

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7006848号
(P7006848)

(45)発行日 令和4年1月24日(2022.1.24)

(24)登録日 令和4年1月11日(2022.1.11)

(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	38/00	3 0 1 T
C 2 2 C	38/60	(2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 1 Z
C 2 1 D	9/46	(2006.01)	C 2 2 C	38/06	
			C 2 2 C	38/60	

請求項の数 14 (全20頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-532916(P2021-532916)
 (86)(22)出願日 令和3年2月24日(2021.2.24)
 (86)国際出願番号 PCT/JP2021/006716
 審査請求日 令和3年6月16日(2021.6.16)
 (31)優先権主張番号 特願2020-33057(P2020-33057)
 (32)優先日 令和2年2月28日(2020.2.28)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)
 早期審査対象出願

(73)特許権者 000001258
 J F E スチール株式会社
 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
 (74)代理人 100184859
 弁理士 磯村 哲朗
 (74)代理人 100123386
 弁理士 熊坂 晃
 (74)代理人 100196667
 弁理士 坂井 哲也
 (74)代理人 100130834
 弁理士 森 和弘
 (72)発明者 和田 悠佑
 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
 J F E スチール株式会社内
 (72)発明者 中垣内 達也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 鋼板、部材及びそれらの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量%で、

C : 0 . 0 7 % 以上 0 . 2 5 % 以下、

S i : 0 . 0 1 % 以上 2 . 0 % 以下、

A l : 0 . 0 1 % 以上 2 . 0 % 以下、

S i と A l の合計 : 0 . 7 % 以上 2 . 5 % 以下、

M n : 1 . 9 % 以上 3 . 2 % 以下、

P : 0 . 1 % 以下、

S : 0 . 0 2 % 以下、及び

N : 0 . 0 1 0 % 以下を含有し、残部は F e 及び不可避免的不純物からなる成分組成と、面積率で、フェライト : 2 0 % 以上 6 0 % 以下、ベイナイト及び焼き戻しマルテンサイトの合計 : 2 5 % 以上 6 0 % 以下、残留オーステナイト : 7 % 以上 2 0 % 以下、フレッシュマルテンサイト : 8 % 以上 4 0 % 以下、及び残部 : 5 % 以下である鋼組織と、を有し、前記残留オーステナイト中にセメント粒子が存在し、前記残留オーステナイトの面積率に対する、前記残留オーステナイト中のセメント粒子の面積率の割合が 5 % 以上 2 5 % 以下であり、

引張強度が 9 8 0 M P a 以上である鋼板。

【請求項 2】

前記残留オーステナイト中のセメント粒子の平均長径が 3 0 n m 以上 4 0 0 n m 以下

である請求項 1 に記載の鋼板。

【請求項 3】

前記成分組成がさらに、質量%で、Cr、V、Mo、Ni及びCuのうちから選んだ少なくとも1種を合計で1.0%以下含有する請求項 1 又は請求項 2 に記載の鋼板。

【請求項 4】

前記成分組成がさらに、質量%で、

Ti：0.20%以下及び

Nb：0.20%以下のうちから選んだ少なくとも1種を含有する請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の鋼板。

【請求項 5】

前記成分組成がさらに、質量%で、

B：0.005%以下を含有する請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の鋼板。

【請求項 6】

前記成分組成がさらに、質量%で、

Ca：0.005%以下及び

REM：0.005%以下のうちから選んだ少なくとも1種を含有する請求項 1 から請求項 5 までのいずれか一項に記載の鋼板。

【請求項 7】

前記成分組成がさらに、質量%で、

Sb：0.05%以下及び

Sn：0.05%以下のうちから選んだ少なくとも1種を含有する請求項 1 から請求項 6 までのいずれか一項に記載の鋼板。

【請求項 8】

鋼板表面に溶融亜鉛めっき層又は合金化溶融亜鉛めっき層を有する請求項 1 から請求項 7 までのいずれか一項に記載の鋼板。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 までのいずれか一項に記載の鋼板に対して、成形加工及び溶接の少なくとも一方を施してなる部材。

【請求項 10】

請求項 1、3 から 7 までのいずれか一項に記載の成分組成を有するスラブを熱間圧延及び冷間圧延した後、700 以上950 以下の焼鈍温度で30秒以上1000秒以下保持し、前記焼鈍温度から150 以上420 以下の冷却停止温度まで10 / s以上の平均冷却速度で冷却し、その後、380 以上420 以下の温度域で10秒以上500秒以下の条件で第一保持し、さらに、下記式1から式3を満たす温度X と保持時間Y秒の条件で第二保持する、面積率で、フェライト：20%以上60%以下、ベイナイト及び焼き戻しマルテンサイトの合計：25%以上60%以下、残留オーステナイト：7%以上20%以下、フレッシュマルテンサイト：8%以上40%以下、及び残部：5%以下である鋼組織と、を有し、前記残留オーステナイト中にセメントナイト粒子が存在し、前記残留オーステナイトの面積率に対する、前記残留オーステナイト中のセメントナイト粒子の面積率の割合が5%以上25%以下であり、引張強度が980MPa以上である鋼板の製造方法。

式1：10000 (273 + X) (12 + log Y) 11000

式2：440 X 540

式3：Y 200

【請求項 11】

前記第一保持における保持温度から前記第二保持における前記温度X までの平均昇温速度が、3 / s以上である請求項 10 に記載の鋼板の製造方法。

【請求項 12】

前記第一保持における保持温度から前記第二保持における前記温度X までの平均昇温速度が、10 / s以上である請求項 10 に記載の鋼板の製造方法。

【請求項 13】

10

20

30

40

50

前記第一保持と前記第二保持の間、又は前記第二保持の終了後に、鋼板の表面に溶融亜鉛めっき層又は合金化溶融亜鉛めっき層を形成する請求項 10 から請求項 12 までのいずれか一項に記載の鋼板の製造方法。

【請求項 14】

請求項 10 から請求項 13 までのいずれか一項に記載の鋼板の製造方法によって製造された鋼板に対して、成形加工及び溶接の少なくとも一方を施す工程を有する部材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高強度であり、良好な延性と伸びフランジ性を有し、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制された鋼板、部材及びそれらの製造方法に関するものである。本発明の鋼板は、主に自動車分野で使用される部品用として好適に使用できる。

10

【背景技術】

【0002】

近年、地球環境保全のため自動車の燃費向上が重要な課題となっており、自動車の車体軽量化と耐衝突性能の向上が求められている。上記の要望に応えるため、自動車用鋼板として高強度鋼板の需要が高まっている。しかしながら、一般的に鋼板の高強度化は加工性の低下を招く。このため、高強度と高加工性を両立させた鋼板の開発が望まれている。

【0003】

また、高強度鋼板を自動車部品のような複雑な形状へ成形加工する際には、張り出し部位や伸びフランジ部位で割れやネッキングの発生が大きな問題となる。そのため、割れやネッキングの発生の問題を克服できる伸びと穴拡げ率を共に高めた高強度鋼板も必要とされている。さらに、実際のプレス成型では生産性を向上させるために、高いひずみ速度で鋼板が加工される。したがって、通常の引張試験で評価される低ひずみ速度での伸びに加えて、高ひずみ速度でも伸びが低下しない鋼板が求められる。

20

【0004】

これまでに強度と加工性を共に高めるため、フェライト - マルテンサイト二相鋼 (DP 鋼)、残留オーステナイトの変態誘起塑性を利用した TRIP 鋼など、さまざまな複合組織高強度鋼板が製造されてきた。

【0005】

例えば、特許文献 1 には、多量の Si を添加し、冷延鋼板を二相域での焼鈍後、続いて 300 ~ 450 のベイナイト変態域で保持し、多量の残留オーステナイトを確保することで高延性を達成する高強度鋼板の製造方法が開示されている。

30

【0006】

特許文献 2 には、Si と Mn を多量に添加しつつ組織をフェライトと焼き戻しマルテンサイトとすることで高い穴拡げ率を達成する高強度冷延鋼板の製造方法が開示されている。

【0007】

また、伸びと穴拡げ率をともに高める方法としては、焼き戻しマルテンサイトやベイナイトを導入して組織間の硬度差を緩和する技術が開発されている。例えば、特許文献 3 では、組織をフェライト、焼き戻しマルテンサイト、及び残留オーステナイトとすることで、高い伸びと穴拡げ率を得る技術が開示されている。また、特許文献 4 では、組織をフェライト、ベイナイト、及び残留オーステナイトとすることで、高い伸びと穴拡げ率を得る技術が開示されている。

40

【0008】

また、鋼中に析出する炭化物を制御する方法も有効である。特許文献 5 では、組織をフェライト、低温変態相、及び残留オーステナイトとし、低温変態相中の炭化物の粒径を微細化することで、高い伸びと穴拡げ率を得る技術が開示されている。特許文献 6 では、残留オーステナイトを含有した鋼において焼鈍条件を最適化することで、セメントタイトのサイズと形態を制御して、高い伸びと穴拡げ率を得る技術が開示されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0009】

【文献】特開平2-101117号公報

特開2004-256872号公報

特許第5463685号公報

特許第4894863号公報

特開2008-308717号公報

特許第4903915号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、特許文献1では延性は優れるものの、伸びフランジ性が考慮されていない。特許文献2では伸びフランジ性は優れるものの延性が十分でない。特許文献3、特許文献4、及び特許文献5では高い延性と伸びフランジ性を両立させているが、高ひずみ速度での延性の低下が考慮されていない。特許文献6では高い伸びが得られているが、高ひずみ速度での延性低下は考慮されていない。

【0011】

本発明は、かかる事情に鑑み、高強度であり、良好な延性と伸びフランジ性を有し、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制された鋼板、部材及びそれらの製造方法を提供することを目的とする。

【0012】

なお、本発明でいう高強度とは、JIS5号試験片に加工した試験片に対し、JIS Z 2241(2011)の規定に準拠して、クロスヘッドスピードを10mm/minとして行った引張試験により、引張強度(TS)が980MPa以上であることを指す。

また、良好な延性とは、上記の引張試験により得られる全伸び E_{l1} が18%以上であることを指す。

また、良好な伸びフランジ性とは、100mm×100mmの試験片に対し、日本鉄鋼連盟規格JFST 1001に準拠して60°円錐ポンチを用いて穴拡げ試験を3回行い平均の穴拡げ率が20%以上であることを指す。

また、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制されたとは、JIS5号試験片に加工した試験片に対し、上記引張試験のクロスヘッドスピードを100mm/minに変更して、高速引張試験を行い、上述した通常の引張試験における E_{l1} (全伸び)の測定値に対する高速引張試験における E_{l2} (全伸び)の測定値(E_{l2}/E_{l1})が85%以上であることを指す。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明者らは、良好な延性(伸び)と伸びフランジ性(穴拡げ率)を有しつつ、高ひずみ速度下での延性劣化を抑制した高強度鋼板を製造するため、鋭意検討を重ねた。特に、鋼板を製造する熱履歴において生じるミクロ組織変化を詳細に解析することによって、伸びと穴拡げ率を上昇させるための検討を行った。本発明者らは、検討の過程で、化学成分を適正に調整して得た鋼板に、焼鈍温度から所定の冷却速度で冷却して380以上420以下で第一保持を行い、ベイナイト変態やQ&P(Quench and Partitioning)処理によりオーステナイト中にCを濃化させたのち、440以上540以下の間で所定の条件で第二保持を行った。その結果、残留オーステナイト中にセメントタイト粒子が存在する組織が得られ、良好な延性と伸びフランジ性を有しつつ、高ひずみ速度下での延性劣化を抑制した高強度鋼板が製造可能となることが分かった。

【0014】

一般に、残留オーステナイトを多量に含む鋼では、残留オーステナイトのTRIP効果により、通常の低ひずみ速度での引張試験では非常に高い伸びが得られる。しかし、ひずみの付加により残留オーステナイトが変態して生成する加工誘起マルテンサイトは、Cを多

10

20

30

40

50

量に固溶して非常に硬質である。そのため、組織間の硬度差が大きく、穴拡げ率が低下することが知られている。また、高ひずみ速度での引張試験では、安定な残留オーステナイトがマルテンサイト変態せずに伸びが低下することが知られている。しかし、本発明における成分と組織では、残留オーステナイトを含み良好な延性を有しながら、伸びフランジ性と高ひずみ速度下での延性の劣化が抑制される。その詳細は明らかではないが、第一保持で不可避免的に生成する過度にCが濃化したオーステナイトが、第二保持中に部分的にセメント粒子として析出することによって、穴拡げ率が上昇するためであると考えられる。上述したとおり、第一保持によって不可避免的に生成する過度にCが濃化した残留オーステナイトは、打ち抜き時の大ひずみによって非常に硬いマルテンサイトとなり穴拡げ率を低下させる原因となる。本発明の第二保持によって、過度にCが濃化したオーステナイト中にセメント粒子が析出し、過度にCが濃化したオーステナイトが減少する。つまり、上述した過度にCが濃化した残留オーステナイトよりも相対的にC濃度が低い残留オーステナイトが増加する。これにより、高ひずみ速度下で伸びに寄与する残留オーステナイトが増加し、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制されるためと考えられる。

10

【0015】

本発明は、以上の知見に基づいてなされたものであり、その要旨は以下のとおりである。

[1] 質量%で、

C : 0.07%以上0.25%以下、

Si : 0.01%以上2.0%以下、

Al : 0.01%以上2.0%以下、

SiとAlの合計 : 0.7%以上2.5%以下、

Mn : 1.9%以上3.2%以下、

P : 0.1%以下、

S : 0.02%以下、及び

N : 0.010%以下を含有し、残部はFe及び不可避免的不純物からなる成分組成と、面積率で、フェライト : 20%以上60%以下、ベイナイト及び焼き戻しマルテンサイトの合計 : 25%以上60%以下、残留オーステナイト : 7%以上20%以下、フレッシュマルテンサイト : 8%以上40%以下、及び残部 : 5%以下である鋼組織と、を有し、前記残留オーステナイト中にセメント粒子が存在し、前記残留オーステナイトの面積率に対する、前記残留オーステナイト中のセメント粒子の面積率の割合が5%以上25%以下であり、

20

30

引張強度が980MPa以上である鋼板。

[2] 前記残留オーステナイト中のセメント粒子の平均長径が30nm以上400nm以下である[1]に記載の鋼板。

[3] 前記成分組成がさらに、質量%で、Cr、V、Mo、Ni及びCuのうちから選んだ少なくとも1種を合計で1.0%以下含有する[1]又は[2]に記載の鋼板。

[4] 前記成分組成がさらに、質量%で、

Ti : 0.20%以下及び

Nb : 0.20%以下のうちから選んだ少なくとも1種を含有する[1]から[3]までのいずれか一つに記載の鋼板。

40

[5] 前記成分組成がさらに、質量%で、

B : 0.005%以下を含有する[1]から[4]までのいずれか一つに記載の鋼板。

[6] 前記成分組成がさらに、質量%で、

Ca : 0.005%以下及び

REM : 0.005%以下のうちから選んだ少なくとも1種を含有する[1]から[5]までのいずれか一つに記載の鋼板。

[7] 前記成分組成がさらに、質量%で、

Sb : 0.05%以下及び

Sn : 0.05%以下のうちから選んだ少なくとも1種を含有する[1]から[6]までのいずれか一つに記載の鋼板。

50

[8] 鋼板表面に溶融亜鉛めっき層又は合金化溶融亜鉛めっき層を有する [1] から [7] までのいずれか一つに記載の鋼板。

[9] [1] から [8] までのいずれか一つに記載の鋼板に対して、成形加工及び溶接の少なくとも一方を施してなる部材。

[10] [1]、[3] から [7] までのいずれか一つに記載の成分組成を有するスラブを熱間圧延及び冷間圧延した後、700 以上950 以下の焼鈍温度で30秒以上1000秒以下保持し、前記焼鈍温度から150 以上420 以下の冷却停止温度まで10 / s 以上の平均冷却速度で冷却し、その後、380 以上420 以下の温度域で10秒以上500秒以下の条件で第一保持し、さらに、下記式1から式3を満たす温度X と保持時間Y秒の条件で第二保持する鋼板の製造方法。

式1 : $10000 (273 + X) (12 + \log Y) 11000$

式2 : $440 X 540$

式3 : $Y 200$

[11] 前記第一保持における保持温度から前記第二保持における前記温度X までの平均昇温速度が、3 / s 以上である [10] に記載の鋼板の製造方法。

[12] 前記第一保持における保持温度から前記第二保持における前記温度X までの平均昇温速度が、10 / s 以上である [10] に記載の鋼板の製造方法。

[13] 前記第一保持と前記第二保持の間、又は前記第二保持の終了後に、鋼板の表面に溶融亜鉛めっき層又は合金化溶融亜鉛めっき層を形成する [10] から [12] までのいずれか一つに記載の鋼板の製造方法。

[14] [10] から [13] までのいずれか一つに記載の鋼板の製造方法によって製造された鋼板に対して、成形加工及び溶接の少なくとも一方を施す工程を有する部材の製造方法。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、高強度であり、良好な延性と伸びフランジ性を有し、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制された鋼板が得られる。本発明の鋼板を成形加工や溶接などして部材とし、当該部材を例えば自動車構造部材に適用すれば、車体軽量化による燃費改善を図ることができるため、産業上の利用価値は非常に大きい。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明を具体的に説明する。まず、本発明における鋼の成分組成について説明する。なお、成分の含有量の単位である「%」は、「質量%」を意味する。

【0018】

C : 0.07%以上0.25%以下

Cはオーステナイトを安定化する元素であり、セメンタイト粒子が存在する残留オーステナイトを得るために必須の元素である。またフェライト以外の硬質組織を生成しやすくするため鋼板強度を上昇させるとともに、組織を複合化してTS - ELバランスを向上させるために必要な元素である。C含有量が0.07%未満ではフェライト量が多くなりすぎるため所望の強度が得られなくなる。したがって、C含有量は、0.07%以上であり、好ましくは0.08%以上であり、より好ましくは0.09%以上である。一方、C含有量が0.25%を超えると、強度が著しく上昇して伸びが低下する。したがって、C含有量は0.25%以下であり、好ましくは0.24%以下であり、より好ましくは0.23%以下である。

【0019】

Si : 0.01%以上2.0%以下

Siは、オーステナイト中へのC濃化促進及びセメンタイトなどの炭化物の生成を抑制し、残留オーステナイトの生成を促進する。製鋼での脱珪コストの観点から、Si含有量は0.01%以上とする。一方、Si含有量が2.0%を超えると表面性状や溶接性を劣化するため、Si含有量は2.0%以下とする。Si含有量は、好ましくは1.8%以下で

10

20

30

40

50

ある。

【 0 0 2 0 】

A l : 0 . 0 1 % 以上 2 . 0 % 以下

A l は、オーステナイト中への C 濃化促進及びセメンタイトなどの炭化物の生成を抑制し、残留オーステナイトの生成を促進する。製鋼での脱 A l コストの観点から、A l 含有量は 0 . 0 1 % 以上とする。一方、A l 含有量が 2 . 0 % を超えると連続鋳造時の鋼片割れ発生の危険性が高まる。したがって、A l 含有量は 2 . 0 % 以下であり、好ましくは 1 . 8 % 以下である。

【 0 0 2 1 】

S i と A l の合計 : 0 . 7 % 以上 2 . 5 % 以下

S i と A l はオーステナイト中への C 濃化促進及びセメンタイトなどの炭化物の生成を抑制する。残留オーステナイトを十分量得るために、S i と A l の合計含有量は 0 . 7 % 以上であり、好ましくは 1 . 0 % 以上であり、より好ましくは 1 . 3 % 以上である。一方、製造コストの観点から、S i と A l の合計含有量は、2 . 5 % 以下であり、好ましくは 2 . 2 % 以下であり、より好ましくは 2 . 0 % 以下である。

10

【 0 0 2 2 】

M n : 1 . 9 % 以上 3 . 2 % 以下

M n は焼入れ性を向上させ、焼鈍後の冷却中のフェライト変態やパーライト変態を抑制するために、鋼の強化に有効な元素である。また、M n はオーステナイト安定化元素であり、残留オーステナイトの生成にも寄与する。これらの効果を得るためには、M n 含有量は 1 . 9 % 以上であり、好ましくは 2 . 0 % 以上である。一方、M n 含有量が 3 . 2 % を超えると、フェライト量が減少して強度が過大となり伸びが低下する。したがって、M n 含有量は、3 . 2 % 以下であり、好ましくは 3 . 1 % 以下である。

20

【 0 0 2 3 】

P : 0 . 1 % 以下

P は鋼の強化に有効な元素であるが、0 . 1 % を超えて過剰に添加すると、粒界偏析により脆化を引き起こして、機械的特性が低下する。したがって、P 含有量は 0 . 1 % 以下であり、好ましくは 0 . 0 5 % 以下であり、より好ましくは 0 . 0 2 % 以下である。P 含有量の下限は規定しないが、現在工業的に実施可能な下限は 0 . 0 0 2 % である。

【 0 0 2 4 】

S : 0 . 0 2 % 以下

S は、M n S などの介在物となって、耐衝撃特性の劣化や溶接部のメタルフローに沿った割れの原因になるので極力低い方が良く、製造コストの観点から、S 含有量は 0 . 0 2 % 以下とする。S 含有量は好ましくは 0 . 0 1 % 以下とする。S 含有量の下限は規定しないが、現在工業的に実施可能な下限は 0 . 0 0 0 2 % である。

30

【 0 0 2 5 】

N : 0 . 0 1 0 % 以下

N は、鋼の耐時効性を大きく劣化させる元素であり、少ないほど望ましい。N 含有量が 0 . 0 1 0 % を超えると耐時効性の劣化が顕著となるため、N 含有量は 0 . 0 1 0 % 以下とする。N 含有量の下限は規定しないが、現在工業的に実施可能な下限は 0 . 0 0 0 5 % である。

40

【 0 0 2 6 】

本発明における鋼板は、上記の成分組成を基本成分とし、残部は鉄 (F e) 及び不可避免的不純物を含む成分組成を有する。ここで、本発明の鋼板は、基本成分として上記成分を含有し、残部は鉄及び不可避免的不純物からなる成分組成を有することが好ましい。本発明の鋼板には、所望の特性に応じて、以下に述べる成分 (任意元素) を適宜含有させることができる。なお、以下の成分は、以下で示す上限以下で含有していれば、本発明の効果が得られるため、下限は特に設けない。なお、下記の任意元素を後述する好適な下限値未満で含む場合、当該元素は不可避免的不純物として含まれるものとする。

【 0 0 2 7 】

50

Cr、V、Mo、Ni及びCuのうちから選んだ少なくとも1種を合計で1.0%以下
Cr、V、Mo、Ni及びCuは、焼鈍温度からの冷却時にパーライト変態を抑制し、残留オーステナイトの生成に有効に働く。しかし、Cr、V、Mo、Ni及びCuのうちから選んだ少なくとも1種が合計で1.0%を超えるとその効果は飽和し、コストアップの要因となる。このため、鋼板がこれらの元素の少なくとも1種を含有する場合、これらの元素の合計含有量は1.0%以下である。好ましくは、これらの元素の合計含有量は、0.50%以下であり、より好ましくは0.35%以下である。合計含有量が1.0%以下であれば本発明の効果をえられるので、合計含有量の下限は特に限られない。Cr、V、Mo、Ni及びCuによる残留オーステナイト生成効果をより有効に得るためには、合計含有量を0.005%以上とすることが好ましく、0.02%以上とすることがより好ましい。

10

【0028】

Ti：0.20%以下及びNb：0.20%以下のうちから選んだ少なくとも1種
Ti、Nbは炭窒化物を形成し、鋼を粒子分散強化により高強度化する作用を有する。しかし、Ti、Nbをそれぞれ0.20%を超えて含有しても、過度に高強度化し延性が低下する。そのため、鋼板がTi及びNbの少なくとも1種を含有する場合、それぞれの元素の含有量は0.20%以下である。好ましくは、それぞれの元素の合計含有量は、0.15%以下であり、より好ましくは0.08%以下である。Ti含有量及びNb含有量がそれぞれ0.20%以下であれば、本発明の効果をえられるので、Ti含有量及びNb含有量の下限は特に限られない。TiやNbによる粒子分散強化の効果をより有効に得るには、Ti及びNbの含有量はそれぞれ0.01%以上であることが好ましい。

20

【0029】

B：0.005%以下

Bは粒界偏析しオーステナイト粒界からのフェライトの生成を抑制し強度を上昇させる作用を有する。しかし、Bを0.005%を超えて含有させてもボライドとして析出し、十分な強度を上昇させる効果が得られない。このため、鋼板がBを含有する場合、B含有量は0.005%以下である。好ましくは、B含有量は、0.004%以下であり、より好ましくは0.003%以下である。B含有量が0.005%以下であれば本発明の効果をえられるので、B含有量の下限は特に限られない。Bによる強度上昇の効果をより有効に得るには、B含有量は0.0003%以上であることが好ましい。

30

【0030】

Ca：0.005%以下及びREM：0.005%以下のうちから選んだ少なくとも1種
Ca、REMはいずれも硫化物の形態制御により加工性を改善する効果を有する。しかしながら、過剰な添加は清浄度に悪影響を及ぼす恐れがあるため、鋼板がCa及びREMの少なくとも1種を含有する場合、それぞれの元素の含有量は0.005%以下である。好ましくは、それぞれの元素の合計含有量は、0.004%以下であり、より好ましくは0.003%以下である。Ca含有量及びREM含有量がそれぞれ0.005%以下であれば、本発明の効果をえられるので、Ca含有量及びREM含有量の下限は特に限られない。CaやREMによる加工性を改善させる効果をより有効に得るためには、Ca及びREMの含有量はそれぞれ0.0001%以上であることが好ましい。

40

【0031】

Sb：0.05%以下及びSn：0.05%以下のうちから選んだ少なくとも1種
Sb、Snは脱炭、脱窒、脱硼等を抑制して、鋼の強度低下を抑制する作用を有する。しかしながら、過剰な添加は伸びフランジ性が悪化する可能性があるため、鋼板がSb及びSnの少なくとも1種を含有する場合、それぞれの元素の含有量は0.05%以下である。好ましくは、それぞれの元素の合計含有量は、0.04%以下であり、より好ましくは0.03%以下である。Sb含有量及びSn含有量がそれぞれ0.05%以下であれば本発明の効果をえられるので、Sb含有量及びSn含有量の下限は特に限られない。Sb及びSnによる強度低下を抑制する効果をより有効に得るためには、Sb及びSnの含有量はそれぞれ0.003%以上であることが好ましい。

50

【 0 0 3 2 】

次に鋼板の鋼組織について説明する。

【 0 0 3 3 】

本発明の鋼板は、面積率で、フェライト：20%以上60%以下、ベイナイト及び焼き戻しマルテンサイトの合計：25%以上60%以下、残留オーステナイト：7%以上20%以下、フレッシュマルテンサイト：8%以上40%以下、及び残部：5%以下である鋼組織を有する。また、残留オーステナイト中にセメンタイト粒子が存在し、当該残留オーステナイトの面積率に対する、当該残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の面積率の割合が5%以上25%以下である。

【 0 0 3 4 】

フェライトの面積率：20%以上60%以下

良好な延性を確保するために、比較的軟質なフェライトが面積率で20%以上必要である。フェライトの面積率は、好ましくは25%以上である。一方、強度確保のため、フェライトの面積率は60%以下とする必要がある。フェライトの面積率は、好ましくは55%以下である。

【 0 0 3 5 】

ベイナイト及び焼き戻しマルテンサイトの合計面積率：25%以上60%以下

ベイナイト変態及びマルテンサイトからのC分配によってオーステナイト中にCを濃化させて残留オーステナイトを形成させる。そのため、ベイナイト及び焼き戻しマルテンサイトの合計面積率は25%以上であり、好ましくは27%以上である。一方で、強度を得つつ良好な延性を確保するために、当該面積率は60%以下であり、好ましくは55%以下である。なお、ベイナイト及び焼き戻しマルテンサイトの合計面積率が上記の範囲であればよく、どちらかの面積率が0%であってもよい。

【 0 0 3 6 】

フレッシュマルテンサイトの面積率：8%以上40%以下

本発明の強度を得る観点からフレッシュマルテンサイトの面積率が8%以上必要であり、好ましくは9%以上である。また、フレッシュマルテンサイトの面積率が40%を超えると強度が高くなり、伸びが低下する。そのため、フレッシュマルテンサイトの面積率は40%以下であり、好ましくは35%以下である。

【 0 0 3 7 】

本発明におけるフェライト、ベイナイト、焼き戻しマルテンサイト、フレッシュマルテンサイトの面積率は、ポイントカウンティング法で求められる。鋼板の圧延方向に平行な板厚断面を切出して、200で2時間熱処理を行う。これによってフレッシュマルテンサイトがわずかに焼き戻される。このサンプルの板厚断面(L断面)を研磨後、1体積%ナイトールで腐食し、鋼板表面から1/4厚み位置において、走査電子顕微鏡を用いて15000倍の倍率で2視野観察する。面積率は、観察して得た画像にメッシュを描き、各視野240点のポイントカウンティングを行うことで求めることができる。フェライトは黒色で、ベイナイトは灰色でラス状の形態を有する組織である。焼き戻しマルテンサイトと200で2時間熱処理した後のフレッシュマルテンサイトは、いずれも、ブロックやパケットといった階層構造や析出物が内部に観察される。焼き戻しマルテンサイトの階層構造及び析出物は、200で2時間熱処理した後のフレッシュマルテンサイトのそれらよりも明らかに粗大であるため、焼き戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトは、明確に区別して面積率を求めることができる。なお、セメンタイトを含有した残留オーステナイトは、上記の試料調製条件及び観察条件では、階層構造が相内部に観察されないため、他の組織と区別できる。

【 0 0 3 8 】

残留オーステナイトの面積率：7%以上20%以下

良好な延性を確保するために、残留オーステナイトのTRIP効果を利用する。TRIP効果によって伸びを上昇させるには、残留オーステナイトの面積率を7%以上とする必要がある。残留オーステナイトの面積率は好ましくは8%以上であり、より好ましくは9%

10

20

30

40

50

以上である。また、本発明の強度を得る観点から、残留オーステナイトの面積率は20%以下であり、好ましくは19%以下であり、より好ましくは18%以下である。

本発明では、以下の測定方法で求めた残留オーステナイトの体積率を、残留オーステナイトの面積率とみなしている。鋼板を板厚方向の1/4面まで研磨し、この板厚1/4面に対してX線回折強度を測定することで求めることができる。入射X線にはMo K α 線を使用し、残留オーステナイトの{111}、{200}、{220}、{311}面とフェライトの{110}、{200}、{211}面のピークの積分強度の全ての組み合わせについて強度比を求め、これらの平均値を残留オーステナイトの体積率とする。

【0039】

残留オーステナイトの面積率に対する、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の面積率の割合（残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の面積率/残留オーステナイトの面積率）：5%以上25%以下

残留オーステナイト中にセメンタイト粒子が存在する。本発明でいう「残留オーステナイト中にセメンタイト粒子が存在する」とは、セメンタイトが残留オーステナイトと少なくとも一部の界面を有している状態と定義する。したがって、残留オーステナイトと一部分で界面を有していれば、他の部分がフェライト、ベイナイト、焼き戻しマルテンサイト、フレッシュマルテンサイト等の他の相と界面を有していてもよい。残留オーステナイトがセメンタイト粒子を含有することによって、穴拡げ率を低下させる残留オーステナイト中の固溶C濃度が過度に高い部分が減少し、穴拡げ率を上昇させることができる。このような効果は、残留オーステナイトの面積率に対する、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の面積率の割合が5%以上で得られる。一方、当該割合が25%以上を超えると、残留オーステナイトの安定性が著しく低下するため伸びが低下する。したがって、当該割合は5%以上とし、また、当該割合は25%以下とする。

【0040】

本発明における、残留オーステナイトの面積率に対する、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の面積率の割合は、鋼板の板厚方向の1/4面を観察面とした透過電子顕微鏡観察によって求めている。具体的には、当該割合は、5個の残留オーステナイトを観察し、ポイントカウンティング法によって求めている。透過電子顕微鏡観察用試料は電解研磨法を用いて作製する。透過電子顕微鏡を用いれば、残留オーステナイトを電子回折図形や積層欠陥などの情報から容易に見つけ出すことができる。明視野像は残留オーステナイトを周囲の界面を含むように50000倍で撮影する。得られた画像にメッシュを描き、各視野240点のポイントカウンティングを行い、セメンタイト粒子に該当する交点の個数を残留オーステナイトに該当する交点の個数で除すことで求める。メッシュは、画像に対して縦×横が0.1 μ m×0.1 μ mである格子状とする。セメンタイト粒子の同定は電子回折を用いる。

【0041】

なお、焼き戻しマルテンサイト中にもセメンタイト粒子は存在する。しかし、残留オーステナイト中に存在するセメンタイト粒子と、焼き戻しマルテンサイト中に存在するセメンタイト粒子は、制限視野電子回折図形や下部組織から容易に区別可能である。

【0042】

残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の平均長径：30nm以上400nm以下（好適範囲）

高い穴拡げ率を確保するために、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の平均長径を30nm以上とすることが好ましい。当該平均長径を30nm以上とすると、せん断時に微細なボイドが生成しにくくなり、高い穴拡げ率を得やすくなる。また、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の平均長径を400nm以下とすると、セメンタイト粒子近傍の残留オーステナイト中のC濃度が低下しにくくなり、残留オーステナイトの安定性が高まり、高い伸びを得やすくなる。よって、より良好な伸びを確保するために、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の平均長径を400nm以下とすることが好ましい。なお、セメンタイト粒子の平均長径は、透過電子顕微鏡で残留オーステナイト内部に存在する

10

20

30

40

50

セメンタイト粒子を撮影した像から10個のセメンタイト粒子の最大長さを測定し、その平均値を計算することで求めている。

【0043】

残部：5%以下

フェライト、ベイナイト、焼き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以外の残部は、本発明の効果を得るために5%以下であり、好ましくは4%以下である。残部の組織としては、例えば、焼鈍時に溶け残った炭化物や合金元素による析出物やパーライトを含むことができる。なお、残留オーステナイト中に存在するセメンタイト粒子は、残部に含まれる。

【0044】

本発明の鋼板は、表面に熔融亜鉛めっき層又は合金化熔融亜鉛めっき層を有してもよい。

【0045】

本発明の鋼板の板厚は、本発明の効果の有効に得る観点から、0.2mm以上3.2mm以下であることが好ましい。

【0046】

次に本発明の鋼板の製造方法の一実施形態を説明する。

【0047】

本発明の鋼板の製造方法の一実施形態は、例えば、上記成分組成を有するスラブを熱間圧延及び冷間圧延した鋼板を、700以上950以下の焼鈍温度で30秒以上1000秒以下保持し、焼鈍温度から150以上420以下の冷却停止温度まで10 / s以上の平均冷却速度で冷却し、その後、380以上420以下の温度域で10秒以上500秒以下の条件で第一保持し、さらに、下記式1から式3を満たす温度Xと保持時間Y秒の条件で第二保持する。

式1： $10000(273+X)(12+\log Y) \leq 11000$

式2： $440 \leq X \leq 540$

式3： $Y \leq 200$

【0048】

以下、本発明の鋼板の製造方法の一実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示すスラブ（鋼素材）、鋼板等を加熱又は冷却する際の温度は、特に説明がない限り、スラブ（鋼素材）、鋼板等の表面温度を意味する。

【0049】

上記の成分組成を有する鋼は、通常公知の工程により、溶製した後、分塊又は連続鑄造を経てスラブとし、熱間圧延を経てホットコイルにする。熱間圧延を行う際には、スラブを1100~1300に加熱し、最終仕上げ温度を850以上で熱間圧延を施し、400~750で巻き取ることが好ましい。巻き取り温度が750を超えた場合、熱延鋼板中のセメンタイトなどの炭化物が粗大化することで、冷延後の短時間焼鈍時の均熱中に溶けきらず必要な強度を得ることができない場合がある。その後、通常公知の方法で酸洗、脱脂などの予備処理を行った後に冷間圧延を施す。冷間圧延を行う際には、30%以上の冷間圧下率で冷間圧延を施すことが好ましい。冷間圧下率が低いと、フェライトの再結晶が促進されず、未再結晶フェライトが残存し、延性（伸び）と穴抜け性が低下する場合がある。

【0050】

700以上950以下の焼鈍温度で30秒以上1000秒以下保持

本発明では、700以上950以下の温度域にて、具体的には、オーステナイト単相域、又はオーステナイトとフェライトの2相域で、30秒以上1000秒以下の間焼鈍（保持）する。焼鈍温度が700未満の場合や、保持（焼鈍）時間が30秒未満の場合には、フェライトの再結晶又はオーステナイトへの逆変態が不十分となり、目標とする組織が得られず、強度不足になる場合がある。一方、焼鈍温度が950を超える場合には、オーステナイト粒の成長が著しく、後の冷却によって生じるフェライト変態の核生成サイトの減少を引き起こす場合がある。また、保持（焼鈍）時間が1000秒を超える場合は

10

20

30

40

50

、オーステナイトが粗大化し、また、多大なエネルギー消費にともなうコスト増を引き起こす場合がある。焼鈍温度は、好ましくは750 以上である。また、焼鈍温度は、好ましくは900 以下である。また、当該焼鈍温度での保持時間は、好ましくは40 秒以上である。また、焼鈍温度での保持時間は、好ましくは500 秒以下である。

【0051】

焼鈍温度から150 以上420 以下の冷却停止温度まで10 / s 以上の平均冷却速度で冷却

焼鈍温度からの平均冷却速度が10 / s 未満では多量のフェライトが生成し、十分な強度が得られなくなる。したがって、焼鈍温度からの平均冷却速度は10 / s 以上とする。当該平均冷却速度は、好ましくは15 / s 以上である。平均冷却速度の上限は特に限定されないが、設備投資負担の軽減の観点から、200 / s 以下とすることが好ましい。

10

【0052】

冷却停止温度が420 より高いとベイナイト変態の駆動力が低下するため十分な量の残留オーステナイトが得られない。一方で、冷却停止温度が150 未満となるとマルテンサイト変態が過度に進行し、未変態オーステナイトの量が低下して、続く第一保持を適切に行っても十分な量の残留オーステナイトが得られない。したがって、冷却停止温度は150 以上420 以下である。

【0053】

380 以上420 以下の温度域で10 秒以上500 秒以下の条件で第一保持
この温度域での保持は、本発明において重要な要件の1つである。保持温度が380 未満、保持温度が420 超え、又は保持時間が10 秒未満の場合、ベイナイト変態による未変態オーステナイトへのC濃化又はマルテンサイトからの未変態オーステナイトへのC分配が促進されない。そのため、十分な量の残留オーステナイト量が得られず、高い伸びが得られない。また、保持時間が500 秒超えの場合、パーライト変態が生じ、残留オーステナイトの面積率が低下するため高い伸びが得られない。

20

【0054】

下記式1 から式3 を満たす温度X と保持時間Y 秒の条件で第二保持

$$\text{式1: } 10000 < (273 + X)(12 + \log Y) < 11000$$

$$\text{式2: } 440 < X < 540$$

$$\text{式3: } Y > 200$$

30

上記条件を満たす温度域での保持も、本発明において重要な要件の1つである。第二保持によって、第一保持で生じた過度にCが濃化したオーステナイトにおいてセメンタイト粒子が析出する。これによって、穴拡げ率を上昇させるとともに、高ひずみ速度下での伸びの低下を抑制することができる。このような過度にCが濃化したオーステナイトからセメンタイト粒子が析出することについては、従来ほとんど調査されていない。この析出現象について鋭意検討を重ねたところ、温度と時間に依存する式1のパラメータ「 $(273 + X)(12 + \log Y)$ 」が10000 以上11000 以下を満たすとき、残留オーステナイトの面積率が7% 以上で、かつ残留オーステナイト中にセメンタイト粒子を適正に存在させることができるという知見を得た。「 $(273 + X)(12 + \log Y)$ 」は、マルテンサイト鋼の焼き戻しパラメータにおいて定数を12 と設定したパラメータであり、第二保持における温度X と保持時間Y 秒に依存する。 $X < 440$ 又は $(273 + X)(12 + \log Y) < 10000$ の場合、セメンタイト粒子の析出が不十分で、過度にCが濃化した残留オーステナイトが残存し、穴拡げ率の低下や高ひずみ速度下での伸び低下を引き起こす。一方で、 $540 < X$ 又は $11000 < (273 + X)(12 + \log Y)$ の場合、セメンタイト粒子が過度に析出したり、パーライト変態によって残留オーステナイト量が顕著に減少するため高い伸びが得られない。Y > 200 の場合、析出したセメンタイトが粗大化したりパーライト変態が生じたりすることで伸びが低下する。したがって、上記式1 から式3 を満たす温度X と保持時間Y 秒の条件で第二保持する必要がある。

40

【0055】

第一保持における保持温度から第二保持における温度X までの平均昇温速度が3 / s

50

以上（好適範囲）

第一保持における保持温度から第二保持における温度 X までの平均昇温速度が 3 / s 以上であると、セメント粒子が均一に析出しやすくなり、高い伸びが得られやすくなる。したがって、当該平均昇温速度は 3 / s 以上が好ましい。当該平均昇温速度は、より好ましくは 10 / s 以上である。当該平均昇温速度は、さらに好ましくは 20 / s 以上である。また、当該平均昇温速度の上限は特に限定されないが、設備投資負担の軽減の観点から、200 / s 以下が好ましい。

【0056】

熔融亜鉛めっき層又は合金化熔融亜鉛めっき層の形成

第一保持と第二保持の間（第一保持の終了後でかつ第二保持の開始前）、又は第二保持の終了後に、鋼板の表面に熔融亜鉛めっき層又は合金化熔融亜鉛めっき層を形成してもよい。鋼板の表面に熔融亜鉛めっき層を形成する場合には、第一保持と第二保持の間、又は第二保持の終了後に、鋼板を通常の浴温のめっき浴中に浸入させてめっき処理を行い、ガスワイピングなどで付着量を調整する。めっき浴温に際しては、特にその条件を限定する必要はないが、450 ~ 500 の範囲が好ましい。鋼板の表面に合金化熔融亜鉛めっき層を形成する場合には、熔融亜鉛めっき層を形成した後、当該熔融亜鉛めっき層に合金化処理を施し、合金化熔融亜鉛めっき層を形成する。

10

【0057】

鋼板には、実使用時の防錆能向上を目的として、上記のとおり、表面に熔融亜鉛めっき処理を施してもよい。その場合、プレス性、スポット溶接性及び塗料密着性を確保するために、めっき後に熱処理を施してめっき層中に鋼板の Fe を拡散させた、合金化熔融亜鉛めっきが多く使用される。

20

【0058】

なお、本発明の製造方法における一連の熱処理において、上述した温度範囲内であれば保持温度は一定である必要はなく、また冷却速度が冷却中に変化した場合においても規定した範囲内であれば本発明の趣旨を損なわない。また、熱履歴さえ満足されれば、鋼板はいかなる設備で熱処理を施されてもかまわない。加えて、熱処理後に形状矯正のため本発明の鋼板に調質圧延をすることも本発明の範囲に含まれる。

【0059】

次に、本発明の部材及びその製造方法について説明する。

30

【0060】

本発明の部材は、本発明の鋼板に対して、成形加工及び溶接の少なくとも一方を施してなるものである。また、本発明の部材の製造方法は、本発明の鋼板の製造方法によって製造された鋼板に対して、成形加工及び溶接の少なくとも一方を施す工程を有する。

【0061】

本発明の鋼板は、高強度であり、良好な延性と伸びフランジ性を有し、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制されている。そのため、本発明の鋼板を用いて得た部材は、高強度であり、張り出し部位や伸びフランジ部位で割れやネッキングの発生が極めて少ない。したがって、本発明の部材は、鋼板を複雑な形状に成形加工して得られる部品等に好適に使用できる。本発明の部材は、例えば、自動車部品に好適に用いることができる。

40

【0062】

成形加工は、プレス加工等の一般的な加工方法を制限なく用いることができる。また、溶接は、スポット溶接、アーク溶接等の一般的な溶接を制限なく用いることができる。

【実施例】

【0063】

本発明を、実施例を参照しながら具体的に説明する。本発明の範囲は以下の実施例に限定されない。

【0064】

[実施例1]

表1に示す成分組成からなる鋼を真空溶解炉で溶製し、1250 の温度にて1時間加熱

50

保持し、仕上げ圧延温度 900 以上で板厚 4.0 mm まで圧延した。熱間圧延後の鋼板を 500 で1時間保持した後、炉冷した。なお、熱間圧延後の鋼板を 500 で1時間保持した後、炉冷する処理は、熱間圧延後の鋼板を 500 にて巻き取る処理と等価な処理である。次いで、得られた熱延鋼板を酸洗した後、板厚 1.4 mm まで冷間圧延を行った。次いで、冷間圧延後の冷延鋼板を、表 2 に示す条件で処理し、鋼板を製造した。

【 0 0 6 5 】

【表 1】

鋼種	化学成分(質量%)														備考						
	C	Si	Al	※1	Mn	P	S	N	Cr	V	Mo	Ni	Cu	Nb		Ti	B	Ca	REM	Sb	Sn
A	0.182	1.54	0.03	0.03	2.31	0.009	0.0008	0.0028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	0.128	1.51	0.06	1.57	2.68	0.011	0.0015	0.0022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	0.085	1.48	0.04	1.52	2.62	0.011	0.0014	0.0028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	0.231	1.37	0.25	1.62	2.05	0.010	0.0008	0.0036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	0.062	1.51	0.04	1.55	2.23	0.008	0.0011	0.0031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	0.274	1.25	0.04	1.29	2.11	0.009	0.0013	0.0027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	0.185	1.84	0.04	1.88	2.08	0.011	0.0009	0.0031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	0.201	0.72	1.69	2.41	2.55	0.009	0.0012	0.0033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	0.210	0.84	0.19	1.03	2.44	0.011	0.0008	0.0032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	0.188	0.61	0.03	0.64	2.18	0.012	0.0013	0.0035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	0.211	1.72	0.03	0.03	1.75	0.011	0.0021	0.0036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	0.188	1.50	0.03	1.53	1.79	0.009	0.0011	0.0033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	0.181	0.75	0.76	1.51	3.02	0.008	0.0008	0.0031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	0.200	1.43	0.03	1.46	3.35	0.010	0.0011	0.0033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	0.205	1.45	0.04	1.49	2.11	0.008	0.0010	0.0031	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	0.177	1.55	0.03	1.58	2.33	0.011	0.0009	0.0026	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q	0.185	1.51	0.03	1.54	2.20	0.009	0.0009	0.0025	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	0.131	1.50	0.04	1.54	2.71	0.009	0.0010	0.0021	-	-	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	0.174	1.52	0.03	1.55	2.14	0.011	0.0010	0.0034	-	-	-	0.1	0.05	0.03	0.02	-	-	-	-	-	-
T	0.180	1.53	0.04	1.57	2.26	0.009	0.0008	0.0022	-	-	-	-	-	0.02	0.0021	-	-	-	-	-	-
U	0.178	1.56	0.03	1.59	2.18	0.011	0.0010	0.0033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	0.185	1.51	0.04	1.55	2.20	0.012	0.0013	0.0033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	-	-
W	0.210	1.48	0.03	1.51	2.11	0.012	0.0032	0.0035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-
X	0.185	1.54	0.04	1.58	2.31	0.011	0.0029	0.0033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y	0.180	1.38	0.05	1.43	2.10	0.009	0.0014	0.0035	-	-	-	-	-	0.01	0.02	0.0015	-	-	-	-	-
Z	0.211	1.46	0.04	1.50	2.25	0.010	0.0016	0.0041	-	0.02	0.10	-	-	-	0.02	0.0020	-	-	-	0.01	-

※1: Si, Alの合計
・上記以外の残部はFe及び不可避免的不純物である。

【 0 0 6 6 】

10

20

30

40

50

【表 2】

No	鋼種	焼鈍温度 (°C)	保持時間 (s)	※1 (°C/s)	※2 (°C)	第一保持		第二保持		※3	※4 (°C/s)	種類	めっき処理	備考
						保持温度 (°C)	保持時間 (s)	保持温度 X (°C)	保持時間 Y (s)					
1	A	810	95	28	210	400	40	490	25	10223	30	GA	※5	本発明例
2	A	685	95	25	250	400	40	490	25	10223	30	GA	※5	比較例
3	A	830	15	25	250	400	40	490	25	10223	30	CR	-	比較例
4	A	790	95	4	200	420	50	510	25	10491	20	CR	-	比較例
5	A	810	120	25	200	410	5	500	30	10418	30	CR	-	比較例
6	A	800	100	20	200	400	30	530	300	11625	15	CR	-	比較例
7	A	810	100	30	50	400	30	500	30	10418	30	CR	-	比較例
8	A	820	100	30	470	470	30	530	20	10681	30	CR	-	比較例
9	B	820	100	26	250	390	70	490	30	10283	30	GA	※5	本発明例
10	B	810	150	20	300	500	100	500	40	10514	30	CR	-	比較例
11	B	810	150	20	200	415	1500	530	40	10922	30	CR	-	比較例
12	B	820	100	30	200	400	60	550	15	10844	15	CR	-	比較例
13	B	820	150	20	250	400	90	400	30	9070	30	CR	-	比較例
14	B	820	150	20	350	330	50	500	30	10418	30	CR	-	比較例
15	B	810	150	25	200	400	30	530	120	11306	30	CR	-	比較例
16	B	810	150	30	200	400	40	450	15	9526	15	GA	※5	比較例
17	C	800	150	30	250	410	100	485	25	10156	15	GI	※6	本発明例
18	D	790	90	20	200	410	50	485	25	10156	15	GI	※6	本発明例
19	E	800	90	25	350	400	50	500	20	10282	15	CR	-	比較例
20	F	810	100	25	250	400	60	500	25	10357	50	CR	-	比較例
21	G	830	100	25	250	400	60	490	100	10682	50	GA	※5	本発明例
22	H	850	100	15	250	400	100	480	25	10089	50	CR	-	本発明例
23	I	790	150	20	200	410	60	480	30	10148	30	CR	-	本発明例
24	J	790	150	30	200	410	60	480	30	10148	15	CR	-	比較例
25	K	820	90	50	300	400	30	490	30	10283	30	CR	-	本発明例
26	L	820	100	30	250	400	60	530	20	10681	15	CR	-	比較例
27	M	820	150	25	200	400	120	475	30	10081	50	CR	-	本発明例
28	N	800	150	25	250	400	60	500	30	10418	50	CR	-	比較例
29	O	800	100	25	250	400	50	520	20	10548	30	CR	-	本発明例
30	P	820	100	25	250	410	100	500	45	10554	5	CR	-	本発明例
31	Q	790	100	30	200	400	60	520	20	10548	30	CR	-	本発明例
32	R	800	100	25	250	400	60	510	50	10726	15	CR	-	本発明例
33	S	800	100	25	200	400	50	480	30	10148	15	CR	-	本発明例
34	T	800	100	25	200	400	50	510	30	10553	30	CR	-	本発明例
35	U	800	100	25	200	410	100	510	25	10491	50	CR	-	本発明例
36	V	800	100	20	200	390	100	510	25	10491	50	GI	※6	本発明例
37	W	800	100	20	200	400	100	510	25	10491	30	GA	※6	本発明例
38	X	810	100	30	200	400	45	500	30	10418	25	GI	※6	本発明例
39	Y	820	180	30	210	400	45	500	30	10418	6	GA	※5	本発明例
40	Z	815	180	30	210	400	45	500	30	10418	6	GA	※5	本発明例
41	A	810	180	30	200	400	45	500	30	10418	6	GA	※5	本発明例
42	A	810	180	30	200	400	45	500	30	10418	2	GA	※5	本発明例

※1: 焼鈍温度から冷却停止温度までの平均冷却速度
 ※2: 冷却停止温度
 ※3: $(273+X)(12+\log Y)$
 ※4: 第一保持における保持温度から、第二保持における温度X°Cまでの平均昇温速度
 ※5: 第一保持と第二保持の間でめっき処理
 ※6: 第二保持の終了後にめっき処理
 CR: 冷延鋼板、GI: 溶融亜鉛めっき鋼板、GA: 合金化溶融亜鉛めっき鋼板

10

20

30

【 0 0 6 7 】

< 組織の評価 >

(フェライト、ベイナイト、焼き戻しマルテンサイト、フレッシュマルテンサイトの面積率)

フェライト、ベイナイト、焼き戻しマルテンサイト、フレッシュマルテンサイトの面積率を、ポイントカウンティング法で求めた。上述の方法で製造した各鋼板から鋼板の圧延方向に平行な板厚断面を切出して、200で2時間熱処理を行った。これによってフレッシュマルテンサイトがわずかに焼き戻された。このサンプルの板厚断面(L断面)を研磨後、1体積%ナイトールで腐食し、鋼板表面から1/4厚み位置において、走査電子顕微鏡を用いて1500倍の倍率で2視野観察した。面積率は、観察して得た画像にメッシュを描き、各視野240点のポイントカウンティングを行うことで求めた。フェライトは黒色で、ベイナイトは灰色でラス状の形態を有する組織である。焼き戻しマルテンサイトと200で2時間熱処理した後のフレッシュマルテンサイトは、いずれも、ブロックやパケットといった階層構造や析出物が内部に観察された。焼き戻しマルテンサイトの階層構造及び析出物は、200で2時間熱処理した後のフレッシュマルテンサイトのそれらよりも明らかに粗大であるため、焼き戻しマルテンサイトとフレッシュマルテンサイトは、明確に区別して面積率を求めることができる。なお、セメントイトを含有した残留オーステナイトは、上記の試料調製条件及び観察条件では、階層構造が相内部に観察されないのので、他の組織と区別できる。

40

50

【 0 0 6 8 】

(残留オーステナイトの面積率)

以下の測定方法で求めた残留オーステナイトの体積率を、残留オーステナイトの面積率とみなした。残留オーステナイトの体積率は、上述の方法で製造した各鋼板を板厚方向の 1 / 4 面まで研磨し、この板厚 1 / 4 面に対して X 線回折強度を測定して求めた。入射 X 線には Mo K 線を使用し、残留オーステナイトの { 1 1 1 }、{ 2 0 0 }、{ 2 2 0 }、{ 3 1 1 } 面とフェライトの { 1 1 0 }、{ 2 0 0 }、{ 2 1 1 } 面のピークの積分強度の全ての組み合わせについて強度比を求め、これらの平均値を残留オーステナイトの体積率とした。

【 0 0 6 9 】

(フェライト、ベイナイト、焼き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以外の残部の面積率)

残部の面積率は、100%から上述した方法で算出したフェライト、ベイナイト、焼き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各面積率を引くことによって算出した。

【 0 0 7 0 】

(残留オーステナイトの面積率に対する、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の面積率の割合)

上述の方法で製造した各鋼板を板厚方向の 1 / 4 面を観察面とした透過電子顕微鏡観察によって、5 個の残留オーステナイトを観察した。ポイントカウンティング法によって、残留オーステナイトの面積率に対する、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の面積率の割合を求めた。透過電子顕微鏡観察用試料は電解研磨法を用いて作製した。明視野像は残留オーステナイトを周囲の界面を含むように 5 0 0 0 0 倍で撮影した。得られた画像にメッシュを描き、各視野 2 4 0 点のポイントカウンティングを行い、セメンタイト粒子に該当する交点の個数を残留オーステナイトに該当する交点の個数で除すことでセメンタイト粒子の面積率を求めた。メッシュは、画像に対して縦×横が 0 . 1 μ m × 0 . 1 μ m である格子状とした。セメンタイト粒子の同定は電子回折を用いた。

【 0 0 7 1 】

(残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の平均長径)

残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の平均長径は、上述した透過電子顕微鏡で残留オーステナイト内部に存在するセメンタイト粒子を撮影した像から、10 個のセメンタイト粒子の最大長さを測定し、その平均値を計算することで求めた。

【 0 0 7 2 】

なお、残留オーステナイトの面積率が 7 % 未満のサンプルに対しては、透過電子顕微鏡によるセメンタイト粒子の面積率や平均長径の測定は行っていない。

【 0 0 7 3 】

< 引張特性 >

引張試験を行い、TS (引張強度)、E l 1 (全伸び) を測定した。引張試験は、J I S 5 号試験片に加工した試験片に対して、J I S Z 2 2 4 1 (2 0 1 1) の規定に準拠して、クロスヘッドスピードを 1 0 m m / m i n で行った。なお、本発明では、引張強度が 9 8 0 M P a 以上で、E l 1 1 8 (%) の場合を延性が良好であると判定した。

【 0 0 7 4 】

< 伸びフランジ性 >

伸びフランジ性は穴拡げ試験で評価した。1 0 0 m m × 1 0 0 m m の試験片を採取し、日本鉄鋼連盟規格 J F S T 1 0 0 1 に準拠して 6 0 ° 円錐ポンチを用いて穴拡げ試験を 3 回行って平均の穴拡げ率 (%) を求めた。なお、本発明では、2 0 (%) を伸びフランジ性が良好であると判定した。

【 0 0 7 5 】

< 高ひずみ速度での伸び >

高速引張試験を行い、E l 2 (全伸び) を測定した。高速引張試験は、J I S 5 号試験片

10

20

30

40

50

に加工した試験片に対して、上記引張試験のクロスヘッドスピードを100mm/minに変更して行った。なお、本発明では、上述した通常の引張試験におけるE1₁(全伸び)の測定値に対する高速引張試験におけるE1₂(全伸び)の測定値が85%以上の場合を良好と判定した。つまり、E1₂/E1₁が0.85以上を、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制されていると評価した。

【0076】

【表3】

No	鋼種	鋼板組織の面積率					※6 (%)	※7 (nm)	引張特性		λ (%)	E ₁₂ (%)	E ₁₂ /E ₁₁	備考
		※1 (%)	※2 (%)	※3 (%)	※4 (%)	※5 (%)			TS (MPa)	E ₁₁ (%)				
1	A	44	30	12	12	2	12	150	1037	22.1	23	20.2	0.91	本発明例
2	A	68	27	2	1	2	-	-	875	21.1	24	19.2	0.91	比較例
3	A	65	22	7	2	4	-	-	890	20.3	21	18.7	0.92	比較例
4	A	67	10	16	5	2	-	-	945	18.1	24	17.2	0.95	比較例
5	A	46	29	18	4	3	-	-	1080	16.4	22	15.0	0.91	比較例
6	A	45	29	15	3	8	-	-	990	17.0	28	15.9	0.94	比較例
7	A	45	50	1	2	2	-	-	945	17.3	31	15.8	0.91	比較例
8	A	45	4	49	2	0	-	-	1103	12.4	14	11.2	0.90	比較例
9	B	48	28	13	9	2	11	223	1081	19.1	39	17.0	0.89	本発明例
10	B	46	25	22	3	4	-	-	1098	15.2	28	14.1	0.93	比較例
11	B	50	36	5	3	6	-	-	1025	16.0	24	14.5	0.91	比較例
12	B	46	29	13	9	3	28	350	1011	16.6	24	15.8	0.95	比較例
13	B	47	29	9	14	1	2	18	1029	20.8	22	16.7	0.80	比較例
14	B	45	32	17	4	2	-	-	1082	17.1	23	15.2	0.89	比較例
15	B	44	30	16	3	7	-	-	1077	16.7	23	15.9	0.95	比較例
16	B	42	28	15	14	1	1	62	1019	20.1	18	15.9	0.79	比較例
17	C	31	45	13	9	2	12	67	994	18.9	25	17.9	0.95	本発明例
18	D	24	45	13	15	3	16	409	1125	18.5	24	16.7	0.90	本発明例
19	E	68	18	11	3	0	-	-	802	24.2	40	22.3	0.92	比較例
20	F	3	64	21	10	2	18	150	1211	11.3	14	10.2	0.90	比較例
21	G	48	29	12	9	2	12	45	1062	19.5	23	17.6	0.90	本発明例
22	H	31	42	12	12	3	17	132	984	19.1	25	17.8	0.93	本発明例
23	I	40	35	15	8	2	22	205	998	19.5	28	17.9	0.92	本発明例
24	J	29	52	12	3	4	-	-	1002	15.2	35	14.8	0.97	比較例
25	K	48	30	11	9	2	21	235	992	20.3	24	18.7	0.92	本発明例
26	L	64	18	8	8	2	15	65	854	24.2	30	22.2	0.92	比較例
27	M	24	44	17	13	2	9	58	1104	19.0	23	17.5	0.92	本発明例
28	N	0	67	18	12	3	21	102	1254	12.6	25	11.1	0.88	比較例
29	O	42	30	14	12	2	12	145	1070	20.8	23	18.5	0.89	本発明例
30	P	32	41	12	13	2	10	285	1102	20.6	21	18.8	0.91	本発明例
31	Q	41	33	12	12	2	13	78	1045	21.0	23	18.5	0.88	本発明例
32	R	38	32	16	11	3	22	135	1005	18.9	28	16.8	0.89	本発明例
33	S	42	31	12	13	2	9	56	1039	21.2	24	19.5	0.92	本発明例
34	T	42	34	11	10	3	17	206	1024	18.6	23	16.6	0.89	本発明例
35	U	44	29	12	13	2	14	156	989	19.8	23	17.6	0.89	本発明例
36	V	42	29	15	12	2	15	150	1013	20.1	24	17.9	0.89	本発明例
37	W	42	30	14	12	2	10	95	1047	20.7	22	18.0	0.87	本発明例
38	X	39	33	15	11	2	12	58	1024	19.3	24	17.0	0.88	本発明例
39	Y	46	29	12	12	1	14	225	1021	18.4	27	17.5	0.95	本発明例
40	Z	42	35	12	10	1	15	251	997	18.5	22	16.9	0.91	本発明例
41	A	42	32	12	12	2	15	165	1025	20.6	23	17.9	0.87	本発明例
42	A	46	30	10	12	2	20	500	998	19.0	25	16.9	0.89	本発明例

※1:フェライトの面積率

※2:ベイナイト及び焼き戻しマルテンサイトの合計面積率

※3:フレッシュマルテンサイトの面積率

※4:残留オーステナイトの面積率

※5:残部の面積率

※6:残留オーステナイトの面積率に対する、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の面積率の割合

※7:残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の平均長径

-は残留オーステナイトの面積率が7%未満であり透過電子顕微鏡によるセメンタイト粒子の面積率や平均長径の測定は行っていないことを意味する。

E₁₁:通常引張試験での全伸び

E₁₂:高ひずみ速度での全伸び

E₁₂/E₁₁:通常引張試験での全伸び(E₁₁)に対する高速引張試験での全伸び(E₁₂)

【0077】

本発明例の鋼板は、TSが980MPa以上と高強度であり、良好な延性と伸びフランジ性を有し、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制されている。一方、比較例の鋼板は、これ

10

20

30

40

50

らの項目のうち少なくとも1つが本発明例に対して劣っている。

【0078】

[実施例2]

実施例1の表3のNo. 1の鋼板を、プレス加工により成形加工して、本発明例の部材を製造した。さらに、実施例1の表3のNo. 1の鋼板と、実施例1の表3のNo. 9の鋼板とをスポット溶接により接合し、本発明例の部材を製造した。本発明例の部材は、高強度であり、張り出し部位や伸びフランジ部位で割れやネッキングの発生が極めて少なく、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制されるため、自動車部品等に好適に用いることができることを確認できた。

10

20

30

40

50

【要約】

高強度であり、良好な延性と伸びフランジ性を有し、高ひずみ速度下での延性劣化が抑制された鋼板、当該鋼板により得られる部材、及びそれらの製造方法を提供することを目的とする。

本発明の鋼板は、特定の成分組成と、面積率で、フェライト：20%以上60%以下、ベイナイト及び焼き戻しマルテンサイトの合計：25%以上60%以下、残留オーステナイト：7%以上20%以下、フレッシュマルテンサイト：8%以上40%以下、及び残部：5%以下である鋼組織と、を有し、残留オーステナイト中にセメンタイト粒子が存在し、残留オーステナイトの面積率に対する、残留オーステナイト中のセメンタイト粒子の面積率の割合が5%以上25%以下であり、引張強度が980MPa以上である。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

C 2 1 D	9/46	G
C 2 1 D	9/46	J

東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社内

(72)発明者 寺嶋 聖太郎

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

(72)発明者 楊 靈玲

東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社内

(72)発明者 横田 毅

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 毅

(56)参考文献

国際公開第 2 0 1 7 / 1 7 9 3 7 2 (W O , A 1)

国際公開第 2 0 1 1 / 0 9 3 3 1 9 (W O , A 1)

国際公開第 2 0 1 2 / 1 1 8 0 8 1 (W O , A 1)

国際公開第 2 0 1 8 / 1 2 2 6 7 9 (W O , A 1)

国際公開第 2 0 0 9 / 0 9 6 3 4 4 (W O , A 1)

国際公開第 2 0 0 6 / 0 3 8 7 0 8 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 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