

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5770156号
(P5770156)

(45) 発行日 平成27年8月26日 (2015. 8. 26)

(24) 登録日 平成27年7月3日 (2015. 7. 3)

(51) Int. Cl.	F 1
B 2 2 D 11/041 (2006. 01)	B 2 2 D 11/041 D
B 2 2 D 11/00 (2006. 01)	B 2 2 D 11/00 D

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-283092 (P2012-283092)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成24年12月26日 (2012. 12. 26)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2014-124664 (P2014-124664A)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(43) 公開日	平成26年7月7日 (2014. 7. 7)	(74) 代理人	110001841
審査請求日	平成26年9月1日 (2014. 9. 1)		特許業務法人梶・須原特許事務所
		(72) 発明者	高橋 大喜
			兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
			株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内
		(72) 発明者	石田 斉
			兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
			株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 チタンまたはチタン合金からなる鑄塊の連続鑄造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマアーク溶解させたチタンまたはチタン合金の溶湯を無底の鑄型内に注入して凝固させながら下方に引抜くことで、チタンまたはチタン合金からなる鑄塊を連続的に鑄造する連続鑄造方法であって、

前記鑄型の断面形状は円形であって、前記鑄型内の前記溶湯の上方であって前記鑄型の径方向の中心を通る中心線上にプラズマトーチが1本配置されており、

前記プラズマトーチから前記鑄型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量、前記鑄型の壁面と前記鑄型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚み、前記鑄型の内側面から前記プラズマトーチの中心までの水平方向の距離、前記鑄型の熱伝達係数、前記鑄塊の引抜速度、および、前記鑄型の内側面の半径をパラメータとして、前記鑄型内の前記溶湯の湯面直下であって前記鑄型の壁面近傍の溶湯の温度を推測する推測ステップと、

前記推測ステップで推測した前記壁面近傍の溶湯の温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する調整ステップと、を有することを特徴とするチタンまたはチタン合金からなる鑄塊の連続鑄造方法。

【請求項 2】

プラズマアーク溶解させたチタンまたはチタン合金の溶湯を無底の鑄型内に注入して凝固させながら下方に引抜くことで、チタンまたはチタン合金からなる鑄塊を連続的に鑄造する連続鑄造方法であって、

前記鑄型の断面形状は矩形であって、

10

20

前記鋳型内の前記溶湯の上方に配置されたプラズマトーチから前記鋳型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量、前記鋳型の壁面と前記鋳型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚み、前記鋳型の内側面上における前記プラズマトーチから最も離れたコーナー部から前記プラズマトーチの中心までの水平方向の距離、前記鋳型の熱伝達係数、前記鋳塊の引抜速度、前記鋳型の内側面における長辺の長さ、および、前記鋳型の内側面における短辺の長さをパラメータとして、前記鋳型内の前記溶湯の湯面直下であって前記鋳型の壁面近傍の溶湯の温度を推測する推測ステップと、

前記推測ステップで推測した前記壁面近傍の溶湯の温度が、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する調整ステップと、
を有することを特徴とするチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法。

10

【請求項 3】

プラズマアーク溶解させたチタンまたはチタン合金の溶湯を無底の鋳型内に注入して凝固させながら下方に引抜くことで、チタンまたはチタン合金からなる鋳塊を連続的に鋳造する連続鋳造方法であって、

前記鋳型の断面形状は矩形であって、

前記鋳型内の前記溶湯の上方に配置された複数のプラズマトーチから前記鋳型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量、前記鋳型の壁面と前記鋳型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚み、前記プラズマトーチ毎に設定されたプラズマ照射範囲の各々における前記プラズマトーチの中心と前記鋳型の内側面との間の水平方向の最長距離のうちで最も長い距離、前記鋳型の熱伝達係数、前記鋳塊の引抜速度、前記鋳型の内側面における長辺の長さ、および、前記鋳型の内側面における短辺の長さをパラメータとして、前記鋳型内の前記溶湯の湯面直下であって前記鋳型の壁面近傍の溶湯の温度を推測する推測ステップと、

20

前記推測ステップで推測した前記壁面近傍の溶湯の温度が、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する調整ステップと、
を有することを特徴とするチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法。

【請求項 4】

前記プラズマトーチから前記鋳型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量を Q、前記鋳型の壁面と前記鋳型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚みを d、前記鋳型の内側面から前記プラズマトーチの中心までの水平方向の距離を L、前記鋳型の熱伝達係数を h、前記鋳塊の引抜速度を V、前記鋳型の内側面の半径を R、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点を MP としたときに、

30

$$(1930 + 2.2Q + 144.4d - 1.1L - 11.03h - 11.0V - 1.17R) / MP \quad 1$$

の関係を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法。

【請求項 5】

前記プラズマトーチから前記鋳型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量を Q、前記鋳型の壁面と前記鋳型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚みを d、前記鋳型の内側面上における前記プラズマトーチから最も離れたコーナー部から前記プラズマトーチの中心までの水平方向の距離を L、前記鋳型の熱伝達係数を h、前記鋳塊の引抜速度を V、前記鋳型の内側面における長辺の長さを a、前記鋳型の内側面における短辺の長さを b、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点を MP としたときに、

40

$$(2440 + 1.94Q + 163.6d - 21.4L - 29.5h - 50.0V + 6.0a - 6.2b + 380.0) / MP \quad 1$$

の関係を満足することを特徴とする請求項 2 に記載のチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法。

【請求項 6】

複数の前記プラズマトーチから前記鋳型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量を Q、前記鋳型の壁面と前記鋳型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚みを d

50

、前記プラズマトーチ毎に設定されたプラズマ照射範囲の各々における前記プラズマトーチの中心と前記鋳型の内側面との間の水平方向の最長距離のうちで最も長い距離を L 、前記鋳型の熱伝達係数を h 、前記鋳塊の引抜速度を V 、前記鋳型の内側面における長辺の長さを a 、前記鋳型の内側面における短辺の長さを b 、前記プラズマトーチの数を M 、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点を MP としたときに、

$$(2440 + 1.94Q + 163.6d - 21.4L - 29.5h - 50.0V + 6.0a - 6.2b + 380.0M) / MP \quad 1$$

の関係を満足することを特徴とする請求項3に記載のチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、チタンまたはチタン合金からなる鋳塊を連続的に鋳造する、チタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

真空アーク溶解や電子ビーム溶解によって溶融させた金属を無底の鋳型内に注入して凝固させながら下方に引抜くことで、鋳塊を連続的に鋳造することが行われている。

【0003】

特許文献1には、チタンを電子ビーム溶解させた溶湯を鋳型内に注入するハースを振動させて、ハース内の溶湯の湯面を波立たせることで、溶湯からの不純物の放出を促進させて、高純度のチタン鋳塊を得る、チタンインゴットの製造方法が開示されている。しかし、真空中で行われる電子ビーム溶解においては、チタン合金中の成分が揮発してしまうので、電子ビーム溶解ではチタン合金からなる鋳塊を鋳造することができない。

20

【0004】

そこで、特許文献2には、チタンまたはチタン合金を不活性ガス雰囲気中でプラズマアーク溶解して鋳型内に注入して凝固させる、自動制御プラズマ溶解鋳造方法が開示されている。不活性ガス雰囲気中で行われるプラズマアーク溶解においては、純チタンだけでなく、チタン合金も鋳造することが可能である。

【0005】

30

ここで、鋳造された鋳塊の鋳肌に凹凸や傷があると、その後の圧延過程で表面欠陥となる。そのため、鋳肌に凹凸や傷が無い鋳塊を鋳造することが求められる。

【0006】

そこで、特許文献3には、プラズマアーク溶解により活性金属を連続的に溶解・凝固して鋳塊を鋳造する際に、フラックスを溶解して活性金属と同時に鋳込むことで、平滑な鋳肌を有する鋳塊を製造する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平11-350051号公報

40

【特許文献2】特許第3077387号公報

【特許文献3】特開昭53-86603号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、鋳型内の溶湯の湯面直下であって鋳型の壁面近傍の溶湯の温度が、鋳塊の鋳肌の状態に影響を及ぼす因子であることが、実験結果から明らかとなっている。そこで、鋳塊の鋳肌の状態を改善する手法の一つとして、壁面近傍の溶湯への入熱量と、壁面近傍の溶湯からの抜熱量とのバランスを適正化することが考えられる。

【0009】

50

ここで、壁面近傍の溶湯の温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上であれば、壁面近傍の溶湯の凝固により鑄肌の状態が悪化するのを抑制することができると考えられる。そこで、壁面近傍の溶湯の温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上となるように、壁面近傍の溶湯への入熱量と、壁面近傍の溶湯からの抜熱量とのバランスを調整することが望まれる。しかし、プラズマアーク溶解においては、溶湯の湯面を加熱するプラズマトーチが発生させるプラズマアークが邪魔をするため、壁面近傍の溶湯の温度を測定することは困難である。

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、鑄型内の溶湯の湯面直下であって鑄型の壁面近傍の溶湯の温度を測定しなくても、鑄肌の状態が良好な鑄塊を鑄造することが可能なチタンまたはチタン合金からなる鑄塊の連続鑄造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明におけるチタンまたはチタン合金からなる鑄塊の連続鑄造方法は、プラズマアーク溶解させたチタンまたはチタン合金の溶湯を無底の鑄型内に注入して凝固させながら下方に引抜くことで、チタンまたはチタン合金からなる鑄塊を連続的に鑄造する連続鑄造方法であって、前記鑄型の断面形状は円形であって、前記鑄型内の前記溶湯の上方であって前記鑄型の径方向の中心を通る中心線上にプラズマトーチが1本配置されており、前記プラズマトーチから前記鑄型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量、前記鑄型の壁面と前記鑄型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚み、前記鑄型の内側面から前記プラズマトーチの中心までの水平方向の距離、前記鑄型の熱伝達係数、前記鑄塊の引抜速度、および、前記鑄型の内側面の半径をパラメータとして、前記鑄型内の前記溶湯の湯面直下であって前記鑄型の壁面近傍の溶湯の温度を推測する推測ステップと、前記推測ステップで推測した前記壁面近傍の溶湯の温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する調整ステップと、を有することを特徴とする。また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなる鑄塊の連続鑄造方法は、プラズマアーク溶解させたチタンまたはチタン合金の溶湯を無底の鑄型内に注入して凝固させながら下方に引抜くことで、チタンまたはチタン合金からなる鑄塊を連続的に鑄造する連続鑄造方法であって、前記鑄型の断面形状は矩形であって、前記鑄型内の前記溶湯の上方に配置されたプラズマトーチから前記鑄型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量、前記鑄型の壁面と前記鑄型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚み、前記鑄型の内側面上における前記プラズマトーチから最も離れたコーナー部から前記プラズマトーチの中心までの水平方向の距離、前記鑄型の熱伝達係数、前記鑄塊の引抜速度、前記鑄型の内側面における長辺の長さ、および、前記鑄型の内側面における短辺の長さをパラメータとして、前記鑄型内の前記溶湯の湯面直下であって前記鑄型の壁面近傍の溶湯の温度を推測する推測ステップと、前記推測ステップで推測した前記壁面近傍の溶湯の温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する調整ステップと、を有することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

上記の構成によれば、鑄塊の鑄肌の状態に影響を及ぼす因子である、鑄型内の溶湯の湯面直下であって鑄型の壁面近傍の溶湯の温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上であれば、壁面近傍の溶湯の凝固により鑄肌の状態が悪化するのを抑制することができると考えられる。しかし、プラズマアーク溶解においては、プラズマトーチが発生させるプラズマアークが邪魔をするために、壁面近傍の溶湯の温度を測定することは困難である。そこで、溶湯への入熱量および溶湯からの抜熱量に関係する各パラメータから壁面近傍の溶湯の温度を推測し、推測した温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する。これにより、鑄型内の溶湯の湯面直下であって鑄型の壁面近傍の溶湯の温度を測定しなくても、鑄肌の状態が良好な鑄塊を鑄造することができる。

【 0 0 1 3 】

また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法は、プラズマアーク溶解させたチタンまたはチタン合金の溶湯を無底の鋳型内に注入して凝固させながら下方に引抜くことで、チタンまたはチタン合金からなる鋳塊を連続的に鋳造する連続鋳造方法であって、前記鋳型の断面形状は矩形であって、前記鋳型内の前記溶湯の上方に配置された複数のプラズマトーチから前記鋳型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量、前記鋳型の壁面と前記鋳型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚み、前記プラズマトーチ毎に設定されたプラズマ照射範囲の各々における前記プラズマトーチの中心と前記鋳型の内側面との間の水平方向の最長距離のうちで最も長い距離、前記鋳型の熱伝達係数、前記鋳塊の引抜速度、前記鋳型の内側面における長辺の長さ、および、前記鋳型の内側面における短辺の長さをパラメータとして、前記鋳型内の前記溶湯の湯面直下であって前記鋳型の壁面近傍の溶湯の温度を推測する推測ステップと、前記推測ステップで推測した前記壁面近傍の溶湯の温度が、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する調整ステップと、を有することを特徴とする。

10

【0014】

上記の構成によれば、鋳塊の鋳肌の状態に影響を及ぼす因子である、鋳型内の溶湯の湯面直下であって鋳型の壁面近傍の溶湯の温度が、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上であれば、壁面近傍の溶湯の凝固により鋳肌の状態が悪化するのを抑制することができると考えられる。しかし、プラズマアーク溶解においては、プラズマトーチが発生させるプラズマアークが邪魔をするために、壁面近傍の溶湯の温度を測定することは困難である。そこで、溶湯への入熱量および溶湯からの抜熱量に関係する各パラメータから壁面近傍の溶湯の温度を推測し、推測した温度が、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する。これにより、鋳型内の溶湯の湯面直下であって鋳型の壁面近傍の溶湯の温度を測定しなくても、鋳肌の状態が良好な鋳塊を鋳造することができる。

20

【0015】

また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法において、前記プラズマトーチから前記鋳型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量をQ、前記鋳型の壁面と前記鋳型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚みをd、前記鋳型の内側面から前記プラズマトーチの中心までの水平方向の距離をL、前記鋳型の熱伝達係数をh、前記鋳塊の引抜速度をV、前記鋳型の内側面の半径をR、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点をMPとしたときに、 $(1930 + 2.2Q + 144.4d - 1.1L - 11.03h - 11.0V - 1.17R) / MP$ 1の関係を満足してよい。上記の構成によれば、鋳型の断面形状が円形であって、鋳型の径方向の中心を通る中心線上にプラズマトーチが1本配置されている場合において、上記式を満足するように各パラメータを調整することで、鋳型内の溶湯の湯面直下であって鋳型の壁面近傍の溶湯の温度を、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上にすることができる。

30

【0016】

また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法において、前記プラズマトーチから前記鋳型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量をQ、前記鋳型の壁面と前記鋳型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚みをd、前記鋳型の内側面上における前記プラズマトーチから最も離れたコーナー部から前記プラズマトーチの中心までの水平方向の距離をL、前記鋳型の熱伝達係数をh、前記鋳塊の引抜速度をV、前記鋳型の内側面における長辺の長さをa、前記鋳型の内側面における短辺の長さをb、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点をMPとしたときに、 $(2440 + 1.94Q + 163.6d - 21.4L - 29.5h - 50.0V + 6.0a - 6.2b + 380.0) / MP$ 1の関係を満足してよい。上記の構成によれば、鋳型の断面形状が矩形である場合において、上記式を満足するように各パラメータを調整することで、鋳型内の溶湯の湯面直下であって鋳型の壁面近傍の溶湯の温度を、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上にすることができる。

40

50

【 0 0 1 7 】

また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法において、複数の前記プラズマトーチから前記鋳型内の前記溶湯の湯面に投入される投入電力量を Q 、前記鋳型の壁面と前記鋳型内の前記溶湯との界面に形成されるフラックスの厚みを d 、前記プラズマトーチ毎に設定されたプラズマ照射範囲の各々における前記プラズマトーチの中心と前記鋳型の内側面との間の水平方向の最長距離のうちで最も長い距離を L 、前記鋳型の熱伝達係数を h 、前記鋳塊の引抜速度を V 、前記鋳型の内側面における長辺の長さを a 、前記鋳型の内側面における短辺の長さを b 、前記プラズマトーチの数を M 、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点を MP としたときに、 $(2440 + 1.94Q + 163.6d - 21.4L - 29.5h - 50.0V + 6.0a - 6.2b + 380.0M) / MP$ 1 の関係を満足してよい。上記の構成によれば、鋳型の断面形状が矩形であってプラズマトーチが複数である場合において、上記式を満足するように各パラメータを調整することで、鋳型内の溶湯の湯面直下であって鋳型の壁面近傍の溶湯の温度を、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上にすることができる。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明のチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法によると、鋳型内の溶湯の湯面直下であって鋳型の壁面近傍の溶湯の温度を測定しなくても、鋳肌の状態が良好な鋳塊を鋳造することができる。

【 図面の簡単な説明 】

20

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 連続鋳造装置を示す斜視図である。

【 図 2 】 連続鋳造装置を示す断面図である。

【 図 3 】 連続鋳造装置を上方から見たモデル図である。

【 図 4 】 連続鋳造装置を示す斜視図である。

【 図 5 】 連続鋳造装置を上方から見たモデル図である。

【 図 6 】 連続鋳造装置を上方から見たモデル図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 0 】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

30

【 0 0 2 1 】

〔 第 1 実施形態 〕

(連続鋳造装置の構成)

本発明の第 1 実施形態によるチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法は、プラズマアーク溶解させたチタンまたはチタン合金の溶湯を無底の鋳型内に注入して凝固させながら下方に引抜くことで、チタンまたはチタン合金からなる鋳塊を連続的に鋳造する連続鋳造方法である。この連続鋳造方法を実施するチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造装置（連続鋳造装置）1 は、斜視図である図 1、および、断面図である図 2 に示すように、鋳型 2 と、コールドハース 3 と、原料投入装置 4 と、プラズマトーチ 5 と、スターティングブロック 6 と、プラズマトーチ 7 と、フラックス投入装置（図示せず）と、を有している。連続鋳造装置 1 のまわりは、アルゴンガスやヘリウムガス等からなる不活性ガス雰囲気になされている。

40

【 0 0 2 2 】

原料投入装置 4 は、コールドハース 3 内にスポンジチタンやスクラップ等のチタンまたはチタン合金の原料を投入する。プラズマトーチ 5 は、コールドハース 3 の上方に設けられており、プラズマアークを発生させてコールドハース 3 内の原料を溶融させる。コールドハース 3 は、原料が溶融した溶湯 1 2 を注湯部 3 a から鋳型 2 内に注入する。鋳型 2 は、銅製であって、無底で断面形状が円形に形成されており、円筒状の壁部の少なくとも一部の内部を循環する水によって冷却されるようになっている。スターティングブロック 6 は、図示しない駆動部によって上下動され、鋳型 2 の下側開口部を塞ぐことが可能である

50

。プラズマトーチ 7 は、鋳型 2 内の溶湯 1 2 の上方であって、鋳型 2 の径方向の中心を通る中心線上に 1 本設けられており、鋳型 2 内に注入された溶湯 1 2 の湯面をプラズマアークで加熱する。フラックス投入装置は、鋳型 2 内の溶湯 1 2 の湯面に固相のフラックス 9 を投入する。

【 0 0 2 3 】

以上の構成において、鋳型 2 内に注入された溶湯 1 2 は、水冷式の鋳型 2 との接触面から凝固していく。そして、鋳型 2 の下側開口部を塞いでいたスターティングブロック 6 を所定の速度で下方に引き下ろしていくことで、溶湯 1 2 が凝固した円柱状の鋳塊 1 1 が下方に引抜かれながら連続的に鋳造される。

【 0 0 2 4 】

なお、真空雰囲気での電子ビーム溶解では微少成分が蒸発するために、チタン合金の鋳造は困難であるが、不活性ガス雰囲気でのプラズマアーク溶解では、純チタンだけでなく、チタン合金も鋳造することが可能である。また、真空雰囲気での電子ビーム溶解では、フラックスが飛散するのでフラックスを鋳型 2 内の溶湯 1 2 に投入するのが困難である。これに対して、不活性ガス雰囲気でのプラズマアーク溶解では、フラックスを鋳型 2 内の溶湯 1 2 に投入することができるという利点を有する。

【 0 0 2 5 】

(操 業 条 件)

ところで、チタンまたはチタン合金からなる鋳塊 1 1 を連続鋳造した際に、鋳塊 1 1 の表面 (鋳肌) に凹凸や傷があると、次工程である圧延過程で表面欠陥となる。そのため、圧延する前に鋳塊 1 1 表面の凹凸や傷を切削等で取り除く必要があり、歩留まりの低下や作業工程の増加など、コストアップの要因となる。そのため、表面に凹凸や傷が無い鋳塊 1 1 を鋳造することが求められる。

【 0 0 2 6 】

ここで、鋳型 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鋳型 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度が、鋳塊 1 1 の鋳肌の状態に影響を及ぼす因子であることが、実験結果から明らかとなっている。そこで、鋳塊 1 1 の鋳肌の状態を改善する手法の一つとして、壁面近傍の溶湯 1 2 への入熱量と、壁面近傍の溶湯 1 2 からの抜熱量とのバランスを適正化することが考えられる。

【 0 0 2 7 】

さらに、壁面近傍の溶湯 1 2 の温度が、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上であれば、壁面近傍の溶湯 1 2 の凝固により鋳肌の状態が悪化するのを抑制することができると考えられる。そこで、壁面近傍の溶湯 1 2 の温度が、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上となるように、壁面近傍の溶湯 1 2 への入熱量と、壁面近傍の溶湯 1 2 からの抜熱量とのバランスを調整することが望まれる。しかし、プラズマアーク溶解においては、溶湯 1 2 の湯面を加熱するプラズマトーチ 7 が発生させるプラズマアークが邪魔をするため、壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を測定することは困難である。

【 0 0 2 8 】

そこで、プラズマトーチ 7 から鋳型 2 内の溶湯 1 2 の湯面に投入される投入電力量 (入熱量)、鋳型 2 の壁面と鋳型 2 内の溶湯 1 2 との界面に形成されるフラックス 9 の厚み、鋳型 2 の内側面上におけるプラズマトーチ 7 から最も離れた箇所からプラズマトーチ 7 の中心までの水平方向の距離、鋳型 2 の熱伝達係数、鋳塊 1 1 の引抜速度、および、鋳型 2 の内寸法をパラメータとして、鋳型 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鋳型 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を推測する。そして、推測した壁面近傍の溶湯 1 2 の温度が、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する。

【 0 0 2 9 】

具体的には、連続鋳造装置 1 を上方から見たモデル図である図 3 に示すように、プラズマトーチ 7 から鋳型 2 内の溶湯 1 2 の湯面に投入される投入電力量 (入熱量) Q 、鋳型 2 の壁面と鋳型 2 内の溶湯 1 2 との界面に形成されるフラックス 9 の厚み d 、鋳型 2 の内側面からプラズマトーチ 7 の中心までの水平方向の距離 L 、鋳型 2 の熱伝達係数 h 、スター

10

20

30

40

50

ティングブロック 6 の引き下ろしによる鋳塊 1 1 の引抜速度 V 、および、鋳型 2 の内側面の半径 R をパラメータとし、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点を MP としたときに、下記の式 1 を満足するように、各パラメータを調整する。ここで、 X は鋳肌状態判定指数である。なお、図 3 に示すモデルにおいては、鋳型 2 の周りに冷却水 1 4 が設けられている。

【 0 0 3 0 】

$$X = (1.930 + 2.2Q + 1.44 \cdot 4d - 1.1L - 1.1 \cdot 0.3h - 1.1 \cdot 0V - 1.17R) / MP \quad \dots (式 1)$$

【 0 0 3 1 】

ここで、プラズマトーチ 7 から湯面への投入電力量（入熱量） Q が大きくなるほど、湯面の温度は上昇し、壁面近傍の溶湯 1 2 の温度は高くなる。よって、投入電力量（入熱量） Q は、壁面近傍の溶湯 1 2 への入熱量に関するパラメータである。また、フラックス 9 には緩冷却作用があるので、フラックス 9 の厚み d が大きくなるほど壁面近傍の溶湯 1 2 の温度は高くなる。よって、フラックス 9 の厚み d は、壁面近傍の溶湯 1 2 への入熱量に関するパラメータである。

【 0 0 3 2 】

一方、プラズマトーチ 7 の中心から離れるほど溶湯 1 2 の温度は低くなる。そして、鋳型 2 の内側面からプラズマトーチ 7 の中心までの水平方向の距離 L が長くなるほど、壁面近傍の溶湯 1 2 の温度は低くなる。よって、鋳型 2 の内側面からプラズマトーチ 7 の中心までの水平方向の距離 L は、壁面近傍の溶湯 1 2 からの抜熱量に関するパラメータである。また、鋳型 2 の熱伝達係数 h が大きくなるほど、鋳型 2 への抜熱量が大きくなる。よって、鋳型 2 の熱伝達係数 h は、壁面近傍の溶湯 1 2 からの抜熱量に関するパラメータである。

【 0 0 3 3 】

また、鋳塊 1 1 の引抜速度 V が速くなるほど、壁面近傍の溶湯 1 2 が下方に素早く移動して鋳型 2 により冷却され易くなり、壁面近傍の溶湯 1 2 からの抜熱量が大きくなる。よって、鋳塊 1 1 の引抜速度 V は、壁面近傍の溶湯 1 2 からの抜熱量に関するパラメータである。また、鋳型 2 の内側面の半径 R が長くなるほど、鋳型 2 の中心に位置するプラズマトーチ 7 から鋳型 2 の内側面が離れるので、壁面近傍の溶湯 1 2 の温度は低くなる。よって、鋳型 2 の内側面の半径 R は、壁面近傍の溶湯 1 2 からの抜熱量に関するパラメータである。

【 0 0 3 4 】

鋳肌状態判定指数 X が 1 以上となるように各パラメータを調整することで、鋳型 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鋳型 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度は、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になり、壁面近傍の溶湯 1 2 は液体の状態となる。これにより、壁面近傍の溶湯 1 2 の凝固により鋳肌の状態が悪化するのを抑制することができる。よって、鋳型 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鋳型 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を測定しなくても、鋳肌の状態が良好な鋳塊 1 1 を鋳造することができる。

【 0 0 3 5 】

一方、鋳肌状態判定指数 X が 1 未満であれば、鋳型 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鋳型 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度は、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点未満になり、壁面近傍の溶湯 1 2 は固体の状態となる。よって、壁面近傍の溶湯 1 2 の凝固により鋳肌の状態は悪化することとなる。

【 0 0 3 6 】

ここで、鋳型 2 の熱伝達係数 h は、以下の式により求まる。

【 0 0 3 7 】

10

20

30

40

【数 1】

$$d_e = 4 \frac{S}{L} \quad \dots (式2)$$

$$Re = \frac{\rho u^2}{\mu(u/d_e)} \quad \dots (式3)$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu/\rho}{\lambda/(C_p \rho)} = \frac{\mu C_p}{\lambda} \quad \dots (式4)$$

10

$$f = (3.64 \log_{10} Re - 3.28)^{-2} \quad Re < 10^5 : f = 0.079 / Re^{0.25} \quad \dots (式5)$$

$$10^4 < Re < 10^6, 0.5 < Pr < 2000 : \quad \dots (式6)$$

$$Nu = \frac{(f/2) Re \cdot Pr}{1.07 + 12.7 \sqrt{f/2} (Pr^{2/3} - 1)} \quad \dots (式7)$$

$$h = Nu \frac{\lambda}{d_e} \quad \dots (式8)$$

20

【0038】

ここで、 d_e [m] は水冷管断面の相当直径、 S [m²] は水冷管断面積、 L [m] は水冷管ぬれぶち長さ、 Re [-] はレイノルズ数、 ρ [kg/m³] は冷却水密度、 u [m/s] は流速、 μ [Pa・s] は冷却水粘性、 Pr [-] は冷却水プラントル数、 ν [m²/s] は冷却水動粘度、 α [m²/s] は冷却水熱拡散率、 λ [W/m・K] は冷却水熱伝導率、 C_p [J/g・K] は冷却水比熱、 f [-] は管摩擦係数、 Nu [-] はヌッセルト数、 h [W/m²・K] は熱伝達係数である。なお、水冷管は鋳型2の内部に設けられるものであり、冷却水は水冷管内を流れるものである。

30

【0039】

(鋳肌評価)

次に、図3に示すモデルを用いて、各パラメータを変化させて鋳肌の状態を評価した。その結果を表1に示す。

【0040】

【表 1】

No.	投入電力量 (入熱量)	フラックス 厚さ	鋳型/ トーチ距離	熱伝達 係数	引抜速度	鋳型径	鋳肌状態 判定指数	鋳肌 状態
	Q[kW]	d[mm]	L[mm]	h[kW/m ² K]	V[mm/min.]	R[mm]	X[-]	
1	35	0	40	7	10	80	1.00	○
2	35	0	40	7	10	80	1.00	○
3	25	0	40	7	10	80	0.99	×
4	65	0	40	7	10	80	1.04	○
5	35	0	40	3.5	10	80	1.02	○
6	35	0	40	10	10	80	0.98	×
7	35	0	40	7	5	80	1.03	○
8	35	0	40	7	15	80	0.97	×
9	35	0	30	7	10	80	1.01	○
10	35	0	50	7	10	80	0.99	×
11	800	0	600	28	10	1200	0.72	×
12	1200	0	600	28	10	1200	1.24	○
13	35	2	40	7	10	80	1.17	○
14	35	6	40	7	10	80	1.52	○
15	35	2	30	7	10	80	1.18	○
16	25	6	40	7	10	80	1.50	○
17	65	2	40	7	10	80	1.21	○
18	65	6	40	7	10	80	1.56	○
19	35	2	40	7	5	80	1.21	○
20	35	2	40	7	15	80	1.14	○
21	35	2	40	3.5	10	80	1.20	○
22	35	2	40	10	10	80	1.15	○
23	800	2	600	28	10	1200	0.89	×
24	1200	2	600	28	10	1200	1.41	○

【 0 0 4 1 】

鋳肌状態が良好（○）であるサンプルに対して、鋳肌状態判定指数 X が 1 以上となるように、各パラメータの係数を設定することで、上記式 1 を導出することができる。

【 0 0 4 2 】

（効果）

以上に述べたように、本実施形態に係るチタンまたはチタン合金からなる鋳塊の連続鋳造方法によると、溶湯 1 2 への入熱量および溶湯 1 2 からの抜熱量に関係する各パラメータから壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を推測し、推測した温度が、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する。これにより、鋳型 2 内

10

20

30

40

50

の溶湯 1 2 の湯面直下であって鑄型 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を測定しなくても、鑄肌の状態が良好な鑄塊 1 1 を鑄造することができる。

【 0 0 4 3 】

また、鑄型 2 の断面形状が円形であって、鑄型 2 の径方向の中心を通る中心線上にプラズマトーチ 7 が 1 本配置されている場合において、上記式 1 を満足するように各パラメータを調整することで、鑄型 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鑄型 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上にすることができる。

【 0 0 4 4 】

[第 2 実施形態]

(連続鑄造装置の構成)

次に、本発明の第 2 実施形態に係るチタンまたはチタン合金からなる鑄塊の連続鑄造方法について説明する。なお、上述した構成要素と同じ構成要素については、同じ参照番号を付してその説明を省略する。本実施形態の連続鑄造方法を実施する連続鑄造装置 2 0 1 が第 1 実施形態の連続鑄造装置 1 と異なる点は、斜視図である図 4 に示すように、鑄型 2 0 2 の断面形状が矩形であり、角柱状のスラブ 2 1 1 を連続鑄造する点と、鑄型 2 0 2 内の溶湯 1 2 の湯面をプラズマアークで加熱するプラズマトーチ 7 が、複数設けられている点である。本実施形態において、プラズマトーチ 7 の数は 2 つであるが、これに限定されない。

【 0 0 4 5 】

(操業条件)

本実施形態においても、鑄型 2 0 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって壁面近傍の溶湯 1 2 の温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上となるように、壁面近傍の溶湯 1 2 への入熱量と、壁面近傍の溶湯 1 2 からの抜熱量とのバランスを調整することが望まれる。

【 0 0 4 6 】

そこで、2つのプラズマトーチ 7 から鑄型 2 0 2 内の溶湯 1 2 の湯面に投入される投入電力量 (入熱量)、鑄型 2 0 2 の壁面と鑄型 2 0 2 内の溶湯 1 2 との界面に形成されるフラックス 9 の厚み、プラズマトーチ 7 毎に設定されたプラズマ照射範囲の各々におけるプラズマトーチ 7 の中心と鑄型 2 0 2 の内側面との間の水平方向の最長距離のうちで最も長い距離、鑄型 2 0 2 の熱伝達係数、スラブ 2 1 1 の引抜速度、および、鑄型 2 0 2 の内寸法をパラメータとして、鑄型 2 0 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鑄型 2 0 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を推測する。そして、推測した壁面近傍の溶湯 1 2 の温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する。

【 0 0 4 7 】

具体的には、連続鑄造装置 2 0 1 を上方から見たモデル図である図 5 に示すように、2つのプラズマトーチ 7 から鑄型 2 0 2 内の溶湯 1 2 の湯面に投入される投入電力量 (入熱量) Q 、鑄型 2 0 2 の壁面と鑄型 2 0 2 内の溶湯 1 2 との界面に形成されるフラックス 9 の厚み d 、プラズマトーチ 7 毎に設定されたプラズマ照射範囲 1 5 a, 1 5 b の各々におけるプラズマトーチ 7 の中心と鑄型 2 0 2 の内側面との間の水平方向の最長距離のうちで最も長い距離 L 、鑄型 2 0 2 の熱伝達係数 h 、スラブ 2 1 1 の引抜速度 V 、鑄型 2 0 2 の内側面における長辺の長さ a 、鑄型 2 0 2 の内側面における短辺の長さ b 、および、プラズマトーチ 7 の数 M をパラメータとし、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点を MP としたときに、下記の式 9 を満足するように、各パラメータを調整する。ここで、 X は鑄肌状態判定指数である。なお、図 5 に示すモデルにおいては、鑄型 2 0 2 の周りに冷却水 1 4 が設けられている。

【 0 0 4 8 】

$$X = (2440 + 1.94Q + 163.6d - 21.4L - 29.5h - 50.0V + 6.0a - 6.2b + 380.0M) / MP \quad 1 \quad \cdots (式 9)$$

【 0 0 4 9 】

ここで、プラズマ照射範囲 1 5 a は、図中左側のプラズマトーチ 7 a に対して設定され

10

20

30

40

50

、このプラズマトーチ 7 a によりプラズマ照射される湯面上の領域であり、プラズマ照射範囲 15 b は、図中右側のプラズマトーチ 7 b に対して設定され、このプラズマトーチ 7 b によりプラズマ照射される湯面上の領域である。本実施形態において、図中右側のプラズマトーチ 7 b は、図中左側のプラズマトーチ 7 a よりも鋳型 202 の中心寄りに配置されている。そのため、プラズマ照射範囲 15 b におけるプラズマトーチ 7 b の中心と鋳型 202 の内側面との間の水平方向の最長距離（プラズマトーチ 7 b の中心と鋳型 202 の内側面上のコーナー部との間の水平方向の距離）は、プラズマ照射範囲 15 a におけるプラズマトーチ 7 a の中心と鋳型 202 の内側面との間の水平方向の最長距離（プラズマトーチ 7 a の中心と鋳型 202 の内側面上のコーナー部との間の水平方向の距離）よりも長い。よって、本実施形態においては、前者が最も長い距離 L となる。

10

【0050】

なお、プラズマトーチ 7 の数が 3 つ以上である場合、プラズマ照射範囲はプラズマトーチ 7 の数と同じ数だけ設定されることとなる。

【0051】

ここで、プラズマトーチ 7 から湯面への投入電力量（入熱量） Q が大きくなるほど、湯面の温度は上昇し、壁面近傍の溶湯 12 の温度は高くなる。よって、投入電力量（入熱量） Q は、壁面近傍の溶湯 12 への入熱量に関するパラメータである。また、フラックス 9 には緩冷却作用があるので、フラックス 9 の厚み d が大きくなるほど壁面近傍の溶湯 12 の温度は高くなる。よって、フラックス 9 の厚み d は、壁面近傍の溶湯 12 への入熱量に関するパラメータである。

20

【0052】

また、鋳型 202 の内側面における長辺の長さ a が長くなるほど、矩形のコーナー部同士の間隔が長くなり、コーナー部における急激な冷却が緩和される。よって、長辺の長さ a は、壁面近傍の溶湯 12 への入熱量に関するパラメータである。また、プラズマトーチ 7 の数 M が多くなるほど、湯面に投入された熱量で壁面近傍の溶湯 12 が加熱されて、壁面近傍の溶湯 12 の温度が高くなる。よって、プラズマトーチ 7 の数 M は、壁面近傍の溶湯 12 への入熱量に関するパラメータである。

【0053】

一方、プラズマトーチ 7 の中心から離れるほど溶湯 12 の温度は低くなる。そして、鋳型 202 の内側面からプラズマトーチ 7 の中心までの水平方向の距離 L が長くなるほど、壁面近傍の溶湯 12 の温度は低くなる。よって、プラズマトーチ 7 毎に設定されたプラズマ照射範囲 15 a , 15 b の各々におけるプラズマトーチ 7 の中心と鋳型 202 の内側面との間の水平方向の最長距離のうちで最も長い距離 L は、壁面近傍の溶湯 12 からの抜熱量に関するパラメータである。また、鋳型 202 の熱伝達係数 h が大きくなるほど、鋳型 202 への抜熱量が大きくなる。よって、鋳型 202 の熱伝達係数 h は、壁面近傍の溶湯 12 からの抜熱量に関するパラメータである。

30

【0054】

また、スラブ 211 の引抜速度 V が速くなるほど、壁面近傍の溶湯 12 が下方に素早く移動して鋳型 202 により冷却され易くなり、壁面近傍の溶湯 12 からの抜熱量が大きくなる。よって、スラブ 211 の引抜速度 V は、壁面近傍の溶湯 12 からの抜熱量に関するパラメータである。また、鋳型 202 の内側面における短辺の長さ b が長くなるほど、プラズマトーチ 7 と鋳型 202 のコーナー部との距離が長くなり、壁面近傍の溶湯 12 の温度は低くなる。よって、短辺の長さ b は、壁面近傍の溶湯 12 からの抜熱量に関するパラメータである。

40

【0055】

鋳肌状態判定指数 X が 1 以上となるように各パラメータを調整することで、鋳型 202 内の溶湯 12 の湯面直下であって鋳型 202 の壁面近傍の溶湯 12 の温度は、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になり、壁面近傍の溶湯 12 は液体の状態となる。これにより、壁面近傍の溶湯 12 の凝固により鋳肌の状態が悪化するのを抑制することができる。よって、鋳型 202 内の溶湯 12 の湯面直下であって鋳型 202 の壁面近傍の

50

溶湯 1 2 の温度を測定しなくても、鑄肌の状態が良好なスラブ 2 1 1 を鑄造することができる。

【 0 0 5 6 】

一方、鑄肌状態判定指数 X が 1 未満であれば、鑄型 2 0 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鑄型 2 0 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度は、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点未満になり、壁面近傍の溶湯 1 2 は固体の状態となる。よって、壁面近傍の溶湯 1 2 の凝固により鑄肌の状態は悪化することとなる。

【 0 0 5 7 】

ここで、鑄型 2 0 2 の熱伝達係数 h は、第 1 実施形態と同様の式により求められるので、その説明を省略する。

10

【 0 0 5 8 】

(変形例)

なお、本実施形態においては、連続鑄造装置 2 0 1 を上方から見たモデル図である図 6 に示すように、プラズマトーチ 7 の数が 1 本であってもよい。この場合、パラメータの 1 つである距離 L は、鑄型 2 0 2 の内側面上におけるプラズマトーチ 7 から最も離れたコーナー部からプラズマトーチ 7 の中心までの水平方向の距離となり、鑄肌状態判定指数 X は以下のようになる。

【 0 0 5 9 】

$$X = (2 4 4 0 + 1 . 9 4 Q + 1 6 3 . 6 d - 2 1 . 4 L - 2 9 . 5 h - 5 0 . 0 V + 6 . 0 a - 6 . 2 b + 3 8 0 . 0) / M P \quad 1 \quad \cdots (式 1 0)$$

20

【 0 0 6 0 】

(鑄肌評価)

次に、図 5、図 6 に示すモデルを用いて、各パラメータを変化させて鑄肌の状態を評価した。その結果を表 2 に示す。

【 0 0 6 1 】

【表 2】

No.	投入電力量 (入熱量)	フラックス 厚さ	鑄型/ トーチ距離	熱伝達 係数	引抜速度	長辺	短辺	トーチ	鑄肌状態 判定指数	鑄肌 状態
	Q[kW]	d[mm]	L[mm]	h[kW/m ² K]	V[mm/min.]	a[mm]	b[mm]	M[本]	X[-]	(コーナ 一部)
1	65	2	40	7	10	75	50	1	1.10	○
2	65	6	40	7	10	75	50	1	1.49	○
3	65	2	30	7	10	75	50	1	1.23	○
4	65	2	50	7	10	75	50	1	0.97	×
5	65	2	40	3.5	10	75	50	1	1.16	○
6	65	2	40	10	10	75	50	1	1.05	○
7	65	2	40	7	5	75	50	1	1.25	○
8	65	2	40	7	12	75	50	1	1.04	○
9	65	2	55	7	4	140	100	1	1.14	○
10	65	2	85	7	4	140	100	1	0.75	×
11	1200	6	515	7	10	1500	250	2	1.33	○
12	1200	2	515	7	10	1500	250	2	0.94	×
13	25	0	40	7	10	75	50	1	0.86	×
14	35	0	40	7	10	75	50	1	0.87	×
15	65	0	30	7	10	75	50	1	1.03	○
16	65	0	60	7	10	75	50	1	0.65	×
17	65	0	40	10	10	75	50	1	0.85	×
18	65	0	40	7	5	75	50	1	1.06	○
19	65	0	85	7	4	140	100	1	0.56	×
20	1200	0	280	7	10	750	250	1	0.84	×
21	1200	0	515	7	10	1500	250	1	0.52	×
22	1200	0	280	7	10	750	250	2	1.06	○
23	1200	0	515	7	10	1500	250	2	0.75	×

【 0 0 6 2 】

鑄肌状態が良好（○）であるサンプルに対して、鑄肌状態判定指数 X が 1 以上となるように、各パラメータの係数を設定することで、上記式 9、式 10 を導出することができる。

【 0 0 6 3 】

（効果）

以上に述べたように、本実施形態に係るチタンまたはチタン合金からなるスラブ 211 の連続鑄造方法によると、溶湯 12 への入熱量および溶湯 12 からの抜熱量に係る各パラメータから壁面近傍の溶湯 12 の温度を推測し、推測した温度が、鑄造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上になるように、各パラメータを調整する。これにより、

鋳型 2 0 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鋳型 2 0 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を測定しなくても、鋳肌の状態が良好なスラブ 2 1 1 を鋳造することができる。

【 0 0 6 4 】

また、鋳型 2 0 2 の断面形状が矩形であってプラズマトーチ 7 が複数である場合において、上記式 9 を満足するように各パラメータを調整することで、鋳型 2 0 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鋳型 2 0 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上にすることができる。

【 0 0 6 5 】

また、鋳型 2 0 2 の断面形状が矩形であってプラズマトーチ 7 が 1 本である場合において、上記式 1 0 を満足するように各パラメータを調整することで、鋳型 2 0 2 内の溶湯 1 2 の湯面直下であって鋳型 2 0 2 の壁面近傍の溶湯 1 2 の温度を、鋳造対象であるチタンまたはチタン合金の融点以上にすることができる。

【 0 0 6 6 】

(本実施形態の変形例)

以上、本発明の実施形態を説明したが、具体例を例示したに過ぎず、特に本発明を限定するものではなく、具体的構成などは、適宜設計変更可能である。また、発明の実施の形態に記載された、作用及び効果は、本発明から生じる最も好適な作用及び効果を列挙したに過ぎず、本発明による作用及び効果は、本発明の実施の形態に記載されたものに限定されるものではない。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 7 】

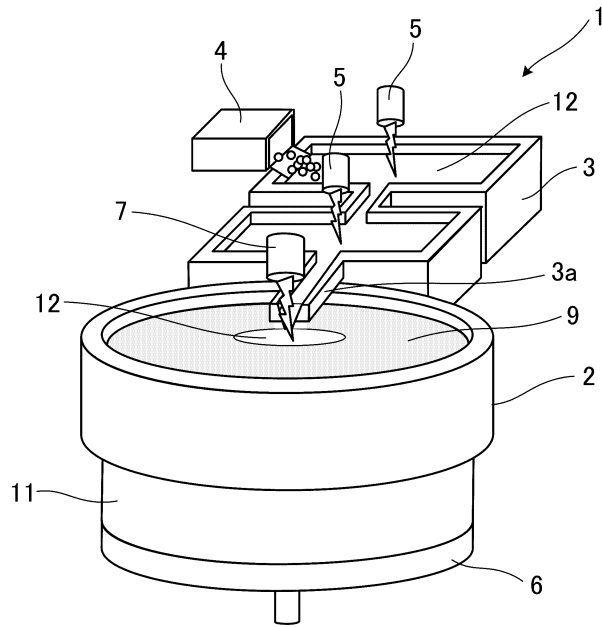
- 1 , 2 0 1 連続鋳造装置
- 2 , 2 0 2 鋳型
- 3 コールドハース
- 3 a 注湯部
- 4 原料投入装置
- 5 プラズマトーチ
- 6 スターティングブロック
- 7 , 7 a , 7 b プラズマトーチ
- 9 フラックス
- 1 1 鋳塊
- 1 2 溶湯
- 1 4 冷却水
- 1 5 a , 1 5 b プラズマ照射範囲
- 2 1 1 スラブ

10

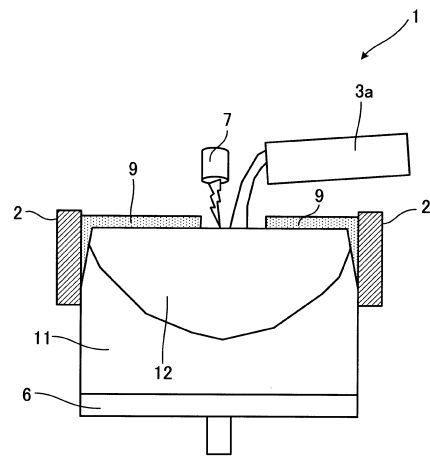
20

30

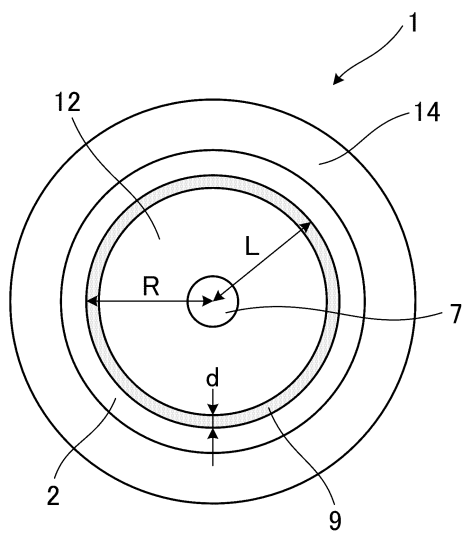
【図 1】



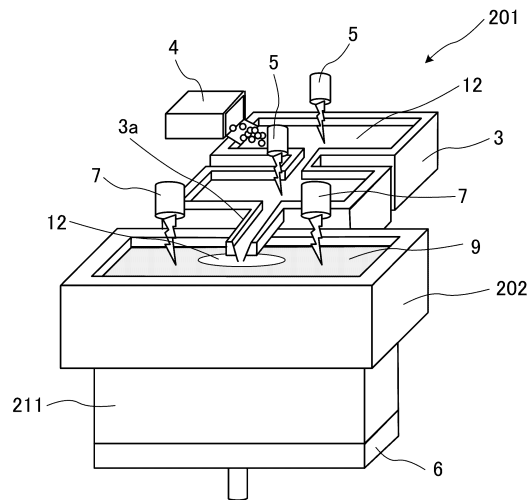
【図 2】



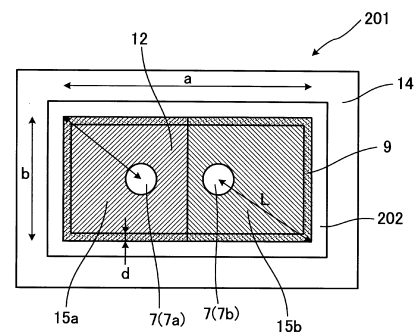
【図 3】



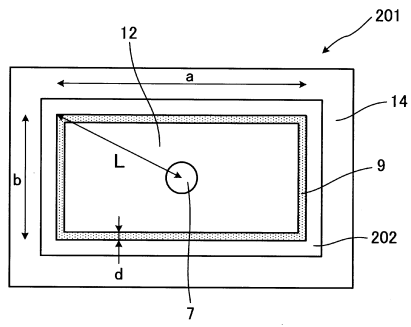
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 松若 大介
兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内
- (72)発明者 大山 英人
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 3 番 1 号 株式会社神戸製鋼所 高砂製作所内
- (72)発明者 金橋 秀豪
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 3 番 1 号 株式会社神戸製鋼所 高砂製作所内
- (72)発明者 堤 一之
兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内
- (72)発明者 中岡 威博
兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内
- (72)発明者 黒澤 瑛介
兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内

審査官 酒井 英夫

- (56)参考文献 特開平 0 6 - 0 0 0 6 2 4 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 2 9 9 3 0 2 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 2 2 D 1 1 / 0 0 - 1 1 / 2 2 ,
C 2 2 B 9 / 2 0 - 9 / 2 2