

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4505811号  
(P4505811)

(45) 発行日 平成22年7月21日 (2010.7.21)

(24) 登録日 平成22年5月14日 (2010.5.14)

(51) Int. Cl.

F 1

**B 2 2 D 11/00 (2006.01)**  
**B 2 2 D 11/041 (2006.01)**  
**B 2 2 D 11/108 (2006.01)**  
**B 2 2 D 11/18 (2006.01)**

B 2 2 D 11/00 A  
 B 2 2 D 11/041 B  
 B 2 2 D 11/108 F  
 B 2 2 D 11/18 D

請求項の数 3 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2005-113299 (P2005-113299)  
 (22) 出願日 平成17年4月11日 (2005.4.11)  
 (65) 公開番号 特開2006-289431 (P2006-289431A)  
 (43) 公開日 平成18年10月26日 (2006.10.26)  
 審査請求日 平成19年12月18日 (2007.12.18)

(73) 特許権者 000005083  
 日立金属株式会社  
 東京都港区芝浦一丁目2番1号  
 (72) 発明者 三嶋 節夫  
 島根県安来市安来町2107番地2 日立  
 金属株式会社 安来工場内  
 (72) 発明者 石本 靖  
 島根県安来市安来町2107番地2 日立  
 金属株式会社 安来工場内  
 (72) 発明者 相川 隆法  
 島根県安来市安来町2107番地2 日立  
 金属株式会社 安来工場内  
 (72) 発明者 久保田 邦親  
 島根県安来市安来町2107番地2 日立  
 金属株式会社 冶金研究所内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 合金溶湯の鑄造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

合金溶湯を保持するタンディッシュより、水冷モールド壁で囲まれた凝固空間へ、スラグ通電電極により外周部が加熱された融点500～1400、溶湯プールからの厚さが20～100mmの低融点スラグを介して、合金溶湯を積層凝固速度にて、0.005m/分以上0.3m/分以下の注入速度で注入し、溶湯プールを形成させつつ凝固させるとともに、合金溶湯の注入速度に応じて、水冷モールド下部より垂直方向に鑄塊を引き抜くことを特徴とする合金溶湯の鑄造方法。

【請求項 2】

合金溶湯は、Feを主成分として、Fe以外の金属元素を5質量%以上含有することを特徴とする請求項1に記載の合金溶湯の鑄造方法。

【請求項 3】

合金溶湯は、Cを0.1～3.0質量%含有することを特徴とする請求項1または2に記載の合金溶湯の鑄造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、中心偏析、逆V偏析等の偏析を防止し、微細組織を形成することができる合金溶湯の鑄造方法である。

【背景技術】

10

20

## 【0002】

従来、偏析が少なく、微細組織が得られる合金溶湯の鑄造方法として、真空アーク再溶解法（VAR）やエレクトロスラグ再溶解法（ESR）が良く用いられている。これらの方法は、水冷モールド壁で囲まれた凝固空間において、溶湯プールを形成させつつ、凝固させるものであり、凝固空間が小さく、積み上げるように凝固させる一般に積層凝固と呼ばれる凝固形態となる。

この積層凝固の形態は、凝固空間が小さいことに起因して、インゴット鑄造で発生する中心偏析や、逆V偏析といった偏析の発生を緩和することができる。また、水冷モールドの使用により、冷却速度を高めることができるため、組織が微細均一になるという利点もある。

10

## 【0003】

このように、有効な特徴をもつ再溶解法であるが、VAR、ESRともに、再溶解用電極を製造する必要があると、多くの工数と、再溶解のためのエネルギーを必要とするものであった。

このような問題を解決しようとする方法として、スラグ反応により精錬効果が期待できるESR法を起源として、電極を使わず細滴化した溶湯を、加熱溶融したスラグ層を追加させ、精錬層底部から鑄塊を引き抜かれる技術が、特許文献1に示されている。

【特許文献1】特開昭62-4840号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

## 【0004】

上述した特許文献1に記載される具体的な方法は、溶鋼を精錬槽中に保持し、溶鋼を別に設けた水冷モールドから引き出すという連続鑄造法を開示するものである。特許文献1では、これを積層凝固と称しているが、ESRやVAR法における技術分野における積層凝固は、上述した通り、積み上げるように凝固させるものであって、特許文献1に開示される方法とは異なるものである。

そのため、特許文献1においては、スラグの精錬効果を発揮させるのには有効であるが、表層部のみが凝固した状態で引き抜かれざるを得ない連続鑄造法を適用しているため、特に高合金における中心偏析やセンターポロシティという欠陥の発生が問題となる。

本発明の目的は、凝固鋼塊の偏析の防止と組織の微細化の達成が可能な、新しい合金溶湯の鑄造方法を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明者らは、溶湯を、銅製、鉄製等の金属製の水冷モールドに向けてスラグを介して溶湯を供給することでも、ESRに近似する凝固空間の小さな溶湯プールが形成できることを見出し、さらに、スラグによる、溶湯プール表面の断熱及び外気遮断の作用によって、高品質の鑄塊を得ることができることを見出し本発明に到達した。

## 【0006】

すなわち本発明は、合金溶湯を保持するタンディッシュより、水冷モールド壁で囲まれた凝固空間へ、スラグ通電電極により外周部が加熱された融点500～1400、溶湯プールからの厚さが20～100mmの低融点スラグを介して、合金溶湯を積層凝固速度にて、0.005m/分以上0.3m/分以下の注入速度で注入し、溶湯プールを形成させつつ凝固させるとともに、合金溶湯の注入速度に応じて、水冷モールド下部より垂直方向に鑄塊を引き抜く合金溶湯の鑄造方法である。

40

## 【0007】

本発明において、スラグとして融点500～1400の低融点スラグを使用する。

また、本発明は、Feを主成分として、Fe以外の金属元素を5質量%以上含有するか、あるいはCを0.1～3.0質量%含有する合金溶湯に適用することが好ましい。

【発明の効果】

## 【0008】

50

本発明によれば、溶湯から直接に、積層凝固鋼塊を得ることができるため、低コストかつ高い生産性を確保できる。また、本発明は、偏析の発生しやすい高合金の製造に適用すれば、工数を飛躍的に低減できるため、特に有効なものとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

上述したように、本発明の重要な特徴は、水冷モールドに向けてスラグを介して溶湯を供給することにある。

再溶解法のような電極を使わず、積層凝固するためには、合金溶湯を積層凝固速度にて、 $0.3\text{ m/分}$ 以下という低速の注入速度で注入し、溶湯プールを形成させつつ供給した溶湯を速やかに凝固させることが必要であり、そのために水冷モールド壁で囲まれた凝固空間とすることが必要である。

そして、本発明では合金溶湯の注入速度に応じて、水冷モールド下部より垂直方向に鑄塊を引き抜く。これにより、一定形状のメニスカスを形成し、ESRと同様な、微細均一組織の積層凝固鑄塊を得ることができるものである。

【0010】

なお、本発明においてタンディッシュとは、溶湯を保持する容器であればどのようなものでもかまわず、たとえば必要に応じて加熱手段を持つものでも良い。

また、水冷モールドによって形成される鑄型の形状は、凝固形態の均一性からは円形が好ましいが、鑄塊形状と製造性等を考慮し、楕円や矩形としても良い。

【0011】

本発明において、スラグは、溶湯の脱硫といった精錬作用に加えて、溶湯プール表面の断熱及び外気遮断に取って重要である。

さらに、本発明者等の実験によれば、スラグの特性を調整することで、ESRには無い以下の新しい効果を得ることができる。

まず、スラグには精錬効果と、溶湯プール表面の断熱と外気との遮蔽の作用があるが、 $1400$ を超える融点を有するスラグでは、溶湯からの伝熱だけでは、十分に液化できない場合があり、溶湯プールを囲むスラグ固化層シェルが発達しすぎて、鑄塊外層に異常組織が深く形成する場合がある。これに対して、 $1400$ 以下のスラグでは、溶湯からの熱を受けてスラグの固化が抑制され鑄塊外層の異常組織形成が著しく抑制される。また、このような低融点スラグは、粘性も低く鑄塊表面に不必要に厚いスラグスキンが形成されないという効果もある。

【0012】

また、本発明は、ESRのような電極からのジュール熱による熱エネルギーの供給ではなく、あらかじめ溶けた溶湯を使用するため、スラグへの特別な加熱手段は必ずしも必要ではない。しかし、スラグの温度コントロールのために、別途加熱手段を設けることもできる。特に固化しやすい融点の高いスラグを使用する場合に有効な手段となる。

加熱手段としてはスラグ通電で得られるジュール熱の利用が簡便で有効な手段である。スラグ全体の温度を上げず、保温部材内面でのスラグ固化成長を抑えるには、スラグ外周部に集中して電気が流れるように通電用電極を設置することが好ましい。

【0013】

スラグを加熱することで、表層異常組織の生成を抑制することができ、融点の高いスラグの有害性を緩和することができる。過度に高温までスラグを加熱すると、スラグから溶湯への熱移動がおこるため、冷却速度が遅くなる。スラグ温度としては鑄込み温度以下が好ましい。

なお、スラグとして融点 $500$ 以下のものは、現実的ではなく、 $500 \sim 1400$ の低融点スラグを使用する。

このようなスラグの効果を得るためには、スラグ層の厚さは $20\text{ mm} \sim 100\text{ mm}$ である。

【0014】

また、本発明において、合金溶湯の注入速度を凝固空間への合金溶湯の積層凝固速度に

10

20

30

40

50

て、0.3 m / 分以下としたのは、速すぎると、積層凝固の目的とする偏析の少ない均質な組織が得にくくなること、溶湯中へのスラグ巻き込みのおそれがあるためである。より好ましくは0.1 m / 分以下、さらに望ましくは0.05 m / 分以下である。生産性を考慮すれば、0.005 m / 分以上とする。

また、溶湯としては、溶湯の酸化を防止するために連続した溶湯流として供給することが望ましい。

#### 【0015】

本発明において特に有効なのは、固液共存温度幅が大きく湯流れ性が不十分、かつ凝固収縮が大きい領域を持つ合金の casting である。たとえば、Fe を主成分として、Fe 以外の金属元素を5質量%以上含有するもしくは、Cを0.1~3.0質量%含有する鉄基材料の casting に有効である。より具体的には、10質量%以上の合金添加量を有する工具鋼、あるいは高速度工具鋼である。

#### 【実施例1】

#### 【0016】

本発明を実施する装置を使用した本発明の casting 工程の一例を図1に示す。図1は装置断面を示すものであり、合金溶湯11を保持するタンディッシュ10、水冷モールド2、鋳塊の引き抜きを行う昇降装置20を具備する装置である。水冷モールドの形状は、長さ400 mm、内径は450 mmである。水冷モールド下方には2次冷却帯30を配置している。

また、付加装置として、合金溶湯と外気を遮断するシールド14およびスラグ通電電極15を配置可能としている。

#### 【0017】

図1に示す装置において、合金溶湯11を保持したタンディッシュ10の底部に設けたノズル12から溶湯流13として、スラグ1を介して水冷モールド2に注入する。

これにより、水冷モールド2領域にメニスカス上面位置を有する溶湯プール3を形成でき、水冷モールド側にシェルを形成することができる。

そして、合金溶湯11の注入量に合わせて、昇降装置20を降下して鋳塊4を引き抜くことで、一定のメニスカス位置を保ちつつ、積層凝固を進行させることができる。また、水冷モールドから抜け出た鋳塊は2次冷却帯30でミスト冷却されるようにしている。

#### 【0018】

図1の装置を用いて、 casting 実験を行った。なお、スラグ通電電極15による通電加熱は、1400 を越えるスラグNo.1を使用する場合に適用した。

タンディッシュに溶湯を保持し、表1に示す組成及び融点を有するスラグを50 mmの厚さで配置して水冷モールドに casting を行った。溶湯は質量% JIS SKD1、SKH51相当の2鋼種を用いた。溶湯の成分を表2に示す。

溶湯温度を1500 とし、注入速度は、積層凝固速度0.02 m / 分(20 mm / 分)相当として3 mまで casting を行った。

#### 【0019】

得られた鋳塊の2分の1長さ位置の表層異常組織の深さおよびD/8、D/4およびD/2のDA SIIの測定値を表3に示す。

表3に示すように、本発明により積層凝固が可能であることを確認した。DA SII値も、鋳型による造塊法の場合の30~50%程度に微細化されている。

なお、スラグNo.1に、通電加熱を適用したのは、通電加熱を適用しないとブレイクアウトを起したためである。このことから、スラグ固化が進みやすい1400 以上の融点を持つスラグは、温度管理を慎重に行なう必要があることが分かった。

一方、融点1400 以下のスラグを適用した試料No.2ないし6では、特にスラグに対して通電加熱を行なわなくても casting が可能であり、 casting 条件に対する感受性が低く、取扱いが容易であるという利点を確認された。

#### 【0020】

また、表4に、低融点スラグを使用した試料No.2~No.4に対して、スラグ通電

10

20

30

40

50

加熱を適用した場合を、試料No. 7～No. 9として、得られた鋳塊の2分の1長さ位置の表層異常組織の深さおよびD/8、D/4およびD/2のDASIIの測定値を示す。

表4より、スラグ通電加熱でスラグ温度を制御することでDASIIや表層異常組織深さを、さらに小さくできることを確認できた。

【0021】

【表1】

スラグ組成(mass%)

スラグ	融点(°C)	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Li <sub>2</sub> O
No.1	1475	5	25	70		
No.2	1320	36	27	27	10	
No.3	1140	4	22	59	10	5
No.4	950	4	18	48	20	10

10

【0022】

【表2】

溶湯組成(mass%)

鋼種	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Fe
SKD11	1.50	0.30	0.40	12.0	1.0	-	0.3	Bal.
SKH51	0.85	0.25	0.35	4.1	5.0	6.5	2.0	Bal.

20

【0023】

【表3】

No.	スラグ	溶湯組成	表層異常組織深さ (mm)	DASII(μm)		
				D/8	D/4	D/2
1	No.1	SKD11	1.9	98	181	179
2	No.2	SKD11	2.3	102	191	186
3	No.3	SKD11	1.2	93	169	173
4	No.4	SKD11	0.5	87	159	154
5	No.2	SKH51	1.4	95	181	177
6	No.3	SKH51	0.3	73	147	144

30

【0024】

【表4】

No.	スラグ	溶湯組成	表層異常組織深さ (mm)	DASII(μm)		
				D/8	D/4	D/2
7	No.2	SKD11	1.4	95	173	171
8	No.3	SKD11	0.6	89	164	159
9	No.4	SKD11	0	85	159	152

40

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明を適用する装置の一例を示す概念図である。

【符号の説明】

【0026】

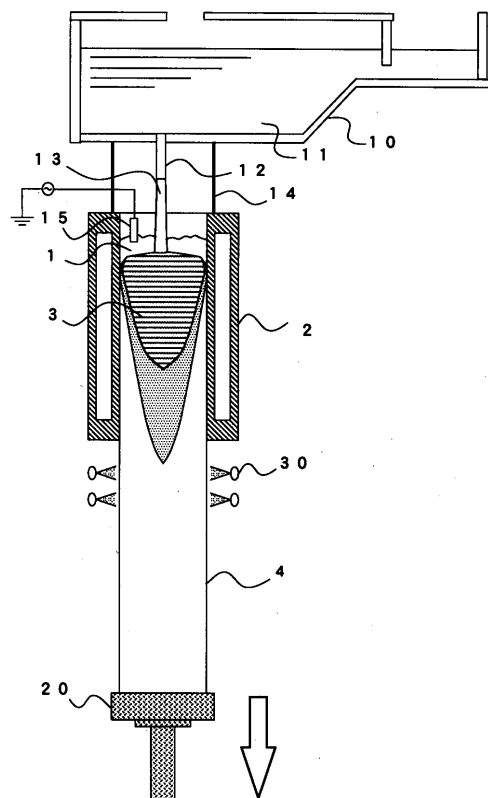
1．スラグ、2．水冷モールド、3．溶湯プール、4．鋳塊

10．タンディッシュ、11．合金溶湯、12．ノズル、13．溶湯流

14．シールド、15．スラグ通電電極、20．昇降装置、30．2次冷却帯

50

【図 1】



---

フロントページの続き

審査官 日比野 隆治

- (56)参考文献 特開平 0 3 - 2 5 8 4 4 6 ( J P , A )  
特開昭 5 4 - 0 6 8 7 2 4 ( J P , A )  
特開昭 5 8 - 2 2 4 0 4 3 ( J P , A )  
実開昭 5 7 - 1 9 4 7 7 2 ( J P , U )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 2 2 D	1 1 / 0 0
B 2 2 D	1 1 / 0 4 1
B 2 2 D	1 1 / 1 0 8
B 2 2 D	1 1 / 1 8
C 2 2 C	3 7 / 0 0
C 2 2 C	3 8 / 0 0
C 2 2 C	3 8 / 1 8
C 2 2 C	3 8 / 3 6