

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4735682号
(P4735682)

(45) 発行日 平成23年7月27日 (2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年5月13日 (2011.5.13)

(51) Int.Cl.

F I

C 2 2 B 1/20 (2006.01)

C 2 2 B 1/20

L

F 2 7 B 21/08 (2006.01)

C 2 2 B 1/20

F

F 2 7 B 21/08

Z

請求項の数 28 (全 53 頁)

(21) 出願番号 特願2008-212760 (P2008-212760)
 (22) 出願日 平成20年8月21日 (2008.8.21)
 (65) 公開番号 特開2010-47801 (P2010-47801A)
 (43) 公開日 平成22年3月4日 (2010.3.4)
 審査請求日 平成22年2月17日 (2010.2.17)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000001258
 J F E スチール株式会社
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
 (74) 代理人 100080687
 弁理士 小川 順三
 (74) 代理人 100077126
 弁理士 中村 盛夫
 (72) 発明者 大山 伸幸
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
 F E スチール株式会社 内
 (72) 発明者 岩崎 克博
 神奈川県川崎市川崎区南渡田町1番1号
 J F E 技研株式会社 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 焼結鉬の製造方法および焼結機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

循環移動するパレット上に粉鉬石と炭材を含む焼結原料を装入して装入層を形成する装入工程と、

上記装入層表面の炭材に点火炉で点火する点火工程と、

上記装入層上方で大気中に気体燃料を噴出して燃焼下限濃度以下の希釈気体燃料とする気体燃料供給工程と、

上記希釈気体燃料と空気とをパレット下に配設されたウインドボックスで吸引して装入層内に導入し、装入層内において希釈気体燃料と炭材を燃焼させて焼結ケーキを生成する焼結工程とを有する焼結鉬の製造方法において、

上記気体燃料供給工程では、気体燃料を気体燃料供給手段の噴出口から吹き消え現象が起こる流速で噴出させると共に、

上記焼結工程では、希釈気体燃料の供給量や濃度および焼結原料中の炭材量を変化させて、装入層内の温度が 1 2 0 0 以上に保持される高温域保持時間の延長を図ると共に、最高到達温度を 1 2 0 0 ~ 1 3 8 0 の範囲に保持することを特徴とする焼結鉬の製造方法。

【請求項 2】

上記吹き消え現象が起こる流速は、気体燃料の燃焼速度を超える速度であることを特徴とする請求項 1 に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項 3】

上記気体燃料を、開口径が3mm未満の噴出口から噴出させることを特徴とする請求項1または2に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項4】

上記気体燃料を、開口径が0.8～1.5mmの噴出口から噴出させることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項5】

上記焼結工程では、装入層の上から導入した希釈気体燃料の少なくとも一部を未燃焼のまま上記装入層内の燃焼・溶融帯に到達させ、燃焼させることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項6】

上記燃焼工程では、装入層の上から導入した希釈気体燃料を装入層内で燃焼させることによって、燃焼・溶融帯の高さ方向の厚みおよび/またはパレット進行方向の幅を拡大させることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項7】

上記燃焼工程では、装入層の上から導入した希釈気体燃料を装入層内で燃焼させることによって、燃焼・溶融帯の高温域保持時間を延長させることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項8】

上記燃焼工程では、希釈気体燃料の装入層への導入を、点火炉以降の位置で行うことを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項9】

上記燃焼工程では、希釈気体燃料の装入層への導入を、装入層表層部に焼結ケーキが生成されてから焼結が完了するまでの間に行うことを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項10】

上記燃焼工程では、希釈気体燃料の焼結層内への導入を、燃焼・溶融帯の厚みが15mm以上となる領域において行うことを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項11】

上記希釈気体燃料は、燃焼下限濃度の75%以下かつ2%以上の濃度に希釈された気体燃料であることを特徴とする請求項1～10のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項12】

上記希釈気体燃料は、燃焼下限濃度の60%以下かつ2%以上の濃度に希釈された気体燃料であることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項13】

上記希釈気体燃料は、燃焼下限濃度の25%以下かつ2%以上の濃度に希釈された気体燃料であることを特徴とする請求項1～12のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項14】

上記気体燃料は、高炉ガス、コークス炉ガス、高炉・コークス炉混合ガス、都市ガス、天然ガス、メタンガス、エタンガス、プロパンガスおよびそれらの混合ガスのうちから選ばれるいずれかの可燃性ガスであることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項15】

上記気体燃料は、CO含有量が50massppm以下であることを特徴とする請求項1～14のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項16】

上記気体燃料は、気体状態での着火温度が、気体燃料供給開始時の焼結ベッド表層温度より高い液体燃料を気化させたものであることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の焼結鉬の製造方法。

【請求項17】

10

20

30

40

50

上記液体燃料は、アルコール類、エーテル類、石油類、その他の炭化水素系化合物類であることを特徴とする請求項 16 に記載の焼結鉍の製造方法。

【請求項 18】

上記液体燃料を、液体燃料の沸点以上着火温度未満の温度に保持することを特徴とする請求項 16 または 17 に記載の焼結鉍の製造方法。

【請求項 19】

循環移動するパレット上に粉鉍石と炭材を含む焼結原料を装入して装入層を形成する原料供給装置と、

上記装入層表面の炭材に点火する点火炉と、

上記装入層上辺の空気中に、気体燃料を噴出して燃焼下限濃度以下の希釈気体燃料とする気体燃料供給装置と、

上記希釈気体燃料と空気とをパレット下で吸引して装入層内に導入するウインドボックスとを備える焼結機において、

上記気体燃料供給装置は、開口径：3 mm 未満の噴出口を有する気体燃料供給パイプを配設してなるものであることを特徴とする焼結機。

【請求項 20】

上記気体燃料供給装置は、気体燃料を、開口径が 0.8 ~ 1.5 mm の噴出口から噴出させるものであることを特徴とする請求項 19 に記載の焼結機。

【請求項 21】

上記気体燃料供給装置は、パレット幅方向における気体燃料の供給量が可変な装置であることを特徴とする請求項 19 または 20 に記載の焼結機。

【請求項 22】

上記気体燃料供給装置は、気体燃料を装入層表面に対して垂直方向に噴出するものであることを特徴とする請求項 19 ~ 21 のいずれか 1 項に記載の焼結機。

【請求項 23】

上記気体燃料供給装置は、気体燃料を装入層表面に対して平行方向に噴出するものであることを特徴とする請求項 19 ~ 21 のいずれか 1 項に記載の焼結機。

【請求項 24】

上記気体燃料供給装置は、気体燃料を装入層の上方に設けられた反射板に向かって噴出するものであることを特徴とする請求項 19 ~ 21 のいずれか 1 項に記載の焼結機。

【請求項 25】

上記気体燃料供給装置は、気体燃料供給パイプに設けられた気体燃料の噴出方向を装入層表面に対して ±90 度の範囲に分散させたものであることを特徴とする請求項 19 ~ 21 のいずれか 1 項に記載の焼結機。

【請求項 26】

上記気体燃料供給装置は、気体燃料供給パイプを回転させ、気体燃料の噴出方向を装入層表面に対して ±90 度の範囲で揺動させるものであることを特徴とする請求項 19 ~ 21 のいずれか 1 項に記載の焼結機。

【請求項 27】

上記気体燃料供給装置は、気体燃料の大気中への噴出を、装入層表面上方 300 mm 以上の高さで行うものであることを特徴とする請求項 19 ~ 26 のいずれか 1 項に記載の焼結機。

【請求項 28】

上記気体燃料供給装置は、気体燃料の噴出高さ位置を調整する昇降機構を有することを特徴とする請求項 19 ~ 27 のいずれか 1 項に記載の焼結機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、下方吸引式のドワイトロイド (DL) 焼結機に気体燃料を供給して、高強度高品質の焼結鉍を製造する方法およびその製造に用いる焼結機に関するものである。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

高炉製鉄法の主原料である焼結鉱は、一般に、図1に示すような工程を経て製造される。焼結鉱の原料は、鉄鉱石粉、製鉄所内回収粉、焼結鉱篩下粉、石灰石およびドロマイトなどの含CaO系副原料、生石灰等の造粒助剤、コークス粉や無煙炭などであり、これらの原料は、ホッパー1・・・の各々から、コンベヤ上に所定の割合で切り出される。切り出された原料は、ドラムミキサー2等によって適量の水が加えられ、混合、造粒されて、3.0～6.0mmの平均径を有する擬似粒子である焼結原料とされる。この焼結原料は、焼結機上に配置されているサージホッパー4、5からドラムフィーダー6と切り出しシュート7を介して、無端移動式の焼結機パレット8上に装入され、焼結ベッドともいわれる装入層9を形成する。装入層の厚さ（高さ）は通常400～800mm前後である。その後、装入層9の上方に設置された点火炉10で、この装入層表層中の炭材に点火するとともに、パレット8の下に配設されているウインドボックス11を介して空気を下方に吸引することにより、該装入層中の炭材を順次燃焼させ、このときに発生する燃焼熱によって、前記焼結原料を燃焼、熔融して焼結ケーキを得る。このようにして得た焼結ケーキは、その後、破碎、整粒され、5.0mm以上の塊成物からなる成品焼結鉱として回収される。

10

【0003】

上記製造プロセスにおいては、まず、点火炉10により装入層表層に点火が行われる。点火された装入層中の炭材は、ウインドボックスによって装入層の上層部から下層部に向かって吸引される空気によって幅をもって燃焼を続け、その燃焼帯は、パレット8の移動につれて次第に下層にかつ前方（下流側）に進行する。この燃焼の進行にともない、装入層の焼結原料粒子中に含まれる水分は、炭材の燃焼で発生する熱によって気化し、下方に吸引されて、まだ温度が上昇していない下層の焼結原料中に濃縮し、湿潤帯を形成する。その水分濃度がある程度以上になると、吸引ガスの流路である原料粒子間の空隙を、水分が埋めるようになり、通気抵抗を増大させる。なお、燃焼帯に発生する焼結反応に必要な熔融部分も、通気抵抗を高める要因となる。

20

【0004】

焼結機の生産量（ t/hr ）は、一般に、 $\text{焼結生産率} (t/hr \cdot m^2) \times \text{焼結機面積} (m^2)$ により決定される。即ち、焼結機の実生産量は、焼結機の機幅や機長、原料堆積層の厚さ（装入層厚さ）、焼結原料の嵩密度、焼結（燃焼）時間、歩留などにより変化する。そして、焼結鉱の生産量を増加させるには、装入層の通気性（圧損）を改善して焼結時間を短縮する、あるいは、破碎前の焼結ケーキの冷間強度を高めて歩留を向上することなどが有効であると考えられている。

30

【0005】

図2は、厚さが600mmの装入層中を移動する燃焼帯の前線が、該装入層のパレットの約400mm上（装入層表面から200mm下）の位置にあるときにおける装入層内の圧損と温度の分布を示したものである。このときの圧損分布は、湿潤帯におけるものが約60%、燃焼・熔融帯におけるものが約40%である。

【0006】

40

図3は、焼結鉱の高生産時と低生産時、即ち、パレット移動速度が速い時と遅い時の装入層内の温度分布を示したものである。原料粒子が熔融し始める1200以上の温度に保持される時間（以降、「高温域保持時間」と称する）は、低生産の場合には t_1 、生産性を重視した高生産の場合には t_2 で表されている。高生産の時には、パレットの移動速度が速いため、高温域保持時間 t_2 が低生産の時の t_1 と比べて短くなる。高温域保持時間が短くなると、焼成不足となり易く、焼結鉱の冷間強度が低下し、歩留が低下する。したがって、高強度焼結鉱の生産性を上げるためには、短時間の焼結でも、焼結ケーキの強度、即ち焼結鉱の冷間強度を上げて、歩留の維持、向上を図ることができる何らかの手段を講じる必要がある。なお、焼結鉱の冷間強度を表す指標としては、一般に、SI（シャッターインデックス）、TI（タンブラーインデックス）が用いられる。

50

【 0 0 0 7 】

図 4 (a) は焼結機パレット上の装入層における焼結の進行過程を、図 4 (b) は装入層内の焼結過程における温度分布 (ヒートパターン) を、図 4 (c) は焼結ケーキの歩留分布を示したものである。図 4 (b) からわかるように、装入層の上部は下層部に比べて温度が上昇し難く、高温域保持時間も短くなる。そのため、この装入層上部では、燃烧熔融反応 (焼結化反応) が不十分となり、焼結ケーキの強度が低くなるため、図 4 (c) に示すように、歩留が低く、生産性の低下を招く要因となっている。

【 0 0 0 8 】

こうした問題点を鑑み、装入層上層部を長時間、高温に保持するための方法が従来から提案されている。例えば、特許文献 1 は、装入層に点火後、装入層上に気体燃料を噴射する技術を開示している。しかし、上記技術は、気体燃料 (可燃性ガス) の種類が不明であるが、プロパンガス (L P G) や天然ガス (L N G) であるとしても、高濃度のガスを使用している。しかも、可燃性ガスの吹き込みに際し、炭材量を削減していないため、焼結層内が、1380 を超える高温となる。そのため、この技術では、十分な冷間強度の向上や歩留の改善効果を楽しむことができない。しかも、点火炉直後に可燃性ガスを噴射した場合には、可燃性ガスの燃焼により焼結ベッド上部空間で火災を起こす危険が高く、現実性に乏しい技術であって、実用化には至っていない。

10

【 0 0 0 9 】

また、特許文献 2 も、装入層に点火後、装入層に吸引される空気中に可燃性ガスを添加する技術を開示している。点火後、約 1 ~ 10 分程度の供給が好ましいとされているが、点火炉での点火直後の表層部は、赤熱状態の焼結鉱が残存しており、供給の仕方によっては可燃性ガスの燃焼により火災を起こす危険が高く、また、具体的記述は少ないが、焼結済みの焼結帯で可燃ガスを燃焼させても効果は無く、焼結帯で燃焼すると、燃焼ガスによる温度上昇と熱膨張により通気性を悪化させるため、生産性を低減させてしまう傾向にあるので、これまで実用化には至っていない。

20

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 3 は、焼結原料の装入層内を高温にするため、装入層の上にフードを配設し、そのフードを通じて空気やコークス炉ガスとの混合ガスを点火炉直後の位置で吹き込むことを開示している。しかし、この技術も、焼結層内の燃焼熔融帯の温度が 1380 を超える高温となるため、コークス炉ガス吹き込みの効果を楽しむことができず、可燃性混合ガスが焼結ベッド上部空間で発火し、火災を起こす危険性があり、実用化されていない。

30

【 0 0 1 1 】

さらに、特許文献 4 は、低融点溶剤と炭材や可燃性ガスを同時に、点火炉直後の位置で吹き込む方法を開示している。しかし、この方法も、表面に火炎が残留した状態で可燃性ガスを吹き込むため、焼結ベッド上部空間で火災になる危険性が高く、また、焼結帯の幅を十分に厚くできない (約 15 mm 未満) ため、可燃性ガス吹き込みの効果を十分に享受することができない。さらに、低融点溶剤が多く存在するため、上層部において過剰な熔融現象を引き起こして、空気の流路となる気孔を閉塞してしまい、通気性を悪化させて、生産性の低下を招くことから、この技術もまた、現在に至るまで実用化されていない。

40

以上説明したように、これまで提案された従来の技術はいずれも、実用化には大きな問題を抱えており、実施可能な可燃性ガス吹き込み技術の開発が切望されていた。

【 0 0 1 2 】

上記問題点を解決する技術として、出願人は、特許文献 5 において、焼結機のパレット上に堆積させた焼結原料の装入層の上から燃焼下限濃度以下に希釈した各種気体燃料を供給して装入層中に導入し、燃焼させることにより、装入層内の最高到達温度および高温域保持時間のいずれか一方または両方を調整する方法を提案している。

【特許文献 1】特開昭 48 - 18102 号公報

【特許文献 2】特公昭 46 - 27126 号公報

【特許文献 3】特開昭 55 - 18585 号公報

50

【特許文献4】特開平5 - 3 1 1 2 5 7号公報

【特許文献5】WO 2 0 0 7 - 0 5 2 7 7 6号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上記特許文献5の技術は、下方吸引式焼結機において、装入層の上方で気体燃料を大気中に吐出して所定の濃度に希釈した気体燃料を装入層中に供給（導入）し、装入層内の目標とする位置で燃焼させる気体燃料供給を行うことにより、焼結原料の燃焼時の最高到達温度や高温域保持時間を適正に制御することができ、ひいては、熱量不足で焼結鉱の冷間強度が低くなりやすい装入層上層部のみならず、装入層中層部以下の任意の部分における焼結鉱強度を高めるような操業を行うことができる。

10

【0014】

しかし、上記気体燃料供給焼結操業を行う場合、焼結ベッドや焼結ケーキのひび割れ部などの高温部が火種となって気体燃料に逆火し、気体燃料供給部の供給口（吹出口）で燃焼する（着火）おそれがある。このような引火状態で焼結操業を続けると（爆発の問題は別として）、気体燃料を装入層内に供給できなくなるばかりでなく、気体燃料の燃焼によって酸素が消費された酸素不足の大気が装入層中に供給（導入）されることになる。その結果、燃焼時の最高到達温度や高温域保持時間を制御できなくなるばかりでなく、燃焼不足を起こして、焼結鉱の強度低下を招き、歩留りや生産性を低下させるため、焼結操業に重大な悪影響を及ぼすことになる。

20

【0015】

そこで、本発明の目的は、下方吸引式焼結機に気体燃料を供給し、これを装入層中で燃焼させることにより、高強度高品質の焼結鉱を安全かつ高歩留で製造する方法、および、この方法の実施に当たって用いられる焼結機を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記目的を達成するために、本発明は、循環移動するパレット上に粉鉱石と炭材を含む焼結原料を装入して装入層を形成する装入工程と、上記装入層表面の炭材に点火炉で点火する点火工程と、上記装入層上方で大気中に気体燃料を噴出して燃焼下限濃度以下の希釈気体燃料とする気体燃料供給工程と、上記希釈気体燃料と空気とをパレット下に配設されたウインドボックスで吸引して装入層内に導入し、装入層内において希釈気体燃料と炭材を燃焼させて焼結ケーキを生成する焼結工程とを有する焼結鉱の製造方法において、上記気体燃料供給工程では、気体燃料を気体燃料供給手段の噴出口から吹き消え現象が起こる流速で噴出させると共に、上記焼結工程では、希釈気体燃料の供給量や濃度および焼結原料中の炭材量を変化させて、装入層内の温度が1200 以上に保持される高温域保持時間の延長を図ると共に、最高到達温度を1200 ~ 1380 の範囲に保持することを特徴とする焼結鉱の製造方法を提案する。

30

【0017】

本発明の製造方法における上記吹き消え現象が起こる流速は、気体燃料の燃焼速度を超える速度であることを特徴とする。

40

【0018】

また、本発明の製造方法は、上記気体燃料を、

（a）開口径が3mm 未満の噴出口から噴出させること、

（b）開口径が0.8 ~ 1.5mm の噴出口から噴出させること、を特徴とする。

【0020】

また、本発明の製造方法における上記焼結工程では、

（a）装入層の上から導入した希釈気体燃料の少なくとも一部を未燃焼のまま上記装入層内の燃焼・溶融帯に到達させ、燃焼させること、

（b）装入層の上から導入した希釈気体燃料を装入層内で燃焼させることによって、燃焼・溶融帯の高さ方向の厚みおよび/またはパレット進行方向の幅を拡大させること、

50

(c) 装入層の上から導入した希釈気体燃料を装入層内で燃焼させることによって、燃焼・溶融帯の高温域保持時間を延長させること、を特徴とする。

【0021】

また、本発明の製造方法における上記焼結工程では、

(a) 希釈気体燃料の装入層への導入を、点火炉以降の位置で行うこと、

(b) 希釈気体燃料の装入層への導入を、装入層表層部に焼結ケーキが生成されてから焼結が完了するまでの間に行うこと、

(c) 希釈気体燃料の焼結層内への導入を、燃焼・溶融帯の厚みが15mm以上となる領域において行うこと、を特徴とする。

【0022】

また、本発明の製造方法における上記希釈気体燃料は、

(a) 燃焼下限濃度の75%以下かつ2%以上の濃度に希釈された気体燃料であること、

(b) 燃焼下限濃度の60%以下かつ2%以上の濃度に希釈された気体燃料であること、

(c) 燃焼下限濃度の25%以下かつ2%以上の濃度に希釈された気体燃料であること、

を特徴とする。

また、本発明の製造方法における上記気体燃料は、

(a) 高炉ガス、コークス炉ガス、高炉・コークス炉混合ガス、都市ガス、天然ガス、メタンガス、エタンガス、プロパンガスおよびそれらの混合ガスのうちから選ばれるいずれかの可燃性ガスであること、

(b) CO含有量が50massppm以下であること、を特徴とする。

また、本発明の方法における上記気体燃料は、気体状態での着火温度が、気体燃料供給開始時の焼結ベッド表層温度より高い液体燃料を気化させたものであること、また、上記液体燃料は、アルコール類、エーテル類、石油類、その他の炭化水素系化合物類であることを特徴とする。また、本発明の製造方法では、上記液体燃料を、液体燃料の沸点以上着火温度未満の温度に保持することを特徴とする。

【0023】

また、本発明は、循環移動するパレット上に粉鉱石と炭材を含む焼結原料を装入して装入層を形成する原料供給装置と、上記装入層表面の炭材に点火する点火炉と、上記装入層上辺の空気中に、気体燃料を噴出して燃焼下限濃度以下の希釈気体燃料とする気体燃料供給装置と、上記希釈気体燃料と空気とをパレット下で吸引して装入層内に導入するウインドボックスとを備える焼結機において、上記気体燃料供給装置は、開口径：3mm未満の噴出口を有する気体燃料供給パイプを配設してなるものであることを特徴とする焼結機を提供する。

【0024】

本発明の焼結機における上記気体燃料供給装置は、気体燃料を、開口径が0.8～1.5mmの噴出口から噴出させるものであることを特徴とする。

【0026】

また、本発明の焼結機における上記気体燃料供給装置は、パレット幅方向における気体燃料の供給量が可変な装置であることを特徴とする。

【0027】

また、本発明の焼結機における上記気体燃料供給装置は、

(a) 気体燃料を装入層表面に対して垂直方向に噴出するものであること、

(b) 気体燃料を装入層表面に対して平行方向に噴出するものであること、

(c) 気体燃料を装入層の上方に設けられた反射板に向かって噴出するものであること、

(d) 気体燃料供給パイプに設けられた気体燃料の噴出方向を装入層表面に対して±90度の範囲に分散させたものであること、

(e) 気体燃料供給パイプを回転させ、気体燃料の噴出方向を装入層表面に対して±90度の範囲で揺動させるものであること、

(f) 気体燃料の大気中への噴出を、装入層表面上方300mm以上の高さで行うものであること、

(g) 気体燃料の噴出高さ位置を調整する昇降機構を有すること、を特徴とする。

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、下方吸引式焼結機の操業において、装入層の上方で気体燃料を大気中に吐出して所定の濃度に希釈調整した希釈気体燃料を装入層中に供給（導入）し、装入層内の目標とする位置で燃焼させることができる。この場合において、希釈気体燃料の供給位置や燃焼時の最高到達温度、高温域保持時間を制御することにより、熱不足によって焼結鉱の冷間強度が低くなりやすい装入層上部のみならず、装入層中層以下の任意の部分における焼結鉱強度を高めるような操業を行うことができる。また、本発明では、装入層全体の通気性を悪化させることなく、とくに燃焼・溶融帯での反応、例えば、この帯域の上下方向の厚みやパレット進行方向における幅の制御を介して、任意の位置における焼結ケーキの強度を制御することができるので、焼結鉱全体として冷間強度の高い成品焼結鉱を歩留りよくかつ高い生産性を確保しつつ製造することができる。しかも、本発明の焼結機を用いれば、こうした焼結機の操業を安全に行うことができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

本発明の焼結機における焼結鉱の製造方法は、装入工程、点火工程、気体燃料供給工程および焼結工程とから構成されている。この製造方法において、上記装入工程は、循環移動するパレット上に粉鉱石と炭材を含む焼結原料を装入して、パレット上に焼結原料の装入層を形成する工程であり、上記点火工程は、点火炉を使って装入層上表面の炭材に点火する工程である。また、上記気体燃料供給工程は、高濃度の気体燃料を装入層上方の空气中に高速で吐出して燃焼下限濃度以下の希釈気体燃料を得る工程であり、上記焼結工程は、パレット下に配置されたウインドボックスの吸引力により上記希釈気体燃料と空気とを装入層内に吸引し、該希釈気体燃料を装入層内において燃焼させると同時に、装入層内に吸引した空気により、該装入層内の炭材を燃焼させ、これらの燃焼によって発生する熱によって、焼結原料を焼結し、焼結ケーキを生成させる工程である。

20

【0034】

上記気体燃料供給工程は、点火炉のパレット進行方向の下流側で、気体燃料供給手段の噴出口から気体燃料を装入層上辺大気中に高速で吐出し、空気と混合させて、燃焼下限濃度以下の希釈気体燃料をとし、これを装入層中に導入させるための工程であり、本発明の焼結機は、上記希釈気体燃料を得るための気体燃料供給装置を有することを特徴としている。

30

【0035】

上記気体燃料供給装置としては、具体的には、図5に示したように、パレットの幅方向に沿って、複数の気体燃料供給パイプを配設し、そのパイプには、気体燃料を吐出するスリットあるいは開口を設けるかまたはノズルを配設した気体燃料供給手段を有するもの、あるいは、図6に示したように、パレットの進行方向に沿って、複数の気体燃料供給パイプを配設し、そのパイプには、気体燃料を吐出するスリットあるいは開口を設けるかまたはノズルを配設した気体燃料供給手段を有するものであるが好ましい。

【0036】

40

また、上記気体燃料供給装置は、例えば、気体燃料供給パイプやノズル等に流量制御手段を設けることにより、パレット幅方向における気体燃料の供給量を制御することができる。特に、パレット幅方向のサイドウォール近傍では、横風の影響を受けて、供給した気体燃料が機側方向に流されたり、機外に漏出したりして、気体燃料濃度が希薄になるおそれが高いため、そのサイドウォール近傍に気体燃料を多く供給できるようにしたものであることが好ましい。

【0037】

また、上記気体燃料供給装置は、気体燃料を、装入層の上方で、大気中に高速で吐出させ、それによって周囲の空気と短時間で混合し、その気体燃料の燃焼下限濃度以下の濃度に希釈し、その後、装入層中にその希釈気体燃料を導入する必要がある。

50

【 0 0 3 8 】

本発明において、上記のように装入層の上方で気体燃料を大気中に高速で吐出し、その気体燃料を燃焼下限濃度以下に希釈するのは、以下の理由による。

表 1 は、本発明で用いることができる代表的な気体燃料の燃焼下限濃度、供給濃度等を示したものである。焼結原料中に気体燃料を供給する時のガス濃度は、爆発や火災（着火）を防止するには、燃焼下限濃度より低いほど安全である。都市ガスは、C ガス（コークス炉ガス）と燃焼下限濃度が近似しているが、熱量が C ガスよりも高いことから、供給濃度を低くできる。したがって、安全性を確保する観点からは、供給濃度を低くできる都市ガスの方が C ガスよりも優位である。

【 0 0 3 9 】

【表 1】

ガスの種類	CO (vol%)	H ₂ (vol%)	熱量 (Mcal/Nm ³)	元圧 (mmAq)	最大使用量 (Nm ³ /h)	燃焼下限濃度 (vol%)	供給濃度 (vol%)
都市ガス	0	0	9.5	98000	2300	4.8	0.8
Cガス	7	59	4.8	650	5800	5.0	2.0
Bガス	24	4	0.8	600	27000	40.0	9.5

【 0 0 4 0 】

表 2 は、気体燃料中に含まれる燃焼成分（水素，CO，メタン）と、それら成分の燃焼下限・上限濃度、層流、乱流時の燃焼速度等を示したものである。焼結中に気体燃料供給装置から供給している気体燃料への着火を防止するには、逆火防止を図る必要があるが、そのためには、気体燃料を、少なくとも層流燃焼速度以上、好ましくは乱流燃焼速度以上

の高速で吐出させれば良いと考えられる。例えば、メタンを主成分とする都市ガスの場合には、 3.7 m/s を超える速度で吐出させれば、逆火のおそれはないわけである。一方、水素ガスは、乱流燃焼速度がCOやメタンと比較して速いため、逆火を防止するには、その分、高速で吐出させる必要がある。つまり、表1に示した気体燃料の中では、水素を含まない都市ガスは、水素を59 vol%含有するCガスと比較して、吐出速度を遅くすることができる。しかも、都市ガスは、COを含まないので、ガス中毒を起こすおそれもない。したがって、安全性を確保する観点からは、都市ガスは、本発明において使用する気体燃料として好ましい特性を有するものであると言える。メタンを主成分とする天然ガスも同様である。もちろん、Cガスも、気体燃料として使用することができるが、その場合には、ガス吐出速度を高める（速める）こと、および、CO対策を別途講ずることが必要となる。

【0041】

【 表 2 】

燃焼成分	分子量 (M)	燃焼熱 (kcal/g)	理論混合比 (燃料vol%)	可燃限界濃度 (vol%)		発火温度 (°C)	層流燃焼速度		乱流燃焼速度 最大値 (m/s)
				下限	上限		最大値 (cm/s)	当量比 (ϕ)	
水素	2.0	28.62	29.5	4.0	75	571	291	1.70	29.1
CO	28.0	2.406	29.5	12.5	74	609	43	1.70	4.3
メタン	16.0	11.93	9.47	5.0	15.0	632	37	1.06	3.7

10

20

30

40

【 0 0 4 2 】

表3は、気体燃料を供給する形式による得失を評価した結果を示したものである。表中、直上吹込み形式とは、都市ガスやCガス等の気体燃料を、高濃度のまま吐出して周囲の大気を巻き込ませることにより所定の濃度に希釈し、装入層中に吸引（導入）させる形式のことであり、予混合吹込み形式とは、あらかじめ大気と気体燃料とを混合して所定の濃度まで希釈したものを装入層上に供給し、装入層中に吸引（導入）させる、いわゆるプレミックス形式のことである。直上吹込み形式では、上述した乱流燃焼速度以上の速度で気体燃料を吐出すれば、逆火防止は容易であるが、気体燃料を周囲の大気と混合し希釈させる際、濃度ムラが発生しやすいため、異常燃焼を起こす可能性が、予混合吹込み形式に比

50

べて高い。しかし、設備コストを含めて総合的に評価した場合には、都市ガスの直上吹込みが最も優位である。

【 0 0 4 3 】

【表 3】

吹込方式	ガス種類	逆火	ガス滞留時の問題			建設コスト		総合評価
			異常燃焼	中毒	酸欠	配管口径	付帯設備	
直上吹込み	都市ガス	○	△	○	×	小	少	1位
	Cガス	○	△	×	×	中	少	2位
予混合吹込み	都市ガス	×	○	○	×	大	多	3位
	Cガス	×	○	×	×	大	多	4位

【 0 0 4 4 】

また、本発明では、気体燃料供給装置により、気体燃料を装入層の上方で大気中に高速で吐出させ、それによって周囲の空気と短時間で混合させて、その気体燃料の燃焼下限濃度以下の濃度に希釈し、その後、装入層中にその希釈気体燃料を導入するが、その理由は以下による。

【 0 0 4 5 】

図 7 (a) に示したような内径 3 0 0 m m × 高さ 4 0 0 m m の焼結鍋に焼結ケーキを充填し、その焼結ケーキの中央部の上から深さ 9 0 m m の位置にノズルを埋め込み、対空気で 1 v o l % となるよう 1 0 0 % 濃度のメタンガスを吹き込み、焼結ケーキ内の円周方向および深さ方向におけるメタンガス濃度を測定し、その結果を表 4 に示した。一方、図

10

20

30

40

50

7 (b) に示したように、同じノズルを用いて、焼結ケーキの上方 3 5 0 m m の位置からメタンガスを大気中に供給して上記と同じ濃度となるよう希釈した場合について、上記と同様にして焼結ケーキ内のメタンガス濃度の分布を測定し、その結果を表 5 に示した。これらの結果から、メタンガスを焼結ケーキ中に直接導入した場合には、メタンガスの横方向への拡散が不十分であるのに対して、メタンガスを焼結ケーキ上方で希釈して供給した場合には、焼結ケーキ内のメタンガス濃度はほぼ均一化していることがわかる。以上の結果から、気体燃料は、焼結ケーキの上方で空気中に供給することにより、装入層内に導入される前に、均一に希釈しておくことが好ましいことがわかる。

【 0 0 4 6 】

【 表 4 】

中心からの距離(mm)		0		40		80		122.5	
吹込ノズル		直管		直管		直管		直管	
吹込方法		ケーキ中に埋込み		ケーキ中に埋込み		ケーキ中に埋込み		ケーキ中に埋込み	
風量(m ³ /min)		1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0
風速(m/s)		0.35	0.47	0.35	0.47	0.35	0.47	0.35	0.47
吹込高さ(mm)		-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90
メタンガス 濃度(%)	表面から100mm位置	測定ブローブ溶断		0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	表面から150mm位置	>10.23	>10.23	1.12	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00
	表面から200mm位置	6.83	7.15	1.12	1.13	0.01	0.01	0.00	0.00
	表面から250mm位置	3.24	3.28	0.83	0.88	0.13	0.13	0.04	0.02
	表面から300mm位置	3.09	3.21	2.69	2.81	0.94	0.91	0.08	0.07
	表面から350mm位置	2.93	3.02	1.68	1.74	1.31	1.31	0.23	0.25
ウインドボックス内		0.85	0.83	0.88	0.85	0.86	0.84	0.82	0.83

メタンガス濃度：10.23%以上は測定不能

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

【表 5】

中心からの距離(mm)	0		40		80		122.5	
	直管		直管		直管		直管	
吹込ノズル	ケーギ上から吹込み		ケーギ上から吹込み		ケーギ上から吹込み		ケーギ上から吹込み	
吹込方法	1.5		1.5		1.5		1.5	
風量(m ³ /min)	2.0		2.0		2.0		2.0	
風速(m/s)	0.35		0.35		0.35		0.35	
吹込高さ(mm)	350		350		350		350	
メタンガス 濃度(%)	表面から 100mm位置		測定ポイントで溶断		1.66		1.50	
	表面から 150mm位置		1.83		1.49		1.38	
	表面から 200mm位置		1.66		1.40		1.36	
	表面から 250mm位置		1.58		1.29		1.26	
	表面から 300mm位置		1.33		1.45		1.39	
	表面から 350mm位置		1.20		1.33		1.48	
ウインドボックス内		0.84	0.85		0.86		0.83	

メタンガス濃度：10.23%以上は測定不能

【0048】

次に、本発明においては、気体燃料供給装置の気体燃料供給パイプに設けられたスリットやノズル等の噴出口から気体燃料を噴出させる速度は、逆火を防止する観点から高速で吐出させる必要がある。すなわち、気体燃料は、装入層表層に吸引・導入される段階まで

10

20

30

40

50

に、希釈されて燃焼下限濃度以下となっているが、本発明の焼結操業においては、焼結パレット内に燃焼・溶融帯を形成するあるいは形成しつつある焼結層が存在し、常に火種を有する状態において、装入層の上方で、気体燃料の供給が行われる。従って、何らかの火種によって、気体燃料供給装置から供給された気体燃料に着火した場合、ノズル等から吐出させる気体燃料の流速が遅いと、逆火を起こして、気体燃料供給装置や気体燃料供給パイプ内で爆発・燃焼を起こすおそれがある。そこで、気体燃料に着火しても、逆火しないようにするために、気体燃料の噴出速度は、その気体燃料が有する燃焼速度以上、より好ましくは、乱流燃焼速度以上の速度で吐出させるのが望ましいと考えられる。因みに、メタンガスの層流燃焼速度は、約 0.4 m/s 、乱流燃焼速度は、約 4 m/s である。

【0049】

そこで、上記燃焼速度で実際に吹き消えが起こる条件を確認する実験を行った。

この実験では、図8に示したように25Aの配管に、開口径が1mm、2mmおよび3mmの噴出口を加工し、この配管にLNGガスを供給して上記噴出口からLNGガスを噴出させ、その噴出したLNGガスに点火源を用いて点火し、その後、上記点火源を引き離れたときに吹き消えが起こる噴出速度を測定した。ここで、上記噴出速度は、LNGガスのヘッダー圧を変えることにより制御した。

【0050】

その結果、噴出口の開口径が1mmでは、LNGガスのヘッダー圧を300mmH₂O以上とし、気体燃料の噴出速度を70m/s以上としたときに、また、2mmの開口径では、LNGガスのヘッダー圧を550mmH₂O以上とし、気体燃料の噴出速度を130m/s以上としたときに吹き消えが起こることがわかった。一方、3mmの開口径では、LNGガスのヘッダー圧を2000mmH₂Oとして音速を超える速度で気体燃料を噴出させても、噴出口での気体燃料の燃焼は防止できたとしても、その下流の低速部で燃焼を起こす、いわゆる燭火が発生し、確実に吹き消すことはできなかった。参考として、開口径が1mmのときの実験結果を図9に示した。

【0051】

上記のように、LNGガスあるいはLNGガスと同等の燃焼速度を有する燃料ガス（例えば、メタン、エタン、プロパンガス等）を用いる場合、吹き消しを起こさせて逆火を防止するには、少なくとも開口径は3mm未満とする必要があることがわかった。また、気体燃料の噴出速度は、単に燃焼速度以上としただけでは、噴出口での燃焼は防止できても、その下流で低速となった部分での燃焼（燭火）を防止することはできない。そこで、本発明では、斯かる燭火をも防止するために、吹き消え現象が起こる速度以上で噴出口から気体燃料を噴出させることとした。そして、この吹き消え現象を起こさせるためには、気体の噴出口を開口径3mm未満の大きさとして高速で気体燃料を噴出させる必要があり、例えば、開口径が1mm相当の場合は70m/s以上、開口径が1.5mm相当の場合は100m/s以上、開口径が2mmの場合は130m/s以上の高速で噴出させることが好ましい。

【0052】

なお、本発明を実機に適用する場合の好ましい開口径は0.8～1.5mmの範囲である。0.8mm未満では、配管に穴加工することが難しくなり、また、ガス中に含まれる粉塵等によって閉塞を起こしやすくなるからである。一方、1.5mmを超えては、吹き消しを起こさせるためには比較的大きな噴出速度が必要となるため、安全性を確保するためには噴出速度は低い方が好ましいからである。

ところで、上記説明では、噴出口の形状を円とし、その直径で大きさを説明してきたが、開噴出口の形状は、同一の開口面積を有するものであれば特に円に限定されるものではなく、例えば、楕円形状のものや溝状（スリット）としたものでもよい。

【0053】

また、気体燃料の噴出速度は、開口径の他に、気体燃料の供給圧力によっても変化するため、上記吹き消えが起こる噴出速度を確保するには、開口を形成するノズル圧力とノズル流速（噴出速度）の関係に基づき制御を行えばよい。図10は、空気を噴出させる場合

10

20

30

40

50

を例にとって、ノズル圧とノズル流速との関係を示したものであり、気体燃料のガス密度（ ）を代入すれば、下記式；

$$P = \frac{1}{2} \cdot V^2 / (2 \cdot g)$$

ここで、 P ：ノズル差圧（ mmH_2O ）、 ρ ：30における気体燃料の密度（ kg/m^3 ）、 V ：ノズル流速（ m/s ）、 g ：重力加速度（ m/s^2 ）である。

を用いてノズル流速を求めることができる。

また、LNGガスを開口径が1mmの孔から噴出させる場合には300mmH₂Oで70m/s、1.5mmの孔から噴出させる場合には700mmH₂Oで100m/sの速度で噴出させることが可能で、吹き消しを起こさせることができる。

【0054】

また、気体燃料を吐出させる配管が長尺である場合、一般に、気体燃料の供給元に近いほど高速で噴出し、供給元から遠くなるほど噴出速度が遅くなることが予想される。そこで、図11の写真に示したように、開口径1mmの噴出口をピッチ160mmで76個開け、先端を閉塞した長さ6mの長尺配管（25A）を用い、この配管の片側端から空気を元圧0.1～1.00kg/cm²・Gの範囲で変化させて供給し、上記噴出口から空気を噴出させ、このときの配管長さ方向の圧力変化を測定した。その実験の結果は表6に示したが、この実験条件（配管径、噴出口）の範囲内では、元圧と配管末端部の圧力にほとんど差はなく、したがって、各噴出口から均等にガスが噴出していることがわかった。

【0055】

【表6】

元圧(0L) (kg・cm ² ・G)	配管長さ方向位置			空気流量 (m ³ /hr(Nm ³ /hr))
	1/3L	2/3L	L(先端)	
1.0	0.99	0.99	0.99	69.0(73.5)
0.8	0.79	0.79	0.79	61.5(65.5)
0.6	0.60	0.60	0.60	52.5(55.9)
0.4	0.39	0.39	0.39	42.2(44.9)
0.2	0.20	0.20	0.20	30.2(32.2)
0.1	0.10	0.10	0.10	24.0(25.5)

【0056】

ただし、上記実験範囲を外れる条件では、元圧と配管の末端部の圧力差が大きくなる可能性がある。そこで、そのような場合には、

(a) 配管内の断面積を徐々に小さくしたテーパ状配管を用いる

(b) 燃料供給元ヘッダーより遠ざかるほど、開口断面積を大きくする

(c) 燃料供給元ヘッダーより遠ざかるほど、開口部やノズルのピッチを狭め、単位配管長さ当りの開口部ないしノズル断面積の和が大きくなる、

のいずれか1つを適用するか、これらを組み合わせて適用することにより、均等に燃料を供給することができる。

【0057】

次に、上記気体燃料を、空気中に吐出させる方向については、種々の形態を採用することができ、例えば、図12のように、気体燃料を噴出口から装入層に向かって下方（鉛直下方）に吐出させることにより、その一部を装入層表面で反射させて希釈させる方法、図13のように、気体燃料を噴出口から装入層表面に平行（水平方向）に吐出させることにより装入層に導入されるまでの経路を長くし希釈を促進させる方法、あるいは、図14のように、気体燃料を噴出口から邪魔板（反射板）に向かって吐出し、反射させることにより希釈を促進する方法、図15のように、気体燃料供給パイプに設けられた気体燃料の噴

出口の向きを、装入層表面に向かって ± 90 度の範囲で多方向に分散させて希釈を促進する方法などを採用することができる。さらに、上記図15の変形態様として、気体燃料供給パイプの軸を中心に回転可能とし、吐出方向を揺動させる構造とすることもできる。

【0058】

なお、上記気体燃料供給装置での気体燃料の吐出は、装入層表面の上方300mm以上の高さで行うことが好ましい。その理由は、以下の通りである。

図16に示したような、気体燃料の噴出方向が水平方向となるよう25Aの配管の両側面に開口径が1mmの噴出口を112mmピッチで開けた気体供給配管を、焼結ベッド（装入層）の上の500mm位置に、400mmの間隔をもたせてパレット進行方向に平行に配列し、上記噴出口から200m/sの速度でLNGを大気中に噴出して周囲の空気と混合し、LNGを目標濃度0.8%に希釈させたときの均一化状況をシミュレーションした。なお、上記気体供給配管は、隣接する配管の噴出口が互いに56mmずつずれ、噴出した気体燃料が衝突しないように配列した。また、実焼結機を模して、焼結ベッドの上表面では、下方に0.9m/sの吸引速度で空気が吸引されているものとした。

【0059】

図17は、開口径が1mmの噴出口から200m/sの速度で噴出されたLNGが、焼結ベッド上方で周囲の空気と混合して希釈されて行く様子を示したものである。この図から、上記条件で噴出されたLNGの濃度は、噴出口から約100mm程度のところで、LNGの燃焼下限濃度である4.3%まで希釈されていること、したがって、それ以降であればLNGは理論上燃焼を起こすおそれがないことがわかる。

【0060】

また、図18は、開口径が1mmの噴出口から200m/sの速度で噴出されたLNGが、焼結ベッド表面に到達するまでおよび焼結ベッド層内でどのように拡散し、希釈されていくかを示したものである。この図から、上記噴出条件であれば、LNGは、焼結ベッド上200mm（噴出口下300mm）の位置では0.28～1.14%に、また、焼結ベッド表面に達した段階では0.51～1.14%にまで希釈されており、さらに、焼結ベッド層中層に至るまでに0.69～0.87%に、さらに焼結ベッド下面に至るまでに0.75～0.81%に希釈されていることがわかる。

【0061】

以上の結果から、LNGを、焼結ベッド上方で高速で空気中に噴出させることにより、空気と十分に混合して均一に希釈されること、特に、噴出口の下300mmでは、おおむね均一に希釈されていることがわかった。そこで、本発明では、この結果と、噴出した気体燃料の装入層表面における跳ね返りを考慮し、気体燃料の大気中への供給は、装入層表面の上方300mm以上の高さで行うこととする。

【0062】

本発明において、装入層中に供給する気体燃料としては、高炉ガス（Bガス）、コークス炉ガス（Cガス）、高炉ガスとコークス炉ガスとの混合ガス（Mガス）、都市ガス、天然ガス（LNG）またはメタン、エタン、プロパン、ブタンガス、あるいはこれらの混合ガスのいずれかをを用いることができる。本発明では、これらの気体燃料のいずれかを空気中に高速で吐出し、空気と混合させて希釈気体燃料とし、装入層中に供給（導入）する。

【0063】

上記希釈気体燃料は、その中に含まれる可燃性ガス（燃焼成分）の濃度を、大気中の常温における燃焼下限濃度の75%以下まで希釈した気体燃料であることが好ましく、より好ましくは燃焼下限濃度の60%以下、さらに好ましくは燃焼下限濃度の25%以下の濃度にまで希釈したものであるのが好ましい。燃焼下限濃度以下の75%以下に希釈した可燃性ガスを使用する理由は、下記の二つである。

（a）装入層上部への高濃度の可燃性ガスの供給は、時として、爆発的燃焼を招くおそれがあり、少なくとも常温では、火種があっても燃焼しない状態としておく必要がある。

（b）装入層中で完全に燃焼せず、未燃焼のままウインドボックスの下流にある電気集塵器等に到達したとしても、電気集塵器の放電によって燃焼するおそれがないことが必要で

10

20

30

40

50

ある。

【 0 0 6 4 】

さらに、希釈気体燃料の濃度は、その希釈気体燃料の燃焼による酸素の消費によって、焼結原料用に含まれる総燃料（固体燃料＋気体燃料）の燃焼に必要な酸素の不足を招いて燃焼不足を起こさない程度に希釈されたものであることが必要である。ただし、希釈気体燃料の濃度は、燃焼下限濃度の 2 % 以上であるのが好ましい。濃度が 2 % 未満では、燃焼による発熱量が不足し、焼結鉱の強度向上と歩留まりの改善が得られないからである。

【 0 0 6 5 】

また、本発明における焼結鉱の製造方法では、装入層中の炭材に点火した直後に、希釈された気体燃料を装入層中へ供給（導入）することも可能である。希釈気体燃料の供給が、吹き消えを生じる気体燃料の供給で行なえるため、逆火のおそれなく、装入層の上層表面に焼結ケーキの層が形成されていれば、焼結が完了するまでの任意の位置で行うことができる。

【 0 0 6 6 】

希釈気体燃料の供給を装入層表層に焼結ケーキ層が形成された後に行うことが好ましい他の理由は、焼結ケーキが生成していない状態で装入層の上部に希釈気体燃料の供給を行うと、該装入層上で燃焼のみを生じるからである。希釈気体燃料の供給は、焼結鉱の歩留りを向上させる必要がある部分に対して行う、即ち、焼結鉱の強度を上昇させたい部分で燃焼を起こすよう供給するのが好ましいことからである。

【 0 0 6 7 】

また、点火後の装入層中に希釈気体燃料を供給し、装入層内の最高到達温度と高温域保持時間のいずれかまたは両方を制御するためには、燃焼・溶融帯の厚みが少なくとも 15 mm 以上、好ましくは 20 mm 以上、より好ましくは 30 mm 以上となった状態において、希釈気体燃料の供給を行うことが好ましい。燃焼・溶融帯の厚みが 15 mm 未満では、焼結層（焼結ケーキ）を通して吸引される空気と希釈気体燃料による冷却効果によって、気体燃料を燃焼させてもその効果が不十分となり、燃焼・溶融帯の厚みの拡大を図れない。一方、前記燃焼・溶融帯の厚みが 15 mm 以上、好ましくは 20 mm 以上、より好ましくは 30 mm 以上となる段階で希釈気体燃料を供給すると、燃焼・溶融帯の厚みの拡大や高温域保持時間の延長を実現することができ、ひいては高強度の焼結鉱を得ることができるからである。なお、上記燃焼・溶融帯の厚みの確認は、後述するように、透明石英製窓付き縦型管状試験鍋を用いて行うことができる。この試験鍋を用いた焼結試験は、希釈気体燃料の供給位置を決定するのに有効な手段となる。

【 0 0 6 8 】

また、希釈気体燃料の装入層への導入は、燃焼前線が表層下に下がり、燃焼・溶融帯が表層から 50 mm 以上、好ましくは 100 mm 以上、より好ましくは 200 mm 以上下がった位置、すなわち、装入層の中・下層領域を対象として行うのが好ましい。つまり、希釈気体燃料は、装入層の表層に生成した焼結ケーキ領域（焼結層）を燃焼することなく通過し、燃焼前線が表層から 50 mm 以上移動した段階で燃焼するように供給するのが好ましい。その理由は、燃焼前線が表層から 50 mm 以上下がった位置であれば、焼結層を通して吸引される空気による冷却の悪影響が軽減され、燃焼・溶融帯の厚みの拡大を図ることができ、燃焼・溶融帯の厚みを有効に拡大することができるからである。なお、気体燃料は、上記のように吹き消え現象が起こる高速で噴出しているので、点火炉での着火直後からの気体燃料供給でも、逆火を起こすおそれもなく実現できる。

【 0 0 6 9 】

上記理由から、希釈気体燃料を生成する気体燃料供給装置は、焼結機の規模にもよって異なるが、例えば、気体燃料供給量が $1000 \sim 5000 \text{ m}^3$ （標準）/hr、生産量が約 1.5 万 t / 日で、機長が 90 m の規模の焼結機では、点火炉の出側直後から、または、下流側約 5 m 以降の位置に配置するのが好ましい。

【 0 0 7 0 】

上述したように、本発明に係る焼結機では、希釈気体燃料の供給位置（装入層への導入

10

20

30

40

50

位置)は、パレット移動方向における点火炉下流で、焼結ケーキが生成した後のいわゆる燃焼前線が表層下に進行した位置から焼結が完了するまでの間の1ヶ所以上の任意の位置で行うことが好ましい。このことは、燃焼前線が装入層の表層下に移った段階で気体燃料の導入を開始すること、したがって、気体燃料の燃焼が装入層の内部で起り、次第に下層へ移行することになるので、爆発のおそれがなく、安全な焼結操作が可能になることを意味している。

【0071】

また、本発明における焼結鉱の製造方法では、装入層中への希釈気体燃料の導入は、生成した焼結ケーキの再加熱を促進するものであることを意味している。即ち、この希釈気体燃料の供給は、もともと高温域保持時間が短いために熱不足となり、焼結鉱の冷間強度が低くなりやすい部分に対して、固体燃料に比べて反応性の高い気体燃料を供給することによって、不足している燃焼熱を補填し、燃焼・溶融帯の再生・拡大を図るという役割を担うものだからである。

10

【0072】

さらに、本発明における焼結鉱の製造方法では、装入層上部からの希釈気体燃料の供給は、装入層内に導入された希釈気体燃料を未燃焼のまま燃焼・溶融帯にまで到達させ、そこで燃焼させることによって、燃焼熱の補填を図るようにするのが好ましい。それは、希釈気体燃料の装入層中への供給(導入)は、装入層上部のみならず、厚み方向中央部の燃焼・溶融帯にまで波及させることがより効果的と考えられるからである。つまり、気体燃料の供給が、熱不足(高温域保持時間不足)になりやすい装入層の上層部で行われると、この部分に十分な燃焼熱が提供されるので、焼結ケーキの品質改善を図ることができる。さらに、希釈気体燃料の作用効果を中層部以下の帯域にまで及ぼようにすると、本来の炭材によって形成された燃焼・溶融帯の上に希釈気体燃料による燃焼・溶融帯を形成すると等しいことになり、結果として燃焼・溶融帯の上下方向の幅幅につながり、最高到達温度を上げることなく、高温域保持時間の延長を図ることができるので、パレットの移動速度を落すことなく十分な焼結効果を得ることができる。その結果、装入層全体にわたって品質が改善(冷間強度の向上)されるので、成品焼結鉱の歩留り向上と生産性の向上を図ることができる。

20

【0073】

また、本発明は、前記希釈気体燃料の供給位置を、気体燃料供給の作用・効果を装入層中のどこに及ぼすかという観点から決定している。また、気体燃料の供給によって、装入層内における最高到達温度や高温域保持時間を、熱量一定基準の下で固体燃料の量に応じて制御している。従って、本発明において、希釈気体燃料を装入層中へ導入(供給)するに当たっては、その供給位置を調整するだけでなく、燃焼・溶融帯自体の形態を制御し、燃焼・溶融帯における最高到達温度および/または高温域保持時間をも制御するようにすることが好ましい。

30

【0074】

一般に、点火後の装入層内では、燃焼(火炎)前線が、パレットの移動に伴って次第に前方(下流側)かつ下方に拡大していくため、燃焼・溶融帯の位置は、図4(a)に示すように変化する。そして、図4(b)に示すように、焼結過程で受ける焼結層上層、中層、下層の熱履歴は大きく異なり、したがって、上層~下層間では、高温域保持時間(約1200以上となる時間)も大きく異なる。その結果、パレット内の焼結鉱の位置別歩留まりは、図4(c)に示すような分布を示す。即ち、表層部(上層部)の歩留は低く、中層、下層部で高い歩留となる。そこで、本発明に従って、前記気体燃料を供給すると、燃焼・溶融帯の上下方向の厚みやパレット進行方向の幅が拡大し、これが成品焼結鉱の品質向上につながる。そして、高い歩留分布となる中層部や下層部は、さらに高温域保持時間を制御(延長)できるため、歩留がより向上する。

40

【0075】

上記のように、本発明では、気体燃料の供給(導入)位置を調整することにより、燃焼・溶融帯の形態、即ち、燃焼・溶融帯の高さ方向の厚さおよび/またはパレット移動方向

50

の幅を制御できると共に、最高到達温度や高温域保持時間を制御することができる。そして、これらの制御を通じて、常に十分な焼成を達成し、ひいては成品焼結鉱の冷間強度を高め、品質向上を実現することができる。

【 0 0 7 6 】

また、本発明における装入層中への希釈気体燃料の供給（導入）は、成品焼結鉱全体の強度を制御するためであるとも言える。すなわち、本発明において、希釈気体燃料を供給するそもそもの目的は、焼結ケーキ（焼結鉱）の冷間強度を向上させることにあり、具体的には、気体燃料の供給位置制御や、焼結原料が燃焼・溶融帯に滞在する時間である高温域保持時間の制御、最高到達温度の制御を通じて、焼結鉱の冷間強度（シャッターインデックス S I ）を 7 5 ～ 8 5 % 程度、好ましくは 8 0 % 以上、より好ましく 9 0 % 以上にするのである。なお、実機焼結機によって製造された焼結鉱の冷間強度（S I 値）は、鍋試験で得られる値よりもさらに 1 0 ～ 1 5 % 高い値を示すのが一般的である。

10

【 0 0 7 7 】

この強度レベルは、本発明によれば、前記希釈気体燃料の濃度、供給量、供給位置および供給範囲を、好ましくは焼結原料中の炭材量をも考慮した上で（投入熱量を一定にする条件下で）調整することによって、安価に達成することができる。焼結鉱の冷間強度の向上は、一方で、通気抵抗の増大と生産性の低下を招くことがあるが、本発明では、そうした問題を、最高到達温度や高温域保持時間を制御することによって解消することができる。

【 0 0 7 8 】

20

したがって、本発明の焼結鉱の製造方法において、希釈気体燃料の装入層中への導入位置は、装入層中に生成した焼結ケーキから湿潤帯までの間の任意の帯域における焼結鉱の冷間強度をどのように制御するかという観点も考慮して決定される。そして、この観点から、本発明では、気体燃料供給装置の規模（大きさ）、数、位置（点火炉からの距離）、ガス濃度を、好ましくは焼結原料中の炭材量（固体燃料）に応じて調整することによって、燃焼・溶融帯の大きさ（上下方向の厚さおよびパレット移動方向の幅）だけでなく、高温到達温度、高温域保持時間をも制御し、もって、生成する焼結ケーキ（焼結鉱）の強度の向上を図っている。

【 0 0 7 9 】

本発明の製造方法において、装入層中に供給する気体燃料としては、先述したように、高炉ガス、コークス炉ガス、高炉・コークス炉混合ガス、都市ガス、天然ガスあるいはメタンガス、エタンガス、プロパンガス、ブタンガス、またはこれらの混合ガスのいずれかを用いることができるが、上記気体燃料の中でも、C O 含有量が 5 0 m a s s p p m 以下のものを用いることが好ましい。それは、C O ガスは、人体に対して有害であり、装入層上に供給された気体燃料が全量装入層中に導入されないで、機外に漏洩した場合には、人災を起こす可能性があるからである。具体的には、都市ガス 1 3 A やプロパンガスを用いることがより安全性だけでなく、コストの面からも好ましい。

30

【 0 0 8 0 】

さらに、本発明の製造方法では、上記気体燃料以外に、気体状態での着火温度が、焼結ベッド表層の温度より高い、アルコール類、エーテル類、石油類、その他の炭化水素系化合物類等の液体燃料を気化させたものを用いることもできる。本発明で用いることができる液体燃料とその特性について、表 7 に示した。斯かる液体燃料を気化させた気体燃料は、着火温度が、上述した気体燃料と比較して着火温度が高いため、焼結ベッド表層の温度より高い、装入層のより内部で燃焼するため、吹き込む位置での燃焼・溶融帯のすその温度の拡大に有効である。特に、着火温度が 5 0 0 近いものは、その効果が大きい。なお、液体燃料を気化した気体燃料を用いる場合には、気体供給配管は、気化した燃料が再液化しないよう、該液体燃料の沸点以上着火温度未満の温度に保持することが好ましい。

40

【 0 0 8 1 】

【表 7】

物質名 (液体燃料)	比重 (15℃)	沸点 (℃)	燃焼限界 (vol%)		発火温度 (着火温度) (℃)
			下 限 界	上 限 界	
ペンタン	0.631	36.0	1.5	7.8	284
ヘキサン	0.664	68.7	1.2	7.4	260
ヘプタン	0.688	98.4	1.2	6.7	247
オクタン	0.707	125.0	1.0	—	240
ノナン	0.722	150.0	0.8	2.9	234
デカン	0.734	174	0.8	5.4	231
ベンゼン	0.885	80.1	1.3	7.9	592
アセトン	0.792	56.6	2.6	13	561
メチルアルコール	0.793	64.4	6.7	36	470
エチルアルコール	0.789	78.3	3.3	19	392
ジエチルエーテル	0.714	34.4	1.9	48	185
灯油 (ケロシン)	0.8 ~ 0.85	160~320	1.1	6.0	255
軽油 (ディーゼル油)	0.83~0.88	250~350	1.0	6.0	250

【 0 0 8 2 】

なお、廃油等は、引火しやすい成分や着火温度の低い成分を含むことがあるので、本発明で用いるには好ましくない。着火温度や引火点の低い成分を含む廃油等の液体燃料を予め気化させて、焼結原料ベッド上に供給した場合には、原料ベッド中の燃焼帯近傍に到達する前の原料ベッド表層の上部空間ないしは原料ベッド表層近傍で燃焼してしまうため、本発明が意図する焼結原料ベッドの燃焼帯近傍で燃焼させて高温保持時間の延長を図るという効果を得ることができないためである。

【 0 0 8 3 】

また、本発明の方法によって焼結鉱を製造するに当たっては、循環移動するパレット上に粉鉱石と炭材を含む焼結原料を装入して装入層を形成する原料供給装置と、上記装入層表面の炭材に点火する点火炉と、上記装入層上辺の空气中に、気体燃料を噴出して燃焼下限濃度以下の希釈気体燃料とする気体燃料供給装置と、上記希釈気体燃料と空気とをパレット下で吸引して装入層内に導入するウインドボックスとを備える焼結機において、上記

気体燃料供給装置では、気体燃料供給手段の噴出口から気体燃料を吹き消え現象が起こる流速で噴出するものであることを特徴とする焼結機を用いる。

【 0 0 8 4 】

本発明の焼結機における気体燃料供給装置は、焼結機の幅方向に沿って、パレットの両サイドウォールを跨がるように配設されるのが好ましい。すなわち、上記気体燃料供給装置は、パレットの両サイドウォールを跨がるようにフードが配設され、その内部には気体燃料を供給する配管を、単数または複数本、好ましくは2～15本、パレット進行方向に対して平行に、あるいは垂直に配列し、そのそれぞれの配管には、気体燃料を大気中に高速で供給するためのスリットや噴出穴あるいはノズルを複数取り付けただの構成されることが好ましい。

10

【 0 0 8 5 】

前記気体燃料供給装置は、点火炉の下流側でかつ燃焼・熔融帯が装入層内を進行中の過程（状態）にある、パレット進行方向のいずれかの位置に1以上配設され、その位置において、希釈気体燃料の装入層中への供給が行われるのが好ましい。即ち、この装置は、点火炉の下流側で、燃焼前線が表層下に進行した以降の任意の位置に一ないし複数配設されるものであり、目標とする成品焼結鉱の冷間強度を調整する観点から、大きさ、位置、数が決められる。

【 0 0 8 6 】

図19は、本発明に係る焼結機の一実施形態の一部を示したものであり、点火炉10のパレット移動方向下流側に当たる装入層の上辺に、高炉ガスやコークス炉ガスあるいはこれらの混合ガス（Mガス）等の気体燃料を大気中に吐出し、所望の濃度の希釈気体燃料とするための気体燃料供給装置12を1基だけ配設した例を示したものである。その気体燃料供給装置12は、装入層の上方にフード12'が設置され、そのフードの内部には、パレットの幅方向に沿って複数の気体燃料供給パイプ12aが配設されており、そのパイプには、気体燃料を高速で大気中に吐出するノズル12bを下向きにかつパレット幅方向に複数個配列させたものを、図示していないサイドウォールの上から装入層を覆うように配設したものである。この気体燃料供給装置12のフード12'内に供給された気体燃料は、フード12'内の周辺の空気と混合して希釈気体燃料となり、その後、パレット8下の図示されていないウインドボックスの吸引力を利用して、装入層表層に生成した焼結ケーキを経て、装入層の深部（下層）にまで導入される。なお、この気体燃料供給装置12は、特に、パレット両側端（図4（c）の歩留り60%の領域）の歩留り向上を図りたいときは、パレットの両サイドウォール近傍に気体燃料を多く供給できるよう、前記ノズル12aを重点的に配置することが好ましい。

20

30

【 0 0 8 7 】

この気体燃料供給装置12から供給する気体燃料としては、例えば、高炉ガス（Bガス）、コークス炉ガス（Cガス）、高炉ガスとコークス炉ガスとの混合ガス（Mガス）、都市ガス、天然ガス（LNG）またはメタン、エタン、プロパン、ブタンガス、あるいはこれらの混合ガスなどが用いられる。これらの気体燃料は、点火炉10とは別途に独立した配管系の下で供給してもよく、また、点火炉用燃料配管と同じ種類として、点火炉10へのガス供給管（図示せず）の延長上に接続するように構成してもよい。

40

【 0 0 8 8 】

下記の表8は、本発明で使用する各種気体燃料の燃焼下限濃度と、その気体燃料を装入層へ導入する際の上限濃度（燃焼下限濃度の75%、60%、25%）を示したものである。例えば、プロパンガスは、燃焼下限濃度は2.2vol%であるから、プロパンガスの希釈気体燃料の濃度上限は、75%の場合は1.7vol%、60%の場合は1.3vol%、25%の場合は0.6vol%ということになる。一方、希釈気体燃料の下限濃度、即ち、気体燃料供給の効果が顕れる下限濃度は、プロパンガスの場合は0.05vol%である。したがって、好ましい範囲は以下ようになる。

好ましい範囲（1）： 2.2vol%～0.05vol%

好ましい範囲（2）： 1.7vol%～0.05vol%

50

好ましい範囲(3): 1.3 vol% ~ 0.05 vol%

好ましい範囲(4): 0.6 vol% ~ 0.05 vol%

好ましい範囲(4): 0.6 vol% ~ 0.05 vol%

【0089】

また、Cガスは、燃焼下限濃度は5.0 vol%であるから、Cガスの希釈気体燃料の濃度上限は、75%の場合は3.8 vol%、60%の場合は3.0 vol%、25%の場合は1.3 vol%ということになる。一方、Cガスの場合、気体燃料供給の効果が顕れる下限濃度は0.24 vol%である。したがって、好ましい範囲は以下になる。

好ましい範囲(1): 5.0 vol% ~ 0.24 vol%

好ましい範囲(2): 3.8 vol% ~ 0.24 vol%

好ましい範囲(3): 3.0 vol% ~ 0.24 vol%

好ましい範囲(4): 1.3 vol% ~ 0.24 vol%

【0090】

また、LNGガスは燃焼下限濃度が4.8 vol%であるから、LNGの希釈気体燃料の濃度上限は、75%の場合は3.6 vol%、60%の場合は2.9 vol%、25%の場合は1.2 vol%ということになる。一方、LNGガスの気体燃料供給の効果が顕れる下限濃度は0.1 vol%である。したがって、好ましい範囲は以下になる。

好ましい範囲(1): 4.8 vol% ~ 0.1 vol%

好ましい範囲(2): 3.6 vol% ~ 0.1 vol%

好ましい範囲(3): 2.9 vol% ~ 0.1 vol%

好ましい範囲(4): 1.2 vol% ~ 0.1 vol%

好ましい範囲(4): 1.2 vol% ~ 0.1 vol%

【0091】

また、高炉ガスは、燃焼下限濃度は40.0 vol%であるから、高炉ガスの希釈気体燃料の濃度上限は、75%の場合は30.0 vol%、60%の場合は24.0 vol%、25%の場合は10.0 vol%ということになる。一方、高炉ガスの気体燃料供給の効果が顕れる下限濃度は0.24 vol%である。したがって、好ましい範囲は以下になる。

好ましい範囲(1): 40.0 vol% ~ 1.25 vol%

好ましい範囲(2): 30.0 vol% ~ 1.25 vol%

好ましい範囲(3): 24.0 vol% ~ 1.25 vol%

好ましい範囲(4): 10.0 vol% ~ 1.25 vol%

【0092】

【表8】

ガスの種類	燃焼下限濃度 %, 対Air (爆発下限)	吹込濃度上限 %, 対Air (75%)	吹込濃度上限 %, 対Air (60%)	吹込濃度上限 %, 対Air (25%)	着火温度 空气中 (°C)
プロパン	2.2	1.7	1.3	0.4	528~588
水素	4.0	3.0	2.4	0.8	580~590
メタン	5.0	3.8	3.0	0.9	650~750
COガス	12.5	9.4	7.5	2.3	658~674
コークス炉ガス	5.0	3.8	3.0	0.9	約630
LNG	4.8	3.6	2.9	0.9	約680
高炉ガス	40.0	30.0	24.0	7.5	約680

【0093】

次に、表9は、Cガス、LNG、Bガス中に燃焼成分として含まれる水素、CO、メタ

ン、エタン、プロパンの含有量と発熱量を示したものである。

【 0 0 9 4 】

【表 9】

ガスの種類	水素 (vol%)	窒素 (vol%)	CO (vol%)	CO ₂ (vol%)	メタン (vol%)	エタン (vol%)	プロパン (vol%)	発熱量 (Mcal/m ³)
Cガス	59	—	7	—	34	—	—	4.8
LNG	—	—	—	—	89	5	6	9.5
Bガス	4	61	24	21	—	—	—	0.8

10

【 0 0 9 5 】

次に、本発明に係る焼結鉾の製造方法を開発する契機となった実験について説明する。

この実験は、図 20 に示す実験装置、即ち、透明石英製窓付き縦型管状の試験鍋（150 mm × 400 mm H）を用い、使用する気体燃料として、高炉ガス・コークス炉ガスの混合ガス（Mガス）を用い、出願人会社の焼結工場で使用しているのと同じ焼結原料、即ち、表 10 に示す焼結原料を使って、下方吸引圧力 11.8 kPa 一定の条件で焼結鍋試験を行った例である。ここで、前記 M ガスの燃焼成分の濃度は、空気で希釈して、0.5 vol% ~ 15 vol% の範囲内で変動させた。なお、この実験に用いた M ガスの燃焼下限濃度は 12 vol% である。

20

【 0 0 9 6 】

【表 10】

原料種	割合 (mass%)
ローブリバー	9.6
ヤンディ	23.8
カラジャス	42.6
石灰石	16.6
珪石	2.7
粉コークス	4.7

30

【 0 0 9 7 】

図 20 は、また、前記試験鍋の透明石英窓から燃焼溶融帯をビデオ観察した様子、とくに燃焼前線の移動に伴う燃焼帯の下降状況を示している。この図からわかるように、試験鍋内の原料堆積層中に、燃焼下限濃度（12 vol%）を超える 15 vol% の M ガスを含む気体燃料を吹き込んだ場合、気体燃料は装入層表面ですぐに燃焼を開始し、装入層の下層にまでは届かず吹込みの効果が得られなかった。これに対して、本発明に従い、前記気体燃料の燃焼下限濃度（12 vol%）の 75% 以下である 3 vol% まで空気で希釈した気体燃料を用いた場合、原料堆積層表面で燃焼することがなく、装入層内深く、即ち、燃焼・溶融帯相当域まで到達し、燃焼した。その結果、空気のみで焼結したときの、燃焼帯（燃焼・溶融帯とも呼ぶ）の厚みは 70 mm であったのに対し、M ガスを希釈して吹き込んだ場合には、燃焼帯の厚み幅を 150 mm、即ち 2 倍以上に拡大させることができた。この燃焼帯の厚みの拡大は、高温域保持時間の延長が達成されることも意味する。

40

【 0 0 9 8 】

しかも、この試験鍋による実験においては、実機焼結機におけるパレットの移動に伴う燃焼前線の進行速度に相当する燃焼帯の降下速度（この逆数が焼結時間である）は、希釈気体燃料の供給によって速くなり、しかも、コークスを増量したときや高温空気を吹き込んだときと同じように、燃焼帯の上下方向の厚み幅を拡大させることができた。このように、焼結原料の装入層中に、適切な濃度に希釈された気体燃料を吹き込んだ場合、従来のような固体燃料や液体燃料、希釈しない可燃性ガスを使う場合と比較すると、燃焼帯幅の

50

拡大効果が著しくなり、しかも、コークスを増量したときのような燃焼前線の降下速度の低下を招くことがなく、大気焼結の場合とほとんど変わらない速度で焼結が進むことがわかった。

【 0 0 9 9 】

図 2 1 (a) ~ (d) は、上記焼結鍋試験結果をまとめたものである。この結果によれば、本発明に従って原料装入層中に適切に希釈された M ガスを吹き込んだ場合、焼結時間はほとんど変化しないにも拘らず、歩留が向上し (図 2 1 (a))、焼結生産性も増加している (図 2 1 (b))。しかも、高炉の操業成績に大きく影響する冷間強度の管理指標であるシャッター強度 (S I) は 1 0 % 以上 (図 2 1 (c))、還元粉化特性 (R D I) は 8 % も改善されている (図 2 1 (d))。

10

【 0 1 0 0 】

本発明では、装入層中に導入する前記気体燃料として、希釈された可燃性ガスを用いるが、以下に、その希釈の程度について説明する。表 1 1 は、高炉ガス、コークス炉ガスおよび両者の混合ガス (M ガス)、プロパン、メタン、天然ガスの燃焼下限濃度および燃焼上限濃度を示している。このような燃焼限界をもつガスが、例えば、装入層内で燃焼せずに排風機に向かうと、途中の電気集塵機などで爆発や燃焼を起こす危険が生じる。そこで、発明者らは、試行錯誤の結果、上記危険がない濃度、即ち、燃焼下限濃度以下に希釈した気体燃料を装入層中に導入することとし、さらに、安全性をより高めるべく、その燃焼下限濃度の 7 5 % 以下の濃度の希釈気体燃料を用いた実験を数多く行った結果、何の問題も生じないことが確認できた。

20

【 0 1 0 1 】

例えば、表 1 1 に示すとおり、大気中かつ常温において、高炉ガスが燃焼する濃度範囲は、燃焼下限が 4 0 v o l % で、燃焼上限は 7 1 v o l % である。即ち、4 0 v o l % 未満では燃焼せず、また、7 1 v o l % を超えると、高炉ガス濃度が濃くなりすぎて、この場合もまた燃焼しない状態となることを意味している。以下に、この数値の根拠について図面に基づき説明する。

【 0 1 0 2 】

【表 1 1】

(vol%)

ガスの種類	燃焼下限	燃焼上限
高炉ガス	40.0	71
コークス炉ガス	5.0	22
混合ガス (Mガス)	12.0	42
プロパン	2.2	9.35
メタン	4.9	15.0
天然ガス	4.8	13.5

30

【 0 1 0 3 】

図 2 2 は、高炉ガスの燃焼限界を求める方法の一例を説明するものである。

40

図中の高炉ガスに含まれる燃焼成分 (可燃性ガス) とその他の成分 (イナート : 不活性ガス) の割合については、 H_2 と CO_2 および CO と N_2 との組み合わせで検討すると以下のとおりである。

(1) 「 H_2 と CO_2 」部分の組み合わせについての、(イナートガス) / (可燃性ガス) の比は、 $20.0 / 3.5 = 5.7$ である。

そこで、この燃焼限界図の (イナートガス) / (可燃性ガス) の比を示す横軸の、5.7 の軸と交差する $H_2 + CO_2$ 曲線の交わる部分 (燃焼限界) を求めると、下限は 3 2 v o l %、上限は 6 4 v o l % となる。即ち、 $H_2 + CO_2$ の燃焼限界の下限濃度は 3 2 v o l %、上限濃度は 6 4 v o l % となる。

(2) 一方、残りの燃焼成分である「 CO と N_2 」の組み合わせの場合における、(イナ

50

ートガス) / (可燃性ガス) の比は、 $53.5 / 23.0 = 2.3$ であるから、同様に
して、同図から横軸 2.3 と、 $\text{CO} + \text{N}_2$ の曲線と交わる点から下限：44 vol %、上限
：74 vol % が求まる。従って、この場合の燃焼限界の下限濃度は 44 vol %、上限
濃度は 74 vol % である。

(3) さらに、両燃焼成分を含む高炉ガスの燃焼下限濃度は、図 22 中左方最下段の式で
求めることができる。また、同式で前記(1)、(2)の上限値をあてはめれば燃焼上限
濃度が求まる。このようにして高炉ガスの燃焼下限濃度ならびに燃焼上限濃度を求める
ことができる。

【0104】

また、本発明において、気体燃料の燃焼下限に着目したもう一つの理由は、燃焼限界に
は温度依存性がある点である。燃料便覧(社団法人燃料協会編)では、温度の影響として
、温度が高いときには、熱の逸散速度が遅くなるので、熱の発生、逸散両速度曲線の交わり
は深くなって、爆発範囲(燃焼範囲)は左右に広がってくる、と説明している。すなわ
ち、燃焼限界は、上述のようにして求められるものの、該燃焼限界には温度依存性があっ
て、メタンガスの燃焼範囲の温度による影響として、燃料便覧(社団法人燃料協会編)で
は、表 12 に記載の例が示されている。これを燃焼下限濃度の温度依存性として作図する
と、おおよそ図 23 に示すようになる。図中 印は、表 5 に記載されたメタンガスの例で
ある。

【0105】

【表 12】

温度 (°C)	燃 焼 範 囲 (vol%)
17	6.0 ~ 13.0
100	5.95 ~ 13.7
200	5.50 ~ 14.5
300	5.10 ~ 15.5
400	4.8 ~ 16.6

【0106】

また、図 24 は、大気中常温下における気体燃料の燃焼成分(燃焼ガス)濃度と温度と
の関係を示すものである。燃焼限界は、上述のようにして求められるものの、該燃焼限界
には温度依存性があり、その温度依存傾向を例示すると、常温での燃焼下限値(図中
は燃焼ガス濃度に相当)がおおよそ 40 vol % であっても、200 領域では 26 ~ 2
7 vol % と変化し、1000 領域では数 %、1200 領域では 1 vol % 未満でも
燃焼する。

【0107】

これから、装入層に供給する気体燃料の濃度(燃焼成分の含有量)は、常温の燃焼下限
よりもさらに低い濃度とするのがより安全であり、また、その希釈ガスの濃度を適正範囲
に調整してやることにより、気体燃料の装入層内の厚み方向における燃焼位置を自由に制
御することができることがわかった。

【0108】

そして、気体燃料の燃焼範囲には、このように温度依存性があり、例えば、燃焼範囲は
雰囲気温度が高くなればなるほど広がり、焼結機の燃焼・溶融帯近傍の温度場ではよく燃
焼するものの、焼結機の下流側にある電気集塵機内の 200 程度の温度場では、本発明
の好適実施例で示すような気体燃料の濃度では燃焼しないこともわかった。

【0109】

ところで、焼結鉬を製造するに当たって、焼結原料の装入層中に供給された希釈気体燃
料は、パレット下のウインドボックスによって吸引されて、該装入層中の固体燃料(粉コ
ークス)の燃焼により形成された燃焼・溶融帯の高温域で燃焼する。従って希釈気体燃料

の供給は、装入層への投入熱量を一定にするという条件下において、前記希釈気体燃料の濃度や供給量などを制御すれば、焼結原料中の粉コークス量を調整（減少）することができる。また、希釈気体燃料の濃度調整は、この気体燃料の燃焼を装入層中の予定した位置（濃度領域）で起こるように制御することを意味している。

【0110】

この意味において、従来技術における装入層中の燃焼・溶融帯は、固体燃料（粉コークス）のみが燃焼する帯域であるが、本発明における燃焼・溶融帯は、その粉コークスの燃焼に加えてさらに気体燃料も並行して燃焼する帯域であるということができる。従って、本発明において、その希釈気体燃料の濃度や供給量、その他の供給条件は、燃料の一部として粉コークスがあることを前提として、これとの関係において好適に変化させると、最高到達温度および／または高温域保持時間の望ましい制御が可能となり、焼結ケーキの強度向上をもたらすことになる。

【0111】

さらに本発明方法において、希釈された気体燃料を用いるもう一つの理由は、上述した焼結・溶融帯の形態制御を通じて焼結ケーキの強度、歩留りを制御するためである。それは、この焼結ケーキを高温帯域（燃焼・溶融帯域）にどれくらいの時間保持するか、また、どれくらいの温度にまで到達させるかという制御を行う上で、この希釈気体燃料の役割が有効に機能するからである。言い換えると、前記希釈気体燃料の使用は、焼結原料の高温域保持時間が長かつ最高到達温度が適度に高くなるように制御することを意味している。そして、このような制御は、焼結原料中の固体燃料量（粉コークス量）に対して、燃焼雰囲気中で支燃性ガス（空気または酸素）が過不足を起さないように希釈調整された気体燃料を用いることを意味している。この点、従来技術では、焼結原料中の固体燃料の量と無関係に、しかも可燃性ガスを濃度調整することなしに吹き込むため、固体燃料や可燃性ガスの量に見合う量の支燃性ガス（酸素）が供給されずに燃焼不良を起こしたり、逆に部分的に過燃焼を起こしたりして、強度のバラツキを招いていたのである。これに対して、本発明では、気体燃料を希釈しかつ濃度調整をすることで、このような問題点を回避しているのである。

【0112】

次に、気体燃料の種類による影響について示す。

図25は、数種類の気体燃料を燃焼下限濃度以下に希釈した希釈気体燃料を使用した本発明焼結法と、気体燃料の吹き込みを行わない従来焼結法とを比較した実験結果を示すものである。なお、希釈気体燃料の吹き込みを行わない従来焼結例では、粉コークスの添加量を5mass%とし、一方、粉コークス0.8mass%相当の希釈気体燃料を吹き込む本発明例では、総熱量を一定とするため、粉コークスの添加量を4.2mass%とした。図25からわかるように、希釈気体燃料を使用した場合は、いずれの例においても、シャッター強度、成品歩留、生産性の向上が認められた。このように、希釈気体燃料の使用例において、シャッター強度、成品歩留等が向上した理由は、燃焼・溶融帯の拡大と、それによる高温域保持時間の延長によるものと考えられる。

【0113】

図26は、気体燃料として、プロパンガスを用いた場合の希釈濃度の影響を示す図であり、希釈気体燃料の濃度と、シャッター強度（a）、歩留（b）、焼結時間（c）、生産率（d）との関係を示したものである。この図からわかるように、プロパンガスを希釈気体燃料として使用する場合は、0.05vol%の添加でシャッター強度の向上効果が認められ、歩留りもほぼ同様の傾向を示す。さらに、向上効果が明確となるのはプロパンガス濃度が0.1vol%からであり、より明確に向上効果が認められるのは0.2vol%からである。この結果を、Cガスを気体燃料として用いる場合に換算すると、0.24vol%の添加で効果が認められはじめ、効果が明確となるのは0.5vol%以上、より明確となるのは1.0vol%以上ということになる。したがって、プロパンガスの希釈濃度は、少なくとも0.05vol%以上、好ましくは0.1vol%以上、より好ましくは0.2vol%以上、また、Cガスの希釈濃度は、少なくとも0.24vol%以

上、好ましくは0.5vol%以上、より好ましくは1.0vol%以上である。なお、上限は、それぞれの気体燃料の燃焼下限濃度の75%である。ちなみに、プロパンガスの場合、0.4vol%の添加でほぼ効果は飽和しており、この時のガス濃度は、燃焼下限濃度の25%に相当する。

【0114】

次に、本発明方法に従って、焼結原料中の炭材量を考慮し、前記気体燃料の供給を行って製造した焼結鉱の冷間強度と還元粉化特性(RDI)について説明する。「鉱物工学」(今井秀喜、武内寿久禰、藤木良規編、1976、175、朝倉書店)によると、焼結反応は、図27の模式図のようにまとめられる。また、表13に、焼結過程で生成する各種鉱物の引張強度(冷間強度)と被還元性の値を示す。図27から明らかなように、焼結過程では、1200で融液が生成し始め、焼結鉱の構成鉱物の中で最も高強度であり、被還元性も比較的高いカルシウムフェライトが生成する。さらに昇温が進んで約1380を超えると、冷間強度と被還元性が最も低い非晶質珪酸塩(カルシウムシリケート)と、還元粉化しやすい二次ヘマタイトとに分解する。したがって、焼結鉱の冷間強度の向上とRDIの改善を図るには、カルシウムフェライトを分解させずに、これを安定的に生成させ続けられるかどうか重要な課題となる。

10

【0115】

【表13】

鉱物の種類	引張強度 (MPa)	被還元性 (%)
ヘマタイト	49	50
マグネタイト	58	22
カルシウムフェライト	102	35
カルシウムシリケート	19	3

20

【0116】

また、上記刊行物「鉱物工学」によると、焼結鉱の還元粉化の起点となる二次ヘマタイトの析出挙動について、図28により説明している。その説明によれば、鉱物合成試験の結果では、還元粉化の起点となる骸晶状二次ヘマタイトは、Mag.s.s+Liq.域まで昇温し、冷却したのちに析出するため、状態図上では、(1)の経路でなく、(2)の経路を介して焼結鉱を製造することで、還元粉化性を抑制できるとしている。したがって、低RDIと高強度とを兼備する焼結鉱を製造するには、1200(カルシウムフェライトの固相線温度)と約1380(転移温度)の範囲内に、如何にして長時間保持したヒートパターンを装入層内において実現するかが重要となる。よって、添加する炭材量を気体燃料の供給により調整し、装入層内の最高到達温度を1200を超え1380未満の範囲に制御することが重要であり、好ましくは1200~1350の範囲とするのが望ましいことがわかる。

30

【0117】

次に、発明者らは、燃焼帯の上下方向の厚さ(幅)と希釈燃料ガスとの関係を知るために、先述した透明石英製窓付き縦形管状試験鍋を用い、焼結機クーラーの排ガスで0.5vol%と2.5vol%の濃度に希釈したプロパンガスを、この鍋の上方から焼結原料の装入層中に吹き込む実験を行った。この実験で使用した焼結原料は、出願人会社で使用している一般的なものであり、吸引圧力は1200mmH₂O一定とした。なお、0.5vol%のプロパンガスの吹き込みは、投入熱量に換算すると、粉コークス1mass%の配合量にほぼ相当する。

40

【0118】

図29は、この実験におけるプロパンガス吹き込み時の燃焼帯の形態変化を示す写真である。この図に示すように、燃焼下限濃度(理論値、対空気)に近い2.5vol%に希釈

50

したプロパンガスでは、吹込み直後に原料装入層上で燃焼してしまうため、気体燃料が装入層内に入っていらず、気体燃料供給効果が得られなかった。これに対して、プロパンガスの希釈濃度が0.5 vol %濃度のものを供給した場合には、装入層上部で燃焼することなく、装入層内まで入っていき、しかも装入層内で速い速度で燃焼した。その結果、大気条件で焼結したときの燃焼帯の上下方向幅（厚さ）は約70 mmであったのに対し、希釈プロパンガスを吹込んだ時の燃焼帯の幅は150 mmと、2倍以上に拡大した。これは、高温域保持時間が延長されたことに相当する。

【0119】

これから、燃焼帯の厚みの拡大効果は、プロパンガスの燃焼下限濃度の1/5の濃度である0.5 vol %でも発現することがわかる。逆に、本発明にかかる気体燃料吹込み技術では、希釈された気体燃料でないと、装入層内における燃焼制御が困難であることもわかる。

10

【0120】

さらに、この実験においては、燃焼帯の降下速度（この逆数が高温域保持時間）への影響についても検討した。その結果、単にコークスを増量した場合や高温の空気を吹き込んだ場合には、降下速度が大きく低下して、生産性が低下するが、希釈した気体燃料を供給した場合には、固体燃料を増量した例と比較して燃焼速度を速くすることができるため、燃焼帯の降下速度は大気焼結の場合とほとんど差異が認められなかった。

【0121】

次に、発明者らは、希釈気体燃料の装入層中への供給位置の影響について調査するため、コークス炉ガス（Cガス）を2%に希釈した希釈気体燃料の吹込み位置を、装入層表面から100～200 mmの位置、200～300 mmの位置、300～400 mmの位置と変化させて焼結鍋実験を行い、その結果を図30に示した。

20

【0122】

ここで、図30の横軸における吹込み位置100～200 mmとは、図中で明るく（白く）示されている燃焼・溶融帯が装入層表面から100 mm位置に移動した時から、試験鍋上方より希釈気体燃料の供給を開始し、その燃焼・溶融帯が200 mmの位置に到達するまでの間、希釈気体燃料を吹き込んで燃焼させた例であり、その場合の燃焼・溶融帯（図中、燃焼・溶融帯は、明るく（白く）示されている）の進行状況を観察した結果を縦軸に示している。同様に、吹込み位置200～300 mmとは、燃焼・溶融帯が装入層表面から200 mm位置に達した段階から300 mmに到達するまでの間、希釈気体燃料を供給して燃焼させた例、そして吹込み位置300～400 mmとは、燃焼・溶融帯が装入層表面から300 mm位置に達した段階から400 mmに到達するまでの間、希釈気体燃料を供給して燃焼させた例を示したものである。また、比較として、希釈気体燃料の吹込みを行わない従来法の場合についても、燃焼・溶融帯の進行状況を調査した。なお、試験鍋の燃焼用空気の供給は、通常の焼結操業と同様に上方から下方に流れるので、気体燃料添加時は、この燃焼用空気に気体燃料が所定濃度になるように添加され、供給される。

30

【0123】

図30からわかるように、燃焼・溶融帯が装入層表面から100～200 mmの領域で希釈気体燃料を供給した場合には、従来法に比べ燃焼・溶融帯の厚さがわずかに大きくなる程度にとどまっている。これに対して、燃焼・溶融帯が200～300 mmの領域で希釈気体燃料を供給した場合には、従来法に比べて燃焼・溶融帯の厚みが明らかに拡大していることがわかる。また、300～400 mmの領域で供給した場合も、従来法に比べて明確に燃焼・溶融帯の厚みが拡大している。

40

【0124】

以上のことから、希釈気体燃料の吹込みは、燃焼・溶融帯の位置が装入層表面から200 mm以下の領域となる部分に対して行われることが好ましいことがわかる。そして、装入層表面から200 mm未満の領域については、気体燃料を供給しなくても、200 mm以下の領域において気体燃料を供給することにより、この領域における焼結鉬のシャッター強度を大幅に向上できることから、成品焼結鉬の歩留りを全体として向上させることが

50

できる。また、気体燃料の供給位置を限定することによって、コスト低減を図ることもできる。

【0125】

図31は、装入層表面から200mmまでの上層部と、200mm以下の中、下層部の燃焼状況を模式的に示したものである。この図に示した矢印Aは、焼結の進行方向（燃料方向）を示し、図31(a)は上層部（<200mmまで）における粉コークスと気体燃料の燃焼位置を示している。この場合、粉コークスの燃料により形成される燃焼帯が装入層の上部では元々狭く、この粉コークスの燃焼帯と、この燃焼帯域で燃焼する気体燃料の燃焼点とが互いに接近しているため、同図の右側に記載したような温度パターンとなる。

なお、この温度分布図においては、粉コークス（固体燃料）の燃焼域をハッチング部分で、その上方で燃焼する気体燃料の温度域を非ハッチング部分で示している。この図からわかるように、装入層上部では、コークスと気体燃料との燃焼が同時期に起こるため（両者が互いに接近して燃焼する）、図中の T_1 、 T_2 で示す間の高温域保持時間（約1200

相当）が図示のように狭いものになる。すなわち、ハッチング部分で示すコークス燃焼域がわずかに拡大する程度の温度分布となる。このことは、装入層中への前記気体燃料の供給は、燃焼・溶融帯の厚みが15mm以上になってから行うのが好ましいように、元々の高温域保持時間が狭い時には、気体燃料の吹込み効果が低いことを示している。

一方、図31(b)は、中層、下層部分に気体燃料を供給した場合である。中層、下層域では燃焼帯が上層から下方へ移行するのに伴って装入層内の温度が上昇することから、燃焼帯の幅が拡大しており、希釈気体燃料は、図31(a)の場合よりも粉コークスの燃焼位置から離れた位置で燃焼するようになる。その結果、図31(b)の右側に示すような温度分布となる。即ち、気体燃料の燃焼点は、ハッチングして示す固体燃料（コークス）燃焼点より離れているため、合成された温度分布曲線はすそ野の広い温度分布になる。従って、 T_3 、 T_4 で示される固体燃料と気体燃料の燃焼に基づく高温域保持時間が延長されるので、得られる焼結鉋のシャッター強度が向上するのである。

【0126】

なお、図31(b)のケースにおいて、高温域保持時間を制御する（延長する）ための気体燃料の着火温度は、400～800であることが好ましく、より好ましくは500～700である。この理由は、着火温度を400未満にすると、高温域の拡大につながらず、単に低温域分布を拡大するに止まるだけであり、一方、800を超えると固体燃料の燃焼による高温域保持時間と接近しすぎて、最高到達温度の上昇を招くだけで、高温域保持時間の延長効果が小さくなるためである。

【0127】

次に、希釈気体燃料を供給して装入層中の最高到達温度（層内温度）を制御する方法の一例を説明する。図36は、焼結時における装入層内の温度分布を模式的に示すものであり、従来焼結法に相当する固体燃料（粉コークス）を5mass%添加したときの温度分布を基準として、Cガスを希釈して吹き込み、その分、コークス量を減らした本発明に係る焼結法を説明するものである。図中、曲線aは、コークスを5mass%添加して焼結した従来焼結法の層内温度と時間との関係を示したものである。一般に、高温域保持時間を延長するには、粉コークスの使用量を増加させることが行われている。しかし、例えば、粉コークスを10mass%添加した場合には、破線bで示したように、コークスの増量により高温域保持時間は（0-A）から（0'-B）に拡大するものの、最高到達温度も約1300から約1370～1380まで上昇するため、低RDIかつ高強度の焼結鉋を得ることはできなくなる。

【0128】

この点、本発明法に従う焼結操業方法（曲線c）では、粉コークスの使用量を4.2mass%に抑える一方で、希釈Cガスを吹込むため、最高到達温度を1270に抑えることができると同時に、高温域保持時間は（0-C）に拡大するため、従来法では実現できなかった低RDIかつ高強度の焼結鉋を製造するという当初の目的を十分に果すことができる。

【 0 1 2 9 】

次に、焼結層内において、気体燃料がどこで燃焼しているのか、即ち、燃焼ポイントがどこかを調査する目的で、直径 300 mm の石英ガラス製試験鍋を用いてラボ焼結試験を行い、図 3 2 に示したように、サーモビューア (Thermo Viewer) と熱電対、ビデオからなる測温装置を用いて試験鍋の全面温度解析を行った。サーモビューアで測定される温度と実際に熱電対で測定される層内温度とは、図 3 3 に示すように強い相関があるので、サーモビューアで測定させる温度を補正して温度解析を実施した。

【 0 1 3 0 】

図 3 4 は、焼結している最中における試験鍋の断面温度を測定した結果を示したもので、左側に示した例は、粉コークスのみで焼結する従来焼結法の場合であり、右側に示した例は、希薄濃度の都市ガス (LNG) を吹き込んだ場合である。図 3 4 の結果から、左側の粉コークスのみで焼結する従来焼結法の場合、1200 以上の温度領域 (薄い黄色の領域) が少ないにも関わらず、最高温度が 1400 を超える温度領域 (白色の領域) が多く存在している。一方、右側の希薄濃度の都市ガスを吹き込んだ場合においては、燃焼帯の下端では粉コークスが燃焼しているが、その上部では LNG が燃焼しており、粉コークスの燃焼している位置 (燃焼帯下端) と LNG が燃焼している位置 (熔融帯上部) の間は、若干温度が低くなっている領域が存在している。この若干温度が低くなっている領域の温度が 1200 以上となるように LNG を燃焼させることにより、最高温度は粉コークス使用量を抑えて低くなるものの、1200 以上の温度領域が広範囲に分布するようになり、その結果、高温域保持時間が延長されるのである。

【 0 1 3 1 】

上記サーモビューアの結果を基に、焼結時の温度履歴をまとめて示したのが図 3 5 である。粉コークスのみで焼結した場合と比較して、LNG を吹き込むことで、最高温度が 1400、好ましくは 1380 を超えることなく、1200 以上の温度領域を約 2 倍に増加することができている。また、観察される 2 つのピークからなる温度パターンは、最初のピーク (原料層の上層側のピーク) がコークス燃焼帯上部で吹き込んだ LNG の燃焼によるもので、2 つ目のピーク (原料層の下層側のピーク) がコークスの燃焼によるもので、それらの燃焼による温度変化が組み合わせられて生じたもの推察される。すなわち、コークス (炭材) 燃焼と吹き込まれた都市ガスの燃焼が異なる位置で複合して起こることにより、コークス燃焼による最高到達温度が制御され (2 つ目のピーク)、引き続く LNG の燃焼 (1 つ目のピーク) により、この両領域を結ぶ間は 1200 以上に保たれ、焼結鉱を生成するのに有効な燃焼・熔融帯を形成する 1200 以上の高温保持領域が大きく拡大し、その結果、燃焼・熔融帯の高温域保持時間が連続して延長されて、成品焼結鉱の強度が大幅に向上できたものと考えられる。

【 0 1 3 2 】

要するに、従来焼結法は、高温域保持時間が最高温度制御のいずれか一方に着目した操業方法であった。これに対して、本発明法は、粉コークス使用量の調整 (例えば、4.2 mass % に抑制) の下で、最高到達温度を (1200 ~ 1380) に調整する一方、希釈気体燃料の吹込みにより、高温域保持時間を調整する操業方法である。なお、図 3 6 の曲線 d は、固体燃料使用量を単に 4.2 mass % に下げた例を示すものであり、最高到達温度も低く、高温域保持時間も短いため、高品質の焼結鉱は得られない。

【 0 1 3 3 】

図 3 7 は、従来焼結法として、粉コークスを 5 mass % 添加した例、および本発明の適合例として、粉コークス添加量を 4.2 mass % として濃度 2.0 vol % に希釈した C ガス吹込みを併用した例における燃焼状況を示したものである。この図のサーモビアからわかるように、従来法では、1400 を超える燃焼状況が発生している。一方、粉コークスの使用量を 4.2 mass % にとどめ、濃度 2 vol % の C ガス吹込みを行った本発明の場合、1400 を超える領域はなくなり、最高到達温度は 1380 以下に抑えられていると同時に、高温域保持時間の延長が実現できていることがわかる。

【 0 1 3 4 】

図 3 8 は、投入熱量一定の条件下において、希釈したプロパンガス吹込みによる、装入層内温度 (a)、排ガス温度 (b)、通過風量 (c)、排ガス組成 (d) の経時変化を示すものである。なお、装入層内温度は、上記試験鍋において、装入層表面下 4 0 0 m m (装入層厚 : 6 0 0 m m) の位置に装入した熱電対で測定した値であり、また、試験鍋の円周方向では、中心部と壁から 5 m m 位置の 2 箇所 で測定した。これらの図から、希釈したプロパンガスを吹き込むことで、焼結原料が 1 2 0 0 以上に加熱されて溶融している時間 (高温域保持時間) は 2 倍以上に増加しているが、最高到達温度は上昇していないことが確認された。また、希釈気体燃料として、プロパンガスを吹き込むことで、排ガス中の酸素濃度が低下しており、酸素が効率的に燃焼反応に使われていることが推測された。

10

【 0 1 3 5 】

また、図 3 9 は、0 . 5 v o l % に希釈したプロパンガスを吹き込んだ時と、コークスを 1 0 m a s s % に増量した時における、装入層内温度 (a)、(a ') と、排ガス濃度 (b)、(b ') の経時変化を対比して示したものである。これらの図より、粉コークスの使用量を倍増させた場合における 1 2 0 0 以上の高温域保持時間は、濃度 0 . 5 v o l % に希釈したプロパンガス吹込みを行った場合とほぼ同等であるが、最高到達温度が 1 3 8 0 を大きく超えている。また、粉コークスの量を増加させることで、排ガス中の C O₂ 濃度が 2 0 v o l % から 2 5 v o l % に大きく上昇し、さらに C O 濃度も増加しており、粉コークスが燃焼に寄与する割合が低下していることが確認された。

【 0 1 3 6 】

20

次に、表 1 4 に示す条件で焼結実験を行い、操業状況や焼結鉱の品質に及ぼす粉コークス比、プロパン濃度および空気温度の影響を調査した。試験 N o . 1 は、焼結原料中のコークスを 5 m a s s % 配合した現状ベース条件、試験 N o . 2 は、粉コークスを 1 m a s s % 低下させて 4 m a s s % とし、その代わりに 0 . 5 v o l % のプロパンガスを吹き込んだ投入熱量一定条件、試験 N o . 3 は、粉コークスを 1 0 m a s s % 配合した条件、試験 N o . 4 は、保熱炉 (特開昭 6 0 - 1 5 5 6 2 6 号公報) の効果を検証する目的で、4 5 0 の高温ガスを吹き込む条件である。

【 0 1 3 7 】

【 表 1 4 】

30

試験 No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
粉コークス比 (対原料, mass%)	5	4	10	5
プロパン濃度 (対空気, vol%)	0	0.5	0	0
保熱炉 (450℃熱風吹き込み)	OFF	OFF	OFF	ON

【 0 1 3 8 】

図 4 0 は、上記試験条件の変化による各種特性への影響をまとめたものである。この図から明らかなように、希釈されたプロパンガス吹込みにより焼結時間が若干延長するものの、歩留やシャッター強度 (S I)、生産率がともに改善されるとともに、還元粉化性 (R D I) や被還元性 (R I) も大きく改善されており、希釈気体燃料の吹込みを適正に行うことにより、生産率や歩留の改善の他、焼結鉱の高品質化が可能になることが確認された。

40

【 0 1 3 9 】

これに対し、粉コークスを 1 0 m a s s % まで増加させただけの場合 (N o . 3) は、焼結時間が延長するだけでなく、最高到達温度が必要以上に上昇するため、却って低強度の非晶質珪酸塩が多く生成して、シャッター強度と歩留が大きく低下した。また、4 5 0 の高温ガスを吹き込む場合 (N o . 4) では、シャッター強度と歩留の改善効果が小さく、これまでの商業設備における結果とほぼ同レベルでしかない。

【 0 1 4 0 】

50

以上の説明からわかるように、希釈された気体燃料を用いる場合、このガスが装入層内で燃焼して、装入層内の燃焼帯の拡大をもたらすとともに、焼結原料中のコークスによる燃焼熱と、希釈されたプロパンガスの燃焼熱との相乗的な作用により、広い燃焼帯が形成される。その結果、最高燃到達温度が過剰に上ることなく、高温域保持時間を延長することができる。

【0141】

次に、発明者らは、希釈気体燃料の吹き込みによる、成品焼結鉱の被還元性、冷間強度等への影響について、従来法（5mass%、10mass%コークス、熱風吹き込み）と対比して調査した。測定した項目は、成品焼結鉱中の鉱物組成割合（冷間強度と被還元性に影響）、見掛け比重（冷間強度に影響）、0.5mm以下の気孔径分布（被還元性に影響）である。

10

【0142】

図41は、成品焼結鉱中の鉱物相の組成割合を、粉末X線回折法によって調査した結果を示したものである。この図から、投入熱量一定（コークス4mass% + プロパン0.5vol%）として固体燃料と希釈プロパンガスを併用した場合には、カルシウムフェライトが安定して生成していることがわかる。そして、このことが、被還元性の向上と冷間強度の増加をもたらしているものと考えられる。

【0143】

図42は、プロパンガスの吹き込み有無による、成品焼結鉱の見掛け比重の変化を、また、図43は、プロパンガスの吹き込み有無による、水銀圧入式ポロシメーターによる0.5mm以下の気孔径分布の変化を測定した結果を示すものである。図42より、希釈されたプロパンガスの吹き込みにより、見掛け比重が大きくなっていることがわかる。これは、プロパンガス吹き込みにより、造粒粒子の外側からも加熱される結果、融液の流動が促進されて、0.5mm以上の気孔率が低下するためと考えられ、その結果、冷間強度が向上する。また、図43より、投入熱量一定として希釈プロパンガスを吹き込むことにより、0.5mm以下の気孔径の割合が増加していることがわかる。これは、焼結原料粒子中の熱源が減少することで、被還元性に影響を及ぼす鉱石由来の500μm以下の微細気孔が残留しやすくなったためであり、その結果、高被還元性焼結鉱の製造が可能となる。

20

【0144】

図44は、焼結燃料として、コークスのみを使用した場合（a）とコークスと希釈気体燃料を併用した場合（b）の焼結挙動を模式図に比較して示したものである。この図に示すように、従来のコークスのみを使用する焼結では、粉コークス燃焼によって擬似粒子内部から加熱していたが、本発明のように、コークス + 気体燃料の併用方法では、気体燃料の燃焼により擬似粒子外部からも加熱されるため、鉱石内の微細気孔が残留しやすくなり、RDIが低い割に、還元率（RI）を高くすることができる。

30

【0145】

図45は、希釈した気体燃料を吹き込むことによる焼結鉱中の気孔分布の変化を模式的に示したものである。この図に示すとおり、焼結鉱の生産性を向上するには、歩留と冷間強度に影響を及ぼす0.5~5mm径の気孔の合体を促進してその数を減少させること、および、通気性に影響を及ぼす5mm径以上の気孔の割合を増加させることが有効である。また、焼結鉱の被還元性の向上には、主に鉄鉱石中に存在する0.5mm以下の微細気孔を多く残留させた気孔構造とすることが望ましい。この点、本発明によれば、希釈した気体燃料吹き込みにより、理想的な焼結鉱の気孔構造に近づけることが可能であると考えられる。

40

【0146】

図46は、所望の冷間強度を維持するための限界コークス比を把握する試験の結果を示すものである。ここで、上記限界コークス比とは、シャッター強度（SI）が、希釈されたプロパンガス不使用の場合に得られる最大値（73%）と同等となるコークス添加量と定義する。この図に示すように、希釈された0.5vol%のプロパンガス吹き込みにより、現状と同じ冷間強度（シャッター強度73%）を得ることができるコークス比は、図4

50

6 (a) に示すように、5 m a s s % から 3 m a s s % に低減 (約 2 0 k g / t) している。また、図 4 6 (b)、(c) に示すように、7 4 % の歩留りおよび 1 . 8 6 t / h r ・ m ² の生産率を得るためのコークス比は、それぞれ 5 m a s s % から 3 . 5 m a s s % に低下していることがわかる。

【 0 1 4 7 】

以上説明したところから明らかなように、本発明は、パレットの進行に伴って、燃焼・溶融帯が装入層の表層から下層へ移る間に、含有する炭材量に応じて適切に希釈された気体燃料を、適所を選んで供給することにより、装入層内の燃焼・溶融帯の機能を拡大するような作用を生じさせることができ、焼結鉱の品質改善、生産性の向上を図ることができる。

【実施例 1】

【 0 1 4 8 】

図 2 0 に示す試験鍋を用いて、気体燃料として、1 ~ 2 . 5 v o l % に希釈したコークス炉ガス (C ガス) を用い、その他の条件は前述した実験条件 (0 0 9 5 段落) と同一として、炭材 (コークス) を 5 m a s s % 含む焼結原料の焼結鍋試験を行った。その結果を図 4 7 に示す。この図に示すとおり、本発明法に従い希釈した C ガスを使用するときは、C ガスの濃度を上げると、燃焼帯の幅 (厚さ) の拡大が顕著で、しかも歩留りや生産率が向上すると共に、冷間強度 (S I) も改善できることがわかった。

【実施例 2】

【 0 1 4 9 】

希釈気体燃料として、0 . 0 2 ~ 0 . 5 v o l % に希釈したプロパンガスを用い、その他の条件は、実施例 1 と同一条件として、炭材 (コークス) を 5 m a s s % 含む焼結原料の焼結鍋試験を行った。その結果を図 4 8 に示す。この図から、本発明法に従い希釈したプロパンガスを使用するときには、そのプロパンガスの濃度を上げると、燃焼帯の幅 (厚さ) の拡大が顕著で、しかも歩留りや生産率が向上すると共に、冷間強度 (S I) も改善できることがわかった。

【実施例 3】

【 0 1 5 0 】

図 2 0 に示す試験鍋を用いて、表 1 5 に示したように、粉コークスの含有量 (外数) を 4 . 9 m a s s % と 4 . 8 m a s s % の 2 水準に変化させた焼結原料からなる装入層中に、鍋の上方から、クーラー排ガスで濃度を 1 . 0 v o l % と 2 . 0 v o l % (対空気) の 2 水準に希釈したコークス炉ガス (C ガス) を吹き込み、焼結鍋試験 (N o . 2 ~ 7) を行った。また、比較例として、粉コークスの含有量 (外数) を 5 . 0 m a s s % とし、希釈ガスを吹き込まない例 (N o . 1) についても同様に焼結鍋試験を行った。なお、この実施例においては、試験鍋に装入した焼結原料は、全厚を 6 0 0 m m とし、その上層部の 4 0 0 m m には、上記粉コークスを含む焼結原料を積層し、その下層の 2 0 0 m m には返鉱を積層した。

【 0 1 5 1 】

また、上記希釈した C ガスの吹き込みは、燃焼・溶融帯の位置が装入層表面から 1 0 0 ~ 2 0 0 m m、2 0 0 ~ 3 0 0 m m、3 0 0 ~ 4 0 0 m m のそれぞれの位置にあるときに、吸引圧力 1 2 0 0 m m H ₂ O (差圧 1 0 0 0 m m H ₂ O) で装入層中に導入した。なお、上記希釈 C ガスの吹込み位置は、D L 焼結機の全長を 8 0 m としたとき、吹込み位置 1 0 0 ~ 2 0 0 m m の場合は、8 0 (m) × 1 0 0 ~ 2 0 0 / 6 0 0 (m m) = 1 3 . 3 ~ 2 6 . 6 (m) の位置、つまり、パレット進行方向に向かって、パレットの移動起点から 1 3 . 3 ~ 2 6 . 6 m の間に、長さ 1 3 . 3 m の気体燃料供給装置を設置して希釈気体燃料を吹き込み、焼結操作を行った例に相当する。同様に、吹込み位置 2 0 0 ~ 3 0 0 m m の場合は、パレットの移動起点から 2 6 . 6 ~ 3 9 . 9 m の位置に、長さが 1 3 . 3 m の気体燃料供給装置を設置して焼結操作を行った例に、吹込み位置 3 0 0 ~ 4 0 0 m m の場合は、パレットの移動起点から 3 9 . 9 ~ 5 3 . 2 m の位置に、長さが 1 3 . 3 m の気体燃料供給装置を設置して焼結操作を行った例に相当する。

【 0 1 5 2 】

【 表 1 5 】

<実施条件>

条件	実施No.	1	2	3	4	5	6	7
原	Yandi (-8mm)	33.76	33.76	33.76	33.76	33.76	33.76	33.76
料	Carajas (-8mm)	33.76	33.76	33.76	33.76	33.76	33.76	33.76
配	珪石 (-1mm)	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24
合	生石灰	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
割	石灰石 (-3mm)	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72
合	返鉱	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
(mass%)	コークス (-3mm)	(5.0)	(4.9)	(4.9)	(4.9)	(4.8)	(4.8)	(4.8)
ガス	吹込みガス	無し (Base)	Cガス	Cガス	Cガス	Cガス	Cガス	Cガス
吹込み	濃度 (vol%対空気)	—	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0
条件	供給位置 (表面を0mm)	—	100~200mm	200~300mm	300~400mm	100~200mm	200~300mm	300~400mm
層厚 (mm)		400	400	400	400	400	400	400
差圧 (mmAq)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
備 考								

*コークスの割合は外数である。

【 0 1 5 3 】

10

20

30

40

50

表 1 6 は、上記焼結銅試験の結果を示すものである。この結果から、気体燃料を吹き込まない比較例の N o . 1 に比べ、気体燃料を吹き込む本発明例の N o . 2 ~ N o . 7 は、いずれも焼結鉍の冷間強度 (S I 強度) や歩留りが向上しており、とくに、気体燃料の吹き込み位置が装入層の中段以降である N o . 3、4、6、7 の例において改善が著しいことがわかる。また、コークス量を 4 . 9 m a s s % とし、C ガス濃度を 1 v o l % とした条件において、生産率が最も高くなることがわかった。また、焼結鉍の品質に及ぼす希釈気体燃料の吹き込み (供給) 位置の影響については、還元率 (R I)、還元粉化率 (R D I) とともに、燃焼・溶融帯の位置が装入層表面から 2 0 0 ~ 3 0 0 m m の中段位置にある時に気体燃料の供給を行うことが最も効果的であることがわかった。

【 0 1 5 4 】

【表 16】

<実施結果>

結果		1	2	3	4	5	6	7
実施No.								
原料水分 (%)		6.70	6.93	6.84	7.20	7.04	7.24	7.19
装入湿量(wet・kg)		12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	13.0	13.0
装入湿密度(wet・ton/m ³)		1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.84	1.84
装入乾量(dry・kg)		11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	12.1	12.1
装入乾密度(dry・ton/m ³)		1.68	1.67	1.67	1.67	1.67	1.71	1.71
点火前風圧(mmH ₂ O)		981	981	974	979	995	978	963
排ガス温度(°C)		283	320	323	323	305	320	331
焼成量(kg)		10.4	10.5	10.3	10.5	10.4	10.6	10.9
成品量(kg)		7.5	7.6	7.3	7.3	7.3	7.5	7.7
SI強度(%)		68.9	70.3	73.1	72.9	69.3	74.1	73.8
成品歩留(%)		71.2	72.0	72.6	72.7	69.9	73.5	75.5
焼結時間(分)		15.9	15.9	14.6	14.9	14.8	15.9	16.3
生産率(t/h/m ²)		1.59	1.61	1.74	1.73	1.67	1.71	1.68
位置 (mm)	100～	1250	1240	1240	1240	1230	1230	1230
	200	30	33	30	30	35	30	30
	200～	1290	1280	1280	1280	1270	1270	1270
	300	45	45	60	45	45	80	45
	300～	1360	1330	1330	1330	1320	1320	1320
	400	60	50	60	100	60	70	120
還元率(RI)		67.4	78.1	85.4	76.3	74.4	77.7	76.6
還元粉化率(RDI)		29.3	31.6	30.8	32.2	29.9	30.9	30.0
T. Fe (%)		59.5	59.0	59.7	59.6	59.7	59.7	59.6
FeO(%)		9.8	9.3	10.1	9.5	8.9	9.5	9.5

【実施例 4】

10

20

30

40

50

【 0 1 5 5 】

本発明に係る焼結鉬の製造方法を、日産2万トン規模のDL型焼結機に適用した。使用したDL焼結機の機長は、点火炉から排鉬部までが90mであり、この焼結機の点火炉の後方約30mの位置には、装入層上方500mmの高さに、長さ(パレット進行方向)15mの気体燃料供給パイプをパレット進行方向に沿って平行に9本配設し、そのパイプのそれぞれには、下方に向けて気体燃料を噴出するノズルを100mm間隔で149個取り付け付けた(合計1341個)構造の気体燃料供給装置を設置し、そのノズルから気体燃料として都市ガスを、高速で大気中に吐出させて、都市ガス濃度が0.8vol%の希釈気体燃料として装入層上に供給した。なお、装入層の全厚を600mm(但し、上層400mmには粉コークスを4.2mass%含有する焼結原料)積層し、上記気体燃料の供給位置は、燃焼・溶融帯が200~300mmの位置に存在するときに相当する。上記のようにして供給した希釈気体燃料は、焼結機パレット下方のウインドボックスの吸引負圧制御により、装入層中に吸引・導入され、焼結層を通して上記位置に存在する燃焼・溶融帯で燃焼される。なお、このときのCガス使用量は3000m³(標準状態)/hrであった。

10

【 0 1 5 6 】

この実機焼結機による操業の結果、得られた焼結鉬のタンブラー強度(TI)は、全体として通常操業のときよりも約3%向上し、還元粉化性(RDI)は通常操業のときよりも約3%改善し、還元率(RI)も通常操業のときよりも約4%改善された。しかも、生産率は0.03t/hr・m²増加し、本発明の効果を確認することができた。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 1 5 7 】

本発明の技術は、製鉄用、とくに高炉用原料として使われる焼結鉬の製造技術として有用であるが、その他の鉬石塊成化技術としても利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 5 8 】

【図1】焼結プロセスの説明する図である。

【図2】焼結層内における圧損と温度分布を説明する図である。

【図3】高生産時と低生産時の温度分布を比較した説明図である。

【図4】焼結機内における温度分布と歩留分布のグラフである。

30

【図5】本発明に係る気体燃料供給装置の構造例を説明する図である。

【図6】本発明に係る気体燃料供給装置の他の構造例を説明する図である。

【図7】焼結ケーキへの気体燃料供給位置の影響を調べる実験を説明する図である。

【図8】吹き消え現象が起こる噴出速度を調べる実験装置の写真である。

【図9】噴出口の開口径が1mmにおける吹き消え現象調査結果を示す写真である。

【図10】ノズル圧とノズル流速との関係を示すグラフである。

【図11】長尺配管における圧損の影響を調べる実験装置の写真である。

【図12】本発明に係る気体燃料の吐出方法の例を説明する図である。

【図13】本発明に係る気体燃料の吐出方法の他の例を説明する図である。

【図14】本発明に係る気体燃料の吐出方法の他の例を説明する図である。

40

【図15】本発明に係る気体燃料の吐出方法の他の例を説明する図である。

【図16】気体燃料を水平方向に噴出させたときの気体燃料の希釈状況をシミュレートする条件を説明する図である。

【図17】LNGを開口径1mmの噴出口から200m/sで水平方向に噴出したときの希釈状況をシミュレートした結果である。

【図18】LNGを開口径1mmの噴出口から200m/sで水平方向に噴出したときの希釈状況をシミュレートした結果である。

【図19】本発明に係る気体燃料供給プロセスを説明する図である。

【図20】Mガス吹き込みによる試験鍋内の燃焼溶融帯の変化を示す図(写真)である。

【図21】Mガス吹き込みを行った時の焼結操業条件、焼結鉬の特性に及ぼす影響を説明

50

するグラフである。

【図 2 2】高炉ガスの燃焼限界を求める方法を説明する図である。

【図 2 3】メタンガスの燃焼下限濃度の温度依存性を示すグラフである。

【図 2 4】大気中常温下における気体燃料の燃焼成分（燃焼ガス）濃度と温度との関係を説明する図である。

【図 2 5】希釈気体燃料を吹き込み効果とガス種の間係を示す図である。

【図 2 6】プロパンガスを吹き込んだ時のガス濃度とシャッター強度、歩留、焼結時間、生産との間係を示すグラフである。

【図 2 7】焼結反応について説明する図である。

【図 2 8】骸晶状二次ヘマタイトが生成する過程を説明する状態図である。

10

【図 2 9】希釈プロパンガス吹き込み時の燃焼帯の形態を観察した図（写真）である。

【図 3 0】吹き込み位置が燃焼状況に及ぼす影響を示す図（写真）である。

【図 3 1】吹き込み位置が燃焼状況に及ぼす影響を説明する図である。

【図 3 2】石英ガラス製試験鍋を用いた焼結試験をサーモビューアで評価する方法を説明する図である。

【図 3 3】サーモビューア測定温度と試験鍋層内実績温度との間係を示すグラフである。

【図 3 4】石英ガラス製試験鍋を用いた焼結試験における燃焼状況を、従来焼結法と希釈ガス吹込を行う本発明法とでサーモビューアを用いて比較した図（写真）である。

【図 3 5】石英ガラス製試験鍋内の温度分布を、従来焼結法と希釈ガス吹込を行う本発明法とで比較したグラフである。

20

【図 3 6】焼結時における装入層内の温度分布を説明する模式図である。

【図 3 7】粉コークスのみの場合と、粉コークスと希釈 C ガス吹込みを併用した場合における燃焼状況を比較した説明図である。

【図 3 8】投入熱量一定条件下において、希釈されたプロパンガスの吹き込みによる、装入層内温度、排ガス温度、通過風量、排ガス組成の経時変化を示すグラフである。

【図 3 9】希釈されたプロパンガス吹き込み（0.5 vol %）の時とコークス増量（10 mass %）のみの時の、装入層内温度と、排ガス濃度の経時変化を示すグラフである。

【図 4 0】各種吹き込み条件下における焼結特性試験結果を示すグラフである。

【図 4 1】各種吹き込み条件下における成品焼結鉱中の鉱物相の組成割合の変化を示すグラフである。

30

【図 4 2】プロパンガスの吹き込み有無による、成品焼結鉱の見掛け比重の変化を示すグラフである。

【図 4 3】プロパンガスの吹き込み有無による、水銀圧入式ポロシメーターによる 0.5 mm 以下の気孔径分布の変化を示すグラフである。

【図 4 4】コークスのみを使用した場合とコークスと希釈気体燃料を併用した場合の焼結挙動を示した模式図である。

【図 4 5】希釈した気体燃料を吹き込んだ場合における焼結鉱の気孔分布の変化を示す模式図である。

【図 4 6】冷間強度を維持できる限界コークス比を把握する実験結果を示すグラフである。

40

【図 4 7】実施例 1 の結果を示す図（写真）である。

【図 4 8】実施例 2 の結果を示す図（写真）である。

【符号の説明】

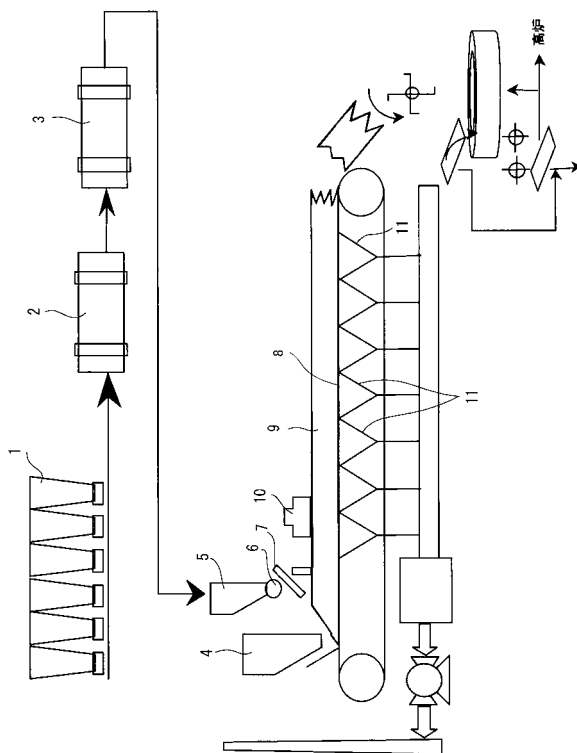
【0159】

- 1 原料ホッパー
- 2 ドラムミキサー
- 3 ロータリーキルン
- 4、5 サージホッパー
- 6 ドラムフィーダー
- 7 切り出しシュート

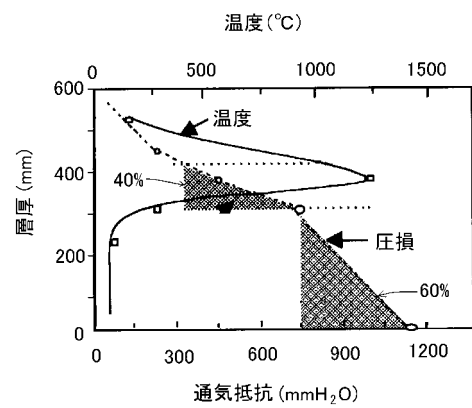
50

- 8 パレット
- 9 装入層
- 10 点火炉
- 11 ウインドボックス
- 12 気体燃料供給装置

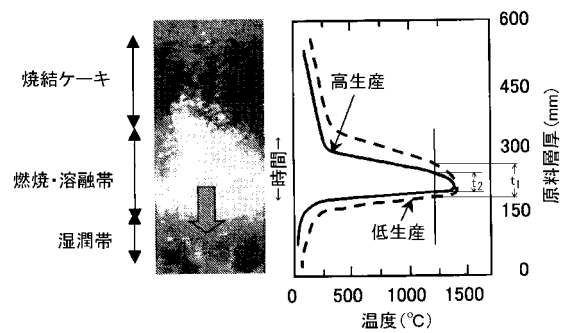
【図 1】



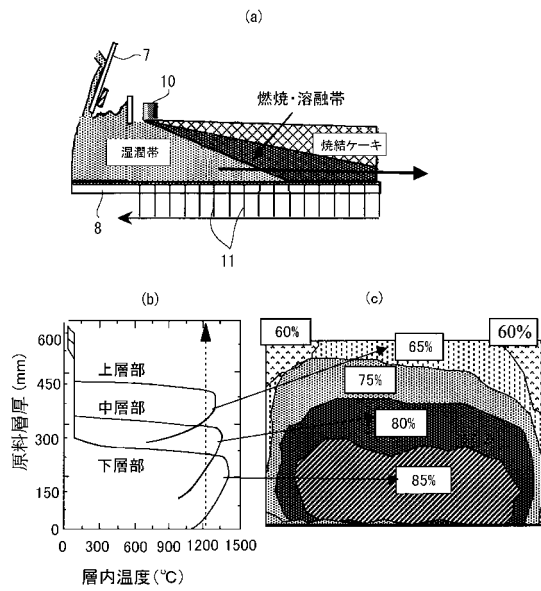
【図 2】



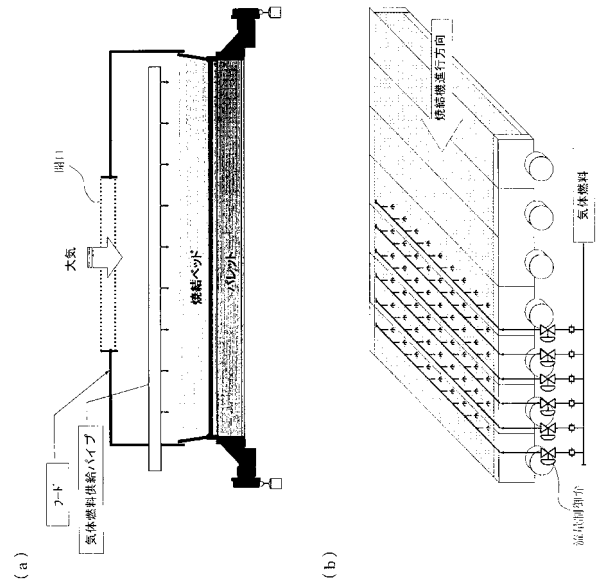
【図 3】



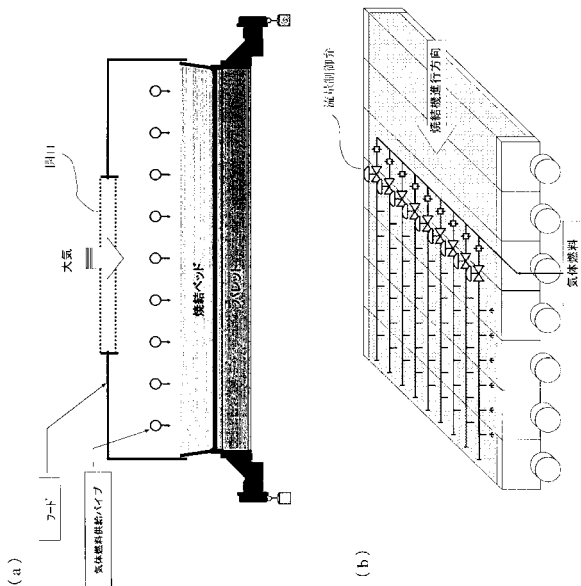
【図 4】



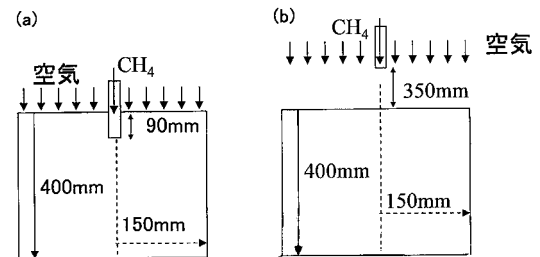
【図 5】



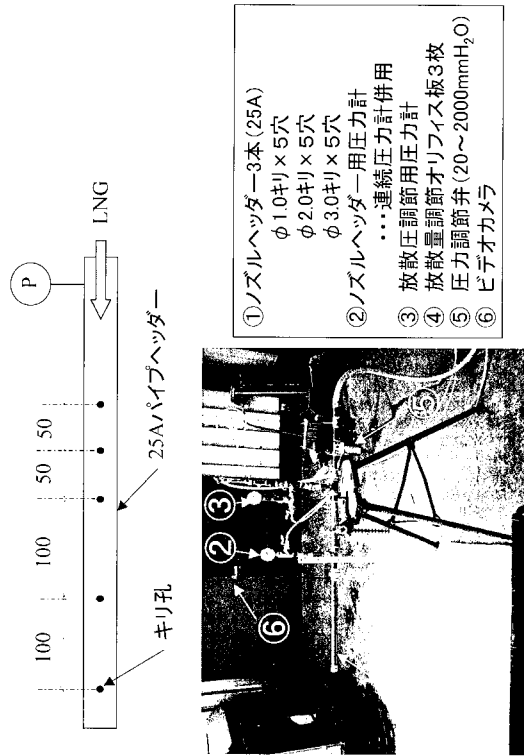
【図 6】



【図 7】



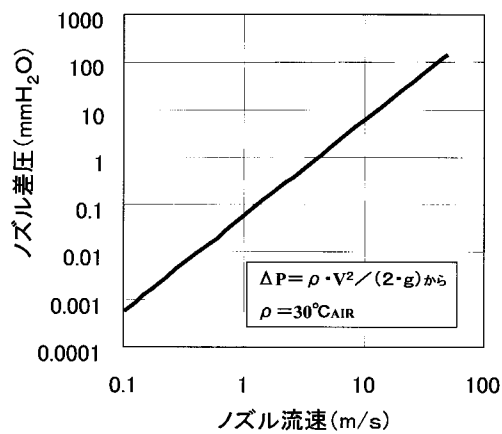
【図 8】



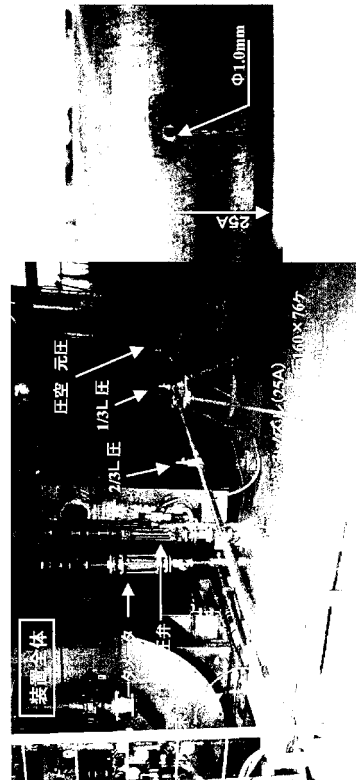
【図 9】

ヘッダー圧(ガス流速) at ノズル径: 1mm φ			
20mmAq (18m/s)	50mmAq (29m/s)	100mmAq (40m/s)	300mmAq (70m/s)
点火時	点火時	点火時	点火時
点火後	点火後	点火後	点火後
備考	備考	備考	備考

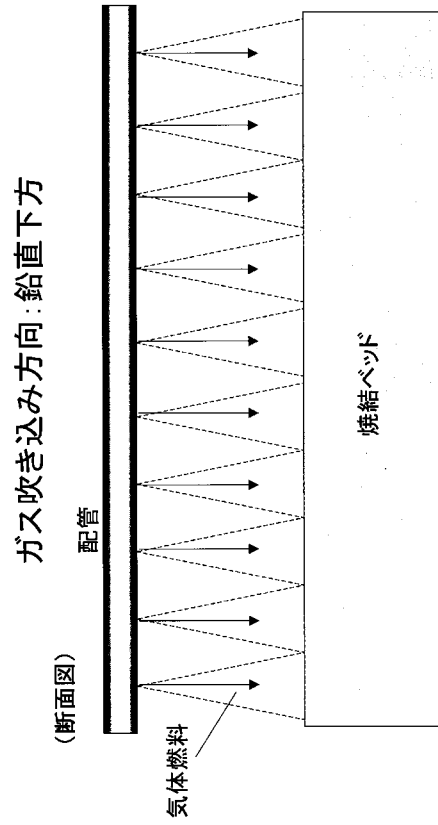
【図 10】



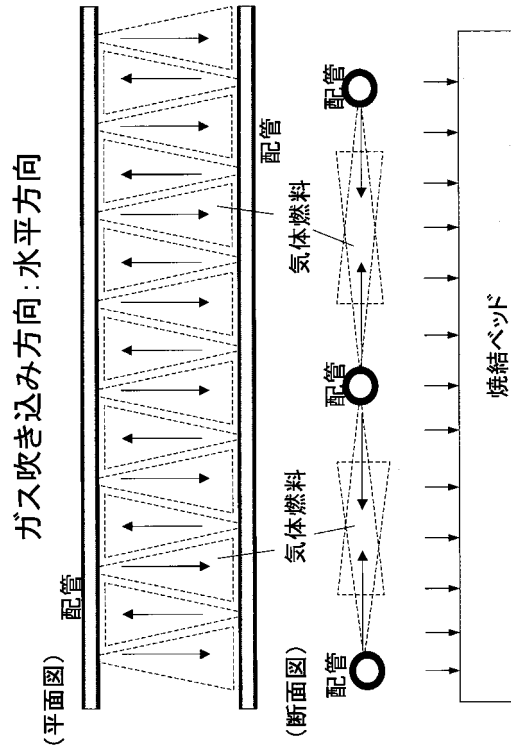
【図 11】



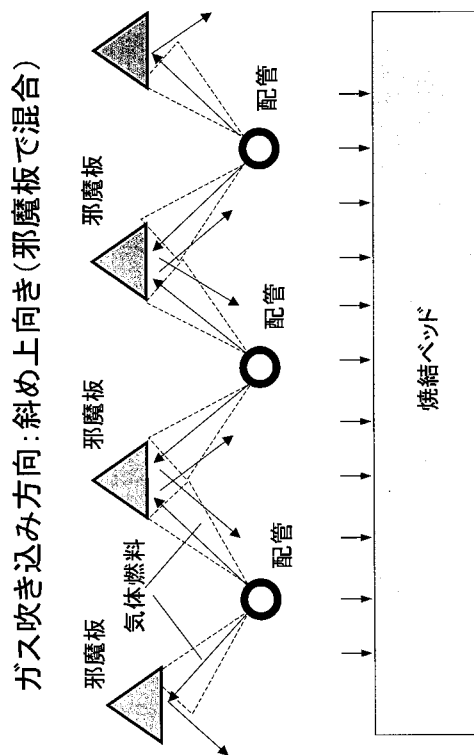
【図 1 2】



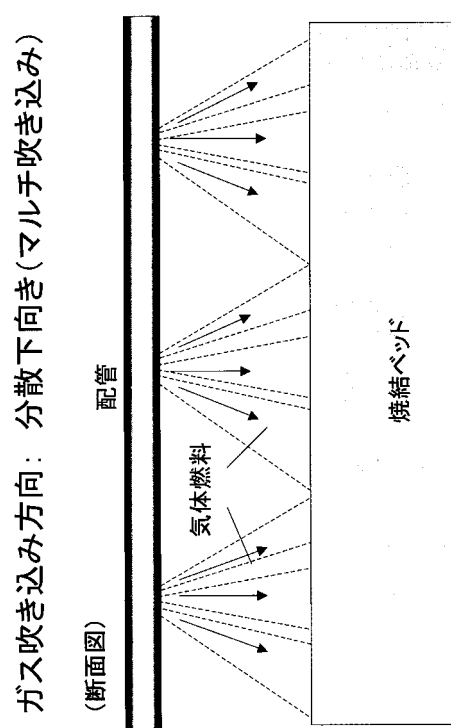
【図 1 3】



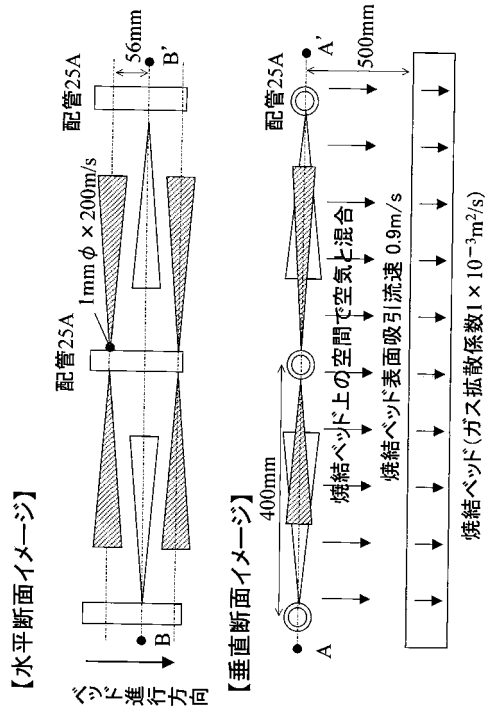
【図 1 4】



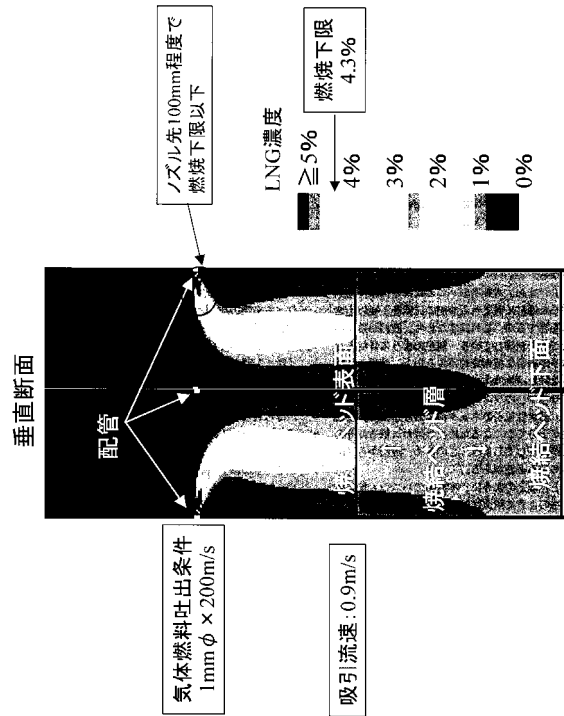
【図 1 5】



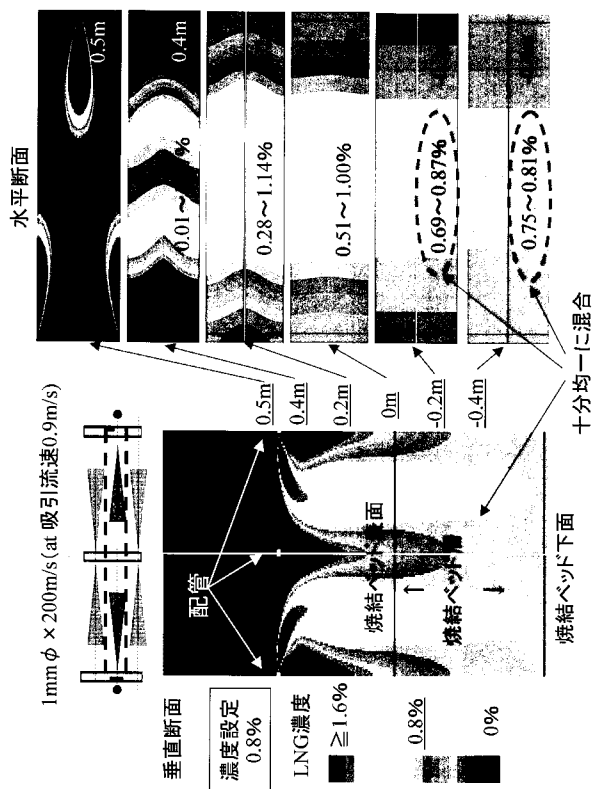
【図 16】



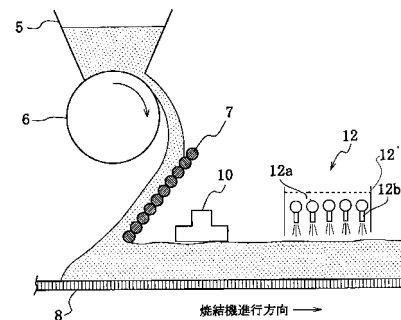
【図 17】



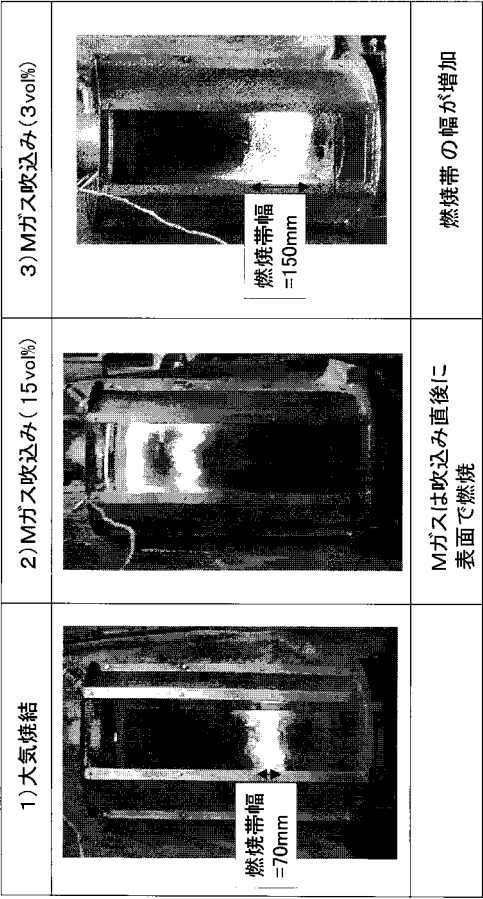
【図 18】



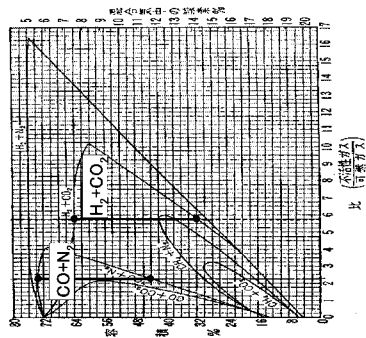
【図 19】



【 図 2 0 】



【 図 2 2 】



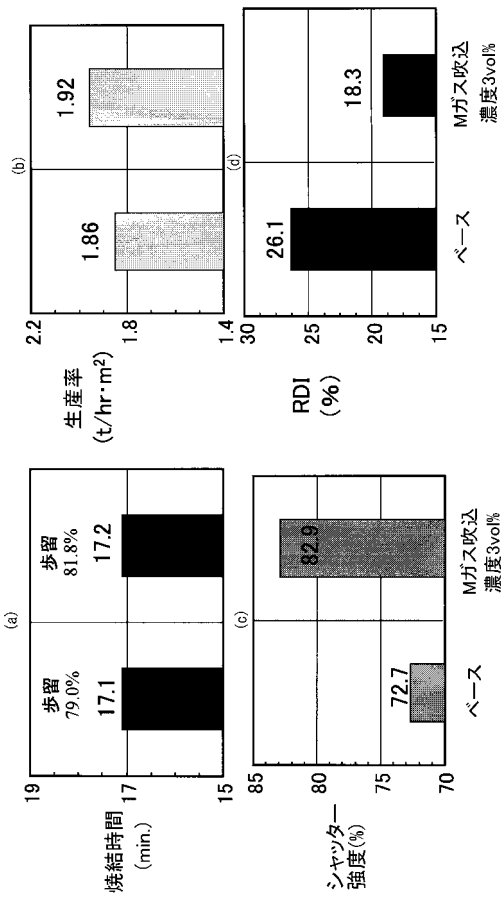
$$\frac{\text{イナートガス}}{\text{可燃性ガス}} = 5.7$$
$$\frac{\text{イナートガス}}{\text{可燃性ガス}} = 2.3$$

$$3.5(\text{H}_2)+20.0(\text{CO}_2) = 23.5\%$$
$$23.0(\text{CO})+53.5(\text{N}_2) = 76.5\%$$

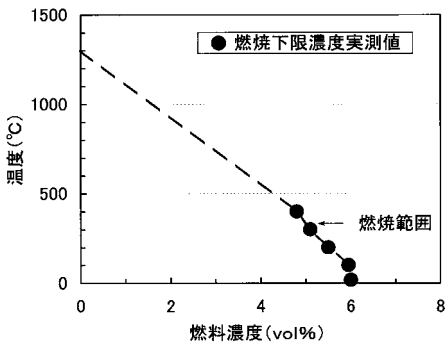
$$\text{H}_2+\text{CO}_2\text{の燃焼限界: } 32\sim64\%$$
$$\text{CO}+\text{N}_2\text{の燃焼限界: } 44\sim74\%$$

$$\text{燃焼下限} = \frac{100}{\frac{23.5}{32} + \frac{76.5}{44}} \doteq 40\%$$

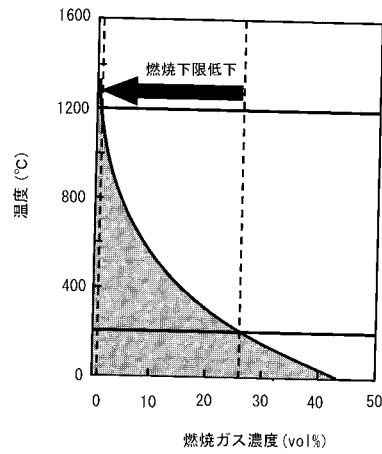
【 図 2 1 】



【 図 2 3 】



【図 2 4】

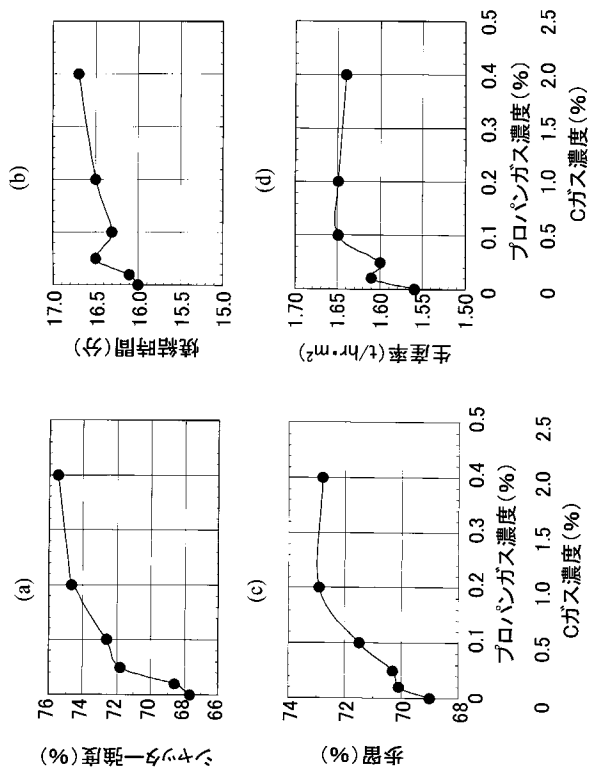


【図 2 5】

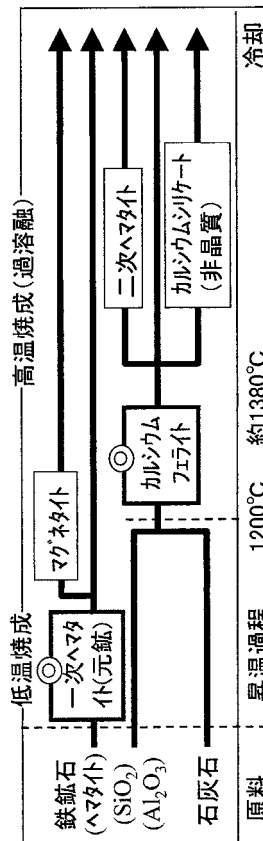
吹込みガス	なし(従来焼結)	プロパンガス	H ₂ ガス	COガス	メタンガス	Cガス	LNG
濃度(vol%, 対Air)	—	0.4	3.0	2.4	0.9	2.0	0.8
粉コークス(mass%)	5.0	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
分子量	—	44	2	28	16	8.6	18.4
平均着火温度(°C)	—	568	585	666	700	約630	約670
シャッター強度(%)	67.7	75.5	76.0	74.1	74.5	75.4	75.5
成品歩留(%)	69.0	72.8	74.6	73.4	73.9	74.6	75.9
焼結時間(分)	16.0	16.7	17.1	18.6	18.8	17.3	18.3
生産率(t/hr・m ²)	1.56	1.64	1.63	1.58	1.55	1.64	1.65

燃焼状況

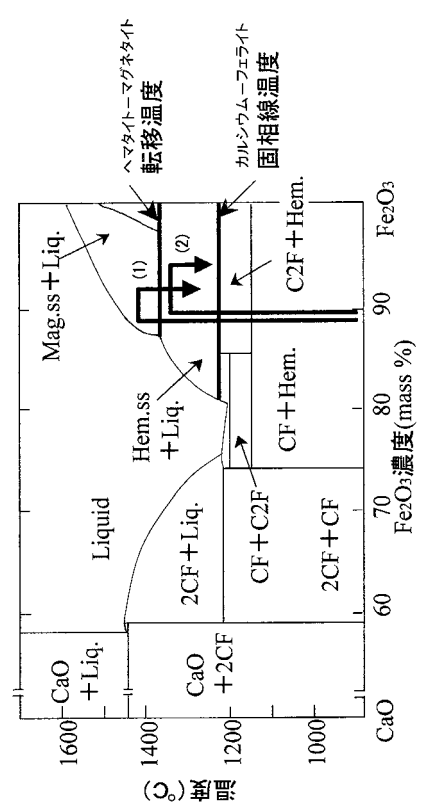
【図 2 6】



【図 2 7】



【 図 2 8 】



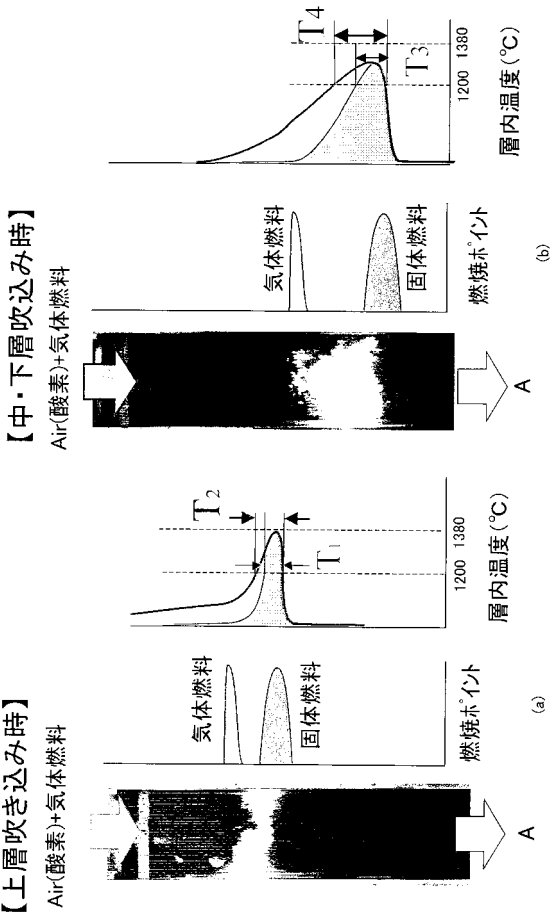
【 図 3 0 】

吹き込み位置 (mm)	(従来法) なし	100～200	200～300	300～400
4分割の表面から2層目 (100mm～200mm)				
4分割の表面から3層目 (200mm～300mm)				
4分割の表面から4層目 (300mm～400mm)				

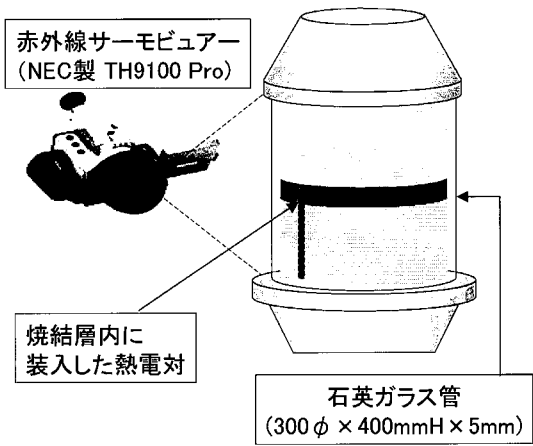
【 図 2 9 】

1) 粉コークスのみ		燃焼帯幅 = 70mm	燃焼・熔融帯の幅が狭い
2) プロパンガスの吹き込み (濃度2.5vol%)			プロパンガスは吹き込み直後に表面で燃焼
3) プロパンガスの吹き込み (濃度0.5vol%)		燃焼帯幅 = 150mm	燃焼・熔融帯の幅が増加

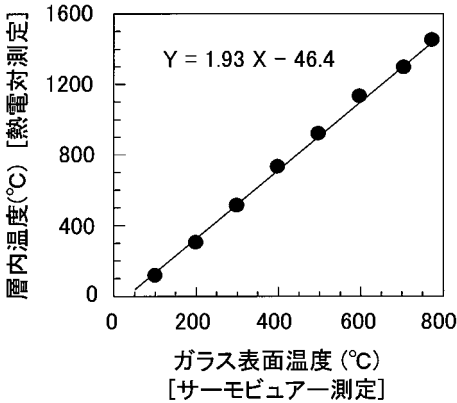
【 図 3 1 】



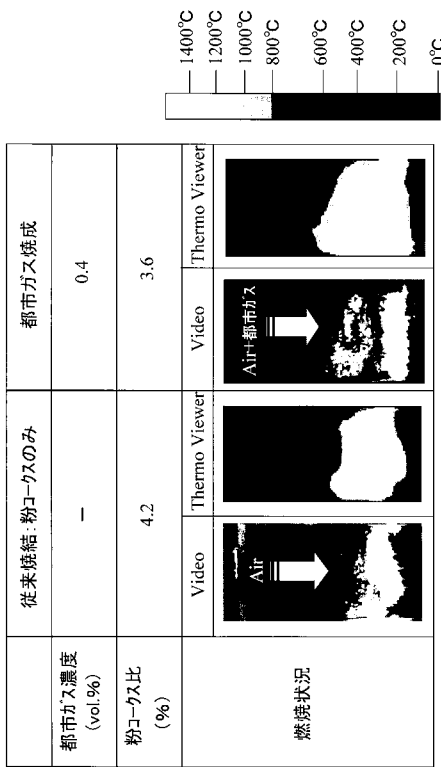
【図 3 2】



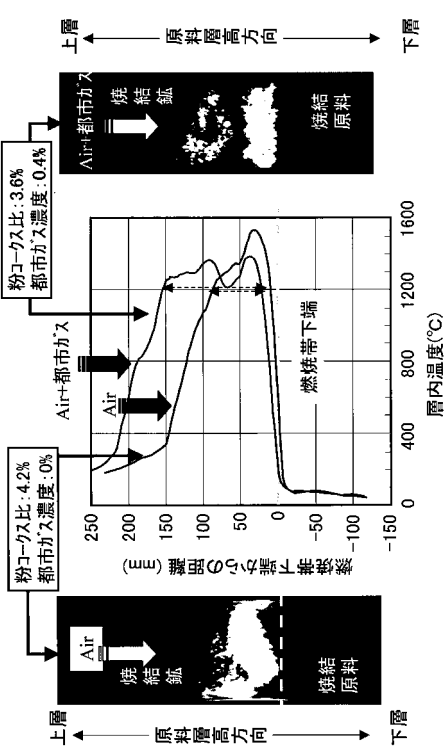
【図 3 3】



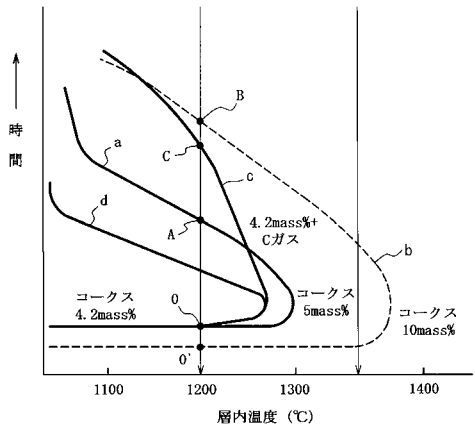
【図 3 4】



【図 3 5】



【図 3 6】

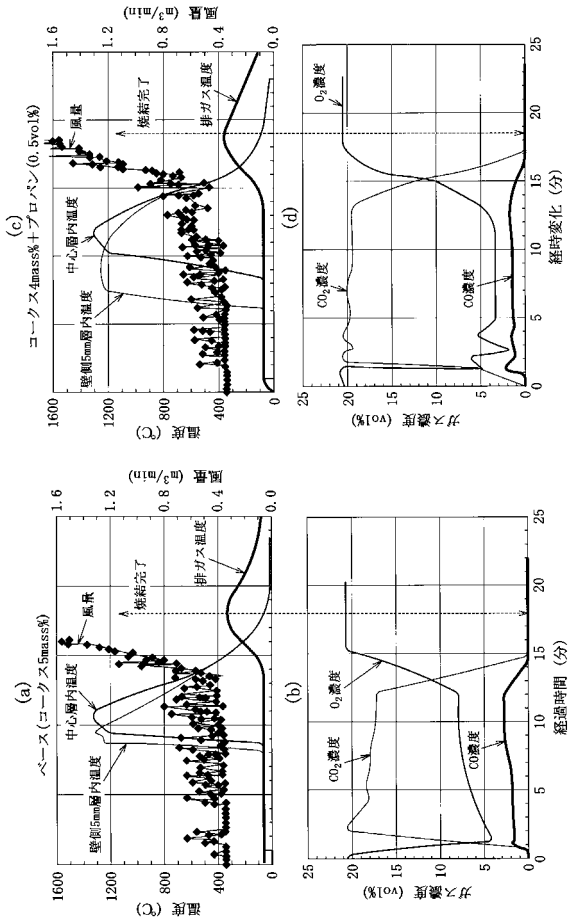


【図 3 7】

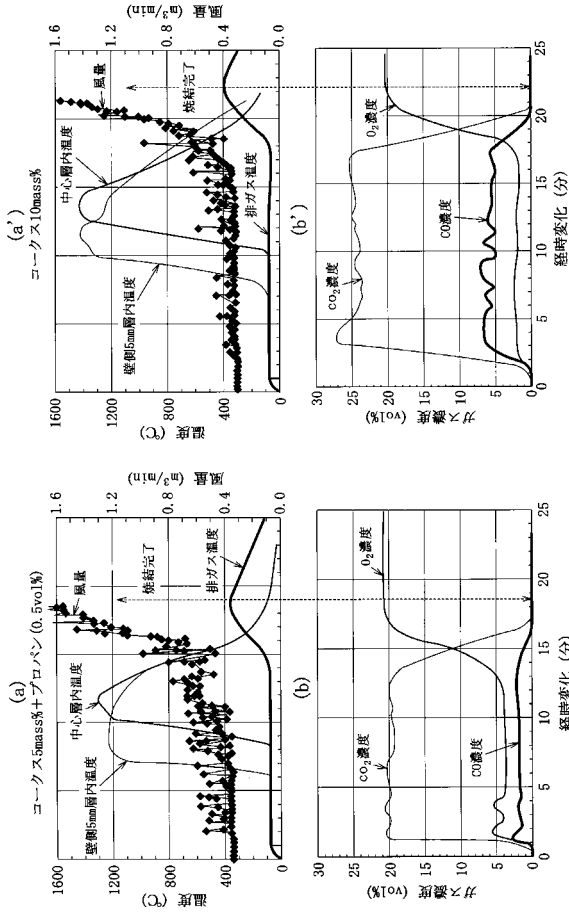
吹込みガス濃度 (vol%)	コークス使用量 (g)	吹込み位置	乾燥法	従来焼結法		本発明適合例	
				なし	5.0	C ガス: 2.0	4.2
上層部の 燃焼状況	ビデオ	サーモビア	ビデオ	サーモビア	ビデオ	全層 (400mm) 吹き込み	下層 1/2 (200mm) 吹き込み
下層部の 燃焼状況	ビデオ	サーモビア	ビデオ	サーモビア	ビデオ	全層 (400mm) 吹き込み	下層 1/2 (200mm) 吹き込み

サーモビア目盛り: 0°C 200°C 400°C 600°C 800°C 1000°C 1200°C 1400°C

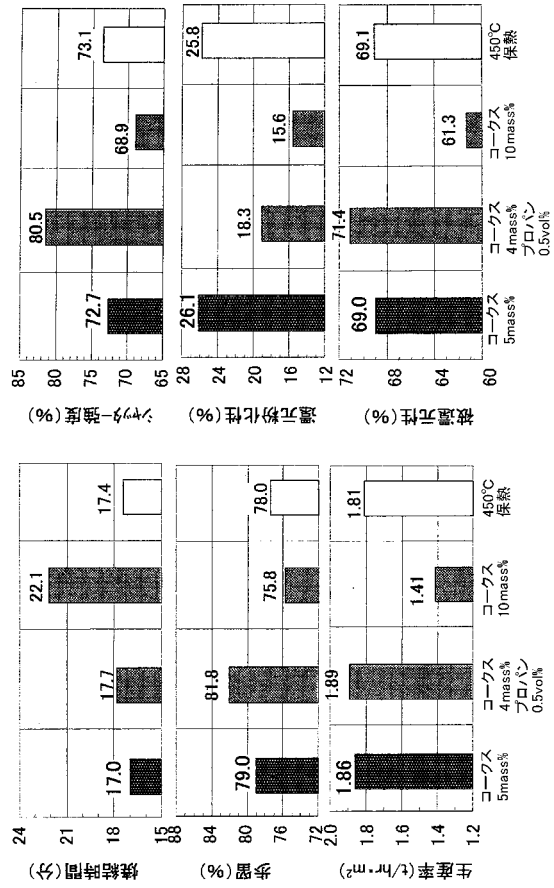
【図 3 8】



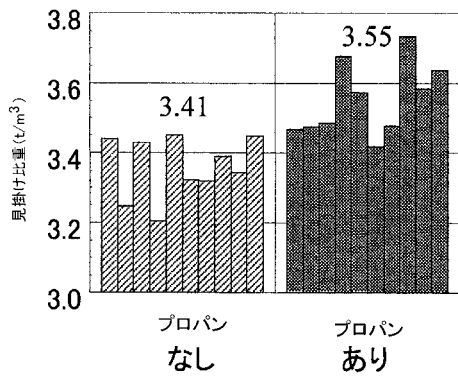
【図 3 9】



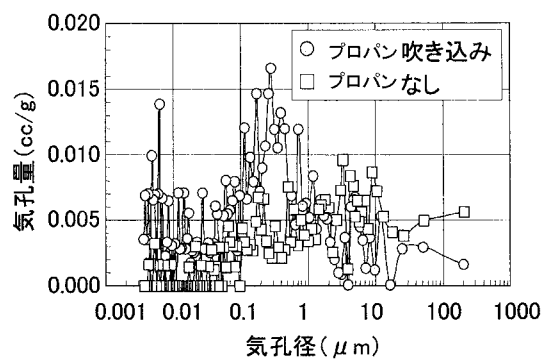
【図 40】



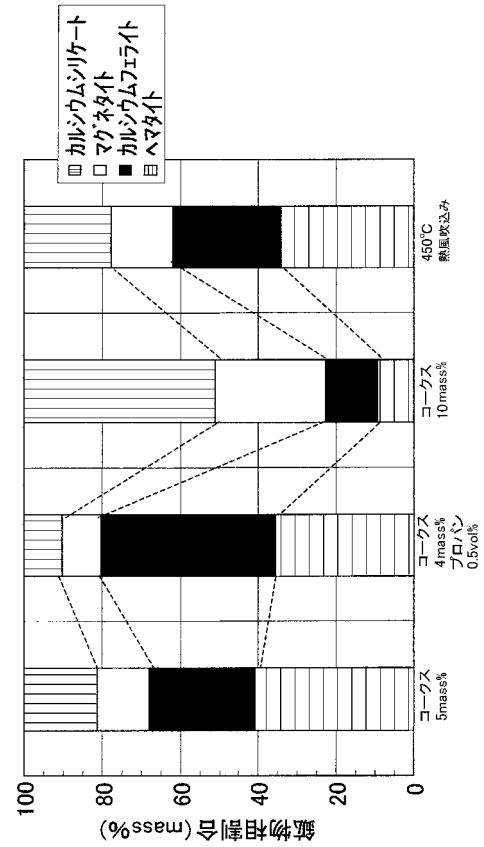
【図 42】



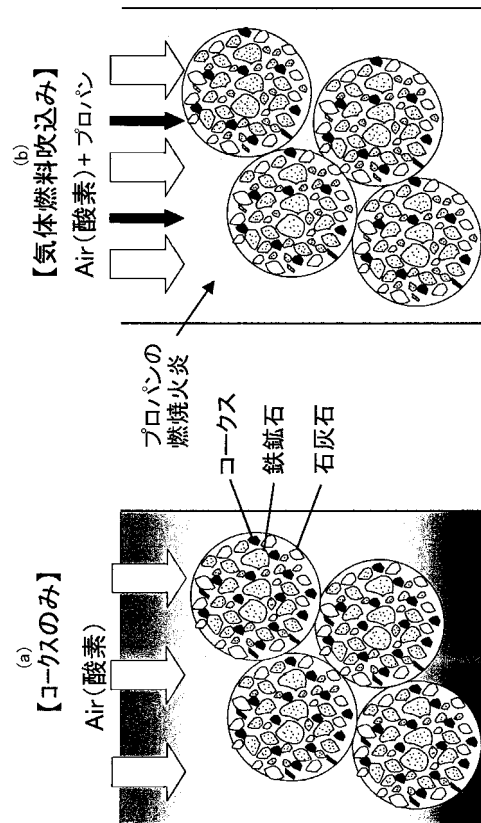
【図 43】



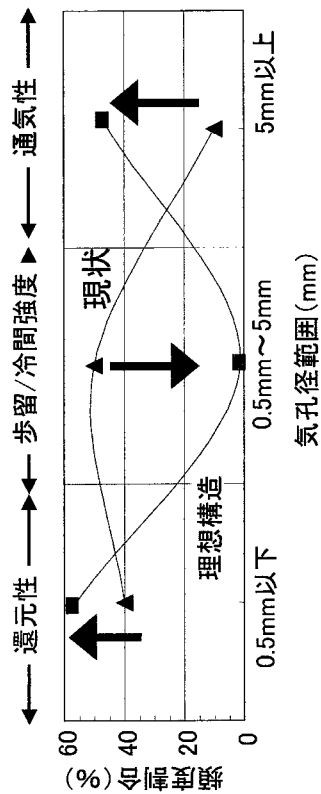
【図 41】



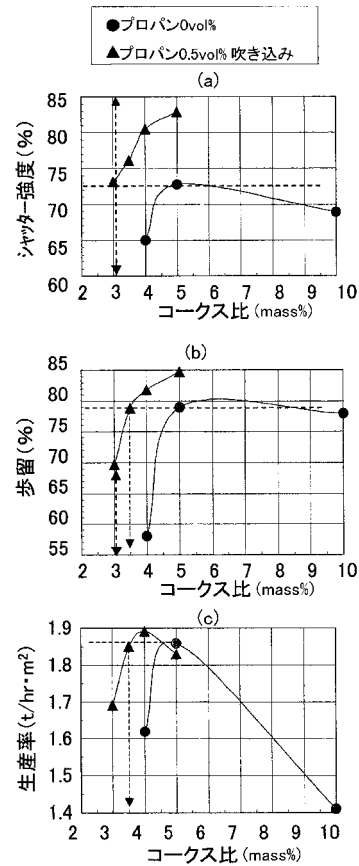
【図 44】



【図 4 5】



【図 4 6】



【図 4 7】

Cガス濃度 (対空気)	0vol%	1.0vol%	2.0vol%	2.5vol%
熱量基準のプロパン換算濃度	0%	0.2%	0.4%	0.5%
燃焼帯				
燃焼帯幅(mm)	50	100	135	150
焼結時間(min.)	16.3	17.2	17.0	17.3
歩留(%)	70.7	74.0	74.5	75.6
生産率(t/hr・m²)	1.58	1.57	1.59	1.63
シャッター強度(%)	69.2	71.6	73.5	75.3

備考 ①コークス配合: 5.0mass%
 ②装入原料: 通常造粒
 ③層厚: 400mm
 ④負圧: 1200mmAq
 ⑤Cガス吹き込み: 点火終了90秒後～排ガス温度70℃到達まで

【図 4 8】

プロパン濃度 (対空気)	0vol%	0.02vol%	0.05vol%	0.1vol%	0.2vol%	0.5vol%
燃焼帯						
燃焼帯幅(mm)	75	86	78	96	104	145
焼結時間(min.)	15.3	15.1	15.0	14.9	15.2	18.2
歩留(%)	65.5	65.6	64.8	67.0	68.4	68.3
生産率(t/hr・m²)	1.47	1.48	1.47	1.51	1.54	1.44
シャッター強度(%)	71.8	76.6	76.0	75.8	77.9	82.9

備考 ①コークス配合: 5.0mass%
 ②装入原料: 粉コークス/石灰石外装
 ③層厚: 400mm
 ④負圧: 1200mmAq
 ⑤プロパン吹き込み: 点火終了60秒後～排ガス温度70℃到達まで

フロントページの続き

- (72)発明者 角谷 秀紀
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 内
- (72)発明者 長島 康雄
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 内
- (72)発明者 竹生 博
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 内

審査官 河野 一夫

- (56)参考文献 特開平05-311257(JP,A)
特開2008-095170(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C22B 1/00 - 61/00
F27B 21/08