(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3719056号
(P3719056)
(45)発行日　平成17年11月24日(2005.11.24)　(24)登録日　平成17年9月16日(2005.9.16)

(51)Int.Cl.[7]　F I
C21C 7/10　C21C 7/10 Z
C21C 7/076　C21C 7/076

請求項の数 3　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願平11-222962
(22)出願日　平成11年8月5日(1999.8.5)
(65)公開番号　特開2001-49330(P2001-49330A)
(43)公開日　平成13年2月20日(2001.2.20)
審査請求日　平成13年10月15日(2001.10.15)

(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　100083585
弁理士　穂上　照忠
(74)代理人　100103481
弁理士　森　道雄
(72)発明者　深川　信
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
(72)発明者　西　隆之
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】清浄性に優れた極低炭素鋼の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

環流型の真空処理装置を用いて取鍋内の溶鋼を脱炭処理して、引き続いて脱酸処理した後、真空槽と取鍋とを分離し、その後、スラグ改質剤を取鍋内のスラグ上に供給するとともに、溶鋼ｔｏｎ当たりの攪拌動力Ｅが下記（Ａ）式を満足するように、溶鋼中に不活性ガスを吹き込むことにより取鍋内の溶鋼を攪拌することを特徴とする清浄性に優れた極低炭素鋼の製造方法。

２０≦Ｅ≦２００　・・・（Ａ）

ここで、$E=\{(371\times Q_G\times T_L)/W_L\}\times\{\ln(1+9.8\times\rho_L\times H/P)+(1-T_G/T_L)\}$（Ｗ／溶鋼ｔｏｎ）

Q_G：溶鋼中への吹き込み不活性ガス流量（Nm^3／秒）

T_L：溶鋼温度（Ｋ）

W_L：溶鋼重量（ｔｏｎ）

ρ_L：溶鋼密度（kg/m^3）

Ｈ：不活性ガス吹き込み用浸漬ランスのガス吐出孔の溶鋼中の浸漬深さ（ｍ）

Ｐ：大気圧（N/m^2）

T_G：吹き込み前の不活性ガス温度（Ｋ）

【請求項２】

環流型の真空処理装置を用いて取鍋内の溶鋼を脱炭処理して、引き続いて脱酸処理した後、真空槽と取鍋とを分離し、その後、スラグ改質剤を取鍋内のスラグ上に供給するととも

に、下記（Ａ）式および（Ｂ）式を満足するように、溶鋼中に不活性ガスを吹き込むことにより取鍋内の溶鋼を攪拌することを特徴とする清浄性に優れた極低炭素鋼の製造方法。

２０≦Ｅ≦２００　　・・・（Ａ）

１０００≦Ｅ×θ≦８０００　・・・（Ｂ）

ここで、Ｅ：溶鋼ｔｏｎ当たりの攪拌動力（Ｗ／溶鋼ｔｏｎ）

θ：溶鋼の攪拌時間（秒）

$E = \{(371 \times Q_G \times T_L) / W_L\} \times \{\ln(1 + 9.8 \times \rho_L \times H / P) + (1 - T_G / T_L)\}$（Ｗ／溶鋼ｔｏｎ）

Q_G：溶鋼中への吹き込み不活性ガス流量（Nm^3／秒）

T_L：溶鋼温度（Ｋ）

W_L：溶鋼重量（ｔｏｎ）

ρ_L：溶鋼密度（kg/m^3）

Ｈ：不活性ガス吹き込み用浸漬ランスのガス吐出孔の溶鋼中の浸漬深さ（ｍ）

Ｐ：大気圧（N/m^2）

T_G：吹き込み前の不活性ガス温度（Ｋ）

【請求項３】

製鋼炉から取鍋内に未脱酸溶鋼を出鋼中に、または、出鋼直後の取鍋内のスラグ上にスラグ改質剤を供給することにより、真空処理装置での脱炭処理に先立ち、取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計を１０重量％以下に低減することを特徴とする請求項１または請求項２に記載の清浄性に優れた極低炭素鋼の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、真空処理装置を用いる脱炭処理および脱酸処理と、その後のスラグ改質による清浄性に優れた極低炭素鋼の製造方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

表面欠陥が少なく、かつ成形性に優れていることが要求される自動車の外装用鋼板には、極低炭素鋼が用いられており、溶製の際には、鋼の極低炭素化および清浄化対策が採られている。

【０００３】

極低炭素鋼を溶製する際の脱炭方法としては、転炉製鋼法等で得られた未脱酸溶鋼を真空下で脱炭する方法が一般的である。すなわち、転炉等の製鋼炉より炭素含有率が０．０２～０．１重量％の未脱酸溶鋼を取鍋に出鋼し、その後、真空下で溶鋼中の酸素および取鍋内のスラグなどの外部から供給される酸素と溶鋼中の炭素とを反応させ、炭素含有率が０．００１～０．００５重量％になるまで脱炭する。

【０００４】

真空下での脱炭反応の際に、十分な脱炭速度を得るために必要な溶鋼中の初期の酸素含有率は０．０４重量％以上であることが知られている。このような酸素含有率の高い溶鋼を転炉等の製鋼炉で得る場合、スラグ中の低級酸化物であるＦｅＯとＭｎＯの含有率の合計は、１５～２０重量％まで高くなる。

【０００５】

真空下での脱炭処理後にＡｌによる脱酸処理を行った極低炭素溶鋼では、その後の連続鋳造が終了するまでの間に、溶鋼中のＡｌとスラグ中のＦｅＯやＭｎＯなどとが反応する。この反応によりＡｌの酸化物（Al_2O_3）が生成する。このＡｌの酸化物の一部が、連続鋳造中のタンデイッシュ内や鋳型内の溶鋼から除去されずに鋳片に残存し、非金属介在物となって鋼の清浄性を悪化させる。

【０００６】

溶鋼中のＡｌの酸化物は、連続鋳造中に浸漬ノズルが閉塞する原因となり、また、鋳片の表面近傍に非金属介在物として残存しやすく、そのため自動車の外装用鋼板の表面欠陥の

原因となる。
【０００７】
浸漬ノズルが閉塞すると連々鋳ができなくなり、生産性が阻害されるばかりでなく、浸漬ノズル内を通過する溶鋼に偏流が生じて鋳型内の溶鋼の流動状態が変化するため、Ａｌの酸化物が鋳片の表面近傍に集積しやすくなる。さらに、浸漬ノズルの閉塞を防ぐため、浸漬ノズルの上部より吹き込むＡｒ等の不活性ガスの流量を増加する場合がある。しかし、多量に吹き込まれた不活性ガスは、鋳片の表面近傍に気泡として捕捉されやすくなる。鋳片の表面近傍に捕捉された気泡は、外装用鋼板の表面欠陥の原因となる。上述するような外装用鋼板の表面欠陥の発生を防止するために、鋳片や外装用鋼板用に熱間圧延した素材の表面を手入れすることは、経済性や生産性において問題である。
【０００８】
そこで、溶鋼中のＡｌと反応しやすい取鍋内のスラグ中のＦｅＯやＭｎＯなどの低級酸化物の含有率を、転炉等の製鋼炉からの出鋼時、または真空下での脱炭処理前に下げる対策が採られてきた。すなわち、製鋼炉で溶製された未脱酸溶鋼を取鍋に出鋼中に、または、出鋼直後の取鍋内のスラグ上にスラグ改質剤を投入し、取鍋内のスラグ中のＦｅＯやＭｎＯの含有率を低減する、いわゆるスラグ改質を行い、引き続き真空処理装置にて脱炭処理を行う方法である。
【０００９】
しかし、この方法では、脱炭反応に寄与する低級酸化物からの酸素供給量が不足して、脱炭反応に必要な酸素が不足する。そのために、脱炭処理中に酸素ガスを溶鋼中に供給する必要があり、このとき、溶鋼中のＦｅやＭｎが酸化され、結局、取鍋内のスラグ中のＦｅＯやＭｎＯの含有率が上昇し、スラグ改質の効果がなくなるという問題がある。
【００１０】
一方、特開平３－５６６１４号公報では、取鍋に出鋼した未脱酸溶鋼の真空下での脱炭処理後に、脱酸処理の開始と同時に、スラグ改質に必要な全量のスラグ改質剤を取鍋内のスラグ上に添加する方法が提案されている。また、この方法では、添加したスラグ改質剤とスラグとを効果的に反応させるため（転炉出鋼直後とは異なり、取鍋内のスラグ表面は固体状態）、機械的に、または不活性ガスを吹き込むことにより、スラグ層のみを攪拌する。
【００１１】
しかし、この方法では、効率的にスラグ層を攪拌するための装置をＲＨなどの真空処理装置に配置する必要がある。取鍋内のスラグ層のみを攪拌するためには、機械的な攪拌装置、ガス吹き込み装置のいずれの場合でも、これらの装置を取鍋の上部で回転または移動させる必要がある。しかし、ＲＨなどの真空処理装置では、処理中の取鍋の上部と真空処理装置の間の空間は狭いので、回転または移動できるようなスラグ層を攪拌するための装置を配置することは困難な場合が多く、実用的でない。
【００１２】
特開平６－２５６８３６号公報では、真空下での脱炭処理中に酸素ガスを溶鋼中に供給するとともに、脱炭処理後の脱酸処理前に真空処理装置での処理を中断してスラグ改質を行うか、または、脱酸処理まで行った後にスラグ改質を行う方法が提案されている。
【００１３】
しかし、脱炭処理後の脱酸処理前に真空処理装置での処理を中断し、スラグ改質後に再度真空処理装置で脱酸処理を行う方法では、処理時間が著しく延長するという問題がある。すなわち、真空槽内の雰囲気を真空状態から大気圧に戻し、その後真空槽または取鍋を移動させた後にスラグ改質を行い、再び、真空槽または取鍋を移動させた後に真空槽内の雰囲気を真空状態に減圧する操作が必要である。したがって、処理時間が少なくとも１０～１５分間以上延びる。また、急激な温度変化により、真空処理装置の浸漬管などの耐火物の損傷が著しく増加するという問題もある。
【００１４】
また、脱酸処理まで行った後にスラグ改質を行う方法では、スラグと溶鋼の攪拌が強い場

合には、スラグやスラグ改質によって生成したＡｌの酸化物などが溶鋼中に混入し、そのまま鋳片に残存して非金属介在物となる場合がある。

【００１５】

特開平９－２５５０７号公報では、真空処理装置での処理を終了後、取鍋を別の簡易精錬装置に移動させ、スラグと溶鋼とが十分攪拌されるように精錬して、溶鋼の成分調整とスラグ改質を同時に行う方法が提案されている。スラグと溶鋼とを十分に攪拌して、溶鋼中のＡｌによってスラグ改質する方法である。

【００１６】

しかし、この方法では、スラグ改質時に生成したＡｌの酸化物（Al_2O_3）が、取鍋内の溶鋼中に混入しやすい。そのため、Ａｌの酸化物の一部が、連続鋳造中のタンデイッシュ内や鋳型内の溶鋼から除去されずに鋳片に残存しやすく、鋼の清浄性を悪化させる。

【００１７】

【発明が解決しようとする課題】

前述するように、従来の極低炭素鋼の溶製方法では、溶鋼の清浄性の確保に関して以下の問題がある。

【００１８】

▲１▼転炉など製鋼炉からの出鋼時に、改質に必要な全量のスラグ改質剤を投入する方法では、真空槽内の溶鋼中に酸素ガスを供給する必要があり、結局、スラグ改質の効果がなくなる。

【００１９】

▲２▼脱炭処理後に、脱酸処理の開始と同時にスラグ改質を行う方法では、効果的にスラグ層を攪拌するための装置を配置する必要がある。しかし、このような装置をＲＨなどの真空処理装置に配置することは困難であり、実用的でない。

【００２０】

▲３▼真空処理装置での処理を中断し、スラグ改質を行った後に、再度真空処理装置で処理を行う方法では、処理時間が大幅に延長するとともに、急激な温度変化により、真空処理装置の浸漬管などの耐火物が損傷しやすい。

【００２１】

▲４▼脱酸処理まで行った後にスラグ改質を行う方法では、スラグと溶鋼の攪拌が強い場合には、スラグやスラグ改質によって生成したＡｌの酸化物が溶鋼中に混入し、そのまま鋳片に残存して非金属介在物となる場合がある。

【００２２】

本発明は、真空下での脱炭速度を損なうことなく、また、真空処理装置での処理時間を延長することなく、かつ、簡単で安価な設備を用いてスラグ改質剤とスラグとを混合してスラグを改質し、清浄性に優れた極低炭素鋼を溶製することができる方法を提供することを目的とする。

【００２３】

【課題を解決するための手段】

本発明の要旨は、下記（１）～（３）に示す清浄性に優れた極低炭素鋼の製造方法にある。

【００２４】

（１）環流型の真空処理装置を用いて取鍋内の溶鋼を脱炭処理して、引き続いて脱酸処理した後、真空槽と取鍋とを分離し、その後、スラグ改質剤を取鍋内のスラグ上に供給するとともに、溶鋼ｔｏｎ当たりの攪拌動力Ｅが下記（Ａ）式を満足するように、溶鋼中に不活性ガスを吹き込むことにより取鍋内の溶鋼を攪拌する清浄性に優れた極低炭素鋼の製造方法。

【００２５】

$20 \leqq E \leqq 200$　・・・（Ａ）

ここで、$E=\{(371\times Q_G\times T_L)/W_L\}\times\{\ln(1+9.8\times\rho_L\times H/P)+(1-T_G/T_L)\}$（Ｗ／溶鋼ｔｏｎ）

Q_G ：溶鋼中への吹き込み不活性ガス流量（Nm^3 ／秒）
T_L ：溶鋼温度（K）
W_L ：溶鋼重量（ｔｏｎ）
ρ_L ：溶鋼密度（ｋｇ／m^3 ）
H ：不活性ガス吹き込み用浸漬ランスのガス吐出孔の溶鋼中の浸漬深さ（ｍ）
P ：大気圧（Ｎ／m^2 ）
T_G ：吹き込み前の不活性ガス温度（K）
（２）環流型の真空処理装置を用いて取鍋内の溶鋼を脱炭処理して、引き続いて脱酸処理した後、真空槽と取鍋とを分離し、その後、スラグ改質剤を取鍋内のスラグ上に供給するとともに、下記（Ａ）式および（Ｂ）式を満足するように、溶鋼中に不活性ガスを吹き込むことにより取鍋内の溶鋼を攪拌する清浄性に優れた極低炭素鋼の製造方法。

【００２６】

$20 \leqq E \leqq 200$ ・・・（Ａ）
$1000 \leqq E \times \theta \leqq 8000$ ・・・（Ｂ）
ここで、Ｅ：溶鋼ｔｏｎ当たりの攪拌動力（Ｗ／溶鋼ｔｏｎ）
θ：溶鋼の攪拌時間（秒）
$E = \{(371 \times Q_G \times T_L) / W_L\} \times \{\ln(1 + 9.8 \times \rho_L \times H / P) + (1 - T_G / T_L)\}$（Ｗ／溶鋼ｔｏｎ）
Q_G ：溶鋼中への吹き込み不活性ガス流量（Nm^3 ／秒）
T_L ：溶鋼温度（K）
W_L ：溶鋼重量（ｔｏｎ）
ρ_L ：溶鋼密度（ｋｇ／m^3 ）
H ：不活性ガス吹き込み用浸漬ランスのガス吐出孔の溶鋼中の浸漬深さ（ｍ）
P ：大気圧（Ｎ／m^2 ）
T_G ：吹き込み前の不活性ガス温度（K）
（３）製鋼炉から取鍋内に未脱酸溶鋼を出鋼中に、または、出鋼直後の取鍋内のスラグ上にスラグ改質剤を供給することにより、真空処理装置での脱炭処理に先立ち、取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計を１０重量％以下に低減する上記（１）または（２）に記載の清浄性に優れた極低炭素鋼の製造方法。

【００２７】

本発明で対象とする極低炭素鋼とは、炭素含有率がおよそ０．００５重量％以下の鋼である。また、本発明でいう環流型の真空処理装置とは、ＲＨやＤＨなどと称される真空槽と取鍋の間で溶鋼を環流させる真空処理装置を意味する。

【００２８】

本発明者らは、前述の本発明の課題を、次のようにして解決した。
（ａ）真空槽と取鍋とを分離した後にスラグ改質を行う際、溶鋼中に不活性ガスを吹き込むことにより取鍋内の溶鋼を攪拌する。したがって、スラグ改質剤の散布装置および溶鋼の攪拌装置は、設備配置上、真空処理装置と干渉することがないので、簡単で安価な設備とすることができる。

【００２９】

（ｂ）溶鋼中に不活性ガスを吹き込む際に、前述する（Ａ）式を満足するように適正な強さで攪拌するので、スラグが溶鋼中に混入することはないし、スラグ改質によって生成したＡｌの酸化物などが溶鋼中に混入することもない。したがって、清浄性に優れた極低炭素鋼を溶製することができる。

【００３０】

本発明の方法では、真空処理装置での溶鋼の脱炭処理および脱酸処理を終了し、真空槽と取鍋とを分離した後にスラグ改質を行う。したがって、真空処理装置での溶鋼の脱炭処理時に、脱炭速度が遅くなることはない。

【００３１】

【発明の実施の形態】

真空下での脱炭処理に際し、脱炭速度の低下をまねくことなく、かつ、少量のスラグ改質剤により脱酸処理後の取鍋内のスラグを効果的に改質するために、まず、転炉などの製鋼炉から溶鋼を取鍋に出鋼する際、スラグの流出をできるだけ抑制し、かつ造滓剤として生石灰、天然マグネシア、ドロマイトなどを添加するのがよい。このとき、生石灰などの造滓剤の添加量は、出鋼時のスラグ流出量や溶鋼量などで決めるべきであり、とくに限定しない。

【００３２】

次に、ＲＨなどの真空処理装置により、取鍋内に出鋼した溶鋼の脱炭処理およびその後に脱酸処理を行う。脱酸処理後に、必要があればＴｉ、Ｍｎ等の成分調整を行って真空処理装置での処理を終了する。

【００３３】

真空処理装置での脱炭処理および脱酸処理の終了後、真空槽と取鍋とを分離する。真空槽と取鍋とを分離するという意味は、真空槽を取鍋の上部から他の場所へ移動させるか、または取鍋を真空処理装置が設置された場所から他の場所へ移動させるかを意味する。このように真空槽と取鍋とを分離した後に、取鍋内のスラグ上にスラグ改質剤を供給し、その後、溶鋼中に不活性ガスを吹き込むことにより、溶鋼を攪拌する。溶鋼を適正な強さで攪拌することにより、スラグとスラグ改質剤を混合し、スラグを改質する。

【００３４】

取鍋内のスラグ上に均一にスラグ改質剤を供給するには、一般的な粒状の添加剤の添加装置などを用いればよいが、たとえば、改質剤の散布口を備える旋回する添加装置などを用いるのがよい。

【００３５】

スラグ改質剤としては、ＦｅＯおよびＭｎＯを還元する作用を持つ必要があるので、金属ＡｌまたはＡｌ合金を含む改質剤がよい。たとえば、金属Ａｌを５０重量％程度、Al_2O_3 を３５重量％程度含有するＡｌ灰（アルミ精錬時に発生するドロス）を粉砕後造粒し、整粒したものがよい。金属Ａｌと$CaCO_3$ などのガス発生物質とを混合した物でもよい。その他、ＦｅＯおよびＭｎＯを還元する作用を持つものであれば他のスラグ改質剤でも構わない。

【００３６】

本発明の方法では、取鍋内の溶鋼中に不活性ガスを吹き込んで溶鋼を攪拌することにより、取鍋内のスラグとスラグ改質剤とを混合し、取鍋内のスラグ中のＦｅＯ、ＭｎＯなどを還元する。

【００３７】

図１は、外側が耐火物で覆われた浸漬ランス５を取鍋１内の溶鋼２中に浸漬して、不活性ガスを吹き込む装置によりスラグ改質する方法の例を示す図である。不活性ガスとしてはＡｒガスを用い、浸漬ランスの先端から溶鋼中に吹き込むのがよい。浸漬ランスの先端は、溶鋼中に深さ約１～３ｍ浸漬するのがよい。図１には、溶鋼中をＡｒガスの気泡６が上昇する状況を示す。溶鋼をＡｒガスの気泡により攪拌することにより、スラグ上に散布したスラグ改質剤４とスラグ３とを均一に混合することができる。

【００３８】

本発明の方法では、スラグ改質剤を取鍋内のスラグ上に散布した後、浸漬ランスの浸漬深さ、吹き込みガス流量などを調整することにより、前述する（Ａ）式で示すように、溶鋼ｔｏｎ当たりの攪拌動力Ｅが２０～２００（Ｗ／溶鋼ｔｏｎ）となる条件で溶鋼を攪拌する。以下に、その理由を説明する。

【００３９】

まず、前述する（Ａ）式で規定するＥについて説明する。

Ｅは、取鍋精錬などの際の溶鋼全体の平均の攪拌動力を表す一般的な指標である。式の第１項は、溶鋼中に吹き込まれた不活性ガスの気泡が、溶鋼中を浮上する際に、膨張することによって成す仕事を表し、第２項は、吹き込まれた不活性ガスが溶鋼温度に加熱される際、膨張することによって成す仕事を表す。

【００４０】
図２は、攪拌動力Ｅと還元されたＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計重量％（図中には、△（ＦｅＯ＋ＭｎＯ）重量％で示す）との関係、ならびに、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数との関係を示す図である。図２には、以下に説明する試験を行った結果を示している。
【００４１】
脱炭処理および脱酸処理を終了した容量２５０ｔｏｎの溶鋼を入れた取鍋を、図１に示す装置構成のバブリング設備に移動し、スラグ改質剤１００ｋｇをスラグ上に散布して供給した。スラグ改質剤には、３８重量％の金属Ａｌを含有するＡｌ灰を直径２～１０ｍｍに造粒し、整粒したものを用いた。その後、下部に４孔を有する浸漬ランスを用いてＡｒガスを溶鋼中に吹き込むに際し、Ａｒガスの流量、浸漬ランスの浸漬深さ、および吹き込み時間を変え、取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計の低減量と、さらに、スラグ改質処理前後での溶鋼中の酸化物量の変化を調査した。
【００４２】
なお、溶鋼中の酸化物個数とは、次のようにして求めた値である。すなわち、ボンブ法により、取鍋内から直径３０ｍｍ、高さ７０ｍｍの大きさの溶鋼サンプルを採取し、その円形断面を研磨後、１００倍の光学顕微鏡により、断面積７．０７m^2 当たりの３０μｍ以上の非金属介在物の個数を測定することにより求めた。各試験において、５個のサンプルを測定し、その平均値で評価した。
【００４３】
攪拌動力Ｅが２０（Ｗ／溶鋼ｔｏｎ）未満では、還元されたＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計が約４重量％以下であり、取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの還元が不十分である。攪拌動力Ｅが小さいので、取鍋内のスラグとスラグ改質剤の混合が不十分であり、目視でもスラグの一部しかスラグ改質剤と混合していない状態が観察できた。
【００４４】
また、攪拌動力Ｅが２００を超える場合には、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数が、急激に著しく増加する。攪拌動力Ｅが大きすぎるため、取鍋内のスラグやスラグ改質によって生成したＡｌの酸化物などが溶鋼中に混入したためである。したがって、溶鋼ｔｏｎ当たりの攪拌動力Ｅが２０～２００（Ｗ／溶鋼ｔｏｎ）となるように溶鋼を攪拌する。
【００４５】
取鍋内のスラグを改質するとき、スラグ改質後のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計を５重量％以下とするのが望ましい。５重量％以下とすることにより、その後の連続鋳造において、タンディッシュ内の溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数を６個／１０cm^2 以下とすることができる。
【００４６】
本発明の方法では、スラグ改質剤を取鍋内に供給後、不活性ガスを溶鋼中に吹き込むに際し、溶鋼の攪拌時間θが、前述する（Ｂ）式を満足するように、溶鋼を攪拌するのが望ましい。以下に、その理由を説明する。
【００４７】
図３は、攪拌動力と攪拌時間の積（Ｅ×θ）と、還元されたＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計重量％との関係、および、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数との関係を示す図である。図２で説明した内容と同じ試験を行って調査した結果を示す。
【００４８】
この積（Ｅ×θ）が１０００未満では、還元されたＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計が約４重量％以下であり、取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの還元が不十分である。攪拌時間が短すぎるため、取鍋内のスラグとスラグ改質剤との混合が不十分であり、目視でもスラグの一部しかスラグ改質剤と混合していない状態が観察できた。
【００４９】
また、積（Ｅ×θ）が８０００を超える場合には、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数が、急激に著しく増加する。攪拌時間が短くても攪拌動力が大きい場合、または、攪拌動力

が小さくても攪拌時間が長い場合には、スラグやスラグ改質によって生成したＡｌの酸化物などが溶鋼中に混入しやすいためである。したがって、溶鋼の攪拌時間θが、前述する（Ｂ）式を満足するように、溶鋼を攪拌するのが望ましい。

【００５０】

本発明の方法では、製鋼炉から取鍋内に未脱酸溶鋼を出鋼中に、または、出鋼直後の取鍋内のスラグ上にスラグ改質剤を供給することにより、真空処理装置での脱炭処理に先立ち、取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計を１０重量％以下に低減することが望ましい。

【００５１】

脱炭処理後の脱酸処理では、Ａｌなどの脱酸剤を添加後、溶鋼を環流する。脱炭処理する前の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計が１０重量％を超える場合には、溶鋼を環流する間に、取鍋内のスラグ中のＦｅＯやＭｎＯと溶鋼中のＡｌとが反応し、Ａｌの酸化物が生成する。

【００５２】

図４は、脱酸処理後の環流時間と溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数との関係を示す図である。真空処理装置で脱炭処理後に金属Ａｌを添加して脱酸処理した後の容量２５０ｔｏｎの溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数を、環流時間の経過とともに調査した。調査方法は、図２で説明したのと同じ方法である。脱酸処理後の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計が１０重量％以下のときには、環流時間が１０分間で、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数が１０個／１０ｃｍ^2 以下、１２分間で、５個／１０ｃｍ^2 以下まで低減できる。ＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計が１０重量％を超える場合には、環流時間が１５分間でも、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数は１０個／１０ｃｍ^2 以上となっている。ＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計が１０重量％を超える場合には、溶鋼中のＡｌが酸化される量が多いためである。

【００５３】

脱炭処理する前の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計のさらに望ましい範囲は、４～１０重量％である。４重量％以上であれば、その後の脱炭処理中の真空槽内の溶鋼中に、酸素ガスを供給する必要がなくなる。

【００５４】

したがって、真空処理装置での脱炭処理に先立ち、取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計を１０重量％以下に低減することが望ましい。

【００５５】

未脱酸溶鋼の出鋼直後の取鍋内のスラグの改質では、取鍋内のスラグの表面は溶融している状態であるので、スラグ改質剤を散布するだけでも還元反応は促進されるが、Ａｒガスなどを溶鋼中に吹き込み、スラグとスラグ改質剤の混合を促進するのが望ましい。

【００５６】

【実施例】

転炉、ＲＨ式真空処理装置および図１に示す装置構成のバブリング装置を用いて、２５０ｔｏｎの極低炭素鋼を溶製した。転炉では、Ｃ含有量０．０２～０．０６重量％、Ｍｎ含有率０．０５～０．２重量％に精錬し、１６５０～１６８０℃の溶鋼を取鍋に出鋼した。出鋼に際し、転炉からのスラグ流出量を極力抑制するようにし、流出スラグ量は約１０ｋｇ／溶鋼ｔｏｎに抑えた。出鋼直後に金属Ａｌ含有率３８重量％のＡｌ灰を２～１０ｍｍの粒径に造粒し、整粒したスラグ改質剤４００ｋｇを添加してスラグ改質を行い、取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計を１０重量％以下とした。ただし、一部の試験では、出鋼直後のスラグの改質を行わなかった。

【００５７】

次に、ＲＨ式真空処理装置を用いて、溶鋼中のＣ含有量が０．００２重量％以下になるまで脱炭した。なお、脱炭処理前に取鍋内のスラグを採取し、その組成を分析した。脱炭処理後、真空槽内にＡｌを添加して溶鋼を脱酸し、溶鋼中のＡｌ含有量を０．０３重量％に調整した。Ａｌ添加から約１２分間、溶鋼の環流処理を行って溶鋼の化学組成を均一にす

るとともに、溶鋼中の酸化物の浮上、除去を促進させた。

【００５８】

脱酸処理を終了した後に、取鍋内のスラグを採取し、その組成を分析した。また、取鍋内の溶鋼をボンブ法により採取して、３０μｍ以上の酸化物の個数を測定した。

【００５９】

その後、直径２～１０ｍｍに造粒した金属Ａｌを３８重量％、Al_2O_3を４５重量％、その他にSiO_2を１１重量％、ＣａＯを６重量％、それぞれ含有する組成のスラグ改質剤をスラグ上に１００ｋｇ散布して供給し、バブリング装置を用いて、溶鋼を攪拌してスラグを改質した。ただし、一部の試験では、スラグ改質を行わなかった。

【００６０】

バブリングでは、下部に４孔を有する浸漬ランスを用い、浸漬ノズルの浸漬深さ、吹き込みＡｒガス流量および吹き込み時間、すなわち、溶鋼攪拌時間を変化させて試験した。このとき、ノズル浸漬深さは１．５ｍと２．５ｍ、Ａｒガス流量は２００～３５００Ｎリットル／分、溶鋼攪拌時間は２０～３００秒の範囲内で変化させた。

【００６１】

それぞれ、所定の条件でＡｒガスを吹き込み、溶鋼を攪拌した後、直ちに浸漬ランスを取鍋内のスラグより上方に上昇させ、Ａｒガスの供給を停止した。その後、取鍋内の溶鋼とスラグとを約１分間静置した後、スラグと溶鋼を採取し、スラグの組成を分析するとともに、溶鋼中の酸化物個数を上述と同じ方法で光学顕微鏡により調査した。

【００６２】

スラグ改質後の溶鋼を、厚み２７０ｍｍ、幅１５８０ｍｍの断面形状の鋳片に連続鋳造した。鋳造中にタンディッシュ内の溶鋼をボンブ法で採取し、溶鋼中の酸化物個数を調査した。また、得られた鋳片から横断面サンプルを採取し、非金属介在物の個数を上述と同じ方法で光学顕微鏡により調査した。鋳片の非金属介在物の個数は、横断面サンプルの表皮直下、１／４厚みおよび１／２厚みの位置から採取した３個の試料の平均値とした。これらの非金属介在物個数によって、鋼の清浄性を評価した。

【００６３】

各試験条件および各試験結果を表１に示す。なお、各試験条件でそれぞれ５ヒートの試験を行い、表１には得られた結果の平均値を示した。

【００６４】

【表１】

表１

試験		試験条件				試験結果				
		スラグの改質条件				取鍋内スラグ中FeO＋MnOの含有率の合計（重量％）			溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物の個数（個／10cm²）	
	No.	ﾗﾝｽ/ｶﾞｽ吐出孔浸漬深さ H（m）	ガス流量 Q_G（Nﾘｯﾄﾙ/分）	攪拌動力 E（W/溶鋼ton）	溶鋼攪拌時間 θ（秒）	指数 E×θ	RH装置での処理前	RH装置での処理後	ｽﾗｸﾞ改質後	RH装置での処理後	ｽﾗｸﾞ改質後	ﾀﾝﾃﾞｨｯｼｭ内	連続鋳造鋳片
本発明	1	2.5	400	34	40	1360	8.3	8.4	4.1	4	4	6	4
	2	2.5	1200	102	40	4080	8.6	8.7	3.8	5	4	3	2
	3	1.5	2500	178	40	7120	6.8	6.9	1.7	3	3	3	2
	4	2.5	1200	102	40	4080	12.6	10.2	4.8	13	10	12	8
	5	2.5	400	34	20	680	6.9	7.2	4.6	5	4	9	7
	6	2.5	1200	102	180	18360	6.8	7.0	1.8	3	14	12	9
比較例	7	2.5	200	17*	300	5100	7.6	7.7	6.8	5	4	18	12
	8	2.5	3500	297*	20	5940	7.2	7.3	2.2	4	19	17	11
	9	—	—	—	—	—	7.0	7.2	—	5	—	21	15

*）本発明の方法で規定する条件を外れていることを意味する。

【００６５】

本発明例の試験Ｎｏ．１～Ｎｏ．３では、出鋼直後にスラグ改質を行った。また、攪拌動力Ｅおよび真空処理装置での脱酸処理終了後にスラグ改質した後の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計を、それぞれ本発明の方法で規定する条件の範囲内とした。また、転炉出鋼後の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計および攪拌動力と攪拌時間の積（Ｅ×θ）の値を、それぞれ望ましい条件の範囲内で試験した。

【００６６】

各試験とも、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物の個数は、真空処理後に行ったスラグ改質の

後で３～４個、連続鋳造中のタンディッシュ内で３～６個、さらに、鋳片で２～４個であって、優れた清浄性の極低炭素鋼の溶鋼および鋳片が得られた。

【００６７】

本発明例の試験Ｎｏ．４では、出鋼直後のスラグ改質を行わなかった。その他の試験条件は、試験Ｎｏ．２と同じとした。溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物の個数は、真空処理前で１３個とやや多く、真空処理後に行ったスラグ改質の後でも１０個とやや多かった。また、連続鋳造中のタンディッシュ内で１２個、さらに、鋳片で８個であった。

【００６８】

出鋼直後のスラグ改質を行わなかったため、真空処理前の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計が高くなった。そのため、脱酸後の溶鋼の環流処理中に、スラグ中のＦｅＯやＭｎＯと溶鋼中のＡｌとの反応が促進し、溶鋼中にＡｌの酸化物がやや多目に生成し、試験Ｎｏ．１～Ｎｏ．３より、清浄度がやや悪かった。

【００６９】

本発明例の試験Ｎｏ．５およびＮｏ．６では、真空処理装置での脱酸処理終了後のスラグ改質時の溶鋼の攪拌処理における攪拌動力と攪拌時間との積（Ｅ×θ）の値を、望ましい条件の下限未満または上限を超えて試験した。その他の試験条件は、試験Ｎｏ．１またはＮｏ．２と同じとした。

【００７０】

攪拌動力と攪拌時間との積（Ｅ×θ）の値が６８０と小さかった試験Ｎｏ．５では、脱酸処理終了後にスラグ改質した後の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計が４．６重量％にしか低減せず、そのため、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物の個数は、タンディッシュ内で９個となり、また、鋳片でも７個となって、試験Ｎｏ．１～Ｎｏ．３より、清浄度がやや悪かった。

【００７１】

攪拌動力と攪拌時間との積（Ｅ×θ）の値が１８３６０と大きかった試験Ｎｏ．６では、脱酸処理終了後にスラグ改質した後の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計は１．８重量％にまで低減できたが、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物の個数は、真空処理後に行ったスラグ改質以降で１２～１４個となり、また、鋳片でも９個となって、試験Ｎｏ．１～Ｎｏ．３より、清浄度がやや悪かった。脱酸処理終了後のスラグ改質時の溶鋼の攪拌が強すぎるため、スラグ中のＦｅＯやＭｎＯと溶鋼中のＡｌとの反応によりＡｌの酸化物が多く生成したためである。

【００７２】

比較例の試験Ｎｏ．７およびＮｏ．８では、攪拌動力Ｅを、本発明の方法で規定する条件の下限未満または上限を超えて試験した。

【００７３】

攪拌動力Ｅの値が１７と小さかった試験Ｎｏ．７では、脱酸処理終了後にスラグ改質した後の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計が６．８重量％までしか低減せず、そのため、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物の個数は、タンディッシュ内で１８個となり、また、鋳片でも１２個となって、清浄度が悪かった。

【００７４】

攪拌動力Ｅの値が２９７と大きかった試験Ｎｏ．８では、脱酸処理終了後にスラグ改質した後の取鍋内のスラグ中のＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計は２．２重量％まで低減したが、溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物の個数は、真空処理後に行ったスラグ改質以降で１７～１９個となり、また、鋳片でも１１個となって、清浄度が悪かった。脱酸処理終了後のスラグ改質時の溶鋼の攪拌が強すぎるため、スラグやスラグ改質で生成したＡｌの酸化物などが溶鋼中に混入したためである。

【００７５】

従来例である比較例の試験Ｎｏ．９では、脱酸処理終了後のスラグ改質を行わなかった。溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物の個数は、タンデイッシュ内で２１個、鋳片で１５個と、清浄性が悪かった。連続鋳造が終了するまでの間に、溶鋼中のＡｌとスラグ中のＦｅＯや

ＭｎＯなどとが反応し、Ａｌの酸化物が多く生成したためである。

【００７６】

【発明の効果】

本発明の方法の適用により、真空下での脱炭速度を損なうことなく、また、真空処理装置での処理時間を延長することなく、かつ、簡単で安価な設備を用いてスラグ改質剤とスラグとを混合してスラグを改質し、清浄性に優れた極低炭素鋼を溶製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】不活性ガスを溶鋼中に吹き込む装置によりスラグ改質する方法の例を示す図である。

【図２】攪拌動力Ｅと還元されたＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計重量％および溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数との関係を示す図である。

【図３】攪拌動力と攪拌時間との積（Ｅ×θ）と、還元されたＦｅＯおよびＭｎＯの含有率の合計重量％および溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数との関係を示す図である。

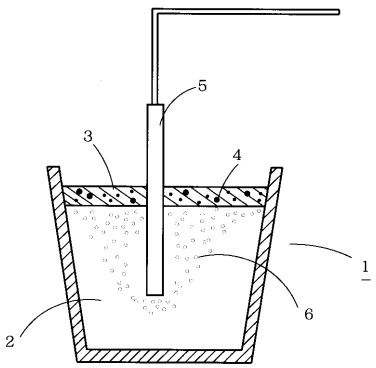
【図４】環流時間と溶鋼中の３０μｍ以上の酸化物個数との関係を示す図である。

【符号の説明】

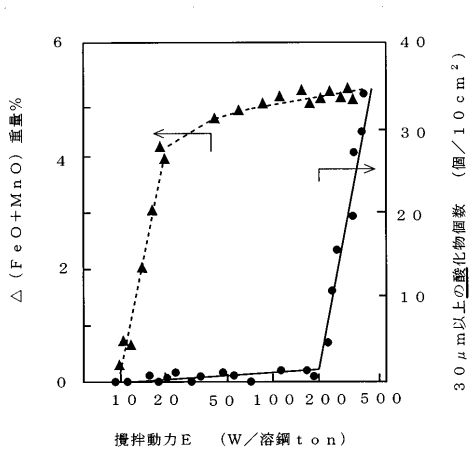
１：取鍋　　２：溶鋼　　３：スラグ

４：スラグ改質剤　　５：浸漬ランス　　６：Ａｒガスの気泡

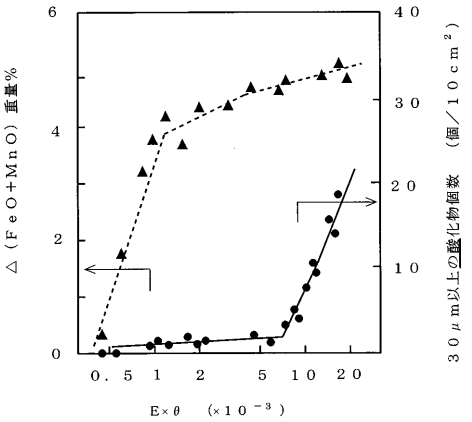
【図１】



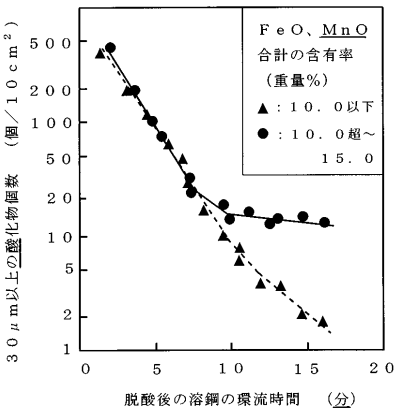
【図２】



【図３】


△（ＦｅＯ＋ＭｎＯ）重量％
６
４
２
０
４０
３０
２０
１０
０．５ １ ２ ５ １０ ２０
Ｅ×θ （×１０⁻³）
３０μｍ以上の酸化物個数 （個／１０ｃｍ²）

【図４】


３０μｍ以上の酸化物個数 （個／１０ｃｍ²）
５００
２００
１００
５０
２０
１０
５
２
１
０ ５ １０ １５ ２０
脱酸後の溶鋼の環流時間 （分）
ＦｅＯ、ＭｎＯ
合計の含有率
（重量％）
▲：１０．０以下
●：１０．０超～
１５．０

フロントページの続き

(72)発明者　坂　健司
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　木村　孔一

(56)参考文献　特開平０６－２１２２４４（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２５６８３６（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０４１８２０（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１３４５３０（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１７００１２（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１７６２１４（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１９５５２１（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－３３０８２９（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２７９６３０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
C21C　7/10
C21C　7/076