

(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2014-185352

(P2014-185352A)

(43) 公開日 平成26年10月2日(2014.10.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 O 1 W	4 K O 3 7
C 2 2 C 38/60 (2006.01)	C 2 2 C 38/60	
C 2 1 D 9/46 (2006.01)	C 2 1 D 9/46 S	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-58991 (P2013-58991)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成25年3月21日 (2013.3.21)		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	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100106909
			弁理士 棚井 澄雄
		(74) 代理人	100129403
			弁理士 増井 裕士
		(74) 代理人	100134359
			弁理士 勝俣 智夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度熱延鋼板およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】高い剛性を有し、かつ、切断後の形状が良好な高強度熱延鋼板およびその製造方法を提供する。

【解決手段】質量%で、C：0.03%以上、0.15%以下、Si：0.01%以上、0.6%以下、Mn：0.5%以上、2.2%以下、P：0.001%以上、0.1%以下、S：0.0005%以上、0.05%以下、Al：0.01%以上、0.2%以下、N：0.0001%以上、0.010%以下、更にNb：0.005%以上、0.1%以下、Ti：0.040%以上、0.14%以下のいずれか1種又は2種を含有し、残部が鉄及び不可避免的不純物から成る鋼組成を有し、板厚が4～10mm、圧延方向のヤング率と幅方向のヤング率がいずれも207GPa以上かつ平均値が215GPa以上であり、板厚全厚で測定した{112}<110>強度比が2.5以上、6.0以下である。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量 % で、

C : 0 . 0 3 % 以上、0 . 1 5 % 以下、

Si : 0 . 0 1 % 以上、0 . 6 % 以下、

Mn : 0 . 5 % 以上、2 . 2 % 以下、

P : 0 . 0 0 1 % 以上、0 . 1 % 以下、

S : 0 . 0 0 0 5 % 以上、0 . 0 5 % 以下、

Al : 0 . 0 1 % 以上、0 . 2 % 以下、

N : 0 . 0 0 0 1 % 以上、0 . 0 1 0 % 以下、

10

更に、

Nb : 0 . 0 0 5 % 以上、0 . 1 % 以下、

Ti : 0 . 0 4 0 % 以上、0 . 1 4 % 以下

のいずれか 1 種又は 2 種を含有し、残部が鉄及び不可避免の不純物から成る鋼組成を有し、

板厚が 4 ~ 1 0 mm、引張強度 5 9 0 M P a 以上、圧延方向のヤング率と幅方向のヤング率がいずれも 2 0 7 G P a 以上かつこれらの平均値が 2 1 5 G P a 以上であり、

板厚全厚で測定した { 1 1 2 } < 1 1 0 > 強度比が 2 . 5 以上、6 . 0 以下であることを特徴とする高強度熱延鋼板。

【請求項 2】

さらに、質量 % で、B : 0 . 0 0 0 3 % 以上、0 . 0 0 5 % 以下を含有することを特徴とする請求項 1 に記載の高強度熱延鋼板。

20

【請求項 3】

さらに、質量 % で、

Cr : 0 . 1 % 以上、5 . 0 % 以下、

Mo : 0 . 0 1 % 以上、3 . 0 % 以下、

W : 0 . 0 1 % 以上、2 . 0 % 以下、

Cu : 0 . 0 4 % 以上、2 . 0 % 以下、

Ni : 0 . 0 2 % 以上、1 . 0 % 以下、

V : 0 . 0 0 1 % 以上、0 . 3 0 % 以下

の 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の高強度熱延鋼板。

30

【請求項 4】

さらに、質量 % で、

Ca、Mg、Zr、REM の 1 種または 2 種以上を合計で 0 . 0 0 0 5 % 以上、0 . 0 5 % 以下で含有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れかに記載の高強度熱延鋼板。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 の何れかに記載の高強度熱延鋼板を製造する方法であって、

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の鋼組成を有するスラブを 1 1 5 0 以上 1 2 5 0 以下に加熱した後、1 0 0 0 以下でのトータル圧下率が 2 0 % 以上、8 0 % 以下、仕上げ温度が 8 5 0 以上、9 3 0 以下となる条件で熱間圧延を行い、得られた鋼帯を 4 5 0 ~ 6 5 0 でコイル状に巻き取ってコイル状とし、その後コイルが 1 0 0 以下になるまで冷却した後に、1 機以上のロールレベラーを有する切断ラインに供し、鋼帯の状態もしくは切断後鋼板とした状態で、ロールレベラーによる矯正を少なくとも 1 回以上、式 (1) を満足する条件で施すことを特徴とする高強度熱延鋼板の製造方法。

40

$$3 \left(t / 2 R \right) / \left(Y P / E \right) \geq 1 0 \quad (1)$$

ここで t : 板厚 (mm)、R : ロールレベラー半径 (mm)、Y P : 圧延方向の降伏強度 (M P a)、E : 圧延方向のヤング率 (M P a)、である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、高強度熱延鋼板およびその製造方法に関し、特に、主として大型クレーンのブームや大型トラックフレーム等大型の構造部材として好適な剛性が高く切断後の形状が良好な高強度熱延鋼板に関するものである。

【背景技術】

【0002】

建設機械用のクレーンブームは、近年の建設対象物の高層化に伴い、より長尺化や大型化が進んでいる。そのため、ブーム自体の軽量化およびつり上げ運搬容量の拡大を図るために、素材となる鋼板に対しては薄肉化する傾向にあり、より高い降伏強度が要求されている。これまでは、高強度化のために、鋼成分中にS i、M nなどの固溶強化元素や、T i、N b等の析出強化元素が多量に添加されてきた。例えば、特許文献1～5は、いずれもT i析出強化を活用するためにT i添加量を高めているが、特許文献1～3では、析出強化を十分に活用するために、0.12%以上のT i添加と1250以上の高温加熱とが必須となっている。

10

【0003】

一方、剛性も構造部材には重要な特性である。しかし、剛性はヤング率と板厚に依存し、強度には依存しないことから、単純に高強度化しても薄肉化に伴う部材の剛性低下はまねがれない。そこで、薄肉化を図るためには、高強度化と合わせて素材のヤング率を確保する必要がある。

一般的に、鋼のヤング率は206GPa程度と言われるが、圧延などによって鉄の結晶方位を特定の方向に揃えることにより、一方向のヤング率を高められることはよく知られている。例えば、大型クレーンのブームのような長尺部材の場合、熱延の圧延方向が部材長手方向になることから、圧延方向のヤング率を高めることで部材としての剛性を向上させることが出来る。このような、圧延方向のヤング率を高める技術としては、例えば、特許文献6、7等がある。

20

【0004】

また、クレーン等の部材に使われる板厚の厚い鋼板はコイルではなく切断・形状矯正を行った平板の状態の出荷されるのが一般的である。このような平板から部材を製造する際には、平板を任意の方向に切断するが、その際に板内に不均一に分布していた残留応力が解放され反りなどの形状不良が起こる。そのため、クレーン等の部材に使われる板厚の厚い高強度鋼板においては、平板の状態から切断した後における形状変動を抑制することが望まれている。

30

形状変動の抑制策としては、例えば特許文献8に、ロールレベラーによる矯正時の曲率半径をR、板厚をt、鋼板のヤング率をE、降伏応力をY Pとした場合、加工度 $(t/2R)/(Y P/E)$ が6以上になるような条件で矯正する事によって形状を改善する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平7-138638号公報

【特許文献2】特開平5-230529号公報

【特許文献3】特開平5-271865号公報

【特許文献4】特開2002-97545号公報

【特許文献5】特開2004-250744号公報

【特許文献6】特開2007-46146号公報

【特許文献7】特開2008-274395号公報

【特許文献8】特開2000-212688号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献6、7等に記載のような圧延方向のヤング率を高める技術は、

40

50

極めて高い圧延方向ヤング率を達成するために、熱延時に鋼板表面に高い剪断力がかかることから、圧延機への負荷が高いという問題があった。

また、特許文献 8 に記載の技術では、矯正工程であるレベラーで導入される予歪みはヤング率を低下させるおそれがあることから、元の素材のヤング率 206 GPa よりも低下させる場合がある。これは予歪みによって導入された可動転位によって弾性変形領域においても微小な降伏現象が起こる事に起因すると考えられる。そのため、熱延条件によって結晶方位を最適化してもヤング率を維持することは難しかった。

【0007】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、成分範囲と熱延条件とレベラーでの形状矯正の条件を適正化することで、高価な合金元素を多量に添加することなく安価であり、剛性に優れ、切断後の形状が良好な高強度熱延鋼板およびその製造方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

ここで、一般的に、Nb, Ti 添加鋼の板厚中心部で発達する {112} <110> 方位を中心とした方位群は幅方向のヤング率を著しく高める効果に寄与することで知られているが、圧延方向のヤング率についても比較的高い効果を寄与する方位である。したがって、{112} <110> 方位を強める事で幅方向、圧延方向共に比較的高いヤング率を得る事ができる。

【0009】

本発明者は、この {112} <110> 方位を強めることに着目し、上記問題に関し、Nb、Ti を含む成分系において成分範囲と仕上板厚を含めた熱延条件を最適化することによって、圧延方向および幅方向の剛性を高めた高強度熱延鋼板が得られることを知見した。即ち、圧延方向の剛性を高めるためには、Nb や Ti を添加し、オーステナイト域での再結晶を抑制し、熱間圧延を行うことで熱延集合組織の主方位 {112} <110> を発達させることが有効である。この方位は、圧延方向に結晶の <011> が揃うことから、210 GPa 程度のヤング率が得られると共に、板幅方向には <111> が揃うことから 220 GPa 超のヤング率を得ることが可能である。

一方、レベラー加工の指標である加工度を 3 ~ 10 に制御することで、平板の状態から切断した後における形状変動を抑制することができる。すなわち、前述のようなレベラー加工によるヤング率の低下が生じたとしても、矯正加工の前の熱延鋼板の状態において集合組織を制御させて圧延方向および幅方向の剛性を十分に高めておくことで、このような熱延鋼板から部材を製造する際に、鋼板を切断した後でも、高剛性と切断後の優れた形状性を両立することが可能となる。

つまり、本発明は、圧延方向と板幅方向のヤング率の平均値 215 GPa を超える剛性が高く切断後の形状が良好な高強度熱延鋼板およびその製造方法を提供するものである。

本発明の剛性が高く切断後の形状が良好な高強度熱延鋼板およびその製造方法の要旨は、以下の通りである。

【0010】

[1] 質量%で、

C : 0.03%以上、0.15%以下、

Si : 0.01%以上、0.6%以下、

Mn : 0.5%以上、2.2%以下、

P : 0.001%以上、0.1%以下、

S : 0.0005%以上、0.05%以下、

Al : 0.01%以上、0.2%以下、

N : 0.0001%以上、0.010%以下、

更に、

Nb : 0.005%以上、0.1%以下、

Ti : 0.040%以上、0.14%以下

10

20

30

40

50

のいずれか 1 種又は 2 種を含有し、残部が鉄及び不可避免の不純物から成る鋼組成を有し、板厚が 4 ~ 10 mm、引張強度 590 MPa 以上、圧延方向のヤング率と幅方向のヤング率がいずれも 207 GPa 以上かつこれらの平均値が 215 GPa 以上であり、板厚全厚で測定した { 112 } < 110 > 強度比が 2.5 以上、6.0 以下であることを特徴とする高強度熱延鋼板。

[2] さらに、質量%で、B : 0.0003 % 以上、0.005 % 以下を含有することを特徴とする上記 [1] に記載の高強度熱延鋼板。

[3] さらに、質量%で、

Cr : 0.1 % 以上、5.0 % 以下、

Mo : 0.01 % 以上、3.0 % 以下、

W : 0.01 % 以上、2.0 % 以下、

Cu : 0.04 % 以上、2.0 % 以下、

Ni : 0.02 % 以上、1.0 % 以下、

V : 0.001 % 以上、0.30 % 以下

の 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする上記 [1] 又は [2] に記載の高強度熱延鋼板。

[4] さらに、質量%で、

Ca、Mg、Zr、REM の 1 種または 2 種以上を合計で 0.0005 % 以上、0.05 % 以下で含有することを特徴とする上記 [1] ~ [3] の何れかに記載の高強度熱延鋼板。

[5] 上記 [1] ~ [4] の何れかに記載の高強度熱延鋼板を製造する方法であって、

上記 [1] ~ [4] のいずれかに記載の鋼組成を有するスラブを 1150 以上 1250 以下に加熱した後、1000 以下でのトータル圧下率が 20 % 以上、80 % 以下、仕上げ温度が 850 以上、930 以下となる条件で熱間圧延を行い、得られた鋼帯を 450 ~ 650 でコイル状に巻き取ってコイル状とし、その後コイルが 100 以下になるまで冷却した後に、1 機以上のロールレベラーを有する切断ラインに供し、鋼帯の状態もしくは切断後鋼板とした状態で、ロールレベラーによる矯正を少なくとも 1 回以上、式 (1) を満足する条件で施すことを特徴とする高強度熱延鋼板の製造方法。

$$3 \left(t / 2R \right) / \left(YP / E \right) \geq 10 \quad (1)$$

ここで t : 板厚 (mm)、R : ロールレベラー半径 (mm)、YP : 圧延方向の降伏強度 (MPa)、E : 圧延方向のヤング率 (MPa)、である。

【発明の効果】

【0011】

本発明の剛性が高く切断後の形状が良好な高強度熱延鋼板およびその製造方法によれば、上記構成により、圧延方向と幅方向のいずれの方向においても 207 GPa 以上のヤング率を維持し、かつ平均のヤング率が 215 GPa を超える剛性の高い鋼板を実現するとともに、任意の方向に切断しても反りなどの形状不良の発生を抑制できる鋼板を提供する事が可能である。つまり、レベラー加工 (矯正加工) によるヤング率の低下が生じたとしても、本発明のように矯正加工の前の熱延鋼板の状態において集合組織を制御させて圧延方向および幅方向の剛性を十分に高めておくことで、鋼板を切断した後でも、高剛性と切断後の優れた形状性を両立することが可能となる。

従って、例えば、本発明を大型クレーンのブームをはじめとする建機の構造用部材等に適用することにより、ブーム自体の軽量化、および、つり上げ運搬容量の拡大を図ることができ、作業効率が顕著に向上するメリットを十分に享受することができることから、その社会的貢献は計り知れない。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図 1】本発明の実施形態である剛性が高く切断後の形状が良好な高強度熱延鋼板およびその製造方法について説明する図であり、 $\phi 2 = 45^\circ$ 断面の ODF 上にフェライト相の主な方位を示した模式図 (グラフ) である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態である高強度熱延鋼板、および、その製造方法について説明する。なお、本実施形態は、本発明の剛性が高く切断後の形状が良好な高強度熱延鋼板およびその製造方法の趣旨をより良く理解させるために詳細に説明するものであるから、特に指定の無い限り本発明を限定するものではない。

【0014】

本発明の高強度熱延鋼板は、質量%で、C：0.03%以上、0.15%以下、Si：0.01%以上、0.6%以下、Mn：0.5%以上、2.2%以下、P：0.001%以上、0.1%以下、S：0.0005%以上、0.05%以下、Al：0.01%以上、0.2%以下、N：0.0001%以上、0.010%以下、更にNb：0.005%以上、0.1%以下、Ti：0.040%以上、0.14%以下のいずれか1種又は2種を含有し、残部が鉄及び不可避免の不純物から成る鋼組成を有し、板厚が4～10mm、引張強度590MPa以上、圧延方向のヤング率と幅方向のヤング率がいずれも207GPa以上かつ平均値が215GPa以上であり、板厚全厚で測定した $\{112\} < 110 >$ 強度比が2.5以上、6.0以下である。

10

以下に、本発明における鋼特性および製造条件の限定理由について詳しく説明する。

【0015】

[鋼組成]

本発明の高強度熱延鋼板における成分組成に関し、各元素の限定理由について以下に詳述する。なお、以下の説明においては、特に指定の無い限り、「%」は質量%を表すものとする。また、以下に示す基本成分及び選択元素の残部は、鉄及び不可避免の不純物からなる。

20

【0016】

(C：炭素) 0.03%以上、0.15%以下

Cは、安価に強度を確保出来る元素であり、本発明の必須元素である。Cの含有量が0.03%未満では本発明で規定している強度が満足できない。しかし、Cが0.15%を超えると強度が上がりすぎ、延性が低下すると共に、溶接性も劣化する。このため、本発明では、Cの含有量を0.05%以上、0.15%以下に規定した。なお、より安定して高い強度を確保する観点からは、Cの添加量を0.05%以上とすることが望ましく、0.07%以上とすることがより望ましい。また、強度の延性のバランスの観点からは、Cの添加量を0.13%以下とすることが望ましく、0.12%以下とすることがより望ましい。

30

【0017】

(Si：ケイ素) 0.01%以上、0.6%以下

Siは強度を確保するために0.01%以上添加する。また、溶接性の観点からは、Siを0.1%以上添加することが望ましく、更に望ましくは0.12%以上である。しかし、Siを0.6%超添加すると表面にSiスケールと呼ばれる欠陥が発生し、表面品位を著しく低下させることから、0.6%を上限とする。また、この観点から、Siの添加量は、より好ましくは0.3%以下、更に好ましくは0.15%以下である。

40

【0018】

(Mn：マンガン) 0.5%以上、2.2%以下

Mnは強度確保の観点から0.5%以上添加する。また、この観点からは、Mnは1.0%以上添加することが望ましく、更に望ましくは1.3%以上である。しかし、Mn添加量が2.2%を超えると、溶接割れ感受性が劣化することから上限を2.2%以下とする。この観点からはMnの添加量を2.0%以下とすることが望ましく、更に望ましくは1.8%以下である。

【0019】

(P：リン) 0.001%以上、0.1%以下

Pは鋼板の強度を上げる元素として必要な強度レベルに応じて添加する。しかしながら

50

、Pの添加量が多いと粒界へ偏析するために局部延性、溶接性、靱性を劣化させる。従って、Pの添加量の上限値は0.1%とする。この観点からは、Pは0.05%以下とする事が望ましく、更に望ましくは0.02%以下である。一方、0.001%未満の添加量ではPの劣化効果は無視できる他、0.001%未満にするには製鋼工程でのコストの上昇を招くことから、Pは0.001%を下限とする。

【0020】

(S：硫黄) 0.0005%以上、0.05%以下

Sは、MnSを生成することで局部延性、溶接性、靱性を劣化させる元素であり、鋼中に存在しない方が好ましい元素であることから、上限を0.05%とする。この観点からはSは0.01%以下とすることが望ましく、更に望ましくは0.005%以下である。一方、Sを0.0005%未満にするには製鋼工程でのコストの上昇を招くことから、Sは0.0005%を下限とする。

10

【0021】

(Al：アルミニウム) 0.01%以上、0.2%以下

Alは脱酸材として0.01%以上添加する必要がある、望ましくは0.03%以上である。一方、Alを過度に添加しても、かえって鋼を脆化させるとともに、溶接性も低下させるため、0.2%を上限とする。この観点から望ましくは0.3%以下とする。

【0022】

(N：窒素) 0.0001%以上、0.010%以下

Nは、鋼中に不可避免的に含まれる元素であるが、加工性を劣化させることから、その含有量を0.010%以下とする。また、この観点からはNは0.006%以下の添加が望ましく、更に望ましくは0.004%以下である。一方、不必要にNを低減することは製鋼工程でのコストが増大するので、その含有量の下限は0.0001%とする。

20

【0023】

(Nb：ニオブ) 0.005%以上、0.1%以下

(Ti：チタン) 0.040%以上、0.14%以下

NbとTiは、いずれも再結晶の抑制、組織の微細化、炭化物の析出を介して強度上昇、特に降伏強度の向上に寄与することから、いずれか1種または2種を添加する。

Nbは0.005%未満、Tiは0.04%未満の添加では上記の効果は十分得られないことから、それぞれ0.005%、0.04%を下限とする。上記効果を安定して確保するためには、NbとTiのそれぞれ0.015%、0.050%以上添加することが望ましく、更に望ましくは、NbとTiそれぞれ0.020%、0.060%以上である。

30

一方、Nbの0.10%超の添加、またはTiの0.14%超の添加は靱性、溶接性、延性を著しく劣化させることからこれらの値を上限とする。この観点からはNbは0.06%以下、Tiは0.1%以下の添加が望ましい。更に望ましくは各々0.03%以下、0.08%以下である。

【0024】

(B：ボロン) 0.0003%以上、0.005%以下

Bは安価な焼き入れ性向上元素であり、強度上昇に寄与することから、必要に応じて0.0003%以上添加する事が望ましい。この観点からは、Bは0.0006%以上の添加がさらに望ましい。一方、Bを0.005%以上添加しても特段の効果が得られないばかりでなく、靱性の劣化を招くことから0.005%を上限とする事が望ましい。また、この観点からは、Bは0.003%以下の添加がさらに望ましい。

40

【0025】

また本発明では、上記元素に加えてさらに、質量%で、Cr：0.1%以上、5.0%以下、Mo：0.01%以上、3.0%以下、W：0.01%以上、2.0%以下、Cu：0.04%以上、2.0%以下、Ni：0.02%以上、1.0%以下、V：0.001%以上、0.30%以下の1種または2種以上を、必要に応じて含有することが好ましい。

【0026】

50

(Cr:クロム) 0.1%以上、5.0%以下

(Mo:モリブデン) 0.01%以上、3.0%以下

(W:タングステン) 0.01%以上、2.0%以下

Cr、Mo、Wはいずれも焼入性を向上させると共に炭化物を形成して強度を高める効果を有する元素である。そのため、各々0.1%(Cr)、0.01%(Mo)、0.01%(W)以上添加することが望ましい。上記効果を安定して確保するためには、それぞれ0.3%(Cr)、0.05%(Mo)、0.05%(W)以上添加することが更に望ましい。

一方、各々5.0%超(Cr)、3.0%超(Mo)、2.0%超(W)の添加は、延性や溶接性を低下させるおそれがあるため、これらを上限とすることが望ましく、4%(Cr)、2.0%(Mo)、1.5%(W)以下とすることが更に望ましい。

【0027】

(Cu:銅) 0.04%以上、2.0%以下

Cuは鋼板強度を上げると共に、耐食性やスケールの剥離性を向上させる元素であることから0.04%以上添加することが望ましく、更に望ましくは0.08%以上である。一方Cuの2.0%超の添加は表面疵の原因となるため、2.0%以下添加することが望ましく、更に望ましくは1.0%以下である。

【0028】

(Ni:ニッケル) 0.02%以上、1.0%以下

Niは鋼板強度を上げると共に、靱性を向上させる元素であることから、0.02%以上添加することが望ましく、更に望ましくは0.04%以上である。一方、Niの1.0%超の添加は延性劣化の原因となるため、1.0%以下添加することが望ましく、更に望ましくは0.5%以下である。

【0029】

(V:バナジウム) 0.001%以上、0.30%以下

Vは、炭化物を形成し強度を向上させる元素であることから、0.001%以上添加することが望ましい。この観点からは0.01%以上の添加がさらに望ましい。一方、0.30%を超える添加では、靱性の低下を招くため、0.30%以下添加することが望ましく、更に望ましくは0.15%以下である。

【0030】

さらに、本発明においては、上記元素に加えてさらに、鋼特性を改善するための元素として、Ca、Mg、Zr、REM(希土類元素)の1種または2種以上を、単独または合計で0.0005%以上、0.05%以下、必要に応じて含有することができる。

Ca、Mg、Zr、REMは、硫化物や酸化物の形状を制御して靱性を向上させる。この目的のためには、これらの元素の1種または2種以上を単独または合計で0.0005%以上添加することが望ましい。しかしながら、これらの元素の過度の添加は加工性を劣化させるため、その上限を0.05%とすることが望ましい。

また、本発明の高強度熱延鋼板は、以上の元素の他、Sn、Asなどの不可避免的に混入する元素を含み、残部が鉄および不可避免的不純物からなる。

【0031】

[板厚]

本発明に係る高強度熱延鋼板は、板厚が4mm~10mmの熱延鋼板である。板厚が4mm以下になるとレベラーでの歪みの導入が難しくなり、特に、鋼板の強度が高強度となるほど切断後の切断後の形状確保が困難となることから、この板厚を下限とする。この観点からは板厚を4.5mm以上とする事が望ましい。更に望ましくは5mmである。

一方、板厚が10mm以上になると、熱間圧延中の集合組織の発達が不十分になると共に、レベラーで導入される予歪み量が高くなりすぎることから、ヤング率が著しく劣化するおそれがある。そのため、板厚の上限は10mmとする。この観点から板厚は望ましくは8mm以下、更に望ましくは6mm以下である。

【0032】

10

20

30

40

50

[引張強度]

本発明では、鋼組成を上述した範囲に制御し、さらに、各製造条件を後述の条件とすることで、圧延方向の引張強度と幅方向の引張強度がいずれも 590 MPa 以上の高強度熱延鋼板が実現できる。このように、強度クラスを 590 MPa 以上とする事で、鋼板の板厚を薄肉化して部材として用いる場合であっても、十分に高い部材強度が確保できる。なお、圧延方向（L 方向）とは鋼板の長さ方向であり、幅方向（C 方向）とは、圧延方向に直角な方向であって板幅方向を指す。

【 0033 】

[ヤング率]

本発明の高強度熱延鋼板においては、圧延方向および幅方向それぞれのヤング率において、最小値が 207 GPa 以上、平均値が 215 GPa 以上と規定し、高い剛性を確保している。なお、ヤング率には複数の測定方法があるが、本発明で述べる所のヤング率は各方向から切り出した引張試験片の歪み量 0.05 % 以下での応力 - 歪み曲線の傾きから求める引張法によって算出したものを指す。

10

【 0034 】

ヤング率は結晶方位によって変化することから、熱延板中の結晶方位は、下記規定を満足する必要がある。即ち、Nb、Ti、B 等を含有する鋼板では、板厚中心 ~ 1/6 厚の広い範囲において未再結晶圧延・変態集合組織が発達し、 $\{112\} <110>$ が強くなる。一方、板厚表層 ~ 1/6 厚には剪断層集合組織と呼ばれる異なる方位が発達する。ヤング率には板厚全厚の結晶方位が全て寄与する事から、その中における $\{112\} <110>$ の強度が重要となる。すなわち、本発明に係る高強度熱延鋼板においては、全厚で測定した $\{112\} <110>$ の X 線ランダム強度比（以下、単に強度比ともいう。）は 2.5 以上、6.0 以下とする。強度比が 2.5 未満では圧延方向、板幅方向共に高いヤング率を得る事ができない。この観点からは 3.0 以上とする事が望ましい。一方、強度比を 6.0 超とするためには、熱延の圧下率を著しくあげる、又は γ 域の変態点直上での熱延を指向する等熱間圧延工程に著しい負荷を与える一方で、ヤング率の観点では特段の効果が得られない事からこの値を上限とする。この観点からは 5.5 以下とする事が望ましい。

20

【 0035 】

ここで、 $\{112\} <110>$ の強度比は EBSD (Electron Back Scattering Diffraction) で熱延板の全厚を測定して得られた結晶方位データから求められる ODF (Orientation Distribution Function) から求めればよい。図 1 に、本発明の結晶方位が表示される $\phi 2 = 45^\circ$ 断面の ODF を示す。なお、図 1 に示すグラフは、 $\phi 2 = 45^\circ$ 断面の ODF 上にフェライト相の主な方位を示したグラフである。 $\{112\} <110>$ は $\phi 1 = 0^\circ$ 、 $\phi = 35^\circ$ の点で表記されるが、試験片加工や試料のセッティングに起因する測定誤差を生じることがあるため、 $\{112\} <110>$ の強度比は、図中に斜線部で示された、 $\phi 1 = 0 \sim 5^\circ$ 、 $\phi = 30 \sim 40^\circ$ の範囲内での最大値とする。

30

ここで、結晶の方位は、通常、板面に垂直な方位を $[hkl]$ 又は $\{hkl\}$ 、圧延方向に平行な方位を (uvw) 又は $<uvw>$ で表示する。 $\{hkl\}$ 、 $<uvw>$ は、等価な面の総称であり、 $[hkl]$ 、 (uvw) は、個々の結晶面を指す。即ち、本発明においては主たる組織がフェライトであり bcc 構造を対象としているため、例えば、 (111) 、 (-111) 、 $(1-11)$ 、 $(11-1)$ 、 $(-1-11)$ 、 $(-11-1)$ 、 $(1-1-1)$ 、 $(-1-1-1)$ 面は等価であり、区別がつかない。このような場合、これらの方位を総称して $\{111\}$ と称する。

40

【 0036 】

なお、ODF は、対称性の低い結晶構造の方位表示にも用いられるため、一般的には $\phi 1 = 0 \sim 360^\circ$ 、 $\phi = 0 \sim 180^\circ$ 、 $\phi 2 = 0 \sim 360^\circ$ で表現され、個々の方位が $[hkl]$ (uvw) で表示される。しかしながら、本発明では、対称性の高い bcc 結晶構造を対象としているため、 ϕ と $\phi 2$ については $0 \sim 90^\circ$ の範囲で表現される。また、

50

$\phi 1$ は、計算を行う際に変形による対称性を考慮するか否かによって、その範囲が変化するが、本発明においては、対称性を考慮して $\phi 1 = 0 \sim 90^\circ$ で表記する。即ち、 $\phi 1 = 0 \sim 360^\circ$ での同一方位の平均値を、 $0 \sim 90^\circ$ の ODF 上に表記する方式を選択する。この場合は、 $[hkl](uvw)$ と $\{hkl\} <uvw>$ は同義である。従って、例えば、図 1 に示した $\phi 2 = 45^\circ$ 断面における ODF の、 $(112)[1-10]$ の強度比は、 $\{112\} <110>$ 方位の強度比と同意である。

【0037】

また、EBSD 測定用試料の作製および測定は、次のようにして行う。

まず、鋼板の圧延方向断面を研磨面および測定面とする。この面をコロイダルシリカ等の研磨液を用いて研磨する。必要に応じて、電解研磨をおこなってもよい。測定範囲は板厚全厚と圧延方向に 1 mm 以上の範囲とする。測定は 5 μ m 程度の間隔を設けて 1 万点以上行う事が望ましい。

【0038】

[製造方法]

本発明に係る剛性が高く切断後の形状が良好な高強度熱延鋼板の製造方法について以下に説明する。

本発明の高強度熱延鋼板の製造方法は、上記鋼組成を有するスラブを 1150 以上 1250 以下に加熱した後、1000 以下でのトータル圧下率（合計圧下率）が 30% 以上、80% 以下、仕上げ温度が 850 以上、930 以下となる条件で熱間圧延を行い、得られた鋼帯を 450 ~ 650 で巻き取ってコイル状とし、その後コイルが 100 以下になるまで冷却した後に、1 機以上のロールレベラーを有する切断ラインに供し、鋼帯の状態もしくは切断後鋼板とした状態で、ロールレベラーによる矯正を少なくとも 1 回以上、式 (1) を満足する条件で施す方法である。

$$3 \quad (t / 2R) / (YP / E) \quad 10 \quad (1)$$

ここで、 t : 板厚 (mm)、 R : ロールレベラー半径 (mm)、 YP : 圧延方向の降伏強度 (MPa)、 E : 圧延方向のヤング率 (MPa) である。

以下、上記製造方法の各条件について詳細に説明する。

【0039】

まず、上記鋼組成を有する鋼を常法により溶製、鑄造し、熱間圧延に供する鋼片（スラブ）を得る。この鋼片は、鋼塊を鍛造又は圧延したものでも良いが、生産性の観点から、連続鑄造により鋼片を製造することが好ましく、または、薄スラブキャスターなどで製造してもよい。あるいは、溶製した鋼を鑄造後、直ちに熱間圧延を行う連続鑄造 - 直接圧延 (CC-DR) のようなプロセスを採用しても良い。

【0040】

通常、鋼片は、鑄造後に冷却し、熱間圧延を行うために再度加熱する。この場合、本発明において、熱間圧延を行う際の鋼片の加熱温度は 1150 以上とする。この温度が 1150 未満では、Ti や Nb が十分に再固溶せず、再結晶抑制効果が発揮されないことから、この温度を下限とする。一方、鋼片を 1250 超に加熱すると、鋼板の結晶粒径が粗大になって加工性を損なうことがあることから、この温度を上限とする。

【0041】

本発明の製造方法において、1000 以下でのトータル圧下率（合計圧下率）は非常に重要である。1000 以下でのトータル圧下率が 30% 未満では十分な歪みを与えられず圧延による集合組織が発達しないことから、この値を下限とする。この観点からは 1000 以下でのトータル圧下率を 35% 以上とする事が望ましい。更に望ましくは 40% 以上である。一方、1000 以下でのトータル圧下率が 80% 超となると、再結晶の駆動力が高くなりすぎるために熱間圧延中に再結晶が進行し、 $\{100\} <011>$ 方位が発達してしまい、本発明において重要な $\{112\} <110>$ 方位が弱くなる。したがってトータル圧下率の上限は 80% とする。この観点からは 75% 以下とする事が望ましい。

【0042】

10

20

30

40

50

熱間圧延の仕上げ温度は 850 以上とする。850 未満で熱間圧延を終了すると、熱間圧延の荷重が高くなりすぎたり、フェライト域 (α 域) 熱延となり他の方位への集積度が高まり { 1 1 2 } < 1 1 0 > が弱くなったりすることから、この温度を下限とする。一方、仕上げ温度が 930 を超えると、未再結晶域で十分な圧延を行うことが出来ず、ヤング率が向上しないことから、この温度を上限とする。

【 0 0 4 3 】

引き続き、熱間圧延によって得られた鋼帯をコイル状に巻き取り熱延コイル (以下、単にコイルともいう。) とする。巻取温度は 450 以上、650 以下とする。650 超で巻き取るとスケールの生成量が多くなり表面性状が悪化する事からこの温度を上限とする。巻取温度の下限は 450 とする。450 未満では巻取中に十分 T i C や N b C の析出が起こらないことから強度が低下する。この観点からは 500 以上とする事が望ましい。

10

【 0 0 4 4 】

その後、巻き取ったコイルを 100 以下になるまで冷却した後に、コイルを、1 機以上のロールレベラー、及び切断装置を有する切断ラインに供し、鋼帯の状態もしくは切断後鋼板とした状態で、当該ロールレベラーによる矯正を少なくとも 1 回以上、さらにその際の加工度 ($(t / 2 R) / (Y P / E)$) が式 (1) を満足する条件で施す。なお、巻き取ったコイルを冷却する際の冷却方法は特に限定せず、空冷、水冷、カバー等のかけた徐冷のいずれも行いう事ができる。また、鋼帯を切断する装置についても特に限定せず、任意の装置を採用することができる。

20

加工度が 3 未満では十分な形状矯正が施されない事から、切断後に反りなどの形状不良が発生するおそれがある。この観点からは加工度を 3 . 5 以上にすることが望ましい。更に望ましくは 4 以上である。一方、加工度が 10 超となると曲げ加工によって加えられる曲げ歪みが高くなりすぎるために、ヤング率が低下するおそれがある。この観点からは加工度を 9 . 5 以下にする事が望ましい。更に望ましくは 9 以下である。

$$3 \leq (t / 2 R) / (Y P / E) \leq 10 \quad (1)$$

ここで t : 板厚 (mm)、R : ロールレベラー半径 (mm)、Y P : 圧延方向の降伏強度 (M P a)、E : 圧延方向のヤング率 (M P a)、である。

【 0 0 4 5 】

以上説明したような、本発明に係る高強度熱延鋼板およびその製造方法によれば、上記構成により、圧延方向と幅方向の剛性が高く、また任意の方向に切断した際に反りなどの形状不良が発生しにくい高強度熱延鋼板を低コストで実現することが出来る。従って、例えば、大型クレーンのブームをはじめとする建機の構造用部材等に本発明を適用することにより、ブーム自体の軽量化、および、つり上げ運搬容量の拡大を図ることができ、作業効率が顕著に向上するメリットを十分に享受することができることから、その社会的貢献は計り知れない。

30

【 実施例 】

【 0 0 4 6 】

以下、本発明の高強度熱延鋼板およびその製造方法の実施例を挙げ、本発明をより具体的に説明するが、本発明は、もとより下記実施例に限定されるものではなく、前、後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に含まれるものである。

40

【 0 0 4 7 】

本実施例においては、まず、下記表 1 に示す組成を有する鋼を溶製し、下記表 2 に示す条件で熱間圧延を行い、熱延鋼帯とし、巻き取ってコイル状とした後空冷で常温まで冷却した。

次に、常温まで冷却したコイルをロールレベラー 2 機を有する切断ラインに供し、ロールレベラーによる矯正後に 3000 mm 長さに切断した。ロールレベラーの直径はいずれも 370 mm (半径 R は 185 mm) である。また、上記式 (1) に用いるヤング率はいずれも圧延方向 (L 方向) ヤング率が 206 G P a よりも大きい場合は測定値、206 G

50

Pa未満の場合は206GPaとした。なお、式(1)中のヤング率Eの単位はGPaからMPaに換算して計算した。下記表2には得られた熱延板の特性を調査した結果も併せて示す。

なお、表2に示す製造条件や特性等の各項目は以下の通りである。

SRT(): 熱間圧延を行う際の鋼片(スラブ)の加熱温度

圧下率(%): 1000以下でのトータル圧下率(合計圧下率)

FT(): 熱間圧延終了温度(仕上げ温度)

CT(): 巻取温度

加工度: (板厚 t / $2R$) / (YP(L) / E(L))

E(L)(GPa): 圧延方向のヤング率

E(C)(GPa): 幅方向のヤング率

Ave. E(GPa): 圧延方向及び幅方向のヤング率の平均値

YP(L)(MPa): 圧延方向の降伏応力(降伏強度)

TS(L)(MPa): 圧延方向の引張強度

YR(L): 圧延方向における降伏比(YP(L) / TS(L))

YP(C)(MPa): 幅方向の降伏応力(降伏強度)

TS(C)(MPa): 幅方向の引張強度

YR(C): 幅方向における降伏比(YP(C) / TS(C))

【0048】

引張特性は、JIS5号引張試験片を圧延方向に対して平行および直角方向から採取し引張特性を評価した。また、形状は圧延方向に条切りを行ったサンプルの曲がり(キャンバー)から評価した。また、ヤング率は、上述した引張法により測定した。

キャンバーは、曲率半径 ρ について以下の基準により評価を行った。

○: 5000m ρ

: 3500m ρ 5000m

×: $\rho < 5000m$

また、表面性状についての評価基準は次のとおりである。

○: スケール起因の表面疵無し

: スケール起因の表面疵発生箇所の面積率20%以下

×: スケール起因の表面疵発生箇所の面積率20%超

なお、キャンバー、表面性状ともに、「○」及び「」を良好なもの、そして「×」を不良なものとして評価した。

【0049】

また、板厚全厚での{112}<110>方位の強度比は以下のようにして測定した。

まず、鋼板を圧延方向断面が研磨面となるように樹脂に埋め込み、機械研磨およびバフ研磨した後、コロイダルシリカで仕上げ研磨を行った。この試験片において、板厚の全厚×2mmの領域の結晶方位をEBSDで測定した。測定間隔は5 μ mとした。

以下に、本実施例の結果の詳細について述べる。

【0050】

表2から明らかなように、本発明で規定する化学成分を有する鋼を適正な条件で熱間圧延、巻取り後、ロールレベラーの形状矯正を加えた場合には、圧延方向と幅方向のヤング率がいずれも207GPa以上、かつ平均値が215GPa以上、かつ切断後に反りや曲がり(キャンバー)などの形状不良が発生しない鋼板を得る事が出来た。

【0051】

一方、製造No.33~35は、化学成分が本発明の規定の範囲外である鋼No.Q~S(表1、表2参照)を用いた比較例である。製造No.33は、Cの添加量が適正範囲を下回っており、強度が不足している。また、製造No.34はTiとNbが無添加なため、{112}<110>への集積度が低くヤング率が向上しない。また、強度も低下している。製造No.35は、Si、Mnの添加量が高すぎるために、降伏強度が高くなりすぎて加工度の値が低く、レベラーでの加工が十分加えられず、切断後のキャンバーが大

10

20

30

40

50

きくなる。

【 0 0 5 2 】

製造 No. 2, 4, 12, 18, 24 は、いずれも化学成分は本発明の規定を満足しているが、{ 1 1 2 } < 1 1 0 > が十分発達しなかったためにヤング率が低下している。

製造 No. 2 は、スラブの加熱温度、仕上温度のいずれもが高すぎるために、熱間圧延中の再結晶が過度に進み集合組織がランダム化したため、変態後の { 1 1 2 } < 1 1 0 > 強度比が低下し、ヤング率が低下した。また、巻取温度が高すぎるために炭化物が粗大化してしまい、強度が低下した。

製造 No. 4 は 1 0 0 0 以下での圧下率が低すぎるために十分な熱延による集合組織が発達せず、ヤング率が低下している。

一方、製造 No. 12 は 1 0 0 0 以下での圧下率が高すぎたために、熱間再結晶が過度に促進され、集合組織がランダム化したため、変態後の { 1 1 2 } < 1 1 0 > 強度比が低下し、圧延方向ならびに幅方向それぞれのヤング率の平均値が低下した例である。

製造 No. 18 は仕上げ温度が高すぎるために熱間圧延中の再結晶が過度に促進されると共に、1 0 0 0 以下での圧下率も低すぎるために集合組織がランダム化したため、変態後の { 1 1 2 } < 1 1 0 > 強度比が低下し、圧延方向ならびに幅方向それぞれのヤング率の平均値が低下した例である。

製造 No. 24 は熱延の仕上げ温度が低すぎたために、変態点以下で熱延が行われた結果、異なる結晶方位が発達して結果として { 1 1 2 } < 1 1 0 > 強度比が低下し、圧延方向ならびに幅方向それぞれのヤング率の平均値が低下した例である。

【 0 0 5 3 】

製造 No. 6 は降伏強度が低すぎるため、そして製造 No. 22 と 32 は板厚が厚すぎるために加工度が高くなりすぎ、{ 1 1 2 } < 1 1 0 > 方位は発達しているのにヤング率が低下した例である。

製造 No. 8 は巻取温度が低すぎて強度が低下している。

また製造 No. 28 は板厚薄すぎて加工度が低すぎるために形状が劣化した例である。

以上説明した実施例の結果より、本発明により、高い剛性を有し、かつ、切断後の形状が良好な延方向の剛性に優れた高強度熱延鋼板が実現可能となることが明らかである。

【 0 0 5 4 】

10

20

【表 1】

鋼 No.	成分 (質量%)																	備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	B	Nb	Mo	Cr	W	Cu	Ni	V	Ca、Mg、Zr、Rem	
A	0.09	0.31	1.4	0.017	0.0030	0.032	0.0024	0.012		0.040							0.001Mg	本発明例
B	0.07	0.25	1.3	0.010	0.0024	0.043	0.0012			0.043		0.50						本発明例
C	0.08	0.01	1.2	0.010	0.0012	0.032	0.0016	0.020	0.0018	0.020								本発明例
D	0.06	0.01	1.5	0.010	0.0012	0.032	0.0016	0.040						0.07	0.03			本発明例
E	0.05	0.15	1.4	0.015	0.0007	0.026	0.0029	0.070	0.0015									本発明例
F	0.06	0.01	2.0	0.011	0.0016	0.029	0.0018	0.110		0.030								本発明例
G	0.08	0.54	1.9	0.016	0.0014	0.037	0.0022	0.020									0.002REM	本発明例
H	0.10	0.01	1.7	0.012	0.0021	0.036	0.0023	0.080	0.0012	0.048			0.10					本発明例
I	0.06	0.15	2.0	0.010	0.0015	0.025	0.0015	0.090		0.045								本発明例
J	0.11	0.02	1.6	0.010	0.0010	0.029	0.0020	0.078	0.0015	0.052		0.52						本発明例
K	0.11	0.12	1.8	0.011	0.0025	0.033	0.0018	0.057	0.0012	0.034		0.41						本発明例
L	0.12	0.13	0.8	0.010	0.0015	0.029	0.0019			0.042	0.40	0.80		0.20	0.10		0.0005Ca	本発明例
M	0.09	0.12	1.7	0.009	0.0050	0.030	0.0031	0.035	0.0010		0.15	1.00						本発明例
N	0.10	0.13	1.9	0.008	0.0043	0.043	0.0028	0.041	0.0009	0.040		0.70		0.10	0.05			本発明例
O	0.06	0.40	2.1	0.008	0.0021	0.023	0.0014	0.120		0.060	0.30					0.06		本発明例
P	0.12	0.55	1.6	0.012	0.0043	0.035	0.0022	0.060	0.0018		0.25	0.50						本発明例
Q	0.002	0.14	1.5	0.012	0.0020	0.035	0.0025	0.040	0.0010	0.020								比較例
R	0.07	0.10	1.6	0.010	0.0018	0.038	0.0030											比較例
S	0.16	1.00	2.5	0.009	0.0033	0.028	0.0022	0.070	0.0024	0.055	0.30	0.50						比較例

【表 2】

製造 No	鋼 No.	板厚 mm	SRT °C	圧下率 %	FT °C	CT °C	加工度	[112]<110> 方位の強度比	E(L) GPa	E(C) GPa	Ave. E GPa	YP(L) MPa	TS(L) MPa	YR(L) MPa	YP(C) MPa	TS(C) MPa	YR(C)	キャンパー	表面性状	備考
1	A	4.5	1200	57	900	580	4.7	3.0	209	225	217.0	545	612	0.89	568	633	0.90	○	○	本発明例
2		6.0	1320	35	965	730	7.5	2.1	204	218	211.0	445	543	0.82	446	545	0.82	○	△	比較例
3	B	5.0	1210	76	879	500	5.3	5.2	212	227	219.5	544	618	0.88	577	645	0.89	○	○	本発明例
4		6.0	1200	18	929	520	6.4	2.3	205	220	212.5	521	599	0.87	530	601	0.88	○	△	比較例
5	C	6.0	1230	49	920	580	5.9	3.2	211	225	218.0	582	633	0.92	606	653	0.93	○	○	本発明例
6		10.0	1210	67	893	490	11.3	4.1	204	219	211.5	494	603	0.82	524	622	0.84	○	○	比較例
7	D	8.0	1220	74	889	550	7.8	4.4	209	230	219.5	576	626	0.92	603	648	0.93	○	○	本発明例
8		4.0	1200	43	925	440	4.9	3.2	209	228	218.5	462	557	0.83	487	582	0.84	○	○	比較例
9	E	6.0	1180	59	913	600	6.3	3.6	210	228	219.0	542	623	0.87	570	652	0.87	○	○	本発明例
10		5.0	1210	37	927	620	5.0	3.0	211	225	218.0	576	633	0.91	601	654	0.92	○	○	本発明例
11	F	8.0	1190	55	906	630	6.4	3.5	209	228	218.5	705	801	0.88	738	828	0.89	○	○	本発明例
12		9.0	1200	96	912	600	7.2	1.8	209	218	213.5	706	793	0.89	708	789	0.90	○	○	比較例
13	G	4.5	1250	69	892	580	3.7	4.7	215	231	223.0	716	823	0.87	751	846	0.89	○	○	本発明例
14		6.0	1230	57	920	600	4.8	4.0	211	227	219.0	712	800	0.89	749	832	0.90	○	△	本発明例
15	H	8.0	1200	63	900	550	6.6	3.8	211	226	218.5	690	802	0.86	720	832	0.87	○	○	本発明例
16		9.0	1190	78	898	570	6.9	3.6	209	230	219.5	741	823	0.90	770	855	0.90	○	○	本発明例
17	I	6.0	1200	75	886	550	4.6	4.2	213	228	220.5	747	812	0.92	784	841	0.93	○	○	本発明例
18		8.0	1200	19	922	600	6.3	1.8	209	210	209.5	712	838	0.85	711	843	0.84	○	○	比較例
19	J	8.0	1210	74	865	590	6.2	5.3	213	228	220.5	741	805	0.92	770	839	0.92	○	○	本発明例
20		5.0	1200	63	905	500	4.0	3.6	212	230	221.0	725	833	0.87	755	858	0.88	○	○	本発明例
21	K	6.0	1190	72	915	490	4.8	3.5	210	231	220.5	706	802	0.88	737	837	0.88	○	○	本発明例
22		18.0	1190	49	910	530	14.5	3.7	204	220	212.0	692	805	0.86	724	835	0.87	○	○	比較例
23	L	4.5	1230	68	902	580	3.7	3.8	214	227	220.5	704	838	0.84	738	867	0.85	○	○	本発明例
24		10.0	1220	79	800	450	8.1	2.2	208	219	213.5	692	844	0.82	694	848	0.82	○	○	比較例
25	M	6.0	1230	72	880	580	4.0	4.9	217	228	222.5	874	1083	0.81	908	1115	0.81	○	○	本発明例
26		8.0	1210	79	893	620	5.1	4.5	212	229	220.5	901	1012	0.89	942	1044	0.90	○	○	本発明例
27	N	5.5	1230	57	886	600	3.6	4.4	214	222	218.0	889	1052	0.85	927	1088	0.85	△	○	本発明例
28		3.0	1240	78	890	560	1.9	5.8	215	225	220.0	900	1072	0.84	944	1103	0.86	×	○	比較例
29	O	8.0	1200	49	923	550	4.9	3.0	208	231	219.5	910	1034	0.88	947	1066	0.89	○	△	本発明例
30		6.0	1180	51	910	590	3.8	3.7	211	227	219.0	908	998	0.91	939	1028	0.91	○	○	本発明例
31	P	6.0	1200	72	898	500	3.8	3.9	214	223	218.5	906	1029	0.88	950	1066	0.89	○	△	本発明例
32		17.0	1230	68	923	520	10.6	4.2	202	223	212.5	903	1083	0.83	941	1119	0.84	○	△	比較例
33	Q	4.0	1230	76	875	600	7.7	5.9	215	238	226.5	302	452	0.67	312	461	0.68	○	○	比較例
34	R	4.5	1180	75	918	540	6.2	1.8	205	208	206.5	405	557	0.73	415	562	0.74	○	○	比較例
35	S	5.0	1200	77	900	470	2.6	4.7	212	226	219.0	1089	1100	0.99	1105	1107	1.00	×	×	比較例

【産業上の利用可能性】

【0056】

本発明で示された高強度熱延鋼板は、例えば、大型クレーンのブームをはじめとする建

10

20

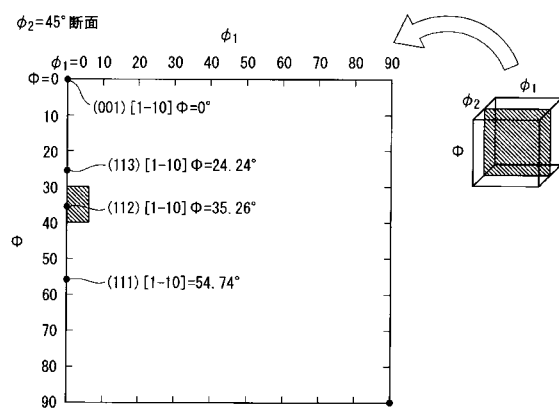
30

40

50

機の構造用部材等に適用することにより、ブーム自体の軽量化、および、つり上げ運搬容量の拡大を図ることができ、作業効率が顕著に向上するメリットを十分に享受することができることから、その社会的貢献は計り知れない。

【 図 1 】



フロントページの続き

- (72)発明者 杉浦 夏子
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 丸山 直紀
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 石田 欽也
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 伊丹 淳
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

F ターム(参考) 4K037 EA01 EA02 EA05 EA06 EA09 EA11 EA13 EA14 EA15 EA16
EA17 EA18 EA19 EA20 EA23 EA25 EA27 EA31 EA32 EA33
EA35 EA36 EB05 EB07 EB08 EB09 FA02 FA03 FB10 FC04
FE01 FE02 JA06