

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5388589号
(P5388589)

(45) 発行日 平成26年1月15日(2014.1.15)

(24) 登録日 平成25年10月18日(2013.10.18)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 C 38/00	(2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 2 H
C 2 2 C 38/58	(2006.01)	C 2 2 C 38/58	
C 2 1 D 9/46	(2006.01)	C 2 1 D 9/46	R

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2009-6046 (P2009-6046)	(73) 特許権者	503378420 新日鐵住金ステンレス株式会社 東京都千代田区大手町二丁目6番1号
(22) 出願日	平成21年1月14日(2009.1.14)	(74) 代理人	100105441 弁理士 田中 久喬
(65) 公開番号	特開2009-197326 (P2009-197326A)	(74) 代理人	100107892 弁理士 内藤 俊太
(43) 公開日	平成21年9月3日(2009.9.3)	(72) 発明者	濱田 純一 東京都千代田区大手町二丁目6番1号 新日鐵住金ステンレス株式会社内
審査請求日	平成23年9月7日(2011.9.7)	(72) 発明者	梶村 治彦 東京都千代田区大手町二丁目6番1号 新日鐵住金ステンレス株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2008-11984 (P2008-11984)		
(32) 優先日	平成20年1月22日(2008.1.22)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加工性と衝撃吸収特性に優れた構造部材用フェライト・オーステナイト系ステンレス鋼板およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%にて、

C : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 1 %、

N : 0 . 0 1 ~ 0 . 1 5 %、

S i : 0 . 0 1 ~ 2 %、

M n : 0 . 1 ~ 1 0 %、

P : 0 . 0 5 % 以下、

S : 0 . 0 1 % 以下、

N i : 0 . 5 ~ 5 %、

C r : 1 0 ~ 2 5 %、

C u : 0 . 5 ~ 5 %、

残部が F e および不可避的不純物からなり、残部が F e および不可避的不純物からなり、オーステナイト相が10%以上62%以下、残部フェライト母相からなるミクロ組織とし、静的引張試験において30%歪みまでの加工硬化率が1000MPa以上、10%変形時の静動差が150MPa以上であることを特徴とする加工性と衝撃吸収特性に優れた構造部材用フェライト・オーステナイト系ステンレス鋼板。

【請求項2】

質量%にて、T i : 0 . 5 % 以下、N b : 0 . 5 % 以下、V : 0 . 5 % 以下を1種または2種以上含有することを特徴とする請求項1記載の加工性と衝撃吸収特性に優れた構造

部材用フェライト・オーステナイト系ステンレス鋼板。

【請求項 3】

質量%にて、Mo：2%以下、Al：5%以下、B：0.0030%以下を1種または2種以上含有することを特徴とする請求項1または2記載の加工性と衝撃吸収特性に優れた構造部材用フェライト・オーステナイト系ステンレス鋼板。

【請求項 4】

質量%にて、Ca：0.01%以下、Mg：0.01%以下を1種または2種以上含有することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の衝撃吸収特性に優れた加工性と衝撃吸収特性に優れた構造部材用フェライト・オーステナイト系ステンレス鋼板。

【請求項 5】

静的引張試験における耐力と引張強度の平均値が500MPa以上で、破断伸びが40%以上であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の加工性と衝撃吸収特性に優れた構造部材用フェライト・オーステナイト系ステンレス鋼板。

【請求項 6】

冷延板焼鈍工程において、保定温度を950～1150とし、400までの冷却速度を3/sec以上とすることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の加工性と衝撃吸収特性に優れた構造部材用フェライト・オーステナイト系ステンレス鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主として強度や衝撃吸収性能が必要な構造用部材として使用されるステンレス鋼板およびその製造方法に関するもので、特に自動車、バスのフロントサイドメンバー、ピラー、バンパーなどの衝撃吸収部材並びに足回り部材、鉄道車両の車体、自転車のリムなどの構造部材用鋼板およびその製造方法に関わるものである。

【背景技術】

【0002】

近年、環境問題の観点から、自動車、二輪車、バス、鉄道車両などの輸送機器の燃費向上が必須課題になってきている。その解決手段の一つとして、車体の軽量化が積極的に推進されている。車体の軽量化は、部材を形成する素材の軽量化、具体的には素材板厚の薄手化に依るものが大きいですが、素材板厚を薄くすると剛性や衝突安全性能が低下してしまう。衝突安全性向上の対策としては、部材を構成する材料の高強度化が有効であり、普通鋼の成分である高強度鋼板が自動車の衝撃吸収部材に適用されている。しかしながら、普通鋼は耐食性能が低いいため、重塗装することが前提となっており、塗装しない、もしくは軽塗装部材には適用出来なかつたり、重塗装によるコストアップが必須であった。一方、Crを含有するステンレス鋼を適用した場合、普通鋼に比べて大幅に耐食性が優位であるため、錆代低減による軽量化、塗装省略化が期待される。更に、衝突安全性向上に対しては、例えば車両の衝突を考えた場合、車両フレームに高い衝撃吸収能を有する材料を適用すれば、部材が圧壊変形することで衝撃を吸収し、車両内の人員に与える衝撃を緩和することが出来る。即ち、車体軽量化による燃費向上、塗装簡略化、安全性の向上などのメリットが大きくなる。

【0003】

耐食性が要求される車両部材、例えば鉄道車両の構造部材としては、耐食性に優れたSUS301LやSUS304などの延性が高く、成型性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼板が一般的に使用されている。特許文献1には、主として鉄道車両および一般車両の構造部材や補強材に使用することを目的として、高歪み速度での衝撃吸収能に優れたオーステナイト系ステンレス鋼が開示されている。これは、Niを6～8%含有し、オーステナイト組織を有する素材において、変形時に加工誘起マルテンサイト相が生成することで高速変形において高強度化するものである。しかしながら、Niを多量に含有するためコスト高となる課題や成分系や使用環境によっては応力腐食割れや時効割れが問題になる

10

20

30

40

50

場合があり、汎用的な構造体としては必ずしも十分ではなかった。

【0004】

焼き入れにより高強度化するマルテンサイト系ステンレス鋼板（例えばSUS420）は、Niを含有しないオーステナイト系ステンレス鋼に比べて低Ni成分であり、コスト的には有利であるが、延性が著しく低く、溶接部靱性が著しく低い問題がある。自動車、バス、鉄道車両は溶接構造が多いため、溶接部靱性が低い場合、構造物としての信頼性が大きく低下してしまう。フェライト系ステンレス鋼板（例えばSUS430）もコスト的にはオーステナイト系ステンレス鋼よりもコスト的には有利であるが、強度が低いため強度が要求される部材には不適であり、高速で変形する際の衝撃吸収エネルギーが低い問題から、衝突安全性能を向上させることは不可能であった。即ち、特に母相をフェライト相とする高強度ステンレス鋼について、車両衝突時の高歪み速度領域での動的変形特性は殆ど解明されていないため、衝撃を吸収する部材にステンレス鋼を適用は困難な状況であった。更に、マルテンサイト系ステンレス鋼、フェライト系ステンレス鋼の成型性は、オーステナイト系ステンレス鋼に比べて伸びの点で著しく低く、固溶強化や析出強化（粒子分散強化）などの手段を利用して高強度化しても、構造部材への成型が出来ないという大きな課題があった。

10

【0005】

他方、発明者は、特許文献2において、Niを節減するとともにフェライト相を母相とし、主な第2相としてマルテンサイト相を5%以上存在させた衝撃吸収特性に優れた構造部材用ステンレス鋼に関する技術を開示した。これは本発明と類似の発明であるが、第2相が主にマルテンサイト相であり、後述する歪み誘起塑性が生じないため加工性（伸び、加工硬化特性）が著しく低く、部材成型性に問題があった。また、特許文献3、4には、成型性に優れたオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼に関する技術が開示されている。これは、オーステナイト相の体積分率やオーステナイト相の成分分配を考慮し、変形時にオーステナイト相を加工誘起マルテンサイト相に変態させる、いわゆる歪み誘起塑性を発現させ、高延性を発現させる技術である。しかしながら、構造部材として適用する場合には、加工硬化特性が部材成型において重要であるとともに、構造部材としては強度や衝撃吸収性能が重要であるのに対して、特許文献3、4の技術は十分なものでは無かった。

20

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2002-20843号公報

【特許文献2】特開2008-163359号公報

【特許文献3】特開2006-169622号公報

【特許文献4】特開2006-183129号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記の様に、特にフェライト相を母相とするステンレス鋼板において、部材への成形性（特に伸び）を確保しつつ、高強度化して衝突安全性能を確保するための高速変形時の衝撃吸収エネルギーを向上させる技術は皆無であった。この様なことから、本発明は高強度で高速変形時の衝撃吸収特性に優れ、かつ成型性にも優れたフェライト相を母相とするステンレス鋼板およびその製造方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明者らはフェライト相を母相とするステンレス鋼について、高速変形を受けた際の変形機構、低速引張変形を受ける場合の伸びに関する金属組織的研究を実施した。そして、フェライト母相に第2相としてオーステナイト相を形成させ、かつ変形時にオーステナイト相の歪み誘起によるマルテンサイト変態を生じさせて、

50

高強度化、高速変形時の衝撃吸収エネルギー向上、部材成形時の伸びの向上を並立させる技術を見出した。具体的には、一般的なオーステナイト系ステンレス鋼よりも低いNi量でフェライト相を母相とする鋼成分において元素量を調整してオーステナイト相が準安定な二相ステンレス鋼とすることにより、変形中にオーステナイト相がマルテンサイト相に変態する歪み誘起変態によって、静的変形時の加工硬化率や破断伸びをフェライト系ステンレス鋼よりも向上させる。また、静的変形時の強度、加工硬化率の上昇および歪み誘起変態を利用して、動的変形時の変形抵抗を上昇させて衝撃吸収エネルギーを増大させることである。これにより、本発明鋼を特に自動車、バス、鉄道車両、自転車などの車両構造部品の素材とすることにより、衝突時の衝撃を吸収し、かつ車体崩壊を最小限にして乗員の安全性を飛躍的に向上させるとともに、オーステナイト系ステンレス鋼よりも低コスト

10

【0009】

(1) 質量%にて、
 C : 0.001 ~ 0.1%、
 N : 0.01 ~ 0.15%、
 Si : 0.01 ~ 2%、
 Mn : 0.1 ~ 10%、
 P : 0.05%以下、
 S : 0.01%以下、
 Ni : 0.5 ~ 5%、
 Cr : 10 ~ 25%、
 Cu : 0.5 ~ 5%、

20

残部がFeおよび不可避免的不純物からなり、オーステナイト相が10%以上62%以下、残部フェライト母相からなるミクロ組織とし、静的引張試験において30%歪みまでの加工硬化率が1000MPa以上、10%変形時の静動差が150MPa以上であることを特徴とする加工性と衝撃吸収特性に優れた構造部材用フェライト・オーステナイト系ステンレス鋼板。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば特にNiを多量に添加せずとも、第2相であるオーステナイト相の歪み誘起変態を生じさせることにより、オーステナイト系ステンレス鋼に匹敵する衝撃吸収特性に優れたフェライト・オーステナイト系ステンレス鋼板を提供することができる。また、加工性についても伸びに優れており、高強度(高衝撃吸収特性) - 高成型性ステンレス鋼として、特に自動車、バス、鉄道等の運輸に関わる構造部材に適用することにより、軽量化による環境対策、衝突安全性向上など社会的寄与は格段に大きい。

30

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】 動的引張試験における応力 - 歪み曲線を示す図である。

【図2】 オーステナイト相率と静動差の関係を示す図である。

【図3】 静的引張試験における応力 - 歪み曲線を示す図である。

40

【図4】 静的引張試験における真歪みと加工硬化率の関係を示す図である。

【図5】 静的引張強度((YS + TS) / 2)と静動差の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に本発明の成分の限定理由について説明する。なお、成分についての%は質量%を意味する。

【0013】

Cはオーステナイト相を残留させ、変形時の歪み誘起変態を生じさせるために必要な元素で、0.001%以上とする。一方、過度な含有は成形性と耐食性を劣化させるとともに、硬質なマルテンサイト相が生成し、製造性を劣化させるために、上限を0.1%とす

50

る。更に製造性や加工性を考慮すると、0.005～0.05%が望ましい。

【0014】

Nはオーステナイト相を残留させ、変形時の歪み誘起変態を生じさせるために必要であるとともに、高強度化や耐食性の向上に有効で、0.01%以上含有させる。一方、0.15%超の含有は熱間加工性が著しく劣化し、製造性に問題が生じるため、上限を0.15%とする。更に耐食性や製造性を考慮すると、0.05～0.13%が望ましい。

【0015】

Siは脱酸元素であるとともに、固溶強化元素で高強度化に有効な元素であるため0.01%以上含有させる。一方、2%超の含有は急激に延性を低下させるため、上限を2%とする。更に、耐食性や製造性を考慮すると、0.05～0.5%が望ましい。

10

【0016】

Mnは脱酸元素であるとともに、固溶強化元素である他、低Ni成分にてオーステナイト相の安定度を上げるために0.1%以上含有させる。10%超の添加により耐食性が劣化するため、上限を10%とする。更に、製造性やコストを考慮すると、1～6%が望ましい。

【0017】

Pは加工性、耐食性、製造性等を劣化させるため低いほど望ましいので上限を0.05%とする。一方、Pを低減するには精錬コストが増加するため、下限を0.01%とするのが好適である。加工性を考慮すると、0.01～0.03%が望ましい。

【0018】

SはMnと結合して耐食性を劣化させるため、低いほど望ましいので上限を0.01%とする。一方、Sを低減するには精錬コストが増加するため、下限を0.0001%とするのが好適である。製造コストを考慮すると、0.0005～0.009%が望ましい。

20

【0019】

Crは耐食性の観点から添加されるが、オーステナイト相の歪み誘起塑性を生じさせるためには10%以上必要である。一方、25%超の添加は靱性が著しく低下し、製造性を劣化させたり、溶接部の衝撃特性が劣化するため、10～25%とした。更に、製造コストや耐錆性を考慮すると13～23%が望ましい。

【0020】

Niは製品にオーステナイト相を残留させる成分であるが、成分コストとフェライト・オーステナイト相の2相組織とするために5%を上限とする。0.5%未満になると靱性低下や耐食性が劣化するため、0.5～3%が望ましい。

30

【0021】

CuもNi同様、製品にオーステナイト相を残留させる成分であるが、成分コストとフェライト・オーステナイト相の2相組織とするために5%を上限とする。0.5%未満になると靱性低下や耐食性が劣化するため、0.5～3%が望ましい。

【0022】

本発明では、上記に述べた成分を基本成分として含有するが、以下に述べる成分を選択的に含有させることができる。

【0023】

Ti、NbおよびVは、C、Nと結合しCr炭窒化物の生成を防止し、溶接部の粒界腐食を抑制するため、必要に応じて添加する。但し、フェライト生成元素であり、過度な添加はオーステナイト相が生成しなくなる他、延性を低下させるため、上限をそれぞれ0.5%とした。なお、それぞれが0.05%未満になるとC、Nの固定が不十分になることがあるため、望ましくは0.05～0.3%が良い。

40

【0024】

Moは耐食性を向上させ、固溶強化元素であり、使用環境による耐食性レベルに応じて適宜添加すれば良い。過度な添加は加工性の劣化やコスト増になるため、上限を2%とした。なお、0.3%未満になると耐食性低下が生じることがあるため、望ましくは、0.3～1.8%が良い。

50

【 0 0 2 5 】

A l は脱酸元素として添加される他、窒化物を形成し加工性を向上させたり、固溶強化による高強度化、耐酸化性の向上に有効な元素である。過度な添加は、表面疵の発生や溶接性の劣化をもたらすために上限を5%とした。なお、0.02%未満では、脱酸時間が延びて生産性が低下することがあるため、望ましくは、0.02~1%が良い。

【 0 0 2 6 】

B は高強度化に有効な元素である他、2次加工割れを抑制する元素である。過度な添加は、溶接部の耐食性の劣化やコスト増につながるため、上限を0.0030%とした。なお、0.0003%未満では、2次加工割れ抑制効果が少なくなることがあるため、望ましくは0.0003~0.0010%が良い。

10

【 0 0 2 7 】

C a はSを固定し熱間加工性を向上させるために添加される場合がある。一方、0.01%超の添加は耐食性を劣化させるために、上限を0.01%とする。なお、0.0005%未満では、S固定が不十分になることがあるため、製造性の観点から0.0005~0.001%が望ましい。

【 0 0 2 8 】

M g は脱酸元素として添加する場合や、フェライト粒の微細化による製造性の向上、リジングと呼ばれる表面欠陥の改善、溶接部の加工性向上に寄与する。一方、0.01%超の添加は耐食性が著しく劣化することから0.01%を上限とする。なお、0.0003%未満では、組織制御が不十分であることがあるため0.0003%以上とする。製造性を考慮すると、0.0003~0.002%が望ましい。

20

【 0 0 2 9 】

本発明においては、部材への成形性に加えて、高速で衝撃を受ける際の衝撃吸収エネルギーがポイントである。車体衝突時の衝撃は、構造部材に加えられるため、部材を形成する材料の衝撃吸収能力が重要である。これまで、部材成形性及び高歪み速度での衝撃吸収エネルギー、変形応力の上昇を考慮したフェライト相を母相とする高強度ステンレス鋼の提供は試みが無く、従って、車両設計までなされていない状態であった。車両用の構造部材は、ハット型成形品に代表される角形断面が大半で、このような高速圧壊変形における吸収エネルギーは、10%までの歪み域で吸収される(「自動車材料の高速変形に関する研究会成果報告書(平成13年3月)」日本鉄鋼協会編、p12)。また、車両衝突時の歪み速度は $10^3 / \text{sec}$ という極めて高歪み速度に対応する。これらより、高速変形特性評価として、 $10^3 / \text{sec}$ で引張試験を行い、動的引張試験とした。この際、10%歪みまでの吸収エネルギーを応力、歪みから求めた。何%の歪みまでの吸収エネルギーを指標とするかは部材形状に依存するが、上記の「自動車材料の高速変形に関する研究会成果報告書(平成13年3月)」日本鉄鋼協会編、p12に記載されている様に、自動車のフロントサイドメンバー等の部位では、10%歪みまでの吸収エネルギーが妥当とされている。また、動的引張試験における耐力を求め、動的耐力を得た。一方、通常の引張試験(歪み速度 $10^{-3} \sim 10^{-2} / \text{sec}$)で得られる耐力を求め、静的耐力とした。

30

【 0 0 3 0 】

既存鋼 [S U S 4 3 0 (0 . 0 5 % C - 0 . 3 % S i - 0 . 5 % M n - 0 . 0 3 % P - 0 . 0 0 5 % S - 1 6 % C r - 0 . 1 % N i - 0 . 0 3 % C u - 0 . 0 3 % N) 、 S U S 3 1 6 (0 . 0 5 % C - 0 . 5 % S i - 0 . 9 % M n - 0 . 0 2 % P - 0 . 0 0 1 % S - 1 2 . 5 % N i - 1 6 . 8 % C r - 2 . 5 % M o - 0 . 3 % C u - 0 . 0 3 % N) 、 S U S 3 0 1 L (0 . 0 2 % C - 0 . 6 % S i - 1 . 1 % M n - 0 . 0 3 % P - 0 . 0 0 1 % S - 7 . 1 % N i - 1 7 . 5 % C r - 0 . 2 % C u - 0 . 1 3 % N) など] に加えて、0.01% C - 0.1% Si - 0.03% P - 0.002% S - 21% Cr - 0.5% Cu 鋼で Mn、Ni および N 量を変化させてオーステナイト相率を変化させた場合の静動差の結果を 図2 に示す。静動差は、加工硬化の変形速度依存性を示す指標であり、動的引張試験における10%歪み時の応力値と静的引張試験における10%歪み時の応力値の差、即ちここでは ($10^3 / \text{sec}$ の歪み速度で動的引張試験をした際の10%歪み時の応力)

40

50

- ($10^{-3} \sim 10^{-2} / \text{sec}$ の歪み速度で静的引張試験をした際の10%歪み時の応力)である。静動差は、自動車の衝突の様な高速で変形した際にどれ位硬化するかを示すため、この値は大きい値ほど衝撃吸収構造用部材として好ましい。オーステナイト相率が少ないと変形中の歪み誘起変態量が少なくなるため、静的および動的変形中の応力の上昇が少なく、10%未満では静動差が150MPa未満となる。よって、製品のオーステナイト相の比率を10%以上とした。上限は特に制限されず、全てオーステナイト相であっても良く、上限を定めることなく、本発明の効果を得ることが出来るので、上限値は定めない。尚、延性の観点からオーステナイト相の上限は90%が望ましい。

【0031】

図1に既存のステンレス鋼と本発明鋼(0.01% C - 0.1% Si - 3% Mn - 0.03% P - 0.002% S - 21% Cr - 2% Ni - 0.5% Cu - 0.1% N)の動的引張試験時の応力 - 歪み曲線を示す。いずれも1.5mm厚の冷延・焼鈍板(焼鈍条件は、後述)で、歪速度 $10^3 / \text{sec}$ で圧延方向に高速引張試験をした結果である。これより、フェライト系ステンレス鋼であるSUS430に比べて、オーステナイト系ステンレス鋼の方が高速変形時の応力は高く、オーステナイト系ステンレス鋼においては、歪み誘起変態が生じるSUS301Lの方が歪み誘起変態が生じ難いSUS316よりも応力が高い。これに対して、本発明鋼は既存鋼で最も優れた衝撃吸収特性を示すSUS301Lよりも低歪み域(~30%程度)の応力は高く、極めて衝撃吸収能力が高い。応力が高いということは、衝撃吸収値が高くなるため、衝撃吸収特性に優れる。

【0032】

表1に示す様にSUS301Lの静動差を基準として150MPa以上と規定し、歪み誘起によるマルテンサイト相を活用した従来の鋼では到達出来なかった高強度 - 高静動差を有する鋼を提供することを可能とした。尚、上限は特に定めることなく、高ければ高い方が好ましい。

【0033】

10

20

【表 1】

鋼	母相	第2相 (オーステナイト相) の比率 %	静的引張試験における耐力 (YP) MPa	静的引張試験における引張強度 (TS) MPa	(YP+TS) / 2 MPa	静的引張試験における破断伸び %	静的引張試験における30%歪までの加工硬化率 MPa	静的引張試験における10%歪時の応力 MPa	動的引張試験における10%歪時の応力 MPa	10%歪形時の静動差 MPa	動的引張試験における10%歪形時のエネルギー MJ/m ³	静的引張試験後の加工誘起マルテンサイト量 %
本発明鋼	フェライト	45	442	724	583	45	1150	624	800	176	65	10
SUS301L	オーステナイト	—	377	727	552	56	1640	550	714	164	50	40
SUS316	オーステナイト	—	306	622	464	37	1120	500	627	127	46	0.3
SUS430	フェライト	0	342	480	411	30	0	473	569	96	45	0

【0034】

図3に静的引張試験における応力 - 歪み曲線を示す。静的引張試験は、JIS Z 2241に準拠して行った。本発明鋼は破断伸び40%を示しているとともに、フェライト系ス

10

20

30

40

50

テンレス鋼である SUS 430 に比べて加工硬化率が高いことがわかる。

図 4 に歪みと加工硬化率の関係を示す。横軸は真歪み () で、縦軸の d / d_0 は、真応力の変化率を示しており、加工硬化率に対応するため、構造部材としては高い方がよい。これより、本発明鋼はフェライト系ステンレス鋼よりも高加工硬化特性を示す。また、静的変形時は高歪み域で加工硬化率が上昇しており、オーステナイト相が加工誘起変態をおこして、歪み誘起塑性が生じていることがわかる。静的引張試験において歪み範囲により加工硬化率は変化するが、30%歪みまでの範囲で加工硬化率の最小値が1000MPa以上あれば、大幅に加工硬化特性が改善され、高速変形時の高強度化に有効であることから、加工硬化率の下限を1000MPaとしたが、高めれば高い方が好ましい。

【0035】

高強度化による衝撃吸収特性の向上には、耐力、引張強度の高強度化が有効であるが、耐力だけの増加や引張強度だけの増加では、高速変形時の応力が上昇しない場合がある。10%歪みの静動差を上昇させるためには、塑性変形過程の応力を全体的に向上させるのが望ましい。本発明では、静的引張試験における耐力 (Y P) と引張強度 (T S) の平均値で塑性変形時の応力を代用し、これが500MPa以上とするのが好ましく、高めれば高い方がよい。表1の本発明は $(Y P + T S) / 2$ が583MPaと高い値を示す。既存鋼 (SUS 430、SUS 316、SUS 301L など) に加えて、0.01% C - 0.1% Si - 0.03% P - 0.002% S - 21% Cr - 0.5% Cu 鋼で Mn、Ni および N 量を変化させてオーステナイト相率を変化させた場合の $(Y P + T S) / 2$ と静動差の関係を図5に示す。 $(Y P + T S) / 2$ が500MPa以上において静動差が150MPaとなることから、静的引張試験における $(Y P + T S) / 2$ を500MPa以上とすることが好ましい。本発明では、母相をフェライト相とし、第2相としてオーステナイト相が生成した複相組織であるため、フェライト系ステンレス鋼よりも高耐力を示すことに加え、部材への加工時にオーステナイト相が歪み誘起変態により硬質なマルテンサイト相に変態することで加工硬化率が著しく上昇し、引張強度が向上する。高速変形時には低歪み域で歪み誘起マルテンサイト相が生じることで転位の移動を妨げ、応力が高くなる。本発明の鋼はフェライト相 + オーステナイト相の2相化に加え、変形時の歪み誘起変態により、高強度・高衝撃吸収特性を得ることが出来る。

【0036】

高強度化に伴い静的変形時の伸びが低下すると、構造部材への成型が困難になる。前述の如く、本発明鋼は変形時の加工誘起マルテンサイト変態による歪み誘起塑性が生じるため、高強度・高衝撃吸収性能が優れると共に、静的変形時の破断伸びが高い。車体構造は種々複雑であるが、伸び (破断伸び) 40%以上あれば加工上問題が無い。表1に示す様に、本発明鋼は静的引張試験において体積率で10%の歪み誘起マルテンサイト相が生成しており、伸びも45%と高い。

【0037】

本発明のステンレス鋼板は、通常の工程にて製造されるが、冷延板焼鈍工程において、保定温度を950 ~ 1150 以上とし、400 までの冷却速度を3 / sec 以上とする。加熱後の保定温度は、オーステナイト相を10%以上生成させる温度で保定すれば良いが、950 未満ではCr炭窒化物や 相と呼ばれる金属間化合物が析出し、耐食性や靱性を劣化させるため、下限を950 とした。また、1150 超の場合、オーステナイト相が10%未満になるとともにフェライト相が粗大化し、成型性や靱性を著しく低下するため、上限を1150 とした。また、保定後の冷却については、400 までの冷却速度が3 / sec 未満では、上記の炭窒化物や金属間化合物が生成するとともに、オーステナイト相中への炭素、窒素などの元素が拡散して歪み誘起変態が生じず、優れた加工性や衝撃吸収性能が得られない場合がある。よって、400 までの冷却速度を3 / sec 以上とする。製造性や鋼板形状を考慮すると、保定温度は1000 ~ 1100、400 までの冷却速度の上限は50 / sec が望ましい。

【実施例】

【0038】

以下に、本発明を実施例により具体的に説明する。表2に示す化学組成の鋼を溶製してスラブに鑄造し、スラブを熱間圧延した後、焼鈍・酸洗を施し、1.5mm厚まで冷間圧延し、焼鈍(前記の条件)・酸洗を施して製品板とした。このようにして得られた製品板に対して、上記の静的引張試験と動的引張試験を行った。また、金属組織については、板厚中心層近傍の組織をエッチングにより現出させ、第2相であるオーステナイト相の相率については画像解析装置で生成比率を求めた。表3に製造条件および製品板の性質等を示した。なお、表2、表3に示す下線部は本発明範囲外であることを示している。

【0039】

表2、表3から明らかなように、本発明の鋼は静的引張試験における耐力と引張強度の平均値が500MPa以上と高く、静動差が150MPa以上あり、衝撃吸収特性に優れている。また、静的引張試験における破断伸びが40%と延性に優れており、真歪み30%までの加工硬化率が1000MPa以上と加工硬化特性にも優れている。一方比較鋼については、鋼No.14のSUS301Lは加工性や衝撃吸収特性に優れているが高Ni成分であり、製造コストや鋼材コストが高くなる。No.15はSUS304で、No.16はSUS316であるが、高Niでコスト高であるとともに、10%変形時の静動差が低い。No.17はSUS430でNiやCuが範囲外でありオーステナイト相が生じないため、伸びや静動差が著しく低い。No.18は、Cが上限外れで高強度材であるが、伸びと加工硬化率が低く、静動差も低い。No.19、23、29、25は、成分が本発明範囲から外れるため、オーステナイト相率が10%未満であり、伸びや静動差が低い。No.18、20、21は、それぞれC、Si、Crが上限外れで、伸びと加工硬化率が著しく低い。No.21はMnが下限外れで、伸びと加工硬化率が著しく低い。No.24はCuが下限外れで、高速変形時の強度上昇が低くなり、静動差が低い。No.26、27、28、30はそれぞれNb、V、Mo、Bが過剰に添加されており、伸びや静動差が低い。No.31、32は、成分は本発明範囲内であるが、冷延板焼鈍温度と冷却速度が発明範囲外であり、強度低下が生じて静動差が低くなる。

【0040】

なお、本発明における鋼板の製造方法について、熱延条件や熱延板厚、熱延板および冷延板焼鈍雰囲気などは(冷延板焼鈍は前記の範囲で)適宜選択すれば良い。冷延におけるパススケジュールや冷延率、ロール径についても特別な設備を必要とせず、既設設備を効率的に使用すれば良い。また、冷延・焼鈍後に調質圧延やテンションレベラーを付与しても構わない。更に、製品板厚についても、要求部材厚に応じて選択すれば良い。

【0041】

10

20

30

【表 2】

	No.	化 学 成 分 (mass%)																
		C	N	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti	Nb	V	Mo	Al	B	Ca	Mg
本 発 明 例	1	0.012	0.10	0.1	2.9	0.03	0.0020	20.9	2.1	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0.020	0.13	0.5	4.9	0.02	0.0052	19.5	0.6	0.6	—	—	—	—	0.02	—	—	—
	3	0.050	0.15	0.2	2.5	0.03	0.0083	20.3	0.6	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	0.025	0.12	1.8	5.0	0.03	0.0010	17.2	0.8	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	5	0.015	0.11	0.2	3.3	0.03	0.0032	20.5	1.9	0.7	0.06	—	—	—	—	—	—	—
	6	0.020	0.13	1.8	3.5	0.02	0.0041	13.5	0.8	0.5	0.2	0.3	0.5	—	0.10	0.0005	—	—
	7	0.050	0.04	0.3	5.8	0.01	0.0009	11.2	0.9	0.7	—	0.3	0.5	—	1.2	—	—	—
	8	0.020	0.15	0.9	4.6	0.02	0.0046	13.2	0.6	0.6	0.1	0.3	0.1	—	0.9	—	—	—
	9	0.010	0.10	0.1	2.9	0.03	0.0023	20.9	2.1	0.5	—	—	—	—	0.02	0.0008	—	—
	10	0.010	0.14	0.1	3.0	0.03	0.0034	20.5	1.9	0.6	—	—	0.08	0.35	0.02	0.0008	0.0010	—
	11	0.015	0.13	0.2	3.1	0.03	0.0023	20.5	1.9	0.6	—	—	—	—	0.03	—	0.0009	—
	12	0.025	0.09	0.6	5.5	0.01	0.0036	18.8	1.1	0.4	0.09	—	—	—	0.02	—	—	0.0010
	13	0.020	0.09	0.2	4.2	0.02	0.0010	20.5	1.0	1.4	—	—	0.05	1.20	0.03	0.0005	0.0008	0.0009
比 較 例	14	0.020	0.11	0.5	1.0	0.03	0.0025	17.3	<u>7.4</u>	<u>0.2</u>	—	—	0.08	—	—	—	—	—
	15	0.055	0.04	0.4	1.1	0.02	0.0051	18.1	<u>8.1</u>	<u>0.1</u>	—	—	0.05	—	0.02	—	—	—
	16	0.048	0.03	0.5	0.9	0.02	0.0010	16.8	<u>12.5</u>	<u>0.3</u>	—	—	0.05	<u>2.6</u>	0.01	—	—	—
	17	0.057	0.03	0.5	0.2	0.02	0.0050	16.2	<u>0.1</u>	<u>0.01</u>	—	—	0.10	—	0.03	—	—	—
	18	<u>0.150</u>	0.10	0.2	2.5	0.03	0.0025	19.9	2.5	0.6	—	—	—	—	0.05	—	—	—
	19	0.006	<u>0.009</u>	0.1	0.1	0.03	0.0010	18.0	3.0	0.5	0.2	—	0.05	—	0.03	—	—	—
	20	0.015	0.15	<u>1.3</u>	3.5	0.03	0.0035	21.5	1.2	0.5	—	—	—	—	0.05	—	—	—
	21	0.020	0.15	0.5	<u>0.05</u>	0.03	0.0063	20.4	0.6	0.5	—	—	—	—	0.05	—	—	—
	22	0.030	0.15	0.6	1.5	0.03	0.0064	<u>30.0</u>	1.9	0.7	—	—	—	—	0.05	—	—	—
	23	0.029	0.11	0.5	<u>5.5</u>	0.03	0.0035	<u>9.5</u>	3.5	<u>0.6</u>	—	—	—	—	0.07	—	—	—
	24	0.040	0.15	0.5	4.3	0.04	0.0050	23.0	1.5	<u>0.2</u>	—	—	—	—	0.06	—	—	—
	25	0.020	0.11	0.9	4.6	0.02	0.0046	13.2	0.6	0.6	<u>0.8</u>	0.3	0.10	—	0.02	—	—	—
	26	0.034	0.14	0.5	5.2	0.02	0.0033	16.5	0.5	0.5	—	<u>0.8</u>	0.09	—	0.06	—	—	—
	27	0.042	0.09	0.6	4.4	0.04	0.0052	18.3	0.6	0.8	—	—	<u>1.2</u>	—	0.13	—	—	—
	28	0.016	0.13	0.2	3.5	0.03	0.0020	21.3	2.5	0.6	—	—	0.0	<u>2.5</u>	0.09	—	—	—
	29	0.019	0.09	0.3	3.4	0.03	0.0020	21.9	2.8	0.5	—	—	—	—	<u>7.5</u>	—	—	—
	30	0.023	0.15	0.5	4.6	0.04	0.0046	20.5	3.3	0.7	—	—	—	—	0.02	<u>0.0053</u>	—	—
	31	0.012	0.10	0.1	2.9	0.03	0.0020	20.9	2.1	0.5	—	—	—	—	0.02	—	—	—
	32	0.012	0.10	0.1	2.9	0.03	0.0020	20.9	2.1	0.5	—	—	—	—	0.02	—	—	—

10

20

30

40

【 0 0 4 2 】

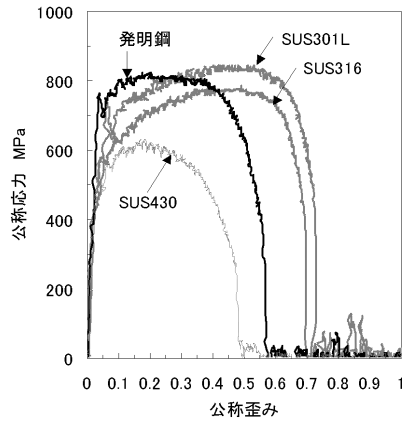
【表 3】

	No.	オーステナイト相率 %	冷延板焼鈍時の保 定温度 ℃	冷延板焼鈍時の冷 却速度 ℃/sec	静的引張 試験にお ける耐力 (YP) MPa	静的引張 試験にお ける引張 強度 (TS) MPa	静的引張 試験にお ける YP+TS/2 MPa	静的引張 試験にお ける30% 歪までの 加工硬化 率	静的引張 試験にお ける破断 伸び %	静的引張 試験にお ける10% 歪時の応 力MPa	動的引張 試験にお ける10% 歪時の応 力MPa	10%変形 時の静動 差 MPa
本 発 明 例	1	45	1050	7	442	724	583	1150	45	624	800	176
	2	40	1080	5	530	650	590	1090	54	595	753	158
	3	58	1040	10	364	802	583	1170	56	516	702	186
	4	62	1060	8	395	721	558	1530	50	510	713	203
	5	42	1050	6	440	715	578	1125	44	633	815	182
	6	15	1000	15	415	638	527	1020	44	496	652	156
	7	19	950	6	381	625	503	1060	53	573	795	222
	8	38	980	9	415	595	505	1110	46	453	650	197
	9	25	1080	11	435	752	594	1090	43	589	792	203
	10	55	1050	19	469	795	632	1190	42	635	806	171
	11	44	1050	10	462	736	599	1120	46	635	796	161
	12	35	1050	10	553	665	609	1095	51	586	741	155
	13	34	1100	9	596	873	735	1130	40	606	765	159
比 較 例	14	100	1080	10	377	727	552	1640	56	550	714	164
	15	100	1080	15	301	682	492	1305	51	500	575	75
	16	100	1080	8	306	622	464	1120	37	500	627	127
	17	0	830	5	342	480	411	0	30	473	569	96
	18	86	1075	6	686	735	711	0	15	753	796	43
	19	0	1100	7	434	732	583	0	20	588	690	102
	20	16	1050	6	560	705	633	900	38	593	688	95
	21	7	1050	9	380	516	448	0	33	450	508	58
	22	5	1080	6	402	533	468	0	29	506	634	128
	23	2	980	13	606	705	656	0	5	635	746	111
	24	60	1050	7	550	630	590	950	40	689	793	104
	25	3	1050	10	392	468	430	0	28	503	605	102
	26	83	1100	6	465	695	580	820	39	634	772	138
	27	75	1100	6	436	642	539	730	38	652	795	143
	28	50	1100	5	492	775	634	0	30	673	850	177
	29	3	1150	15	405	506	456	0	15	506	598	92
	30	7	1050	13	405	571	488	0	32	605	715	110
	31	5	1200	7	365	613	489	0	35	598	715	117
	32	43	1050	1	345	586	466	980	43	616	753	137

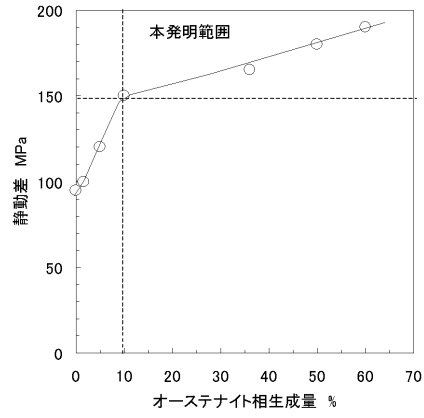
10

20

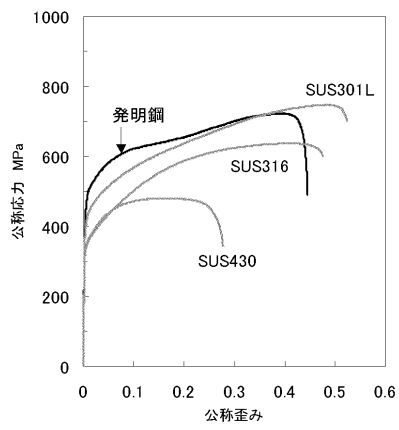
【図1】



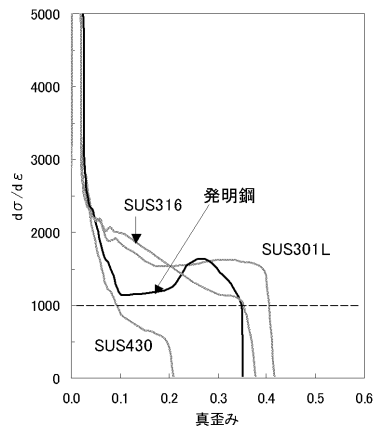
【図2】



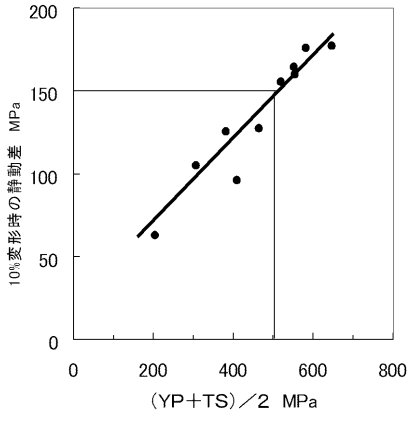
【図3】



【図4】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 石丸 詠一郎

東京都千代田区大手町二丁目6番1号 新日鉄住金ステンレス株式会社内

審査官 河野 一夫

(56)参考文献 特開平01-165750(JP,A)

特開2002-097555(JP,A)

特開昭57-035668(JP,A)

特開昭63-169331(JP,A)

特開平10-219407(JP,A)

国際公開第1996/018751(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

C22C 1/00 - 49/14

C21D 9/46