

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-145018
(P2015-145018A)

(43) 公開日 平成27年8月13日(2015.8.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 D 11/01 (2006.01)	B 2 2 D 11/01	Z
B 2 2 D 11/04 (2006.01)	B 2 2 D 11/01	C
	B 2 2 D 11/04	1 1 5

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-19131 (P2014-19131)
(22) 出願日 平成26年2月4日(2014.2.4)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(71) 出願人 000003609
株式会社豊田中央研究所
愛知県長久手市横道4-1番地の1
(74) 代理人 100103894
弁理士 家入 健
(72) 発明者 中島 徹也
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 八百川 盾
愛知県長久手市横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

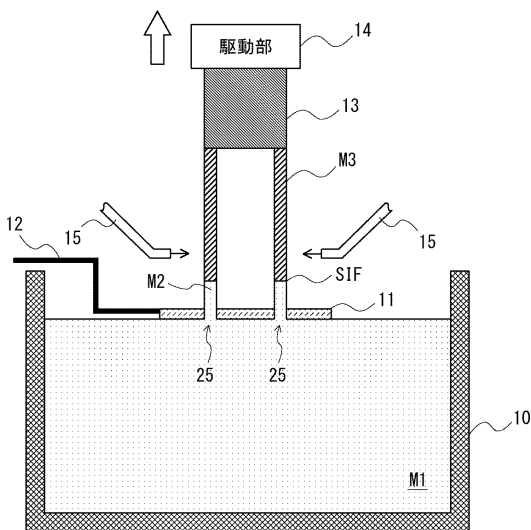
(54) 【発明の名称】 引上式連続鑄造装置

(57) 【要約】

【課題】 製造された鑄物に鑄造欠陥が発生することを抑制することができる引上式連続鑄造装置を提供することである。

【解決手段】 本発明にかかる引上式連続鑄造装置は、溶湯M1を引き上げて所定の形状を備えた鑄物M3を形成する引上式連続鑄造装置であって、保持炉10と形状規定部材11とを備える。保持炉10は、溶湯M1を保持している。形状規定部材11は、保持炉10から引き上げられた溶湯が通過する溶湯通過部25を有し、鑄物の断面形状を規定する。そして、本発明では形状規定部材11を構成する材料の熱伝導率を27 [W / (m · K)] 以下としている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶湯を引き上げて所定の形状を備えた鋳物を形成する引上式連続鋳造装置であって、前記溶湯を保持する保持炉と、前記保持炉から引き上げられた溶湯が通過する溶湯通過部を有し、前記鋳物の断面形状を規定する形状規定部材と、を備え、前記形状規定部材を構成する材料の熱伝導率は $27 [W / (m \cdot K)]$ 以下である、引上式連続鋳造装置。

【請求項 2】

前記形状規定部材を構成する材料の熱伝導率が $17 [W / (m \cdot K)]$ 以下である、請求項 1 に記載の引上式連続鋳造装置。

【請求項 3】

前記形状規定部材を構成する材料の線膨張係数が $13 \times 10^{-6} (/K)$ 以下である、請求項 1 または 2 に記載の引上式連続鋳造装置。

【請求項 4】

前記形状規定部材を構成する材料の線膨張係数が $11 \times 10^{-6} (/K)$ 以下である、請求項 1 または 2 に記載の引上式連続鋳造装置。

【請求項 5】

前記形状規定部材の厚さが 5 mm 以下である、請求項 3 または 4 に記載の引上式連続鋳造装置。

【請求項 6】

前記形状規定部材を構成する材料は、チタン合金、ニッケル合金、又はフェライト系ステンレス鋼を含む、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の引上式連続鋳造装置。

【請求項 7】

前記形状規定部材の下面は、前記保持炉に保持されている前記溶湯の湯面と接している、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の引上式連続鋳造装置。

【請求項 8】

溶湯を引き上げて所定の形状を備えた鋳物を形成する引上式連続鋳造装置であって、前記溶湯を保持する保持炉と、前記保持炉から引き上げられた溶湯が通過する溶湯通過部を有し、前記鋳物の断面形状を規定する形状規定部材と、を備え、前記形状規定部材を構成する材料の線膨張係数は $13 \times 10^{-6} (/K)$ 以下である、引上式連続鋳造装置。

【請求項 9】

前記形状規定部材を構成する材料の線膨張係数が $11 \times 10^{-6} (/K)$ 以下である、請求項 8 に記載の引上式連続鋳造装置。

【請求項 10】

前記形状規定部材の厚さが 5 mm 以下である、請求項 8 または 9 に記載の引上式連続鋳造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は引上式連続鋳造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、鋳型を必要としない自由鋳造方法（引上式連続鋳造方法）に関する技術が開示されている。特許文献 1 に開示されている自由鋳造方法では、熔融金属（溶湯）の表面（すなわち湯面）にスタータを浸漬させた後、当該スタータを引き上げて溶湯を導出している。このとき、湯面近傍に設置された形状規定部材を介して溶湯を導出し、導出された溶湯を冷却することにより、所望の断面形状を有する鋳物を連続鋳造している。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-61518号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

背景技術で説明したように、特許文献1に開示されている引上式連続鋳造装置では、保持炉から引き上げられた溶湯が、形状規定部材に設けられている溶湯通過部（開口部）を通過することで、鋳物の断面形状が規定される。このように、引上式連続鋳造装置では、形状規定部材と溶湯とを接触させて鋳物の断面形状を規定している。このため、形状規定部材を構成する材料に適切な材料を使用しないと、製造された鋳物に鋳造欠陥が発生するという問題がある。

10

【0005】

上記課題に鑑み本発明の目的は、製造された鋳物に鋳造欠陥が発生することを抑制することができる引上式連続鋳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】

【0006】

本発明にかかる引上式連続鋳造装置は、溶湯を引き上げて所定の形状を備えた鋳物を形成する引上式連続鋳造装置であって、前記溶湯を保持する保持炉と、前記保持炉から引き上げられた溶湯が通過する溶湯通過部を有し、前記鋳物の断面形状を規定する形状規定部材と、を備える。前記形状規定部材を構成する材料の熱伝導率は $27 [W / (m \cdot K)]$ 以下である。

20

【0007】

本発明にかかる引上式連続鋳造装置では、形状規定部材を構成する材料として、熱伝導率が $27 [W / (m \cdot K)]$ 以下である材料（つまり、熱伝導率が小さい材料）を使用している。このように、形状規定部材を構成する材料として熱伝導率が小さい材料を使用することで、形状規定部材の下部に位置する溶湯から形状規定部材の上部に位置する空気への伝熱を抑制でき、形状規定部材の下部に位置する溶湯の温度が低下することを抑制することができる。よって、溶湯の過凝固に起因する凝固片の発生を抑制することができ、製造された鋳物に鋳造欠陥が発生することを抑制することができる。

30

【0008】

本発明にかかる引上式連続鋳造装置は、溶湯を引き上げて所定の形状を備えた鋳物を形成する引上式連続鋳造装置であって、前記溶湯を保持する保持炉と、前記保持炉から引き上げられた溶湯が通過する溶湯通過部を有し、前記鋳物の断面形状を規定する形状規定部材と、を備える。前記形状規定部材を構成する材料の線膨張係数は $13 \times 10^{-6} (/K)$ 以下である。

【0009】

本発明にかかる引上式連続鋳造装置では、形状規定部材を構成する材料として、線膨張係数が $13 \times 10^{-6} (/K)$ 以下である材料（つまり、線膨張係数が小さい材料）を使用している。このように、形状規定部材を構成する材料として線膨張係数が小さい材料を使用することで、鋳造時（高温時）における形状規定部材の変形を抑制することができるので、製造された鋳物の寸法精度の悪化を抑制することができる。よって、製造された鋳物に鋳造欠陥（この場合は寸法精度の悪化）が発生することを抑制することができる。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明により、製造された鋳物に鋳造欠陥が発生することを抑制することができる引上式連続鋳造装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

50

【図 1】実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置を示す断面図である。

【図 2】実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置が備える形状規定部材の一例を示す上面図である。

【図 3】図 2 に示す形状規定部材の I I I - I I I における断面図である。

【図 4】実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置が備える形状規定部材の一例を示す底面図である。

【図 5】実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置を用いて製造された鑄物の一例を示す斜視図である。

【図 6】実施例にかかる引上式連続鑄造装置を示す図である。

【図 7】形状規定部材を構成する材料、熱伝導率、溶湯温度、表面欠陥の有無の関係を示す表である。 10

【図 8】形状規定部材を構成する材料の熱伝導率と溶湯温度との関係を示すグラフである。

【図 9】形状規定部材の直径差を説明するための断面図である。

【図 10】形状規定部材を構成する材料、線膨張係数、変位量、直径差、鑄物の評価の関係を示す表である。

【図 11】形状規定部材を構成する材料の線膨張係数と形状規定部材の変位量との関係を示すグラフである。

【図 12】形状規定部材を構成する材料の線膨張係数と形状規定部材の直径差との関係を示すグラフである。 20

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

図 1 は、本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置を示す断面図である。本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置は、溶湯を引き上げて所定の形状を備えた鑄物を形成する引上式連続鑄造装置である。図 1 に示すように、本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置は、保持炉 10、形状規定部材 11、支持部材 12、スタータ 13、駆動部 14、及び冷却部 15 を備える。

【0013】

保持炉 10 は溶湯 M1 を保持している。溶湯 M1 は、例えばアルミニウムやその合金などの熔融金属である。保持炉 10 は、溶湯 M1 を構成している材料の融点以上の温度で溶湯 M1 を保持している。なお、溶湯 M1 を構成する材料はアルミニウム以外の金属や合金であってもよい。 30

【0014】

形状規定部材 11 は、鑄物の断面形状を規定する部材である。形状規定部材 11 の下側の主面（下面）は、溶湯 M1 の湯面と接触するように配置されている。形状規定部材 11 は溶湯通過部 25 を備えており、保持炉 10 から引き上げられた溶湯 M2 が溶湯通過部 25 を通過することで、鑄物の断面形状が規定される。

【0015】

形状規定部材 11 は、支持部材 12 を用いて支持されている。このとき、支持部材 12 は、鑄物を製造する際に形状規定部材 11 が変位しないように形状規定部材 11 を支持してもよい。また、支持部材 12 は、鑄物を製造する際に形状規定部材 11 が鑄物の断面方向（つまり、溶湯 M1 の湯面と平行な方向（水平方向））において変位するように形状規定部材 11 を支持してもよい。このように鑄物の断面方向において形状規定部材 11 を変位させることで、鑄物の断面形状を任意かつ連続的に変更することができる。 40

【0016】

駆動部 14 は、スタータ 13 を介して鑄物 M3 を引き上げることができるよう構成されている。駆動部 14 は、形成する鑄物 M3 の形状に応じて、スタータ 13 を任意の方向に移動する。つまり、駆動部 14 は、スタータ 13 を上下方向（溶湯 M1 の湯面と垂直な方向）に移動可能に構成されている。また、駆動部 14 は、スタータ 13 を溶湯 M1 の湯 50

面と平行な方向（水平方向）に移動可能に構成されていてもよい。更に、駆動部 14 は、スタータ 13 を溶湯 M1 の湯面に対して斜め方向に移動させてもよい。

【0017】

溶湯 M1 にスタータ 13 を浸漬させた後、駆動部 14 がスタータ 13 を引き上げると、スタータ 13 と共に溶湯 M2 が引き上げられる。そしてこの溶湯 M2 が冷却されると鑄物 M3 が形成される。つまり、駆動部 14 がスタータ 13 を連続的に引き上げることで、鑄物 M3 が連続的に形成される。駆動部 14 によるスタータ 13 の引上速度を速くすると凝固界面 SIF の位置を上げることができ、引上速度を遅くすると凝固界面 SIF の位置を下げるができる。

【0018】

冷却部（冷却ノズル）15 は、冷却ガス供給部（不図示）から供給される冷却ガス（空気、窒素、アルゴンなど）を鑄物 M3 に吹き付けて冷却する冷却手段である。冷却ガスの流量を増やすと凝固界面 SIF の位置が下がり、冷却ガスの流量を減らすと凝固界面 SIF の位置が上がる。ここで、溶湯 M2 は凝固していないため、溶湯 M2 に直接冷却ガスを吹き付けると溶湯 M2 が冷却ガスによって揺動して、鑄物の寸法精度や表面品質が劣化してしまう。このため、冷却部 15 は、凝固した直後の鑄物 M3 に冷却ガスを吹き付けて、間接的に溶湯 M2 を冷却するようにすることが好ましい。なお、溶湯 M2 を冷却することができるのであれば、冷却部 15 は必ずしも設ける必要はない。

【0019】

駆動部 14 の動作および冷却部 15 から放出される冷却ガスの流量は、制御装置（不図示）を用いて制御される。

【0020】

本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置では、形状規定部材 11 を構成する材料として、所定の熱伝導率および所定の線膨張係数のうちの少なくとも 1 つを満たす材料を用いている点に 1 つの特徴を有する。以下、詳細に説明する。

【0021】

本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置では、形状規定部材 11 を構成する材料として、熱伝導率（25 ~ 750 における平均熱伝導率）が 27 [W / (m · K)] 以下の材料、より好ましくは熱伝導率が 17 [W / (m · K)] 以下の材料を用いることができる。このように、形状規定部材 11 を構成する材料として熱伝導率が小さい材料を使用することで、形状規定部材 11 の下部に位置する溶湯から形状規定部材 11 の上部に位置する空気への伝熱を抑制でき、形状規定部材 11 の下部に位置する溶湯の温度が低下することを抑制することができる。

【0022】

また、形状規定部材 11 を構成する材料として、線膨張係数（25 ~ 750 における平均線膨張係数）が 13×10^{-6} (/K) 以下の材料、より好ましくは線膨張係数が 11×10^{-6} (/K) 以下の材料を用いることができる。このように、形状規定部材 11 を構成する材料として線膨張係数が小さい材料を使用することで、鑄造時（高温時）における形状規定部材 11 の変形を抑制することができ、製造された鑄物の寸法精度の悪化を抑制することができる。

【0023】

なお、本実施の形態において、形状規定部材 11 を構成する材料は、上記熱伝導率および上記線膨張係数のうちの少なくとも一方の特性を備えていればよい。すなわち、形状規定部材 11 を構成する材料は、上記熱伝導率のみを満たしていてもよく、上記線膨張係数のみを満たしていてもよく、また、上記熱伝導率および上記線膨張係数の両方を満たしていてもよい。本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置において、形状規定部材 11 の厚さは、例えば 5 mm 以下とすることができる。

【0024】

形状規定部材 11 を構成する材料として、例えば、チタン合金、ニッケル合金、又はフェライト系ステンレス鋼を含む材料を用いることができる。なお、これらの材料は一例で

10

20

30

40

50

あり、本実施の形態では、上記熱伝導率および上記線膨張係数のうちの少なくとも一方の特性を備えている材料であれば、セラミックスなどの他の材料を用いてもよい。

【0025】

形状規定部材11は、鑄造する鑄物M3の断面形状を規定するとともに、溶湯M1の表面に形成される酸化膜や溶湯M1の表面に浮遊する異物の鑄物M3への混入を抑制する機能も備える。

【0026】

図2～図4は、本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置が備える形状規定部材11の一例を示す図であり、図2は形状規定部材11の上面図、図3は図2に示す形状規定部材のIII-IIIにおける断面図、図4は形状規定部材11の底面図である。図2～図4に示すように、形状規定部材11は、板状部材21、板状部材22、及び連結部材23_1～23_4を備える。

10

【0027】

板状部材21は、中心部に開口部を備える円盤状の部材である。板状部材22は、円盤状の部材である。板状部材21および板状部材22は、板状部材21および板状部材22の下面側において、連結部材23_1～23_4を介して連結されている。つまり、連結部材23_1～23_4の各々の一端は板状部材21の下面に接合されており、連結部材23_1～23_4の各々の他端は板状部材22の下面に接合されている。これにより、板状部材22は、板状部材21の中心部に形成されている開口部に配置された状態となり、板状部材21と板状部材22との間には、円形状の溶湯通過部25が形成される。なお、図1では、図面を簡略化するために、連結部23_1、23_2の図示を省略している。

20

【0028】

このように、形状規定部材11は円形状の溶湯通過部25を備えているので、保持炉10から引き上げられた溶湯M2が溶湯通過部25を通過することで形成される鑄物の断面形状は、円形状（つまり、溶湯通過部25と同一の形状）となる。したがって、図2～図4に示す形状規定部材11を用いた場合は、図5に示すような、中空部32を備えるパイプ状の鑄物31が形成される。

【0029】

ここで、板状部材21および板状部材22を構成する材料には、上記熱伝導率を有する材料を用いることができる。一方、板状部材21および板状部材22を連結している連結部材23_1～23_4については、必ずしも上記熱伝導率を有する材料を用いなくてもよい。つまり、連結部材23_1～23_4は溶湯M1に浸漬しているので、溶湯M1の熱が連結部材23_1～23_4を介して空気中に伝わることはないため、連結部材23_1～23_4を構成する材料の熱伝導率は任意に決定することができる。勿論、連結部材23_1～23_4を構成する材料として、上記熱伝導率を有する材料を使用してもよい。

30

【0030】

また、板状部材21および板状部材22を構成する材料には、上記線膨張係数を有する材料を用いることができる。このとき、板状部材21および板状部材22を連結している連結部材23_1～23_4についても、上記線膨張係数を有する材料を用いることが好ましい。つまり、連結部材23_1～23_4は溶湯M1に浸漬しているので、連結部材23_1～23_4を構成する材料に線膨張係数が大きい材料を用いると、板状部材21と板状部材22との相対的な位置関係が変化してしまい、製造された鑄物の寸法精度が悪化する。このため、連結部材23_1～23_4についても、上記線膨張係数を有する材料（つまり、線膨張係数が小さい材料）を用いることが好ましい。

40

【0031】

なお、板状部材21、板状部材22、及び連結部材23_1～23_4については、上記熱伝導率および上記線膨張係数の条件を満たす材料であれば、同一の材料を用いて構成してもよく、また異なる材料を用いて構成してもよい。また、図1～図4に示した形状規定部材11は一例であり、本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置では、これ以外の構造を有する形状規定部材を用いてもよい。例えば、形状規定部材は1枚の板状部材を用いて

50

構成してもよく、この場合は連結部材を用いる必要はない。また、複数枚の板状部材を用いて形状規定部材を構成した場合であっても、各々の板状部材を独立して支持することができるのであれば、各々の板状部材を連結部材を用いて連結する必要はない。

【0032】

背景技術で説明したように、引上式連続鑄造装置では、形状規定部材と溶湯とを接触させて鑄物の断面形状を規定している。このため、形状規定部材を構成する材料として適切な材料を使用しないと、製造された鑄物に鑄造欠陥が発生するという問題があった。

【0033】

つまり、形状規定部材11の熱伝導率が大きいと、形状規定部材11の下部に位置する溶湯M1から形状規定部材11の上部に位置する空気への伝熱が促進され、形状規定部材11の下部に位置する溶湯M1の温度が低下する。このように、溶湯M1の温度が低下すると、溶湯M1の過凝固に起因して凝固片が発生し、この凝固片が製造された鑄物中に入り込み鑄造欠陥となる場合があった。

10

【0034】

特に、冷却部15から冷却ガスを鑄物M3に吹き付けた場合は、冷却ガスの一部が形状規定部材11の上面に吹き付けられ、形状規定部材11の上面の冷却も促進される。このため、形状規定部材11の下部に位置する溶湯M1の温度が低下するという問題が顕著になる。更にこの問題は、形状規定部材11の下面が溶湯M1の湯面と接触している場合に顕著になる。

【0035】

そこで本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置では、形状規定部材11を構成する材料として、熱伝導率が $27 [W / (m \cdot K)]$ 以下の材料（つまり、熱伝導率が小さい材料）を用いている。このように、形状規定部材を構成する材料として熱伝導率が小さい材料を使用することで、形状規定部材の下部に位置する溶湯から形状規定部材の上部に位置する空気への伝熱を抑制でき、形状規定部材の下部に位置する溶湯の温度が低下することを抑制することができる。よって、溶湯の過凝固に起因する凝固片の発生を抑制することができるので、製造された鑄物に鑄造欠陥が発生することを抑制することができる。

20

【0036】

また、形状規定部材11の線膨張係数が大きいと、鑄造時（高温時）に形状規定部材11の形状が変形し、製造する鑄物の寸法精度が悪化するという問題があった。特にこの問題は、形状規定部材11を構成する材料の厚さが5mm以下の場合に特に顕著にあらわれる。

30

【0037】

そこで本実施の形態にかかる引上式連続鑄造装置では、形状規定部材11を構成する材料として、線膨張係数が $13 \times 10^{-6} (/K)$ 以下である材料（つまり、線膨張係数が小さい材料）を使用している。このように、形状規定部材11を構成する材料として線膨張係数が小さい材料を使用することで、鑄造時（高温時）における形状規定部材11の変形を抑制することができるので、製造された鑄物の寸法精度の悪化を抑制することができる。よって、製造された鑄物に鑄造欠陥（この場合は寸法精度の悪化）が発生することを抑制することができる。

40

【0038】

更に本実施の形態では、形状規定部材11を構成する材料として、チタン合金、ニッケル合金、又はフェライト系ステンレス鋼を含む材料等の金属材料を用いることで、形状規定部材の耐久性を向上させることができる。

【0039】

以上で説明した本実施の形態にかかる発明により、製造された鑄物に鑄造欠陥が発生することを抑制することができる引上式連続鑄造装置を提供することができる。

【実施例】

【0040】

次に、本発明の実施例について説明する。図6は、本実施例で用いた引上式連続鑄造装

50

置を示す断面図である。本実施例においても、図 1 に示した引上式連続鋳造装置と同様の装置を用いた。また、本実施例においても図 2 ~ 図 4 に示した形状規定部材 1 1 を用いた。なお、図 6 に示す引上式連続鋳造装置において、図 1 に示した引上式連続鋳造装置および図 2 ~ 図 4 に示した形状規定部材 1 1 と同一の構成要素には同一の符号を付している。

【 0 0 4 1 】

図 6 に示す引上式連続鋳造装置では、形状規定部材 1 1 の下部に位置する溶湯 M 1 の温度を測定するために熱電対 4 1 を設けた。更に、レーザ変位計 4 2 を用いて、形状規定部材 1 1 の端部の変位（反り）を調べた。

【 0 0 4 2 】

本実施例では、形状規定部材 1 1 を構成する材料として、チタン合金（Ti - 6 Al - 4 V）、オーステナイト系ステンレス鋼（SUS 304、SUS 316）、フェライト系ステンレス鋼（SUS 329、SUS 430）、チタン（Ti）、ニッケル合金（インコネル 600）、合金工具鋼（SKD 61）、炭素鋼（S 45 C）、冷間圧延鋼板（SPCC）を用いた。また、形状規定部材 1 1 の厚さ（つまり、形状規定部材 1 1 を構成する板状部材 2 1、2 2 の厚さ）は、5 mm とした。

【 0 0 4 3 】

まず、形状規定部材 1 1 の下部に位置する溶湯 M 1 の温度（以下、単に溶湯温度と記載する）を、熱電対 4 1 を用いて測定した結果について説明する。図 7 は、形状規定部材 1 1 を構成する材料、熱伝導率、溶湯温度、表面欠陥の有無の関係を示す表である。また、図 8 は、形状規定部材 1 1 を構成する材料の熱伝導率と溶湯温度との関係を示すグラフである。

【 0 0 4 4 】

図 7、図 8 に示すように、形状規定部材 1 1 を構成する材料として熱伝導率が $27 [W / (m \cdot K)]$ 以下の材料を用いた場合は、溶湯温度が 680 以上となった。一方、熱伝導率が $50 [W / (m \cdot K)]$ である S 45 C を用いて形状規定部材 1 1 を構成した場合は溶湯温度が 670 となり、熱伝導率が $70 [W / (m \cdot K)]$ である SPCC を用いて形状規定部材 1 1 を構成した場合は溶湯温度が 665 となった。

【 0 0 4 5 】

よって、熱伝導率が $27 [W / (m \cdot K)]$ 以下の材料である、チタン合金（Ti - 6 Al - 4 V）、オーステナイト系ステンレス鋼（SUS 304、SUS 316）、フェライト系ステンレス鋼（SUS 329、SUS 430）、チタン（Ti）、ニッケル合金（インコネル 600）、合金工具鋼（SKD 61）を用いた場合、形状規定部材の下部に位置する溶湯の温度が低下することを抑制することができた。特に、形状規定部材 1 1 を構成する材料として熱伝導率が $17 [W / (m \cdot K)]$ 以下の材料を用いた場合は、溶湯温度の低下をより効果的に抑制することができた。

【 0 0 4 6 】

次に、形状規定部材 1 1 の端部の変位量をレーザ変位計 4 2 を用いて調べた結果、及び各々の形状規定部材 1 1 を用いて作製した鋳物の直径差 D を調べた結果についてそれぞれ説明する。ここで直径差 D は、図 9 に示すように、第 1 方向における鋳物 3 1 の外径 $D 1$ と、当該第 1 方向と直交する第 2 の方向における鋳物 3 1 の外径 $D 2$ との差（つまり、 $D = D 1 - D 2$ ）である。

【 0 0 4 7 】

図 10 は、形状規定部材 1 1 を構成する材料、線膨張係数、変位量、直径差 D 、鋳物の評価の関係を示す表である。図 11 は、形状規定部材 1 1 を構成する材料の線膨張係数と形状規定部材の変位量との関係を示すグラフである。図 12 は、形状規定部材 1 1 を構成する材料の線膨張係数と形状規定部材の直径差 D との関係を示すグラフである。

【 0 0 4 8 】

図 10、図 11 に示すように、形状規定部材 1 1 を構成する材料として線膨張係数が $13 \times 10^{-6} (/K)$ 以下の材料を用いた場合は、形状規定部材 1 1 の変位量が 0.5 m （誤差 $\pm 0.1 \text{ m}$ ）以下となった。一方、線膨張係数が $16 \times 10^{-6} (/K)$ であ

10

20

30

40

50

るSUS316、線膨張係数が 16×10^{-6} (/K)であるSUS304を用いた場合は、形状規定部材11の変位量が1mm以上(測定限界以上)となった。

【0049】

また、図10、図12に示すように、形状規定部材11を構成する材料として線膨張係数が 13×10^{-6} (/K)以下の材料を用いた場合は、鋳物の直径差Dの値が0.2mm以下となった。一方、線膨張係数が 16×10^{-6} (/K)であるSUS316を用いた場合は、鋳物の直径差Dの値は0.45mm(判定:NG)となった。また、線膨張係数が 16×10^{-6} (/K)であるSUS304を用いた場合は、鋳物の直径差Dの値は0.42mm(判定:NG)となった。

【0050】

このように、線膨張係数が 13×10^{-6} (/K)以下の材料である、チタン合金(Ti-6Al-4V)、フェライト系ステンレス鋼(SUS329、SUS430)、チタン(Ti)、ニッケル合金(インコネル600)、合金工具鋼(SKD61)、炭素鋼(S45C)、冷間圧延鋼板(SPCC)を用いた場合は、形状規定部材11の変位量が小さくなり、製造された鋳物の直径差Dが小さくなった(つまり、幾何公差が0.4mm以下となった)。よって、製造された鋳物の寸法精度の悪化を抑制することができた。特に、形状規定部材11を構成する材料として線膨張係数が 11×10^{-6} (/K)以下の材料を用いた場合は、形状規定部材11の変位をより効果的に低減することができた(図11参照)。

【0051】

また、厚さが6.5mmである形状規定部材に関して、形状規定部材11の端部の変位量、及び各々の形状規定部材11を用いて作製した鋳物の直径差Dについて測定した。その結果、形状規定部材の厚さが6.5mmである場合は、図10に示す全ての材料において変位量が0.5mm(誤差 ± 0.1 mm)以下となり、また、鋳物の直径差Dが0.4mm(幾何公差)以下となった。よって、本発明の効果、つまり、形状規定部材11を構成する材料として線膨張係数が 13×10^{-6} (/K)以下の材料を用いることで形状規定部材11の変位を効果的に低減することができるという効果は、形状規定部材の厚さが5mm以下の場合に特に顕著にあらわれるといえる(図10参照)。

【0052】

なお、本発明にかかる引上式連続鋳造装置では、形状規定部材11を構成する材料が、熱伝導率が 27 [W/(m·K)]以下の材料であるという条件(条件1)と線膨張係数が 13×10^{-6} (/K)以下の材料であるという条件(条件2)のうちの少なくとも1つを満たしていれば、本発明の効果が得られる。つまり、形状規定部材11を構成する材料が条件1を満たしていれば、溶湯の過凝固に起因する凝固片の発生を抑制することができ、製造された鋳物に鋳造欠陥が発生することを抑制することができる。また、形状規定部材11を構成する材料が条件2を満たしていれば、鋳造時(高温時)における形状規定部材11の変形を抑制することができ、製造された鋳物の寸法精度の悪化を抑制することができる。

【0053】

特に本発明にかかる引上式連続鋳造装置では、上記条件1および条件2を満たすことで、上記2つの効果を発揮することができ、製造された鋳物に鋳造欠陥が発生することをより効果的に抑制することができる。条件1および条件2を満たす材料としては、チタン合金(Ti-6Al-4V)、フェライト系ステンレス鋼(SUS329、SUS430)、チタン(Ti)、ニッケル合金(インコネル600)、合金工具鋼(SKD61)が挙げられる。

【0054】

以上、本発明を上記実施の形態および実施例に即して説明したが、本発明は上記実施の形態および実施例の構成にのみ限定されるものではなく、本願特許請求の範囲の請求項の発明の範囲内で当業者であればなし得る各種変形、修正、組み合わせを含むことは勿論である。

10

20

30

40

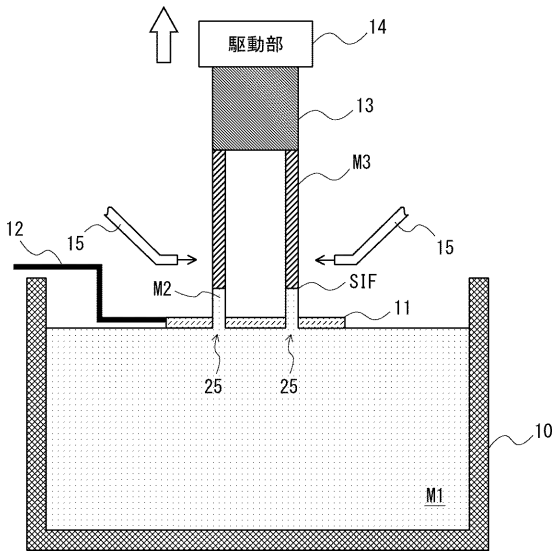
50

【符号の説明】

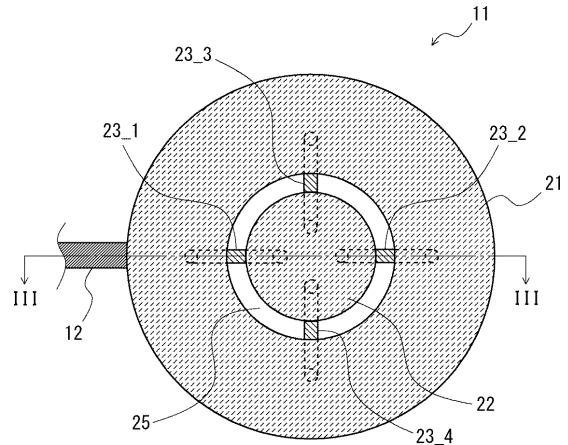
【 0 0 5 5 】

- 1 0 保持炉
- 1 1 形状規定部材
- 1 2 支持部材
- 1 3 スタータ
- 1 4 駆動部
- 1 5 冷却部
- 2 1、2 2 板状部材
- 2 3_1 ~ 2 3_4 連結部材
- 2 5 溶湯通過部
- 3 1 鋳物
- 3 2 中空部
- 4 1 熱電対
- 4 2 レーザ変位計

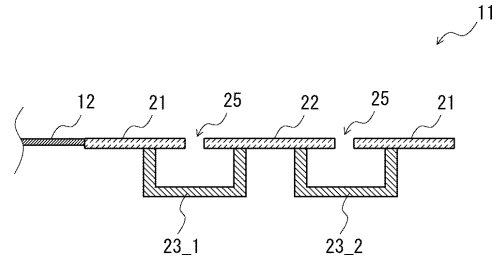
【 図 1 】



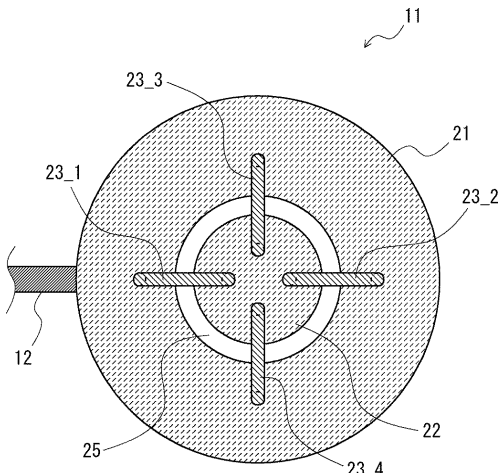
【 図 2 】



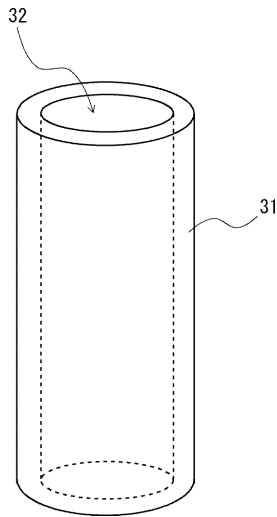
【 図 3 】



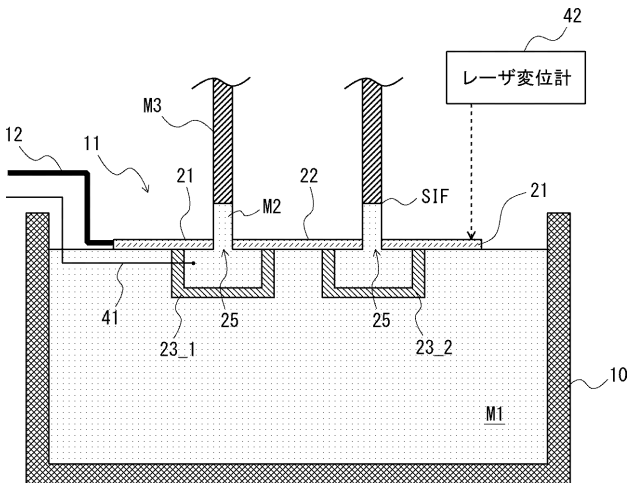
【図4】



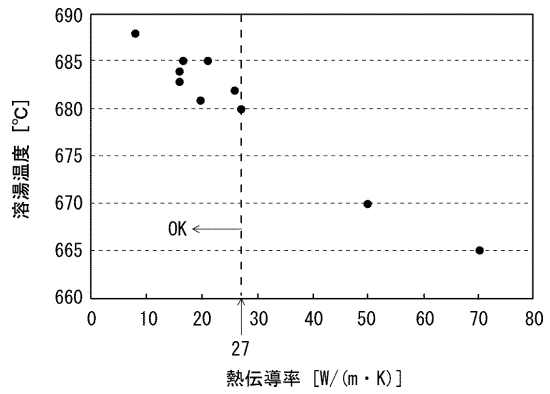
【図5】



【図6】



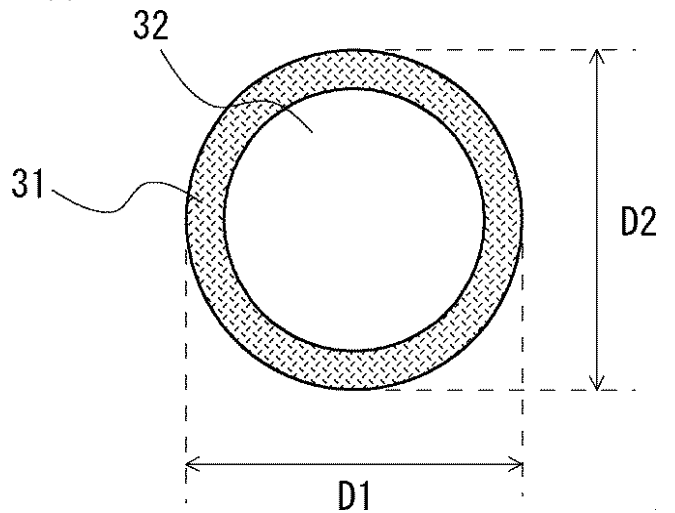
【図8】



【図7】

材料	熱伝導率 [W/(m·K)]	溶湯温度 [°C]	表面欠陥の有無
Ti-6Al-4V	8	688	無
SUS316	16	684	無
SUS304	16	683	無
Ti	17	685	無
インコネル600	20	681	無
SUS329	21	685	無
SUS430	26	682	無
SKD61	27	680	無
S45C	50	670	有
SPCC	70	665	有

【図9】

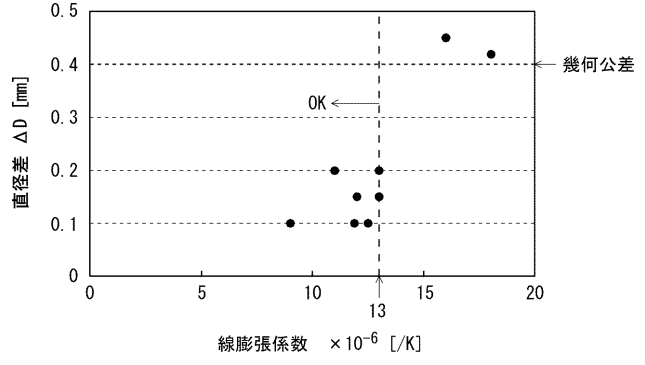


【 図 1 0 】

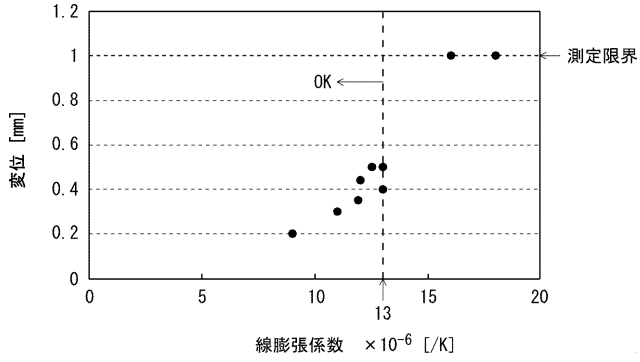
材料	線膨張係数 [$\times 10^{-6}/K$]	変位(反り)	直径差 $\Delta D=D1-D2$	評価
Ti	9	0.2±0.1mm	0.1mm	OK
Ti-6Al-4V	9	0.2±0.1mm	0.1mm	OK
SKD61	11	0.3±0.1mm	0.2mm	OK
SUS430	11.9	0.35±0.1mm	0.1mm	OK
SPCC	12	0.44±0.1mm	0.15mm	OK
S45C	12.5	0.5±0.1mm	0.1mm	OK
SUS329	13	0.5±0.1mm	0.15mm	OK
インコネル600	13	0.4±0.1mm	0.2mm	OK
SUS316	16	1mm以上	0.45mm	NG
SUS304	18	1mm以上	0.42mm	NG

形状規定部材の厚さ = 5mm

【 図 1 2 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

- (72)発明者 岩田 靖
愛知県長久手市横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 杉山 義雄
愛知県長久手市横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 北山 功志郎
愛知県長久手市横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内