（グラフ）である。

[図13]実験例2，4，5，6のバーナ装置を用いた際の（原料粉体の噴出量の最大値）／（原料粉体の噴出量の最小値）を示す図（グラフ）である。

発明を実施するための形態

[0036] 以下、図面を参照して本発明を適用した実施の形態について詳細に説明する。なお、以下の説明で用いる図面は、本発明の実施形態の構成を説明するためのものであり、図示される各部の大きさや厚さや寸法等は、実際のバーナ装置の寸法関係とは異なる場合がある。

[0037] （第1の実施の形態）

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るバーナ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。

図 1 を参照するに、第 1 の実施の形態のバーナ装置 10 は、燃焼バーナ 11 と、第 1 の支燃性流体供給源 12 と、燃料流体供給源 14 と、第 2 の支燃性流体供給源 16 と、原料粉体供給源 18 と、キャリアガス供給源 19 とを有する。

[0038] 燃焼バーナ 11 は、バーナ本体 21 と、燃料流体導入口 23 と、支燃性流体導入口 25 と、原料粉体導入管 27 と、原料粉体導入口 28 とを有する。

バーナ本体 21 は、第 1 ないし第 4 の環状部材 31～34（複数の環状部材）を具備し、これにより第 1 の支燃性流体供給経路 41 と、燃料流体供給経路 42 と、原料粉体供給経路 43 と、第 2 の支燃性流体供給経路 44 と、第 1 の支燃性流体噴出口 51 と、燃料流体噴出口 52 と、原料粉体噴出口 53 と、第 2 の支燃性流体噴出口 54 とを有する。

[0039] 第 1 の環状部材 31 は、第 1 ないし第 4 の環状部材 31～34 のうち、最も外径の小さい環状部材である。第 1 の環状部材 31 は、第 1 ないし第 4 の環状部材 31～34 のうち、最も内側に配置されている。

[0040] 第 2 の環状部材 32 は、第 1 の環状部材 31 の外側に、第 1 の環状部材 31 との間に筒状の空間が形成されるように配置されている。第 2 の環状部材 32 は、原料粉体供給経路 43 の内側を区画する第 2 の原料粉体供給経路区画用環状部材である。

第 2 の環状部材 32 は、第 1 の環状部材 31 よりも長さが短くなるように構成されている。第 2 の環状部材 32 の後端は、L 字形状に折り曲げられており、第 1 の環状部材 31 の外壁と接続されている。

[0041] 第 2 の環状部材 32 の外壁 32A には、原料粉体導入管 27 から導入された原料粉体が衝突する。

そこで、第 2 の環状部材 32 のうち、原料粉体が衝突する部分の外径を、原料粉体が衝突しない部分の外径よりも大きくしてもよい。これにより、原料粉体をさらに分散させやすくすることができる。

[0042] また、第２の環状部材３２の外壁３２Ａうち、原料粉体が衝突する部分の面に、図示していない別の部材（例えば、摩耗しにくいＳＵＳ（ステンレス鋼）等の金属環状管や、衝突する原料粉体と同材の環状管等）を設けてもよい。これにより、原料粉体を該別の部材に衝突させることで、原料粉体を分散させやすくすることができる。また、衝突部分の部材のみ交換可能な設計をすることで、摩耗による損傷の影響を最小限に防ぐことができる。

[0043] 第３の環状部材３３は、第２の環状部材３２の外側に、第２の環状部材３２との間に筒状の空間が形成されるように配置されている。第３の環状部材３３は、原料粉体供給経路４３の外側を区画する第１の原料粉体供給経路区画用環状部材である。

第３の環状部材３３は、第２の環状部材３２よりも長さが短くなるように構成されている。第３の環状部材３３の後端は、Ｌ字形状に折り曲げられており、第２の環状部材３２の外壁と接続されている。

[0044] 第４の環状部材３４は、第３の環状部材３３の外側に、第２の環状部材３３との間に筒状の空間が形成されるように配置されている。第４の環状部材３４は、第３の環状部材３３よりも長さが短くなるように構成されている。第４の環状部材３４の後端は、Ｌ字形状に折り曲げられており、第３の環状部材３３の外壁と接続されている。

[0045] 第１ないし第４の環状部材３１～３４（複数の環状部材）は、バーナ本体２１の中心軸Ａに対して同心円状に配置されている。また、第１ないし第４の環状部材３１～３４の先端面は、面一とされている。第１ないし第４の環状部材３１～３４の先端により、バーナ本体２１の先端２１Ａが構成されている。バーナ本体２１の先端２１Ａには、火炎（図示せず）が形成される。

[0046] 第１の支燃性流体供給経路４１は、第１の環状部材３１内に形成された円柱状の経路である。第１の支燃性流体供給経路４１は、支燃性流体を供給する支燃性流体供給源１２と接続されている。

燃料流体供給経路４２は、第１の環状部材３１と第２の環状部材３２との間に形成された筒状の空間である。燃料流体供給経路４２は、燃料流体導入

口 2 3 を介して、燃料流体を供給する燃料流体供給源 1 4 と接続されている。

[0047] 原料粉体供給経路 4 3 は、第 2 の環状部材 3 2 と第 3 の環状部材 3 3 との間に形成された筒状の空間である。原料粉体供給経路 4 3 は、燃焼流体供給経路 4 2 と第 2 の支燃性流体供給経路 4 4 との間に配置されている。

原料粉体供給経路 4 3 には、原料粉体導入管 2 7 を介して、原料粉体が導入される。原料粉体供給経路 4 3 は、原料粉体噴出口 5 3 に原料粉体を供給する経路である。

[0048] 第 2 の支燃性流体供給経路 4 4 は、第 3 の環状部材 3 3 と第 4 の環状部材 3 4 との間に形成された筒状の空間である。第 2 の支燃性流体供給経路 4 4 は、支燃性流体導入口 2 5 を介して、第 2 の支燃性流体を供給する第 2 の支燃性流体供給源 1 6 と接続されている。

[0049] 上記説明した第 1 の支燃性流体供給経路 4 1、燃料流体供給経路 4 2、原料粉体供給経路 4 3、及び第 2 の支燃性流体供給経路 4 4（複数の経路）は、バーナ本体 2 1 の中心軸 A に対して同心円上に配置されている。

[0050] 図 2 は、図 1 に示す第 1 の実施の形態の燃焼バーナを C 視した図である。図 2 において、図 1 に示す燃焼バーナ 1 1 と同一構成部分には、同一符号を付す。

[0051] 図 1 及び図 2 を参照するに、第 1 の支燃性流体噴出口 5 1 は、第 1 の環状部材 3 1 の先端で構成されている。第 1 の支燃性流体噴出口 5 1 は、第 1 の支燃性流体供給経路 4 1 の先端に配置されている。これにより、第 1 の支燃性流体噴出口 5 1 は、第 1 の支燃性流体供給経路 4 1 と一体とされている。

第 1 の支燃性流体噴出口 5 1 の形状は、例えば、円柱とすることができる。第 1 の支燃性流体噴出口 5 1 は、第 1 の支燃性流体供給経路 4 1 により供給された第 1 の支燃性流体を噴出させる。

[0052] 燃料流体噴出口 5 2 は、第 1 及び第 2 の環状部材 3 1、3 2 の先端で構成されている。

燃料流体噴出口 5 2 は、燃料流体供給経路 4 2 の先端に配置されている。

これにより、燃料流体噴出口 5 2 は、燃料流体供給経路 4 2 と一体とされている。燃料流体噴出口 5 2 は、燃料流体供給経路 4 2 から供給された燃料流体を噴出させる。

[0053] 原料粉体噴出口 5 3 は、第 2 及び第 3 の環状部材 3 2, 3 3 の先端で構成されている。

原料粉体噴出口 5 3 は、原料粉体供給経路 4 3 の先端に配置されている。これにより、原料粉体噴出口 5 3 は、原料粉体供給経路 4 3 と一体とされている。原料粉体噴出口 5 3 は、原料粉体供給経路 5 3 から供給された原料粉体を噴出させる。

[0054] 第 2 の支燃性流体噴出口 5 4 は、第 3 及び第 4 の環状部材 3 3, 3 4 の先端で構成されている。第 2 の支燃性流体噴出口 5 4 は、第 2 の支燃性流体供給経路 4 4 の先端に配置されている。これにより、第 2 の支燃性流体噴出口 5 4 は、第 2 の支燃性流体供給経路 4 4 と一体とされている。第 2 の支燃性流体噴出口 5 4 は、第 2 の支燃性流体供給経路 4 4 から供給された第 2 の支燃性流体を噴出させる。

[0055] 上記説明した燃料流体噴出口 5 2、原料粉体噴出口 5 3、及び第 2 の支燃性流体噴出口 5 4 の形状は、リング状とされている（図 2 参照。）。

特に、原料粉体噴出口 5 3 を単純なリング状にすることにより、原料粉体噴出口 5 3 の面積が最大となるため、原料粉体の分散性を向上させることができる。

[0056] なお、図 2 では、燃料流体噴出口 5 2、原料粉体噴出口 5 3、及び第 2 の支燃性流体噴出口 5 4 の形状の一例として、リング状を例に挙げて図示したが、燃料流体噴出口 5 2、原料粉体噴出口 5 3、及び第 2 の支燃性流体噴出口 5 4 の形状は、これに限定されない。

例えば、リング状の形状ではなく、円形、楕円形、多角形等の孔が同心円状に複数配置されたものを燃料流体噴出口 5 2、原料粉体噴出口 5 3、及び第 2 の支燃性流体噴出口 5 4 として用いてもよい。

[0057] 燃料流体導入口 2 3 は、第 2 の環状部材 3 2 の外壁に設けられており、第

2の環状部材32から第2の環状部材32の外側に離間する方向に突出している。燃料流体導入口23は、燃料流体を供給する燃料流体供給源14と接続されている。

[0058] 支燃性流体導入口25は、第4の環状部材34の外壁に設けられており、第4の環状部材34から第4の環状部材34外側に離間する方向に突出している。支燃性流体導入口25は、第2の支燃性流体を供給する第2の支燃性流体供給源16と接続されている。

[0059] 原料粉体導入管27は、原料粉体供給経路43に原料粉体を導入可能な状態で、第3の環状部材33の外壁に設けられている。原料粉体導入管27は、第3の環状部材33から第3の環状部材33の外側に突出している。

原料粉体導入管27は、原料粉体導入管27の中心軸Bと第2の環状部材32の外面32aとの成す角度 θ が0度よりも大きくかつ90度よりも小さい角度で傾斜するように配置されている。

また、原料粉体導入管27は、原料粉体導入管27の中心軸Bを延在させた軸B1がバーナ本体21の中心軸Aと交わらないように配置されている。なお、この点については以下に詳細に説明する。

[0060] このように、原料粉体導入管27の中心軸Bと第2の環状部材32の外面32aとの成す角度 θ を0度よりも大きくかつ90度よりも小さくし、さらに原料粉体導入管27の中心軸Bを延在させた軸B1がバーナ本体21の中心軸Aと交わらないように、原料粉体導入管27を配置することにより、第2の環状部材32の外壁32Aに原料粉体を衝突させて、原料粉体供給経路43内において原料粉体供給経路43の周方向（左右方向）に原料粉体を均一に分散させることが可能となる。

[0061] これにより、原料粉体噴出口53から分散された原料粉体を噴出させることが可能となるので、火炎及び／または火炎付近の高温領域（以下、「火炎領域」という）により原料粉体を効率良く加熱することができる。

[0062] また、原料粉体の分散に大量な気流（原料粉体搬送用の気体）を使用する必要がないため、燃焼バーナ11の構成が複雑になることがない。

つまり、簡便な構成により、原料粉体噴出口 53 から噴出させる原料粉体の分散性を向上させることで、原料粉体の加熱を効率良く行うことができる。

[0063] 好ましくは、原料粉体導入管 27 の中心軸 B と第 2 の環状部材 32 の外面 32a との成す角度 θ は、10 度以上で、かつ 60 度未満にするとよい。

角度 θ が 10 度よりも小さいと、第 2 の環状部材 32 の外壁 32A に衝突する原料粉体の割合が少なくなってしまう。また、燃焼バーナ 11 を先端 21A が下向きとなるようにして、原料粉体を加熱する場合、角度 θ が 10 度よりも小さいと、燃焼バーナ 11 が長尺化してしまう。

また、燃焼バーナ 11 を先端 21A が下向きとなるようにして、原料粉体を加熱する場合、角度 θ が 60 度以上になると、原料粉体導入管 27 内が原料粉体により目詰まりする恐れがある。

[0064] また、より好ましくは、原料粉体導入管 27 の中心軸 B と第 3 の環状部材 33 の外面との成す角度 θ は、10 度以上で、かつ 45 度未満にするとよい。

角度 θ が 45 度以上になると、原料粉体導入管 27 が脈動する恐れがあるため、原料粉体の分散性が低下する恐れがある。

[0065] なお、燃焼バーナ 11 の設計、及び燃焼バーナ 11 の製造を容易に行う観点や、原料粉体導入管 27 の目詰まりの観点から、角度 θ は、30 度が最も好ましい。

原料粉体導入管 27 の形状は、円筒形状でもよいし、四角の筒形状でもよい。

[0066] 図 3 は、原料粉体導入管とバーナ本体の中心軸との位置関係を説明するための燃焼バーナの模式的な断面図である。

図 4 は、図 3 に示す原料粉体導入管とバーナ本体の中心軸との位置関係のときに、原料粉体の分散性が均一化することを説明するための燃焼バーナの模式的な断面図である。

図 5 は、原料粉体導入管の中心軸を延在させた軸とバーナ本体の中心軸と

が交わる構造とされた燃焼バーナを用いた際に原料粉体の分散性が悪化することを説明するための燃焼バーナの模式的な断面図である。

つまり、図3及び図4は、本発明の構造が適用された燃焼バーナであり、図5は、本発明の構造が適用されていない燃焼バーナである。

図3～図5では、説明に必要な構成要素のみ図示する。また、図3～図5において、図1及び図2に示す燃焼バーナ11と同一構成部分には同一符号を付す。図3及び図4に示すxは、原料粉体導入管27の中心軸Bを延長させた軸B1とバーナ本体21の中心軸Aとの距離（以下、「距離x」という）を示している。

[0067] 本発明者らが検討したところ、原料粉体導入管27の内径d（原料粉体導入管27の形状が円筒形状の場合は内径、原料粉体導入管27の形状が四角の筒形状の場合は対向する内壁間の幅）と第2の環状部材32の外径 ϕ との関係が下記（2）式を満たすように、原料粉体導入管27及び第2の環状部材32を構成するとよい。

$$\phi > 2d \cdots (2)$$

[0068] 原料粉体導入管27の内径dと第2の環状部材32の外径 ϕ との関係が上記（2）式を満たすことにより、第2の環状部材32の外壁32Aに確実に原料粉体を衝突させることができる。

[0069] また、発明者らがさらに検討したところ、原料粉体導入管27の内径dと、第2の環状部材32の外径 ϕ の関係が、下記（3）式を満たし、かつ図3に示すように、バーナ本体21の中心軸Aから ϕ の $2\sqrt{2}$ 分の1の距離の範囲内を、原料粉体導入管27の内壁面27aの延長がすべて通るように、原料粉体導入管27を配置するとよい。

$$\phi > 2\sqrt{2} \times d \cdots (3)$$

[0070] バーナ本体21の中心軸Aから ϕ の $2\sqrt{2}$ 分の1の距離の範囲内を、原料粉体導入管27の内壁面27aの延長がすべて通るように、原料粉体導入管27を配置することにより、原料粉体が第2の環状部材32の外壁32Aに沿って流れてしまうことを抑制できるので、原料粉体を十分に分散させるこ

とが可能となる。これにより、火炎領域において、原料粉体を十分に加熱することができる。

[0071] 原料粉体導入管 27 は、バーナ本体 21 の中心軸 A に対して回転対称となるように、第 3 の環状部材 33 に複数（具体的には、2 つ以上で、かつ偶数個）設けるとよい（図 2 参照）。

このように、回転対称となるように、第 3 の環状部材 33 に 2 つ以上の原料粉体導入管 27 を設けることにより、残存する原料粉体の偏りを小さくして、回転対称に平均化することが可能となる。

これにより、原料粉体をより分散させた状態で火炎領域へ投入することが可能となるので、さらに効率良く粉体を加熱できる。

[0072] また、複数の原料粉体導入管 27 は、原料粉体導入管 27 の中心軸 B を延在させた軸 B1 がバーナ本体 21 の中心軸 A と交わらないように配置されているため、図 4 に示すように、第 2 の環状部材 32 の外壁 32A での原料粉体の衝突位置が、右回転方向、或いは左回転方向に固定化されるため、原料粉体の衝突後に残存する原料粉体の偏りを回転対称で解消することが可能となり、原料粉体噴出口 53（図 1 及び図 2 参照）から十分に分散された原料粉体を噴出させることができる。

[0073] 図 5 に示すように、バーナ本体 21 の中心軸 A と原料粉体導入管 27 の中心軸 B を延在させた軸 B1 とが交わるように原料粉体導入管 27 を配置した場合、原料粉体の衝突位置の微小の変化の影響を受けて、原料粉体が右回転方向、左回転方向のどちらの方向に分散されるかが不定となる。

このため、複数の原料粉体導入管 27 を回転対称に配置したとしても、隣接する原料粉体導入管 27 の偏りが重なり合って、原料粉体の分散性が低下することがある。

[0074] 原料粉体導入口 28 は、原料粉体導入管 27 の外壁に設けられている。原料粉体導入口 28 は、原料粉体供給源 18 と接続されている。原料粉体導入口 28 は、原料粉体供給源 18 から供給される原料粉体を原料粉体導入管 27 に導入させる。

- [0075] 第1の支燃性流体供給源12は、第1の環状部材31内に第1の支燃性流体を供給可能な状態で、第1の環状部材31と接続されている。第1の支燃性流体としては、例えば、支燃性ガスを用いることができる。該支燃性ガスとしては、例えば、酸素、空気、或いはこれらを混合したガスを用いることができる。
- [0076] 燃料流体供給源14は、燃料流体導入口23に燃料流体を供給可能な状態で、燃料流体導入口23と接続されている。燃料流体としては、例えば、メタンガス、プロパンガス、都市ガス、LPG(Liquefied petroleum gas)といった気体燃料、灯油や原油等の液体燃料、或いは気体搬送させた微粉炭等の固体燃料、さらに、これらを複数組み合わせたものを用いることができる。
- [0077] 第2の支燃性流体供給源16は、支燃性流体導入口25内に第2の支燃性流体を供給可能な状態で、支燃性流体導入口25と接続されている。第2の支燃性流体としては、例えば、支燃性ガスを用いることができる。該支燃性ガスとしては、例えば、酸素、空気、或いはこれらを混合したガスを用いることができる。
- [0078] 原料粉体供給源18は、原料粉体導入口28に原料粉体を供給可能な状態で、原料粉体導入口28と接続されている。
- [0079] ここで、本発明における「原料粉体」について説明する。本発明における原料粉体とは、加熱を必要とする粉体であり、粒径が10mm以下の固体、或いはブラウン運動の無い10nm以上の固体のことをいう。
- [0080] また、本発明における原料粉体には、ゲル状のもの、液体や気体が固化したもの、或いはこれらが組み合わさったもの、粉塵、粉粒体、微粉、超微粉と呼ばれるもの、これらが2以上接合したもの、さらにこれらが塊状になったものも含まれる。
- [0081] さらに、本発明における原料粉体には、例えば、金属や金属化合物、セラミック、ゴミ、ガラス、微粉炭、固体燃料、小麦粉等の食料粉、水、水溶液、有機溶媒、液体燃料といったものが固化したもの、これらの原料粉或いは

原料液滴が固化したもの、これらの生成物、或いはこれらを複数組み合わせたものも含まれる。

また、燃焼バーナ 11 が形成する火炎の加熱により、燃焼、酸化、還元、化学反応、熔融、蒸発、昇華のいずれかの現象により様態が変化するものも含まれる。

[0082] キャリアガス供給源 19 は、原料粉体導入管 27 に設けられた図示していない導入口を介して、原料粉体導入管 27 内に必要に応じて、原料粉体を輸送するキャリアガスを供給する。キャリアガスとしては、例えば、酸素や空気等の支燃性ガス、都市ガス、メタン、及び L P G 等の燃性ガス、窒素等の不活性ガス、或いは、これらを組合わせたガス等を用いることができる。

[0083] 燃焼バーナ 11 を鉛直下向きで使用する場合（バーナ本体 21 の中心軸 A の方向と鉛直方向とを一致させて使用する場合には、自由落下で原料粉体を噴出させることが可能なため、キャリアガス供給源 19 は不要であるが、この場合でも、必要に応じて、キャリアガス供給源 19 を設け、キャリアガスにより原料粉体を噴出させてもよい。

[0084] なお、原料粉体の供給にキャリアガスを用いる場合、キャリアガスの供給量（流量）は、燃焼バーナ 11 から噴射されるキャリアガスの噴出速度が 5 m/s 以下となるように設定することが好ましく、より好ましくは 2 m/s 以下にするとよい。

[0085] このように、従来、高速で原料粉体を噴出させる場合のキャリアガスの噴出速度（ 10 m/s 以上）よりも遅い 5 m/s 以下、或いは、さらに遅い 2 m/s 以下の噴出速度でキャリアガスと共に原料粉体を原料粉体噴出口 53 から噴出させることで、原料粉体の噴出速度を抑制することが可能となるため、原料粉体噴出口 53 から噴出された原料粉体を十分に加熱できる。

[0086] 第 1 の実施の形態のバーナ装置によれば、原料粉体導入管 27 の中心軸 B と第 2 の環状部材 32 の外面 32 a との成す角度 θ を 0 度よりも大きくかつ 90 度よりも小さくし、さらに原料粉体導入管 27 の中心軸 B を延在させた

軸 B 1 がバーナ本体 2 1 の中心軸 A と交わらないように、原料粉体導入管 2 7 を配置することにより、第 2 の環状部材 3 2 の外壁 3 2 A に原料粉体を衝突させて、原料粉体供給経路 4 3 内において原料粉体供給経路 4 3 の周方向（左右方向）に原料粉体を均一に分散させることが可能となる。

[0087] これにより、原料粉体噴出口 5 3 から分散された原料粉体を噴出させることが可能となるので、火炎領域により原料粉体を効率良く加熱することができる。

[0088] また、原料粉体の分散に高速な気流（搬送用の気体）を使用する必要がないため、燃焼バーナ 1 1 の構成が複雑になることがない。

つまり、簡便な構成により、原料粉体噴出口 5 3 から噴出させる原料粉体の分散性を向上させることで、原料粉体の加熱を効率良く行うことができる。

[0089] 次に、図 1 及び図 2 を参照して、第 1 の実施の形態の原料粉体加熱方法について説明する。

始めに、第 1 及び第 2 の支燃性流体噴出口 5 1, 5 4 から第 1 及び第 2 の支燃性ガスを噴出させると共に、燃料流体噴出口 5 2 から燃料流体を噴出させることで、バーナ本体 2 1 の先端 2 1 A に火炎を形成する。

[0090] 次に、原料粉体導入口 2 8 を介して、原料粉体導入管 2 7 内に原料粉体を導入する。

次いで、0 度よりも大きくかつ 90 度よりも小さい角度 θ で傾斜した方向で、かつバーナ本体 2 1 の中心軸 A と交わらない方向から、原料粉体供給経路 4 3 に対して、原料粉体導入管 2 7 に導入された原料粉体を導入する（原料粉体導入工程）。

[0091] その後、原料粉体供給経路 4 3 に導入された原料粉体は、第 2 の環状部材 3 2 の外壁 3 2 A に衝突する。これにより、原料粉体供給経路 4 3 内に均一に原料粉体を分散させることができる。

次いで、原料粉体供給経路 4 3 により供給された原料粉体を原料粉体噴出口 5 3 から噴出させて、火炎（火炎領域）により原料粉体を加熱する（加熱

工程)。

[0092] 第1の実施の形態の原料粉体加熱方法によれば、円筒状とされた原料粉体供給経路43に対して、0度よりも大きくかつ90度よりも小さい角度で傾斜した方向で、かつバーナ本体21の中心軸Aと交わらない方向から、原料粉体供給経路43に原料粉体を導入する原料粉体導入工程と、原料粉体供給経路43により供給された原料粉体を原料粉体噴出口53から噴出させて、火炎(火炎領域)により原料粉体を加熱する加熱工程とを有することにより、第2の環状部材32の外壁32Aに原料粉体を衝突させて、原料粉体供給経路43内において原料粉体供給経路43の周方向(左右方向)に原料粉体を均一に分散させることが可能となる。

[0093] これにより、原料粉体噴出口53から分散された原料粉体を噴出させることが可能となるので、火炎領域により原料粉体を効率良く加熱できる。

[0094] また、原料粉体の分散に高速な気流(搬送用の気体)を使用する必要がないため、燃焼バーナ11の構成が複雑になることがない。

つまり、簡便な構成により、原料粉体噴出口53から噴出させる原料粉体の分散性を向上させることで、原料粉体の加熱を効率良く行うことができる。

(第2の実施の形態)

図6は、本発明の第2の実施の形態に係るバーナ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。図6において、図1に示す第1の実施の形態のバーナ装置10と同一構成部分には同一符号を付す。

[0095] 図6を参照するに、第2の実施の形態のバーナ装置60は、第1の実施の形態のバーナ装置10を構成する燃焼バーナ11に替えて、燃焼バーナ61を有すると共に、原料粉体分配器62を有すること以外は、バーナ装置10と同様に構成される。

[0096] 燃焼バーナ61は、原料粉体導入口28に替えて、原料粉体導入口28-1, 28-2を有すること以外は、第1の実施の形態の燃焼バーナ11と同様に構成される。

[0097] 原料粉体導入口 28-1, 28-2 は、第 1 の実施の形態で説明した原料粉体導入口 28 と同様な構成とされている。原料粉体導入口 28-1, 28-2 は、1 つの原料粉体導入管 27 に対して設けられている。つまり、1 つの原料粉体導入管 27 に対して 2 つの原料粉体導入口（原料粉体導入口 28-1, 28-2）が設けられている。

[0098] 図 6 では、一例として、1 つの原料粉体導入管 27 に対して 2 つの原料粉体導入口（図 6 の場合、原料粉体導入口 28-1, 28-2）を設けた場合を図示したが、原料粉体導入口 28-1, 28-2 は、1 つの原料粉体導入管 27 に対して偶数個配置されていけばよい。

[0099] 図 7 は、原料粉体分配器の平面図（原料粉体分配器の上端側から平面視した図）である。図 8 は、図 7 に示す原料粉体分配器の D-D 線方向の断面図である。

[0100] 図 7 及び図 8 を参照するに、原料粉体分配器 62 は、原料粉体導入部 63 と、原料粉体分配部 64 と、原料粉体導出部 71～78（複数の原料粉体導出部）とを有する。

原料粉体導入部 63 は、筒状とされている。原料粉体導入部 63 の形状は、例えば、円筒とすることができ、これに限定されない。例えば、原料粉体導入部 63 の形状は、四角状の筒でもよい。

原料粉体導入部 63 は、図 6 に示す原料粉体供給源 18 と接続されている。原料粉体導入部 63 には、原料粉体供給源 18 から原料粉体が供給される。

[0101] 原料粉体分配部 64 は、原料粉体導入部 63 と原料粉体導出部 71～78 との間に配置されている。原料粉体分配部 64 は、原料粉体導入部 63 から原料粉体導出部 71～78 に向かうにつれて幅広形状とされている。

原料粉体分配部 64 は、原料粉体導出部 71～78 に原料粉体を分配する空間 64A（原料粉体導入部 63 から原料粉体導出部 71～78 に向かうにつれて幅広形状とされた空間）を有する。また、原料粉体分配部 64 は、底板 64B を有する。

[0102] 原料粉体導出部 7 1 ～ 7 8 は、原料粉体分配部 6 4 の底板 6 4 B に設けられている。原料粉体導出部 7 1 ～ 7 8 は、原料粉体導入部 6 3 の中心 E に対して、点対称となるように配置されている（図 7 参照）。

原料粉体導出部 7 1 ～ 7 8 は、原料粉体分配部 6 4 との接続位置から外側に広がるように配置されている。

[0103] また、同一の原料粉体導入管 2 7 に配置された原料粉体投入口 2 8 - 1, 2 8 - 2（偶数個の原料粉体投入口）は、原料粉体導入部 6 3 の中心 E に対して点対称で配置された原料粉体導出部 7 1, 7 2 と接続されている。

具体的には、原料粉体投入口 2 8 - 1 は、原料粉体導出部 7 1 と接続され、原料粉体投入口 2 8 - 2 は、原料粉体導出部 7 2 と接続されている。

[0104] なお、図示していないが、原料粉体導出部 7 3 ～ 7 8 は、図 6 には、図示していない他の原料粉体導入管 2 7 に設けられた原料粉体投入口（図示せず）と接続されている。

[0105] 上記構成とされた原料粉体分配器 6 2 を用いることで、放射状に導出された原料粉体を、原料粉体投入口 2 8 - 1, 2 8 - 2 を介して、複数の原料粉体導入管 2 7 に導入させることが可能となる。

また、原料粉体分配器 6 2 の原料粉体導出部 7 1 ～ 7 8 の対面同士（例えば、原料粉体導出部 7 1 と原料粉体導出部 7 2 の組合せ）、あるいは周期 N 毎（N は 2 以上の整数であり、例えば、N = 2 のときは、原料粉体導出部 7 1, 7 8, 7 2, 7 7 の組合せ）に、分配した原料粉体を同一の原料粉体導入管 2 7 の投入口に接続して搬送することにより、原料粉体分配器 6 2 による点対称の偏りを解消することが可能となるため、原料粉体供給源 1 8 が 1 つの場合でも、各原料粉体導入管 2 7 に原料粉体を均等に供給することができる。

[0106] 第 2 の実施の形態のバーナ装置によれば、1 つの原料粉体導入管 2 7 に対して複数（図 3 の場合は、2 つ）の原料粉体投入口 2 8 - 1, 2 8 - 2 を設けることにより、複数の原料粉体供給源 1 8 を用いたときに起因する原料粉体の供給量の多寡の偏りを容易に低減できる。

[0107] 例えば、原料粉体投入口 28-1, 28-2 を有する n 本の原料粉体導入管 27 に対し、 $2 \times n$ 個の原料粉体供給源 18 を用意し、その中で k 番目に原料粉体の供給量の多い原料粉体供給源 18 からの経路と、k 番目に原料粉体の供給量の少ない原料粉体供給源 18 からの経路とを同一の原料粉体導入管 27 の原料粉体投入口 28-1, 28-2 に接続して原料粉体を搬送する（例えば、一番多くの量の原料粉体を供給する原料粉体供給源 18 と、一番少ない量の原料粉体を供給する原料粉体供給源 18 とを、同一の原料粉体導入管 27 に搬送するように原料粉体投入口 28-1, 28-2 に接続し、二番目に多くの量の原料粉体を供給する原料粉体供給源 18 と二番目に少ない量の原料粉体を供給する原料粉体供給源 18 とを同一の原料粉体導入管 27 に搬送するように原料粉体投入口 28-1, 28-2 に接続する）ことで、原料粉体の供給量の偏りを大きく解消することができる。

[0108] このように、複数の原料粉体供給源 18 を使用することで発生する原料粉体の供給量の偏りを解消することにより、火炎領域において原料粉体をより分散させて噴出させることが可能となるため、原料粉体を効率良く加熱することができる。

また、上記構成とされたバーナ装置 60 は、第 1 の実施の形態のバーナ装置 10 と同様な効果も得ることができる。

[0109] 次に、図 6 に示すバーナ装置 60 を用いた第 2 の実施の形態の原料粉体加熱方法について説明する。

第 2 の実施の形態の原料粉体加熱方法は、第 1 の実施の形態で説明した原料粉体導入工程の前に、原料粉体分配器 62 により、原料粉体供給源 18 から供給された原料粉体を複数に分配する工程を有すること以外は、第 1 の実施の形態の原料粉体加熱方法と同様な手法により行うことができる。

[0110] また、第 2 の実施の形態の原料粉体加熱方法によれば、第 1 の実施の形態の原料粉体加熱方法よりもさらに効率良く原料粉体を分散させることが可能となるため、原料粉体をさらに効率良く加熱できる。

[0111] 以上、本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明はかかる

特定の実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲内に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

[0112] (実験例 1)

実験例 1 では、下記燃焼バーナ M 1 ～M 7 を用いて実験を行った。

ここで、図 1 を参照して、各燃焼バーナ M 1 ～M 7 の構成について説明する。

燃焼バーナ M 1 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延在させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A が交わるように設計した。

燃焼バーナ M 2 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延長させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x (図 3 参照) が、第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ の 8 分の 1 の距離離れているように設計した。

[0113] 燃焼バーナ M 3 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延長させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x が、第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ の 4 分の 1 の距離離れているように設計した。

燃焼バーナ M 4 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延長させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x が、第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ の 8 分の 3 の距離離れているように設計した。

[0114] 燃焼バーナ M 5 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延長させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x が、第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ の 2 分の 1 の距離離れているように設計した。

燃焼バーナ M 6 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延長させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x と第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ とを等しくした。

燃焼バーナ M 7 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延長させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x が第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ の 1 . 5 倍とした。

[0115] 燃焼バーナ M 1 ～M 7 では、原料粉体導入管 2 7 の数を 1 つとし、原料粉体導入管 2 7 の外径を第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ の 4 分の 1 とした。

また、燃焼バーナM1～M7では、原料粉体導入管27の肉厚を原料粉体導入管27の外径に対してほとんど無視できる厚さとした。

また、燃焼バーナM1～M7では、原料粉体導入管27の中心軸Bと第2の環状部材32の外表面32aとの成す角度 θ は、30度とした。

また、燃焼バーナM1～M7では、原料粉体導入管27に2つの原料粉体導入口28-1を設けた。

[0116] また、燃焼バーナM1～M7では、原料粉体噴出口53として、リング状に開いた噴出口を用いた。

燃焼バーナM1～M7は、バーナ本体21の先端21Aが下向きとなるように（言い換えれば、バーナ本体21の中心軸Aが鉛直方向となるように）配置した。

原料粉体の供給方法としては、自由落下方式と気流搬送方式との両方で実験を行った。

キャリアガスとして、気流搬送方式ではバーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が4 m/secとなるように酸素を供給し、自由落下方式では、目詰まり防止として、バーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が1.5 m/secとなるように酸素を供給した。

原料粉体としては、1 μ m～5 mmの粒径（D50～300 μ m）とされたガラスカレットを用いた。

上記説明したこと以外は、図1に示すバーナ装置10と同様な構成を用いた。

[0117] 図9は、原料粉体受け器の平面図である。図10は、図9に示す原料粉体受け器を使用して燃焼バーナから噴出される原料粉体の噴出量を測定した際の燃焼バーナと原料粉体受け器との位置関係を模式的に示す図である。

図10では、燃焼バーナの一例として、燃焼バーナM1を図示したが、燃焼バーナM1の原料粉体の噴出量の測定が終了後は、燃焼バーナM1に替えて、順次、燃焼バーナM2～M7の原料粉体の噴出量の測定を行った。

[0118] 実験例1では、図9に示す原料粉体受け器81を用いて、図10に示すよ

うに、原料粉体受け器 8 1 の上方に燃焼バーナ M 1 ～M 7 のうち、いずれか 1 つの燃焼バーナを配置して、各燃焼バーナ M 1 ～M 7 の原料粉体の分散性を評価した。

図 9 に示すように、原料粉体受け器 8 1 は、円周に等分に分割されたエリア（図 9 の場合、12 のエリア）を有し、各エリアに投下された原料粉体の量をそれぞれ測定可能な構成とされている。

[0119] 実験例 1 では、各燃焼バーナ M 1 ～M 7 を使用後において、原料粉体受け器 8 1 の各エリアに噴出された原料粉体の噴出量を測定し、各燃焼バーナ M 1 ～M 7 を使用した際の原料粉体の噴出量の最小値と、原料粉体の噴出量の最大値とを求めた。

また、上記燃焼バーナ M 1 ～M 7 の各原料粉体噴出口 5 3 から噴出された原料粉体の噴出量の最大値に対する最小値の割合（（原料粉体の噴出量の最小値）／（原料粉体の噴出量の最大値））を原料粉体の分散性の指標とした。

なお、（原料粉体の噴出量の最小値）／（原料粉体の噴出量の最大値）が 1 に近づくほど、原料粉体の分散性が良好なことを意味する。

[0120] 図 1 1 は、実験例 1 のバーナ装置（燃焼バーナ M 1 ～M 7 のうち、いずれか 1 つの燃焼バーナを有するバーナ装置）を用いて、自由落下方式及び気流搬送方式で原料粉体を供給した際の（原料粉体の噴出量の最小値）／（原料粉体の噴出量の最大値）と（距離 x）／（第 2 の環状部材の外径 ϕ ）との関係を示す図（グラフ）である。

[0121] （実験例 1 の結果のまとめ）

図 1 1 を参照するに、燃焼バーナ M 1 ～M 3 の分散性は、ほとんど等しい結果となった。燃焼バーナ M 4 は、燃焼バーナ M 1 ～M 3 の分散性と比較して、分散性が急激に低下することが確認できた。

[0122] 燃焼バーナ M 5 ～M 7 の分散性は、他の燃焼バーナ M 1 ～M 4 の分散性と比較して、極端に低いことが分かった。

また、燃焼バーナ M 6，M 7 では、原料粉体が偏在化した筋状の流れが噴

出口から噴出される様子が目視にて確認できた。燃焼バーナM5では、弱い筋状の原料粉体の流れが確認された。燃焼バーナM1～M4において、このような原料粉体の流れは確認できなかった。

[0123] 上記結果から、原料粉体導入管27の内径dを考慮すると、先に述べたように、原料粉体導入管27の内径dと、第2の環状部材32の外径 ϕ の関係が、下記(4)式を満たし、かつバーナ本体21の中心軸Aから ϕ の $2\sqrt{2}$ 分の1の距離の範囲内を、原料粉体導入管27の内壁面27aの延長がすべて通る(図3参照)ように、原料粉体導入管27を配置することが重要であることが確認できた。

$$\phi > 2\sqrt{2} \times d \cdots (4)$$

[0124] また、燃焼バーナM2～M7では、原料粉体の噴出量の最大値を示すエリアの位置は固定されていた。しかし、燃焼バーナM1では、原料粉体の噴出量の最大値を示すエリアが試行回数毎に不定であり、バーナ本体21の中心軸Aを中心として、略対称に原料粉体の噴出量の最大値を示すエリアの位置が変動していた。

[0125] (実験例2)

実験例2では、下記燃焼バーナN1～N7を用いて実験を行った。

ここで、図3及び図6を参照して、各燃焼バーナN1～N7の構成について説明する。

燃焼バーナN1では、原料粉体導入管27の中心軸Bを延在させた軸B1とバーナ本体21の中心軸Aが交わるように設計した。

燃焼バーナN2では、原料粉体導入管27の中心軸Bを延長させた軸B1とバーナ本体21の中心軸Aとの距離x(図3参照)が、第2の環状部材32の外径 ϕ の8分の1の距離離れているように設計した。

[0126] 燃焼バーナN3では、原料粉体導入管27の中心軸Bを延長させた軸B1とバーナ本体21の中心軸Aとの距離xが、第2の環状部材32の外径 ϕ の4分の1の距離離れているように設計した。

燃焼バーナN4では、原料粉体導入管27の中心軸Bを延長させた軸B1

とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x が、第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ の 8 分の 3 の距離離れているように設計した。

- [0127] 燃焼バーナ N 5 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延長させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x が、第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ の 2 分の 1 の距離離れているように設計した。

燃焼バーナ N 6 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延長させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x と第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ とを等しくした。

燃焼バーナ N 7 では、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B を延長させた軸 B 1 とバーナ本体 2 1 の中心軸 A との距離 x が第 2 の環状部材 3 2 の外径 ϕ の 1 . 5 倍とした。

- [0128] 燃焼バーナ N 1 ~ N 7 では、原料粉体導入管 2 7 の数を 8 つとし、8 つの原料粉体導入管 2 7 をバーナ本体 2 1 の中心軸 A に対して回転対称となるように配置させた。

燃焼バーナ N 1 ~ N 7 では、8 つの原料粉体導入管 2 7 をバーナ本体 2 1 の中心軸 A に対して回転対称となるように配置させたことが、実験例 1 で説明した燃焼バーナ M 1 ~ M 7 (1 つの原料粉体導入管 2 7 のみを有する燃焼バーナ) と異なる。

燃焼バーナ N 1 ~ N 7 において、原料粉体導入管 2 7 の外径や原料粉体導入管 2 7 の肉厚に関しては、燃焼バーナ M 1 ~ M 7 と同じ条件を用いた。

- [0129] 燃焼バーナ N 1 ~ N 7 において、原料粉体導入管 2 7 の中心軸 B と第 2 の環状部材 3 2 の外面 3 2 a との成す角度 θ は、燃焼バーナ M 1 ~ M 7 と同じ 3 0 度とした。

実験例 1 で使用した燃焼バーナ M 1 ~ M 7 では、1 つの原料粉体導入管 2 7 に対して 2 つの原料粉体導入口 2 8 を設けたが、燃焼バーナ N 1 ~ N 7 では、1 つの原料粉体導入管 2 7 に対して 1 つの原料粉体導入口 2 8 - 1 のみを設けた。

- [0130] また、燃焼バーナ N 1 ~ N 7 では、燃焼バーナ M 1 ~ M 7 と同じように、

原料粉体噴出口 53 として、リング状に開いた噴出口を用いた。

燃焼バーナ N1～N7 は、バーナ本体 21 の先端 21A が下向きとなるように（言い換えれば、バーナ本体 21 の中心軸 A が鉛直方向と一致するように）配置した。

[0131] 原料粉体の供給方法としては、自由落下方式と気流搬送方式との両方で実験を行った。

原料粉体としては、 $1\ \mu\text{m}$ ～ $5\ \text{mm}$ の粒径（ D_{50} ～ $300\ \mu\text{m}$ ）とされたガラスカレットを用いた。

上記説明したこと以外は、図 6 に示すバーナ装置 10 と同様な構成を用いた。つまり、実験例 2 では、原料粉体供給源 18 から供給された原料粉体を図 7 及び図 8 に示す原料粉体分配器 62 により分配した後、8 つの原料粉体導入口 28-1 に原料粉体を導入した。

8 つの原料粉体導入口 28-1 と原料粉体分配器 62 の原料粉体導出部 71～78 とは、円周方向の配列順で接続させた。

[0132] 実験例 2 では、燃焼バーナ N1～N7 の各噴出口から噴出された噴出量の最大値及び最小値を実験例 1 で使用した装置を用いて測定した。

その後、燃焼バーナ N1～N7 の各噴出口から噴出された噴出量の最大値に対する最小値の割合によって、各燃焼バーナ N1～N7 の分散性を評価した。

[0133] 図 12 は、実験例 2 のバーナ装置（燃焼バーナ N1～N7 のうち、いずれか 1 つの燃焼バーナを有するバーナ装置）を用いて、自由落下方式及び気流搬送方式で原料粉体を供給した際の（原料粉体の噴出量の最小値）／（原料粉体の噴出量の最大値）と（距離 x ）／（第 2 の環状部材の外径 ϕ ）との関係を示す図（グラフ）である。

[0134] 図 12 を参照するに、 x/ϕ の値が 8 分の 3 以上とされた燃焼バーナ N4～N6 を使用した場合、分散性が極端に低下することが分かった。また、燃焼バーナ N4～N6 を用いた場合、原料粉体噴出口 53 から噴出された原料粉体による筋状の流れが確認できた。

[0135] また、 x/ϕ の値が0とされた燃焼バーナN1では、燃焼バーナN2、N3と比較すると分散性が低下していることが分かった。

これは、バーナ本体21の中心軸Aを中心として対称に、残存する原料粉体の偏りが流れる位置が変動するため、隣り合う位置に配置された原料粉体導入管28-1の原料粉体の偏りが重複する状況が発生したためと考えられる。

各実験での設定条件や、バーナ装置の違いによる粉体分散性の比較のため、図13に各実験例における原料粉体の噴出量の最小値と最大値の比（（原料粉体の噴出量の最小値）／（原料粉体の噴出量の最大値））を示す。前述の通り、この値が1に近づくほど、分散性が良好であることを示す。

なお、図13には、自由落下方式と気流搬送方式の実験結果を併記した。図13中、実験例2と示したのは燃焼バーナN2を用いた結果である。

[0136] （実験例3）

実験例2で最も分散性の高かった燃焼バーナN2を有するバーナ装置（図6参照）を用いて、実験例2と同様の条件で燃焼試験を行い、火炎領域での原料粉体の加熱試験を行った。このとき、原料粉体は、自由落下方式と気流搬送方式とで供給した。

原料粉体としては、 $1\mu\text{m}\sim 5\text{mm}$ の粒径（ $D_{50}\sim 300\mu\text{m}$ ）とされたガラスカレットを用いた。

[0137] また、第1の支燃性流体供給経路41には、バーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が $10\text{m}/\text{sec}$ となるように酸素を供給し、燃料流体供給経路42には、バーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が $10\text{m}/\text{sec}$ となるように都市ガスを供給した。

原料粉体供給経路43には、流搬送方式ではバーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が $4\text{m}/\text{sec}$ となるように、自由落下方式ではバーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が $1.5\text{m}/\text{sec}$ となるように酸素を供給した。また、第2の支燃性流体供給経路44には、バーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が $10\text{m}/\text{sec}$ となるように都市ガスを供給

した。

- [0138] 自由落下方式と気流搬送方式とのそれぞれについて、都市ガスの燃焼量 I に対する原料粉体への着熱エネルギー Q の割合を示す着熱効率 η を、下記（５）式を用いて求めた。

$$\eta = Q / I \times 100 (\%) \cdots (5)$$

その結果、実験例３において、自由落下方式の着熱効率は、５４％であり、気流搬送方式の着熱効率は、５１％であった。

- [0139] また、実験例１において、最も分散性の高かった燃焼バーナ $M1$ を使い、燃焼試験を実施したところ、着熱効率 η は、自由落下方式で４６％であり、気流搬送方式で４２％であった。実験例３での燃焼バーナ $N2$ は、燃焼バーナ $M1$ に比して高い着熱効率 η であった。

- [0140] （実験例４）

実験例２で最も分散性の高かった燃焼バーナ $N2$ を有するバーナ装置（図６参照）を用いて、８つの原料粉体導入管 ２７のうち、バーナ本体 ２１の中心軸 A に対して回転対象に配置された４つの原料粉体導入管 ２７から原料粉体を導入した。

また、１つの原料粉体導入管 ２７に対して、２つの原料粉体導入口（原料粉体導入口 ２８－１，２８－２）を設けた。

- [0141] 原料粉体分配器 ６２については、原料粉体導入部 ６３の中心 E （図７参照）に対して点対象に配置された２つの原料粉体導出部（原料粉体導出部 ７１～７８のうちの２つ）を同一の原料粉体導入管 ２７に配置された原料粉体導入口 ２８－１，２８－２に接続した。

使用しない４つの原料粉体導入管 ２７については、閉止させた。

- [0142] 実験例３では、上記構成とされたバーナ装置を用いて、実験例２と同様の条件で燃焼試験を行い、火炎領域での原料粉体の加熱試験を行った。このとき、原料粉体は、自由落下方式と気流搬送方式とで供給した。

原料粉体としては、１ μm ～５ mm の粒径（ $D50 \sim 300 \mu m$ ）とされたガラスカレットを用いた。

[0143] また、第1の支燃性流体供給経路41には、バーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が 10 m/sec となるように酸素を供給し、燃料流体供給経路42には、バーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が 10 m/sec となるように都市ガスを供給した。

原料粉体供給経路43には、流搬送方式ではバーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が 4 m/sec となるように、自由落下方式ではバーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が 1.5 m/sec となるように、酸素を供給した。また、第2の支燃性流体供給経路44には、バーナ本体21の先端面21Aからの噴出速度が 10 m/sec となるように酸素を供給した。

[0144] 自由落下方式と気流搬送方式とのそれぞれについて、都市ガスの燃焼量に対する原料粉体への着熱のエネルギーの割合を示す着熱効率を求めた。

その結果、実験例4では、自由落下方式の着熱効率が65%であり、気流搬送方式の着熱効率が62%であった。

[0145] この結果から、実施例4のバーナ装置は、分散性、着熱効率ともに実験例3と比較しても大幅に向上していることが分かった。

[0146] また、実験例4の条件を用いた際の原料粉体の分散性を確認した。この結果を図13で示す。

[0147] (実験例5)

燃焼バーナN2を有するバーナ装置(図6参照)を用い、原料粉体導出部71~78のうち、対面する原料粉体導出部が隣接するように、原料粉体導入口28-1, 28-2と接続させた。この点が、実験例4とは異なる。

[0148] 実験例5では、実験例4と同じ実験条件を用いて、同様な実験を行った。

その結果、実験例5では、自由落下方式の着熱効率が63%であり、気流搬送方式の着熱効率が60%であった。

[0149] また、実験例5の条件を用いた際の原料粉体の分散性を確認した。この結果を図13で示す。

[0150] 図13を参照するに、実験例5では、実験例2の結果と比較して、原料粉

体の分散性が向上したが、実験例 4 の結果と比較すると、有意な差は確認できなかった。また、実験例 5 では、実験例 4 と比較して若干の着熱効率の低下が確認できた。

[0151] また、原料粉体導入管 27 の数が増加すると、燃焼バーナの設計や作成の困難さ、利用の煩雑さが増大するため、複数の原料粉体導入口 28-1, 28-2 を原料粉体導入管 27 に配した燃焼バーナの方が、単純に原料粉体導入管 27 の本数を、同数増大させた燃焼バーナよりも、望ましいことが分かった。

[0152] (実験例 6)

実験例 6 では、実験例 4 で使用した燃焼バーナ N2 の 4 つの原料粉体導入管 27 に対して、それぞれ 3 つの原料粉体導入口（原料粉体導入口 28-1, 28-2 と同様な構成とされた 3 つの原料粉体導入口）を設けた燃焼バーナを用いた。

[0153] このとき、原料粉体分配器 62 としては、12 個の原料粉体導出口（原料粉体導出口 71 ~ 78 と同様な構成とされた原料粉体導出口）を用いた。また、原料粉体分配部 64 の周方向において、4 つ飛びで配置された原料粉体導出口を同一の原料粉体導入管 27 に配置された 3 つの原料粉体導入口と接続させた。

[0154] 実験例 6 では、実験例 4 と同じ実験条件を用いて、同様な実験を行った。

その結果、実験例 6 では、自由落下方式の着熱効率が 65%、気流搬送方式の着熱効率が 62% であった。

[0155] また、実験例 6 の条件を用いた際の原料粉体の分散性を確認した。この結果を図 13 で示す。

[0156] その結果、実験例 6 では、実験例 4 と比較して、原料粉体の分散性に対する差はほとんど確認できなかった。これにより原料粉体導入口 28 の数は、2 つで十分効果を発揮することが分かった。

[0157] (実験例 7)

実験例 2 ~ 5 で使用した原料粉体分配器 62 の原料粉体の分散性について

確認した。

その結果、8つの原料粉体導出部71～78を有する原料粉体分配器62において、(原料粉体の噴出量の最小値) / (原料粉体の噴出量の最大値)の値は、0.6であった。

実験例2,3では、原料粉体の低い分散性が影響したと思われる。

しかし、実験例4で説明した接続方法で原料粉体分配器62を使用したところ、(原料粉体の噴出量の最小値) / (原料粉体の噴出量の最大値)の値は、0.94であり、原料粉体の噴出量の最小値と原料粉体の噴出量の最大値との差がかなり小さくなることが確認できた。

[0158] また、実験例4と同じ接続方法で原料粉体分配器62を使用した実験例5の(原料粉体の噴出量の最小値) / (原料粉体の噴出量の最大値)の値は、自由落下方式で0.88、気流搬送方式で0.8であり、実験例2の(原料粉体の噴出量の最小値) / (原料粉体の噴出量の最大値)の値は、自由落下方式で0.60、気流搬送方式で0.54であった。

このことから、実験例4と同じ接続方法で使用することで、実験例2の接続方法で原料粉体分配器62を使用した場合と比較して、原料粉体の分散性が向上することが確認できた。

[0159] (実験例8)

実験例6の接続方法で使用した原料粉体分配器62(12個の原料粉体導出部を有する原料粉体分配器)の原料粉体の分散性について確認した。

実験例6の原料粉体分配器62において、12個の原料粉体導出部から噴出される原料粉体を合算した際の(原料粉体の噴出量の最小値) / (原料粉体の噴出量の最大値)の値は、0.55であった。

[0160] 一方、実験例6の原料粉体分配器62の構成において、実験例6のように、原料粉体分配部64の周方向に4つ飛びで配置された3つの原料粉体導出部から噴出される原料粉体の噴出量を合算した際の(原料粉体の噴出量の最小値) / (原料粉体の噴出量の最大値)の値は、0.98であった。

[0161] 上記結果から、実験例6の接続方法で使用した原料粉体分配器62の原料

粉体の分散性は、実験例 7 で説明した原料粉体分配器 6 2 の分散性よりも向上しないことが確認できた。

この結果が、実験例 4 と実験例 6 とにおいて、原料粉体の分散性及び着熱効率に大きな差が生じなかった原因と思われる。

[0162] (実験例 9)

実験例 9 では、実験例 4 で説明した燃焼バーナ N 2 において、原料粉体導入管 2 7 の傾斜角度 (図 6 に示す角度 θ) を変更した燃焼バーナ P 1 ~ P 1 0 と、燃焼バーナ N 2 (角度 θ が 3 0 度) とを用いて、実験例 4 と同様な実験を行った。

[0163] 燃焼バーナ P 1 では、角度 θ を 9 0 度とし、燃焼バーナ P 2 では、角度 θ を 8 0 度とした。燃焼バーナ P 3 では、角度 θ を 7 0 度とし、燃焼バーナ P 4 では、角度 θ を 6 0 度とした。

燃焼バーナ P 5 では、角度 θ を 5 0 度とし、燃焼バーナ P 6 では、角度 θ を 4 0 度とした。燃焼バーナ P 7 では、角度 θ を 2 0 度とし、燃焼バーナ P 8 では、角度 θ を 1 0 度とした。燃焼バーナ P 9 では、角度 θ を 5 度とした。

さらに、角度 θ を 0 度、つまりバーナ本体 2 1 の中心軸 A に平行に、バーナ上部に原料粉体導入管 2 7 を設置した燃焼バーナ P 1 0 を用意した。

[0164] 上記燃焼バーナ P 1 ~ P 1 0 を有するバーナ装置を用いて、気流搬送方式及び自由落下方式のそれぞれについて、原料粉体の分散性、及び着熱効率を測定した。結果を表 1 に示す。

[0165]

[表1]

燃焼バーナ		P1	P2	P3	P4	P5	P6	N2	P7	P8	P9	P10
角度(度)		90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	0
気流搬送方式	分散性	0.9	0.9	0.89	0.86	0.89	0.89	0.88	0.88	0.85	0.79	0.77
	着熱効率(%)	60	61	61	62	62	61	62	62	60	57	55
自由落下方式	分散性	目詰まり	目詰まり	目詰まり	0.91	0.9	0.9	0.9	0.88	0.86	0.8	0.75
	着熱効率(%)				52	60	65	65	65	63	56	55

[0166] 上記結果から、気流搬送方式では、燃焼バーナ P 1 ～ P 8、ならびに N 2 において、原料粉体の分散性は同等であり、着熱効率も $61 \pm 1\%$ の範囲内であることから、有意差は見られなかった。しかし、燃焼バーナ P 9、P 10 においては、分散性、着熱効率共に低下している。また、燃焼バーナ P 9、P 10 の燃焼試験中、原料粉体噴出口から、4 本の筋状の粉体流が確認できた。

[0167] しかし、自由落下方式では、燃焼バーナ P 1 では、原料粉体導入管 27 内で目詰まりが試験開始後直ちに発生し、燃焼バーナ P 2、P 3 においても、長時間の連続で利用したり、供給量を増大させたりした場合に目詰まりを起こした。

[0168] 燃焼バーナ P 4 において、原料粉体噴出口 53 から噴出される原料粉体に時間的な密度の偏り（以下、「脈動」という）が確認され、着熱効率が 52 % と低下した。

これは、原料粉体導入管内での粉体の搬送が、一時的な詰まりを繰り返しているためではないかと思われる。

[0169] 燃焼バーナ P 5 ～ P 8、ならびに N 2 では、目詰まりも脈動もなく、原料粉体の分散性に有意な差は確認できなかった。また、着熱効率についても $64 \pm 1\%$ の範囲で差異を確認できなかった。しかし、燃焼バーナ P 9、P 10 においては、分散性、着熱効率共に低下している。また、燃焼バーナ P 9、P 10 の燃焼試験中、原料粉体噴出口から、4 本の筋状の粉体流が確認できた。

産業上の利用可能性

[0170] 本発明は、粉体（原料粉体）を加熱する燃焼バーナ、バーナ装置、及び原料粉体加熱方法に適用可能である。

符号の説明

[0171] 10、60…バーナ装置、11、61…燃焼バーナ、12…第1の支燃性流体供給源、14…燃料流体供給源、16…第2の支燃性流体供給源、18

…原料粉体供給源、19…キャリアガス供給源、21…バーナ本体、21A…先端面、23…燃料流体導入口、25…支燃性流体導入口、27…原料粉体導入管、27a…内壁面、28, 28-1, 28-2…原料粉体導入口、31…第1の環状部材、32…第2の環状部材、32a…外面、32A…外壁、33…第3の環状部材、34…第4の環状部材、41…第1の支燃性流体供給経路、42…燃料流体供給経路、43…原料粉体供給経路、44…第2の支燃性流体供給経路、51…第1の支燃性流体噴出口、52…燃料流体噴出口、53…原料粉体噴出口、54…第2の支燃性流体噴出口、62…原料粉体分配器、63…原料粉体導入部、64…原料粉体分配部、64A…空間、64B…底板、71～78…原料粉体導出部、81…原料粉体受け器、A, B…中心軸、B1…軸、d…内径、E…中心、x…距離、 θ …角度、 ϕ …外径

請求の範囲

[請求項1] 少なくとも、火炎を形成するバーナ本体と、2つ以上の原料粉体導入管とを具備する燃焼バーナであって、

 上記バーナ本体は、原料粉体を供給する原料粉体供給経路、および該原料粉体供給経路の内側に設けられた1つ以上の経路を含む、同心円状に配置された複数の環状部材により形成された複数の経路と、上記原料粉体供給経路により供給された上記原料粉体を噴出する原料粉体噴出口および原料粉体噴出口の内側に位置する複数の噴出口とを有し、

 上記原料粉体供給経路は、当該経路の外側を区画する第1の原料粉体供給経路区画用環状部材と、当該経路の内側を区画する第2の原料粉体供給経路区画用環状部材とにより形成され、

 上記2つ以上の原料粉体導入管は、上記第1の原料粉体供給経路区画用環状部材に設けられ、該原料粉体導入管の中心軸を延在させた軸が上記バーナ本体の中心軸と交わらないようにすると共に、上記原料粉体導入管の中心軸と前記第2の原料粉体供給経路区画用環状部材の外面との成す角度が0度よりも大きくかつ90度よりも小さくなるように設けると共に、上記バーナ本体の中心軸に対して回転対称となるように配置されていることを特徴とする燃焼バーナ。

[請求項2] 前記原料粉体導入管の中心軸と前記第2の原料粉体供給経路区画用環状部材の外面との成す角度が10度以上で、かつ45度未満であることを特徴とする請求項1記載の燃焼バーナ。

[請求項3] 前記原料粉体導入管の内径dと前記第2の原料粉体供給経路区画用環状部材の外径φとの関係が下記(1)式を満たすことを特徴とする請求項1または2記載の燃焼バーナ。

$$\phi > 2d \cdots (1)$$

[請求項4] 前記複数の噴出口のうち、最も内側に配置された噴出口以外の噴出口の形状が、リング状であることを特徴とする請求項1ないし3のう

ち、いずれか1項記載の燃焼バーナ。

[請求項5] 前記原料粉体導入管に設けられ、該原料粉体導入管に前記原料粉体を投入する原料粉体投入口を有することを特徴とする請求項1ないし4のうち、いずれか1項記載の燃焼バーナ。

[請求項6] 前記原料粉体投入口は、1つの前記原料粉体導入管に対して偶数個配置することを特徴とする請求項5記載の燃焼バーナ。

[請求項7] 前記複数の経路は、支燃性流体を供給する支燃性流体供給経路、及び燃焼流体を供給する燃焼流体供給経路を含むことを特徴とする請求項1ないし6のうち、いずれか1項記載の燃焼バーナ。

[請求項8] 前記原料粉体供給経路は、前記支燃性流体供給経路と前記燃焼流体供給経路との間に配置することを特徴とする請求項7記載の燃焼バーナ。

[請求項9] 請求項6ないし8のうち、いずれか1項記載の燃焼バーナと、
筒状とされた原料粉体導入部と、前記原料粉体投入口に前記原料粉体を導出する複数の原料粉体導出部と、前記原料粉体導入部と複数の前記原料粉体導出部との間に配置されており、前記原料粉体導入部から前記複数の原料粉体導出部に向かうにつれて幅広形状とされ、前記複数の原料粉体導出部に前記原料粉体を分配する空間を有する原料粉体分配部とを含む原料粉体分配器とを有し、

前記複数の原料粉体導出部は、前記原料粉体導入部の中心に対して、点対称となるように配置されており、

同一の前記原料粉体導入管に配置された偶数個の前記原料粉体投入口は、点対称で配置された前記原料粉体導出部と接続されていることを特徴とするバーナ装置。

[請求項10] 前記複数の原料粉体導出部は、前記原料粉体分配部との接続位置から外側に広がるように配置されていることを特徴とする請求項9記載のバーナ装置。

[請求項11] 支燃性流体及び燃焼流体を用いて、バーナ装置を構成するバーナ本

体の先端に形成される火炎により、原料粉体を加熱する原料粉体加熱方法であって、

円筒状とされた原料粉体供給経路に対して、0度よりも大きくかつ90度よりも小さい角度で傾斜した方向で、かつバーナ本体の中心軸と交わらない方向から、上記原料粉体供給経路に上記原料粉体を導入する原料粉体導入工程と、

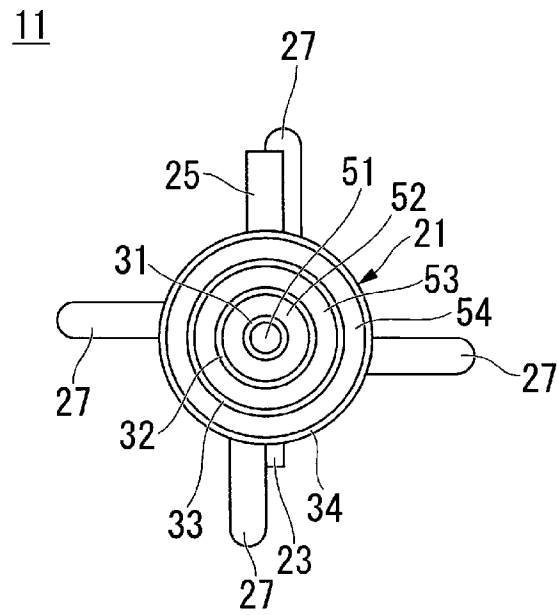
上記原料粉体供給経路により供給された上記原料粉体を原料粉体噴出口から噴出させて、前記火炎により前記原料粉体を加熱する加熱工程とを有することを特徴とする原料粉体加熱方法。

[請求項12]

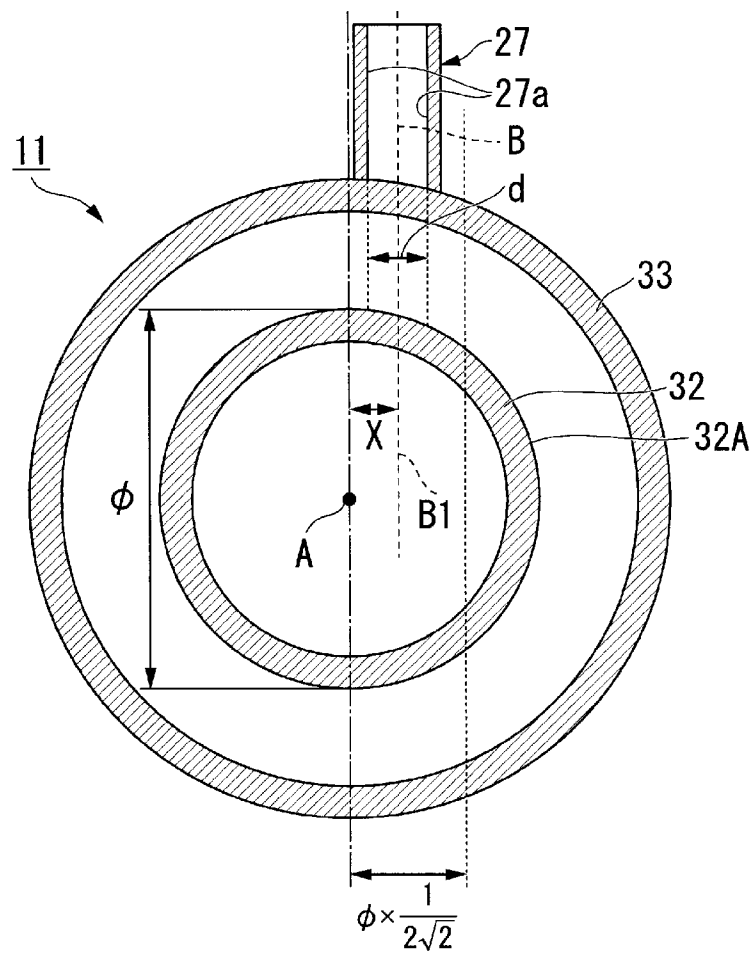
前記原料粉体導入工程の前に、原料粉体分配器により前記原料粉体を複数に分配する工程を有し、

前記原料粉体導入工程では、前記原料粉体供給経路に、前記原料粉体分配器により分配された前記原料粉体を導入することを特徴とする請求項11記載の原料粉体加熱方法。

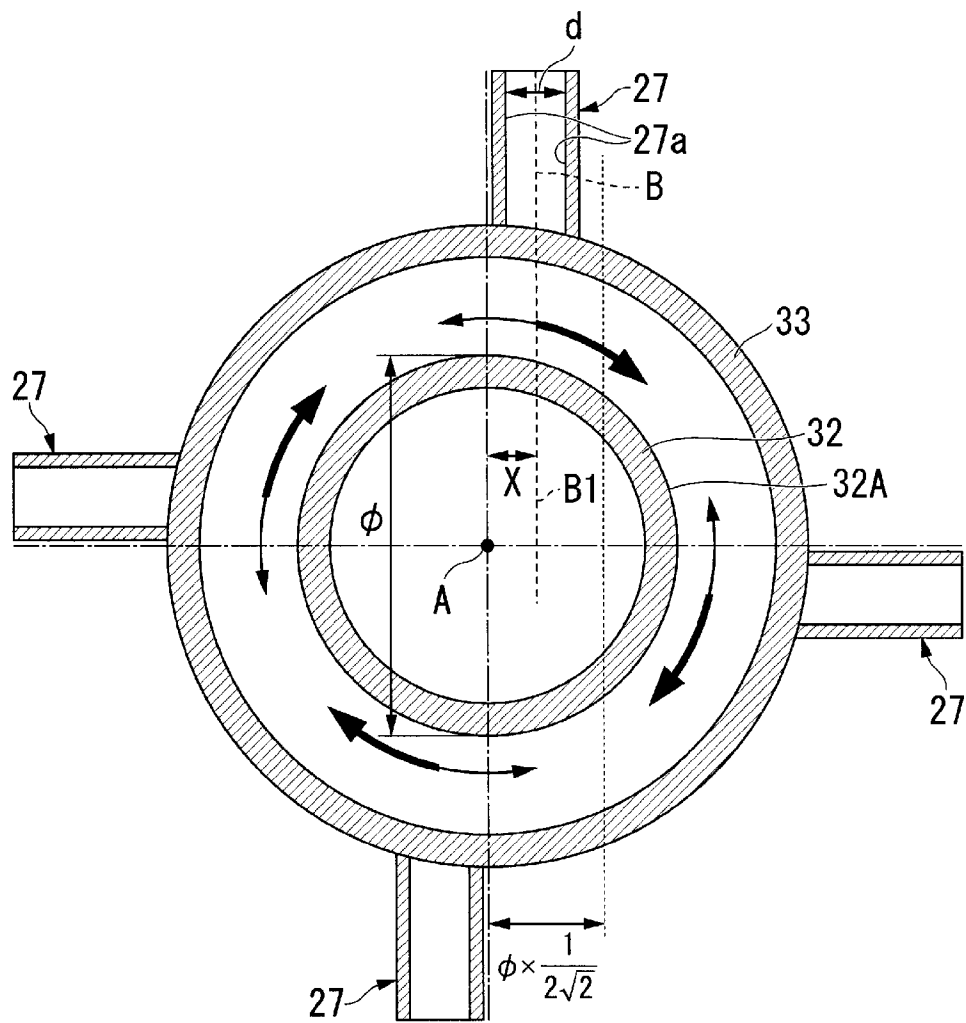
[図2]



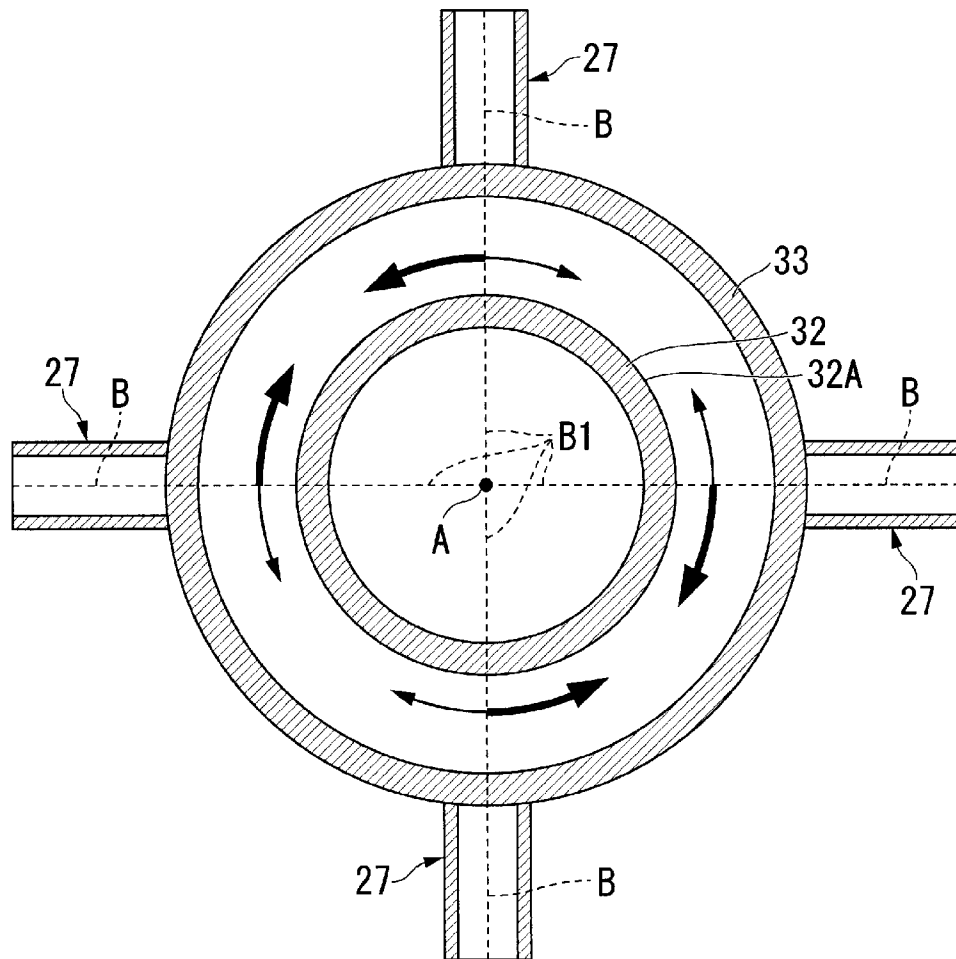
[図3]



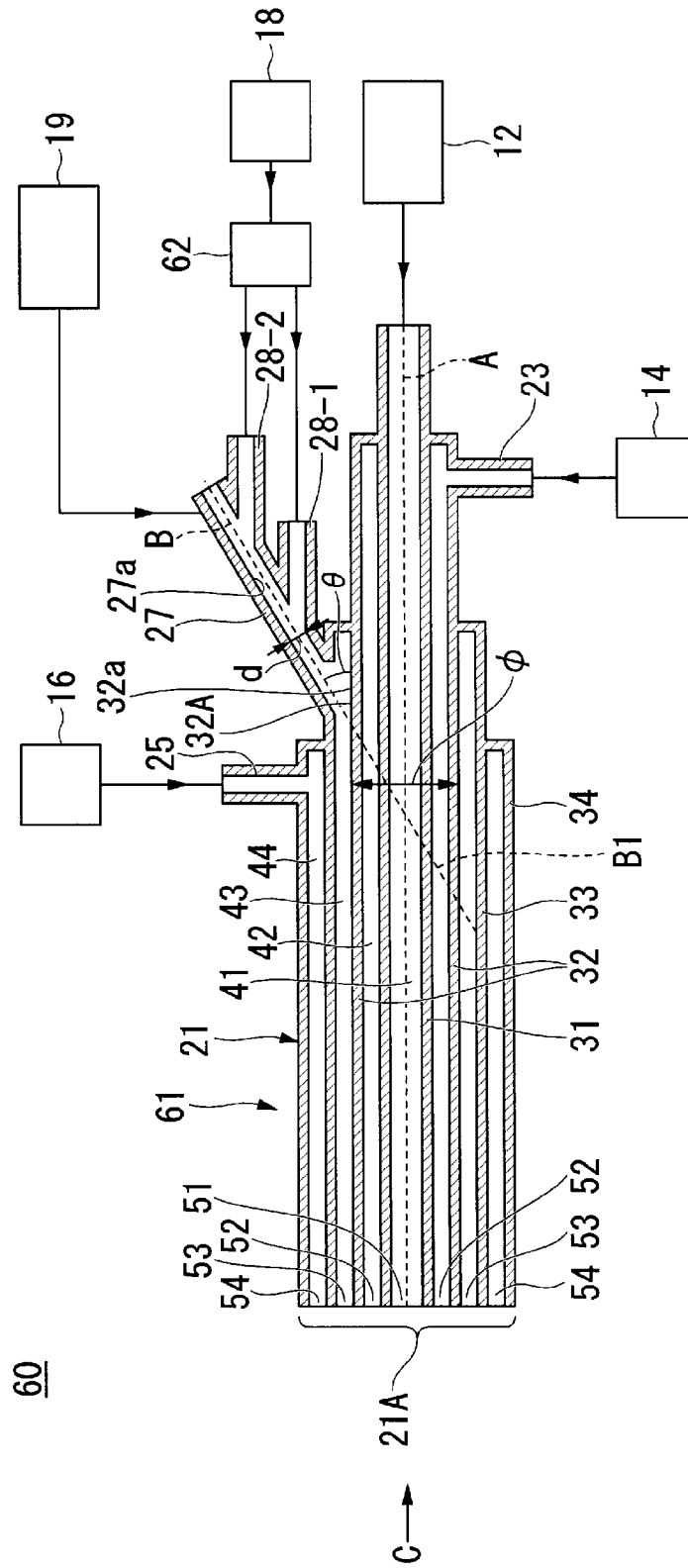
[図4]



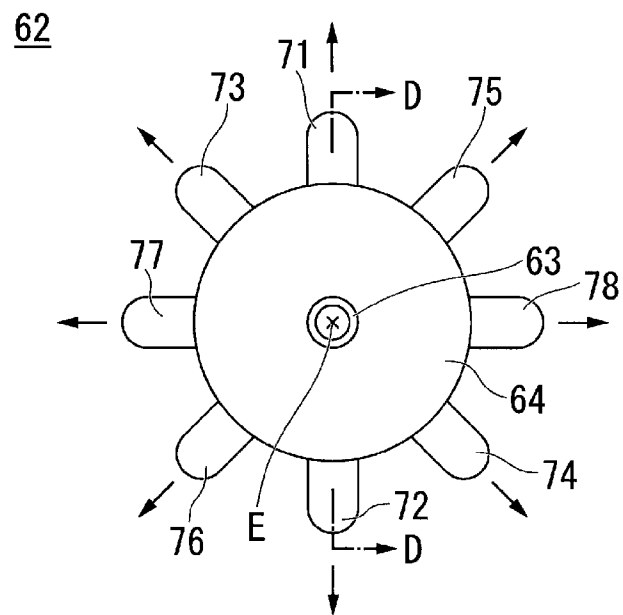
[図5]



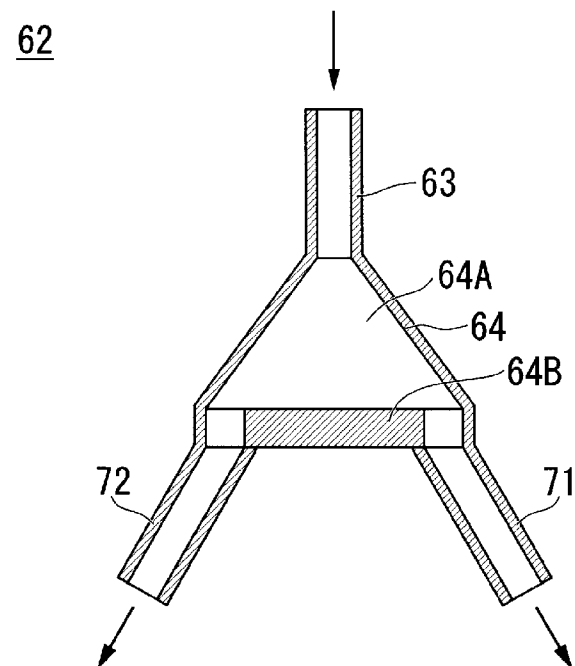
[図6]



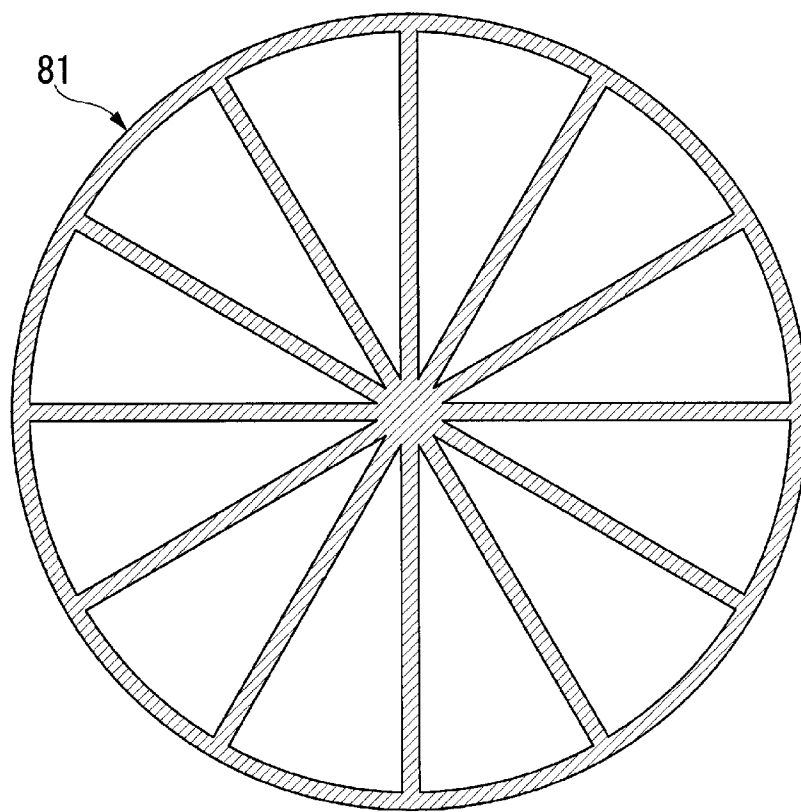
[図7]



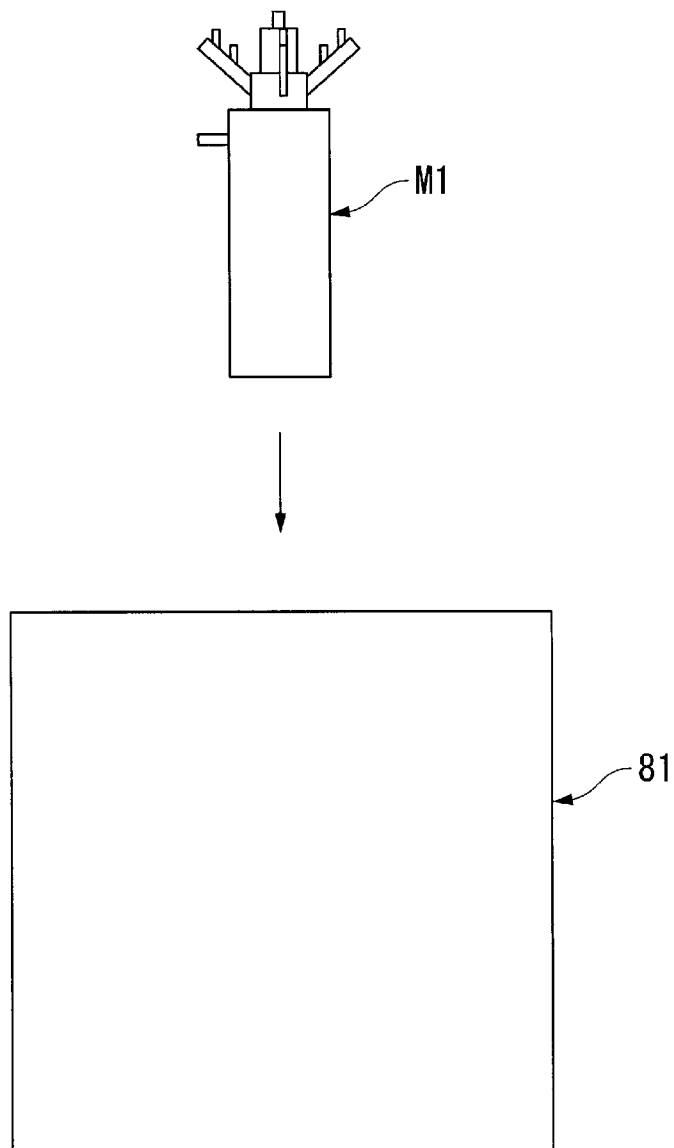
[図8]



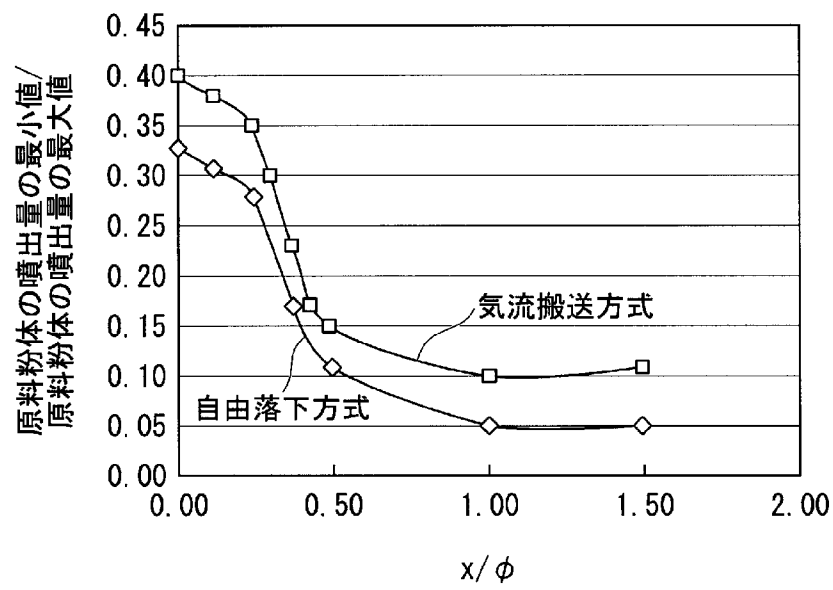
[図9]



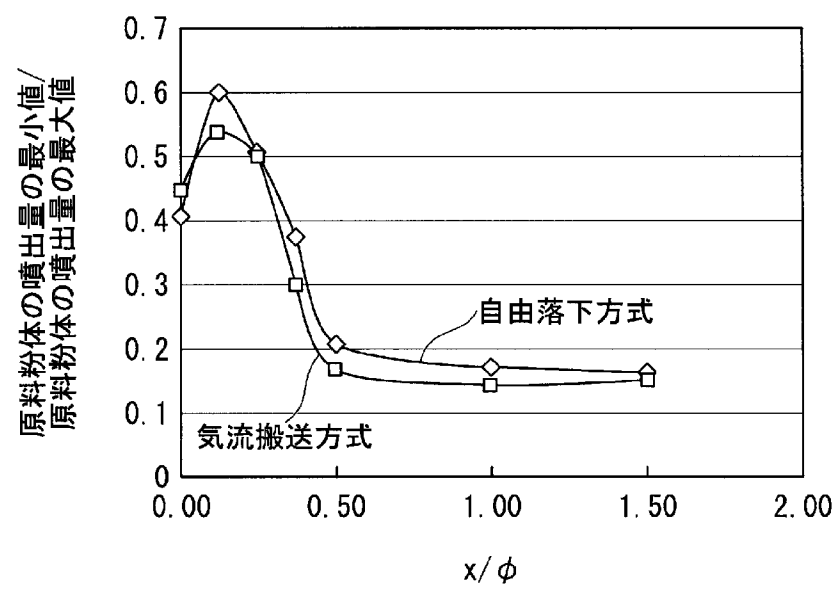
[図10]



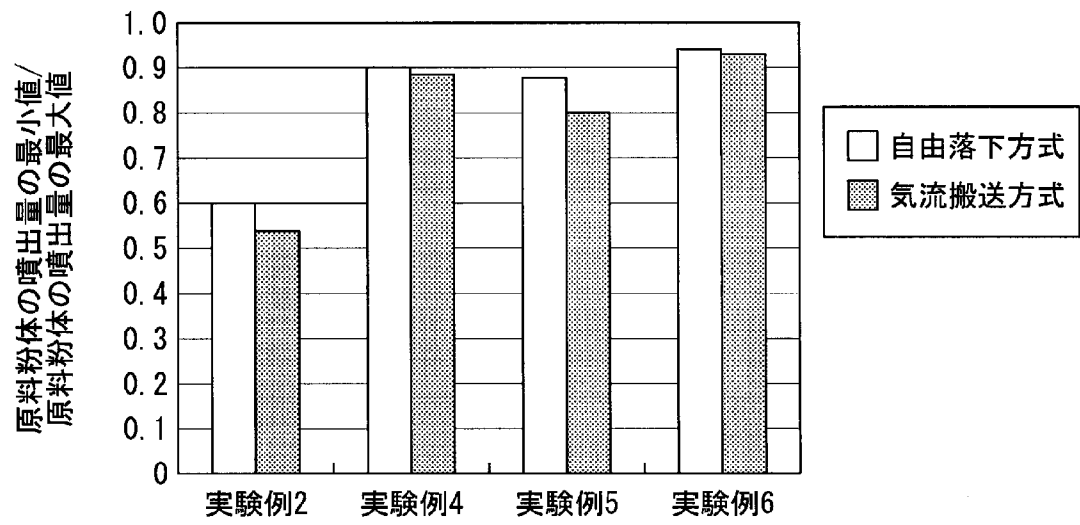
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057514

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F23D14/22(2006.01) i, F23D14/58(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)

F23D14/22, F23D14/58

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	JP 2012-250886 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 20 December 2012 (20.12.2012), paragraphs [0019] to [0065]; fig. 3, 4 (Family: none)	1-5, 7, 8, 11, 12 6, 9, 10
A		
Y	JP 2010-106132 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 13 May 2010 (13.05.2010), paragraphs [0069] to [0082]; fig. 6, 7 (Family: none)	1-5, 7, 8, 11, 12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 June, 2014 (03.06.14)

Date of mailing of the international search report
17 June, 2014 (17.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057514

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 87706/1983 (Laid-open No. 193558/1984) (Nippon Steel Corp.), 22 December 1984 (22.12.1984), page 4, line 14 to page 5, line 7; fig. 3 (Family: none)	12
A	JP 2012-207817 A (Taiyo Nippon Sanso Corp.), 25 October 2012 (25.10.2012), paragraphs [0028] to [0054]; fig. 1 (Family: none)	1-12
A	JP 2004-536008 A (Pirelli & C. S.p.A.), 02 December 2004 (02.12.2004), paragraphs [0037] to [0045]; fig. 1 to 4 & US 2004/0261460 A1 & US 2009/0325111 A1 & EP 1390311 A & WO 2002/098805 A1 & DE 60239397 D & AT 501095 T	1-12
A	US 4373900 A (PILLARD, INC.), 15 February 1983 (15.02.1983), column 4, lines 19 to 23; fig. 1, 2 (Family: none)	1-12
A	JP 2006-76826 A (The Nippon Chemical Industrial Co., Ltd.), 23 March 2006 (23.03.2006), paragraphs [0009] to [0052]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-12
A	JP 2012-96942 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 24 May 2012 (24.05.2012), paragraphs [0026] to [0041]; fig. 1 (Family: none)	1-12
A	JP 2009-92254 A (Taiyo Nippon Sanso Corp.), 30 April 2009 (30.04.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 3-69527 A (Yazaki Corp.), 25 March 1991 (25.03.1991), page 6, lower left column, line 14 to page 7, upper left column, line 4; fig. 4, 5 (Family: none)	1-12
A	JP 5-17164 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 26 January 1993 (26.01.1993), paragraphs [0042] to [0045]; fig. 11 (Family: none)	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057514

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-240303 A (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd., Volcano Co., Ltd.), 17 September 1996 (17.09.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2012-189311 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 04 October 2012 (04.10.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F23D14/22(2006.01)i, F23D14/58(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（I P C））

Int.Cl. F23D14/22, F23D14/58

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	JP 2012-250886 A (旭硝子株式会社) 2012.12.20, 段落 [0019] - [0065], 図3, 4 (ファミリーなし)	1 - 5, 7, 8, 11, 12
A		6, 9, 10
Y	JP 2010-106132 A (バブコック日立株式会社) 2010.05.13, 段落 [0069] - [0082], 図6, 7 (ファミリーなし)	1 - 5, 7, 8, 11, 12
Y	日本国実用新案登録出願 58-87706 号(日本国実用新案登録出願公開 59-193558 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ	12

☒ 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

03.06.2014

国際調査報告の発送日

17.06.2014

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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

3 L

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
	イクロフィルム (新日本製鉄株式会社) 1984. 12. 22, 第 4 頁第 1 4 行ー第 5 頁第 7 行, 第 3 図 (ファミリーなし)	
A	JP 2012-207817 A (大陽日酸株式会社) 2012. 10. 25, 段落 [0 0 2 8] ー [0 0 5 4], 図 1 (ファミリーなし)	1 ー 1 2
A	JP 2004-536008 A (ピレリ・アンド・チ・ソチエタ・ペル・アツィオーニ) 2004. 12. 02, 段落 [0 0 3 7] ー [0 0 4 5], F I G. 1 ー 4 & US 2004/0261460 A1 & US 2009/0325111 A1 & EP 1390311 A & WO 2002/098805 A1 & DE 60239397 D & AT 501095 T	1 ー 1 2
A	US 4373900 A (P I L L A R D, I N C.) 1983. 02. 15, 第 4 欄第 1 9 ー 2 3 行, F i g. 1, 2 (ファミリーなし)	1 ー 1 2
A	JP 2006-76826 A (日本化学工業株式会社) 2006. 03. 23, 段落 [0 0 0 9] ー [0 0 5 2], 図 1 ー 5 (ファミリーなし)	1 ー 1 2
A	JP 2012-96942 A (旭硝子株式会社) 2012. 05. 24, 段落 [0 0 2 6] ー [0 0 4 1], 図 1 (ファミリーなし)	1 ー 1 2
A	JP 2009-92254 A (大陽日酸株式会社) 2009. 04. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 ー 1 2
A	JP 3-69527 A (矢崎総業株式会社) 1991. 03. 25, 第 6 頁左下欄第 1 4 行ー第 7 頁左上欄第 4 行, 第 4, 5 図 (ファミリーなし)	1 ー 1 2
A	JP 5-17164 A (古河電気工業株式会社) 1993. 01. 26, 段落 [0 0 4 2] ー [0 0 4 5], 図 1 1 (ファミリーなし)	1 ー 1 2
A	JP 8-240303 A (三井造船株式会社, ボルカノ株式会社) 1996. 09. 17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 ー 1 2
A	JP 2012-189311 A (大阪瓦斯株式会社) 2012. 10. 04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 ー 1 2