

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5774438号
(P5774438)

(45) 発行日 平成27年9月9日(2015.9.9)

(24) 登録日 平成27年7月10日(2015.7.10)

(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 10 頁)

(21) 出願番号	特願2011-222844 (P2011-222844)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成23年10月7日(2011.10.7)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2013-81981 (P2013-81981A)		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25年5月9日(2013.5.9)	(74) 代理人	110001841
審査請求日	平成25年9月2日(2013.9.2)		特許業務法人梶・須原特許事務所
前置審査		(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スラブの連続鑄造方法および連続鑄造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チタンまたはチタン合金を溶融させた溶湯を無底で断面長方形形状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スラブを連続的に鑄造する連続鑄造方法であって、

前記鑄型内に注入された前記溶湯が前記鑄型の長辺方向の中央部に向かって流動するように、前記鑄型の長辺方向の両端部における前記鑄型内の領域のみに、前記鑄型の短辺側から前記溶湯を注入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スラブの連続鑄造方法。

【請求項 2】

前記両端部の各々における前記長辺方向の長さ l は、前記鑄型の長辺方向の長さを L としたときに、 $0 < l / L \leq 0.25$ 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スラブの連続鑄造方法。

【請求項 3】

前記鑄型内に注入された前記溶湯の湯面をプラズマアークにより加熱することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鑄造方法。

【請求項 4】

チタンまたはチタン合金を溶融させた溶湯を無底で断面長方形形状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スラブを連続的に鑄造する連続鑄造装置であって、

10

20

前記鋳型内に注入された前記溶湯が前記鋳型の長辺方向の中央部に向かって流動するよ
うに、前記鋳型の長辺方向の両端部における前記鋳型内の領域のみに、前記鋳型の短辺側
から前記溶湯を注入するハースと、

前記鋳型内の前記溶湯の湯面を加熱する加熱装置と、
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スラブの連続鋳造装置。

【請求項 5】

前記両端部の各々における前記長辺方向の長さ l は、前記鋳型の長辺方向の長さを L としたときに、 $0 < l / L \leq 0.25$ の関係を満足することを特徴とする請求項 4 に記載のチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造装置。

【請求項 6】

前記加熱装置は、プラズマアークを発生させるプラズマトーチであることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、チタンまたはチタン合金からなるスラブ（鋳片）を連続的に鋳造する、チタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造方法および連続鋳造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

真空アーク溶解や電子ビーム溶解によって熔融させた金属を無底矩形状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、スラブを連続的に鋳造することが行われている。

【0003】

また、特許文献 1 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溶解し、引続き不活性ガス雰囲気中にて連続鋳造により薄肉スラブを鋳造し、これを圧延してストリップを製造し、このストリップを圧延する、チタンまたはチタン合金圧延材の製造方法が開示されている。

【0004】

ここで、鋳造されたスラブの鋳肌凹凸や傷があると、その後の圧延過程で表面欠陥となる。そのため、鋳肌凹凸や傷が無いスラブを鋳造することが求められる。

【0005】

そこで、特許文献 2 には、電子ビーム溶解炉において、断面長形状の鋳型の短辺の一方から鋳型内に溶湯を注入し、短辺の他方側から一方側に向かって電子ビーム密度を減少させることで、チタンスラブの幅方向の温度分布を均一に維持し、鋳肌の改善を図った熱間圧延用チタンスラブの溶製方法が開示されている。

【0006】

また、特許文献 3 には、鋳型と鋳型に溶湯を注入するハースとの間に、溶湯を一旦保持して分散させながら鋳型に供給する溶湯分散レードルを介装することで、鋳型内の溶湯の温度分布を均一にして、インゴットの表面欠陥を抑制する金属インゴットの溶製方法が開示されている。

【0007】

また、特許文献 4 には、ハースに設けられた複数のハースリップから鋳型内に溶湯を注入することで、鋳型内に供給される溶湯の温度分布を均一化して、インゴットの表面欠陥を抑制する金属インゴットの溶製方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献 1】特開平 7 - 118773 号公報

【特許文献 2】国際公開第 2010 / 090310 号パンフレット

【特許文献 3】特開 2010 - 247201 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献4】特開2010-247202号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところで、断面長方形の鋳型内に溶湯を注入する場合、鋳型内に均等に溶湯を行き渡らせるという観点から、鋳型の長辺方向の中央部付近に溶湯を注入するのが一般的である。しかしながら、中央部付近に注入された溶湯の温度は、長辺方向の両端部に流動しながら徐々に低くなっていくので、中央部の方が両端部よりも温度分布が高くなる。また、鋳型との接触面積が広い両端部の方が、中央部よりも溶湯の冷却速度が速い。そのため、中央部よりも両端部の方が凝固シェルの成長が速くなり、凝固シェルの形状が鋳型内で不均一となるので、凝固シェルの断裂や、凝固シェルの凝固収縮に起因する溶湯差込等が発生し、鋳肌の状態が悪くなる。

10

【0010】

そこで、特許文献2では、チタンスラブの幅方向の温度分布を均一に維持するために、断面長方形の鋳型の短辺の一方から鋳型内に溶湯を注入し、短辺の他方側から一方側に向かって電子ビーム密度を減少させているが、電子ビームの緻密な制御が必要で、手間がかかる。

【0011】

また、特許文献3では、鋳型内の溶湯の温度分布を均一にするために、溶湯分散レードルを用いているが、この溶湯分散レードル自体が電子ビームを溶湯に照射する妨げとなるばかりか、溶湯分散レードルの修理や交換などのメンテナンスにかなりの手間を要する。

20

【0012】

また、特許文献4では、鋳型内の溶湯の温度分布を均一にするために、ハースに複数のハースリップを設けているが、ハースリップの詰まりなどにより、各ハースリップの注湯量に差異が生じると、鋳型内の溶湯の温度分布が不均一となるばかりか、ハースリップのメンテナンスに手間を要する。

【0013】

本発明の目的は、鋳肌の状態が良好なスラブを効率的に鋳造することが可能なチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造方法および連続鋳造装置を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明におけるチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造方法は、チタンまたはチタン合金を溶融させた溶湯を無底で断面長方形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スラブを連続的に鋳造する連続鋳造方法であって、前記鋳型内に注入された前記溶湯が前記鋳型の長辺方向の中央部に向かって流動するように、前記鋳型の長辺方向の両端部における前記鋳型内の領域のみに、前記鋳型の短辺側から前記溶湯を注入することを特徴とする。

【0015】

上記の構成によれば、断面長方形の鋳型の長辺方向の両端部から鋳型内に注入された溶湯は、鋳型の長辺方向の中央部に向かって流動する。その際、溶湯の温度は徐々に低下していくので、溶湯の温度は鋳型の両端部で高く、中央部で低くなる。一方、断面長方形の鋳型においては、鋳型との接触面積が広い両端部の方が中央部よりも冷却速度が速い。そこで、冷却速度が速い両端部に高温の溶湯を注入して、冷却速度が遅い中央部に低温の溶湯を流動させることで、鋳型の長辺方向の両端部における溶湯の冷却状態（温度）と、鋳型の長辺方向の中央部における溶湯の冷却状態（温度）とを均一にすることができる。これにより、凝固シェルの形状を鋳型内で均一にすることができるから、凝固シェルの断裂や、凝固シェルの凝固収縮に起因する溶湯差込等の発生を抑制することができる。よって、鋳肌の状態が良好なスラブを効率的に鋳造することができる。

40

【0016】

50

また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造方法において、前記両端部の各々における前記長辺方向の長さ l は、前記鋳型の長辺方向の長さを L としたときに、 $0 < l / L \leq 0.25$ の関係を満足してよい。上記の構成によれば、上記関係を満足することで、鋳型の長辺方向の両端部における溶湯の冷却状態（温度）と、鋳型の長辺方向の中央部における溶湯の冷却状態（温度）とを好適に均一にすることができる。

【0017】

また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造方法においては、前記鋳型内に注入された前記溶湯の湯面をプラズマアークにより加熱してよい。上記の構成によれば、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ったが、不活性ガス雰囲気においてプラズマアークにより溶湯の湯面を加熱することで、純チタンだけでなく、チタン合金も鋳造することができる。

10

【0018】

また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造装置は、チタンまたはチタン合金を溶融させた溶湯を無底で断面長方形形状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スラブを連続的に鋳造する連続鋳造装置であって、前記鋳型内に注入された前記溶湯が前記鋳型の長辺方向の中央部に向かって流動するように、前記鋳型の長辺方向の両端部における前記鋳型内の領域のみに、前記鋳型の短辺側から前記溶湯を注入するハースと、前記鋳型内の前記溶湯の湯面を加熱する加熱装置と、を有することを特徴とする。

20

【0019】

上記の構成によれば、断面長方形形状の鋳型の長辺方向の両端部から鋳型内に注入された溶湯は、鋳型の長辺方向の中央部に向かって流動する。その際、溶湯の温度は徐々に低下していくので、溶湯の温度は鋳型の両端部で高く、中央部で低くなる。一方、断面長方形形状の鋳型においては、鋳型との接触面積が広い両端部の方が中央部よりも冷却速度が速い。そこで、冷却速度が速い両端部に高温の溶湯を注入して、冷却速度が遅い中央部に低温の溶湯を流動させることで、鋳型の長辺方向の両端部における溶湯の冷却状態（温度）と、鋳型の長辺方向の中央部における溶湯の冷却状態（温度）とを均一にすることができる。これにより、凝固シェルの形状を鋳型内で均一にすることができるから、凝固シェルの断裂や、凝固シェルの凝固収縮に起因する溶湯差込等の発生を抑制することができる。よって、鋳肌の状態が良好なスラブを効率的に鋳造することができる。

30

【0020】

また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造装置において、前記両端部の各々における前記長辺方向の長さ l は、前記鋳型の長辺方向の長さを L としたときに、 $0 < l / L \leq 0.25$ の関係を満足してよい。上記の構成によれば、上記関係を満足することで、鋳型の長辺方向の両端部における溶湯の冷却状態（温度）と、鋳型の長辺方向の中央部における溶湯の冷却状態（温度）とを好適に均一にすることができる。

【0021】

また、本発明におけるチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造装置において、前記加熱装置は、プラズマアークを発生させるプラズマトーチであってよい。上記の構成によれば、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ったが、不活性ガス雰囲気においてプラズマアークにより溶湯の湯面を加熱することで、純チタンだけでなく、チタン合金も鋳造することができる。

40

【発明の効果】

【0022】

本発明のチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鋳造方法および連続鋳造装置によると、断面長方形形状の鋳型において、鋳型の長辺方向における冷却速度が速い両端部に高温の溶湯を注入して、鋳型の長辺方向における冷却速度が遅い中央部に低温の溶湯を流動させることで、鋳型の長辺方向の両端部における溶湯の冷却状態（温度）と、鋳型の長

50

辺方向の中央部における溶湯の冷却状態（温度）とを均一にすることができる。これにより、凝固シェルの形状を鑄型内で均一にすることができるから、凝固シェルの断裂や、凝固シェルの凝固収縮に起因する溶湯差込等の発生を抑制することができて、鑄肌の状態が良好なスラブを効率的に鑄造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】連続鑄造装置を示す斜視図である。

【図2】連続鑄造装置を示す上面図である。

【図3】表面欠陥の発生メカニズムを表す説明図である。

【図4】表面欠陥の発生メカニズムを表す説明図である。

【図5】連続鑄造装置を示す上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

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。

【0025】

（連続鑄造装置の構成）

本実施形態によるチタンまたはチタン合金からなるスラブの連続鑄造装置（連続鑄造装置）1は、斜視図である図1、および、上面図である図2に示すように、鑄型2と、コールドハース（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（加熱装置）7と、を有している。連続鑄造装置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されている。

【0026】

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12を注湯部3aから鑄型2内に注入する。鑄型2は、銅製であって、無底で断面長方形に形成されており、四辺をなす壁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、鑄型2の下側開口部を塞ぐことが可能である。プラズマトーチ7は、鑄型2の上方に設けられており、鑄型2内に注入された溶湯12の湯面をプラズマ

【0027】

コールドハース3は、溶湯12が流動する一対の流動部3bを鑄型2の長辺方向の両側に備えており、流動部3bの先端は鑄型2内に溶湯12を注入する注湯部3aとなっている。2つの注湯部3aは、鑄型2の長辺方向の両端部にそれぞれ配置されて長辺方向に対向している。コールドハース3は、流動部3bを流動した溶湯12を注湯部3aから鑄型2内に注入することで、鑄型2の長辺方向の両端部から鑄型2内に溶湯12を注入する。

【0028】

以上の構成において、鑄型2内に注入された溶湯12は、水冷式の鑄型2との接触面から凝固していく。そして、鑄型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12が凝固したスラブ11が下方に引抜かれながら連続的に鑄造される。

【0029】

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、チタン合金の鑄造は困難であるが、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、チタン合金も鑄造することが可能である。また、溶湯12を緩冷却する目的で、溶湯12の湯面上にフラックスを散布することも好ましい態様ではあるが、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鑄型2内の溶湯12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、フラックスを鑄型2内の溶湯12に投入することができるという利点を有する。

【 0 0 3 0 】

(表面欠陥の発生メカニズム)

ところで、チタンまたはチタン合金からなるスラブ 1 1 を連続鋳造した際に、スラブ 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、圧延する前にスラブ 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スラブ 1 1 を鋳造することが求められる。

【 0 0 3 1 】

ここで、スラブ 1 1 の表面に生じる欠陥の中には、凝固シェル 1 3 の断裂により生じるものがあると推測される。そのメカニズムについて図 3 を用いて説明する。鋳型 2 の壁面近傍において成長した凝固シェル 1 3 が、引抜きにより下降する。このとき、成長した凝固シェル 1 3 と鋳型 2 との界面に作用する摩擦力で凝固シェル 1 3 が断裂し、この断裂がスラブ 1 1 の表面欠陥となる。

10

【 0 0 3 2 】

また、スラブ 1 1 の表面に生じる欠陥の中には、凝固シェル 1 3 の凝固収縮に起因する溶湯差込により生じるものがあると推測される。そのメカニズムについて図 4 を用いて説明する。まず、図 4 (a) に示すように、過度に冷却された凝固シェル 1 3 が凝固収縮することで鋳型 2 の壁面から離れる方向に凝固シェル 1 3 が変形する。次に、図 4 (b) に示すように、鋳型 2 と凝固シェル 1 3 との間に生じた隙間に溶湯 1 2 が流れ込む。そして、図 4 (c) に示すように、隙間に流れ込んだ溶湯 1 2 が凝固して凝固シェル 1 3 になることで、凝固シェル 1 3 に表面欠陥が生じ、これがスラブ 1 1 の表面欠陥となる。

20

【 0 0 3 3 】

(溶湯注入方法)

本実施形態では、凝固シェル 1 3 の形状を鋳型 2 内で均一にするために、断面長方形の鋳型 2 の長辺方向の両端部から鋳型 2 内に溶湯 1 2 を注入している。ここで、鋳型 2 の長辺方向の両端部とは、図 2 に示すように、両端部の各々における長辺方向の長さ (短辺側の壁面から中央側の端までの長さ) を l 、鋳型 2 の長辺方向の長さを L としたときに、 $0 < l / L \leq 0.25$ の関係を満足する領域 1 4 を指す。

【 0 0 3 4 】

断面長方形の鋳型 2 の長辺方向の両端部から鋳型 2 内に注入された溶湯 1 2 は、鋳型 2 の長辺方向の中央部に向かって流動する。その際、溶湯 1 2 の温度は徐々に低下していくので、溶湯 1 2 の温度は鋳型 2 の両端部で高く、中央部で低くなる。一方、断面長方形の鋳型 2 においては、鋳型 2 との接触面積が広い両端部の方が中央部よりも冷却速度が速い。そこで、冷却速度が速い両端部に高温の溶湯 1 2 を注入して、冷却速度が遅い中央部に低温の溶湯 1 2 を流動させることで、鋳型 2 の長辺方向の両端部における溶湯 1 2 の冷却状態 (温度) と、鋳型 2 の長辺方向の中央部における溶湯 1 2 の冷却状態 (温度) とが略均一になる。これにより、凝固シェル 1 3 の形状が鋳型 2 内で均一になるから、凝固シェル 1 3 の断裂や、凝固シェル 1 3 の凝固収縮に起因する溶湯差込等の発生が抑制される。

30

【 0 0 3 5 】

また、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により加熱することで、鋳型 2 内の溶湯 1 2 の形状を一定に保ち、鋳型 2 内の温度分布をより精度良く均一にすることができる。

40

【 0 0 3 6 】

(効果)

以上に述べたように、本実施形態に係る連続鋳造装置 1 によると、断面長方形の鋳型 2 の長辺方向の両端部から鋳型 2 内に注入された溶湯 1 2 は、鋳型 2 の長辺方向の中央部に向かって流動する。その際、溶湯 1 2 の温度は徐々に低下していくので、溶湯 1 2 の温度は鋳型 2 の両端部で高く、中央部で低くなる。一方、断面長方形の鋳型 2 においては、鋳型 2 との接触面積が広い両端部の方が中央部よりも冷却速度が速い。そこで、冷却速

50

度が速い両端部に高温の溶湯 1 2 を注入して、冷却速度が遅い中央部に低温の溶湯 1 2 を流動させることで、鑄型 2 の長辺方向の両端部における溶湯 1 2 の冷却状態（温度）と、鑄型 2 の長辺方向の中央部における溶湯 1 2 の冷却状態（温度）とを均一にすることができる。これにより、凝固シェル 1 3 の形状を鑄型 2 内で均一にすることができるから、凝固シェル 1 3 の断裂や、凝固シェル 1 3 の凝固収縮に起因する溶湯差込等の発生を抑制することができる。よって、鑄肌の状態が良好なスラブ 1 1 を効率的に鑄造することができる。

【0037】

また、両端部の各々における長辺方向の長さ l が、鑄型 2 の長辺方向の長さを L としたときに、 $0 < l / L \leq 0.25$ の関係を満足することで、鑄型 2 の長辺方向の両端部における溶湯 1 2 の冷却状態（温度）と、鑄型 2 の長辺方向の中央部における溶湯 1 2 の冷却状態（温度）とを好適に均一にすることができる。

【0038】

また、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、チタン合金の鑄造は困難であったが、不活性ガス雰囲気においてプラズマアークにより溶湯 1 2 の湯面を加熱することで、純チタンだけでなく、チタン合金も鑄造することができる。

【0039】

（変形例）

なお、図 1 および図 2 に示すコールドハース 3 においては、注湯部 3 a 同士が鑄型 2 の長辺方向に対向するように配置されているが、図 5 に示すように、注湯部 2 3 a の各々が鑄型 2 の内側に位置して鑄型 2 の長辺に対向するように配置されたコールドハース 2 3 を用いてもよい。このコールドハース 2 3 は、鑄型 2 の長辺側から鑄型 2 の長辺方向の両端部に向かって溶湯 1 2 を流動させる一対の流動部 2 3 b を備えている。このようなコールドハース 2 3 であっても、断面長方形の鑄型 2 の長辺方向の両端部から鑄型 2 内に溶湯 1 2 を注入することで、凝固シェル 1 3 の形状を鑄型 2 内で均一にすることができる。

【0040】

（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。

【0041】

例えば、プラズマトーチ 7 からのプラズマアークで溶湯 1 2 の湯面を加熱する構成が好適ではあるが、これに限定されず、電子ビームや非消耗電極式アーク、高周波誘導加熱により溶湯 1 2 の湯面を加熱する構成であってもよい。

【符号の説明】

【0042】

- 1 連続鑄造装置
- 2 鑄型
- 3 コールドハース（ハース）
- 3 a 注湯部
- 3 b 流動部
- 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 プラズマトーチ（加熱装置）
- 1 1 スラブ
- 1 2 溶湯
- 1 3 凝固シェル

10

20

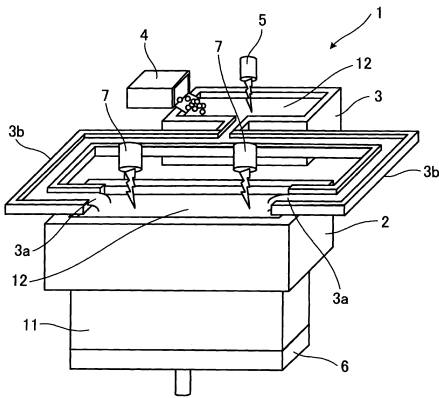
30

40

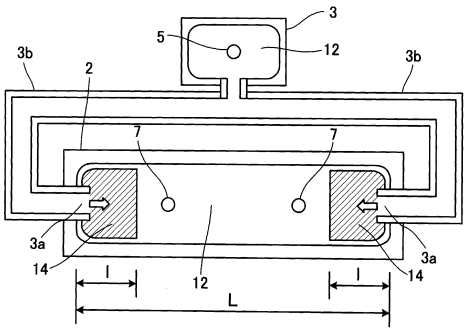
50

1 4 領域

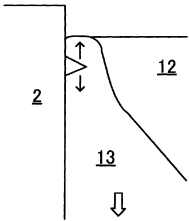
【図 1】



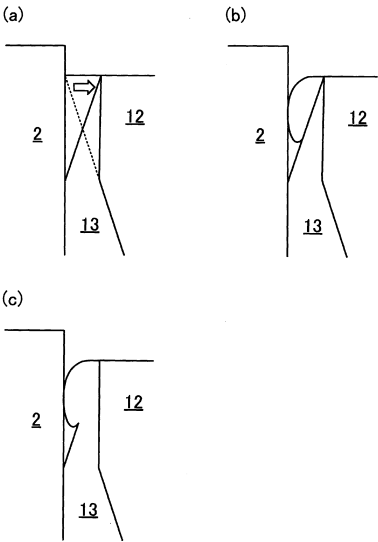
【図 2】



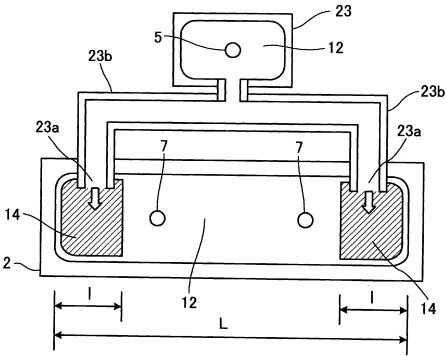
【図 3】



【 図 4 】



【 図 5 】



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

審査官 坂本 薫昭

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 2 4 7 2 0 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 2 2 D 7 / 0 0 - 7 / 1 2 , 1 1 / 0 0 - 1 1 / 2 2
 2 1 / 0 0 - 2 1 / 0 6
C 2 2 B 9 / 0 0 - 9 / 2 2