

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-298909

(P2005-298909A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 38/00	C 2 2 C 38/00	3 O 1 Z 4 E 0 0 4
B 2 2 D 11/00	B 2 2 D 11/00	A
B 2 2 D 11/108	B 2 2 D 11/108	D
C 2 2 C 38/58	C 2 2 C 38/58	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-117474 (P2004-117474)
 (22) 出願日 平成16年4月13日 (2004. 4. 13)

(71) 出願人 000006655
 新日本製鐵株式会社
 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
 (74) 代理人 100062421
 弁理士 田村 弘明
 (74) 代理人 100068423
 弁理士 矢葺 知之
 (74) 代理人 100080171
 弁理士 津波古 繁夫
 (72) 発明者 若生 昌光
 大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製
 鐵株式会社大分製鐵所内
 Fターム(参考) 4E004 MB14 NA01 NB01 NC04

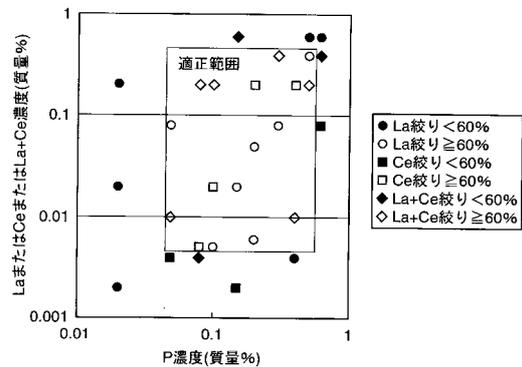
(54) 【発明の名称】 表面割れの少ない鋳片

(57) 【要約】

【課題】 鋼を連続鋳造で製造する際に、鋳片の表面割れ、特に粒界割れを防止することが可能な、表面割れの少ない鋳片を提供すること。

【解決手段】 規定量のC、Mn、Si、S、N、Oを含有し、かつ、AlやNb、Ti、V、Nの少なくとも1種以上を含む炭素鋼を連続鋳造で製造する場合に、粒界割れが生じない鋳片として、P：0.05～0.5質量%かつCeまたはLaのうち1種以上を0.005～0.5質量%含むことを特徴とする表面割れの発生しにくい鋳片。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

C : 0 . 0 0 1 ~ 1 . 5 質量 %
 Mn : 0 . 0 1 ~ 3 . 0 質量 %
 Si : 0 . 0 0 5 ~ 4 . 0 質量 %
 S : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 0 5 質量 %
 N : 0 . 0 0 2 0 ~ 0 . 0 2 質量 %
 O : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 0 5 0 質量 %
 Al : 0 . 0 0 6 ~ 0 . 1 質量 % を含み、

かつ、Nb : 0 . 0 0 4 ~ 0 . 1 質量 %、Ti : 0 . 0 0 4 ~ 0 . 1 質量 %、V : 0 . 0 1 ~ 0 . 1 質量 % の一種または二種以上、その他必要に応じてNi、Cu、Cr、Mo、B、Zr、Mg、Caの一種または二種以上を1 . 0 質量 % 以下含み、残部鉄および不可避的不純物からなる炭素鋼で、P : 0 . 0 5 ~ 0 . 5 質量 %、CeおよびLaの一種または二種を0 . 0 0 5 ~ 0 . 5 質量 % 含有することを特徴とする表面割れの少ない鋳片。 10

【請求項2】

鋳片表層から5 mm ~ 35 mm 範囲の 粒径の平均値が、下記の範囲にあることを特徴とする請求項1に記載の表面割れの少ない鋳片。

d 3

ここでd (mm) は、 結晶粒の円相当径の平均値を表す。

【請求項3】

鋳片厚みが70 mm未満の場合には、表層から5 mm部分を除いた範囲の 粒径の平均値が、下記の範囲にあることを特徴とする請求項1に記載の表面割れの少ない鋳片。 20

d 3

ここでd (mm) は、 結晶粒の円相当径の平均値を表す。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、連続鋳造で製造した鋳片の表面割れを防止する技術に係わるものである。鋼の製造においては、成分調整した溶鋼を固める際に、一般に連続鋳造法が用いられているが、溶鋼に表面割れの発生しやすい成分が含まれていると、連続鋳造の際に鋳片の表面で割れが発生する。特に、鋳片の幅方向端部近くで発生する割れは、 粒界に沿った割れであり、開口部が狭いために発見が困難で、かつ割れが深いために圧延後に欠陥として残りやすい。 30

本発明は、このような鋳片の表面割れ、特に粒界に沿って発生する割れ(粒界割れ)を防止する技術に属するものである。

【背景技術】

【0002】

従来技術としては、粒界割れが発生しやすい成分を制限することが開示されている。例えば、特許文献1では、含Nb、V鋼でNを0 . 0 0 5 % 以下に制御することが示されている。更に、特許文献2では、N、Nb、Ti含有量に関して、特定の関係式を満たすようにして割れを防止することが提示されておる。しかしながら、NやNb、Tiは定められた材質を得るためには不可欠な元素であり、鋼の用途によっては、成分を制約する方法がとれない場合がある。 40

【0003】

また、粒界割れを防止する方法として、連続鋳造での冷却方法を規定することが開示されている。例えば、特許文献3では、鋳片表層部を特定温度で複数回繰返して冷却して割れを防止することが示されている。更に、特許文献4では、CやMn、P含有量が特定の範囲に入る鋼に対して冷却速度を規定したり、鋳片表層部の温度が900 以上で矯正点を通させることで割れを防止する方法が挙げられている。特許文献5では、連続鋳造の垂直部領域、曲げ部領域において、鋳片の両コーナー部の表面温度を夫々750 ~ 90 50

0、800以上となるよう冷却して割れを防止することが提示されている。しかしながら、繰り返し冷却の場合は、連続鑄造の速度を制限するために生産性が問題となる場合があり、鑄片の温度を高めにする方法では鑄片内部の割れが発生しやすくなるという問題がある。

【0004】

一方、粒界割れを防止する他の方法として、特許文献6には、冷却過程で特定条件の塑性歪を加えてオーステナイト粒度を微細化させる方法が示されている。この場合には、圧下のためのロールやショットブラスト装置が新たに必要となる。

以上のように、粒界割れを防止するための方法として発明された従来の方法では全て、問題点や制約が生じる。

10

【特許文献1】特開昭54-155114号公報

【特許文献2】特開2003-166038号公報

【特許文献3】特開昭55-14173号公報

【特許文献4】特開昭56-33156号公報

【特許文献5】特開昭58-224054号公報

【特許文献6】特開昭54-155123号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

鋼を連続鑄造で製造する際に、鑄片の表面割れ、特に粒界割れを防止しようとした場合、従来の方法では、割れやすい成分の規制や冷却方法の変更、歪の付与といった方法が提案されていたが、それぞれ、鋼の用途によっては成分制約が出来ない、連続鑄造の生産性が低下する、鑄片内部の割れが発生しやすくなる、圧下のためのロールやショットブラスト装置が新たに必要となるといった問題がある。

20

本発明では、この解決法として、従来技術の方法とは異なる方法で鑄片の組織を細かくし、粒界割れを防止する方法を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明は以下の構成を特徴とする。

(1) C: 0.001~1.5質量%、Mn: 0.01~3.0質量%、Si: 0.005~4.0質量%、S: 0.001~0.05質量%、N: 0.0020~0.02質量%、酸素: 0.0005~0.0050質量%、Al: 0.006~0.1質量%を含み、かつ、Nb: 0.004~0.1質量%、Ti: 0.004~0.1質量%、V: 0.01~0.1質量%の一種または二種以上、その他必要に応じてNi、Cu、Cr、Mo、B、Zr、Mg、Caの一種または二種以上を1.0質量%以下含み、残部鉄および不可避的不純物からなる炭素鋼で、P: 0.05~0.5質量%、CeおよびLaの一種または二種を0.005~0.5質量%含有することを特徴とする表面割れの少ない鑄片。

(2) 鑄片表層から5mm~35mm範囲の粒径の平均値が、下記の範囲にあることを特徴とする前記(1)に記載の表面割れの少ない鑄片。

30

$d \leq 3$

40

ここで d (mm)は、結晶粒の円相当径の平均値を表す。

(3) 鑄片厚みが70mm未満の場合には、表層から5mm部分を除いた範囲の粒径の平均値が、下記の範囲にあることを特徴とする前記(1)に記載の表面割れの少ない鑄片。

$d \leq 3$

ここで d (mm)は、結晶粒の円相当径の平均値を表す。

【発明の効果】

【0007】

本発明により、鋼の用途によっては成分制約が出来ない、連続鑄造の生産性が低下する、鑄片内部の割れが発生しやすくなる、圧下のためのロールやショットブラスト装置が新

50

たに必要になるといった問題を生じることなく、粒界割れを防止することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明者は、粒界割れが結晶粒の大きさに依存することに着目して、粒界割れを防止するために結晶粒を微細にすることを考え、その手段としてCeやLa、Pを適量加える方法を着想するに至った。

【0009】

以下に本発明の詳細を記す。

結晶粒を微細にすると粒界割れが発生しにくくなるという知見は従来から存在する（例えば、前記特許文献6）。結晶粒を微細にする方法として、従来から凝固する前の溶鋼に接種材を添加して、その接種材を核として微細な凝固組織を生成させ、そこから微細な結晶粒を生成させる方法や炭素や窒素と化合しやすい元素を添加して微細な析出物を生成させ、結晶粒の成長を抑制する方法、または析出物の代わりに、脱酸元素の添加により微細な酸化物を作る方法がある。しかしながら、一般に広く製造されている低炭素鋼では、折角凝固組織を微細にしても、相から相に変態する際に結晶粒が大きくなってしまふことが多い。

10

【0010】

本発明では、結晶粒を微細にする方法として、Ce、La、Pの添加を考えた。CeやLaはPと結合して非常に微細な析出物を作ることは発明者の別の研究ですで見い出している。これらの元素は凝固の際に偏析しやすいので、/ 変態後でも結晶粒界に効率良く析出物を作ることが出来る。また濃度が高くなると融点が低くなるので、/ 変態後でも、結晶粒のまわりに液相が存在して、結晶粒の成長を抑制する可能性が期待できた。

20

【0011】

そこで、実験室での実験で、表1に示した組成の鋼にCe、La、Pの濃度を変化させたものを溶製し、そこから切り出した試験片を高温引っ張り試験機で引っ張ることにより、脆化の程度を評価した。連続鋳造での温度履歴をシミュレーションするために、室温から昇温して一旦試料を溶融させてから700～900度の所定温度に保持し、引っ張りを行った。引っ張り後、破断した試料断面収縮率を絞り値として測定した。

【0012】

【表1】

(質量%)

C	Mn	Si	S	Al	Ti	Nb	V	N	O	Ce, La	P
0.1	1.0	0.2	0.005	0.04	0.01	0.04	0.01	0.005	0.002	0.002～ 0.6	0.01 ～0.6

30

【0013】

試験結果を図1に示す。引っ張り試験は粒界脆化が生じやすい700～900の温度で行ったが、ここでは一番脆化が激しい800での絞り値を示した。図1より、CeまたはLa濃度が0.01質量%以上かつP濃度が0.05質量%以上で、絞り値が60%以上になっている。本実験での絞り値が60%以上になると実際の連続鋳造プロセスでは粒界割れが生じないので、これよりCe、La、P濃度が所定の値以上であると粒界割れを防止できることが求められた。また、図1には、CeとLaを同時に添加した場合のデータも示すが、この場合でもCe+La濃度が0.005質量%以上でかつP濃度が0.05質量%以上の場合に絞り値が60%以上となっている。従って、CeとLaを同時に添加した場合も粒界割れに対して効果が有ることが判った。

40

【0014】

これらの引っ張り試験後の試料の組織を観察すると明らかに結晶粒径が小さくなっており、また、結晶粒界には微細な析出物が多数観察された。このことから、当初予想し

50

ていた通り、C eやL aがPと化合して生成した析出物が結晶粒の成長を抑制し、結晶粒が微細になり、その結果、絞り値が向上したことが判る。

【0015】

次に、発明の条件を規定した理由とこの発明の具体的な適用法について説明する。Cは鋼の強度を持たす為に不可欠の元素であるが、加工性を得る為に最近では非常に低いものも製造されている。この観点から下限を0.001質量%とし、上限は一般に使われている鋼の最大炭素量として1.5質量%とした。また、Mnも強度を得るために必要でありその効果を出すために下限を0.01質量%とし、上限は特殊用途で使用される場合の最大値3質量%とした。Siは用途によっては不要の場合もあるが、不可避免的に混入するためその下限を0.005質量%とし、上限は特殊用途で用いられる4.0質量%とした。Sは製品特性に害をなす場合が多く極力低位とすることが望ましいが、不可避免的に混入するため下限値0.001質量%が現実的である。また、上限は連続鋳造時の割れを防ぐために0.05質量%とした。酸素は非金属介在物生成の原因となるため、極力低いほうが望ましいが、下限は不可避免的に混入する0.001質量%とし、上限は介在物があまり多くなると製品欠陥の原因となるので、0.050質量%とした。

10

【0016】

Al、Ti、Nb、Vは本発明に係る元素である。Alは脱酸の目的で、Ti、Nb、Vは材料の強度や靱性を上げるために用いられているが、Nと化合して析出物を生成し、これが粒界割れの原因となる、これらの濃度が少なければ、割れは発生しないので、本発明の用いる必要はない。従って、下限は本発明を用いなくても脆化を生じさせない濃度で規定した。また、上限は、本発明の効果がなくなる濃度として規定した。これより、それぞれ次に濃度範囲となる。Al：0.006～0.1質量%、Ti：0.004～0.1質量%、Nb：0.004～0.1質量%、V：0.01～0.1質量%。また、Nは上記の元素と化合して割れの原因となる析出物を作るので、同様に、下限は本発明を用いなくても脆化を生じさせない濃度として、上限は本発明の効果が出る限界の濃度として規定した。N：0.0020～0.02質量%。

20

【0017】

Ce、La、Pは本発明の重要な元素である。CeやLaはPと化合して微細な析出物を作ることにより、粒界に析出してその成長を抑制し、粒径を微細にすることで割れを防止する働きを持つ。下限は本発明を効果が出る量として、また上限は、析出物が非常に多くなってそれ自体が割れの発生の原因になる限界の濃度として、それぞれ以下のように規定した。Ce：0.01～0.5質量%、La：0.01～0.5質量%、P：0.05～0.5質量%。また、CeとLaは原子量も隣同士で近く、性質も似ているので、CeとLaを同時に添加した場合でも、その合計が上記の、CeまたはLa単独の濃度の範囲に有れば、本発明の効果が得られる。その他、鋼の用途に応じてNi、Cu、Cr、Mo、B、Zr、Mg、Caの一種または二種以上を1.0質量%以下含んでも構わない。

30

【0018】

以上述べた成分の範囲に入っていれば、本発明の目的を達成できるが、更に鋳片の組織が前記の成分条件に加えて下記の条件を満たしていれば、割れ発生を非常に少なくする事が出来る。すなわち、鋳片表層から5mm～35mm範囲の粒径の平均値が、円相当径で3mm以下であれば、操業条件が変動しても(例えば、他の目的のために冷却水量を多くする必要が生じて、表面割れが発生し易い状況となっても)割れは生じない。この条件は以下のようにして決定した。

40

【0019】

粒径に関しては、ラボ実験の結果と実鋳片では、冷却の条件が異なるために、ラボ実験で得た結果から定めることは出来ない。そこで、実機での製造結果から求めた。すなわち、粒が微細になる効果が出た、表2に示す鋼種を垂直曲げ型連鋳機で鋳造した。鋳片サイズは、幅1800mm一定で厚みは280mmである。割れやすい状況を故意に作るために、冷却水量を増加させ、鋳造速度を大きく変化させた。冷却水量は、鋳片kgあた

50

り 2.0 l (比水量: 2.0 l / kg)) となるよう設定した。鑄造速度は短時間の間に 0.8 から 1.5 まで大きく変化させた。粒径を更に細かくする手段としては、鑄型内を電磁力で攪拌させ、更にタンディッシュ内の溶鋼温度を平均で当該鋼種の液相線温度との差で 10 度以内になるようにした。

【0020】

【表 2】

(質量%)

C	Mn	Si	S	Al	Ti	Nb	V	N	O	Ce	P
0.1	1.0	0.2	0.005	0.04	0.01	0.04	0.01	0.005	0.002	0.1	0.1

10

【0021】

ここで、平均 粒径とは、実鑄片の法線面でかつ鑄造方向と直角な面(通常 C 断面と呼称)について腐食し、顕出した個々の 結晶粒で表層から 5 mm ~ 35 mm の範囲にあるものの大きさを円相当径として測定し、その平均値を求めたものである。なお、実鑄片は幅が大きいので、全幅にわたって測定することは困難である。そこで、図 2 に示すように、鑄片幅中心部を起点に左右 200 mm ピッチで基準線を設け、個々の基準線を中心に左右 10 mm 分について測定し、すべての測定データを平均化した。ただし、両端から 300 mm 分は端部からの凝固の影響があるので、省いた。なお、鑄片表層から 5 mm ~ 35 mm の範囲としたのは、鑄片の割れは表層の 結晶粒の大きさに支配されるが、鑄片の極表層は凹凸があったり、薄いチル晶が見られたりして、 粒径を定量的に測定することが難しいからである。

20

【0022】

結果を表 3 に示す。表より、Ce と P が適正量であり、更に電磁攪拌と溶鋼温度低下によって、鑄片の平均 粒径を 3 mm 以下となるようにした場合は、冷却水量や鑄造速度を大きく変化させても、割れが生じなかった。一方、電磁攪拌と溶鋼温度低下をせず、鑄片の平均 粒径が 3 mm 以下にならなかったものについては、非常に小さいながら割れが生じた。すなわち、Ce と P が適正量である場合、通常の操業条件では、前述したように割れ防止の効果が出せる(表 3 においても効果が得られた)が、冷却水量や鑄造速度を大きく変化させるという極端な条件下では、微小な割れが生じる場合もあり得る。この結果より、 粒径 3 mm 以下という条件を決定した。

30

【0023】

【表 3】

水準	鑄造速度 (m/min)	比水量 (l/kg)	電磁攪拌 電流値 (A)	溶鋼温度と 液相線温度 との差	平均 γ 粒径 (mm)	割れ個数 (個/m ²)
L1	1.4 一定	0.9	なし	20 度	3.2	0
L2	0.8~1.5 変動	2.0	なし	20 度	3.2	0.05
L3	0.8~1.5 変動	2.0	400A	10 度	3.0	0
L4	0.8~1.5 変動	2.0	600A	8 度	2.9	0
L5	0.8~1.5 変動	2.0	600A	6 度	2.8	0

40

【0024】

なお、本発明の効果は、連鑄機の形式や鑄片厚みや鑄造速度が変わっても、発現が可能である。従って、鑄片厚みが 200 ~ 360 mm である現行タイプの連鑄機以外に、鑄片厚みが 40 ~ 150 mm 程度の比較的薄い鑄片を製造する高速連鑄機にも適用が可能である。ただし、鑄片厚みが 70 mm 未満の場合には、鑄片表層 5 mm ~ 35 mm の範囲がとれないので、その場合には、表層から 5 mm 部分を除いた範囲の 粒径の平均値を用いて

50

も構わない。

【実施例 1】

【0025】

表 4 に示す成分の炭素鋼を下記の製造条件で連続鋳造し、得られた鋳片の割れを調査した。割れの調査方法としては、下記の評価方法に示すように、鋳片上面と下面にスカーフ溶削を 2 mm ~ 10 mm 行い、表面を目視観察した。更に鋳片からサンプルを切り出し、断面の割れの状態をカラーチェックで調査した。なお、発明 D、G、J については、600 A で電磁攪拌を印加し、溶鋼温度も低めにした。

[製造条件]

(1) 製造プロセス：転炉 RH 連続鋳造

(2) 連続鋳造：垂直曲げ型連鋳機（垂直部 3 m、曲げ半径 7.5 m、スラブ連鋳機）

鋳片サイズ：幅 1800 mm 一定、厚み 280 mm

[割れおよび 粒径の評価方法]

(1) 目視：連続鋳造した鋳片の上面と下面にスカーフ溶削を 2 ~ 4 mm 行い、割れが目視で見られた場合を x、見られない場合を とする。

(2) カラーチェック：鋼片からサンプルを切り出し、鋳造方向と垂直な、鋼片厚み方向の面を研磨してカラーチェックを行い、割れが見られた場合を x、見られない場合を とする。

(3) 粒径の測定

鋳片の法線面でかつ鋳造方向と直角な面（通常 C 断面と呼称）について、ピクリン酸飽和溶液で腐食し、顕出した個々の結晶粒で表層から 5 mm ~ 35 mm の範囲にあるものの大きさを円相当径として測定し、その平均値を求めた。鋳片幅中心部を起点に左右 200 mm ピッチで基準線を設け、個々の基準線を中心に左右 10 mm 分について測定し、すべての測定データを平均化した。ただし、両端から 300 mm 分は端部からの凝固の影響があるので、省いた。

【0026】

【表 4】

(質量%)

	C	Mn	Si	S	Al	Ti	Nb	V	N	O	その他
A	0.002	0.1	0.02	0.008	0.040	0.03	0.02	0	0.0030	0.0030	—
B	0.04	0.3	0.04	0.005	0.030	0.015	0.005	0.1	0.0040	0.0025	—
C	0.07	0.7	0.15	0.01	0.015	0.011	0	0.2	0.0030	0.0020	Ca:0.004
D	0.10	1.0	0.5	0.007	0.020	0	0.012	0	0.0035	0.0030	Ni:0.3, Cu:0.3
E	0.12	1.0	0.4	0.005	0.015	0.008	0.035	0.01	0.0025	0.0015	—
F	0.18	1.4	3.0	0.008	0.020	0	0.02	0	0.0060	0.0035	B:0.001
G	0.3	1.8	0.6	0.003	0.030	0.015	0.04	0.04	0.0025	0.0015	—
H	0.6	1.5	0.8	0.015	0.075	0	0.05	0.08	0.0075	0.0025	Zr:0.02
I	1.0	1.5	2.0	0.01	0.040	0.03	0.01	0	0.0045	0.0015	Cr:0.1, Mo:0.1
J	1.2	2.0	1.5	0.01	0.030	0.07	0.005	0	0.0040	0.0010	Mg:0.05

10

20

30

40

50

【0027】

結果を表5に示す。表より、本発明の場合の条件を満たす場合（発明A～J）には、目視観察およびカラーチェックとも割れは検出されなかった。特に、粒径が3mm以下の場合には、比水量を上げて強冷却させたり、鑄造速度を変化させて割れを発生しやすい条件を作ったりしても割れは発生しなかった。一方、比較A～Jのいずれの比較例においても、成分が本発明条件を満たさないために、割れが発生した。すなわち、比較Aでは、Ce、La、Pのいずれの成分も本発明を満たさないために、比較B、比較CではPが満たさないために、比較DではCeが満たさないために、比較E、比較JではLaが満たさないために、比較FではPが、比較GではLaが、比較HではLaが本発明条件よりも多いために、比較IではCeとLaの合計が本発明を満たさないために、鑄片の目視やカラーチェック検査で割れが観察された。

10

【0028】

【表5】

区分	鋼種	成分(質量%)			鑄造速度 (m/min)	比水量 (l/kg)	γ粒径 (mm)	鑄片粒界割れ	
		Ce	La	P				目視	カラーチェック
発明	A	0.005	0	0.05	1.6	1.3	3.3	○	○
発明	B	0.02	0.3	0.1	1.6	1.2	3.2	○	○
発明	C	0.03	0	0.1	1.4	1.5	3.1	○	○
発明	D	0.05	0	0.08	1.5	2.0	2.8	○	○
発明	E	0	0.1	0.1	1.4	0.9	3.2	○	○
発明	F	0.005	0.006	0.05	1.4	1.1	3.1	○	○
発明	G	0.2	0.1	0.1	0.81.5	2.0	3.0	○	○
発明	H	0.3	0.1	0.2	1.2	1.0	3.1	○	○
発明	I	0.4	0	0.3	1.2	1.1	3.1	○	○
発明	J	0.5	0	0.4	1.11.7	1.8	2.4	○	○
比較	A	0	0	0.02	1.6	1.3	4.0	×	×
比較	B	0.1	0	0.04	1.6	1.2	3.7	○	×
比較	C	0	0.2	0.03	1.4	1.5	3.6	×	×
比較	D	0.003	0	0.1	1.5	0.9	4.1	×	×
比較	E	0	0.004	0.1	1.4	0.9	4.0	×	×
比較	F	0.1	0	0.6	1.4	1.1	4.5	○	×
比較	G	0.6	0	0.2	1.3	1.2	4.0	×	×
比較	H	0	0.6	0.2	1.2	1.0	3.8	×	×
比較	I	0.001	0.002	0.2	1.2	1.1	3.6	×	×
比較	J	0	0.004	0.2	1.1	1.5	3.5	○	×

20

30

【実施例2】

【0029】

表4に示す成分の炭素鋼の一部を下記に示す製造条件で連続鑄造し、得られた鑄片の割れを調査した。割れの調査方法としては、鑄片上面と下面にスカーフ溶削を2mm～5mm行い、表面を目視観察した。更に鑄片からサンプルを切り出し、断面の割れの状態をカラーチェックで調査した。ただし、粒径の測定に関しては、鑄片厚みが50mmと薄いので、表層から5mm部分を除いた範囲の粒径の平均値を用いた。

40

[製造条件2]

(1) 製造プロセス：転炉 RH 連続鑄造

(2) 連続鑄造：垂直曲げ型試験連鑄機、

鑄片サイズ：幅1100mm一定、厚み50mm

電磁攪拌：600A

【0030】

結果を表6に示す。表より、本発明の場合の条件を満たす場合（発明B、D、F）には、目視観察およびカラーチェックとも割れは検出されなかった。特に、粒径が3mm以

50

下の場合には、比水量を上げて強冷却させたり、鑄造速度を変化させて割れを発生しやすい条件を作ったりしても割れは発生しなかった。一方、比較 B、D、F のいずれの比較例においても、成分が本発明条件を満たさないために、割れが発生した。すなわち、比較 B では P が本発明を満たさないために、比較 D では Ce が満たさないために、比較 F では P が本発明条件よりも多いために、鑄片の目視やカラーチェック検査で割れが観察された。

【0031】

【表6】

区分	鋼種	成分(質量%)			鑄造速度 (m/min)	比水量 (l/kg)	γ 粒径 (mm)	鑄片粒界割れ	
		Ce	La	P				目視	カラーチェック
発明	B	0.02	0.3	0.1	8.0	3.0	2.5	○	○
発明	D	0.05	0	0.08	6.0	2.7	2.7	○	○
発明	F	0.005	0.006	0.05	5.0	2.5	3.0	○	○
比較	B	0.1	0	0.04	8.0	3.0	3.2	×	×
比較	D	0.003	0	0.1	6.0	2.7	3.5	×	×
比較	F	0.1	0	0.6	5.0	2.5	3.7	×	×

10

【図面の簡単な説明】

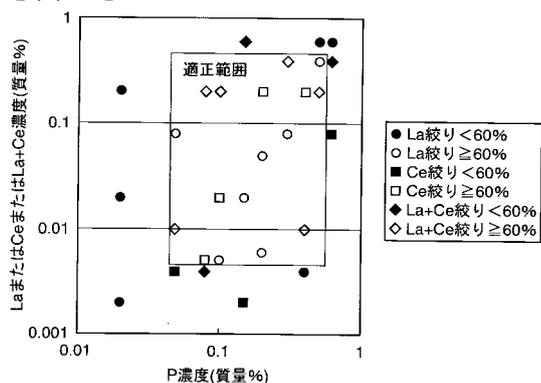
【0032】

【図1】 Ce、La、P濃度と絞り値の関係を表した図。

【図2】 粒径を測定する位置を表した図。

20

【図1】



【図2】

