

(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
2025年6月26日(26.06.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/134489 A1

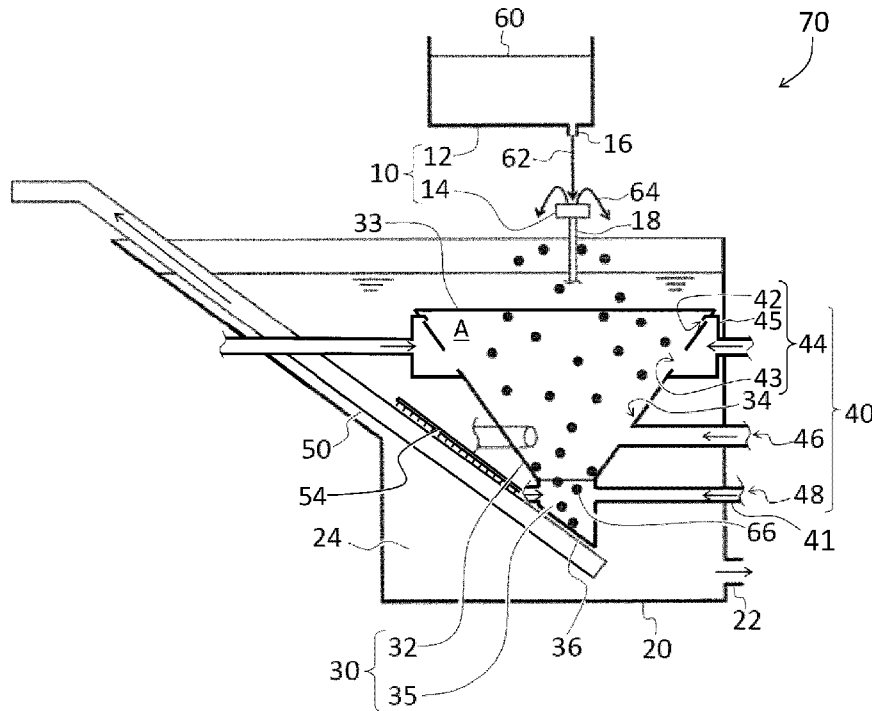
- (51) 国際特許分類:
B22F 9/08 (2006.01) B22D 25/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/036217
- (22) 国際出願日: 2024年10月10日(10.10.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-214797 2023年12月20日(20.12.2023) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 (JP).
- (72) 発明者: 土田 雄大 (TSUCHIDA Kazuhiro); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2

番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 (JP). 森 俊介(MORI Shunsuke); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 (JP). 川畑 聡志(KAWAHATA Satoshi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 (JP). 松永 有仁(MATSUNAGA Arihiro); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 (JP).

(74) 代理人: 熊坂 晃, 外(KUMASAKA Akira et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町一丁目6番1号 J F E テクノリサーチ株式会社知的財産事業部内 (JP).

(54) Title: GRANULAR IRON PRODUCTION APPARATUS

(54) 発明の名称: 粒鉄製造装置



(57) Abstract: Provided is a granular iron production apparatus that can efficiently cool molten iron and can efficiently cool granular iron being conveyed even in a conveyance device, such as a conveyor, thereby suppressing agglomeration of the iron granules. This granular iron production apparatus comprises a granulating device that turns molten iron into liquid droplets, a cooling water tank that drops the liquid droplets into cooling water to cool the liquid droplets to form granular iron, and a conveyance device that conveys the granular iron to the outside of the cooling water tank, the granular iron

WO 2025/134489 A1

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

production apparatus including a water flow control container provided in the cooling water tank and having open upper and lower ends, and a cooling water pipe group that supplies cooling water into the water flow control container. The conveyance device includes: a conveyor that is provided below the water flow control container and conveys the granular iron from the inside of the cooling water tank to the outside of the cooling water tank; and a cooling water supply device that is provided above the conveyor in the cooling water tank and supplies the cooling water for cooling the granular iron unloaded by the conveyor.

(57) 要約: 溶鉄を効率的に冷却するとともに、コンベア等の搬送装置においても搬送中の粒鉄を効率的に冷却して、粒鉄同士の合体を抑制できる粒鉄製造装置を提供する。溶鉄を液滴とする粒化装置と、液滴を冷却水に落下させて冷却して粒鉄とする冷却水槽と、粒鉄を前記冷却水槽の外に搬送する搬送装置とを有する粒鉄製造装置であって、冷却水槽内に設けられ、上下端が開口する水流制御容器と、水流制御容器内に冷却水を供給する冷却水管群とを有し、搬送装置は、水流制御容器の下方に設けられ、冷却水槽内から冷却水槽の外に粒鉄を搬送するコンベアと、冷却水槽内のコンベアの上方に設けられ、コンベアによって搬出される粒鉄を冷却する冷却水を供給する冷却水供給装置とを有する。

明 細 書

発明の名称：粒鉄製造装置

技術分野

[0001] 本発明は、溶鉄から粒鉄を製造する粒鉄製造装置に関する。

背景技術

[0002] 粒鉄とは、溶鉄や溶鋼などの溶鉄を分散せしめた後に粒状に凝固させたもので、その平均粒径は数mmから数十mm程度である。銑鋼一貫製鉄所において、製鋼以下の工程においてトラブル等が発生し、高炉で製造された溶鉄が突発的に過剰になった場合に、これを粒鉄として一時的に保管している。近年は高炉が大型化されており、一時的に大量の溶鉄を処理できなければ高炉の減風に繋がる。このため、製鋼以下の工程でトラブル等が発生した場合に備え、バッファーとなる設備が要求されている。

[0003] 近年の製鉄業におけるCO₂排出量削減の需要から、コークス（炭素源）ではなく、還元剤として水素または天然ガス等の炭化水素ガス系ガスを使用して生産される還元鉄のニーズが高まっている。脈石（主にSiO₂やAl₂O₃）やP濃度の高い還元鉄から鉄鋼製品を製造するには、還元鉄の製造以降に脈石除去や脱りん処理が不可欠である。このため、鉄鋼製品を製造する前処理として、還元鉄を一旦溶解して溶鉄にした後、脈石除去や脱りん等の処理を行い、処理後の溶鉄を輸送可能な粒鉄として保管する場合がある。

[0004] 溶鉄を粒化する方法として、特許文献1には溶鉄に圧力水を吹き付けることにより粒化する方法が開示されている。しかしながら、特許文献1に開示の方法では粒鉄が中空になるものが多く、この中空部に水が溜まり、再溶解時に水蒸気爆発を引き起こす危険があった。特許文献2には、溶鉄を固定板上に落下させ、液滴が固定板上に跳ね返って下の冷却浴に落ちて冷却され、これにより、粒鉄が製造される粒状金属製造方法が開示されている。冷却水槽内で冷却された粒鉄は円筒型をした平板構造物および円筒の下半分が先細りとなりつながっているパイプによって集められ、搬送装置であるコンベア

上に積み重ねられ、コンベアによって粒鉄は冷却水槽から乾燥装置、貯蔵装置へと搬送される。特許文献3には、水流で溶鉄を粒化させ、液状の粒鉄を水中に投下することで冷却、凝固させ、大量の粒鉄を製造する装置が開示されている。

[0005] 水中に投入される時の粒鉄は高温である。粒鉄の温度は、1200～1500℃程度なので、このような高温の粒鉄が水に接触すると高温物体表面上に蒸気膜が生じる膜沸騰状態となって水が蒸発し、粒鉄の熱を奪っていく。この膜沸騰は冷却能力が低く、例えば、蒸気膜が生じない核沸騰の数100分の1程度の熱伝達率しかない。このため、膜沸騰が長く続くと、粒鉄が十分に冷却されず、冷却水内で粒鉄同士が融着し、合体することがある。

[0006] 冷却水温が高いと水が沸騰しやすくなるので、高温物体周囲に蒸気膜が維持されやすく膜沸騰になりやすい。したがって、冷却水の水温が高くなると、粒鉄の冷却能力が著しく低下し、粒鉄同士の合体が発生しやすくなる。このような問題に対し、特許文献3には、2次冷却水の冷却水量を調整してピット内の冷却水温を68℃以下に維持し、これによりピット内に堆積した粒鉄の合体を抑制できるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2018-115363号公報

特許文献2：特公昭52-20948号公報

特許文献3：特開平9-20902号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 溶鉄から粒鉄を製造する時に溶鉄の液滴が水平方向にある程度広がることと凝固した粒鉄の搬送装置の設置スペースとを考慮すると、粒鉄の冷却にはかなりの大きさの冷却水槽が必要になる。冷却水槽には、冷却水を供給する吐出口と、温度が上昇した冷却水を冷却設備に搬送する排水口とを設け、こ

れにより冷却水を冷却水槽と冷却設備とに循環させている。

[0009] しかしながら、広い冷却水槽全体に冷たい冷却水を行き渡らせるように制御することは難しい。特許文献3には、2次冷却水の冷却水量を調整してピット内の冷却水温を68℃以下に維持することが記載されているが、冷却水槽内の流れを制御する方法については何ら記載されておらず、冷却水の流れによっては冷却水槽内によどみ領域が生じることがある。このよどみ領域に粒鉄の冷却に使用された暖かい冷却水が滞留することで、局所的に水温が高い領域ができる場合がある。この水温が高い領域に粒鉄が大量に投入されると、膜沸騰状態が長い間維持されて粒鉄が十分に冷却されず、粒鉄同士が融着し、合体する。粒鉄同士が合体すると、搬送しにくい大きさの粒鉄が増えて搬送が困難になる。粒鉄同士が合体する際に冷却水が内含されると水蒸気爆発を引き起こす原因になる、という課題がある。

[0010] 特許文献2において、粒鉄がコンベア上に集められるまでに、粒鉄表面は冷却されて凝固しているとしても、粒鉄内部は未凝固の高温の状態のままである。そして、粒鉄はコンベア上で密集した状態で積み重ねられているので、冷却水による粒鉄表面からの抜熱量が低下すると、粒鉄の内部から表面への伝熱量が冷却水による粒鉄表面からの抜熱量を上回り、粒鉄の表面温度が上昇する復熱が生じる。このため、コンベア上で搬送されている間に復熱して粒鉄の表面温度が再び上昇し、積み重ねられた粒鉄同士が容易に融着、合体して大塊となるという課題がある。

[0011] 本発明はこれらの課題を解決するためになされた発明であって、その目的は、溶鉄を効率的に冷却するとともに、コンベア等の搬送装置においても搬送中の粒鉄を効率的に冷却して、粒鉄同士の合体を抑制できる粒鉄製造装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 上記課題を解決するための手段は、以下の通りである。

[1] 溶鉄を液滴とする粒化装置と、前記液滴を冷却水に落下させて冷却して粒鉄とする冷却水槽と、前記粒鉄を前記冷却水槽の外に搬送する搬送装

置とを有する粒鉄製造装置であって、前記冷却水槽内に設けられ、上下端が開く水流制御容器と、前記水流制御容器内に冷却水を供給する冷却水管群と、を有し、前記水流制御容器は、水平断面積が下方に向けて狭くなるように傾斜した傾斜面を有する仕切筒体と、前記仕切筒体の下方に接続されるダクト筒体とを有し、前記冷却水管群は、前記仕切筒体に接続する上段冷却水管群及び中段冷却水管群と、前記ダクト筒体に接続する下段冷却水管群とを有し、前記上段冷却水管群は、前記仕切筒体の上端を含む傾斜面の上段に接続され、前記上段冷却水管群から供給される冷却水によって、上方から下方に傾斜面に沿った冷却水流を生じさせ、前記中段冷却水管群は、前記仕切筒体の傾斜面の中段に、前記仕切筒体の筒芯に向けて水平に接続され、前記中段冷却水管群から供給される冷却水によって、前記仕切筒体の筒芯に向かい、前記筒芯で合流して上昇し、前記上方から下方に傾斜面に沿った冷却水流を伴って前記仕切筒体内を循環する第1の循環流を生じさせ、前記下段冷却水管群は、前記ダクト筒体の側面に接続され、前記下段冷却水管群から供給される冷却水と前記仕切筒体からの排水によって、前記ダクト筒体内を循環する第2の循環流を生じさせ、前記搬送装置は、前記水流制御容器の下方に設けられ、前記冷却水槽内から前記冷却水槽の外に前記粒鉄を搬送するコンベアと、前記冷却水槽内の前記コンベアの上方に設けられ、前記コンベアによって搬出される前記粒鉄を冷却する冷却水を供給する冷却水供給装置とを有する、粒鉄製造装置。

[2] 前記冷却水管群から前記水流制御容器に供給される冷却水量を制御する制御装置を有し、前記制御装置は、前記冷却水管群から供給される冷却水量が、前記中段冷却水管群、前記上段冷却水管群、前記下段冷却水管群の順に少なくなるように制御する、[1]に記載の粒鉄製造装置。

[3] 前記冷却水供給装置は、前記コンベア上の前記粒鉄の上方の領域に前記冷却水を供給し、前記コンベアの搬送方向に沿って設けられる冷却水本管と、前記搬送方向に並んで前記冷却水本管とそれぞれ接続され、前記コンベアの幅方向に延在し、前記幅方向に少なくとも1つの供給口が設けられる

複数の冷却水ヘッダ管とを有する、〔1〕又は〔2〕に記載の粒鉄製造装置。

〔4〕前記上段冷却水管群及び／又は前記中段冷却水管群が前記傾斜面に接続する接続部の上側を覆う突出部を有する、〔1〕に記載の粒鉄製造装置。

〔5〕前記突出部の断面形状は、上方から下方に向けて広がる逆V字形状又は逆U字形状である、〔4〕に記載の粒鉄製造装置。

〔6〕前記上段冷却水管群が前記傾斜面に接続する接続部の上側を覆う保護カバーを有し、前記保護カバーの上端部は閉じられている、〔1〕、〔4〕及び〔5〕のいずれかに記載の粒鉄製造装置。

〔7〕前記保護カバーの断面形状は、上方から下方に向けて広がる半円又は半楕円形状である、〔6〕に記載の粒鉄製造装置。

〔8〕前記供給口は、短辺の長さが3mm以上の長方形のスリットである、〔3〕に記載の粒鉄製造装置。

発明の効果

[0013] 本発明の粒鉄製造装置では、仕切筒体内に下方から上方に向かう冷却水の第1の循環流を生じさせ、さらに、ダクト筒体内に冷却水の下方から上方に向かう第2の循環流を生じさせ、当該循環流で粒鉄を冷却する。これにより、仕切筒体内及びダクト筒体内の粒鉄の冷却効率が高まり、粒鉄冷却時に粒鉄同士が融着し、合体することが抑制される。さらに、本発明の粒鉄製造装置では、粒鉄が積み重ねられ、粒鉄が密集しやすい搬送装置において、搬送される粒鉄の上方に冷却水を供給して粒鉄冷却する。これにより、粒鉄が集められる搬送装置上の限られた領域の冷却水を入れ替えることで粒鉄を効率的に冷却でき、搬送装置で搬送中の粒鉄同士の融着、合体を抑制できる。

[0014] このように本発明の粒鉄製造装置は粒鉄の冷却効率を高めて粒鉄を製造できるので、冷却水の使用量を少なくできる。さらに、粒鉄の冷却効率が高いことから、当該製造装置の粒鉄の冷却能を同じとしたら、よりコンパクトな装置となって設備の大型化を抑制できるようになり、当該製造装置の大きさを同じとしたら、より多くの粒鉄を製造できる装置となる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]図 1 は、本実施形態に係る粒鉄製造装置の断面模式図である。
- [図2]図 2 は、冷却水管群が接続している部分の水流制御容器の断面模式図である。
- [図3]図 3 は、仕切筒体及びダクト筒体内に生じる循環流を説明する断面模式図である。
- [図4]図 4 は、搬送装置の一部を示す模式図である。
- [図5]図 5 は、本実施形態に係る粒鉄製造装置に用いられる別の水流制御容器を示す断面模式図である。
- [図6]図 6 は、突出部が設けられた給水口を水平方向から見た模式図である。
- [図7]図 7 は、本実施形態に係る粒鉄製造装置に用いられる別の水流制御容器を示す断面模式図である。
- [図8]図 8 は、保護カバーが設けられた給水口を水平方向から見た模式図である。
- [図9]図 9 は、発明例 1 及び発明例 2 のシミュレーション条件を示す図である。
- [図10]図 10 は、比較例 1 及び比較例 2 のシミュレーション条件を示す図である。
- [図11]図 11 は、発明例 1 及び発明例 2 のシミュレーション結果を示す図である。
- [図12]図 12 は、発明例 1 における各冷却水管群から供給された冷却水の流れを示す斜視模式図である。
- [図13]図 13 は、比較例 1 及び比較例 2 のシミュレーション結果を示す図である。
- [図14]図 14 は、給水口への粒鉄の侵入の有無を確認した結果を示す図である。
- [図15]図 15 は、シミュレーションに用いた粒鉄製造装置の模式図である。
- [図16]図 16 は、冷却水供給装置から空間に冷却水を供給したときの空間内

の水温をシミュレートした結果を示す図である。

[図17]図17は、コンベア上の粒鉄温度をシミュレートした結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明を発明の実施形態を通じて説明する。以下の実施形態は、本発明の好適な一例を示すものであり、これらの実施形態によって、本発明は何ら限定されるものではない。

[0017] 図1は、本実施形態に係る粒鉄製造装置70の断面模式図である。粒鉄製造装置70は、溶鉄や溶鋼などの溶鉄を液滴化させた状態で冷却して凝固させて、粒状の鉄材である粒鉄を製造する装置である。粒鉄製造装置70は、溶鉄を液滴とする粒化装置10と、冷却水槽20と、水流制御容器30と、冷却水管群40と、搬送装置50とを有する。

[0018] 粒化装置10は、溶鉄60を収容し、底部に溶鉄吐出用のノズル16を備えたタンディッシュ12（溶鉄桶など）と、ノズル16から吐出されて流下する溶鉄の液柱62を衝突させる溶鉄受け盤14とを有する。溶鉄受け盤14は、円盤状の耐火物で構成され、支持体18に支持される。ノズル16から流下した溶鉄の液柱62は溶鉄受け盤14に衝突してその周囲に溶鉄60の液滴64が飛散する。

[0019] 溶鉄60の液滴64が大きくなると、熱容量が大きくなって凝固に時間がかかり、高温のまま溶鉄60が水流制御容器30内で互いに融着して合体し、大きな塊となり搬送装置50で搬送しにくくなるおそれがある。このため、粒化装置10は、溶鉄60を冷却後の粒鉄66の最大長さが50mm以下になる液滴64にすることが好ましい。溶鉄60は、粒化装置10で液滴64とされ、冷却水24に落下する。さらに、粒化装置10では、水流制御容器30が設けられた領域に液滴64が落下するようにタンディッシュ12からの溶鉄60の流下量が制御される。

[0020] 冷却水槽20は、冷却水24と水流制御容器30を収容する。水流制御容器30は、冷却水槽20に収容される冷却水24の中に設置される。冷却水

槽 20 内に收容される冷却水 24 は、水流制御容器 30 から排水された冷却水 24 が含まれてよい。冷却水槽 20 内に收容される冷却水 24 は、冷却水槽 20 の冷却水面が一定になるように、供給される冷却水量と同じ量の冷却水 24 が排水口 22 から排水される。大容量の冷却水槽 20 を用いることによって、冷却水面を制御することが容易になり、粒鉄製造装置 70 による粒鉄の製造が安定する。

[0021] 水流制御容器 30 は、冷却水槽 20 内であって、粒化装置 10 で液滴 64 とされた溶鉄 60 を受け入れる位置に設けられる。水流制御容器 30 は、内部に收容した冷却水 24 で液滴 64 を冷却、凝固させて粒鉄 66 とする。

[0022] 水流制御容器 30 は、水平断面積が下方に向けて狭くなるように傾斜した傾斜面 34 を有する仕切筒体 32 と、仕切筒体 32 の下方に接続されるダクト筒体 35 とを有する。仕切筒体 32 の上端部には液滴 64 を受ける投入口 33 が設けられ、ダクト筒体 35 の下端部には粒鉄 66 を排出する排出口 36 が設けられる。すなわち、水流制御容器 30 は、上下端が開口されている。傾斜面 34 は、水流制御容器 30 の内側に形成されればよく、水流制御容器 30 の外側の形状は特に限定しない。傾斜面 34 の水平面に対する傾斜角度は粒鉄 66 を滞留させないなどの観点から 40°～60° の範囲内の角度にすることが好ましい。図 1 に示した例では、仕切筒体 32 の上端側に円筒部を有さない例を示したが、仕切筒体 32 の上端側に円筒部が設けられていてもよい。

[0023] 本実施形態では、水流制御容器 30 によって形成される粒鉄 66 の冷却領域を冷却領域 A とする。このように水流制御容器 30 によって形成される冷却領域 A を設けることで下記 (1)、(2) の効果が得られる。

(1) 冷却領域 A に冷却水 24 を集中して導入することで、粒鉄 66 を効率的に冷却できる。

(2) 仕切筒体 32 内で生成させた粒鉄 66 を傾斜面 34 で 1 箇所に集められるので、粒鉄 66 の回収が容易になる。

[0024] 冷却水管群 40 は、不図示の熱交換機やクーリングタワー等の冷却設備に

よって0℃以上35℃以下に冷却された冷却水24が通る水管群である。冷却水管群40から水流制御容器30の仕切筒体32内に冷却水24を供給すると、冷却水24は、開口が大きい上方に向かって流れようとする。したがって、仕切筒体32の下方から筒芯に向けて冷却水を供給すると、仕切筒体32内の筒芯で合流して上昇する。一方、仕切筒体32の上方から下方に向けて傾斜面34に沿うように冷却水24を供給すると、仕切筒体32内の筒芯で合流して上昇した冷却水24は、仕切筒体32の投入口33から冷却水槽20内に流出せず、投入口33付近で周方向に広がる。この周方向に広がった冷却水24によって、仕切筒体32の傾斜面34を下降する冷却水流を伴う第1の循環流が生じる。この第1の循環流を生じさせることで、粒鉄66を向流で冷却できるとともに、仕切筒体32内のよどみ領域を少なくすることができる。冷却水管群40は、仕切筒体に接続する上段冷却水管群44及び中段冷却水管群46と、ダクト筒体35に接続する下段冷却水管群48とを有する。

[0025] 中段冷却水管群46は、仕切筒体32の上下方向の中央から下方650mmまでの範囲の傾斜面34の中段に、仕切筒体32の筒芯に向けて水平に接続される。中段冷却水管群46から仕切筒体32内に冷却水24を供給すると、冷却水24は、仕切筒体32の筒芯に向かい、当該筒芯で合流して上昇する。当該筒芯で合流して上昇した冷却水24は、仕切筒体32の上端で周方向に広がり、傾斜面34に沿って下降するように流れ、第1の循環流が形成される。中段冷却水管群46から供給される冷却水24は第1の循環流の一部を形成する。

[0026] 中段冷却水管群46から供給される冷却水量は、 $1500\text{ m}^3/\text{h}$ 以上 $3900\text{ m}^3/\text{h}$ 以下であることが好ましい。冷却水量が $1500\text{ m}^3/\text{h}$ よりも少ないと、仕切筒体32の筒芯での強く安定した上昇流が生じにくくなるので好ましくない。冷却水量が $3900\text{ m}^3/\text{h}$ よりも多いと、第1の循環流から外れて、仕切筒体32の投入口33から冷却水槽20に流出する冷却水24が発生するので好ましくない。

- [0027] 中段冷却水管群46から供給される冷却水24の流速は、 1.8 m/s 以上 2.2 m/s 以下であることが好ましい。中段冷却水管群46から供給される冷却水24の流速が 1.8 m/s よりも遅いと、冷却水24が仕切筒体32の筒芯に到達するまでに減速してしまい、強く安定した上昇流が生じにくくなるので好ましくない。中段冷却水管群46から供給される冷却水24の流速が 2.2 m/s よりも速いと、冷却水管41での圧力損失が高くなり、ポンプ等の大規模な送水設備が必要となるので好ましくない。
- [0028] 上段冷却水管群44は、仕切筒体32の上端を含む傾斜面34の上段に接続される。上段冷却水管群44は、仕切筒体32の上端の周縁に所定の間隙を有するスリット42と、仕切筒体32の上段の傾斜面34に給水口43を含む仕切筒体32の上段部分を覆い、スリット42および給水口43に冷却水を供給する給水ジャケット45に接続される。上段冷却水管群44は、仕切筒体32の上端から下方 1000 mm までの範囲の仕切筒体32の上端を含む傾斜面34に接続される。
- [0029] スリット42と給水口43から供給される冷却水24の流速は 0.1 m/s 以上 0.7 m/s 以下であることが好ましい。この範囲内の流速で、スリット42と給水口43から仕切筒体32内に冷却水24を供給すると、冷却水24は、仕切筒体32の筒芯に向けて流れずに、傾斜面34の上端から下方に向かって傾斜面34に沿って流れる。これにより、上段冷却水管群44から供給される冷却水24は、第1の循環流の1部を形成するようになり、第1の循環流が安定化される。上段冷却水管群44から供給される冷却水量は、 $700\text{ m}^3/\text{h}$ 以上 $3000\text{ m}^3/\text{h}$ 以下であることが好ましい。上段冷却水管群44から供給される冷却水量が $700\text{ m}^3/\text{h}$ よりも少ないと、第1の循環流を安定化できなくなるおそれが生じるので好ましくない。上段冷却水管群44から供給される冷却水量が $3000\text{ m}^3/\text{h}$ よりも多いと、第1の循環流を安定化する効果は飽和し、粒鉄66の冷却にも寄与せずに、傾斜面34に沿って下降し、仕切筒体32の下端の排水口22から排水されるだけなので好ましくない。スリット42と給水口43から供給される冷却水量の配

分は、6 : 4 であることが好ましい。

- [0030] 下段冷却水管群48は、ダクト筒体35の側面に少なくとも1組の水管がダクト筒体35の筒芯にむけて対向して水平に接続される。下段冷却水管群48からダクト筒体35内に冷却水24を供給すると、冷却水24は、ダクト筒体35の筒芯に向かい、当該筒芯で合流して上昇し、ダクト筒体35内を循環する第2の循環流を生じさせる。
- [0031] 下段冷却水管群48から供給される冷却水量は、 $250\text{ m}^3/\text{h}$ 以上 $750\text{ m}^3/\text{h}$ 以下であることが好ましい。下段冷却水管群48から供給される冷却水量が $250\text{ m}^3/\text{h}$ よりも少ないと、ダクト筒体35内の第2の循環流が生じにくく、水温の高いよども領域を生じさせるおそれが生じるので好ましくない。下段冷却水管群48から供給される冷却水量が $750\text{ m}^3/\text{h}$ より多いと、仕切筒体32の下端からの排水を阻害してしまうので好ましくない。
- [0032] 下段冷却水管群48から供給される冷却水24の流速は $0.5\text{ m}/\text{s}$ 以上 $1.0\text{ m}/\text{s}$ 以下であることが好ましい。ダクト筒体35内に供給される冷却水24の流速が $0.5\text{ m}/\text{s}$ よりも遅いと、ダクト筒体35内を攪拌する効果が低くなるので好ましくない。ダクト筒体35内に供給される冷却水24の流速が $1.0\text{ m}/\text{s}$ よりも速いと、ダクト筒体35の下端と搬送装置50との隙間からの漏水が増加するので好ましくない。
- [0033] 図2は、冷却水管群が接続している部分の水流制御容器30の断面模式図である。図2(a)は、上段冷却水管群44が接続している部分の水流制御容器30の断面模式図であり、図2(b)は中段冷却水管群46が接続している部分の水流制御容器30の断面模式図である。図2(c)は、下段冷却水管群48が接続している部分の水流制御容器30の断面模式図である。
- [0034] 上段冷却水管群44は、図2(a)に示すように、2本の冷却水管41で構成される。冷却水24は、2本の冷却水管41から給水ジャケット45に供給され、給水ジャケット45で環状のスリット42及び仕切筒体32の傾斜面34に放射状に配置された16個の給水口43に分配される。冷却水24は、環状のスリット42及び16個の給水口43から仕切筒体32内に供

給される。中段冷却水管群46は、仕切筒体32の筒芯に向けて水平に配置される4本の冷却水管41によって構成される。冷却水24は、4本の冷却水管41から仕切筒体32内に供給される。下段冷却水管群48は、4本の冷却水管41によって構成される。4本のうち、2本の冷却水管41がダクト筒体35の筒芯に向けて対向して水平に配置され、他の2本の冷却水管41はダクト筒体の側面に配置される。冷却水24は、4本の冷却水管41からダクト筒体35内に供給される。このように、本実施形態に係る粒鉄製造装置70では、計10本の冷却水管41によって、仕切筒体32内及びダクト筒体35内に冷却水が供給される。図2に示した例ではダクト筒体35の断面形状が4角形である例を示したが、これに限らず、ダクト筒体35の断面形状は円形であってもよい。

[0035] 図3は、仕切筒体32及びダクト筒体35内に生じる循環流を説明する断面模式図である。第1の循環流B1は、仕切筒体32内を循環する循環流である。中段冷却水管群46から供給された冷却水24が筒芯で合流し、強い上昇流が形成される。この強い上昇流は、投入口33付近で周縁部へと広がる。周縁部に広がった水流は、傾斜面34に沿って下降する下降流となる。当該下降流は、スリット42及び給水口43からの冷却水流と合流し、これら冷却水流による整流作用により、傾斜面34に沿って下方に流れ、ダクト筒体35と接続する下端から排出される。仕切筒体32内の第1の循環流B1により、冷却領域Aにおける中段から上段に渡る領域の水温を50℃前後の適切な水温に維持できる。仕切筒体32の筒芯部に生じる強い上昇流は、投入口33から投入されて下降する粒鉄66に対して向流になるので、高い冷却効率で粒鉄66を冷却できる。

[0036] 第2の循環流B2は、ダクト筒体35内に生じる循環流である。仕切筒体32の下端からの排水は下段冷却水管群48からの水温の低い吐出流と合流して攪拌され、これによりダクト筒体35内に循環流が生じる。これにより、仕切筒体32により集められた粒鉄を効率的に冷却できる。

[0037] このように、仕切筒体32内の第1の循環流B1とダクト筒体35内の第

2の循環流B2を生じさせることで、仕切筒体32及びダクト筒体35内の冷却水が攪拌され、仕切筒体32内及びダクト筒体35内におけるよどみ領域の生成が抑制される。これにより、仕切筒体32及びダクト筒体35内の冷却水24の局所的な温度上昇が抑制されて粒鉄66を効率的に冷却できるようになる。この結果、粒鉄66が十分に冷却されずに粒鉄同士が融着し、合体することが抑制される。

[0038] 仕切筒体32の筒芯に生じる上昇流は、投入口33から投入されて落下する粒鉄66に対向する冷却水流となるので高い冷却効率を得られる。この上昇流を好適に形成させるため、中段冷却水管群46から供給される全冷却水量は、上段冷却水管群44から供給される全冷却水量よりも多くすることが好ましい。

[0039] 仕切筒体32の傾斜面34の上段に接続される上段冷却水管群44から供給される冷却水流は、傾斜面34に沿って下降するので、仕切筒体32の傾斜面34の中段に接続される中段冷却水管群46からの吐出流と衝突する。このため、中段冷却水管群46から供給される冷却水量よりも上段冷却水管群44から供給される冷却水量の方が多いと、当該冷却水の水流によって中段冷却水管群46からの吐出される水流が弱まり、第1の循環流B1が形成されにくくなる懸念が生じる。よって、中段冷却水管群46から供給される全冷却水量は、上段冷却水管群44から供給される全冷却水量よりも多くすることが好ましい。さらに、中段冷却水管群46から供給される全冷却水量は、上段冷却水管群44から供給される全冷却水量の約4倍であることがより好ましい。

[0040] ダクト筒体35に接続する下段冷却水管群48から供給される全冷却水量は、上段冷却水管群44から供給される全冷却水量よりも少量であることが好ましい。下段冷却水管群48から供給される全冷却水量が上段冷却水管群44から供給される全冷却水量よりも多くなると、仕切筒体32の下端からのダクト筒体35への排水が阻害され、仕切筒体32内の温度を逆に上昇させてしまう懸念が生じる。したがって、下段冷却水管群48から供給される

全冷却水量は、上段冷却水管群 4 4 から供給される全冷却水量よりも少量であることが好ましい。さらに、下段冷却水管群 4 8 から供給される全冷却水量は、上段冷却水管群 4 4 から供給される全冷却水量の約 $1/2$ であることがより好ましい。

[0041] 第 1 の循環流 B 1 を好適に生成させ、且つ、仕切筒体 3 2 内の温度を逆に上昇させてしまうことを抑制するために、各冷却水管群から供給される全冷却水量を、中段冷却水管群 4 6、上段冷却水管群 4 4、下段冷却水管群 4 8 の順に少なくすることが好ましい。このように、各冷却水管群から供給される全冷却水量を上記の通り制御することが好ましい。このため、本実施形態に係る粒鉄製造装置 7 0 は、上段冷却水管群 4 4、中段冷却水管群 4 6 及び下段冷却水管群 4 8 から供給される全冷却水量を制御する制御装置をさらに有することが好ましい。当該制御装置は、汎用コンピュータによって構成され、不図示の熱交換機やクーリングタワー等の冷却設備を制御して各冷却水管群に送りこむ冷却水 2 4 の供給水量を制御する。

[0042] 水流制御容器 3 0 内で冷却された粒鉄 6 6 は、水流制御容器 3 0 の下部に設けられた排出口 3 6 から排出される。排出された粒鉄 6 6 は、搬送装置 5 0 によって冷却水槽 2 0 の外に搬送される。

[0043] 図 4 は、搬送装置 5 0 の一部を示す模式図である。図 4 (a) は、搬送装置 5 0 の一部を示す側面断面模式図である。図 4 (b) は水流制御容器 3 0 および搬送装置 5 0 の一部を示す上面模式図である。搬送装置 5 0 は、排出口 3 6 から排出された粒鉄 6 6 を冷却水槽 2 0 の外に搬送する。搬送装置 5 0 は、粒鉄 6 6 を冷却水槽 2 0 の外に搬送するコンベア 5 2 と、コンベア 5 2 の上方に設けられる冷却水供給装置 5 4 とを備える。

[0044] 排出口 3 6 から排出された粒鉄 6 6 は、コンベア 5 2 上に積み重ねられる。コンベア 5 2 は、積み重ねられた粒鉄 6 6 を冷却水槽 2 0 の外に搬送する。粒鉄 6 6 の搬送とともに冷却水が冷却水槽 2 0 の外に搬送されないように、コンベア 5 2 はメッシュコンベアであることが好ましい。

[0045] 冷却水供給装置 5 4 は、コンベア 5 2 の搬送方向に沿って設けられる冷却

水本管56と、複数の冷却水ヘッダ管57とを備える。冷却水本管56は、熱交換機やクーリングタワー等の冷却設備によって冷却された冷却水を冷却水ヘッダ管57に供給する水管である。冷却水ヘッダ管57は、コンベア52の幅方向に延在する水管である。冷却水ヘッダ管57には、当該幅方向に複数の長方形のスリット58が設けられており、当該スリット58から冷却水が供給される。長方形のスリット58は供給口の一例である。供給口は、幅方向に延在する冷却水ヘッダ管57の長手方向の長さと同じ長さの長方形のスリットであってもよく、当該長手方向に配列された複数の円管ノズルであってもよい。すなわち、供給口は、コンベア52の幅方向の少なくとも1つ設けられていればよい。

[0046] 長方形のスリット58は、冷却水に混入するスラッジによる詰まりが発生しづらい大きさにすることが好ましい。冷却水に混入するスラッジの大きさは1~2mm程度であるので、スリット58の短辺の長さは3mm以上であることが好ましい。スリット58の長辺の長さは冷却水の供給速度 $2\sim 3\text{ m/sec}$ が確保できるような長さに定めればよい。

[0047] 複数の冷却水ヘッダ管57は、コンベア52の搬送方向に並んで設けられ、冷却水本管56とそれぞれが接続される。冷却水ヘッダ管57のスリット58から冷却水が供給される空間59は、コンベア52上の粒鉄66の上方であって、コンベア52と冷却水供給装置54とに挟まれる領域である。当該領域には水流制御容器30から排出された粒鉄66を冷却することで高温となった冷却水が滞留している。このため、冷却水供給装置54を用いて、空間59に冷却水を供給することで空間59に冷却水の対流を生じさせて、高温となった冷却水を当該空間59から排除する。これにより、コンベア52によって搬送される粒鉄66の周囲の冷却水の水温を低い状態に保つことができ、コンベア52上に積み重ねられた粒鉄66が冷却され、粒鉄66の表面温度が復熱により上昇して粒鉄66同士が融着、合体することを抑制できる。

[0048] コンベア52上に集められた粒鉄66を、コンベア52の上方の限られた

領域に冷却水を供給して冷却できるので、冷却水槽 20 全体の冷却水を対流させる必要がなく、少量の冷却水で効率的に粒鉄 66 を冷却できる。

[0049] 排出口 36 から排出される粒鉄 66 の表面温度は 800℃前後であるので、粒鉄 66 の表面は蒸気膜によって覆われている。粒鉄 66 に低温の冷却水を直接噴射し、蒸気膜が破れて低温の冷却水が粒鉄 66 の表面に直接接触すると、爆発的な沸騰である水蒸気爆発が起きる場合がある。このため、粒鉄 66 を安定的に冷却するには、粒鉄 66 に低温の冷却水を直接噴射せず、粒鉄 66 の周囲の冷却水の温度を 40℃～65℃の範囲に維持することが好ましく、さらに 45～60℃の範囲とするのがより好ましい。水温が 65℃を超えると水が沸騰しやすくなるので、高温物体周囲に蒸気膜が維持されやすく膜沸騰になりやすく、粒鉄の冷却能力が著しく低下する。40℃を下回ると粒鉄 66 の表面を覆う蒸気膜が不安定になり、水蒸気爆発が発生する懸念が生じるので好ましくない。

[0050] 冷却水供給装置 54 には、コンベア 52 の幅方向に複数のスリット 58 が設けられた冷却水ヘッダ管 57 を、コンベア 52 の搬送方向に離間させて複数設けている。このように、コンベア 52 の搬送方向に沿って複数設けた冷却水ヘッダ管 57 の多数のスリット 58 から冷却水を空間 59 に供給する。これにより、それぞれのスリット 58 から供給される冷却水の水量を少なくして冷却水が粒鉄 66 に直接噴射されることを抑制しつつ、空間 59 に冷却水の対流を生じさせることができる。

[0051] 長方形のスリット 58 から供給される冷却水の供給速度は 2 m / s e c 以上 3 m / s e c 以下の範囲内であることが好ましい。冷却水の供給速度を 2 m / s e c 以上 3 m / s e c 以下の範囲内にすることで、冷却水ヘッダ管 57 および冷却水本管 56 での圧力損失が大きくなることを抑制できるとともに、空間 59 に冷却水の対流を生じさせて、高温となった冷却水を空間 59 から排除できる。

[0052] 冷却水ヘッダ管 57 から供給される冷却水量は、粒鉄 66 が搬送装置 50 によって搬送されて冷却水槽 20 の外に搬出されるまでの時間に、少なくとも

も空間59の体積に相当する体積の10倍程度の冷却水を供給できればよい。この冷却水の供給量は、後述するシミュレーション結果から求められる。

[0053] 冷却水ヘッダ管57同士の間隔を、冷却水ヘッダ管57とコンベア52上を搬送される粒鉄66との間隔と同程度の長さにすることが好ましい。これにより、冷却水ヘッダ管57同士の間に冷却水が滞留することが抑制され、空間59の冷却水温を均等に下げることができる。冷却水ヘッダ管57から供給される冷却水の水温は30℃以上45℃以下の範囲内であることが好ましい。冷却水ヘッダ管57から供給される冷却水の水温が30℃を下回り、供給された冷却水が粒鉄66の表面に直接接触した場合には、爆発的な沸騰現象である水蒸気爆発の発生する懸念が生じるので好ましくない。冷却水の水温が45℃を超えると、粒鉄66の冷却効果が低下するので好ましくない。

[0054] 図5は、本実施形態に係る粒鉄製造装置に用いられる別の水流制御容器80を示す断面模式図である。図5に示した水流制御容器80において、図1に示した水流制御容器30と同じ構成には同じ参照番号を付し、その説明を省略する。図5に示した水流制御容器80は、突出部90を有する点において図1に示した水流制御容器30と異なる。

[0055] 仕切筒体32の傾斜面34に冷却水24を供給する給水口43を設けると、傾斜面34に沿って落下する粒鉄66が給水口43に侵入し、給水口43を閉塞させてしまう懸念が生じる。このため、給水口43及び／又は中段冷却水管群46の傾斜面との接続部の上側を覆う突出部90を設けることが好ましい。ここで、給水口43及び中段冷却水管群46の接続部の上側を覆うとは、上面視において給水口43や中段冷却水管群46の接続部が隠れる位置まで突出部90を設けることを意味する。突出部90は、供給される冷却水24の流れを阻害しないように、仕切筒体32内に向けて傾斜面34から水平方向に突出するように設けることが好ましい。

[0056] 図6は、突出部が設けられた給水口43を水平方向から見た模式図である。図6(a)は、逆V字形の突出部90を示し、図6(b)は、逆U字形の突出部91を示す。図6(a)に示すように突出部90の断面形状は上方に

突き出し、下方に向けて広がるように傾斜した逆V字形状であることが好ましい。突出部90の断面形状を逆V字形状にすることで、突出部90の上面に粒鉄66が堆積することを抑制しながら、給水口43への粒鉄66の侵入を抑制できる。

[0057] 突出部90に変えて、断面形状が逆U字形状の突出部91を設けてもよい。このように断面形状が逆U字形状の突出部91を設けることで、突出部91の上面に粒鉄66が堆積することを抑制しながら、給水口43への粒鉄66の侵入を抑制できる。

[0058] 図7は、本実施形態に係る粒鉄製造装置に用いられる別の水流制御容器82を示す断面模式図である。図7に示した水流制御容器82において、図5に示した水流制御容器80と同じ構成には同じ参照番号を付し、その説明を省略する。図7に示した水流制御容器82は、保護カバー92を有する点において図5に示した水流制御容器80と異なる。

[0059] 上述したように、給水口43を設けると、傾斜面34に沿って落下する粒鉄66が給水口43に侵入し、給水口43を閉塞させてしまう懸念が生じる。特に、仕切筒体32の上段の粒鉄66は、まだ熔融状態であるため、給水口43の内側に凝着すると、排除が困難となる。このため、給水口43の上側を覆う保護カバー92を設けることがより好ましい。ここで、給水口43の上側を覆うとは、上面視において給水口43が隠れる位置まで保護カバー92を設けることを意味する。保護カバー92は、給水口43から供給される冷却水24の流れを阻害しないように、給水口43を水平方向から見たときに、給水口43が隠れない位置に保護カバー92を設けることが好ましい。さらに、保護カバー92は、給水口43上方の傾斜面34も、傾斜面34の傾斜方向に沿って覆っている。保護カバー92の上側端部は飛散した液滴64が保護カバー92内に入らないように閉じた構造にすることが好ましく、保護カバー92の傾斜角度は、傾斜面34と同じ角度にすることが好ましい。

[0060] 図8は、保護カバー92が設けられた給水口43を水平方向から見た模式

図である。図 8 に示すように、保護カバー 92 の断面形状は下方に向けて広がる半円又は半楕円形状であることが好ましい。保護カバー 92 の断面形状を半円又は半楕円形状にすることで、保護カバー 92 の上面に粒鉄 66 が堆積することを抑制しながら、給水口 43 への粒鉄 66 の侵入を抑制できる。

[0061] 水流制御容器 80、82 では、給水口 43 に対し突出部 90 又は保護カバー 92 を設けた例を示したがこれに限らず、給水口 43 に対し、突出部 90 及び保護カバー 92 を設けてもよい。このような構成であっても、給水口 43 への粒鉄 66 の侵入を抑制できる。

[0062] 以上説明したように、本実施形態に係る粒鉄製造装置 70 では、仕切筒体 32 内を下方から上方に向かう冷却水 24 の第 1 の循環流 B1 を生じさせ、さらに、ダクト筒体 35 内を下方から上方に向かう冷却水 24 の第 2 の循環流 B2 を生じさせる。本実施形態に係る粒鉄製造装置 70 では、これらの 2 つの循環流で粒鉄 66 を冷却して、溶鉄 60 から粒鉄 66 を製造する。第 1 の循環流 B1 は、粒鉄 66 の降下方向に対して向流となるので、第 1 の循環流 B1 によって粒鉄 66 を効率的に冷却できる。さらに、循環流 B1、B2 によって仕切筒体 32 内及びダクト筒体 35 内が攪拌されるので、仕切筒体 32 及びダクト筒体 35 内におけるよどみ領域の生成が抑制される。これらの結果、粒鉄の冷却効果が高まり、粒鉄冷却時に粒鉄同士が融着し、合体することが抑制される。

[0063] さらに、本実施形態に係る粒鉄製造装置 70 は、冷却水供給装置 54 を備える搬送装置 50 を有するので、粒鉄 66 が集められる搬送装置 50 上の限られた領域の冷却水を入れ替えることで粒鉄 66 を効率的に冷却できる。このように粒鉄 66 を冷却することで、コンベア 52 によって搬送される粒鉄 66 同士の融着、合体を抑制できる。さらに、冷却水による粒鉄 66 の冷却効率も高められるので、冷却水の使用量を少なくできるとともに設備の大型化も抑制できる。

実施例

[0064] [実施例 1]

次に、実施例1として本実施形態に係る粒鉄製造装置による粒鉄冷却効果を確認したシミュレーションの結果を説明する。図1に示した冷却水槽20内に配置される水流制御容器30と同じ構成の冷却水供給モデルを作製し、当該モデルを用いて水流制御容器内及びその周囲の冷却水の水温分布をシミュレートした。仕切筒体内の水中及び傾斜面上における粒鉄の落下速度及び熱量は、事前に実施した実験により実測して、仕切筒体内及びダクト筒体内における粒鉄の位置分布及び発熱量をモデル化した。

[0065] シミュレーション結果において、仕切筒体内、ダクト筒体内及び周囲の冷却水温が70℃以下であり、さらに粒鉄が搬送装置上に堆積したとき温度が650℃以下まで冷却されていれば、粒鉄を効果的に冷却できていると判断した。

[0066] 図9は、発明例1及び発明例2のシミュレーション条件を示す図である。図10は、比較例1及び比較例2のシミュレーション条件を示す図である。発明例1、発明例2、比較例1及び比較例2の冷却水供給モデルを、図9及び図10に示す配管レイアウト、配管本数、冷却水の流量配分及び配管径（呼び径（A））に設定してシミュレーションを実施した。発明例1の冷却水管レイアウトは、図2に示した水流制御容器30の冷却水管レイアウトと同じである。

[0067] 発明例2の冷却水管レイアウトは、上段冷却水管群の給水ジャケットに接続される冷却水管が1本となり、下段冷却水管群のダクト筒体の側面に接続される水管が、発明例1よりも1本少ないこと以外は、発明例1の冷却水管レイアウトと同じである。発明例2では、中段冷却水管群から供給する全冷却水量を、発明例1の約40%とし、上段冷却水管群から供給する冷却水の水量を発明例1の3倍とし、冷却水管群から供給される全冷却水量は発明例1と同じとして、冷却水の流量配分を変更したモデルとした。

[0068] 比較例1では、上段冷却水管群、下段冷却水管群をなくし、中段冷却水管群のみで冷却水を供給するモデルとした。比較例2は、中段冷却水管群、下段冷却水管群の配管本数を発明例1の半分以下として、供給する冷却水の水

量を半減させ、上段冷却水管群から供給する冷却水の水量を発明例 1 の 2 倍とし、冷却水の流量配分を変更したモデルとした。中段冷却水管群の 2 本の配管は、仕切筒体の水平断面の中心に対して点对称となる位置の傾斜面に、それぞれの冷却水管の中心軸が平行になるように接続した。

[0069] 発明例 1、発明例 2、比較例 1、比較例 2 に共通する他のシミュレーションの条件は以下の通りである。

- (1) 溶鉄の温度：1500℃
- (2) タンディッシュからの溶鉄の流出速度：450 t o n / h
- (3) 冷却水の水温：35℃
- (4) 仕切筒体の傾斜面の傾斜角度：56°
- (5) 仕切筒体の排出口径：φ1560 mm
- (6) 仕切筒体の高さ：3300 mm
- (7) 仕切筒体の傾斜面の高さ：3291 mm (斜面の長さ：3970 mm)

[0070] 図 11 は、発明例 1 及び発明例 2 のシミュレーション結果を示す図である。図 11 の発明例 1 に示すように、水流制御容器内の冷却水温は 52～69℃になり、目標とする 70℃以下を達成した。さらに粒鉄が搬送装置上に堆積したときの温度は最大で 550℃であり、粒鉄温度の目標の 650℃以下も達成した。

[0071] 図 12 は、発明例 1 における各冷却水管群から供給された冷却水の水流を示す斜視模式図である。図 12 (a) は、上段冷却水管群から供給された冷却水の水流を示す斜視模式図である。図 12 (b) は、中段冷却水管群から供給された冷却水の水流を示す斜視模式図である。図 12 (c) は、下段冷却水管群から供給された冷却水の水流を示す斜視模式図である。図 12 (a)、(b) に示すように、発明例では、仕切り筒体内に第 1 の循環流が生じていることが確認された。図 12 (c) から、発明例では、ダクト筒体内に第 2 の循環流が生じていることが確認された。

[0072] 再び、図 11 を参照すると、発明例 2 では、中段冷却水管群からの冷却水

量を40%に低減したものの筒芯での上昇流が生じた。そして、上段冷却水管群から仕切筒体の傾斜面に沿って下降する強い水流が、特に給水ジャケットに冷却水管が接続された側（紙面の右側）に生じた。これにより、第1の循環流が安定化されて冷却水が攪拌され、水流制御容器内の冷却水温は70℃以下に維持され、目標とする70℃以下を達成した。さらに粒鉄が搬送装置上に堆積したときの温度は最大で646℃であり、粒鉄温度の目標の650℃以下も達成した。発明例1と発明例2の粒鉄が搬送装置上に堆積したときの温度を比較すると、中段冷却水管群から供給される全冷却水量を上段冷却水管群から供給される全冷却水量よりも多くした発明例1の方が約100℃低かった。この結果から、中段冷却水管群から供給される全冷却水量を上段冷却水管群から供給される全冷却水量よりも多くすることで、高い冷却効率で粒鉄を冷却できることが確認された。

[0073] 図13は、比較例1及び比較例2のシミュレーション結果を示す図である。図13に示すように、比較例1では、中段冷却水管群から大量の冷却水を供給したので強い上昇流が生じた。当該上昇流によって冷却水が攪拌され、仕切筒体の中央部の冷却水温は70℃以下に維持された。しかしながら、仕切筒体の上部及び下部では冷却水が攪拌されず、当該領域の冷却水に淀みが生じた。これにより、粒鉄が搬送装置上に堆積したときの温度が652℃となり目標の650℃以下を僅かに超過した。

[0074] 比較例2では、中段冷却水管群の2本の配管を仕切筒体の水平断面の中心に対して点对称となる位置の傾斜面に、それぞれの冷却水管の中心軸が平行になるように仕切筒体に冷却水管を接続した。このため、発明例1や比較例1とは異なり、筒芯付近の強い上昇流は発生せず、当該上昇流に代えて、仕切筒体内を旋回しながら上昇する旋回流が生じた。比較例2の仕切筒体内の水温は、発明例1及び比較例1と比較すると低くなった。これは、粒鉄の熱量を奪えていないことを示しており、粒鉄が搬送装置上に堆積したときの温度は最大で700℃となり目標の650℃以下を大幅に超過し、且つ、粒鉄温度のばらつきも460℃～700℃と大きくなった。以上のシミュレーシ

ョン結果により、本実施形態に係る粒鉄製造装置によって粒鉄を効率的に冷却できることが確認された。

[0075] 次に、図5及び図7に示した水流制御容器80、82について、給水口43への粒鉄の侵入の有無を確認した結果を説明する。図14は、給水口43への粒鉄の侵入の有無を確認した結果を示す図である。発明例3は、図5に示した水流制御容器80であり、発明例4は、図7に示した水流制御容器82である。

[0076] 発明例3では、給水口43の上側を覆う突出部90を設けたので、当該突出部90によって給水口43への粒鉄の侵入が抑制された。これにより、粒鉄に閉塞されることなく、給水口43から冷却水24を供給することができ、水流制御容器80を用いて高い冷却効率で粒鉄を冷却し、粒鉄を製造できることが確認された。

[0077] 発明例4では、給水口43の上側を覆う保護カバー92を設けたので、当該保護カバー92によって給水口43への粒鉄の侵入が抑制された。これにより、粒鉄に閉塞されることなく、給水口43から冷却水24を供給することができ、水流制御容器82を用いて高い冷却効率で粒鉄を冷却し、粒鉄を製造できることが確認された。

[0078] [実施例2]

次に、実施例2として、本実施形態に係る粒鉄製造装置70の搬送装置50による粒鉄66の冷却効果を確認したシミュレーションの結果を説明する。図15は、シミュレーションに用いた粒鉄製造装置70の模式図である。図15(a)は、粒鉄製造装置70の斜視図であり、図15(b)は、粒鉄製造装置70の側面模式図である。

[0079] シミュレーションの条件は以下の通りである。

冷却水本管の内径：200A

冷却水本管の長さ：5m

冷却水本管とコンベア上面までの距離：750mm

冷却水ヘッダ管の内径：50A

冷却水ヘッダ管の長さ：1 m

冷却水ヘッダ管とコンベア上の粒鉄までの距離：250 mm

冷却水ヘッダ管同士の距離：250 mm

冷却水ヘッダ管の数：20個

スリットの形状：長方形（3 mm×20 mm）

スリットの同士の間隔：10 mm

1つの冷却水ヘッダ管のスリットの数：30個

冷却水の供給速度：3 m/s

冷却水の水温：35℃

冷却水本管56への冷却水の供給流量：390 m³/h

（5 minの冷却水供給量：33 m³）

コンベアの幅：1 m

コンベアの搬送速度：1 m/min

コンベア上面と冷却水供給装置とに挟まれる空間の容積：3.6 m³

冷却水槽内の初期水温：65℃

粒鉄66の表面温度：700℃

[0080] 図16は、冷却水供給装置54から空間59に冷却水を供給したときの空間59内の水温をシミュレートした結果を示す図である。図16では、コンベア52の上方に設けられた長さ5 mの冷却水供給装置54から水温35℃の冷却水をコンベア52と冷却水供給装置54に挟まれる空間59に供給している。水流制御容器30の排出口36から排出されコンベア52上に積み重なった粒鉄66は、搬送速度1 m/minで5分かけて冷却水槽20の底面から搬送される。冷却水本管56を經由して冷却水ヘッダ管57より供給される冷却水供給量は、粒鉄66が冷却水供給装置54の下を搬送される5分間で、33 m³（冷却水本管56への冷却水の供給流量は390 m³/h）である。これは、コンベア52上面と冷却水供給装置54とに挟まれる空間の容積（3.6 m³）の約10倍である。冷却水供給装置54から空間59に冷却水を供給することで、初期水温が65℃であったコンベア52と冷却水

供給装置 5 4 とに挟まれる空間 5 9 の水温が、5 0 ~ 5 8 °C に低下した。このように、本実施形態に係る粒鉄製造装置 7 0 を用いることで、コンベア 5 2 と冷却水供給装置 5 4 とに挟まれる空間 5 9 の水温を 4 5 °C ~ 6 0 °C の範囲に維持できることが確認された。

[0081] 図 1 7 は、コンベア 5 2 上の粒鉄温度をシミュレートした結果を示す図である。コンベア 5 2 上に 7 0 0 °C の粒鉄 6 6 を模擬した高温の物体 6 6 ' が存在するとして、当該物体 6 6 ' の温度変化をシミュレートした。図 1 7 (a) は冷却前の物体 6 6 ' の温度を示す側面断面図であり、図 1 7 (b) は冷却前の物体 6 6 ' の温度を示す正面断面図である。図 1 7 (c) は冷却水を供給してから 1 0 秒経過後の物体 6 6 ' の温度を示す正面断面図である。

[0082] 図 1 7 に示すように、スリットから冷却水を供給することで、高温の物体 6 6 ' は冷却され、冷却水供給後 1 0 秒後には 7 0 0 °C の高温の物体の表面温度は 4 0 0 °C 付近まで低下した。このように、本実施形態に係る粒鉄製造装置 7 0 を用いることで、粒鉄 6 6 の表面温度を 7 0 0 °C から 4 0 0 °C 付近にまで冷却でき、コンベア 5 2 上に積み重ねられた粒鉄 6 6 が融着、合体することを抑制できることが確認された。

符号の説明

- [0083] 1 0 粒化装置
1 2 タンディッシュ
1 4 溶鉄受け盤
1 6 ノズル
1 8 支持体
2 0 冷却水槽
2 2 排水口
2 4 冷却水
3 0 水流制御容器
3 2 仕切筒体
3 3 投入口

- 3 4 傾斜面
- 3 5 ダクト筒体
- 3 6 排出口
- 4 0 冷却水管群
- 4 1 冷却水管
- 4 2 スリット
- 4 3 給水口
- 4 4 上段冷却水管群
- 4 5 給水ジャケット
- 4 6 中段冷却水管群
- 4 8 下段冷却水管群
- 5 0 搬送装置
- 5 2 コンベア
- 5 4 冷却水供給装置
- 5 6 冷却水本管
- 5 7 冷却水ヘッダ管
- 5 8 スリット
- 5 9 空間
- 6 0 溶鉄
- 6 2 液柱
- 6 4 液滴
- 6 6 粒鉄
- 6 6' 物体
- 7 0 粒鉄製造装置
- 8 0 水流制御容器
- 8 2 水流制御容器
- 9 0 突出部
- 9 1 突出部

9 2 保護カバー

請求の範囲

[請求項1]

溶鉄を液滴とする粒化装置と、前記液滴を冷却水に落下させて冷却して粒鉄とする冷却水槽と、前記粒鉄を前記冷却水槽の外に搬送する搬送装置とを有する粒鉄製造装置であって、

前記冷却水槽内に設けられ、上下端が開口する水流制御容器と、前記水流制御容器内に冷却水を供給する冷却水管群と、を有し、

前記水流制御容器は、水平断面積が下方に向けて狭くなるように傾斜した傾斜面を有する仕切筒体と、前記仕切筒体の下方に接続されるダクト筒体とを有し、

前記冷却水管群は、前記仕切筒体に接続する上段冷却水管群及び中段冷却水管群と、前記ダクト筒体に接続する下段冷却水管群とを有し、

前記上段冷却水管群は、前記仕切筒体の上端を含む傾斜面の上段に接続され、前記上段冷却水管群から供給される冷却水によって、上方から下方に傾斜面に沿った冷却水流を生じさせ、

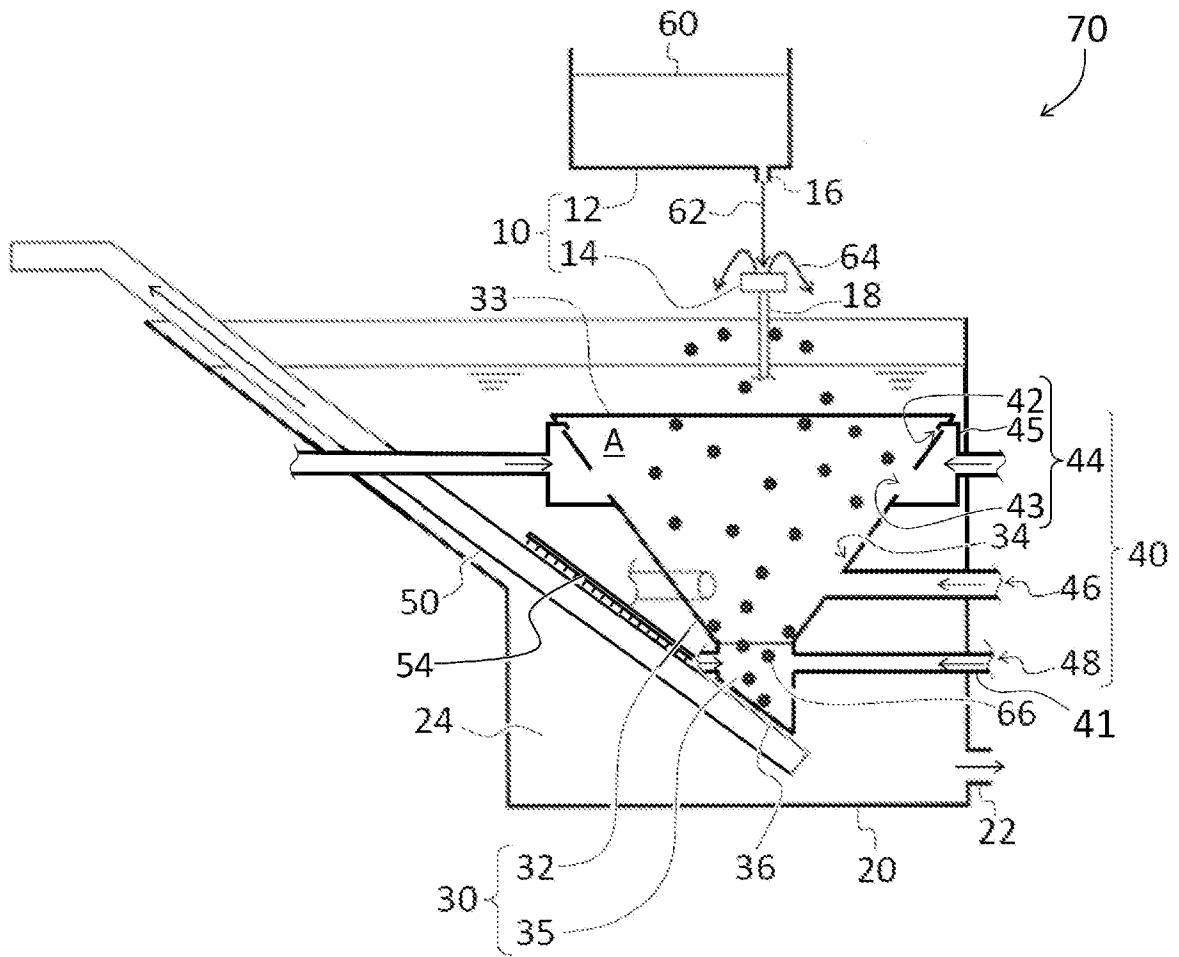
前記中段冷却水管群は、前記仕切筒体の傾斜面の中段に、前記仕切筒体の筒芯に向けて水平に接続され、前記中段冷却水管群から供給される冷却水によって、前記仕切筒体の筒芯に向かい、前記筒芯で合流して上昇し、前記上方から下方に傾斜面に沿った冷却水流を伴って前記仕切筒体内を循環する第1の循環流を生じさせ、

前記下段冷却水管群は、前記ダクト筒体の側面に接続され、前記下段冷却水管群から供給される冷却水と前記仕切筒体からの排水によって、前記ダクト筒体内を循環する第2の循環流を生じさせ、

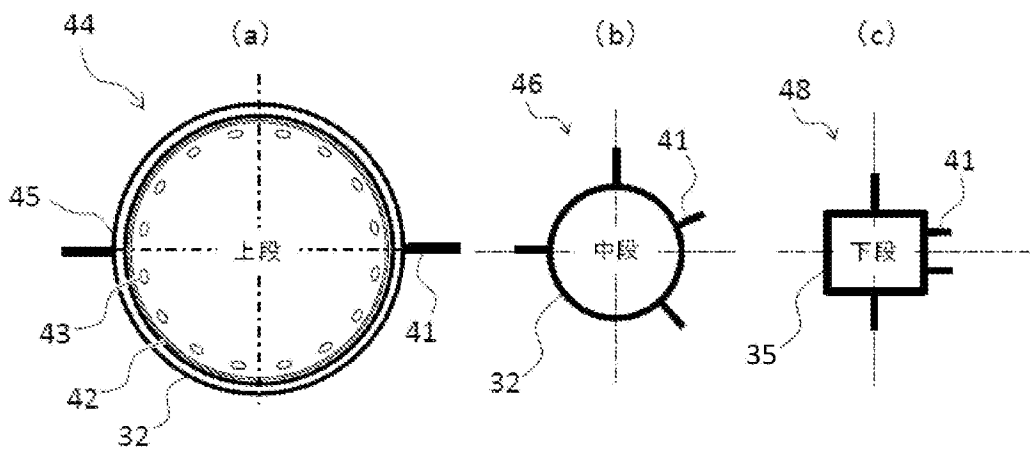
前記搬送装置は、前記水流制御容器の下方に設けられ、前記冷却水槽内から前記冷却水槽の外に前記粒鉄を搬送するコンベアと、前記冷却水槽内の前記コンベアの上方に設けられ、前記コンベアによって搬出される前記粒鉄を冷却する冷却水を供給する冷却水供給装置とを有する、粒鉄製造装置。

- [請求項2] 前記冷却水管群から前記水流制御容器に供給される冷却水量を制御する制御装置を有し、
前記制御装置は、前記冷却水管群から供給される冷却水量が、前記中段冷却水管群、前記上段冷却水管群、前記下段冷却水管群の順に少なくなるように制御する、請求項1に記載の粒鉄製造装置。
- [請求項3] 前記冷却水供給装置は、前記コンベア上の前記粒鉄の上方の領域に前記冷却水を供給し、前記コンベアの搬送方向に沿って設けられる冷却水本管と、前記搬送方向に並んで前記冷却水本管とそれぞれ接続され、前記コンベアの幅方向に延在し、前記幅方向に少なくとも1つの供給口が設けられる複数の冷却水ヘッダ管とを有する、請求項1又は請求項2に記載の粒鉄製造装置。
- [請求項4] 前記上段冷却水管群及び／又は前記中段冷却水管群が前記傾斜面に接続する接続部の上側を覆う突出部を有する、請求項1に記載の粒鉄製造装置。
- [請求項5] 前記突出部の断面形状は、上方から下方に向けて広がる逆V字形状又は逆U字形状である、請求項4に記載の粒鉄製造装置。
- [請求項6] 前記上段冷却水管群が前記傾斜面に接続する接続部の上側を覆う保護カバーを有し、前記保護カバーの上端部は閉じられている、請求項1、請求項4及び請求項5のいずれか一項に記載の粒鉄製造装置。
- [請求項7] 前記保護カバーの断面形状は、上方から下方に向けて広がる半円又は半楕円形状である、請求項6に記載の粒鉄製造装置。
- [請求項8] 前記供給口は、短辺の長さが3mm以上の長方形のスリットである、請求項3に記載の粒鉄製造装置。

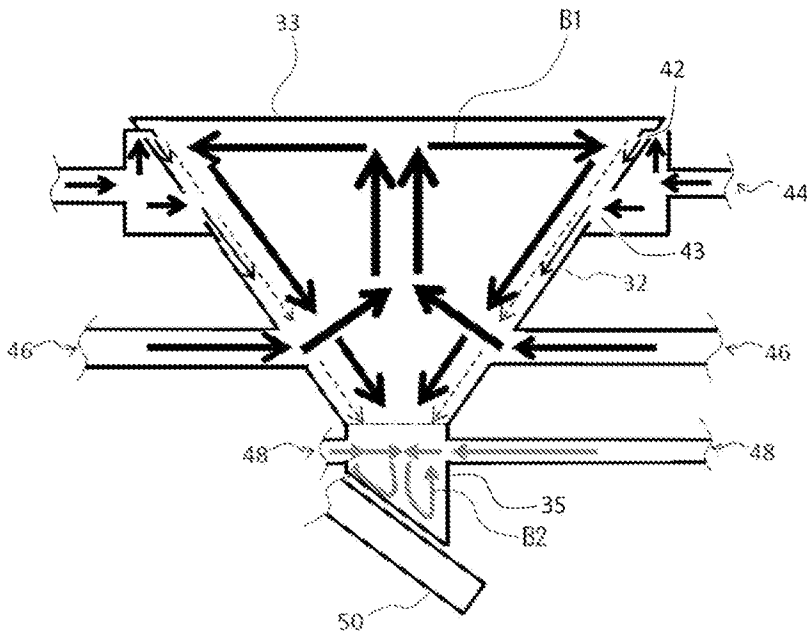
[図1]



[図2]

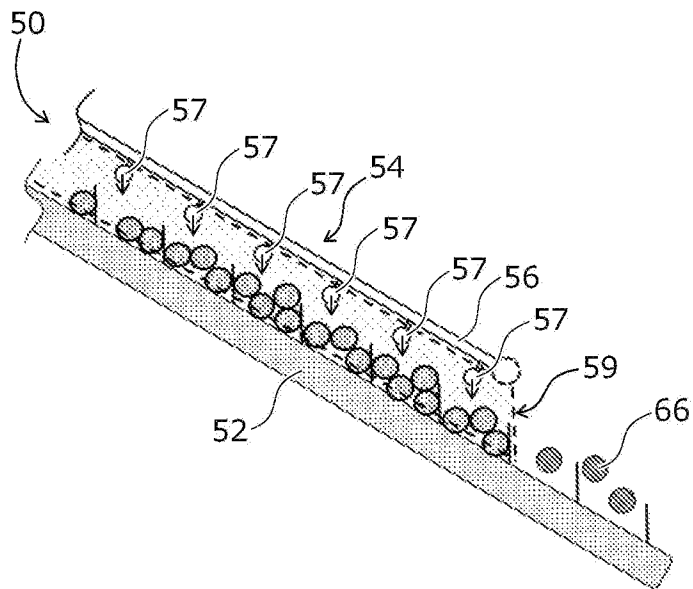


[図3]

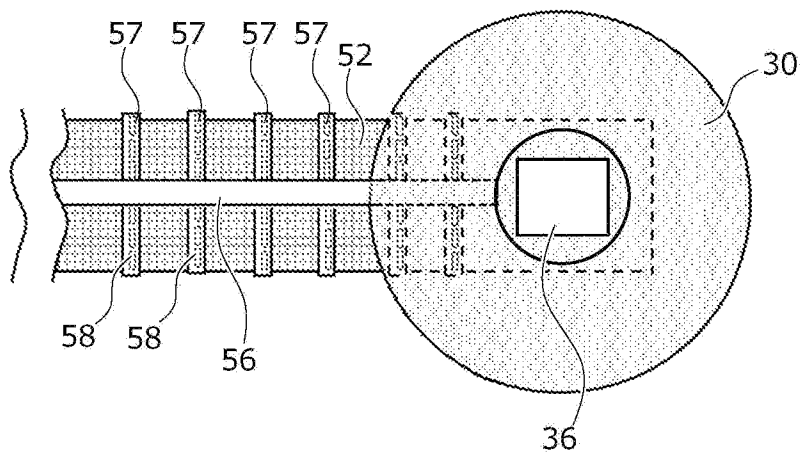


[図4]

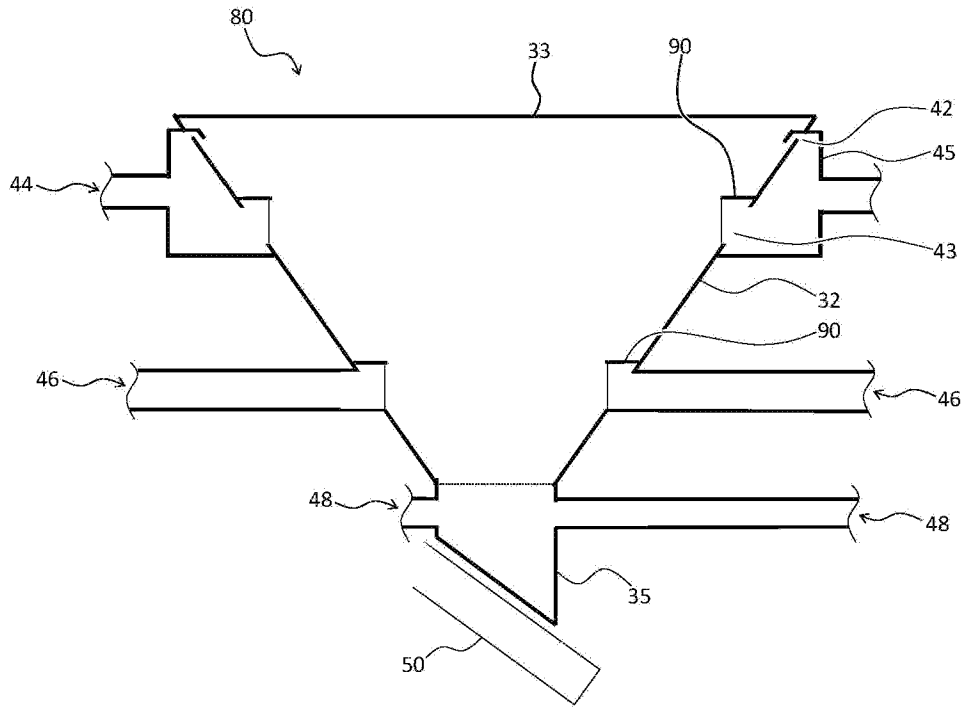
(a)



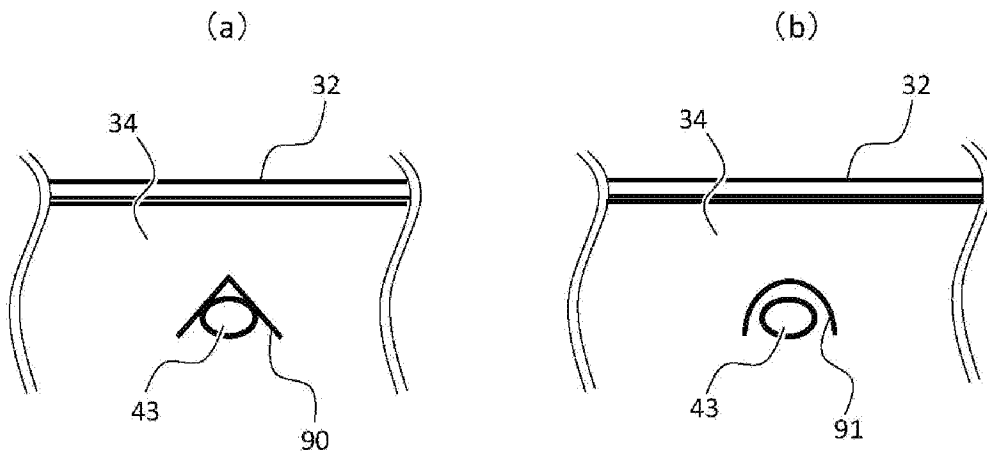
(b)



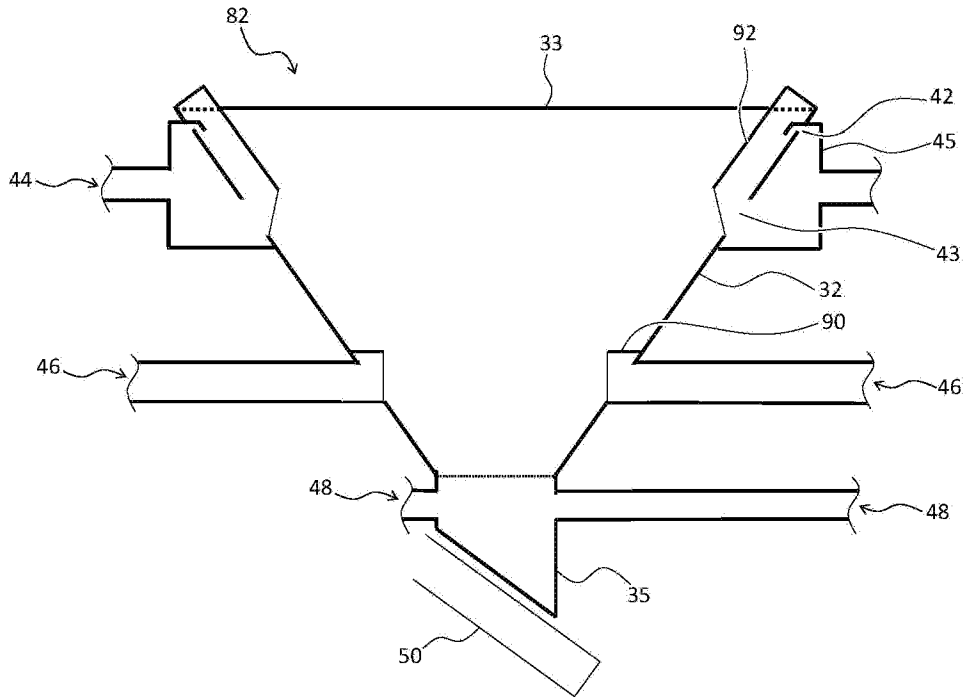
[図5]



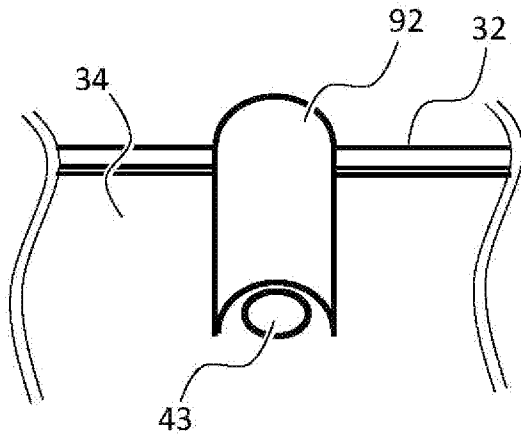
[図6]



[図7]



[図8]



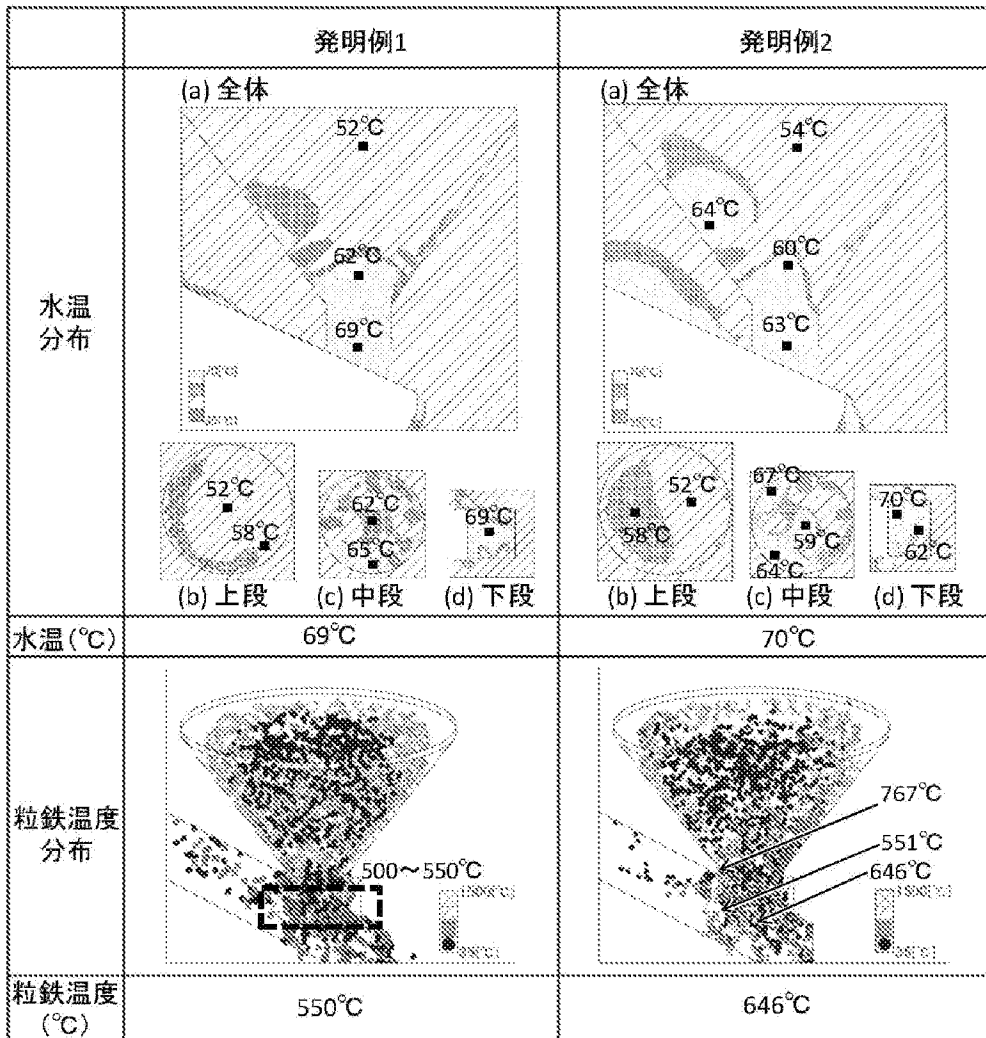
[図9]

	発明例1	発明例2
配管 レイアウト		
配管本数 [本]	上段/中段/下段 = 2/4/4	上段/中段/下段 = 1/4/3
流量配分 [m ³ /h]	上段:中段:下段 = 1000:3500:500	上段:中段:下段 = 3000:1500:500
配管径 [A称呼]	上段/中段/下段 = 150A/400A/250A	上段/中段/下段 = 150A/400A/250A

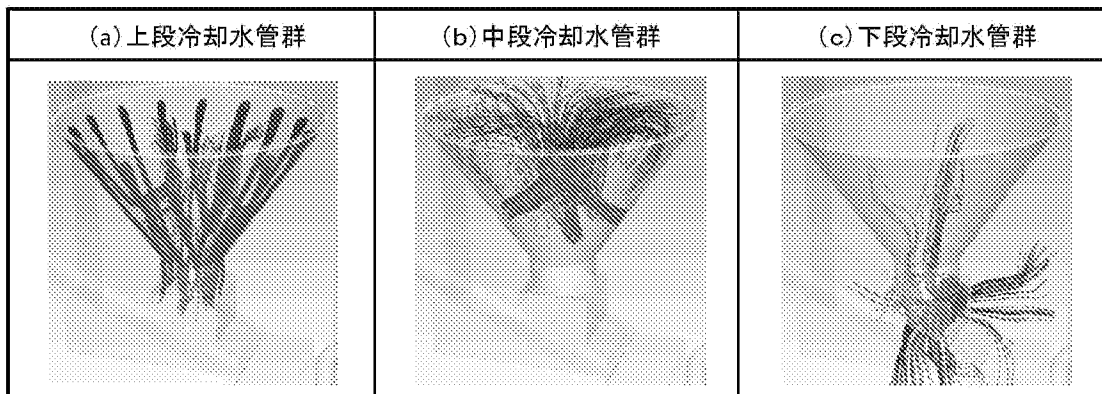
[図10]

	比較例1	比較例2
配管 レイアウト		
配管本数 [本]	上段/中段/下段 = 0/4/0	上段/中段/下段 = 2/2/1
流量配分 [m ³ /h]	上段:中段:下段 = 0:5000:0	上段:中段:下段 = 2000:2000:300
配管径 [A称呼]	上段/中段/下段 = -/400A/-	上段/中段/下段 = 150A/400A/250A

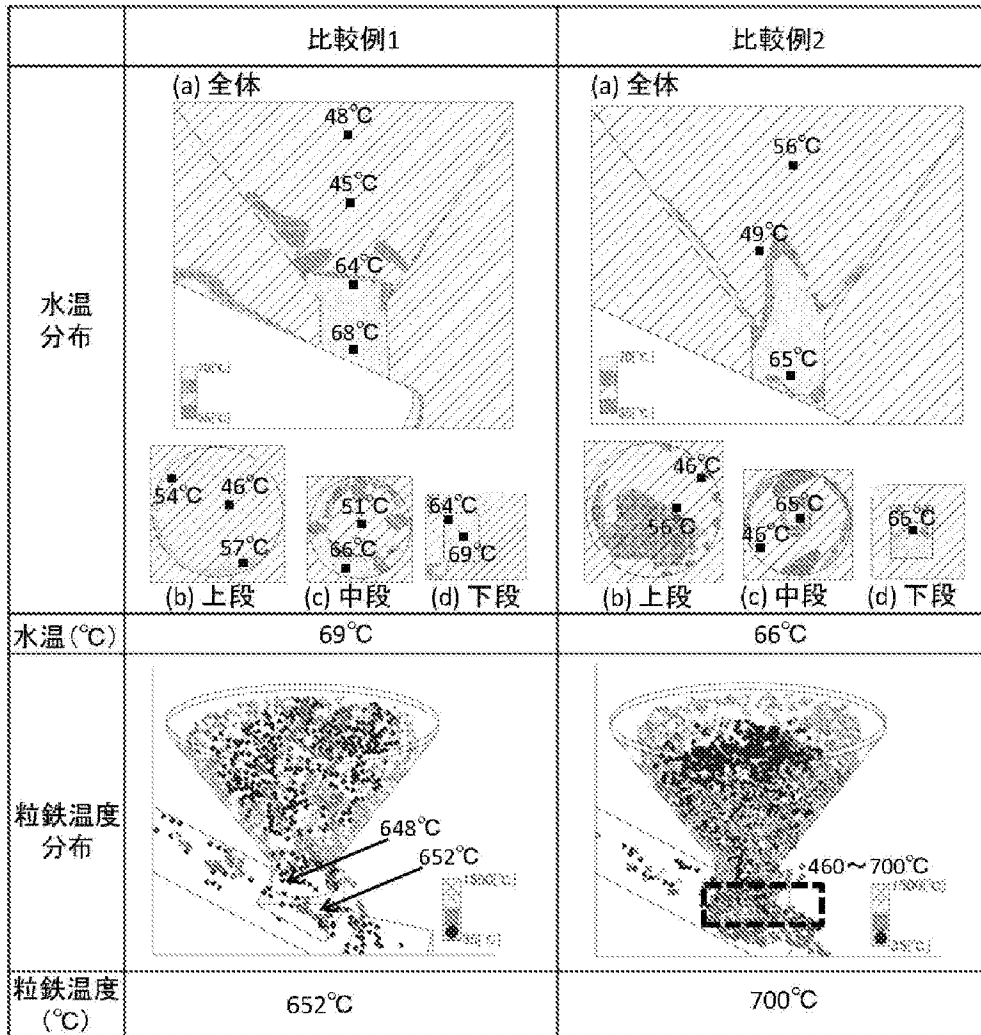
[図11]



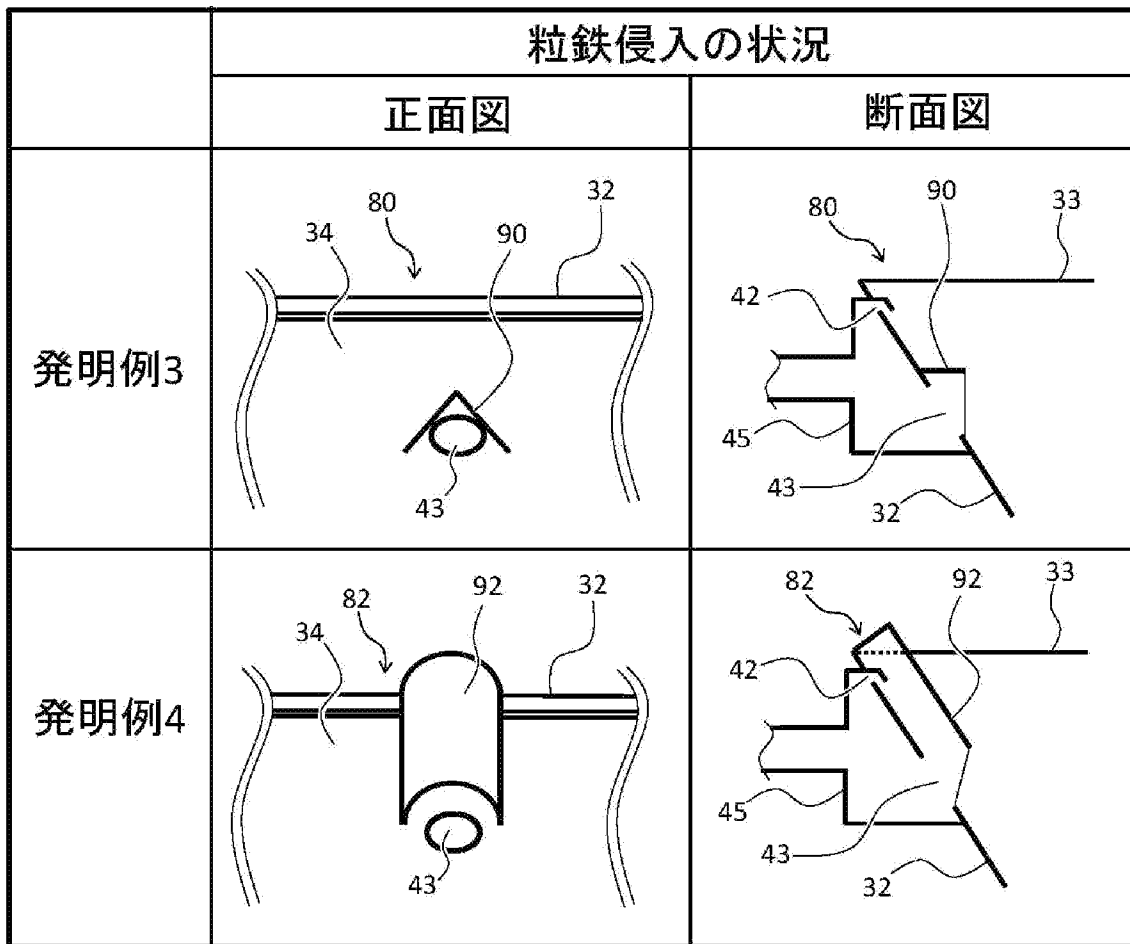
[図12]



[図13]

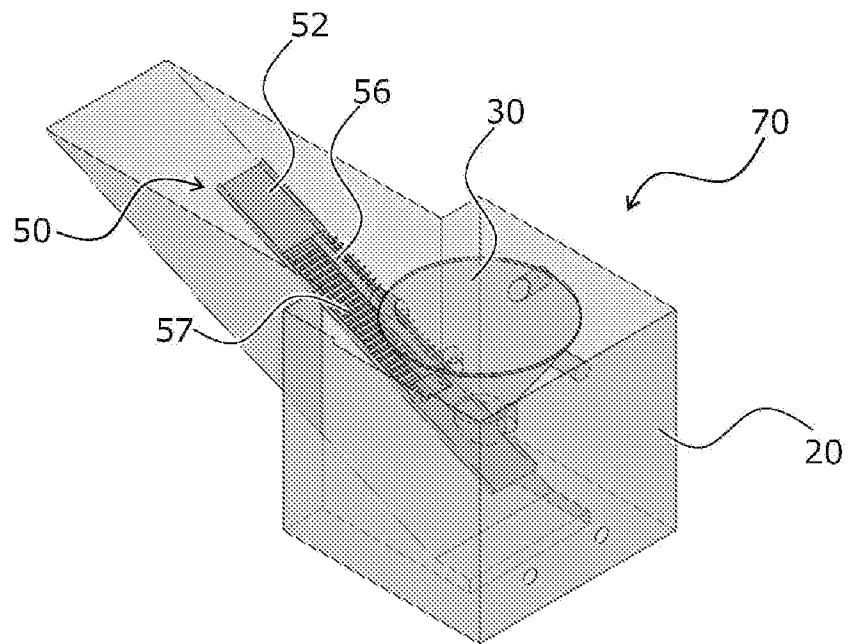


[図14]

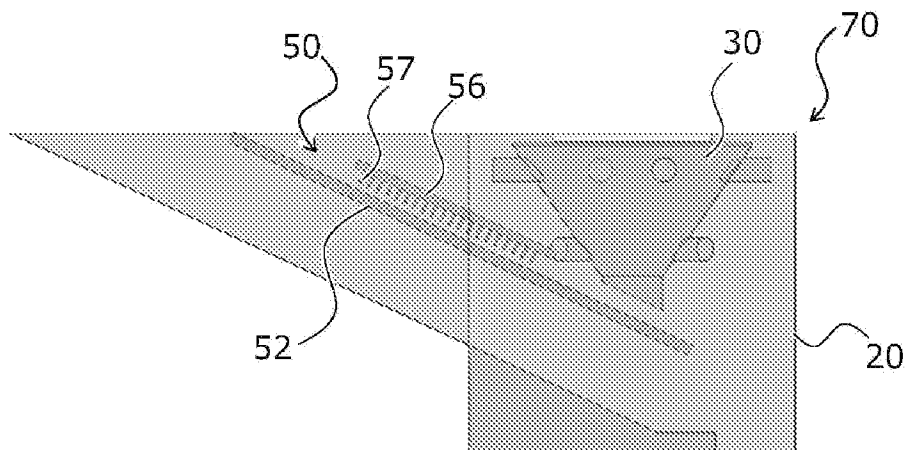


[図15]

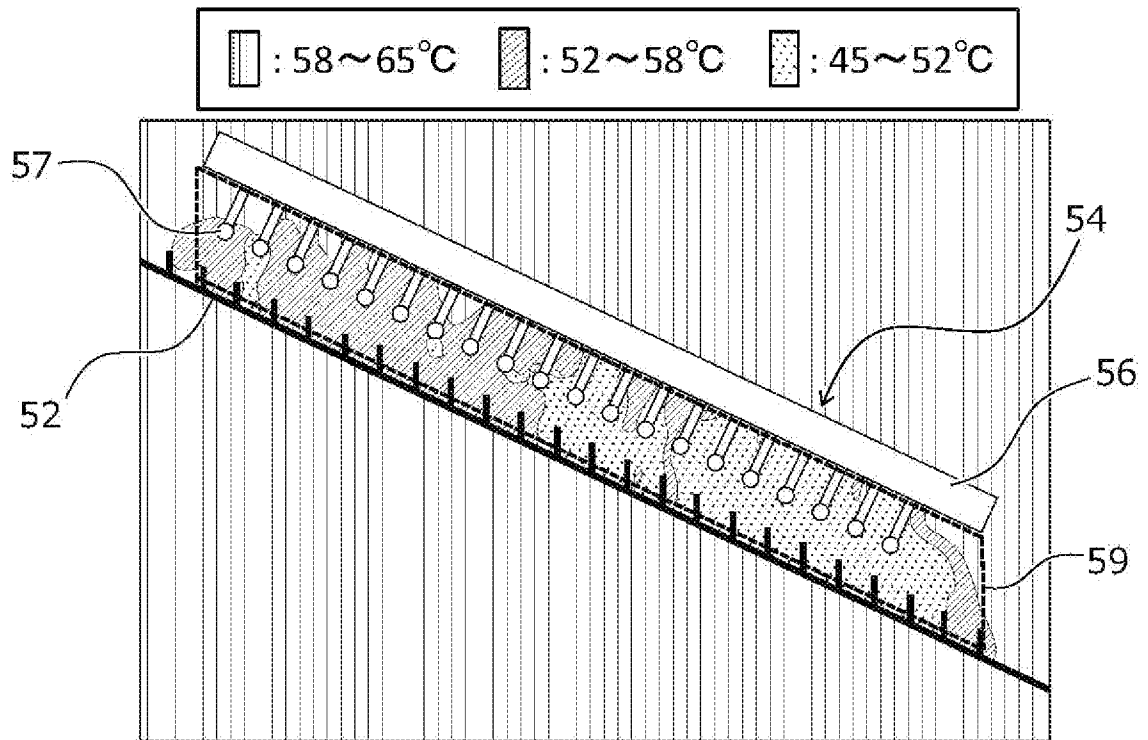
(a)



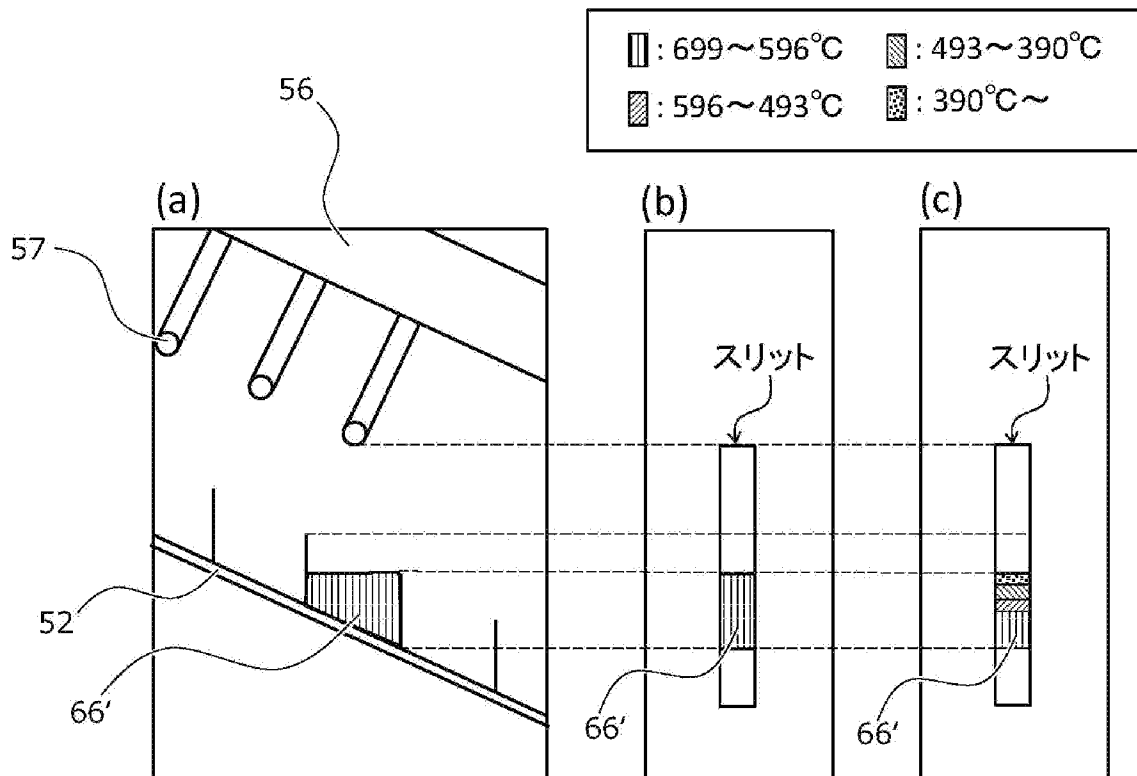
(b)



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/036217

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B22F 9/08</i> (2006.01)i; <i>B22D 25/02</i> (2006.01)i FI: B22F9/08 Z; B22D25/02 F 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) B22F9/08; B22D25/02		
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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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 2023-032091 A (JFE STEEL CORPORATION) 09 March 2023 (2023-03-09)	1-8
A	JP 2021-161465 A (JFE STEEL CORPORATION) 11 October 2021 (2021-10-11)	1-8
A	JP 2021-127510 A (JFE STEEL CORPORATION) 02 September 2021 (2021-09-02)	1-8
P, A	WO 2024/018916 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 25 January 2024 (2024-01-25)	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 06 November 2024		Date of mailing of the international search report 19 November 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/036217

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2023-032091 A	09 March 2023	(Family: none)	
JP 2021-161465 A	11 October 2021	(Family: none)	
JP 2021-127510 A	02 September 2021	(Family: none)	
WO 2024/018916 A1	25 January 2024	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B22F 9/08(2006.01)i; B22D 25/02(2006.01)i FI: B22F9/08 Z; B22D25/02 F		
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）） B22F9/08; B22D25/02		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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 2023-032091 A (JFEスチール株式会社) 09.03.2023 (2023-03-09)	1-8
A	JP 2021-161465 A (JFEスチール株式会社) 11.10.2021 (2021-10-11)	1-8
A	JP 2021-127510 A (JFEスチール株式会社) 02.09.2021 (2021-09-02)	1-8
P, A	WO 2024/018916 A1 (JFEスチール株式会社) 25.01.2024 (2024-01-25)	1-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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	
国際調査を完了した日 06.11.2024	国際調査報告の発送日 19.11.2024	
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） 坂本 薫昭 4K 9265 電話番号 03-3581-1101 内線 3435	

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/036217

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 2023-032091 A	09.03.2023	(ファミリーなし)	
JP 2021-161465 A	11.10.2021	(ファミリーなし)	
JP 2021-127510 A	02.09.2021	(ファミリーなし)	
WO 2024/018916 A1	25.01.2024	(ファミリーなし)	