

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4205652号
(P4205652)

(45) 発行日 平成21年1月7日(2009.1.7)

(24) 登録日 平成20年10月24日(2008.10.24)

(51) Int.Cl.

F 1

B 2 2 D 11/128 (2006.01)

B 2 2 D 11/128 J

B 2 2 D 11/00 (2006.01)

B 2 2 D 11/00 A

B 2 2 D 11/00 G

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-303261 (P2004-303261)
 (22) 出願日 平成16年10月18日(2004.10.18)
 (65) 公開番号 特開2006-110618 (P2006-110618A)
 (43) 公開日 平成18年4月27日(2006.4.27)
 審査請求日 平成16年11月16日(2004.11.16)

(73) 特許権者 000001199
 株式会社神戸製鋼所
 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2
 6号
 (74) 代理人 100075409
 弁理士 植木 久一
 (74) 代理人 100115082
 弁理士 菅河 忠志
 (74) 代理人 100125184
 弁理士 二口 治
 (74) 代理人 100125243
 弁理士 伊藤 浩彰
 (72) 発明者 小林 高
 兵庫県加古川市金沢町1番地 株式会社神
 戸製鋼所 加古川製鉄所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 割れの少ないブルーム鑄片の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

C含有量が0.99質量%の軸受鋼であり、軸直角断面形状が厚み：300～400mm、幅：500～650mmであるブルーム鑄片を連続鑄造法によって製造するに当たり、引き抜き速度を0.50～0.90m/min、二次冷却水量を0.2～0.5L/kgとし、鑄型内メニスカスからの距離で少なくとも8.0～14.0mの位置に存在するロールのピッチを400～500mmとして操業することを特徴とする割れの少ないブルーム鑄片の製造方法。

【請求項 2】

更に、14.0超～20.0mの位置に存在するロールのピッチを400～500mmとして操業する請求項1に記載の製造方法。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ブルーム鑄片を連続鑄造法によって製造する方法に関するものであり、特に連続鑄造によって製造されるブルーム鑄片の表面割れおよび内部割れを実用上問題の無い程度にまで極力低減できる様にしたブルーム鑄片の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

鋼の連続鑄造においては、溶鋼を鑄型に投入し、鑄型内部で冷却（一次冷却）して凝固 20

シェルを形成し、その後水によるスプレイ帯にガイドロールによって案内しつつ冷却して（二次冷却）凝固シェルを次第に厚くしていき、その後ピンチロールによって徐々に引き抜いて凝固完了後に鑄片としてその後の工程に送るように構成されている。

【0003】

こうした連続鑄造においては、鑄片を案内しているロール間のピッチ（以下、「ロールピッチ」と呼ぶことがある）は適切な範囲に設定されている必要がある。既存の設備では、ロールピッチは、上流側（鑄型側）になるにつれて狭く設定されているのが一般的である。これは、上流側になるほど凝固シェルの厚みが薄いので、凝固シェル内部の溶鋼の静圧の作用に起因して鑄片のピッチ間に相当する部分が膨張する現象（所謂「ロール間バルジング」）が発生しやすい状況であるので、バルジング歪による内部割れが発生し易くなるからである。

10

【0004】

一方、ロールピッチを小さくすると、ロールによる鑄片の冷却が過大となり、鑄片の表面温度の変化が大きくなって、これによる鑄片表面割れが発生することがある。

【0005】

これまでの連続鑄造機において、炭素含有量が少ない極低碳素鋼や低碳素鋼を主に鑄造する場合においては、ロールピッチは比較的狭く250～350mm程度とされるのが一般的である。

【0006】

これに対して、断面形状が比較的大きくなるブルーム鑄片を製造する場合には、連続鑄造機のロールピッチは比較的大きく設定されており、例えばメニスカスからの距離が8.0～20.0mの位置に存在するロールのピッチは、600mm以上とされるのが一般的である。即ち、ブルーム鑄片では、鑄片厚みと幅の比が大きい（軸直角断面形状が大きい）ので、ブルーム鑄片を製造する場合には、後半領域に配置されるロール間のピッチが比較的大きくなくても割れが発生しないものと考えられていたのである。

20

【0007】

しかしながら、ブルーム鑄片であっても炭素含有量が比較的多くなると（例えば、C含有量が0.4質量%以上）、鑄片の割れ感受性が高くなって、既存の連続鑄造機では、内部割れが発生し易い状況になる。特に、炭素含有量が、1.0質量%程度になるとこの傾向が顕著に現われる。

30

【0008】

上記のような割れの発生の有無は、鑄片の引抜き速度によっても影響され、この引抜き速度を小さくしなければなるほど、内部割れの発生が少なくなることも知られている。しかしながら、引抜き速度をあまり小さくすることは生産性の低下に繋がり、この引抜き速度を或る一定の値以上に確保することも重要な要件になる。

【0009】

ところで、鋼の連続鑄造においては、ブルーム鑄片厚み中心部に発生する偏析（中心偏析）は、解決されるべき重要課題の一つとなっている。こうした中心偏析を改善する技術の一つとして、凝固末期の凝固収縮に伴って引き起こされる偏析について、凝固末期のロール間隔を制御し、未凝固鑄片を軽圧下する技術が知られている。こうした技術として、例えば特許文献1には、鑄片固相線のクレータエンドから上流側に向かって少なくとも2mの範囲を、ロールピッチが450mm以下に設定された圧下ロールによって圧下率0.5mm/m以上で軽圧下することによって、中心偏析の発生を防止する技術が提案されている。

40

【0010】

しかしながら、こうした軽圧下技術は、クレータエンドから上流側2mよりも更に更に上流の未凝固の鑄片に対しては適用することができず、鋼種によっては却って、内部割れが発生することがある。

【特許文献1】特公昭62-34460号公報 特許請求の範囲など

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は上記の様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、炭素含有量が比較的多くなって割れが発生しやすくなっているブルーム鑄片を、表面割れおよび内部割れを実用上問題の無い程度にまで極力低減しつつ製造するための有用な方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者らは、前記課題を解決するために鋭意研究を重ねた。その結果、鑄型内メニスカスからの距離で少なくとも8.0～14.0mの位置に存在するロールのピッチを適切に調整すれば、C含有量の比較的多いブルーム鑄片であっても、割れの発生を極力低減できることを見出し、本発明を完成した。

【0013】

即ち、本発明に係るブルーム鑄片の製造方法とは、C含有量が0.4質量%以上のブルーム鑄片を連続鑄造法によって製造するに当たり、鑄型内メニスカスからの距離で8.0～14.0mの位置に存在するロールのピッチを400～500mmとして操業する点に要旨を有するものである。

【0014】

上記の製造方法においては、鑄型内メニスカスからの距離で更に14.0超～20.0mの位置に存在するロールのピッチを400～500mmとして操業することも好ましい実施態様である。また本発明で対象とする、ブルーム鑄片は、その軸直角断面形状が厚み：300～400mm、幅：500～650mmであることを想定したものである。

【発明の効果】

【0015】

本発明においては、鑄型内メニスカスからの距離で少なくとも8.0～14.0mの位置に存在するロールのピッチを適切に調整することによって、割れ発生の原因となる鑄片の凝固限界歪の低減が図れると共に、鑄片表面温度の低下を効果的に防止し、これによって表面割れや内部割れの発生を極力低減したブルーム鑄片が製造できた。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

鑄片に内部割れが発生する原因の一つとして、鑄片での凝固界面歪の発生が知られている。連続鑄造の際に、鑄片の凝固界面歪が或る値（割れ限界歪）を超えると割れが発生することになる。

【0017】

ところで、凝固界面歪は、計算によって求められることは知られている。例えば、「Y. M. Won: Met Trans 31B(2000), p779」によれば、凝固界面歪 ε_c は下記(1)式によって求められることが示されている。

$$\varepsilon_c = \varphi (d\varepsilon / dt)^m / (\Delta T)^n \dots (1)$$

但し、 φ ：0.02821

m ：0.3131

n ：0.8638

$d\varepsilon / dt$ ：歪速度

ΔT ：固相率 $f_s = 0.9 \sim 0.99$ までの温度範囲

【0018】

凝固界面歪を求めるためには、各鋼種において固相率 f_s と溶鋼温度(T)の関係が分かれば ΔT が決まり、また歪速度($d\varepsilon / dt$)の値が決定されれば、算出可能である。例えば、軸受鋼では、内部割れの有無の異なった操業条件下で凝固界面歪を計算し、内部割れ生成位置での歪を計算することによって、割れ限界歪が決定でき、C含有量が1.0質量%程度のブルーム鑄片の場合は約0.29%となる。逆にこの値を用いることによって、前記(1)式から歪速度が逆算でき、その値は約 5×10^{-3} (1/s)程度となる。

また、一旦、歪速度が決定できれば、上記(1)式に基づいて各鋼種の内部割れ限界歪を推定することが可能となる。

【0019】

本発明者らが検討したところによれば、鑄片割れ発生の原因となる凝固界面歪は、所定領域に配置されるロールのピッチに大いに影響され、このロールピッチを適切に調整すれば凝固界面歪の低減が図れ、連続鑄造の際に鑄片の割れが低減できることが判明したのである。例えば、炭素含有量が0.99%の鋼種の場合には、凝固界面歪(割れ限界歪)は0.29%以下とする必要があるが、引き抜き速度の如何に係らず、こうした凝固界面歪を達成するには、鑄型内メニスカスからの距離で少なくとも8.0~14.0mの位置に配置されるロールのピッチを500mm以下とする必要がある(後記図3参照)。

10

【0020】

一方、ロールピッチが小さくなればなるほど、ロールによる冷却能が高くなって、鑄片の表面割れが発生しやすい状況になる。この表面割れは二次冷却のための水量によっても左右されるが、少なくとも通常の水量(例えば、トータルで0.4L/kg程度)においても表面割れを発生させないためには、ロールピッチを或る値よりも大きく設定する必要がある。即ち、C含有量が0.4%以上のブルーム鑄片の場合には、割れ感受性が高くなっていることから、ロールピッチを小さくし過ぎると、鑄片の表面温度が低くなりすぎて、表面割れが発生しやすい状況になるが、この鋼種の場合には鑄片の表面温度を脆化域以上の800℃以上に保持する必要がある、こうした観点からしてロールピッチは400mm以上とする必要がある。

20

【0021】

本発明において、ピッチを調整するロールは、少なくともメニスカスから8.0~14.0mの位置に存在するものとする必要があるが、14.0超~20.0mの位置に存在するロールのピッチを400~500mmに設定することも有効である。これによって、バルジング歪低減効果が更に高められて割れ(表面割れおよび内部割れ)を極力低減したブルーム鑄片の製造が可能となる。

【0022】

本発明者らは、下記表1に示すように各領域(メニスカスからの距離が異なる領域)におけるロールピッチが設定された連続鑄造機を用い、炭素含有量が0.99%の鋼種(軸受鋼)をブルーム鑄片として製造したときに、各領域に発生する最大の凝固界面歪(最大凝固歪)について調査した。このときの冷却水(二次冷却水)の水量は鑄片1kg当たり0.27リットル(0.27L/kg)とし、引き抜き速度 V_c を、0.53m/min、0.58m/minに変えて操作を行った。

30

【0023】

引き抜き速度 V_c を0.53m/minとしたときに、各領域の鑄片に発生する凝固界面歪の推移を図1に示す。また引き抜き速度 V_c を0.58m/minとしたときに、各領域の鑄片に発生する凝固界面歪の推移を図2に示す。更に、引き抜き速度 V_c を0.58m/minに設計したときの各領域における最大凝固歪を下記表1に併記する。

【0024】

【表1】

40

領域	メニスカスからの距離(m)	ロールピッチ(mm)	最大凝固歪(%)
1	0~2.0未満	190	0.05
2	2~3.5未満	230	0.05
3	3.5~8.0未満	300	0.09
4	8.0~20.0	625	0.32
5	20超~	625	0.22

50

【 0 0 2 5 】

この結果から次のように考察できる。引き抜き速度 V_c が 0.53 m/min のときには、メニスカスからの距離が $8.0 \sim 14.0 \text{ m}$ の位置のロールピッチが 650 mm であっても、鑄片の凝固界面歪は割れ限界歪の 0.29% を超えることはなかったが、引き抜き速度 V_c を 0.58 m/min まで上げたときには、当該位置における凝固界面歪（最大凝固歪）は 0.29% を超えてしまい、内部割れが発生する状況になっていることが分かる。

【 0 0 2 6 】

そこで本発明者らは、下記表 2 に示すように各領域（メニスカスからの距離が異なる領域）のロールピッチが設定された連続鑄造機を用い、炭素含有量が 0.99% の鋼種（軸受鋼）をブルーム鑄片として製造したときに、各領域に発生する凝固界面歪について調査した。このときの冷却水（二次冷却水）の水量は 0.27 L/kg とし、引き抜き速度 V_c を 0.58 m/min とした。

【 0 0 2 7 】

このときに各領域の鑄片に発生する凝固界面歪の推移を図 3 に示す。また各領域における最大凝固歪を下記表 2 に併記する。

【 0 0 2 8 】

【表 2】

領域	メニスカスからの距離(m)	ロールピッチ(mm)	最大凝固歪(%)
1	0～2.0未満	190	0.05
2	2～3.5未満	230	0.05
3	3.5～8.0未満	300	0.09
4	8.0～20.0	440	0.23
5	20超～	625	0.22

【 0 0 2 9 】

この結果から明らかな様に、引き抜き速度 V_c が 0.58 m/min のときには、メニスカスからの距離が $8.0 \sim 14.0 \text{ m}$ の位置のロールピッチを 440 mm とすることによって、鑄片の凝固界面歪を低減して割れ限界歪の 0.29% を超えることを避けることができ、内部割れの発生を効果的に防止できることが分かる。

【 0 0 3 0 】

本発明の方法では、鑄型内メニスカスからの距離で少なくとも $8.0 \sim 14.0 \text{ m}$ の位置に存在するロールのピッチを $400 \sim 500 \text{ mm}$ に設定することによって、ブルーム鑄片の内部割れを効果的に減少させることができるのであるが、前記図 1、2 から明らかなように鑄型内メニスカスからの距離で 14.0 m 超～ 20.0 m の位置においても凝固限界歪が大きくなる傾向がある。従って、この領域に配置するロールのピッチを $400 \sim 500 \text{ mm}$ として操業することも内部割れを低減するという観点から有効である。

【 0 0 3 1 】

本発明で対象とするブルーム鑄片は、C 含有量が比較的大きくなったときに割れ感受性が高くなることから、こうした高 C のときにその効果が有効に達成されるものであり、こうしたことから鑄片中の C 含有量は 0.4% 以上としたのであるが、この C 含有量があまり多くなりすぎると、鑄造後の鑄片の冷却速度を非常に速くしないと鑄片が破損することになるので、C 含有量の上限は 1.5% 程度が適切である。但し、本発明方法は、C 含有量が 0.4% 未満のブルーム鑄片においても上記の効果は達成されることから、こうした鋼種のブルーム鑄片の製造への技術的応用は可能である。

【 0 0 3 2 】

また本発明で対象とする鑄片は、軸直角断面形状が比較的大きいブルーム鑄片を対象と

するものであり、その形状は例えば厚み：300～400mm、幅：500～650mm程度のを想定したものである。

【0033】

本発明方法を実施するに当たっては、所定領域のロールピッチを適切に調整する以外の条件については、特に限定するものではなく、通常の条件に従えばよいが、実際の操作を考慮すれば二次冷却水量は鋳片1kg当たり0.2～0.5L/kg程度とし、引き抜き速度 V_c は0.50～0.90m/min程度に設定することが好ましい。

【0034】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【実施例】

【0035】

本発明者らは、メニスカスからの距離が8.0～14.0mの位置に配置されたロールのピッチ（以下、「対象ロールピッチ」と呼ぶ）を様々変えて、炭素含有量が0.99%の鋼種（軸受鋼）をブルーム連続鋳造したときに（鋳片断面形状：630×380mm）、対象ロールピッチの違いが、ブルーム鋳片の表面割れや内部割れに与える影響について調査した。このときの冷却水（二次冷却水）の水量は0.27L/kgとし、引き抜き速度 V_c は0.58m/minとした。

【0036】

ところで、従来のブルーム連続鋳造を実施するに際しては、対象ロールピッチを小さくし過ぎると、鋳片の表面温度が低くなりすぎて、表面割れが発生しやすい状況になる。図4は、従来の連続鋳造機（対象ロールピッチが650mm以上）を用いて鋳造したときの鋳片表面温度の推移を示すグラフである。即ち、鋳片の表面に割れを発生させないためには、鋳片凝固末期に至るまでに鋳片表面温度を、脆化温度領域である800未満にならないように設定する必要があるが、800未満になると、鋳片表面割れが発生しやすい状況になる。

【0037】

本発明者らは、対象ロールピッチを下記表3の様に設定したときの鋳片表面温度について、鋳片の端部から10mm近傍を放射温度計によって測定すると共に、下記の基準のよって表面割れおよび内部割れについて評価した。

【0038】

〔表面割れの発生〕

断面が600mm×380mmのブルーム鋳片を、分塊工場にて断面155mm×155のピレットまで圧延した後、長さ10mのピレットを試料とし、磁分探傷装置によって表面割れを目視にて確認した。そして、各面の割れの合計数が50個以上発生したときは表面割れ有り（「×」印）と判定し、それ未満のときを割れ無し（「○」印）と判定した。

【0039】

〔内部割れの発生〕

鋳造したブルーム鋳片（図5）から、各断面〔C断面、L断面：図6（a）、（b）〕に相当するサンプルを採取し、その検査面に塩酸を塗布して腐食させ、各断面において鋳片上面および下面から夫々60～100mmの範囲に相当する位置に発生する割れを目視にて確認した〔図6（a）中 $G_1 \sim G_3$ 、図（b） G_4, G_5 にて示す〕。そして確認できる割れの総長さ（mm）を夫々の面について求め〔 $G_1 + G_2 + G_3$ 、 $G_4 + G_5$ （mm）〕、この値がC断面について50mm以上、L断面で70mm以上となったときに割れ有り（「×」印）と判定し、それ未満のときを割れ無し（「○」印）と判定した。

【0040】

それらの結果を、鋳片表面温度と共に下記表3に併記するが、この結果から明らかなよ

10

20

30

40

50

うに、対象ロールピッチを400～500mmに設定することによって、表面割れおよび内部割れの極力低減したブルーム鋳片が製造できることが分かる。

【0041】

【表3】

対象ロールピッチ(mm)	鋳片表面温度(°C)	表面割れ	内部割れ
700	950	○	×
650	930	○	×
600	900	○	×
550	970	○	×
500	850	○	○
450	820	○	○
400	800	○	○
350	780	×	○
300	760	×	○

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】引き抜き速度 V_c を0.53m/minとしたときに、各領域で鋳片に発生する凝固界面歪の推移を示すグラフである。

【図2】引き抜き速度 V_c を0.58m/minとしたときに、各領域で鋳片に発生する凝固界面歪の推移を示すグラフである。

【図3】本発明を適用したときに各領域の鋳片で発生する凝固界面歪の推移を示すグラフである。

【図4】従来の連続鋳造機を用いて鋳造したときの鋳片表面温度の推移を示すグラフである。

【図5】内部割れを観察するときの鋳片のC断面およびL断面を示す概略説明図である。

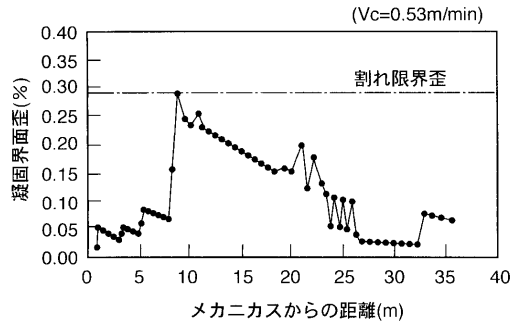
【図6】内部割れの有無を判定するための説明図である。

10

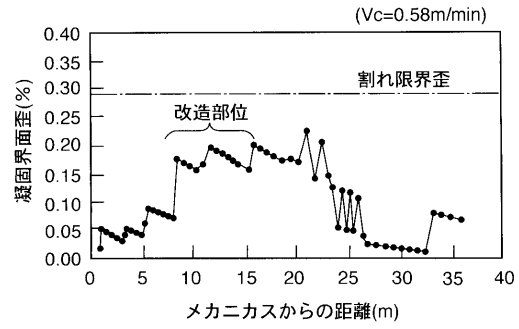
20

30

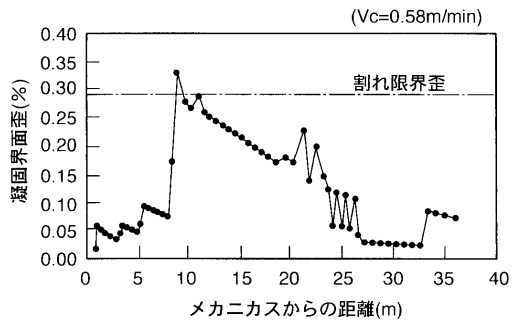
【図 1】



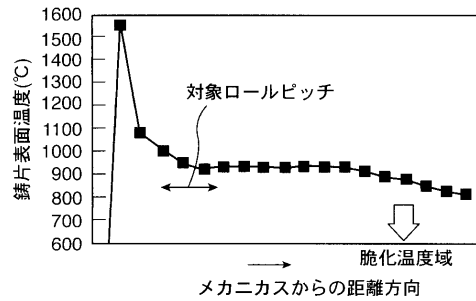
【図 3】



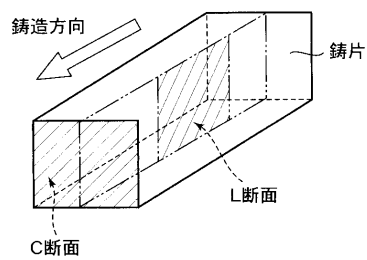
【図 2】



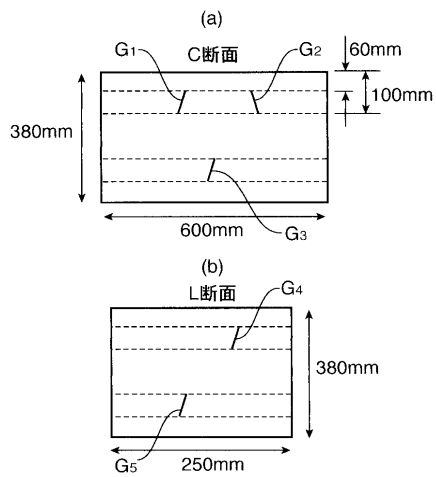
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 中田 等

兵庫県加古川市金沢町1番地 株式会社神戸製鋼所 加古川製鉄所内

審査官 馳平 憲一

(56)参考文献 特開2004-167561(JP, A)

特開2004-223572(JP, A)

特開平11-000749(JP, A)

特開平07-323355(JP, A)

特公昭62-034460(JP, B1)

特開平06-063715(JP, A)

特開昭60-162564(JP, A)

特開平10-166125(JP, A)

特開平06-262319(JP, A)

特開2000-094102(JP, A)

特開昭62-013249(JP, A)

特開平08-290251(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B22D 11/00 - 11/22