

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-19904

(P2014-19904A)

(43) 公開日 平成26年2月3日(2014.2.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 O 1 U	4 K O 3 7
C 2 2 C 38/32 (2006.01)	C 2 2 C 38/32	4 K O 4 2
C 2 2 C 38/54 (2006.01)	C 2 2 C 38/54	
C 2 1 D 1/18 (2006.01)	C 2 1 D 1/18 A	
C 2 1 D 9/00 (2006.01)	C 2 1 D 9/00 A	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2012-159386 (P2012-159386)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成24年7月18日 (2012.7.18)		新日鐵住金株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
		(74) 代理人	100081352
			弁理士 広瀬 章一
		(72) 発明者	西畑 敏伸
			大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
			住友金属工業株式会社内
		(72) 発明者	林 宏太郎
			大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
			住友金属工業株式会社内
		(72) 発明者	匹田 和夫
			大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
			住友金属工業株式会社内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 焼入れ鋼材およびその製造方法ならびに焼入れ用鋼材

(57) 【要約】

【課題】 高い強度を有しながらも従来技術以上に優れた靱性を有する。

【解決手段】 質量%で、C：0.25%以上0.31%以下、Mn：0.5%以上1.0%以下、Nb：0.01%以上0.15%以下、B：0.0001%以上0.01%以下、Cr：0.005%以上0.05%以下、Si：0.005%以上0.1%以下、Al：0.005%以上1%以下、P：0.05%以下、S：0.03%以下、N：0.01%以下であるとともに(1)式および(2)式を満たし、残部がFeおよび不純物である化学組成を有し、旧オーステナイト平均切片長さが10μm以下のマルテンサイトからなる鋼組織を有し、引張強さが1.8GPa以上2.0GPa以下である機械特性を有する、焼入れ鋼材。

$$3.42N + 0.001 Ti \leq 3.42N + 0.5 \quad (1)$$

$$6 Mn / Si \leq 20 \quad (2)$$

ここで、式中の元素記号は鋼中における各元素の含有量(質量%)を表す。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量％で、C：0.25％以上0.31％以下、Mn：0.5％以上1.0％以下、Nb：0.01％以上0.15％以下、B：0.0001％以上0.01％以下、Cr：0.005％以上0.05％以下、Si：0.005％以上0.1％以下、Al：0.005％以上1％以下、P：0.05％以下、S：0.03％以下、N：0.01％以下であるとともに（1）式および（2）式を満たし、残部がFeおよび不純物である化学組成を有し、旧オーステナイト平均切片長さが10μm以下のマルテンサイトからなる鋼組織を有し、引張強さが1.8GPa以上2.0GPa以下である機械特性を有する、焼入れ鋼材。

$$3.42N + 0.001Ti \leq 3.42N + 0.5 \quad (1)$$

$$6Mn/Si \leq 20 \quad (2)$$

ここで、式中の元素記号は鋼中における各元素の含有量（質量％）を表す。

【請求項 2】

前記化学組成が、Feの一部に代えて、質量％で、Cu：1％以下、V：1％以下、Mo：1％以下、Ni：3％以下およびBi：0.02％以下からなる群から選択される1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1に記載の焼入れ鋼材。

【請求項 3】

前記化学組成が、Feの一部に代えて、質量％で、Ca：0.01％以下、Mg：0.01％以下、REM：0.01％以下およびZr：0.01％以下からなる群から選ばれた1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の焼入れ鋼材。

【請求項 4】

請求項1から請求項3のいずれかに記載の化学組成を有し、Ac₃点が900℃以下であることを特徴とする、焼入れ用鋼材。

【請求項 5】

請求項4に記載の焼入れ用鋼材を、50℃/秒以上の平均加熱速度で（Ac₃点+40℃）以上（Ac₃点+200℃）以下の温度域に加熱し、前記温度域で10秒間以下保持したのちに、200℃/秒以上の平均冷却速度でMs点以下の温度域まで冷却することを特徴とする焼入れ鋼材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車のボデー構造部品、足回り部品等を始めとする機械構造部品等に好適な焼入れ鋼材およびその製造方法ならびに焼入れ用鋼材に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車の軽量化のため、車体に使用する鋼材の高強度化を図り、使用重量を減ずる努力が進められている。自動車に広く使用される薄鋼板においては、鋼板強度の増加に伴い、プレス成形性が低下し、複雑な形状を製造することが困難になる。具体的には、延性が低下し、加工度が高い部位で破断が生じる、あるいは、スプリングバックや壁反りが大きくなり、寸法精度が劣化する、といった問題が発生する。したがって、高強度、特に780MPa級以上の引張強度（以下、「TS」とも表記する。）を有する鋼板を用いて、プレス成形により部品を製造することは容易ではない。

【0003】

このような問題を解決するため、特許文献1には、強度が必要な車体の特定箇所について、高強度鋼板を使用するのではなく、当該箇所を局部的に加熱して焼入れ処理を施すことにより強度を向上させる方法が開示されている。また、特許文献2には、TS1620MPa以上となる焼入れ型超高強度電縫鋼管およびその製造方法が開示されている。また、特許文献3では、TS1.8GPa以上で靱性に優れる焼入れ部材製造に関する技術が

10

20

30

40

50

開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平6-116630号公報

【特許文献2】特開2001-164338号公報

【特許文献3】特開2007-302937号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

しかし、TSが1.8GPa以上の部材については、さらに靱性を向上させる技術が望まれているのが実情である。

【0006】

本発明の具体的課題は、TSが1.8GPa以上2.0GPa以下である高い強度を有しながらも従来技術以上に優れた靱性を有する焼入れ鋼材およびその製造方法ならびに焼入れ用鋼材を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らは、例えば急速加熱焼入れ後のTSが1.8~2.0GPaの焼入れ部材の靱性を改善すべく鋭意検討を行った結果、鋼材の化学組成、焼入れ鋼材の鋼組織の調整、焼入れ時のヒートパターンの適正化により、靱性が大幅に改善されることを新たに知見した。その知見に基づき完成させた本発明の要旨は、次の通りである。

20

【0008】

(1) 質量%で、C:0.25%以上0.31%以下、Mn:0.5%以上1.0%以下、Nb:0.01%以上0.15%以下、B:0.0001%以上0.01%以下、Cr:0.005%以上0.05%以下、Si:0.005%以上0.1%以下、Al:0.005%以上1%以下、P:0.05%以下、S:0.03%以下、N:0.01%以下であるとともに(1)式および(2)式を満たし、残部がFeおよび不純物である化学組成を有し、旧オーステナイト平均切片長さが10μm以下のマルテンサイトからなる鋼組織を有し、引張強さが1.8GPa以上2.0GPa以下である機械特性を有する、焼入れ鋼材。

30

$$3.42N + 0.001Ti \leq 3.42N + 0.5 \quad (1)$$

$$6Mn/Si \leq 20 \quad (2)$$

ここで、式中の元素記号は鋼中における各元素の含有量(質量%)を表す。

【0009】

(2) 前記化学組成が、Feの一部に代えて、質量%で、Cu:1%以下、V:1%以下、Mo:1%以下、Ni:3%以下およびBi:0.02%以下からなる群から選択される1種または2種以上を含有することを特徴とする上記(1)に記載の焼入れ鋼材。

【0010】

(3) 前記化学組成が、Feの一部に代えて、質量%で、Ca:0.01%以下、Mg:0.01%以下、REM:0.01%以下およびZr:0.01%以下からなる群から選ばれた1種または2種以上を含有することを特徴とする上記(1)または上記(2)に記載の焼入れ鋼材。

40

【0011】

(4) 上記(1)から上記(3)のいずれかに記載の化学組成を有し、Ac₃点が900以下であることを特徴とする、焼入れ用鋼材。

【0012】

(5) 上記(4)に記載の焼入れ用鋼材を、50/秒以上の平均加熱速度で(Ac₃点+40)以上(Ac₃点+200)以下の温度域に加熱し、前記温度域で10秒間以下保持したのちに、200/秒以上の平均冷却速度でMs点以下の温度域まで冷却す

50

ることを特徴とする焼入れ鋼材の製造方法。

【発明を実施するための形態】

【0013】

次に、本発明において、各範囲に限定した理由について説明する。以後の説明で合金元素についての「%」は「質量%」を表す。

【0014】

(化学組成)

本発明における焼入れ用鋼材および焼入れ鋼材の化学組成は、以下のように規定する。

【0015】

C : 0.25%以上0.31%以下

10

Cは、鋼の焼入れ性を高め、かつ焼入れ後強度を主に決定する非常に重要な元素である。C含有量が0.25%未満では、焼入れ後においてTS1.8GPa以上を確保することが困難である。したがって、C含有量は0.25%以上とする。好ましくは0.27%以上である。一方、C含有量が0.31%を超えると、焼入れ後の強度が高くなりすぎるため、靱性劣化が著しくなる。したがって、C含有量は0.31%以下とする。好ましくは0.30%以下である。

【0016】

Mn : 0.5%以上1.0%以下

20

Mnは、鋼の焼入れ性を高め、かつ焼入れ後強度を安定して確保するために、非常に効果のある元素である。しかし、Mn含有量が0.5%未満ではその効果が十分ではないばかりではなく、加熱時に生成するスケールの密着性が高くなり、焼入れ後の剥離除去が困難となる。したがって、Mn含有量は0.5%以上とする。好ましくは0.6%以上である。一方、Mn含有量が1.0%を超えると、上記効果は飽和するばかりか、焼入れ後の靱性劣化が顕著となる。したがって、Mn含有量は1.0%以下とする。好ましくは0.8%以下である。

【0017】

Nb : 0.01%以上0.15%以下

30

Nbは、鋼をAc₃点以上の温度域に加熱したときに、再結晶を抑制しかつ微細な炭化物を形成してオーステナイト粒を細粒にするため、靱性を大きく改善する効果を有する。Nb含有量が0.01%未満では上記作用による効果を得ることが困難である。したがって、Nb含有量は0.01%以上とする。好ましくは0.02%以上である。一方、Nb含有量が0.15%超になると、その効果は飽和し、いたずらにコスト増を招くばかりではなく、焼入れ後の靱性劣化が顕著となる。したがって、Nb含有量は0.15%以下とする。好ましくは0.10%以下である。

【0018】

B : 0.0001%以上0.01%以下

40

Bは、鋼の焼入れ性を高め、かつ焼入れ後の強度の安定確保効果をさらに高めるのに有効である。また、粒界に偏析して粒界強度を高め、焼入れ後の靱性や耐遅れ破壊性を向上させる点でも重要な元素である。さらに、加熱時のオーステナイト粒成長抑制効果も有する。しかし、B含有量が0.0001%未満ではその効果は十分ではない。したがって、B含有量は0.0001%以上とする。好ましくは0.001%以上である。一方、B含有量が0.01%を超えるとその効果は飽和し、かつコスト増を招く。したがって、B含有量は0.01%以下とする。

【0019】

なお、Bの粒界偏析量は、焼入れする際のオーステナイト粒径の影響を受ける。すなわち、上記オーステナイト粒径が小さくなるほど、Bの偏析サイトが増加するため、より多くのBが偏析することが可能となる。一方、上記オーステナイト粒径が大きくなるほど、Bの偏析サイトが減少するため、Bの偏析可能量が少なくなる。したがって、B含有量の上限は焼入れに供する際のオーステナイト粒径、すなわち焼入れ部材における旧オーステナイト粒径に応じて決定することが、B偏析による作用効果を効率的に得ることができる

50

ので好ましい。具体的には、下記式(3)を満足することが好ましい。

【0020】

$$B \text{ 含有量 (ppm)} = \exp(4.57 - 0.571 \times \ln(r)) \quad (3)$$

ここで、 r ：旧オーステナイト粒の平均切片長さ(μm)である。

【0021】

なお、上記式(3)を満足させるには、化学組成と焼入れに供する際のオーステナイト粒径との関係を経験的に求めておき、化学組成と焼入れ条件とを調整すればよい。

【0022】

Cr ：0.005%以上0.05%以下

Cr は、鋼の焼入れ性を高め、かつ焼入れ後強度を安定して確保するために、非常に効果のある元素である。しかし、 Cr 含有量が0.005%未満ではその効果は十分ではない。したがって、 Cr 含有量は0.005%以上とする。一方、 Cr 含有量が0.05%を超えるとその効果は飽和するばかりではなく、加熱時において、主にセメンタイトから構成される炭化物の溶解が遅れやすくなり、焼入れ後の靱性劣化が顕著となる。したがって Cr 含有量は0.05%以下とする。好ましくは0.02%以下である。

10

【0023】

Si ：0.005%以上0.1%以下

Si は、鋼の焼入れ性を高め、かつ焼入れ後強度を安定して確保するために、効果の有る元素である。しかし、 Si 含有量が0.005%未満ではその効果は十分ではない。したがって、 Si 含有量は0.005%以上とする。一方、 Si 含有量が0.1%を超えると、その効果は飽和するばかりではなく、加熱時に生成するスケールの密着性が高くなるため、焼入れ後の剥離除去が困難となる。好ましくは0.08%以下である。

20

【0024】

Al ：0.005%以上1%以下

Al は、鋼の焼入れ性を高め、かつ焼入れ後強度を安定して確保するために、効果の有る元素である。しかし、 Al 含有量が0.005%未満ではその効果は十分ではない。したがって、 Al 含有量は0.005%以上とする。好ましくは0.01%以上である。一方、 Al 含有量が1%を超えると、その効果は飽和するばかりではなく、かついたずらにコスト増を招く。したがって、 Al 含有量は1%以下とする。好ましくは0.8%以下である。

30

【0025】

P ：0.05%以下、 S ：0.03%以下、 N ：0.01%以下

これらの元素は、一般に不純物として含有される元素であるが、鋼の焼入れ性を高め、かつ焼入れ後の強度の安定確保に効果の有る元素である。したがって、これらの元素の1種または2種以上を積極的に含有させてもよい。しかし、上記上限値以上に含有させてもその効果は小さく、いたずらにコスト増を招く。このため、各合金元素の含有量は上記範囲とする。

【0026】

$$Ti : 3.42N + 0.001 \quad Ti : 3.42N + 0.5$$

Ti は、鋼を Ac_3 点以上に加熱したときに、再結晶を抑制し微細な炭化物を形成してオーステナイト粒を細粒にするため、焼入れ後の靱性を大きく改善する効果を有する。 Ti 含有量が $(3.42N + 0.001)\%$ 未満では上記効果を十分に得ることが困難である。したがって、 Ti 含有量は $(3.42N + 0.001)\%$ 以上とする。好ましくは $(3.42N + 0.02)\%$ 以上である。一方、 Ti 含有量が $(3.42N + 0.5)\%$ を超になると、その効果は飽和し、いたずらにコスト増を招く。したがって、 Ti 含有量は $(3.42N + 0.5)\%$ 以下とする。好ましくは $(3.42N + 0.08)$ 以下である。

40

【0027】

$$6 \quad Mn / Si \quad 20$$

Mn 含有量を Si 含有量で割った値である Mn / Si は、スケール密着性に大きく影響

50

を及ぼすパラメータである。すなわち、 Mn/Si が 6 未満または 20 超えでは、加熱時に生成するスケールの密着性が高くなるため、焼入れ後の剥離除去が困難となる。したがって、 Mn/Si は上記範囲とする。

【0028】

Cu : 1 % 以下、 V : 1 % 以下、 Mo : 1 % 以下、 Ni : 3 % 以下および Bi : 0 . 0 2 % 以下からなる群から選択される 1 種または 2 種以上

これらの元素は、鋼の焼入れ性を高め、かつ焼入れ後の強度の安定確保に効果の有る元素である。 Ni は、劈開破壊強度を上昇させ、焼入れ後の靱性を大きく改善する作用をさらに有する。 Bi は、組織を均一にし、焼入れ後の靱性を一層高める作用をさらに有する。したがって、これらの元素の 1 種または 2 種以上を含有させてもよい。

10

【0029】

しかし、 Cu 、 V 、 Mo および Ni については、上記上限値以上に含有させてもその効果は小さく、いたずらにコスト増を招く。また、 Bi については、その含有量が 0 . 0 2 % を超えると、熱間加工性が劣化して、熱間圧延が困難になる。したがって、各合金元素の含有量は上記範囲とする。 Ni 含有量は 1 % 以下とすることが好ましく、 Bi 含有量は 0 . 0 1 5 % 以下とすることが好ましい。なお、上記効果をより確実に得るには、 Cu : 0 . 0 0 5 % 以上、 V : 0 . 0 0 5 % 以上、 Mo : 0 . 0 0 5 % 以上、 Ni : 0 . 0 1 % 以上および Bi : 0 . 0 0 1 % 以上の少なくとも一つを満足させることが好ましい。 Ni については、その含有量を 0 . 1 % 以上とすることがさらに好ましく、 Bi については、その含有量を 0 . 0 0 2 % 以上とすることがさらに好ましい。

20

【0030】

Ca : 0 . 0 1 % 以下、 Mg : 0 . 0 1 % 以下、 REM : 0 . 0 1 % 以下および Zr : 0 . 0 1 % 以下からなる群から選ばれた 1 種または 2 種以上

これらの元素は、製鋼時における介在物制御、特に介在物の微細分散化に寄与し、焼入れ後の靱性を高める作用を有する元素である。しかし、いずれも 0 . 0 1 % を超えて含有させると、表面性状の劣化が顕在化する場合がある。したがって、各元素の含有量はそれぞれ上記のとおりとする。なお、上記作用による効果をより確実に得るには、これらの元素の少なくとも一つの含有量を 0 . 0 0 0 3 % 以上とすることが好ましい。ここで、 REM は、 Sc 、 Y およびランタノイドの合計 17 元素を指し、上記 REM の含有量はこれらの元素の合計含有量を意味する。ランタノイドの場合、工業的にはミッシュメタルの形で添加される。

30

【0031】

(焼入れ鋼材の鋼組織)

焼入れ鋼材の鋼組織は、旧オーステナイト平均切片長さが $10\ \mu m$ 以下であるマルテンサイトからなるものとする。

【0032】

旧オーステナイト平均切片長さが $10\ \mu m$ 超では、 $TS\ 1.8\ GPa$ 以上の高強度下において良好な靱性を確保することが困難である。したがって、焼入れ鋼材の鋼組織は、旧オーステナイト平均切片長さが $10\ \mu m$ 以下であるものとする。

【0033】

40

また、焼入れ鋼材の鋼組織がマルテンサイト以外の相または組織を主体とするものでは、 $TS\ 1.8\ GPa$ 以上の高強度を確保することが困難となる。したがって、焼入れ鋼材の鋼組織は、マルテンサイトからなるものとする。

【0034】

なお、焼入れ鋼材の鋼組織はマルテンサイトからなるものであるが、製造上不可避免的に混入するマルテンサイト以外の相または組織を含む。例えば、数 % の残留オーステナイトや炭化物などが含まれていてもよい。

【0035】

(焼入れ鋼材の強度)

焼入れ鋼材の強度は、 TS で $1.8\ GPa$ 以上 $2.0\ GPa$ 以下とする。

50

【0036】

TS 1.8 GPa未満では、然程靱性が問題となることはなく、本発明によらずとも良好な靱性を確保することができる。したがって、本発明においては、焼入れ鋼材の強度がTSで1.8 GPa以上であることを前提とする。

【0037】

TS 2.0 GPa超では、強度上昇に伴う靱性の低下が著しくなり、良好な靱性を確保することが困難となる。したがって、焼入れ鋼材の強度はTSで2.0 GPa以下とする。

【0038】

(焼入れ用鋼材)

焼入れ用鋼材は焼入れ前の鋼材であり、上記化学組成を有し、Ac₃点が900 以下であるものとするのが好ましい。

10

【0039】

焼入れに際しては、焼入れ用鋼材をオーステナイト単相とするために、少なくともAc₃点以上の温度域まで加熱する必要がある。したがって、加熱コストや生産性の観点からはAc₃点が低いほど好ましく、具体的には900 以下であることが好ましい。さらに好ましくは850 以下である。

【0040】

なお、焼入れ用鋼材は、鋼板、鋼管、形鋼などに加え、焼入れ前に所望の形状に加工された部材をも含む。

20

【0041】

(焼入れ鋼材の製造方法)

上記焼入れ鋼材は、上記焼入れ用鋼材を、50 /秒以上の平均加熱速度で(Ac₃点+40)以上(Ac₃点+200)以下の温度域に加熱し、前記温度域で10秒間以下保持したのちに、200 /秒以上の平均冷却速度でMs点以下の温度域まで冷却することにより製造することが好ましい。

【0042】

上記平均加熱速度を50 /秒以上とすることにより、焼入れに際しての加熱過程におけるオーステナイトの粒成長を抑制し、焼入れ後において旧オーステナイト平均切片長さを10 μm以下とすることが容易となる。したがって、上記平均加熱速度は50 /秒以上とすることが好ましい。さらに好ましくは100 /秒以上である。上記平均加熱速度は、速ければ速いほどオーステナイトの粒成長が抑制されて好ましい。

30

【0043】

上記加熱温度を(Ac₃点+40)以上とすることにより、焼入れに際しての組織を確実にオーステナイト単相とするとともに、組織や各種元素の濃度分布の均一化を図ることができ、焼入れ後において目的とする強度を安定的に得ることができるとともに、高い靱性を確保することができる。したがって、上記加熱温度は(Ac₃点+40)以上とすることが好ましい。さらに好ましくは(Ac₃点+80)以上である。

【0044】

上記加熱温度を(Ac₃点+200)以下とすることにより、焼入れに際しての加熱過程におけるオーステナイトの粒成長を抑制し、焼入れ後において旧オーステナイト平均切片長さを10 μm以下とすることが容易となる。したがって、上記加熱温度は(Ac₃点+200)以下とすることが好ましい。さらに好ましくは(Ac₃点+180)以下である。

40

【0045】

上記加熱の後、上部臨界冷却速度以上の冷却速度でMs点以下の温度域まで冷却することによりマルテンサイトからなる組織が得られるが、上記焼入れ用鋼板については、水冷や油冷により200 /秒以上の平均冷却速度でMs点以下の温度域まで冷却することが好ましい。

【0046】

50

本発明の好適な加熱方法としては、急速加熱および急速冷却を達成する方法であれば、どのような方法を採用してもよい。例えば、高周波加熱焼入れ法や通電加熱焼入れ法等が挙げられる。

【0047】

また、本発明の焼入れ鋼材および焼入れ用鋼材には、耐食性付与等を目的として表面にめっき被膜を備えることができる。めっき被膜としては、Zn系めっき、Al系めっき等が挙げられる。

【0048】

また、本発明に係る焼入れ鋼材を自動車用部品等に適用する場合には、塗装焼き付けによる熱処理が、焼入れ部材に施される。このときに、若干の強度低下が認められる場合があるが、本発明範囲を外れるほどの大きな変化は生じない。

10

【0049】

また、本発明の焼入れ用鋼材は、焼入れの際にオーステナイト温度域に加熱されるため、加熱前の室温での機械的性質はあまり重要ではなく、加熱前の鋼組織については特に規定しない。

【実施例】

【0050】

以下に本発明の実施例について説明する。

表1に示す化学組成を有する鋼板(板厚:1.4mm)を供試材とした。供試材である板の製造方法は次の通りである。すなわち、実験室にて溶製したスラブを1250にて30分間加熱した後、900以上で熱間圧延を行い、板厚4mmの鋼板とした。熱間圧延後は、600まで水スプレー冷却したのち炉に装入し、600で30分間保持した後、20/時で室温まで徐冷することにより、熱延巻き取り工程を模擬した。得られた熱延鋼板は、酸洗によりスケールを除去した後、冷間圧延にて板厚1.4mmとした。

20

【0051】

上述の鋼板から、1.4t×15w×200Lのサイズの試験片を切断して採取し、表2に記載の加熱条件にて通電加熱した後、直ちに水冷することで焼入れた。焼入れた部位から各種試験片を採取し、断面ミクロ組織観察、切断法による旧オーステナイト平均切片長さ測定、引張試験(JIS13号B試験片)、シャルピー衝撃試験、スケール剥離性調査を実施した。

30

【0052】

スケールの剥離性評価では、水冷後のスケールの残存状況を目視にて確認し、剥離している場合を合格として○と表記し、それ以外は不合格として×と表記した。

【0053】

また各鋼種のAc₃点は、上述の加熱時に、試験片の熱膨張変化の測定により求めた。

シャルピー衝撃試験については、焼き入れた後の1.4mm厚の鋼板を1.2mm厚まで研削したのち、4枚積層してネジ止めした後、Vノッチ試験片を作製し、シャルピー衝撃試験に供した。

【0054】

靱性評価としては、0での衝撃値が40J/cm²を超える場合に合格として○とし、50J/cm²を超える場合には、非常に靱性に優れるとして、表中ではと表記した。以上の基準を満足しない場合には×と表記した。

40

【0055】

なお各評価項目で一つでも不合格となったものについては、原則、他項目の評価は中止または未実施とした。

【0056】

【表 1】

試験 No.	化学組成 (単位: 質量%, 残部: Feおよび不純物)																				Ac ₃ 点 (°C)				
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Al	B	N	Ca	Bi	Mg	Zr	REM		式(1) 左辺	式(1) 右辺	Mn/Si	
1	0.27	0.08	0.72	0.009	0.001			0.02			0.022	0.04	0.041	0.0023	0.0036							0.013	0.512	9	832
2	0.31	0.05	0.65	0.008	0.002	0.02		0.01			0.025	0.09	0.042	0.0022	0.0046							0.017	0.516	13	822
3	0.28	0.08	0.54	0.010	0.002			0.01	0.1	0.05	0.025	0.02	0.040	0.0021	0.0039							0.014	0.513	7	835
4	0.27	0.04	0.61	0.010	0.002		0.01	0.01			0.036	0.10	0.040	0.0021	0.0044	0.003						0.016	0.515	15	829
5	0.28	0.08	0.77	0.010	0.004		1.1	0.01			0.024	0.05	0.044	0.0023	0.0035							0.013	0.512	10	812
6	0.27	0.03	0.51	0.008	0.002			0.01			0.023	0.06	0.045	0.0025	0.0040		0.010					0.015	0.514	17	831
7	0.29	0.03	0.58	0.011	0.004			0.01			0.022	0.06	0.051	0.0020	0.0044		0.005	0.003	0.003			0.016	0.515	19	827
8	0.27	0.05	0.71	0.010	0.003			0.01			0.030	0.05	0.044	0.0048	0.0041							0.015	0.514	14	829
9	0.28	0.03	0.51	0.008	0.002			0.01			0.031	0.04	0.042	0.0022	0.0033					0.002		0.012	0.511	17	830
10	0.29	0.04	0.81	0.011	0.003			0.01			0.15	0.01	0.040	0.0045	0.0051							0.018	0.517	20	825
11	0.24	0.10	0.78	0.011	0.003			0.01			0.020	0.02	0.046	0.0021	0.0034							0.013	0.512	8	834
12	0.33	0.08	0.80	0.008	0.003			0.01			0.019	0.08	0.045	0.0030	0.0039	0.001						0.014	0.513	10	817
13	0.28	0.08	1.30	0.015	0.002			0.01	0.01		0.026	0.06	0.041	0.0022	0.0044							0.016	0.515	16	821
14	0.29	0.04	0.41	0.011	0.003	0.01	0.01	0.01			0.018	0.25	0.040	0.0020	0.0047							0.017	0.516	10	826
15	0.30	0.06	0.71	0.014	0.005		0.03	0.01	0.02	0.01	0.022	-	0.051	0.0022	0.0049							0.018	0.517	12	824
16	0.28	0.03	0.56	0.008	0.002			0.02			-	0.01	0.039	-	0.0037							0.014	0.513	19	826
17	0.28	0.03	0.55	0.010	0.003			0.93			0.023	0.04	0.048	0.0023	0.0046					0.001		0.017	0.516	18	867
18	0.27	0.15	1.0	0.008	0.003			0.01			0.024	0.05	0.043	0.0022	0.0048							0.017	0.516	7	828
19	0.28	0.04	0.93	0.012	0.002			0.01			0.026	0.03	0.044	0.0021	0.0045							0.016	0.515	23	823
20	0.28	0.10	0.50	0.009	0.002			0.01	0.01		0.031	0.04	0.046	0.0023	0.0051							0.018	0.517	5	829
21	0.29	0.01	0.20	0.010	0.002			0.01			0.025	0.04	0.041	0.0025	0.0047							0.017	0.516	20	827

【表 2】

試験No.	加熱 速度 (°C/s)	加熱 温度 (°C)	保持 時間 (秒)	冷却 速度 (°C/s)	焼入れ後の 旧オーステナイト 平均切片長さ (μm)	焼入れ後の 引張強さ (MPa)	韌性評価結果 (0°Cでの衝撃値) (J/cm ²)	スケール 剥離性	望ましい 上限B量 (%)	備考
1	100	950	1	1800	4.3	1820	O(42)	O	0.0042	発明例
2	100	910	2	1800	4.9	1966	O(41)	O	0.0039	発明例
3	100	950	2	1800	3.9	1854	O(42)	O	0.0044	発明例
4	100	910	1	1800	4.8	1826	O(41)	O	0.0039	発明例
5	100	910	1	1800	5.5	1856	◎(55)	O	0.0036	発明例
6	100	910	1	1800	5.6	1805	◎(51)	O	0.0036	発明例
7	100	920	1	1800	5.1	1896	O(47)	O	0.0038	発明例
8	100	900	2	1800	3.8	1820	◎(58)	O	0.0045	発明例
9	100	910	1	1800	4.9	1851	O(45)	O	0.0039	発明例
10	100	910	1	1800	3.7	1893	◎(57)	O	0.0046	発明例
11	100	950	1	1800	5.3	1705	—	O	—	比較例
12	100	950	1	1800	4.9	2106	—	O	—	比較例
13	100	950	1	1800	6.1	1855	×(15)	O	—	比較例
14	100	950	1	1800	5.2	1893	×(21)	O	—	比較例
15	100	1100	1	1800	19	1924	×(8)	O	—	比較例
16	100	950	1	1800	6.8	1853	×(6)	O	—	比較例
17	100	950	1	1800	5.8	1859	×(10)	O	—	比較例
18	100	950	1	1800	6.5	1805	—	×	—	比較例
19	100	950	1	1800	7.1	1866	—	×	—	比較例
20	100	950	1	1800	5.5	1871	—	×	—	比較例
21	100	950	1	1800	4.8	1875	—	×	—	比較例

本発明例である試験No. 1～10は、TSが1.8～2.0 GPaで、かつ靱性も良好であることがわかる。一方、比較例である試験No. 11は、強度が低く、鋼種No. 12は強度が高すぎる。また試験No. 13では、Mn量が高いため靱性が低く、試験No. 14ではNb量が高いため靱性が低い。また試験No. 15では、Nbが含有されていないため、靱性が低く、試験No. 16ではTiおよびBが含有されていないため、靱性が低い。試験No. 17では、Cr量が高いため靱性が低い。試験No. 18では、Si量が高く、スケール剥離性が悪い。試験No. 19および20では、Mn/Siが本発明範囲内から外れているため、スケール剥離性が悪い。試験No. 21では、Mn量が低く、スケール剥離性が悪い。

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
C 2 1 D 9/46 (2006.01) C 2 1 D 9/46 F

(72)発明者 菊地 祐久

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

Fターム(参考) 4K037 EA01 EA02 EA03 EA06 EA09 EA11 EA13 EA14 EA15 EA17
EA18 EA19 EA20 EA23 EA25 EA27 EA32 EA35 EA36 EB05
EB07 EB08 FA03 FC04 FC05 FE02 FJ01 FJ06 FK06 GA05
JA07
4K042 AA06 AA25 BA01 CA02 CA03 CA05 CA06 CA08 CA09 CA10
CA13 CA14 DA01 DB02 DC01 DC02 DC03 DD02 DE05 DE06