

(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
2020年7月2日(02.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/138484 A1

(51) 国際特許分類:

F23C 10/01 (2006.01) *F23G 7/00* (2006.01)
F23C 10/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/051575

(22) 国際出願日: 2019年12月27日(27.12.2019)

(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 2018-247383 2018年12月28日(28.12.2018) JP

(71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI

KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).

(72) 発明者: 五十嵐 実 (IGARASHI, Minoru).
小川 祐司 (OGAWA, Yuji). 清水 敬哲 (SHIMIZU, Hironori). 武藤 貞行 (MUTOH, Sadayuki). 清瀧 元 (KIYOTAKI, Gen). 飯田 雄介 (IIDA, Yusuke).

(74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所 (PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OFFICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 Hyogo (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,

(54) Title: FLUIDIZED BED FURNACE

(54) 発明の名称: 流動床炉

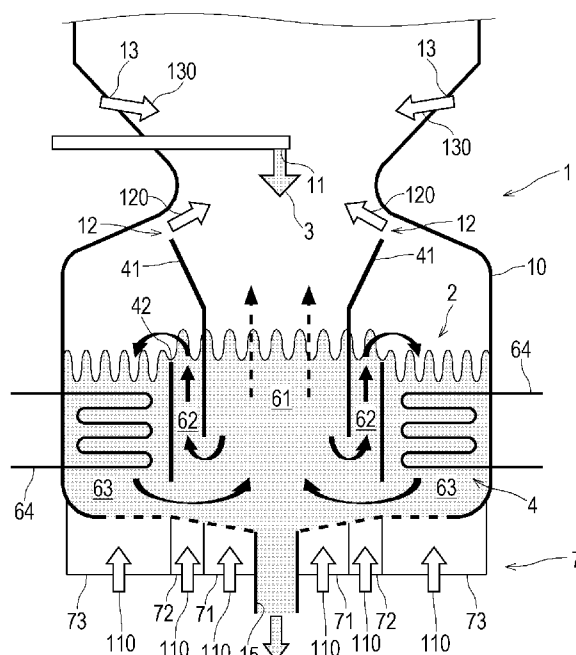


FIG.1

(57) Abstract: This fluidized bed furnace which burns a fuel containing an alkali metal is provided with a fluidized bed that burns a fuel supplied thereto by fluidizing a fluid medium. The fuel contains an alkali metal. The fluid medium is composed of a particulate mineral and/or a particulate slag, while having a quartz content of 14% by mass or less.

(57) 要約: アルカリ金属を含む燃料を燃焼させる流動床炉は、流動媒体を流動させて供給された燃料を燃焼する流動層を備える。燃料は、アルカリ金属を含有する。流動媒体は、粒子状鉱物及び／又は粒子状スラグからなり、石英の含有量が14質量%以下である。

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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：流動床炉

技術分野

[0001] 本発明は、アルカリ金属を含む燃料を燃焼させる流動床炉に関する。

背景技術

[0002] 近年、バイオマスは、有力な再生可能エネルギーの一つとして考えられている。例えば、バイオマス発電では、バイオマス燃料を燃やして出る水蒸気やガスを使って、タービンを回すことで発電する。バイオマス燃料を燃やすために、例えば、流動床炉が用いられる。流動床炉は、吹き上がる加圧空気によって高温の流動媒体を流動させた流動層を備え、流動層の中で供給された燃料を燃焼するものである。上記の流動媒体として、一般的に、珪砂が用いられる。珪砂とは、主に石英粒からなる砂である。

[0003] バイオマスの中でも、従来は廃棄されていたパーム椰子空果房（E F B : Empty Fruit Bunches）の利用が注目されている。E F Bは、含水量が約60質量%で、発熱量が約4000 kcal/kgの有効な燃料であるが、乾燥ベースで約2質量%のカリウム（K）を含む。流動媒体が珪砂である流動床炉において、カリウムやナトリウム（Na）などのアルカリ金属成分を含有する燃料を用いた場合には、アルカリ金属成分と珪砂粒子（即ち、石英粒子）との間の化学反応により、アルカリ金属の珪酸塩が形成される。この珪酸塩は、炉内温度（約800～900℃）よりも低い700℃程度で溶融する低融点化合物であり、珪砂粒子表面に粘着層を形成する。この粘着層を介して珪砂粒子同士が固着して、珪砂の凝集や塊化が生じる。このように流動媒体が塊化すると、流動層の良好な流動が妨げられ、燃料の安定した燃焼が困難となる。このような課題に対し、特許文献1～3では、流動床炉において流動媒体の凝集を防止する技術が提案されている。

[0004] 特許文献1では、酸化マグネシウムを30質量%程度含む製錬スラグを流動媒体として利用し、流動層に投入された燃料中のアルカリ金属成分と製錬

スラグとを反応させて、製錬スラグの表面に高融点のコーティングを形成させながら燃料を燃焼させることが開示されている。

[0005] また、特許文献2では、泥炭、褐炭及び亜瀝青炭のようにナトリウム分が多い炭素質燃料をガス化する流動層ガス化炉において、流動媒体として生石灰を用い、 H_2 、 CO_2 及び H_2O を含むガス化剤で流動媒体を流動させることが開示されている。

[0006] また、特許文献3では、泥炭、褐炭及び亜瀝青炭のようにナトリウム分が多い炭素質燃料をガス化する流動層ガス化炉において、流動媒体として酸化アルミニウムを用い、 H_2 、 CO_2 及び H_2O を含むガス化剤で流動媒体を流動させることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第5536063号公報

特許文献2：特開2017-088831号公報

特許文献3：特開2017-071692号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 特許文献1に記載された技術は、流動媒体を構成する粒子の表面に、炉内温度よりも融点の高い化合物を付着させることにより、粒子の凝集や塊化を抑制している。また、特許文献2、3に記載された技術は、流動媒体の粒子とナトリウムとの反応によって炉内温度よりも融点の低いソーダガラスの生成を抑制している。

[0009] 流動媒体として酸化アルミニウムを採用すると、酸化アルミニウムは珪砂と比較して高価であり、費用が嵩む。また、流動媒体として生石灰を採用すると、生石灰は水分と反応しやすいことから、バイオマス燃料のように水分の多い燃料を燃やす場合には適さない。

[0010] 本発明は以上の事情に鑑みてされたものであり、その目的は、アルカリ金

属を含む燃料を燃焼させる流動床炉において、比較的安価且つ入手容易な流動媒体を用いて、流動媒体の塊化を抑制することにある。

課題を解決するための手段

- [0011] 本発明の一態様に係る流動床炉は、流動媒体を流動させて供給された燃料を燃焼する流動層を備え、前記燃料は、アルカリ金属を含有し、前記流動媒体は、粒子状鉱物及び／又は粒子状スラグからなり、石英の含有量が14質量%以下であることを特徴とするものである。
- [0012] 上記流動床炉において、前記鉱物が、ガーネット（ざくろ石）、イルメナイト、かんらん石、及び、クロマイトよりなる群から選択される少なくとも1種の鉱物であってよい。
- [0013] また、上記流動床炉において、前記スラグが、フェロニッケルスラグ、及び、銅スラグよりなる群から選択される少なくとも1種のスラグであってよい。
- [0014] 上記構成の流動床炉では、流動媒体の石英の含有量が14質量%以下であるので、流動媒体中の石英と燃料中のアルカリ金属成分とが反応して粒子表面に粘着層が形成されても、流動媒体の凝集や塊化が生じない又は生じても僅かであり、流動層は良好な流動を維持することができる。そして、上記に例示されるように、石英の含有量が14質量%以下の流動媒体には、比較的安価で且つ容易に入手可能なものがある。

発明の効果

- [0015] 本発明によれば、アルカリ金属を含む燃料を燃焼させる流動床炉において、比較的安価且つ入手容易な流動媒体を用いて、流動媒体の塊化を抑制することができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]図1は、本発明の一実施形態に係る流動床炉の概略構成図である。
[図2]図2は、流動加熱試験装置の概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0017] 次に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は本発明の一実施形態に係る流動床炉1の概略構成図である。図1に例示される流動床炉1は、内部循環流動層式の流動床炉1である。但し、本発明において流動床炉1に制約はなく、内部循環流動層式の他に、一般的な、気泡流動層式、高速流動層式、及び、外部循環流動層式などの公知の各種形式の流動床炉に本発明を適用できる。

[0018] 流動床炉1は、燃焼容器10を備える。流動床炉1には、燃焼容器10の下部を3種のセル61、62、63に仕切る仕切壁41、42と、各セル61、62、63に充填された流動媒体4と、各セル61、62、63に流動媒体4を流動させる流動化ガス110を供給する流動化ガス供給装置7とによって、内部循環流動層2が形成されている。

[0019] 燃焼容器10内下部は、中央に位置する「燃焼セル61」、燃焼セル61の外側に位置する「循環セル62」、及び、循環セル62の外側に位置する「収熱セル63」の3種類のセルに仕切られている。

[0020] 第1仕切壁41は、燃焼セル61と循環セル62との間を仕切る。第1仕切壁41の下端と燃焼容器10の底とは離間しており、燃焼セル61から第1仕切壁41の下を通過して循環セル62への流動媒体4の移動が許容される。第2仕切壁42は、循環セル62と収熱セル63との間を仕切る。第2仕切壁42の下端と燃焼容器10の底とは離間しており、収熱セル63から第1仕切壁41及び第2仕切壁42の下を通過して燃焼セル61への流動媒体4の移動が許容される。第2仕切壁42の上端は、燃焼容器10に収容された流動媒体4の表面レベル又はその近傍にあり、循環セル62から第2仕切壁42を飛び越えて収熱セル63への流動媒体4の移動が許容される。

[0021] 燃焼セル61の上方には、燃料投入口11が設けられている。燃料投入口11へは、図示されない燃料供給装置により定量的に燃料3が供給される。燃料投入口11から炉内へ投入された燃料3は、燃焼セル61に落下する。また、燃料投入口11の近傍には、二次燃焼ガス120を吹き込む二次燃焼ガス供給口12が設けられている。更に、二次燃焼ガス供給口12よりも上

方には、三次燃焼ガス 130 を吹き込む三次燃焼ガス供給口 13 が設けられている。

[0022] 収熱セル 63 には、過熱器や蒸発器などの伝熱管 64 が設けられている。この伝熱管 64 を通過する熱媒体により熱回収が行われる。

[0023] 流動化ガス供給装置 7 は、燃焼セル 61、循環セル 62、及び収熱セル 63 の各々に独立して流量が調整された流動化ガス 110 を供給する。燃焼容器 10 の底部は、多数の気孔が設けられた分散板で構成されている。燃焼容器 10 の下方には、気孔を通じて燃焼容器 10 の内部と連通された風箱 71、72、73 が設けられている。風箱 71、72、73 は、各セル 61、62、63 に対応して設けられている。各風箱 71、72、73 には、図示されない押込みファンから高温の流動化ガス 110 が圧送される。各風箱 71、72、73 へ供給される流動化ガス 110 の流量は、図示されない弁又はダンパによって調整されてよい。

[0024] 流動化ガス供給装置 7 では、各セル 61、62、63 の流動化ガス 110 の空塔速度が流動媒体 4 に循環流動を生じさせる所定の相関関係となるように、各風箱 71、72、73 へ供給される流動化ガス 110 の流量が調整される。ここで、「所定の相関関係」とは、各セル 61、62、63 の流動化ガス 110 の空塔速度が流動媒体 4 の流動化速度よりも大きいことを前提として、循環セル 62 の流動化ガス 110 の空塔速度が燃焼セル 61 の流動化ガス 110 の空塔速度よりも大きく、且つ、燃焼セル 61 の流動化ガス 110 の空塔速度が収熱セル 63 の流動化ガス 110 の空塔速度よりも大きい、各セル 61、62、63 の流動化ガス 110 の空塔速度の関係を意味する。これにより、燃焼セル 61 の流動媒体 4 は第 1 仕切壁 41 の下方を通して循環セル 62 へ移動し、循環セル 62 の流動媒体 4 は第 2 仕切壁 42 の上方を通して収熱セル 63 へ移動し、収熱セル 63 の流動媒体 4 は第 1 仕切壁 41 及び第 2 仕切壁 42 の下方を通して燃焼セル 61 へ循環する。

[0025] 上記構成の流動床炉 1 では、流動層 2 において低空気比燃焼が行われる。酸素濃度の低い還元雰囲気の流れ層 2 では、燃料 3 の緩慢な乾燥と熱分解に

よって、可燃性熱分解ガスと熱分解残渣が生じる。熱分解残渣や燃料 3 の燃え残りは、燃焼セル 6 1 の底部に設けられた流動媒体 4 及び不燃物の抜出口 1 5 から炉外へ排出される。循環セル 6 2 及び収熱セル 6 3 を吹き抜けた流動化ガス 1 1 0、並びに、循環セル 6 2 及び収熱セル 6 3 で生じた熱分解ガスは、二次燃焼ガス 1 2 0 として、二次燃焼ガス供給口 1 2 から吹き出す。燃焼セル 6 1 で生じた熱分解ガスは二次燃焼ガス 1 2 0 で燃焼し、その燃焼ガス中の未燃分は、三次燃焼ガス 1 3 0 で完全燃焼し、その燃焼排ガスが炉外へ排出される。

[0026] 上記の流動床炉 1 では、燃料 3 として、カリウムやナトリウムなどのアルカリ金属を含有するバイオマス燃料や低品位炭が用いられてよい。そのために、流動媒体 4 は、粒子状鉱物及び／又は粒子状スラグからなり、石英の含有量が 1 4 質量%以下である。

[0027] 上記の鉱物は、ガーネット（ざくろ石）、イルメナイト（ FeTiO_3 ）、かんらん石（ $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ ）、及び、クロマイト（ $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Cr}_2\text{O}_4$ ）よりなる群から選択される少なくとも 1 種の鉱物であってよい。これらの鉱物は、含有する石英が珪砂と比較して十分に少ない。ガーネットは、一般式 $\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$ 、又は、 $\text{A}_3\text{B}_2\text{C}_3\text{O}_{12}$ と表される。主成分は、A としてカルシウム、マグネシウム、鉄（II）、マンガンなど、B として鉄（III）、アルミニウム、クロム、チタンなど、C としてケイ素、アルミニウム、鉄（III）などが入る。

[0028] また、上記のスラグは、フェロニッケルスラグ、及び、銅スラグよりなる群から選択される少なくとも 1 種のスラグであってよい。これらのスラグは、含有する石英が珪砂と比較して十分に少ない。フェロニッケルスラグは、ステンレス鋼などの原料となるフェロニッケルを製錬する際に発生する残留物である。フェロニッケルスラグは、 SiO_2 （シリカ）と MgO を主な成分とする。銅スラグは、銅を製錬する際に発生する残留物である。銅スラグは、 FeO 、 SiO_2 、 CaO 、 Al_2O_3 を主な成分とする。

[0029] 流動媒体 4 の石英の含有量は、X線回折法で測定され得る。流動媒体 4 中

の石英と燃料3中のアルカリ金属成分とが反応して、粒子表面に粘着層が形成される結果、流動媒体4の凝集や塊化が生じる。石英の含有量が14質量%を超えると、流動媒体4の凝集や塊化により流動層2の流動が妨げられて、燃料3の安定した燃焼が困難となる。石英の含有量が14質量%以下では、流動媒体4の凝集や塊化が生じない又は生じても僅かであり、流動層2は良好な流動を維持することができる。流動媒体4は石英を含有しなくてもよい。このような観点から、流動媒体4の石英の含有量は、0質量%以上14質量%以下とする。なお、流動媒体4の元素としての SiO_2 の含有量は特に制限されない。

[0030] 試料1：ガーネット（インド産ガーネットサンド（アルミナ系のアルマンダイト（ $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ ））、株式会社MAC）、
試料2：フェロニッケルスラグ（NEサンド6号、山川産業株式会社）、
試料3：イルメナイト（豪州産イルメナイト、岩谷産業株式会社）、
試料4：クロマイト（クロマイトサンド、山川産業株式会社）
試料5：かんらん石（オリビンサンド、東邦オリビン工業株式会社）、
比較試料：珪砂（竹折珪砂5号、有限会社竹折珪業所）、
の各試料を用意した。表1には、試料1～3及び比較試料の元素分析結果を示す。なお、表1には、ガーネット（アルマンダイト）、フェロニッケルスラグ、及び、イルメナイトの標準的組成も併せて示す。また、表2に、試料1～5及び比較試料の価格、X線回折の分析結果、耐久性試験結果、及び流動加熱試験結果を示す。比較試料の珪砂では、含まれる SiO_2 の殆どが石英として存在している。一方、試料1～3には SiO_2 が含まれるものの、その殆どが石英として存在せず、石英の含有量が14質量%以下である。試料4、5には石英が殆ど含まれない。また、試料1～3の価格は、珪砂の価格の10倍以下に抑えられている。なお、酸化アルミニウムの価格は、珪砂の価格の10倍以上である。

[0031]

[表1]

元素分析結果

	比較試料	試料1		試料2		試料3	
	珪砂	ガーネット アルマンダイト	ガーネット アルマンダイト (標準的 組成)	フェロニッケル スラグ	フェロニッケル スラグ (標準的 組成)	イルメナイト	イルメナイト (標準的 組成)
Fe ₂ O ₃	0.2	39	28.9-35.0	9		32	12.2-32.0
FeO					4.5-10.0		0-34.8
SiO ₂	92	27	34.7-40.0	51	50.0-56.6	2	0-2.0
Al ₂ O ₃	4	17	19.3-25.0	4	1.5-2.0	2	0-2.0
CaO	<0.1	3	1.0-4.5	6	0.5-5.18		
MgO	<0.1	5	5.0-7.4	27	28.1-35.5	0.1	0-1.0
Cr ₂ O ₃	-	-		1		<0.1	
TiO ₂	0.2	7	0.1-1.0	0.1		62	47.68-63.1
MnO	-	1	<1	0.5		1	

各元素の数値は、全体を100として質量%で表されている。

[0032]

[表2]

X線回折 分析結果									
		粒径 [mm]	価格 [¥/Kg]	X線回折 分析結果			耐久性試験 結果 残留率 [%]	流動加熱 試験結果	
				化学式	鉱物名	準定量値 [質量%]			
比較 試料	珪砂	0.15-0.84	13	SiO ₂	石英	92	87	凝集率 [質量%] 36.9	
				KSi ₃ AlO ₈	正長石	8		流動不良・ 有	
試料1	ガーネット	0.15-0.30	60-85	Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	アルマンデイン	84	99	3.6 流動不良・ 無	
				FeTiO ₃	イルメナイト	8			
				CaCO ₃	カルサイト	4			
				SiO ₂	石英	2			
				TiO ₂	ルチル	1			
				TiO ₂	アナターズ	1			
試料2	フェロニッケル スラグ	0.05-0.43	20-30	Mg(SiO ₃)	エンスタタイト	60	94	4.1 流動不良・ 無	
				Mg _{1.81} Fe _{1.9} (SiO ₄)	フォルステライト	25			
				(Ca _{0.58} Mg _{1.41})(Si ₂ O ₆)	クリノパイロキシン	12			
				SiO ₂	石英	4			
試料3	イルメナイト	0.01-0.59	50	TiO ₂	ルチル	49	98	0.5 流動不良・ 無	
				FeTiO ₃	イルメナイト	25			
				SiO ₂	石英	14			
				Zr(SiO ₄)	ジルコン	12			
				(Fe _{0.51} Mg _{0.49})(Cr _{0.73} Al _{0.27}) ₂ O ₄	クロマイト	100			
試料4	クロマイト	0.075-0.425	100-110	(Mg _{1.818} Fe _{0.182})(SiO ₄)	カンラン石	39	66	0.7 流動不良・ 無	
試料5	かんらん石	0.075-0.60	30	MgSiO ₃	頑火輝石	35			
				Mg ₃ (OH) ₂ Si ₄ O ₁₀	滑石	11			
				Mg _{5.0} Al ₆ Fe ₄ Si _{2.5} Al _{1.5} O ₁₀ (OH) ₈	緑泥石	8			
				Mg ₃ (Si ₂ O ₆)(OH) ₄	リザーード石	6			

[表3]

	流速 [m/s]	流動媒体の粒径 [mm]
内部循環流動床ボイラ ICFB	1~2 (流動層内)	0.6
循環流動床ボイラ CFB	6~8	0.2~0.3

[0034] 流動媒体4の平均粒子径は、流動層内の流動媒体の流速（目標流速）に応じて適切な範囲が設定される。表3に、内部循環流動床ボイラ（ICFB）及び循環流動床ボイラ（CFB）の各々について、流動層内の流動媒体の流速と粒径との関係を示す。好適な流動媒体4の平均粒子径は、例えば、流動層の層温度：550～1000℃、流動媒体4の比重：2.5～5.0を仮定して、流動化開始速度 U_{mf} が0.129 m/s以下となる粒子径の最小値から最大値までの範囲として計算され得る。このような流動媒体4の平均粒子径は、概ね0.37 mm以上0.61 mm以下の範囲に収まる。例えば、層温度が800℃、流動媒体（試料1）の比重が4 g/cm³である場合、粒子径が0.48 mmのときに U_{mf} が約0.129 m/sとなる。そこで、流動媒体（試料1）の平均粒子径を、好ましくは0.48 mmとする。また、例えば、層温度が800℃、流動媒体（試料2）の比重が2.8 g/cm³である場合、粒子径が0.58 mmのときに U_{mf} が約0.129 m/sとなる。そこで、流動媒体（試料2）の平均粒子径を、好ましくは0.58 mmとする。また、例えば、層温度が800℃、流動媒体（試料3）の比重が4.7 g/cm³である場合、粒子径が0.44 mmのときに U_{mf} が約0.129 m/sとなる。そこで、流動媒体（試料3）の平均粒子径を、好ましくは0.44 mmとする。

[0035] なお、流動媒体4の平均粒子径は、ふるい分け法によって測定されてよい。具体的には、JIS Z 8801に規定するふるいを用いてふるい分け、それぞれのふるい上に残った試料の質量を計測し、グラフに累積分布を記載して、累積分布（粒度分布）の体積基準の相対粒子量が50%になる粒子径（ d_{50} ）を平均粒子径として求める。

[0036] 〔流動加熱試験及びその結果〕

ここで、流動媒体4の凝集抑制効果を評価するための、流動加熱試験について説明する。

[0037] 図2は、流動加熱試験装置8の概略構成を示す図である。流動加熱試験装置8は、SUS製の炉心管81、炉心管81を加熱する管状炉80、流動化ガス源であるArガスボンベ82及びPRガスボンベ83、流動化ガスを加熱するエアヒータ84、並びに、炉心管81からの排ガス系統に設けられた集塵用サイクロン88及びコールドトラップ89を備える。炉心管81には、流動媒体4の試料が静止層高60mmとなるように充填されている。Arガスボンベ82からのArガス供給量は第1マスフローコントローラ85により調整され、PRガスボンベ83からのPRガス供給量は第2マスフローコントローラ86により調整される。流動加熱試験装置8は、流動層2の層内圧力を検出する第1圧力センサ91、炉心管81の出口圧力を検出する第2圧力センサ92、流動層2の温度を検出する温度センサ95、及び、流動層2の層内圧力と炉心管81の出口圧力との差である流動層差圧 ΔP_2 を計測する流動層差圧計94を更に備える。

[0038] 上記構成の流動加熱試験装置8では、Arガスボンベ82及びPRガスボンベ83からのガスは、マスフローコントローラ85、86により流量調整されたのち合流して、エアヒータ84で200℃まで加熱され、流動化ガスとして炉心管81の底部入口に流入する。流動化ガスは炉心管81を下方から上方へ向けて通過し、これにより流動媒体4が流動して、流動層2が形成される。流動するうちに割れて微細となった流動媒体4は、流動層2から飛散してフリーボード層を通過し、排ガスに同伴して炉心管81から排出される。炉心管81からの排ガスはサイクロン88を通過し、ここで排ガスに同伴する微細な流動媒体が分離回収される。サイクロン88を通過した排ガスは、コールドトラップ89で冷却されて放散される。

[0039] 流動加熱試験は、以下の(1)～(6)の手順で行う。

(1) 11.5gの模擬灰(K_2CO_3)を測り取り、流動層2中の模擬灰体

積濃度が 0.117 g/mL となるように、ビーカー内で流動媒体の試料と模擬灰とを混合する。

(2) 炉心管81に、初期静止層高が 60 mm となるように、試料と模擬灰との混合物を充填する。

(3) 2.0 NL/min の Ar ガスで通気しながら、管状炉80で炉心管81を昇温させる。流動層2内の温度が 750°C 付近になれば、 Ar ガスの流量を $U/U_{mf} = 5.0$ 相当となるように調整する。

(4) 流動層2内の温度が 750°C に安定してから、 Ar ガスに PR ガス(CH_4 $10\% + \text{Ar}$ ベースのProportional Gas)を添加することにより、 CH_4 濃度が 4% となるように調整して、試験を開始する。

(5) 流動媒体が凝集して流動なくなると、流動層差圧 ΔP_1 が低下する。そこで、流動層差圧 ΔP_1 の変化を波形チャートに基づいて観察し、流動層差圧 ΔP_1 が急激に減少した時点で試験を終了する。流動層差圧 ΔP_1 の急激な変化が観察されない場合には、5時間で試験を終了する。

(6) 試験終了後、炉心管81を降温し、炉心管81内の状況(凝集物生成によるブリッジ、管内付着状況等)を確認する。更に、炉心管81の内容物を取り出し、目開き $500\text{ }\mu\text{m}$ の篩を用いて、分級後の各重量を測定する。

[0040] 流動加熱試験の結果を表2に示す。篩で $500\text{ }\mu\text{m}$ 以上に分級された流動媒体を「凝集した流動媒体」とし、初期の流動媒体の全質量に対する凝集した流動媒体の質量の割合[%]を凝集率とした。試料1～3, 5は、いずれも比較試料である珪砂よりも著しく低い凝集率が得られ、且つ、流動層2の流動不良は観察されなかった。

[0041] [耐久試験及びその結果]

流動媒体4は、所定の耐久性を備えることが好ましい。流動媒体4の耐久性は、流動加熱後の残留率で評価することができる。耐久性の評価の基準は、例えば、一般的に流動媒体として使用されてきた珪砂の耐久性としてよい。

[0042] 耐久試験は、前述の流動加熱試験と同時に行われる。具体的には、流動加

熱試験において、サイクロン 88 で回収された流動媒体の質量を測定する。
そして、試験開始時に炉心管 81 に充填された流動媒体の質量とサイクロン 88 で回収された流動媒体の質量との差を、試験開始時に炉心管 81 に充填された流動媒体の質量で割って、これに 100 を掛けた値を残留率 [%] とする。

[0043] 耐久試験の結果を表 2 に示す。試料 1 ～ 3, 5 は、いずれも比較試料である珪砂よりも高い残留率が得られた。よって、試料 1 ～ 3, 5 は、流動媒体としての所定の耐久性を備えるといえる。

[0044] 以上から、本発明に係る流動床炉 1 では、アルカリ金属を含む燃料 3 を燃焼させる場合に、比較的安価且つ入手容易な流動媒体を用いて流動媒体の塊化を抑制することができることが明らかである。

符号の説明

- [0045] 1 : 流動床炉
2 : 流動層
3 : 燃料
4 : 流動媒体
7 : 流動化ガス供給装置
8 : 流動加熱試験装置
10 : 燃焼容器
11 : 燃料投入口
12 : 二次燃焼ガス供給口
13 : 三次燃焼ガス供給口
15 : 抜出口
41, 42 : 仕切壁
61 : 燃焼セル
62 : 循環セル
63 : 収熱セル
64 : 伝熱管

- 7 1, 7 2, 7 3 : 風箱
- 8 0 : 管状炉
- 8 1 : 炉心管
- 8 2 : A r ガスポンベ
- 8 3 : P R ガスポンベ
- 8 4 : エアヒータ
- 8 5, 8 6 : マスフローコントローラ
- 8 8 : サイクロン
- 8 9 : コールドトラップ
- 9 1, 9 2 : 圧力センサ
- 9 4 : 流動層差圧計
- 9 5 : 温度センサ
- 1 1 0 : 流動化ガス
- 1 2 0 : 二次燃焼ガス
- 1 3 0 : 三次燃焼ガス

請求の範囲

- [請求項1] 流動媒体を流動させて供給された燃料を燃焼する流動層を備え、
前記燃料は、アルカリ金属を含有し、
前記流動媒体は、粒子状鉱物及び／又は粒子状スラグからなり、石英の含有量が14質量％以下である、
流動床炉。
- [請求項2] 前記鉱物が、ガーネット、イルメナイト、かんらん石、及び、クロマイトよりなる群から選択される少なくとも1種の鉱物である、
請求項1に記載の流動床炉。
- [請求項3] 前記スラグが、フェロニッケルスラグ、及び、銅スラグよりなる群から選択される少なくとも1種のスラグである、
請求項1又は2に記載の流動床炉。

[図1]

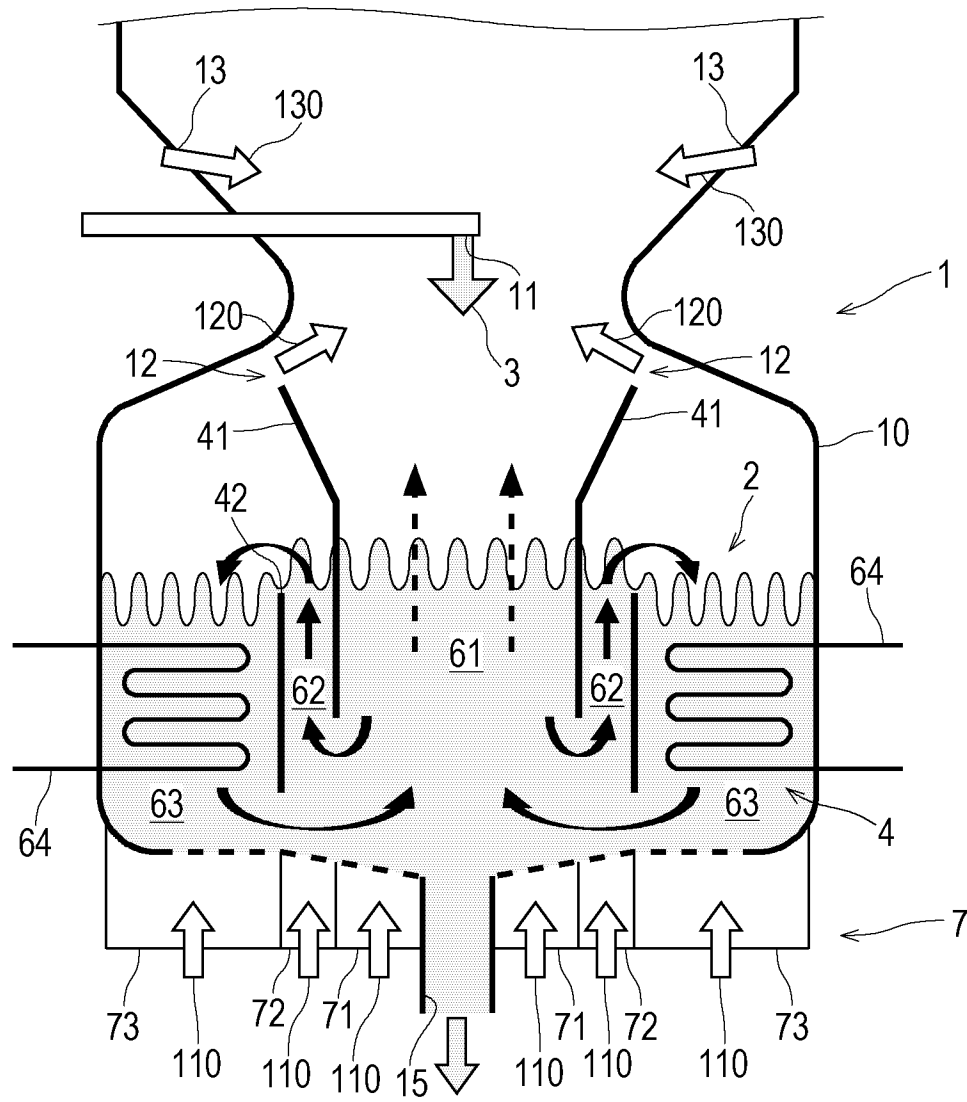


FIG.1

[図2]

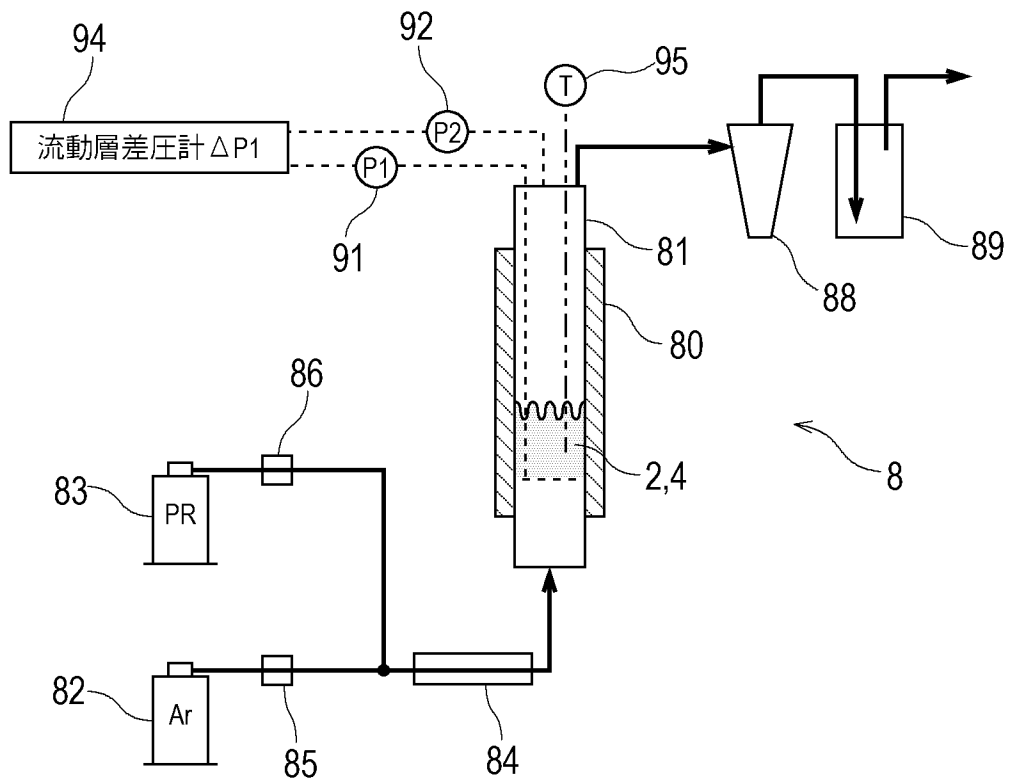


FIG.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/051575

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F23C10/01 (2006.01) i, F23C10/18 (2006.01) i, F23G7/00 (2006.01) i
FI: F23C10/01, F23C10/18, F23G7/00A

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)

Int.Cl. F23C10/01, F23C10/18, F23G7/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
X	US 6460472 B1 (KVAERNER PULPING OY) 08.10.2002 (2002-10-08), claims, column 1, line 1 to column 2, line 32, column 3, line 25 to column 6, line 41, fig. 1-3	1-2
X	US 2018/0038586 A1 (IMPROBED AB) 08.02.2018 (2018-02-08), claims, paragraphs [0030]-[0032], fig. 1-3	1-2
X	WO 2011/007618 A1 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 20.01.2011 (2011-01-20), claims, paragraphs [0007]-[0019], [0044]-[0046], fig. 1, 8, 9	1, 3
A	JP 54-007779 A (ENERGY PRODUCTS OF IDAHO) 20.01.1979 (1979-01-20), entire text, all drawings	1-3
A	JP 2005-068297 A (EBARA CORPORATION) 17.03.2005 (2005-03-17), entire text, all drawings	1-3



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

"I" 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
09.03.2020

Date of mailing of the international search report
17.03.2020

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/JP2019/051575

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 070304/1990 (Laid-open No. 033817/1992) (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 19.03.1992 (1992-03-19), entire text, all drawings	1-3
A	JP 2005-226930 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD.) 25.08.2005 (2005-08-25), entire text, all drawings	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/051575

US 6460472 B1	08.10.2002	WO 1999/057488 A1 claims, column 1, line 1 to column 2, line 33, column 5, line 10 to column 11, line 11, fig. 1-3
US 2018/0038586 A1	08.02.2018	WO 2016/102310 A1 claims, page 9, line 28 to page 10, line 22, fig. 1-3 EP 3037723 A1 CN 107002989 A
WO 2011/007618 A1	20.01.2011	KR 10-2012-0028972 A claims, paragraphs [0007]-[0019], [0046]-[0048]
JP 54-007779 A	20.01.1979	US 4060041 A entire text, all drawings
JP 2005-068297 A	17.03.2005	(Family: none)
JP 04-033817 U1	19.03.1992	(Family: none)
JP 2005-226930 A	25.08.2005	WO 2005/078345 A1 entire text, all drawings

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F23C 10/01(2006.01)i; F23C 10/18(2006.01)i; F23G 7/00(2006.01)i FI: F23C10/01; F23C10/18; F23G7/00 A		
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）） F23C10/01; F23C10/18; F23G7/00		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
X	US 6460472 B1 (KVAERNER PULPING OY) 08.10.2002 (2002-10-08) CLAIMS, 第1欄第1行-第2欄第32行, 第3欄第25行-第6欄第41行, FIGS. 1-3	1-2
X	US 2018/0038586 A1 (IMPROBED AB) 08.02.2018 (2018-02-08) CLAIMS, [0030] - [0032], FIGS.1-3	1-2
X	WO 2011/007618 A1 (住友重機械工業株式会社) 20.01.2011 (2011-01-20) 特許請求の範囲, [0007] - [0019], [0044] - [0046], 第1, 8-9図	1,3
A	JP 54-007779 A (エナアジイ・プロダクツ・オブ・アイダハウ) 20.01.1979 (1979-01-20) 全文, 全図	1-3
A	JP 2005-068297 A (株式会社荏原製作所) 17.03.2005 (2005-03-17) 全文, 全図	1-3
A	日本国実用新案登録出願02-070304号(日本国実用新案登録出願公開04-033817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イクロフィルム (住友金属工業株式会社) 19.03.1992 (1992-03-19) 全文, 全図	1-3
☒ 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	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
“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		
国際調査を完了した日 09.03.2020	国際調査報告の発送日 17.03.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 伊藤 紀史 3L 3545 電話番号 03-3581-1101 内線 3337	

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-226930 A (川崎重工業株式会社) 25.08.2005 (2005 - 08 - 25) 全文, 全図	1-3

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/051575

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
US	6460472	B1	08.10.2002	WO 1999/057488 A1 C L A I M S, 第 1 欄第 1 行-第 2 欄第 3 3 行, 第 5 欄第 1 0 行-第 1 1 欄第 1 1 行, F I G S. 1-3	
US	2018/0038586	A1	08.02.2018	WO 2016/102310 A1 CLAIMS, 第 9 頁第 2 8 行-第 1 0 頁第 2 2 行, FIGS.1-3 EP 3037723 A1 CN 107002989 A	
WO	2011/007618	A1	20.01.2011	KR 10-2012-0028972 A 特許請求の範囲, [0 0 0 7] - [0 0 1 9], [0 0 4 6] - [0 0 4 8]	
JP	54-007779	A	20.01.1979	US 4060041 A 全文, 全図	
JP	2005-068297	A	17.03.2005	(ファミリーなし)	
JP	04-033817	U1	19.03.1992	(ファミリーなし)	
JP	2005-226930	A	25.08.2005	WO 2005/078345 A1 全文, 全図	