

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5195413号
(P5195413)

(45) 発行日 平成25年5月8日(2013.5.8)

(24) 登録日 平成25年2月15日(2013.2.15)

(51) Int.Cl. F I
C 2 2 C 38/00 (2006.01) C 2 2 C 38/00 3 O 1 W
C 2 2 C 38/14 (2006.01) C 2 2 C 38/14
C 2 1 D 9/46 (2006.01) C 2 1 D 9/46 T

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-334318 (P2008-334318)
 (22) 出願日 平成20年12月26日(2008.12.26)
 (65) 公開番号 特開2010-156016 (P2010-156016A)
 (43) 公開日 平成22年7月15日(2010.7.15)
 審査請求日 平成23年2月15日(2011.2.15)

(73) 特許権者 000006655
 新日鐵住金株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 (74) 代理人 100105441
 弁理士 田中 久喬
 (74) 代理人 100107892
 弁理士 内藤 俊太
 (72) 発明者 川崎 薫
 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新
 日本製鐵株式会社内
 (72) 発明者 豊田 武
 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新
 日本製鐵株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、

C : 0 . 0 8 ~ 0 . 1 5 %、

S i : 0 . 3 ~ 1 . 5 %、

M n : 1 . 5 ~ 2 . 5 %、

P : 0 . 0 1 %、

S : 0 . 0 1 %、

A l : 0 . 0 1 ~ 0 . 0 5 %、

T i : 0 . 0 3 ~ 0 . 1 5 %、

N : 0 . 0 0 4 %、

B : 0 . 0 0 0 3 ~ 0 . 0 0 1 %、

O : 0 . 0 0 5 %

を含有し、残部 F e 及び不可避免的不純物からなり、J I S Z 2 2 4 2 に規定するシャルピー試験における下記エネルギー吸収量 E a b - L、E a b - C の比 (E a b - L / E a b - C) が 0 . 9 以上 1 . 3 以下であることを特徴とする曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板。

(記)

E a b - L : 長さ方向が L 方向の試験片のシャルピー試験 (- 4 0 で実施) におけるエネルギー吸収量

E a b - C : 長さ方向が C 方向の試験片のシャルピー試験 (- 4 0 で実施) におけるエネルギー吸収量

【請求項 2】

さらに、質量%で、Nb : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 0 1 5 % を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項 3】

さらに、質量%で、Ca、Mg 及びREM を 1 種以上含み、合計で 0 . 0 0 2 % 以上 0 . 0 1 % 以下を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板。

【請求項 4】

請求項 1、2 及び 3 のいずれかの項に記載の成分の鋼を連続鋳造にてスラブとし、再加熱後あるいは鋳造後直ちに粗圧延を実施し、 $A r_3$ 変態点以上の温度域で仕上圧延を終了させかつ、その温度域から冷却を開始し、 $30 / s$ 以上の冷却速度で冷却し、 100 以下の温度域で巻き取ることを特徴とする曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、曲げ加工性及び靱性の異方性に優れかつ、 $950 MPa$ 以上の引張強度を有する高強度熱延鋼板及びその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

本発明は、大型クレーンのブームに使用される高強度熱延鋼板全般にわたり、部材成形時に優れた曲げ加工性を示すとともに、靱性の異方性が小さくかつ、 0.2% 耐力 (YP) 及び引張強度 (TS) といった材質においてもそのバラツキ低減による部材の高性能化に寄与する。一方、製造工程起因の歩留落ちの改善に加えて、非調質での特性向上を図ることにより、製造コストの飛躍的な削減を実現するとともに、加工された部品の使用時における性能バラツキを極力抑えることを目的になされたものである。これまでにも、強度と靱性の優れた高強度熱延鋼板として、特許文献 1 に Ti を添加した非調質高強度熱延鋼板に関する技術として開示されている。しかし、当該発明技術においては、曲げ加工性及び靱性の異方性への配慮は全くないばかりか、添加される Ti 量が高い場合には、後述するようなスラブ段階での TiC 析出に起因したスラブの脆化が懸念され、生産性を著しく阻害する可能性がある。そのため、曲げ加工性及び靱性と、それらの異方性に影響を与える組織因子として、Ti 系析出物 (炭化物、窒化物、硫化物) や製鋼段階で形成される介在物 (酸化物) に着目し、それぞれの析出状態制御による特性を大きく改善する本発明とは、全くその技術的視点が異なるものである。

【0003】

【特許文献 1】特開平 5 - 3 4 5 9 1 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

建設機械用のクレーンのブームは、建設対象物の高層化により長尺化される傾向にある。そのため、ブーム自体の軽量化と、吊り上げ運搬容量の拡大を図るため、その素材となる鋼板に対しては、より高い降伏点を有するとともに、曲げ加工性及び靱性に優れた鋼板に対する要求が高まるとともに、部材性能を高いレベルで確保するために、前記特性における異方性が小さいことと合わせ、とくに使用する鋼板内での材質変動が少ないことが要望されている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

そこで、本発明者らは、こうした要求に応えるために成分系と仕上圧延後の冷却及び巻

10

20

30

40

50

取条件を考慮することで、885MPa以上の0.2%耐力と950MPa以上の引張強度を確保しつつ、曲げ加工性及び靱性の異方性の少ない高強度熱延鋼板及びその製造方法に関わる技術として本発明を完成させた。その要旨は以下の通りである。

【0006】

(1) 質量%で、
 C：0.08～0.15%、
 Si：0.3～1.5%、
 Mn：1.5～2.5%、
 P：0.01%、
 S：0.01%、
 Al：0.01～0.05%、
 Ti：0.03～0.15%、
 N：0.004%、
 B：0.0003～0.001%、
 O：0.005%

を含有し、残部Fe及び不可避免的不純物からなり、JIS Z 2242に規定するシャルピー試験における下記エネルギー吸収量 E_{ab-L} 、 E_{ab-C} の比(E_{ab-L}/E_{ab-C})が0.9以上1.3以下であることを特徴とする曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板。

(記)

E_{ab-L} ：長さ方向がL方向の試験片のシャルピー試験(-40℃で実施)におけるエネルギー吸収量

E_{ab-C} ：長さ方向がC方向の試験片のシャルピー試験(-40℃で実施)におけるエネルギー吸収量

【0007】

(2) さらに、質量%で、Nb：0.005～0.015%を含むことを特徴とする上記(1)に記載の曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板。

【0008】

(3) さらに、質量%で、Ca、Mg及びREMを1種以上含み、合計で0.002%以上0.01%以下を含むことを特徴とする上記(1)または(2)に記載の曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板。

【0009】

(4) 上記(1)、(2)及び(3)のいずれかの項に記載の成分の鋼を連続鋳造にてスラブとし、再加熱後あるいは鋳造後直ちに粗圧延を実施し、 A_{r3} 変態点以上の温度域で仕上圧延を終了させかつ、その温度域から冷却を開始し、30℃/s以上の冷却速度で冷却し、100℃以下の温度域で巻き取ることを特徴とする曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板の製造方法。

【発明の効果】

【0010】

本発明により、材質バラツキが小さいことに加えて、885MPa以上の0.2%耐力と950MPa以上の引張強度を有するとともに、優れた曲げ加工性を具備し、靱性の異方性の少ない高強度熱延鋼板の製造が可能となり、とくに建機用クレーンのブーム部材の軽量化を実現しかつ、その結果として吊り上げ運搬容量の拡大に貢献するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

まず、本発明を完成させるに至った実験について説明する。

【0012】

本発明者らは、表1に示すような鋼を実験室で溶製し、引き続き実施した熱延により製造した熱延板における材質を評価した。

【0013】

【表 1】

	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	B	N	O	YP/MPa	TS/MPa	EI/%
A	0.10	0.32	1.62	0.008	0.003	0.028	0.000	0.0006	0.0032	0.0029	1001	1088	23
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.004	↓	↓	↓	999	1072	23
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.011	↓	↓	↓	998	1092	22
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.026	↓	↓	↓	998	1088	23
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.030	↓	↓	↓	996	1075	24
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.053	↓	↓	↓	1011	1075	24
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.081	↓	↓	↓	996	1102	23
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.111	↓	↓	↓	1002	1099	22
I	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.150	↓	↓	↓	996	1073	24
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.171	↓	↓	↓	885	947	26
K	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.201	↓	↓	↓	891	943	26

10

20

30

【0014】

なお、熱延条件は、加熱温度：1300、仕上温度：860、巻取温度：100として実施し、6mmの熱延板を得た。なお、仕上温度から巻取温度までの冷却は、冷却速度：40/sとして水冷にて実施した。得られた熱延板の材質については、JIS Z 2201に記載の5号試験片に加工し、JIS Z 2241に記載の試験方法にしたがって実施した引張試験の結果を同表に示す。さらに、曲げ加工性の評価として、JIS Z 2204に記載の3号試験片に加工し、JIS Z 2248に記載の方法に従い、幅：50mm、長さ100mmの試験片を使用し、曲げ軸を圧延方向と平行方向として180°で密着曲げを実施した際の割れ長さを測定し、試験片幅に対する割合で評価した。一方、靱性については、JIS Z 2242に記載の方法に従ってVノッチを付けたサブサイズの試験片を用いて実施し、試験温度：-40での吸収エネルギーをL方向（Eab-L）及びC方向（Eab-C）で評価した。図1及び2はそれらの結果を示すものである。曲げ加工性については、図1に示すようにTi量の増加に伴い割れ長さが減少し、Ti量が0.03%を超えると割れが生じなくなる。一方、靱性の異方性についても、図2に示すようにTi量が0.03%を超えるとL方向とC方向のエネルギー吸収量にほ

40

50

とんど差がなくなる ($0.9 (Eab - L / Eab - C) 1.3$ の範囲となる。) ことを知見した。したがって、本発明では、 $0.9 (Eab - L / Eab - C) 1.3$ と限定した。これらの特性は、図3に示すようにJISG0555に記載のA系介在物の清浄度に影響を受けることが知見され、Ti添加量の増加に伴いA系介在物の清浄度が低減し、Ti量が0.03%を超えると0となることが見出された。

【0015】

さらに、Ti量の影響については、図4に示すように熱延板での強度へも影響を及ぼすことも知見した。すなわち、0.15%を超えて添加されると強度が低下する。これは、スラブ段階で析出するCを含むTi系析出物が加熱段階で完全に固溶しきれないことに起因した、冷却焼入れ時のマルテンサイトの硬度が低下するためと推察される。

10

以下に本発明の成分および製造方法の限定理由について説明する。

【0016】

Cは、本発明において強度を決める重要な元素である。すなわち、本発明における製造条件で焼入れ後の強度を確保するために0.08%以上必要である。しかし、過度の添加は溶接部の靱性を劣化させるばかりでなく、連続鑄造で製造されるスラブ段階での結晶粒径を粗大化させることから、本発明では、その他に強度を高める元素が添加されることから、スラブの靱性を劣化させるため0.15%を上限とする。

【0017】

Siは、鋼の脱酸時に使用される元素である同時に、強度を確保する場合に添加される元素である。脱酸のためにのみ使用される場合には、不可避免的に添加されることになるが、本発明では、熱間圧延後の冷却中や巻取処理中でのセメントの析出を抑制するために、0.3%以上添加するが、好ましくは0.6%を超えて添加するほうが良い。しかし、過度に添加されると溶接性の劣化やスケール模様の原因となることから、1.5%を上限とする。

20

【0018】

Mnは、固溶強化に加えて焼入れ性を確保し、強度確保のために添加される。1.5%未満では効果が得られないことからこれを下限とする。一方、過度の添加は溶鋼温度の低下を招き、製鋼段階での生産性を低下させるため、2.5%を上限とする。

【0019】

Pも固溶強化に寄与する元素として鋼の高強度化に利用される元素であるが、粒界に偏析しやすい元素である。したがって、本発明において対象とする部材においては、二次加工性や靱性を確保する必要があるため、0.01%を上限とする。

30

【0020】

Sは、本発明における曲げ加工性と靱性の異方性に影響を与える元素の1つである。極力少ない方が好ましいが、過度の低下は脱硫コストの大幅な増加と生産性の低下を招くため、0.01%を上限とする。

【0021】

TiもSと同様に、本発明における曲げ加工性と靱性の異方性に影響を与える元素である。すなわち、0.03%未満では、硫化物としてMnSの形成が多くなり、その結果、熱間圧延による変形によりそれらの異方性を劣化させるため、これを下限とする。一方、過度に添加されると、スラブ段階での析出強化に起因した靱性劣化による、生産性及び歩留の低下を招くばかりでなく、前述したように熱延工程での加熱段階でCが十分に再固溶せず、焼入れ時に形成させるマルテンサイトの硬度が低下するため、0.15%を上限とする。

40

【0022】

Alについては、脱酸のために添加するが、十分な脱酸を行うために0.01%以上添加するが、過度に添加されると、アルミナクラスターが多量に形成されやすくなり、曲げ性や靱性の異方性を劣化させるため0.05%を上限とする。

【0023】

Oは、その存在により介在物を形成し、材質のバラツキを大きくする要因の1つである

50

ことから、製鋼段階の脱酸において極力酸化物としてスラグ中に取り込み、鋼中から排除することが好ましいが、実質的には酸化物が鋼中に残存するため、その量を極力少なくするために0.005%以下とするが、好ましくは0.003%以下とする。

【0024】

Nについては、極力少ない方が好ましいが、過度の低下は製鋼でのコストを大幅に増加させることになるため、0.004%を上限とする。

【0025】

BはMnとともに焼入れ性を確保するために添加するものである。そのためには、0.0003%以上添加する必要がある。しかし、0.001%を超えて添加されるとスラブ製造段階で割れが発生しやすくなるばかりでなく、その効果も飽和することからこれを上限とする。

10

【0026】

Nbは、本発明においては熱延板の結晶粒径を小さくし、靱性をより高める場合に添加するものであるが、過度に添加されると仕上圧延終了後のオーステナイトの再結晶が抑制され、その結果、靱性の異方性を劣化させることから、0.015%を上限とする。なお、0.005%未満では組織微細化の効果が発現されないため、これを下限とする。

【0027】

Ca、Mg及びREMは、Alと同様に脱酸のために添加されるものである。その際にオキシサルファイドを形成させるには、1種以上を合計0.002%以上の添加が必要である。一方、0.01%を超えて含有されてもその効果が飽和するため、これを上限とする。ここで、REMの添加は例えばFe-Si-REM合金を使用して添加され、その合金中には、Ce、La、Nd、Prが含まれるものである。

20

【0028】

また、製鋼段階でスクラップを使用し、不可避免的にCu、Ni、Sn及びCrを含有しても本発明の効果を損なうものではない。

【0029】

製鋼方法はとくに限定されるものではないが、高炉法及び冷鉄源溶解法のいずれの方法で製造された溶鋼を使用し、二次精錬設備例えばRHにおいてAlを使用した脱酸、あるいはそれに引き続いて実施されるCa、MgあるいはREMを用いた複合脱酸及び成分調整を実施するものである。

30

【0030】

熱間圧延は、本発明において最も重要な製造工程である。すなわち、熱延工程では、加熱温度：1100～1300、仕上温度：Ar3点以上（具体的には840～930）、巻取温度：100以下で実施される。この際に、仕上圧延終了後から巻取りまでの冷却速度を30/s以上とするが、これより冷却速度が遅くなると本発明の範囲における鋼成分では十分に焼入れ性を確保できなくなることに加えて、巻取温度が100より高くなると冷却中に変態したマルテンサイトの強度低下を招き、885MPa以上の0.2%耐力と950MPa以上の強度が得られなくなるばかりでなく、コイル内で巻取後の冷却条件が変動するため、材質バラツキが生じる。

【実施例】

40

【0031】

以下、実施例により本発明による効果を詳細に説明する。

【0032】

（実施例1）

表2に示す組成の鋼を転炉出鋼し、連続鋳造でスラブとした。得られたスラブは、表3に示すように本発明範囲の熱延条件にて熱延板とした。得られた熱延板の材質については、JIS Z 2201に記載の5号試験片に加工し、JIS Z 2241に記載の試験方法にしたがって実施した引張試験の結果を同表に示す。さらに、曲げ加工性の評価として、JIS Z 2204に記載の3号試験片に加工し、JIS Z 2248に記載の方法に従い、幅：50mm、長さ100mmの試験片を使用し、曲げ軸を圧延方向と平

50

行方向（L軸曲げ）及び直角方向（C軸曲げ）とし、180°で密着曲げを実施した際の割れ長さを測定し、試験片幅に対する割合（％）で評価した。一方、靱性については、JIS Z 2242に記載の方法に従ってVノッチを付けたサブサイズの試験片を用いて実施し、試験温度：-40°での吸収エネルギーについてL方向及びC方向で評価した。結果を同表に示す。本発明に従ったNo. 1、2、3、4、5、6、9及び10は曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた885MPa以上の0.2%耐力と950MPa以上の引張強度を有する鋼板である。一方、C量が本発明の範囲から高く外れたNo. 7は、シャルピー試験における吸収エネルギーの異方性は1.3となるが、-40°における吸収エネルギー自体が低い値となっている。また、C量が本発明の範囲から低く外れたNo. 8は、885MPa以上の0.2%耐力（YP）と950MPa以上の引張強度（TS）が得られていない。Ti量が高く外れたNo. 11は、鑄造後のTiC析出に起因してスラブ強度が高いことに起因し、スラブ割れが発生する。一方、Ti量が低く外れたNo. 12では、A系介在物が多く形成されるために、とくにC方向の靱性が低いことに起因し、その異方性が大きい。さらにS量が本発明の範囲から大きく外れたNo. 13もA系介在物が多く形成されるために、とくにC方向の靱性が低いことに起因し、その異方性が大きい。No. 14はBが添加されていないことから、圧延後の冷却中に形成されるフェライトの分率が高いためにYPが低い。また、酸素量が本発明の範囲から高く外れたNo. 15は、A系介在物が多量に形成されるために靱性の異方性が大きい。なお、いずれの鋼も材質バラツキは小さい。なお、曲げ加工性については、C軸曲げについてはいずれの鋼も良好であるが、Ti量が低く外れたNo. 12、S量が高く外れたNo. 13及び酸素量が高く外れたNo. 15ではやはり、前述したようなA系介在物の形成に起因し、L軸曲げでの割れ長さが長く、曲げ性が悪い。

【0033】

（実施例2）

表2に示すNo. 1及びNo. 5の鋼を転炉出鋼し、通常のAl脱酸を行った後に連続鑄造でスラブとする鋼の他に、脱酸工程においては、Alで予備脱酸を行った後に、溶鋼中のフリー酸素を50ppmまで低減させてから、CaあるいはMgによる脱酸を実施したスラブ、SiあるいはTiとREMによる複合脱酸を実施したスラブを製造した。得られたスラブの成分を表4及び5に示す。これらの鋼を表6及び7に示す熱延条件にて8mmの熱延板とした後、JIS Z 2201に記載の5号試験片に加工し、JIS Z 2241に記載の試験方法にしたがって引張試験を行った。さらに、曲げ加工性の評価として、JIS Z 2204に記載の3号試験片に加工し、JIS Z 2248に記載の方法に従い、幅：50mm、長さ100mmの試験片を使用し、曲げ軸を圧延方向と平行方向（L軸曲げ）及び直角方向（C軸曲げ）とし、180°で密着曲げを実施した際の割れ長さを測定し、試験片幅に対する割合（％）で評価した。

【0034】

一方、靱性については、JIS Z 2242に記載の方法に従ってVノッチを付けたサブサイズの試験片を用いて実施し、試験温度：-40°での吸収エネルギーについてL方向及びC方向で評価した。得られた材質特性を同表に示す。いずれの脱酸方法においても本発明の範囲に従った「あ」、「い」、「お」、「か」、「き」、「け」、「こ」、「さ」、「し」、「そ」、「な」、「に」、「ね」、「の」は曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた885MPa以上の0.2%耐力と950MPa以上の引張強度を有する鋼板であるとともに、とくにCa、MgあるいはREMによる脱酸と複合して脱酸を行うことにより、さらに靱性の異方性が改善されている。しかし、熱延時の加熱温度が低く外れた「う」及び「す」や、熱延時の冷却速度が本発明の範囲から低く外れた「え」及び「せ」、さらに、巻取温度が高く外れた「く」及び「ぬ」では、十分な強度が得られていない。なお、「え」、「く」、「せ」及び「ぬ」では、コイル内材質変動（材質バラツキ）も大きい。

【0035】

【表 2】

No.	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb	N	B	O	その他	Ar3点	備考
1	0.082	0.30	1.71	0.005	0.0085	0.025	0.093	-	0.0024	0.0005	0.0032	-	872	本発明鋼
2	0.095	0.50	1.65	0.003	0.0036	0.028	0.049	-	0.0032	0.0004	0.0029	-	882	本発明鋼
3	0.110	0.30	1.82	0.005	0.0028	0.033	0.108	-	0.0038	0.0006	0.0041	-	849	本発明鋼
4	0.133	0.70	1.63	0.009	0.0046	0.028	0.148	-	0.0029	0.0006	0.0038	-	871	本発明鋼
5	0.130	0.30	1.75	0.006	0.0027	0.031	0.111	0.009	0.0022	0.0004	0.0034	-	883	本発明鋼
6	0.151	1.30	1.86	0.005	0.0035	0.029	0.099	0.013	0.0021	0.0008	0.0039	-	916	本発明鋼
7	0.175	0.45	2.25	0.003	0.0092	0.038	0.161	-	0.0033	0.0009	0.0047	-	810	比較鋼
8	0.176	0.31	1.66	0.003	0.0025	0.027	0.099	-	0.0032	0.0004	0.0032	-	878	比較鋼
9	0.111	0.32	1.64	0.004	0.0028	0.033	0.102	-	0.0038	0.0004	0.0043	Cu0.1,Ni0.06,Sn0.016,Cr0.11	850	本発明鋼
10	0.092	0.31	1.83	0.008	0.0096	0.045	0.111	-	0.0025	0.0005	0.0044	Cu0.15,Ni0.06,Sn0.011,Cr0.15	865	本発明鋼
11	0.103	0.34	1.72	0.004	0.0014	0.033	0.175	-	0.0018	0.0005	0.0028	-	859	比較鋼
12	0.135	0.52	1.71	0.005	0.0038	0.036	0.023	0.007	0.0029	0.0006	0.0028	Cu0.09,Ni0.03,Sn0.013,Cr0.08	851	比較鋼
13	0.096	0.32	1.82	0.003	0.0120	0.024	0.108	-	0.0033	0.0007	0.0024	-	863	比較鋼
14	0.132	0.35	1.88	0.002	0.0015	0.027	0.111	0.011	0.0028	-	0.0033	-	886	比較鋼
15	0.086	0.430	1.71	0.005	0.0027	0.031	0.092	-	0.0033	0.0005	0.0049	-	882	比較鋼

* アンダーラインは本発明の範囲外

【 0 0 3 6 】

10

20

30

40

【表 3】

No.	板厚 (mm)	加熱温度 (°C)	仕上温度 (°C)	冷却速度 (°C/s)	巻取温度	YP (MPa)	TS (MPa)	EI (%)	L軸曲げ 加工性	O軸曲げ 加工性	Eab-L (J)	Eab-C (J)	Eab-L /Eab-C	YP-σ (MPa)	TS-σ (MPa)	スラブ 割れ
1	8	1250	860	30	室温	895	1003	24	0	0	42	33	1.3	14	12	無
2	6	1150	850	50	室温	987	1106	22	0	0	37	40	0.9	16	15	無
3	6	1280	880	70	室温	990	1110	22	0	0	40	33	1.2	15	17	無
4	8	1300	880	40	室温	1116	1208	20	0	0	36	29	1.2	17	16	無
5	10	1250	870	30	室温	1105	1198	20	0	0	41	33	1.2	19	19	無
6	5	1200	860	100	室温	1209	1355	18	0	0	43	33	1.3	15	11	無
7	8	1280	880	50	室温	1341	1503	16	0	0	12	9	1.3	15	10	無
8	10	1250	870	30	室温	<u>841</u>	<u>942</u>	26	0	0	35	33	1.1	17	18	無
9	7	1280	860	60	室温	898	1006	24	0	0	43	41	1.0	12	12	無
10	6	1280	880	50	室温	888	995	24	0	0	37	32	1.2	16	16	無
11	8	1300	900	50	室温	918	1029	23	0	0	44	45	1.0	14	15	有
12	10	1180	840	30	室温	1118	1253	19	87	0	36	11	3.3	12	12	無
13	10	1250	860	30	室温	989	1108	22	92	0	<u>41</u>	<u>17</u>	2.4	15	18	無
14	8	1280	860	60	室温	<u>875</u>	1099	22	0	0	32	29	1.1	15	11	無
15	5	1200	850	100	室温	913	1023	24	73	0	46	12	3.8	16	17	無

10

20

表 3 において、* アンダーラインは本発明の範囲外、* 曲げ加工性：割れの長さの割合（％）で評価、* : コイル内 T、M、B 部を意味する。

【 0 0 3 7 】

【表 4】

記号	脱酸	Al	Ca	Mg	REM	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	N	B	O	A ₃ (°C)
あ	Al	0.025	-	-	-	0.082	0.30	1.71	0.005	0.0085	0.025	0.093	0.0024	0.0005	0.0032	872
い	Al	0.019	-	0.0028	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
う	Al	0.025	-	-	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
え	Al+Ca	0.036	0.0012	-	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
お	Al+REM	0.036	-	-	0.0021	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
か	Al+Ca	0.025	0.0023	-	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
き	Al+Mg+REM	0.036	-	0.0051	0.0028	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
く	Al+Ca+Mg	0.029	0.0022	0.0024	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
け	Al+Ca+REM	0.022	0.0010	-	0.0067	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
こ	Al+Ca+Mg+REM	0.018	0.0018	0.0052	0.0049	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

【 0 0 3 8 】

10

20

30

【表 5】

記号	脱酸	Al	Ca	Mg	REM	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb	N	B	O	Ar3(°C)
ざ	Al	0.031	-	-	-	0.130	0.30	1.75	0.006	0.0027	0.031	0.111	0.009	0.0022	0.0004	0.0034	883
し	Al	0.022	-	0.0031	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
す	Al	0.021	-	-	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
せ	Al+Ca	0.033	0.0022	-	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
そ	Al+REM	0.036	-	-	0.0025	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
な	Al+Ca	0.025	0.0018	-	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
に	Al+Mg+REM	0.033	-	0.0033	0.0028	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
ぬ	Al+Ca+Mg	0.031	0.0028	0.0024	-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
ね	Al+Ca+REM	0.022	0.0015	-	0.0067	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
の	Al+Ca+Mg+REM	0.021	0.0012	0.0052	0.0049	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

【 0 0 3 9 】

10

20

30

40

【 表 6 】

記号	熱延条件				引張特性			L軸曲げ加工性	O軸曲げ加工性	エネルギー吸収特性		コイル内材質変動		備考	
	加熱温度/°C	仕上温度/°C	冷却速度/°C/s	巻取温度/°C	YP/MPa	TS/MPa	EI/%			Eab-L/J	Eab-C/J	Eab-L/Eab-C	YP-σ/MPa		TS-σ/MPa
あ	1280	860	30	室温	898	1054	23	0	0	43	33	1.3	15	16	本発明法
い	1150	880	40	室温	905	1011	24	0	0	42	32	1.3	12	15	本発明法
う	1050	840	30	室温	779	915	26	0	0	53	41	1.3	14	18	比較法
え	1250	860	10	室温	763	889	27	0	0	58	46	1.3	38	43	比較法
お	1250	880	30	室温	910	1068	23	0	0	43	41	1.0	13	18	本発明法
か	1250	850	50	室温	933	1102	22	0	0	44	46	1.0	9	11	本発明法
き	1250	880	30	室温	916	1092	22	0	0	46	49	0.9	11	15	本発明法
く	1180	860	50	250	776	909	25	0	0	59	61	1.0	67	84	比較法
け	1280	860	40	室温	906	1043	22	0	0	53	49	1.1	14	17	本発明法
こ	1250	880	30	室温	892	1036	23	0	0	54	56	1.0	18	16	本発明法

*σ:コイル内T.M.B部

*曲げ加工性:割れ長さの割合(%)で評価

*アンダーラインは本発明の範囲外

【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

【表 7】

記号	熱延条件			引張特性		L軸曲げ加工性	C軸曲げ加工性	エネルギー吸収特性		コイル内材質変動		備考	
	加熱温度/°C	仕上温度/°C	冷却速度/°C/s	巻取温度/°C	YP/MPa			TS/MPa	EI/%	Eab-L/J	Eab-C/J		Eab-L/Eab-C
ざ	1280	860	30	室温	1172	1205	20	0	41	33	1.2	19	本発明法
し	1150	880	40	室温	1152	1211	21	0	42	32	1.3	15	本発明法
す	1050	840	30	室温	916	1088	23	0	51	40	1.3	18	比較法
せ	1250	860	10	室温	902	1011	24	0	55	43	1.3	43	比較法
そ	1250	880	30	室温	1190	1221	20	0	41	39	1.1	18	本発明法
な	1250	850	50	室温	1177	1322	20	0	42	43	1.0	11	本発明法
に	1250	880	30	室温	1115	1269	20	0	46	49	0.9	15	本発明法
ぬ	1180	860	50	250	922	1108	22	0	51	53	1.0	84	比較法
ね	1280	860	40	室温	1171	1321	20	0	51	49	1.0	14	本発明法
の	1250	880	30	室温	1121	1288	21	0	52	53	1.0	18	本発明法

*σ:コイル内T.M.B部

*曲げ加工性:割れ長さの割合(%)で評価

*アンダーラインは本発明の範囲外

10

20

30

40

【産業上の利用可能性】

【0041】

本発明により、曲げ加工性及び靱性の異方性に優れた高強度熱延鋼板の製造が可能となり、特に大型クレーンのブームへの使用に好適な鋼板の供給を可能とするものである。

【図面の簡単な説明】

【0042】

50

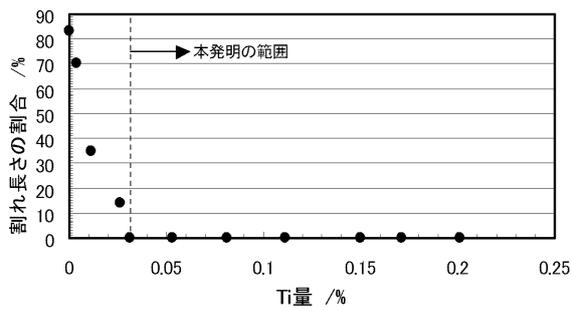
【図1】エネルギー吸収特性の異方性に及ぼすTi量の影響を示す図である。

【図2】圧延方向と平行方向を曲げ軸（L軸曲げ）とした時の割れ長さの割合に及ぼすTi量の影響を示す図である。

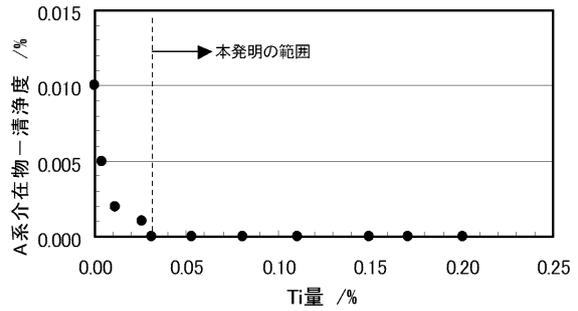
【図3】A系介在物の清浄度に及ぼすTi量の影響を示す図である。

【図4】引張強度（TS）に及ぼすTi量の影響を示す図である。

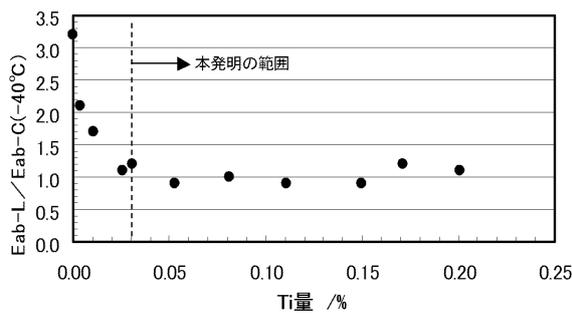
【図1】



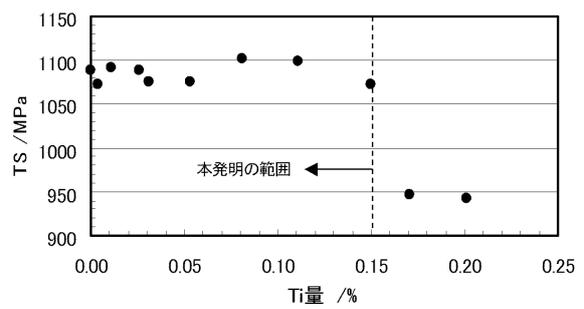
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 原田 寛
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 諸星 隆
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内

審査官 河野 一夫

- (56)参考文献 特開平07-197186(JP,A)
特開2006-274335(JP,A)
特開平05-345917(JP,A)
特開平09-263883(JP,A)
特開平05-230529(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|---------|---------|---|-----------|
| C 2 2 C | 1 / 0 0 | - | 4 9 / 1 4 |
| C 2 1 D | 9 / 4 6 | | |