

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7616491号
(P7616491)

(45)発行日 令和7年1月17日(2025.1.17)

(24)登録日 令和7年1月8日(2025.1.8)

(51)国際特許分類		F I		
C 2 2 C	38/00 (2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 1 S
C 2 1 D	9/46 (2006.01)	C 2 1 D	9/46	J
C 2 2 C	38/06 (2006.01)	C 2 1 D	9/46	H
C 2 2 C	38/60 (2006.01)	C 2 1 D	9/46	T
C 2 3 C	2/06 (2006.01)	C 2 1 D	9/46	U
請求項の数 10 (全39頁) 最終頁に続く				
(21)出願番号	特願2024-534745(P2024-534745)	(73)特許権者	000001258	
(86)(22)出願日	令和6年2月27日(2024.2.27)		J F E スチール株式会社	
(86)国際出願番号	PCT/JP2024/006907		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号	
審査請求日	令和6年6月11日(2024.6.11)	(74)代理人	100184859	
(31)優先権主張番号	特願2023-58452(P2023-58452)		弁理士 磯村 哲朗	
(32)優先日	令和5年3月31日(2023.3.31)	(74)代理人	100123386	
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 熊坂 晃	
早期審査対象出願		(74)代理人	100196667	
			弁理士 坂井 哲也	
		(74)代理人	100130834	
			弁理士 森 和弘	
		(72)発明者	山岸 大起	
			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	王 芳怡	
			最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 鋼板、部材およびそれらの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

素地鋼板を備える鋼板であって、前記素地鋼板は、
質量％で、

C：0.05～0.30％、
Si：0.10～2.00％、
Mn：1.00～3.50％、
P：0.001～0.100％、
S：0.0001～0.0200％、
sol.Al：0.005～2.000％および
N：0.010％以下

を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成と、
前記素地鋼板の板厚1／4位置において、
面積率で、

フェライト：20.0％以上70.0％以下であり、
ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計：20.0％以上70.0
％以下であり、

残留オーステナイト：3.0％以上20.0％以下であり、
フレッシュマルテンサイト：20.0％以下（0.0％を含む）であり、
前記ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計の面積率のうち、ベイ

ニテックフェライトの面積率が占める割合が40%以上であり、
前記ベイニテックフェライト中に存在し、前記残留オーステナイトおよび前記フレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相の平均粒径が3.0 μm以下である鋼組織と、
を有し、
さらに、素地鋼板表面から板厚方向に20 μm以上の厚みで形成され、
前記鋼組織中のフェライト以外の組織における合計面積率が、板厚1/4位置の1/2以下である表層軟質層を有し、
引張強度が780 MPa以上1180 MPa未満である、鋼板。

【請求項2】

前記成分組成は、さらに、質量%で、

Nb：0.200%以下、

Ti：0.200%以下、

V：0.200%以下、

B：0.0100%以下、

Cr：1.000%以下、

Ni：1.000%以下、

Mo：1.000%以下、

Sb：0.200%以下、

Sn：0.200%以下、

Cu：1.000%以下、

Ta：0.100%以下、

W：0.500%以下、

Mg：0.0200%以下、

Zn：0.0200%以下、

Co：0.0200%以下、

Zr：0.1000%以下、

Ca：0.0200%以下、

Se：0.0200%以下、

Te：0.0200%以下、

Ge：0.0200%以下、

As：0.0500%以下、

Sr：0.0200%以下、

Cs：0.0200%以下、

Hf：0.0200%以下、

Pb：0.0200%以下、

Bi：0.0200%以下および

REM：0.0200%以下

のうちから選ばれる少なくとも1種を含有する、請求項1に記載の鋼板。

【請求項3】

前記素地鋼板の片面または両面において亜鉛めっき層を備える、請求項1に記載の鋼板。

【請求項4】

前記素地鋼板の片面または両面において亜鉛めっき層を備える、請求項2に記載の鋼板。

【請求項5】

請求項1～4のいずれかに記載の鋼板を用いてなる、部材。

【請求項6】

請求項1または2に記載の成分組成を有する鋼スラブに熱間圧延を施して熱延鋼板とする、熱間圧延工程と、

前記熱延鋼板を酸洗する、酸洗工程と、

前記酸洗工程後の鋼板を昇温し、焼鈍温度：720℃以上860℃以下、保持時間：20秒以上、露点：-10℃以上の雰囲気下の条件で焼鈍する、焼鈍工程と、

10

20

30

40

50

前記焼鈍温度から、昇温速度：10℃／秒以上の条件で前記焼鈍温度＋10℃以上まで急速加熱する、急速加熱工程と、

前記急速加熱工程後の鋼板を第一冷却停止温度：400℃以上600℃以下まで冷却する、第一冷却工程と、

400℃以上600℃以下の温度域で保持時間：300秒未満で保持する、保持工程と、

前記保持工程後の鋼板を100℃以上300℃以下の第二冷却停止温度まで冷却する、第二冷却工程と、

前記第二冷却工程後の鋼板を、焼戻し温度：460℃以下の温度域まで加熱し、且つ前記温度域で焼戻し時間：10秒以上2000秒以下で保持する、再加熱保持工程と、を含み、

あるいはさらに

前記酸洗工程後、かつ前記焼鈍工程前の鋼板に、圧下率が20%以上80%以下である冷間圧延を施し、冷延鋼板を得る、冷間圧延工程を含む、

素地鋼板を備え、前記素地鋼板の板厚1／4位置において、

面積率で、フェライト：20.0%以上70.0%以下であり、ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計：20.0%以上70.0%以下であり、残留オーステナイト：3.0%以上20.0%以下であり、フレッシュマルテンサイト：20.0%以下（0.0%を含む）であり、前記ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計の面積率のうち、ベイニティックフェライトの面積率が占める割合が40%以上であり、前記ベイニティックフェライト中に存在し、前記残留オーステナイトおよび前記フレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相の平均粒径が3.0μm以下である鋼組織と、を有し、さらに、素地鋼板表面から板厚方向に20μm以上の厚みで形成され、前記鋼組織中のフェライト以外の組織における合計面積率が、板厚1／4位置の1／2以下である表層軟質層を有し、引張強度が780MPa以上1180MPa未満である鋼板の製造方法。

【請求項7】

前記焼鈍工程における鋼板の通板速度LS（m／min）が、以下の式（1）を満たす、請求項6に記載の鋼板の製造方法。

$$3.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4}) < LS < 390.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4}) \quad \dots \text{式 (1)}$$

ここで、

t：酸洗工程後かつ焼鈍工程前の板厚（mm）、

W：酸洗工程後かつ焼鈍工程前の板幅（mm）

である。

【請求項8】

以下の（A）または（B）を満たす、請求項6に記載の鋼板の製造方法。

（A）前記保持工程後かつ前記第二冷却工程前に、鋼板表面に亜鉛めっき処理を施し鋼板表面に亜鉛めっき層を形成する溶融亜鉛めっき工程を含み、

あるいはさらに前記亜鉛めっき層が形成された鋼板に合金化処理を施す合金化処理工程を含む。

（B）前記再加熱保持工程後に、鋼板を電気亜鉛めっき浴に浸漬し、前記鋼板に亜鉛めっき層を形成する電気亜鉛めっき工程を含む。

【請求項9】

以下の（A）または（B）を満たす、請求項7に記載の鋼板の製造方法。

（A）前記保持工程後かつ前記第二冷却工程前に、鋼板表面に亜鉛めっき処理を施し鋼板表面に亜鉛めっき層を形成する溶融亜鉛めっき工程を含み、

あるいはさらに前記亜鉛めっき層が形成された鋼板に合金化処理を施す合金化処理工程を含む。

（B）前記再加熱保持工程後に、鋼板を電気亜鉛めっき浴に浸漬し、前記鋼板に亜鉛めっき層を形成する電気亜鉛めっき工程を含む。

【請求項 10】

請求項 1～4 のいずれかに記載の鋼板に、成形加工、接合加工の少なくとも一方を施して部材とする工程を含む、部材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高強度であり、衝突特性に優れた鋼板、部材およびそれらの製造方法に関する。本発明の鋼板は、主に自動車用鋼板としての用途に好適に使用できる。

【背景技術】

【0002】

地球環境保全の観点から、CO₂排出量を削減すべく、自動車車体の強度を維持しつつ、その軽量化を図り、自動車の燃費を改善することが自動車業界においては常に重要な課題となっている。自動車車体の強度を維持しつつその軽量化を図るためには、自動車部品用素材となる鋼板の高強度化により鋼板を薄肉化することが有効である。一方、鋼板を素材とする自動車部品は、衝突時に車内の人間の安全を担保することが前提となる。したがって、自動車部品用素材として用いられる高強度鋼板には所望の強度を有することに加えて、優れた衝突特性が要求される。

【0003】

近年、自動車車体において引張強度TSが780MPa以上の高強度鋼板の適用が拡大しつつある。衝突特性の観点では、自動車部品はピラーやバンパー等の非変形部材とサイドメンバー等のエネルギー吸収部材に大別され、自動車が走行中に万一衝突した場合に乗員の安全を確保するためにそれぞれ必要な衝突特性が求められる。非変形部材においては高強度化が進んでおり、引張強度（以下、単にTSともいう。）が780MPa以上の高強度鋼板はすでに実用化されている。しかしながら、エネルギー吸収部材への適用において、780MPa以上の高強度鋼板は衝突時に成形による一次加工を受けた箇所が起点となって部材破断を引き起こしやすく、安定的に衝突エネルギー吸収能を発揮できないという課題があり、590MPa以下の材料が主に適用されている。したがって、衝突時の部材破断を抑制し、高い吸収エネルギーを安定的に発揮することによって衝突時の安全性を担保しつつ、軽量化によって環境保全に寄与する余地がある。以上より、エネルギー吸収部材に衝突特性に優れたTSが780MPa以上の高強度鋼板を適用することが求められている。

【0004】

このような自動車部品用の素材となる鋼板として、例えば、特許文献1には、質量%で、C：0.05～0.3%、Si：0.01～2.5%、Mn：0.5～3.5%、P：0.003～0.100%、S：0.02%以下、Al：0.010～1.5%、N：0.007%以下を含み、残部がFeおよび不可避の不純物からなる成分組成を有し、かつ、面積率で、フェライトを20～87%、マルテンサイトと残留オーステナイトを合計で3～10%、焼戻しマルテンサイトを10～60%含むミクロ組織を有することを特徴とするTS-Eバランスが高く、伸びフランジ性に優れ、かつYRの低い加工性に優れた高強度溶融亜鉛めっき鋼板が開示されている。

【0005】

また、特許文献2には、鋼板の表面にめっき層を有する板厚0.6～5.0mmの高強度溶融亜鉛めっき鋼板で、鋼板組織が、体積分率で40～90%のフェライト相および3～25%の残留オーステナイト相を含み、残留オーステナイト相は、固溶炭素量が0.70～1.00%、平均粒子径が2.0μm以下、粒子間の平均距離が0.1～5.0μmで、鋼板表層部における脱炭層の厚さが0.01～10.0μm、鋼板表層部に含まれる酸化物の平均粒子径が30～120nmであるとともに、平均密度が 1.0×10^{12} 個/m²以上で、さらに、3～7%の塑性変形時における加工硬化係数（n値）が平均で0.080以上であることを特徴とする、引張最大強度900MPa以上の高強度を確保しながら高い延性が得られ、機械切断特性に優れた高強度溶融亜鉛めっき鋼板が開示されて

10

20

30

40

50

いる。

【0006】

また、特許文献3には、体積分率で、40～90%のフェライト相と、5%以下の残留オーステナイト相とを有するとともに、フェライト相全体に占める未再結晶フェライトの割合が50%以下で、さらにフェライト相の結晶粒の圧延方向における平均粒径を、板幅方向における平均粒径で除した値である粒径比が0.75～1.33であり、島状に分散する硬質組織の圧延方向における平均長さを、板幅方向における平均長さで除した値である長さ比が0.75～1.33であり、介在物の平均アスペクト比が5.0以下であることを特徴とする、耐遅れ破壊特性に優れた高強度溶融亜鉛めっき鋼板が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特許第5256689号公報

【文献】特許第5354135号公報

【文献】特許第5352793号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、特許文献1では、鋼板内部のプレス成形性である延性と、鋼板端部のプレス成形性である伸びフランジ性をともに向上させた高強度溶融亜鉛めっき鋼板が開示されているが、曲げ性やエネルギー吸収特性は十分であるとは言えない。

【0009】

特許文献2では、鋼板内部での残留オーステナイト生成により延性を向上させ、鋼板表層での脱炭層の形成により機械切断特性を向上させた高強度溶融亜鉛めっき鋼板が開示されているが、曲げ性やエネルギー吸収特性は十分であるとは言えない。

【0010】

特許文献3では、鋼板内部での主体組織を軟質なフェライトとし、未再結晶フェライトを少量に制限することにより延性を向上させ、鋼板表層での脱炭層の形成により耐遅れ破壊特性およびその異方性を改善させた高強度溶融亜鉛めっき鋼板が開示されているが、曲げ性やエネルギー吸収特性は十分であるとは言えない。

【0011】

以上より、特許文献1～3に開示される鋼板は、TSが780MPa以上1180MPa未満であり、かつ、高いYSを有し、全伸びおよび局部伸びに優れ、優れた曲げ性および優れたエネルギー吸収特性を有するとは言えない。

【0012】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであって、引張強度TSが780MPa以上1180MPa未満であり、かつ、高い降伏応力YSを有し、全伸びおよび局部伸びに優れ、優れた曲げ性および優れたエネルギー吸収特性を有する鋼板、部材およびそれらの製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

ここでいう鋼板には、亜鉛めっき鋼板も含まれ、亜鉛めっき鋼板とは、溶融亜鉛めっき鋼板（以下、GIともいう）、合金化溶融亜鉛めっき鋼板（以下、GAともいう）、または、電気亜鉛めっき鋼板（以下、EGともいう）である。

【0014】

ここで、引張強度TSは、JIS Z 2241（2011）に準拠する引張試験で測定される。

【0015】

また、高い降伏応力YSを有し、全伸び（T-E L）と、局部伸び（L-E L）とに優れ、優れた曲げ性および優れたエネルギー吸収特性を有するとは、以下を満たすことを指す。

10

20

30

40

50

【0016】

降伏応力 $Y S$ が高いとは、J I S Z 2241 (2011) に準拠する引張試験で測定される $Y S$ が、当該引張試験で測定される $T S$ に応じて、以下の (A) 式または (B) 式を満たすことを指す。

(A) $780 \text{ MPa} \leq T S < 980 \text{ MPa}$ の場合、 $400 \text{ MPa} \leq Y S \leq 650 \text{ MPa}$

(B) $980 \text{ MPa} \leq T S$ の場合、 $600 \text{ MPa} \leq Y S \leq 980 \text{ MPa}$

【0017】

全伸びは、張り出し成形性と相関があり、全伸びに優れるとは、J I S Z 2241 (2011) に準拠する引張試験で測定される全伸び ($T - E L$) が、当該引張試験で測定される $T S$ に応じて、以下の (A) 式または (B) 式を満足することを指す。

(A) $780 \text{ MPa} \leq T S < 980 \text{ MPa}$ の場合、 $17.0 \% \leq T - E L$

(B) $980 \text{ MPa} \leq T S$ の場合、 $11.0 \% \leq T - E L$

【0018】

局部伸びは、伸びフランジ成形性に相関があり、局部伸びに優れるとは、J I S Z 2241 (2011) に準拠する引張試験で測定される局部伸び ($L - E L$) が、当該引張試験で測定される $T S$ に応じて、以下の (A) 式または (B) 式を満足することを指す。

(A) $780 \text{ MPa} \leq T S < 980 \text{ MPa}$ の場合、 $7.0 \% \leq L - E L$

(B) $980 \text{ MPa} \leq T S$ の場合、 $5.0 \% \leq L - E L$

【0019】

優れた曲げ性を有するとは、ドイツ自動車工業会で規定された V D A 規格 (V D A 238-100) に準拠する曲げ試験において押し曲げ治具からの荷重 F が最大となる時の板状試験片の中央部の曲げ外側の角度 (限界曲げ角度 (α)) が、 80° 以上であることを指す。

【0020】

優れたエネルギー吸収特性を有するとは、鋼板に対しドイツ自動車工業会で規定された V D A 規格 (V D A 238-100) に準拠する曲げ試験を行い得られた荷重 F (N) - ストローク X (mm) 曲線において、変形が開始してから荷重が最大値を示すストローク $X_{\max}$ までの荷重 F (N) の積分値 $A E$ (N・mm) が下記の式 (1) を満たすことを指し、好ましくは下記式 (2) を満たすことを指す。

【0021】

【数1】

$$55000 \leq A E = \int_{X=0}^{X=X_{\max}} F \quad \cdots \text{式 (1)}$$

【0022】

【数2】

$$60000 \leq A E = \int_{X=0}^{X=X_{\max}} F \quad \cdots \text{式 (2)}$$

【0023】

上記式 (1)、式 (2) において、

F : 荷重 (N)

X : ストローク (mm)

$X_{\max}$: 荷重が最大値を示す時点のストローク (mm)

$A E$: 変形が開始してから荷重が最大値を示すストローク $X_{\max}$ までの荷重 F の積分値 (N・mm)

【課題を解決するための手段】

【0024】

10

20

30

40

50

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究を重ねた結果、以下のことを見出した。

素地鋼板の成分組成を適正に調整し、面積率で、フェライト：20.0%以上70.0%以下であり、焼戻しマルテンサイトおよびベイニティックフェライトの合計：20.0%以上70.0%以下であり、残留オーステナイト：3.0%以上20.0%以下であり、フレッシュマルテンサイト：20.0%以下（0.0%を含む）であり、ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計の面積率のうち、ベイニティックフェライトの面積率が占める割合が40%以上であり、ベイニティックフェライト中に存在する残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相の平均粒径が3.0 μm以下である鋼組織を有し、素地鋼板において、フェライト以外の組織の合計面積率が $S_A/2$ 以下（ S_A ：板厚1/4位置の断面のフェライト以外の組織の合計面積率）となる領域を表層軟質層とした時、素地鋼板表面から板厚方向に20 μm以上の表層軟質層を有し、引張強度が780 MPa以上1180 MPa未満であるようにした。これにより、高いYSと、優れたプレス成形性（鋼板の曲げ性と延性）と、曲げ変形時における優れたエネルギー吸収特性を有する鋼板が得られることが分かった。

【0025】

本発明はこのような知見に基づきなされたもので、その要旨は以下の通りである。

〔1〕素地鋼板を備える鋼板であって、前記素地鋼板は、

質量%で、

C：0.05～0.30%、

Si：0.10～2.00%、

Mn：1.00～3.50%、

P：0.001～0.100%、

S：0.0001～0.0200%、

sol. Al：0.005～2.000%および

N：0.010%以下

を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成と、

前記素地鋼板の板厚1/4位置において、

面積率で、

フェライト：20.0%以上70.0%以下であり、

ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計：20.0%以上70.0%以下であり、

残留オーステナイト：3.0%以上20.0%以下であり、

フレッシュマルテンサイト：20.0%以下（0.0%を含む）であり、

前記ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計の面積率のうち、ベイニティックフェライトの面積率が占める割合が40%以上であり、

前記ベイニティックフェライト中に存在し、前記残留オーステナイトおよび前記フレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相の平均粒径が3.0 μm以下である鋼組織と、

を有し、

さらに、素地鋼板表面から板厚方向に20 μm以上の厚みで形成され、

前記鋼組織中のフェライト以外の組織の合計面積率が、板厚1/4位置の1/2以下である表層軟質層を有し、

引張強度が780 MPa以上1180 MPa未満である、鋼板。

〔2〕前記成分組成は、さらに、質量%で、

Nb：0.200%以下、

Ti：0.200%以下、

V：0.200%以下、

B：0.0100%以下、

Cr：1.000%以下、

Ni：1.000%以下、

M o : 1 . 0 0 0 % 以下、
 S b : 0 . 2 0 0 % 以下、
 S n : 0 . 2 0 0 % 以下、
 C u : 1 . 0 0 0 % 以下、
 T a : 0 . 1 0 0 % 以下、
 W : 0 . 5 0 0 % 以下、
 M g : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 Z n : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 C o : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 Z r : 0 . 1 0 0 0 % 以下、
 C a : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 S e : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 T e : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 G e : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 A s : 0 . 0 5 0 0 % 以下、
 S r : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 C s : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 H f : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 P b : 0 . 0 2 0 0 % 以下、
 B i : 0 . 0 2 0 0 % 以下および
 R E M : 0 . 0 2 0 0 % 以下

10

20

のうちから選ばれる少なくとも1種を含有する、前記〔1〕に記載の鋼板。

〔3〕前記素地鋼板の片面または両面において亜鉛めっき層を備える、前記〔1〕または〔2〕に記載の鋼板。

〔4〕前記〔1〕～〔3〕のいずれかに記載の鋼板を用いてなる、部材。

〔5〕前記〔1〕または〔2〕に記載の成分組成を有する鋼スラブに熱間圧延を施して熱延鋼板とする、熱間圧延工程と、

前記熱延鋼板を酸洗する、酸洗工程と、

前記酸洗工程後の鋼板を昇温し、焼鈍温度：720℃以上860℃以下、保持時間：20秒以上、露点：-10℃以上の雰囲気下の条件で焼鈍する、焼鈍工程と、

30

前記焼鈍温度から、昇温速度：10℃/秒以上の条件で前記焼鈍温度+10℃以上まで急速加熱する、急速加熱工程と、

前記急速加熱工程後の鋼板を第一冷却停止温度：400℃以上600℃以下まで冷却する、第一冷却工程と、

400℃以上600℃以下の温度域で保持時間：300秒未満で保持する、保持工程と、

前記保持工程後の鋼板を100℃以上300℃以下の第二冷却停止温度まで冷却する、第二冷却工程と、

前記第二冷却工程後の鋼板を、焼戻し温度：460℃以下の温度域まで加熱し、且つ前記温度域で焼戻し時間：10秒以上2000秒以下で保持する、再加熱保持工程と、を含み、

40

あるいはさらに

前記酸洗工程後、且つ前記焼鈍工程前の鋼板に、圧下率が20%以上80%以下である冷間圧延を施し、冷延鋼板を得る、冷間圧延工程を含む、鋼板の製造方法。

〔6〕前記焼鈍工程における鋼板の通板速度 LS (m/min) が、以下の式(1)を満たす、前記〔5〕に記載の鋼板の製造方法。

$$3.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4}) < LS < 390.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4}) \quad \dots \text{式(1)}$$

ここで、

t ：酸洗工程後且つ焼鈍工程前の板厚 (mm)、

W ：酸洗工程後且つ焼鈍工程前の板幅 (mm)

50

である。

〔7〕前記保持工程後かつ前記第二冷却工程前に、鋼板表面に亜鉛めっき処理を施し鋼板表面に亜鉛めっき層を形成する溶融亜鉛めっき工程を含み、あるいはさらに前記前記亜鉛めっき層が形成された鋼板に合金化処理を施す合金化処理工程を含む、前記〔5〕または〔6〕に記載の鋼板の製造方法。

〔8〕前記再加熱保持工程後に、鋼板を電気亜鉛めっき浴に浸漬し、前記鋼板に亜鉛めっき層を形成する電気亜鉛めっき工程を含む、前記〔5〕または〔6〕に記載の鋼板の製造方法。

〔9〕前記〔1〕～〔3〕のいずれかに記載の鋼板に、成形加工、接合加工の少なくとも一方を施して部材とする工程を含む、部材の製造方法。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、引張強度TSが780MPa以上1180MPa未満であり、高い降伏応力YSを有し、全伸び、局部伸び、曲げ性およびエネルギー吸収特性に優れた鋼板を得ることができる。本発明の鋼板に対して成形加工や溶接などを施して得られた部材は、自動車分野で用いられるエネルギー吸収部材として好適に使用できる。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下に、本発明の詳細を説明する。

【0028】

〔1. 鋼板〕

本発明の鋼板は、素地鋼板を備える鋼板であって、素地鋼板は、質量%で、C：0.05～0.30%、Si：0.10～2.00%、Mn：1.00～3.50%、P：0.001～0.100%、S：0.0001～0.0200%、sol.Al：0.005～2.000%およびN：0.010%以下を含有し、残部がFeおよび不可避免の不純物からなる成分組成と、素地鋼板の板厚1/4位置において、面積率で、フェライト：20.0%以上70.0%以下であり、ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計：20.0%以上70.0%以下であり、残留オーステナイト：3.0%以上20.0%以下であり、フレッシュマルテンサイト：20.0%以下（0.0%を含む）であり、ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計の面積率のうち、ベイニティックフェライトの面積率が占める割合が40%以上であり、ベイニティックフェライト中に存在し、残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相の平均粒径が3.0μm以下である鋼組織と、を有し、さらに、素地鋼板表面から板厚方向に20μm以上の厚みで形成され、鋼組織中のフェライト以外の組織の合計面積率が、板厚1/4位置の1/2以下である表層軟質層を有し、引張強度が780MPa以上1180MPa未満である。

本発明の鋼板は、引張強さTS（以下、引張強さTSを単にTSとも記す）が780MPa以上1180MPa未満であるとともに、高い降伏応力YS（以下、降伏応力YSを単にYSとも記す）を有し、全伸び、局部伸び、曲げ性およびエネルギー吸収特性に優れる。鋼板は、該鋼板の片面または両面において最表層として亜鉛めっき層を有していてもよい。

また、より具体的に、亜鉛めっき層のうち、溶融亜鉛めっき層を有する鋼板は、溶融亜鉛めっき鋼板としてよい。

また、亜鉛めっき層のうち、合金化溶融亜鉛めっき層を有する鋼板は、合金化溶融亜鉛めっき鋼板としてよい。

また、亜鉛めっき層のうち、電気亜鉛めっき層を有する鋼板は、電気亜鉛めっき鋼板としてよい。

【0029】

成分組成

まず、本発明の一実施形態に従う鋼板の素地鋼板の成分組成について説明する。なお、

10

20

30

40

50

成分組成における単位はいずれも「質量%」であるが、以下、特に断らない限り、単に「%」で示す。

【0030】

C：0.05～0.30%

Cは、フレッシュマルテンサイト、焼戻しマルテンサイト、ベイニティックフェライトおよび残留オーステナイトを適正量生成させて、780MPa以上1180MPa未満のTSと、高いYSを確保するために有効な元素である。ここで、C含有量が0.05%未満では、フェライトの面積率が増加して、TSを780MPa以上とすることが困難になる。

一方、C含有量が0.30%を超えると、フレッシュマルテンサイトの面積率が過度に増加し、TSを1180MPa未満とすることが困難になる。また、フレッシュマルテンサイトがVDA曲げ試験時にボイド生成の起点となるため、所望の鋼板の曲げ性を達成できない場合がある。

したがって、C含有量は、0.05%以上0.30%以下とする。C含有量は、好ましくは0.07%以上であり、より好ましくは0.09%以上である。また、C含有量は、好ましくは0.25%以下であり、より好ましくは0.20%以下である。

【0031】

Si：0.10～2.00%

Siは、焼鈍後の冷却保持中の炭化物生成を抑制し、残留オーステナイトの生成を促進する。すなわち、Siは、残留オーステナイトの体積率に影響する元素である。ここで、Si含有量が0.10%未満では、残留オーステナイトの体積率が減少し、延性が低下する。

一方、Si含有量が2.00%を超えると、フェライトの面積率の増加に伴い、焼鈍中のオーステナイト中のC濃度が過度に増加し、所望の局部伸びを達成できない。

したがって、Si含有量は、0.10%以上2.00%以下とする。Si含有量は、好ましくは1.50%以下である。また、Si含有量は、好ましくは0.50%以上である。

【0032】

Mn：1.00～3.50%

Mnは、フェライトやベイニティックフェライトや焼戻しマルテンサイトなどの面積率を調整する元素である。ここで、Mn含有量が1.00%未満では、フェライトの面積率が過度に増加して、TSを780MPa以上とすることが困難になる。

一方、Mn含有量が3.50%超となると、フェライトの面積率が減少し、所望の全伸びが得られない。

したがって、Mn含有量は、1.00%以上3.50%以下とする。Mn含有量は、好ましくは2.00%以上である。また、Mn含有量は、好ましくは3.00%以下である。

【0033】

P：0.001～0.100%

Pは、固溶強化の作用を有し、鋼板のTSおよびYSを上昇させる元素である。このような効果を得るため、P含有量を0.001%以上にする。

一方、P含有量が0.100%を超えると、Pが旧オーステナイト粒界に偏析して粒界を脆化させる。そのため、VDA曲げ試験時にボイドの生成量が増加し、所望の曲げ性を達成できない。

したがって、P含有量は、0.001%以上0.100%以下とする。P含有量は、好ましくは0.030%以下である。

【0034】

S：0.0001～0.0200%

Sは、鋼中で硫化物として存在する。特に、S含有量が0.0200%を超えると、鋼板にせん断加工を施した後、ボイドの生成量が増加し、所望のせん断端面の曲げ性が達成できない。

したがって、S含有量は0.0200%以下とする。S含有量は、好ましくは0.00

10

20

30

40

50

80%以下である。また、生産技術上の制約から、S含有量は0.0001%以上とする。
【0035】

sol. Al: 0.005~2.000%

Alは、焼鈍後の冷却保持中の炭化物生成を抑制するとともに、残留オーステナイトの生成を促進する。すなわち、Alは、残留オーステナイトの体積率に影響を及ぼす元素である。このような効果を得るために、sol. Al含有量を0.005%以上とする。

一方、sol. Al含有量が2.000%を超えると、フェライトの面積率が過度に増加して、TSを780MPa以上とすることが困難になる。また、YSの低下も招く。加えて、焼鈍中のオーステナイト中のC濃度が過度に増加し、所望曲げ性が達成できない。

したがって、Alの含有量は、0.005%以上2.000%以下とする。Al含有量は、好ましくは、0.010%以上である。Al含有量は、より好ましくは0.015%以上である。また、Al含有量は、好ましくは1.000%以下である。

10

【0036】

N: 0.010%以下

Nは、鋼中で窒化物として存在する。特に、N含有量が0.010%を超えると、鋼板にVDA曲げ試験を実施した後、ボイドの生成量が増加し、所望の曲げ性が達成できない。

したがって、N含有量は0.010%以下とする。また、N含有量は、好ましくは0.0050%以下である。なお、N含有量の下限は特に規定しないが、生産技術上の制約から、N含有量は0.0005%以上が好ましい。

【0037】

以上、本発明の一実施形態に従う鋼板の素地鋼板の基本成分組成について説明したが、本発明の一実施形態に従う鋼板の素地鋼板は、前記基本成分を含有し、前記基本成分以外の残部はFe（鉄）および不可避免的不純物を含む成分組成を有する。ここで、本発明の一実施形態に従う鋼板の素地鋼板は、前記基本成分を含有し、残部はFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有することが好ましい。

20

【0038】

本発明の一実施形態に従う鋼板の素地鋼板には、前記基本成分に加え、以下に示す任意成分のうちから選択される少なくとも一種を含有させてもよい。なお、以下に示す任意成分は、以下で示す上限量以下で含有していれば、本発明の効果が得られるため、下限は特に設けない。なお、下記の任意元素を後述する好適な下限値未満で含む場合、当該元素は不可避免的不純物として含まれるものとする。

30

【0039】

Nb: 0.200%以下、Ti: 0.200%以下、V: 0.200%以下、B: 0.0100%以下、Cr: 1.000%以下、Ni: 1.000%以下、Mo: 1.000%以下、Sb: 0.200%以下、Sn: 0.200%以下、Cu: 1.000%以下、Ta: 0.100%以下、W: 0.500%以下、Mg: 0.0200%以下、Zn: 0.0200%以下、Co: 0.0200%以下、Zr: 0.1000%以下、Ca: 0.0200%以下、Se: 0.0200%以下、Te: 0.0200%以下、Ge: 0.0200%以下、As: 0.0500%以下、Sr: 0.0200%以下、Cs: 0.0200%以下、Hf: 0.0200%以下、Pb: 0.0200%以下、Bi: 0.0200%以下およびREM: 0.0200%以下のうちから選ばれる少なくとも1種

40

【0040】

Nb: 0.200%以下

Nbは、熱間圧延時や焼鈍時に、微細な炭化物、窒化物または炭窒化物を形成することによって、TSおよびYSを上昇させる。このような効果を得るためには、Nb含有量を0.001%以上とすることが好ましい。Nb含有量は、より好ましくは0.005%以上である。

一方、Nb含有量が0.200%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物がVDA曲げ試験時に亀裂の起点となる、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、Nbを含有させる場

50

合、Nb含有量は0.200%以下が好ましい。Nb含有量は、より好ましくは0.060%以下である。

【0041】

Ti：0.200%以下

Tiは、Nbと同様、熱間圧延時や焼鈍時に、微細な炭化物、窒化物または炭窒化物を形成することによって、TSおよびYSを上昇させる。このような効果を得るためには、Ti含有量を0.001%以上とすることが好ましい。Ti含有量は、より好ましくは0.005%以上である。

一方、Ti含有量が0.200%超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物がVDA曲げ試験時に亀裂の起点となる、所望の鋼板の曲げ性を達成できないおそれがある。したがって、Tiを含有させる場合、Ti含有量は0.200%以下が好ましい。Ti含有量は、より好ましくは0.060%以下である。

【0042】

V：0.200%以下

Vは、NbやTiと同様、熱間圧延時や焼鈍時に、微細な炭化物、窒化物または炭窒化物を形成することによって、TSおよびYSを上昇させる。このような効果を得るためには、V含有量を0.001%以上とすることが好ましい。V含有量は、より好ましくは0.005%以上である。V含有量は、0.010%以上であることがさらに好ましく、0.030%以上であることがさらに好ましい。

一方、V含有量が0.200%超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物がVDA曲げ試験時に亀裂の起点となる、所望の鋼板の曲げ性を達成できないおそれがある。したがって、Vを含有させる場合、V含有量は0.200%以下が好ましい。V含有量は、より好ましくは0.060%以下である。

【0043】

B：0.0100%以下

Bは、オーステナイト粒界に偏析することにより、焼入れ性を高める元素である。また、Bは、焼鈍後の冷却時に、フェライトの生成および粒成長を抑制する元素である。このような効果を得るためには、B含有量を0.0001%以上にすることが好ましい。B含有量は、より好ましくは0.0002%以上である。B含有量は、0.0005%以上であることがさらに好ましく、0.0007%以上であることがさらに好ましい。一方、B含有量が0.0100%を超えると、熱間圧延時に鋼板内部に割れが生じるおそれがある。また、鋼板にVDA曲げ試験を実施した際の、ボイドの生成量が増加し、所望の曲げ性が達成できないおそれがある。

したがって、Bを含有させる場合、B含有量は0.0100%以下とすることが好ましい。B含有量は、より好ましくは0.0050%以下である。

【0044】

Cr：1.000%以下

Crは、焼入れ性を高める元素であるため、Crの添加により焼戻しマルテンサイトが多量に生成し、780MPa以上のTSと、高いYSが確保できる。このような効果を得るためには、Cr含有量は0.0005%以上にすることが好ましい。また、Cr含有量は、より好ましくは0.010%以上である。Cr含有量は、0.030%以上であることがさらに好ましく、0.050%以上であることがさらに好ましい。

一方、Cr含有量が1.000%を超えると、硬質なフレッシュマルテンサイトの面積率が過度に増加し、VDA曲げ試験でフレッシュマルテンサイトがボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、Crを含有させる場合、Cr含有量は1.000%以下にすることが好ましい。また、Cr含有量は、より好ましくは0.800%以下、さらに好ましくは0.700%以下である。

【0045】

Ni : 1.000%以下

Niは、焼入れ性を高める元素であるため、Niの添加により焼戻しマルテンサイトが多量に生成し、780MPa以上のTSと、高いYSが確保できる。このような効果を得るためには、Ni含有量を0.005%以上にすることが好ましい。Ni含有量は、より好ましくは、0.020%以上である。Ni含有量は、0.040%以上であることがさらに好ましく、0.060%以上であることがさらに好ましい。

一方、Niの含有量が1.000%を超えると、フレッシュマルテンサイトの面積率が過度に増加し、VDA曲げ試験でフレッシュマルテンサイトがボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、Niを含有させる場合、Ni含有量は1.000%以下とすることが好ましい。Ni含有量は、より好ましくは0.800%以下である。Ni含有量は、0.600%以下であることがさらに好ましく、0.400%以下であることがさらに好ましい。

【0046】

Mo : 1.000%以下

Moは、焼入れ性を高める元素であるため、Moの添加により焼戻しマルテンサイトが多量に生成し、780MPa以上のTSと、高いYSが確保できる。このような効果を得るためには、Mo含有量を0.010%以上にすることが好ましい。Mo含有量は、より好ましくは、0.030%以上である。

一方、Mo含有量が1.000%を超えると、フレッシュマルテンサイトの面積率が過度に増加し、VDA曲げ試験でフレッシュマルテンサイトがボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、Moを含有させる場合、Mo含有量は1.000%以下にすることが好ましい。Mo含有量は、より好ましくは0.500%以下であり、さらに好ましくは0.450%以下、さらに好ましくは0.400%以下である。Mo含有量は、0.350%以下であることがより好ましく、0.300%以下であることがさらに好ましい。

【0047】

Sb : 0.200%以下

Sbは、焼鈍中の鋼板表面近傍でのCの拡散を抑制し、鋼板表面近傍における軟質層の形成を制御するために有効な元素である。鋼板表面近傍に軟質層が過度に増加すると、TSを780MPa以上とすることが困難になる。また、YSの低下も招く。そのため、Sb含有量を0.002%以上とすることが好ましい。Sb含有量は、より好ましくは0.005%以上である。

一方、Sb含有量が0.200%を超えると、鋼板表面近傍に軟質層が形成されず、鋼板の曲げ性の低下を招くおそれがある。したがって、Sbを含有させる場合、Sb含有量は0.200%以下にすることが好ましい。Sb含有量は、より好ましくは0.020%以下である。

【0048】

Sn : 0.200%以下

Snは、Sbと同様、焼鈍中の鋼板表面近傍でのCの拡散を抑制し、鋼板表面近傍における軟質層の形成を制御するために有効な元素である。鋼板表面近傍に軟質層が過度に増加すると、TSを780MPa以上とすることが困難になる。また、YSの低下も招く。そのため、Sn含有量を0.002%以上とすることが好ましい。Sn含有量は、より好ましくは0.005%以上である。

一方、Sn含有量が0.200%を超えると、鋼板表面近傍に軟質層が形成されず、鋼板の曲げ性の低下を招くおそれがある。したがって、Snを含有させる場合、Sn含有量は0.200%以下にすることが好ましい。Sn含有量は、より好ましくは0.020%以下である。

【0049】

Cu : 1.000%以下

Cuは、焼入れ性を高める元素であるため、Cuの添加により焼戻しマルテンサイトが

10

20

30

40

50

多量に生成し、780MPa以上のTSと、高いYSが確保できる。このような効果を得るためには、Cu含有量を0.005%以上にすることが好ましい。Cu含有量は、0.008%以上であることがさらに好ましく、0.010%以上であることがさらに好ましい。Cu含有量は、より好ましくは0.020%以上である。

一方、Cu含有量が1.000%を超えると、フレッシュマルテンサイトの面積率が過度に増加し、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、フレッシュマルテンサイトおよび粗大な析出物や介在物がVDA曲げ試験時にボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、Cuを含有させる場合、Cu含有量は1.000%以下とすることが好ましい。Cu含有量は、より好ましくは0.200%以下である。

【0050】

Ta: 0.100%以下

Taは、Ti、NbおよびVと同様に、熱間圧延時や焼鈍時に、微細な炭化物、窒化物または炭窒化物を形成することによって、TSおよびYSを上昇させる。加えて、Taは、Nb炭化物やNb炭窒化物に一部固溶し、(Nb, Ta)(C, N)のような複合析出物を生成する。これにより、析出物の粗大化を抑制し、析出強化を安定化させる。これにより、TS、YSをさらに向上させる。このような効果を得るためには、Ta含有量を0.001%以上とすることが好ましい。Ta含有量は、0.002%以上であることがさらに好ましく、0.004%以上であることがさらに好ましい。

一方、Ta含有量が0.100%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物がVDA曲げ試験時にボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、Taを含有させる場合、Ta含有量は0.100%以下が好ましい。

Ta含有量は、0.090%以下であることがさらに好ましく、0.080%以下であることがさらに好ましい。

【0051】

W: 0.500%以下

Wは、焼入れ性を高める元素であるため、Wの添加により焼戻しマルテンサイトが多量に生成し、780MPa以上のTSと、高いYSが確保できる。このような効果を得るためには、W含有量を0.001%以上とすることが好ましい。W含有量は、より好ましくは0.030%以上である。

一方、W含有量が0.500%を超えると、硬質なフレッシュマルテンサイトの面積率が過度に増加し、VDA曲げ試験でフレッシュマルテンサイトがボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、Wを含有させる場合、W含有量は0.500%以下にすることが好ましい。W含有量は、より好ましくは0.450%以下、さらに好ましくは0.400%以下である。W含有量は、0.300%以下であることがさらに好ましい。

【0052】

Mg: 0.0200%以下

Mgは、硫化物や酸化物などの介在物の形状を球状化し、せん断端面の曲げ性を向上させるために有効な元素である。このような効果を得るためには、Mg含有量を0.0001%以上とすることが好ましい。Mg含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0010%以上であることがさらに好ましい。

一方、Mg含有量が0.0200%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物がVDA曲げ試験時にボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、Mgを含有させる場合、Mg含有量は0.0200%以下とすることが好ましい。Mg含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

【0053】

10

20

30

40

50

Zn : 0.0200%以下

Znは、介在物の形状を球状化し、せん断端面の曲げ性を向上させるために有効な元素である。このような効果を得るためには、**Zn**含有量は、0.0010%以上にすることが好ましい。**Zn**含有量は、0.0020%以上であることがより好ましく、0.0030%以上であることがさらに好ましい。

一方、**Zn**含有量が0.0200%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物が**VDA**曲げ試験時にボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、**Zn**を含有させる場合、**Zn**含有量は0.0200%以下とすることが好ましい。**Zn**含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

10

【0054】

Co : 0.0200%以下

Coは、**Zn**と同様、介在物の形状を球状化し、せん断端面の曲げ性を向上させるために有効な元素である。このような効果を得るためには、**Co**含有量は、0.0010%以上にすることが好ましい。**Co**含有量は、0.0020%以上であることがより好ましく、0.0030%以上であることがさらに好ましい。

一方、**Co**含有量が0.0200%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物が**VDA**曲げ試験時にボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、**Co**を含有させる場合、**Co**含有量は0.0200%以下とすることが好ましい。**Co**含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

20

【0055】

Zr : 0.1000%以下

Zrは、**Zn**および**Co**と同様、介在物の形状を球状化し、せん断端面の曲げ性を向上させるために有効な元素である。このような効果を得るためには、**Zr**含有量は、0.0010%以上にすることが好ましい。

一方、**Zr**含有量が0.1000%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物が**VDA**曲げ試験時にボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、**Zr**を含有させる場合、**Zr**含有量は0.1000%以下とすることが好ましい。

30

Zr含有量は、0.0300%以下であることがより好ましく、0.0100%以下であることがさらに好ましい。

【0056】

Ca : 0.0200%以下

Caは、鋼中で介在物として存在する。ここで、**Ca**含有量が0.0200%を超えると、粗大な介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物が**VDA**曲げ試験時にボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、**Ca**を含有させる場合、**Ca**含有量は0.0200%以下にすることが好ましい。**Ca**含有量は、好ましくは0.0020%以下である。

40

なお、**Ca**含有量の下限は特に限定されるものではないが、**Ca**含有量は0.0005%以上が好ましい。また、生産技術上の制約から、**Ca**含有量は0.0010%以上がより好ましい。

【0057】

Se : 0.0200%以下、Te : 0.0200%以下、Ge : 0.0200%以下、As : 0.0500%以下、Sr : 0.0200%以下、Cs : 0.0200%以下、Hf : 0.0200%以下、Pb : 0.0200%以下、Bi : 0.0200%以下、REM : 0.0200%以下

Se、Te、Ge、As、Sr、Cs、Hf、Pb、BiおよびREMはいずれも、V

50

D A試験時の曲げ性を向上させるために有効な元素である。このような効果を得るためには、S e、T e、G e、A s、S r、C s、H f、P b、B iおよびR E Mの含有量はそれぞれ0.0001%以上にすることが好ましい。一方、S e、T e、G e、S r、C s、H f、P b、B iおよびR E Mの含有量がそれぞれ0.0200%を超えると、または、A sの含有量がそれぞれ0.0500%を超えると、粗大な析出物や介在物が多量に生成する場合がある。このような場合に、粗大な析出物や介在物がV D A曲げ試験時にボイド生成の起点となり、所望の鋼板の曲げ性が達成できないおそれがある。したがって、S e、T e、G e、A s、S r、C s、H f、P b、B iおよびR E Mのうちの少なくとも1種を含有させる場合、S e、T e、G e、A s、S r、C s、H f、P b、B iおよびR E Mの含有量はそれぞれ0.0200%以下、A sの含有量は0.0500%以下とすることが好ましい。

10

S e含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0008%以上であることがさらに好ましい。

S e含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

T e含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0008%以上であることがさらに好ましい。

T e含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

G e含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0008%以上であることがさらに好ましい。

20

G e含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

A s含有量は、0.0010%以上であることがより好ましく、0.0015%以上であることがさらに好ましい。

A s含有量は、0.0400%以下であることがより好ましく、0.0300%以下であることがさらに好ましい。

S r含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0008%以上であることがさらに好ましい。

S r含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

30

C s含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0008%以上であることがさらに好ましい。

C s含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

H f含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0008%以上であることがさらに好ましい。

H f含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

P b含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0008%以上であることがさらに好ましい。

40

P b含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

B i含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0008%以上であることがさらに好ましい。

B iは、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下であることがさらに好ましい。

R E M含有量は、0.0005%以上であることがより好ましく、0.0008%以上であることがさらに好ましい。

R E M含有量は、0.0180%以下であることがより好ましく、0.0150%以下で

50

あることがさらに好ましい。

【0058】

なお、本発明でいうREMとは、原子番号21番のスカンジウム（Sc）と原子番号39番のイットリウム（Y）、および原子番号57番のランタン（La）から71番のルテチウム（Lu）までのランタノイドを指す。本発明におけるREM含有量とは、上述のREMから選択された1種または2種以上の元素の総含有量である。REMとしては、特に限定されないが、Laおよび／またはCeであることが好ましい。

【0059】

すなわち、本発明の鋼板の素地鋼板は、質量%で、C：0.05～0.30%、Si：0.10～2.00%、Mn：1.00～3.50%、P：0.001～0.100%、S：0.0001～0.0200%、sol.Al：0.005～2.000%およびN：0.010%以下であり、任意に、Nb：0.200%以下、Ti：0.200%以下、V：0.200%以下、B：0.0100%以下、Cr：1.000%以下、Ni：1.000%以下、Mo：1.000%以下、Sb：0.200%以下、Sn：0.200%以下、Cu：1.000%以下、Ta：0.100%以下、W：0.500%以下、Mg：0.0200%以下、Zn：0.0200%以下、Co：0.0200%以下、Zr：0.1000%以下、Ca：0.0200%以下、Se：0.0200%以下、Te：0.0200%以下、Ge：0.0200%以下、As：0.0500%以下、Sr：0.0200%以下、Cs：0.0200%以下、Hf：0.0200%以下、Pb：0.0200%以下、Bi：0.0200%以下およびREM：0.0200%以下のうちから選ばれる少なくとも1種を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物である、成分組成を有する。

【0060】

鋼組織

つぎに、本発明の一実施形態に従う鋼板（素地鋼板）の鋼組織について説明する。本発明の鋼板は、素地鋼板の板厚1／4位置において、面積率で、フェライト：20.0%以上70.0%以下であり、ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計：20.0%以上70.0%以下であり、残留オーステナイト：3.0%以上20.0%以下であり、フレッシュマルテンサイト：20.0%以下（0.0%を含む）であり、ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計の面積率のうち、ベイニティックフェライトの面積率が占める割合が40%以上であり、ベイニティックフェライト中に存在し、残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相の平均粒径が3.0μm以下である鋼組織を有する。

【0061】

フェライトの面積率：20.0%以上70.0%以下

軟質なフェライトは延性を向上させる相である。高い延性を確保する観点から、フェライトの面積率は20.0%以上とする。フェライトの面積率は、好ましくは30.0%以上、より好ましくは40.0%以上である。

一方、フェライトの面積率が過度に増加すると、TSを780MPa以上とすることが困難になる。よって、フェライトの面積率は70.0%以下とする。フェライトの面積率は、好ましくは60.0%以下、より好ましくは50.0%以下である。

【0062】

ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイト（残留オーステナイトを除く）の合計の面積率：20.0%以上70.0%以下

ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトは、軟質なフェライトと硬質なフレッシュマルテンサイトなどとの中間の硬度を持ち、良好な鋼板の降伏応力（YS）を確保するために重要な相である。さらに、TSを確保するためにも重要である。そのため、ベイニティックフェライトと焼戻しマルテンサイトの合計の面積率：20.0%以上とする。好ましくは30.0%以上であり、より好ましくは40%以上である。

一方、ベイニティックフェライトと焼戻しマルテンサイトの合計の面積率が過度に増加す

ると、全伸びおよび／または局部伸びが低下する。そのため、ベイニティックフェライトと焼戻しマルテンサイトの合計の面積率を70.0%以下とする。ベイニティックフェライトと焼戻しマルテンサイトの合計の面積率は、好ましくは60.0%以下であり、より好ましくは50.0%以下である。なお、ベイニティックフェライトとは、比較的に高温域で生成する炭化物の少ない上部ベイニティックフェライトのことを指す。

【0063】

残留オーステナイトの面積率：3.0%以上20.0%以下

良好な延性を得る観点から、残留オーステナイトの面積率は3.0%以上とする。残留オーステナイトの面積率は、好ましくは5.0%以上であり、より好ましくは7.0%以上である。

一方、残留オーステナイトの面積率が過度に増加すると、せん断加工を受けた時に加工誘起変態によって生成したフレッシュマルテンサイトがボイド生成起点となり、所望の局部伸び（ $L-E$ ）が得られない。よって、残留オーステナイトの面積率を20.0%以下とする。残留オーステナイトの面積率は、好ましくは15.0%以下であり、より好ましくは10.0%以下である。

【0064】

フレッシュマルテンサイトの面積率：20.0%以下（0.0%を含む）

フレッシュマルテンサイトの面積率が過度に増加すると、ドイツ自動車工業会で規定されたVDA規格（VDA 238-100）に準拠する曲げ試験で、フレッシュマルテンサイトがボイド生成起点となり、所望の鋼板の曲げ性（VDA曲げ試験での限界曲げ角度（ α ））を達成できない。良好な鋼板の曲げ性を確保する観点から、フレッシュマルテンサイトの面積率は15.0%以下、好ましくは10.0%以下とする。なお、フレッシュマルテンサイトの面積率の下限については特に限定されず、0.0%であってもよい。

なお、フレッシュマルテンサイトとは、焼入れままの（焼戻しを受けていない）マルテンサイトである。

【0065】

ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計の面積率のうち、ベイニティックフェライトの面積率が占める割合：40%以上

ベイニティックフェライトは延性の向上に寄与する。ベイニティックフェライトの面積率がベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計面積率の40%未満では、延性の向上効果を十分に得られない。したがって、ベイニティックフェライトの面積率はベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計面積率の40%以上であり、好ましくは50%以上であり、より好ましくは60%以上である。

ベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計面積率に対するベイニティックフェライトの面積率の割合の上限は特に限定されないが、過度に増加すると、引張強度（TS）が低下する場合があることから、好ましくは90%以下、より好ましくは80%以下である。

【0066】

ベイニティックフェライト中に存在し、残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相の平均粒径：3.0 μm 以下

残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相のうち、ベイニティックフェライト中に存在する硬質第二相は固溶C濃度が高い。そのため、残留オーステナイトは安定性が高く加工誘起変態により全伸びを向上させ、フレッシュマルテンサイトは硬質であるが中間硬度相であるベイニティックフェライトと接することで局部伸びを確保しつつTSを向上させる。このように、上記硬質第二相は、全伸びとTSの確保に極めて重要な役割を果たす。

しかしながら、上記のベイニティックフェライト中に存在する残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトの平均粒径が3.0 μm を超える場合、引張試験時に上記の硬質なフレッシュマルテンサイトおよび／または残留オーステナイトが加工誘起変態して形成した硬質なフレッシュマルテンサイトとベイニティックフェライトとの界面がボイドの

10

20

30

40

50

生成起点となり、局部伸びを低下させる。そのため、ベイニティックフェライト中に存在する残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相の平均粒径は $3.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、好ましくは $2.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。

下限は特に限定されないが、ベイニティックフェライト中に存在する硬質第二相の平均粒径は $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってよく、 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 以上であってよい。

本発明において、硬質第二相は、残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトを含んでおり、残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトからなっているてもよい。

【0067】

なお、上記以外の残部組織の面積率は 20.0% 以下とすることが好ましい。残部組織の面積率は、より好ましくは 10.0% 以下である。また、残部組織の面積率は 0.0% であってもよい。

なお、残部組織としては、特に限定されず、例えば、パーライト、セメンタイトなどの炭化物が挙げられる。なお、残部組織の種類は、例えば、SEM (Scanning Electron Microscope; 走査電子顕微鏡) による観察で確認することができる。

【0068】

表層軟質層：フェライト以外の組織の合計面積率が板厚 $1/4$ 位置の $1/2$ 以下

表層軟質層は、プレス成形時および車体衝突時に表層軟質層が曲げ割れ進展の抑制に寄与し、曲げ変形時におけるエネルギー吸収特性を向上させる。

なお、表層軟質層とは、脱炭層を意味し、板厚 $1/4$ 位置の断面のフェライト以外の組織の合計面積率を S_A とするとき、フェライト以外の組織の合計面積率が $S_A/2$ 以下である表層領域のことである。

鋼板の曲げ変形時における優れたエネルギー吸収特性を得るため、表層軟質層は、素地鋼板表面から板厚方向に $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上の領域で形成されるようにする。表層軟質層の厚さは、好ましくは $25\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、より好ましくは $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。表層軟質層の厚さの上限は特に限定されないが、表層軟質層が過剰に形成されるとTS低下を生じるため、好ましくは $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、さらに好ましくは $120\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。

また、上記のフェライト以外の組織の合計面積率 S_A を測定する鋼板の板厚 $1/4$ 位置は、非表層軟質層（脱炭による組織の変化が生じていない層であり、本発明で規定される表層軟質層の条件を満たさない層）である。

【0069】

ここで、素地鋼板の板厚 $1/4$ 位置において、フェライト、ベイニティックフェライト、焼戻しマルテンサイトおよび硬質相（硬質第二相（残留オーステナイト+フレッシュマルテンサイト））の面積率は、以下のように測定する。

すなわち、素地鋼板の圧延方向に平行な板厚断面が観察面となるように、素地鋼板から試料を切り出す。ついで、ダイヤモンドペーストを用いて試料の観察面を鏡面研磨する。ついで、試料の観察面にコロイダルシリカを用いて仕上げ研磨を施したのち、 $3\text{ vol.}\%$ ナイタルでエッチングして組織を現出させる。

そして、SEM (Scanning Electron Microscope; 走査電子顕微鏡) により、加速電圧： 15 kV 、倍率： 5000 倍の条件で、試料の観察面の最表層位置および板厚 $1/4$ 位置でそれぞれ、 $25.6\text{ }\mu\text{m} \times 17.6\text{ }\mu\text{m}$ の視野を3視野撮影する。

得られた組織画像から、以下のようにして、フェライト、ベイニティックフェライト、焼戻しマルテンサイトおよび硬質相（硬質第二相（残留オーステナイト+フレッシュマルテンサイト））を同定する。

【0070】

フェライト：黒色を呈した領域であり、形態は塊状である。また、鉄系炭化物をほとん

10

20

30

40

50

ど内包しない。ただし、鉄系炭化物を内包する場合は、フェライトの面積に鉄系炭化物の面積も含むものとする。また、後述するベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトについても同様である。

ベイニティックフェライト：黒色から濃い灰色を呈した領域であり、形態は塊状や不定形などである。また、鉄系炭化物を内包しないか、比較的少数内包する。

焼戻しマルテンサイト：灰色を呈した領域であり、形態は不定形である。また、鉄系炭化物を比較的多数内包する。

硬質相（硬質第二相（残留オーステナイト＋フレッシュマルテンサイト））：白色から薄い灰色を呈する領域であり、形態は不定形である。また、鉄系炭化物を内包しない。なお、サイズが比較的大きい場合には、他組織との界面から離れるにつれて次第に色が濃くなり、内部は濃い灰色を呈する場合がある。

炭化物：白色を呈する領域であり、形態は点状や線状である。焼戻しマルテンサイト、ベイニティックフェライト、およびフェライトに内包される。

残部組織：パーライトや内部酸化物などが挙げられ、これらの形態等は公知のとおりである。

【0071】

ついで、組織画像において同定した各相の領域は以下の手法により算出する。前記の倍率5000倍のSEM像上の、実長25.6 μ m $\times$ 19.2 μ mの領域上に等間隔の20 $\times$ 20の格子をおき、各相上にある点数を数えるポイントカウンティング法により、フェライト、ベイニティックフェライト、焼戻しマルテンサイトおよび硬質相（硬質第二相）の面積率を調査した。面積率は倍率5000倍の別々のSEM像で求めた3つの面積率の平均値とする。

【0072】

また、ベイニティックフェライト中の硬質第二相の平均粒径は以下のようにして測定する。

組織画像において、前述の要領でベイニティックフェライトを同定し、ベイニティックフェライト領域に内包される硬質第二相を同定する。

ベイニティックフェライト領域に内包される硬質第二相の長径と短径を計測し、長径と短径を足して2で割った値を粒径とする。

倍率5000倍のSEM像の中で、連続した最大の面積を有するベイニティックフェライト領域に内包される硬質第二相のうち、粒径がより大きな10個の硬質第二相を選び、これらの平均粒径を計測する。このとき、上記ベイニティックフェライト領域内に10個の硬質第二相が含まれない場合は全ての硬質第二相の平均粒径を計測する。そして、別々の3つのSEM像に対して同様の手順で求めた3つの平均粒径を、更に平均した値をベイニティックフェライト中の硬質第二相の平均粒径とする。

【0073】

また、残留オーステナイトの面積率は、以下のように測定する。

素地鋼板を板厚方向（深さ方向）に板厚の1/4位置まで機械研削した後、シュウ酸による化学研磨を行い、観察面とする。ついで、観察面を、X線回折法により観察する。入射X線にはMoK α 線を使用し、bcc鉄の(200)、(211)および(220)各面の回折強度に対するfcc鉄（オーステナイト）の(200)、(220)および(311)各面の回折強度の比を求め、各面の回折強度の比から、残留オーステナイトの体積率を算出する。そして、残留オーステナイトが三次元的に均質であるとみなして、残留オーステナイトの体積率を、残留オーステナイトの面積率とする。

【0074】

また、フレッシュマルテンサイトの面積率は、前記のようにして求めた硬質相（硬質第二相）の面積率から、残留オーステナイトの面積率を減じることにより求める。

〔フレッシュマルテンサイトの面積率（%）〕＝〔硬質第二相の面積率（%）〕－〔残留オーステナイトの面積率（%）〕

【0075】

また、残部組織の面積率は、100.0%から前記のようにして求めたフェライトの面積率、ベイニティックフェライトの面積率、焼戻しマルテンサイトの面積率、硬質相（硬質第二相）の面積率を減じることにより求める。

〔残部組織の面積率（%）〕＝100.0－〔フェライトの面積率（%）〕－〔ベイニティックフェライトの面積率（%）〕－〔焼戻しマルテンサイトの面積率（%）〕－〔硬質第二相の面積率（%）〕

【0076】

表層軟質層における組織の測定としては、鋼板に亜鉛めっき層が形成されている場合は、まず亜鉛めっき層を剥離し、素地鋼板表面から板厚方向に1μmの位置より、板厚方向100μmの位置まで、1μm間隔で、板厚1/4位置と同様の組織の測定を行う。その後は板厚中心まで20μm間隔で測定を行う。

【0077】

つぎに、本発明の一実施形態に従う鋼板の機械特性について、説明する。

【0078】

引張強さ（TS）：780MPa以上1180MPa未満

本発明の一実施形態に従う鋼板の引張強さTSは、780MPa以上1180MPa未満である。

なお、本発明の一実施形態に従う鋼板の降伏応力（YS）、全伸び（TEL）、局部伸び（LEL）、鋼板の曲げ性および曲げ変形時におけるエネルギー吸収特性については上述したとおりである。

【0079】

また、引張強さ（TS）、降伏応力（YS）、全伸び（TEL）、局部伸び（LEL）は、実施例において後述するJIS Z 2241（2011）に準拠する引張試験により、測定する。鋼板の曲げ性および曲げ変形時におけるエネルギー吸収特性は、実施例において後述するVDA曲げ試験により、測定する。

【0080】

亜鉛めっき層

本発明の一実施形態に従う鋼板は、素地鋼板の上に形成された亜鉛めっき層を有していてもよく、この亜鉛めっき層は、素地鋼板の一方の表面の上のみに設けてもよく、両面の上に設けてもよい。

【0081】

なお、ここでいう亜鉛めっき層は、Znを主成分（Zn含有量：50.0質量%以上）とするめっき層を指し、例えば、熔融亜鉛めっき層、合金化熔融亜鉛めっき層、電気亜鉛めっき層が挙げられる。

【0082】

ここで、熔融亜鉛めっき層は、例えば、Znと、20.0質量%以下のFe、0.001質量%以上1.0質量%以下のAlにより構成することが好適である。また、熔融亜鉛めっき層には、任意に、Pb、Sb、Si、Sn、Mg、Mn、Ni、Cr、Co、Ca、Cu、Li、Ti、Be、BiおよびREMからなる群から選ばれる1種または2種以上の元素を合計で0.0質量%以上3.5質量%以下含有させてもよい。また、熔融亜鉛めっき層のFe含有量は、より好ましくは7.0質量%未満である。なお、上記の元素以外の残部は、不可避免的な不純物である。

【0083】

また、合金化熔融亜鉛めっき層は、例えば、Znと、20質量%以下のFe、0.001質量%以上1.0質量%以下のAlにより構成することが好適である。また、合金化熔融亜鉛めっき層には、任意に、Pb、Sb、Si、Sn、Mg、Mn、Ni、Cr、Co、Ca、Cu、Li、Ti、Be、BiおよびREMからなる群から選ばれる1種または2種以上の元素を合計で0.0質量%以上3.5質量%以下含有させてもよい。合金化熔融亜鉛めっき層のFe含有量は、より好ましくは7.0質量%以上、さらに好ましくは8.0質量%以上である。また、合金化熔融亜鉛めっき層のFe含有量は、より好ましくは

15.0質量%以下、さらに好ましくは12.0質量%以下である。なお、上記の元素以外の残部は、不可避免の不純物である。

【0084】

電気亜鉛めっき層は、例えば、Znと、9.0質量%以上25.0質量%以下のNiにより構成することが好適である。なお、上記の元素以外の残部は、不可避免の不純物である。

【0085】

加えて、熔融亜鉛めっき層および合金化熔融亜鉛めっき層の片面あたりのめっき付着量は、特に限定されるものではないが、 20 g/m^2 以上とすることが好ましい。また、熔融亜鉛めっき層および合金化熔融亜鉛めっき層の片面あたりのめっき付着量は、 80 g/m^2 以下とすることが好ましい。加えて、電気亜鉛めっき層の片面あたりのめっき付着量は、特に限定されるものではないが、 10 g/m^2 以上とすることが好ましい。また、電気亜鉛めっき層の片面あたりのめっき付着量は、 70 g/m^2 以下とすることが好ましい。

【0086】

なお、亜鉛めっき層（熔融亜鉛めっき層、合金化熔融亜鉛めっき層、電気亜鉛めっき層）のめっき付着量は、以下のようにして測定する。

すなわち、10質量%塩酸水溶液1Lに対し、Feに対する腐食抑制剤（朝日化学工業（株）製「イビット700BK」（登録商標））を0.6g添加した処理液を調整する。ついで、該処理液に、供試材となる鋼板を浸漬し、亜鉛めっき層を溶解させる。そして、溶解前後での供試材の質量減少量を測定し、その値を、素地鋼板の表面積（めっきで被覆されていた部分の表面積）で除することにより、めっき付着量（ g/m^2 ）を算出する。

【0087】

なお、本発明の一実施形態に従う鋼板の板厚は、特に限定されないが、好ましくは0.6mm以上で、より好ましくは0.8mm以上である。板厚は、更に好ましくは1.0mm以上であり、最も好ましくは1.2mm以上である。

また、鋼板の板厚は、好ましくは3.5mm以下である。板厚は、より好ましくは2.3mm以下である。

また、本発明の鋼板の板幅は、特に限定されないが、500mm以上とすることが好ましく、750mm以上とすることがより好ましい。また、鋼板の板幅は、1600mm以下とすることが好ましく、1450mm以下とすることがより好ましい

【2. 鋼板の製造方法】

つぎに、本発明の一実施形態に従う鋼板の製造方法について、説明する。

【0088】

本発明の一実施形態に従う鋼板の製造方法は、上述した成分組成を有する鋼スラブに熱間圧延を施して熱延鋼板とする、熱間圧延工程と、熱延鋼板を酸洗する酸洗工程と、該酸洗工程後の鋼板を、焼鈍温度： 720°C 以上 860°C 以下、保持時間： 20 秒以上、露点： -10°C 以上の雰囲気下の条件で焼鈍する、焼鈍工程と、焼鈍温度から昇温速度： 10°C/秒 以上の条件で焼鈍温度 $+10^\circ\text{C}$ 以上まで急速加熱する、急速加熱工程と、急速加熱工程後の鋼板を第一冷却停止温度： 400°C 以上 600°C 以下まで冷却する、第一冷却工程と、 400°C 以上 600°C 以下の温度域で保持時間： 300 秒未満で保持する、保持工程と、保持工程後の鋼板を 100°C 以上 300°C 以下の第二冷却停止温度まで冷却する、第二冷却工程と、第二冷却工程後の鋼板を、焼戻し温度： 460°C 以下の温度域まで加熱し、且つ上記温度域で焼戻し時間： 10 秒以上 2000 秒以下で保持する、再加熱保持工程と、を含み、あるいはさらに酸洗工程後、且つ焼鈍工程前の鋼板に、圧下率が 20% 以上 80% 以下である冷間圧延を施して冷延鋼板を得る、冷間圧延工程を含む。

焼鈍工程における鋼板の通板速度LS（ m/min ）は、以下の式（1）を満たすことが好ましい。

$$3.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4}) < LS < 390.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4}) \quad \dots \text{式 (1)}$$

式（1）で、t：酸洗工程後且つ焼鈍工程前の板厚（mm）、W：酸洗工程後且つ焼鈍工程前の板厚（mm）、である。

なお、上記の各温度は、特に説明がない限り、鋼スラブおよび鋼板の表面温度を意味する。

【0089】

まず、上述した成分組成を有する鋼スラブを準備する。例えば、鋼素材を溶製して前記の成分組成を有する溶鋼とする。溶製方法は特に限定されず、転炉溶製や電気炉溶製等、公知の溶製方法を用いることができる。ついで、得られた溶鋼を固めて鋼スラブとする。溶鋼から鋼スラブを得る方法は特に限定されず、例えば、連続鑄造法、造塊法または薄スラブ鑄造法等を用いることができる。マクロ偏析を防止する観点から、溶鋼から鋼スラブを得る方法としては、連続鑄造法を採用することが好ましい。

【0090】

（熱間圧延工程）

ついで、熱間圧延工程において、鋼スラブに熱間圧延を施して熱延鋼板とする。

熱間圧延は、省エネルギープロセスを適用して行ってもよい。省エネルギープロセスとしては、直送圧延（鋼スラブを室温まで冷却せずに、温片のままで加熱炉に装入し、熱間圧延する方法）または直接圧延（鋼スラブにわずかの保熱を行った後に直ちに圧延する方法）などが挙げられる。

【0091】

熱間圧延条件については特に限定されず、例えば、以下の条件で行うことができる。

すなわち、鋼スラブを、一旦室温まで冷却し、その後、再加熱してから圧延する。スラブ加熱温度（再加熱温度）は、炭化物の溶解や圧延荷重の低減といった観点から、1100℃以上とすることが好ましい。また、スケールロスの増大を防止するため、スラブ加熱温度は1300℃以下とすることが好ましい。なお、スラブ加熱温度は、鋼スラブ表面の温度を基準とする。

【0092】

ついで、鋼スラブに、常法に従い粗圧延を施し、粗圧延板（以下、シートバーともいう）とする。ついで、シートバーに仕上げ圧延を施して、熱延鋼板とする。なお、スラブ加熱温度を低めにした場合は、仕上げ圧延時のトラブルを防止する観点から、仕上げ圧延前にバーヒーターなどを用いてシートバーを加熱することが好ましい。仕上げ圧延温度は、圧延負荷を低減するため、800℃以上とすることが好ましい。また、オーステナイトの未再結晶状態での圧下率が高くなると、圧延方向に伸長した異常な組織が発達し、焼鈍板の加工性を低下させるおそれがある。さらに、仕上げ圧延温度を800℃以上にすることにより、熱延鋼板段階の鋼組織、ひいては、最終製品の鋼組織も均一になり易い。なお、鋼組織が不均一になると、曲げ性が低下する傾向がある。

一方、仕上げ圧延温度が950℃を超えると、酸化物（スケール）生成量が多くなる。その結果、地鉄と酸化物の界面が荒れて、酸洗および冷間圧延後の鋼板の表面品質が劣化するおそれがある。また、結晶粒が粗大になることで、鋼板の強度や曲げ性を低下させる原因となるおそれもある。そのため、仕上げ圧延温度は、950℃以下の範囲とすることが好ましい。以上より、仕上げ圧延温度は、800℃以上950℃以下の範囲とすることが好ましい。

【0093】

仕上げ圧延後、熱延鋼板を巻き取る。巻取温度は、450℃以上とすることが好ましい。また、巻取温度は750℃以下とすることが好ましい。

【0094】

なお、熱延時にシートバー同士を接合し、連続的に仕上げ圧延を行ってもよい。また、シートバーを仕上げ圧延前に一旦巻き取っても構わない。また、熱間圧延時の圧延荷重を低減するために、仕上げ圧延の一部または全部を潤滑圧延としてもよい。潤滑圧延を行うことは、鋼板形状の均一化および材質の均一化の観点からも有効である。なお、潤滑圧延時の摩擦係数は、0.10以上0.25以下の範囲とすることが好ましい。

粗圧延および仕上げ圧延を含む熱延工程（熱間圧延工程）では、一般的に鋼スラブは粗圧延でシートバーとなり、仕上げ圧延によって熱延鋼板となる。ただし、ミル能力等によ

10

20

30

40

50

ってはそのような区分けにこだわらず、所定のサイズになれば問題ない。

【0095】

(酸洗工程)

熱延工程後の熱延鋼板を酸洗する。酸洗によって、鋼板表面の酸化物を除去することができ、良好な化成処理性やめっき品質が確保される。なお、酸洗は、1回のみ行ってもよく、複数回に分けて行ってもよい。酸洗条件については特に限定されず、常法に従えばよい。

【0096】

(冷間圧延工程)

ついで、必要に応じて、熱延鋼板に冷間圧延を施して冷延鋼板とする。冷間圧延は、例えば、タンデム式の多スタンド圧延やリバース圧延等の、2パス以上のパス数を要する多パス圧延により行う。

冷間圧延の圧下率（累積圧下率）は20%以上80%以下とする。冷間圧延の圧下率が20%未満では、焼鈍工程において鋼組織の粗大化や不均一化が生じやすくなり、最終製品においてTSや曲げ性が低下するおそれがある。一方、冷間圧延の圧下率が80%を超えると、鋼板の形状不良が生じやすくなり、亜鉛めっきの付着量が不均一になるおそれがある。

また、任意に、冷間圧延後に得られた冷延鋼板に酸洗を施してもよい。

【0097】

(焼鈍工程)

ついで、本発明の一実施形態においては、酸洗工程後（冷間圧延を施す場合は、冷延工程後、上記のようにして得られた鋼板を昇温し、焼鈍温度：720℃以上860℃以下、保持時間（焼鈍時間）：20秒以上で焼鈍（保持）する。なお、焼鈍回数は2回以上でもよいが、エネルギー効率の観点から1回が好ましい。焼鈍工程は、この昇温処理と均熱処理とを含む工程である。

【0098】

焼鈍温度：720℃以上860℃以下

焼鈍温度が720℃未満の場合、鋼板表層における炭素の酸化反応の速度が低下し、所望の表層軟質層厚さを達成できない。また、フェライトとオーステナイトの二相域での加熱中におけるオーステナイトの生成割合が不十分になる場合がある。そのため、熱処理後にフェライトの面積率が過度に増加する場合があり、TSが低下する場合がある。

一方、焼鈍温度が860℃を超えると、炭素の拡散速度が遅いオーステナイトの分率が増加し、脱炭反応が進行する表層への炭素の拡散速度が低下し拡散律速となるため所望の表層軟質層厚さを達成できない。また、焼鈍時にオーステナイトの生成割合が過剰となり、熱処理後のフェライトの面積率が20.0%未満となる場合がある。

よって、焼鈍温度は720℃以上860℃以下とする。焼鈍温度は、好ましくは850℃以下である。

なお、焼鈍温度は、焼鈍工程での最高到達温度である。

【0099】

保持時間（焼鈍時間）：20秒以上

保持時間が20秒未満になると、表層において脱炭反応が生じる時間が不十分であり、所望の表層軟質層厚さを得られない。そのため、保持時間（焼鈍時間）は20秒以上とする。保持時間は、好ましくは30秒以上であり、より好ましくは50秒以上である。なお、保持時間の上限は特に限定されないが、保持時間は900秒以下とすることが好ましく、より好ましくは800秒以下である。

なお、保持時間とは、（焼鈍温度－40℃）以上焼鈍温度以下の温度域での保持時間である。すなわち、保持時間（焼鈍時間）には、焼鈍温度での保持時間に加え、焼鈍温度に到達する前の加熱における（焼鈍温度－40℃）以上焼鈍温度以下の温度域での滞留時間も含まれる。

【0100】

焼鈍工程の雰囲気（焼鈍雰囲気）の露点： -10°C 以上

本発明の一実施形態においては、焼鈍工程の雰囲気（焼鈍雰囲気）の露点を -10°C 以上とする。焼鈍工程における焼鈍雰囲気の露点を -10°C 以上にして焼鈍を行うことで、脱炭反応が促進され、所望の厚みを有する表層軟質層を形成することができる。焼鈍工程の焼鈍雰囲気の露点は、より好ましくは 0°C 以上であり、さらに好ましくは 5°C 以上であり、さらにより好ましくは 10°C 以上である。

焼鈍工程の焼鈍雰囲気の露点の上限は特に定めないが、亜鉛めっき層を設ける際のめっき密着性を良好にするため、焼鈍工程の焼鈍雰囲気の露点は 30°C 以下とすることが好ましい。

【0101】

$$3.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4}) < LS < 390.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4}) \quad \dots \text{式(1)}$$

本発明では、生産能率の点から、焼鈍工程における鋼板の通板速度 LS (m/min) が、式(1)を満たすことが好ましい。

式(1)中、 t ：板厚 (mm)、 W ：板幅 (mm)、である。

なお、板厚 t は、酸洗工程後且つ焼鈍工程前の板厚であり、板幅 W は酸洗工程後且つ焼鈍工程前の板幅である。

上記生産能率は、以下の式(2)で表される E とすることができる。

$$E (\text{ton}/\text{h}) = LS \times t \times W \times \rho \times 60 \times 10^{-6} \quad \dots \text{式(2)}$$

式(2)中、 t ：板厚 (mm)、 W ：板幅 (mm)、

ρ ：鉄の比重 (ton/m^3)、であり、 $\rho = 7.86 (\text{ton}/\text{m}^3)$ 、である。

このとき、 E は、 3.0 超 390.0 未満であることが好ましい。

この式(2)に基づいて、上記式(1)を導出することができる。

E が $3.0 \text{ ton}/\text{h}$ 以下となると、表層軟質層が過剰に形成することで TS が不足する場合がある。

一方、 E が $390.0 \text{ ton}/\text{h}$ 以上となると、表層軟質層が十分に形成せず曲げ変形時におけるエネルギー吸収特性が不足する場合がある。

よって、 E は、 3.0 超 390.0 未満であることが好ましい。

また、 E は $16.0 \text{ ton}/\text{h}$ 以上であることがより好ましい。また、 E は $190.0 \text{ ton}/\text{h}$ 以下であることがより好ましい。

上記より、 LS (m/min) は、 $3.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4})$ 超であることが好ましい。 LS (m/min) は、 $16.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4})$ 以上であることがより好ましい。

また、 LS (m/min) は、 $390.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4})$ 未満であることが好ましい。

LS (m/min) は、 $190.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4})$ 以下であることがより好ましい。

【0102】

なお、通板速度 LS (m/min) は、焼鈍工程における鋼板が搬送された距離 (m) / 焼鈍工程における鋼板が搬送されるのに要した時間 (min) により求められる。

【0103】

焼鈍工程の熱処理炉としては、ラジアントチューブ炉が一般的である。焼鈍温度は、鋼板の表面温度を測定する温度計により得られる。温度測定の方式は特に限定しないが、例えば、鋼板が発する赤外線を検知して温度を測定する放射温度計が適している。放射温度計である場合に、周囲の炉体が発する赤外線の反射光の影響を受けることがあるため、放射温度計の測定部から鋼板の検出部の間に覆いを設けてよい。また、鋼板表面の放射率の影響を受けることがあるため、炉内搬送ロールと鋼板の間のくさび状の空間を利用した多重反射式の測定方法を採用してもよい。

【0104】

(急速加熱工程)

本発明の一実施形態においては、焼鈍工程後、上記のようにして得られた鋼板を、上記焼鈍温度から、昇温速度 $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上の条件で上記焼鈍温度 $+10^{\circ}\text{C}$ 以上まで加熱（急速加熱）する。

前述した焼鈍工程において、焼鈍を2回以上行う場合、焼鈍後に行う急速加熱工程における処理も同様に2回以上行ってもよいが、急速加熱工程における処理は、1回行えばよい。

【0105】

焼鈍温度からの昇温速度： $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上

急速加熱工程における焼鈍温度からの昇温速度が $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 未満の場合、急速加熱工程で形成されるオーステナイトフェライトからMnが拡散することで、その後の冷却工程および保持工程で形成されるベイニティックフェライト量が低下し、ベイニティックフェライトの面積率がベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計面積率の40%以上となる組織を得られない。そのため、急速加熱工程における焼鈍温度からの昇温速度は $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上とする。

さらに、急速加熱工程の昇温速度は $30^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上が好ましい。昇温速度は $30^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上とすることにより、フェライトからオーステナイトへのMnの拡散を抑制して、Cの拡散のみでオーステナイトを生成でき、また、ライン長の長さもさらに短縮できる。

一方、昇温速度が $300^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ を超えると、熱応力によって鋼板が座屈変形する懸念があり、また、板幅方向で局所的な高温部が生じて均一性が保たれない場合がある。そのため、昇温速度は、 $300^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下であることが好ましく、より好ましくは $150^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下である。

【0106】

急速加熱工程において焼鈍温度 $+10^{\circ}\text{C}$ 以上の温度（急速加熱工程到達温度）に急速加熱

急速加熱工程における到達温度（急速加熱工程到達温度）が焼鈍温度 $+10^{\circ}\text{C}$ 未満の場合、急速加熱によりオーステナイトを十分に形成させることができず、所望のベイニティックフェライトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率の組織、またはベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計の面積率のうちベイニティックフェライトの面積率が占める割合が40%以上の組織を形成することができない。そのため、急速加熱を行うことによるYS、TS、延性および曲げ性の少なくともいずれかの向上効果が得られず、所望の機械的特性を確保することができない場合がある。急速加熱工程における到達温度（急速加熱工程到達温度）は好ましくは焼鈍温度 $+30^{\circ}\text{C}$ 以上であり、より好ましくは焼鈍温度 $+50^{\circ}\text{C}$ 以上である。

急速加熱工程到達温度の上限は特に定めないが、生産能率の観点から焼鈍温度 $+210^{\circ}\text{C}$ 以下とすることが好ましく、焼鈍温度 $+150^{\circ}\text{C}$ 以下とすることがより好ましく、焼鈍温度 $+120^{\circ}\text{C}$ 以下とすることがさらに好ましい。

【0107】

急速加熱工程の誘導加熱（IH）装置は、鋼板の温度が焼鈍温度 $+10^{\circ}\text{C}$ 以上（好ましくは、 740°C 以上 940°C 以下）に含まれるように、出力を調整して、鋼板を急速加熱する。また、このような温度域で加熱する場合、誘導加熱（IH）装置はトランスバース式であることが望ましい。適正な急速加熱到達温度は鋼板の成分組成によって変化する。そのため、好適な温度域は、予め測定、計算またはシミュレーションにより予測し、焼鈍工程における鋼板の温度を考慮した上で設定されることが好ましい。

急速加熱工程の到達温度は、鋼板の表面温度を測定する温度計により測定できる。温度測定の方式は特に限定しないが、例えば、鋼板が発する赤外線を検知して温度を測定する放射温度計が適している。放射温度計である場合に、周囲の炉体が発する赤外線の反射光の影響を受けることがあるため、放射温度計の測定部から鋼板の検出部の間に覆いを設けてよい。また、鋼板表面の放射率の影響を受けることがあるため、炉内搬送ロールと鋼板の間のくさび状の空間を利用した多重反射式の測定方法を採用してもよい。また、鋼板の幅

10

20

30

40

50

方向各位置の温度測定には、走査型放射温度計を使用することが望ましい。

【0108】

（第一冷却工程）

ついで、上記のようにして焼鈍を施した後（急速加熱工程後）の鋼板に対して、第一冷却工程において、400℃以上600℃以下の温度（第一冷却停止温度）まで冷却を行う。

【0109】

第一冷却停止温度：400℃以上600℃以下

第一冷却停止温度が400℃未満になると、ベイニティックフェライトの形成が促進され、ベイニティックフェライトと共に形成される残留オーステナイトの面積率が所定量超になることで、所望の局部伸びを達成できない。

一方、第一冷却停止温度が600℃を超えると、フェライトおよびパーライトの面積率の過度な増加によりベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計面積率が20.0%未満となることによるTSの低下が生じる。したがって第一冷却工程における第一冷却停止温度は、400℃以上600℃以下とする。第一冷却停止温度は、好ましくは460℃以上である。また、第一冷却停止温度は、好ましくは550℃以下とする。

【0110】

（保持工程）

第一冷却工程後、保持工程において、鋼板を400℃以上600℃以下の温度域（以下、保持温度域ともいう）で300秒未満滞留させる。

【0111】

保持温度域での保持時間：300秒未満

保持工程では、ベイニティックフェライトが生成するとともに、生成したベイニティックフェライトから該ベイニティックフェライトに隣接する未変態のオーステナイトへのCの拡散が生じる。その結果、所定量の残留オーステナイトの面積率が確保される。

ここで、保持温度域での保持時間が300秒以上になると、ベイニティックフェライトから未変態オーステナイトへのCおよびMnの拡散が過度に生じ、ベイニティックフェライト中に粗大な硬質第二相（残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイト）が形成されることで所望の曲げ性または局部伸びを達成できないおそれがある。また、ベイニティックフェライトの過度な形成によりベイニティックフェライトと焼戻しマルテンサイトの合計面積率が過剰となり局部伸びが低下する場合がある。したがって、保持温度域での保持時間は300秒未満とすることが好ましい。保持温度域での保持時間はより好ましくは80秒未満であり、さらに好ましくは60秒未満である。なお、保持温度域での保持時間には、溶融亜鉛めっき工程において亜鉛めっき処理を施した後の当該温度域での滞留時間は含まない。

【0112】

（亜鉛めっき工程（溶融亜鉛めっき工程、合金化処理工程））

溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板を得る場合、上記の保持工程後かつ第二冷却工程前、鋼板に亜鉛めっき処理（溶融亜鉛めっき処理、あるいはさらに合金化溶融亜鉛処理）を施す。亜鉛めっき処理を施すことにより、亜鉛めっき鋼板を得ることができる。ここでの亜鉛めっき処理としては、溶融亜鉛めっき処理および合金化亜鉛めっき処理（溶融亜鉛めっき処理および合金化処理）が挙げられる。

鋼板に溶融亜鉛めっき処理を施すことにより、溶融亜鉛めっき鋼板を得ることができ、また、さらに合金化処理を施すことにより、合金化溶融亜鉛めっき鋼板を得ることができる。なお、以下、溶融亜鉛めっき処理および合金化処理をまとめて合金化溶融亜鉛めっき処理とも記す。

【0113】

溶融亜鉛めっき処理の場合、鋼板を440℃以上500℃以下の溶融亜鉛めっき浴中に浸漬させた後、ガスワイピング等によって、めっき付着量を調整することが好ましい。溶融亜鉛めっき浴としては、前記した亜鉛めっき層の組成となれば特に限定されるものではないが、例えば、Al含有量が0.10質量%以上であり、残部がZnおよび不可避免的な

10

20

30

40

50

純物からなる組成のめっき浴を用いることが好ましい。上記の A l 含有量は 0.23 質量 % 以下であることが好ましい。

【0114】

また、合金化溶融亜鉛めっき処理の場合、上記の要領で溶融亜鉛めっき処理を施した後、亜鉛めっき鋼板を 450℃ 以上の合金化温度に加熱して合金化処理を施すことが好ましい。上記の合金化温度は、600℃ 以下とすることが好ましい。

合金化温度が 450℃ 未満では、Zn-Fe 合金化速度が遅くなり、合金化が困難となる場合がある。一方、合金化温度が 600℃ を超えると、未変態オーステナイトがパーライトへ変態し、TS を 780MPa 以上とすることが困難になり、延性が低下する。なお、合金化温度は、より好ましくは 470℃ 以上である。また、合金化温度は、より好ましくは 570℃ 以下である。

10

【0115】

また、溶融亜鉛めっき鋼板 (GI) および合金化溶融亜鉛めっき鋼板 (GA) のめっき付着量はいずれも、片面あたり 20g/m² 以上とすることが好ましい。また、亜鉛めっき層の片面あたりのめっき付着量は、80g/m² 以下とすることが好ましい。なお、めっき付着量は、ガスワイピング等により調節することが可能である。

【0116】

(第二冷却工程)

ついで、溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板を得る場合は亜鉛めっき工程後、鋼板または電気亜鉛めっき鋼板を得る場合は保持工程後の鋼板を、100℃ 以上 300℃ 以下の第二冷却停止温度まで冷却する。

20

【0117】

第二冷却停止温度：100℃ 以上 300℃ 以下

第二冷却工程は、後工程である再加熱保持工程で生成する焼戻しマルテンサイトの面積率および残留オーステナイトの面積率を所定の範囲に制御するために必要な工程である。ここで、第二冷却停止温度が 100℃ 未満では、第二冷却工程において鋼中に存在する未変態オーステナイトが、ほぼ全量マルテンサイトに変態する。最終的に焼戻しマルテンサイトの面積率が過度に増加し、ベイニティックフェライトの面積率をベイニティックフェライトおよび焼戻しマルテンサイトの合計面積率の 40% 以上とすることができないことになり、E₁ の低下が生じる。

30

一方、第二冷却停止温度が 300℃ を超えると、焼戻しマルテンサイトの面積率が減少し、フレッシュマルテンサイトの面積率が増加する。その結果、所望の曲げ性を達成できない。したがって、第二冷却停止温度は 100℃ 以上 300℃ 以下とする。第二冷却停止温度は、好ましくは 120℃ 以上である。また、第二冷却停止温度は、好ましくは 280℃ 以下である。

【0118】

(再加熱保持工程)

ついで、鋼板を、焼戻し温度：460℃ 以下の温度域（以下、再加熱温度域ともいう）に再加熱し、上記鋼板を、焼戻し温度：460℃ 以下の温度域で焼戻し時間：10 秒以上 2000 秒以下保持する。

40

これにより、第二冷却工程の終了時点で鋼中に存在するマルテンサイトを焼戻す。また、マルテンサイト中に過飽和に固溶した C を未変態オーステナイトへと拡散させることにより、室温で安定なオーステナイト、すなわち、残留オーステナイトを生成させる。

【0119】

焼戻し温度（再加熱温度）：460℃ 以下

焼戻し温度（再加熱温度）の下限は特に限定されないが、300℃ 以下になると、第二冷却工程終了時点で鋼中に存在するマルテンサイトの焼戻しが十分には進行せず、フレッシュマルテンサイトが過度に増加することに加えて、焼戻しマルテンサイト中の炭化物の粗大化が十分に進行せず、焼戻しマルテンサイト中の炭化物の密度が増加し、その結果、曲げ性または局部伸びを低下するおそれがある。よって、焼戻し温度は 300℃ 超とする

50

ことが好ましい。焼戻し温度は、好ましくは 340°C 以上であり、より好ましくは 360°C 以上である。

一方、焼戻し温度（再加熱温度）が 460°C を超えると、第二冷却工程終了時点で鋼中に存在するマルテンサイトの焼戻しが過度に進行するため、TSを 780MPa 以上とすることが困難になる。また、第二冷却工程終了時点で鋼中に存在する未変態オーステナイトが、炭化物（パーライト）として分解してしまうため、延性が低下する。したがって、焼戻し温度（再加熱温度）は 460°C 以下とする。焼戻し温度は、再加熱保持工程での最高到達温度である。焼戻し温度は、好ましくは 440°C 以下であり、より好ましくは 420°C 以下である。

【0120】

再加熱温度域での焼戻し時間（保持時間）： 10 秒以上 2000 秒以下

再加熱温度域での焼戻し時間（保持時間）が 10 秒未満になると、第二冷却工程終了時点で鋼中に存在するマルテンサイトの焼戻しが十分には進行せず、フレッシュマルテンサイトが過度に増加する。また、焼戻しマルテンサイト中の炭化物の粗大化が十分に進行せず、焼戻しマルテンサイト中の炭化物の密度が過剰となる。その結果、所望の曲げ性および局部伸びを達成できない。

一方、再加熱温度域での焼戻し時間（保持時間）が 2000 秒を超えると、第二冷却工程終了時点で鋼中に存在するマルテンサイトの焼戻しが過度に進行するため、TSを 780MPa 以上とすることが困難になる。また、第二冷却工程終了時点で鋼中に存在する未変態オーステナイトが、炭化物（パーライト）として分解してしまうため、延性が低下する

場合がある。
したがって、再加熱温度域での焼戻し時間（保持時間）は 10 秒以上 2000 秒以下とする。焼戻し時間は、好ましくは 20 秒以上であり、より好ましくは 30 秒以上である。焼戻し時間は、好ましくは 1000 秒以下であり、より好ましくは 500 秒以下であり、さらに好ましくは 100 秒以下である。

再加熱温度域での焼戻し時間（保持時間）には、再加熱温度での保持時間に加え、再加熱温度に到達する前後の加熱および冷却における当該温度域での滞留時間も含まれる。

【0121】

再加熱温度域での保持後の冷却条件は特に限定されず、常法に従えばよい。冷却方法としては、例えば、ガスジェット冷却、ミスト冷却、ロール冷却、水冷および空冷などを適用することができる。また、表面の酸化防止の観点から、再加熱温度域での保持後、 50°C 以下まで冷却することが好ましく、より好ましくは室温程度まで冷却する。再加熱温度域での保持後の冷却における平均冷却速度は、例えば、 $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上 $50^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下が好適である。

【0122】

（亜鉛めっき工程（電気亜鉛めっき工程））

室温まで冷却後、電気亜鉛めっき処理を施してもよい。鋼板に電気亜鉛めっき処理を施すことにより、電気亜鉛めっき鋼板を得ることができる。鋼板表面に電気亜鉛めっきを施す場合は、電気亜鉛めっき処理の処理条件は特に限定されず、常法に従えばよい。

【0123】

また、上記のようにして得た鋼板に、さらに、調質圧延を施してもよい。調質圧延の圧下率は 2.00% を超えると、降伏応力が上昇し、鋼板を部材に成形する際の寸法精度が低下するおそれがある。そのため、調質圧延の圧下率は 2.00% 以下が好ましい。なお、調質圧延の圧下率の下限は特に限定されるものではないが、生産性の観点から 0.05% 以上が好ましい。また、調質圧延は上述した各工程を行うための焼鈍装置と連続した装置上（オンライン）で行ってもよいし、各工程を行うための焼鈍装置とは不連続な装置上（オフライン）で行ってもよい。また、調質圧延の圧延回数は、 1 回でもよく、 2 回以上であってもよい。なお、調質圧延と同等の伸長率を付与できれば、レベラー等による圧延であっても構わない。

【0124】

上記以外の条件については特に限定されず、常法に従えばよい。

【0125】

〔3．部材〕

つぎに、本発明の一実施形態に従う部材について、説明する。

本発明の一実施形態に従う部材は、上記の鋼板を用いてなる（素材とする）部材である。例えば、素材である鋼板に、成形加工、接合加工の少なくとも一方を施して部材とする。

ここで、上記の鋼板は、 $TS: 780MPa$ 以上であり、かつ、高い YS と、優れた全伸び、局部伸び、曲げ性およびエネルギー吸収特性を有する。そのため、本発明の一実施形態に従う部材は、高強度であり、かつ、耐衝撃特性にも優れている。したがって、本発明の一実施形態に従う部材は、自動車分野で使用される衝撃エネルギー吸収部材に適用して特に好適である。

10

【0126】

〔4．部材の製造方法〕

つぎに、本発明の一実施形態に従う部材の製造方法について、説明する。

本発明の一実施形態に従う部材の製造方法は、上記の鋼板（例えば、上記の鋼板の製造方法により製造された鋼板）に、成形加工、接合加工の少なくとも一方を施して部材とする工程を有する。

ここで、成形加工方法は、特に限定されず、例えば、プレス加工等の一般的な加工方法を用いることができる。また、接合加工方法も、特に限定されず、例えば、スポット溶接、レーザー溶接、アーク溶接等の一般的な溶接や、リベット接合、かしめ接合等を用いることができる。なお、成形条件および接合条件については特に限定されず、常法に従えばよい。

20

【実施例】

【0127】

表1に示す成分組成（残部は Fe および不可避免の不純物）を有する鋼素材を転炉にて溶製し、連続鑄造法にて鋼スラブとした。表1中、－は不可避免の不純物レベルの含有量を示す。

【0128】

得られた鋼スラブを $1200^{\circ}C$ に加熱し、加熱後、鋼スラブに粗圧延と、仕上圧延温度を $900^{\circ}C$ とする仕上げ圧延からなる熱間圧延を施し、熱延鋼板とした。ついで、得られた熱延鋼板のNo. 1、No. 4～24、No. 27～49、No. 51～58、No. 61～75、No. 77～84、およびNo. 87～98に、酸洗および冷間圧延（圧下率：50%）を施し、表2に示す板厚の冷延鋼板とした。また、得られた熱延鋼板のNo. 2～3、No. 25～26、No. 50、No. 59～60、No. 76、およびNo. 85～86に酸洗を施し、表2に示す板厚の熱延鋼板（白皮）とした。

30

ついで、得られた冷延鋼板または熱延鋼板（白皮）に、表2に示す条件で焼鈍工程、急速加熱工程、第一冷却工程、保持工程、亜鉛めっき工程、第二冷却工程および再加熱保持工程における処理を行い、鋼板を得た。また、冷間圧延鋼板は、亜鉛めっき工程を除く処理を行うことで得た。電気亜鉛めっき鋼板は、上記の保持工程および亜鉛めっき工程を除く処理の後、より具体的には再加熱保持工程後、電気亜鉛めっき工程による処理を行うことで得た。

40

【0129】

ここで、亜鉛めっき工程では、熔融亜鉛めっき処理、合金化亜鉛めっき処理、または電気亜鉛めっき処理を行い、熔融亜鉛めっき鋼板（以下、 GI ともいう）、合金化熔融亜鉛めっき鋼板（以下、 GA ともいう）または電気亜鉛めっき鋼板（以下、 EG ともいう）を得た。なお、表2では、めっき工程の種類についても、「 GI 」、「 GA 」および「 EG 」と表示している。表2中の GI 、 EG 鋼板の場合に合金化処理を行わないため合金化温度を－と示す。また、表2において、亜鉛めっき工程による亜鉛めっき処理を行わず、冷延鋼板を得たものについては、「 CR 」と表示している。

【0130】

50

亜鉛めっき浴温は、G IおよびG Aいずれを製造する場合も、470℃とした。

亜鉛めっき付着量は、E Gを製造する場合は、10～70 g/m²とした。

G Iを製造する場合は、片面あたり45～72 g/m²とし、G Aを製造する場合は、片面あたり45 g/m²とした。

なお、最終的に得られた亜鉛めっき鋼板の亜鉛めっき層の組成は、G Iでは、Fe：0.1～1.0質量%、Al：0.2～0.33質量%を含有し、残部がZnおよび不可避免の不純物であった。また、G Aでは、Fe：8.0～12.0質量%、Al：0.1～0.23質量%を含有し、残部がZnおよび不可避免の不純物であった。E Gでは、Ni：9.0～25.0質量%を含有し、残部がZnおよび不可避免の不純物であった。

また、亜鉛めっき層はいずれも、素地鋼板の両面に形成した。

10

【0131】

得られた鋼板を用いて、上述した要領により、素地鋼板の鋼組織の同定を行った。測定結果を表2に示す。表3中、Fはフェライト、BFはベイニティックフェライト、TMは焼戻しマルテンサイト、RAは残留オーステナイト、FMはフレッシュマルテンサイト、Pはパーライトである。

また、上述した要領により、フェライト以外の組織の合計面積率が、板厚1/4位置の1/2以下である表層を表層軟質層とした。

【0132】

また、以下の基準により、引張強さ(TS)、降伏応力(YS)、全伸び(T-EL)、局部伸び(L-EL)、VDA曲げ試験での限界曲げ角度(α)、曲げ変形吸収エネルギー量および生産能率(E)を評価した。

20

【0133】

・TS

○(合格)：780MPa以上1180MPa未満

×(不合格)：780MPa未満または1180MPa以上

【0134】

・YS

○(合格)：

(A) 780MPa ≤ TS < 980MPaの場合、400MPa ≤ YS ≤ 650MPa

(B) 980MPa ≤ TS < 1180MPaの場合、600MPa ≤ YS ≤ 900MPa

30

×(不合格)：

(A) 780MPa ≤ TS < 980MPaの場合、400MPa > YS、または650MPa < YS

(B) 980MPa ≤ TS < 1180MPaの場合、600MPa > YS、または900MPa < YS

【0135】

・T-EL

○(合格)：

(A) 780MPa ≤ TS < 980MPaの場合、17.0% ≤ T-EL

(B) 980MPa ≤ TS < 1180MPaの場合、11.0% ≤ T-EL

40

×(不合格)：

(A) 780MPa ≤ TS < 980MPaの場合、17.0% > T-EL

(B) 980MPa ≤ TS < 1180MPaの場合、11.0% > T-EL

・L-EL

○(合格)：

(A) 780MPa ≤ TS < 980MPaの場合、7.0% ≤ L-EL

(B) 980MPa ≤ TS < 1180MPaの場合、5.0% ≤ L-EL

×(不合格)：

(A) 780MPa ≤ TS < 980MPaの場合、7.0% > L-EL

(B) 980MPa ≤ TS < 1180MPaの場合、5.0% > L-EL

50

【0136】

・VDA曲げ試験での限界曲げ角度（ α ）

○（合格）：80°以上

×（不合格）：80°未満

【0137】

・VDA曲げ試験における荷重－ストローク曲線における変形開始から荷重最大値までの荷重Fの積分値AE

○（合格）：55000N・mm以上

×（不合格）：55000N・mm未満

【0138】

・生産能率E（ton/h）＝ $LS \times t \times W \times \rho \times 60 \times 10^{-6}$

合格（A）：16.0＜E＜190.0

合格（B）：3.0＜E≤16.0、または190.0≤E＜390.0

合格（C）：3.0≥EまたはE≥390.0

ここで、

LS：焼鈍工程における通板速度（m/min）

t：酸洗工程後かつ焼鈍工程前の板厚（mm）

W：酸洗工程後かつ焼鈍工程前の板幅（mm）

ρ ：鉄の比重（ton/m³）であり、 $\rho = 7.86$ （ton/m³）である。

【0139】

（1）引張試験

引張試験は、JIS Z 2241（2011）に準拠して行った。すなわち、得られた鋼板から、長手方向が素地鋼板の圧延方向に対して直角となるようにJIS5号試験片を採取した。採取した試験片を用いて、クロスヘッド速度が10mm/minの条件で引張試験を行い、TS、YS、TELおよびLELを測定した。結果を表3に示す。

【0140】

（2）VDA曲げ試験

VDA曲げ試験は、ドイツ自動車工業会で規定されたVDA規格（VDA238-100）に準拠する曲げ試験で行った。

具体的には、得られた鋼板から、70mm×60mmの試験片を剪断加工により採取した。ここで、60mmの辺は圧延（L）方向に平行する。

試験片は片面に研削加工等を行い板厚を1.2mmに統一し、曲げの内側を研削面にして、該試験片に以下の条件で、VDA曲げ試験を行った。

板厚1.2mm未満の鋼板は研削加工等は実施せず試験を行った。

試験方法：ロール支持、パンチ押し込み

ロール径：φ30mm

パンチ先端R：0.4mm

ロール間距離：（板厚×2）＋0.5mm

ストローク速度：20mm/min

曲げ方向：圧延直角（C）方向

この際に、上方からの押し曲げ治具からの荷重Fが最大となる時の、板状試験片の中央部の曲げ外側の角度を曲げ角度（限界曲げ角度）（°）として測定する。また、得られた荷重－ストローク曲線を用いて荷重最大時までの荷重－ストローク曲線の積分値（吸収エネルギー）を算出する。上記VDA曲げ試験を3回実施した際の当該荷重最大時の限界曲げ角度および荷重－ストローク曲線の積分値（吸収エネルギー）の平均値をそれぞれ α （°）およびAEとする。結果を表3に示す。

【0141】

板厚1.2mm超の鋼板のVDA曲げ試験では板厚の影響を考慮し、全て板厚1.2mmの鋼板で実施した。板厚1.2mm超の鋼板は片面研削し、板厚を1.2mmにした。研削加工により鋼板表面の曲げ性が影響されるおそれがあるため、VDA曲げ試験では研

10

20

30

40

50

削面を曲げ内側（パンチに接触する側）とした。

一方、板厚 1.2 mm 未満の鋼板の V D A 曲げ試験では、板厚の影響が小さいため、研削処理無しで試験を行った。

【 0 1 4 2 】

【表 1】

鋼種	成分組成(質量%)								備考
	C	Si	Mn	P	S	sol. Al	N	その他	
A	0.12	1.85	1.21	0.061	0.0109	0.076	0.0010	V: 0.042, Ta: 0.006	適合鋼
B	0.20	0.68	2.18	0.012	0.0172	0.016	0.0007	Mo: 0.070, Cs: 0.0141	適合鋼
C	0.24	1.91	2.15	0.036	0.0093	0.059	0.0005	B: 0.0008, Sb: 0.008, Cs: 0.0009	適合鋼
D	0.09	1.49	2.73	0.060	0.0113	0.065	0.0026	Nb: 0.052, Ni: 0.386, Mg: 0.0014	適合鋼
E	0.26	0.63	2.47	0.002	0.0142	0.010	0.0045	Ti: 0.022, Sn: 0.008, Ta: 0.071	適合鋼
F	0.16	1.99	1.61	0.086	0.0066	0.046	0.0033	Cr: 0.060, W: 0.042	適合鋼
G	0.08	0.75	2.58	0.058	0.0067	0.033	0.0098	B: 0.0049, Zr: 0.0017, Sr: 0.0009	適合鋼
H	0.11	1.19	2.67	0.066	0.0103	0.019	0.0026	Ti: 0.031, Ni: 0.062, W: 0.252	適合鋼
I	0.16	1.32	1.06	0.024	0.0153	0.095	0.0050	Sb: 0.019, Co: 0.0036, As: 0.0260	適合鋼
J	0.11	1.91	1.87	0.054	0.0107	0.986	0.0029	Cu: 0.150, Zr: 0.0092, Ge: 0.0008	適合鋼
K	0.12	1.02	2.78	0.013	0.0041	1.951	0.0026	Ti: 0.055, Cr: 0.56, Mg: 0.0133, Ge: 0.0145	適合鋼
L	0.06	0.46	2.14	0.094	0.0093	0.073	0.0030	Nb: 0.006, Ca: 0.0015, REM: 0.0009	適合鋼
M	0.29	1.61	1.61	0.086	0.0102	0.498	0.0022	V: 0.058, Zn: 0.0040, Se: 0.0142	適合鋼
N	0.22	0.15	2.98	0.071	0.0147	0.018	0.0047	Ti: 0.192, Se: 0.0010, REM: 0.0138	適合鋼
O	0.29	1.74	2.93	0.074	0.0043	0.068	0.0039	Ni: 0.280, Cu: 0.030, Te: 0.0009	適合鋼
P	0.05	0.73	2.49	0.017	0.0068	0.021	0.0019	Cr: 0.150, Te: 0.0140, Pb: 0.0138	適合鋼
Q	0.18	0.54	1.91	0.061	0.0103	0.051	0.0010	Mo: 0.170, Zn: 0.0145, As: 0.0016, Bi: 0.0140	適合鋼
R	0.24	1.62	3.47	0.006	0.0160	0.049	0.0012	Ti: 0.006, Co: 0.0141, Sr: 0.0144, Pb: 0.0011	適合鋼
S	0.24	0.15	2.01	0.068	0.0053	0.092	0.0021	-	適合鋼
T	0.15	1.94	2.56	0.089	0.0084	0.005	0.0028	Nb: 0.021, V: 0.033, Ni: 0.110, Hf: 0.0139, Bi: 0.0012	適合鋼
U	0.05	0.10	1.73	0.035	0.0115	0.015	0.0034	B: 0.0027, Sb: 0.005, Sn: 0.017, Ca: 0.0170, Hf: 0.0010	適合鋼
V	0.30	1.31	2.24	0.068	0.0195	0.079	0.0016	B: 0.0034	適合鋼
W	0.07	0.44	2.41	0.033	0.0135	0.060	0.0035	Mo: 0.150	適合鋼
X	0.18	1.91	2.10	0.004	0.0035	0.090	0.0007	Zr: 0.0280	適合鋼
Y	0.08	1.68	2.50	0.079	0.0076	0.040	0.0008	Nb: 0.050	適合鋼
Z	0.09	0.28	3.28	0.012	0.0017	0.039	0.0028	Ni: 0.340, Sn: 0.110	適合鋼
AA	0.13	0.75	2.34	0.094	0.0043	0.100	0.0037	W: 0.450	適合鋼
AB	0.10	0.92	3.35	0.063	0.0156	0.007	0.0011	Cu: 0.960	適合鋼
AC	0.16	0.56	2.49	0.018	0.0122	0.078	0.0028	Nb: 0.070, Pb: 0.0130	適合鋼
AD	0.12	0.45	1.89	0.067	0.0162	0.054	0.0029	V: 0.070	適合鋼
AE	0.14	1.11	2.60	0.012	0.0117	0.083	0.0030	Ti: 0.120	適合鋼
AF	0.12	1.92	2.95	0.011	0.0107	0.096	0.0033	Cr: 0.450, Mo: 0.490	適合鋼
AG	0.07	1.25	3.02	0.058	0.0154	0.008	0.0016	-	適合鋼
AH	0.08	0.97	3.13	0.067	0.0002	0.019	0.0021	V: 0.120, Ta: 0.060, Sr: 0.0130	適合鋼
AI	0.15	0.10	2.15	0.008	0.0103	0.016	0.0027	-	適合鋼
AJ	0.25	0.20	2.23	0.003	0.0091	0.098	0.0022	-	適合鋼
AK	0.14	0.36	2.91	0.030	0.0172	0.051	0.0044	Cu: 0.120	適合鋼
AL	0.20	0.10	2.61	0.093	0.0183	0.052	0.0041	-	適合鋼
AM	0.13	1.57	2.43	0.017	0.0063	0.090	0.0007	V: 0.040, Cu: 0.090	適合鋼
AN	0.07	1.69	1.67	0.064	0.0038	0.014	0.0025	Nb: 0.120	適合鋼
AO	0.04	1.52	1.15	0.096	0.0147	0.072	0.0011	-	比較鋼
AP	0.31	0.15	1.98	0.029	0.0036	0.084	0.0036	-	比較鋼
AQ	0.23	0.00	1.88	0.043	0.0064	0.059	0.0049	-	比較鋼
AR	0.11	2.10	2.66	0.063	0.0149	0.046	0.0048	-	比較鋼
AS	0.08	1.11	0.96	0.026	0.0140	0.070	0.0048	-	比較鋼
AT	0.12	0.29	3.59	0.018	0.0093	0.032	0.0014	-	比較鋼
AU	0.09	0.90	2.40	0.014	0.0080	0.040	0.0030	Nb: 0.200, Ti: 0.200, V: 0.200, Sb: 0.200, Sn: 0.200, B: 0.0100, Cr: 1.000, Ni: 1.000, Mo: 1.000, Cu: 1.000, Ta: 0.100, Zr: 0.100, W: 0.500, Mg: 0.0200, Zn: 0.0200, Co: 0.0200, Ca: 0.0200, Se: 0.0200, Te: 0.0200, Ge: 0.0200, Sr: 0.0200, Cs: 0.0200, Hf: 0.0200, Pb: 0.0200, Bi: 0.0200, REM: 0.0200, As: 0.0500%	適合鋼

*上記成分組成以外の残部はFeおよび不可避免的不純物である。

【 0 1 4 3 】

10

20

30

40

50

【表 2 - 1】

鋼板			焼鈍工程							急速加熱工程				第一冷却工程		保持工程	亜鉛めっき工程		第二冷却工程		再加熱保持工程		電気亜鉛めっき工程	生産能率E (※3)	生産能率の判定	種類 (※2)	備考
No.	鋼種	種類	板厚 (mm)	板幅 (mm)	式(1) (mm)	通板速度 LS (mm/s)	式(1) 右辺	焼鈍温度 (℃)	保持時間 (秒)	露点 (℃)	昇温速度 (℃/秒)	到達温度 (℃)	到達温度- 焼鈍温度 (℃)	第一冷却停止温度 (℃)	保持時間 (秒)	溶融亜鉛めっき工程	合金化工程	第二冷却停止温度 (℃)	焼戻し温度 (℃)	焼戻し時間 (秒)	(ton/h)						
1	A	冷延板	1.2	730	7.3	70.6	944.0	770	170	6	112	860	90	570	50	あり	なし	あり	280	250	100	29.2	A	GA	発明例		
2	B	熱延板	3.5	1590	1.1	57.1	148.6	810	210	-4	300	930	120	590	70	あり	あり	あり	180	270	10	150.0	A	GA	発明例		
3	C	熱延板	2.9	1370	1.6	30.0	208.1	810	400	10	103	890	80	520	20	あり	あり	あり	170	350	60	56.2	A	GA	発明例		
4	D	冷延板	1.4	1050	4.3	85.7	562.6	850	140	12	51	880	30	500	40	あり	あり	あり	210	350	50	59.4	A	GA	発明例		
5	E	冷延板	1.6	1280	3.1	13.3	403.8	720	900	5	150	920	200	440	200	あり	あり	あり	160	250	80	12.9	B	GA	発明例		
6	F	冷延板	0.7	1520	6.0	400.0	777.2	780	30	6	77	840	60	490	10	あり	あり	あり	120	340	1000	200.7	B	GA	発明例		
7	G	冷延板	0.8	1060	7.5	38.7	975.2	860	310	-7	71	930	70	600	90	あり	あり	あり	220	380	2000	15.5	B	GA	発明例		
8	H	冷延板	1.6	1010	3.9	100.0	511.7	840	120	7	83	870	30	480	50	あり	あり	あり	190	370	70	76.2	A	GA	発明例		
9	I	冷延板	2.0	1270	2.5	75.0	325.6	770	160	-5	107	920	150	530	250	あり	あり	あり	110	380	30	89.8	A	GA	発明例		
10	J	冷延板	1.8	580	6.1	32.4	792.1	730	370	16	55	920	190	580	40	あり	あり	あり	180	410	500	16.0	B	GA	発明例		
11	K	冷延板	1.2	960	5.5	120.0	717.9	830	100	1	71	870	40	470	60	あり	あり	あり	160	390	60	65.2	A	GA	発明例		
12	L	冷延板	1.3	1040	4.7	15.0	611.7	730	800	5	67	940	210	560	130	あり	あり	あり	200	400	70	9.6	B	GA	発明例		
13	M	冷延板	1.5	1110	3.8	66.7	496.7	810	180	30	75	920	110	400	80	あり	あり	なし	210	460	80	52.3	A	GI	発明例		
14	N	冷延板	1.0	1490	4.3	44.4	555.0	840	270	-8	148	850	10	590	100	あり	あり	なし	150	300	90	31.2	A	GI	発明例		
15	O	冷延板	1.4	1530	3.0	80.0	386.1	820	150	-8	114	870	50	530	40	あり	あり	なし	260	300	50	80.8	A	GI	発明例		
16	P	冷延板	2.3	830	3.3	240.0	433.2	720	50	22	30	870	150	550	290	あり	あり	なし	140	270	150	216.1	B	GI	発明例		
17	P	冷延板	0.6	650	16.3	14.0	2120.4	720	50	22	30	870	150	550	290	あり	あり	なし	140	270	150	2.6	C	GI	発明例		
18	Q	冷延板	0.6	750	14.1	30.0	1837.7	720	400	0	132	840	120	580	130	あり	あり	なし	160	420	90	6.4	B	GI	発明例		
19	R	冷延板	1.2	790	6.7	120.0	872.3	750	100	-10	40	780	30	470	30	あり	あり	なし	100	250	130	53.6	A	GI	発明例		
20	S	冷延板	1.6	1530	2.6	38.7	337.8	800	310	15	10	870	70	420	50	あり	あり	なし	250	280	190	44.7	A	GI	発明例		
21	T	冷延板	1.4	990	4.6	600.0	596.7	730	20	-10	102	940	210	580	60	あり	あり	なし	120	360	80	392.2	C	GI	発明例		
22	U	冷延板	0.8	760	10.5	31.6	1360.2	860	380	5	44	930	70	460	80	あり	あり	なし	240	440	20	9.1	B	GI	発明例		
23	AU	冷延板	1.4	840	5.4	60.0	703.2	830	280	10	50	890	60	440	100	あり	あり	なし	150	400	50	33.3	A	GI	発明例		
24	A	冷延板	1.2	730	7.3	70.6	944.0	770	170	6	112	860	90	570	50	なし	なし	なし	280	250	100	29.2	A	EG	発明例		
25	B	熱延板	3.5	1590	1.1	57.1	148.6	810	210	-4	300	930	120	590	70	なし	なし	なし	180	270	10	150.0	A	EG	発明例		
26	C	熱延板	2.9	1370	1.6	30.0	208.1	810	400	10	103	890	80	520	20	なし	なし	なし	170	350	60	56.2	A	EG	発明例		
27	D	冷延板	1.4	1050	4.3	85.7	562.6	850	140	12	51	880	30	500	40	なし	なし	なし	210	350	50	59.4	A	EG	発明例		
28	E	冷延板	1.6	1280	3.1	13.3	403.8	720	900	5	150	920	200	440	200	なし	なし	なし	160	250	80	12.9	B	EG	発明例		
29	F	冷延板	0.7	1520	6.0	400.0	777.2	780	30	6	77	840	60	490	10	なし	なし	なし	120	340	1000	200.7	B	EG	発明例		
30	G	冷延板	0.8	1060	7.5	38.7	975.2	860	310	-7	71	930	70	600	90	なし	なし	なし	220	380	2000	15.5	B	EG	発明例		
31	H	冷延板	1.6	1010	3.9	100.0	511.7	840	120	7	83	870	30	480	50	なし	なし	なし	190	370	70	76.2	A	EG	発明例		
32	I	冷延板	2.0	1270	2.5	75.0	325.6	770	160	-5	107	920	150	530	250	なし	なし	なし	110	380	30	89.8	A	EG	発明例		
33	J	冷延板	1.8	580	6.1	32.4	792.1	730	370	16	55	920	190	580	40	なし	なし	なし	180	410	500	16.0	B	EG	発明例		
34	K	冷延板	1.2	960	5.5	120.0	717.9	830	100	1	71	870	40	470	60	なし	なし	なし	160	390	60	65.2	A	EG	発明例		
35	L	冷延板	1.3	1040	4.7	15.0	611.7	730	800	5	67	940	210	560	130	なし	なし	なし	200	400	70	9.6	B	EG	発明例		
36	M	冷延板	1.5	1110	3.8	66.7	496.7	810	180	30	75	920	110	400	80	なし	なし	なし	210	460	80	52.3	A	CR	発明例		
37	N	冷延板	1.0	1490	4.3	44.4	555.0	840	270	-8	148	850	10	590	100	なし	なし	なし	150	300	90	31.2	A	CR	発明例		
38	O	冷延板	1.4	1530	3.0	80.0	386.1	820	150	-8	114	870	50	530	40	なし	なし	なし	260	300	50	80.8	A	CR	発明例		
39	P	冷延板	2.3	830	3.3	240.0	433.2	720	50	22	30	870	150	550	290	なし	なし	なし	140	270	150	216.1	B	CR	発明例		
40	P	冷延板	0.6	650	16.3	14.0	2120.4	720	50	22	30	870	150	550	290	なし	なし	なし	140	270	150	2.6	C	CR	発明例		
41	Q	冷延板	0.6	750	14.1	30.0	1837.7	720	400	0	132	840	120	580	130	なし	なし	なし	160	420	90	6.4	B	CR	発明例		
42	R	冷延板	1.2	790	6.7	120.0	872.3	750	100	-10	40	780	30	470	30	なし	なし	なし	100	250	130	53.6	A	CR	発明例		
43	S	冷延板	1.6	1530	2.6	38.7	337.8	800	310	15	10	870	70	420	50	なし	なし	なし	250	280	190	44.7	A	CR	発明例		
44	T	冷延板	1.4	990	4.6	600.0	596.7	730	20	-10	102	940	210	580	60	なし	なし	なし	120	360	80	392.2	C	CR	発明例		
45	U	冷延板	0.8	760	10.5	31.6	1360.2	860	380	5	44	930	70	460	80	なし	なし	なし	240	440	20	9.1	B	CR	発明例		
46	AU	冷延板	1.4	840	5.4	60.0	703.2	830	280	10	50	890	60	440	100	なし	なし	なし	150	400	50	33.3	A	CR	発明例		

*1) 式(1): $3.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4}) < LS < 390.0 / (t \times W \times 4.716 \times 10^{-4})$ (t: 板厚(mm), W: 板幅(mm))
*2) CR: めっき無(冷延鋼板), EG: 電気亜鉛めっき, GI: 溶融亜鉛めっき, GA: 合金化溶融亜鉛めっき
*3) E(ton/h)= $LS \times t \times W \times \rho \times 60 \times 10^{-6}$ (t: 板厚(mm), W: 板幅(mm), $\rho = 7.85(\text{ton/m}^3)$)

【 0 1 4 4 】

10

20

30

40

50

【表 2 - 2】

No.	鋼板		焼鈍工程						急速加熱工程				第一冷却工程		保持工程		亜鉛めっき工程		第二冷却工程		再加熱保持工程		電解亜鉛めっき工程		生産能力の判定		種類 (*)	備考	
	鋼種	板厚 (mm)	板幅 (mm)	式(1) 左辺	式(1) 右辺	焼鈍 温度 (℃)	保持 時間 (秒)	露点 (℃)	昇温 速度 (℃/秒)	到達 温度 (℃)	到達温度- 焼鈍温度 (℃)	第一冷却 停止温度 (℃)	保持 時間 (秒)	溶融亜鉛 めっき 工程	合金化 工程	第二冷却 停止温度 (℃)	焼戻し 温度 (℃)	焼戻し 時間 (秒)	生産 能力 E (*)3	生産 能力 (ton/h)	生産 能力 (ton/h)	生産 能力 (ton/h)	生産 能力 (ton/h)	生産 能力 (ton/h)	生産 能力 (ton/h)	生産 能力 (ton/h)			
47	V	冷延板	0.6	740	14.3	1862.5	710	860	-10	115	800	90	420	30	あり	あり	100	440	140	なし	あり	なし	2.9	C	GA	比較例			
48	W	冷延板	1.5	990	4.3	37.5	556.9	710	320	-10	115	800	90	490	220	あり	あり	130	340	70	なし	あり	なし	26.3	A	GA	比較例		
49	X	冷延板	0.6	740	14.3	1862.5	870	860	-10	144	880	10	400	90	あり	あり	180	400	40	なし	あり	なし	2.9	C	GA	比較例			
50	Y	熱延板	3.5	650	2.8	35.3	363.5	870	340	5	149	890	20	480	40	あり	あり	290	380	400	なし	あり	なし	37.9	A	GA	比較例		
51	Z	冷延板	1.2	750	7.1	800.0	918.9	760	15	10	145	860	100	510	140	あり	あり	220	450	110	なし	あり	なし	339.6	B	GA	比較例		
52	AA	冷延板	1.2	1570	3.4	300.0	438.9	820	40	-11	121	830	10	510	160	あり	あり	180	260	370	なし	あり	なし	286.5	B	GA	比較例		
53	AB	冷延板	1.2	1080	5.0	171.4	650.1	830	70	5	9	860	30	510	140	あり	あり	120	260	50	なし	あり	なし	102.8	A	GA	比較例		
54	AC	冷延板	1.0	1040	6.1	30.0	795.2	780	400	-1	99	765	5	520	80	あり	あり	220	330	100	なし	あり	なし	14.7	B	GA	比較例		
55	AD	冷延板	1.1	610	9.5	40.0	1232.4	790	300	4	57	790	0	560	10	あり	あり	270	300	90	なし	あり	なし	12.7	B	GA	比較例		
56	AE	冷延板	1.4	620	7.3	100.0	962.7	860	120	15	20	865	5	540	250	あり	あり	150	300	200	なし	あり	なし	40.9	A	GA	比較例		
57	AF	冷延板	1.2	740	7.2	300.0	931.3	830	40	11	32	900	70	390	70	あり	あり	290	380	430	なし	あり	なし	125.6	A	GA	比較例		
58	AG	熱延板	1.6	1080	3.7	54.5	478.6	800	220	8	92	860	60	610	50	あり	あり	120	420	480	なし	あり	なし	44.5	A	GA	比較例		
59	AH	熱延板	3.0	1410	1.5	100.0	195.5	840	120	-2	20	880	40	470	310	あり	あり	100	340	110	なし	あり	なし	199.5	B	GA	比較例		
60	AI	熱延板	2.9	700	3.1	40.0	407.4	850	300	6	30	920	70	440	340	あり	あり	290	450	480	なし	あり	なし	38.3	A	GA	比較例		
61	AJ	冷延板	1.2	1010	5.2	31.6	682.3	840	380	2	70	890	50	410	310	あり	あり	250	330	440	なし	あり	なし	18.0	A	GA	比較例		
62	AK	冷延板	2.3	680	4.1	54.5	528.8	850	220	-7	92	900	50	590	110	あり	なし	90	260	50	なし	あり	なし	40.2	A	GI	比較例		
63	AL	冷延板	1.2	1520	3.5	48.0	453.4	800	250	-5	16	870	70	460	210	あり	なし	310	450	350	なし	あり	なし	41.3	A	GI	比較例		
64	AM	冷延板	1.3	1100	4.4	85.7	578.3	840	140	-6	129	870	30	500	90	あり	なし	230	320	5	なし	あり	なし	57.8	A	GI	比較例		
65	AN	冷延板	1.5	1000	4.2	42.9	551.3	820	280	4	76	900	80	480	170	あり	なし	150	370	2050	なし	あり	なし	30.3	A	GI	比較例		
66	AO	冷延板	1.5	1000	4.2	42.9	551.3	820	280	4	76	900	80	480	170	あり	なし	150	370	200	なし	あり	なし	22.9	A	GI	比較例		
67	AP	冷延板	0.6	1280	8.3	63.2	1076.8	740	190	-8	32	820	90	440	30	あり	なし	200	330	270	なし	あり	なし	9.0	B	GI	比較例		
68	AP	冷延板	0.7	860	10.6	31.6	1373.7	770	380	-6	68	860	90	540	240	あり	なし	240	390	90	なし	あり	なし	77.2	A	GI	比較例		
69	AQ	冷延板	1.3	1470	3.3	85.7	432.7	780	140	-9	73	880	100	600	130	あり	なし	110	340	320	なし	あり	なし	43.7	A	GI	比較例		
70	AR	冷延板	0.9	1030	6.9	100.0	892.1	790	120	13	126	860	70	580	50	あり	なし	260	350	500	なし	あり	なし	257.5	B	GI	比較例		
71	AS	冷延板	1.3	700	7.0	600.0	908.8	770	20	28	63	820	50	410	130	あり	なし	280	410	50	なし	あり	なし	48.2	A	GI	比較例		
72	AT	冷延板	1.2	710	7.5	120.0	970.6	800	100	14	113	890	90	530	210	あり	なし	180	430	10	なし	あり	なし	48.2	A	GI	比較例		
73	V	冷延板	0.6	740	14.3	1862.5	710	860	-10	115	800	90	420	30	なし	なし	100	440	140	なし	あり	なし	2.9	C	EG	比較例			
74	W	冷延板	1.5	990	4.3	37.5	556.9	710	320	-10	115	800	90	490	220	なし	なし	130	340	70	あり	あり	なし	26.3	A	EG	比較例		
75	X	冷延板	0.6	740	14.3	1862.5	870	860	-10	144	880	10	400	90	なし	なし	180	400	40	あり	あり	なし	2.9	C	EG	比較例			
76	Y	熱延板	3.5	650	2.8	35.3	363.5	870	340	5	149	890	20	480	40	なし	なし	290	380	400	あり	あり	なし	37.9	A	EG	比較例		
77	Z	冷延板	1.2	750	7.1	800.0	918.9	760	15	10	145	860	100	510	140	なし	なし	220	450	110	あり	あり	なし	339.6	B	EG	比較例		
78	AA	冷延板	1.2	1570	3.4	300.0	438.9	820	40	-11	121	830	10	510	160	なし	なし	180	260	370	あり	あり	なし	286.5	B	EG	比較例		
79	AB	冷延板	1.2	1080	5.0	171.4	650.1	830	70	5	9	860	30	510	140	なし	なし	120	260	50	あり	あり	なし	102.8	A	EG	比較例		
80	AC	冷延板	1.0	1040	6.1	30.0	795.2	780	400	-1	99	765	5	520	80	あり	なし	220	330	100	あり	あり	なし	14.7	B	EG	比較例		
81	AD	冷延板	1.1	610	9.5	40.0	1232.4	790	300	4	57	790	0	560	10	なし	なし	270	300	90	あり	あり	なし	12.7	B	EG	比較例		
82	AE	冷延板	1.4	620	7.3	100.0	962.7	860	120	15	20	865	5	540	250	なし	なし	150	300	200	あり	あり	なし	40.9	A	EG	比較例		
83	AF	冷延板	1.2	740	7.2	300.0	931.3	830	40	11	32	900	70	390	70	なし	なし	290	380	430	なし	あり	なし	125.6	A	EG	比較例		
84	AG	冷延板	1.6	1080	3.7	54.5	478.6	800	220	8	92	860	60	610	50	なし	なし	120	420	480	なし	あり	なし	44.5	A	EG	比較例		
85	AH	熱延板	3.0	1410	1.5	100.0	195.5	840	120	-2	20	880	40	470	310	なし	なし	100	340	110	なし	あり	なし	199.5	B	EG	比較例		
86	AI	熱延板	2.9	700	3.1	40.0	407.4	850	300	6	30	920	70	440	340	なし	なし	290	450	480	なし	あり	なし	38.3	A	EG	比較例		
87	AJ	冷延板	1.2	1010	5.2	31.6	682.3	840	380	2	70	890	50	410	310	なし	なし	250	330	440	なし	あり	なし	18.0	A	EG	比較例		
88	AK	冷延板	2.3	680	4.1	54.5	528.8	850	220	-7	92	900	50	590	110	なし	なし	90	260	50	なし	あり	なし	40.2	A	CR	比較例		
89	AL	冷延板	1.2	1520	3.5	48.0	453.4	800	250	-5	16	870	70	460	210	なし	なし	310	450	350	なし	あり	なし	41.3	A	CR	比較例		
90	AM	冷延板	1.3	1100	4.4	85.7	578.3	840	140	-6	129	870	30	500	90	なし	なし	230	320	5	なし	あり	なし	57.8	A	CR	比較例		
91	AN	冷延板	1.5	1000	4.2	42.9	551.3	820	280	4	76	900	80	480	170	なし	なし	150	370	2050	なし	あり	なし	30.3	A	CR	比較例		
92	AO	冷延板	1.5	1000	4.2	42.9	551.3	820	280	4	76	900	80	480	170	なし	なし	150	370	200	なし	あり	なし	30.3	A	CR	比較例		
93	AP	冷延板	0.6	1280	8.3	63.2	1076.8	740	190	-8	32	820	90	440	30	なし	なし	200	330	270	なし	あり	なし	22.9	A	CR	比較例		
94	AP	冷延板	0.7	860	10.6	31.6	1373.7	770	380	-6	68	860	90	540	240	なし	なし	240	390	90	なし	あり	なし	9.0	B	CR	比較例		
95	AQ	冷延板	1.3	1470	3.3	85.7	432.7	780	140	-9	73	880	100	600	130	なし	なし	110	340	320	なし	あり	なし	77.2	A	CR	比較例		
96	AR	冷延板	0.9	1030	6.9	100																							

【表 3 - 1】

鋼板 No.	鋼種	鋼組織(*1)								表層 軟質層 厚さ (μm)	降伏 強度 YS (MPa)	引張 強度 TS (MPa)	全 伸び T-EI (%)	局部 伸び L-EI (%)	VDA曲げ試験		備考
		V(F) (%)	V(BF) (%)	V(TM+BF) (%)	V(RA) (%)	V(FM) (%)	V(P) (%)	※1 (%)	※2 (μm)						曲げ性 α (°)	エネルギー 吸収特性 AE (N・mm)	
1	A	39.2	17.3	27.0	13.8	20.0	-	64	2.5	68	617	1045	19.1	6.4	117	76601	発明例
2	B	25.6	23.0	45.0	13.4	16.0	-	51	0.6	60	649	922	19.4	7.8	114	74376	発明例
3	C	42.1	21.4	32.0	11.9	14.0	-	67	1.2	107	627	818	22.4	8.0	123	84706	発明例
4	D	43.0	22.0	44.0	5.0	8.0	-	50	0.8	68	792	1039	18.1	7.3	106	76710	発明例
5	E	38.6	24.2	55.0	3.4	3.0	-	44	0.7	143	796	1170	13.0	6.7	112	89807	発明例
6	F	24.7	24.9	43.0	13.3	19.0	-	58	0.1	30	482	794	23.9	8.1	97	62525	発明例
7	G	21.6	34.7	62.0	7.4	9.0	-	56	0.8	65	591	946	18.3	8.6	115	75851	発明例
8	H	21.0	35.0	61.0	6.0	12.0	-	57	1.1	59	776	1043	15.1	6.5	103	74080	発明例
9	I	43.6	22.8	38.0	8.4	10.0	-	60	0.9	51	640	953	18.8	8.8	100	71645	発明例
10	J	29.5	47.3	55.0	6.5	9.0	-	86	0.5	112	526	882	20.3	10.1	127	85552	発明例
11	K	20.0	51.0	70.0	5.0	5.0	-	73	0.7	48	765	998	16.1	7.1	100	70562	発明例
12	L	22.0	23.6	38.0	20.0	20.0	-	62	0.5	136	494	861	30.3	9.2	114	88851	発明例
13	M	38.1	52.0	52.0	4.9	5.0	-	100	2.0	94	632	875	22.0	9.6	125	82371	発明例
14	N	55.2	24.2	31.0	5.8	8.0	-	78	1.4	59	818	1121	16.0	7.1	114	74080	発明例
15	O	20.3	36.6	69.0	4.7	6.0	-	53	1.2	45	656	1151	11.0	5.7	97	69311	発明例
16	P	60.1	23.3	24.0	6.9	9.0	-	97	0.8	48	979	1167	17.0	6.9	98	70562	発明例
17	P	60.3	23.5	24.2	6.9	8.6	-	97	0.8	47	978	1169	17.0	6.9	98	70562	発明例
18	Q	69.1	17.0	20.0	4.9	6.0	-	85	1.0	89	571	857	26.1	8.3	90	58307	発明例
19	R	34.1	36.0	46.0	9.9	10.0	-	78	1.4	34	770	1098	17.9	7.8	86	64541	発明例
20	S	29.0	19.6	49.0	9.0	13.0	-	40	0.7	102	626	965	23.6	7.9	128	83888	発明例
21	T	26.9	37.2	61.0	5.1	7.0	-	61	1.3	20	531	803	24.2	8.4	80	55091	発明例
22	U	20.0	50.0	59.0	9.0	12.0	-	85	1.5	96	966	1145	19.9	7.8	129	62822	発明例
23	AU	25.0	30.0	57.0	6.0	12.0	-	40	52.6	1	870	1100	15.0	6.9	90	67319	発明例
24	A	41.2	19.0	26.5	12.5	19.8	-	72	1.1	66	551	951	17.2	7.9	112	76063	発明例
25	B	27.8	20.9	44.6	12.9	14.7	-	47	0.6	59	635	848	20.9	10.5	111	74198	発明例
26	C	40.0	22.3	33.0	12.0	15.0	-	68	1.2	98	627	795	22.7	11.3	115	83042	発明例
27	D	45.4	22.7	41.3	4.7	8.6	-	54	0.9	61	628	977	17.8	8.3	117	74851	発明例
28	E	36.0	23.0	57.7	3.3	3.0	-	40	0.7	60	780	1175	12.9	6.6	104	74455	発明例
29	F	25.4	25.7	45.5	12.0	17.1	-	56	0.1	33	464	789	21.3	11.4	106	63718	発明例
30	G	24.0	35.1	60.0	7.0	9.0	-	58	0.7	67	568	899	19.6	9.5	104	76373	発明例
31	H	20.0	34.3	61.7	5.5	12.8	-	52	1.2	58	807	1126	11.3	5.8	103	73903	発明例
32	I	44.0	20.7	36.0	9.0	11.0	-	58	0.9	53	774	982	17.8	8.4	108	72167	発明例
33	J	27.0	46.8	58.0	6.0	9.0	-	81	0.6	118	506	917	18.9	9.2	129	86413	発明例
34	K	24.0	50.5	66.0	5.0	5.0	-	69	0.6	45	788	1028	16.9	8.2	92	69281	発明例
35	L	20.0	23.3	40.0	20.0	20.0	-	58	0.6	68	483	852	20.6	10.3	102	76717	発明例
36	M	43.2	47.0	47.0	4.6	5.2	-	100	1.5	87	637	893	21.4	9.8	128	81091	発明例
37	N	57.0	22.5	29.0	6.0	8.0	-	78	1.4	55	851	1099	14.7	6.7	114	72989	発明例
38	O	22.0	37.7	68.0	5.0	5.0	-	55	1.3	48	669	1093	14.9	6.8	105	70668	発明例
39	P	61.0	22.6	23.0	7.0	9.0	-	98	0.9	44	955	1168	12.6	6.4	105	68898	発明例
40	P	60.8	22.6	23.0	7.0	9.2	-	98	0.9	45	958	1170	12.5	6.4	105	68898	発明例
41	Q	67.3	16.8	22.0	4.6	6.1	-	77	0.9	22	584	883	21.8	10.8	84	57027	発明例
42	R	38.0	36.4	43.0	10.0	9.0	-	85	1.5	38	755	1153	13.2	6.1	95	66222	発明例
43	S	27.6	21.0	49.5	9.9	13.0	-	42	0.6	92	743	1052	14.9	7.4	118	82029	発明例
44	T	27.0	36.8	61.0	5.0	7.0	-	60	1.2	22	515	819	22.3	10.9	82	56448	発明例
45	U	20.0	45.0	60.0	8.0	12.0	-	75	1.6	33	939	1088	13.3	6.1	138	64180	発明例
46	AU	25.0	30.0	57.0	8.0	10.0	-	40	52.6	1	880	1120	15.2	7.0	92	67319	発明例

*1) V(F):フェライトの面積率
V(BF):ベイナイトの面積率、V(TM+B):焼戻しマルテンサイトとベイナイトの合計面積率
V(RA):残留オーステナイトの面積率、V(FM):フレッシュマルテンサイトの面積率
V(P):パーライトの面積率
※1:V(BF)/V(BF+TM)×100
※2:BF中の硬質第二相の平均粒径

【 0 1 4 6 】

10

20

30

40

50

【表 3 - 2】

鋼板 No.	鋼種	鋼組織(*1)								表層 軟質層 厚さ (μm)	降伏 強度 YS (MPa)	引張 強度 TS (MPa)	全 伸び T-EI (%)	局部 伸び L-EI (%)	VDA曲げ試験		備考
		V(F) (%)	V(BF) (%)	V(TM+BF) (%)	V(RA) (%)	V(FM) (%)	V(P) (%)	※1 (%)	※2 (μm)						α (°)	AE (N・mm)	
47	V	68.0	10.0	20.0	5.0	7.0	-	50	1.5	19	501	801	24.1	12.2	84	54186	比較例
48	W	71.0	10.0	22.0	3.0	4.0	-	45	1.3	0	601	776	25.4	14.3	108	48799	比較例
49	X	20.0	31.7	67.0	4.0	9.0	-	47	1.5	18	798	1034	14.4	6.5	111	53232	比較例
50	Y	19.0	42.4	60.0	6.0	15.0	-	71	0.5	15	563	974	16.9	8.3	85	50016	比較例
51	Z	48.0	26.0	36.0	7.0	9.0	-	72	1.7	8	561	938	19.4	8.3	82	52895	比較例
52	AA	39.0	20.0	42.0	8.0	11.0	-	48	1.9	19	805	1038	15.8	6.6	83	54186	比較例
53	AB	33.0	19.0	50.0	6.0	11.0	-	38	1.1	44	841	1117	9.8	4.2	81	69082	比較例
54	AC	58.0	17.0	19.0	9.0	14.0	-	89	1.7	44	584	998	25.0	13.0	97	69000	比較例
55	AD	64.0	17.0	17.0	5.0	14.0	-	100	2.4	70	397	792	22.5	9.4	108	77270	比較例
56	AE	21.0	25.0	65.0	5.0	9.0	-	38	1.5	66	721	1109	10.2	4.5	113	76186	比較例
57	AF	20.0	41.0	41.0	21.0	18.0	-	100	0.7	38	799	1103	26.0	4.9	102	66286	比較例
58	AG	48.0	10.0	19.0	6.0	8.0	21.0	53	1.2	79	499	750	25.1	13.9	117	79294	比較例
59	AH	20.0	30.0	71.0	4.0	5.0	-	42	0.3	49	789	1019	10.8	4.6	108	70790	比較例
60	AI	20.0	48.0	48.0	13.0	19.0	-	100	3.1	88	619	968	28.0	6.5	114	81210	比較例
61	AJ	20.0	47.0	47.0	13.0	20.0	-	100	3.1	91	971	1175	19.0	4.9	114	81772	比較例
62	AK	33.0	17.0	48.0	5.0	14.0	-	35	2.1	55	845	1094	10.1	4.3	105	73068	比較例
63	AL	21.0	45.0	50.0	8.0	21.0	-	90	1.7	63	697	1073	11.5	5.5	77	75267	比較例
64	AM	23.0	27.0	40.0	7.0	30.0	-	68	0.8	33	901	1089	11.1	4.6	78	63925	比較例
65	AN	46.0	38.0	44.0	4.0	6.0	-	86	0.9	82	431	764	24.9	14.2	118	80000	比較例
66	AO	46.8	38.1	43.2	4.0	6.0	-	88	0.9	80	430	760	25.1	14.4	117	80125	比較例
67	AQ	71.0	13.0	20.0	4.0	5.0	-	65	1.2	50	413	755	26.0	15.3	104	71229	比較例
68	AP	30.0	32.0	40.0	8.0	22.0	-	80	0.4	74	919	1232	8.3	3.9	117	78105	比較例
69	AQ	20.0	30.1	73.0	2.0	5.0	-	41	0.7	42	799	1098	10.6	4.7	99	68045	比較例
70	AR	51.0	22.0	22.0	11.0	16.0	-	100	0.5	64	493	848	27.7	6.9	113	75709	比較例
71	AS	71.0	15.0	21.0	3.0	5.0	-	71	1.3	34	421	765	25.5	14.3	98	64210	比較例
72	AT	19.0	26.0	63.0	5.0	13.0	-	41	1.1	60	620	1167	10.0	5.6	115	74472	比較例
73	V	66.0	9.3	21.8	5.1	7.1	-	43	1.7	18	505	785	24.6	12.4	92	52906	比較例
74	W	70.8	10.1	22.0	3.0	4.2	-	46	1.1	0	570	753	26.1	15.8	104	48799	比較例
75	X	20.0	34.5	67.0	4.0	9.0	-	52	1.3	18	806	1034	14.4	6.6	111	53581	比較例
76	Y	18.0	40.3	60.0	6.0	16.0	-	67	0.5	14	571	970	16.7	8.2	79	48352	比較例
77	Z	52.0	23.4	33.0	7.0	8.0	-	71	1.5	9	577	966	18.9	8.3	78	52895	比較例
78	AA	36.6	22.0	44.1	8.2	11.1	-	50	2.1	19	805	1080	14.6	6.1	85	54186	比較例
79	AB	35.7	18.0	48.0	5.8	10.5	-	38	0.9	43	824	1162	9.8	4.2	88	68726	比較例
80	AC	58.5	15.5	19.0	9.2	13.3	-	81	2.0	44	591	988	25.0	12.4	101	68823	比較例
81	AD	62.0	17.9	19.0	5.0	14.0	-	94	2.3	74	393	816	21.7	9.1	104	78131	比較例
82	AE	16.1	22.5	69.4	5.0	9.5	-	32	1.5	62	735	1120	10.2	4.5	123	75095	比較例
83	AF	20.0	41.0	41.0	21.0	18.0	-	100	0.6	35	831	1136	23.0	4.9	111	65006	比較例
84	AG	45.2	10.1	18.8	6.5	8.5	21.0	54	1.1	82	509	761	25.5	10.2	116	79982	比較例
85	AH	20.7	32.7	71.0	3.6	4.7	-	46	0.3	49	828	1009	10.9	4.9	112	70966	比較例
86	AI	23.2	44.6	44.6	12.2	20.0	-	100	3.1	79	638	939	24.0	6.4	109	79351	比較例
87	AJ	24.2	45.8	45.8	11.8	18.2	-	100	3.1	91	972	1176	18.0	4.7	106	81772	比較例
88	AK	35.3	17.2	45.6	5.4	13.7	-	38	2.5	52	879	1105	10.1	4.3	111	71788	比較例
89	AL	19.2	42.3	51.5	8.3	21.0	-	82	1.8	66	684	1062	11.7	5.5	79	76127	比較例
90	AM	22.0	25.4	42.0	6.0	30.0	-	60	0.7	36	901	1111	11.1	4.6	72	65606	比較例
91	AN	48.0	41.4	42.0	4.0	6.0	-	99	1.1	84	440	776	24.6	13.5	106	80350	比較例
92	AO	47.8	41.5	42.2	4.0	6.0	-	98	1.1	84	443	770	24.8	13.7	106	80200	比較例
93	AQ	71.4	12.9	20.0	4.0	4.6	-	64	1.3	53	412	754	26.1	15.5	115	72422	比較例
94	AP	32.7	34.0	38.0	8.0	21.3	-	89	0.5	78	901	1213	9.0	3.9	124	79133	比較例
95	AQ	24.0	27.9	69.0	2.0	5.0	-	41	0.7	46	807	1054	10.6	4.7	94	69726	比較例
96	AR	51.0	20.0	20.0	12.0	17.0	-	100	0.5	60	483	823	27.1	6.8	112	74617	比較例
97	AS	71.3	15.8	21.0	3.0	4.7	-	75	1.4	33	418	774	25.3	14.0	97	63853	比較例
98	AT	15.0	24.4	68.0	5.0	12.0	-	36	1.0	65	613	1169	9.9	5.6	112	75829	比較例

*1) V(F):フェライトの面積率
V(BF):ベイナイトの面積率、V(TM+B):焼戻しマルテンサイトとベイナイトの合計面積率
V(RA):残留オーステナイトの面積率、V(FM):フレッシュマルテンサイトの面積率
V(P):パーライトの面積率
※1:V(BF)/V(BF+TM)×100
※2:BF中の硬質第二相の平均粒径

【0147】

表1～3中、下線部は本発明の適正範囲外を示す。

表3に示したように、発明例ではいずれも、引張強さ(TS)、降伏応力(YS)、全伸び(T-EI)、局部伸び(L-EI)、VDA曲げ試験での限界曲げ角度(α)、VDA曲げ試験での荷重-ストローク曲線の積分値(吸収エネルギー)(AE)の全てが合格であった。また、生産能率(E)も良好であった。

一方、比較例では、引張強さ(TS)、降伏応力(YS)、全伸び(T-EI)、局部伸び(L-EI)、VDA曲げ試験での限界曲げ角度(α)、VDA曲げ試験での荷重-ストローク曲線の積分値(吸収エネルギー)(AE)の少なくとも1つが十分ではなかった。

【0148】

また、本発明例の鋼板を用いて、成形加工を施して得た部材または接合加工を施して得た部材は、引張強さ(TS)、降伏応力(YS)、全伸び(T-EI)、局部伸び(L-EI)、VDA曲げ試験での限界曲げ角度(α)、VDA曲げ試験での荷重-ストローク曲線の積分値(吸収エネルギー)(AE)の全てが本発明で特徴とする優れた特性を有することがわかった。また、生産能率(E)が良好であることがわかった。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 4 9 】

本発明によれば、 TS が 780MPa 以上であり、エネルギー吸収特性に優れた鋼板を得ることができる。本発明の鋼板により得られた部材を自動車用部品として使用すれば、自動車の軽量化に寄与し、自動車車体の高性能化に大きく寄与することができる。

【要約】

引張強度 TS が 780MPa 以上 1180MPa 未満であり、高い降伏応力 YS を有し、全伸び、局部伸び、曲げ性およびエネルギー吸収特性に優れた鋼板、部材およびそれらの製造方法の提供。

素地鋼板を所定の成分組成とし、素地鋼板の表層に、 $20\mu\text{m}$ 以上の表層軟質層を有し、素地鋼板の板厚 $1/4$ 位置の鋼組織において、フェライト、ベイニティックフェライト、焼戻しマルテンサイト、残留オーステナイト、フレッシュマルテンサイトを所定の範囲とし、ベイニティックフェライト中に存在する残留オーステナイトおよびフレッシュマルテンサイトを含む硬質第二相の平均粒径を $3.0\mu\text{m}$ 以下とする。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

C 2 5 D 5/26 (2006.01)
C 2 2 C 18/00 (2006.01)

F I

C 2 2 C 38/00 3 0 1 T
C 2 2 C 38/00 3 0 1 W
C 2 2 C 38/00 3 0 1 Z
C 2 2 C 38/06
C 2 2 C 38/60
C 2 3 C 2/06
C 2 5 D 5/26 C
C 2 2 C 18/00

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 川崎 由康

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 中垣内 達也

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 宮脇 直也

(56)参考文献

国際公開第2013/125400 (WO, A1)
国際公開第2018/088421 (WO, A1)
国際公開第2021/200579 (WO, A1)
国際公開第2021/200577 (WO, A1)
国際公開第2023/032424 (WO, A1)
国際公開第2023/218730 (WO, A1)
国際公開第2023/218731 (WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

C 2 2 C 38/00 - 38/60
C 2 1 D 9/46 - 9/48
C 2 1 D 9/56