

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5754417号
(P5754417)

(45) 発行日 平成27年7月29日(2015.7.29)

(24) 登録日 平成27年6月5日(2015.6.5)

(51) Int. Cl.	F 1		
B 2 2 D 11/128 (2006.01)	B 2 2 D	11/128	3 5 0 A
B 2 2 D 11/20 (2006.01)	B 2 2 D	11/20	C
B 2 1 B 1/00 (2006.01)	B 2 1 B	1/00	D

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2012-129613 (P2012-129613)	(73) 特許権者	000006655 新日鐵住金株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(22) 出願日	平成24年6月7日(2012.6.7)	(74) 代理人	110001553 アセンド特許業務法人
(65) 公開番号	特開2013-252542 (P2013-252542A)	(74) 代理人	100103481 弁理士 森 道雄
(43) 公開日	平成25年12月19日(2013.12.19)	(74) 代理人	100134957 弁理士 松永 英幸
審査請求日	平成26年8月11日(2014.8.11)	(72) 発明者	古賀 道和 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社 社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋳片の連続鋳造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋳片の連続鋳造方法であって、

(ステップ1) 横断面が直径400mm以上の円形である内部に未凝固部を有する鋳片を鋳型で鋳造すること、

(ステップ2) 前記内部に未凝固部を有する鋳片を、中心固相率が0.1~0.9である期間において、複数のロール対によって、各ロール対による圧下率を0.03~0.50%として圧下すること、

(ステップ3) 前記ステップ2で圧下した後完全に凝固した前記鋳片を、1対または複数のロール対によって合計圧下率を1.0~7.0%として圧下し、前記鋳片に1組の平行な面を形成すること、

(ステップ4) 前記鋳片を前記ステップ3で圧下した方向と垂直な方向に合計圧下率を3.0~7.0%として圧下し、前記鋳片に、前記ステップ3で形成した1組の平行な面に垂直な1組の平行な面を形成すること、

の一連の各ステップを含むことを特徴とする鋳片の連続鋳造方法。

【請求項2】

請求項1に記載の鋳片の連続鋳造方法であって、

鋳造速度が0.45~0.55m/minである、鋳片の連続鋳造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高級条鋼製品の素材として用いられる大きな横断面を有する鑄片の連続鑄造方法に関し、特に中心偏析および中心ポロシティの低減と、内部割れの抑制を両立した鑄片の連続鑄造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、高級条鋼製品は、大きな横断面を有する連続鑄造鑄片を分塊圧延した後、棒鋼製品や線材製品に圧延することにより製造される。連続鑄造鑄片には、凝固末期に中心偏析や中心ポロシティ等の欠陥が形成されることがある。高級条鋼製品は、鑄片にこれらの欠陥が存在すると特性が悪化するため、連続鑄造時に鑄片にこれらの欠陥を発生させないようにすることが重要である。

10

【0003】

中心偏析および中心ポロシティを低減させる代表的な方法として、鑄片を内部に未凝固部を有する状態で軽圧下する方法（以下「未凝固軽圧下」ともいう。）がある。

【0004】

横断面が矩形の鑄片（以下「角鑄片」ともいう。）の中心偏析および中心ポロシティを未凝固軽圧下によって低減させるには、未凝固軽圧下する際の圧下量を非常に大きくする必要があり、しかし、圧下量が大きすぎ場合には、鑄片に内部割れが発生し、高級条鋼製品の特性が損なわれるという問題があった。

【0005】

また、横断面が円形の鑄片（以下「丸鑄片」ともいう。）を未凝固軽圧下する方法としては、例えば、特許文献1には、直径が340mm以下の丸鑄片を、軸芯部の固相率が0.3～0.7の範囲内にある位置において、1組のロールで断面積減少率が0.1～3%の範囲内となるように圧下する技術が提案されている。

20

【0006】

しかし、特許文献1に記載の技術を、大きな横断面を有する丸鑄片（例えば横断面の直径が400mm以上の丸鑄片）に適用した場合、鑄片の凝固収縮量も大きくなるとともに、1組のロールによる圧下量を大きくする必要があり、この場合も内部割れが発生する問題が生じる。

【0007】

また、特許文献2には、丸鑄片の等軸晶率を35%とし、中心固相率が0.25～0.35または0.60～0.90の範囲の位置で1対のフラットロールにより、鑄片の直径に対して2.0～3.5%の範囲で圧下する技術が提案されている。

30

【0008】

しかし、特許文献2に記載の技術を、大きな横断面を有する丸鑄片に適用した場合にも、1対のフラットロールによる圧下量を大きくする必要があり、内部割れが発生する問題が生じる。

【0009】

角鑄片および丸鑄片のいずれも、鑄片の中心偏析および中心ポロシティを低減と同様に、内部割れの抑制も重要である。しかし、中心偏析および中心ポロシティの低減と、内部割れの抑制を両立した技術は未だ確立されていない。特に、高級条鋼製品用の素材として、割れ感受性の高い幅広い鋼種の丸鑄片を製造する際、中心偏析および中心ポロシティを低減する技術が要求されている。

40

【0010】

このような要求に対して、本出願人は、特許文献3において、中心部が未凝固の状態の丸鑄片を、上下1対の水平ロールまたは上下1対の水平孔型ロールによって一軸方向に圧下幅方向長さで10%以上の圧下率で圧下し、次いで、凝固が完了してからダイアスクエア孔型を有する一段の2個1対の垂直ロールによって矩形鑄片に成形する連続鑄造方法を提案している。

【0011】

50

また、本出願人は、特許文献4において、同一面内に2から4個のロールを配置した4ロール式の未凝固圧下装置によって、固相率が0.99以下となる未凝固部厚さの0.4倍以上1.2倍以上の圧下量で、かつ、鋳片の中心部の固相率が0.8以下のときには、固相率が0.8以下となる未凝固部厚さの1.5倍以上の圧下量で鋳片を圧下する連続鋳造方法を提案している。

【0012】

しかし、特許文献3および4に記載の方法では、ダイアスクエア孔型ロールや、4ロール式未凝固圧下装置といった、特殊な形状の圧下装置を用いなければならない。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0013】

【特許文献1】特開平9-99349号公報

【特許文献2】特開平11-309553号公報

【特許文献3】特許第3465578号公報

【特許文献4】特許第3240978号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、特殊な形状の圧下装置を用いることなく、中心偏析および中心ポロシティの低減と、内部割れの抑制とを両立し、かつ高級条鋼製品に使用される幅広い鋼種に適用可能な、鋳片の連続鋳造方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者らは、中心偏析および中心ポロシティの低減と、内部割れの抑制とを両立した、高級条鋼製品の素材に適した鋳片の製造について検討した。鋳片を高級条鋼製品に適した品質とするには、横断面積を大きくすることが有効である。これは、大断面とすることで、生産性が向上するため、連続鋳造機における鋳造速度を低下させることが可能となるからである。鋳造速度を低下させることにより、中心偏析の低減に有効な等軸晶が生成しやすくなるとともに、溶鋼中の介在物を浮上分離しやすくなるからである。

30

【0016】

しかし、上述のように、横断面積の大きな鋳片は凝固収縮量が大きいため、中心偏析をさらに低減するために未凝固軽圧下を実施する場合には、圧下量を大きくする必要があり、内部割れが発生しやすい。

【0017】

この問題について、本発明者らが鋭意研究を重ねた結果、丸鋳片は、角鋳片と比べて少ない圧下量で中心偏析を低減することができることを知見した。

【0018】

また、複数対のロールを用いて丸鋳片の未凝固軽圧下（多段圧下）を行い、次いで完全に凝固してから圧下した後、さらに直前の完全凝固後の圧下の圧下方向と垂直な方向に圧下を行うことで、中心偏析および中心ポロシティを低減することができることを知見した。

40

【0019】

さらに、丸鋳片は転がりやすく、連続鋳造工程以降の搬送、加熱炉内での搬送、分塊圧延時の取扱い等のハンドリングが困難であったが、このように圧下することにより、ハンドリングを容易にすることができる。

【0020】

本発明は、この知見に基づいてなされたものであり、その要旨は、鋳片の連続鋳造方法であって、（ステップ1）横断面が直径400mm以上の円形である内部に未凝固部を有する鋳片を鋳型で鋳造すること、（ステップ2）前記内部に未凝固部を有する鋳片を、中

50

心固相率が0.1~0.9である期間において、複数のロール対によって、各ロール対による圧下率を0.03~0.50%として圧下すること、(ステップ3)前記ステップ2で圧下した後完全に凝固した前記鋳片を、1対または複数のロール対によって合計圧下率を1.0~7.0%として圧下し、前記鋳片に1組の平行な面を形成すること、(ステップ4)前記鋳片を前記ステップ3で圧下した方向と垂直な方向に合計圧下率を3.0~7.0%として圧下し、前記鋳片に、前記ステップ3で形成した1組の平行な面に垂直な1組の平行な面を形成すること、の一連の各ステップを含むことを特徴とする鋳片の連続鋳造方法にある。

【発明の効果】

【0021】

本発明の連続鋳造方法は、高級条鋼製品に使用される幅広い鋼種に対して適用可能であり、本発明の連続鋳造方法によれば、高級条鋼製品に適した中心偏析、中心ポロシティおよび内部割れがなく、さらに転がりにくく、ハンドリングが容易な大断面の鋳片を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の連続鋳造方法を適用できる連続鋳造機の概略を示す図である。

【図2】圧下ロールを用いた圧下による鋳片の形状の変化を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

1. 連続鋳造装置の基本構成

図1は、本発明の連続鋳造方法を適用できる連続鋳造機の概略を示す図である。タンディッシュ1には、図示しない取鍋から溶鋼2が供給される。タンディッシュ1から浸漬ノズル3を経て、鋳型4内にメニスカス5を形成するように注入された溶鋼2は、鋳型4およびその下方の図示しない二次冷却スプレーノズル群から噴射される冷却水により冷却され、凝固シェルを形成して鋳片6となる。

【0024】

鋳片6は、内部に未凝固部を保持したまま、複数のガイドロール7によって支持されながら、ガイドロール7の鋳造方向下流側に配置された複数対の圧下ロール8により引き抜かれ、圧下される。

【0025】

圧下ロール8は、内部に未凝固部を有する状態の鋳片6を複数対の圧下ロールで多段圧下する未凝固圧下ロール8aと、完全に凝固した鋳片6を圧下する第1の完全凝固圧下ロール8bと、第1の完全凝固圧下ロール8bの圧下方向と垂直な方向に鋳片6を圧下する第2の完全凝固圧下ロール8cからなる。圧下ロール8は、いずれも特殊な形状ではなく、一般的な円柱形のロールである。

【0026】

2. 本発明の連続鋳造方法

本発明の連続鋳造方法では、鋳型4として内面が直径400mm以上の円形の無底鋳型を用いて鋳片6を鋳造する(ステップ1)。

【0027】

図2は、圧下ロールを用いた圧下による鋳片の形状の変化を示す模式図である。次に、同図に示すように、鋳片6を、内部に未凝固部6aを有する状態で未凝固圧下ロール8aによって多段圧下し、1組の平行な面を形成する。未凝固圧下ロール8aのそれぞれの圧下率は0.03~0.50%とする(ステップ2、未凝固軽圧下)。

【0028】

続いて完全に凝固した鋳片6を、第1の完全凝固圧下ロール8bによって、未凝固圧下ロール8aの圧下方向と同方向に圧下し、未凝固圧下ロール8aによって形成された平行な面の幅を拡大する。第1の完全凝固圧下ロール8bの合計圧下率は、1.0~7.0%とする(ステップ3)。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

さらに、鋳片 6 を、第 2 の完全凝固圧下ロール 8 c によって、第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b の圧下方向と垂直な方向に圧下し、第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b によって拡大された 1 組の平行な面に垂直な、1 組の平行な面を形成する。第 2 の完全凝固圧下ロール 8 c の合計圧下率は 3 . 0 ~ 7 . 0 % とする (ステップ 4) 。

【 0 0 3 0 】

このように、圧下ロール 8、すなわち未凝固圧下ロール 8 a、第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b および第 2 の完全凝固圧下ロール 8 c による圧下によって、鋳片 6 の断面は、互いに垂直な、2 組の平行な面を有する形状、言い換えると角が丸みを帯びた矩形となる。

【 0 0 3 1 】

前記図 1 および図 2 では、第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b の圧下方向が鉛直方向であり、第 2 の完全凝固圧下ロール 8 c の圧下方向が水平方向である場合について示したが、第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b の圧下方向が水平方向であり、第 2 の完全凝固圧下ロール 8 c の圧下方向が鉛直方向であってもよい。未凝固圧下ロール 8 a の圧下方向は、鋳片 6 の表面に対して垂直な方向 (鋳片 6 が水平に引き抜かれる部分では鉛直方向) とする。

【 0 0 3 2 】

また、前記図 1 では、第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b および第 2 の完全凝固圧下ロール 8 c がそれぞれ 2 対である場合について示したが、第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b および第 2 の完全凝固圧下ロール 8 c が同数である必要はなく、それぞれ 1 対であってもよいし、3 対以上であってもよい。ロールが多いほど、圧下設備の負荷が低減されるため好ましい。未凝固圧下ロール 8 a は、複数対のロールからなるものとし、10 ~ 20 対とするのが好ましい。

【 0 0 3 3 】

未凝固圧下ロール 8 a として複数対のロールを用いる理由は、1 対のロールでの圧下によって中心偏析および中心ポロシティを低減する場合、圧下量が過大となり、鋳片 6 に内部割れが発生することから、複数対のロールに圧下量を分散するためである。未凝固圧下ロール 8 a で圧下する際の鋳片 6 の中心固相率を 0 . 1 ~ 0 . 9 としたのは、中心固相率が 0 . 1 未満では、圧下時に鋳片 6 に内部割れが発生するおそれがあり、0 . 9 を超えると鋳片 6 の内部の溶鋼の流動が発生しないため中心偏析の低減効果が得られないからである。

【 0 0 3 4 】

未凝固軽圧下を行った後、完全に凝固した鋳片を圧下する理由は、未凝固軽圧下後に進行した凝固によって生じる凝固収縮によって発生した中心ポロシティを圧着するためである。

【 0 0 3 5 】

第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b による合計圧下率を 1 . 0 ~ 7 . 0 % としたのは、圧下率が 1 . 0 % 未満では中心ポロシティの低減効果が得られないからであり、7 . 0 % を超えると鋳片の表面部に割れが発生するからである。

【 0 0 3 6 】

第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b による圧下に加えて、第 2 の完全凝固圧下ロール 8 c でも鋳片 6 を圧下する理由は、中心ポロシティの低減効果を十分に得るためである。第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b による圧下だけでは中心ポロシティの低減効果が十分ではないのは、後述する表 2 において、完全凝固後上下圧下率が直角方向圧下率より小さい場合にポロシティの評価数値が悪い傾向がみられることから明らかである。

【 0 0 3 7 】

また、第 2 の完全凝固圧下ロール 8 c による鋳片 6 の圧下方向を、第 1 の完全凝固圧下ロール 8 b の圧下方向に対して垂直な方向とする理由は、前記図 2 に示すように、鋳片 6 の断面を角が丸みを帯びた矩形とするためである。これにより、鋳片 6 のハンドリングを、丸鋳片と比較して容易とすることができる。

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

第2の完全凝固圧下ロール8cによる合計圧下率を3.0～7.0%としたのは、圧下率が3.0%未満では中心ポロシティの低減効果を十分に得られないからであり、7.0%を超えると鑄片が座屈変形するからである。また、圧下率が3.0%未満では、第2の完全凝固圧下ロール8cによって鑄片6に形成される平行な面の幅が小さく、鑄片6が転がりやすいため、鑄片6のハンドリングが十分に容易にならないためである。

【実施例】

【0039】

以下に、本発明の連続鑄造方法の効果を確認するため、以下に示す試験を実施した。

【0040】

1. 試験条件

前記図1に示す連続鑄造機を用いて鑄造試験を行った。鑄型は、内面が直径450mmの円柱形であるものを用いた。圧下ロールは、未凝固圧下ロール、第1の完全凝固圧下ロールおよび第2の完全凝固圧下ロールのいずれも直径350mmとした。第1の完全凝固圧下ロールの圧下方向は鉛直方向、第2の完全凝固圧下ロールの圧下方向は水平方向とした。第1の完全凝固圧下ロールおよび第2の完全凝固圧下ロールはいずれも1対とした。鑄造試験に用いた鋼種は、表1に示す化学組成を有する鋼種A、BおよびCとした。

【0041】

【表1】

表1

鋼種	化学組成(質量%、残部はFeおよび不純物)				
	C	Si	Mn	P	S
A	0.06	0.02	0.33	0.013	0.013
B	0.46	0.2	0.73	0.005	0.013
C	1.02	0.25	0.38	0.008	0.004

【0042】

表2には、試験条件として、鑄造速度、未凝固圧下条件および完全凝固後の圧下条件を示した。未凝固圧下条件としては、圧下開始時の鑄片の中心固相率、未凝固圧下ロールの数およびロール1対当たりの圧下率を示した。完全凝固後の圧下条件としては、鉛直方向および水平方向の圧下率を示した。未凝固圧下を実施した範囲は、使用したロールが多いほど長かった。

【0043】

10

20

30

【表2】

表2

試験 No.	区分	鋼種	鋳造速度 (m/min)	未凝固圧下			完全凝固後圧下		品質評価		
				圧下開始 中心固相 率(—)	ロール 数 (対)	ロール 1対当りの 圧下率 (%)	上下 方向 圧下率 (%)	水平 方向 圧下率 (%)	中心 偏析	中心 ポロ シティ	内部 割れ
1	本発明例	A	0.55	0.1	10	0.06	7.0	7.0	1	1	1
2	比較例	A	0.55	0.1	10	0.06	<u>0.9</u>	7.0	1	3	1
3	比較例	A	0.55	0.1	<u>1</u>	0.60	7.0	7.0	2	1	3
4	比較例	A	0.55	0.1	<u>1</u>	0.60	<u>0.9</u>	7.0	2	3	3
5	本発明例	B	0.50	0.3	15	0.12	6.0	3.0	1	1	1
6	比較例	B	0.50	0.3	15	0.12	<u>0.9</u>	3.0	1	3	1
7	比較例	B	0.50	0.3	<u>1</u>	0.06	7.0	3.0	2	1	1
8	比較例	B	0.50	0.3	<u>1</u>	0.09	<u>0.9</u>	3.0	3	3	1
9	本発明例	C	0.45	0.4	20	0.16	5.0	5.0	1	1	1
10	比較例	C	0.45	0.4	20	0.16	<u>0.9</u>	5.0	1	2	1
11	比較例	C	0.45	0.4	20	0.16	5.0	<u>0.0</u>	1	3	1
12	比較例	C	0.45	0.4	<u>1</u>	<u>1.60</u>	5.0	5.0	3	1	2
13	比較例	C	0.45	0.4	<u>1</u>	<u>3.20</u>	<u>0.9</u>	5.0	2	3	3

注：下線は本発明の規定を満足していないことを意味する。

【0044】

表2の表記について説明する。例えば試験番号1は、鋼種Aを使用し、未凝固圧下を10対のロールによる多段圧下とし、完全凝固後に鉛直方向に7.0%の圧下率、水平方向に7.0%の圧下率でそれぞれ1対のロールで圧下したことを意味する。

【0045】

No. 1、5および9は本発明の規定を満たす本発明例である。No. 3、4、7、8、12および13は、未凝固圧下ロールが1対だけである比較例である。このうちNo. 12および13は、未凝固圧下ロールの圧下量も本発明の規定を満たさなかった。試験番号2、4、6、8、10、11および13は、完全凝固後の鉛直方向または水平方向の圧下率が本発明の規定を満たさなかった比較例である。

【0046】

2. 試験結果

表2には、試験結果として得られた鋳片の品質評価結果を示した。品質評価は、中心偏析、中心ポロシティおよび内部割れの発生状態により行った。同表において評価は3段階評価とし、1は合格レベル、2は製品用途を限定すれば使用できるレベル、3は不合格レベルを意味する。

【0047】

中心偏析は、鋳片から切り出した、厚さ10mmの横断面および縦断面からのサンプルを用いたマクロ試験により評価した。マクロ試験の結果、中心偏析の厚さが15mm以下の場合には評価1、15mmを超えて20mm以下の場合には評価2、20mmを超える場合には評価3とした。

【0048】

中心ポロシティは、超音波探傷により評価した。超音波探傷の結果、エコー高さが30%以下の場合には評価1、30%を超えて60%以下の場合には評価2、60%を超える場合には評価3とした。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

内部割れは、中心偏析の評価と同じ方法で採取したサンプルに、マクロエッチングを施した後、目視観察にて評価した。目視観察の結果、内部割れが発生していない場合は評価 1、内部割れの合計長さが 20 mm 以下である場合は評価 2、内部割れの合計長さが 20 mm を超える場合は評価 3 とした。

【 0 0 5 0 】

表 2 に示すように、本発明例である No. 1、5 および 9 はいずれも中心偏析、中心ポロシティおよび内部割れの評価が全て 1 であった。

【 0 0 5 1 】

比較例である No. 3、4、7、8、12 および 13 は、未凝固圧下ロールを 1 対としたため、中心偏析を十分に低減できず、中心偏析の評価が 2 または 3 であった。このうち、No. 7 および 8 以外は、未凝固圧下の圧下率が高かったため、内部割れが発生し、内部割れの評価が 2 または 3 であった。

10

【 0 0 5 2 】

比較例である No. 2、4、6、8、10、11 および 13 は、完全凝固後の圧下率が鉛直方向または水平方向で低かったため、中心ポロシティを十分に低減できず、中心ポロシティの評価が 2 または 3 であった。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 3 】

本発明の連続鋳造方法は、高級条鋼製品に使用される幅広い鋼種に対して適用可能であり、本発明の連続鋳造方法によれば、高級条鋼製品に適した中心偏析、中心ポロシティおよび内部割れのない、大断面の鋳片を製造することができる。また、転がりにくく、ハンドリングが容易な鋳片を製造することができる。

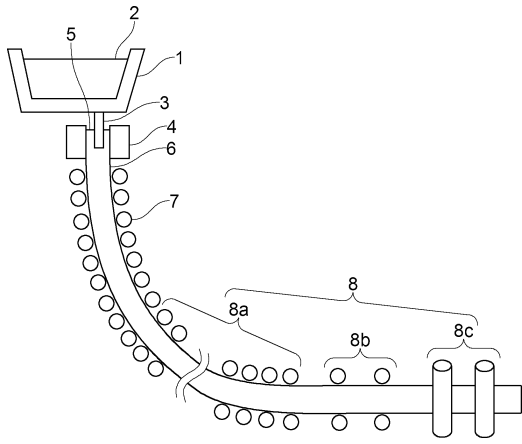
20

【 符号の説明 】

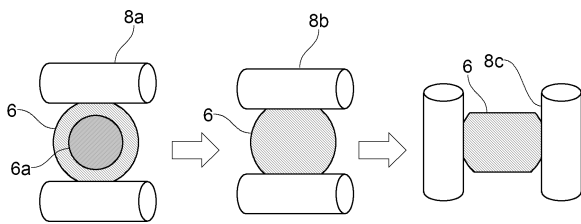
【 0 0 5 4 】

1 : タンディッシュ、 2 : 溶鋼、 3 : 浸漬ノズル、 4 : 鋳型、 5 : メニスカス、
6 : 鋳片、 6 a : 未凝固部、 7 : ガイドロール、 8 : 圧下ロール、
8 a : 未凝固圧下ロール、 8 b : 第 1 の完全凝固圧下ロール、
8 c : 第 2 の完全凝固圧下ロール

【図1】



【図2】



フロントページの続き

- (72)発明者 村上 敏彦
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
- (72)発明者 渡辺 信輔
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

審査官 酒井 英夫

- (56)参考文献 特開昭63-215353(JP,A)
特開2011-005524(JP,A)
特開平08-281400(JP,A)
特開平05-337510(JP,A)
特開平11-129060(JP,A)
特開平11-267809(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B22D 11/00 - 11/22