

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4951997号

(P4951997)

(45) 発行日 平成24年6月13日(2012.6.13)

(24) 登録日 平成24年3月23日(2012.3.23)

(51) Int.Cl.

F I

C 2 1 D 8/02 (2006.01)
 C 2 2 C 38/00 (2006.01)
 C 2 2 C 38/12 (2006.01)
 C 2 2 C 38/58 (2006.01)
 B 2 1 B 45/00 (2006.01)

C 2 1 D 8/02 B
 C 2 2 C 38/00 3 O 1 A
 C 2 2 C 38/12
 C 2 2 C 38/58
 B 2 1 B 45/00 N

請求項の数 5 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2006-49687(P2006-49687)
 (22) 出願日 平成18年2月27日(2006.2.27)
 (65) 公開番号 特開2007-177318(P2007-177318A)
 (43) 公開日 平成19年7月12日(2007.7.12)
 審査請求日 平成20年9月25日(2008.9.25)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-90547(P2005-90547)
 (32) 優先日 平成17年3月28日(2005.3.28)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-90548(P2005-90548)
 (32) 優先日 平成17年3月28日(2005.3.28)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-251873(P2005-251873)
 (32) 優先日 平成17年8月31日(2005.8.31)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000001258
 J F E スチール株式会社
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
 (74) 代理人 100105968
 弁理士 落合 憲一郎
 (74) 代理人 100130834
 弁理士 森 和弘
 (72) 発明者 柚賀 正雄
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
 F E スチール株式会社内
 (72) 発明者 林 謙次
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
 F E スチール株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 引張強さが550MPa以上の高張力鋼板の製造方法。

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、C：0.02～0.15%、Si：0.01～0.55%、Mn：0.5～2%、Nb：0.005～0.06%、Al：0.005～0.1%、N：0.0005～0.005%、更に、Mo：0.05～1%、V：0.005～0.1%の一種または二種、並びに、Cu 1%、Ni 2%、Cr 1%の一種または二種以上を含有するスラブを1000 以上1350 以下の温度に加熱後、熱間圧延し鋼板とした後、板厚方向の平均温度が A_{r3} 変態点以上の温度から400 以上650 以下の温度まで加速冷却する際、鋼板表面の温度が300 以上の温度域において、冷却停止時間が1.5秒以上、1.5秒以下となる非冷却域を設けて加速冷却し、その後、誘導加熱装置を用いて、板厚中心温度が A_{c1} 変態点以下、かつ板表面の最高到達温度が A_{c1} 変態点超となる再加熱処理を施すことを特徴とする、引張強さが550MPa以上の高張力鋼板の製造方法。

【請求項2】

質量%で、C：0.02～0.15%、Si：0.01～0.55%、Mn：0.5～2%、Nb：0.005～0.06%、Al：0.005～0.1%、N：0.0005～0.005%、更に、Mo：0.05～1%、V：0.005～0.1%の一種または二種、並びに、Cu 1%、Ni 2%、Cr 1%の一種または二種以上を含有するスラブを1000 以上1350 以下の温度に加熱後、熱間圧延し鋼板とした後、板厚方向の平均温度が A_{r3} 変態点以上の温度から400 未満の温度まで直接焼入れする際、鋼板表面の温度が300 以上の温度域において、冷却停止時間が1.5秒以上、1.5秒

以下となる非冷却域を設けて直接焼入れし、その後、誘導加熱装置を用いて、板厚中心温度が $A c_1$ 変態点以下、かつ板表面の最高到達温度が $A c_1$ 変態点超となる再加熱処理を施すことを特徴とする、引張強さが 550 MPa 以上の高張力鋼板の製造方法。

【請求項 3】

更に、質量％で、 Ti 0.025％、 B 0.002％、 Ca 0.01％、 REM 0.01％の一種または二種を含有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の引張強さが 550 MPa 以上の高張力鋼板の製造方法。

【請求項 4】

再加熱処理後の鋼板の板厚方向の硬さ分布が下式 (1) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の引張強さが 550 MPa 以上の高張力鋼板の製造方法。

10

表面部分の硬さ < 板厚中心部の硬さ + 45 HV ... (1)

【請求項 5】

再加熱処理後の鋼板の表面から 4 mm の部分の降伏強度が下式 (2) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の引張強さが 550 MPa 以上の高張力鋼板の製造方法。

表面から 4 mm の部分の降伏強度 < 全厚の降伏強度 + 90 MPa ... (2)

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、建築物、橋梁、貯蔵タンク、圧力容器など鉄鋼構造物に用いられる加速冷却型または直接焼入れ型高張力鋼板の製造方法および高張力鋼板に関し、特に加工性および耐硫化物応力腐食割れ特性に優れた加速冷却型または直接焼入れ型高張力鋼板の製造方法および高張力鋼板として好適なものに関する。

20

【背景技術】

【0002】

建築、橋梁、貯蔵タンク、圧力容器などの鉄鋼構造物に用いられる鋼板は、強度が高く、靱性が優れていることと、成形時のスプリングバックの少なさなど加工性も要求される。

【0003】

近年、それらの鋼材に対しては高強度化が求められ、550 MPa 級以上の高張力鋼板が多く用いられているが、鋼材の高強度化に伴い、加工性が低下する傾向にあるため、加工性の改善に対する要望は強い。

30

【0004】

また、貯蔵タンク、圧力容器用鋼板に対しては、硫化物応力腐食割れ（以下、「SSC」とする。）の観点から、表面部分の硬さの低減も求められる。

【0005】

一般的に、加工性の改善には、鋼材の塑性変形能を高める目的で、塑性変形能の指数である降伏比（以下、「YR」とする。）の低減が考えられる。

【0006】

引張強さ（以下、「TS」とする。）が 570 MPa 級以上の鋼の降伏比低減の手段としては、特許文献 1 などで提案されている（+）2 相域からの焼入を含む多段熱処理によって、フェライトと硬質の第 2 相からなる混合組織を生成させる方法が一般的である。

40

【0007】

しかし、この方法は大幅な低 YR 化が可能である一方、再加熱処理が必要となるため、製造コストが増大する。

【0008】

また、特許文献 2 では、圧延後から水冷開始までに鋼板を空冷する時間を設けることにより初析フェライトを生成させることによって低 YR 化を図る方法が提案されている。この方法では、生産性が著しく低下し、製造コストが増大する。

50

【0009】

さらに、特許文献3、特許文献4では、 $A r_3$ 点以上からの冷却において $5 \sim 15 \text{ } / \text{sec}$ の比較的遅い冷却速度に制御する方法が提案されている。この方法も、生産性が著しく低下し、製造コストが増大する。また、特許文献4の実施例には、 500 MPa 級の鋼板が記載されているに過ぎない。

【0010】

特許文献5、特許文献6では、圧延後の加速冷却を $A r_3$ 点直下で停止し、誘導加熱により再加熱することで低 $Y R$ 化を図る方法が提案されている。この方法は、既存の設備に加え、新たな加熱設備が必要となる。

【0011】

一方、硫化物応力腐食割れ(SSC)は鋼材の種類と腐食環境の種類に依存し、 LPG タンクやその他の圧力容器では、 SSC の発生する危険があることはよく知られている。 SSC は、硫化水素(H_2S)による腐食反応によって発生した水素が多量に鋼中に侵入するために生じる水素割れの一種と考えられている。

【0012】

一般に、 60 キロ級以上の高張力鋼板では SSC が問題となり、 $PWHT$ (溶接後熱処理)により HAZ (溶接熱影響部)を含めた硬さの低減が必須条件となっており、 SSC に対しても、硬さを制限することが有効である($ピッカース$ 硬さ 248 HV 以下、 $ロックウェル$ 硬さ 22 HRC 以下)。

【0013】

耐 SSC 特性に優れた高張力鋼板の製造方法として、特許文献7では、鋼板表面にエレクトロンビームやレーザービームなどを照射して表面部分を軟化させることが提案されている。しかし、この方法を、実際の厚鋼板の製造において鋼板の表裏面に対して用いることは、操業効率を著しく阻害するため、現実的でない。

【0014】

また、表面部分を軟化させる手段として、特許文献8では、冷却を一旦中断し、表面に生成したベイナイト相を、表面温度を $A c_1$ 変態点以上に復熱させることにより、部分的に軟質のフェライト相に変態させた後、再び冷却する方法が提案されている。

【0015】

しかし、この方法では、一旦冷却された表面部分を、 $A c_1$ 変態点以上の比較的高温に復熱するまで、冷却中断し、また、ベイナイト相をフェライト相に変態させるために、比較的長時間を要し、冷却初期段階において板厚中心部の冷却速度が低下してしまっており、高い冷却速度とした場合ほどの効果を発揮させることができない。

【0016】

また、鋼板内部の熱を利用した表面部分の復熱の場合、表面部分のみならず、その内部も高温になるために、大幅な強度低下も懸念される。

【0017】

なお、後述の、発明を実施するための最良の形態に登場するため、非特許文献1をここで挙げておく。

【特許文献1】特公昭59-52207号公報

【特許文献2】特開昭59-211528号公報

【特許文献3】特開平1-176027号公報

【特許文献4】特開平5-214440号公報

【特許文献5】特開2003-213332号公報

【特許文献6】特開2003-213333号公報

【特許文献7】特開平4-17613号公報

【特許文献8】特開平3-188216号公報

【非特許文献1】制御圧延・制御冷却(1997年2月10日、小指軍夫著、日本鉄鋼協会監修)p12、p47

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

上述したように、低Y R化、加工性の向上、耐SSC特性の向上に対しては、表面部分の硬さの低減が効果的であり、その方法として、再加熱処理や冷却開始温度の規制によるミクロ組織制御が提案されているが、従来技術では、生産性の低下、またそれによる製造コストの増大が課題である。

【0019】

本発明は、これらの事実を鑑みてなされたもので、生産性の低下および製造コストの増大を引き起こすことなく、優れた加工性と優れた耐SSC特性ならびに高い強度を有する加速冷却型高張力鋼板あるいは直接焼入れ型高張力鋼板と、それを経済的に、安定して製造する方法の提供を目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0020】

発明者らは、加速冷却型高張力鋼板あるいは直接焼入れ型高張力鋼板を対象に、加工性を向上させる方法について鋭意研究を進め、1. 加速冷却後、あるいは、直接焼入れ後、誘導加熱装置により再加熱処理を施した場合、鋼板内部の強度を低下させずに、表面部分の硬化層を軟化させることができること、また、表面部分の軟化により表面部分の降伏強度を低くすることができること、2. その結果、曲げ加工時のスプリングバック量が軽減し、曲げ加工時の荷重を低減できること、及び加工精度が向上すること、を見出した。

【0021】

20

本発明は、得られた知見を基に更に検討を加えてなされたものである。すなわち、本発明は、

1. 質量%で、C: 0.02 ~ 0.15%、Si: 0.01 ~ 0.55%、Mn: 0.5 ~ 2%、Nb: 0.005 ~ 0.06%、Al: 0.005 ~ 0.1%、N: 0.0005 ~ 0.005%、更に、Mo: 0.05 ~ 1%、V: 0.005 ~ 0.1%の一種または二種、並びに、Cu 1%、Ni 2%、Cr 1%の一種または二種以上を含有するスラブを1000 以上1350 以下の温度に加熱後、熱間圧延し鋼板とした後、板厚方向の平均温度が A_{r3} 変態点以上の温度から400 以上650 以下の温度まで加速冷却する際、鋼板表面の温度が300 以上の温度域において、冷却停止時間が1.5秒以上、15秒以下となる非冷却域を設けて加速冷却し、その後、誘導加熱装置を用いて、板厚中心温度が A_{c1} 変態点以下、かつ板表面の最高到達温度が A_{c1} 変態点超となる再加熱処理を施すことを特徴とする、引張強さが550 MPa以上の高張力鋼板の製造方法。

30

【0022】

2. 質量%で、C: 0.02 ~ 0.15%、Si: 0.01 ~ 0.55%、Mn: 0.5 ~ 2%、Nb: 0.005 ~ 0.06%、Al: 0.005 ~ 0.1%、N: 0.0005 ~ 0.005%、更に、Mo: 0.05 ~ 1%、V: 0.005 ~ 0.1%の一種または二種、並びに、Cu 1%、Ni 2%、Cr 1%の一種または二種以上を含有するスラブを1000 以上1350 以下の温度に加熱後、熱間圧延し鋼板とした後、板厚方向の平均温度が A_{r3} 変態点以上の温度から400 未満の温度まで直接焼入れする際、鋼板表面の温度が300 以上の温度域において、冷却停止時間が1.5秒以上、15秒以下となる非冷却域を設けて直接焼入れし、その後、誘導加熱装置を用いて、板厚中心温度が A_{c1} 変態点以下、かつ板表面の最高到達温度が A_{c1} 変態点超となる再加熱処理を施すことを特徴とする、引張強さが550 MPa以上の高張力鋼板の製造方法。

40

【0023】

3. 更に、質量%で、Ti 0.025%、B 0.002%、Ca 0.01%、REM 0.01%の一種または二種を含有することを特徴とする1または2記載の引張強さが550 MPa以上の高張力鋼板の製造方法。

【0024】

4. 再加熱処理後の鋼板の板厚方向の硬さ分布が下式(1)を満たすことを特徴とする1

50

乃至 3 の何れか 1 項に記載の引張強さが 550 MPa 以上の高張力鋼板の製造方法。

表面部分の硬さ < 板厚中心部の硬さ + 45 HV ... (1)

【0025】

5. 再加熱処理後の鋼板の表面から 4 mm の部分の降伏強度が下式 (2) を満たすことを特徴とする 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の引張強さが 550 MPa 以上の高張力鋼板の製造方法。

表面から 4 mm の部分の降伏強度 < 全厚の降伏強度 + 90 MPa ... (2)

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、鋼板表面部分の硬さを減じることにより、耐 SSC 特性に優れ、かつ、優れた加工性と高い強度を両立する加速冷却型高張力鋼板あるいは直接焼入れ型高張力鋼板を経済的に得ることができ、産業上極めて有用である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

本発明では、加速冷却後、あるいは直接焼入れ後、誘導加熱装置を用い、特定温度領域に再加熱することにより、鋼板内部は軟化させずに、硬化した鋼板の表面部分は軟化させることを特徴とする。

【0034】

[スラブ加熱 - 圧延条件]

スラブ加熱温度は、鋼中の成分を均一化し、Mo、Nb、V などの析出強化元素を固溶させるため 1000 以上、好ましくは 1050 以上を確保する必要がある。加熱温度が高過ぎると、結晶粒が粗大化し母材の靱性低下を招く恐れがあるために 1350 以下とし、好ましくは 1250 以下とする。

【0035】

また、母材の靱性を向上させ、安定的に維持する観点から、1050 以下の温度域で圧下率 20% 以上の累積圧下を付与することが望ましい。これにより、粒の再結晶に伴い組織が細粒化し、母材の靱性の向上および安定化が図れる。同様の効果を狙い、各圧延パス毎の圧下率を 5% 以上、さらには 10% 以上とすることが望ましい。

【0036】

[加速冷却、直接焼入れ]

加速冷却とは、本発明では、水冷することを意味するに過ぎないが、冷却後の鋼板の板厚方向の平均温度が 400 を下回らない温度までしか水冷により冷却しないという意味で、便宜上、この言葉を用い、非特許文献 1 などに登場する直接焼入れという言葉と区別するようにしている。すなわち、直接焼入れもまた、水冷することを意味するに過ぎないが、400 未満の温度まで水冷により冷却する場合は、直接焼入れ、ということになる。

【0037】

本発明では、加速冷却の場合、熱間圧延して鋼板とした後、板厚方向の平均温度が Ar₃ 変態点以上の温度から 400 以上 650 以下の温度まで加速冷却する。加速冷却の冷却効果を十分に得、引張強さ 550 MPa 以上の強度を確保するためには、650 以下まで冷却する必要がある。

【0038】

一方、直接焼入れの場合、熱間圧延して鋼板とした後、板厚方向の平均温度が Ar₃ 変態点以上の温度から 400 未満の温度まで直接焼入れする。

【0039】

鋼板の板厚が厚い場合や、冷却速度が速い場合、板厚方向の各部位で温度履歴が異なるため、鋼材の全体的な材質と最も良く関係する板厚方向の平均温度を指標とする。

【0040】

尚、板厚方向の平均温度は、板厚、表面温度および冷却条件等から、シミュレーション計算等により求められるものを用いることができる。例えば、差分法を用い、板厚方向の

10

20

30

40

50

温度分布を平均化することにより得られた温度を平均温度とすることができる。

【 0 0 4 1 】

曲げ加工性をより向上させるために表面部分の硬化層を更に軟化させる場合、加速冷却中、あるいは直接焼入れ中に冷却を停止する非冷却域を少なくとも 1 回設けるようにしてもよい。

【 0 0 4 2 】

図 2 (a) に加速冷却中に非冷却域を 2 回設けた場合の鋼板温度の変化を、そして、図 2 (b) に直接焼入れ中に非冷却域を 2 回設けた場合の鋼板温度の変化を、連続冷却の場合と対比して模式的に示す。鋼板内部の熱により、鋼板表面部分が復熱し、硬化層が軟化する。

10

【 0 0 4 3 】

非冷却域は、加速冷却中、あるいは直接焼入れ中の、鋼板表面が 3 0 0 以上の温度域において、冷却停止時間が 1 . 5 秒以上、1 5 秒以下となるように設ける。非冷却域を 1 回設ける場合は、冷却停止時間を 1 . 5 秒以上、1 5 秒以下とし、複数回設ける場合は、その合計の冷却停止時間が 1 . 5 秒以上、1 5 秒以下となるように冷却する。

【 0 0 4 4 】

冷却停止時間が 1 . 5 秒未満では表層軟化が十分でないため、曲げ加工特性の向上が十分でなく、1 5 秒を超えると強度が低下して、引張強さとして 5 5 0 M P a 以上が得られないため、1 . 5 秒以上、1 5 秒以下とする。

【 0 0 4 5 】

20

非冷却域を複数回設ける場合、一回の冷却停止時間は、冷却停止の効果を確実に得るため、0 . 2 秒以上、より好ましくは 0 . 8 秒以上とすることが好ましい。

【 0 0 4 6 】

図 3 に非冷却域を設ける加速冷却あるいは直接焼入れを行うのに好適な加速冷却装置を模式的に示す。加速冷却装置の先頭部 (図中の 4 , 6 等から構成される第 1 冷却ブロック) には、テーブルロール 2 上を矢印 X 方向に移送される高温の鋼板 1 の上面および下面に向けて、ヘッダー管 3 から供給される冷却水を噴射するスリットノズル 4 が、鋼板 1 の上下面に板幅方向に亘って複数設けられている。

【 0 0 4 7 】

第 1 冷却ブロックで冷却された鋼板 1 は、その移送方向下流側に、鋼板 1 の上下面両側に設置された一対のスプレーノズル 5、複数対により、逐次冷却される。複数対設置されたスプレーノズル 5 の間には、水切りロール 6 が配置されており、冷却水が他のブロックに漏れるのを可能な限り防止する。冷却停止は、遮断弁 7 により、スリットノズル 4、スプレーノズル 5 に供給される冷却水を停止させることで行う。

30

【 0 0 4 8 】

[誘導加熱装置による再加熱処理]

鋼板を加速冷却、あるいは直接焼入れした後、再加熱処理を、例えば、図 4 に示すような誘導加熱装置 1 0 で、板厚中心温度が 4 0 0 以上 $A c_1$ 変態点以下、かつ板表面の最高到達温度が $A c_1$ 変態点超となる条件で行うのが好ましい。

【 0 0 4 9 】

40

図 4 (a) は平面図、(b) は側面図、(c) は正面図である。図中、3 0 はテーブルローラを示す。別の加熱方法としては、例えば、図 5 に示すようなガスによる加熱方法もある。

【 0 0 5 0 】

加速冷却、あるいは直接焼入れを行った鋼板では、特に板厚が厚い場合には、板厚方向に冷却速度が異なるために、板厚内部と比較して表面部分が硬化する。そこで、通常ガス燃焼による加熱炉の代わりに、鋼板の表面部分に誘導電流が集中し、鋼板内部に比べて表面部分の温度が高い温度分布が得られる、誘導加熱装置を用いるのが好ましい。

【 0 0 5 1 】

再加熱条件は、鋼板表面の最高到達温度が $A c_1$ 変態点超の二相域温度で、且つ板厚中

50

心温度が $A c_1$ 変態点以下となる温度まで加熱する条件とする。加速冷却、あるいは直接焼入れにより表面部分に生成した、硬質のベイナイトあるいはマルテンサイトが、 $A c_1$ 変態点超 $A c_3$ 変態点未満の二相域温度に加熱されることにより、一部がオーステナイトに変態し、その後の冷却過程で軟質のフェライトを生成させる。このように、表面部分をフェライトを含む組織とすることにより、硬さとともに表面部分の降伏強度は低下する。

【0052】

また、オーステナイトに変態しない硬質の部分においても高温の焼戻し効果により硬さが低下する。これらの作用により、表面部分の硬さを低下させることが可能となる。尚、それとあわせて、加速冷却中、あるいは直接焼入れ中に非冷却域を設けた場合、冷却後の表面部分の硬さおよび降伏強度がより低下する。

10

【0053】

尚、本発明において、板厚中心温度は、誘導加熱装置による加熱の場合、鋼板内部に比べて表面部分の温度が高くなる温度分布となり、その後冷却すると、最初は表面部分の温度は低下し、一方、鋼板内部の温度は上昇し、ある時点で表面と板厚中心とで温度がほぼ一致して鋼板内部の温度が均一となる、その均一になったときの温度を指す。

【0054】

また、表面部分とは、本発明に示す再加熱処理を行っても、鋼板全体の強度に影響を及ぼさない程度の、表面から板厚方向にある程度の深さをもった、表層の領域のことを指す。

【0055】

20

加熱装置の配置は、オンラインでもオフラインでも構わないが、エネルギーコストの観点からは、加速冷却後、あるいは直接焼入れ後に加熱が可能なように、オンラインとするのが好ましい。

【0056】

[板厚方向の硬さ分布]

通常、板厚方向の硬さの分布は、表面付近で最も硬さが高くなり、板厚中心部で最も低くなる。表面部分の硬さが高いほど、耐SSC特性は低下し、また、加工性も低下することから、

表面部分の硬さ < 板厚中心部の硬さ + 45 HV

好ましくは、

表面部分の硬さ < 板厚中心部の硬さ + 35 HV

とする。

30

【0057】

[板厚方向の強度分布]

厚鋼板を曲げ加工した場合、板厚中央は中立点（曲げ加工による歪がゼロ）となり、曲げ加工の程度に応じて、中立点より外側が引張、内側が圧縮の応力を受ける。除荷後も曲げ加工後の形状が得られるのは、もっとも歪を大きく受ける、鋼板の表面・裏面側が降伏するためである。

【0058】

有限要素法による解析や、実際の曲げ試験によって、厚鋼板においては、概ね、表裏面から4mmの位置での降伏強度で曲げ加工性が決定し、以下の条件において大幅にスプリングバック量が低減することを見出した。

40

【0059】

表面から4mmの部分の降伏強度 < 全厚の降伏強度 + 90 MPa ... (2)
特に、加工度（板厚 / (加工半径 × 2)）が大きくなる場合は、より板厚中心部寄りまで降伏強度を低くすると、効果的である。

【0060】

表面部分の硬さが板厚中心部より低い場合は、加工性の向上が期待できることから、鋼板全厚としての強度が確保できる範囲で、表面部分の硬さは低い方が好ましい。

【0061】

50

〔成分組成〕

本発明に係る製造方法では、加熱温度が A_{c1} 変態点未満の領域では硬さは低下せず、表面部分では A_{c1} 変態点以上となって、硬さが低下する。図 1 に示す再加熱前の硬さの分布を有する鋼材に適用した場合、特に効果的でより均一な板厚方向の硬さ分布が得られる。

【0062】

溶接構造用高張力鋼板として、溶接性、靱性、強度を安定して確保することが可能で、本発明の適用に好ましい組成は、以下の通りである。％は質量％を示す。

【0063】

C : 0.02 ~ 0.15 %

10

C は、高張力鋼板としての母材強度確保に必要な元素である。0.02 % 未満では焼入性が低下し、また、Nb、V、Mo など析出強化型元素の炭化物を形成するための C 量が不十分となるため、Cu、Ni、Cr、Mo などの焼入性向上元素の多量添加が必要となり、コスト高、溶接性の低下を招く。

【0064】

また、大入熱溶接が施される場合には、溶接金属への C の希釈が少なくなり、継手強度の確保が困難となるため、0.02 % 以上、好ましくは、0.03 % 以上を添加する。一方、過剰な添加は母材靱性および溶接割れ感受性の増大を招き、また、溶接継手部の靱性低下を招くため、C 量の上限は 0.15 % とする。

【0065】

20

Si : 0.01 ~ 0.55 %

Si は、母材強度および溶接継手強度を確保する上で有効にはたらくので、0.01 % 以上添加することとした。しかし、0.55 % を超える多量の添加は、溶接割れ感受性を増大させ、溶接継手靱性を低下させる。

【0066】

Mn : 0.5 ~ 2 %

Mn は、母材強度および溶接継手強度を確保する上で有効に働くので、0.5 % 以上添加することとした。しかし、2 % を超える多量の添加は、溶接割れ感受性を増大させ、必要以上の焼入性をもたらし、母材靱性および継手靱性を低下させるため、上限は 2 %、好ましくは、1.6 % 以下とする。

30

【0067】

Al : 0.005 ~ 0.1 %

Al は、鋼の脱酸剤として 0.005 % 以上添加することとした。また、結晶粒の微細化による母材靱性確保のために、0.01 % 程度添加するようにしてもよい。しかし、0.1 % を超える Al 添加は母材靱性を低下させる。

【0068】

N : 0.0005 ~ 0.005 %

N は、Al、Nb などと反応して析出物を形成することで、結晶粒を微細化し、母材靱性を向上させる効果があるため添加する。0.0005 % 未満の添加では、結晶粒の微細化および強度確保に必要な析出物が形成されず、0.005 % を超える添加はむしろ母材および大入熱溶接継手の靱性を低下させる。

40

【0069】

Nb : 0.005 ~ 0.06 %

誘導加熱装置による加熱によって、 A_{c1} 変態点以下に加熱される鋼板内部において、析出強化および焼戻し軟化抵抗の増大により、顕著な強度低下が生じないように、Nb の添加量は 0.005 % 以上とするが、多量すぎる添加は強化に寄与せず、逆に、溶接継手靱性を低下させることから、上限は 0.06 %、好ましくは、0.04 % とする。

【0070】

以上が好ましい基本成分であるが、更に特性を向上させるため、Mo、V、Cu、Ni、Cr、Ti、B、Ca、REM の一種または二種以上を添加してもよい。

50

【0071】

Mo、V

誘導加熱装置による加熱によって、 A_{c1} 変態点以下に加熱される鋼板内部において、析出強化および焼戻し軟化抵抗の増大により、顕著な強度低下が生じないように、所望の特性に応じて、Mo、Vの1種または2種を添加してもよい。

【0072】

Moについては、溶接性の確保と必要以上の焼入性付与を防止するため、上限を1.0%とする。Nbは、母材強度確保に有効であり、Vは、母材強度と溶接継手強度を確保する上で有効にはたらくので、選択的に添加してもよいが、0.1%を超える添加は溶接割れ感受性を増大させる。

10

【0073】

Cu、Ni、Cr

さらに高強度を必要とする場合や、耐候性を必要とする場合に、Cu、Ni、Crのうち一種または二種以上を添加する。その場合、Cu、Crについては上限を1%、Niについては上限を2%とする。

【0074】

Ti、B

Tiは、ミクロ組織の細粒化のために、Bは、焼入性の向上のために添加してもよいが、Tiについては、0.025%を超える添加は母材靱性を低下させることから、添加量は0.025%以下とする。Bは、ごく微量の添加で焼入性を高める効果が得られるが、過剰に添加すると、BNを形成し、逆に焼入性の低下がおこり、また、溶接熱影響部が著しく硬化するため、上限は、0.002%とする。

20

【0075】

Ca 0.01%、REM 0.01%

Ca、REMは、靱性を低下させるMnSの形態を変化させる効果があり、圧延方向と垂直方向の靱性向上に有効であるが、過剰の添加は鋼の清浄度を低下させ、内部欠陥の原因となるため、それぞれ上限は0.01%とする。

【0076】

本発明を適用する鋼板を、上述した溶接構造用鋼として好ましい成分組成とした場合、引張り強さ550MPa以上で、表面部分の硬さ<板厚中心部の硬さ+45HVが得られ、優れた加工性と耐硫化物応力腐食割れ特性を備えた加速冷却型高張力鋼板、あるいは直接焼入れ型高張力鋼板が得られる。

30

【実施例】

【0077】

表1に示す化学成分の鋼を溶製し、鋼塊を作製し、種々の製造条件にて所定の板厚に熱間圧延後、加速冷却、あるいは直接焼入れを行い、誘導加熱装置による再加熱処理を施し、供試鋼を得た。加速冷却、あるいは直接焼入れは、連続冷却と、冷却中に非冷却域を設ける場合、両方行った。

【0078】

【表 1】

表1

鋼番	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Nb	Mo	V	Ti	B	Ca	REM	Sol.Al	N
A	0.055	0.23	1.55	0.008	0.003	-	0.32	-	0.023	-	0.035	-	-	0.002	-	0.025	0.0028
B	0.085	0.22	1.05	0.012	0.001	0.20	0.21	-	0.032	0.15	0.042	0.01	0.0002	-	0.002	0.035	0.0031
C	0.11	0.18	1.20	0.005	0.002	0.22	-	0.03	0.015	0.28	-	-	-	-	-	0.015	0.0025
D	0.12	0.25	1.15	0.009	0.002	0.25	0.33	0.05	0.021	0.26	-	0.01	0.0002	-	-	0.030	0.0030
E	0.060	0.21	1.60	0.015	0.003	-	0.23	0.06	0.001*	0.18	-	-	-	-	-	0.025	0.0034
F	0.014*	0.25	1.60	0.013	0.002	0.31	0.30	0.05	0.018	0.15	0.042	0.01	0.0002	-	-	0.035	0.0029
G	0.026	0.25	1.45	0.013	0.002	0.25	0.25	0.03	0.040	0.15	0.042	0.01	0.0002	-	-	0.035	0.0029
H	0.15	0.20	1.20	0.010	0.002	-	-	0.03	0.015	0.08	-	-	-	-	-	0.032	0.0030
I	0.10	0.20	1.25	0.012	0.002	-	-	0.05	0.007	0.15	0.030	-	-	-	-	0.030	0.0027
J	0.09	0.20	1.25	0.010	0.002	-	-	0.03	0.055	-	0.040	-	-	-	-	0.035	0.0031
K	0.09	0.20	1.25	0.010	0.002	-	-	0.03	0.022	0.06	0.041	-	-	-	-	0.034	0.0033
L	0.07	0.18	1.10	0.012	0.002	-	0.20	-	0.018	0.8	0.040	0.01	-	-	-	0.033	0.0032
M	0.09	0.25	1.35	0.013	0.002	-	-	0.05	0.022	0.06	0.007	-	0.0002	-	-	0.033	0.0034
N	0.09	0.25	1.35	0.013	0.002	-	-	0.05	0.022	0.06	0.090	-	0.0002	-	-	0.033	0.0033

注:*印本発明範囲外

母材の機械的性質の評価として、ビッカース硬さ試験（JIS Z 2244）、全厚の引張試験（JIS Z 2241）、シャルピー衝撃試験（JIS Z 2242）およびSSC試験を行った。更に、鋼板表面から4mmの位置が丁度板厚中心にくるように板厚4mmの引張試験片を採取し、引張試験を行った。

【0080】

硬さは、板厚方向の断面を、ダイヤを当てる面にして測定した、ビッカース硬さにより評価し、表面部分の硬さは、表面から板厚方向に0.5mmの位置の測定値である。

【0081】

SSC試験は、鋼板表面部分から板状試験片（1.5mm厚×4.6mm幅×67mm長）を採取し、NACE 3点曲げによって、降伏応力の100%および60%の応力を付与し、720時間溶液中に侵食するようにして行った。

10

【0082】

試験溶液は、0.5%CH₃COOH水溶液に、H₂Sガスを通気し、H₂S濃度100ppmの飽和水溶液を用いた。試験終了後、光学顕微鏡にて表面割れの有無を確認し、割れない場合を○、割れの発生が認められる場合を×と評価した。

[加速冷却の場合]

表2-1（その1～6）に上述した製造条件と各試験の結果を併せて示す（SSC試験結果は表中3点曲げ試験結果と標記）。表2中、No. 1～29は請求項1に係る本発明の実施例（発明例）と比較例で、No. 1, 5～11, 13, 15, 17, 21～24, 28～31は発明例であり、板表面の最高到達温度がAc₁変態点を超える加熱を行うことによって、表面部分の硬さが低下し、一部では、板厚中心部より低い硬さを実現しており、それらは優れた耐SSC特性を有していることが確認された。また、表面部分の硬さの低下によりYRは低下する傾向を示す。

20

【0083】

No. 3は、誘導加熱装置による加熱を行っておらず、また、No. 2, 14, 16, 18, 25, 26は、誘導加熱装置での再加熱による板表面の最高到達温度がAc₁変態点以下であるため、比較例で、表面部分が軟化しておらず、3点曲げ試験（SSC）において割れが生じている。

【0084】

No. 19（鋼番E）は、本発明で規定するNb量、No. 20（鋼番F）は、本発明で規定するC量を含有していないために比較例で、誘導加熱装置による加熱により表面部分が軟化するとともに鋼板内部の硬さも大幅に低下し、母材強度が低下している。No. 27は、スラブ加熱温度が、請求項1に係る本発明の範囲外であるため、比較例で、引張り強さ（TS）が低い。

30

【0085】

表2-1のNo. 32～34、No. 36～39、No. 41～43は、請求項3に係る本発明の実施例（発明例）で、表面部分の硬さが低下し、一部では、板厚中心部より低い硬さを実現しており、それらは優れた耐SSC特性を有していることが確認された。また、表面部分の硬さの低下によりYRは低下する傾向を示す。

【0086】

40

表2-1のNo. 35は、誘導加熱装置による加熱を行っていないため、表面部分の硬度が高く、また、No. 40は、合計の非冷却時間が15秒を超え、No. 44は、非冷却域が鋼板表面温度300℃未満に設けられているため、請求項3に係る本発明の範囲外であり、No. 40は引張り強さ（TS）が低く、No. 44は非冷却条件が範囲内の他のNo. のものに比べてHV（表面部分の硬さから板厚中心部の硬さを差し引いたもの）が高くなっていて、材質的にやや劣る。

【0087】

【表 2】

表2-1(その1)

No.	鋼番	板厚	Ac1 (°C)	加熱温度 °C	冷却 停止温度 °C	非冷却条件			誘導加熱			備考
						有無	非冷却開始温度-時間	回数	Total 非冷却時間	板厚中心温度 °C	板表面の最高到達 温度 °C	
1	A	20	728	1170	550	無	-	-	-	600	745	発明例
2	A	20	728	1170	550	無	-	-	-	610	670*	比較例
3	A	20	728	1170	550	無	-	-	-	-	-	比較例
4	A	20	728	1170	700*	無	-	-	-	625	760	比較例
5	A	20	728	1170	420	無	-	-	-	600	750	発明例
6	A	30	728	1180	580	無	-	-	-	630	765	発明例
7	A	50	728	1190	500	無	-	-	-	625	760	発明例
8	A	50	728	1190	500	無	-	-	-	630	785	発明例
9	A	50	728	1180	580	無	-	-	-	700	780	発明例
10	A	50	728	1180	580	無	-	-	-	530	755	発明例
11	A	50	728	1180	580	無	-	-	-	425	740	発明例
12	A	50	728	1180	580	無	-	-	-	380*	730	比較例
13	B	20	734	1200	570	無	-	-	-	625	760	発明例
14	B	20	734	1200	570	無	-	-	-	610	670*	比較例

注1:*印本発明範囲外

注2:△Hv表面硬度-中心部硬度

【表 3】

表2-1(その2)

No.	鋼番	板厚	Ac1 (°C)	冷却		非冷却条件			誘導加熱		備考	
				加熱温度 °C	停止温度 °C	有無	非冷却開始温度-時間	回数	Total 非冷却時間	板厚中心温度 °C		板表面の最高到達 温度 °C
15	C	20	740	1160	525	無	-	-	-	625	760	発明例
16	C	20	740	1160	525	無	-	-	-	610	670*	比較例
17	D	20	732	1170	550	無	-	-	-	625	760	発明例
18	D	20	732	1170	550	無	-	-	-	610	670*	比較例
19	E*	40	731	1120	500	無	-	-	-	650	760	比較例
20	F*	30	723	1150	580	無	-	-	-	600	750	比較例
21	G	30	732	1200	580	無	-	-	-	580	750	発明例
22	H	30	737	1150	580	無	-	-	-	600	765	発明例
23	I	30	737	1050	580	無	-	-	-	550	740	発明例
24	J	30	744	1220	580	無	-	-	-	600	775	発明例
25	J	30	744	1220	580	無	-	-	-	600	710*	比較例
26	J	30	744	1220	580	無	-	-	-	350*	650*	比較例
27	J	30	744	990*	580	無	-	-	-	600	755	比較例
28	K	30	737	1150	580	無	-	-	-	600	765	発明例
29	L	30	750	1150	580	無	-	-	-	600	765	発明例
30	M	30	739	1150	580	無	-	-	-	600	765	発明例
31	N	30	736	1150	580	無	-	-	-	600	765	発明例

注1:*印本発明範囲外

注2:ΔHv表面硬度-中心部硬度

【表 4】

表2-1(その3)

No.	鋼番	板厚	表面部分 の硬度 HV10	板厚中心部 の硬度 HV10	ΔHV	母材引張特性					母材靱性		3点曲げ試験結果(SSC)		備考
						YS MPa	表面YS MPa	ΔYS MPa	TS MPa	YR %	vTs °C	負荷応力			
												1.0σ _y	0.6σ _y		
1	A	20	230	205	25	559	603	44	651	86	-80	○	-	発明例	
2	A	20	262*	200	62*	577	722	145*	643	90	-71	×	-	比較例	
3	A	20	267	228	39	-	-	-	-	-	-	×	-	比較例	
4	A	20	190	176	14	444	-	-	544*	82	-10*	-	-	比較例	
5	A	20	227	210	17	540	565	15	650	83	-40	○	○	発明例	
6	A	30	230	217	13	565	582	17	672	84	-69	○	-	発明例	
7	A	50	231	200	31	540	579	39	647	83	-60	○	-	発明例	
8	A	50	213	213	0	512	505	-7	639	80	-59	○	-	発明例	
9	A	50	202	210	-8	522	489	-33	649	80	-46	○	-	発明例	
10	A	50	229	211	18	535	567	32	660	81	-78	○	-	発明例	
11	A	50	247	216	31	560	623	63	677	83	-85	○	-	発明例	
12	A	50	260	213	47*	572	665	93*	675	85	-46	×	-	比較例	
13	B	20	219	204	15	518	548	30	615	84	-74	○	-	発明例	
14	B	20	255*	207	48*	555	665	110*	620	90	-81	×	-	比較例	
15	C	20	242	216	26	568	642	74	665	85	-72	○	○	発明例	

注1: *印本発明範囲外

注2: 母材引張特性において、YS, TS, YRは全厚

注3: ΔYS=表面YS-YS(全厚)

【表 5】

表2-1(その4)

No.	鋼番	板厚	表面部分 の硬度 HV10	板厚中心部 の硬度 HV10	Δ HV	母材引張特性					母材靱性		3点曲げ試験結果(SSC)		備考
						YS MPa	表面YS MPa	Δ YS MPa	TS MPa	YR %	vTs °C	1.0 σ_y	1.0 σ_y	0.6 σ_y	
16	C	20	262*	207	55*	603	731	128*	660	91	-	x	-	-	比較例
17	D	20	256	265	-9	731	681	-	824	89	-83	-	-	○	発明例
18	D	20	309*	257	52*	765	-	-	836	92	-	-	-	x	比較例
19	E*	40	184	155	29	402	-	-	522*	77	-	-	-	-	比較例
20	F*	30	174	175	-1	400	-	-	522*	77	-	-	-	-	比較例
21	G	30	189	193	-4	437	416	-11	557	78	-81	○	-	-	発明例
22	H	30	232	203	29	495	533	38	596	83	-90	○	-	-	発明例
23	I	30	217	207	10	470	492	22	593	79	-85	○	-	○	発明例
24	J	30	200	230	-30	534	466	-68	670	80	-52	○	-	○	発明例
25	J	30	277	228	49*	550	-	-	700	79	-50	-	-	-	比較例
26	J	30	290	219	71*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
27	J	30	183	165	18	398	-	-	520*	77	-	-	-	-	比較例
28	K	30	207	215	-4	495	480	-15	615	80	-77	○	-	-	発明例
29	L	30	219	220	-1	513	497	-16	610	84	-65	○	-	-	発明例
30	M	30	213	225	-12	511	470	-41	630	81	-80	○	-	-	発明例
31	N	30	212	230	-18	526	482	-44	637	83	-66	○	-	-	発明例

注1: *印本発明範囲外

注2: 母材引張特性において、YS, TS, YRは全厚

注3: Δ YS=表面YS-YS(全厚)

表2-1(その5)

No.	鋼番	板厚 Ac1 (°C)	加熱温度 (°C)	冷却 停止温度 (°C)	非冷却条件			誘導加熱			備考
					有無	非冷却開始温度-時間	回数	Total 非冷却時間	板厚中心温度 °C	板厚表面の最高温度 °C	
32	A	20	728	1160							
				580	有	620°C-0.8秒、550°C-1.5秒、 480°C-1.5秒、410°C-1.0秒	4	4.8秒	595	750	発明例
33	A	30	728	1180							
				580	有	620°C-0.8秒、550°C-1.5秒、 480°C-1.5秒、410°C-1.0秒	4	4.8秒	630	770	発明例
34	A	40	728	1180							
				580	有	550°C-3秒、500°C-1.5秒、 430°C-1.5秒	3	6秒	625	780	発明例
35	A	30	728	1180							
				580	有	620°C-0.8秒、550°C-1.5秒、 480°C-1.5秒、410°C-1.0秒	4	4.8秒	-°	-°	比較例
36	A	30	728	1180							
				580	有	450°C-4秒	1	4秒	630	770	発明例
37	A	30	728	1180							
				580	有	550°C-1.5秒、400°C-1.5秒、 310°C-1.0秒	3	4秒	630	770	発明例
38	A	30	728	1180							
				580	有	530°C-0.8秒、480°C-0.8秒	2	1.6秒	630	770	発明例
39	A	30	728	1180							
				580	有	620°C-3.0秒、550°C-3.5秒、 480°C-3.5秒、410°C-4.0秒	4	14秒	630	765	発明例
40	A	30	728	1180							
				580	有	620°C-4.0秒、550°C-4.0秒、 480°C-4.0秒、410°C-5.0秒	4	17秒*	630	765	比較例
41	A	30	728	1180							
				580	有	550°C-1.0秒、450°C-0.3秒、 400°C-0.3秒	3	1.6秒	630	765	発明例
42	A	30	728	1180							
				580	有	620°C-0.2秒、590°C-0.2秒、 570°C-0.2秒、550°C-0.2秒、 530°C-0.2秒、490°C-0.2秒、 470°C-0.2秒、400°C-0.2秒	8	1.7秒	630	765	発明例
43	A	30	728	1180							
				580	有	620°C-0.3秒、590°C-0.4秒、 570°C-0.3秒、550°C-0.4秒、 530°C-0.4秒、490°C-0.3秒、 470°C-0.3秒	7	2.1秒	630	765	発明例
44	A	30	728	1180							
				580	有	*295°C-0.8秒、*280°C-1.5秒、 *250°C-1.5秒、*200°C-1.0秒	4	4.8秒	630	765	比較例

注1:*印本発明範囲外
注2:△Hv表面硬度-中心部硬度

【表 7】

表2-1(その6)

No.	鋼番	板厚	表面部分 の硬さ HV10	板厚中心部 の硬さ HV10	Δ HV	母材引張特性				母材靱性 vTs °C	3点曲げ試験結果(SSC)		備考
						YS MPa	表面YS MPa	Δ YS MPa	TS MPa		1.0 σ y	負荷応力 0.6 σ y	
32	A	20	218	205	13	553	588	35	653	-79	○	-	発明例
33	A	30	214	217	-3	584	550	-14	663	-69	○	-	発明例
34	A	40	197	215	-18	500	458	-42	615	-72	○	-	発明例
35	A	30	273	220	53*	584	-	-	663	-69	○	-	比較例
36	A	30	225	214	11	565	611	46	673	-72	○	-	発明例
37	A	30	211	210	1	550	540	-10	655	-70	○	-	発明例
38	A	30	220	220	0	540	543	3	660	-71	○	-	発明例
39	A	30	200	193	7	460	505	45	561	-92	○	-	発明例
40	A	30	203	175	28	400	-	-	530*	-102	○	-	比較例
41	A	30	225	214	11	561	586	25	674	-82	○	-	発明例
42	A	30	230	220	10	552	592	30	667	-80	○	-	発明例
43	A	30	225	215	10	550	588	38	669	-79	○	-	発明例
44	A	30	231	207	24	560	-	-	670	-85	○	-	比較例

注1.*印本発明範囲外

注2.母材引張特性において、YS,TS,YRは全厚

注3. Δ YS=表面YS-YS(全厚)

【0093】

[直接焼入れの場合]

表2-2(その1~6)に上述した製造条件と各試験の結果を併せて示す(SSC試験結果は表中3点曲げ試験結果と標記)。No.1~32は請求項2記載の発明の実施例(発明例)と比較例で、No.1,4~9,11,13,15,19~22,26~32が発明例である。

【0094】

発明例は、板表面の最高到達温度がAc₁変態点を超える加熱を行うことによって、表面部分の硬さが低下し、一部では、板厚中心部より低い硬さを実現しており、それらは優れた耐SSC特性を有していることが確認された。また、表面部分の硬さの低下によりYRは低下する傾向を示す。

【0095】

No.3は、誘導加熱装置による加熱を行っておらず、また、No.2,12,14、

10

20

30

40

50

16、23、24は、誘導加熱装置での再加熱による板表面の最高到達温度が A_{c1} 変態点以下であるため、比較例で、表面部分が軟化しておらず、3点曲げ試験(SSC)において割れが生じている。

【0096】

No. 17(鋼番E)は、本発明で規定するNb量、No. 18(鋼番F)は本発明で規定するC量を含有していないために比較例で、誘導加熱装置による加熱により表面部分が軟化するとともに鋼板内部の硬さも大幅に低下し、母材強度が低下している。

【0097】

比較例No. 10は再加熱処理条件、比較例No. 25はスラブ加熱温度が、請求項2に係る本発明の範囲外であるため、比較例で、強度または硬度が発明例より劣る。

10

【0098】

No. 33~42は、請求項3記載の発明の実施例(発明例)と比較例で、No. 34~37、39~41が発明例である。発明例は、直接焼入れ途中に非冷却域を設けることにより、連続冷却の場合と比較して、母材強度が低下することなく、表面硬さが更に低下し、優れた耐SSC特性を有していることが確認された。

【0099】

No. 33は、誘導加熱装置による加熱を行っておらず、No. 38は、非冷却時間が長過ぎ、No. 42は、非冷却域が鋼板表面温度300 未満に設けられ、請求項3に係る本発明の範囲外となるため、いずれも比較例で、強度または硬度が発明例より劣る。但し、No. 33~42のいずれの場合も、優れた耐SSC特性を有していることが確認された。

20

【0100】

【表 8】

表2-2(その1)

No.	鋼番	板厚	Ac1 ℃	加熱温度 ℃	冷却停止温度 ℃	非冷却条件				誘導加熱		備考
						有無	非冷却開始温度-時間	回数	Total 非冷却時間	板厚中心温度 ℃	板表面の最高到達 温度 ℃	
1	A	20	728	1160	150	なし	-	-	-	600	745	発明例
2	A	20	728	1160	150	なし	-	-	-	610	670*	比較例
3	A	20	728	1160	150	なし	-	-	-	*	*	比較例
4	A	30	728	1180	150	なし	-	-	-	630	765	発明例
5	A	50	728	1180	150	なし	-	-	-	625	760	発明例
6	A	50	728	1180	150	なし	-	-	-	630	785	発明例
7	A	50	728	1180	150	なし	-	-	-	700	780	発明例
8	A	50	728	1180	150	なし	-	-	-	530	755	発明例
9	A	50	728	1180	150	なし	-	-	-	425	740	発明例
10	A	50	728	1180	150	なし	-	-	-	380*	730	比較例
11	B	20	734	1200	200	なし	-	-	-	625	760	発明例
12	B	20	734	1200	200	なし	-	-	-	610	670*	比較例
13	C	20	740	1150	200	なし	-	-	-	625	760	発明例
14	C	20	740	1150	200	なし	-	-	-	610	670*	比較例
15	D	20	732	1160	200	なし	-	-	-	625	760	発明例
16	D	20	732	1160	200	なし	-	-	-	610	670*	比較例

注:本発明範囲外

【表 9】

表2-2(その2)

No.	鋼番	板厚	Ac1 °C	加熱温度 °C	冷却停止温度 °C	非冷却条件			誘導加熱			備考
						有無	非冷却開始温度-時間	回数	Total 非冷却時間	板厚中心温度 °C	板表面の最高到達 温度 °C	
17	E*	40	731	1100	200	なし	-	-	-	650	760	比較例
18	F*	30	723	1150	200	なし	-	-	-	600	750	比較例
19	G	30	732	1200	200	なし	-	-	-	580	750	発明例
20	H	30	737	1150	200	なし	-	-	-	600	765	発明例
21	I	30	737	1050	200	なし	-	-	-	550	740	発明例
22	J	30	744	1220	200	なし	-	-	-	600	775	発明例
23	J	30	744	1220	200	なし	-	-	-	600	710*	比較例
24	J	30	744	1220	200	なし	-	-	-	350*	650*	比較例
25	J	30	744	990*	200	なし	-	-	-	600	755	比較例
26	K	30	737	1150	200	なし	-	-	-	600	765	発明例
27	L	30	750	1150	200	なし	-	-	-	600	765	発明例
28	M	30	739	1150	200	なし	-	-	-	600	765	発明例
29	N	30	736	1150	200	なし	-	-	-	600	765	発明例
30	A	20	728	1160	375	あり	620°C-0.8秒、550°C-1.5秒、 480°C-1.5秒、410°C-1.0秒	4	4.8秒	595	750	発明例
31	A	30	728	1180	375	あり	620°C-0.8秒、550°C-1.5秒、 480°C-1.5秒、410°C-1.0秒	4	4.8秒	630	770	発明例
32	A	40	728	1180	200	あり	550°C-3秒、500°C-1.5秒、 430°C-1.5秒	3	6秒	625	780	発明例

注:本発明範囲外

【表 10】

表2-2(その3)

No.	鋼番	板厚	表面部分 の硬度 HV10	板厚中心部 の硬度 HV10	Δ HV	母材引張特性				母材靱性		3点曲げ試験結果(SSC)		備考
						YS MPa	表面YS MPa	Δ YS MPa	TS MPa	YR %	vTs °C	負荷応力 1.0 σ_y	0.6 σ_y	
1	A	20	233	210	23	574	610	36	665	86	-87	○	-	発明例
2	A	20	265*	205	60*	587	732	145*	653	90	-76	×	-	比較例
3	A	20	320	240	80*	-	-	-	-	-	-	×	-	比較例
4	A	30	235	220	15	575	604	29	682	84	-77	○	-	発明例
5	A	40	231	215	16	554	599	45	657	84	-65	○	-	発明例
6	A	50	210	218	-8	529	532	3	649	82	-66	○	-	発明例
7	A	50	205	215	-10	522	509	-13	649	80	-46	○	-	発明例
8	A	50	229	211	18	535	578	43	660	81	-78	○	-	発明例
9	A	50	247	216	31	560	625	65	677	83	-85	○	-	発明例
10	A	50	260	213	47*	572	700	128*	675	85	-46	×	-	比較例
11	B	20	223	209	14	528	565	37	625	84	-86	○	-	発明例
12	B	20	262*	212	50*	565	714	149*	630	90	-89	×	-	比較例
13	C	20	239	226	13	578	620	42	675	86	-78	○	-	発明例
14	C	20	276*	212	64*	613	725	113	673	91	-	×	-	比較例
15	D	20	254	273	-19	741	691	-50	834	89	-91	-	○	発明例
16	D	20	316*	262	54*	785	892	107*	846	93	-	-	×	比較例

注1: *印本発明範囲外

注2: 母材引張特性において、YS, TS, YRは全厚

注3: Δ YS=表面YS-YS(全厚)

【表 1 1】

表2-2(その4)

No.	鋼番	板厚	表面部分 の硬度 HV10	板厚中心部 の硬度 HV10	ΔHV	母材引張特性				母材靱性		3点曲げ試験結果(SSC)		備考
						YS MPa	表面YS MPa	ΔYS MPa	TS MPa	YR %	vTs °C	負荷応力 1.0σ _y	0.6σ _y	
17	E*	40	185	152	33	415	-	-	528*	79	-	-	-	比較例
18	F*	30	177	180	-3	411	-	-	535*	77	-	-	-	比較例
19	G	30	192	198	-6	452	466	14	571	79	-81	○	-	発明例
20	H	30	235	208	27	510	591	81	611	83	-90	○	-	発明例
21	I	30	220	212	8	483	542	59	608	79	-85	○	○	発明例
22	J	30	203	235	-32	549	505	-44	683	80	-52	○	○	発明例
23	J	30	280	233	47*	565	733	168*	710	80	-50	-	-	比較例
24	J	30	295	224	71*	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
25	J	30	186	170	16	412	-	-	535*	77	-	-	-	比較例
26	K	30	210	220	-10	510	511	1	630	81	-77	○	-	発明例
27	L	30	222	225	-3	528	530	2	625	84	-65	○	-	発明例
28	M	30	216	230	-14	526	512	-14	645	82	-80	○	-	発明例
29	N	30	215	235	-20	541	506	-35	652	83	-66	○	-	発明例
30	A	20	221	211	10	568	562	-6	668	85	-79	○	-	発明例
31	A	30	217	222	-5	579	565	-14	678	85	-69	○	-	発明例
32	A	40	200	220	-20	515	488	-27	630	82	-72	○	-	発明例

注1: *印本発明範囲外

注2: 母材引張特性において、YS, TS, YRは全厚

注3: ΔYS=表面YS-YS(全厚)

【表 1 2】

表2-2(その5)

No.	鋼番	板厚	Ac1 ℃	加熱温度 ℃	冷却停止温度 ℃	非冷却条件				誘導加熱		備考
						有無	非冷却開始温度-時間	回数	Total 非冷却時間	板厚中心温度 ℃	板表面の最高測定 温度 ℃	
33	A	30	728	1180	200	あり	620℃-0.8秒、550℃-1.5秒、 480℃-1.5秒、410℃-1.0秒	4	4.8秒	-*	-*	比較例
34	A	30	728	1180	200	あり	450℃-4秒	1	4秒	630	770	発明例
35	A	30	728	1180	200	あり	550℃-1.5秒、400℃-1.5秒、 310℃-1.0秒	3	4秒	630	770	発明例
36	A	30	728	1180	200	あり	530℃-0.8秒、480℃-0.8秒	2	1.6秒	630	770	発明例
37	A	30	728	1180	200	あり	620℃-3.0秒、550℃-3.5秒、 480℃-3.5秒、410℃-4.0秒	4	14秒	630	765	発明例
38	A	30	728	1180	200	あり	620℃-4.0秒、550℃-4.0秒、 480℃-4.0秒、410℃-5.0秒	4	17秒*	630	765	比較例
39	A	30	728	1180	200	あり	550℃-1.0秒、450℃-0.3秒、 400℃-0.3秒	1	1.6秒	630	765	発明例
40	A	30	728	1180	200	あり	620℃-0.2秒、590℃-0.2秒、 570℃-0.2秒、550℃-0.2秒、 530℃-0.2秒、490℃-0.2秒、 470℃-0.2秒、400℃-0.2秒	8	1.7秒	630	765	発明例
41	A	30	728	1180	200	あり	620℃-0.3秒、590℃-0.4秒、 570℃-0.3秒、550℃-0.4秒、 530℃-0.4秒、490℃-0.3秒、 470℃-0.3秒	7	2.1秒	630	765	発明例
42	A	30	728	1180	200	あり	*295℃-0.8秒、*280℃-1.5秒、 *250℃-1.5秒、*200℃-1.0秒	4	4.8秒	630	765	比較例

注:本発明範囲外

【表 1 3】

表2-2(その6)

No.	鋼番	板厚	表面部分 の硬度 HV10	板厚中心部 の硬度 HV10	ΔHV	母材引張特性					母材靱性		3点曲げ試験結果(SSC)		備考
						YS MPa	表面YS MPa	ΔYS MPa	TS MPa	YR %	vTs ℃	負荷応力 1.0σ _y	0.6σ _y		
33	A	30	276	225	51*	579	702	123*	678	85	-69	○	-	比較例	
34	A	30	230	219	11	580	582	2	688	84	-72	○	-	発明例	
35	A	30	214	215	-1	565	529	-36	670	84	-70	○	-	発明例	
36	A	30	222	225	-3	555	550	-5	675	82	-71	○	-	発明例	
37	A	30	206	198	8	474	493	19	576	82	-92	○	-	発明例	
38	A	30	207	180	27	415	-	-	545*	76	-102	○	-	比較例	
39	A	30	228	219	9	576	579	3	689	84	-82	○	-	発明例	
40	A	30	237	225	12	567	606	39	682	83	-80	○	-	発明例	
41	A	30	229	220	9	565	585	20	681	83	-79	○	-	発明例	
42	A	30	235	212	23	585	-	-	692	85	-85	○	-	比較例	

注1: *印本発明範囲外

注2: 母材引張特性において、YS, TS, YRは全厚

注3: ΔYS=表面YS-YS(全厚)

【図面の簡単な説明】

【0106】

【図1】誘導加熱による鋼板の硬度の変化の一例を示す図。

【図2】加速冷却中、あるいは直接焼入れ中の鋼板温度の変化を模式的に示す図。

【図3】加速冷却装置の一例を示す図。

【図4】誘導加熱装置の一例を示す図。

【図5】ガスによる加熱方法の一例を示す図。

【符号の説明】

【0107】

10

20

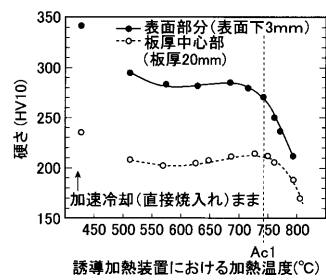
30

40

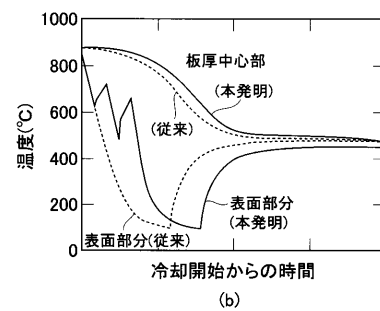
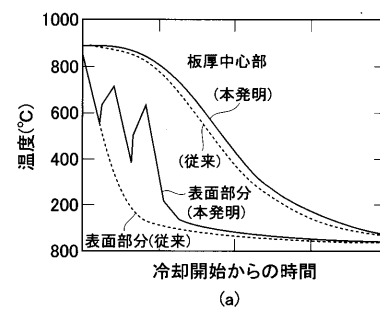
50

- 1 鋼板
- 2 テーブルロール
- 3 ヘッダー管
- 4 スリットノズル
- 5 スプレーノズル
- 6 水切りロール
- 7 遮断弁
- 10 誘導加熱装置
- 30 テーブルローラ

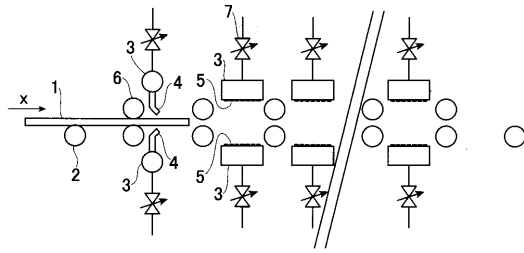
【図1】



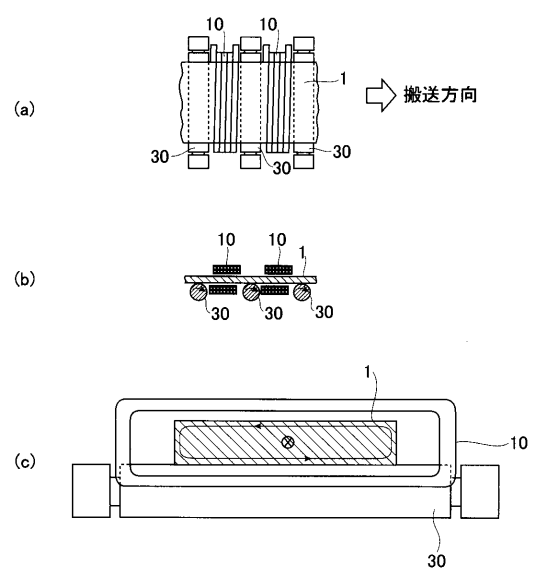
【図2】



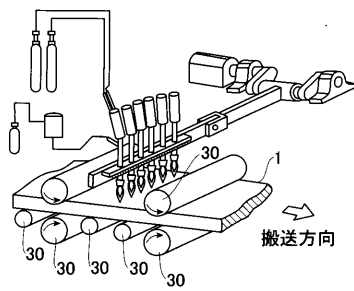
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2005-252061(P2005-252061)
(32)優先日 平成17年8月31日(2005.8.31)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願2005-346674(P2005-346674)
(32)優先日 平成17年11月30日(2005.11.30)
(33)優先権主張国 日本国(JP)
(31)優先権主張番号 特願2005-346675(P2005-346675)
(32)優先日 平成17年11月30日(2005.11.30)
(33)優先権主張国 日本国(JP)

(72)発明者 三田尾 真司
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
(72)発明者 西村 公宏
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
(72)発明者 高橋 和秀
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 小谷内 章

(56)参考文献 特開2004-143555(JP,A)
特開2004-300474(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C 2 1 D 8 / 0 2
C 2 2 C 3 8 / 0 0