(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4337739号
(P4337739)
(45)発行日　平成21年9月30日(2009.9.30)　(24)登録日　平成21年7月10日(2009.7.10)

(51)Int.Cl.　　F I
B22D 11/124 (2006.01)　　B22D 11/124　R
B22D 11/22 (2006.01)　　B22D 11/22　B

請求項の数 2　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2005-2385(P2005-2385)
(22)出願日　平成17年1月7日(2005.1.7)
(65)公開番号　特開2006-187792(P2006-187792A)
(43)公開日　平成18年7月20日(2006.7.20)
審査請求日　平成19年2月19日(2007.2.19)

(73)特許権者　000002118
住友金属工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
(74)代理人　100103481
弁理士　森　道雄
(72)発明者　水上　英夫
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　日比野　隆治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】溶鋼の連続鋳造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
鋳型直下から鋳造方向の下流側にかけて、鋳片表面を二次冷却しつつ溶鋼を連続鋳造する方法であって、
可溶性ガス供給用配管から冷却水供給用配管内の二次冷却水中に可溶性ガスを供給して溶解させるか、または、冷却水供給用タンク内の二次冷却水に可溶性ガスを事前に供給して溶解させ、
この可溶性ガスが溶解した二次冷却水をスプレーノズルから鋳片表面に、噴射して衝突させ、二次冷却水の冷却能を高めること
を特徴とする溶鋼の連続鋳造方法。
【請求項２】
前記可溶性ガスが炭酸ガスおよび窒素ガスのうちの１種または２種からなるガスであることを特徴とする請求項１に記載の溶鋼の連続鋳造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、鋳型直下から鋳造方向の下流側にかけて鋳片表面を二次冷却しつつ溶鋼を連続鋳造する方法に関する。
【背景技術】
【０００２】

連続鋳造鋳片の表皮下の品質および内部品質を向上させるためには、連続鋳造鋳型の下方のスプレーによる二次冷却帯における冷却能（二次冷却能）を最適化する必要がある。

【０００３】

前記表皮下の品質の向上のためには、連続鋳造鋳型の直下で発生する鋳片表皮下の割れ（すなわち、鋳片表面の割れ）の抑制が必要であるが、この割れの発生は鋼種に依存することから、前記の二次冷却能を鋼種に適した冷却能に設定する必要がある。また、鋳片の幅方向における冷却の不均一に起因して生じる鋳片表面の不均一変形（表面の凹凸）を抑制するために、幅方向で均一な冷却を行うことも必要である。

【０００４】

鋳片の内部欠陥としては、凝固収縮あるいは鋳片の凝固シェルの熱応力変形に起因して鋳片の厚み方向の中央近傍に生じる内部割れがある。この内部割れの発生頻度はやはり鋼種に依存するので、内部割れ防止のためには鋼種に適した冷却を行う必要がある。

【０００５】

また、鋳造速度の高速化が要請されているが、高速鋳造化を進めるには、鋳型下方の凝固シェル厚を確保する必要があり、前述の冷却能の制御性の向上を図りつつ二次冷却能を高めることが必要である。

【０００６】

連続鋳造鋳型の下方の二次冷却帯の冷却能を変化させるために、従来は水スプレーのノズルの種類を変えて水スプレーの水量や水量分布を変化させていた。また、水と圧縮空気を併用したミストスプレーにより冷却能の向上を図ってきた。

【０００７】

しかし、スプレーによる冷却特性は、スプレーの孔形状、サイズで決まっており、それに応じて水量および圧縮空気の量も決まってくる。このため、従来の方法では鋼種に対応させて連続鋳造中に冷却能を変化させることはできず、スプレーの設定をした後に鋳片幅方向で冷却能を変えることは困難であった。また、ミストスプレーは、均一冷却が可能であり、ノズル詰まりが防止できることから、連続鋳造鋳片の二次冷却では多用されているが、圧空を製造するためのコストが掛かり、騒音が大きいという欠点がある。このため冷却能の向上には事実上上限があり、高冷却能を得ることは困難である。

【０００８】

また、一方で、連続鋳造鋳型の下方において、鋳片表面が酸化してスケールが生成し、後工程の熱間圧延および冷間圧延の際にそのスケールが残存していると、圧延時の押し込みにより製品に疵が発生する場合がある。そこで、従来は、鋳片が完全に凝固した段階で酸素ガスによる鋳片表層部の溶削や、高圧の水スプレーによる鋳片表面のスケールの除去が行われてきた。しかし、スケールを完全に除去することは容易ではなく、酸素ガスを要し、水を高圧化するために多大な電力が必要で、そのための費用も多額に上るという問題もある。

【０００９】

ところで、アルミニウムまたはアルミニウム合金のインゴットを連続鋳造する際、鋳造開始時に鋳型から引き出された鋳片の急激な水冷却による変形（鋳片底部の反り上がり）や、それに起因する割れ、ブレークアウトなどの発生を抑制するため、二次冷却水に炭酸ガスまたは炭酸ガスを分解生成する物質を混合して、二次冷却の強さを抑制する方法が知られている。

【００１０】

例えば、特許文献１には、二酸化炭素を溶解した冷却水を使用するアルミニウムまたはその合金のインゴットの連続鋳造方法が、また特許文献２には、アルミニウム合金の連続鋳造において、熱い鋼板表面で分解して炭酸ガスを生成する重炭酸ソーダ、重炭酸アンモニウム等が溶解した冷却水を用いる鋳片の冷却方法が記載されている。

【００１１】

さらに、特許文献３には、硫酸アルミニウム等を添加してｐＨを５．０以下にした冷却水に炭酸ガスを所定量注入した冷却水（炭酸ガスの溶解量が少なく、比較的小さな徐冷効

果が得られる）や、アルコール基に炭酸ガスを結合させて炭酸ガスの溶解量を増大させるエチレングリコール等を添加し、それに炭酸ガスを所定量注入した冷却水（比較的大きな徐冷効果が得られる）を鋳造開始時のアルミニウム合金等の鋳塊に噴射する連続鋳造開始方法が提案されている。

【００１２】

非特許文献１には、各種気体の水に対する溶解度が温度別に示されている。二酸化炭素（CO_2）は、常温では水に対する溶解度が極めて大きく、８０℃以上の高温になるとほとんど溶解しない。

【００１３】

このような炭酸ガス等を含む冷却水の冷却能低減効果は、炭酸ガスが溶解した冷却水が鋳片に触れると、炭酸ガスが放出されて鋳片表面にガス皮膜が形成されることによるものである。非特許文献２には、３００℃の加熱板上に置かれた炭酸ガスを溶解させた水滴の下面から放出されるガスによって水滴と加熱板との接触を妨げる皮膜（ｆｉｌｍ）が形成されることが記載されている。

【００１４】

二次冷却水に炭酸ガス等を含有させる方法は、従来、鋼の連続鋳造には使用されていなかった。これは、鋼の連続鋳造においては、一般に高速鋳造化に対する強い要請等もあって二次冷却能の向上が図られているのに対し、アルミニウムの連続鋳造においては鋳造開始時に冷却の強さを抑制する必要があり、そのために、冷却水に炭酸ガス等を溶解させることにより冷却能が低下するという炭酸ガス含有冷却水がもっている性質（特性）が利用されていたことによるものである。

【００１５】

【特許文献１】特開昭５８－２１２８４９号公報

【００１６】

【特許文献２】特開昭５８－９３５４７号公報

【特許文献３】特許第３４０８２２２号

【非特許文献１】「理科年表　平成１６年」平成１５年１１月３０日発行　丸善株式会社、５０１頁　〔気体の水に対する溶解度〕

【非特許文献２】Ｊｏｕｒｎａｌ　ｏｆ　Ｈｅａｔ　Ｔｒａｎｓｆｅｒ，Ｖｏｌ．１２３（２００１），ｐ．７１９～７２８　“Ｔｈｅ　Ｅｆｆｅｃｔ　ｏｆ　Ｄｉｓｓｏｌｖｉｎｇ　Ｇａｓｅｓ　ｏｒ　Ｓｏｌｉｄｓ　ｉｎ　Ｗａｔｅｒ　Ｄｒｏｐｌｅｔｓ　Ｂｏｉｌｉｎｇ　ｏｎ　ａ　Ｈｏｔ　Ｓｕｒｆａｃｅ”

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１７】

本発明の課題は、連続鋳造鋳型の下方の二次冷却帯において、水スプレーの冷却能を高めるとともに、冷却能を制御し、均一な冷却を行って鋳片表面や内部の割れ、鋳片の幅方向における不均一変形（鋳片表面の凹凸）を低減し、また前記鋳型の下方で生成する酸化スケールの除去にも効果のある二次冷却を行うことができる溶鋼の連続鋳造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１８】

水スプレーの冷却能を高めるためには、大きな水滴のスプレーを用いて抜熱する方法が考えられる。本発明者は、前記の課題を解決するために検討を重ねた結果、二次冷却帯のスプレー冷却水中に可溶性ガス（炭酸ガス）を溶解させると、スプレーの水滴のサイズが従来の水スプレーの水滴よりも大きくなり、冷却能が向上するとともに、冷却水が鋳片表面に分散して冷却が均一になり、同時に、鋳片表面に生成する酸化スケールの除去にも効果があることを知見した。

【００１９】

本発明はこのような知見に基づきなされたもので、その要旨は、下記の溶鋼の連続鋳造

方法にある。

【００２０】

すなわち、鋳型直下から鋳造方向の下流側にかけて、鋳片表面を二次冷却しつつ溶鋼を連続鋳造する方法であって、可溶性ガス供給用配管から冷却水供給用配管内の二次冷却水中に可溶性ガスを供給して溶解させるか、または、冷却水供給用タンク内の二次冷却水に可溶性ガスを事前に供給して溶解させ、この可溶性ガスが溶解した二次冷却水をスプレーノズルから鋳片表面に、噴射して衝突させ、二次冷却水の冷却能を高める溶鋼の連続鋳造方法である。

【００２１】

この連続鋳造方法において、可溶性ガスとしては、炭酸ガスおよび窒素ガスのうちの１種または２種からなるガスが工業的に利用し易く望ましい。

【００２２】

前記の二次冷却とは、連続鋳造鋳型の下方の二次冷却帯において、鋳型内で成長した凝固シェル表面にスプレー水を直接噴射して行う冷却である。

【発明の効果】

【００２３】

本発明の溶鋼の連続鋳造方法によれば、鋳型下方の二次冷却能を高めて均一冷却を可能とし、鋳片の表面の割れや幅方向における不均一変形（鋳片表面の凹凸）を低減し、また内部割れを抑制するとともに、鋳片表面の酸化スケールを除去してスケールの生成量を低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２４】

以下、本発明の溶鋼の連続鋳造方法を、図面を参照して説明する。

【００２５】

図１は、本発明の連続鋳造方法を実施することができる装置の要部の構成を模式的に示す図である。同図に示すように、連続鋳造鋳型２の下方には、浸漬ノズル１から供給された溶鋼３が凝固して形成された鋳片の凝固シェル４を保持するロール５が配設され、ロール５間にはスプレーノズル６が配置されている。このスプレーノズル６には冷却水供給用配管７が接続され、冷却水供給用配管７には冷却水に可溶性ガスを供給し溶解させるための可溶性ガス供給用配管８が接続されている。

【００２６】

本発明の連続鋳造方法では、鋳型２の直下から鋳造方向の下流側にかけて、鋳片（凝固シェル４）表面を二次冷却しつつ溶鋼を連続鋳造する際に、冷却水として可溶性ガスを溶解させた水を用いる。可溶性ガスは、可溶性ガス供給用配管から冷却水供給用配管内の冷却水中に供給して溶解させるか、冷却水供給用タンク内の冷却水に事前に供給して溶解させる。この可溶性ガスが溶解した冷却水をスプレーノズルから鋳片表面に、噴射して衝突させる。

【００２７】

図２は、前掲の非特許文献１に記載される二酸化炭素（CO_2）の水に対する溶解度についてのデータを、温度を横軸にとって示した図である。同図に示されるように、温度２５℃における炭酸ガスの溶解量は体積比で約０．７５と大きく、多量の炭酸ガスが水中に溶解する。温度が上昇するに伴い溶解量は減少し、８０℃以上の高温になるとほとんど溶解しない。

【００２８】

このように、冷却水中に可溶性ガスを溶解させることにより、従来の水スプレーの水滴よりも大きな水滴のスプレーを鋳片に噴射する（衝突させる）ことができ、冷却能を高め、しかも冷却を均一に（つまり、水滴が衝突した部位だけではなく、その周囲も含めて広範囲に）行うことが可能になる。すなわち、水滴が鋳片に衝突した時点（衝突の瞬間）においては炭酸ガスが溶解したまま放出されない状態で鋳片が冷却されるので高冷却能が確保され、衝突後の僅かな時間を経て温度が上昇し、溶解度の急激な低下に伴って冷却水中

から炭酸ガスが激しく放出され（言わば「冷却水の破裂」状態を呈する）、鋳片表面に冷却水が分散して広がるので、均一冷却が可能になるものと推測される。冷却水の破裂の際には、大きな体積膨張を伴うことが知られている。

【００２９】

前記炭酸ガスの放出については、前掲の非特許文献２に加熱板（３００℃）上に置かれた炭酸ガスを溶解させた水滴の挙動についての報告がなされており、水温の上昇によるCO_2の溶解度の低下に伴って、水滴から炭酸ガスが速やかに放出されることが記載されている。

【００３０】

ここで、いずれも炭酸ガスを含有させた水を冷却水に使用しながら、鋼の連続鋳造とアルミニウムの連続鋳造において、前述のようにその作用効果が異なる（すなわち、前者では冷却能が向上し、均一冷却が行われるのに対し、後者では二次冷却の強さが抑制される）のは、冷却水の鋳片表面への供給の仕方が異なるためと考えられる。

【００３１】

アルミニウムの連続鋳造においては、水冷式の鋳型の下端に鋳型の冷却に用いた冷却水を排出するためのスリットが設けられており、冷却水は一旦鋳型に入った後、前記のスリットから鋳片（鋳型から引き出された鋳片）に二次冷却水として直接供給される。この場合は二次冷却の強さを抑制することを目的としているので、冷却水を鋳片表面に勢いよく吹き付けることはなく、鋳片表面に垂れ流された状態である。この供給方法によると、冷却水が高温の鋳片に触れて炭酸ガスが放出される際、鋳片に接する部分から放出されるガスによって前述のように冷却水と鋳片との接触を妨げるガス皮膜が形成され、熱伝導が妨げられて二次冷却の強さが抑制される。また、アルミニウムの連続鋳造においては、この冷却方法の適用は、冷却の強さを抑えることが必要な鋳造開始時に限定されている。

【００３２】

これに対し、鋼の連続鋳造では、冷却能を高めるとともに、これを制御し、冷却を均一に行うことを目的としているので、前記図１に示した冷却水供給用配管７を用いて鋳片の横方向から冷却水を勢いよく噴射させる。この場合は、前述したとおりで、鋳片表面に衝突後の僅かな時間を経て冷却水（水滴）の温度が上昇し、炭酸ガスが激しく放出され、鋳片表面に冷却水が分散して広がる。噴射された冷却水が鋳片表面に激しく衝突するため前記ガス皮膜は形成されず、冷却能は著しく増大するものと考えられる。鋼の連続鋳造においては、この冷却方法は鋳造中に適用され、鋳造開始時に限定されることはない。

【００３３】

前述した本発明の連続鋳造方法によれば、従来困難であった鋳型下方の二次冷却帯における冷却能を高めるとともに均一冷却することができ、高速鋳造化への対応が可能となる。

【００３４】

本発明の連続鋳造方法では、冷却水に溶解させる可溶性ガスの量を変えることにより前記可溶性ガスの放出の程度を変えて二次冷却能を制御することが可能である。したがって、鋼種に応じて二次冷却能を適正化し、鋳片表面の割れや内部割れを抑制して表面および内部品質を向上させることができる。

【００３５】

また、前記図１に示した装置を用いれば、冷却水供給用配管７に供給する可溶性ガス量を変えることにより冷却能を制御して鋳片表面や内部の割れを抑制することができ、スプレー配管ごとに冷却水に添加する可溶性ガスの量を変えて鋳片の幅方向の冷却能を適正に制御し、鋳片の幅方向における不均一変形（鋳片表面の凹凸）を低減することも可能である。これら二次冷却能の制御は、鋳造の途中でも行うことができる。

【００３６】

さらに、可溶性ガスを溶解させた二次冷却水を高温の鋳片表面に衝突させると、鋳片とスケールの間隙に冷却水が侵入し、この侵入した冷却水の温度が上昇して冷却水中の可溶性ガスが気化し、体積膨張により間隙部の圧力が増大するので、この力で鋳片表面からス

ケールを剥離することができる。したがって、鋳型の下方で鋳片表面が酸化してスケールが生成しても、二次冷却水の噴射により剥離するので、見かけ上はスケールの生成が抑制され、後工程でのスケール除去の負担が軽減される。

【００３７】

本発明の連続鋳造方法で、二次冷却用の水に溶解させる可溶性ガスとしては、前記の炭酸ガスと窒素ガス以外に、水素、アンモニアなども適用可能と考えられる。しかし、工業的に利用し易い炭酸ガスまたは窒素ガス、またはそれらの混合ガスが望ましい。

【実施例】

【００３８】

前記図１に示した構成を有する装置を用い、本発明の連続鋳造方法を適用して、極低炭素鋼（Ｃ含有量：０．００２質量％）の溶鋼を、幅１５００ｍｍ、厚さ２００ｍｍの鋳片とする鋳造試験を行い、鋳片表面の割れに対する抑制効果、鋳片の幅方向における不均一変形（鋳片表面の凹凸）抑制効果およびスケール生成抑制効果を調査した。鋳造速度は、１．３ｍ／ｍｉｎとした。

【００３９】

なお、比較のため、二次冷却水に可溶性ガスを添加しない場合についても同様の調査を実施した。

【００４０】

二次冷却の条件は以下のとおりである。

【００４１】

スプレーノズル個数：鋳片の幅方向に３５個、これを鋳造方向に２５段設置
スプレー水量　　：３０リットル／ｍｉｎ・ノズル
可溶性ガス　　：炭酸ガス
可溶性ガス添加量　：冷却水１に対し、体積比で０．５添加。

【００４２】

鋳造試験は次のように行った。すなわち、浸漬ノズル１から連続鋳造鋳型２に溶鋼３を供給する。一方、可溶性ガス供給用配管８から冷却水供給用配管７内の二次冷却水中に炭酸ガスを供給して溶解させ、この冷却水をスプレーノズル６から噴射する。鋳型２内で成長した凝固シェル４は、ロール５で保持され、二次冷却されつつ鋳造距離が増すにつれて未凝固領域が減少し、最終的に完全凝固する。この場合、冷却水供給用配管７内の冷却水が加圧状態にあるため、冷却水中にガスを溶解させるには、この冷却水に作用している圧力以上にガスの圧力を高める必要がある。

【００４３】

なお、この実施例では、冷却水供給用配管に可溶性ガス供給用配管を接続して冷却水中に可溶性ガスを溶解させたが、冷却水供給用タンクを設置しておき、このタンク内の冷却水に可溶性ガスを事前に溶解させておき、この冷却水を凝固シェルに噴射することとしてもよい。このときは、タンク自体がこの圧力（溶解時のガスの圧力）に耐え得るような圧力容器を用いる必要がある。

【００４４】

表１に、鋳造試験において行った鋳片の表面割れ抑制効果、鋳片幅方向における不均一変形抑制効果およびスケール生成抑制効果についての調査結果を示す。

【００４５】

【表１】

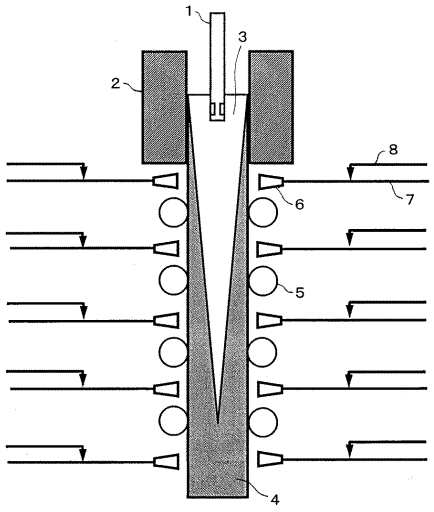
表　１

	可溶性ガス(炭酸ガス)	
	な し	あ り
鋳片表面割れ指数	1	0.3
鋳片不均一指数	1	0.2
スケール生成指数	1	0.3

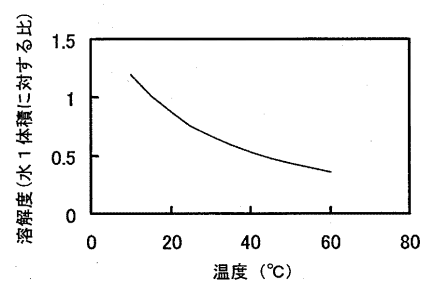
【００４６】
鋳片の表面割れとは、縦割れ、横割れなどの目視できる割れで、鋳片長さ１ｍ当たりの総割れ長さを測定した。二次冷却水への可溶性ガスの添加を行わなかった場合の総割れ長さを鋳片表面割れ指数１とし、可溶性ガスを添加した場合の鋳片表面割れ状況を指数で評価した。
【００４７】
鋳片表面の凹凸を、鋳片長さ１ｍについて鋳片の１／２幅（幅中央）の１箇所と１／４幅の２箇所（計３箇所）で測定し、その平均値として算出した。同じく可溶性ガスの添加を行わなかった場合を鋳片不均一指数１とし、可溶性ガスを添加した場合を指数で評価した。
【００４８】
また、鋳片１ｍ当たりに生成したスケールをワイヤーブラシなどを用いて剥がし、その質量を測定した。同じく可溶性ガスの添加を行わなかった場合をスケール生成指数１とし、可溶性ガスを添加した場合を指数で評価した。
【００４９】
表１に示した結果から明らかなように、二次冷却水に可溶性ガスを添加する本発明の連続鋳造方法によれば、鋳片表面の縦割れ、横割れなどの割れ、および鋳片の幅方向における不均一変形（鋳片表面の凹凸）は著しく低減し、スケール生成量も大幅に減少した。
【産業上の利用可能性】
【００５０】
本発明の溶鋼の連続鋳造方法によれば、鋳型下方の二次冷却能を高め、鋳片の表面割れや内部割れを抑制し、鋳片の幅方向における不均一変形（鋳片表面の凹凸）を低減するとともに、鋳片表面の酸化スケールを二次冷却水の噴射により削除してその生成を抑制することができる。したがって、この方法は、高品質でスケール生成量の少ない鋳片が得られる連続鋳造方法として広く利用することができる。
【図面の簡単な説明】
【００５１】
【図１】本発明の連続鋳造方法を実施することができる装置の要部の構成を模式的に示す図である。
【図２】二酸化炭素（CO_2）の水に対する溶解度と温度の関係を示す図である。
【符号の説明】
【００５２】
１：浸漬ノズル
２：連続鋳造鋳型
３：溶鋼
４：凝固シェル
５：ロール

６：スプレーノズル
７：冷却水供給用配管
８：可溶性ガス供給用配管

【図１】



【図２】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０４－３１３４５５（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０２３０４５（ＪＰ，Ａ）
特表平０８－５１０２９７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２６８５４７（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－２１２８４９（ＪＰ，Ａ）
「Metallurgical and materials transactions. A」, Vol.36,No.1, p.187-204 (2005.1)

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｂ２２Ｄ １１／１２４
Ｂ２２Ｄ １１／２２