

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7087723号
(P7087723)

(45)発行日 令和4年6月21日(2022.6.21)

(24)登録日 令和4年6月13日(2022.6.13)

(51)国際特許分類

F I

C 2 1 C	7/06	(2006.01)	C 2 1 C	7/06	
C 2 2 C	38/00	(2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 1 Z
C 2 2 C	38/60	(2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 2 Z
C 2 1 C	7/04	(2006.01)	C 2 2 C	38/60	
B 2 2 D	1/00	(2006.01)	C 2 1 C	7/04	B

請求項の数 9 (全22頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-121386(P2018-121386)
 (22)出願日 平成30年6月26日(2018.6.26)
 (65)公開番号 特開2020-2406(P2020-2406A)
 (43)公開日 令和2年1月9日(2020.1.9)
 審査請求日 令和3年2月3日(2021.2.3)

(73)特許権者 000006655
 日本製鉄株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 (74)代理人 110002044弁理士法人プライタス
 (72)発明者 溝口 利明
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 新日鐵住金株式会社内
 (72)発明者 武川 隼
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 新日鐵住金株式会社内
 (72)発明者 大賀 信太郎
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 新日鐵住金株式会社内
 (72)発明者 栗本 英典
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 鋼の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

転炉で溶製された未脱酸の溶鋼を取鍋に出鋼した後、出鋼された溶鋼を、AlまたはAl-Siにより脱酸し、Alキルド鋼またはAl-Siキルド鋼を製造する方法であって、酸素を含有する成分調整用合金を、前記取鍋への出鋼中または出鋼後であって、前記Alまたは前記Al-Siによる脱酸の前の溶存酸素量が50ppm以上の溶鋼に投入するとともに前記Alまたは前記Al-Siによる脱酸の後の溶鋼に投入し、前記Alまたは前記Al-Siによる脱酸の前に投入される成分調整用合金から溶鋼に持ち込まれる脱酸前持込み酸素量(ppm)と、前記Alまたは前記Al-Siによる脱酸の後に投入される成分調整用合金から溶鋼に持ち込まれる脱酸後持込み酸素量(ppm)との比率(脱酸前持込み酸素量/脱酸後持込み酸素量)を2以上とし、前記脱酸後持込み酸素量を10ppm以下とし、脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量の合計を15ppm以上とするとともに、前記Alまたは前記Al-Siにより脱酸され、その後前記成分調整用合金を投入された溶鋼に、Mgを添加することにより、質量比率でMg/T.Oを0.01以上0.5未満とする、鋼の製造方法。

【請求項2】

前記成分調整用合金は、MeMn、MeTi、MeCu、MeNi、FeMn、FeP、FeTi、FeS、FeSi、FeCr、FeMo、FeB、およびFeNbから選択される1種以上である、請求項1に記載の鋼の製造方法。

【請求項 3】

前記 A l キルド鋼または前記 A l - S i キルド鋼の化学組成が、質量%で、

C : 0 . 0 0 0 5 ~ 1 . 5 %、

S i : 0 . 0 0 5 ~ 1 . 2 %、

M n : 0 . 0 5 ~ 3 . 0 %、

P : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 %、

S : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 5 %、

T . A l : 0 . 0 0 5 ~ 1 . 5 %、

C u : 0 ~ 1 . 5 %、

N i : 0 ~ 1 0 . 0 %、

C r : 0 ~ 1 0 . 0 %、

M o : 0 ~ 1 . 5 %、

N b : 0 ~ 0 . 1 %、

V : 0 ~ 0 . 3 %、

T i : 0 ~ 0 . 2 5 %、

B : 0 ~ 0 . 0 0 5 %、

残部 F e および不純物である、請求項 1 または 2 に記載の鋼の製造方法。

【請求項 4】

前記 A l キルド鋼または前記 A l - S i キルド鋼の前記化学組成が、質量%で、

C u : 0 . 1 ~ 1 . 5 %、

N i : 0 . 1 ~ 1 0 . 0 %、

C r : 0 . 1 ~ 1 0 . 0 %、および

M o : 0 . 0 5 ~ 1 . 5 %、

から選択される 1 種以上を含有する、請求項 3 に記載の鋼の製造方法。

【請求項 5】

前記 A l キルド鋼または前記 A l - S i キルド鋼の前記化学組成が、質量%で、

N b : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 %、

V : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 3 %、および

T i : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 5 %、

から選択される 1 種以上を含有する、請求項 3 または 4 に記載の鋼の製造方法。

【請求項 6】

前記 A l キルド鋼または前記 A l - S i キルド鋼の前記化学組成が、質量%で、

B : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 0 5 %、

を含有する、請求項 3 ~ 5 のいずれかに記載の鋼の製造方法。

【請求項 7】

前記鋼は、A l ₂ O ₃ と M g O とを含み、質量%で、

M g O の含有量が 0 . 1 ~ 1 5 % である、酸化物系介在物を有する、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の鋼の製造方法。

【請求項 8】

前記鋼は、鑄片のスライム抽出で得られるアルミナクラスターの最大径が 1 0 0 μ m 以下である、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の鋼の製造方法。

【請求項 9】

前記鋼は、鑄片のスライム抽出で得られる 2 0 μ m 以上のアルミナクラスターの個数が 2 個 / k g 以下である、請求項 8 に記載の鋼の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鋼の製造方法に関し、具体的には、例えば、自動車用鋼板、構造用・耐摩耗用厚鋼板や油井管用鋼管等に好適なアルミナクラスターが少ない鋼の製造方法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

鋼板などの圧延鋼材は、一般的に転炉で溶製された未脱酸の溶鋼を Al または Al - Si により脱酸する Al キルド鋼または Al - Si キルド鋼として製造されている。脱酸時に生成するアルミナは、硬質であり、クラスター化し易く、数 100 μm 以上の介在物として鋼中に残留する。

【 0 0 0 3 】

このため、溶鋼からのアルミナの除去が不十分であると、薄板での熱間圧延時や冷間圧延時のスリバー疵（線状疵）、構造用厚板での材質不良、耐摩耗用厚板での低温靱性の低下や、油井管用鋼管での溶接部 U S T 欠陥不良等が発生する。

【 0 0 0 4 】

アルミナを溶鋼から除去する方法として、

(a) 脱酸後に、アルミナの凝集、合体による溶鋼からの浮上、分離時間をできるだけ長く確保するため、脱酸剤の Al を転炉での出鋼時に投入する方法、

(b) 二次精錬法の一つである C A S 法や R H 真空脱ガス法処理で溶鋼の強攪拌を行い、アルミナの浮上、分離を促進する方法、

(c) 溶鋼中への C a の添加によってアルミナを低融点介在物である C a O - A l ₂ O ₃ に形態制御して無害化する方法等が行われていた。

【 0 0 0 5 】

ところが、(a)、(b) の方法によるアルミナの浮上分離対策には限界があり、数 100 μm 以上の大きさの介在物を完全に除去できないため、スリバー疵を防止できないという問題があった。

【 0 0 0 6 】

(c) の C a による酸化物系介在物の改質は、介在物の低融点化によってアルミナクラスターの生成を防止でき、微細化する。しかし、非特許文献 1 によれば、アルミナを溶鋼中で液相のカルシウムアルミネートにするためには、[C a] / [T . O] を 0 . 7 ~ 1 . 2 の範囲に制御する必要がある。このためには、例えば T . O が 40 p p m で 28 ~ 48 p p m という多量の C a を添加する必要がある。

【 0 0 0 7 】

一方、タイヤ用のスチールコードや弁バネ材では、介在物を圧延加工時に変形し易い低融点の C a O - S i O ₂ - A l ₂ O ₃ (- M n O) 系に制御し、無害化することが一般的に広く知られている。

【 0 0 0 8 】

しかし、これらの方法では、通常、C a を安価な C a S i 合金で添加するため、S i 含有量の上限の制限が厳しい自動車用鋼板や缶用冷延鋼板では実用化されていないのが現状である。

【 0 0 0 9 】

C e や L a 等の R E M (希土類元素) を利用した溶鋼の脱酸では、(i) A l キルド鋼または A l - S i キルド鋼を前提とし、A l または A l - S i 脱酸後に R E M をアルミナの改質剤として使用する方法や、(i i) A l を使用せずに R E M を単独、または C a 、 M g 等と組み合わせて脱酸する方法が知られている。

【 0 0 1 0 】

特許文献 1 には、A l キルド鋼のアルミナクラスターを低減する方法として、A l キルド鋼の溶製に際し、溶鋼中に 0 . 1 k g / t - s (100 p p m に相当) 以上の金属 M g (M e M g) 添加して鋼中に存在するアルミナ系介在物を A l ₂ O ₃ - M g O 系介在物に形態制御し、鋼中に微細分散させる方法が開示されている。この方法は、アルミナ系介在物のクラスターに起因する製品欠陥を防止するとともに、連続鋳造時のタンディッシュのノズル閉塞を防止して、鋼中介在物を無害化する。

【 0 0 1 1 】

特許文献 2 には、質量 % で、C : 1 . 2 % 以下、A l : 0 . 0 1 ~ 0 . 1 % 、T . O : 0 . 0 0 5 % 以下を含有し、 $T . O \times 0 . 5 < T . M g < T . O \times 7 . 0$ の関係を満足する

10

20

30

40

50

Mgを含有させることにより、酸化物系介在物超微細分散鋼を製造する方法が開示されている。

【0012】

特許文献1, 2により開示された方法では、 Al_2O_3 をMgで還元することによって、 $Al_2O_3 \cdot MgO$ (MgO含有量: 28質量%) もしくはMgOに形態制御して、一つの Al_2O_3 粒子を微細化する。

【0013】

しかし、 $Al_2O_3 \cdot MgO$ 粒子自体は合体し易く、アルミナクラスターの生成を抑制することは困難である。また、過剰にMgを添加すると、溶鋼上部のスラグとの反応によって、多量の $Al_2O_3 \cdot MgO$ が生成する。このため、溶鋼の清浄性が悪化し、タンディッシュの浸漬ノズルが閉塞し易くなるという問題があった。

10

【0014】

さらに、Mgは蒸発し易く歩留まりが悪いため、多量のMg合金を添加する必要があり、製造コストも増加する。また、Caによるアルミナの改質と同様に、通常、Mgは安価なSiMg合金により添加される。このため、Si含有量の上限の制限が厳しい自動車用鋼板や缶用冷延鋼板では適用が困難であった。

【0015】

一方、アルミナ粒子のクラスター化に関して、幾つかの生成機構が示されている。例えば、特許文献3には、溶鋼中の P_2O_5 が Al_2O_3 粒子の凝集体を促進するとし、Caを添加して P_2O_5 を $nCaO \cdot mP_2O_5$ として、 Al_2O_3 のバインダーである P_2O_5 の結合力を低下させることにより、浸漬ノズルへの Al_2O_3 の付着を防止できることが示されている。

20

【0016】

また、非特許文献2には、連続鋳造でタンディッシュの浸漬ノズルの閉塞防止のために用いているArガスに捕捉されたアルミナ粒子が冷延鋼板に発生するスリバー疵の原因であると推定されることが開示されている。

【0017】

さらに、非特許文献3には、気泡に捕捉されたアルミナ粒子がキャピラリー効果により気泡表面で凝集体するという観察結果が開示されている。

【0018】

このように、アルミナクラスターの微視的な生成機構についても解明されつつあるが、クラスター化の防止のための具体的方法が明らかでなかった。このため、アルミナクラスターによる介在物欠陥を、要求される品質レベルまで低減することは困難であった。

30

【0019】

本発明者らは、(1)クラスターのアルミナ粒子間には、FeOおよび $FeO \cdot Al_2O_3$ の低融点酸化物がバインダーとして存在すること、および、(2)このバインダーを適当な量のMgにより還元することによって、溶鋼中およびAr気泡表面でのアルミナ粒子の凝集・合体が抑制されることを知見した。

【0020】

そして、本発明者らは、特許文献4により、AlまたはAl-Si脱酸した溶鋼中にMgを添加して、質量比率でMg/T.Oを0.01以上0.5未満とすることにより、鋼材の製品欠陥の原因となる粗大なアルミナクラスターの生成を溶鋼中およびAr気泡表面で防止する発明を開示した。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0021】

【文献】特開平4-333359号公報

特開平7-54103号公報

特開平9-192799号公報

特開2005-2419号公報

50

【非特許文献】

【0022】

【文献】材料とプロセス，4（1991），p. 1214（城田ら）

鉄と鋼，（1995），p. 17（安中ら）

I S I J Int.，37（1997），p. 936（H. Yin et al.）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0023】

特許文献4により開示された発明によれば、確かに、アルミナクラスターが少ない鋼材を提供できる。すなわち、特許文献4により開示された鋼材は、介在物欠陥の原因となる粗大なアルミナクラスターの生成を、溶鋼中およびAr気泡の表面で防止し、自動車用や家電用の薄板のスリパー疵、構造用厚板の材質不良、耐摩耗用厚板の低温靱性の低下、油井管用鋼管の溶接部のUST欠陥といった介在物欠陥を大幅に抑制することができる。

10

【0024】

近年、アルミナクラスターによる介在物欠陥を低減することへの要請は、鋼材の需要家の生産性向上のための無欠陥指向や加工特性の向上の要求の高まりにより、従来に増して一段と高まっており、アルミナクラスターによる介在物欠陥をより一層低減することが強く求められている。

【0025】

このため、製鋼工程での溶鋼の徹底的な清浄化や、鋳片の重手入れ化といった様々な対策も行われてはいるものの、アルミナクラスターによる介在物欠陥を、現在要求される程度まで十分に低減することは、実現できていない。

20

【0026】

本発明は、従来の技術が有するこの課題に鑑みてなされたものであり、アルミナクラスターに起因する介在物欠陥を、現在要求される程度まで十分に低減可能な、鋼の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0027】

本発明者らが特許文献4により開示したように、低融点酸化物であるFeOは、Alにより脱酸された平衡状態の溶鋼中には本来存在しない。しかし、1600程度程度の溶鋼（O濃度：6～8ppm程度）の一部に、O濃度が0.2質量%程度の溶鋼が非平衡に存在すると、Al₂O₃と液体のFeOとが同時に生成し、液体のFeOがAl₂O₃同士の間にはバインダーとして介在することにより、アルミナクラスターが発生する。

30

【0028】

本発明者らは、アルミナクラスターのこの発生機構に基づき、アルミナクラスターの発生防止手段を鋭意検討した結果、以下に列記の知見（A）～（F）を得た。

【0029】

（A）製鋼工程でMn濃度の調整のためにAlまたはAl-Si脱酸後に投入されるMeMnは、（「金属Mn」を意味する。なお、本明細書では、以下成分濃度の調整用合金における「金属」を同様に「Me」と表現する。）例えば0.5質量%程度と極微量ではあるものの、Oを含有する。Oを含有するMeMnが溶鋼に持ち込む全O量は、例えば15ppm以上になる。

40

【0030】

このため、従来のようにAlまたはAl-Si脱酸後にMeMnを投入すると、MeMnからの持込みOにより、溶鋼は局所的に酸素汚染され、これにより、液体状態のFeOがAl₂O₃と同時に生成し、生成したFeOがAl₂O₃同士のバインダーになってアルミナクラスターが発生する。

【0031】

（B）MeMnの投入量が多い鋼種、すなわち持込み酸素量が15ppm以上と多い鋼種では、MeMnを、従来のようにAlまたはAl-Si脱酸後の溶鋼に投入するのではな

50

くて、AlまたはAl-Si脱酸前の溶存酸素量が50ppm以上である溶鋼に投入するとともにAlまたはAl-Si脱酸後の溶鋼に投入することにより、液体状態のFeOがAl₂O₃と同時に生成することを阻止してアルミナクラスターの生成を抑制できるため、アルミナクラスターによる介在物欠陥を低減できる。

【0032】

(C)脱酸後持込み酸素量を10ppm以下にすることにより、アルミナクラスターによる介在物欠陥を低減できる。

【0033】

(D)AlまたはAl-Siによる脱酸前に投入されるMeMnから溶鋼に持ち込まれる脱酸前持込み酸素量と、AlまたはAl-Siによる脱酸後に投入されるMeMnから溶鋼に持ち込まれる脱酸後持込み酸素量との比率(脱酸前持込み酸素量/脱酸後持込み酸素量)を2以上に高めることにより、アルミナクラスターによる介在物欠陥を低減できる。

10

【0034】

(E)AlまたはAl-Si脱酸前にMeMnを投入することにより、Mnの投入歩留まりは若干低下するものの、アルミナクラスターによる介在物欠陥を、現在要求される品質レベルまで十分に低減できる。このため、最終製品である鋼材の生産性や品質を顕著に向上でき、鋼材の製造コストを大幅に抑制することが可能になる。

【0035】

(F)溶鋼の成分調整用合金としては、MeMn以外に、MeTi、MeCu、MeNi、FeMn、FeP、FeTi、FeS、FeSi、FeCr、FeMo、FeB、およびFeNb等があり、これらの成分調整用合金もOを含有する。このため、これらの成分調整用合金を、上記(B)に記載したようにAlまたはAl-Si脱酸の前後に投入することにより、アルミナクラスターの発生を防ぐことができる。

20

【0036】

本発明は、これらの知見(A)~(F)に基づくものであり、以下に列記の通りである。

(1)転炉で溶製された未脱酸の溶鋼を取鍋に出鋼した後、出鋼された溶鋼を、AlまたはAl-Siにより脱酸し、Alキルド鋼またはAl-Siキルド鋼を製造する方法であって、

酸素を含有する成分調整用合金を、前記取鍋への出鋼中または出鋼後であって、前記Alまたは前記Al-Siによる脱酸の前の溶存酸素量が50ppm以上の溶鋼に投入するとともに前記Alまたは前記Al-Siによる脱酸の後の溶鋼に投入し、

30

前記Alまたは前記Al-Siによる脱酸の前に投入される成分調整用合金から溶鋼に持ち込まれる脱酸前持込み酸素量(ppm)と、前記Alまたは前記Al-Siによる脱酸の後に投入される成分調整用合金から溶鋼に持ち込まれる脱酸後持込み酸素量(ppm)との比率(脱酸前持込み酸素量/脱酸後持込み酸素量)を2以上とし、

前記脱酸後持込み酸素量を10ppm以下とし、

脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量の合計を15ppm以上とするとともに、

前記Alまたは前記Al-Siにより脱酸され、その後前記成分調整用合金を投入された溶鋼に、Mgを添加することにより、質量比率でMg/T.Oを0.01以上0.5未満とする、鋼の製造方法。

40

【0037】

(2)前記成分調整用合金は、MeMn、MeTi、MeCu、MeNi、FeMn、FeP、FeTi、FeS、FeSi、FeCr、FeMo、FeB、およびFeNbから選択される1種以上である、上記(1)に記載の鋼の製造方法。

【0038】

(3)前記Alキルド鋼または前記Al-Siキルド鋼の化学組成が、質量%で、

C:0.0005~1.5%、

Si:0.005~1.2%、

Mn:0.05~3.0%、

P:0.001~0.2%、

50

S : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 5 %、
 T . A l : 0 . 0 0 5 ~ 1 . 5 %、
 C u : 0 ~ 1 . 5 %、
 N i : 0 ~ 1 0 . 0 %、
 C r : 0 ~ 1 0 . 0 %、
 M o : 0 ~ 1 . 5 %、
 N b : 0 ~ 0 . 1 %、
 V : 0 ~ 0 . 3 %、
 T i : 0 ~ 0 . 2 5 %、
 B : 0 ~ 0 . 0 0 5 %、

10

残部 F e および不純物である、上記 (1) または (2) に記載の鋼の製造方法。

【 0 0 3 9 】

(4) 前記 A l キルド鋼または前記 A l - S i キルド鋼の前記化学組成が、質量%で、
 C u : 0 . 1 ~ 1 . 5 %、
 N i : 0 . 1 ~ 1 0 . 0 %、
 C r : 0 . 1 ~ 1 0 . 0 %、および
 M o : 0 . 0 5 ~ 1 . 5 %、
 から選択される 1 種以上を含有する、上記 (3) に記載の鋼の製造方法。

【 0 0 4 0 】

(5) 前記 A l キルド鋼または前記 A l - S i キルド鋼の前記化学組成が、質量%で、
 N b : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 1 %、
 V : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 3 %、および
 T i : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 5 %、
 から選択される 1 種以上を含有する、上記 (3) または (4) に記載の鋼の製造方法。

20

【 0 0 4 1 】

(6) 前記 A l キルド鋼または前記 A l - S i キルド鋼の前記化学組成が、質量%で、
 B : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 0 5 %、
 を含有する、上記 (3) ~ (5) のいずれかに記載の鋼の製造方法。

【 0 0 4 2 】

(7) 前記鋼は、A l ₂ O ₃ と M g O とを含み、質量%で、
 M g O の含有量が 0 . 1 ~ 1 5 % である、酸化物系介在物を有する、上記 (1) ~ (6)
 のいずれかに記載の鋼の製造方法。

30

【 0 0 4 3 】

(8) 前記鋼は、鋳片のスライム抽出で得られるアルミナクラスターの最大径が 1 0 0 μ m 以下である、上記 (1) ~ (7) のいずれかに記載の鋼の製造方法。

【 0 0 4 4 】

(9) 前記鋼は、鋳片のスライム抽出で得られる 2 0 μ m 以上のアルミナクラスターの個数が 2 個 / k g 以下である、上記 (8) に記載の鋼の製造方法。

【 発明の効果 】

【 0 0 4 5 】

本発明によれば、酸素を含有する成分調整用合金を A l または A l - S i 脱酸後の溶鋼に投入することに起因した、A l ₂ O ₃ および液体の F e O の同時発生、およびアルミナクラスターの発生を防ぐことができる。

40

【 0 0 4 6 】

また、本発明によれば、クラスターのアルミナ粒子間にバインダーとして存在する F e O および F e O · A l ₂ O ₃ の低融点酸化物が M g により還元され、溶鋼中および A r 気泡表面でのアルミナ粒子の凝集・合体が抑制される。

【 0 0 4 7 】

このため、本発明によれば、A l キルド鋼または A l - S i キルド鋼からなる最終製品における表面疵や内部欠陥の原因となる粗大なアルミナクラスターの生成を防止できる。

50

これにより、アルミナクラスターに起因した介在物欠陥の発生を、現在要求される程度まで十分に低減しながら、溶鋼を製造できるようになる。

【0048】

さらに本発明によれば、連続鋳造における溶鋼中アルミナの浸漬ノズルへの付着も防止できる。したがって、浸漬ノズルの閉塞防止効果も大きい。したがって、本発明は、従来のAlキルド鋼またはAl-Siキルド鋼における課題を一掃し、アルミナクラスターが少ない鋼材を確実に製造でき、産業の発展に寄与するところは極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】図1は、Mg/T・Oと最大アルミナクラスター径の関係を示すグラフである。 10

【図2】図2は、実施例における脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量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】

【0050】

本発明を説明する。以降の説明において化学組成は特段の断りがない限り、質量%を用いる。

【0051】

1. 本発明の概要

本発明では、基本的に、転炉で溶製された未脱酸の溶鋼を取鍋に出鋼した後、出鋼された溶鋼を、AlまたはAl-Siにより脱酸し、Alキルド鋼またはAl-Siキルド鋼を製造する。 20

【0052】

この際、本発明では、酸素を含有する成分調整用合金を、取鍋への出鋼中または出鋼後であって、AlまたはAl-Siによる脱酸の前の溶存酸素量が50ppm以上の溶鋼に投入するとともに、AlまたはAl-Siによる脱酸の後の溶鋼に投入する。なお、溶鋼の溶存酸素量は、500ppm以下であることが好ましい。

【0053】

さらに、AlまたはAl-Siにより脱酸され、かつその後に成分調整用合金を投入された溶鋼に、Mgを添加することにより、質量比率でMg/T・Oを0.01以上0.5未満とする。 30

【0054】

本発明では、成分調整用合金とMgは、例えば、以下に示す投入順序で溶鋼に投入される。

(i) 転炉 未脱酸溶鋼(成分調整用合金、Mgともに未投入)

(ii) 転炉またはRH真空脱ガス装置(脱酸前成分調整用合金投入)

(iii) RH真空脱ガス装置(AlまたはAl-Si脱酸 脱酸後成分調整用合金投入)

(iv) ワイヤー添加装置(Mg投入)

【0055】

本発明は、アルミナ粒子間のバインダーとなる低融点酸化物を還元することによって、アルミナ粒子の凝集体を確実に抑制でき、これにより、アルミナクラスターが少ない鋼材を製造できる。 40

【0056】

2. 成分調整用合金

本発明では、基本的に、転炉で溶製された未脱酸の溶鋼を取鍋に出鋼した後、出鋼された溶鋼を、例えばRH真空脱ガス装置においてAlまたはAl-Siにより脱酸することによりAlキルド鋼またはAl-Siキルド鋼を溶製する。

【0057】

本発明では、取鍋へに出鋼中または出鋼後であって、かつAlまたはAl-Siによる脱酸前および脱酸後に、酸素を含有する成分調整用合金を溶鋼に投入する。すなわち、酸素を含有する成分調整用合金の溶鋼への投入タイミングを、従来のAlまたはAl-Siによる脱酸後だけではなく、取鍋へに出鋼中または出鋼後であってAlまたはAl-Siに 50

よる脱酸前および脱酸後に変更する。

【0058】

本発明では、AlまたはAl-Siによる脱酸前に投入される成分調整用合金から、溶存酸素量が50ppm以上の溶鋼に持ち込まれる脱酸前持込み酸素量(ppm)と、AlまたはAl-Siによる脱酸後に投入される成分調整用合金から溶鋼に持ち込まれる脱酸後持込み酸素量(ppm)との比率(脱酸前持込み酸素量/脱酸後持込み酸素量)を2以上にする。また、前記比率は、好ましくは、2.5以上、130以下である。

【0059】

なお、持込み酸素量(脱酸前持込み酸素量、脱酸後持込み酸素量)は、各成分調整用合金からの持込み酸素量(質量ppm)を、成分調整用合金投入量(kg)×当該成分調整用合金中酸素濃度(%) / 100 / 溶鋼量(kg) × 10⁶により求め、全ての成分調整用合金からの持込み酸素量を合計して求めることができる。さらに、本発明では、脱酸後持込み酸素量を10ppm以下にし、好ましくは、0.2ppm以上、5ppm以下である。

10

【0060】

これらにより、Al₂O₃および液体のFeOが溶鋼中で同時に発生することを防止でき、アルミナクラスタの発生を防ぐことができる。このため、アルミナクラスタによる介在物欠陥を、現在要求される品質レベルまで十分に低減しながら、溶鋼を製造することができる。

【0061】

本発明では、脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量との合計が15ppm以上である。脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量との合計の持込み酸素量が15ppm未満であると、Al₂O₃および液体のFeOが少量しか発生せず、酸素を含有する成分調整用合金を溶鋼に投入することの弊害が発生しないからである。なお、合計の持込み酸素量は、好ましくは、170ppm以下である。

20

【0062】

成分調整用合金の溶鋼への投入タイミングは、取鍋への出鋼中または出鋼後であって、かつAlまたはAl-Siによる脱酸前および脱酸後であれば、特に限定されない。しかし、AlまたはAl-Siによる脱酸よりできるだけ前のタイミング、例えば、取鍋への出鋼直後で投入すれば、AlまたはAl-Siによる脱酸前に一旦生成した液体FeOが確実に溶鋼中に溶解することになるために、好ましい。

30

【0063】

酸素を含有する成分調整用合金としては、MeMn、MeTi、MeCu、MeNi、FeMn、FeP、FeTi、FeS、FeSi、FeCr、FeMo、FeB、およびFeNbから選択される1種以上が例示される。

【0064】

各成分調整用合金の酸素濃度としては、MeMn：0.5%程度、MeTi：0.2%程度、MeCu：0.04%程度、MeNi：0.002%程度、FeMn：0.4%程度、FeP：1.5%程度、FeTi：1.3%程度、FeS：6.5%程度、FeSi：0.4%程度、FeCr：0.1%程度、FeMo：0.01%程度、FeB：0.4%程度、FeNb：0.03%程度が例示される。

40

【0065】

3. Mg

本発明では、AlまたはAl-Siにより脱酸し、かつその後に成分調整用合金を投入された溶鋼中に、Mgを添加することにより、質量比率でMg/T.Oを0.01以上0.5未満とする。これにより、クラスタのアルミナ粒子間にバインダーとして存在するFeOおよびFeO・Al₂O₃の低融点酸化物がMgで還元され、溶鋼中およびAr気泡表面でのアルミナ粒子の凝集・合体が抑制される。

【0066】

Mg/T.Oと最大アルミナクラスタ径の関係を示す図1のグラフに示すように、Mg/T.Oが0.01以上0.5未満の組成範囲において、アルミナ粒子同士の凝集体を

50

抑制でき、粗大なアルミナクラスターの生成が防止できる。

【0067】

Mg/T・Oを0.5未満とする理由は、Mg/T・Oが0.5以上となる多量のMgを添加すると、通常のAl脱酸と同程度の粗大なAl₂O₃・MgOクラスターが生成する。また、スラグとの反応によってAl₂O₃・MgOが多量に生成するため溶鋼の清浄性が悪化し、タンディッシュの浸漬ノズルを閉塞させるからである。

【0068】

一方、Mg/T・Oを0.01以上とするのは、Mg/T・Oが0.01未満であると、アルミナ粒子のクラスター化の防止効果を得られないためである。ここで、T・Oは、鋼中の総酸素量であり、溶存酸素量と介在物中酸素量の合計を意味する。

【0069】

本発明において、鋼中の酸化物系介在物は、Al₂O₃とMgOとを含み、質量%で、MgOの含有量が0.1~15%であるのが好ましい。この理由は、MgOの含有量が0.1%未満であるとMg添加の効果が消失し、アルミナ粒子のクラスター化を防止できないためである。一方、MgOの含有量が15%を超えると介在物が凝集・合体し易くなり、粗大クラスターが生成する。

【0070】

4. 本発明により製造されるAlキルド鋼またはAl-Siキルド鋼の化学組成

本発明により製造されるAlキルド鋼またはAl-Siキルド鋼の化学組成は、質量%で、C:0.0005~1.5%、Si:0.005~1.2%、Mn:0.05~3.0%、P:0.001~0.2%、S:0.0001~0.05%、T・Al:0.005~1.5%、Cu:0~1.5%、Ni:0~10.0%、Cr:0~10.0%、Mo:0~1.5%、Nb:0~0.1%、V:0~0.3%、Ti:0~0.25%、B:0~0.005%、残部がFeおよび不純物である化学組成を有する炭素鋼または合金鋼であることが好ましい。この化学組成を有する鋼材に必要な加工を加えることにより、薄板、厚板、鋼管、形鋼、棒鋼等へ適用できる。この範囲が好ましい理由は以下の通りである。

【0071】

C:0.0005~1.5%

Cは、鋼の強度を最も安定して向上させる基本的な元素である。C含有量は、強度あるいは硬度の確保のためには好ましくは0.0005%以上である。しかし、C含有量が1.5%を超えると鋼の靱性が損なわれる。このため、C含有量は、所望する材料の強度に応じて好ましくは0.0005~1.5%の範囲で調整する。

【0072】

Si:0.005~1.2%

Si含有量が0.005%未満であると溶銑予備処理を行う必要が生じ、精錬に大きな負担をかけ経済性が損なわれる。一方、Si含有量が1.2%を超えるとメッキ不良が発生し、鋼の表面性状や耐食性が劣化する。このため、Si含有量は好ましくは0.005~1.2%である。

【0073】

Mn:0.05~3.0%

Mn含有量が0.05%未満であると、精錬時間が長くなって経済性が損なわれる。一方、Mn含有量が3.0%を超えると鋼の加工性が大きく劣化する。このため、Mn含有量は、好ましくは0.05~3.0%である。

【0074】

P:0.001~0.2%

P含有量が0.001%未満であると溶銑予備処理の時間およびコストが増加し、経済性が損なわれる。一方、P含有量が0.2%を超えると鋼の加工性が大きく劣化する。このため、P含有量は好ましくは0.001~0.2%である。

【0075】

10

20

30

40

50

S : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 5 %

S含有量が0.0001%未満であると、溶銑予備処理の時間およびコストがかかり経済性が損なわれる。一方、S含有量が0.05%を超えると、鋼の加工性および耐食性が大きく劣化する。このため、S含有量は好ましくは0.0001~0.05%である。

【0076】

T . A l : 0 . 0 0 5 ~ 1 . 5 %

本発明では、Al含有量について材質に影響する固溶Al (s o l . A l) 量と、介在物であるAl₂O₃に由来するAl (i n s o l . A l) 量の合計量である、Al量をT . A l (T o t a l . A l) として規定する。換言すれば、 $T . A l = s o l . A l + i n s o l . A l$ を意味する。

10

【0077】

T . A l含有量が0.005%未満であるとAlNとしてNをトラップし、固溶Nを減少させることができない。一方、T . A l含有量が1.5%を超えると鋼の表面性状と加工性が劣化する。このため、T . A l含有量は好ましくは0.005~1.5%である。

【0078】

以上が必須元素であるが、本発明では、これらの他にそれぞれの用途に応じて、任意元素として、(i) Cu、Ni、CrおよびMoから選択される1種以上、(ii) Nb、VおよびTiから選択される1種以上、および(iii) B、を含有してもよい。

【0079】

C u : 0 ~ 1 . 5 % 、 N i : 0 ~ 1 0 . 0 % 、 C r : 0 ~ 1 0 . 0 % および M o : 0 ~ 1 . 5 % から選択される1種以上

20

Cu、Ni、Cr、Moは、いずれも、鋼の焼入れ性を向上させる元素であり、前記元素から選択される1種以上を必要に応じて含有させてもよい。

【0080】

しかし、CuおよびMoは1.5%を超えて、NiおよびCrは10%を超えて、それぞれ含有させると、鋼の靱性および加工性が損なわれる。このため、好ましくはCu : 1.5%以下、Ni : 10.0%以下、Cr : 10.0%以下、Mo : 1.5%以下である。一方、鋼の強度を確実に高めるためには、Cu含有量、Ni含有量およびCr含有量はそれぞれ好ましくは0.1%以上であり、また、Mo含有量は好ましくは0.05%以上である。

30

【0081】

N b : 0 ~ 0 . 1 % 、 V : 0 ~ 0 . 3 % および T i : 0 ~ 0 . 2 5 % から選択される1種以上

Nb、V、Tiは、いずれも、析出強化により鋼の強度を向上させる元素であり、必要に応じて1種以上を含有させてもよい。

【0082】

しかし、Nbは0.1%を超えて、Vは0.3%を超えて、Tiは0.25%を超えて、それぞれ含有すると、鋼の靱性が損なわれる。このため、好ましくはNb : 0.1%以下、V : 0.3%以下、Ti : 0.25%以下である。鋼の強度を確実に高めるためには、Nb含有量およびV含有量はそれぞれ好ましくは0.005%以上であり、Ti含有量は好ましくは0.001%以上である。

40

【0083】

B : 0 ~ 0 . 0 0 5 %

Bは、鋼の焼入れ性を向上させ、鋼の強度を高める元素である。このため、必要に応じて含有させてもよい。しかし、0.005%を超えて含有するとBの析出物を増加させ、鋼の靱性を損なうおそれがある。このため、好ましくはB含有量は0.005%以下である。鋼の強度を確実に高めるためには、B含有量は好ましくは0.0005%以上である。

【0084】

5 . アルミナクラスターの最大径および個数

5 - 1 . 最大径

50

鋳片のスライム抽出で得られるアルミナクラスターの最大径は100 μm以下であるのが好ましい。上記アルミナクラスターの最大径が100 μmより大きいと、鋼の表面欠陥や内部欠陥に繋がるためである。

【0085】

5 - 2 . 個数

鋳片のスライム抽出で得られる20 μm以上のアルミナクラスターの個数が2個/kg以下であるのが好ましい。上記20 μm以上のアルミナクラスターの個数が2個/kgより多いと加工後に鋼の表面欠陥や内部欠陥に繋がるためである。

【実施例】

【0086】

270トンの転炉で溶製された未脱酸の溶鋼を、所定の炭素濃度に調整して取鋼に出鋼した後、出鋼された溶鋼を、RH真空脱ガス装置においてAlまたはAl-Siにより脱酸することによってAlキルド鋼またはAl-Siキルド鋼を溶製した。

【0087】

この際、取鋼への出鋼中または出鋼後であって、かつAlまたはAl-Siによる脱酸前の溶存酸素量を有する溶鋼、および脱酸後の溶鋼に、酸素を含有する成分調整用合金を投入した。表1に投入した成分調整用合金の合金濃度および酸素濃度を示す。

【0088】

【表1】

表1

合金組成 (mass%)

区分	FeSi	MeMn	FeMn	FeP	FeS	MeTi	FeTi	FeB	FeCr	FeMo	MeCu	MeNi	FeNb
合金濃度	75	100	75	19	50	100	70	19	64	63	100	100	64
酸素濃度	0.36	0.49	0.35	1.51	6.54	0.2	1.3	0.37	0.13	0.01	0.0372	0.0017	0.031

【0089】

表2～4に、成分調整用合金の投入条件（溶存酸素量、投入タイミング（未脱酸時の出鋼開始からの経過時間））、投入合金種（脱酸前、脱酸後）、持込み酸素量（脱酸前持込み酸素量、脱酸後持込み酸素量）、比率（脱酸前持込み酸素量/脱酸後持込み酸素量）、脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量との合計）を示す。

【0090】

10

20

30

40

50

【表 2】

表2

区分	No.	鋼材種類	合金*1投入条件		成分調整用合金種類		持込み酸素量 (ppm)			
			溶存酸素量 (ppm)	投入タイミング (未脱酸時の出鋼開始からの時間)分	脱酸前	脱酸後	脱酸前持込み酸素量 O _b , ppm	脱酸後持込み酸素量 O _a , ppm	脱酸前後持込み酸素比率 (O _b /O _a)	脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量の合計 (ppm)
本発明例	A1	薄板	451	2	FeMn, FeP	FeTi	22.1	1.1	19.9	23.2
本発明例	A2	薄板	371	21	FeMn, FeP	FeTi	39.9	1.9	21.5	41.7
本発明例	A3	薄板	358	10	FeMn, FeP	FeTi	21.3	2.2	9.5	23.5
本発明例	A4	薄板	324	2	MeMn, FeS	FeTi	13.3	1.9	7.1	15.1
本発明例	A5	薄板	343	21	MeMn, FeP, FeTi	FeTi	18.2	3.7	4.9	21.9
本発明例	A6	薄板	388	2	MeMn, FeP	MeTi	34.1	0.9	37.9	35.0
本発明例	A7	薄板	343	21	MeMn, FeP, FeS	FeTi	60.7	0.6	109.0	61.3
本発明例	A8	薄板	344	4	MeMn, FeP	MeMn	22.5	3.9	5.8	26.5
本発明例	A9	薄板	355	4	MeMn, FeP	MeMn	41.5	4.9	8.5	46.4
本発明例	A10	薄板	298	22	MeMn, FeP, FeS	MeMn	27.7	2.5	11.3	30.2
本発明例	A11	薄板	307	7	MeMn, FeS	MeMn	23.0	0.2	93.7	23.2
本発明例	A12	薄板	298	26	FeMn, FeP	FeMn	27.8	1.4	19.9	29.2
本発明例	A13	薄板	292	10	FeMn, FeP, FeS	FeMn	47.9	4.7	10.3	52.6
本発明例	A14	薄板	267	2	FeMn	FeMn	32.2	3.7	8.6	35.9
本発明例	A15	薄板	251	21	FeMn, FeP	FeMn	12.0	4.7	2.6	16.6
本発明例	A16	薄板	246	4	MeMn, FeP	MeMn	32.7	2.5	13.4	35.2
本発明例	A17	薄板	291	25	MeMn	MeMn	19.6	3.4	5.7	23.0
本発明例	A18	薄板	215	5	FeSi, MeMn	FeSi, MeMn, MeTi	132.4	4.6	29.0	137.0
本発明例	A19	厚板	207	26	FeSi, FeMn, FeCr	FeSi	64.2	2.4	26.7	66.6
本発明例	A20	厚板	270	4	FeSi, FeMn, FeCr	FeSi, FeMn	60.8	4.7	12.8	65.6
本発明例	A21	厚板	243	22	FeSi, FeMn, FeCr	FeSi, FeMn	145.9	4.3	34.2	150.1
本発明例	A22	厚板	173	7	FeSi, FeMn, MeCu, MeNi, FeCr, FeMo, FeB	FeSi, FeMn	49.0	4.9	10.0	53.8
本発明例	A23	厚板	145	2	FeSi, MeMn, MeNi	FeSi, MeMn	27.8	3.9	7.2	31.7
本発明例	A24	厚板	197	21	FeMn	FeMo, FeNb	48.9	0.4	125.2	49.3
本発明例	A25	厚板	167	4	FeSi, FeMn, FeP, MeCu, MeNi, FeCr	FeSi	159.2	4.8	33.2	164.0
本発明例	A26	鋼管	123	25	FeSi, MeMn, FeS	FeSi, MeMn, MeTi	66.5	3.7	18.0	70.2
本発明例	A27	鋼管	78	10	MeMn, FeS	MeMn, MeTi	110.0	2.4	46.4	112.3
本発明例	A28	鋼管	63	25	FeSi, MeMn, FeS, MeTi	FeSi, MeMn, MeTi	36.8	4.9	7.5	41.7
本発明例	A29	鋼管	108	5	FeSi, MeMn, FeS	FeSi, MeTi	45.9	4.6	9.9	50.5
本発明例	A30	鋼管	103	26	FeSi, MeMn, FeS	FeSi, MeTi	68.3	2.8	24.1	71.1
本発明例	A31	鋼管	54	4	FeSi, MeMn, FeS	FeSi, MeMn, MeTi	84.2	3.7	23.0	87.8

*1 未脱酸時と脱酸時の比較で持ち込み酸素量が多い方(=(a)/(b)>1)とする。

【 0 0 9 1 】

10

20

30

40

50

【 表 3 】

表3

区分	No.	鋼材種類	合金*1投入条件		成分調整用合金種類		持込み酸素量 (ppm)			
			溶存酸素量 (ppm)	投入タイミング (未脱酸時の出鋼開始からの時間)分	脱酸前	脱酸後	脱酸前持込み酸素量 O _b , ppm	脱酸後持込み酸素量 O _a , ppm	脱酸前後持込み酸素比率 (O _b /O _a)	脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量との合計 (ppm)
比較例	B1	薄板	11	—	FeP, FeS	MeMn, FeP, FeS, FeTi	12.0	15.7	0.8	27.7
比較例	B2	薄板	12	—	FeP	MeMn, FeP, FeTi	3.2	21.0	0.2	24.2
比較例	B3	薄板	9	—	FeP	MeMn, FeP, FeTi	18.3	38.1	0.5	56.3
比較例	B4	薄板	10	—	FeP, FeS	MeMn, FeP, FeS, FeTi	8.9	38.5	0.2	38.5
比較例	B5	薄板	10	—	FeSi, FeMn	FeSi, FeMn, FeTi	9.5	127.8	0.1	127.8
比較例	B6	厚板	13	—	—	FeSi, FeMn, FeCr	0.0	65.7	0.0	65.7
比較例	B7	厚板	17	—	—	FeSi, FeMn, FeCr	0.0	64.2	0.0	64.2
比較例	B8	厚板	15	—	—	FeSi, FeMn, FeCr	0.0	62.9	0.0	62.9
比較例	B9	厚板	8	—	MeCu, MeNi	FeSi, FeMn, FeCr, FeMo, FeB	0.8	51.8	0.0	52.6
比較例	B10	厚板	12	—	MeNi	FeSi, MeMn	1.6	31.4	0.1	32.9
比較例	B11	厚板	12	—	FeMn	FeMn, FeMo, FeNb	4.7	49.4	0.1	54.1
比較例	B12	厚板	19	—	MeCu, MeNi	FeSi, FeMn, FeP, FeCr	1.1	156.0	0.0	157.1
比較例	B13	鋼管	34	—	FeS	FeSi, FeS, MeTi	3.9	18.9	0.2	22.9
比較例	B14	鋼管	9	—	FeS	FeSi, MeMn, FeS, MeTi	2.6	19.6	0.1	22.2
比較例	B15	鋼管	31	—	FeS	FeSi, MeMn, FeS, MeTi	6.5	35.1	0.2	41.7
比較例	B16	鋼管	32	—	FeS	FeSi, MeMn, MeTi	2.6	63.8	0.0	66.4

*1 未脱酸時と脱酸時の比較で持ち込み酸素量が多い方 (=a)/(b)>1)とする。

【 0 0 9 2 】

【表 4】

表4

区分	No.	鋼材種類	合金*1投入条件		成分調整用合金種類		持込み酸素量 (ppm)			
			溶存酸素量 (ppm)	投入タイミング (未脱酸時の出鋼開始からの時間)分	脱酸前	脱酸後	脱酸前持込み酸素量 O _b , ppm	脱酸後持込み酸素量 O _a , ppm	脱酸前後持込み酸素比率 (O _b /O _a)	脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量との合計 (ppm)
比較例	C1	薄板	451	2	FeMn, FeP	FeTi	22.1	1.1	19.9	23.2
比較例	C2	薄板	344	4	MeMn, FeP	MeMn	22.5	3.9	5.8	26.5
比較例	C3	薄板	355	4	MeMn, FeP	MeMn	41.5	4.9	8.5	46.4
比較例	C4	薄板	307	7	MeMn, FeS	MeMn	23.0	0.2	93.7	23.2
比較例	C5	厚板	207	26	FeSi, FeMn, FeCr	FeSi	64.2	2.4	26.7	66.6
比較例	C6	厚板	270	4	FeSi, FeMn, FeCr	FeSi, FeMn	60.8	4.7	12.8	65.6
比較例	C7	厚板	243	22	FeSi, FeMn, FeCr	FeSi, FeMn	145.9	4.3	34.2	150.1
比較例	C8	厚板	173	7	FeSi, FeMn, MeCu, MeNi, FeCr, FeMo, FeB	FeSi, FeMn	49.0	4.9	10.0	53.8
比較例	C9	厚板	145	2	FeSi, MeMn, MeNi	FeSi, MeMn	27.8	3.9	7.2	31.7
比較例	C10	厚板	197	21	FeMn	FeMo, FeNb	48.9	0.4	125.2	49.3
比較例	C11	鋼管	78	10	MeMn, FeS	MeMn, MeTi	110.0	2.4	46.4	112.3
比較例	C12	鋼管	108	5	FeSi, MeMn, FeS	FeSi, MeTi	45.9	4.6	9.9	50.5
比較例	C13	鋼管	54	4	FeSi, MeMn, FeS	FeSi, MeMn, MeTi	84.2	3.7	23.0	87.8

*1 未脱酸時と脱酸時の比較で持ち込み酸素量が多い方 (= (a)/(b) > 1) とする。

【0093】

表2～4における「合金投入条件」は、脱酸前と脱酸後の比較で持ち込み酸素量が多い成分調整用合金の投入条件を示す。

【0094】

なお、持込み酸素量（脱酸前持込み酸素量、脱酸後持込み酸素量）は、各成分調整用合金からの持込み酸素量（質量ppm）を、成分調整用合金投入量（kg）×当該成分調整用合金中酸素濃度（%）/100/溶鋼量（kg）×10⁶により求め、全成分調整用合金からの持込み酸素量を合計して求めた。

【0095】

10

20

30

40

50

また、Al脱酸後またはAl-Si脱酸後であって成分調整用合金を投入した後に、MgをSi-10%Mg合金、Si-3%Mg合金として添加した。その結果を表5～7に併せて示す。

【0096】

溶製されたAlキルド鋼またはAl-Siキルド鋼の溶鋼を垂直曲げ型連続鋳造機により、鋳片寸法が245mm厚×1200～2200mm幅、鋳造速度が1.0～1.8m/min、タンディッシュ内溶鋼温度が1520～1580の条件で連続鋳造し、連続鋳造鋳片を製造した。

【0097】

その後、連続鋳造鋳片に、(a)熱間圧延および酸洗を行って、表5～7に示す化学組成を有する厚板を製造し、(b)熱間圧延、酸洗および冷間圧延を行って、表5～7に示す化学組成を有する薄板を製造し、または(c)熱間圧延および酸洗を行って製造した厚板を素材として、表5～7に示す化学組成を有する溶接鋼管を製造した。熱間圧延後の板厚は2～100mmとし、冷間圧延後の板厚は0.2～1.8mmとした。

10

【0098】

鋳片から採取したサンプルの最大クラスター径、クラスター個数、欠陥発生率およびノズル閉塞状況等を、表5～7に示す。また、図2に、脱酸前持込み酸素量と脱酸後持込み酸素量との関係をグラフで示す。

【0099】

20

30

40

50

【表 5】

表5

区分	No.	細材種類	鋼の化学組成(質量%, 但しMg, T.Oはppm、残部はFeおよび不純物)										Mg/T.O	介在物組成 質量%		最大 クワスター径 (μm)	クワスター 個数 (個 /kg)	欠陥 発生率 (%)	衝撃吸収 エネルギー J	板厚方向 絞り値 (%)	バル 閉塞 状況
			C	Si	Mn	P	S	T.Al	任意元素	Mg	T.O	Mg添加 金属		Al ₂ O ₃	MgO						
本発明例	A1	薄板	0.0005	0.035	0.55	0.017	0.0057	0.05		Ti:0.006	0.3	28	0.011	Si10Mg	96.6	0.2	72	0.1	0.12		○
本発明例	A2	薄板	0.002	0.005	0.76	0.027	0.0114	0.02		Ti:0.01	0.9	19	0.047	Si3Mg	96.6	1.3	41	0.2	0.07		○
本発明例	A3	薄板	0.004	0.011	0.14	0.04	0.0171	0.07		Ti:0.012	3.4	36	0.094	Si10Mg	94.3	2.8	28	0.1	0.05		○
本発明例	A4	薄板	0.007	0.019	0.33	0.007	0.0219	0.034		Ti:0.01	2.9	20	0.145	Si10Mg	95.0	4.3	< 20	0.0	0.14		○
本発明例	A5	薄板	0.002	0.013	0.36	0.019	0.0133	0.066		Ti:0.035	4.6	24	0.192	Si3Mg	90.4	5.7	< 20	0.0	0.11		○
本発明例	A6	薄板	0.004	0.018	0.53	0.032	0.019	0.035		Ti:0.045	8.1	32	0.253	Si3Mg	88.2	7.6	< 20	0.0	0.13		○
本発明例	A7	薄板	0.006	0.032	0.81	0.042	0.0238	0.015		Ti:0.003	7.1	23	0.309	Si10Mg	88.0	9.3	43	0.6	0.15		○
本発明例	A8	薄板	0.019	0.077	0.65	0.015	0.0038	0.055		-	15.1	43	0.351	Si10Mg	86.0	10.6	37	0.1	0.14		○
本発明例	A9	薄板	0.038	0.006	0.91	0.024	0.0105	0.03		-	10.2	26	0.392	Si10Mg	85.7	11.8	< 20	0.0	0.15		○
本発明例	A10	薄板	0.067	0.03	0.15	0.038	0.0276	0.09		-	7.6	17	0.447	Si3Mg	86.2	13.5	46.5	0.4	0.13		○
本発明例	A11	薄板	0.096	0.053	0.45	0.005	0.025	0.032		-	8.9	19	0.468	Si3Mg	81.2	14.1	42	0.1	0.12		○
本発明例	A12	薄板	0.048	0.038	0.43	0.033	0.0181	0.066		-	0.3	21	0.014	Si10Mg	86.8	0.3	31.5	0.2	0.09		○
本発明例	A13	薄板	0.124	0.057	0.69	0.044	0.0219	0.058		-	0.8	16	0.050	Si3Mg	84.3	1.4	< 20	0.0	0.07		○
本発明例	A14	薄板	0.01	0.084	0.88	0.006	0.0057	0.066		-	1.6	17	0.094	Si10Mg	83.0	2.8	< 20	0.0	0.07		○
本発明例	A15	薄板	0.007	0.013	0.16	0.033	0.0143	0.087		-	2	13	0.154	Si10Mg	91.7	4.6	< 20	0.0	0.10		○
本発明例	A16	薄板	0.029	0.038	0.39	0.042	0.0067	0.075		-	3.8	18	0.211	Si3Mg	89.5	6.3	< 20	0.0	0.05		○
本発明例	A17	薄板	0.019	0.075	0.58	0.013	0.006	0.034		-	3.8	15	0.253	Si3Mg	90.2	7.6	37	0.2	0.07		○
本発明例	A18	薄板	0.15	0.5	2.5	0.01	0.003	0.035		Ti:0.035	6.5	22	0.295	Si10Mg	87.4	8.9	< 20	0.0	0.07		○
本発明例	A19	厚板	0.28	0.29	1.08	0.011	0.003	0.005		Cr:0.6	8.7	19	0.458	Si10Mg	85.0	13.8	36	0.4		47.76	○
本発明例	A20	厚板	0.27	0.3	1.1	0.01	0.004	0.013		Cr:0.48	10.3	21	0.490	Si10Mg	84.6	14.8	91	0.1		48.24	○
本発明例	A21	厚板	0.3	0.68	2.53	0.009	0.005	1.2		Cr:0.46	0.2	14	0.014	Si3Mg	95.2	0.3	37	0.2		43.8	○
本発明例	A22	厚板	0.11	0.25	0.9	0.01	0.005	0.065		Cu:0.2, Ni:0.85, Cr:0.45 Mo:0.35, V:0.04, B:0.001	0.6	10	0.060	Si3Mg	94.4	1.7	< 20	0.0	2.6(UST)		○
本発明例	A23	厚板	0.06	0.25	0.61	0.012	0.004	0.04		Ni:9.25	1.3	13	0.100	Si10Mg	91.2	2.9	< 20	0.0	5.4(SPR)		○
本発明例	A24	厚板	0.07	0.05	1.2	0.008	0.0005	0.03		Mo:0.25, Nb:0.015, V:0.025	1.7	12	0.142	Si3Mg	87.6	4.2	37	1.8		83.7	○
本発明例	A25	厚板	0.08	0.45	0.45	0.17	0.005	0.015		Cu:0.28, Ni:0.15, Cr:0.4	12.5	32	0.391	Si10Mg	83.1	11.8	< 20	0.0		86.9	○
本発明例	A26	鋼管	0.513	0.36	1.18	0.008	0.0238	0.008		Ti:0.015	6.7	34	0.197	Si10Mg	90.5	5.9	< 20	0.0	0.03		○
本発明例	A27	鋼管	0.551	0.019	1.69	0.01	0.046	0.009		Ti:0.045	7.3	29	0.252	Si10Mg	90.8	7.6	< 20	0.0	0.02		○
本発明例	A28	鋼管	0.589	0.135	0.13	0.014	0.046	0.006		Ti:0.25	13.3	43	0.309	Si10Mg	93.5	9.3	< 20	0.0	0.12		○
本発明例	A29	鋼管	0.618	0.252	0.66	0.004	0.03	0.006		Ti:0.16	19.1	55	0.347	Si3Mg	85.3	10.5	36	0.1	0.06		○
本発明例	A30	鋼管	0.561	0.153	0.67	0.005	0.05	0.008		Ti:0.07	16.3	41	0.398	Si3Mg	83.7	12.0	< 20	0.0	0.12		○
本発明例	A31	鋼管	0.58	0.243	1.24	0.011	0.039	0.005		Ti:0.038	15.6	35	0.446	Si10Mg	84.3	13.5	37	0.1	0.12		○

【 0 1 0 0 】

10

20

30

40

50

【表 6】

表6

区分	No.	鋼材種類	鋼の化学組成(質量%, 但しMg, T.Oはppm、残部はFeおよび不純物)										Mg添加金属	介在物組成質量%		最大ワズラー径(μm)	ワズラー個数(個/kg)	欠陥発生率(%)	衝撃吸収エネルギーJ	板厚方向絞り値(%)	ノアル閉塞状況
			C	Si	Mn	P	S	T.AI	任意元素	Mg	T.O	Al ₂ O ₃		MgO							
比較例	B1	薄板	0.0005	0.011	0.14	0.027	0.0219	0.05	Ti:0.012	1.6	15	0.107	Si10Mg	83.0	2.8	228	8.4	0.96		△	
比較例	B2	薄板	0.002	0.013	0.36	0.019	0.0133	0.03	Ti:0.03	1.9	13	0.146	Si10Mg	91.7	4.6	173	4.7	0.72		△	
比較例	B3	薄板	0.038	0.053	0.4	0.038	0.0124	0.08	Ti:0.045	3.8	19	0.200	Si3Mg	89.5	6.3	237	5.9	0.72		×	
比較例	B4	薄板	0.002	0.025	0.6	0.02	0.0238	0.032	Ti:0.03	3.5	15	0.233	Si3Mg	90.2	7.6	348	5.0	0.84		×	
比較例	B5	薄板	0.27	0.5	2.5	0.01	0.003	0.035	Ti:0.035	6.5	21	0.310	Si10Mg	87.4	8.9	248	6.0	0.70		×	
比較例	B6	厚板	0.27	0.28	1.11	0.008	0.005	0.028	Cr:0.51	8.4	19	0.442	Si3Mg	85.0	13.8	201	10.2		17.28	△	
比較例	B7	厚板	0.29	0.31	1.06	0.012	0.004	0.015	Cr:0.48	10.3	21	0.490	Si10Mg	84.6	14.8	290	3.8		21.2	△	
比較例	B8	厚板	0.31	0.27	1.07	0.01	0.003	0.022	Cr:0.49	0.2	15	0.013	Si10Mg	95.2	0.3	233	7.2		17.84	×	
比較例	B9	厚板	0.1	0.23	0.88	0.008	0.005	0.062	Cu:0.18, Ni:0.83, Cr:0.44	0.5	10	0.050	Si3Mg	94.4	1.7	183	3.2	19.6(UST)		△	
比較例	B10	厚板	0.055	0.59	0.27	0.012	0.004	0.035	Mo:0.32, V:0.03, B:0.0015	1.3	14	0.093	Si10Mg	91.2	2.9	302	4.5	28.3(SPR)		×	
比較例	B11	厚板	0.072	0.052	1.26	0.01	0.003	0.022	Ni:9.33	1.8	15	0.120	Si10Mg	87.6	4.2	378	8.9		34.1	△	
比較例	B12	厚板	0.08	0.45	0.45	0.16	0.005	0.015	Cu:0.28, Ni:0.15, Cr:0.4	12.5	31	0.403	Si3Mg	83.1	11.8	224	5.1		48.5	△	
比較例	B13	鋼管	0.562	0.145	0.11	0.012	0.034	0.006	Ti:0.12	6.7	35	0.191	Si3Mg	90.5	5.9	249	8.6	2.04		△	
比較例	B14	鋼管	0.48	0.37	0.19	0.009	0.0238	0.08	Ti:0.018	7.2	29	0.248	Si10Mg	90.8	7.6	180	4.4	1.68		×	
比較例	B15	鋼管	0.589	0.135	0.13	0.014	0.046	0.006	Ti:0.25	12.3	44	0.280	Si10Mg	93.5	9.3	228	5.3	1.92		△	
比較例	B16	鋼管	0.637	0.144	1.35	0.002	0.022	0.005	Ti:0.045	18.7	54	0.346	Si10Mg	85.3	10.5	326	5.6	1.32		×	

【 0 1 0 1 】

10

20

30

40

50

【表 7】

区分	No.	鋼材種類	鋼の化学組成(質量%, 但しMg, T.Oはppm, 残部はFeおよび不純物)										Mg/T.O	Mg添加金属	介在物組成質量%		最大クラスター径(μm)	クラスター個数(個/kg)	欠陥発生率(%)	衝撃吸収エネルギーJ	板厚方向絞り値(%)	スリット閉塞状況
			C	Si	Mn	P	S	T.Al	任意元素	Mg	T.O	Al ₂ O ₃			MgO							
比較例	C1	薄板	0.0005	0.035	0.55	0.017	0.0057	0.05					0.35	0.000	Si3Mg	98.2	0.0	132	5.6	0.24		△
比較例	C2	薄板	0.019	0.077	0.65	0.015	0.0038	0.055				0.2	33	0.006	Si3Mg	96.1	0.1	210	3.5	0.28		×
比較例	C3	薄板	0.038	0.006	0.91	0.024	0.0105	0.03				12.5	20	0.525	Si10Mg	80.7	16.4	233	7.5	0.31		△
比較例	C4	薄板	0.096	0.053	0.45	0.005	0.025	0.032				9.8	18	0.544	Si3Mg	81.9	15.6	229	8.2	0.24		△
比較例	C5	厚板	0.28	0.29	1.08	0.011	0.003	0.005			Cr:0.6	0	9	0.000	Si10Mg	99.0	0.0	155	6.8		31.84	△
比較例	C6	厚板	0.27	0.3	1.1	0.01	0.004	0.013			Cr:0.48	0.1	15	0.007	Si10Mg	98.1	0.1	181	2.5		32.16	△
比較例	C7	厚板	0.3	0.68	2.53	0.009	0.005	1.2			Cr:0.46	12	14	0.857	Si10Mg	72.4	24.2	165	4.8		29.2	△
比較例	C8	厚板	0.11	0.25	0.9	0.01	0.005	0.065			Cu:0.2, Ni:0.85, Cr:0.45 Mo:0.35, V:0.04, B:0.001	0	12	0.000	Si10Mg	99.0	0.0	145	6.3	5.5(UST)		△
比較例	C9	厚板	0.06	0.25	0.61	0.012	0.004	0.04			Ni:9.25	0.1	13	0.008	Si3Mg	98.1	0.1	195	2.1	9.9(SPR)		△
比較例	C10	厚板	0.07	0.05	1.2	0.008	0.0005	0.03			Mo:0.25, Nb:0.015, V:0.025	11.3	21	0.538	Si3Mg	82.4	17.9	121	5.3		64.35	△
比較例	C11	鋼管	0.551	0.019	1.69	0.01	0.046	0.009			Ti:0.045	0	38	0.000	Si10Mg	97.6	0.0	171	5.7	0.33		△
比較例	C12	鋼管	0.618	0.252	0.66	0.004	0.03	0.006			Ti:0.16	0.2	28	0.007	Si10Mg	96.1	0.1	183	3.7	0.17		△
比較例	C13	鋼管	0.58	0.243	1.24	0.011	0.039	0.005			Ti:0.038	25.8	42	0.570	Si10Mg	76.0	19.3	134	5.3	0.24		△

【0102】

表5～7におけるMg、T.Oは、Mg添加から1分間経過時に採取した溶鋼サンプルの分析値である。また、表5～7におけるMg添加金属では、Si10Mg:Si-10%Mg合金、Si3Mg:Si-3%Mg合金を示す。表5～7における介在物組成は、鍍片断面から任意に抽出した10個の介在物組成の平均値であり、組成はEDS付SEMにより同定した。

【0103】

表5～7における最大クラスター径は、重量1kgの鍍片からスライム電極抽出(最小メッシュ20μmを使用)した介在物を実体顕微鏡で写真撮影(40倍)し、写真撮影した

10

20

30

40

50

介在物の長径と短径の平均値を全ての介在物で求めてその平均値の最大値を最大クラスタ半径とすることにより、測定した。

【0104】

表5～7におけるクラスタ個数は、質量1kgの鋳片からスライム電極抽出（最小メッシュ20μmを使用）した介在物であり、光学顕微鏡（100倍）で観察した20μm以上の全ての介在物個数を1kg単位個数に換算することにより、測定した。

【0105】

表5～7における欠陥発生率は、薄板の場合には、板表面でのスリバー疵発生率（＝スリバー疵総長／コイル長×100，％）であり、厚板の場合には、製品板でのUST欠陥発生率あるいはセパレーション発生率（＝欠陥発生板数／検査総板数×100，％）であり、鋼管の場合には、油井管溶接部でのUST欠陥発生率（＝欠陥発生管数／検査総管数×100，％）である。

10

【0106】

厚板の場合には、シャルピー試験後の破面観察でセパレーションの発生の有無を確認した。なお、表5～7における厚板材の欠陥発生率では、欠陥がUST欠陥のときにはUSTと記載し、セパレーション欠陥のときにはSPRと記載した。

【0107】

表5～7における衝撃吸収エネルギーは、-20での圧延方向における幅が10mmのVノッチシャルピー衝撃試験値であり、試験片5本の平均値である。表5～7における絞り値は、室温における製品板の板厚方向絞り値（＝引張り試験後の破断部分の断面積／試験前の試験片断面積×100，％）である。

20

【0108】

さらに、ノズル閉塞状況は、連続鋳造後に浸漬ノズルの内壁における介在物の付着厚みを測定し、円周方向10点の平均値からノズル閉塞状況を以下の通りレベル分けした。付着厚さは、○：1mm未満、△：1～5mm、×：5mm超である。

【0109】

表5の区分の欄におけるNo. A1～A31は、本発明の規定を全て満足する本発明例であり、表6の区分の欄におけるNo. B1～B16は、AlまたはAl-Siによる脱酸の前の溶存酸素量、比率（脱酸前持込み酸素量／脱酸後持込み酸素量）、または脱酸後持込み酸素量のいずれかが本発明の規定を満足しない比較例であり、表7の区分の欄におけるNo. C1～C13はMg/T.Oが本発明の規定を満足しない比較例である。

30

【0110】

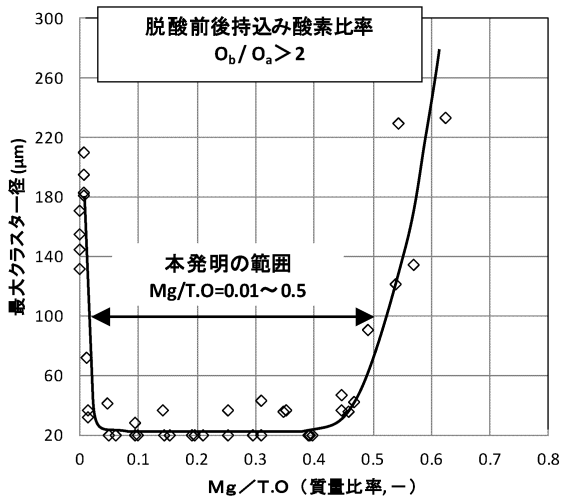
表5～7に示すように、本発明例によれば、酸素を含有する成分調整用合金を、AlまたはAl-Si脱酸後の溶鋼に投入することに起因した、Al₂O₃および液体のFeOの同時発生、およびアルミナクラスタの発生を防ぐことができる。これにより、アルミナクラスタに起因した介在物欠陥の発生を、現在要求される程度まで十分に低減しながら、溶鋼を製造でき、最終製品である鋼材における粗大アルミナクラスタに起因する表面疵や内部欠陥を低減できる。

40

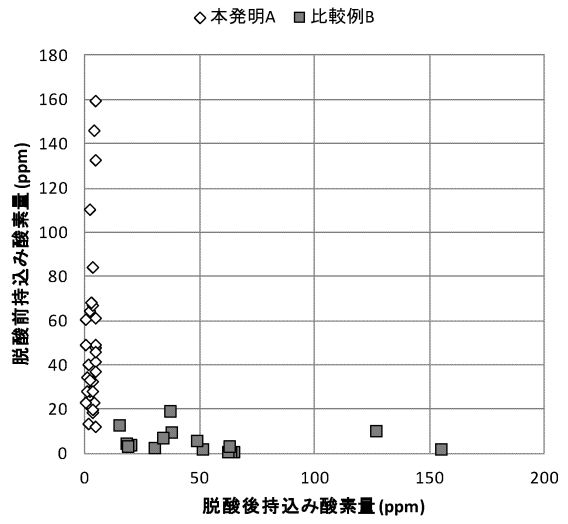
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I		
	C 2 1 C	7/04	D
	C 2 1 C	7/04	F
	B 2 2 D	1/00	J

新日鐵住金株式会社内

審査官 池ノ谷 秀行

(56)参考文献	特開2005-002419(JP,A)
	特開2006-192439(JP,A)
	特開2018-034189(JP,A)
	特開2009-167463(JP,A)
	特開2014-109056(JP,A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)	
	C 2 1 C 7 / 0 0 - 7 / 1 0
	B 2 2 D 1 / 0 0