

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6950835号
(P6950835)

(45) 発行日 令和3年10月13日 (2021. 10. 13)

(24) 登録日 令和3年9月28日 (2021. 9. 28)

(51) Int. Cl.	F I
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 1 Z
C 2 1 D 9/46 (2006.01)	C 2 1 D 9/46 G
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 9/00 (2006.01)	C 2 1 D 9/00 A
請求項の数 11 (全 29 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2020-545826 (P2020-545826)	(73) 特許権者	000001258
(86) (22) 出願日	令和2年5月12日 (2020. 5. 12)		J F E スチール株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2020/019021		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(87) 国際公開番号	W02020/230796	(74) 代理人	100184859
(87) 国際公開日	令和2年11月19日 (2020. 11. 19)		弁理士 磯村 哲朗
審査請求日	令和2年9月25日 (2020. 9. 25)	(74) 代理人	100123386
(31) 優先権主張番号	特願2019-92656 (P2019-92656)		弁理士 熊坂 晃
(32) 優先日	令和1年5月16日 (2019. 5. 16)	(74) 代理人	100196667
(33) 優先権主張国・地域又は機関			弁理士 坂井 哲也
	日本国 (JP)	(74) 代理人	100130834
(31) 優先権主張番号	特願2019-121144 (P2019-121144)		弁理士 森 和弘
(32) 優先日	令和1年6月28日 (2019. 6. 28)	(72) 発明者	平島 拓弥
(33) 優先権主張国・地域又は機関			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
	日本国 (JP)		F E スチール株式会社内
早期審査対象出願		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 高強度部材、高強度部材の製造方法及び高強度部材用鋼板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋼板を用いて得た曲げ稜線部を有する高強度部材であって、

前記鋼板は、質量%で、

C : 0 . 1 7 % 以上 0 . 3 5 % 以下、

S i : 0 . 0 0 1 % 以上 1 . 2 % 以下、

M n : 0 . 9 % 以上 3 . 2 % 以下、

P : 0 . 0 2 0 % 以下、

S : 0 . 0 0 1 0 % 以下、

A l : 0 . 0 1 0 % 以上 0 . 2 0 % 以下、及び

N : 0 . 0 1 0 % 以下を含有し、残部は鉄及び不可避免的不純物からなる成分組成と、

平均粒径が 5 0 n m 以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が 5 0 n m 以下の炭化物を含有するマルテンサイトの 1 種又は 2 種の面積率が合計で 9 0 % 以上であるミクロ組織と、を有し、

部材の引張強度が 1 4 7 0 M P a 以上であり、

前記曲げ稜線部の端面の残留応力が 3 0 0 M P a 以下であり、かつ

前記曲げ稜線部の端面のビッカース硬さ (H V) が 2 0 0 以上 4 5 0 以下であり、

p H = 1 (2 5) の塩酸中に浸漬し、遅れ破壊しない最大負荷応力を臨界負荷応力として測定したときの部材の臨界負荷応力が降伏強度の 1 . 1 0 倍以上である、高強度部材

【請求項 2】

鋼板を用いて得た曲げ稜線部を有する高強度部材であって、

前記鋼板は、質量％で、

C : 0 . 1 7 % 以上 0 . 3 5 % 以下、

S i : 0 . 0 0 1 % 以上 1 . 2 % 以下、

M n : 0 . 9 % 以上 3 . 2 % 以下、

P : 0 . 0 2 0 % 以下、

S : 0 . 0 0 1 0 % 以下、

A l : 0 . 0 1 0 % 以上 0 . 2 0 % 以下、

N : 0 . 0 1 0 % 以下、及び

S b : 0 . 0 0 1 % 以上 0 . 1 0 % 以下を含有し、残部は鉄及び不可避免的不純物からなる成分組成と、

平均粒径が 5 0 n m 以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が 5 0 n m 以下の炭化物を含有するマルテンサイトの 1 種又は 2 種の面積率が合計で 9 0 % 以上であるミクロ組織と、を有し、

部材の引張強度が 1 4 7 0 M P a 以上であり、

前記曲げ稜線部の端面の残留応力が 3 0 0 M P a 以下であり、かつ

前記曲げ稜線部の端面のビッカース硬さ (H V) が 2 0 0 以上 4 5 0 以下であり、

p H = 1 (2 5) の塩酸中に浸漬し、遅れ破壊しない最大負荷応力を臨界負荷応力として測定したときの部材の臨界負荷応力が降伏強度の 1 . 1 0 倍以上である、高強度部材。

【請求項 3】

前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量％で、

B : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 0 3 5 % 未満を含有する、請求項 1 又は 2 に記載の高強度部材。

【請求項 4】

前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量％で、

N b : 0 . 0 0 2 % 以上 0 . 0 8 % 以下及び

T i : 0 . 0 0 2 % 以上 0 . 1 2 % 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 ~ 3 のいずれか一項に記載の高強度部材。

【請求項 5】

前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量％で、

C u : 0 . 0 0 5 % 以上 1 % 以下及び

N i : 0 . 0 0 5 % 以上 1 % 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 ~ 4 のいずれか一項に記載の高強度部材。

【請求項 6】

前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量％で、

C r : 0 . 0 1 % 以上 1 . 0 % 以下、

M o : 0 . 0 1 % 以上 0 . 3 % 未満、

V : 0 . 0 0 3 % 以上 0 . 5 % 以下、

Z r : 0 . 0 0 5 % 以上 0 . 2 0 % 以下、及び

W : 0 . 0 0 5 % 以上 0 . 2 0 % 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 ~ 5 のいずれか一項に記載の高強度部材。

【請求項 7】

前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量％で、

C a : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 0 3 0 % 以下、

C e : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 0 3 0 % 以下、

L a : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 0 3 0 % 以下、及び

M g : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 0 3 0 % 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 ~ 6 のいずれか一項に記載の高強度部材。

【請求項 8】

前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量％で、

S n : 0 . 0 0 2 % 以上 0 . 1 % 以下を含有する、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の高強度部材。

【請求項 9】

鋼板を用いて得た曲げ稜線部を有する高強度部材の製造方法であって、

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の鋼板を切出し、鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、

切断により生じた端面を、前記曲げ加工の後に、400 以上 900 以下の温度で 0 秒超 10 秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、を有し、

部材の引張強度が 1470 MPa 以上であり、

前記曲げ稜線部の端面の残留応力が 300 MPa 以下であり、かつ

前記曲げ稜線部の端面のビッカース硬さ (HV) が 200 以上 450 以下であり、

pH = 1 (25) の塩酸中に浸漬し、遅れ破壊しない最大負荷応力を臨界負荷応力として測定したときの部材の臨界負荷応力が降伏強度の 1.10 倍以上である、高強度部材の製造方法。

【請求項 10】

鋼板を用いて得た曲げ稜線部を有する高強度部材の製造方法であって、

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の鋼板を切出した後、切断により生じた端面を 400 以上 900 以下の温度で 0 秒超 10 秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、

前記端面処理工程後の鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、を有し、

部材の引張強度が 1470 MPa 以上であり、

前記曲げ稜線部の端面の残留応力が 300 MPa 以下であり、かつ

前記曲げ稜線部の端面のビッカース硬さ (HV) が 200 以上 450 以下であり、

pH = 1 (25) の塩酸中に浸漬し、遅れ破壊しない最大負荷応力を臨界負荷応力として測定したときの部材の臨界負荷応力が降伏強度の 1.10 倍以上である、高強度部材の製造方法。

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 に記載の高強度部材の製造方法により得られる高強度部材に用いる請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の鋼板の製造方法であって、

鋼素材を熱間圧延する熱間圧延工程と、

前記熱間圧延によって得られた熱延鋼板を冷間圧延する冷間圧延工程と、

前記冷間圧延によって得られた冷延鋼板を、 A_{c3} 点以上の焼鈍温度まで加熱した後、前記焼鈍温度から 550 までの温度域の平均冷却速度を 3 / 秒以上とし、かつ冷却停止温度を 350 以下とする冷却を行い、その後、100 以上 260 以下の温度域で 20 秒以上 1500 秒以下保持させる焼鈍工程と、を有する、高強度部材用鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車部品等に用いられる高強度部材、高強度部材の製造方法及び高強度部材用鋼板の製造方法に関する。より詳しくは、本発明は、耐遅れ破壊特性に優れた高強度部材及びその製造方法に関する。また、その高強度部材用の鋼板の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、センターピラー R / F (レインフォースメント) 等の車体骨格部品や、バンパー、インパクトビーム部品等 (以下、部品ともいう) に対し、引張強度 (TS) が 1320 ~ 1470 MPa 級の高強度鋼板の適用が進みつつある。さらには、自動車車体の一層の軽量化の観点から、部品に対し TS が 1800 MPa (1.8 GPa) 級以上の強度を有する鋼板の適用についても検討されている。

【 0 0 0 3 】

鋼板の高強度化に伴い、遅れ破壊の発生が懸念されている。近年では、部品形状へ加工されたサンプル、特にひずみが集中する曲げ加工部のせん断端面からの遅れ破壊が懸念されており、このようなせん断端面を起点とした遅れ破壊を抑制することが重要となっている。

【 0 0 0 4 】

例えば、特許文献 1 では、化学成分が、C : 0 . 0 5 ~ 0 . 3 %、Si : 3 . 0 % 以下、Mn : 0 . 0 1 ~ 3 . 0 %、P : 0 . 0 2 % 以下、S : 0 . 0 2 % 以下、Al : 3 . 0 % 以下、N : 0 . 0 1 % 以下を満たし、残部が Fe 及び不可避不純物である鋼からなり、Mg の酸化物、硫化物、複合晶出物及び複合析出物の粒径と密度を規定することで成形加工後の耐遅れ破壊特性に優れた薄鋼板を提供している。

10

【 0 0 0 5 】

特許文献 2 では、1180MPa 以上の TS を有する鋼板のせん断端面にショットピーニングを施すことによって、端面の残留応力を低減させ、耐遅れ破壊特性に優れた成形部材の製造方法を提供している。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2003 - 166035 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2017 - 125228 号公報

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 で開示された技術は、化学成分及び鋼中の析出物の粒径と密度を規定することで耐遅れ破壊特性に優れた鋼板を提供している。しかしながら、特許文献 1 の鋼板は、添加されている C 量が少ないため、本発明の高強度部材に用いられる鋼板よりも強度が低く、TS が 1470MPa 未満である。特許文献 1 の鋼板では C 量を多くする等して強度を向上させても、強度が上昇すると端面の残留応力も増加するため、耐遅れ破壊特性は劣化すると思われる。

【 0 0 0 8 】

30

特許文献 2 で開示された技術では、せん断端面にショットピーニングを施すことで、端面の残留応力を低減し、耐遅れ破壊特性に優れた成形部材を提供している。しかしながら、本発明として規定した 300MPa 以下の端面の残留応力よりも大きく、耐遅れ破壊特性の改善効果としては不十分である。

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、耐遅れ破壊特性に優れた高強度部材及びその製造方法を提供することである。

【 0 0 1 0 】

本発明において、高強度とは、引張強度 (TS) が 1470MPa 以上であることを意味する。

40

【 0 0 1 1 】

本発明において、耐遅れ破壊特性に優れるとは、実施例に記載するように、鋼板を曲げ加工した後の部材を pH = 1 (25) の塩酸中に浸漬し、遅れ破壊しない最大負荷応力を臨界負荷応力として測定したときに、当該臨界負荷応力が降伏強度 (YS) の 1 . 1 0 倍以上であることを意味する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

本発明者らは、上記課題を解決すべく鋭意検討を行った。本発明者らは、鋼板を用いて得た曲げ稜線部を有する高強度部材を、部材の引張強度が 1470MPa 以上であり、曲げ稜線部の端面の残留応力が 300MPa 以下であり、かつ曲げ稜線部の端面のビッカ-

50

ス硬さ（HV）が200以上450以下とすることによって、耐遅れ破壊特性に優れた高強度部材とすることができることを見出し、本発明に至った。上記課題は、以下の手段によって解決される。

【0013】

[1] 鋼板を用いて得た曲げ稜線部を有する高強度部材であって、
部材の引張強度が1470MPa以上であり、
前記曲げ稜線部の端面の残留応力が300MPa以下であり、かつ
前記曲げ稜線部の端面のビッカース硬さ（HV）が200以上450以下である、高強度部材。

【0014】

[2] 前記鋼板は、質量%で、
C：0.17%以上0.35%以下、
Si：0.001%以上1.2%以下、
Mn：0.9%以上3.2%以下、
P：0.020%以下、
S：0.0010%以下、
Al：0.010%以上0.20%以下、及び
N：0.010%以下を含有し、残部は鉄及び不可避免の不純物からなる成分組成と、
平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するマルテンサイトの1種又は2種の面積率が合計で90%以上であるミクロ組織と、を有する、[1]に記載の高強度部材。

【0015】

[3] 前記鋼板は、質量%で、
C：0.17%以上0.35%以下、
Si：0.001%以上1.2%以下、
Mn：0.9%以上3.2%以下、
P：0.020%以下、
S：0.0010%以下、
Al：0.010%以上0.20%以下、
N：0.010%以下、及び
Sb：0.001%以上0.10%以下を含有し、残部は鉄及び不可避免の不純物からなる成分組成と、
平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するマルテンサイトの1種又は2種の面積率が合計で90%以上であるミクロ組織と、を有する、[1]に記載の高強度部材。

【0016】

[4] 前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量%で、
B：0.0002%以上0.0035%未満を含有する、[2]又は[3]に記載の高強度部材。

【0017】

[5] 前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量%で、
Nb：0.002%以上0.08%以下及び
Ti：0.002%以上0.12%以下のうちから選ばれる少なくとも1種を含有する、[2]～[4]のいずれか一つに記載の高強度部材。

【0018】

[6] 前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量%で、
Cu：0.005%以上1%以下及び
Ni：0.005%以上1%以下のうちから選ばれる少なくとも1種を含有する、[2]～[5]のいずれか一つに記載の高強度部材。

【0019】

10

20

30

40

50

[7] 前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量%で、

Cr : 0 . 0 1 % 以上 1 . 0 % 以下、

Mo : 0 . 0 1 % 以上 0 . 3 % 未満、

V : 0 . 0 0 3 % 以上 0 . 5 % 以下、

Zr : 0 . 0 0 5 % 以上 0 . 2 0 % 以下、及び

W : 0 . 0 0 5 % 以上 0 . 2 0 % 以下のうちから選ばれる少なくとも 1 種を含有する、

[2] ~ [6] のいずれか一つに記載の高強度部材。

【 0 0 2 0 】

[8] 前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量%で、

Ca : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 0 3 0 % 以下、

Ce : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 0 3 0 % 以下、

La : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 0 3 0 % 以下、及び

Mg : 0 . 0 0 0 2 % 以上 0 . 0 0 3 0 % 以下のうちから選ばれる少なくとも 1 種を含有する、[2] ~ [7] のいずれか一つに記載の高強度部材。

【 0 0 2 1 】

[9] 前記鋼板の前記成分組成が、さらに、質量%で、

Sn : 0 . 0 0 2 % 以上 0 . 1 % 以下を含有する、[2] ~ [8] のいずれか一つに記載の高強度部材。

【 0 0 2 2 】

[1 0] 引張強度が 1 4 7 0 M P a 以上の鋼板を切出し、前記鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、

切断により生じた端面を、前記曲げ加工の後に、4 0 0 以上 9 0 0 以下の温度で 0 秒超 1 0 秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、を有する、高強度部材の製造方法。

【 0 0 2 3 】

[1 1] [2] ~ [9] のいずれか一つに記載の鋼板を切出し、鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、

切断により生じた端面を、前記曲げ加工の後に、4 0 0 以上 9 0 0 以下の温度で 0 秒超 1 0 秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、を有する、高強度部材の製造方法。

【 0 0 2 4 】

[1 2] 引張強度が 1 4 7 0 M P a 以上の鋼板を切出した後、切断により生じた端面を 4 0 0 以上 9 0 0 以下の温度で 0 秒超 1 0 秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、

前記端面処理工程後の鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、を有する、高強度部材の製造方法。

【 0 0 2 5 】

[1 3] [2] ~ [9] のいずれか一つに記載の鋼板を切出した後、切断により生じた端面を 4 0 0 以上 9 0 0 以下の温度で 0 秒超 1 0 秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、

前記端面処理工程後の鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、を有する、高強度部材の製造方法。

【 0 0 2 6 】

[1 4] [1 0] ~ [1 3] のいずれか一つに記載の高強度部材の製造方法により得られる高強度部材に用いる高強度部材用鋼板の製造方法であって、

鋼素材を熱間圧延する熱間圧延工程と、

前記熱間圧延によって得られた熱延鋼板を冷間圧延する冷間圧延工程と、

前記冷間圧延によって得られた冷延鋼板を、 A_{c3} 点以上の焼鈍温度まで加熱した後、前記焼鈍温度から 5 5 0 までの温度域の平均冷却速度を 3 / 秒以上とし、かつ冷却停止温度を 3 5 0 以下とする冷却を行い、その後、1 0 0 以上 2 6 0 以下の温度域で 2 0 秒以上 1 5 0 0 秒以下保持させる焼鈍工程と、を有する高強度部材用鋼板の製造方法。

【 発明の効果 】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

本発明によれば、耐遅れ破壊特性に優れた高強度部材、高強度部材の製造方法及び高強度部材用鋼板の製造方法を提供することができる。また、本発明の高強度部材を自動車構造部材に適用することにより、自動車用鋼板の高強度化と耐遅れ破壊特性向上との両立が可能となる。即ち、本発明により、自動車車体が高性能化する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図 1】本発明の高強度部材の一例を示す斜視図である。

【図 2】実施例において、ボルトとナットで締めこんだ部材の状態を示す側面図である。

【図 3】実施例の端面の残留応力の測定において、測定箇所である板厚中心と、測定方向を示す端面の拡大図である。

10

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 9 】

以下、本発明の実施形態について説明する。なお、本発明は、以下の実施形態に限定されない。

【 0 0 3 0 】

本発明は鋼板を用いて得た曲げ稜線部を有する高強度部材であって、部材の引張強度が 1 4 7 0 M P a 以上であり、曲げ稜線部の端面の残留応力が 3 0 0 M P a 以下であり、かつ曲げ稜線部の端面のビッカース硬さ (H V) が 2 0 0 以上 4 5 0 以下である。

【 0 0 3 1 】

20

これらの条件を満たす高強度部材が得られれば、高強度部材に用いる鋼板は特に限定されない。以下、本発明の高強度部材を得るための好ましい鋼板について説明をするが、本発明の高強度部材に用いる鋼板は以下で説明する鋼板には限定されない。

【 0 0 3 2 】

高強度部材を得るための好ましい鋼板は、後述する成分組織と、ミクロ組織とを有することが好ましい。なお、本発明の高強度部材が得られれば、必ずしも後述する成分組成とミクロ組織を有する鋼板を用いる必要はない。

【 0 0 3 3 】

まず、高強度部材に用いられる好ましい鋼板 (素材鋼板) の好ましい成分組成について説明する。下記の好ましい成分組成の説明において、成分の含有量の単位である「 % 」は「質量 % 」を意味する。

30

【 0 0 3 4 】

< C : 0 . 1 7 % 以上 0 . 3 5 % 以下 >

C は焼入れ性を向上させる元素である。所定のマルテンサイト及びベイナイトの 1 種又は 2 種の合計面積率を確保するとともに、マルテンサイト及びベイナイトの強度を上昇させ、T S 1 4 7 0 M P a を確保する観点から、C 含有量は好ましくは 0 . 1 7 % 以上であり、より好ましくは 0 . 1 8 % 以上であり、さらに好ましくは 0 . 1 9 % 以上である。一方、C 含有量が 0 . 3 5 % を超えると、曲げ加工後に加熱したとしても、曲げ稜線部の端面の残留応力が 3 0 0 M P a を超えて、耐遅れ破壊特性を劣化させる可能性がある。したがって、C 含有量は好ましくは 0 . 3 5 % 以下であり、より好ましくは 0 . 3 3 % 以下であり、さらに好ましくは 0 . 3 1 % 以下である。

40

【 0 0 3 5 】

< S i : 0 . 0 0 1 % 以上 1 . 2 % 以下 >

S i は固溶強化による強化元素である。また、S i は、2 0 0 以上の温度域で鋼板を保持する場合に、粗大な炭化物の過剰な生成を抑制して伸びの向上に寄与する。さらに、板厚中央部での M n 偏析を軽減して M n S の生成の抑制にも寄与し、耐遅れ破壊特性を向上させる。上記のような効果を十分に得るには、S i 含有量は好ましくは 0 . 0 0 1 % 以上であり、より好ましくは 0 . 0 0 3 % 以上であり、さらに好ましくは 0 . 0 0 5 % 以上である。一方、S i 含有量が多くなりすぎると、板厚方向に粗大な M n S が生成しやすくなり、耐遅れ破壊特性を劣化させる。したがって、S i 含有量は好ましくは 1 . 2 % 以下

50

であり、より好ましくは 1.1% 以下であり、さらに好ましくは 1.0% 以下である。

【0036】

< Mn : 0.9% 以上 3.2% 以下 >

Mn は、鋼の焼入れ性を向上させ、所定のマルテンサイト及びベイナイトの 1 種又は 2 種の合計面積率を確保するために含有させる。Mn 含有量が 0.9% 未満では、鋼板表層部にフェライトが生成することで強度が低下する可能性がある。したがって、Mn 含有量は好ましくは 0.9% 以上であり、より好ましくは 1.0% 以上であり、さらに好ましくは 1.1% 以上である。また、MnS が増加し、耐遅れ破壊特性を劣化させないために、Mn 含有量は好ましくは 3.2% 以下であり、より好ましくは 3.1% 以下であり、さらに好ましくは 3.0% 以下である。

10

【0037】

< P : 0.020% 以下 >

P は、鋼を強化する元素であるが、その含有量が多いと耐遅れ破壊特性を劣化させる。したがって、P 含有量は好ましくは 0.020% 以下であり、より好ましくは 0.015% 以下であり、さらに好ましくは 0.010% 以下である。なお、P 含有量の下限は特に限定されるものではないが、現在、工業的に実施可能な下限は 0.003% 程度である。

【0038】

< S : 0.0010% 以下 >

S は、MnS、TiS、Ti(C, S) 等の介在物を形成する。この介在物による耐遅れ破壊特性の劣化を抑制するために、S 含有量は 0.0010% 以下とすることが好ましい。S 含有量は、より好ましくは 0.0009% 以下、さらに好ましくは 0.0007% 以下、特に好ましくは 0.0005% 以下である。なお、S 含有量の下限は特に限定されるものではないが、現在、工業的に実施可能な下限は 0.0002% 程度である。

20

【0039】

< Al : 0.010% 以上 0.20% 以下 >

Al は十分な脱酸を行い、鋼中の粗大介在物を低減するために添加される。その効果を得るために、Al 含有量が好ましくは 0.010% 以上であり、より好ましくは 0.015% 以上である。一方、Al 含有量が 0.20% 超となると、熱間圧延後の巻取り時に生成したセメントナイトなどの Fe を主成分とする炭化物が焼鈍工程で固溶しにくくなり、粗大な介在物や炭化物が生成する可能性があるため、耐遅れ破壊特性を劣化させる可能性がある。したがって、Al 含有量は好ましくは 0.20% 以下であり、より好ましくは 0.17% 以下であり、さらに好ましくは 0.15% 以下である。

30

【0040】

< N : 0.010% 以下 >

N は、鋼中で TiN、(Nb, Ti)(C, N)、AlN 等の窒化物、炭窒化物系の粗大介在物を形成する元素であり、これらの生成を通じて耐遅れ破壊特性を劣化させる。耐遅れ破壊特性の劣化を防止するため、N 含有量は好ましくは 0.010% 以下であり、より好ましくは 0.007% 以下であり、さらに好ましくは 0.005% 以下である。なお、N 含有量の下限は特に限定されるものではないが、現在、工業的に実施可能な下限は 0.0006% 程度である。

40

【0041】

< Sb : 0.001% 以上 0.10% 以下 >

Sb は、鋼板表層部の酸化や窒化を抑制し、鋼板表層部の酸化や窒化による脱炭を抑制する。脱炭が抑制されることで、鋼板表層部のフェライト生成を抑制し、高強度化に寄与する。さらに脱炭の抑制により耐遅れ破壊特性も向上する。このような観点から、Sb 含有量は好ましくは 0.001% 以上であり、より好ましくは 0.002% 以上であり、さらに好ましくは 0.003% 以上である。一方、Sb は 0.10% を超えて含有させると、旧オーステナイト()粒界に偏析して亀裂発生を促進するため、耐遅れ破壊特性を劣化させる可能性がある。このため、Sb 含有量は、好ましくは 0.10% 以下であり、より好ましくは 0.08% 以下であり、さらに好ましくは 0.06% 以下である。なお、S

50

bを含有することが好ましいが、S bを含有せずに鋼板の高強度化及び耐遅れ破壊特性の向上の効果を十分に得られる場合は、S bを含有しなくてもよい。

【0042】

本発明の高強度部材に用いる好ましい鋼は上記成分を基本的に含有することが好ましく、残部は鉄及び不可避免的不純物である。本発明の高強度部材に用いる好ましい鋼は、本発明の作用を損なわない範囲で以下の任意元素を含有させることができる。なお、下記の任意元素を下記の下限值未満で含む場合、その任意元素は不可避免的不純物として含まれるものとする。

【0043】

< B : 0 . 0002 % 以上 0 . 0035 % 未満 >

10

Bは、鋼の焼入れ性を向上させる元素であり、Mn含有量が少ない場合であっても、所定の面積率のマルテンサイト及びベイナイトを生成させる利点を有する。このようなBの効果をj得るに、B含有量は好ましくは0 . 0002 % 以上であり、より好ましくは0 . 0005 % 以上であり、さらに好ましくは0 . 0007 % 以上である。また、Nを固定する観点から、0 . 002 % 以上のTiと複合添加することが好ましい。一方、B含有量が0 . 0035 % 以上になると、焼鈍時のセメンタイトの固溶速度を遅延させ、未固溶のセメンタイトなどのFeを主成分とする炭化物が残存することとなり、これにより、粗大な介在物や炭化物が生成するため、耐遅れ破壊特性を劣化させる。したがって、Bを含有する場合、B含有量は好ましくは0 . 0035 % 未満であり、より好ましくは0 . 0030 % 以下であり、さらに好ましくは0 . 0025 % 以下である。

20

【0044】

< Nb : 0 . 002 % 以上 0 . 08 % 以下及びTi : 0 . 002 % 以上 0 . 12 % 以下のうちから選ばれる少なくとも1種 >

NbやTiは、旧オーステナイト()粒の微細化を通じて、高強度化に寄与する。このような観点から、Nb含有量及びTi含有量は、それぞれ、好ましくは0 . 002 % 以上であり、より好ましくは0 . 003 % 以上であり、さらに好ましくは0 . 005 % 以上である。一方、NbやTiを多量に含有させると、熱間圧延工程のスラブ加熱時に未固溶で残存するNbN、Nb(C, N)、(Nb, Ti)(C, N)等のNb系の粗大な析出物、TiN、Ti(C, N)、Ti(C, S)、TiS等のTi系の粗大な析出物が増加し、耐遅れ破壊特性を劣化させる。このため、Nbを含有する場合、Nb含有量は好ましくは0 . 08 % 以下であり、より好ましくは0 . 06 % 以下であり、さらに好ましくは0 . 04 % 以下である。また、Tiを含有する場合、Ti含有量は、好ましくは0 . 12 % 以下であり、より好ましくは0 . 10 % 以下であり、さらに好ましくは0 . 08 % 以下である。

30

【0045】

< Cu : 0 . 005 % 以上 1 % 以下及びNi : 0 . 005 % 以上 1 % 以下のうちから選ばれる少なくとも1種 >

CuやNiは、自動車の使用環境での耐食性を向上させ、かつ腐食生成物が鋼板表面を被覆して鋼板への水素侵入を抑制する効果がある。また、耐遅れ破壊特性向上の観点からは、Cu及びNiは、それぞれ、0 . 005 % 以上含有させることが好ましく、より好ましくは0 . 008 % 以上である。しかしながら、CuやNiが多くなりすぎると表面欠陥の発生を招来し、めっき性や化成処理性を劣化させるので、Cu及びNiのうち少なくとも1種を含有する場合、Cu含有量及びNi含有量は、それぞれ、好ましくは1 % 以下であり、より好ましくは0 . 8 % 以下であり、さらに好ましくは0 . 6 % 以下である。

40

【0046】

< Cr : 0 . 01 % 以上 1 . 0 % 以下、Mo : 0 . 01 % 以上 0 . 3 % 未満、V : 0 . 003 % 以上 0 . 5 % 以下、Zr : 0 . 005 % 以上 0 . 20 % 以下、及びW : 0 . 005 % 以上 0 . 20 % 以下のうちから選ばれる少なくとも1種 >

Cr、Mo、Vは、鋼の焼入れ性の向上効果目的で、含有させることができる。このような効果を得るには、Cr含有量及びMo含有量は、それぞれ、好ましくは0 . 01 % 以

50

上であり、より好ましくは0.02%以上であり、さらに好ましくは0.03%以上である。V含有量は、好ましくは0.003%以上であり、より好ましくは0.005%以上であり、さらに好ましくは0.007%以上である。しかしながら、いずれの元素も多くなりすぎると炭化物の粗大化により、耐遅れ破壊特性を劣化させる。そのため、Crを含有する場合、Cr含有量は、好ましくは1.0%以下であり、より好ましくは0.4%以下であり、さらに好ましくは0.2%以下である。Moを含有する場合、Mo含有量は、好ましくは0.3%未満であり、より好ましくは0.2%以下であり、さらに好ましくは0.1%以下である。Vを含有する場合、V含有量は、好ましくは0.5%以下であり、より好ましくは0.4%以下であり、さらに好ましくは0.3%以下である。

【0047】

10

ZrやWは、旧オーステナイト()粒の微細化を通じて、高強度化に寄与する。このような観点から、Zr含有量及びW含有量は、それぞれ、好ましくは0.005%以上であり、より好ましくは0.006%以上であり、さらに好ましくは0.007%以上である。ただし、ZrやWを多量に含有させると、熱間圧延工程のスラブ加熱時に未固溶で残存する粗大な析出物が増加し、耐遅れ破壊特性を劣化させる。このため、Zr及びWのうち少なくとも1種を含有する場合、Zr含有量やW含有量は、それぞれ、好ましくは0.20%以下であり、より好ましくは0.15%以下であり、さらに好ましくは0.10%以下である。

【0048】

<Ca: 0.0002%以上0.0030%以下、Ce: 0.0002%以上0.0030%以下、La: 0.0002%以上0.0030%以下、及びMg: 0.0002%以上0.0030%以下のうちから選ばれる少なくとも1種>

20

Ca、Ce、Laは、Sを硫化物として固定することで、耐遅れ破壊特性の改善に寄与する。このため、これらの元素の含有量は、それぞれ、好ましくは0.0002%以上であり、より好ましくは0.0003%以上であり、さらに好ましくは0.0005%以上である。一方、これらの元素は多量に添加すると硫化物の粗大化により、耐遅れ破壊特性を劣化させる。したがって、Ca、Ce及びLaのうち少なくとも1種を含有する場合、これらの元素の含有量は、それぞれ、好ましくは0.0030%以下であり、より好ましくは0.0020%以下であり、さらに好ましくは0.0010%以下である。

【0049】

30

MgはMgOとしてOを固定し、鋼中水素のトラップサイトとなるため、耐遅れ破壊特性の改善に寄与する。このため、Mg含有量は、好ましくは0.0002%以上であり、より好ましくは0.0003%以上であり、さらに好ましくは0.0005%以上である。一方、Mgは多量に添加するとMgOの粗大化により、耐遅れ破壊特性を劣化させる。そのため、Mgを含有する場合、Mg含有量は、好ましくは0.0030%以下であり、より好ましくは0.0020%以下であり、さらに好ましくは0.0010%以下である。

【0050】

<Sn: 0.002%以上0.1%以下>

Snは、鋼板表層部の酸化や窒化を抑制し、鋼板表層部の酸化や窒化による脱炭を抑制する。脱炭が抑制されることで、鋼板表層部のフェライト生成を抑制し、高強度化に寄与する。このような観点から、Sn含有量は、好ましくは0.002%以上であり、より好ましくは0.003%以上であり、さらに好ましくは0.004%以上である。一方、Snを0.1%を超えて含有させると、旧オーステナイト()粒界に偏析して耐遅れ破壊特性を劣化させる。このため、Snを含有する場合、Sn含有量は、好ましくは0.1%以下であり、より好ましくは0.08%以下であり、さらに好ましくは0.06%以下である。

40

【0051】

次に、本発明の高強度部材に用いられる鋼板が有するミクロ組織の好ましい条件を説明する。

50

【0052】

<平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するマルテンサイトの1種又は2種の面積率が合計で90%以上>

TS 1470MPaの高強度を得るため、鋼板組織全体に対して、平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するマルテンサイトの1種又は2種の面積率が合計で90%以上とすることが好ましい。これより少ないと、フェライトが多くなり、強度が低下する。また、強度を高める観点から、当該合計の面積率は、より好ましくは91%以上、さらに好ましくは92%以上、特に好ましくは93%以上である。当該合計の面積率は合計で100%であってもよい。また、どちらか一方の面積率が90%以上であってもよく、両方の合計の面積率が90%以上であ

10

【0053】

マルテンサイトは、焼入れしたままのマルテンサイトは含まず、焼戻しマルテンサイトとする。本発明において、マルテンサイトとは低温（マルテンサイト変態点以下）でオーステナイトから生成した硬質な組織を指し、焼戻しマルテンサイトはマルテンサイトを再加熱した時に焼戻される組織を指す。ベイナイトとは比較的低温（マルテンサイト変態点以上）でオーステナイトから生成し、針状又は板状のフェライト中に微細な炭化物が分散した硬質な組織を指す。

【0054】

なお、マルテンサイト及びベイナイト以外の残部組織は、フェライト、パーライト、残留オーステナイトであり、その合計量は10%未満であれば許容できる。0%であってもよい。

20

【0055】

本発明において、フェライトとは比較的高温でオーステナイトからの変態により生成し、bcc格子の結晶粒からなる組織である。パーライトとはフェライトとセメンタイトが層状に生成した組織である。残留オーステナイトとはマルテンサイト変態温度が室温以下となることでマルテンサイト変態しなかったオーステナイトである。

【0056】

本発明でいう平均粒径が50nm以下の炭化物は、SEMで観察した際にベイナイト及びマルテンサイト中に観察できる微細な炭化物のことである。炭化物は、具体的には、例えば、Fe炭化物、Ti炭化物、V炭化物、Mo炭化物、W炭化物、Nb炭化物、Zr炭化物が挙げられる。

30

【0057】

なお、鋼板は、溶融亜鉛めっき層等のめっき層を備えていても良い。かかるめっき層としては、例えば電気めっき層、無電解めっき層、溶融めっき層等が挙げられる。さらに、合金化めっき層としても良い。

【0058】

次に、高強度部材について説明する。

【0059】

本発明の高強度部材は、鋼板を用いて得た曲げ稜線部を有する高強度部材であって、部材の引張強度が1470MPa以上であり、曲げ稜線部の端面の残留応力が300MPa以下であり、かつ曲げ稜線部の端面のピッカース硬さ(HV)が200以上450以下である。

40

【0060】

本発明の高強度部材は、鋼板を用いて得たものであり、所定の形状となるように、成形加工及び曲げ加工等の加工を行うことにより得た成形部材である。本発明の高強度部材は、例えば、自動車部品に好適に用いることができる。

【0061】

本発明の高強度部材は曲げ稜線部を有する。本発明でいう「曲げ稜線部」とは、鋼板に曲げ加工を施すことにより平板ではなくなった領域を指す。図1に示す高強度部材10の

50

一例は、鋼板 11 を V 字曲げ加工したものである。高強度部材 10 は、曲げ加工した部分の鋼板 11 の側面に、曲げ稜線部 12 を有する。曲げ稜線部 12 の端面 13 は、曲げ稜線部 12 の側面に位置する板厚面である。本発明でいう曲げ稜線方向 D1 は、曲げ稜線部 12 に平行な方向である。

【0062】

本発明の高強度部材は、曲げ稜線部の端面の残留応力が 300 MPa 以下であり、かつ、曲げ稜線部の端面のビッカース硬さ (HV) が 200 以上 450 以下であれば、曲げ加工の角度は特に限られない。

【0063】

図 1 に示した高強度部材 10 の一例は、曲げ加工した箇所が 1 つである例を示したが、2 つ以上の箇所を曲げ加工して、2 つ以上の曲げ稜線部を有することとしてもよい。

10

【0064】

< 部材の引張強度が 1470 MPa 以上 >

高強度部材の引張強度 (TS) は 1470 MPa 以上である。引張強度 (TS) を 1470 MPa 以上とするためには、上記鋼板を用いることが好ましい。

本発明における引張強度 (TS) 及び降伏強度 (YS) は、高強度部材の曲げ加工されていない部分である平坦部で測定することによって算出する。また、曲げ加工前の焼鈍鋼板 (焼鈍工程後の鋼板) の引張強度 (TS) 及び降伏強度 (YS) を測定しておけば、これらの測定値は、当該焼鈍鋼板を用いて得た高強度部材の引張強度 (TS) 及び降伏強度 (YS) の測定値とみなせる。部材の強度は実施例に記載の方法で算出することができる。

20

【0065】

< 曲げ稜線部の端面の残留応力が 300 MPa 以下 >

高強度部材の曲げ稜線部の端面 (板厚面) の残留応力が、300 MPa 以下である。これにより、曲げ稜線部の端面に亀裂が発生しにくくなるので、耐遅れ破壊特性に優れる部材を得ることができる。遅れ破壊による亀裂発生を抑制する観点から、残留応力は 300 MPa 以下であり、好ましくは 250 MPa 以下であり、より好ましくは 200 MPa 以下である。下限は特に限定せず、圧縮応力となっても構わない。曲げ稜線部の端面の残留応力は、本明細書の実施例に記載するような方法で算出することができる。

30

【0066】

< 曲げ稜線部の端面のビッカース硬さ (HV) が 200 以上 450 以下 >

高強度部材の曲げ稜線部の端面 (板厚面) のビッカース硬さ (HV) が 200 以上 450 以下である。これにより、曲げ稜線部の端面に亀裂が発生しにくくなるので、耐遅れ破壊特性に優れる部材を得ることができる。遅れ破壊による亀裂発生を抑制する観点から、硬さは 450 以下であり、好ましくは 430 以下であり、より好ましくは 400 以下である。また、曲げ稜線部の端面の硬さが低くなると、母材硬さとの差が大きくなるため、亀裂の発生が促進される。したがって、遅れ破壊による亀裂発生を抑制し、部材の強度を得る観点から、端面のビッカース硬さ (HV) は 200 以上とする。好ましくは 220 以上であり、より好ましくは 250 以上である。曲げ稜線部の端面のビッカース硬さは、本明細書の実施例に記載するような方法で算出することができる。

40

【0067】

次に、本発明の高強度部材の製造方法の実施形態について説明する。

【0068】

本発明の高強度部材の製造方法の実施形態の一例は、引張強度が 1470 MPa 以上の鋼板を切出し、鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、切断により生じた端面を、曲げ加工の後に、400 以上 900 以下の温度で 0 秒超 10 秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、を有する。

【0069】

また、本発明の高強度部材の製造方法の実施形態の他の一例は、上記成分組成及び上記ミクロ組織を有する鋼板を切出し、鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、切断に

50

より生じた端面を、曲げ加工の後に、400 以上900 以下の温度で0秒超10秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、を有する。

【0070】

また、本発明の高強度部材の製造方法の実施形態の他の一例は、引張強度が1470 MPa以上の鋼板を切出した後、切断により生じた端面を400 以上900 以下の温度で0秒超10秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、端面処理工程後の鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、を有する。

【0071】

また、本発明の高強度部材の製造方法の実施形態の他の一例は、上記成分組成及び上記ミクロ組織を有する鋼板を切出した後、切断により生じた端面を400 以上900 以下の温度で0秒超10秒以下の条件で加熱する端面処理工程と、端面処理工程後の鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程と、を有する。

【0072】

[端面処理工程]

上述したとおり、本発明の高強度部材の製造方法は、鋼板を切出した後、切断により生じた端面を400 以上900 以下の温度で0秒超10秒以下の条件で加熱する端面処理工程を有する。ここで、切り出される鋼板は、例えば、引張強度が1470 MPa以上の鋼板である。また、切り出される鋼板は、例えば、上記成分組成及び上記ミクロ組織を有する鋼板である。

【0073】

本発明でいう切断とは、せん断切断（機械切断）、レーザー切断、放電加工などの電気切断、ガス切断などの公知の切断を含む意味である。

【0074】

端面処理工程を行うことにより、鋼板端面の残留応力を低減させ、端面を軟質化することで曲げ稜線部の端面に亀裂を生じにくくし、耐遅れ破壊特性に優れる部材を得ることができる。端面の加熱方法については特に限定されず、例えば、レーザーによる加熱がある。

【0075】

端面の残留応力を低減するために、鋼板を曲げ加工した後の成形部材の端面を、400 以上900 以下の温度で加熱する。加熱温度が900 超となると、フェライトの生成及び粗大化が顕著になるため、成形部材の強度が低下し、また軟質化しすぎてしまい耐遅れ破壊特性も劣化させる。したがって、加熱温度は900 以下であり、好ましくは870 以下である。また、400 未満となると、加熱能力が足りず組織の軟質化は起こらない。したがって、加熱温度は400 以上である。好ましくは450 以上であり、より好ましくは500 以上であり、さらに好ましくは600 超であり、特に好ましくは700 以上である。加熱時間は10秒以下とする。加熱時間が10秒超となれば、組織が粗大化し耐遅れ破壊特性を劣化させる。したがって、加熱時間は10秒以下とする。好ましくは9秒以下、より好ましくは8秒以下である。組織の軟質化が起こり、端面のビッカース硬さが200以上450以下となればよく、加熱時間は特に限定されない。したがって、加熱時間は、0秒超であり、1秒以上が好ましく、2秒以上がより好ましい。

【0076】

加熱範囲は特に限定しないが、成形部材の強度を確保するために、曲げ稜線部の端面から5mm程度が好ましい。また、加熱方向は特に限定しないが、板厚方向での温度ばらつきを無くすために、板厚面と垂直方向が好ましい。

【0077】

[曲げ加工工程]

本発明の高強度部材の製造方法は、鋼板に対して曲げ加工を施す曲げ加工工程を有する。曲げ加工工程は、端面処理工程の前に行ってもよく、端面処理工程の後に行ってもよい。

【0078】

本発明の曲げ加工は、例えば、曲げ変形、深絞り変形、張出し変形、伸びフランジ変形に分類される４つの変形様式を少なくとも一つ含む。

【００７９】

次に、高強度部材の製造方法により得られる高強度部材に用いる高強度部材用鋼板の製造方法の一実施形態について説明する。

【００８０】

また、本発明の高強度部材用鋼板の製造方法の実施形態の一例は、鋼（鋼素材）を熱間圧延する熱間圧延工程と、熱間圧延によって得られた熱延鋼板を冷間圧延する冷間圧延工程と、冷間圧延によって得られた冷延鋼板を、 A_{C3} 点以上の焼鈍温度まで加熱した後、焼鈍温度から５５０℃までの温度域の平均冷却速度を３℃/秒以上とし、かつ冷却停止温度を３５０℃以下とする冷却を行い、その後、１００℃以上２６０℃以下の温度域で２０秒以上１５００秒以下保持させる焼鈍工程と、を有する。

10

【００８１】

以下、これらの工程と、熱間圧延工程前に行う好ましい鑄造工程について説明する。なお、以下に示す温度は、特に説明がない限り、鋼素材（スラブ）、鋼板等の表面温度を意味する。

【００８２】

〔鑄造工程〕

前述した成分組成を有する鋼を鑄造する。鑄造速度は特に限定しないが、上記の介在物の生成を抑え、耐遅れ破壊特性を向上させるために、鑄造速度は１．８０ｍ/分以下が好ましく、１．７５ｍ/分以下がより好ましく、１．７０ｍ/分以下がさらに好ましい。下限も特に限定しないが、生産性の観点から、好ましくは１．２５ｍ/分以上であり、より好ましくは１．３０ｍ/分以上である。

20

【００８３】

〔熱間圧延工程〕

熱間圧延工程では、例えば、前述した成分組成を有する鋼素材（スラブ）を、熱間圧延する。スラブ加熱温度は特に限定されないが、スラブ加熱温度を１２００℃以上とすることで、硫化物の固溶促進とMn偏析の軽減が図られ、上記した粗大な介在物量の低減が図られ、耐遅れ破壊特性が向上する傾向がある。このため、スラブ加熱温度は１２００℃以上が好ましい。より好ましくは１２２０℃以上である。また、スラブ加熱時の加熱速度は５～１５℃/分が好ましく、スラブ均熱時間は３０～１００分が好ましい。

30

【００８４】

仕上げ圧延終了温度は８４０℃以上が好ましい。仕上げ圧延終了温度が８４０℃未満では、温度の低下までに時間がかかり、介在物が生成することで耐遅れ破壊特性を劣化させるのみならず、鋼板の内部の品質も低下する可能性がある。したがって、仕上げ圧延終了温度は好ましくは８４０℃以上であり、より好ましくは８６０℃以上である。一方、上限は特に限定しないが、後の巻き取り温度までの冷却が困難になるため、仕上げ圧延終了温度は好ましくは９５０℃以下であり、より好ましくは９２０℃以下である。

【００８５】

冷却された熱延鋼板は６３０℃以下の温度で巻き取るのが好ましい。巻き取り温度が６３０℃超では、地鉄表面が脱炭するおそれがあり、鋼板内部と表面で組織差が生じ合金濃度ムラの原因となる可能性がある。また表層の脱炭により、鋼中表層の炭化物を有するベイナイトやマルテンサイトの面積率が減少するため、所望の強度を確保するのが難しくなる傾向がある。したがって、巻き取り温度は好ましくは６３０℃以下であり、より好ましくは６００℃以下である。巻き取り温度の下限は特に限定されないが、冷間圧延性の低下を防ぐために５００℃以上が好ましい。

40

【００８６】

〔冷間圧延工程〕

冷間圧延工程では、熱間圧延により得られた熱延鋼板を冷間圧延する。冷間圧延工程では、例えば、上述のように巻き取られた熱延鋼板を酸洗した後、冷間圧延し、冷延鋼板を

50

製造する。酸洗の条件は特に限定はされない。圧下率が20%未満の場合、表面の平坦度が悪く、組織が不均一となる危険性があるので、圧下率は、好ましくは20%以上であり、より好ましくは30%以上であり、さらに好ましくは40%以上である。

【0087】

[焼鈍工程]

冷間圧延によって得られた冷延鋼板を、 A_{C3} 点以上の焼鈍温度に加熱する。焼鈍温度が A_{C3} 点未満では、組織にフェライトが生成し、所望の強度を得ることができない。したがって、焼鈍温度は A_{C3} 点以上であり、好ましくは A_{C3} 点+10以上であり、より好ましくは A_{C3} 点+20以上である。焼鈍温度の上限は特に限定されないが、オーステナイトの粗大化を抑制し、耐遅れ破壊特性の劣化を防ぐ観点から、焼鈍温度は900
10
以下が好ましい。なお、 A_{C3} 点以上の焼鈍温度まで加熱した後に、当該焼鈍温度で均熱してもよい。

【0088】

A_{C3} 点は以下の式により算出する。また、下記式において(%元素記号)は各元素の含有量(質量%)を意味する。

A_{C3} 点() = $910 - 203$ (% C) + 45 (% Si) - 30 (% Mn) - 20 (% Cu) - 15 (% Ni) + 11 (% Cr) + 32 (% Mo) + 104 (% V) + 400 (% Ti) + 460 (% Al)

【0089】

上記のとおり冷延鋼板を A_{C3} 点以上の焼鈍温度まで加熱した後、当該焼鈍温度から550
20
までの温度域の平均冷却速度を3 / 秒以上とし、かつ冷却停止温度を350以下とする冷却を行い、その後、100以上260以下の温度域で20秒以上1500秒以下保持させる。

【0090】

焼鈍温度から550までの温度域の平均冷却速度が3 / 秒未満では、フェライトの過度な生成を招くため所望の強度を得ることが難しくなる。また表層にフェライトが生成することで、表層付近の炭化物を有するベイナイトやマルテンサイト分率を得ることが難しくなり、耐遅れ破壊特性を劣化させる。したがって、焼鈍温度から550までの温度域の平均冷却速度は、3 / 秒以上であり、好ましくは5 / 秒以上であり、より好ましくは10 / 秒以上である。なお、平均冷却速度の上限は特に規定されないが、早くなり
30
すぎるとコイル幅方向でマルテンサイト変態の不均一化が起こりやすくなり、形状劣化により鋼板が設備へ接触するおそれがあるため、最低限の形状を得る観点から、3000 / s以下とすることが好ましい。

【0091】

焼鈍温度から550までの温度域の平均冷却速度は、特に断らない限り、「(焼鈍温度 - 550) / (焼鈍温度から550までの冷却時間)」である。

【0092】

冷却停止温度は350以下である。冷却停止温度が350超となると、十分に焼戻しが進行せず、最終組織に焼入れままのマルテンサイトや残留オーステナイトが生成し、曲げ稜線部の端面の硬さが高くなることで耐遅れ破壊特性が劣化する。したがって、優れた耐遅れ破壊特性を得るために、冷却停止温度は350以下であり、好ましくは300
40
以下、より好ましくは250以下である。なお、冷却停止温度の下限は特に限定しないが、その後再加熱したときの温度を確保しやすくする観点から0以上が好ましい。

【0093】

ベイナイト内部に分布する炭化物は、焼入れ後の低温域での保持中に生成する炭化物であり、水素のトラップサイトとなることで水素を捕捉し、耐遅れ破壊特性の劣化を防ぐことができる。保持温度が100未満、又は、保持時間が20秒未満になると、ベイナイトが生成せず、また炭化物を含まない焼入れままのマルテンサイトが生成するため、曲げ稜線部の端面の硬さが高くなり、上記の効果が得られなくなる。

【0094】

10

20

30

40

50

また、保持温度が260 超、又は、保持時間が1500秒超となると、脱炭し、さらにベイナイト内部に粗大な炭化物が生成するため、軟質化しすぎてしまい耐遅れ破壊特性を劣化させる。

【0095】

したがって、保持温度は100 以上260 以下であり、保持時間は20秒以上1500秒以下である。また、保持温度は好ましくは130 以上240 以下であり、保持時間は、好ましくは50秒以上、1000秒以下である。

【0096】

なお、本発明における保持とは、一定の温度での保持のみだけではなく、本発明の保持温度の範囲内で変化する場合も含むものとする。

10

【0097】

なお、熱間圧延後の熱延鋼板には、組織軟質化のための熱処理をおこなってもよい。また、鋼板表面にZnやAlなどのめっきが施されていても構わない。また、焼鈍冷却後又はめっき処理後は形状調整のための調質圧延を行ってもよい。

【実施例】

【0098】

本発明を、実施例を参照しながら具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0099】

[実施例1]

20

表1に記載の引張強度を有する鋼板を30mm×110mmの小片にせん断した。なお、引張試験は、鋼板の圧延方向から、標点間距離50mm、標点間幅25mm、板厚1.4mmのJIS5号試験片を採取し、JISZ2241に準拠し、引張速度が10mm/分で引張試験を行った。測定した引張強度(TS)及び降伏強度(YS)は表1に示す。

せん断後の一部の鋼板については、切断により生じた端面に対して表1に示す条件で端面処理を施した。次に、90°の角度を有するダイスの上に鋼板のサンプルを載せて、90°の角度を有するポンチによって鋼板をプレスすることで、V字曲げ加工を行った。次いで、図2に側面図を示すように、ボルト20、ナット21及びテーパワッシャー22を用いて、曲げ加工後の鋼板(部材)を、鋼板11の板面の両側からボルト20で締め込んだ。CAE(Computer Aided Engineering)解析によって、負荷応力と締込量の関係を算出し、締込量と臨界負荷応力が一致するようにした。臨界負荷応力は、後述する方法で測定した。次に、一部の曲げ加工後の鋼板(部材)については、鋼板の端面に対して、表1に示す条件で端面処理を施した。端面処理の各条件は表1に示す。表1の端面処理で、熱処理温度()の欄を「-」と記載したものは、熱処理しなかったことを意味する。

30

【0100】

2. 評価方法

各種製造条件で得られた部材に対して、遅れ破壊試験によって測定した臨界負荷応力で耐遅れ破壊特性を評価した。また、部材の端面の残留応力とビッカース硬さを以下のように測定した。各評価の方法は次のとおりである。

40

【0101】

(臨界負荷応力の測定)

遅れ破壊試験によって臨界負荷応力を測定した。具体的には、各製造条件で得られた部材をpH=1(25)の塩酸中に浸漬し、遅れ破壊しない最大負荷応力を臨界負荷応力として評価した。遅れ破壊の判定は目視及び実体顕微鏡で倍率×20まで拡大した画像に行い、96時間浸漬し割れが発生しなかった場合を破壊なしとした。ここでいう割れとは、亀裂長さが200µm以上の亀裂が発生した場合を指す。

【0102】

(端面の残留応力の測定)

各製造条件で得られた部材について、X線回折により端面の残留応力を測定した。残留

50

応力の測定箇所は、曲げ稜線部の端面の板厚中心であり、X線の照射径は $150\mu\text{m}$ とした。測定方向は、板厚方向に垂直かつ曲げ稜線方向に垂直な方向とした。図3は、曲げ稜線部の端面の拡大図であり、板厚中心C1及び測定方向D2にそれぞれ符号を付して示している。

【0103】

(端面のビッカース硬さの測定)

各製造条件で得られた部材について、ビッカース硬さ試験により端面のビッカース硬さ(HV)を測定した。ビッカース硬さの測定箇所は、曲げ稜線部の端面を曲げ稜線方向D1方向に切断し、鏡面研磨したその断面の板厚中心において、端面から $100\mu\text{m}$ の箇所とした。測定荷重は 1kgf とした。

10

【0104】

3. 評価結果

評価結果を表1に示す。

【0105】

【表1】

No.	端面処理		機械的特性				耐遅れ破壊特性		備考
	熱処理温度(°C)	熱処理時間(秒)	YS(MPa)	TS(MPa)	端面の残留応力(MPa)	端面の硬さ(HV)	臨界負荷応力(MPa)	※1	
1	500	8	1386	1490	80	270	1746	1.26	発明例
2	800	3	1184	1300	60	200	1385	1.17	比較例
3	390	3	1375	1495	350	370	1444	1.05	比較例
4	300	4	1392	1513	70	460	1503	1.08	比較例
5	700	5	1345	1508	50	240	1560	1.16	発明例
6	950	5	1321	1501	40	180	1400	1.06	比較例
7	700	15	1333	1502	50	140	1386	1.04	比較例
8	—	—	1342	1511	1220	650	1355	1.01	比較例

※1:臨界負荷応力/YS

20

【0106】

TS 1470MPa 、かつ、臨界負荷応力 $1.10\times\text{YS}$ の部材を合格とし、表1に発明例として示した。また、TS $<1470\text{MPa}$ 、又は、臨界負荷応力 $<1.10\times\text{YS}$ の部材を不合格とし、表1に比較例として示した。なお、表1において、「臨界負荷応力/YS」が 1.10 以上であることが、臨界負荷応力 $1.10\times\text{YS}$ であることを意味する。表1に示すように、本発明例の部材は、高強度で、かつ耐遅れ破壊特性に優れている。

30

【0107】

[実施例2]

1. 評価用部材の製造

表2に示す成分組成を有し、残部がFe及び不可避免的不純物よりなる鋼を真空溶解炉にて溶製後、分塊圧延し 27mm 厚の分塊圧延材を得た。得られた分塊圧延材を板厚 4.2mm 厚まで熱間圧延し、熱延鋼板を製造した。次いで、熱延鋼板を研削加工し、板厚 3.2mm にした後、板厚 $2.4\sim1.12\text{mm}$ まで冷間圧延し、冷延鋼板を製造した。次いで、上記により得られた冷延鋼板に、表3及び表4に示す条件で熱処理を行った(焼鈍工程)。なお、表2の成分組成の空欄は、その成分を意図的に添加していないことを表しており、含有しない(0質量%)場合だけでなく、不可避免的に含有する場合も含む。なお、熱間圧延工程、冷間圧延工程、焼鈍工程の各条件の詳細は表3及び表4に示す。

40

【0108】

熱処理後の鋼板を $30\text{mm}\times110\text{mm}$ の小片にせん断し、 90° の角度を有するダイスの上に鋼板のサンプルを載せて、 90° の角度を有するポンチによって鋼板をプレスすることで、V字曲げ加工を行った。次いで、図2に側面図を示すように、ボルト20、ナ

50

ット 2 1 及びテーパーワッシャー 2 2 を用いて、曲げ加工後の鋼板（部材）を、鋼板 1 1 の板面の両側からボルト 2 0 で締め込んだ。C A E（C o m p u t e r A i d e d E n g i n e e r i n g）解析によって、負荷応力と締込量の関係を算出し、締込量と臨界負荷応力が一致するようにした。臨界負荷応力は、後述する方法で測定した。

【 0 1 0 9 】

表 3 及び表 4 の N o . 1 ~ 7 2 は、曲げ加工の後、種々の温度で曲げ稜線部の端面を加熱した。表 4 の N o . 7 3 は、鋼板を小片にせん断した後、上記曲げ加工を行う前に、切断により生じた端面を加熱した。端面処理の各条件は、表 3 及び表 4 に示す。表 3 及び表 4 の端面処理で、熱処理温度（ ）の欄を「 - 」と記載したものは、熱処理しなかったことを意味する。

【 0 1 1 0 】

【表 2】

鋼種	成分組成(質量%)									A _{c3} 点 (°C)
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Sb	その他	
A	0.21	0.20	1.2	0.007	0.0008	0.05	0.0021	0.01		813
B	0.17	0.20	2.8	0.008	0.0005	0.08	0.0021	0.02		788
C	0.34	0.90	1.1	0.018	0.0002	0.02	0.0043	0.01		809
D	0.18	0.02	1.8	0.010	0.0010	0.08	0.0043	0.01		806
E	0.28	1.15	1.1	0.007	0.0004	0.04	0.0014	0.01		838
F	0.29	0.30	1.0	0.007	0.0010	0.08	0.0034	0.02		820
G	0.23	0.12	3.2	0.006	0.0007	0.10	0.0046	0.03		766
H	0.31	0.40	1.2	0.015	0.0002	0.09	0.0028	0.01		821
I	0.22	0.01	2.7	0.016	0.0004	0.04	0.0028	0.003	B:0.0020	752
J	0.23	0.30	2.9	0.018	0.0006	0.05	0.0040	0.01	Nb:0.0150	763
K	0.24	0.11	2.5	0.007	0.0004	0.04	0.0051	0.01	Ti:0.017	758
L	0.28	0.20	1.6	0.009	0.0003	0.10	0.0060	0.01	Cu:0.15	808
M	0.22	0.35	2.7	0.009	0.0001	0.06	0.0043	0.01	B:0.0025, Ti:0.015, Ni:0.12	776
N	0.23	1.10	2.8	0.009	0.0009	0.04	0.0029	0.03	Nb:0.0130, Cr:0.05, Mo:0.05	797
O	0.25	1.00	2.4	0.009	0.0007	0.03	0.0039	0.03	Cu:0.13, Cr:0.03, V:0.012	797
P	0.24	0.10	2.6	0.018	0.0010	0.03	0.0033	0.04	Zr:0.009, W:0.01, Ca:0.0008, Ce:0.0009, La:0.0006, Mg:0.0005	753
Q	0.27	0.10	1.8	0.007	0.0007	0.06	0.0027	0.01	Sn:0.004	783
R	0.37	0.20	1.2	0.019	0.0002	0.04	0.0021	0.01		776
S	0.14	0.90	1.6	0.006	0.0002	0.08	0.0055	0.01		862
T	0.21	2.40	2.8	0.008	0.0010	0.02	0.0028	0.01		852
U	0.22	0.12	3.4	0.014	0.0006	0.07	0.0024	0.01		750
V	0.26	0.16	0.8	0.008	0.0007	0.06	0.0010	0.01		817
W	0.28	0.84	1.4	0.030	0.0004	0.07	0.0058	0.01		830
X	0.26	0.07	1.5	0.007	0.0020	0.06	0.0028	0.01		792
Y	0.25	0.11	1.6	0.006	0.0003	0.25	0.0021	0.01		880
Z	0.21	0.05	2.9	0.018	0.0008	0.07	0.0015	0.15		765

【 0 1 1 1 】

【表 3】

No.	鋼種	鑄造	熱間圧延			冷間 圧延	焼鈍					端面処理		備考
		鑄造 速度 (m/分)	※1 (°C)	※2 (°C)	※3 (°C)	圧下率 (%)	焼鈍 温度 (°C)	※4 (°C/秒)	※5 (°C)	保持 温度 (°C)	保持 時間 (秒)	熱処理 温度 (°C)	熱処理 時間 (秒)	
1	A	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
2		1.50	1250	880	550	56	880	2000	50	150	500	550	5	発明例
3		1.50	1250	880	550	56	880	2050	50	150	500	300	5	比較例
4		1.50	1250	880	550	56	880	2100	50	150	500	800	5	発明例
5		1.50	1250	880	550	56	880	1900	50	150	500	800	8	発明例
6		1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	15	比較例
7	B	1.50	1220	880	550	56	880	1910	50	150	500	800	5	発明例
8		1.50	1250	880	550	56	880	2010	50	150	500	920	5	比較例
9		1.50	1300	880	550	56	880	2050	50	150	500	800	5	発明例
10	C	1.50	1250	840	550	56	880	1920	50	150	500	800	5	発明例
11		1.50	1250	880	550	56	880	1980	50	150	500	700	5	発明例
12		1.50	1250	900	550	56	880	2050	50	150	500	600	5	発明例
13		1.50	1250	920	550	56	880	2010	50	150	500	800	7	発明例
14	D	1.50	1250	880	550	56	880	2000	50	150	500	—	—	比較例
15		1.50	1250	880	550	56	880	1980	50	200	1000	—	—	比較例
16		1.50	1250	880	550	56	880	1990	50	150	500	800	5	発明例
17		1.50	1250	880	550	56	880	2080	50	200	1000	800	5	発明例
18	E	1.50	1250	880	630	56	880	1900	50	150	500	800	5	発明例
19		1.50	1250	880	600	56	880	1960	50	150	500	800	13	比較例
20		1.50	1250	880	550	56	880	1900	50	150	500	800	2	発明例
21		1.50	1250	880	520	56	880	1920	50	150	500	800	4	発明例
22	F	1.50	1250	880	550	25	880	2040	50	150	500	800	5	発明例
23		1.50	1250	880	550	35	880	1940	50	150	500	800	5	発明例
24		1.50	1250	880	550	45	880	1930	50	150	500	800	5	発明例
25		1.50	1250	880	550	65	880	2010	50	150	500	800	5	発明例
26	G	1.50	1250	880	550	56	750	1960	50	150	500	800	5	比較例
27		1.50	1250	880	550	56	780	1980	50	150	500	800	5	発明例
28		1.50	1250	880	550	56	820	2080	50	150	500	800	5	発明例
29		1.50	1250	880	550	56	880	1970	50	150	500	800	5	発明例
30	H	1.50	1250	880	550	56	880	2	50	150	500	800	5	比較例
31		1.50	1250	880	550	56	880	8	50	150	500	800	5	発明例
32		1.50	1250	880	550	56	880	20	50	150	500	800	5	発明例
33		1.50	1250	880	550	56	880	50	50	150	500	800	5	発明例

※1:スラブ加熱温度、※2:仕上げ圧延終了温度、※3:巻き取り温度

※4:焼鈍温度から550°Cまでの温度域の平均冷却速度、※5:冷却停止温度

【 0 1 1 2 】

【表 4】

No.	鋼種	鑄造	熱間圧延			冷間 圧延	焼鈍					端面処理		備考
		鑄造 速度 (m/分)	※1 (°C)	※2 (°C)	※3 (°C)	圧下率 (%)	焼鈍 温度 (°C)	※4 (°C/秒)	※5 (°C)	保持 温度 (°C)	保持 時間 (秒)	熱処理 温度 (°C)	熱処理 時間 (秒)	
34	I	1.50	1250	880	550	56	880	1960	50	150	500	800	5	発明例
35		1.50	1250	880	550	56	880	2030	200	150	500	800	5	発明例
36		1.50	1250	880	550	56	880	2000	320	150	500	800	5	発明例
37		1.50	1250	880	550	56	880	1940	400	150	500	800	5	比較例
38	J	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	80	500	800	5	比較例
39		1.50	1250	880	550	56	880	2080	50	150	500	800	5	発明例
40		1.50	1250	880	550	56	880	2000	50	200	500	800	5	発明例
41		1.50	1250	880	550	56	880	2020	50	270	500	800	5	比較例
42	K	1.50	1250	880	550	56	880	1900	50	150	10	800	5	比較例
43		1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	100	800	5	発明例
44		1.50	1250	880	550	56	880	2020	50	150	500	800	5	発明例
45		1.50	1250	880	550	56	880	2030	50	150	1800	800	5	比較例
46	L	1.50	1250	880	550	56	880	1940	50	150	500	920	5	比較例
47		1.50	1250	880	550	56	880	1900	50	150	500	380	5	比較例
48		1.50	1250	880	550	56	880	1920	50	150	500	700	5	発明例
49	M	1.50	1250	880	550	56	880	1970	50	150	500	—	—	比較例
50		1.50	1250	880	550	56	880	1960	50	150	500	420	5	発明例
51		1.50	1250	880	550	56	880	2000	50	150	500	750	5	発明例
52	N	1.50	1250	880	550	56	880	1910	50	150	500	800	1	発明例
53		1.50	1250	880	550	56	880	2050	50	150	500	800	6	発明例
54		1.50	1250	880	550	56	880	1900	50	150	500	800	15	比較例
55	O	1.50	1250	880	550	56	880	2090	50	50	500	800	5	比較例
56		1.50	1250	880	550	56	880	2000	50	150	500	800	5	発明例
57		1.50	1250	880	550	56	880	1990	50	300	500	800	5	比較例
58	P	1.50	1250	880	550	56	880	1990	10	150	500	800	5	発明例
59		1.50	1250	880	550	56	880	1980	120	150	500	800	5	発明例
60		1.50	1250	880	550	56	880	2020	370	150	500	800	5	比較例
61	Q	1.30	1250	880	550	56	880	2020	50	150	500	850	5	発明例
62		1.50	1250	880	550	56	880	2080	50	150	500	750	5	発明例
63		1.70	1250	880	550	56	880	1910	50	150	500	600	5	発明例
64	R	1.50	1250	880	550	56	880	2080	50	150	500	800	5	比較例
65	S	1.50	1250	880	550	56	880	2050	50	150	500	800	5	比較例
66	T	1.50	1250	880	550	56	880	1920	50	150	500	800	5	比較例
67	U	1.50	1250	880	550	56	880	2090	50	150	500	800	5	比較例
68	V	1.50	1250	880	550	56	880	1960	50	150	500	800	5	比較例
69	W	1.50	1250	880	550	56	880	1980	50	150	500	800	5	比較例
70	X	1.50	1250	880	550	56	880	2080	50	150	500	800	5	比較例
71	Y	1.50	1250	880	550	56	880	1970	50	150	500	800	5	比較例
72	Z	1.50	1250	880	550	56	880	2100	50	150	500	800	5	比較例
73	A	1.50	1250	880	550	56	880	2050	50	150	500	700	5	発明例

※1:スラブ加熱温度、※2:仕上げ圧延終了温度、※3:巻き取り温度

※4:焼鈍温度から550°Cまでの温度域の平均冷却速度、※5:冷却停止温度

【0113】

2. 評価方法

各種製造条件で得られた部材に対して、鋼組織（ミクロ組織）を解析することで組織率を調査した。また、引張試験を実施することで引張強度等の引張特性を評価し、遅れ破壊試験によって測定した臨界負荷応力で耐遅れ破壊特性を評価した。また、部材の端部の残留応力とビッカース硬さを以下のように測定した。各評価の方法は次のとおりである。

【0114】

（平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するマルテンサイトの1種又は2種の面積率の合計）

焼鈍工程で得られた鋼板（以下、焼鈍鋼板という。）に対して垂直方向から試験片を採取し、圧延方向に平行な板厚L断面を鏡面研磨し、ナイトール液で組織現出した後、走査

10

20

30

40

50

電子顕微鏡を用いて観察し、倍率1500倍のSEM像上の、実長さ $82\mu\text{m} \times 57\mu\text{m}$ の領域上に $4.8\mu\text{m}$ 間隔の $16\text{mm} \times 15\text{mm}$ 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、平均粒径が 50nm 以下の炭化物を含有するマルテンサイト及び平均粒径が 50nm 以下の炭化物を含有するベイナイトの面積率を計算し、それらの合計の面積率を算出した。面積率は、倍率1500倍の別々のSEM像から求めた3つの面積率の平均値とした。マルテンサイトは白色の組織を呈しており、ベイナイトは黒色の組織の内部に微細な炭化物が析出している。炭化物の平均粒径は以下のように算出した。また、面積率は、観察範囲全体に対する面積率であり、これを鋼板組織全体に対する面積率とみなした。

【0115】

10

(ベイナイト及びマルテンサイト中の炭化物の平均粒径)

焼鈍鋼板の圧延方向に対して垂直方向から試験片を採取し、圧延方向に平行な板厚L断面を鏡面研磨し、ナイタル液で組織現出した後、走査電子顕微鏡を用いて観察し、倍率5000倍のSEM像上の炭化物の総面積を二値化による画像解析にて測定し、その総面積を個数平均することで炭化物1個あたりの平均面積を算出した。炭化物1個あたりの平均面積から求めた円相当直径を平均粒径とした。

【0116】

(引張試験)

焼鈍鋼板の圧延方向から、標点間距離50mm、標点間幅25mm、板厚1.4mmのJIS5号試験片を採取し、JISZ2241に準拠し、引張速度が10mm/分で引張試験を行い、引張強度(TS)及び降伏強度(YS)を測定した。

20

【0117】

(臨界負荷応力の測定)

遅れ破壊試験によって臨界負荷応力を測定した。具体的には、各製造条件で得られた部材を $\text{pH} = 1(25)$ の塩酸中に浸漬し、遅れ破壊しない最大負荷応力を臨界負荷応力として評価した。遅れ破壊の判定は目視及び実体顕微鏡で倍率 $\times 20$ まで拡大した画像にて行い、96時間浸漬し割れが発生しなかった場合を破壊なしとした。ここでいう割れとは、亀裂長さが $200\mu\text{m}$ 以上の亀裂が発生した場合を指す。

【0118】

(端面の残留応力の測定)

30

各製造条件で得られた部材について、X線回折により端面の残留応力を測定した。残留応力の測定箇所は、曲げ稜線部の端面の板厚中心であり、X線の照射径は $150\mu\text{m}$ とした。測定方向は、板厚方向に垂直かつ曲げ稜線方向に垂直な方向とした。図3は、曲げ稜線部の端面の拡大図であり、板厚中心C1及び測定方向D2にそれぞれ符号を付して示している。

【0119】

(端面のビッカース硬さの測定)

各製造条件で得られた部材について、ビッカース硬さ試験により端面のビッカース硬さ(HV)を測定した。ビッカース硬さの測定箇所は、曲げ稜線部の端面を曲げ稜線方向D1方向に切断し、鏡面研磨したその断面の板厚中心において、端面から $100\mu\text{m}$ の箇所とした。測定荷重は1kgfとした。

40

【0120】

3. 評価結果

上記評価結果を表5及び表6に示す。

【0121】

【表 5】

No.	鋼種	鋼組織	機械的特性				耐遅れ破壊特性		備考
		※1 (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	端面の 残留応力 (MPa)	端面の 硬さ (HV)	臨界負荷応力 (MPa)	※2	
1	A	93	1386	1490	80	270	1746	1.26	発明例
2		93	1404	1510	150	370	1643	1.17	発明例
3		92	1375	1495	350	470	1444	1.05	比較例
4		92	1392	1513	70	260	1782	1.28	発明例
5		93	1402	1508	50	240	1627	1.16	発明例
6		94	1411	1501	40	180	1496	1.06	比較例
7	B	93	1748	1880	90	250	2133	1.22	発明例
8		95	1777	1870	30	175	1901	1.07	比較例
9		95	1781	1875	140	390	2227	1.25	発明例
10	C	93	1572	1690	100	330	1745	1.11	発明例
11		96	1637	1705	120	390	1850	1.13	発明例
12		94	1607	1710	140	400	1784	1.11	発明例
13		95	1618	1703	120	290	1844	1.14	発明例
14	D	95	1515	1595	550	320	1394	0.92	比較例
15		93	1475	1586	580	360	1239	0.84	比較例
16		93	1481	1592	80	330	1806	1.22	発明例
17		94	1493	1588	50	300	1642	1.10	発明例
18	E	93	1458	1568	80	290	1692	1.16	発明例
19		92	1446	1572	10	175	1388	0.96	比較例
20		95	1500	1579	220	420	1695	1.13	発明例
21		91	1444	1587	100	320	1690	1.17	発明例
22	F	96	1512	1575	130	290	1845	1.22	発明例
23		92	1445	1571	110	350	1749	1.21	発明例
24		96	1511	1574	140	320	1843	1.22	発明例
25		91	1435	1577	90	330	1751	1.22	発明例
26	G	76	1102	1450	130	330	1300	1.18	比較例
27		91	1492	1640	130	280	1746	1.17	発明例
28		93	1665	1790	70	400	1948	1.17	発明例
29		94	1805	1920	120	380	2094	1.16	発明例
30	H	79	1090	1380	100	340	1156	1.06	比較例
31		90	1332	1480	140	260	1532	1.15	発明例
32		92	1398	1520	140	340	1692	1.21	発明例
33		91	1420	1560	140	400	1718	1.21	発明例

※1: 平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するマルテンサイトの1種または2種の合計面積率

※2: 臨界負荷応力/YS

【 0 1 2 2 】

10

20

30

【表 6】

No.	鋼種	鋼組織	機械的特性				耐遅れ破壊特性		備考
		※1 (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	端面の 残留応力 (MPa)	端面の 硬さ (HV)	臨界負荷応力 (MPa)	※2	
34	I	96	1867	1945	130	240	2297	1.23	発明例
35		93	1800	1935	80	290	2033	1.13	発明例
36		94	1805	1920	50	340	2021	1.12	発明例
37		97	1848	1905	90	480	1903	1.03	比較例
38	J	98	1970	2010	80	480	1989	1.01	比較例
39		94	1894	2015	60	380	2292	1.21	発明例
40		98	1965	2005	150	300	2181	1.11	発明例
41		92	1835	1995	140	190	1854	1.01	比較例
42	K	97	1858	1915	80	490	1988	1.07	比較例
43		92	1766	1920	120	430	2155	1.22	発明例
44		94	1803	1918	80	250	2254	1.25	発明例
45		93	1762	1895	90	160	1850	1.05	比較例
46	L	93	1604	1725	50	160	1749	1.09	比較例
47		98	1697	1732	320	460	1833	1.08	比較例
48		92	1590	1728	70	370	2035	1.28	発明例
49		95	1838	1935	510	470	1783	0.97	比較例
50	M	93	1806	1942	160	340	2131	1.18	発明例
51		95	1879	1978	110	300	2386	1.27	発明例
52		97	1930	1990	120	290	2162	1.12	発明例
53	N	92	1827	1986	80	260	2247	1.23	発明例
54		93	1848	1987	20	150	1922	1.04	比較例
55		94	1791	1905	210	460	1934	1.08	比較例
56	O	94	1794	1908	130	400	2278	1.27	発明例
57		95	1811	1906	60	180	1937	1.07	比較例
58		92	1792	1948	110	300	2115	1.18	発明例
59	P	95	1854	1952	50	400	2077	1.12	発明例
60		97	1880	1938	60	470	1823	0.97	比較例
61		97	1715	1768	50	370	2212	1.29	発明例
62	Q	95	1684	1773	100	310	2122	1.26	発明例
63		93	1645	1769	70	270	1925	1.17	発明例
64	R	92	1649	1792	350	480	1698	1.03	比較例
65	S	92	1320	1435	50	260	1663	1.26	比較例
66	T	94	1831	1948	130	460	1886	1.03	比較例
67	U	98	2112	2155	110	460	2260	1.07	比較例
68	V	93	1350	1452	80	330	1715	1.27	比較例
69	W	94	1573	1673	220	500	1667	1.06	比較例
70	X	96	1593	1659	120	460	1704	1.07	比較例
71	Y	91	1521	1671	80	470	1612	1.06	比較例
72	Z	94	1579	1680	60	480	1627	1.03	比較例
73	A	97	1448	1531	160	320	1622	1.12	発明例

※1: 平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するマルテンサイトの1種または2種の合計面積率

※2: 臨界負荷応力/YS

【0123】

本実施例では、TS 1470MPa、かつ、臨界負荷応力 $1.10 \times YS$ の部材を合格とし、表5及び表6に発明例として示した。また、TS < 1470MPa、又は、臨界負荷応力 < $1.10 \times YS$ の部材を不合格とし、表5及び表6に比較例として示した。なお、表5及び表6において、「臨界負荷応力/YS」が1.10以上であることが、臨

10

20

30

40

50

界負荷応力 $1.10 \times YS$ であることを意味する。表5及び表6に示すように、本発明例の部材は、高強度で、かつ耐遅れ破壊特性に優れている。

【0124】

[実施例3]

実施例3では、Sbを含有しない鋼種で部材を製造して評価した。

1. 評価用部材の製造

表7示す成分組成を有し、残部がFe及び不可避免の不純物よりなる鋼を真空溶解炉にて溶製後、分塊圧延し27mm厚の分塊圧延材を得た。得られた分塊圧延材を板厚4.2mm厚まで熱間圧延し、熱延鋼板を製造した。次いで、熱延鋼板を研削加工し、板厚3.2mmにした後、板厚2.4~1.12mmまで冷間圧延し、冷延鋼板を製造した。次いで、上記により得られた冷延鋼板に、表8に示す条件で熱処理を行った(焼鈍工程)。なお、表7の成分組成の空欄は、その成分を意図的に添加していないことを表しており、含有しない(0質量%)場合だけでなく、不可避免に含有する場合も含む。なお、熱間圧延工程、冷間圧延工程、焼鈍工程の各条件の詳細は表8に示す。

【0125】

熱処理後の鋼板を30mm×110mmの小片にせん断し、90°の角度を有するダイスの上に鋼板のサンプルを載せて、90°の角度を有するポンチによって鋼板をプレスすることで、V字曲げ加工を行った。次いで、図2に側面図を示すように、ボルト20、ナット21及びテーパーワッシャー22を用いて、曲げ加工後の鋼板(部材)を、鋼板11の板面の両側からボルト20で締め込んだ。CAE(Computer Aided Engineering)解析によって、負荷応力と締込量の関係を算出し、締込量と臨界負荷応力が一致するようにした。臨界負荷応力は、実施例2に記載の方法で測定した。

【0126】

曲げ加工の後、種々の温度で曲げ稜線部の端面を加熱した。端面処理の各条件は、表8に示す。

【0127】

【表 7】

鋼種	成分組成(質量%)								A _{c3} 点 (°C)
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	その他	
A	0.21	0.20	1.2	0.007	0.0008	0.05	0.0021		813
B	0.17	0.20	2.8	0.008	0.0005	0.08	0.0021		788
C	0.34	0.90	1.1	0.018	0.0002	0.02	0.0043		809
D	0.28	1.15	1.1	0.007	0.0004	0.04	0.0014		838
E	0.29	0.30	1.0	0.007	0.0010	0.08	0.0034		820
F	0.23	0.12	3.2	0.006	0.0007	0.10	0.0046		766
G	0.31	0.40	1.2	0.015	0.0002	0.09	0.0028		821
H	0.22	0.01	2.7	0.016	0.0004	0.04	0.0028	B:0.0020	752
I	0.23	0.30	2.9	0.018	0.0006	0.05	0.0040	Nb:0.0150	763
J	0.24	0.11	2.5	0.007	0.0004	0.04	0.0051	Ti:0.017	758
K	0.28	0.20	1.6	0.009	0.0003	0.10	0.0060	Cu:0.15	808
L	0.22	0.35	2.7	0.009	0.0001	0.06	0.0043	B:0.0025, Ti:0.015, Ni:0.12	776
M	0.23	1.10	2.8	0.009	0.0009	0.04	0.0029	Nb:0.0130, Cr:0.05, Mo:0.05	797
N	0.25	1.00	2.4	0.009	0.0007	0.03	0.0039	Cu:0.13, Cr:0.03, V:0.012	797
O	0.37	0.20	1.2	0.019	0.0002	0.04	0.0021		776
P	0.14	0.90	1.6	0.006	0.0002	0.08	0.0055		862
Q	0.21	2.40	2.8	0.008	0.0010	0.02	0.0028		852
R	0.22	0.12	3.4	0.014	0.0006	0.07	0.0024		750
S	0.26	0.16	0.8	0.008	0.0007	0.06	0.0010		817
T	0.28	0.84	1.4	0.030	0.0004	0.07	0.0058		830
U	0.26	0.07	1.5	0.007	0.0020	0.06	0.0028		792

10

20

【 0 1 2 8 】

【表 8】

No.	鋼種	鑄造	熱間圧延			冷間 圧延	焼鈍					端面処理		備考
		鑄造 速度 (m/分)	※1 (°C)	※2 (°C)	※3 (°C)	圧下率 (%)	焼鈍 温度 (°C)	※4 (°C/秒)	※5 (°C)	保持 温度 (°C)	保持 時間 (秒)	熱処理 温度 (°C)	熱処理 時間 (秒)	
1	A	1.40	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
2		1.60	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
3	B	1.50	1220	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
4		1.50	1200	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
5	C	1.50	1250	840	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
6		1.50	1250	860	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
7	D	1.50	1250	880	600	56	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
8		1.50	1250	880	630	56	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
9	E	1.50	1250	880	550	40	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
10		1.50	1250	880	550	80	880	2060	50	150	500	800	5	発明例
11	F	1.50	1250	880	550	56	800	2060	50	150	500	800	5	発明例
12		1.50	1250	880	550	56	840	2060	50	150	500	800	5	発明例
13	G	1.50	1250	880	550	56	880	5	50	150	500	800	5	発明例
14		1.50	1250	880	550	56	880	20	50	150	500	800	5	発明例
15	H	1.50	1250	880	550	56	880	2060	320	150	500	800	5	発明例
16		1.50	1250	880	550	56	880	2060	250	150	500	800	5	発明例
17	I	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	120	500	800	5	発明例
18		1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	250	500	800	5	発明例
19	J	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	30	800	5	発明例
20		1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	1200	800	5	発明例
21	K	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	420	5	発明例
22		1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	550	5	発明例
23	L	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	2	発明例
24		1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	9	発明例
25	M	1.30	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	8	発明例
26		1.70	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	1	発明例
27	N	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	600	5	発明例
28		1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	900	5	発明例
29	O	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	比較例
30	P	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	比較例
31	Q	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	比較例
32	R	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	比較例
33	S	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	比較例
34	T	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	比較例
35	U	1.50	1250	880	550	56	880	2060	50	150	500	800	5	比較例

※1:スラブ加熱温度、※2:仕上げ圧延終了温度、※3:巻き取り温度

※4:焼鈍温度から550°Cまでの温度域の平均冷却速度、※5:冷却停止温度

【0129】

2. 評価方法

各種製造条件で得られた部材に対して、実施例2と同様に、部材の測定及び評価を行った。

【0130】

3. 評価結果

評価結果を表9に示す。

【0131】

10

20

30

40

【表 9】

No.	鋼種	鋼組織	機械的特性				耐遅れ破壊特性		備考
		※1 (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	端面の 残留応力 (MPa)	端面の 硬さ (HV)	臨界負荷応力 (MPa)	※2	
1	A	98	1495	1526	80	280	1854	1.24	発明例
2		97	1479	1525	100	250	1790	1.21	発明例
3	B	97	1482	1528	90	310	1838	1.24	発明例
4		100	1523	1523	90	330	1889	1.24	発明例
5	C	99	1510	1525	90	260	1902	1.26	発明例
6		98	1496	1527	80	280	1886	1.26	発明例
7	D	98	1466	1496	100	270	1847	1.26	発明例
8		91	1339	1471	100	280	1660	1.24	発明例
9	E	98	1495	1526	80	260	1884	1.26	発明例
10		98	1492	1522	90	260	1864	1.25	発明例
11	F	94	1384	1472	90	280	1716	1.24	発明例
12		97	1467	1512	100	260	1833	1.25	発明例
13	G	93	1373	1476	100	310	1716	1.25	発明例
14		94	1417	1507	80	290	1771	1.25	発明例
15	H	96	1468	1529	90	340	1820	1.24	発明例
16		95	1450	1526	90	320	1812	1.25	発明例
17	I	97	1481	1527	100	340	1851	1.25	発明例
18		99	1512	1527	150	230	1769	1.17	発明例
19	J	100	1522	1522	100	360	1918	1.26	発明例
20		95	1447	1523	100	230	1678	1.16	発明例
21	K	96	1465	1526	270	260	1641	1.12	発明例
22		95	1447	1523	210	260	1693	1.17	発明例
23	L	97	1476	1522	180	320	1727	1.17	発明例
24		97	1478	1524	100	250	1715	1.16	発明例
25	M	100	1527	1527	90	230	1756	1.15	発明例
26		98	1496	1527	210	340	1736	1.16	発明例
27	N	98	1491	1521	160	280	1819	1.22	発明例
28		95	1449	1525	80	230	1710	1.18	発明例
29	O	100	1728	1728	80	480	1780	1.03	比較例
30	P	91	1205	1324	80	180	1578	1.31	比較例
31	Q	100	1522	1522	90	460	1613	1.06	比較例
32	R	100	1629	1629	100	520	1645	1.01	比較例
33	S	92	1142	1241	100	270	1165	1.02	比較例
34	T	100	1521	1521	80	510	1597	1.05	比較例
35	U	95	1447	1523	80	520	1505	1.04	比較例

※1: 平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するベイナイト及び平均粒径が50nm以下の炭化物を含有するマルテンサイトの1種または2種の合計面積率

※2: 臨界負荷応力/YS

【0132】

本実施例では、TS 1470MPa、かつ、臨界負荷応力 $1.10 \times YS$ の部材を合格とし、表9に発明例として示した。また、TS < 1470MPa、又は、臨界負荷応力 < $1.10 \times YS$ の部材を不合格とし、表9に比較例として示した。なお、表9において、「臨界負荷応力/YS」が1.10以上であることが、臨界負荷応力 $1.10 \times YS$ であることを意味する。表9に示すように、本発明例の部材は、高強度で、かつ耐遅れ破壊特性に優れている。

【符号の説明】

【0133】

10

20

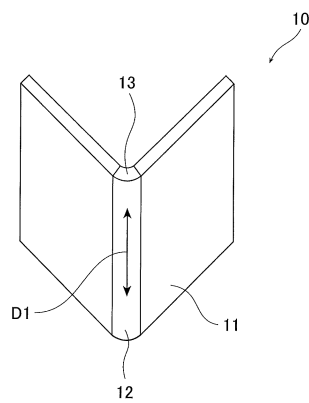
30

40

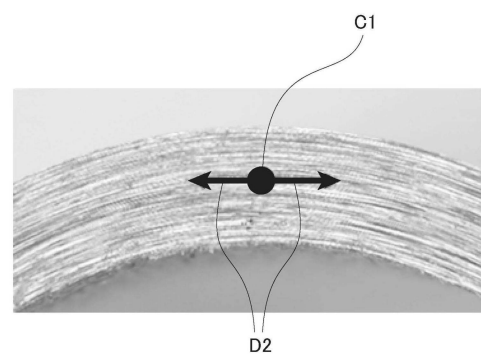
50

- 1 0 高強度部材
- 1 1 鋼板
- 1 2 曲げ稜線部
- 1 3 曲げ稜線部の端面
- 2 0 ボルト
- 2 1 ナット
- 2 2 テーパーワッシャー
- C 1 板厚中心
- D 1 曲げ稜線方向
- D 2 測定方向

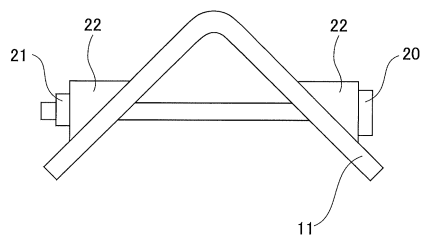
【図 1】



【図 3】



【図 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 2 1 D 1/30 (2006.01) C 2 1 D 1/30
C 2 2 C 38/00 3 0 1 S

(72)発明者 金子 真次郎
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 鈴木 葉子

(56)参考文献 国際公開第2016/152163(WO,A1)
特開2017-125228(JP,A)
特開2017-226901(JP,A)
特開2012-157902(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0060982(US,A1)

(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 9 / 4 6 - 9 / 4 8
B 2 1 D 5 / 0 0 - 9 / 1 8