

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6384703号
(P6384703)

(45) 発行日 平成30年9月5日(2018.9.5)

(24) 登録日 平成30年8月17日(2018.8.17)

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

請求項の数 5 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2018-529197 (P2018-529197)	(73) 特許権者	000001258
(86) (22) 出願日	平成30年3月8日(2018.3.8)		J F E スチール株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/008892		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
審査請求日	平成30年6月5日(2018.6.5)	(74) 代理人	110001542
(31) 優先権主張番号	特願2017-47361 (P2017-47361)		特許業務法人銀座マロニエ特許事務所
(32) 優先日	平成29年3月13日(2017.3.13)	(72) 発明者	平島 拓弥
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
早期審査対象出願			F E スチール株式会社内
		(72) 発明者	河村 健二
			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	小野 義彦
			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】 高強度冷延鋼板とその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

C : 0 . 0 7 ~ 0 . 1 2 m a s s %、S i : 0 . 7 m a s s % 以下、M n : 2 . 2 ~ 2 . 8 m a s s %、P : 0 . 1 m a s s % 以下、S : 0 . 0 1 m a s s % 以下、A l : 0 . 0 1 ~ 0 . 1 m a s s %、N : 0 . 0 1 5 m a s s % 以下、かつ、T i および N b のうちから選ばれる1種または2種を合計で0 . 0 2 ~ 0 . 0 8 m a s s % 含有し、残部がF e および不可避的不純物からなる成分組成と、

全組織に対する面積率が40 ~ 80 % のフェライトと、焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトとベイナイトから構成される第2相とからなり、第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が50 ~ 80 % で、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比が1 . 0 ~ 1 . 5 の範囲である鋼組織と、

引張強さが780 M P a 以上、降伏比が70 % 以下で、下記(1)式で定義される降伏応力の面内異方性 Y S の絶対値が30 M P a 以下、および、下記(2)式で定義される引張強さの面内異方性 T S の絶対値が30 M P a 以下である機械的特性を有する高強度冷延鋼板。

記

$$| Y S | = (Y S _ L - 2 \times Y S _ D + Y S _ C) / 2 \quad \dots (1)$$

$$| T S | = (T S _ L - 2 \times T S _ D + T S _ C) / 2 \quad \dots (2)$$

ここで、Y S _ L、T S _ L : 圧延方向の降伏応力、引張強さ

Y S _ C、T S _ C : 圧延方向に対して直角方向の降伏応力、引張強さ

$Y S_D$ 、 $T S_D$ ：圧延方向に対して 45° 方向の降伏応力、引張強さ

【請求項2】

ベイナイト中の炭化物の平均粒径が $0.3\ \mu\text{m}$ 以下であり、フレッシュマルテンサイトの平均粒径が $1.0\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載の高強度冷延鋼板。

【請求項3】

上記成分組成に加えてさらに、 Cr ： $0.05\sim 1.0\ \text{mass}\%$ 、 Mo ： $0.05\sim 1.0\ \text{mass}\%$ および V ： $0.01\sim 0.1\ \text{mass}\%$ から選ばれる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または2に記載の高強度冷延鋼板。

【請求項4】

上記成分組成に加えてさらに、 B ： $0.0003\sim 0.005\ \text{mass}\%$ を含有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の高強度冷延鋼板。

10

【請求項5】

請求項1～4のいずれか1項に記載の成分組成を有する鋼スラブを熱間圧延し、冷間圧延した後、連続焼鈍を施して高強度冷延鋼板を製造する際、

上記連続焼鈍において、 $A c_3 - 30\sim A c_3 + 50$ の温度域に60秒以上滞留する均熱処理した後、該均熱温度から 650 以下まで平均冷却速度 $2\sim 5\ /s$ で1次冷却し、 $650\sim 550$ の温度域に $15\sim 60$ 秒1次滞留した後、該滞留温度から 350 以下の温度域まで平均冷却速度 $10\sim 25\ /s$ で2次冷却し、 $350\sim 250$ の温度域に $300\sim 500$ 秒2次滞留した後、3次冷却することにより、

全組織に対する面積率が $40\sim 80\%$ のフェライトと、焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトとベイナイトから構成される第2相とからなり、第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が $50\sim 80\%$ で、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比が $1.0\sim 1.5$ の範囲にある鋼組織と、

20

引張強さが $780\ \text{MPa}$ 以上、降伏比が 70% 以下で、下記(1)式で定義される降伏応力の面内異方性 $Y S$ の絶対値が $30\ \text{MPa}$ 以下、および、下記(2)式で定義される引張強さの面内異方性 $T S$ の絶対値が $30\ \text{MPa}$ 以下である機械的特性とを付与する高強度冷延鋼板の製造方法。

記

$$|Y S| = (Y S_L - 2 \times Y S_D + Y S_C) / 2 \quad \dots (1)$$

$$|T S| = (T S_L - 2 \times T S_D + T S_C) / 2 \quad \dots (2)$$

30

ここで、 $Y S_L$ 、 $T S_L$ ：圧延方向の降伏応力、引張強さ

$Y S_C$ 、 $T S_C$ ：圧延方向に対して直角方向の降伏応力、引張強さ

$Y S_D$ 、 $T S_D$ ：圧延方向に対して 45° 方向の降伏応力、引張強さ

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主として自動車車体の強度部材に用いられる高強度冷延鋼板とその製造方法に関し、具体的には、引張強さ $T S$ が $780\ \text{MPa}$ 以上で、降伏比 $Y R$ が小さく、引張特性の異方性が小さい高強度冷延鋼板とその製造方法に関するものである。

【背景技術】

40

【0002】

近年、地球環境を保護する観点から、自動車の CO_2 排出量削減に向けた燃費改善が強く求められている。また、乗員の安全性を確保する観点から、自動車車体の強度向上も強く求められている。これらの要求に応えるため、自動車車体の素材となる鋼板を高強度化するとともに薄肉化し、自動車車体の軽量化と高強度化を図る動きが活発となっている。

【0003】

しかし、素材鋼板の高強度化に伴ない、降伏応力や引張強さ等の機械的特性のばらつき(面内異方性)が大きくなる傾向にあるが、該ばらつきは、成形部品の寸法精度を悪化させる。そのため、高強度鋼板において、機械的特性のばらつきを低減することは重要である。また、一般に高強度化に伴ない、降伏比 $Y R$ が高くなるため、成形後のスプリングバ

50

ックも大きくなるので、降伏比の低減も重要である。

【0004】

そこで、高強度鋼板の機械的特性のばらつきおよび降伏比の低減に応えるための技術が幾つか提案されている。例えば、特許文献1には、C：0.06～0.12mass%、Mn：1.2～2.6mass%含有する鋼板の{ α , β , γ } = {0°, 35°, 45°}における3次元結晶方位分布関数を2.5以下とし、鋼板組織を、フェライト主相とし、全組織に対するマルテンサイト相の体積分率5～20%に制御することで、降伏強度の面内方性を小さくする技術が開示されている。

【0005】

また、特許文献2には、C：0.06～0.15mass%、Si：0.5～1.5mass%、Mn：1.5～3.0mass%含有する鋼板に、Alを0.5～1.5mass%添加して、Ac₁～Ac₃の2相温度域を拡大することで、連続焼鈍条件の変動による組織変化を小さくして、機械的特性のばらつきを抑制する技術が開示されている。

10

【0006】

また、特許文献3には、C：0.03～0.17mass%、Mn：1.5～2.5mass%の鋼板に、Crを0.3～1.3mass%添加し、均熱焼鈍後の冷却過程における焼入れ性を高めるとともに、生成するマルテンサイトを軟質化することで、伸びフランジ性と曲げ性を向上する技術が開示されている。

【0007】

また、特許文献4には、C：0.06～0.12mass%、Mn：1.2～3.0mass%、Nb：0.005～0.07mass%およびTi：0.005～0.025mass%を含有し、金属組織がベイナイトと島状マルテンサイトとの2相組織からなり、該島状マルテンサイトの面積分率が3～20%かつ円相当径が3.0 μ m以下とすることで、低降伏比で、耐歪時効特性と一様伸び（均一伸び）に優れる高強度鋼板を得る技術が開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2013-181183号公報

【特許文献2】特開2007-138262号公報

30

【特許文献3】特開2010-070843号公報

【特許文献4】特開2011-094230号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記特許文献1の技術では、フェライトとマルテンサイトの2相組織であっても、マルテンサイト相の分率が20%以下であるため、引張強さ780MPa以上の強度を確保することができないという問題がある。

また、上記特許文献2の技術では、Alを多量に添加する必要があるため、また、均熱焼鈍後、750～500℃までを20℃/s以下の冷却速度で冷却し、その後、100℃以下まで100℃/s以上で急速冷却する特殊な冷却設備が必要であるため、実用化には大きな設備投資が必要となる。

40

また、上記特許文献3の技術では、ベイナイトを含まない鋼組織であることから、ミクロ組織間での硬度差が大きく、強度が変動し易いという問題があり、しかも、鋼板の機械的特性のばらつきについては考慮していない。

また、上記特許文献4の技術は、発明の対象が厚板であり、冷間圧延および連続焼鈍を行って製造する自動車用高強度冷延鋼板への適用は難しい。

【0010】

そこで、本発明は、従来技術が抱える上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、引張強さが780MPa以上、低降伏比で、引張特性の異方性が小さい高強度冷

50

延鋼板を提供するとともに、その有利な製造方法を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

発明者らは、上記課題を解決するべく鋭意検討を重ねた。その結果、引張強さが780 MPa以上、かつ、低降伏比で、引張特性の異方性が小さい高強度冷延鋼板を得るためには、冷間圧延後の連続焼鈍における均熱焼鈍で、フェライトの再結晶を十分に進行させ、かつ、適正な量のオーステナイトを生成させた後、その後の冷却条件を適正に制御することで、フェライトを主相とし、第2相がベイナイトと焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトとからなり、第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が50～80%で、かつ、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比が1.0～1.5の範囲である鋼組織とすることが有効であることを見出し、本発明を開発するに至った。

10

【0012】

上記知見に基く本発明は、C：0.07～0.12mass%、Si：0.7mass%以下、Mn：2.2～2.8mass%、P：0.1mass%以下、S：0.01mass%以下、Al：0.01～0.1mass%、N：0.015mass%以下、かつ、TiおよびNbのうちから選ばれる1種または2種を合計で0.02～0.08mass%含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成と、全組織に対する面積率が40～80%のフェライトと、焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトとベイナイトから構成される第2相とからなり、第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が50～80%で、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比が1.0～1.5の範囲である鋼組織と、引張強さが780 MPa以上、降伏比が70%以下で、下記(1)式；

20

$$|YS| = (YSL - 2 \times YSD + YSC) / 2 \quad \dots (1)$$

で定義される降伏応力の面内異方性 YSの絶対値が30 MPa以下、および、下記(2)式；

$$|TS| = (TSL - 2 \times TSD + TSC) / 2 \quad \dots (2)$$

で定義される引張強さの面内異方性 TSの絶対値が30 MPa以下である機械的特性を有する高強度冷延鋼板である。ここで、上記(1)式および(2)式におけるYSLおよびTSLは、圧延方向の降伏応力および引張強さ、YSCおよびTSCは、圧延方向に対して直角方向の降伏応力および引張強さ、YSDおよびTSDは、圧延方向に対して45°方向の降伏応力および引張強さである。

30

【0013】

本発明の上記高強度冷延鋼板は、ベイナイト中の炭化物の平均粒径が0.3 μm以下であり、フレッシュマルテンサイトの平均粒径が1.0 μm以下であることを特徴とする。

【0014】

また、本発明の上記高強度冷延鋼板は、上記成分組成に加えてさらに、Cr：0.05～1.0mass%、Mo：0.05～1.0mass%およびV：0.01～0.1mass%から選ばれる1種または2種以上を含有することを特徴とする。

40

【0015】

また、本発明の上記高強度冷延鋼板は、上記成分組成に加えてさらに、B：0.0003～0.005mass%を含有することを特徴とする。

【0016】

また、本発明は、上記のいずれかに記載の成分組成を有する鋼スラブを熱間圧延し、冷間圧延した後、連続焼鈍を施して高強度冷延鋼板を製造する際、上記連続焼鈍において、Ac₃-30～Ac₃+50の温度域に60秒以上滞留する均熱処理した後、該均熱温度から650以下まで平均冷却速度2～5/sで1次冷却し、650～550の温度域に15～60秒1次滞留した後、該滞留温度から350以下の温度域まで平均冷却速度10～25/sで2次冷却し、350～250の温度域に300～500秒2次滞留した後、3次冷却することにより、全組織に対する面積率が40～80%のフェラ

50

イトと、焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトとベイナイトから構成される第2相とからなり、第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が50～80%で、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比が1.0～1.5の範囲にある鋼組織と、引張強さが780MPa以上、降伏比が70%以下で、下記(1)式；

$$|YS| = (Y_{SL} - 2 \times Y_{SD} + Y_{SC}) / 2 \quad \dots (1)$$

で定義される降伏応力の面内異方性 YS の絶対値が30MPa以下、および、下記(2)式；

$$|TS| = (T_{SL} - 2 \times T_{SD} + T_{SC}) / 2 \quad \dots (2)$$

で定義される引張強さの面内異方性 TS の絶対値が30MPa以下である機械的特性とを付与する高強度冷延鋼板の製造方法を提案する。ここで、上記(1)式および(2)式における Y_{SL} および T_{SL} は、圧延方向の降伏応力および引張強さ、 Y_{SC} および T_{SC} は、圧延方向に対して直角方向の降伏応力および引張強さ、 Y_{SD} および T_{SD} は、圧延方向に対して45°方向の降伏応力および引張強さである。

【発明の効果】

【0017】

本発明の高強度冷延鋼板は、780MPa以上の引張強さを有し、低降伏比で、引張特性の異方性が小さいので、自動車車体の高強度部材に適用することによって、成形性の改善、成形部品の寸法精度の向上に寄与するのみならず、車体の軽量化による燃費改善および高強度化による安全性向上にも大きく寄与する。

【発明を実施するための形態】

【0018】

まず、本発明が対象とする高強度冷延鋼板（以降、単に「本発明の鋼板」ともいう）の機械的特性について説明する。

本発明の鋼板は、引張強さ TS が780MPa以上で、引張強さ TS に対する降伏応力 YS の比 $(YS / TS \times 100)$ である降伏比 YR が70%以下であり、下記(1)式；

$$|YS| = (Y_{SL} - 2 \times Y_{SD} + Y_{SC}) / 2 \quad \dots (1)$$

で定義される降伏応力 YS の面内異方性の絶対値 $|YS|$ が30MPa以下、かつ、下記(2)式；

$$|TS| = (T_{SL} - 2 \times T_{SD} + T_{SC}) / 2 \quad \dots (2)$$

で定義される引張強さ TS の面内異方性の絶対値 $|TS|$ が30MPa以下である機械的特性を有することを特徴とする。ここで、上記引張強さ TS および降伏比 YR は、圧延方向に対して直角方向（C方向）の値であり、また、上記(1)式および(2)式における Y_{SL} および T_{SL} は、圧延方向の降伏応力および引張強さ、 Y_{SC} および T_{SC} は、圧延方向に対して直角方向の降伏応力および引張強さ、 Y_{SD} および T_{SD} は、圧延方向に対して45°方向の降伏応力および引張強さである。

【0019】

なお、本発明の鋼板は、引張強さ TS の上限値については、特に規定しないが、1200MPa程度とする。本発明の化学成分および鋼組織構成では引張強さが1200MPaが限度のためである。

【0020】

また、本発明の鋼板は、圧延方向に対して直角方向（C方向）の均一伸びが10%以上であることも優れた特徴の1つである。

【0021】

次に、本発明の高強度冷延鋼板の鋼組織について説明する。

本発明の鋼板の鋼組織は、上記した機械的特性を有するためには、全組織に対する面積率が40～80%のフェライトと、ベイナイトと焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトから構成される第2相とからなり、第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が50～80%で、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比が1.0～1.5の範囲であることが必要である。このように、主相のフェライトと、ベイナイト、焼戻しマルテンサイトおよびフレッシュマルテンサイトからなる第2相とを併存さ

10

20

30

40

50

せることで、引張強さが780MPa以上の高強度でも、低降伏比で引張特性の異方性が小さい機械的特性を付与することができる。以下、上記鋼組織の限定理由について、具体的に説明する。

【0022】

フェライトの面積率：40～80%

本発明の鋼板の鋼組織は、延性に富む軟質なフェライト中に、第2相として低温変態相（ベイナイト、焼戻しマルテンサイト、フレッシュマルテンサイト）が存在する複合組織からなり、該鋼組織に占めるフェライトの面積率は、十分な延性および強度と延性のバランスを確保するため、40%以上であることが必要である。一方、フェライトの面積率が80%を超えると、本発明が目標とする引張強さ（780MPa以上）を確保することが

10

【0023】

本発明の鋼板の鋼組織は、上記フェライト以外の残部は、焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトとベイナイトから構成される第2相（低温変態相）である。したがって、第2相の面積率は、100%から上述したフェライト面積率を除いた値となる。なお、フェライトおよび上記した第2相以外の組織である残留オーステナイトやパーライト、炭化物は、合計面積率で2%以下であれば含むことができる。

ここで、上記ベイナイトは、フェライトとフレッシュマルテンサイトの中間的な硬さの組織であり、引張特性の異方性を低減する効果があるので、全鋼板組織に対する面積率で

20

【0024】

また、焼戻しマルテンサイトは、良好な曲げ性や伸びフランジ性を確保する上で重要な組織であり、全鋼板組織に対する面積率で20～50%存在するのが好ましい。

また、フレッシュマルテンサイトは、後述するように、連続焼鈍の冷却過程の最終段階で形成される焼入れままのマルテンサイト組織であり、鋼板の降伏比を低減する効果がある。上記効果を得るためには、全鋼板組織に対する面積率で5%以上存在することが好ましい。しかし、多量に存在すると、プレス成形時にフレッシュマルテンサイトとフェライトの界面に形成されるポイド量が多くなり、プレス割れを引き起こし易くなるため、30%以下であることが好ましい。より好ましくは10～20%の範囲である。

30

【0025】

第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率：50～80%

次に、本発明の鋼板において重要なことは、引張特性の異方性を低減する観点から、上記第2相の面積率に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が50～80%の範囲であることである。第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が50%未満では、引張特性の異方性が大きくなるだけでなく、鋼板の曲げ性や伸びフランジ性が低下する。一方、80%を超えると、780MPa以上の引張強さを確保することが難くなる他、降伏比が大きく上昇してしまうからである。好ましくは、55～75%の範囲である。

40

なお、第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率は、前述した方法でフレッシュマルテンサイトの面積率を測定し、第2相の面積率からフレッシュマルテンサイトの面積率を除いた面積率を、第2相の合計面積率で除して求める。

【0026】

ここで、上記各相の面積率は、鋼板の圧延方向の板厚断面（L断面）を研磨し、1vol%のナイトール液で腐食した後、鋼板表面から板厚の1/4の位置をSEM（Scanning Electron Microscope）を用いて1000倍の倍率で40μm×28μmの範囲を3視野撮像し、上記組織画像について、Adobe Systems社のAdobe Photoshopを用いて各相の面積

50

率を測定したときの、3視野の平均値とする。なお、焼き戻しマルテンサイトは、その相中の炭化物の平均粒径が $0.1\mu\text{m}$ 未満のものを指す。また、ベイナイトは、その相中の炭化物の平均粒径が $0.1\mu\text{m}$ 以上のものを指す。

【0027】

フレッシュマルテンサイトのアスペクト比： $1.0\sim 1.5$

また、本発明の鋼板において、フレッシュマルテンサイトの形態も重要であり、第2相の形態が圧延方向に伸長した割合が多くなると、プレス成形時にポイドが発生し易くなる他、亀裂も進展し易くなる。したがって、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比が $1.0\sim 1.5$ の範囲にあることが必要である。好ましくは $1.0\sim 1.3$ の範囲である。フレッシュマルテンサイトのアスペクト比は、(長軸の長さ/短軸の長さ)で定義される。本発明の鋼板において、「長軸の長さ」は「鋼板の圧延方向におけるフレッシュマルテンサイトの長さ」とし、「短軸の長さ」は「鋼板の厚さ方向におけるフレッシュマルテンサイトの長さ」とする。

10

【0028】

なお、上記フレッシュマルテンサイトのアスペクト比は、後述する製造方法における連続焼鈍の均熱焼鈍温度を、(+)2相域の高温域から単相域として未再結晶組織を完全になくすとともに、適量のオーステナイトを生成させた後、 650 以下の温度域までの1次冷却および $650\sim 550$ の温度域での1次滞留条件を適正範囲に制御して、均熱時に生成した上記オーステナイトを分解・縮小させることによって、アスペクト比の小さい形態とすることができる。

20

【0029】

また、本発明の高強度冷延鋼板は、第2相中のフレッシュマルテンサイトの平均粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以下で、ベイナイト中に析出した炭化物の平均粒径は $0.3\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

フレッシュマルテンサイトの平均粒径： $1.0\mu\text{m}$ 以下

フレッシュマルテンサイトの平均粒径は、プレス成形性に影響し、平均粒径が $1.0\mu\text{m}$ を超えると、プレス成形時にフレッシュマルテンサイトとフェライトとの界面にポイドが生成し、均一伸びが低下して、プレス割れを引き起こし易くなる。また、引張特性の異方性も、フレッシュマルテンサイトの平均粒径に依存し、平均粒径が $1.0\mu\text{m}$ を超えると、引張特性の異方性が大きくなる傾向にある。よって、フレッシュマルテンサイトの平均粒径は、 $1.0\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。より好ましくは、 $0.8\mu\text{m}$ 以下である。

30

なお、フレッシュマルテンサイトの平均粒径は、SEMで粒と認識できる領域を一つの粒として切断法により求めた。

【0030】

ベイナイト中の炭化物の平均粒径： $0.3\mu\text{m}$ 以下

ベイナイト中の炭化物の平均粒径も、プレス成形性に影響し、平均粒径が $0.3\mu\text{m}$ を超えるとプレス成形時に、炭化物の界面でポイドが生成しやすくなり、均一伸びが低下し、プレス割れなどの問題が発生するため、 $0.3\mu\text{m}$ 以下とするのが好ましい。より好ましくは、 $0.2\mu\text{m}$ 以下である。ベイナイト中の炭化物の平均粒径の下限値は $0.1\mu\text{m}$ である。

40

【0031】

なお、上記のフレッシュマルテンサイトのアスペクト比と平均粒径およびベイナイト中の炭化物の平均粒径は、後述する本発明の製造工程における1次滞留と、それに続く2次冷却の条件に大きく依存するため、それらの値を上述した範囲に制御するためには、1次滞留と2次冷却の条件を適正範囲に制御することが重要である。

【0032】

次に、本発明の高強度冷延鋼板の成分組成を限定する理由について説明する。

本発明の鋼板は、基本成分組成が、C： $0.07\sim 0.12\text{mass}\%$ 、Si： $0.7\text{mass}\%$ 以下、Mn： $2.2\sim 2.8\text{mass}\%$ 、P： $0.1\text{mass}\%$ 以下、S： 0

50

．01mass%以下、Al：0.01～0.1mass%、N：0.015mass%以下、かつ、TiおよびNbのうちから選ばれる1種または2種を合計で0.02～0.08mass%含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなる。

【0033】

C：0.07～0.12mass%

Cは、焼入れ性を高め、所定量の第2相（ベイナイト、焼戻しマルテンサイト、フレッシュマルテンサイト）を確保するために必要な元素である。C含有量が0.07mass%未満では、上述した所定のミクロ組織が得られず、降伏比が70%以下とならないばかりか、780MPa以上の引張強さを確保するのが難しくなる。一方、C含有量が0.12mass%を超えると、第2相の粒径が大きくなり、また、ベイナイトの生成量が減少して、引張特性の異方性が大きくなり易くなる。よって、C含有量は、0.07～0.12mass%の範囲とする。好ましくは0.08mass%以上、より好ましくは0.09mass%以上である。また、好ましくは0.11mass%以下、より好ましくは0.10mass%以下である。

10

【0034】

Si：0.7mass%以下

Siは、固溶強化元素であるとともに、均一伸び等の加工性を向上させる元素でもある。上記効果を得るためには0.1mass%以上含有させるのが好ましい。しかし、0.7mass%を超えると、赤スケールの発生等による表面性状の劣化や、化成処理性の劣化を引き起こす。また、Siは、フェライト安定化元素であり、550～650の温度域でのフェライト生成量を増加し、第2相の生成量を減少させるため、780MPa以上の強度を確保することが難しくなる。よって、Si含有量は0.7mass%以下とする。好ましくは0.60mass%以下、より好ましくは0.50mass%以下である。さらに好ましくは0.30mass%未満、さらにより好ましくは0.25mass%以下である。

20

【0035】

Mn：2.2～2.8mass%

Mnは、オーステナイト安定化元素であり、連続焼鈍の均熱焼鈍後の冷却過程においてフェライトやパーライトの生成を抑制し、オーステナイトからマルテンサイトへの変態を促進する、すなわち、焼入れ性を高めて第2相の生成を容易にするため、鋼板の強度を確保するのに必要な元素である。上記効果を得るためには、2.2mass%以上の添加が必要である。特に、水焼入れタイプに比べて冷却速度が遅いガスジェット冷却タイプの冷却設備で鋼板を製造する場合には、Mnはより多く添加するのが好ましい。一方、Mn含有量が2.8mass%を超えると、スポット溶接性を損なうだけでなく、鑄造性の低下（スラブ割れ）を引き起こしたり、板厚方向のMn偏析が顕著となり、降伏比が上昇したりする。また、連続焼鈍の均熱焼鈍後の冷却過程における550～650の温度域でのフェライト生成が抑制される他、その後の冷却過程におけるベイナイトの生成も抑制されるため、均一伸びが低下したり、引張特性の異方性が大きくなったりする。よって、Mn含有量は、2.2～2.8mass%の範囲とする。なお、好ましくは2.3mass%以上、より好ましくは2.4mass%以上である。また、好ましくは2.7mass%以下、より好ましくは2.6mass%以下である。

30

40

【0036】

P：0.1mass%以下

Pは、固溶強化能が大きい元素であり、所望の強度に応じて適宜添加することができる。しかし、P添加量が0.1mass%を超えると、溶接性の低下を招くだけでなく、粒界偏析により脆化し、耐衝撃性が低下する。よって、P含有量は0.1mass%以下とする。好ましくは0.05mass%以下、より好ましくは0.03mass%以下である。

【0037】

S：0.01mass%以下

50

Sは、鋼の精錬過程で不可避免的に混入してくる不純物元素であり、粒界に偏析して熱間脆性を引き起こすとともに、硫化物系介在物を形成して、鋼板の局部変形能を低下させるため、低いほど好ましい。そのため、本発明では、S含有量は0.01mass%以下に制限する。好ましくは0.005mass%以下である。より好ましくは0.002mass%以下である。

【0038】

Al: 0.01 ~ 0.1mass%

Alは、鋼の精錬工程で脱酸剤として添加される元素であるとともに、炭化物の生成を抑制し、残留オーステナイトの生成を促進するのに有効な元素である。上記の効果を得るためには、0.01mass%以上添加する必要がある。一方、Al含有量が0.1mass%を超えると、粗大なAlNが析出して、延性が低下する。よって、Al含有量は0.01 ~ 0.1mass%の範囲とする。なお、好ましくは0.03mass%以上である。また、好ましくは0.06mass%以下である。

10

【0039】

N: 0.015mass%以下

Nは、鋼の耐時効性を最も劣化させる元素であり、特に0.015mass%を超えると、耐時効性の劣化が顕著となるため、0.015mass%以下に制限する。なお、Nは、少ないほど望ましく、好ましくは0.0100mass%以下、より好ましくは0.0070mass%以下である。さらに好ましくは0.0050mass%以下である。

【0040】

TiおよびNb: 合計で0.02 ~ 0.08mass%

NbおよびTiは、いずれも鋼中で炭窒化物を形成して結晶粒を微細化するため、鋼の高強度化に有効な元素である。特に、ガスジェット冷却タイプの冷却装置を有する連続焼鈍設備で本発明を実施する場合には、780MPa以上の引張強さを安定的に確保するため、NbおよびTiを積極的に添加する必要がある。そこで、本発明においては、上記効果を得るため、NbおよびTiの1種または2種を合計で0.02mass%以上添加する。一方、NbおよびTiの合計添加量が0.08mass%を超えると、製品板の組織中に未再結晶組織が残存するようになり、引張特性の異方性が大きくなる。よって、NbおよびTiの添加量は、合計で0.02 ~ 0.08mass%の範囲とする。なお、NbおよびTiの合計添加量は好ましくは0.03mass%以上である。また、好ましくは0.05mass%以下である。

20

30

【0041】

本発明の鋼板は、上記必須の成分に加えてさらに、Cr: 0.05 ~ 1.0mass%、Mo: 0.05 ~ 1.0mass%、V: 0.01 ~ 0.1mass%およびB: 0.0003 ~ 0.005mass%から選ばれる1種または2種以上を含有することができる。

Cr, Mo, VおよびBは、いずれも、焼鈍温度からの冷却時にパーライトの生成を抑制して、焼入れ性を高め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。上記効果を得るためには、Cr, Mo, VおよびBの1種または2種以上を、それぞれCr: 0.05mass%以上、Mo: 0.05mass%以上、V: 0.01mass%以上、B: 0.0003mass%以上添加するのが好ましい。しかし、Cr, Mo, VおよびBの添加量が、それぞれCr: 1.0mass%、Mo: 1.0mass%、V: 0.1mass%およびB: 0.005mass%を超えると、硬質なマルテンサイトの量が増大して、高強度化し過ぎ、鋼板に必要な加工性を得ることができなくなる。よって、Cr, Mo, VおよびBを添加する場合には、それぞれ上記範囲で添加するのが好ましい。なお、上記元素はより好ましくは、それぞれCr: 0.1mass%以上、Mo: 0.1mass%以上、V: 0.03mass%以上およびB: 0.0005mass%以上である。一方、上記元素はより好ましくは、それぞれCr: 0.5mass%以下、Mo: 0.3mass%以下、V: 0.06mass%以下およびB: 0.002mass%以下である。

40

50

【0042】

本発明の高強度冷延鋼板は、上記成分以外の残部はFeおよび不可避免的不純物である。なお、本発明の上記鋼板は、不純物元素として、Cu, Ni, Sb, Sn, Co, Ca, W, NaおよびMgを合計で0.01mass%以下であれば含有していてもよく、本発明の作用効果を害するものではない。

【0043】

次に、本発明の高強度冷延鋼板の製造方法について説明する。

本発明の鋼板は、上記成分組成を有する鋼スラブを、熱間圧延して熱延板とし、該熱延板を冷間圧延して所定の板厚の冷延板とした後、該冷延板に、本発明が規定する所定の条件の連続焼鈍を施すことにより製造する。

10

【0044】

本発明の鋼板の素材となる鋼スラブ(鋼片)は、転炉等で吹錬した鋼を真空脱ガス処理装置等で二次精錬して上記の所定の成分組成に調整した後、造塊-分塊圧延法や連続鋳造法等、従来公知の方法を用いて製造すればよく、顕著な成分偏析や組織の不均一が発生しなければ、製造方法に特に制限はない。

【0045】

続く熱間圧延は、鋳造ままの高温スラブをそのまま圧延(直送圧延)してもよいし、冷却したスラブを装入炉で再加熱してから圧延するようにしてもよい。スラブ再加熱温度SRTは、高温になり過ぎると、酸化によるスケールロスが増大するため、1300以下とするのが好ましい。一方、1200未満になると、熱間圧延の圧延荷重が増大し、圧延トラブルを引き起こし易くなる。したがって、スラブ加熱温度は、1200~1300の範囲とするのが好ましい。

20

【0046】

また、熱間圧延における仕上圧延終了温度FTは、製品板の引張特性の面内異方性を小さくするのに好ましい集合組織を得るため、800以上とするのが好ましい。仕上圧延終了温度が800未満では、熱間圧延の負荷が大きくなるだけでなく、一部の成分系では、Ar₃変態点以下のフェライト域での圧延となり、表層が粗大粒となる。一方、仕上圧延終了温度が950を超えると、熱間圧延時の再結晶が促進され、オーステナイトを未再結晶状態で圧延することができないため、フェライト組織が粗大化し、所定の強度を確保することが難しくなる。よって、仕上圧延終了温度FTは、800~950の範囲が好ましい。

30

【0047】

また、熱間圧延における巻取温度CTは、650~400の範囲とするのが好ましい。巻取温度が650を超えると、熱延板のフェライト粒径が大きくなり、製品板に所望の強度を付与することが困難となったり、スケール性の表面欠陥が発生しやすくなる。一方、巻取温度が400未満では、熱延板の強度が上昇し、冷間圧延における圧延荷重が増大するため、生産性の低下を招く。よって、巻取温度は650~400の範囲とするのが好ましい。

【0048】

上記のようにして得た熱延板は、その後、酸洗して脱スケールした後、圧下率が40~80%の冷間圧延を行い、板厚が0.5~3.0mmの冷延鋼板とするのが好ましい。なお、冷間圧延の圧下率が小さいと、その後に行なわれる焼鈍後の組織が不均一となり、引張特性の異方性が大きくなり易いので、50%以上とするのがより好ましい。

40

【0049】

次いで、上記所定の板厚とした冷延板には、上記した鋼組織と機械的特性を付与するため、本発明において最も重要な工程である連続焼鈍を施す。以下、熱処理条件について説明する。

【0050】

熱処理

この熱処理は、Ac₃-30~Ac₃+50の温度域で60秒以上保持する均熱処

50

理した後、平均冷却速度 $2 \sim 5$ / s で 650 以下まで冷却（1次冷却）し、 $550 \sim 650$ の温度域に $10 \sim 50$ 秒滞留（1次滞留）した後、さらに、平均冷却速度 $15 \sim 30$ / s で 350 以下まで冷却（2次冷却）し、 $350 \sim 250$ の温度域に $300 \sim 500$ 秒滞留（2次滞留）した後、3次冷却する熱処理である。

【0051】

加熱条件

均熱温度までの加熱条件は、再結晶を十分に進行させる観点から 650 超えの温度域では 10 / s 以下とするのが好ましい。 10 / s を超える加熱速度では連続焼鈍後の鋼板組織が不均一となり、引張特性の異方性が大きくなるからである。より好ましくは 8 / s 以下である。

10

【0052】

均熱処理条件

均熱処理（均熱焼鈍）は、冷間圧延によって形成されたフェライト圧延組織を十分に再結晶させるとともに、フェライト中に第2相を形成させるために必要なオーステナイトに変態させるため、 $A_{c3} - 30 \sim A_{c3} + 50$ の温度域に、60秒以上滞留させることが必要である。均熱焼鈍温度が、 $A_{c3} - 30$ 未満の場合には、圧延方向に伸展した圧延組織が残存し易く、引張特性の異方性が大きくなる。好ましい均熱温度の下限は $A_{c3} - 20$ である。一方、均熱焼鈍温度が $A_{c3} + 50$ を超えると、生成したオーステナイトが粗大となり、3次冷却で生成するフレッシュマルテンサイトの平均粒径が $1.0 \mu\text{m}$ を超えるため、10%以上の均一伸びが得られず、成形性が低下する。好ましい均熱温度の上限は $A_{c3} + 40$ である。また、均熱焼鈍時間が60秒未満では、フェライトのオーステナイトへの逆変態が十分に進まず、所定量のオーステナイトを確保できず、所望の強度が得られなかったり、また、未再結晶粒の残存が多い場合にはプレス成形性が低下したり、引張強度の異方性が大きくなるおそれがある。そのため、均熱焼鈍時間は60秒以上とする。好ましくは100秒以上である。なお、均熱焼鈍時間が500秒を超えると、オーステナイトの粒径が粗大となり、連続焼鈍後の鋼板組織で粗大なマルテンサイトが生成されやすくプレス成形性が劣化するだけでなく、エネルギーコストの増大を招く。そのため、上限は500秒とするのが好ましい。

20

【0053】

ここで、上記 A_{c3} 点は、実験により求めても良いが、次式によっても算出することができる。

30

$$A_{c3} \text{ 点 (} ^\circ\text{C) } = 910 - 203 \times [\text{C}\%]^{1/2} + 44.7 \times [\text{Si}\%] - 30 \times [\text{Mn}\%] + 700 \times [\text{P}\%] + 400 \times [\text{Al}\%] - 20 \times [\text{Cu}\%] + 31.5 \times [\text{Mo}\%] + 104 \times [\text{V}\%] + 400 \times [\text{Ti}\%]$$

なお、上記式中の $[X\%]$ は、鋼板の成分元素 X の含有量 (mass%) であり、含有しないときは“0”とする。

【0054】

1次冷却条件

上記均熱処理に続く1次冷却は、所定量のフェライト量を確保するため、上記均熱焼鈍温度から、 $650 \sim 550$ の1次冷却停止温度まで、平均冷却速度 $2 \sim 5$ / s で冷却することが必要である。平均冷却速度が 2 / s 未満では、冷却中にオーステナイトの分解が過度に進行し、 $550 \sim 650$ の温度域での1次滞留より前に生成するフェライト量が多くなり過ぎ、焼鈍後に所望の強度が得られない。一方、平均冷却速度が 5 / s を超えると、逆に、冷却中のオーステナイトの分解が不足し、所定のフェライト分率が確保できず、70%以下の低降伏比が得られなくなる。よって、1次冷却の平均冷却速度は $2 \sim 5$ / s の範囲とする。

40

また、1次冷却の冷却停止温度を 650 以下とする理由は、 650 を超えると、オーステナイトの分解が進まず、オーステナイトが増加するため、結果として、硬質なベイナイト、フレッシュマルテンサイトおよび焼戻しマルテンサイトからなる第2相が多くなり過ぎ、低降伏比を実現できなくなる。ただし、1次冷却の終点温度が 550 未満にな

50

ると、フェライトの生成量が増大するため、製品板の引張強さ780MPa以上を確保するのが難しくなるので、1次冷却の停止温度は550以上とするのが好ましい。

【0055】

1次滞留条件

1次冷却した鋼板は、その後、所定量のフェライトを生成させるため、1次冷却停止温度、すなわち、550～650の温度域に15～60秒滞留させる1次滞留を施すことが必要である。

1次滞留の温度が650を超えると、フェライト量が少なくなり低降伏比が得られなかったり、一方、550未満では、フェライト量が多くなり焼鈍後の強度が確保できない可能性がある。また、上記温度域での滞留時間が15秒未満では、オーステナイトの分解が進まず、第2相が増加するため、低降伏比が得られない。一方、滞留時間が60秒を超えると、オーステナイトの分解が進み過ぎて、フェライトの面積率が過大となって第2相を所定量確保することができず、780MPa以上の引張強さを得ることが難しくなる。したがって、550～650の温度域での滞留時間は15～60秒とする。好ましくは20秒以上である。また、好ましくは50秒以下である。なお、上記1次滞留時間は、鋼板が550～650の温度域に存在している全時間をいい、冷却中、温度保持中を問わない。

10

【0056】

2次冷却条件

1次冷却し、1次滞留した冷延板は、その後、1次滞留後に残されたオーステナイトの一部をベイナイトおよび/またはマルテンサイトに変態させて、所定量のベイナイトと焼戻しマルテンサイトを確保するため、1次滞留温度の550～650から350以下の温度まで、平均冷却速度10～25/sで冷却する2次冷却を施すことが必要である。

20

なお、2次冷却の停止温度の下限は、2次冷却の後に行う2次滞留温度の下限温度である250とするのが好ましい。

また、上記2次冷却の平均冷却速度を10～25/sとする理由は、10/s未満では、冷却速度が遅く、冷却中に過度にオーステナイトの分解が進行し過ぎるため、ベイナイトおよびマルテンサイトの面積率が全組織の30%未満となり、所定の引張強さを確保できなくなる。一方、25/sを超えると、逆に冷却中のオーステナイトの分解が不足し、ベイナイトおよびマルテンサイトの面積率が過大となるため、引張強さが大きく上昇し、引張特性の異方性も大きくなる。よって、2次冷却における平均冷却速度は10～25/sの範囲とする。好ましくは15/s以上である。また、好ましくは20/s以下である。

30

【0057】

2次滞留条件

2次冷却した鋼板は、その後、350～250の温度域で300～500秒保持する2次滞留を施すことが必要である。

2次滞留温度が350を超えると、および/または、2次滞留時間が500秒を超えると、ベイナイトの生成量が増加したり、2次冷却で生成したマルテンサイトの焼戻しが過度に進行して、引張強さが低下したりするため、低降伏比が得られなくなる。一方、2次滞留温度が250を下回ると、および/または、2次滞留時間が300秒を下回ると、マルテンサイトの焼戻しが十分に進行せず、また、硬質なフレッシュマルテンサイトが生成する温度域となり、製品板のフレッシュマルテンサイト量が増加し過ぎるため、引張特性の異方性が大きくなる。したがって、2次滞留は、350～250の温度域で300～500秒滞留させる条件とする。好ましい2次滞留時間は380秒以上である。また、好ましい2次滞留時間は430秒以下である。なお、上記2次滞留時間は、鋼板が350～250の温度域に存在している全時間をいい、冷却中、温度保持中を問わない。

40

【0058】

3次冷却条件

50

2次冷却し、2次滞留した冷延板は、その後、上記2次滞留後に残留しているオーステナイトをマルテンサイトに変態させるための3次冷却を行うことが必要である。なお、上記3次冷却で生成した焼入れままのマルテンサイトをフレッシュマルテンサイトといい、上記2次滞留で焼戻しを行なった焼戻しマルテンサイトと区別する。

【0059】

上記熱処理条件で連続焼鈍を施した鋼板は、全組織に対する面積率が40～80%のフェライトと、焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトとベイナイトから構成される第2相とからなり、第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が50～80%で、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比が1.0～1.5の範囲にある鋼組織と、引張強さが780MPa以上、降伏比が70%以下で、先述した(1)式で定義される降伏応力の面内異方性 YS の絶対値が30MPa以下、および、先述した(2)式で定義される引張強さの面内異方性 TS の絶対値が30MPa以下である機械的特性を有する高強度冷延鋼板となる。

10

【0060】

なお、上記連続焼鈍後の鋼板は、その後、圧下率が0.1～1.0%の調質圧延を施してもよく、また、電気亜鉛めっき等の表面処理を施してもよい。

【実施例】

【0061】

表1に示す種々の成分組成を有する符号A～Mの鋼を溶製し、連続鋳造法にて鋼スラブとした後、該鋼スラブを表2に示す条件で熱間圧延して板厚3.2mmの熱延板とし、酸洗した後、冷間圧延して板厚1.4mmの冷延板とし、その後、該冷延板に表2に示す条件の連続焼鈍を施した。

20

【0062】

【 表 1 】

鋼 符号	化学成分組成 (mass%)											変態点(°C)			備 考		
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	Cr	Mo	V	B	Ac ₃		Ms	Bs
A	0.084	0.03	2.45	0.014	0.0011	0.037	0.0044	0.022	0.025	—	—	—	—	812	442	587	発明鋼
B	0.084	0.62	2.46	0.017	0.0016	0.039	0.0039	0.023	—	—	—	—	—	842	434	586	発明鋼
C	0.086	0.55	2.51	0.023	0.0014	0.045	0.0037	—	0.023	0.05	—	0.0014	0.0014	833	432	581	発明鋼
D	0.082	0.25	2.55	0.015	0.0010	0.052	0.0035	—	0.025	—	0.05	—	0.0012	819	437	578	発明鋼
E	0.105	0.05	2.63	0.020	0.0011	0.058	0.0033	—	0.035	—	—	0.03	—	808	425	565	発明鋼
F	0.094	0.03	2.22	0.019	0.0009	0.040	0.0036	0.045	0.072	—	0.18	—	0.0008	835	444	605	発明鋼
G	0.113	0.04	2.55	0.024	0.0015	0.053	0.0049	0.011	0.015	—	—	—	0.0011	809	424	570	発明鋼
H	0.095	0.15	2.54	0.027	0.0016	0.044	0.0041	0.028	—	—	—	—	0.0012	826	432	576	発明鋼
I	0.061	1.10	2.55	0.027	0.0015	0.022	0.0044	—	—	—	—	—	—	860	438	584	比較鋼
J	0.091	0.15	2.92	0.016	0.0009	0.027	0.0037	—	—	—	—	—	—	790	422	543	比較鋼
K	0.106	0.03	2.11	0.022	0.0015	0.025	0.0048	—	—	—	—	—	—	807	441	611	比較鋼
L	0.152	0.11	2.34	0.017	0.0017	0.046	0.0035	—	—	—	—	—	—	796	410	578	比較鋼
M	0.045	0.05	2.54	0.024	0.0021	0.037	0.0038	—	—	—	—	—	—	825	460	589	比較鋼

10

20

30

40

【 0 0 6 3 】

斯くして得た冷延焼鈍板から試験片を採取し、以下の要領で鋼板組織および機械的特性を評価した。

＜ 鋼板組織 ＞

- ・ 鋼板の圧延方向の板厚断面（L断面）を研磨した後、1 vol %のナイトール液で腐

50

食し、鋼板表面から板厚の1/4の位置をSEM (Scanning Electron Microscope) を用いて1000倍の倍率で40 μm × 28 μmの範囲を3視野撮像し、上記組織画像から、Adobe Systems社のAdobe Photoshopを用いて各相の面積率、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比、フレッシュマルテンサイトの平均粒径、ベイナイト中の析出した炭化物の平均粒径を測定し、3視野の平均を求めた。

<機械的特性>

・ 降伏応力YS、引張強さTS、均一伸びおよび全伸び：鋼板の圧延方向に直角な方向（C方向）からJIS 5号試験片を採取し、JIS Z 2241に準拠して引張試験を行い、測定した。また、降伏比YRは、上記のように測定して得た降伏応力YSと引張強さTSから求めた。

なお、引張特性は、引張強さTSが780 MPa以上、降伏比YRが70%以下のものを本発明に適合していると評価した。

・ 引張特性の異方性：鋼板の圧延方向（L方向）、圧延方向に対して45°方向（D方向）および圧延方向に対して直角方向（C方向）の3方向からJIS 5号試験片を採取し、JIS Z 2241に準拠して引張試験を行い、各方向の降伏応力（ Y_{SL} 、 Y_{SD} 、 Y_{SC} ）および引張強さ（ T_{SL} 、 T_{SD} 、 T_{SC} ）を測定し、下記（1）式；

$$|Y_S| = (Y_{SL} - 2 \times Y_{SD} + Y_{SC}) / 2 \quad \dots (1)$$

を用いて降伏応力YSの面内異方性の絶対値、および、下記（2）；

$$|T_S| = (T_{SL} - 2 \times T_{SD} + T_{SC}) / 2 \quad \dots (2)$$

を用いて引張強さTSの面内異方性の絶対値を求めた。

なお、引張特性の面内異方性は、 $Y_S \leq 30 \text{ MPa}$ 、 $T_S \leq 30 \text{ MPa}$ 以下の両方を満たすものを、本発明に適合していると評価した。

【0064】

上記評価の結果を表3に示した。この結果から、本発明に適合する成分組成を有する冷延板を、本発明に適合する連続焼鈍条件で焼鈍した鋼板は、いずれも引張強さTSが780 MPa以上の高強度で、降伏比YRが70%以下と低く、降伏応力YSおよび引張強さTSの面内異方性の絶対値が30 MPa以下と小さく、本発明の目標を達成できていることがわかる。

【0065】

10

20

【 表 2 - 1 】

鋼板 No.	鋼 符号	熱延条件			冷延 板厚 (mm)	連続焼鈍条件								備考	
		加熱 温度 (°C)	仕上延 終了温度 (°C)	巻取 温度 (°C)		650°Cまで の平均 加熱速度 (°C/s)	均熱 温度 (°C)	均熱 時間 (s)	1次冷却 停止温度 までの平均 冷却速度 (°C/s)	1次冷却 停止温度 (°C)	550~650°C 間の 保持時間 (s)	350°C以下 までの平均 冷却速度 (°C/s)	2次冷却 停止温度 (°C)		350~250°C 間の 保持時間 (s)
1	A	1230	870	540	1.4	10	830	100	3.0	600	30	15	300	400	発明例
2	A	1230	870	540	1.4	10	830	100	3.0	600	30	15	340	400	発明例
3	A	1230	870	540	1.4	10	800	100	3.0	600	30	12	300	400	比較例
4	A	1230	870	540	1.4	10	800	100	3.0	600	30	20	300	400	発明例
5	A	1230	870	540	1.4	10	800	100	3.0	600	30	50	300	400	比較例
6	A	1230	870	540	1.4	10	830	40	3.0	600	30	15	300	400	比較例
7	A	1230	870	540	1.4	10	830	100	1.0	600	30	15	300	400	比較例
8	A	1230	870	540	1.4	10	830	100	10.0	600	30	15	300	400	比較例
9	A	1230	870	540	1.4	10	830	100	3.0	600	5	15	300	400	比較例
10	A	1230	870	540	1.4	10	830	100	3.0	600	75	15	300	400	比較例
11	B	1230	870	540	1.4	10	845	100	3.0	600	30	15	300	400	発明例
12	B	1230	870	540	1.4	10	845	100	3.0	600	30	5	300	400	比較例
13	B	1230	870	540	1.4	10	845	100	3.0	600	30	35	300	400	比較例
14	B	1230	870	540	1.4	10	845	100	3.0	700	30	15	300	400	比較例
15	B	1230	870	540	1.4	10	845	100	3.0	500	30	15	300	400	比較例
16	B	1230	870	540	1.4	10	790	100	3.0	600	30	15	300	400	比較例

【 0 0 6 6 】

10

20

30

40

【 表 2 - 2 】

鋼板 No.	鋼 符号	熱延条件			冷延 板厚 (mm)	連続焼鈍条件								備考	
		加熱 温度 (°C)	仕上延 終了温度 (°C)	巻取 温度 (°C)		650°Cまで の平均 加熱速度 (°C/s)	均熱 温度 (°C)	均熱 時間 (s)	1次冷却 停止温度 までの平均 冷却速度 (°C/s)	1次冷却 停止温度 (°C)	550~650°C 間の 保持時間 (s)	350°C以下 までの平均 冷却速度 (°C/s)	2次冷却 停止温度 (°C)		350~250°C 間の 保持時間 (s)
17	C	1230	870	540	1.4	15	845	100	3.0	600	30	15	300	400	発明例
18	D	1230	870	540	1.4	10	830	100	3.0	600	30	15	300	400	発明例
19	E	1230	870	540	1.4	10	820	100	3.0	600	30	15	300	400	発明例
20	E	1230	870	540	1.4	10	880	100	3.0	600	30	15	300	400	比較例
21	F	1230	870	540	1.4	10	850	100	3.0	600	30	15	300	400	発明例
22	F	1230	870	540	1.4	10	850	100	3.0	600	30	15	200	7	比較例
23	F	1230	870	540	1.4	10	850	100	3.0	600	30	15	500	400	比較例
24	F	1230	870	540	1.4	10	850	100	3.0	600	30	15	300	150	比較例
25	F	1230	870	540	1.4	10	850	100	3.0	600	30	15	300	800	比較例
26	G	1230	870	540	1.4	10	800	100	3.0	600	30	25	300	400	発明例
27	H	1230	870	540	1.4	10	850	100	3.0	600	30	15	300	400	発明例
28	I	1230	870	540	1.4	10	880	100	3.0	600	30	15	300	400	比較例
29	J	1230	870	540	1.4	10	820	100	3.0	600	30	15	300	400	比較例
30	K	1230	870	540	1.4	10	830	100	3.0	600	30	15	300	400	比較例
31	L	1230	870	540	1.4	10	830	100	3.0	600	30	15	300	400	比較例
32	M	1230	870	540	1.4	10	790	100	3.0	600	30	15	300	400	比較例

【 0 0 6 7 】

【 表 3 - 1 】

鋼板 No.	鋼 符号	鋼板組織						機械的特性							備考			
		面積率 (%)				第2相の ア ^α 外比 (-)	第2相中の B+TMの割合 (%)	B中の炭化物 の平均粒径 (μm)	FMの粒径 (μm)	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	ΔYS (MPa)	ΔTS (MPa)		均一伸び (%)	全伸び (%)	
		F	FM	B	TM													第2相 合計
1	A	44	15	5	36	56	1.2	73	0.2	0.5	509	828	61	19	16	12	21	発明例
2	A	46	12	9	33	54	1.2	78	0.2	0.6	503	793	63	22	17	11	20	発明例
3	A	64	11	1	24	36	1.4	69	0.2	0.7	569	778	73	31	22	9	18	比較例
4	A	60	16	4	20	40	1.4	60	0.2	0.7	518	847	61	25	19	10	20	発明例
5	A	58	25	2	15	42	1.6	40	0.2	0.6	475	851	56	32	18	11	21	比較例
6	A	45	16	6	33	55	1.5	71	0.2	1.1	624	869	72	52	37	8	16	比較例
7	A	81	8	3	8	19	1.3	58	0.2	0.7	465	728	64	33	17	12	21	比較例
8	A	39	15	6	40	61	1.3	75	0.2	0.6	605	845	72	35	27	9	17	比較例
9	A	32	21	6	41	68	1.3	69	0.2	1.1	538	872	62	32	25	9	18	比較例
10	A	83	9	1	7	17	1.2	47	0.2	0.8	411	733	56	27	18	13	23	比較例
11	B	47	16	7	30	53	1.3	70	0.1	0.8	523	854	61	18	15	12	21	発明例
12	B	46	10	9	35	54	1.3	81	0.1	0.8	605	828	73	38	26	8	17	比較例
13	B	42	25	4	29	58	1.3	57	0.1	0.7	587	892	66	39	32	9	17	比較例
14	B	38	14	6	42	62	2.3	77	0.1	1.4	609	887	69	31	22	9	19	比較例
15	B	56	29	5	10	44	1.3	34	0.1	0.9	487	741	66	27	19	11	19	比較例
16	B	55	35	1	9	45	1.7	22	0.1	0.7	589	867	68	45	32	7	16	比較例

【 0 0 6 8 】

10

20

30

40

【表 3 - 2】

鋼板 No.	鋼 符号	鋼板組織						機械的特性						備考				
		面積率(%)				第2相の 7 α' 外比 (-)	第2相中の B+TMの割合 (%)	B中の炭化物 の平均粒径 (μm)	FMの粒径 (μm)	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	ΔYS (MPa)		ΔTS (MPa)	均一伸び (%)	全伸び (%)	
		F	FM	B	TM													第2相 合計
17	C	50	14	6	30	50	1.5	72	0.1	0.9	545	834	65	28	21	11	21	発明例
18	D	47	15	5	33	53	1.2	72	0.1	0.4	560	842	67	24	18	10	20	発明例
19	E	44	16	3	37	56	1.4	71	0.2	0.8	603	924	65	26	19	10	19	発明例
20	E	35	14	4	47	65	1.1	78	0.4	1.8	624	914	68	35	31	8	17	比較例
21	F	49	14	6	31	51	1.3	73	0.1	0.6	536	835	64	24	15	11	20	発明例
22	F	48	49	0	13	52	1.3	6	0.1	0.5	587	956	61	32	26	10	18	比較例
23	F	51	25	8	16	49	1.2	49	0.2	0.6	531	850	62	32	25	11	19	比較例
24	F	48	15	4	33	52	1.3	71	0.2	0.5	526	852	62	31	22	9	18	比較例
25	F	49	14	9	28	51	1.3	73	0.2	0.6	578	779	74	29	20	10	22	比較例
26	G	44	19	8	29	56	1.4	66	0.2	0.6	621	956	65	24	21	10	18	発明例
27	H	51	20	6	23	49	1.2	59	0.1	0.7	536	851	63	26	19	11	19	発明例
28	I	82	8	2	8	18	1.3	56	0.1	1.2	451	715	63	24	16	13	22	比較例
29	J	38	50	3	9	62	1.3	19	0.1	0.9	624	1026	61	31	21	8	17	比較例
30	K	45	10	6	39	55	1.3	82	0.3	1.4	624	835	75	27	18	9	19	比較例
31	L	50	23	5	22	50	1.2	54	0.1	1.7	725	1106	66	31	32	6	12	比較例
32	M	72	8	5	15	28	1.6	71	0.4	0.9	446	689	65	33	25	13	25	比較例

【産業上の利用可能性】

【0069】

本発明の高強度冷延鋼板は、引張強さTSが780MPa以上の高強度で、降伏比YRが70%以下と低く、引張特性の面内異方性の絶対値が30MPa以下と小さいので、自

10

20

30

40

50

動車車体の高強度部材の素材に限定されるものではなく、上記特性が求められる用途に好適に用いることができる。

【要約】

mass%でC：0.07～0.12%、Si：0.7%以下、Mn：2.2～2.8%、TiおよびNbを合計で0.02～0.08%含有する鋼スラブを熱間圧延し、冷間圧延し、連続焼鈍して、全組織に対する面積率が40～80%のフェライトと、焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトとベイナイトから構成される第2相とからなり、第2相に占めるベイナイトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が50～80%で、フレッシュマルテンサイトのアスペクト比が1.0～1.5の範囲である鋼組織とすることで、引張強さが780MPa以上、降伏比が70%以下で、降伏応力および引張強さの面内異方性の絶対値がそれぞれ30MPa以下の機械的特性を有する高強度冷延鋼板を得る。

フロントページの続き

(72)発明者 本田 佑馬
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社内

審査官 太田 一平

(56)参考文献 国際公開第2017/038070(WO, A1)
国際公開第2016/072479(WO, A1)
国際公開第2016/194272(WO, A1)
国際公開第2015/080242(WO, A1)
国際公開第2013/047760(WO, A1)
特開2014-005514(JP, A)

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