

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5381690号
(P5381690)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int.Cl.	F I
C 2 1 D 9/46 (2006.01)	C 2 1 D 9/46 T
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 O 1 W
C 2 2 C 38/18 (2006.01)	C 2 2 C 38/18
B 2 1 B 3/00 (2006.01)	B 2 1 B 3/00 A
C 2 2 C 38/32 (2006.01)	C 2 2 C 38/32

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-293615 (P2009-293615)	(73) 特許権者	000001258
(22) 出願日	平成21年12月25日(2009.12.25)		J F E スチール株式会社
(62) 分割の表示	特願2004-219469 (P2004-219469) の分割		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
原出願日	平成16年7月28日(2004.7.28)	(74) 代理人	100126701
(65) 公開番号	特開2010-90480 (P2010-90480A)		弁理士 井上 茂
(43) 公開日	平成22年4月22日(2010.4.22)	(74) 代理人	100130834
審査請求日	平成21年12月28日(2009.12.28)		弁理士 森 和弘
		(74) 復代理人	100175293
			弁理士 吉田 真衣
		(72) 発明者	黒木 高志
			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	佐々木 成人
			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】 高炭素熱延鋼板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

Cを0.2~0.7質量%含有し、Crを0.6~1.0質量%添加した鋼を、仕上温度(Ar₃変態点-20)以上(Ar₃変態点+10)以下で熱間圧延した後、強冷却装置により変態開始温度が上部ベイナイト温度になるように冷却速度150 /秒以上の強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラによる巻取りまでの間は、前記強冷却装置の下流側に設置された緩冷却装置による冷却は行わず、コイルに巻取る前に変態を開始させることとして、変態開始から巻取りまでの間の温度を上部ベイナイト温度である500~570とし、巻取温度を570以下とすることを特徴とする高炭素熱延鋼帯の製造方法。

【請求項2】

Cを0.2~0.7質量%含有し、Crを0.6~1.0質量%添加した鋼を、仕上温度(Ar₃変態点-20)以上(Ar₃変態点+10)以下で熱間圧延した後、強冷却装置により変態開始温度が下部ベイナイト温度になるように冷却速度150 /秒以上の強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラによる巻取りまでの間は、前記強冷却装置の下流側に設置された緩冷却装置による冷却は行わず、コイルに巻取る前に変態を開始させることとして、変態開始から巻取りまでの間の温度を下部ベイナイト温度である400~500とし、巻取温度を500以下とすることを特徴とする高炭素熱延鋼帯の製造方法。

【請求項3】

Cを0.2～0.7質量%含有し、Crを0.6～1.0質量%添加した鋼を、仕上温度(Ar₃変態点-20)以上900以下(ただし、900は除く)で熱間圧延した後、強冷却装置により変態開始温度が上部ベイナイト温度になるように冷却速度150/秒以上の強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラによる巻取りまでの間は、前記強冷却装置の下流側に設置された緩冷却装置による冷却は行わず、コイルに巻取る前に変態を開始させることとして、変態開始から巻取りまでの間の温度を上部ベイナイト温度である500～570とし、巻取温度を570以下とすることを特徴とする高炭素熱延鋼帯の製造方法。

【請求項4】

Cを0.2～0.7質量%含有し、Crを0.6～1.0質量%添加した鋼を、仕上温度(Ar₃変態点-20)以上900以下(ただし、900は除く)で熱間圧延した後、強冷却装置により変態開始温度が下部ベイナイト温度になるように冷却速度150/秒以上の強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラによる巻取りまでの間は、前記強冷却装置の下流側に設置された緩冷却装置による冷却は行わず、コイルに巻取る前に変態を開始させることとして、変態開始から巻取りまでの間の温度を下部ベイナイト温度である400～500とし、巻取温度を500以下とすることを特徴とする高炭素熱延鋼帯の製造方法。

【請求項5】

変態開始後から変態終了までの温度の変動幅を50以内に制御することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の高炭素熱延鋼帯の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加工性に優れた高炭素熱延鋼板の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、熱延鋼板は、加熱炉においてスラブを所定の温度に加熱し、加熱されたスラブを粗圧延機で所定の厚みに圧延して粗バーとし、ついでこの粗バーを複数基のスタンドからなる仕上圧延機において仕上圧延して所定の厚みの熱延鋼板とし、この熱延鋼板をランナウトテーブル上の冷却スタンドにおいて冷却し、コイラで巻取ることにより製造される。仕上圧延後、熱延鋼板が冷却される際には、通常、鋼板の上面は円管状のパイラミナーにより冷却し、鋼板の下面は搬送ロール間に設置したスプレーにて冷却される。このような冷却方法では、水が直接あたる部分では核沸騰状態だが、その他の広い部分では膜沸騰現象が起こっており、冷却速度は50/秒程度である。こうして製造された熱延鋼板の組織は、実質的にフェライトとパーライトの混相組織となっている。

【0003】

近年、高い強度と伸びフランジ性が要求される用途の熱延鋼板において、強度が高く加工性に優れている鋼板として、ベイナイト組織を主体とする高強度熱延鋼板が実用化されてきている。このようなベイナイト組織を主体とする変態組織(フェライト-ベイナイト、ベイナイト)を有する高強度熱延鋼板において、伸びフランジ性と強度を共に向上、すなわち伸びフランジ性-強度バランスを向上させるには、組織を微細化することが有効である。熱延鋼板の組織制御は一般に仕上圧延及びその後の冷却を制御することにより可能である。そこで、これらの製造方法を規定することにより加工性の向上を図る技術が提案されている。そして、これらの高強度熱延鋼板は、自動車の軽量化等を目的として種々の構造部材や部品への適用が進められており、最近では従来にもまして、生産性向上の観点からの加工レベルに対する要求が厳しくなっている。そのため、高強度熱延鋼板のプレス加工についても、加工度の増加等により、割れが発生しやすくなっている。従って、高強度熱延鋼板には高い焼入れ性と共に、極めて軟質で高い加工性が要求されている。

【0004】

特に、高強度熱延鋼板として、工具あるいは自動車部品(ギア、ミッション)等に使用

10

20

30

40

50

される高炭素熱延鋼板は、打抜き、成形後、焼入れ焼戻し等の熱処理が施されるが、これらの部品加工を行うユーザの要求の一つに、打抜き後の成形において、穴拡げ加工（パーリング）性の向上がある。この穴拡げ加工性は、プレス成形性としては伸びフランジ性で評価されている。そのため、伸びフランジ性の優れた材料が望まれている。

【0005】

このような、高炭素熱延鋼板の加工性の向上については、いくつかの技術が検討されている。

【0006】

例えば、冷間圧延を経たプロセスにおいて伸びフランジ性に優れた中・高炭素鋼板を製造する方法が提案されている。この技術は、Cを0.1～0.8質量%含有する鋼からなり、金属組織が実質的にフェライト+パーライト組織であり、必要に応じて初析フェライトの面積率がC（質量%）により決まる所定の値以上で且つ、パーライトラメラの間隔が0.1μm以上の熱延鋼板に、15%以上の冷間圧延を施し、ついで3段階又は2段階の温度範囲で長時間保持する3段階又は2段階焼鈍を施すというものである（例えば、特許文献1参照。）。 10

【0007】

また、従来に比べて、初析フェライトの発生の少ない、伸びフランジ性に優れた高炭素鋼板の製造方法に関して、熱延段階での組織造り込みに関する技術が検討され、冷却速度120 /秒以上で強冷却（急速冷却）し、強冷却停止温度を650 以下として巻取温度を600 以下とするか、又は強冷却停止温度を600 以下として巻取温度を500 以下とする方法が示されている（例えば、特許文献2参照。）。 20

【0008】

また、鋼板を冷却する際に生じる変態を考慮した冷却制御方法には、鋼板を目標とする冷却条件で造り込むには温度計算により鋼板の全長にわたって冷却制御、温度制御する必要があり、変態発熱と冷却による鋼の正味の温度変化を計算より求め、変態温度域を予測し、これにより冷却条件を決定する鋼の変態組織制御方法が提案されている（例えば、特許文献3参照。）。 20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平11-269552号公報

【特許文献2】特開2003-13144号公報

【特許文献3】特開昭56-119741号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかし、これらの技術には次のような問題がある。

【0011】

まず、前記特許文献1に記載の技術では、フェライト組織が初析フェライトからなり、炭化物を含まないため柔らかく延性に優れているが、伸びフランジ性は必ずしも良好ではない。 40

【0012】

また、前記特許文献2に記載の技術では、高炭素鋼板を製造する際には強冷却終了後の変態発熱が顕著となり、上記の温度範囲に温度を制御することは非常に困難であるにもかかわらず、冷却速度120 /秒で冷却した後から巻取までの間に生じる変態発熱を考慮した温度の制御方法については何ら記載されていない。つまり、この技術を実機に適用しようとする、強冷却終了後に約100 の発熱が生じることがあり、その結果、鋼板の組織はパーライトへ変態し、パーライトのラメラ間隔の粗大化が促進してしまうため、伸びフランジ性が劣化してしまう。また、前記特許文献2に記載の技術では、コイラに巻取った後に変態発熱が起こり、その結果、鋼板の組織は巻取った直後の温度ではベイナイト 50

変態が起こっても、その後パーライトへ変態し、パーライトのラメラ間隔の粗大化が促進してしまう可能性があるが、そのことについては想定していない。

【0013】

一方、前記特許文献3に記載の技術では、鋼の変態組織制御方法が提案されているが、冷却中に起こる変態を予測し、巻取温度を制御することを主としているだけで、冷却後に起こる変態の制御方法については記載されていない。

【0014】

本発明は、これら従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、高炭素熱延鋼板を製造するに際し、変態発熱を念頭において、仕上圧延終了後の鋼板の温度を目的の温度範囲に制御することにより、熱延段階にて初析フェライトを発生させることなく、厳しいプレス加工用途にも適用可能であり、伸びフランジ性を始めとする加工性に優れた高炭素熱延鋼板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】

【0015】

上記課題を解決するために、本発明者等は、高炭素熱延鋼板の伸びフランジ性に及ぼすミクロ組織の影響について鋭意研究を進めるとともに、変態発熱の挙動について詳細に研究を進め、その過程で、高炭素熱延鋼板の伸びフランジ性に影響を及ぼす因子は、炭化物の形状および量のみならず、炭化物の分散状態であり、高炭素熱延鋼板の組織を所定量のベイナイトを有する組織に制御することによって、焼鈍後に炭化物の均一微細分散とフェライト粒の粗大化を達成することができ、その結果、高い焼入れ性を有しつつ、極めて軟質で、伸びフランジ性を始めとする加工性に優れた高炭素熱延鋼板を得ることができることを知見した。そして、上記の組織に制御するための製造方法を検討し、強冷却終了後に変態が生ずる際、急激に変態発熱する場合（例えば10sで100℃）には、強冷却後の温度制御が難しく、目的とする組織の作りこみが困難となることから、短時間での急激な変態発熱が発生せず、強冷却後の変態発熱挙動が緩やかであり、温度制御しやすいような成分系の高炭素鋼を用いることにより、目的とする所定量のベイナイトを有する組織の作りこみが容易にできることを見出した。

【0016】

本発明は、上記の観点に立脚してなされたものであり、前記課題を解決するために、以下のような特徴を有している。

【0017】

[1] Cを0.2～0.7質量%含有し、Crを0.6～1.0質量%添加した鋼を、仕上温度（ A_{r3} 変態点 - 20℃）以上で熱間圧延した後、強冷却装置により変態開始温度が上部ベイナイト温度になるように強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラによる巻取りまでの間は緩冷却装置による冷却は行わず、コイルに巻取る前に変態を開始させることを特徴とする高炭素熱延鋼帯の製造方法。

【0018】

[2] Cを0.2～0.7質量%含有し、Crを0.6～1.0質量%添加した鋼を、仕上温度（ A_{r3} 変態点 - 20℃）以上で熱間圧延した後、強冷却装置により変態開始温度が下部ベイナイト温度になるように強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラによる巻取りまでの間は緩冷却装置による冷却は行わず、コイルに巻取る前に変態を開始させることを特徴とする高炭素熱延鋼帯の製造方法。

【0019】

[3] 変態開始後から変態終了までの温度の変動幅を50℃以内に制御することを特徴とする前記[1]または[2]に記載の高炭素熱延鋼帯の製造方法。

【発明の効果】

【0020】

本発明においては、所定量のCrを添加することで、強冷却後の変態発熱挙動が緩やかで、温度制御が行いやすいようにした成分系の高炭素鋼を用いて、仕上圧延終了後の熱延鋼板の温度履歴を所定の値に制御するようにしているので、熱延鋼板の組織を所定量のベ

10

20

30

40

50

イナイトを有する組織に制御し、焼鈍後に炭化物の均一微細分散とフェライト粒の粗大化を的確に達成することができ、その結果、高い焼入れ性を有しつつ、極めて軟質で、伸びフランジ性を始めとする加工性に優れた高炭素熱延鋼板の提供が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】変態発熱の持続時間と変態発熱による温度上昇量を示す図。

【図2】本発明の高炭素熱延鋼板の製造方法に用いる製造設備の一例を示す図。

【図3】実施例における鋼板の温度の経時変化を示す図。

【図4】実施例における鋼板の温度の経時変化を示す図。

【図5】実施例における鋼板の温度の経時変化を示す図。

10

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明を特定するための事項について説明する。

【0023】

まず、化学成分について説明する。

【0024】

C含有量：0.2～0.7質量%

Cは、炭化物を形成し、焼入れ後の硬度を付与する重要な元素である。C含有量が0.2質量%未満では、熱延後の組織において、初析フェライトの生成が顕著となり炭化物の分布が不均一となる。さらに、その場合、焼入れ後に機械構造用部品として十分な強度を得られない。C含有量が0.7質量%を超えると、熱延後の鋼板の硬度が高く脆く、焼鈍後でも十分な加工性が得られない。また、焼入れ後の強度も飽和する。従って、C含有量を0.2～0.7質量%に規定する。

20

【0025】

Cr添加量：0.01～1.0質量%

Crは焼入れ性を高める元素であり、鋼板の強度に寄与する効果を有する。そして、強冷却後の変態挙動（温度変化）に影響を与える元素である。図1に、変態発熱の持続時間と変態発熱による温度上昇量に及ぼすCrの添加量の影響を示す。図1によれば、Crを添加すると変態発熱による温度上昇量が抑えられ、また変態発熱の持続時間が長くなる。つまり、緩やかに温度上昇することが分かる。

30

特に、Crを0.6質量%以上添加すると、変態発熱量が30未満となり、強冷却（急速冷却）終了後は格別の温度制御を行わずとも放冷のまま所定の温度範囲の温度にすることが可能となる。

また、Cr添加量が0.6質量%未満の場合には、強冷却終了後の変態によって比較的短い時間に多量の熱が発生するが、強冷却終了後に適切な冷却制御（緩冷却）を行うことによって所定の温度範囲に温度制御することが可能である。ただし、Cr添加量が0.15質量%未満の場合には、強冷却終了後の変態によって短い時間に多量の熱が発生し、強冷却終了後に適切な冷却制御（緩冷却）を行うことが難しいため、Cr添加量が0.15%以上とすることが好ましい。さらに、Cr添加量が0.01質量%未満の場合には、強冷却終了後の変態によって短い時間に多量の熱が発生し、強冷却終了後に適切な冷却制御（緩冷却）を行うことが極めて難しいため、Cr添加量は0.01質量%以上とする。

40

一方、Crは、合金コストが高くコスト増を招くと共に、添加量が1.0質量%を超えると溶接性を劣化させると共に、変態開始までの時間が長くなり、コイラに巻取り後に変態を開始して、変態開始時の鋼板の組織が変化してしまうため、Cr添加量は1.0質量%以下とする。

【0026】

B：添加する場合、0.0025質量%以下

Bは、焼入れ性を高める元素であり、鋼板の強度に寄与する効果を有するので、必要に応じて添加することができる。しかし、これらの元素は、合金コストが高くコスト増を招くと共に、過量にBを添加すればB化合物が粒界に偏析し、脆化を招く。従って、Bを添

50

加する場合は、Bを0.0025質量%以下とすることが好ましい。

【0027】

Ti、Nb、V、Zr： 添加する場合は、合計で0.01～0.2質量%

本発明では、前述の化学成分に加えて、強度調整あるいは炭化物形成による固溶C、N低減を通じた非時効化及び深絞り性向上のため、必要に応じて、Ti、Nb、V、Zrを添加することができる。これらの元素は、合計の添加量が0.01質量%未満では効果がなく、0.2質量%を超えると効果が飽和する。従って、Ti、Nb、V、Zrを添加する場合は、これらの添加量を合計で0.01～0.2質量%とすることが好ましい。

【0028】

なお、上記以外に、Si、Mn、P、S、Al、Nなどの元素が本発明の効果を妨げない範囲に含まれていてもよい。

10

【0029】

次に、目的とする熱延鋼板の組織について説明する。

【0030】

焼鈍前の高炭素熱延鋼板の組織については、むしろベイナイト相を有する組織の方がパーライト単相の組織よりも、焼鈍後に好ましい組織が得られる。ベイナイト相の体積率が20%以上になると、焼鈍時に炭化物が微細に球状化されると共に、フェライト粒が均一に粗大化する。従って、ベイナイト相の体積率が20%以上となるように制御する。

【0031】

さらに、ベイナイト相の体積率を70%以上とすることで、炭化物の分散状態が一層均一微細化し、均一な粗大フェライト粒が得られ、極めて優れた加工性及び焼入性を付与することができる。従って、より好ましくは、ベイナイト相の体積率が70%以上となるように制御する。

20

【0032】

次に、本発明における製造条件について説明する。

【0033】

なお、以下では、変態組織が上部ベイナイトとなる温度域（上部ベイナイト温度）及び変態組織が下部ベイナイトとなる温度域（下部ベイナイト温度）については、Cを0.32～0.38質量%含有する鋼の一例について説明するが、炭素量及び他の元素の量によりこれらの温度域は変化するので、その鋼の炭素量及び添加元素の量に対応して、変態組織が上部ベイナイトとなる温度域及び下部ベイナイトとなる温度域をあらかじめ求めておけばよい。

30

【0034】

近年、省合金元素、鋼種統合、材質ばらつき低減、高機能化等を行う目的で、例えば板厚3mmにおいて冷却速度700 /sを超えるような強冷却が可能となった。従って、Cを0.2～0.7質量%含有する鋼を、仕上圧延終了直後から一定時間以内に冷却を開始し、冷却開始後は少なくとも冷却途中にパーライト変態が生じないように強冷却（急速冷却）を行うことが、微細なベイナイトを主体とする組織の生成に有効である。

【0035】

そして、強冷却の終了温度に応じて、上部ベイナイト組織と下部ベイナイト組織の2種類のベイナイト組織が出現する。例えば、Cを0.32～0.38質量%含有する鋼の場合、強冷却終了温度が500～570 では上部ベイナイト組織となり、強冷却終了温度が400～500 では下部ベイナイト組織となる。ただし、強冷却終了後の変態発熱によって、上部ベイナイト組織となる温度範囲（例えば、Cを0.32～0.38質量%含有する鋼の場合は、500～570）、あるいは下部ベイナイト組織となる温度範囲（例えば、Cを0.32～0.38質量%含有する鋼の場合は、400～500）に温度を制御することができなかつた場合には、以下のような問題が生じる。すなわち、上記温度範囲内に温度を保持せず、その上限を超えると、強冷却後の放冷あるいは緩冷却の途中で新たに生成される組織がベイナイトからフェライトやパーライトと変わり、その温度上昇が大きいほど、パーライトのラメラ間隔が大きくなるため伸びフランジ性が劣化す

40

50

る。一方、上記温度範囲より温度が低くなると、マルテンサイト組織が生成し、焼鈍後の伸びフランジ性が劣化する。

【0036】

そこで、上記の点を念頭において、製造条件は以下のようにする。

【0037】

仕上温度：(Ar₃変態点 - 20) 以上

熱間圧延の仕上温度が(Ar₃変態点 - 20)より低い温度では、仕上圧延までに鋼板中の一部でフェライト変態が進行するため炭化物を含まないフェライト粒が増加し、伸びフランジ性が劣化する。そこで(Ar₃変態点 - 20)以上の温度で仕上圧延する。これにより、組織の均一化を図ることができ伸びフランジ性の向上が図られる。

10

【0038】

強冷却終了時期：変態開始前

強冷却途中に変態が開始すると、初析フェライトが生成し、伸びフランジ性が劣化する原因となる。また、目的とする体積率20%以上のベイナイト相が得られなくなる。従って、変態開始以前に強冷却を終了することで、鋼板の表層部と板厚中央部で変態開始時の鋼板の組織が両者ともベイナイト主体の組織とすることができる。

【0039】

強冷却終了温度：

強冷却終了温度については、変態開始時の温度が570 を超えると、コイラでの巻取りまでの間あるいは巻取り後にフェライトが生成するばかりか、パーライトのラメラ間隔が粗大化し、ベイナイト相の体積率が20%未満に低下する。そのため、球状化焼鈍後に均一分散した微細炭化物が得られなくなり焼入性が低下する。従って、変態開始時の温度が570 以下となるように強冷却終了温度を制御する。

20

その際、変態開始時の温度が500 以上(上部ベイナイト温度)となるように強冷却終了温度を制御することで、ベイナイト相の体積率が20%以上となり、フェライト粒が均一に粗大化して軟質化するため優れた加工性が得られる。

さらに、変態開始時の温度が500 以下(下部ベイナイト温度)になるように強冷却終了温度を制御することで、ベイナイト相の体積率が70%以上となり、球状化焼鈍の際、フェライト粒が均一に粗大化して極軟質化するため極めて優れた加工性が得られる。

一方、400 未満の低温域まで強冷却すると、マルテンサイトが生成するため加工性が劣化する。従って、強冷却終了温度は400 以上とすることが好ましい。

30

【0040】

変態開始から巻取りまでの間の温度：

また、高炭素鋼板では、変態開始から終了までの発熱が顕著であり、例えば冷却停止温度を550 とした場合でも、巻取りまでの間に50 程度変態発熱してしまう可能性がある。変態発熱による温度上昇を抑制せず、570 超えとなってしまった場合、パーライトのラメラ間隔の粗大化を促進してしまうため伸びフランジ性が劣化する。

以上より、変態開始後の鋼板の組織がランナウト走行中に変化しないよう、変態開始時の温度が500 ~ 570 (上部ベイナイト温度)となるように強冷却終了温度を制御した場合は、変態開始から巻取りまでの温度を500 ~ 570 (上部ベイナイト温度)の範囲で保持し、変態開始時の温度が400 ~ 500 (下部ベイナイト温度)となるように強冷却終了温度を制御した場合は、変態開始から巻取りまでの温度を400 ~ 500 (下部ベイナイト温度)の範囲で保持する。

40

【0041】

巻取温度：

変態開始後の鋼板の組織がランナウト走行中に変化しないよう冷却制御して巻取るが、巻取温度が570 を超えると初析フェライトが生成すると共にパーライトのラメラ間隔が大きくなり、体積率20%以上のベイナイト相が得られなくなる。そのため、焼鈍後の炭化物が粗大化して焼入性が劣化するばかりか、十分な軟質化が得られず加工性が低下する。従って、巻取温度を570 以下とする。

50

さらに、巻取温度を500以下とすることにより、ベイナイト相の体積率が70%以上となると共に、炭化物の分散状態が一層均一微細化し、極めて優れた加工性及び焼入性が得られる。なお、巻取温度の下限は特に規定しないが、低温になるほど鋼板の形状が劣化するため、400以上とすることが好ましい。

【0042】

基本的な製造条件は以上の通りであるが、必要に応じてさらに製造条件を加えることができる。

【0043】

例えば、さらに、鋼に添加する合金等により、変態開始後から変態終了までの温度の変動幅を50以内に温度制御する。これにより、引張強度の変動幅を抑えることができる。ここで、変動幅は最高値と最低値の差であり、変動幅50以内というのは、中心値±25以内と同じ意味である。この高炭素熱延鋼板は、組織が均一であり、引張強度の変動幅が小さいので、曲げ加工時のスプリングバックが一定となる等、コイル内でのプレス加工性の変動を小さくすることができる。

【0044】

そして、図2に、本発明の高炭素熱延鋼板の製造方法において用いるのに好適な製造設備の一例を示す。

【0045】

図2に示す製造設備は、仕上圧延機1と、仕上圧延機1の出側に冷却速度が150/秒以上の強冷却が可能な強冷却装置9と、冷却装置9の下流側に設置され、コイラ5での巻取りまでの間に変態発熱による温度上昇を抑制して所定の温度に冷却するための緩冷却装置2（通常100～150m程度のランナウトテーブルで、冷却速度が100/秒以下の能力を有し、冷却使用バンクと冷却水量が可変）と、仕上圧延機出側の鋼板の表面温度を測定する温度計6と、緩冷却装置2の中間位置での鋼板の表面温度を測定する温度計7と、コイラ5により鋼板を巻取るときのコイラ巻取温度を測定するための温度計8とを備えている。

【0046】

強冷却装置9は、製造する高炭素熱延鋼板の全ての板厚に対して大きな冷却速度を有することが好ましい。例えば、150/秒以上の能力を有すると、鋼板の先端が200から300mpm程度で進行する場合、仕上温度900から巻取温度450まで約3秒、つまり約10～20mの長さの非常にコンパクトな冷却設備とすることが可能で、大幅な冷却長の削減となるからである。

【0047】

緩冷却装置2は、鋼の種類や強冷却終了温度によって変化する変態発熱挙動から発熱する温度分を冷却するように冷却量を設定する必要があるので、種々の分割された水冷バンクにより冷却箇所及び冷却量を制御できることが冷却装置であることが好ましい。例えば、従来のラミナー冷却装置を緩冷却装置2としてもよい。

【0048】

以下に、上記の製造装置を用いて、本発明の高炭素熱延鋼板の製造方法を実施する場合の例を示す。

【0049】

第1の例としては、Cを0.32～0.38質量%含有し、Crを0.6～1.0質量%添加した鋼を、仕上圧延機1により仕上温度（ A_{r3} 変態点 - 20）以上で圧延した後、冷却速度150/秒以上の能力を有する強冷却装置9により変態開始温度が500～570（上部ベイナイト温度）になるように強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラ5による巻取りまでの間は緩冷却装置2による冷却制御は行わずに放冷する。

【0050】

これによって、ベイナイト相の体積率が20%以上となり、フェライト粒が均一に粗大化して軟質化するため、優れた加工性を有する高炭素熱延鋼板が得られる。

10

20

30

40

50

【0051】

第2の例(参考例)としては、Cを0.32~0.38質量%含有し、Crを0.01質量%以上0.6質量%未満添加した鋼を、仕上圧延機1により仕上温度(A_{r3} 変態点-20)以上で圧延した後、冷却速度150/秒以上の能力を有する強冷却装置9により変態開始温度が500~570(上部ベイナイト温度)になるように強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラ5による巻取りまでの間は500~570(上部ベイナイト温度)で保持されるように緩冷却装置2により冷却制御を行う。

【0052】

これによって、ベイナイト相の体積率が20%以上となり、フェライト粒が均一に粗大化して軟質化するため、優れた加工性を有する高炭素熱延鋼板が得られる。

10

【0053】

第3の例としては、Cを0.32~0.38質量%含有し、Crを0.6~1.0質量%添加した鋼を、仕上圧延機1により仕上温度(A_{r3} 変態点-20)以上で圧延した後、冷却速度150/秒以上の能力を有する強冷却装置9により変態開始温度が400~500(下部ベイナイト温度)になるように強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラ5による巻取りまでの間は緩冷却装置2による冷却制御は行わずに放冷する。

【0054】

これによって、ベイナイト相の体積率が70%以上となり、球状化焼鈍の際、フェライト粒が均一に粗大化して極軟質化するため、極めて優れた加工性を有する高炭素熱延鋼板が得られる。

20

【0055】

第4の例(参考例)としては、Cを0.32~0.38質量%含有し、Crを0.01質量%以上0.6質量%未満添加した鋼を、仕上圧延機1により仕上温度(A_{r3} 変態点-20)以上で圧延した後、冷却速度150/秒以上の能力を有する強冷却装置9により変態開始温度が400~500(下部ベイナイト温度)になるように強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラ5による巻取りまでの間は400~500(下部ベイナイト温度)で保持されるように緩冷却装置2により冷却制御を行う。

【0056】

これによって、ベイナイト相の体積率が70%以上となり、球状化焼鈍の際、フェライト粒が均一に粗大化して極軟質化するため、極めて優れた加工性を有する高炭素熱延鋼板が得られる。

30

【0057】

さらに、上記の例において、鋼に添加する合金や緩冷却装置2による冷却制御により、変態開始後からコイラ5による変態終了までの温度の変動幅を50以内に温度制御を行うこともできる。これにより、引張強度の変動幅を抑えることができる。

【0058】

なお、本発明の実施に当たっては、連続鋳造から粗圧延まで直接圧延を行う直送圧延プロセス、又はスラブの再加熱を伴う製造プロセスにおいても、加工性を優れたレベルとするためには、化学成分を特定範囲に制御することが望ましい。本発明では、前述のようにCとCrの含有量を制御しているが、その他、本発明の効果を妨げない範囲で、例えば熱間加工性を向上させるため等の目的で、微量合金元素を添加することもできる。

40

【0059】

このように成分調製された高炭素鋼を造塊-分塊圧延、又は、連続鋳造によりスラブとする。このスラブに熱間圧延を行うが、その際、スラブ加熱温度は、スケール発生による表面状態の劣化を避けるため、1280以下とすることが望ましい。

【0060】

また、粗圧延後の粗バー又は仕上圧延中の被圧延材を、誘導加熱装置により加熱することにより、コイル内の機械的性質の均一化が図られる。

【0061】

50

さらに、仕上温度を $A r_3$ 変態点直上の狭い温度範囲に制御することにより、本発明の組織微細化の効果をより効果的に発揮させることができる。

【0062】

本発明の効果は、原理的に、仕上圧延前の粗バーによる加熱あるいは保熱の有無やその手法にはよらずに得られる。従って、誘導加熱に限らずコイルボックス等を用いた連続圧延プロセスに対しても、効果的に使用できる。また、仕上圧延直前又は仕上圧延中に、被圧延材を誘導加熱装置により加熱するとき、エッジ加熱を行ってもよく、特に板厚 2 mm 以下の薄鋼板を製造する場合に効果的である。

【0063】

また、仕上圧延後の強冷却を行う際に、仕上圧延後、0.1 秒を超え 1.0 秒未満の時間内で冷却を開始すると、加工性をより一層向上できる。さらに、球状化促進あるいは硬度低減のため、巻取り後にコイルを徐冷カバー等の手段で保温してもよい。

【0064】

なお、本発明の高炭素鋼の成分調製には、転炉あるいは電気炉のどちらでも使用可能である。また、連続鋳造スラブをそのまま又は温度低下を抑制する目的で保熱しつつ圧延する直送圧延を行ってもよい。あるいは、薄鋳片鋳造技術等の適用により粗圧延を省略して仕上圧延を行ってもよい。

【実施例 1】

【0065】

表 1 に示す化学成分を有する高炭素鋼 A、B、C を溶製した。そして、これらの高炭素鋼を図 2 に示した製造設備を用いて、表 2 に示す製造条件で圧延を行い（通板速度は 250 mpm）、その後焼鈍を行って、板厚 3.2 mm の鋼板を 5 種類（鋼板 No. 1 ~ 5）製造した。

【0066】

鋼板 No. 1 は、本発明例 1 であり、Cr を 1.0 質量% 添加した高炭素鋼 A を用い、仕上圧延後、変態開始温度が上部ベイナイト温度になるように強冷却装置 9 で強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラ 5 による巻取りまでの間は緩冷却装置 2 による冷却制御を行わずに放冷したものである。

【0067】

鋼板 No. 2 は、本発明例 2 であり、Cr を 1.0 質量% 添加した高炭素鋼 A を用い、仕上圧延後、変態開始温度が下部ベイナイト温度になるように強冷却装置 9 で強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラ 5 による巻取りまでの間は緩冷却装置 2 による冷却制御を行わずに放冷したものである。

【0068】

鋼板 No. 3 は、参考例 1 であり、Cr を 0.15 質量% 添加した高炭素鋼 B を用い、仕上圧延後、変態開始温度が上部ベイナイト温度になるように強冷却装置 9 で強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラ 5 による巻取りまでの間を緩冷却装置 2 によって冷却制御したものである。

【0069】

鋼板 No. 4 は、比較例 1 であり、本発明における Cr 添加量の上限 1.0 質量% を超えた、Cr を 1.5 質量% 添加した高炭素鋼 C を用い、仕上圧延後、変態開始温度が上部ベイナイト温度になるように強冷却装置 9 で強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラ 5 による巻取りまでの間は緩冷却装置 2 による冷却制御を行わずに放冷したものである。

【0070】

鋼板 No. 5 は、比較例 2 であり、Cr を 0.15 質量% 添加した高炭素鋼 B を用い、仕上圧延後、変態開始温度が上部ベイナイト温度になるように強冷却装置 9 で強冷却を行い、変態開始前に強冷却を終了した後、コイラ 5 による巻取りまでの間は、緩冷却装置 2 による冷却制御を行わずに、放冷したものである。

【0071】

10

20

30

40

50

【表 1】

鋼	C	Si	Mn	P	S	SoI,Al	Cr	N
A	0.37	0.18	0.76	0.018	0.0016	0.030	1	0.0030
B	0.38	0.17	0.75	0.017	0.0013	0.028	0.15	0.0028
C	0.38	0.17	0.75	0.017	0.0011	0.028	<u>1.5</u>	0.0027

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

【 表 2 】

鋼板No	鋼	加熱溫度 (°C)	仕上げ温 度 (°C)	強冷却開 始時間 (s)	冷却速度 (°C/s)	強冷却終 了溫度 (°C)	中間溫度 (°C)	巻取直前 溫度 (°C)	巻取溫度 (°C)	変態開始 溫度 (°C)	焼鈍条件	備考
1	A	1250	Ar3+10	0.5	160	580	570	530	520	530	680°Cx40hr	本発明例1
2	A	1250	Ar3+10	0.6	160	480	460	460	450	460	720°Cx40hr	本発明例2
3	B	1250	Ar3+10	0.6	160	550	550	540	530	540	720°Cx40hr	参考例1
4	C	1250	Ar3+10	0.5	160	620	605	540	625	540	680°Cx40hr	比較例1
5	B	1250	Ar3+10	0.4	160	550	640	540	530	540	720°Cx40hr	比較例2

10

20

30

40

【 0 0 7 3 】

50

そして、図3に本発明例1、2と参考例1及び比較例1、2の各鋼板の強冷却開始直後の温度履歴を示している。その内の本発明例1、本発明例2と比較例1の温度履歴を抜き出して比較したものが図4であり、参考例1と比較例2の温度履歴を抜き出して比較したものが図5である。

【0074】

図2及び表2によれば、本発明例1については、強冷却終了後、所定時間（潜伏時間：仕上温度と冷却速度から予測した平衡変態温度以下に鋼板温度が到達する時間から変態開始するまでの時間を潜伏時間と定義する）経過後、500～570の範囲内で変態が始まっており、また、本発明例2については、強冷却終了後、所定時間（潜伏時間）経過後400～500の範囲内で変態が始まっており、それぞれその温度履歴も緩やかであり、緩冷却装置2を使わずとも、所望の温度範囲内で温度が推移している。

10

【0075】

参考例1については、強冷却終了直後に変態が開始し、温度上昇が約12sで90程度生ずるが、発熱挙動を制御しない場合（Crを添加しない場合）は約10sで約110の温度上昇が急激に起こることに比べると温度上昇が緩やかで、緩冷却装置2の使用バンクと使用流量を制御し、18個の冷却バンクのうち2番目、4番目、5番目で、それぞれ10、5、8冷却した結果、目標温度範囲に、すなわち500～570の範囲内に温度制御できている。

【0076】

比較例1については、強冷却終了後、所定時間（潜伏時間）経過後変態が始まり、その発熱挙動も緩やかであるが、コイラ5に巻取った後、変態発熱したため、その変態発熱を放冷できず、結果的に鋼板の温度が上昇している。

20

【0077】

比較例2については、変態開始温度が本発明例3と同じであるが、強冷却終了直後に変態を開始し、その後、緩冷却装置2を使用しなかったため温度が約90近く上昇し、所定の温度範囲に温度制御がなされていない。

【0078】

そして、これらの鋼板からサンプルを採取し、熱延鋼板のベイナイト相の体積率の測定と焼鈍板の硬度測定を行った。その測定結果を表3に示す。

【0079】

なお、熱延鋼板のベイナイト相の体積率の測定については、サンプルの板厚断面を研磨・腐食後、走査型電子顕微鏡にてベイナイト相の体積率の測定を行った。また、焼鈍板の硬度測定については、焼鈍板のサンプルの板面を、ロックウェルBスケール硬度（HRB）で5点測定し、平均値を求めそのサンプルの硬度とした。

30

【0080】

【表3】

鋼板No	鋼	熱延鋼板ベイナイト体積率 (%)	焼鈍後硬度 (HRB)	備考
1	A	31	70	本発明例1
2	A	95	67	本発明例2
3	B	30	71	参考例1
4	C	10	84	比較例1
5	B	12	85	比較例2

40

【0081】

50

この結果、表3に示すように、本発明例1、2と参考例1は、ベイナイト相の体積率が20%以上となっており、特に、強冷却終了温度と巻取温度を下部ベイナイト温度に設定した本発明例2は、ベイナイト相の体積率が70%以上となっている。

【0082】

これに対して、比較例1は、Cr添加量が1.5質量%と多すぎたために、変態開始時の鋼板の組織が巻取り後に変化してしまい、ベイナイト相の体積率が20%未満となっている。また、比較例2は、変態開始後の温度制御を行わなかったために、ベイナイト相の体積率が20%未満となっている。

【0083】

そして、焼鈍後の硬度については、本発明例1、2と参考例1では、比較例1、2に比べて、それぞれ10ポイント以上低くなっており、軟質化していることが確認できる。特に、ベイナイト相の体積率が70%以上で焼鈍温度の高い本発明例2は、焼鈍後の硬度が低く、極めて軟質となっている。

10

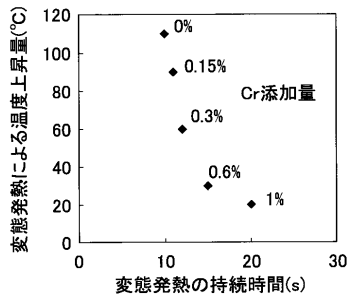
【符号の説明】

【0084】

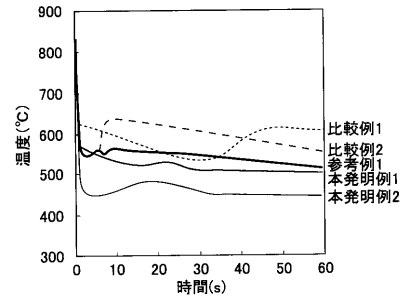
- 1 仕上圧延機
- 2 緩冷却装置
- 5 コイラ
- 6 温度計
- 7 温度計
- 8 温度計
- 9 強冷却装置

20

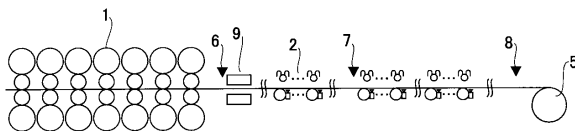
【図1】



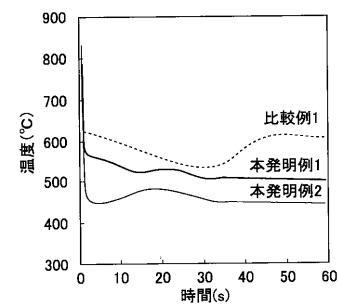
【図3】



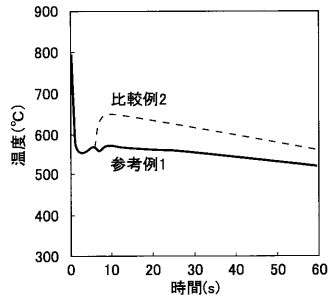
【図2】



【図4】



【 図 5 】



フロントページの続き

審査官 田口 裕健

(56)参考文献 特開平10-265845(JP,A)
特開2002-316205(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C21D 9/46 - 9/48
C22C 38/00 - 38/60