



MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

2 from being embedded in the hearth 18.

(57) 要約：還元鉄の製造方法であって、還元溶融炉2内の床敷材18上での還元鉄原料への入熱を良好にしてその処理効率を高めることが可能な方法が、提供される。還元鉄原料2は、その落下により床敷材18上にセットされ、この床敷材18上で還元処理される。床敷材18は、それぞれが5mm以下の粒径を有する炭材により構成され、その少なくとも7質量%が0.1mm以下の粒径を有するこれにより、還元鉄原料2の床敷材18への埋まり込みが抑止される。

明 細 書

発明の名称：還元鉄の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、炭素質還元剤と酸化鉄とを含有する複数の還元鉄原料を移動式炉床還元溶融炉内に装入して処理することにより還元鉄を製造するための方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、還元鉄を製造するための方法として、炭素質還元剤と酸化鉄とを含有する複数の還元鉄原料を移動式炉床還元溶融炉内に装入して処理するものが、知られている。例えば特許文献1には、前記複数の還元鉄原料として多数の球状のペレットを用意することと、これらを移動式炉床還元溶融炉内に順次挿入して加熱することと、この加熱により生成された還元鉄（金属鉄）とスラグとを分離して前記還元溶融炉の外部に排出することと、を含む方法が記載されている。

[0003] 前記移動式炉床還元溶融炉は、特定方向に移動可能な炉床と、その上方に位置する天井と、を有し、これらは煉瓦等の耐火物により構成される。また、前記炉床上には、前記耐火物を保護するための床敷材が設けられる。当該炉床上では、前記酸化鉄の一連の処理、すなわち、還元、浸炭、溶融、凝集、及びスラグの分離が連続して行われる。前記床敷材は、このように処理される酸化鉄と前記炉床を構成する耐火物との直接的な接触を阻止するべく、当該炉床上に適当な層厚でもって敷設される。

[0004] この還元溶融炉内に前記各ペレットを装入する手段として、前記特許文献1の図8には、前記天井に設けられた複数の供給部を通じて前記各ペレットを当該天井から前記炉床上、具体的には前記床敷材上、に順次自由落下させることが開示されている。

[0005] 前記のような移動床式還元溶融炉内で前記複数の還元鉄原料から還元鉄の製造を行うにあたっては、当該還元鉄原料をなるべく短時間で効率よく処理

することが望ましい。その有効な手段として、本発明者らは、各還元鉄原料とその周囲の高熱ガスとの接触面積、及び、還元鉄原料の表面積のうち輻射により当該還元鉄原料に与えられる熱を受ける面積である受熱面積を確保して良好な入熱を促すことに着目するとともに、かかる観点から、前記特許文献 1 に記載される従来技術には重要な課題が存することを見出した。

[0006] 具体的に、特許文献 1 に記載されるように自由落下によって熔融炉内に順次装入される還元鉄原料の中には、前記粉状の床敷材内に少なくとも一部が埋まり込んだものが少なからず存在し、このような還元鉄原料の埋まり込みが当該還元鉄原料と炉内の高温ガスとの接触面積や、還元鉄原料の表面積のうち輻射により当該還元鉄原料に与えられる熱を受ける面積である受熱面積を減少させ、ひいては当該還元鉄原料への良好な入熱を妨げるおそれがある。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開 2 0 1 2 - 0 5 2 7 4 1 号公報

発明の概要

[0008] 本発明は、炭素質還元剤と酸化鉄とを含有する複数の還元鉄原料を移動床式還元熔融炉内に装入して処理することにより還元鉄を製造するための方法であって、粉状の床敷材上への落下によって供給される各還元鉄原料への当該床敷材上での入熱を良好にしてその処理効率を高めることが可能なものを提供することを目的とする。

[0009] 提供されるのは、還元鉄を製造するための方法であって、炭素質還元剤と酸化鉄とを含有する複数の還元鉄原料を、特定方向に移動する炉床、及び前記炉床上に敷設された粉体からなる床敷材、を有する還元熔融炉内に順次装入して前記還元鉄原料を前記床敷材上に落下させることにより前記床敷材上にセットする原料装入工程と、前記炉床の移動に伴って当該床敷材上で前記各還元鉄原料を順次還元処理することにより還元鉄を生成し、前記還元熔融炉の外部に排出する還元鉄排出工程と、を含む。前記床敷材は、それぞれが

5 mm以下の粒径を有する炭材により構成される。当該炭材の7質量%以上は0.1 mm以下の粒径を有する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の第1実施形態に係る還元鉄の製造方法の実施に用いられる還元鉄製造装置の平面図である。

[図2]前記還元鉄製造装置における移動床式還元溶融炉の半径方向に沿った断面を示す図である。

[図3]前記還元溶融炉をその炉床の移動方向に沿って展開した断面図である。

[図4]前記還元鉄製造装置に含まれる複数の原料装入部の配置を示す平面図である。

[図5]前記原料装入部及びその近傍の前記還元溶融炉の部位を示す断面図であって当該還元溶融炉の幅方向の中心線に沿った断面を示す図である。

[図6]図5の還元溶融炉に装入された後の還元鉄原料の状態の例を示す断面図である。

[図7]前記第1実施形態における床敷材における還元鉄原料の埋り込み防止効果を調べた実験結果として、床敷材における0.1 mm以下の粒径を有する炭材の重量比率と試験体の埋り込み深さとの関係を示すグラフである。

[図8]床敷材における0.2 mm以下の粒径を有する炭材の重量比率と試験体の埋り込み深さとの関係を示すグラフである。

[図9]床敷材における0.5 mm以下の粒径を有する炭材の重量比率と試験体の埋り込み深さとの関係を示すグラフである。

[図10]本発明の第2実施形態に係る還元鉄製造方法に用いられる還元鉄製造装置であって、還元鉄原料を斜め下方へ落下させることにより当該還元鉄原料を床敷材上で転動させる原料装入部を備えた還元溶融炉の部位を示す断面図であって、当該還元溶融炉の幅方向の中心線に沿った断面を示す図である。

[図11]図10に示される部位の要部を示す断面図である。

[図12]図10の還元溶融炉に装入された後の還元鉄原料の状態の例を示す断

面図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 本発明の好ましい実施形態を、図面を参照しながら説明する。
- [0012] 図1～図3は、本発明の第1実施形態に係る還元鉄製造装置を示す。この還元鉄製造装置は、多数の還元鉄原料2であってそれぞれが炭素質還元剤と酸化鉄とを含有するものを順次加熱処理して還元鉄を製造するためのものである。各還元鉄原料2は、個々に分離された独立の塊成物であればよく、還元鉄原料2の形状についてはとくに限定されない。図2～3に示される還元鉄原料2は、例えば球状であるが、完全な球体でなくてもよい。また、各還元鉄原料2は事前に乾燥処理されていることが、好ましい。
- [0013] 前記還元鉄製造装置は、移動床式の還元溶融炉10と、複数の原料装入部12と、排出部14と、を備える。前記還元溶融炉10は、その内部に装入された還元鉄原料2の処理により、還元鉄（金属鉄）の生成を行う。具体的には、当該還元溶融炉10内において、前記酸化鉄の昇温、還元、溶融、凝集、スラグの分離、冷却等が行われる。前記複数の原料装入部12は、互いに異なる複数の位置から前記還元溶融炉10内に前記各還元鉄原料2を順次装入する。前記排出部14は、前記還元溶融炉10内で生成された還元鉄及びスラグを当該還元溶融炉10の外部に排出する。
- [0014] 前記還元溶融炉10は、炉床16と、床敷材18と、炉体20と、図示されない炉床駆動装置と、を備える。前記炉床16及び前記炉体20は、例えばアルミナを主成分とする耐火物により構成される。
- [0015] 前記炉床16は、内側に円形空間を囲む円環状をなし、その半径方向に沿う一定の幅を有する。前記炉床駆動装置は、前記炉床16がその中心軸である垂直軸回りに所定方向（図1では反時計回り方向）に所定の速度で回転するように当該炉床16を駆動する。従って、この第1実施形態に係る前記炉床16は、その回転周方向に沿って所定速度で移動することが可能である。
- [0016] 前記床敷材18は、前記炉床16の保護、具体的には当該炉床16と還元鉄原料2との直接的な接触の阻止、のために当該炉床16上に敷設される。

当該床敷材 18 は、多数の粉体により構成される。

[0017] 床敷材 18 の上には、還元鉄原料 2 が、前記複数の原料装入部 12 から炉体 20（具体的には後述の天井 24）を貫通して床敷材 18 上に落下することにより、セットされる。

[0018] 床敷材 18 は、前記複数の原料装入部 12 のそれぞれから落下する還元鉄原料 2 が当該床敷材 18 に埋まり込むことを抑止する。この抑止のために、床敷材 18 には従来の床敷材に比べより粒度の細かいものが用いられる。具体的に、床敷材 18 は、それぞれが 5 mm 以下の粒径を有する炭材により構成される。、当該炭材の少なくとも 7 質量%は、0.1 mm 以下の粒径を有する。このような細粒の炭材からなる床敷材の使用は、還元鉄原料 2 における床敷材 18 内への埋まり込みを有効に抑止することを可能にする。

[0019] 前記床敷材 18 を構成する炭材のそれぞれが 5 mm 以下の粒径を有することが好ましい理由は、還元溶融炉 10 内において酸化鉄とともに発生するスラグの平均粒径が 5 mm より大きいため、5 mm 以下の粒径を有する炭材（例えば、3.5 mm 程度の粒径）が当該スラグと分離可能であることによる。

[0020] 床敷材 18 として用いられる炭材は、炉床 16 を構成する耐火物へのスラグの浸潤を防ぎ、かつ更新可能な炭材であればよく、例えば、無煙炭やコークスなどの炭材が好ましい。また、還元鉄およびスラグとともに回収されたコークス化された床敷材をこれら還元鉄およびスラグから篩などによって分離して再利用されるコークスなどの炭材も床敷材 18 として使用可能である。

[0021] これらの炭材のうち 5 mm よりも大きい粒径のものを篩などの分離手段によって取り除くとともに、細粒の炭材の追加などによって当該炭材の少なくとも 7 質量%が 0.1 mm 以下の粒径を有するように炭材の粒径分布を管理することにより、上記のようにそれぞれが 5 mm 以下の粒径を有する炭材により構成され、かつ、当該炭材の少なくとも 7 質量%が 0.1 mm 以下の粒径を有する、細粒の床敷材が生成される。

- [0022] 前記炉体 20 は、内側壁 22 と、外側壁 23 と、天井 24 と、を一体に有する。内側壁 22 及び外側壁 23 は前記炉床 16 の内側縁及び外側縁からそれぞれ立ち上がる。炉床 16 は両側壁 22, 23 に対して当該炉床 16 の回転方向（炉床移動方向）に相対変位となるように接続されている。前記天井 24 は、両側壁 22, 23 の上端に跨るようにして前記炉床 16 の上方に位置し、一定の厚みを有する。炉床 16 の上面（正確には前記床敷材 18 の上面）から前記天井 24 の下面 24 a までの上下方向の寸法、すなわち天井高さは、炉内ガスの流速の増加による床敷材 18 の飛散や付着物等による閉塞を防止する観点から、設定される。当該天井高さは、少なくとも 100 mm 以上、一般には 200 mm 以上、であることが好ましい。
- [0023] この還元鉄製造装置は、図 1 及び図 3 に示される床敷材補給装置 26 をさらに備える。この床敷材補給装置 26 は、前記排出部 14 において前記金属鉄及び前記スラグとともに排出される床敷材 18 の分に相当する新しい床敷材 18 を炉床 16 上に適宜補給する。
- [0024] この還元溶融炉 10 は、さらに、複数のバーナ 28 を備える。これらのバーナ 28 は、前記炉床 16 の移動方向に沿って並ぶ複数の位置にそれぞれ設けられ、各位置において燃料の燃焼を行う。この燃焼による熱は、輻射等により、炉内に順次装入される各還元鉄原料 2 に伝達され、当該還元鉄原料 2 の還元および溶融に寄与する。
- [0025] 図 3 に示すように、前記還元溶融炉 10 は複数の仕切り壁 31, 32, 33 を含み、これらの仕切り壁 31 ~ 33 は前記還元溶融炉 10 の内部空間を前記炉床 16 の移動方向に沿って並ぶ複数のゾーンに区画する。当該複数のゾーンは、昇温ゾーン Z1、還元ゾーン Z2、溶融ゾーン Z3 及び冷却ゾーン Z4 を含む。昇温ゾーン Z1 内では、装入された還元鉄原料 2 の温度が高められ、還元ゾーン Z2 内で当該還元鉄原料 2 の還元が行われる。溶融ゾーン Z3 内で、当該還元鉄原料 2 がさらに加熱されて溶融し、これにより、還元鉄がスラグと分離されるとともに凝集して粒状の溶融金属鉄となる。この溶融金属鉄は、冷却ゾーン Z4 内に設けられた冷却装置 34 により冷却され

て固化する。各ゾーンＺ１～Ｚ４における還元鉄原料２の処理はすべて前記床敷材１８上で行われる。

[0026] 前記排出部１４は、前記冷却ゾーンＺ４の下流側に設けられる。排出部１４は、例えばスクリーコンベアを含み、当該冷却ゾーンＺ４で固化した金属鉄及びスラグ等を還元溶融炉１０の外部に排出する。排出された金属鉄及びスラグ等は、排出ホッパー３６に投入され、図略の分離装置により互いに分離される。以上の一連の工程により、スラグ成分含量の極めて少ない粒状の金属鉄が製造される。

[0027] 次に、前記複数の原料装入部１２の詳細を、図４～図５を参照しながら説明する。

[0028] 図４に示すように、この第１実施形態に係る複数の原料装入部１２は、還元溶融炉１０の天井２４において千鳥状に並ぶ複数の位置にそれぞれ配置され、当該位置で前記還元鉄原料２の装入を行う。しかし、還元鉄製造装置における原料装入部の具体的な個数及び配置は本発明では限定されない。例えば、全ての還元鉄原料が単一の原料装入部によって還元溶融炉内に挿入されてもよい。

[0029] 前記各原料装入部１２は、前記天井２４を貫通する導入管４５と、原料供給部４４と、を含む。

[0030] 導入管４５は、垂直方向に延び、前記天井２４に形成された貫通孔４７に挿入されている。

[0031] 前記原料供給部４４は、前記導入管４５を通じて前記還元鉄原料２を順次落下させながら床敷材１８上に供給するものである。この第１実施形態に係る原料供給部４４は、前記多数の還元鉄原料２を受け入れる供給ホッパー５０と、この供給ホッパー５０から供給される還元鉄原料２を受け入れるとともに前記導入管４５に接続されるフィーダトレイ５２と、このフィーダトレイ５２に振動を与えて当該フィーダトレイ５２から前記導入管４５に順次還元鉄原料２を落とす加振装置５４と、を含む。

[0032] 前記導入管４５と前記フィーダトレイ５２との接続のための構造は、特に

限定されない。両者がフランジなどの結合部材を介して結合されてもよいし、両者間にウォータシールが介在してもよい。また、導入管45が省略されて前記天井24に直接原料供給部が接続されてもよい。

[0033] 次に、図1～5に示される還元鉄製造装置を用いた本発明の第1実施形態に係る還元鉄製造方法について説明する。

[0034] まず、多数の還元鉄原料2、すなわち、それぞれが炭素質還元剤と酸化鉄とを含有する複数の塊成物が用意される。各塊成物は、例えば球状であるが、球状に限定されない。各還元鉄原料2の直径は適宜設定されることが可能であり、特に限定されない。一般には、19mm以上27mm以下であることが、好ましい。19mm以上の粒径をもつ還元鉄原料2は、飛散する床敷材18を構成する炭材の粒に対して相対的に大きいサイズを有するため、当該還元鉄原料2の当該床敷材18への埋まり込みの度合いは小さい。また、27mm以下の粒径は、炉床上単位面積当たりの還元鉄重量の増加率よりも還元・溶融・凝集・スラグ分離までにかかる時間の延長幅が勝ることを抑止し、これに起因する生産性の低下を抑えることができる。

[0035] このようにして用意された多数の還元鉄原料2が床敷材18上への落下により還元溶融炉10内に順次装入され、前記床敷材18上にセットされる（原料装入工程）。具体的には、前記多数の還元鉄原料2は、各原料装入部12における原料供給部44の供給ホッパー50内に投入され、フィーダトレイ52を通じて順次、天井24を貫通する導入管45に供給され、当該導入管45を通して床敷材18上にほぼ垂直に自由落下して着地する。

[0036] 第1実施形態の還元鉄の製造方法に用いられる床敷材18は、前記のように、従来の床敷材を構成する炭材（具体的には、0.1mm以下の粒径を有する炭材を7質量%未満しか含まない粒の荒い炭材など）よりも細かい粒で構成される。具体的に、当該床敷材18は、それぞれが5mm以下の粒径を有する炭材により構成され、かつ、当該炭材の少なくとも7質量%は0.1mm以下の粒径を有する。このことは、還元鉄原料2の床敷材18内への埋まり込みを有効に抑止することを可能にする。すなわち、図6に示されるよ

うに、前記還元鉄原料 2 のうちの多数の還元鉄原料 2 A は床敷材 1 8 の上に配置されることにより当該原料 2 A のほぼ全体の表面から熱を受けることが可能である。一方、床敷材 1 8 内へ埋まり込む還元鉄原料 2 B の個数は大幅に低減される。

[0037] 還元溶融炉 1 0 内に装入された多数の還元鉄原料 2 は、炉床 1 6 の移動に伴って上記の床敷材 1 8 上で順次還元処理される。これにより還元鉄が生成されて還元溶融炉 1 0 の外部に排出される（還元鉄排出工程）。

[0038] 上記のように、還元鉄原料 2 の埋まり込みを有効に抑止しながらの当該還元鉄原料 2 の装入は、当該還元鉄原料 2 への良好な入熱を可能にする。この入熱によって当該還元鉄原料 2 は各ゾーン Z 1 ~ Z 3 において短時間で良好な加熱処理（昇温、還元及び溶融処理）を受けることが可能である。その後、冷却ゾーン Z 4 で冷却された還元鉄は、高品質の金属鉄として排出部 1 4 により排出されることができる。

[0039] 具体的に、還元鉄原料の反応時間（炉内に投入されて加熱され始めてから還元鉄とスラグとの分離が完全に終了するまでの時間）について測定を行ったところ、前記床敷材 1 8 内への埋り込みがない還元鉄原料に比べて、半分以上が埋り込んだ還元鉄原料の処理には約 1.35 倍の反応時間を要することが確認された。従って、当該埋り込みの防止は前記反応時間の著しい短縮を可能にする。

[0040] 本発明者らは、上記の還元鉄原料 2 の埋り込み防止効果の検証のために実験を行い、図 7 のグラフに示されるような、床敷材 1 8 における 0.1 mm 以下の粒径を有する炭材の重量比率と試験体の埋り込み深さとの関係を得た。

[0041] 前記実験の条件は、以下の通りである。実験に用いられる床敷材 1 8 は、還元鉄およびスラグとともに回収されたコークス化された床敷材を篩にかけることにより取得された炭材により構成される。具体的に、当該炭材のそれぞれは、スラグの平均粒径よりも小さい 5 mm 以下（例えば 3.5 mm 以下）の粒径を有する。しかし、そのうち 0.1 mm 以下の粒径を有する炭材の

含有率（重量比率）がサンプルによって異なる（図 7 のグラフでは 0、7、9、11 重量％）。また、還元鉄原料は物性値の固体差によるバラつきが大きく、また、ハンドリング等により劣化することから、試験の再現性を高めるため、落下する試験体にはアルミナ球が用いられた。アルミナ球には、一般的に用いられる還元鉄原料 2 の寸法および重量を考慮して、直径 21 mm を有するものが用いられた。前記アルミナ球の見掛け密度は還元鉄原料のそれよりもやや高いが、本試験では埋り込み深さが相対的な比較により評価できるため、この点は問題とはならない。試験体の落下高さは 0.4 m である。

[0042] 上記の実験条件で床敷材 18 に落下した試験体の埋り込み深さを調べた結果を図 7 のグラフに示す。当該グラフは、0.1 mm 以下の粒径を有する炭材の含有比率が 7 重量％未満である床敷材 18 での試験体の埋り込み深さは当該含有比率が 0 重量％のときの埋り込み深さ（15 mm 程度）とほぼ同じである一方、前記含有比率が 7 重量％以上である床敷材 18 での試験体の埋り込み深さが顕著に小さいことを示している。この実験によると、前記含有比率が 11 重量％の場合は前記埋り込み深さが 8 mm 程度まで低下することがわかる。

[0043] 図 8 は、図 7 のグラフに係る実験と同様に、床敷材 18 を構成する炭材における 0.2 mm 以下の粒径を有する炭材の重量比率と試験体の埋り込み深さとの関係を調べた結果を示したものである。このグラフは、床敷材 18 を構成する炭材の少なくとも 14 重量％が 0.2 mm 以下の粒径を有していれば埋り込み深さが著しく小さいことを示している。したがって、それぞれが 5 mm 以下の粒径を有する炭材により構成され、そのうちの少なくとも 7 重量％が 0.1 mm 以下の粒径を有し、かつ、少なくとも 14 重量％が 0.2 mm 以下の粒径を有する細粒の床敷材の使用が、還元鉄原料における床敷材内への埋り込みをより有効に抑止して当該還元鉄原料へのより良好な入熱を可能にする。

[0044] 図 9 は、図 7 のグラフの実験と同様に、床敷材 18 を構成する炭材におけ

る0.5 mm以下の粒径を有する炭材の重量比率と試験体の埋り込み深さとの関係を調べた結果を示したものである。このグラフは、床敷材18を構成する炭材の少なくとも22重量%が0.5 mm以下の粒径を有していれば埋り込み深さが著しく小さいことを示している。したがって、それぞれが5 mm以下の粒径を有する炭材により構成され、その少なくとも7質量%以上が0.1 mm以下の粒径を有し、かつ、少なくとも22重量%が0.5 mm以下の粒径を有する細粒の床敷材の使用が、還元鉄原料における床敷材内への埋まり込みをより有効に抑止して当該還元鉄原料へのより良好な入熱を可能にする。

[0045] より好ましくは、前記床敷材18を構成する炭材の少なくとも7質量%が0.1 mm以下の粒径を有し、当該炭材の少なくとも14重量%が0.2 mm以下の粒径を有し、かつ、当該炭材の少なくとも22重量%が0.5 mm以下の粒径を有するのがよい。このような床敷材18は、上記の埋まり込みをより一層有効に抑止して当該還元鉄原料へのより一層良好な入熱を可能にする。

[0046] 本発明に係る還元鉄原料の供給のための具体的な形態は限定されない。上記第1実施形態に係る還元鉄原料2は、図5に示されるように、天井24を貫通する導入管45を通して床敷材18上にほぼ垂直に落下することにより、床敷材18上に供給されるが、その供給形態はこれに限定されるものではない。例えば、第2実施形態として、図10～11に示されるように、還元鉄原料2が斜め下方に落下しかつ床敷材18上で転動するように当該床敷材18上に供給されてもよい。この供給形態は還元鉄原料2の床敷材18への埋まり込みをより有効に抑止することを可能にする。

[0047] 前記第2実施形態では、還元鉄原料2が球状である場合において、前記原料装入工程が、前記還元鉄原料2に前記炉床16の移動方向と同じ方向の水平方向の速度であって当該炉床16の移動速度よりも大きな水平方向の速度を与えながら当該還元鉄原料2を前記炉床16の上方に位置する天井24の下面から下方に放出して前記床敷材18上に落下させることによりその水平

方向の速度の向きに当該床敷材 18 上で当該還元鉄原料 2 を転動させることを含んでもよい。

[0048] 第 2 実施形態に用いられる還元鉄製造装置は、図 10 及び図 11 に示されるように、上記の移動床式の還元溶融炉 10 と、上記の排出部 14 と、複数の原料装入部 12 とを備えているが、原料装入部 12 の構成が第 1 実施形態に係る原料挿入部 12 の構成と若干異なる。

[0049] すなわち、図 10～11 に示される各原料装入部 12 は、前記天井 24 の内部に形成された傾斜面 40 と、この傾斜面 40 からさらに上向きに傾斜面を延長するための延長部材 42 と、原料供給部 44 と、を含む。

[0050] 前記傾斜面 40 は、この第 2 実施形態では平面であり、前記炉床 16 の移動方向に沿って下るように傾斜する。この第 2 実施形態では、傾斜面 40 の下端が天井 24 の下面 24 a と合致しているが、当該下端は当該下面 24 a より上側に位置してもよい。すなわち傾斜面 40 は下面 24 a よりも上側の位置で途切れてもよい。前記各還元鉄原料 2 は、この傾斜面 40 上を転動（滑りが含まれていてもよい）するようにして当該傾斜面 40 に沿って降下することが可能であり、その後天井 24 の下面 24 a から下方に放出される。この放出の際には当該還元鉄原料 2 に前記傾斜面 40 の傾斜角度に対応した水平方向の速度が与えられる。この第 2 実施形態では、前記傾斜角度で前記天井 24 を貫通する貫通穴 46 が形成され、この貫通穴 46 の下側に位置する面が前記傾斜面 40 を構成する。

[0051] この傾斜面 40 は、前記天井 24 を構成する耐火物の表面によって構成されてもよいし、当該耐火物の表面を被覆する被覆材によって構成されてもよい。被覆材を用いる場合、その材質の選定によって、各還元鉄原料 2 の降下状態を調節することが可能である。例えば、還元鉄原料 2 に対する傾斜面 40 の動摩擦係数を小さくしたり（例えば 0.4 以下）、反発係数を小さくしたりすることにより、傾斜面 40 上での還元鉄原料 2 のバウンドを抑制して当該還元鉄原料 2 の床敷材 18 上の落下位置を安定させることが、可能である。

[0052] 前記延長部材 4 2 は、この第 2 実施形態では角筒状の管材からなり、その下面が延長傾斜面 4 8 を構成する。この延長部材 4 2 は、前記貫通穴 4 6 の上部に斜め向きに差し込まれ、これにより、前記延長傾斜面 4 8 が前記傾斜面 4 0 と連続する。具体的には、前記貫通穴 4 6 の上部とそれよりも下側との部位との間に前記延長部材 4 2 の肉厚に相当する段が与えられ、これにより両傾斜面 4 8, 4 0 の連続性が担保されている。この延長部材 4 2 は適宜省略することが可能である。

[0053] 前記傾斜面 4 0 及び前記延長傾斜面 4 8 は、必ずしも平面に限らない。例えば、還元溶融炉 1 0 の側方からみて曲線状をなす曲面であってもよい。この場合、当該傾斜面の接線方向が下方に向かうに従って水平に近づくような形状の曲面上であると、天井 2 4 の下面 2 4 a から放たれる還元鉄原料 2 の進行方向を通常の安息角よりも水平方向に近い角度に向けることが可能である。また、当該傾斜面 4 0, 4 8 をその傾斜に沿う方向からみた形状は、水平な直線であってもよいし、凹凸を含む直線や曲線であってもよい。例えば、当該形状は、それぞれが前記還元鉄原料 2 が通過することが可能な幅をもつ複数の溝が横向きに配列されたものでもよい。いずれの場合も、前記延長傾斜面 4 8 は前記傾斜面 4 0 の形状と対応して相互連続することが可能な形状を有することが、好ましい。

[0054] 傾斜面 4 8, 4 0 の傾斜角度は、任意に設定が可能であるが、当該傾斜面 4 8, 4 0 が平面である場合、安息角以上の角度、すなわち、傾斜面 4 8, 4 0 上での還元鉄原料 2 の滞留を確実に回避できる角度以上の角度、一般には 36° 以上の角度であることが好ましい。また、当該傾斜角度は、還元鉄原料 2 が傾斜面 4 8, 4 0 から確実に反力を受けることが可能な角度、つまり、当該還元鉄原料 2 と当該傾斜面 4 8, 4 0 との接触を確実に維持できる角度であることが好ましく、一般には 60° 以下であることが、好ましい。また、 36° 未満の傾斜角度であっても、還元鉄原料 2 の傾斜面上での滞留を防止する手段、例えば当該傾斜面に沿った還元鉄原料 2 の降下をアシストする手段、を付加することにより、当該還元鉄原料 2 を天井 2 4 の下面 2 4

aから確実に放出することが可能である。

[0055] 前記原料供給部44は、上記図5に示される原料供給部44と同様の構成を有しており、前記供給ホッパー50と、前記フィーダトレイ52と、前記加振装置54と、を含む。図10～11に示されるフィーダトレイ52は、延長部材42に接続される。例えば、図11に示されるように、フィーダトレイ52は、フランジ56やウォータシールなどを介して延長部材42に接続される。前記延長部材42が省略される場合は、前記天井24に直接原料供給部44が接続されてもよい。

[0056] 次に、図10～11を参照しながら、本発明の第2実施形態に係る還元鉄製造方法について説明する。

[0057] まず、多数の還元鉄原料2、すなわち、炭素質還元剤と酸化鉄とを含有する複数の球状の塊成物が用意される。ここでいう「球状」とは、後に述べるように前記還元鉄原料2が還元熔融炉10内の床敷材18上に着地した後に転動できる程度の球状であればよく、当該還元鉄原料2は完全な球体である必要はない。一般には、還元鉄原料2は、その中心を通る任意の断面が0.7以上の真円度を有するのが、好ましい。このように高い真円度をもつ断面を有する還元鉄原料2は、傾斜面48, 40上においても円滑に転動できることから、その床敷材18上への落下位置も安定する。

[0058] このようにして用意された多数の還元鉄原料2は、供給ホッパー50内に投入され、フィーダトレイ52を通じて順次延長部材42（延長部材42が省略される場合には天井24の傾斜面40）に供給される。供給された還元鉄原料2は、炉床16の移動方向に向かって傾斜する傾斜面48, 40上を転動しながら当該傾斜面48, 40に沿って降下し、その後、天井24の下面24aに至った時点から傾斜面48, 40の拘束を離れ、すなわち放出され、上記の細粒の床敷材18（すなわち、それぞれが5mm以下の粒径を有する炭材により構成されて当該炭材の少なくとも7質量%が0.1mm以下の粒径である細粒の床敷材18）の上に着地する。

[0059] 前記放出の際、還元鉄原料2には、重力による下向きの速度に加え、前記

傾斜面 48, 40 の傾斜角度に対応した水平方向の速度が与えられる。この水平方向の速度が炉床 16 の移動速度よりもある程度高い速度であれば、前記還元鉄原料 2 は、図 10 ~ 11 に示されるように、前記床敷材 18 に着地した後に前記炉床 16 の移動方向に転動する、つまり着地位置からさらに炉床 16 の移動方向に逃げる事が可能である。従って、この転動は、当該還元鉄原料 2 の上に後続の還元鉄原料 2 が積み重なること（例えば、図 12 に示される後続の還元鉄原料 2 C が先行する還元鉄原料 2 A、2 B の上に載っている状態）や、当該後続の還元鉄原料 2 の落下に起因して先行する還元鉄原料 2 が床敷材 18 内に埋まり込むこと（図 12 に示される還元鉄原料 2 B の状態）の回避を可能にする。

[0060] 換言すれば、前記還元鉄原料 2 に与えられるべき水平速度の大きさは、当該還元鉄原料 2 が前記床敷材 18 上に着地した後の転動を確保できる程度に設定されればよい。具体的には、当該還元鉄原料 2 の大きさ、比重、天井 24 の下面 24 a からの鉛直方向の放出速度、床敷材 18 までの落下距離、床敷材 18 の材質、等の諸条件に応じて設定されればよい。

[0061] 上記のような還元鉄原料 2 の床敷材 18 上での転動は、先行する還元鉄原料 2 への後続の還元鉄原料 2 の積み重なりや、床敷材 18 内への還元鉄原料 2 の埋まり込みをより有効に抑止する。すなわち、前記のような水平方向の速度が与えられた還元鉄原料 2 の炉床移動方向への転動によって、炉床移動速度が多少遅くても、図 12 に示される後続の還元鉄原料 2 C が床敷材 18 上に落下する頃には先行する還元鉄原料 2 A がその転動によって前方に大きく退避している。そのため、後続の還元鉄原料 2 C が先行する還元鉄原料 2 A 上に落下することによる当該還元鉄原料の埋まり込み、あるいは当該還元鉄原料 2 C が先行する還元鉄原料 2 A の近傍へ落下することに起因する床敷材 18 の飛散によって生じる埋まり込みが生じにくい。後続の還元鉄原料 2 C は、その転動によって先行の還元鉄原料 2 A に近づくが、仮にその転動による衝突があってもその衝突は弱くかつ方向は水平であり、また当該転動は床敷材 18 の著しい飛散を伴わない。従って、当該衝突や床敷材 18 の飛散に

起因する先行還元鉄原料 2 A の埋まり込みは生じにくくなる。

[0062] このようにして還元鉄原料 2 同士の積み重なりや埋まり込みをより有効に抑止した当該還元鉄原料 2 の装入は、当該還元鉄原料 2 へのより良好な入熱を可能にする。この入熱によって当該還元鉄原料 2 は各ゾーン Z 1 ~ Z 3 において短時間で良好な加熱処理（昇温、還元及び溶融処理）を受けることが可能であり、その後に冷却ゾーン Z 4 で冷却された還元鉄は、高品質の金属鉄として排出部 1 4 により排出されることができる。

[0063] 以上のように、この第 2 実施形態に係る方法によれば、床敷材 1 8 上での還元鉄原料 2 の転動が短時間で高品質の金属鉄を製造することを可能にするが、その転動のためには、当該還元鉄原料 2 が当該床敷材 1 8 上に 60° 以下の角度で入射し得る程度の大きさの水平方向の速度が与えられることが好ましい。当該 60° 以下の入射角度は、水平方向の速度の大きさが入射速度の $1/2$ 以上であることを意味し、このことは、還元鉄原料 2 の床敷材 1 8 上への落下による当該床敷材 1 8 内への沈み込みに打ち勝って当該還元鉄原料 2 が炉床移動方向に転動することをより確実にする。従って、かかる観点から前記傾斜面 4 0 あるいは傾斜面 4 8, 4 0 の傾斜角度が設定されるのが、よい。

[0064] また、前記のような水平方向の速度を還元鉄原料に付与する手段は、前記傾斜面上での還元鉄原料の転動に限らない。例えば、天井の下面から鉛直方向に放出される還元鉄原料に対して水平方向に高圧ガスを吹き付けることによって水平方向の速度を与えることが可能である。ただし、前記のように天井内に設けられた傾斜面上での還元鉄原料の転動は、当該天井の下方の高温領域内に耐熱性を要する複雑または大規模な設備を増設することなく、当該天井の下面から放出される還元鉄原料に対して水平方向の速度を与えることを可能にし、これにより、装入設備の信頼性の低下や著しいコストの上昇を伴うことなく、また天井下面の下方の炉内のガスの流れに著しい悪影響を及ぼすことなく、還元鉄原料同士の積み重なりや床敷材内への埋まり込みを抑止できる利点がある。

- [0065] 以上のように、炭素質還元剤と酸化鉄とを含有する複数の還元鉄原料を移動床式還元溶融炉内に装入して処理することにより還元鉄を製造するための方法であって、粉状の床敷材上への落下によって供給される各還元鉄原料への当該床敷材上での入熱を良好にしてその処理効率を高めることが可能なものが提供される。提供される方法は、炭素質還元剤と酸化鉄とを含有する複数の還元鉄原料を、特定方向に移動する炉床、及び前記炉床上に敷設された粉体からなる床敷材、を有する還元溶融炉内に順次装入して前記還元鉄原料を前記床敷材上に落下させることにより前記床敷材上にセットする原料装入工程と、前記炉床の移動に伴って当該床敷材上で前記各還元鉄原料を順次還元処理することにより還元鉄を生成し、前記還元溶融炉の外部に排出する還元鉄排出工程と、を含む。前記床敷材は、それぞれが5 mm以下の粒径を有する炭材により構成される。当該炭材の7質量%以上は0.1 mm以下の粒径を有する。この方法は、従来の床敷材に比べより粒度の細かい床敷材を用いることによって、還元鉄原料の埋まり込みを抑止することを可能にする。
- [0066] 好ましくは、前記還元鉄原料が球状であり、前記原料装入工程は、前記還元鉄原料に前記炉床の移動方向と同じ方向の水平方向の速度であって当該炉床の移動速度よりも大きな水平方向の速度を与えながら当該還元鉄原料を前記炉床の上方に位置する天井の下面から下方に放出して前記床敷材上に落下させることによりその水平方向の速度の向きに当該床敷材上で当該還元鉄原料を転動させることを含むのが、よい。
- [0067] ここでいう「球状」の還元鉄原料は、完全な球体に限定されない。厳密には球体でないものであっても、粉状の床敷材上で転動することが可能な程度まで真球に近いもの、例えば、当該還元鉄原料の中心を通る任意の断面の真円度が上記の粉状の床敷材上における転動可能な条件を満たす程度まで高いものは、前記の「球状」の還元鉄原料に含まれる。
- [0068] 当該還元鉄原料の床敷材上での転動は、先行する還元鉄原料への後続の還元鉄原料の積み重なりや、床敷材内への還元鉄原料の埋まり込みをより有効に抑止し、これにより、各還元鉄原料へのより良好な入熱を可能にする。具

体的に、前記床敷材上に順次供給される還元鉄原料は、その落下地点からさらに炉床移動方向に転動することにより、当該還元鉄原料の上に後続の還元鉄原料が積み重なるのを有効に回避することができる。また、当該転動は、前記落下地点での還元鉄原料の埋まり込みを抑止できるだけでなく、当該還元鉄原料が先行する還元鉄原料の上に誤って落下することにより当該先行する還元鉄原料を床敷材上に押し込むことによる埋まり込みや、当該還元鉄原料の落下に伴って飛散する粉状の床敷材が先行する還元鉄原料の上に被さることに起因する当該先行する還元鉄原料の埋まり込みも、有効に抑止することを可能にする。

請求の範囲

[請求項1]

還元鉄を製造するための方法であって、

炭素質還元剤と酸化鉄とを含有する複数の還元鉄原料を、特定方向に移動する炉床、及び前記炉床上に敷設された粉体からなる床敷材、を有する還元熔融炉内に順次装入して前記還元鉄原料を前記床敷材上に落下させることにより前記床敷材上にセットする原料装入工程と、

前記炉床の移動に伴って当該床敷材上で前記各還元鉄原料を順次還元処理することにより還元鉄を生成し、前記還元熔融炉の外部に排出する還元鉄排出工程と、を含み、

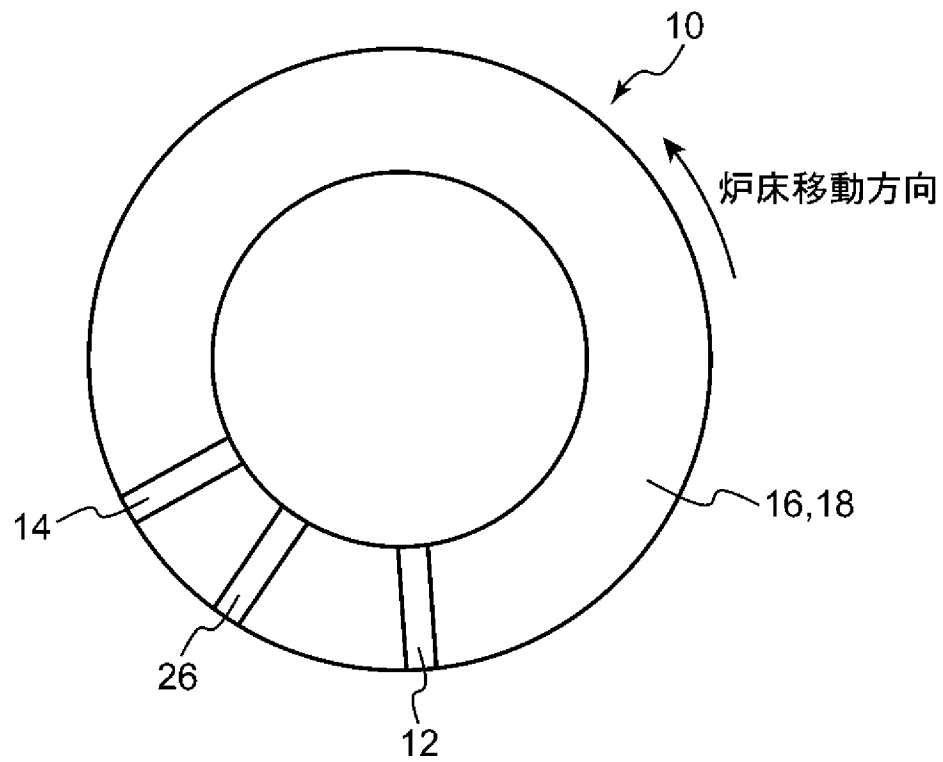
前記床敷材は、それぞれが5 mm以下の粒径を有する炭材により構成され、当該炭材の少なくとも7質量%が0.1 mm以下の粒径を有する、還元鉄の製造方法。

[請求項2]

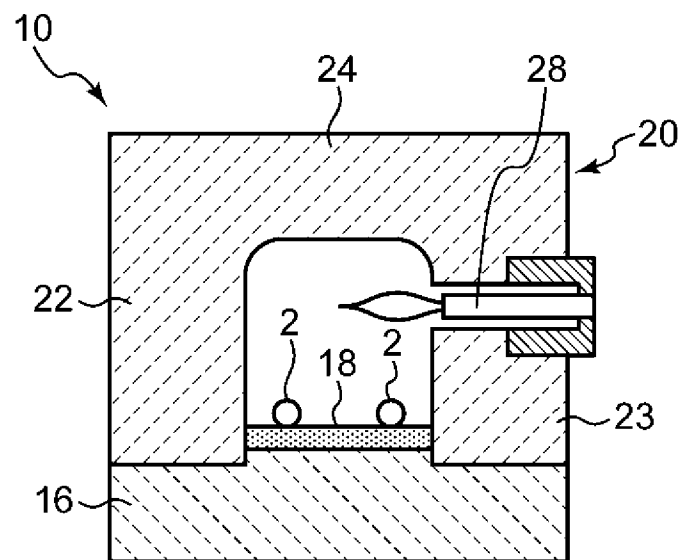
前記還元鉄原料は、球状であり、

前記原料装入工程は、前記還元鉄原料に前記炉床の移動方向と同じ方向の水平方向の速度であって当該炉床の移動速度よりも大きな水平方向の速度を与えながら当該還元鉄原料を前記炉床の上方に位置する天井の下面から下方に放出して前記床敷材上に落下させることによりその水平方向の速度の向きに当該床敷材上で当該還元鉄原料を転動させることを含む、請求項1記載の還元鉄の製造方法。

[図1]



[図2]



[図3]

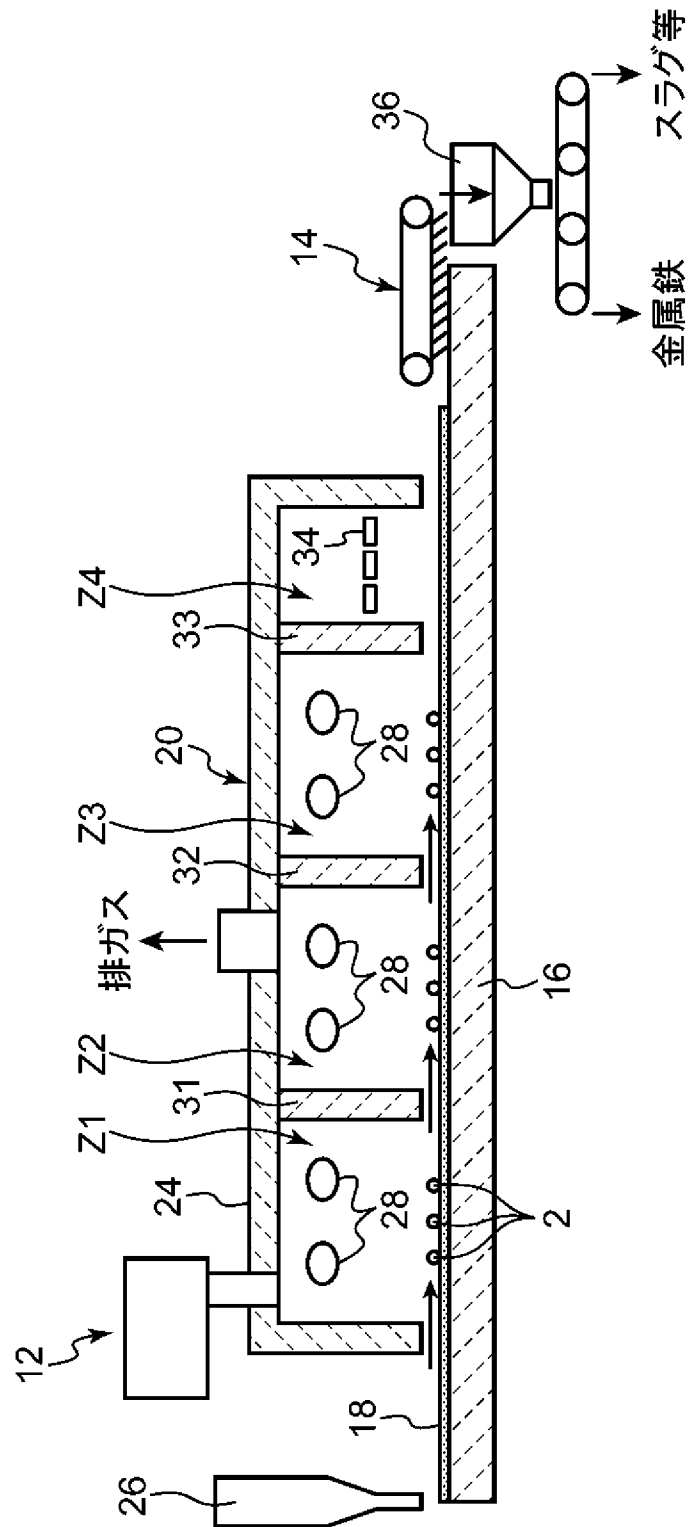
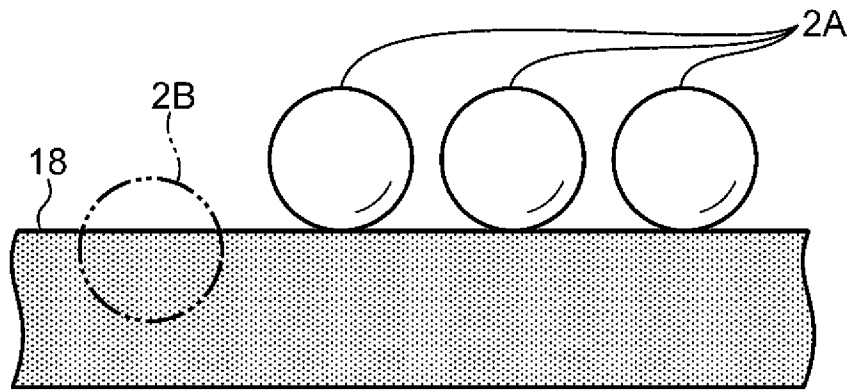
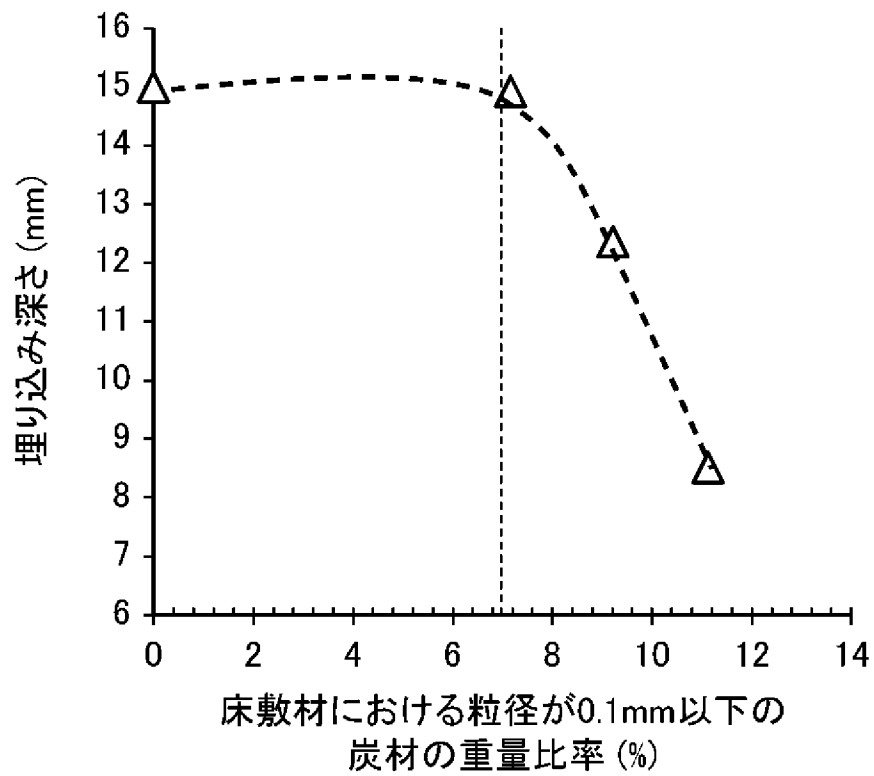


Figure 1 is a schematic diagram of a furnace bed (10). It shows a grid of eight rectangular blocks (12) arranged in two columns of four. A horizontal arrow labeled "炉床移動方向" (Furnace bed movement direction) points to the right. A label "24" points to the top boundary of the furnace bed.

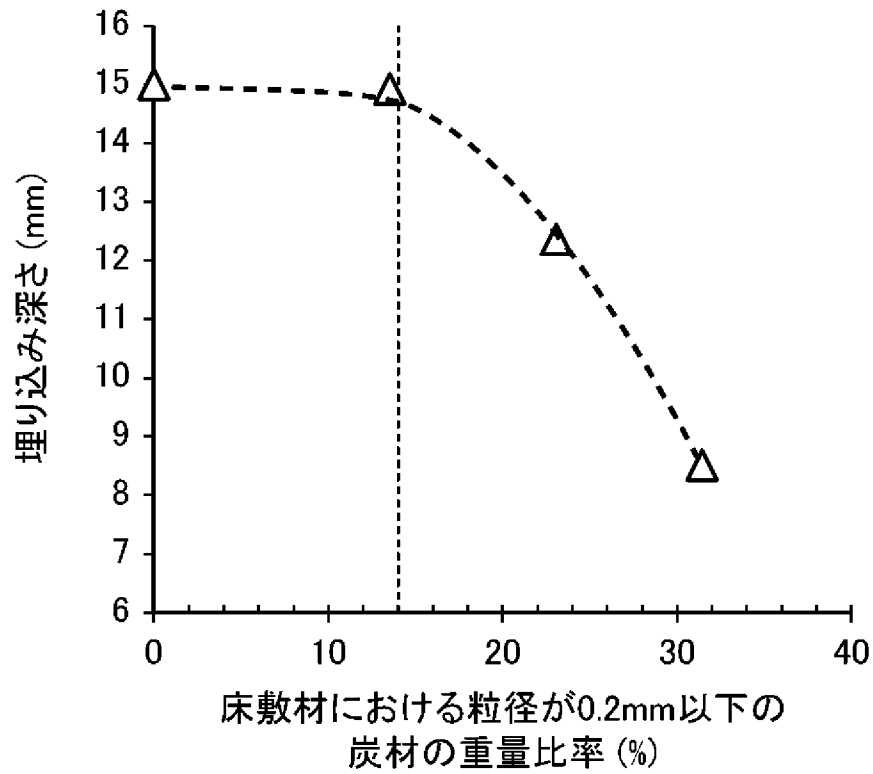
[図6]



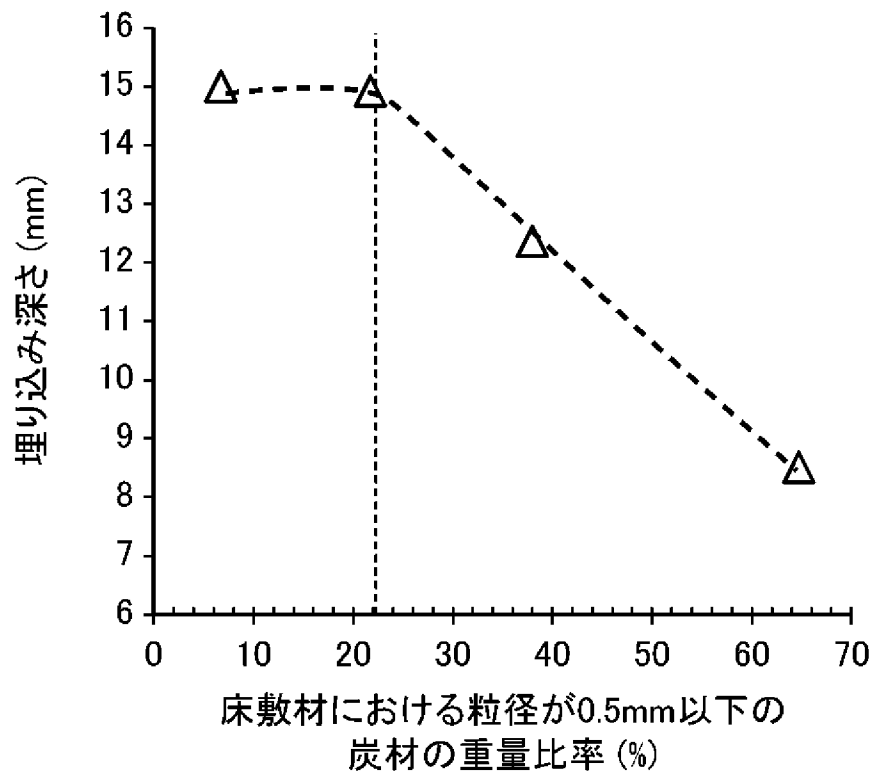
[図7]



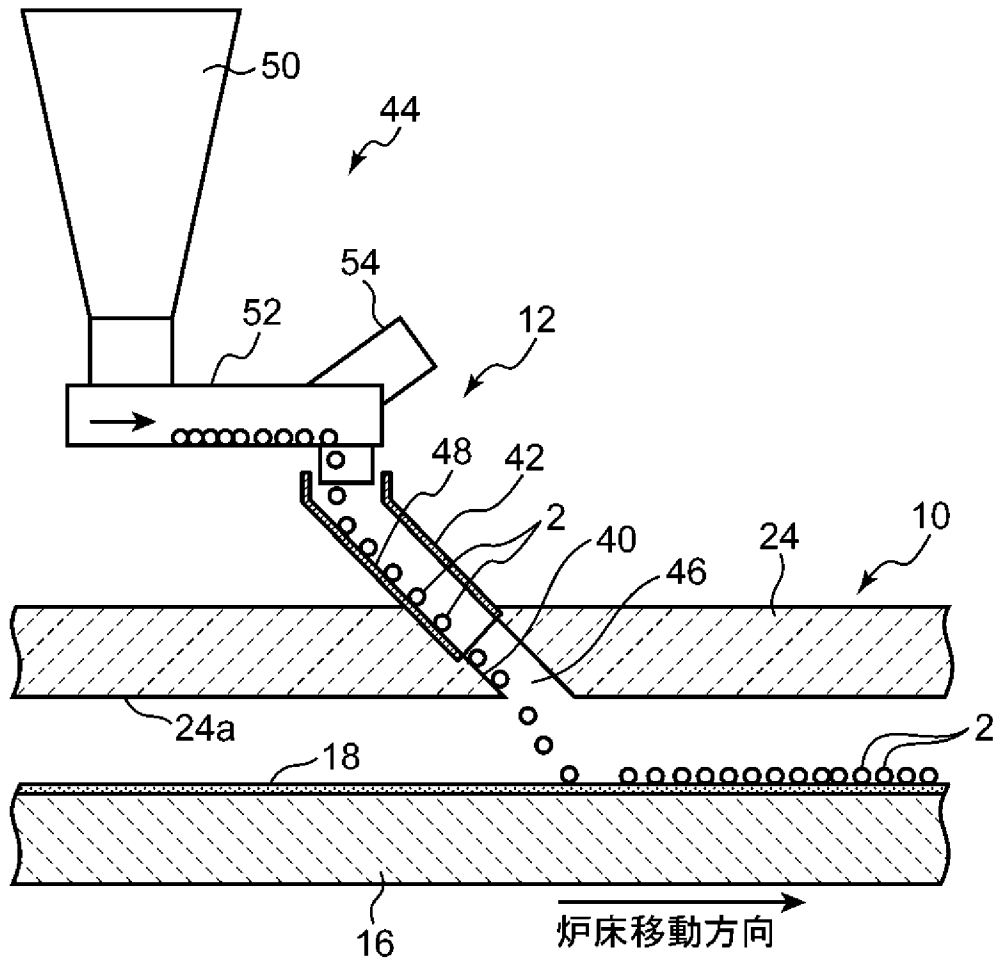
[図8]



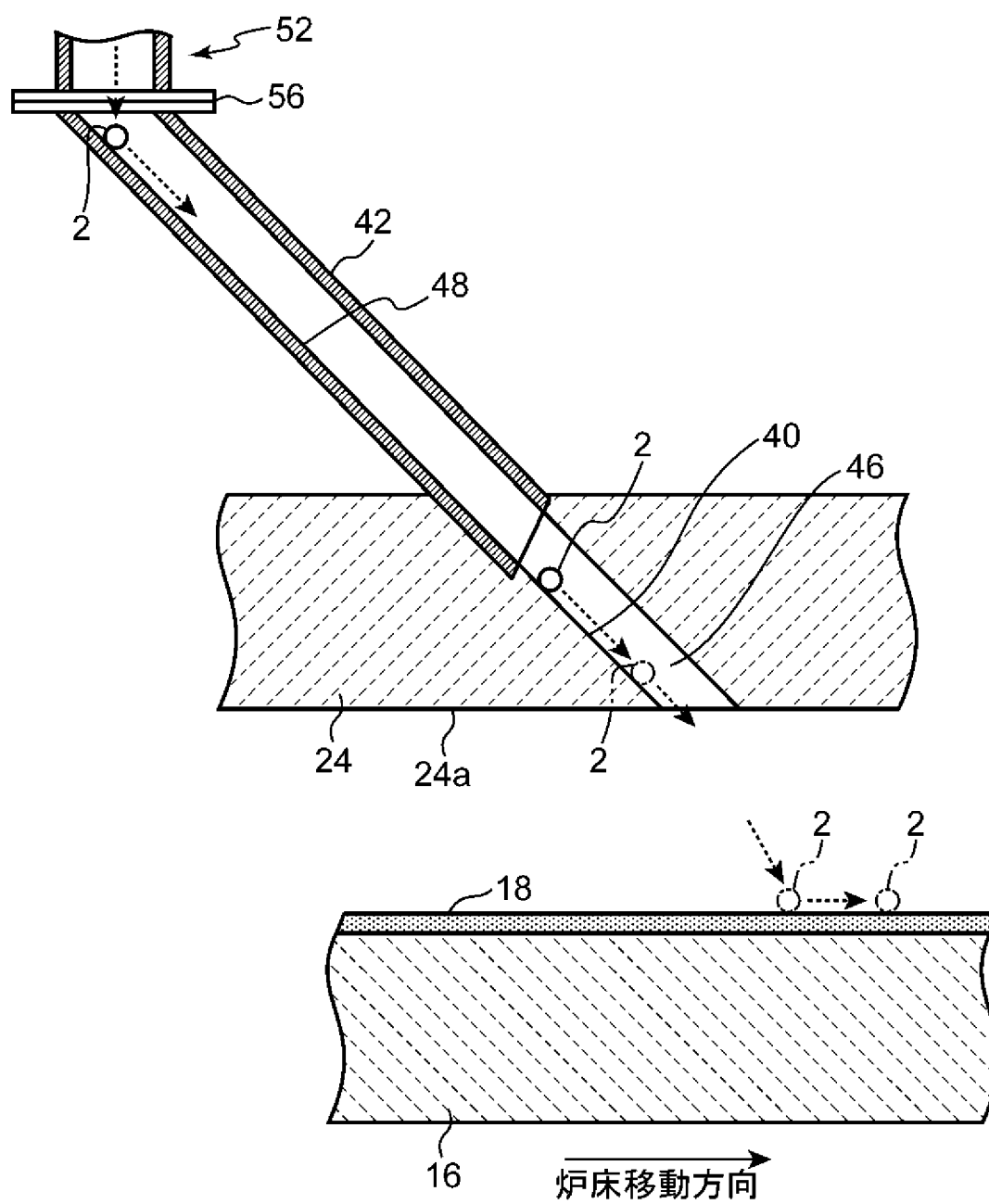
[図9]



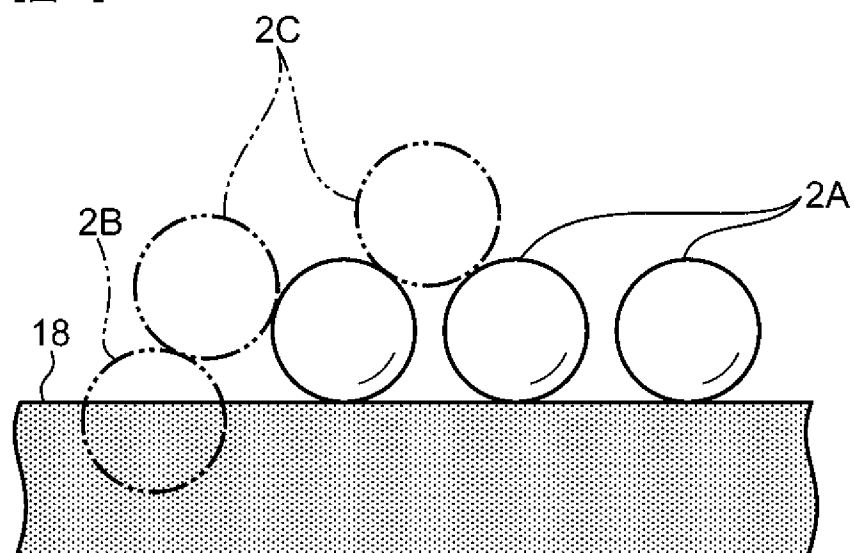
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/017977

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21B13/10(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)

C21B13/10

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

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-203151 A (Kobe Steel, Ltd.), 16 November 2015 (16.11.2015), paragraphs [0042], [0050] (Family: none)	1-2
A	JP 2003-213312 A (Kobe Steel, Ltd.), 30 July 2003 (30.07.2003), paragraphs [0008] to [0009], [0046] to [0047] & US 2005/0087039 A1 paragraphs [0012] to [0013], [0066] & WO 2003/042415 A1 & EP 1445336 A1 & CN 1585826 A	1-2

☒ 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
20 July 2017 (20.07.17)

Date of mailing of the international search report
01 August 2017 (01.08.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/017977

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 2002-30319 A (Midrex International B.V.), 31 January 2002 (31.01.2002), paragraphs [0038], [0045]; fig. 3 & US 2002/0033075 A1 paragraphs [0049], [0056]; fig. 3 & EP 1167547 A1 & KR 10-2002-0001655 A & CN 1335412 A	1-2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C21B13/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C21B13/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-203151 A（株式会社神戸製鋼所） 2015.11.16, 段落[0042], [0050] (ファミリーなし)	1-2
A	JP 2003-213312 A（株式会社神戸製鋼所） 2003.07.30, 段落[0008]—[0009], [0046]—[0047] & US 2005/0087039 A1 段落[0012]—[0013], [0066] & WO 2003/042415 A1 & EP 1445336 A1 & CN 1585826 A	1-2

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

20.07.2017

国際調査報告の発送日

01.08.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

藤長 千香子

4 E

5796

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

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
A	JP 2002-30319 A (ミドレックス インターナショナル ビー. ブイ) 2002.01.31, 段落[0038], [0045], 図 3 & US 2002/0033075 A1 , 段落[0049], [0056]、図 3 & EP 1167547 A1 & KR 10-2002-0001655 A & CN 1335412 A	1-2