

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-47886
(P2024-47886A)

(43)公開日 令和6年4月8日(2024.4.8)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
B 2 2 D 11/059 (2006.01)	B 2 2 D 11/059 1 1 0 F	4 E 0 0 4
B 2 2 D 11/00 (2006.01)	B 2 2 D 11/00 A	
B 2 2 D 11/055 (2006.01)	B 2 2 D 11/059 1 1 0 B	
	B 2 2 D 11/055 A	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全12頁)

(21)出願番号	特願2022-153641(P2022-153641)	(71)出願人	000001258 J F E スチール株式会社 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
(22)出願日	令和4年9月27日(2022.9.27)	(74)代理人	100184859 弁理士 磯村 哲朗
		(74)代理人	100123386 弁理士 熊坂 晃
		(74)代理人	100196667 弁理士 坂井 哲也
		(74)代理人	100130834 弁理士 森 和弘
		(72)発明者	小田垣 智也 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社内
		(72)発明者	伊藤 陽一

最終頁に続く

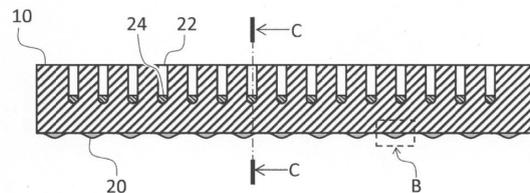
(54)【発明の名称】 連続鋳造用鋳型及び連続鋳造用鋳型の製造方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】凝固シェル厚みの不均一による表面割れを抑制できる連続鋳造用鋳型を提供する。

【解決手段】連続鋳造において、鋳型内に注入された溶鋼を冷却し、凝固させる鋳型冷却板 10 を有する連続鋳造用鋳型であって、メニスカスよりも 20 mm 以上上方の位置から、メニスカスよりも下記(1)式で算出される長さ以上下方の位置までの鋳型冷却板の内壁面には鍍金部 20 が、鋳型冷却板の内壁面の幅方向及び鋳造方向に空間周期的に設けられ、鍍金部の平均厚みとなる仮想平面が、鍍金部の表面と交差して生じる仮想切断面の円相当径、幅方向周期及び鋳造方向周期は下記(2)~(4)式を満たす、連続鋳造用鋳型。 $R = 2 \times V c / 60 \times 1000$ (1)、 $1.0 d$ (2)、 $0.2 d / W$ (3)、 $0.2 d / L$ (4)。[式中、Rは長さmm、Vcは鋳片引き抜き速度m/分、dは円相当径mm、Wは幅方向周期mm、Lは鋳造方向周期mm。]

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

連続鋳造において、鋳型内に注入された溶鋼を冷却し、凝固させる鋳型冷却板を有する連続鋳造用鋳型であって、

メニスカスよりも 20 mm 以上上方の位置から、前記メニスカスよりも下記(1)式で算出される長さ以上下方の位置までの前記鋳型冷却板の内壁面には鍍金部が、前記鋳型冷却板の内壁面の幅方向及び鋳造方向に空間周期的に設けられ、

前記鍍金部の平均厚みとなる仮想平面が、前記鍍金部の表面と交差して生じる仮想切断面の円相当径、幅方向周期及び鋳造方向周期は下記(2)～(4)式を満たす、連続鋳造用鋳型。

$$R = 2 \times V_c / 60 \times 1000 \dots (1)$$

$$1.0 \quad d \quad 10 \dots (2)$$

$$0.2 \quad d / W \quad 1.0 \dots (3)$$

$$0.2 \quad d / L \quad 1.0 \dots (4)$$

上記(1)～(4)式において、Rは長さ(mm)であり、 V_c は鋳片引き抜き速度(m/min)であり、dは前記円相当径(mm)であり、Wは前記幅方向周期(mm)であり、Lは前記鋳造方向周期(mm)である。

【請求項 2】

前記鋳型冷却板の外壁面には複数のスリット溝が鋳造方向に沿って設けられ、

前記スリット溝のメニスカス部分に相当する領域に突起が設けられる、請求項 1 に記載の連続鋳造用鋳型。

【請求項 3】

前記突起は、前記鋳造方向周期以下の周期で設けられる、請求項 2 に記載の連続鋳造用鋳型。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 の何れか一項に記載の連続鋳造用鋳型の製造方法であって、

鍍金手段及び溶射手段の少なくとも一方の手段で前記鍍金部を前記鋳型冷却板の内壁面に設ける、連続鋳造用鋳型の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鋳型内での凝固シェルの不均一冷却に起因する鋳片表面割れを抑制できる連続鋳造用鋳型及び連続鋳造用鋳型の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

鋼の連続鋳造においては、鋳型内に注入された溶鋼は水冷式鋳型によって冷却され、鋳型との接触面で溶鋼が凝固して凝固層(以下、「凝固シェル」と記載する。)が生成される。凝固シェルが、鋳型下流側に設置した水スプレーや気水スプレーによって冷却されながら、内部の未凝固層とともに鋳型下方に連続的に引き抜かれ、水スプレーや気水スプレーによる冷却によって中心部まで凝固して鋳片が製造される。

【0003】

鋳型内における冷却が不足すると、凝固シェルの厚みが薄くなり、鋳型下流側でロールでのサポートに切り替わった際に、鋳片内部の溶鋼から生じる溶鋼静圧に耐えられず、凝固シェルが破断し溶鋼が流出するブレイクアウトが生じる。一方、鋳型内を強冷却にすると、冷却の不均一が生じやすくなる。鋳型内における冷却が不均一になると、凝固シェルの厚みが鋳造方向及び鋳片幅方向で不均一となる。凝固シェルには、凝固シェルの収縮や変形に起因する応力が作用し、凝固初期においては、この応力が凝固シェルの薄肉部に集中し、この応力によって凝固シェルの表面に割れが発生する。この割れは、その後の熱応力や連続鋳造機のロールによる曲げ応力及び矯正応力などの外力により拡大し、大きな表面割れとなる。凝固シェル厚みの不均一度が大きい場合には、鋳型内での縦割れとなり、

10

20

30

40

50

この縦割れから溶鋼が流出するブレイクアウトが発生する場合もある。鑄片に存在する割れは、次工程の圧延工程で表面欠陥となることから、鑄片の段階において、鑄片の表面を手入れして表面割れを除去することが必要となる。

【0004】

鑄型内の不均一凝固は、特に、炭素含有量が0.08～0.17質量%の範囲内の、包晶反応による鉄（オーステナイト）への変態時の体積収縮による変態応力に起因する歪みによって凝固シェルが変形し、この変形により鑄型内壁面から離れた部位の凝固シェルの凝固厚みが薄くなり、この部分に上記応力が集中することによって表面割れが発生すると考えられる。特に、鑄片の引き抜き速度を増加させると、凝固シェルから鑄型冷却水への平均熱流束が増加し、熱流束の分布が不規則で且つ不均一になることから、鑄片表面割れが増加する傾向がある。具体的には、鑄片厚みが200mm以上のスラブ連続鑄造機においては、鑄片の引き抜き速度が1.5m/分以上になると表面割れが発生しやすくなる。

10

【0005】

上記の包晶反応を伴う鋼種（以下、「中炭素鋼」と記載する。）の表面割れを防止するために、特許文献1には、結晶化しやすい組成のモールドパウダーを使用し、モールドパウダー層の熱抵抗を増大させて凝固シェルを緩冷却することが開示されている。しかしながら、モールドパウダーによる緩冷却効果のみでは、十分な不均一凝固の改善は得られず、変態量の大きい鋼種では表面割れを抑制できない。

【0006】

そこで、連続鑄造用鑄型自体を緩冷却化する手法が多数提案されている。特許文献2には、表面割れを防止するために、鑄型内壁面に溝や丸孔を設け、当該溝や丸孔によるエアギャップを形成させることによって緩冷却を図る方法が開示されている。さらに、特許文献3には、鑄型内壁面の凹加工面の溝幅や丸孔を小さくする方法が開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2005-297001号公報

【特許文献2】特開平6-297103号公報

【特許文献3】特開平10-296399号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献2に開示された方法は、溝や丸孔のピッチが細かく、ランダムなため、凝固シェルから連続鑄造用鑄型への熱流束や変態応力、熱応力を規則的且つ周期的に分散することができず、凝固シェル厚みを均一化する効果が小さいという課題がある。特許文献3に開示された方法は、界面張力作用により、モールドパウダーが凹加工面の溝幅や丸孔に流入せずエアギャップが保たれるものの、鑄造方向に対して直線的に溝が形成されているため、該当箇所での凝固遅れが助長され、縦割れの起因、ひどい場合にはブレイクアウトを引き起こす可能性があるという課題がある。

40

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、その目的は、凝固初期の凝固シェルの不均一冷却、並びに、包晶反応を伴う中炭素鋼での鉄から鉄への変態に起因する凝固シェル厚みの不均一による表面割れを抑制できる連続鑄造用鑄型及び当該連続鑄造用鑄型の製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】

【0010】

上記課題を解決するための手段は、以下の通りである。

[1] 連続鑄造において、鑄型内に注入された溶鋼を冷却し、凝固させる鑄型冷却板を有する連続鑄造用鑄型であって、メニスカスよりも20mm以上上方の位置から、前記メニ

50

スカスよりも下記(1)式で算出される長さ以上下方の位置までの前記鑄型冷却板の内壁面には鍍金部が、前記鑄型冷却板の内壁面の幅方向及び鑄造方向に空間周期的に設けられ、前記鍍金部の平均厚みとなる仮想平面が、前記鍍金部の表面と交差して生じる仮想切断面の円相当径、幅方向周期及び鑄造方向周期は下記(2)～(4)式を満たす、連続鑄造用鑄型。

$$R = 2 \times V_c / 60 \times 1000 \cdots (1)$$

$$1.0 \quad d \quad 10 \cdots (2)$$

$$0.2 \quad d / W \quad 1.0 \cdots (3)$$

$$0.2 \quad d / L \quad 1.0 \cdots (4)$$

上記(1)～(4)式において、Rは長さ(mm)であり、 V_c は鑄片引き抜き速度(m/min)であり、dは前記円相当径(mm)であり、Wは前記幅方向周期(mm)であり、Lは前記鑄造方向周期(mm)である。 10

[2]前記鑄型冷却板の外壁面には複数のスリット溝が鑄造方向に沿って設けられ、前記スリット溝のメニスカス部分に相当する領域に突起が設けられる、[1]に記載の連続鑄造用鑄型。

[3]前記突起は、前記鑄造方向周期以下の周期で設けられる、[2]に記載の連続鑄造用鑄型。

[4][1]から[3]の何れかに記載の連続鑄造用鑄型の製造方法であって、鍍金手段及び溶射手段の少なくとも一方の手段で前記鍍金部を前記鑄型冷却板の内壁面に設ける、連続鑄造用鑄型の製造方法。 20

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、鑄型冷却板の内壁面の鍍金部に流れ込むモールドパウダーの厚みが異なるので、連続鑄造用鑄型の熱抵抗が規則的且つ周期的に増減する。これにより、凝固シェルの変形に起因する不均一な熱流束分布が均一化されるとともに、発生する応力が分散されて、凝固シェルにかかる歪量が小さくなる。この結果、凝固シェルの表面割れが抑制され、連続鑄造されるスラブ鑄片の表面割れ個数を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係る連続鑄造用鑄型を示す斜視模式図である。 30

【図2】図2は、連続鑄造用鑄型の一部を構成する鑄型長辺冷却板であって、鑄型長辺冷却板を鍍金部が形成された内壁面側から見た側面模式図である。

【図3】図3は、鑄型長辺冷却板のA-A断面模式図である。

【図4】図4は、図3のB部拡大図である。

【図5】図5は、鑄型長辺冷却板のC-C断面模式図である。

【図6】図6は、 d/W と表面割れ個数密度との関係を示すグラフである。

【図7】図7は、 d/L と表面割れ個数密度との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態の一例を具体的に説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る連続鑄造用鑄型100を示す斜視模式図である。図2は、連続鑄造用鑄型100の一部を構成する鑄型長辺冷却板10であって、鑄型長辺冷却板10を鍍金部20が形成された内壁面側から見た側面模式図である。図3は、鑄型長辺冷却板10のA-A断面模式図である。図4は、図3のB部拡大図である。図5は、鑄型長辺冷却板10のC-C断面模式図である。 40

【0014】

図1に示すように、スラブ鑄片を連続鑄造するための連続鑄造用鑄型100は、一对の鑄型長辺冷却板10と一对の鑄型短辺冷却板12とを組み合わせる。鑄型長辺冷却板10及び鑄型短辺冷却板12は、連続鑄造用鑄型100が有する鑄型冷却板の例である。本実施形態においては、鑄型長辺冷却板10及び鑄型短辺冷却板12の材質は、1 50

00質量%の銅からなる純銅であってもよいし、銅を90質量%以上含有し、残部として、例えば、アルミニウム、クロム、ジルコニウムなどを含有する銅合金でもよい。

【0015】

図2に示すように、鑄型長辺冷却板10において、鋼を連続鑄造する際に定まるメニスカス（溶鋼湯面）よりも所定長さU以上上方の位置から、メニスカスよりも所定長さR以上下方の位置までの、鑄型長辺冷却板10の内壁面の範囲には、鍍金部20が、幅方向及び鑄造方向に一定の周期で空間周期的に設けられている。

【0016】

鍍金部20は、鍍金手段や溶射手段、レーザー加工や機械加工などによって作製され、鑄型長辺冷却板10の内壁面に、鑄型長辺冷却板10の幅方向及び鑄造方向に空間周期的に設けられる。この空間周期的な凹凸を形成する鍍金部20によって、当該凸凹に流れ込むモールドパウダーの厚みが異なり、これにより、メニスカス近傍の幅方向及び鑄造方向における鑄型長辺冷却板10の熱抵抗が規則的且つ周期的に増減する。この結果、メニスカス近傍つまり凝固初期の凝固シェルから連続鑄造用鑄型への熱流束が規則的且つ周期的に増減し、鉄から鉄への変態による応力や熱応力によって生じる凝固シェルの変形に起因する不均一な熱流束分布が均一化されるとともに、発生する応力が分散されて、凝固シェルにかかる歪量が小さくなり、凝固シェルの表面割れが抑制される。鍍金部20は、Ni、Cu、Cr、Feのうちの1種からなる金属又は2種以上からなる合金によって形成される。鍍金部20の材質は、連続鑄造時において、鍍金部20が設けられる領域の熱伝達率が、鍍金部20が設けられていない領域の熱伝達率に対して75%以下、もしくは125%以上になるように定めることが好ましい。なお、図2～5では、鍍金部20の形状が円錐形である例を示したが、鍍金部20の形状は円錐形に限定されるものではない。

【0017】

鑄型短辺冷却板12にも、鑄型長辺冷却板10と同様にその内壁面に鍍金部20が形成されるものとして、ここでは、鑄型短辺冷却板12についての説明は省略する。但し、スラブ鑄片は、その形状に起因して長辺面側の凝固シェルに応力集中が起こりやすくなる。このため、凝固シェルの表面割れは、長辺面側で発生しやすい。このため、連続鑄造用鑄型100の鑄型短辺冷却板12には、鍍金部20を設けなくてもよい。

【0018】

鑄造中のメニスカスの上下方向の変動及び初期凝固への影響を勘案すると、鑄型長辺冷却板10の内壁面において、メニスカスから鍍金部20が形成されている範囲の上端は、20mm以上上方である必要がある。すなわち、図2における長さUは20mmである。また、鍍金部20が形成されている範囲の下端は、メニスカスよりも長さR以上下方である必要がある。ここで、長さRは下記(1)式によって算出される長さである。

【0019】

$$R = 2 \times V_c / 60 \times 1000 \cdots (1)$$

上記(1)式において、Rは長さ(mm)であり、 V_c は鑄片引き抜き速度(m/min)である。

【0020】

変態による応力や熱応力によって生じる凝固シェルの変形に起因する不均一な熱流束分布が溶鋼に生じている間は、鍍金部20が設けられることによって、鑄型短辺冷却板12の内壁面で、熱流束の周期的な変動が生じている必要がある。このため、溶鋼が凝固を開始し始めてから少なくとも2秒間、溶鋼が存在している内壁面の範囲に、鍍金部20が設けられている必要がある。したがって、図2に示す長さRは、 $2 \times V_c / 60 \times 1000$ mm以上である必要がある。長さRが $2 \times V_c / 60 \times 1000$ mm未満になると、鍍金部20による熱流束の周期的な変動の効果が不十分となり、表面割れが発生しやすい高速鑄造時や中炭素鋼の鑄造時において、スラブ鑄片の表面割れの抑制効果が不十分になる。

【0021】

まず、鍍金部20の円相当径dについて説明する。鍍金部20の円相当径dは、鍍金部

20が鍍金部20の平均厚みとなる仮想平面が当該鍍金部20の表面と交差して生じる仮想切断面の円相当径で評価する。すなわち、図4に示した破線が鍍金部20の平均厚さの等厚面とすると、鍍金部20の円相当径dは、図4に示したdとなる。鍍金部20の円相当径dは、下記(2)式を満たす必要がある。

【0022】

$$1.0 \leq d \leq 10 \dots (2)$$

上記(2)式において、dは円相当径(mm)である。円相当径dは下記(5)式で算出する。

【0023】

$$d = (4 \times S / \dots)^{1/2} \dots (5)$$

上記(5)式において、Sは、鍍金部20が鍍金部20の平均厚みとなる仮想平面が当該鍍金部20の表面と交差して生じる仮想切断面の面積(mm²)である。

【0024】

鍍金部20の円相当径dが1.0mm未満になると、熱流束の変動が生じなくなり、スラブ鑄片の表面割れの抑制効果が不十分になる。一方、円相当径dが10mmより大きくなると、凝固シェルの凝固遅れ部が大きくなり、かえってスラブ鑄片の表面割れを増大させる。したがって、円相当径dは上記(2)式を満たす必要がある。

【0025】

次に、円相当径dと、鑄造方向に同じ位置となり幅方向に互いに隣り合う幅方向周期Wとの比d/Wについて説明する。幅方向周期Wは、鍍金部20が鍍金部20の平均厚みとなる仮想平面が当該鍍金部20の表面と交差して生じる仮想切断面における幅方向の中心間距離である。

【0026】

図6は、d/Wと表面割れ個数密度との関係を示すグラフである。図6において、横軸はd/W(-)であり、縦軸はスラブ鑄片の表面割れ個数密度(個/m²)である。なお、(-)は無次元であることを意味する。

【0027】

図6に示すように、d/Wを0.2以上1.0以下の範囲内とすることで、表面割れ個数密度が著しく低下した。この結果から、d/Wを0.2以上1.0以下の範囲内とすることで、幅方向の周期的な熱流束分布周期が凝固不均一に対し適正となり、これにより、スラブ鑄片の表面割れ割れが抑制できたものと考えられる。一方、d/Wが1.0を超えると、隣接している鍍金部20が一部重なってしまい、幅方向の周期的な熱流束分布がうまく生成せず、凝固不均一抑制の効果が小さくなる。また、d/Wが0.2未満になると、幅方向の熱流束周期が大きくなりすぎ、緩冷却領域において凝固遅れが大きくなり、かえってスラブ鑄片の表面割れを増大させる。したがって、円相当径dと幅方向周期Wとの比d/Wは下記(3)式を満たす必要がある。

【0028】

$$0.2 \leq d/W \leq 1.0 \dots (3)$$

上記(3)式において、dは円相当径(mm)であり、Wは幅方向周期(mm)である。

【0029】

次に、鍍金部20の円相当径dと、幅方向に同じ位置となり鑄造方向に互いに隣り合う鍍金部20の鑄造方向周期Lとの比d/Lについて説明する。鑄造方向周期Lは、鍍金部20の平均厚みとなる仮想平面が当該鍍金部20の表面と交差して生じる仮想切断面における鑄造方向の中心間距離である。

【0030】

図7は、d/Lと表面割れ個数密度との関係を示すグラフである。図7において、横軸はd/L(-)であり、縦軸はスラブ鑄片の表面割れ個数密度(個/m²)である。

【0031】

図7に示すように、d/Lを0.2以上1.0以下の範囲内とすることで、表面割れ個

10

20

30

40

50

数密度が著しく低下した。この結果から、 d/L を0.2以上1.0以下の範囲内とすることで、鑄造方向の周期的な熱流束分布周期が凝固不均一に対し適正となり、これにより、スラブ鑄片の表面割れ割れが抑制できたものと考えられる。一方、 d/L が1.0を超えると、鑄造方向に隣接している鍍金部20が一部重なってしまい、鑄造方向の周期的な熱流束分布がうまく生成せず、凝固不均一抑制の効果が小さくなる。また、 d/L が0.2未満になると、鑄造方向の熱流束周期が大きくなりすぎ、緩冷却領域において凝固遅れが大きくなり、かえってスラブ鑄片の表面割れを増大させる。したがって、鍍金部20の円相当径 d と鍍金部20の鑄造方向周期 L との比 d/L は下記(4)式を満たす必要がある。

【0032】

$$0.2 \leq d/L \leq 1.0 \quad \dots (4)$$

上記(4)式において、 d は円相当径(mm)であり、 L は鑄造方向周期(mm)である。

【0033】

鍍金部20は、連続鑄造用鑄型100の鑄型長辺冷却板10と鑄型短辺冷却板12の双方に設けることが好ましい。しかしながら、鑄片短辺長さに対して鑄片長辺長さの比が大きいスラブ鑄片を鑄造する場合には、鍍金部20を鑄型長辺冷却板10のみに設置しても、十分に凝固シェル表面割れを抑制でき、連続鑄造されるスラブ鑄片の表面割れ個数を低減できる。また、鍍金部20における頂点部分は、円弧などの滑らかな曲線であることが好ましい。鍍金部20の頂点部分の形状が鋭いと、その部分でのモールドパウダーや凝固シェルが拘束され、鍍金部20の先端の欠けにつながる恐れがある。

【0034】

次に、スラブ鑄片の生産性について説明する。スラブ鑄片の生産性を向上させるには、鑄片引き抜き速度を増加させる必要がある。しかしながら、凝固シェルが薄い状態で鑄型から引き抜かれると、凝固シェルの強度が不足しブレイクアウトが発生する懸念が高まる。このため、鑄片引き抜き速度を増加させるには、鑄型長辺冷却板10の冷却強化が必要になる。冷却強化のためには、メニスカス部分に相当する鑄型長辺冷却板10の外壁面に鑄造方向に沿って設けられる複数のスリット溝22に突起24を設置することが好ましい。複数のスリット溝22に突起24を設置することでスリット溝22の伝熱面積が広がるので、鑄型長辺冷却板10での冷却を強化できる。なお、メニスカス部分に相当するとは、メニスカス位置から、鑄型下方に向かって - の包晶反応(+ L +)が生じる温度(1494)に対応した位置までを意味する。また、突起24の形状と大きさは、スリット溝22の形状を特定するために必要な解像度(ピクセル/m)と同等の解像度で突起24を描いた際、当該突起24によって冷却水の主流に縮流が生じるような形状、大きさであればよい。具体的に、突起24の幅方向の大きさは、スリット溝22の幅の1/3以上、スリット溝22の幅以下の大きさにすることが好ましい。また、突起24の高さは、スリット溝22の底面から1mm以上、スリット溝22の溝深さの1/2以下の高さとするのが好ましい。

【0035】

さらに、図5に示した突起24の設置周期 F が鍍金部20の鑄造方向周期 L 以下になるように突起24をスリット溝22に設け、当該スリット溝22を流れる冷却水を高臨界レイノルズ数以上にし、冷却水を乱流化させることがより好ましい。ここで、高臨界レイノルズ数とは、水流が層流から乱流に移るときレイノルズ数をいう。これにより、熱伝達率が高められ、鑄型長辺冷却板10での冷却をさらに強化できる。このようにして、鑄型長辺冷却板10での冷却を強化できれば、ブレイクアウトを発生させることなく鑄片引き抜き速度を増加させることができ、スラブ鑄片の生産性向上が実現できる。

【実施例】

【0036】

中炭素鋼(C:0.08~0.17質量%、Si:0.10~0.30質量%、Mn:0.50~1.20質量%、P:0.010~0.030質量%、S:0.005~0.

10

20

30

40

50

0.15質量%、Al:0.020~0.040質量%)を、鑄型長辺冷却板の内壁面に鍍金部を設けた連続鑄造用鑄型を用いて、スラブ鑄片を連続鑄造した実施例を説明する。スラブ鑄片を連続鑄造する際に、鑄型内壁面に形成した鍍金部の形状や周期、鑄片引き抜き速度Vcなどを変更した各条件でスラブ鑄片を連続鑄造し、鑄造後のスラブ鑄片の表面割れを調査した。

【0037】

鑄型長辺冷却板の上端から下端までの長さは900mmであり、鑄型長辺冷却板の上端から80mm下方の位置から、上端から300mm下方の位置までの範囲の内壁面に、図2~5に示した鍍金部を設けた鑄型長辺冷却板を有する連続鑄造用鑄型を準備し、当該連続鑄造用鑄型を用いて鋼の連続鑄造を行った。

【0038】

実施例では、モールドパウダーとして、塩基度(質量%CaO/質量%SiO₂)が1.1であり、凝固温度が1210°Cであり、1300°Cでの粘性率が1.5Poiseのモールドパウダーを使用した。また、タンディッシュ内の溶鋼過熱度は25~35とした。鑄型内のメニスカス位置(湯面位置)は、定常鑄込み状態で鑄型上端から100mmとし、鍍金部の設置範囲がメニスカスよりも上方に20mmからメニスカスから下方に2×Vc/60×1000までの範囲を含むようにメニスカスの位置を制御した。

【0039】

また、連続鑄造用鑄型の冷却能力を向上させるために、鑄型稼働面の施工は同一とし、鑄型外壁面にあるスリット溝に複数の突起を設け、スリット溝を流れる冷却水を高臨界レイノルズ数以上にして乱流化できる連続鑄造用鑄型も準備し、鋼の連続鑄造を行った。連続鑄造用鑄型の冷却能力の評価は、総抜熱量Qにより評価した。総抜熱量Qは下記(6)式を用いて算出した。

【0040】

$$Q = \text{冷却水の比熱} \times \text{冷却水流量} \times (\text{冷却水出側温度} - \text{冷却水入り側温度}) \cdots (6)$$

上記(6)式において、Qは総抜熱量(MW/m²)である。

【0041】

実施例の鑄造条件及び評価結果を下記表1に示す。

【0042】

【表1】

No.	円相当径d (mm)	幅方向周期W (mm)	鑄造方向周期L (mm)	d/W (-)	d/L (-)	鍍金部表面厚さt (mm)	鑄片引き抜き速度Vc (m/min)	突起の鑄造方向周期F (mm)	総抜熱量Q (MW/m ²)	割れ個数密度 (個/m ²)	判定	備考
1	6.0	8.3	10	0.72	0.60	0.010	1.5	-	1.5	0.1	○	発明例
2	6.0	8.3	10	0.72	0.60	0.050	1.5	-	1.5	0.2	○	発明例
3	6.0	8.3	10	0.72	0.60	0.100	1.5	-	1.5	0.0	○	発明例
4	6.0	8.3	10	0.72	0.60	0.500	1.5	-	1.5	0.1	○	発明例
5	6.0	8.3	10	0.72	0.60	1.000	1.5	-	1.5	0.1	○	発明例
6	6.0	8.3	10	0.72	0.60	0.100	2.0	-	2.2	0.2	○	発明例
7	6.0	8.3	10	0.72	0.60	0.100	2.0	5	2.5	0.1	○	発明例
8	0.8	2.0	3	0.40	0.27	0.100	1.5	-	1.5	0.9	×	比較例
9	1.0	2.0	3	0.50	0.33	0.100	1.5	-	1.5	0.0	○	発明例
10	10.0	12.0	15	0.83	0.67	0.100	1.5	-	1.5	0.0	○	発明例
11	12.0	15.0	15	0.80	0.80	0.100	1.5	-	1.5	0.8	×	比較例
12	20.0	30.0	40	0.67	0.50	0.100	1.5	-	1.5	1.5	×	比較例

【0043】

No. 1~5は図4に示した鍍金部の表面厚さtを変更してスラブ鑄片を鑄造した鑄造例である。No. 6、7は鑄片引き抜き速度Vcを増加させ、突起設置の効果を確認した鑄造例である。No. 7では、突起の設置周期Fを鍍金部の鑄造方向周期L以下とし、スリット溝を流れる冷却水を乱流化させている。これにより、凝固シェルから鑄型冷却水への熱流束が増大し、No. 6よりも総抜熱量Qを増大させることができた。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

No. 8 ~ 12 は鍍金部の円相当径 d を変更してスラブ鋳片を鋳造した鋳造例である。No. 8 では円相当径 d が小さいために、熱流束の変動が小さくなり、凝固シェルの割れ抑制効果が発現しなかった。このため、No. 8 では、スラブ鋳片の表面割れが発生し、割れ個数密度が高くなった。No. 11、12 では円相当径 d が大きく、鋳造方向周期も長いため、凝固遅れ部が発達してしまった。これにより、No. 11、12 では凝固シェルの割れが増大し、スラブ鋳片にも表面割れが発生し、割れ個数密度が高くなった。一方、No. 9、10 は、本発明の範囲内となる発明例であり、これら鋳造例では、表面割れ個数密度の低いスラブ鋳片が鋳造できた。

【 符号の説明 】

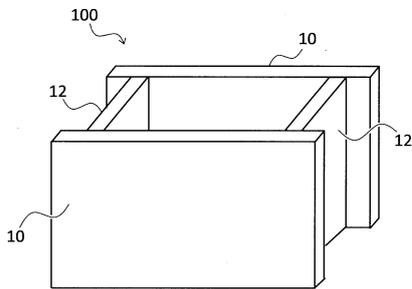
10

【 0 0 4 5 】

- 10 鋳型長辺冷却板
- 12 鋳型短辺冷却板
- 20 鍍金部
- 22 スリット溝
- 24 突起
- 100 連続鋳造用鋳型

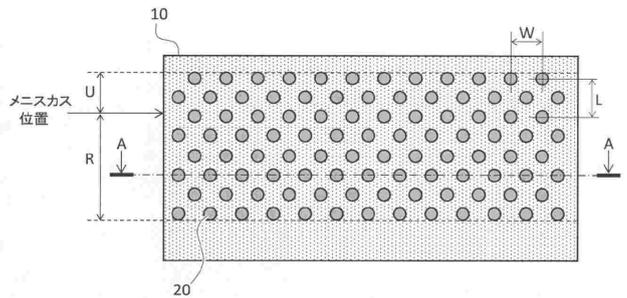
【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】

20

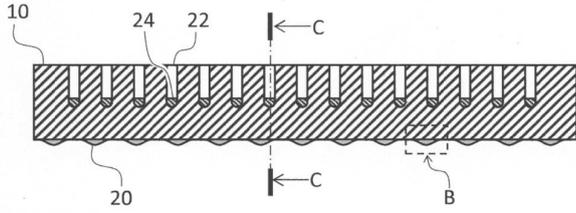


30

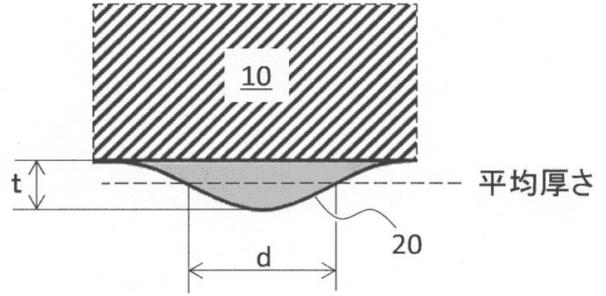
40

50

【図 3】

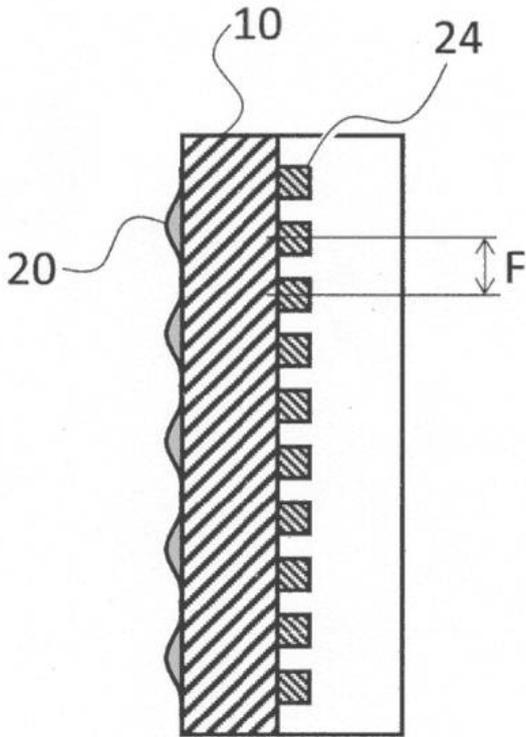


【図 4】

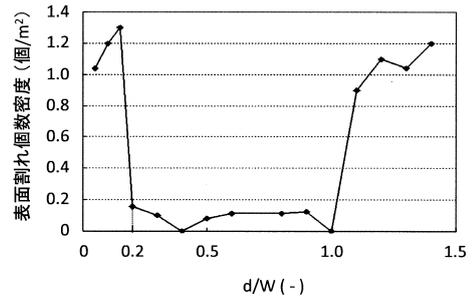


10

【図 5】



【図 6】



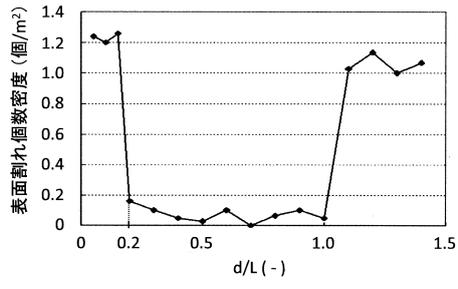
20

30

40

50

【 図 7 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社内
(72)発明者 古米 孝平
東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社内
(72)発明者 荒牧 則親
東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社内
F ターム (参考) 4E004 AA07 AB02 AB06 AC01 MC22 NB01