

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7640703号
(P7640703)

(45)発行日 令和7年3月5日(2025.3.5)

(24)登録日 令和7年2月25日(2025.2.25)

(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 2 C 38/06 (2006.01)	C 2 2 C 38/06		
C 2 2 C 38/60 (2006.01)	C 2 2 C 38/60		
C 2 1 D 9/46 (2006.01)	C 2 1 D 9/46	G	

請求項の数 7 (全34頁)

(21)出願番号	特願2023-536981(P2023-536981)	(73)特許権者	522492576
(86)(22)出願日	令和3年12月1日(2021.12.1)		ポスコ カンパニー リミテッド
(65)公表番号	特表2023-554438(P2023-554438 A)		大韓民国 キョンサンブクド ポハナー
			シ ナム－グ ドンヘアン－ロ 6 2 6 1
(43)公表日	令和5年12月27日(2023.12.27)	(74)代理人	100083806
(86)国際出願番号	PCT/KR2021/017997		弁理士 三好 秀和
(87)国際公開番号	WO2022/131628	(74)代理人	100111235
(87)国際公開日	令和4年6月23日(2022.6.23)		弁理士 原 裕子
審査請求日	令和5年6月16日(2023.6.16)	(74)代理人	100195257
(31)優先権主張番号	10-2020-0177629		弁理士 大淵 一志
(32)優先日	令和2年12月17日(2020.12.17)	(72)発明者	イ、 ジェ－フン
(33)優先権主張国・地域又は機関	韓国(KR)		大韓民国 5 7 8 0 7 チョルラナムード
			クァンヤン－シ ポッポサラ－ギル 2
			0－2 6 クァンヤン アイアン アンド
			スティー爾 ワークス 気付
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 加工性に優れた高強度鋼板及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

重量％で、C：0.1～0.25％、Si：0.01～1.5％、Mn：1.0～4.0％、Al：0.01～1.5％、P：0.15％以下、S：0.03％以下、N：0.03％以下、及びB：0.0005～0.005％を含み、残りのFe及び不可避不純物からなり、

微細組織として、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、残留オーステナイト、及びその他の不可避な組織を含み、

前記微細組織は、体積分率で、10～30％のベイナイト、50～70％の焼戻しマルテンサイト、10～30％のフレッシュマルテンサイト、2～10％の残留オーステナイト、5％以下（0％含む）のフェライトを含み、

下記の〔関係式1〕～〔関係式4〕を満たす、加工性に優れた高強度鋼板。

〔関係式1〕

$$0.03 \leq [B]_{FM} / [B]_{TM} \leq 0.55$$

前記関係式1において、[B]_{FM}はフレッシュマルテンサイトに含まれたボロン（B）含有量（重量％）であり、[B]_{TM}は焼戻しマルテンサイトに含まれたボロン（B）含有量（重量％）である。

〔関係式2〕

$$V(1.2 \mu m, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.12$$

前記関係式2において、V（1.2 μm、γ）は平均結晶粒径が1.2 μm以上の残留

オーステナイトの分率（体積％）であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率（体積％）である。

〔関係式 3〕

$$V(lath, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.5$$

前記関係式 3 において、 $V(lath, \gamma)$ はラス（*lath*）形態の残留オーステナイトの分率（体積％）であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率（体積％）である。

〔関係式 4〕

$$T(\gamma) / V(\gamma) \geq 0.08$$

前記関係式 4 において、 $T(\gamma)$ は鋼板の焼戻し残留オーステナイトの分率（体積％）であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率（体積％）である。

【請求項 2】

前記鋼板は、重量％で、下記の（1）～（8）のいずれか 1 つ以上をさらに含む、請求項 1 に記載の加工性に優れた高強度鋼板。

（1） Ti ：0～0.5％、 Nb ：0～0.5％、及び V ：0～0.5％のうち 1 種以上

（2） Cr ：0～3.0％及び Mo ：0～3.0％のうち 1 種以上

（3） Cu ：0～4.0％及び Ni ：0～4.0％のうち 1 種以上

（4） Ca ：0～0.05％、 Y を除く REM ：0～0.05％及び Mg ：0～0.05％のうち 1 種以上

（5） W ：0～0.5％及び Zr ：0～0.5％のうち 1 種以上

（6） Sb ：0～0.5％及び Sn ：0～0.5％のうち 1 種以上

（7） Y ：0～0.2％及び Hf ：0～0.2％のうち 1 種以上

（8） Co ：0～1.5％

【請求項 3】

前記鋼板は、下記の〔関係式 5〕で表される引張強度と伸び率のバランス（ B_{TE} ）が $3.0 \times 10^6 \sim 6.2 \times 10^6$ （ $MPa^2\%^{1/2}$ ）を満たし、下記の〔関係式 6〕で表される引張強度と穴拡張率のバランス（ B_{TH} ）が $6.0 \times 10^6 \sim 11.5 \times 10^6$ （ $MPa^2\%^{1/2}$ ）を満たし、下記の〔関係式 7〕で表される降伏比評価指数（ I_{YR} ）が 0.15～0.42 を満たす、請求項 1 に記載の加工性に優れた高強度鋼板。

〔関係式 5〕

$$B_{TE} = [\text{引張強度}(TS, MPa)]^2 * [\text{伸び率}(El, \%)]^{1/2}$$

〔関係式 6〕

$$B_{TH} = [\text{引張強度}(TS, MPa)]^2 * [\text{穴拡張率}(HER, \%)]^{1/2}$$

〔関係式 7〕

$$I_{YR} = 1 - [\text{降伏比}(YR)]$$

【請求項 4】

重量％で、 C ：0.1～0.25％、 Si ：0.01～1.5％、 Mn ：1.0～4.0％、 Al ：0.01～1.5％、 P ：0.15％以下、 S ：0.03％以下、 N ：0.03％以下、及び B ：0.0005～0.005％を含み、残りの Fe 及び不可避不純物からなる冷間圧延された鋼板を提供する段階；

前記冷間圧延された鋼板を $5^\circ C/s$ 以上の平均加熱速度で $700^\circ C$ まで加熱（1 次加熱）し、 $5^\circ C/s$ 以下の平均加熱速度で $Ac3 \sim 920^\circ C$ の温度範囲まで加熱（2 次加熱）した後、50～1200 秒間維持（1 次維持）する段階；

前記 1 次維持された鋼板を $2 \sim 100^\circ C/s$ の平均冷却速度で $400 \sim 600^\circ C$ の温度範囲まで冷却（1 次冷却）した後、5～600 秒間維持（2 次維持）する段階；

前記 2 次維持された鋼板を $1 \sim 100^\circ C/s$ の平均冷却速度で $300 \sim 500^\circ C$ の温度範囲まで冷却（2 次冷却）した後、5～600 秒間維持（3 次維持）する段階；

前記 3 次維持された鋼板を $2 \sim 100^\circ C/s$ の平均冷却速度で $200 \sim 400^\circ C$ の温度範囲まで冷却（3 次冷却）する段階；

前記 3 次冷却された鋼板を $5 \sim 100^\circ C/s$ の平均加熱速度で $400 \sim 600^\circ C$ の温度

範囲まで加熱（３次加熱）した後、１０～１８００秒間維持（４次維持）する段階；

前記４次維持された鋼板を１～１００℃／ｓの平均冷却速度で３００～５００℃の温度範囲まで冷却（４次冷却）した後、１０～１８００秒間維持（５次維持）する段階；及び

前記５次維持された鋼板を１℃／ｓ以上の平均冷却速度で常温まで冷却（５次冷却）する段階を含む、請求項１から３のいずれかに記載の加工性に優れた高強度鋼板の製造方法。

【請求項５】

前記冷間圧延された鋼板は、下記の（１）～（８）のいずれか１つ以上をさらに含む、請求項４に記載の加工性に優れた高強度鋼板の製造方法。

（１）Ｔｉ：０～０．５％、Ｎｂ：０～０．５％、及びＶ：０～０．５％のうち１種以上

（２）Ｃｒ：０～３．０％及びＭｏ：０～３．０％のうち１種以上

（３）Ｃｕ：０～４．０％及びＮｉ：０～４．０％のうち１種以上

（４）Ｃａ：０～０．０５％、Ｙを除くＲＥＭ：０～０．０５％及びＭｇ：０～０．０５％のうち１種以上

（５）Ｗ：０～０．５％及びＺｒ：０～０．５％のうち１種以上

（６）Ｓｂ：０～０．５％及びＳｎ：０～０．５％のうち１種以上

（７）Ｙ：０～０．２％及びＨｆ：０～０．２％のうち１種以上

（８）Ｃｏ：０～１．５％

【請求項６】

前記冷間圧延された鋼板は、

鋼スラブを１０００～１３５０℃に加熱する段階；

８００～１０００℃の温度範囲で仕上げ熱間圧延する段階；

３５０～６５０℃の温度範囲で前記熱間圧延された鋼板を巻き取る段階；

前記巻き取られた鋼板を酸洗する段階；及び

前記酸洗された鋼板を３０～９０％の圧下率で冷間圧延する段階；により提供される、請求項４に記載の加工性に優れた高強度鋼板の製造方法。

【請求項７】

前記１次冷却の冷却速度 V_{c1} と前記４次冷却の冷却速度 V_{c4} は、 $V_{c1} > V_{c4}$ の関係を満たす、請求項４に記載の加工性に優れた高強度鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、自動車部品などに用いられることができる鋼板に関するものであり、高強度特性を備えながらも加工性に優れた鋼板とこれを製造する方法に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

最近、自動車産業は地球環境を保護するために素材軽量化を図り、同時に搭乗者の安定性を確保することができる方法に注目している。このような安定性と軽量化の要求に応えるために、高強度鋼板の適用が急激に増加している。一般的に鋼板の高強度化が行われるほど鋼板の加工性は低下することが知られている。したがって、自動車部品用鋼板において、高強度特性を備えながらも、延性及び穴拡張性などに代表される加工性に優れた鋼板が求められている実情である。

【０００３】

残留オーステナイトの変態誘起塑性を用いたＴＲＩＰ（Transformation Induced Plasticity）鋼は、フェライト、ベイナイト、マルテンサイト及び残留オーステナイトなどからなる複雑な微細構造を有するため、高強度特性を有しながらも一定レベル以上の加工性を有するものと知られている。

【０００４】

鋼板の加工性をさらに改善する技術として、焼戻しマルテンサイトを活用する方法が特許文献１及び２に開示されている。硬質のマルテンサイトをテンパリング（tempering）させて作られた焼戻しマルテンサイトは軟質化したマルテンサイトであるため、

10

20

30

40

50

焼戻しマルテンサイトと従来のテンパリングされていないマルテンサイト（フレッシュマルテンサイト）との間には強度の差異が存在する。したがって、フレッシュマルテンサイトを抑制させて焼戻しマルテンサイトを形成するようになると加工性を増加することができる。

【0005】

しかしながら、特許文献1及び2に開示された技術では、引張強度と伸び率のバランス（ $TS^2 * EL^{1/2}$ ）が $3.0 * 10^6 \sim 6.2 * 10^6$ （ $MPa^2 \%^{1/2}$ ）の範囲を満たせず、これは強度及び延性が全て優れた鋼板の確保が難しいことを意味する。

【0006】

一方、鋼板の加工性を改善するための他の技術として、ボロン（B）添加によってベイナイトの生成を誘導する方法が特許文献3に開示されている。ボロン（B）を添加する場合、フェライト－パーライト変態を抑制してベイナイトの生成を誘導するため、強度及び加工性の両立を図ることができる。

【0007】

しかしながら、特許文献3に開示された技術では、 $3.0 * 10^6 \sim 6.2 * 10^6$ （ $MPa^2 \%^{1/2}$ ）の引張強度と伸び率のバランス（ B_{TE} ）、 $6.0 * 10^6 \sim 11.5 * 10^6$ （ $MPa^2 \%^{1/2}$ ）の引張強度と穴拡張率のバランス（ B_{TH} ）及び $0.15 \sim 0.42$ の降伏比評価指数（ I_{YR} ）を同時に確保することができないため、これは強度、穴拡張性、延性及び降伏比が全て優れた鋼板を確保し難いことを意味する。

【0008】

すなわち、引張強度と伸び率のバランス（ B_{TE} ）、引張強度と穴拡張率のバランス（ B_{TH} ）及び降伏比評価指数（ I_{YR} ）が全て優れた鋼板に対する要求を満たしていない実情である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【文献】韓国公開特許第10-2006-0118602号公報

【文献】特開2009-019258号公報

【文献】特開2016-216808号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の一態様によると、鋼板の組成及び微細組織を最適化して引張強度と伸び率のバランス、引張強度と穴拡張率のバランス及び降伏比評価指数が全て優れた鋼板とこれを製造する方法が提供されることができる。

【0011】

本発明の課題は、上述した事項に限定されない。本発明のさらなる課題は、明細書全体の内容に記載されており、本発明が属する技術分野において通常の知識を有する者であれば、本発明の明細書に記載された内容から本発明のさらなる課題を理解するのに何ら困難がない。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一態様による加工性に優れた高強度鋼板は、重量％で、C： $0.1 \sim 0.25$ ％、Si： $0.01 \sim 1.5$ ％、Mn： $1.0 \sim 4.0$ ％、Al： $0.01 \sim 1.5$ ％、P： 0.15 ％以下、S： 0.03 ％以下、N： 0.03 ％以下、B： $0.0005 \sim 0.005$ ％、残りのFe及び不可避不純物を含み、微細組織として、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、残留オーステナイト及びその他の不可避な組織を含み、下記の「関係式1」～「関係式4」を満たすことができる。

「関係式1」

$$0.03 \leq [B]_{FM} / [B]_{TM} \leq 0.55$$

10

20

30

40

50

上記関係式1において、 $[B]_{FM}$ はフレッシュマルテンサイトに含まれたボロン(B)含有量(重量%)であり、 $[B]_{TM}$ は焼戻しマルテンサイトに含まれたボロン(B)含有量(重量%)である。

〔関係式2〕

$$V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.12$$

上記関係式2において、 $V(1.2\mu m, \gamma)$ は平均結晶粒径が $1.2\mu m$ 以上の残留オーステナイトの分率(体積%)であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率(体積%)である。

〔関係式3〕

$$V(lath, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.5$$

上記関係式3において、 $V(lath, \gamma)$ はラス(lath)形態の残留オーステナイトの分率(体積%)であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率(体積%)である。

〔関係式4〕

$$T(\gamma) / V(\gamma) \geq 0.08$$

上記関係式4において、 $T(\gamma)$ は鋼板の焼戻し残留オーステナイトの分率(体積%)であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率(体積%)である。

〔0013〕

上記鋼板は、重量%で、下記の(1)～(8)のいずれか1つ以上をさらに含むことができる。

(1) Ti: 0～0.5%、Nb: 0～0.5%、及びV: 0～0.5%のうち1種以上

(2) Cr: 0～3.0%及びMo: 0～3.0%のうち1種以上

(3) Cu: 0～4.0%及びNi: 0～4.0%のうち1種以上

(4) Ca: 0～0.05%、Yを除くREM: 0～0.05%及びMg: 0～0.05%のうち1種以上

(5) W: 0～0.5%及びZr: 0～0.5%のうち1種以上

(6) Sb: 0～0.5%及びSn: 0～0.5%のうち1種以上

(7) Y: 0～0.2%及びHf: 0～0.2%のうち1種以上

(8) Co: 0～1.5%

〔0014〕

上記鋼板の微細組織は、体積分率で、10～30%のベイナイト、50～70%の焼戻しマルテンサイト、10～30%のフレッシュマルテンサイト、2～10%の残留オーステナイト、5%以下(0%含む)のフェライトを含むことができる。

〔0015〕

上記鋼板は、下記の〔関係式5〕で表される引張強度と伸び率のバランス(B_{TE})が $3.0 \times 10^6 \sim 6.2 \times 10^6$ (MPa^{2%}^{1/2})を満たし、下記の〔関係式6〕で表される引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が $6.0 \times 10^6 \sim 11.5 \times 10^6$ (MPa^{2%}^{1/2})を満たし、下記の〔関係式7〕で表される降伏比評価指数(I_{YR})が0.15～0.42を満たすことができる。

〔関係式5〕

$$B_{TE} = [\text{引張強度}(TS, \text{MPa})]^2 * [\text{伸び率}(El, \%)]^{1/2}$$

〔関係式6〕

$$B_{TH} = [\text{引張強度}(TS, \text{MPa})]^2 * [\text{穴拡張率}(HER, \%)]^{1/2}$$

〔関係式7〕

$$I_{YR} = 1 - [\text{降伏比}(YR)]$$

〔0016〕

本発明の一態様による加工性に優れた高強度鋼板の製造方法は、重量%で、C: 0.1～0.25%、Si: 0.01～1.5%、Mn: 1.0～4.0%、Al: 0.01～1.5%、P: 0.15%以下、S: 0.03%以下、N: 0.03%以下、B: 0.0005～0.005%、残りのFe及び不可避不純物を含む冷間圧延された鋼板を提供す

る段階；上記冷間圧延された鋼板を $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上の平均加熱速度で 700°C まで加熱（1次加熱）し、 $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下の平均加熱速度で $A c 3 \sim 920^{\circ}\text{C}$ の温度範囲まで加熱（2次加熱）した後、 $50 \sim 1200$ 秒間維持（1次維持）する段階；上記1次維持された鋼板を $2 \sim 100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で $400 \sim 600^{\circ}\text{C}$ の温度範囲まで冷却（1次冷却）した後、 $5 \sim 600$ 秒間維持（2次維持）する段階；上記2次維持された鋼板を $1 \sim 100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で $300 \sim 500^{\circ}\text{C}$ の温度範囲まで冷却（2次冷却）した後、 $5 \sim 600$ 秒間維持（3次維持）する段階；上記3次維持された鋼板を $2 \sim 100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で $200 \sim 400^{\circ}\text{C}$ の温度範囲まで冷却（3次冷却）する段階；上記3次冷却された鋼板を $5 \sim 100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の平均加熱速度で $400 \sim 600^{\circ}\text{C}$ の温度範囲まで加熱（3次加熱）した後、 $10 \sim 1800$ 秒間維持（4次維持）する段階；上記4次維持された鋼板を $1 \sim 100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で $300 \sim 500^{\circ}\text{C}$ の温度範囲まで冷却（4次冷却）した後、 $10 \sim 1800$ 秒間維持（5次維持）する段階；及び上記5次維持された鋼板を $1^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上の平均冷却速度で常温まで冷却（5次冷却）する段階を含むことができる。

10

【0017】

上記鋼スラブは、下記の（1）～（8）のいずれかが1つ以上をさらに含むことができる。

（1） Ti ： $0 \sim 0.5\%$ 、 Nb ： $0 \sim 0.5\%$ 、及び V ： $0 \sim 0.5\%$ のうち1種以上

（2） Cr ： $0 \sim 3.0\%$ 及び Mo ： $0 \sim 3.0\%$ のうち1種以上

（3） Cu ： $0 \sim 4.0\%$ 及び Ni ： $0 \sim 4.0\%$ のうち1種以上

（4） Ca ： $0 \sim 0.05\%$ 、 Y を除く REM ： $0 \sim 0.05\%$ 及び Mg ： $0 \sim 0.05\%$ のうち1種以上

20

（5） W ： $0 \sim 0.5\%$ 及び Zr ： $0 \sim 0.5\%$ のうち1種以上

（6） Sb ： $0 \sim 0.5\%$ 及び Sn ： $0 \sim 0.5\%$ のうち1種以上

（7） Y ： $0 \sim 0.2\%$ 及び Hf ： $0 \sim 0.2\%$ のうち1種以上

（8） Co ： $0 \sim 1.5\%$

【0018】

上記冷間圧延された鋼板は、鋼スラブを $1000 \sim 1350^{\circ}\text{C}$ に加熱する段階； $800 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で仕上げ熱間圧延する段階； $350 \sim 650^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で上記熱間圧延された鋼板を巻き取る段階；上記巻き取られた鋼板を酸洗する段階；及び上記酸洗された鋼板を $30 \sim 90\%$ の圧下率で冷間圧延する段階；により提供されることができる。

30

【0019】

上記1次冷却の冷却速度 V_{c1} と上記4次冷却の冷却速度 V_{c4} は、 $V_{c1} > V_{c4}$ の関係を満たすことができる。

【発明の効果】

【0020】

本発明の好ましい一態様によると、引張強度と延性のバランス、引張強度と穴拡張性のバランス及び降伏比評価指数に優れ、自動車部品などに適合に用いられることができる鋼板及びその製造方法を提供することができる。

【発明を実施するための形態】

40

【0021】

本発明は、加工性に優れた高強度鋼板及びその製造方法に関するものであり、以下では、本発明の好ましい実施形態を説明する。本発明の実施形態は、様々な形に変形することができ、本発明の範囲が以下で説明される実施形態に限定されるものと解釈されてはいいない。本実施形態は、当該発明が属する技術分野における通常の知識を有する者に本発明をさらに詳細に説明するために提供されるものである。

【0022】

本発明の発明者らは、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及び残留オーステナイトを含むボロン（B）添加型変態誘起塑性（Transformation Induced Plasticity、TRIP）鋼において、焼戻しマルテ

50

ンサイト、フレッシュマルテンサイト及び残留オーステナイトの組織分率を一定範囲に制御し、焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトに含まれるボロン（B）含有量を一定範囲に制御するとともに、残留オーステナイトの形状及び大きさを一定範囲に制御する場合、優れた引張強度と延性のバランス、優れた引張強度と穴拡張性のバランス及び優れた降伏比評価指数の同時確保が可能である点を認識するようになった。これを究明し、優れた強度、降伏比、延性及び穴拡張性を効果的に両立させることができる方法を考案して、本発明に至った。

【0023】

以下、本発明の一態様による加工性に優れた高強度鋼板についてより詳細に説明する。

【0024】

本発明の一態様による加工性に優れた高強度鋼板は、重量％で、C：0.1～0.25％、Si：0.01～1.5％、Mn：1.0～4.0％、Al：0.01～1.5％、P：0.15％以下、S：0.03％以下、N：0.03％以下、B：0.0005～0.005％、残りのFe及び不可避不純物を含み、微細組織として、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、残留オーステナイト及びその他の不可避な組織を含み、下記の「関係式1」～「関係式4」を満たすことができる。

「関係式1」

$$0.03 \leq [B]_{FM} / [B]_{TM} \leq 0.55$$

上記関係式1において、 $[B]_{FM}$ はフレッシュマルテンサイトに含まれたボロン（B）含有量（重量％）であり、 $[B]_{TM}$ は焼戻しマルテンサイトに含まれたボロン（B）含有量（重量％）である。

「関係式2」

$$V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.12$$

上記関係式2において、 $V(1.2\mu m, \gamma)$ は平均結晶粒径が1.2μm以上の残留オーステナイトの分率（体積％）であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率（体積％）である。

「関係式3」

$$V(lath, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.5$$

上記関係式3において、 $V(lath, \gamma)$ はラス（lath）形態の残留オーステナイトの分率（体積％）であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率（体積％）である。

「関係式4」

$$T(\gamma) / V(\gamma) \geq 0.08$$

上記関係式4において、 $T(\gamma)$ は鋼板の焼戻し残留オーステナイトの分率（体積％）であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率（体積％）である。

【0025】

以下、本発明の鋼組成についてより詳細に説明する。以下、特に断りのない限り、各元素の含有量を表す％は重量を基準とする。

【0026】

本発明の一態様による加工性に優れた高強度鋼板は、重量％で、C：0.1～0.25％、Si：0.01～1.5％、Mn：1.0～4.0％、Al：0.01～1.5％、P：0.15％以下、S：0.03％以下、N：0.03％以下、B：0.0005～0.005％、残りのFe及び不可避不純物を含む。また、追加的にTi：0.5％以下（0％含む）、Nb：0.5％以下（0％含む）、V：0.5％以下（0％含む）、Cr：3.0％以下（0％含む）、Mo：3.0％以下（0％含む）、Cu：4.0％以下（0％含む）、Ni：4.0％以下（0％含む）、Ca：0.05％以下（0％含む）、Yを除くREM：0.05％以下（0％含む）、Mg：0.05％以下（0％含む）、W：0.5％以下（0％含む）、Zr：0.5％以下（0％含む）、Sb：0.5％以下（0％含む）、Sn：0.5％以下（0％含む）、Y：0.2％以下（0％含む）、Hf：0.2％以下（0％含む）、Co：1.5％以下（0％含む）のうち1種以上をさらに含むこ

10

20

30

40

50

とができる。

【0027】

炭素 (C) : 0.1 ~ 0.25 %

炭素 (C) は、鋼板の強度確保に不可欠な元素であるとともに、鋼板の延性向上に寄与する残留オーステナイトを安定化させる元素でもある。したがって、本発明は、このような効果を達成するために 0.1 % 以上の炭素 (C) を含むことができる。好ましい炭素 (C) 含有量は 0.1 % 超過であることができ、0.11 % 以上であることができ、0.12 % 以上であることができる。一方、炭素 (C) 含有量が一定レベルを超過する場合、過度の強度上昇によって延性が低下し、溶接性が劣化することがある。したがって、本発明は、炭素 (C) 含有量の上限を 0.25 % に制限することができる。炭素 (C) 含有量は 0.24 % 以下であることができ、より好ましい炭素 (C) 含有量は 0.23 % 以下であることができる。

10

【0028】

シリコン (Si) : 0.01 ~ 1.5 % 以下

シリコン (Si) は、固溶強化による強度向上に寄与する元素であり、組織を均一化させることで加工性を改善する元素でもある。また、シリコン (Si) はセメンタイトの析出を抑制させて残留オーステナイトの生成に寄与する元素である。したがって、本発明は、このような効果を達成するために 0.01 % 以上のシリコン (Si) を添加することができる。好ましいシリコン (Si) 含有量は 0.02 % 以上であることができ、より好ましいシリコン (Si) 含有量は 0.04 % 以上であることができる。但し、シリコン (Si) 含有量が一定レベルを超過する場合、めっき工程で未めっきなどのめっき欠陥問題を誘発するだけでなく、鋼板の溶接性を低下させることがあるため、本発明はシリコン (Si) 含有量の上限を 1.5 % に制限することができる。好ましいシリコン (Si) 含有量の上限は 1.48 % であることができ、より好ましいシリコン (Si) 含有量の上限は 1.46 % であることができる。

20

【0029】

マンガン (Mn) : 1.0 ~ 4.0 %

マンガン (Mn) は、強度と延性をともに高めるのに有用な元素である。したがって、本発明は、このような効果を達成するために 1.0 % 以上のマンガン (Mn) を添加することができる。好ましいマンガン (Mn) 含有量の下限は 1.2 % であることができ、より好ましいマンガン (Mn) 含有量の下限は 1.4 % であることができる。一方、マンガン (Mn) が過度に添加される場合、ベイナイト変態時間が増加してオーステナイト中の炭素 (C) 濃化度が不十分となるため、目的とするオーステナイトの分率を確保することができないという問題点が存在する。したがって、本発明は、マンガン (Mn) 含有量の上限を 4.0 % に制限することができる。好ましいマンガン (Mn) 含有量の上限は 3.9 % であることができる。

30

【0030】

アルミニウム (Al) : 0.01 ~ 1.5 %

アルミニウム (Al) は、鋼中の酸素と結合して脱酸作用をする元素である。また、アルミニウム (Al) はシリコン (Si) と同様にセメンタイト析出を抑制させて残留オーステナイトを安定化させる元素でもある。したがって、本発明は、このような効果を達成するために 0.01 % 以上のアルミニウム (Al) を添加することができる。好ましいアルミニウム (Al) 含有量は 0.03 % 以上であることができ、より好ましいアルミニウム (Al) 含有量は 0.05 % 以上であることができる。一方、アルミニウム (Al) が過度に添加される場合、鋼板の介在物が増加するだけでなく、鋼板の加工性を低下させることができるため、本発明はアルミニウム (Al) 含有量の上限を 1.5 % に制限することができる。好ましいアルミニウム (Al) 含有量の上限は 1.48 % であることができる。

40

【0031】

リン (P) : 0.15 % 以下 (0 % 含む)

50

リン（P）は、不純物として含有されて衝撃靱性を劣化させる元素である。したがって、リン（P）含有量は0.15%以下に管理することが好ましい。

【0032】

硫黄（S）：0.03%以下（0%含む）

硫黄（S）は、不純物として含有されて鋼板中にMnSを形成し、延性を劣化させる元素である。したがって、硫黄（S）含有量は0.03%以下であることが好ましい。

【0033】

窒素（N）：0.03%以下（0%含む）

窒素（N）は、不純物として含有されて連続鑄造中に窒化物を作り、スラブの亀裂を起こす元素である。したがって、窒素（N）含有量は0.03%以下であることが好ましい。

【0034】

ボロン（B）：0.0005～0.005%

ボロン（B）は、焼入れ性を向上させて強度を高める元素であり、結晶粒界の核生成を抑制する元素でもある。さらに、本発明は焼戻しマルテンサイト中のボロン（B）の濃化により、優れた引張強度と伸び率のバランス、優れた引張強度と穴拡張性のバランス、及び優れた降伏比評価指数を同時に確保しようとするため、本発明においてボロン（B）は必須に添加される必要がある。したがって、本発明は、このような効果のために0.0005%以上のボロン（B）を添加することができる。但し、ボロン（B）が一定レベルを超過して添加される場合、過度な特性効果だけでなく、製造原価の上昇の原因となるため、本発明はボロン（B）含有量の上限を0.005%に制限することができる。

【0035】

一方、本発明の鋼板は、上述した合金成分以外に追加的に含まれ得る合金組成が存在し、これについては下記で詳細に説明する。

【0036】

チタン（Ti）：0～0.5%、ニオブ（Nb）：0～0.5%、及びバナジウム（V）：0～0.5%のうち1種以上

チタン（Ti）、ニオブ（Nb）及びバナジウム（V）は析出物を作って結晶粒を微細化させる元素であり、鋼板の強度及び衝撃靱性の向上にも寄与する元素であるため、本発明はこのような効果のためにチタン（Ti）、ニオブ（Nb）及びバナジウム（V）のうち1種以上を添加することができる。但し、チタン（Ti）、ニオブ（Nb）及びバナジウム（V）の各含有量が一定レベルを超過する場合、過度の析出物が形成されて衝撃靱性が低下するだけでなく、製造原価の上昇の原因となるため、本発明はチタン（Ti）、ニオブ（Nb）及びバナジウム（V）含有量をそれぞれ0.5%以下に制限することができる。

【0037】

クロム（Cr）：0～3.0%及びモリブデン（Mo）：0～3.0%のうち1種以上

クロム（Cr）及びモリブデン（Mo）は、合金化処理時のオーステナイト分解を抑制するだけでなく、マンガン（Mn）と同様にオーステナイトを安定化させる元素であるため、本発明は、このような効果のためにクロム（Cr）及びモリブデン（Mo）のうち1種以上を添加することができる。但し、クロム（Cr）及びモリブデン（Mo）含有量が一定レベルを超過する場合、ベイナイト変態時間が増加してオーステナイト中の炭素（C）濃化量が不十分となるため、目的とする残留オーステナイトの分率を確保することができない。したがって、本発明は、クロム（Cr）及びモリブデン（Mo）含有量をそれぞれ3.0%以下に制限することができる。

【0038】

銅（Cu）：0～4.0%及びニッケル（Ni）：0～4.0%のうち1種以上

銅（Cu）及びニッケル（Ni）は、オーステナイトを安定化させ、腐食を抑制する元素である。また、銅（Cu）及びニッケル（Ni）は鋼板表面に濃化し、鋼板内へ移動する水素侵入を防ぎ、水素遅延破壊を抑制する元素でもある。したがって、本発明は、このような効果のために、銅（Cu）及びニッケル（Ni）のうち1種以上を添加することが

10

20

30

40

50

できる。但し、銅（Cu）及びニッケル（Ni）含有量が一定レベルを超過する場合、過度な特性効果だけでなく、製造原価の上昇の原因となるため、本発明は銅（Cu）及びニッケル（Ni）含有量をそれぞれ4.0%以下に制限することができる。

【0039】

カルシウム（Ca）：0～0.05%、マグネシウム（Mg）：0～0.05%、及びイットリウム（Y）を除いた希土類元素（REM）：0～0.05%のうち1種以上

ここで、希土類元素（REM）とは、スカンジウム（Sc）、イットリウム（Y）とランタナム族元素を意味する。カルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）、イットリウム（Y）を除いた希土類元素（REM）は、硫化物を球形化させることで鋼板の延性向上に寄与する元素であるため、本発明はこのような効果のためにカルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）、イットリウム（Y）を除いた希土類元素（REM）のうち1種以上を添加することができる。但し、カルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）、イットリウム（Y）を除いた希土類元素（REM）含有量が一定レベルを超過する場合、過度な特性効果だけでなく製造原価の上昇の原因となるため、本発明はカルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）、イットリウム（Y）を除いた希土類元素（REM）含有量をそれぞれ0.05%以下に制限することができる。

【0040】

タングステン（W）：0～0.5%及びジルコニウム（Zr）：0～0.5%のうち1種以上

タングステン（W）及びジルコニウム（Zr）は、焼入れ性を向上させて鋼板の強度を増加させる元素であるため、本発明はこのような効果のためにタングステン（W）及びジルコニウム（Zr）のうち1種以上を添加することができる。但し、タングステン（W）及びジルコニウム（Zr）含有量が一定レベルを超過する場合、過度な特性効果だけでなく、製造原価の上昇の原因となるため、本発明はタングステン（W）及びジルコニウム（Zr）含有量をそれぞれ0.5%以下に制限することができる。

【0041】

アンチモン（Sb）：0～0.5%及びスズ（Sn）：0～0.5%のうち1種以上

アンチモン（Sb）及びスズ（Sn）は、鋼板のめっき濡れ性及びめっき密着性を向上させる元素であるため、本発明はこのような効果のためにアンチモン（Sb）及びスズ（Sn）のうち1種以上を添加することができる。但し、アンチモン（Sb）及びスズ（Sn）含有量が一定レベルを超過する場合、鋼板の脆性が増加して熱間加工又は冷間加工時に亀裂が発生する可能性があるため、本発明はアンチモン（Sb）及びスズ（Sn）含有量をそれぞれ0.5%以下に制限することができる。

【0042】

イットリウム（Y）：0～0.2%及びハフニウム（Hf）：0～0.2%のうち1種以上

イットリウム（Y）及びハフニウム（Hf）は、鋼板の耐食性を向上させる元素であるため、本発明はこのような効果のためにイットリウム（Y）及びハフニウム（Hf）のうち1種以上を添加することができる。但し、イットリウム（Y）及びハフニウム（Hf）含有量が一定レベルを超過する場合、鋼板の延性が劣化する可能性があるため、本発明はイットリウム（Y）及びハフニウム（Hf）含有量をそれぞれ0.2%以下に制限することができる。

【0043】

コバルト（Co）：0～1.5%

コバルト（Co）は、ベイナイト変態を促進させてTRIP効果を増加させる元素であるため、本発明はこのような効果のためにコバルト（Co）を添加することができる。但し、コバルト（Co）含有量が一定レベルを超過する場合、鋼板の溶接性と延性が劣化する可能性があるため、本発明はコバルト（Co）含有量を1.5%以下に制限することができる。

【0044】

本発明の一態様による加工性に優れた高強度鋼板は、上述した成分以外に残りのFe及びその他の不可避不純物を含むことができる。但し、通常の製造過程では原料又は周囲環境から意図しない不純物が不可避に混入されることがあるため、これを全面的に排除することはできない。これらの不純物は、本技術分野で通常の知識を有する者であれば誰でも分かることであるため、そのすべての内容を本明細書で特に言及しない。さらに、上述した成分以外に有効な成分の追加添加が全面的に排除されるものではない。

【0045】

本発明の一態様による加工性に優れた高強度鋼板は、ベイナイト、焼戻しマルテンサイト (Tempered Martensite)、フレッシュマルテンサイト (Fresh Martensite)、残留オーステナイト及びその他の不可避な組織を微細組織として含むことができる。

【0046】

テンパリングしていないマルテンサイト (フレッシュマルテンサイト、FM) とテンパリングしたマルテンサイト (焼戻しマルテンサイト、TM) は、すべて鋼板の強度を向上させる微細組織である。しかし、焼戻しマルテンサイトに比べてフレッシュマルテンサイトは鋼板の延性及びバーリング性を低下させるという特徴がある。また、焼戻しマルテンサイトに比べてフレッシュマルテンサイトは鋼板の降伏比を低下させる傾向にある。これは焼戻し熱処理によって焼戻しマルテンサイトの微細組織が軟質化するためである。したがって、本発明が目的とする引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$)、引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) 及び降伏比評価指数 ($1 - YR$) を確保するために焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトの組織分率を制御することが好ましい。3.0 * 10⁶ 以上の引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$)、6.0 * 10⁶ 以上の引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) 及び0.42以下の降伏比評価指数 ($1 - YR$) を満たすために、焼戻しマルテンサイトの分率を50体積%以上に制限し、フレッシュマルテンサイトの分率を10体積%以上に制限することが好ましい。より好ましい焼戻しマルテンサイトの分率は52体積%以上または54体積%以上であることができ、より好ましいフレッシュマルテンサイトの分率は12体積%以上であることができる。一方、焼戻しマルテンサイトまたはフレッシュマルテンサイトが過度に形成される場合、延性及びバーリング性が低下して、結局、3.0 * 10⁶ 以上の引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$)、6.0 * 10⁶ 以上の引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) 及び0.42以下の降伏比評価指数 ($1 - YR$) を同時に満たすことができなくなる。したがって、本発明は、焼戻しマルテンサイトの分率を70体積%以下に制限し、フレッシュマルテンサイトの分率を30体積%以下に制限することができる。より好ましい焼戻しマルテンサイトの分率は68体積%以下または65体積%以下であることができ、より好ましいフレッシュマルテンサイトの分率は25体積%以下であることができる。

【0047】

本発明が目的とするレベルの引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$)、引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) 及び降伏比評価指数 ($1 - YR$) を確保するためには、ベイナイトの分率の最適化が必要である。3.0 * 10⁶ 以上の引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$)、6.0 * 10⁶ 以上の引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) 及び0.42以下の降伏比評価指数 ($1 - YR$) を確保するために、ベイナイトの分率を10体積%以上に制御することが好ましい。より好ましいベイナイトの分率は、12体積%以上または14体積%以上であることができる。一方、ベイナイトが過度に形成される場合、結果的には焼戻しマルテンサイトの分率減少を引き起こすため、目的とする引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$)、引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$)、及び降伏比評価指数 ($1 - YR$) を確保するためにベイナイトの分率を30体積%以下に制限することができる。好ましいベイナイトの分率は、12体積%以上または14体積%以上であるか、28体積%以下または26体積%以下であることができる。

【0048】

残留オーステナイトが含まれた鋼板は、加工中にオーステナイトからマルテンサイトへの変態時に発生する変態誘起塑性によって優れた延性及び加工性を有する。残留オーステナイトの分率が一定レベル未満の場合には、引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$) が $3.0 * 10^6$ (MPa²%^{1/2}) 未満であるため、好ましくない。一方、残留オーステナイトの分率が一定レベルを超過する場合、局部伸び率 (Local Elongation) が低下するか、スポット溶接性が低下することがある。したがって、本発明は、引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$) に優れた鋼板を得るために残留オーステナイトの分率を2~10%の範囲に制限することができる。好ましい残留オーステナイトの分率は3体積%以上であるか、8体積%以下であることができる。

10

【0049】

本発明の鋼板は、不可避な組織として、フェライト、パーライト、島状マルテンサイト (Martensite Austenite Constituent、M-A) などを含むことができる。フェライトが過度に形成される場合、鋼板の強度が低下する可能性があるため、本発明はフェライトの分率を5体積% (0%含む) 以下に制限することができる。また、パーライトが過度に形成される場合、鋼板の加工性が低下するか、残留オーステナイトの分率が低減されることがあるため、本発明はパーライトの形成を可能な限り制限する。

【0050】

本発明の一態様に係る加工性に優れた高強度鋼板は、下記の【関係式1】~【関係式4】を満たすことができる。

20

【関係式1】

$$0.03 \leq [B]_{FM} / [B]_{TM} \leq 0.55$$

上記関係式1において、 $[B]_{FM}$ はフレッシュマルテンサイトに含まれたボロン (B) 含有量 (重量%) であり、 $[B]_{TM}$ は焼戻しマルテンサイトに含まれたボロン (B) 含有量 (重量%) である。

【関係式2】

$$V(1.2 \mu m, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.12$$

上記関係式2において、 $V(1.2 \mu m, \gamma)$ は平均結晶粒径が1.2 μm 以上の残留オーステナイトの分率 (体積%) であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率 (体積%) である。

30

【関係式3】

$$V(lath, \gamma) / V(\gamma) \geq 0.5$$

上記関係式3において、 $V(lath, \gamma)$ はラス (lath) 形態の残留オーステナイトの分率 (体積%) であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率 (体積%) である。

【関係式4】

$$T(\gamma) / V(\gamma) \geq 0.08$$

上記関係式4において、 $T(\gamma)$ は鋼板の焼戻し残留オーステナイトの分率 (体積%) であり、 $V(\gamma)$ は鋼板の残留オーステナイトの分率 (体積%) である。

40

【0051】

本発明は、目的とする引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$)、引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) 及び降伏比評価指数 ($1 - YR$) を確保するために、焼戻しマルテンサイト、フレッシュマルテンサイト及び残留オーステナイトの組織分率を一定範囲に制御するだけでなく、焼戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトに含まれるボロン (B) 含有率の割合を一定範囲に制御し、全体残留オーステナイトに対する特定大きさ、形状及び種類の残留オーステナイトの割合を一定範囲に制御する。

【0052】

本発明は、【関係式1】のように焼戻しマルテンサイトに含まれたボロン (B) 含有量 ($[B]_{TM}$ 、重量%) に対するフレッシュマルテンサイトに含まれたボロン (B) 含有

50

量（ $[B]_{FM}$ 、重量％）の比を $0.03 \sim 0.55$ の範囲に制御するため、 $3.0 \times 10^6 \sim 6.2 \times 10^6$ （ $MPa^2\%^{1/2}$ ）の引張強度と伸び率のバランス（ B_{TE} ）、 $6.0 \times 10^6 \sim 11.5 \times 10^6$ （ $MPa^2\%^{1/2}$ ）の引張強度と穴拡張率のバランス（ B_{TH} ）及び $0.15 \sim 0.42$ の降伏比評価指数（ I_{YR} ）を同時に確保することができる。

【0053】

本発明の発明者は、ボロン（B）添加型TRIP鋼の物性確保の方法に関して深度ある研究を行った結果、理論的根拠が明確に明らかになったわけではないが、焼戻しマルテンサイトに含まれるボロン（B）含有量に対するフレッシュマルテンサイトに含まれたボロン（B）含有量の割合が一定範囲を満たす場合に限って、本発明が目的とする物性を確保することができるという点に注目した。特に、焼戻しマルテンサイト及びフレッシュマルテンサイトに含まれたボロン（B）含有量の割合によって鋼板の降伏比が一定の傾向性を示すことが確認できた。したがって、本発明は、[関係式1]のように焼戻しマルテンサイトに含まれるボロン（B）含有量に対するフレッシュマルテンサイトに含まれたボロン（B）含有量の割合を $0.03 \sim 0.55$ の範囲に制限するため、目的とする引張強度と伸び率のバランス（ $TS^2 * EL^{1/2}$ ）、引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）及び降伏比評価指数（ $1 - YR$ ）を確保することができる。

【0054】

さらに、本発明の発明者は、残留オーステナイトの分率だけでなく、全体残留オーステナイトに対する特定大きさ、形状及び種類の残留オーステナイトの割合が強度及び加工性の確保に重要な要素であることが分かった。

【0055】

残留オーステナイトのうち平均結晶粒径が $1.2 \mu m$ 以上の残留オーステナイトの割合が増加するほど鋼板の加工性の向上に役立つことができる。平均結晶粒径が $1.2 \mu m$ 以上の残留オーステナイトは、ベイナイト形成温度で熱処理されて平均サイズが増加した残留オーステナイトであり、平均結晶粒径が $1.2 \mu m$ 以下の残留オーステナイトに比べてマルテンサイトへの変態駆動力が相対的に抑制された組織である。したがって、平均結晶粒径が $1.2 \mu m$ 以上の残留オーステナイトは、マルテンサイトへの変態が抑制されるため、平均結晶粒径が $1.2 \mu m$ 以上の残留オーステナイトの割合が一定レベル以上である場合、鋼板の加工性をさらに効果的に向上させることができる。

【0056】

残留オーステナイトのうち、ラス（lath）形態の残留オーステナイトの割合が増加するほど、鋼板の加工性向上に有利であることができる。残留オーステナイトは、ベイナイト相間に形成されたラス形態の残留オーステナイトとベイナイト相のない部分に形成されたブロック（block）形態の残留オーステナイトに区分される。ブロック形態の残留オーステナイトは熱処理過程でフレッシュマルテンサイトにさらに変態するため、ラス形態の残留オーステナイトの割合が一定レベル以上である場合、鋼板の加工性をさらに効果的に向上させることができる。

【0057】

残留オーステナイト中の焼戻し残留オーステナイトの割合が増加するほど、鋼板の加工性向上に有利であることができる。焼戻し残留オーステナイトは、ベイナイト形成温度で熱処理される間に炭素（C）が流入して濃化した残留オーステナイトとして、鋼板の平均炭素（C）含有量（重量％）に対して 1.45 倍以上の炭素（C）含有量（重量％）を有する残留オーステナイトを意味する。焼戻し残留オーステナイトは、オーステナイト安定化元素である炭素（C）が比較的濃化してマルテンサイトへの変態が抑制され、焼戻し残留オーステナイトの割合が一定レベル以上である場合、鋼板の加工性をより効果的に確保することができる。

【0058】

平均結晶粒径が $1.2 \mu m$ 以上の残留オーステナイト、ラス（lath）形態の残留オーステナイト及び焼戻し残留オーステナイトは、それぞれ大きさ、形状及び種類を基準に

残留オーステナイトを区分したものであり、互いに両立可能な概念である。

【0059】

本発明は、[関係式2]のように鋼板に含まれる全体残留オーステナイトの分率（ $V(\gamma)$ 、体積％）に対する平均結晶粒径が $1.2\mu\text{m}$ 以上の残留オーステナイトの分率（ $V(1.2\mu\text{m}, \gamma)$ 、体積％）の割合を 0.12 以上に制御し、[関係式3]のように鋼板に含まれる全体残留オーステナイトの分率（ $V(\gamma)$ 、体積％）に対するラス（ $lath$ ）形態の残留オーステナイトの分率（ $V(lath, \gamma)$ 、体積％）の割合を 0.5 以上に制御し、[関係式4]のように鋼板に含まれる全体残留オーステナイトの分率（ $V(\gamma)$ 、体積％）に対する焼戻し残留オーステナイトの分率（体積％）を 0.08 以上に制限するため、目的とする引張強度と伸び率のバランス（ $TS^2 * EL^{1/2}$ ）及び引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）を効果的に確保することができる。

10

【0060】

本発明の一態様に係る加工性に優れた高強度鋼板は、下記の[関係式5]で表される引張強度と伸び率のバランス（ B_{TE} ）が $3.0 * 10^6 \sim 6.2 * 10^6$ （ $\text{MPa}^2 \%^{1/2}$ ）を満たし、下記の[関係式6]で表される引張強度と穴拡張率のバランス（ B_{TH} ）が $6.0 * 10^6 \sim 11.5 * 10^6$ （ $\text{MPa}^2 \%^{1/2}$ ）を満たし、下記の[関係式7]で表される降伏比評価指数（ I_{YR} ）が $0.15 \sim 0.42$ を満たすことができる。

[関係式5]

$$B_{TE} = [\text{引張強度}(TS, \text{MPa})]^2 * [\text{伸び率}(EL, \%)]^{1/2}$$

[関係式6]

$$B_{TH} = [\text{引張強度}(TS, \text{MPa})]^2 * [\text{穴拡張率}(HER, \%)]^{1/2}$$

[関係式7]

$$I_{YR} = 1 - [\text{降伏比}(YR)]$$

【0061】

以下、本発明の鋼板を製造する方法の一例について詳細に説明する。

【0062】

本発明の一態様に係る高強度鋼板の製造方法は、所定の合金組成を有する冷間圧延された鋼板を $5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の平均加熱速度で 700°C まで加熱（1次加熱）し、 $5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以下の平均加熱速度で $A_{c3} \sim 920^\circ\text{C}$ の温度範囲まで加熱（2次加熱）した後、 $50 \sim 1200$ 秒間維持（1次維持）する段階；上記1次維持された鋼板を $2 \sim 100^\circ\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で $400 \sim 600^\circ\text{C}$ の温度範囲まで冷却（1次冷却）した後、 $5 \sim 600$ 秒間維持（2次維持）する段階；上記2次維持された鋼板を $1 \sim 100^\circ\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で $300 \sim 500^\circ\text{C}$ の温度範囲まで冷却（2次冷却）した後、 $5 \sim 600$ 秒間維持（3次維持）する段階；上記3次維持された鋼板を $2 \sim 100^\circ\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で $200 \sim 400^\circ\text{C}$ の温度範囲まで冷却（3次冷却）する段階；上記3次冷却された鋼板を $5 \sim 100^\circ\text{C}/\text{s}$ の平均加熱速度で $400 \sim 600^\circ\text{C}$ の温度範囲まで加熱（3次加熱）した後、 $10 \sim 1800$ 秒間維持（4次維持）する段階；上記4次維持された鋼板を $1 \sim 100^\circ\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で $300 \sim 500^\circ\text{C}$ の温度範囲まで冷却（4次冷却）した後、 $10 \sim 1800$ 秒間維持（5次維持）する段階；及び上記5次維持された鋼板を $1^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の平均冷却速度で常温まで冷却（5次冷却）する段階を含むことができる。

30

【0063】

上記冷間圧延された鋼板は、所定の合金組成を有する鋼スラブを $1000 \sim 1350^\circ\text{C}$ に加熱する段階； $800 \sim 1000^\circ\text{C}$ の温度範囲で仕上げ熱間圧延する段階； $350 \sim 650^\circ\text{C}$ の温度範囲で上記熱間圧延された鋼板を巻き取る段階；上記巻き取られた鋼板を酸洗する段階；及び上記酸洗された鋼板を $30 \sim 90\%$ の圧下率で冷間圧延する段階；により提供されることができる。

【0064】

鋼スラブの準備及び加熱

所定の合金組成を有する鋼スラブを準備する。本発明の鋼スラブは、上述の鋼板の合金組成と対応する合金組成を有するため、鋼スラブの合金組成に対する説明は、上述した鋼

40

50

板の合金組成に対する説明に代わる。

【0065】

準備された鋼スラブを一定温度範囲で加熱することができ、このときの鋼スラブの加熱温度は1000～1350℃の範囲であり得る。鋼スラブの加熱温度が1000℃未満の場合、目的とする仕上げ熱間圧延の温度範囲以下の温度区間で熱間圧延されるおそれがあり、鋼スラブの加熱温度が1350℃を超過する場合、鋼の融点に達して溶けてしまうおそれがある。

【0066】

熱間圧延及び巻き取り

加熱された鋼スラブは熱間圧延して熱延鋼板として提供されることができる。熱間圧延時の仕上げ熱間圧延の温度は800～1000℃の範囲が好ましい。仕上げ熱間圧延の温度が800℃未満の場合、過度の圧延負荷が問題となることがあり、仕上げ熱間圧延の温度が1000℃を超過する場合、熱延鋼板の結晶粒が粗大に形成されて、最終鋼板の物性低下を引き起こす可能性がある。

【0067】

熱間圧延が完了された熱延鋼板は、10℃/s以上の平均冷却速度で冷却されることができ、350～650℃の温度範囲で巻き取ることができる。巻き取り温度が350℃未満の場合、巻き取りが容易ではなく、巻き取り温度が650℃を超過する場合、表面スケール(scale)が熱延鋼板の内部まで形成されて酸洗が困難であるおそれがある。

【0068】

酸洗及び冷間圧延

巻き取られた熱延コイルをアンコイリングした後、鋼板表面に生成されたスケールを除去するために酸洗を行い、冷間圧延を行うことができる。本発明において酸洗及び冷間圧延条件を特に制限するものではないが、冷間圧延は累積圧下率30～90%で行うことが好ましい。冷間圧延の累積圧下率が90%を超過する場合、鋼板の高い強度により冷間圧延を短時間で行うことは難しいおそれがある。

【0069】

冷間圧延された鋼板は焼鈍熱処理工程を経てめっきの冷延鋼板で製作されるか、耐食性を付与するためにめっき工程を経てめっき鋼板で製作されることができる。めっきは、溶融亜鉛めっき、電気亜鉛めっき、溶融アルミニウムめっきなどのめっき方法を適用することができ、その方法と種類を特に制限しない。

【0070】

焼鈍熱処理

本発明は、鋼板の強度及び加工性の同時確保のために、焼鈍熱処理工程を実施する。

【0071】

冷間圧延された鋼板を5℃/s以上の平均加熱速度で700℃まで加熱（1次加熱）し、5℃/s以下の平均加熱速度でAc3～920℃の温度範囲まで加熱（2次加熱）した後、50～1200秒間維持（1次維持）する。

【0072】

700℃まで加熱する1次加熱の平均加熱速度が5℃/s未満の場合、加熱する間に生成されたフェライトとセメンタイトから塊状オーステナイトが形成され、結果的に最終組織として微細な焼戻しマルテンサイトと残留オーステナイトを形成することができなくなる。これにより、目的とする $T(\gamma)/V(\gamma)$ 、引張強度と伸び率のバランス($TS^2 * EL^{1/2}$)及び引張強度と穴拡張率のバランス($TS^2 * HER^{1/2}$)を実現することができなくなる。また、1次維持温度までの2次加熱速度が5℃/sを超過する場合、加熱する間に生成されたセメンタイトからオーステナイトへの変態が加速化され、塊状オーステナイトが多量に形成され、最終組織が粗大化し、焼戻しマルテンサイトでボロン(B)が十分に濃化できないことがある。これにより、 $[B]_{FM}/[B]_{TM}$ が0.55を超過するようになり、目的とするレベルの引張強度と伸び率のバランス($TS^2 * EL^{1/2}$)、引張強度と穴拡張率のバランス($TS^2 * HER^{1/2}$)及び降伏比評価指数(IY

10

20

30

40

50

R)を実現することができなくなる。

【0073】

1次維持温度がAc3未満（二相域）の場合、5体積%以上のフェライトが形成され、それに応じて引張強度と伸び率のバランス（ $TS^2 * EL^{1/2}$ ）及び引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下する可能性がある。また、1次維持時間が50秒未満の場合、組織を十分に均一化させることができず、鋼板の物性が低下することがある。1次維持温度及び1次維持時間の上限は特に限定しないが、結晶粒粗大化による靱性の減少を防止するために、1次維持温度は920℃以下、1次維持時間は1200秒以下に制限することが好ましい。

【0074】

1次維持後、平均冷却速度2℃/s以上の1次冷却速度で400～600℃の温度範囲まで冷却（1次冷却）した後、当該温度範囲で5秒以上維持（2次維持）することができる。1次冷却の平均冷却速度が2℃/s未満の場合、遅い冷却により残留オーステナイトの分率が不足し、それに応じて鋼板の $T(\gamma)/V(\gamma)$ 、引張強度と伸び率のバランス（ $TS^2 * EL^{1/2}$ ）及び引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下する可能性がある。1次冷却の平均冷却速度の上限は特に規定する必要はないが、100℃以下にすることが好ましい。2次維持温度が400℃未満の場合、低い熱処理温度によって鋼板の $V(1.2\mu m, \gamma)/V(\gamma)$ 及び引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下することがある。一方、2次維持温度が600℃を超過する場合、残留オーステナイトが不足して鋼板の $T(\gamma)/V(\gamma)$ 、 $V(lath, \gamma)/V(\gamma)$ 、引張強度と伸び率のバランス（ $TS^2 * EL^{1/2}$ ）及び引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下することがある。また、上記2次維持時間が5秒未満の場合、熱処理時間が不足して鋼板の $V(lath, \gamma)/V(\gamma)$ 、 $V(1.2\mu m, \gamma)/V(\gamma)$ 及び引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下することがある。2次維持時間の上限は特に規定する必要はないが、600秒以下に制限することが好ましい。

【0075】

2次維持後、1℃/s以上の平均冷却速度で300～500℃の温度範囲まで冷却（2次冷却）した後、当該温度範囲で5秒以上維持（3次維持）することができる。2次冷却の平均冷却速度の上限は特に規定する必要はないが、100℃/s以下にすることが好ましい。3次維持温度が300℃未満の場合、低い熱処理温度により鋼板の $V(1.2\mu m, \gamma)/V(\gamma)$ 及び引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下することがある。一方、3次維持温度が500℃を超過する場合、残留オーステナイトが不足して鋼板の $T(\gamma)/V(\gamma)$ 、 $V(lath, \gamma)/V(\gamma)$ 、引張強度と伸び率のバランス（ $TS^2 * EL^{1/2}$ ）、引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下することがある。また、3次維持時間が5秒未満の場合、熱処理時間が不足して鋼板の $V(lath, \gamma)/V(\gamma)$ 、 $V(1.2\mu m, \gamma)/V(\gamma)$ 及び引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下することがある。3次維持時間の上限は特に規定する必要はないが、600秒以下に制限することが好ましい。

【0076】

3次維持後、2℃/s以上の平均冷却速度で200～400℃の1次冷却停止温度まで冷却（3次冷却）することができる。3次冷却の平均冷却速度が2℃/s未満の場合、遅い冷却によって残留オーステナイトの分率が不足し、それによって鋼板の $T(\gamma)/V(\gamma)$ 、引張強度と伸び率のバランス（ $TS^2 * EL^{1/2}$ ）、引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下することがある。3次冷却の平均冷却速度の上限は特に規定する必要はないが、100℃/s以下にすることが好ましい。1次冷却停止温度が200℃未満の場合、焼戻しマルテンサイトが過度に形成され、残留オーステナイトが不足して鋼板の $T(\gamma)/V(\gamma)$ 、 $V(1.2\mu m, \gamma)/V(\gamma)$ 、引張強度と伸び率のバランス（ $TS^2 * EL^{1/2}$ ）及び引張強度と穴拡張率のバランス（ $TS^2 * HER^{1/2}$ ）が低下する可能性がある。一方、1次冷却停止温度が400℃を超過する場合、ベイ

10

20

30

40

50

ナイトが過度に形成され、焼戻しマルテンサイトが不足しているため、鋼板の引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$)、及び引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) が低下する可能性がある。

【0077】

3次冷却後、平均加熱速度 $5^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の加熱速度で $400 \sim 600^\circ\text{C}$ の温度範囲まで加熱（3次加熱）した後、 $10 \sim 1800$ 秒間維持（4次維持）することができる。3次加熱の平均加熱速度の上限は特に規定する必要はないが、 $100^\circ\text{C}/\text{s}$ 以下にすることが好ましい。4次維持温度が 400°C 未満の場合、低い熱処理温度により鋼板の $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ 及び引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) が低下することがある。4次維持温度が 600°C を超過する場合、残留オーステナイトの分率が不足して $T(\gamma)/V(\gamma)$ 、 $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ 、引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$) 及び引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) が低下することがある。4次維持時間が 10 秒未満の場合、熱処理時間が不足して鋼板の $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ 及び引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) が低下する可能性がある。4次維持時間の上限は特に規定する必要はないが、 1800 秒以下にすることが好ましい。

【0078】

4次維持後、 $1^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の平均冷却速度で $300 \sim 500^\circ\text{C}$ の温度範囲まで冷却（4次冷却）した後、 $10 \sim 1800$ 秒間維持（5次維持）することができる。4次冷却の平均冷却速度の上限は特に規定する必要はないが、 $100^\circ\text{C}/\text{s}$ 以下にすることが好ましい。5次維持温度が 300°C 未満の場合、低い熱処理温度により $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ 及び引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) が低下することがある。一方、5次維持温度が 500°C を超過する場合、残留オーステナイトの分率が不足して $T(\gamma)/V(\gamma)$ 、 $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ 、引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$) 及び引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) が低下することがある。5次維持時間が 10 秒未満の場合、熱処理時間が不足して鋼板の $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ 及び引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) が低下する可能性がある。5次維持時間の上限は特に規定する必要はないが、 1800 秒以下にすることが好ましい。

【0079】

1次冷却の冷却速度 V_{c1} と上記4次冷却の冷却速度 V_{c4} は、 $V_{c1} > V_{c4}$ の関係を満たすことができる。

【0080】

5次維持後、 $1^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上の平均冷却速度で常温まで冷却（5次冷却）することができる。

【0081】

上述した製造方法によって製造された加工性に優れた高強度鋼板は、微細組織として、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、残留オーステナイト及びその他の不可避な組織を含むことができ、好ましい一例として、体積分率で、 $10 \sim 30\%$ のベイナイト、 $50 \sim 70\%$ の焼戻しマルテンサイト、 $10 \sim 30\%$ のフレッシュマルテンサイト、 $2 \sim 10\%$ の残留オーステナイト、 5% 以下（ 0% 含む）のフェライトを含むことができる。

【0082】

上述した製造方法によって製造された鋼板は、下記の【関係式5】で表される引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が $3.0 * 10^6 \sim 6.2 * 10^6$ ($\text{MPa}^2 \%^{1/2}$) を満たし、下記の【関係式6】で表される引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が $6.0 * 10^6 \sim 11.5 * 10^6$ ($\text{MPa}^2 \%^{1/2}$) を満たし、下記の【関係式7】で表される降伏比評価指数 (I_{YR}) が $0.15 \sim 0.42$ を満たすことができる。

【関係式5】

$$B_{TE} = [\text{引張強度 (TS, MPa)}]^2 * [\text{伸び率 (EL, \%)}]^{1/2}$$

【関係式 6】

$$B_{TH} = [\text{引張強度 (TS、MPa)}]^2 * [\text{穴拡張率 (HER、\%)}]^{1/2}$$

【関係式 7】

$$I_{YR} = 1 - [\text{降伏比 (YR)}]$$

【実施例】

【0083】

以下、具体的な実施例により本発明の一態様に係る加工性に優れた高強度鋼板及びその製造方法についてより詳細に説明する。下記実施例は、本発明の理解を助けるためのものであって、本発明の権利範囲を限定するためのものではない点に留意する必要がある。本発明の権利範囲は、特許請求の範囲に記載された事項と、それから合理的に類推される事項によって決定される。

10

【0084】

(実施例)

下記表 1 に記載の合金組成（残りは Fe と不可避不純物である）を有する厚さ 100 mm の鋼スラブを製造して 1200℃ で加熱した後、900℃ で仕上げ熱間圧延を行った。この後、30℃/s の平均冷却速度で冷却し、表 2 及び表 3 の巻取温度で巻き取って、厚さ 3 mm の熱延鋼板を製造した。この後、酸洗して表面スケールを除去した後、1.5 mm 厚さまで冷間圧延を行った。

【0085】

この後、下記表 2 ～ 表 7 に記載の焼鈍熱処理条件で熱処理を行い、鋼板を製造した。下記表 2 及び表 3 において、単相域は Ac3 ～ 920℃ の温度範囲を意味し、二相域は Ac3℃ 未満の温度範囲を意味する。

20

【0086】

このように製造された鋼板の微細組織を観察して、その結果を表 8 及び表 9 に示した。微細組織のうちフェライト (F)、ベイナイト (B)、焼戻しマルテンサイト (TM)、フレッシュマルテンサイト (FM) 及びパーライト (P) は研磨された試験片の断面をナイタールエッチングした後、SEM を介して観察した。ナイタールエッチング後に、試験片の表面に凹凸のない組織をフェライトで区分し、セメンタイトとフェライトのラメラ構造を有する組織をパーライトで区分した。ベイナイト (B) と焼戻しマルテンサイト (TM) はすべてラス及びブロック形態で観察されて区分し難いため、ベイナイトと焼戻しマルテンサイトは、ディラレーション評価後に膨張曲線を用いて分率を計算した。つまり、SEM 観察で測定されたベイナイト及び焼戻しマルテンサイトの分率で膨張曲線を用いて計算された焼戻しマルテンサイトの分率を引いた値をベイナイトの分率で決定した。一方、フレッシュマルテンサイト (FM) と残留オーステナイト (残留 γ) も区別が容易ではないため、上記 SEM で観察されたマルテンサイトと残留オーステナイトの分率で X 線回折法で計算された残留オーステナイトの分率を引いた値をフレッシュマルテンサイトの分率で決定した。

30

【0087】

一方、鋼板の $[B]_{FM} / [B]_{TM}$ 、 $V(1.2 \mu m, \gamma) / V(\gamma)$ 、 $V(lath, \gamma) / V(\gamma)$ 、 $T(\gamma) / V(\gamma)$ 、引張強度と伸び率のバランス ($TS^2 * EL^{1/2}$)、引張強度と穴拡張率のバランス ($TS^2 * HER^{1/2}$) 及び降伏比評価指数 (I_{YR}) を測定及び評価して、その結果を表 10 及び表 11 に示した。

40

【0088】

フレッシュマルテンサイト中のボロン (B) 含有量 ($[B]_{FM}$) 及び焼戻しマルテンサイト中のボロン (B) 含有量 ($[B]_{TM}$) は、EPMA (Electron Probe MicroAnalyser) を用いてフレッシュマルテンサイト及び焼戻しマルテンサイト内で測定されたボロン (B) 濃度で決定した。平均結晶粒径が 1.2 μm 以上の残留オーステナイト ($V(1.2 \mu m, \gamma)$) 及びラス (lath) 形態の残留オーステナイト ($V(lath, \gamma)$) は、EBSD (Electron Backscatter Diffraction) の相地図 (Phase Map) を用いて測定した。焼戻し残

50

留オーステナイトは、E P M Aを用いて残留オーステナイトで測定された炭素（C）含有量に基づいて区分した。

【0089】

引張強度（T S）及び伸び率（E l）は引張試験により評価され、圧延板材の圧延方向に対して90°方向を基準にJ I S 5号規格に基づいて採取された試験片で評価して、引張強度（T S）及び伸び率（E l）を測定した。穴拡張率（H E R）は、穴拡張試験により評価され、10mmφのパンチング穴（ダイ内径10.3mm、クリアランス12.5%）を形成した後、頂角60°の円錐形パンチをパンチング穴のバリ（b u r r）が外側となる方向にパンチング穴に挿入し、20mm／minの移動速度でパンチング穴の周辺部を圧迫拡張した後、下記の〔関係式8〕を用いて算出した。

10

〔関係式8〕

$$\text{穴拡張率（H E R、\%）} = \{ (D - D_0) / D_0 \} \times 100$$

上記関係式8において、Dは亀裂が厚さ方向に沿って鋼板を貫通したときの穴直径（mm）を意味し、D₀は初期の穴直径（mm）を意味する。

【0090】

20

30

40

50

【表 1】

鋼種	化学成分(重量%)										
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr	Mo	B	その他
A	0.14	0.53	2.35	0.011	0.0009	0.42	0.0029			0.0024	
B	0.15	0.49	2.26	0.009	0.0011	0.51	0.0027	0.27	0.39	0.0028	
C	0.17	0.60	2.44	0.008	0.0010	0.46	0.0030		0.59	0.0021	
D	0.19	0.57	1.69	0.010	0.0007	0.92	0.0031	0.85		0.0032	
E	0.20	1.46	2.58	0.007	0.0012	0.08	0.0028			0.0047	
F	0.21	0.18	1.92	0.012	0.0010	1.45	0.0025			0.0043	
G	0.17	0.35	2.27	0.009	0.0008	0.79	0.0026			0.0027	Ti: 0.05
H	0.18	0.42	2.49	0.011	0.0007	0.38	0.0032			0.0025	Nb: 0.05
I	0.13	0.47	2.30	0.008	0.0011	0.46	0.0030			0.0022	V: 0.05
J	0.16	0.28	1.82	0.009	0.0008	0.47	0.0027			0.0018	Ni: 0.34
K	0.12	0.52	2.23	0.007	0.0012	0.53	0.0029			0.0014	Cu: 0.36
L	0.23	0.79	2.45	0.012	0.0009	0.62	0.0026			0.0009	
M	0.16	0.45	3.81	0.010	0.0010	0.59	0.0025			0.0008	Ca: 0.003
N	0.21	0.91	2.56	0.007	0.0007	0.55	0.0032			0.0036	REM: 0.002
O	0.18	0.64	2.48	0.011	0.0011	0.49	0.0031			0.0030	Mg: 0.003
P	0.15	0.56	2.39	0.008	0.0009	0.53	0.0028			0.0034	W: 0.16
Q	0.19	0.65	2.71	0.007	0.0012	0.49	0.0029			0.0038	Zr: 0.15
R	0.16	0.04	2.62	0.012	0.0008	1.47	0.0033			0.0026	Sb: 0.03
S	0.15	1.45	2.45	0.008	0.0011	0.05	0.0031			0.0027	Sn: 0.03
T	0.20	0.94	2.50	0.011	0.0008	0.63	0.0028			0.0025	Y: 0.02
U	0.18	0.66	2.46	0.010	0.0009	0.58	0.0029			0.0024	Hf: 0.03
V	0.16	0.78	2.62	0.009	0.0010	0.49	0.0026			0.0020	Co: 0.36
XA	0.07	0.53	2.51	0.010	0.0007	0.54	0.0030			0.0023	
XB	0.27	0.65	2.64	0.007	0.0011	0.61	0.0030			0.0028	
XC	0.15	0.006	2.88	0.011	0.0012	0.005	0.0028			0.0032	
XD	0.17	1.54	2.52	0.010	0.0008	0.59	0.0025			0.0035	
XE	0.18	0.53	2.45	0.007	0.0011	1.56	0.0029			0.0037	
XF	0.14	0.47	0.94	0.008	0.0007	0.54	0.0026			0.0028	
XG	0.18	0.55	4.11	0.010	0.0009	0.72	0.0031			0.0025	
XH	0.16	0.58	2.47	0.009	0.0012	0.53	0.0032	3.26		0.0029	
XI	0.15	0.49	2.53	0.011	0.0008	0.49	0.0027		3.18	0.0024	
XJ	0.17	0.43	2.56	0.008	0.0011	0.45	0.0029			0.0003	
XK	0.14	0.51	2.45	0.012	0.012	0.42	0.0031			0.0053	

【 0 0 9 1 】

10

20

30

40

50

【表 2】

試験片 の番号	鋼種	熱延鋼板の 巻取り温度 (°C)	1次平均 加熱速度 (°C/s)	1次加熱 停止温度 (°C)	2次平均 加熱速度 (°C/s)	1次維持 温度区間	1次 維持時間 (s)
1	A	550	15	700	0.5	単相域	180
2	A	550	1	700	0.5	単相域	180
3	A	550	15	700	10	単相域	180
4	A	550	15	700	0.5	二相域	180
5	A	550	15	700	0.5	単相域	180
6	A	550	15	700	0.5	単相域	180
7	A	550	15	700	0.5	単相域	180
8	A	550	15	700	0.5	単相域	180
9	A	550	15	700	0.5	単相域	180
10	A	550	15	700	0.5	単相域	180
11	A	550	15	700	0.5	単相域	180
12	A	550	15	700	0.5	単相域	180
13	A	550	15	700	0.5	単相域	180
14	A	550	15	700	0.5	単相域	180
15	A	550	15	700	0.5	単相域	180
16	A	550	15	700	0.5	単相域	180
17	A	550	15	700	0.5	単相域	180
18	A	550	15	700	0.5	単相域	180
19	A	550	15	700	0.5	単相域	180
20	A	550	15	700	0.5	単相域	180
21	B	500	15	700	0.5	単相域	180
22	C	500	15	700	0.5	単相域	180
23	D	500	15	700	0.5	単相域	180
24	E	450	15	700	0.5	単相域	180
25	F	450	15	700	0.5	単相域	180
26	G	450	15	700	0.5	単相域	180
27	H	500	15	700	0.5	単相域	180
28	I	550	15	700	0.5	単相域	180
29	J	400	15	700	0.5	単相域	180
30	K	600	15	700	0.5	単相域	180

【 0 0 9 2 】

10

20

30

40

50

【表 3】

試験片 の番号	鋼種	熱延鋼板の 巻取り温度 (℃)	1次平均 加熱速度 (℃/s)	1次加熱 停止温度 (℃)	2次平均 加熱速度 (℃/s)	1次維持 温度区間	1次 維持時間 (s)
31	L	550	15	700	0.5	単相域	180
32	M	550	15	700	0.5	単相域	180
33	N	600	15	700	0.5	単相域	180
34	O	550	15	700	0.5	単相域	180
35	P	450	15	700	0.5	単相域	180
36	Q	550	15	700	0.5	単相域	180
37	R	400	15	700	0.5	単相域	180
38	S	500	15	700	0.5	単相域	180
39	T	500	15	700	0.5	単相域	180
40	U	500	15	700	0.5	単相域	180
41	V	500	15	700	0.5	単相域	180
42	XA	550	15	700	0.5	単相域	180
43	XB	550	15	700	0.5	単相域	180
44	XC	550	15	700	0.5	単相域	180
45	XD	550	15	700	0.5	単相域	180
46	XE	550	15	700	0.5	単相域	180
47	XF	500	15	700	0.5	単相域	180
48	XG	500	15	700	0.5	単相域	180
49	XH	500	15	700	0.5	単相域	180
50	XI	500	15	700	0.5	単相域	180
51	XJ	500	15	700	0.5	単相域	180
52	XK	500	15	700	0.5	単相域	180

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

【表 4】

試験片 の番号	鋼種	1次平均 冷却速度 (°C/s)	2次維 持温度 (°C)	2次維 持時間 (s)	2次平均 冷却速度 (°C/s)	3次維 持温度 (°C)	3次維 持時間 (s)	3次平均 冷却速度 (°C/s)	3次 冷却 停止 温度 (°C)
1	A	20	500	40	10	400	40	20	300
2	A	20	500	40	10	400	40	20	300
3	A	20	500	40	10	400	40	20	300
4	A	20	500	40	10	400	40	20	300
5	A	0.5	500	40	10	400	40	20	300
6	A	20	380	40	10	350	40	20	300
7	A	20	630	40	10	400	40	20	350
8	A	20	500	2	10	400	40	20	300
9	A	20	500	40	10	280	40	20	250
10	A	20	550	40	10	520	40	20	300
11	A	20	500	40	10	400	2	20	300
12	A	20	500	40	10	400	40	0.5	300
13	A	20	500	40	10	400	40	20	170
14	A	20	500	40	10	450	40	20	420
15	A	20	500	40	10	400	40	20	300
16	A	20	550	40	10	450	40	20	300
17	A	20	550	40	10	450	40	20	300
18	A	20	500	40	10	400	40	20	300
19	A	20	500	40	10	400	40	20	300
20	A	20	500	40	10	400	40	20	300
21	B	20	500	40	10	400	40	20	300
22	C	20	500	40	10	400	40	20	300
23	D	20	500	40	10	400	40	20	300
24	E	20	500	40	10	450	40	20	350
25	F	20	550	40	10	400	40	20	350
26	G	20	550	40	10	450	40	20	300
27	H	20	500	40	10	350	40	20	300
28	I	20	450	40	10	350	40	20	250
29	J	20	450	40	10	400	40	20	250
30	K	20	500	40	10	400	40	20	300

【 0 0 9 4 】

10

20

30

40

50

【表 5】

試験片 の番号	鋼種	1次平均 冷却速度 (°C/s)	2次維 持温度 (°C)	2次維 持時間 (s)	2次平均 冷却速度 (°C/s)	3次維 持温度 (°C)	3次維 持時間 (s)	3次平均 冷却速度 (°C/s)	3次 冷却 停止 温度 (°C)
31	L	20	500	40	10	400	40	20	300
32	M	20	500	40	10	400	40	20	300
33	N	20	500	40	10	450	40	20	300
34	O	20	550	40	10	450	40	20	300
35	P	20	550	40	10	400	40	20	350
36	Q	20	500	40	10	400	40	20	350
37	R	20	500	40	10	350	40	20	300
38	S	20	450	40	10	350	40	20	300
39	T	20	450	40	10	400	40	20	250
40	U	20	500	40	10	400	40	20	250
41	V	20	500	40	10	400	40	20	300
42	XA	20	500	40	10	400	40	20	300
43	XB	20	500	40	10	400	40	20	300
44	XC	20	550	40	10	450	40	20	300
45	XD	20	550	40	10	450	40	20	300
46	XE	20	500	40	10	400	40	20	300
47	XF	20	500	40	10	400	40	20	350
48	XG	20	500	40	10	400	40	20	300
49	XH	20	500	40	10	400	40	20	350
50	XI	20	500	40	10	400	40	20	300
51	XJ	20	500	40	10	400	40	20	300
52	XK	20	500	40	10	400	40	20	300

【 0 0 9 5 】

【表 6】

試験片 の番号	鋼種	3次平均 加熱速度 (°C/s)	4次維 持温度 (°C)	4次維 持時間 (s)	4次平均 冷却速度 (°C/s)	5次維 持温度 (°C)	5次維 持時間 (s)	5次平均 冷却速度 (°C/s)
1	A	15	500	160	10	400	160	10
2	A	15	500	160	10	400	160	10
3	A	15	500	160	10	400	160	10
4	A	15	500	160	10	400	160	10
5	A	15	550	160	10	450	160	10
6	A	15	550	160	10	450	160	10
7	A	15	500	160	10	400	160	10
8	A	15	500	160	10	400	160	10
9	A	15	500	160	10	400	160	10
10	A	15	500	160	10	400	160	10
11	A	15	500	160	10	400	160	10
12	A	15	500	160	10	400	160	10
13	A	15	500	160	10	400	160	10
14	A	15	500	160	10	400	160	10
15	A	15	370	160	10	400	160	10
16	A	15	630	160	10	400	160	10
17	A	15	500	3	10	400	160	10
18	A	15	500	160	10	270	160	10
19	A	15	550	160	10	520	160	10
20	A	15	500	160	10	400	3	10
21	B	15	500	160	10	400	160	10
22	C	15	500	160	10	400	160	10
23	D	15	500	160	10	450	160	10
24	E	15	550	160	10	450	160	10
25	F	15	550	160	10	400	160	10
26	G	15	500	160	10	400	160	10
27	H	15	500	160	10	350	160	10
28	I	15	450	160	10	350	160	10
29	J	15	450	160	10	400	160	10
30	K	15	500	160	10	400	160	10

【 0 0 9 6 】

10

20

30

40

50

【表 7】

試験片 の番号	銅種	3次平均 加熱速度 (°C/s)	4次維 持温度 (°C)	4次維 持時間 (s)	4次平均 冷却速度 (°C/s)	5次維 持温度 (°C)	5次維 持時間 (s)	5次平均 冷却速度 (°C/s)
31	L	15	500	160	10	400	160	10
32	M	15	500	160	10	450	160	10
33	N	15	550	160	10	450	160	10
34	O	15	550	160	10	400	160	10
35	P	15	500	160	10	400	160	10
36	Q	15	500	160	10	400	160	10
37	R	15	500	160	10	350	160	10
38	S	15	450	160	10	350	160	10
39	T	15	450	160	10	400	160	10
40	U	15	500	160	10	400	160	10
41	V	15	500	160	10	400	160	10
42	XA	15	500	160	10	400	160	10
43	XB	15	500	160	10	400	160	10
44	XC	15	500	160	10	400	160	10
45	XD	15	500	160	10	400	160	10
46	XE	15	500	160	10	400	160	10
47	XF	15	550	160	10	450	160	10
48	XG	15	550	160	10	450	160	10
49	XH	15	500	160	10	400	160	10
50	XI	15	500	160	10	400	160	10
51	XJ	15	500	160	10	400	160	10
52	XK	15	500	160	10	400	160	10

【 0 0 9 7 】

10

20

30

40

50

【表 8】

試験片 の番号	鋼種	F (vol.%)	B (vol.%)	TM (vol.%)	FM (vol.%)	P (vol.%)	V(γ) (vol.%)	T(γ) (vol.%)
1	A	0	23	55	15	0	7	2.3
2	A	0	26	47	25	1	1	0.04
3	A	0	20	54	14	8	4	1.1
4	A	9	14	57	15	0	5	1.3
5	A	0	21	62	16	0	1	0.05
6	A	0	18	63	14	0	5	1.2
7	A	0	22	64	13	0	1	0.03
8	A	0	20	60	16	0	4	1.1
9	A	0	19	61	14	0	6	1.9
10	A	0	23	63	13	0	1	0.04
11	A	0	22	58	16	0	4	1
12	A	0	19	64	15	1	1	0.06
13	A	0	14	72	13	0	1	0.03
14	A	0	33	46	18	0	3	0.8
15	A	0	21	59	17	0	3	0.6
16	A	0	19	64	16	0	1	0.05
17	A	0	20	62	14	0	4	0.7
18	A	0	22	58	13	1	6	1.4
19	A	0	21	62	16	0	1	0.03
20	A	0	19	63	14	0	4	0.8
21	B	0	20	59	15	0	6	1.6
22	C	0	19	56	17	0	8	2
23	D	0	18	59	16	0	7	2.3
24	E	0	20	58	15	0	7	1.8
25	F	0	21	57	17	0	5	1.4
26	G	0	19	60	13	0	8	2.5
27	H	0	22	56	15	0	7	1.6
28	I	0	20	59	16	0	5	1.2
29	J	0	17	61	14	0	8	1.7
30	K	0	19	60	15	0	6	1.5

【 0 0 9 8 】

10

20

30

40

50

【表 9】

番号	鋼種	F (vol.%)	B (vol.%)	TM (vol.%)	FM (vol.%)	P (vol.%)	V(γ) (vol.%)	T(γ) (vol.%)
31	L	0	23	58	13	1	5	1.2
32	M	0	21	56	16	0	7	1.3
33	N	0	19	59	14	0	8	2.4
34	O	0	17	62	15	0	6	2.1
35	P	0	20	60	13	0	7	1.6
36	Q	0	21	58	16	0	5	1.4
37	R	0	19	60	15	0	6	1.9
38	S	0	22	57	17	0	4	1.1
39	T	0	20	58	14	0	8	2.3
40	U	0	18	59	16	0	7	2.5
41	V	0	22	60	13	0	5	1.2
42	XA	0	21	58	15	0	6	1.5
43	XB	0	13	42	33	0	12	1.9
44	XC	0	24	62	13	0	1	0.03
45	XD	0	13	51	32	0	4	0.6
46	XE	0	12	54	31	0	3	0.4
47	XF	0	19	59	14	7	1	0.04
48	XG	0	14	51	31	0	4	0.8
49	XH	0	12	52	32	0	4	0.7
50	XI	0	13	53	31	0	3	0.4
51	XJ	0	22	59	15	0	4	0.6
52	XK	0	20	61	16	0	3	0.5

【 0 0 9 9 】

10

20

30

40

50

【表 1 0】

番号	鋼種	$[B]_{FM}/[B]_{TM}$	$V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$	$V(1\mu m, \gamma) / V(\gamma)$	$T(\gamma) / V(\gamma)$	B_{TE} (10^6 $MPa^2\%$ $^{1/2}$)	B_{TH} (10^6 $MPa^2\%$ $^{1/2}$)	1-YR
1	A	0.33	0.23	0.74	0.33	5.1	8.6	0.38
2	A	0.17	0.18	0.56	0.04	2.7	4.8	0.23
3	A	0.59	0.19	0.63	0.28	1.5	5.2	0.45
4	A	0.24	0.21	0.58	0.26	2.2	4.4	0.32
5	A	0.07	0.17	0.54	0.05	2.4	5.5	0.17
6	A	0.15	0.05	0.57	0.24	4.0	5.0	0.15
7	A	0.19	0.16	0.44	0.03	2.6	4.9	0.28
8	A	0.22	0.03	0.32	0.28	5.5	3.7	0.24
9	A	0.20	0.07	0.64	0.32	5.8	4.5	0.22
10	A	0.18	0.20	0.41	0.04	2.3	5.6	0.30
11	A	0.23	0.06	0.39	0.25	4.7	4.1	0.27
12	A	0.06	0.24	0.56	0.06	1.9	5.2	0.23
13	A	0.21	0.05	0.59	0.03	2.0	3.5	0.21
14	A	0.17	0.16	0.60	0.27	2.4	4.7	0.34
15	A	0.15	0.07	0.72	0.20	4.6	5.7	0.33
16	A	0.22	0.05	0.53	0.05	2.8	4.5	0.25
17	A	0.20	0.06	0.58	0.18	4.5	3.2	0.28
18	A	0.26	0.07	0.64	0.23	3.9	3.1	0.23
19	A	0.23	0.04	0.55	0.03	2.5	5.2	0.37
20	A	0.31	0.06	0.63	0.20	3.7	4.6	0.24
21	B	0.28	0.22	0.59	0.27	4.3	7.1	0.18
22	C	0.19	0.18	0.62	0.25	4.6	8.5	0.25
23	D	0.16	0.33	0.70	0.33	5.9	8.7	0.22
24	E	0.44	0.25	0.74	0.26	5.0	9.5	0.36
25	F	0.53	0.18	0.81	0.28	6.1	10.3	0.42
26	G	0.06	0.13	0.56	0.31	3.5	8.5	0.38
27	H	0.18	0.29	0.58	0.23	3.9	10.4	0.15
28	I	0.25	0.45	0.63	0.24	4.2	11.3	0.18
29	J	0.36	0.34	0.67	0.21	5.8	7.6	0.21
30	K	0.48	0.19	0.54	0.25	4.6	9.5	0.23

【0 1 0 0】

10

20

30

40

50

【表 1 1】

番号	鋼種	$[B]_{FM}/[B]_{TM}$	$V(1.2\mu m, \gamma) / V(\gamma)$	$V(lath, \gamma) / V(\gamma)$	$T(\gamma) / V(\gamma)$	B_{TE} (10^6 $MPa^2\%^{1/2}$)	B_{TH} (10^6 $MPa^2\%^{1/2}$)	1-YR
31	L	0.28	0.24	0.69	0.24	4.5	7.6	0.24
32	M	0.52	0.26	0.56	0.19	3.6	9.4	0.22
33	N	0.05	0.19	0.62	0.30	4.3	8.5	0.40
34	O	0.18	0.18	0.58	0.35	5.8	8.3	0.39
35	P	0.15	0.31	0.54	0.23	4.6	7.5	0.36
36	Q	0.23	0.28	0.57	0.28	3.2	6.3	0.18
37	R	0.30	0.22	0.65	0.32	4.7	11.3	0.17
38	S	0.33	0.35	0.68	0.28	4.1	7.7	0.35
39	T	0.42	0.16	0.71	0.29	4.8	8.9	0.31
40	U	0.38	0.14	0.66	0.36	3.3	8.4	0.26
41	V	0.29	0.22	0.63	0.24	3.9	9.7	0.24
42	XA	0.24	0.24	0.58	0.25	2.6	3.4	0.25
43	XB	0.25	0.18	0.55	0.16	2.4	4.7	0.21
44	XC	0.18	0.19	0.45	0.03	1.9	5.7	0.30
45	XD	0.16	0.14	0.57	0.15	2.2	4.2	0.26
46	XE	0.27	0.17	0.56	0.13	1.5	5.4	0.33
47	XF	0.22	0.15	0.43	0.04	2.0	4.8	0.18
48	XG	0.19	0.21	0.58	0.20	2.6	5.6	0.23
49	XH	0.16	0.23	0.61	0.18	1.8	4.3	0.25
50	XI	0.18	0.18	0.57	0.13	1.6	3.9	0.28
51	XJ	0.57	0.17	0.59	0.15	3.3	6.4	0.45
52	XK	0.01	0.22	0.62	0.17	3.8	6.7	0.12

10

20

30

【0101】

上記表 1～11 に示したように、本発明で提示する条件を満たす試験片の場合、[関係式 1]～[関係式 4] の全てを満たし、引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が $3.0 \times 10^6 \sim 6.2 \times 10^6$ ($MPa^2\%^{1/2}$) を満たし、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が $6.0 \times 10^6 \sim 11.5 \times 10^6$ ($MPa^2\%^{1/2}$) を満たし、降伏比評価指数 (I_{YR}) が $0.15 \sim 0.42$ を満たすことが分かる。

【0102】

試験片 2 は、1 次平均加熱速度が $5^\circ C/s$ 未満で実施され、焼戻しマルテンサイトと残留オーステナイトが不足した。その結果、試験片 2 は $T(\gamma)/V(\gamma)$ が 0.08 未満、引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0103】

試験片 3 は、2 次平均加熱速度が $5^\circ C/s$ 超過で実施され、塊状オーステナイトが形成されて焼戻しマルテンサイト中にボロン (B) が濃化できなかった。その結果、試験片 3 は $[B]_{FM}/[B]_{TM}$ が 0.55 超過、降伏比評価指数 (I_{YR}) が 0.42 超過、引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

40

50

【0104】

試験片4は、1次維持温度がAc3未満の二相域で実施され、フェライト分率が超過した。その結果、試験片4は引張強度と伸び率のバランス(B_{TE})が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0105】

試験片5は、1次平均冷却速度が $2^\circ\text{C}/\text{s}$ 未満で実施され、残留オーステナイトの分率が不足した。その結果、試験片5は $T(\gamma)/V(\gamma)$ が0.08未満、引張強度と伸び率のバランス(B_{TE})が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0106】

試験片6は、2次維持温度が 400°C 未満で実施され、熱処理温度が不足した。その結果、試験片6は $V(1.2\mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ が0.12未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0107】

試験片7は、2次維持温度が 600°C 超過で実施され、残留オーステナイトの分率が不足した。その結果、試験片7は $V(\text{lath}, \gamma)/V(\gamma)$ が0.5未満、 $T(\gamma)/V(\gamma)$ が0.08未満、引張強度と伸び率のバランス(B_{TE})が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0108】

試験片8は、2次維持時間が5秒未満で実施され、熱処理時間が不足した。その結果、試験片8は $V(1.2\mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ が0.12未満、 $V(\text{lath}, \gamma)/V(\gamma)$ が0.5未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0109】

試験片9は、3次維持温度が 300°C 未満で実施され、熱処理温度が不足した。その結果、試験片9は $V(1.2\mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ が0.12未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0110】

試験片10は、3次維持温度が 500°C 超過で実施され、残留オーステナイトの分率が不足した。その結果、試験片10は $V(\text{lath}, \gamma)/V(\gamma)$ が0.5未満、 $T(\gamma)/V(\gamma)$ が0.08未満、引張強度と伸び率のバランス(B_{TE})が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0111】

試験片11は、3次維持時間が5s未満で実施され、熱処理時間が不足した。その結果、試験片11は $V(1.2\mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ が0.12未満、 $V(\text{lath}, \gamma)/V(\gamma)$ が0.5未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0112】

試験片12は、3次平均冷却速度が $2^\circ\text{C}/\text{s}$ 未満で実施され、残留オーステナイトの分率が不足した。その結果、試験片12は $T(\gamma)/V(\gamma)$ が0.08未満、引張強度と伸び率のバランス(B_{TE})が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0113】

試験片13は、3次冷却停止温度が 200°C 未満で実施され、焼戻しマルテンサイトの分率が超過されて残留オーステナイトの分率が不足した。その結果、試験片13は $V(1.2\mu\text{m}, \gamma)/V(\gamma)$ が0.12未満、 $T(\gamma)/V(\gamma)$ が0.08未満、引張強度と伸び率のバランス(B_{TE})が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス(B_{TH})が 6.0×10^6 未満であった。

【0114】

試験片14は、3次冷却停止温度が 400°C 超過で実施され、ベイナイトの分率が超過

10

20

30

40

50

されて焼戻しマルテンサイトの分率が不足した。その結果、試験片 14 は引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0115】

試験片 15 は、4 次維持温度が 400°C 未満で実施され、熱処理温度が不足した。その結果、試験片 15 は $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma) / V(\gamma)$ が 0.12 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0116】

試験片 16 は、4 次維持温度が 600°C 超過で実施され、残留オーステナイトの分率が不足した。その結果、試験片 16 は $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma) / V(\gamma)$ が 0.12 未満、 $T(\gamma) / V(\gamma)$ が 0.08 未満、引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0117】

試験片 17 は、4 次維持時間が 10 s 未満で実施され、熱処理時間が不足した。その結果、試験片 17 は $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma) / V(\gamma)$ が 0.12 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0118】

試験片 18 は、5 次維持温度が 300°C 未満で実施され、熱処理温度が不足した。その結果、試験片 18 は $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma) / V(\gamma)$ が 0.12 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0119】

試験片 19 は、5 次維持温度が 500°C 超過で実施され、残留オーステナイトの分率が不足した。その結果、試験片 19 は $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma) / V(\gamma)$ が 0.12 未満、 $T(\gamma) / V(\gamma)$ が 0.08 未満、引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0120】

試験片 20 は、5 次維持時間が 10 秒未満で実施され、熱処理時間が不足した。その結果、試験片 20 は $V(1.2 \mu\text{m}, \gamma) / V(\gamma)$ が 0.12 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0121】

試験片 42 は、炭素 (C) 含有量が低くて、引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0122】

試験片 43 は、炭素 (C) 含有量が高くて、焼戻しマルテンサイトの分率が不足してフレッシュマルテンサイトの分率が超過した。その結果、試験片 43 は引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0123】

試験片 44 は、シリコン (Si) 含有量が低くて、残留オーステナイトの分率が不足した。その結果、試験片 44 は $V(lath, \gamma) / V(\gamma)$ が 0.5 未満、 $T(\gamma) / V(\gamma)$ が 0.08 未満、引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0124】

試験片 45 は、シリコン (Si) 含有量が高くて、フレッシュマルテンサイトの分率が超過した。その結果、試験片 45 は引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0125】

試験片 46 は、アルミニウム (Al) 含有量が高くて、フレッシュマルテンサイトの分率が超過した。その結果、試験片 46 は引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0

10

20

30

40

50

* 10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0126】

試験片47は、マンガン (Mn) 含有量が低くて、パーライト生成により残留オーステナイトの分率が不足した。その結果、試験片47は $V(lath, \gamma) / V(\gamma)$ が 0.5 未満、 $T(\gamma) / V(\gamma)$ が 0.08 未満、引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0127】

試験片48は、マンガン (Mn) 含有量が高くて、フレッシュマルテンサイトの分率が超過した。その結果、試験片48は引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0128】

試験片49は、クロム (Cr) 含有量が高くて、フレッシュマルテンサイトの分率が超過した。その結果、試験片49は引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0129】

試験片50は、モリブデン (Mo) 含有量が高くて、フレッシュマルテンサイトの分率が超過した。その結果、試験片50は引張強度と伸び率のバランス (B_{TE}) が 3.0×10^6 未満、引張強度と穴拡張率のバランス (B_{TH}) が 6.0×10^6 未満であった。

【0130】

試験片51は、ボロン (B) 含有量が低くて、焼戻しマルテンサイト中にボロン (B) が濃化できなかった。その結果、試験片51は $[B]_{FM} / [B]_{TM}$ が 0.55 を超過し、降伏比評価指数 (I_{YR}) が 0.42 を超過した。

【0131】

試験片52は、ボロン (B) 含有量が高くて、焼戻しマルテンサイト中にボロン (B) が過度に濃化した。その結果、試験片52は $[B]_{FM} / [B]_{TM}$ が 0.03 未満であり、降伏比評価指数 (I_{YR}) が 0.15 未満であった。

【0132】

以上、実施例を挙げて本発明を詳細に説明したが、これと異なる形態の実施例も可能である。したがって、以下に記載される特許請求の範囲の技術的思想及び範囲は実施例に限定されない。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 ハン、 サンーホ
 大韓民国 ５７８０７ チョルラナムード クァンヤンーシ ポッポサランーギル ２０－２６ クァ
 ンヤン アイアン アンド スティール ワークス 気付

審査官 鈴木 毅

(56)参考文献 国際公開第２０１７／００２８８３（WO，A１）
 特開２０１７－２１４６４８（JP，A）
 特開２０１６－０９８４１３（JP，A）
 国際公開第２０２０／０８０３３９（WO，A１）
 国際公開第２０２０／１０４４３７（WO，A１）
 韓国公開特許第１０－２０２０－００７６７９５（KR，A）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，DB名)
 C 2 2 C 3 8 / 0 0 － 3 8 / 6 0
 C 2 1 D 8 / 0 0 － 8 / 0 4
 C 2 1 D 9 / 4 6 － 9 / 4 8