

(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2019-178405

(P2019-178405A)

(43) 公開日 令和1年10月17日(2019.10.17)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)		
C 2 1 D	8/06	(2006.01)	C 2 1 D	8/06	A	4 K O 3 2
C 2 2 C	38/00	(2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 O 1 Y	
C 2 2 C	38/60	(2006.01)	C 2 2 C	38/60		
C 2 2 C	38/34	(2006.01)	C 2 2 C	38/34		

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2018-69583 (P2018-69583)	(71) 出願人	000001258
(22) 出願日	平成30年3月30日 (2018.3.30)		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	100147485
			弁理士 杉村 憲司
		(74) 代理人	230118913
			弁護士 杉村 光嗣
		(74) 代理人	100165696
			弁理士 川原 敬祐
		(72) 発明者	岩本 隆
			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	平井 康正
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼線材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】ばねなどの素材としての高強度鋼線材について、その化学組成を適正に制御し、かつ熱間圧延時の温度履歴を適正に制御することにより、圧延ままの鋼線材における脱炭を抑制する鋼線材の製造方法について提供することを目的とする。

【解決手段】質量%で、C：0.40～0.70%、Si：0.80～1.70%、Mn：0.4～1.0%、Cr：0.30～1.00%、P：0.035%以下、S：0.035%以下、Al：0.04%以下、N：0.0100%以下およびO：0.0030%以下を含有し、残部Fe及び不可避免的不純物の成分組成を有する鋼素材に、表面の脱炭層の除去処理を施し、該鋼素材を1000 以下に加熱し、仕上温度が800～930 の熱間圧延を施して線材とした後、930 未満で巻取りを行う。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

質量 % で、

C : 0.40 ~ 0.70 %、

Si : 0.80 ~ 1.70 %、

Mn : 0.4 ~ 1.0 %、

Cr : 0.30 ~ 1.00 %、

P : 0.035 % 以下、

S : 0.035 % 以下、

Al : 0.04 % 以下、

N : 0.0100 % 以下および

O : 0.0030 % 以下

10

を含有し、残部Fe及び不可避免の不純物の成分組成を有する鋼素材に、表面の脱炭層の除去処理を施し、該鋼素材を1000 以下に加熱し、仕上温度が800 ~ 930 の熱間圧延を施して線材とした後、930 未満で巻取りを行う鋼線材の製造方法。

【請求項 2】

前記成分組成が、さらに質量 % で、

V : 0.5 % 以下、

Mo : 0.5 % 以下、

Cu : 0.5 % 以下、

Ni : 0.5 % 以下、

W : 0.5 % 以下、

Ti : 0.10 % 以下、

Sb : 0.050 % 以下、

Sn : 0.050 % 以下、

B : 0.003 % 以下および

Nb : 0.10 % 以下

20

のうちから選ばれる 1 種もしくは 2 種以上を含有する請求項 1 に記載の鋼線材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】**【0001】**

本発明は、各種ばね等に供する鋼線材、特に、ばね鋼の熱間圧延鋼材として圧延ままで供される鋼線材の製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

自動車や産業機械などに用いられるばね用鋼には、高い強度、特に疲労強度を要求される。一方で、熱間圧延後に通常行われる、酸洗やショットピーニングなどの工程の簡略化や省略化を目的として、圧延まま材の脱炭量（全脱炭およびフェライト脱炭）を抑制することが要求されている。

40

汎用的なばね用鋼は、熱間圧延で所定の線材に加工され、その後、熱間成形ばねの場合は前記線材を加熱してばね状に成形してから焼入れ - 焼戻し処理を行い、また、冷間成形ばねの場合は前記線材を引き抜き加工後に行う、ばね形状への成形処理の前または後に、焼入れ - 焼戻し処理を行い、それぞればねになる。

【0003】

この熱間圧延にて所定の線材に加工する際に、または、ばね状に成形するための加熱の際に、線材表層のCが減少する脱炭が生じると、成形されたばねの表面の硬度が低下し、その結果、ばねとしての特性、特に疲労特性に悪影響を与えるという、問題が生じる。

【0004】

これらのうち、上記の熱間圧延にて所定の線材に加工する際の、熱間圧延ままの線材に

50

おける脱炭は、上記のばね成形並びに熱処理に先立ってピーリング、伸線およびショットピーニングなどの切削、塑性加工を行うことによって、軽減または除去が可能である。しかしながら、これらの処理はいずれも、製造コストの増大をもたらす、またばねの成形形状によってはこれら処理そのものが実施困難となる場合もある。このため、ばね素材としての熱間圧延まま線材における、脱炭量の低減は、依然重要な課題である。

【0005】

上記のとおり、ばね鋼用の線材は、少なくとも1回以上の加熱を経て成形されるため、線材表層のCが減少し脱炭が生じる。この脱炭について、JIS G 0558には、「全脱炭層深さ」、「フェライト脱炭層深さ」、「特定残炭率脱炭層深さ」、「実用脱炭層深さ」の4種類の脱炭層深さとして規定されている。ばね鋼用の線材の脱炭では、「フェライト脱炭層深さ」と「実用脱炭層深さ」の2種類の脱炭層深さが問題となる。ここで、フェライト脱炭層深さは、C量がほぼゼロとなり、加熱後急冷してもフェライトに変態してフェライト組織となる層の表面からの深さのことである。また、実用脱炭層深さとは、C量はゼロにならないものの母材のC量に比べてC量が低下し、加熱後急冷した場合に母材に比べて硬さが低下するが、実用上差し支えない硬さが得られる層の表面からの深さのことである。

10

ばね鋼用の線材では、鋼材の表層にフェライト脱炭層が生成し、フェライト脱炭層のさらに内側に実用脱炭層が生じるか、あるいは、成分系によっては、フェライト脱炭層は生成しないが、実用脱炭層が生じる。上述したように、このような脱炭が鋼線材の表面近傍に生じると、表層近傍に十分な硬度を確保することができず、その結果、ばねとしての特性、特に疲労特性に悪影響を与えることになる。

20

【0006】

上記の問題を克服するため、いくつかの提案がなされている。

例えば、特許文献1には、C、Si、Mn、P、S、Cu、Ni、Cr、Mo、V、Nb、Ti、Al、NおよびBの添加量を制御し、As、SnおよびSbの合計の添加量、ならびにCuとNiの添加量を制御することにより低脱炭および優れた耐遅れ破壊特性を実現した、高強度ばね鋼が開示されている。また特許文献1には、As、SnおよびSbの合計の添加量と脱炭深さの関係が記載されているが、As、SnおよびSbの合計の添加量を適正化してもフェライト脱炭をゼロの水準まで抑制するには至っておらず、また、フェライト脱炭の内層側に生成する脱炭も抑制できるとは限らない。

30

【0007】

特許文献2には、C、Si、Mn、Sb、AsおよびSnの添加量を最適化することにより脱炭を抑制した、ばね鋼が開示されている。特許文献2には、As、SnおよびSbの添加量ならびにAs、SnおよびSbの合計の添加量と脱炭深さの関係が掲載されているが、As、SnおよびSbの合計の添加量を適正化してもフェライト脱炭をゼロの水準まで抑制するには至っておらず、また、フェライト脱炭の内層に生成する脱炭も抑制することができるとは限らない。

【0008】

特許文献3には、C、Si、Mn、Cr、Nb、Al、N、Ti、Bの添加量を最適化、また、選択元素としてSbを添加することにより焼入れ性と耐孔食性を改善した、ばね鋼が開示されている。しかしながら、Sbを必要以上に添加すると、素材加熱時にSbが液状化しオーステナイト粒界に侵食するため、焼入れ-焼戻し後のばねの靱性が低下することが問題になる。

40

【0009】

同様に、特許文献1および特許文献2においても、そこに開示されている範囲でSbを添加すると、素材加熱時にSbが液状化しオーステナイト粒界に侵食するため、焼入れ-焼戻し後のばねの靱性が低下する問題がある。このように、鋼中への特殊元素の添加のみでは、十分な脱炭抑制が達成できない可能性があり、これら元素の過剰な添加は、却って特性を劣化させる危険を有するため、成分設計の手法のみでは限界があると考えられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

50

【特許文献 1】特開2003-105496号公報

【特許文献 2】特開昭61-183442号公報

【特許文献 3】特開2004-169142号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

上述の通り、熱間圧延で所定の素材を製造する際に、また、ばね状に成形するための加熱処理の際に、表層のCが減少し、脱炭（フェライト脱炭かつ/あるいは実用脱炭）が生じることから、製造後のばねの表面硬度が低下しやすく、ショットピーニングによる圧縮残留応力の付与が十分に行われない結果、ばねとしての特性、特に耐疲労特性に悪影響を与えることが問題となっていた。

10

【0012】

本発明は、このような課題を解決すべくなされたものであり、ばねなどの素材としての高強度鋼線材について、その化学組成を適正に制御し、かつ熱間圧延時の温度履歴を適正に制御することにより、圧延ままの鋼線材における脱炭を抑制する鋼線材の製造方法について提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

すなわち、本発明の要旨構成は、次のとおりである。

1. 質量%で、

20

C : 0.40 ~ 0.70 %、

Si : 0.80 ~ 1.70 %、

Mn : 0.4 ~ 1.0 %、

Cr : 0.30 ~ 1.00 %、

P : 0.035 % 以下、

S : 0.035 % 以下、

Al : 0.04 % 以下、

N : 0.0100 % 以下および

O : 0.0030 % 以下

を含有し、残部Fe及び不可避免的不純物の成分組成を有する鋼素材に、表面の脱炭層の除去処理を施し、該鋼素材を1000 以下に加熱し、仕上温度が800 ~ 930 の熱間圧延を施して線材とした後、930 未満で巻取りを行う鋼線材の製造方法。

30

【0014】

2. 前記成分組成が、さらに質量%で、

V : 0.5 % 以下、

Mo : 0.5 % 以下、

Cu : 0.5 % 以下、

Ni : 0.5 % 以下、

W : 0.5 % 以下、

Ti : 0.10 % 以下、

40

Sb : 0.050 % 以下、

Sn : 0.050 % 以下、

B : 0.003 % 以下および

Nb : 0.10 % 以下

のうちから選ばれる1種もしくは2種以上を含有する前記1に記載の鋼線材の製造方法。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、従来の高強度鋼線材に比べて表層脱炭量を著しく低減した鋼線材を、安定して製造することが可能となる。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 6 】

先ず、本発明の鋼線材の製造方法において、出発材となる鋼素材の成分組成について説明する。なお、以下の成分組成に関する「%」表示は、特に断らない限り「質量%」を意味する。

C : 0.40 ~ 0.70 %、

Cは、必要な強度を確保するために必須の元素であり、0.40%未満では所定の強度確保が難しく、また所定強度を確保するためには、合金元素の多量添加が必要となって、合金コストの上昇を招くことから、0.40%以上とする。さらに、含有するC量が少ないと、脱炭を生成し易くなる。一方、0.70%を超える添加は、加工性や靱性の低下を招く。以上のことから、C量は0.40%以上0.70%以下とする。好ましくは、0.42%以上0.68%以下である。

10

【 0 0 1 7 】

Si : 0.80 ~ 1.70 %、

Siは、脱酸剤として、また、固溶強化や焼戻し軟化抵抗を向上させることにより鋼の強度を高め、鋼の耐へたり性を向上する元素であり、0.80%未満では所定の強度確保が難しく、また所定強度を確保するためには、合金元素の多量添加が必要となって、合金コストの上昇を招くことから、0.80%以上とする。一方で、Siは脱炭を促進する元素である。このため、Siが1.70%を超えて添加されると脱炭が促進する。また、Siが1.70%を超えて添加されると、オーステナイト粒界にSiが偏析しやすくなり、焼入れ - 焼戻し後のばねの靱性が低下する。よって、Siの上限は1.70%とする。以上のことから、Si量は0.80%以上1.70%以下とする。好ましくは、1.00 ~ 1.65%である。

20

【 0 0 1 8 】

Mn : 0.4 ~ 1.0 %

Mnは、鋼の焼入れ性を向上させて強度を高めるのに有効であるため、0.4%以上で添加する。しかし、1.0%を超える添加は、鋼を過度に高強度化するため、母材靱性の低下を招く。よって、Mnの上限は、1.0%とする。以上のことから、Mn量は、0.4%以上1.0%以下とする。好ましくは、0.55 ~ 0.85%である。

【 0 0 1 9 】

Cr : 0.30 ~ 1.00 %

Crは、鋼の焼入れ性を向上させ強度を増加させる元素である。そのため、0.30%以上は添加する。一方で、1.00%超の添加は、鋼を過度に高強度化するため、母材靱性の低下を招く。以上のことから、Cr量は0.30%以上1.00%以下とする。好ましくは、0.56 ~ 0.85%である。

30

【 0 0 2 0 】

P : 0.035 % 以下

S : 0.035 % 以下

PおよびSは、粒界に偏析して鋼の母材靱性の低下を招く。以上のことから、これらの元素はできるかぎり低減するのが好ましいが、PおよびSはいずれも0.035%以下を許容する。なお、下限は特に限定しないが、0.0002%未満とするには高いコストを要することから、工業的には0.0002%以上とすることが好ましい。

40

【 0 0 2 1 】

Al : 0.04 % 以下

Alは、脱酸剤として添加することができ、さらに、焼入れ時のオーステナイト粒成長を抑制することによって、強度の維持に有効な元素であるため、好ましくは0.01%以上で添加する。しかしながら、0.04%を超えて添加しても、その効果は飽和してコスト上昇を招く不利が生じる。また、本発明で得られる鋼線材を用いて冷間でばね形状への成形を行う場合には、Al含有量が高いと成形性が低下する。よって、Alは0.04%を上限として添加することが好ましい。

【 0 0 2 2 】

N : 0.0100 % 以下

50

Nは、AlおよびTiと窒化物あるいは炭窒化物を形成し、焼入れのための加熱時に、オーステナイトの成長を抑制する効果があり、そのためには0.0040%以上で添加することが好ましい。一方で、N量が0.0100%を超えると、粗大な窒化物あるいは炭窒化物が生成して疲労寿命の低下を招くため、0.0100%以下とする。好ましくは0.0060%以下とする。

【0023】

O：0.0030%以下

Oは、SiやAlと結合し、硬質な酸化物系非金属介在物を形成して、ばね特性の低下を招くため、可能な限り低い方が良く、0.0030%以下とする。好ましくは、0.0015%以下である。なお、下限は特に限定しないが、0.0002%未満とするには高いコストを要することから、工業的には0.0002%以上とすることが好ましい。

10

上記した成分元素以外の残部は、Feおよび不可避免的不純物である。

【0024】

また、本発明では、上記した基本成分組成に加えて、以下の合金元素を、求められる特性に応じて添加することが可能である。

V：0.5%以下

Mo：0.5%以下

Nb：0.10%以下

W：0.5%以下

Ti：0.10%以下

V、Mo、Nb、WおよびTiは、いずれも焼入れ性や焼戻し後の鋼の強度を高める元素であり、必要とする強度に応じて、いずれか1種または2種以上を選択して添加することができる。このような効果を得るためには、Mo、W、NbおよびTiは、それぞれ0.001%以上、Vは0.002%以上添加することが好ましい。しかし、V、MoおよびWは0.5%、NbおよびTiは0.10%、を超えて添加すると、鋼中に炭化物が多量に生成し、過剰に高強度化して靱性の低下を招く。従って、V、Mo、Nb、WおよびTiは、それぞれ上記の値を上限として添加するのが好ましい。

20

【0025】

Cu：0.5%以下

Ni：0.5%以下

Cuは焼入性を向上させる元素であるため添加しても良いが、0.1%を超えて添加すると熱間加工性を阻害する可能性があるため0.5%以下の添加とする。Niも焼入性を向上させる元素であるので、焼入性を調整する場合に用いることができる。Niは高価な元素であるので添加量が多くなると鋼材価格が高くなるため、0.5%以下の添加とする。

30

【0026】

Sb：0.050%以下

Sn：0.050%以下

SbおよびSnは、素材を加熱した際に表層に濃化して、加熱時に表層のC量が低下することを抑制する作用並びにばねの引張強さを上昇させる作用を有する。この作用を発現させるために、SbおよびSnはそれぞれ0.005%以上で添加することが望ましい。しかし、SbおよびSnは、0.050%を超えて添加すると、素材加熱時に液体金属となり、旧オーステナイト粒界に侵食し、焼入れ - 焼戻し後のばねの靱性を低下させる。以上のことから、SbおよびSnは0.050%以下とすることが好ましい。

40

【0027】

B：0.003%以下

Bは、焼入れ性の増大により焼戻し後の鋼の強度を高める元素であり、必要に応じて添加することができる。上記効果を得るためには、0.0002%以上で添加することが好ましい。しかし、0.005%を超えて添加すると、冷間での加工性が劣化する。よって、Bは0.0002~0.005%の範囲で添加することが好ましい。

【0028】

本発明の鋼線材の製造方法では、上記した成分組成を有する鋼素材に、表面の脱炭層の

50

除去処理を施し、該鋼素材を1000 以下に加熱し、仕上温度が800～930 の熱間圧延を施して線材とした後、930 未満で巻取りを行うことが肝要である。以下、各製造条件について詳述する。

〔脱炭層の除去処理〕

まず、熱間圧延前の鋼素材の表面を研磨や研削などにより脱炭層を完全に除去する必要がある。ここで、鋼素材とは、連続鑄造鑄片、分塊造塊法による鋼片および、これらを予備的に熱間圧延（粗圧延）することで得られる、線材製造の加熱圧延用の素材ある。かような鋼素材は、連続鑄造や粗圧延など、鋼素材の製造過程において表層の脱炭を回避し得ない工程にて作製されるため、脱炭層が生成されることになる。

【0029】

本発明は、鋼素材に適用する熱間圧延を以下の通りに厳密に制御することによって、圧延ままの鋼線材における脱炭層の生成を抑制するものである。従って、この熱間圧延に導入する鋼素材の段階では脱炭層を除去しておく必要がある。ちなみに、鋼素材における研磨や研削などの除去処理は、鋼線材の段階で行う除去処理が困難を伴うのに比べて、簡便に行うことができ、低コストでの処理が可能である。

【0030】

なお、鋼素材における脱炭層の除去は、個々の鋼素材について脱炭層の調査を行うことが現実的ではないことから、同等の工程を経た鋼素材のサンプルについて予め脱炭層厚を調査しておき、その最大値を超える深さまでを除去することで行うことができる。

【0031】

〔鋼素材加熱温度：1000 以下〕

熱間圧延前の鋼素材の加熱温度が1000 を超えると、以下の熱間圧延の制御による脱炭抑制が困難となることから、1000 以下とする。なお、鋼素材の加熱温度は、鋼素材の温度低下に伴う変形抵抗の上昇により熱間圧延が困難となることを避ける観点から、880 以上とすることが好ましい。

【0032】

〔熱間圧延仕上温度：800～930 〕

熱間圧延の仕上温度が800 未満になると、被圧延材の表層近傍のC濃度によってはフェライトを生成し、フェライト脱炭の抑制が困難となる。一方、仕上温度が930 を超えると、仕上圧延以降の鋼線材の表面に加工が加わらないことと関連して、主にオーステナイト域における脱炭が促進され、全脱炭量の抑制が困難となる。なお、脱炭は被圧延材の表面から進行することから、上記の仕上温度とは仕上圧延終了時の表面温度を意味する。

【0033】

〔巻取り温度：930 未満〕

熱間圧延後の鋼線材はコイル状に巻取られるが、巻取り開始温度が930 以上の場合、冷却中の脱炭進行を十分に抑制することができず、所望とする脱炭量制御が出来ない。熱間圧延後に巻取りを開始するまでの間に鋼線材の表面温度が復熱により上昇することもあるが、巻取り開始までには表面温度が930 未満となっている必要がある。なお、熱間圧延後に巻取りを開始するまでの間は、衝風冷却や水冷などの加速冷却を行わずに放冷とすることが好ましい。なぜなら、加速冷却により巻取り温度を930 未満とすると、巻取り後に復熱が大きくなり、巻取り開始温度を930 未満としたことによる脱炭抑制効果が減じるからである。

【0034】

上記した成分組成を有する鋼素材に、上記した条件に従う熱間圧延を施すことによって、圧延ままの鋼線材における脱炭層の生成は抑制される。具体的には、熱間圧延およびその後の冷却後の鋼線材において、実用脱炭深さ 100 μmおよびフェライト脱炭深さ 20 μmを実現することができる。

【実施例】

【0035】

以下、本発明を実施例に基づいて説明する。

10

20

30

40

50

表 1 に示す成分組成の鋼を溶製し、連続鋳造により鋼スラブとした。この鋼スラブを、ブレードダウン工程にて150mm角ピレットに圧延して鋼素材を得た。この角ピレットの鋼素材に対して、研削および研磨処理によって脱炭層を除去した。次いで、脱炭層除去後の鋼素材を、 $\phi 13\text{mm}$ の線材とする熱間圧延に供した。この熱間圧延における加熱温度、熱間圧延仕上げ温度、仕上げ後巻取までの加速冷却の有無、巻取ってステルモアコンベア上での冷却を開始する時の温度（巻取り温度）を表 2 に示す。また、これら工程を経て得られた鋼線材の表面脱炭量を調査するとともに、靱性および疲労強度を測定した。それらの結果を表 2 に併記する。

【 0 0 3 6 】

なお、全脱炭層深さは、熱間圧延後の鋼線材から、その長手方向（圧延方向）に10mmの長さの部分を切断して得られた試験片において、表面層から径方向内側（深さ）方向への硬度変化を測定し評価した。すなわち、得られた試験片に対して、切断面（長手方向に対して垂直な（直径13mm）の断面：以下、C断面）の硬度測定を行えるように、樹脂に埋め込み、C断面の鏡面研磨後に、このC断面の硬度測定を行った。硬度測定は、JIS G 0558「鋼の脱炭層深さ測定方法」に記載の硬さ試験による測定方法に従い測定した。ここでの測定条件は次のとおりである。株式会社アカシ製「微小硬さ試験機（HM-115、ビッカース硬さ）」で荷重0.98Nおよび直径方向へ25 μm ピッチで測定を実施した。得られた結果について、ビッカース硬さが400 HV未満の領域を全脱炭層深さと定義した。また、フェライト脱炭深さは、鋼材の表層部の光学顕微鏡観察において、脱炭してフェライトだけとなった層の表面からの深さと定義し、該深さを測定した。表 2 中の「フェライト脱炭」「全脱炭」の欄にそれぞれの測定値を示す。

10

20

【 0 0 3 7 】

本発明の条件を満足する発明例は、製造条件が本発明の条件を満足しない比較例と較べて、いずれも脱炭が抑制されていることがわかる。従って、当該鋼線材の活用により、優れた疲労特性を有するばねなどの高強度部材を得ることが可能となる。

【 0 0 3 8 】

【表 1】

鋼記号	化 学 成 分 (質量%)										区分
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	O	N	その他	
A	0.54	1.45	0.69	0.015	0.006	0.67	0.022	0.0007	0.0050	-	発明例
B	0.68	1.20	0.78	0.023	0.025	0.80	0.035	0.0015	0.0080	-	発明例
C	0.42	1.68	0.98	0.010	0.012	0.98	0.028	0.0015	0.0060	-	発明例
D	0.57	0.85	0.82	0.011	0.008	0.75	0.027	0.0016	0.0083	-	発明例
E	0.57	1.17	0.72	0.011	0.004	0.64	0.026	0.0022	0.0063	V 0.12%, W 0.05%	発明例
F	0.56	1.34	0.68	0.006	0.005	0.72	0.036	0.0025	0.0064	Cu 0.4%, Ni: 0.2%	発明例
G	0.56	1.03	0.51	0.016	0.004	0.54	0.040	0.0019	0.0043	Sn 0.0132%, Sb 0.0078%	発明例
H	0.50	1.31	0.65	0.020	0.012	0.69	0.032	0.0014	0.0083	B 0.0022%, Ti 0.05%	発明例
I	0.59	1.12	0.80	0.018	0.006	0.93	0.020	0.0021	0.0090	Nb 0.05%, Mo 0.21%	発明例
J	0.50	1.12	0.77	0.010	0.010	0.72	0.040	0.0014	0.0062	Mo 0.12%, V 0.1%, Ni 0.1%	発明例
K	0.59	1.38	0.75	0.018	0.008	0.60	0.039	0.0024	0.0074	B 0.0018%, Ti 0.018%, Sb 0.0050%	発明例
L	0.35	1.43	0.71	0.012	0.009	0.68	0.018	0.0016	0.0050	-	比較例
M	0.74	1.44	0.70	0.012	0.002	0.68	0.022	0.0016	0.0048	-	比較例
N	0.55	0.72	0.68	0.013	0.005	0.69	0.023	0.0015	0.0045	-	比較例
O	0.53	1.85	0.71	0.018	0.005	0.68	0.019	0.0016	0.0051	-	比較例
P	0.52	1.45	0.32	0.018	0.004	0.66	0.022	0.0017	0.0058	-	比較例
Q	0.54	1.44	1.25	0.014	0.007	0.66	0.020	0.0015	0.0053	-	比較例
R	0.53	1.42	0.82	0.040	0.011	0.69	0.021	0.0015	0.0052	-	比較例
S	0.54	1.25	0.79	0.021	0.042	0.68	0.022	0.0016	0.0054	-	比較例
T	0.56	1.45	0.69	0.020	0.008	0.22	0.018	0.0018	0.0044	-	比較例
U	0.54	1.45	0.68	0.015	0.003	1.15	0.021	0.0015	0.0042	-	比較例
V	0.55	1.45	0.70	0.016	0.009	0.67	0.017	0.0055	0.0040	-	比較例
X	0.55	1.30	0.69	0.014	0.009	0.72	0.025	0.0019	0.0123	-	比較例

注) 下線は適正範囲外を示す。

10

20

30

40

【表 2】

【表2】

No.	鋼 No.	圧延前 素材脱炭 除去	熱間圧延条件				鋼特性(圧延まま)		焼入れ焼もどし後		備考
			加熱温度 (°C)	仕上げ温度 (°C)	加速冷却 有無	巻取り温度 (°C)	フェライト 脱炭 (μm)	全脱炭 (μm)	韌性 (J/mm^2)	回転曲げ 疲労強度 (MPa)	
1	A	実施	900	870	非実施	900	0	66	168	770	発明例
2	A	実施	960	925	非実施	890	0	65	125	785	発明例
3	A	非実施	945	914	非実施	927	53	142	98	611	比較例
4	A	実施	1020	925	非実施	938	41	127	99	624	比較例
5	A	実施	880	780	非実施	783	25	97	84	683	比較例
6	A	実施	990	950	非実施	959	31	116	85	634	比較例
7	A	実施	970	925	実施	900	33	120	97	630	比較例
8	A	実施	980	928	非実施	950	25	108	88	642	比較例
9	B	実施	913	878	非実施	905	0	64	115	825	発明例
10	C	実施	918	892	非実施	897	0	60	175	765	発明例
11	D	実施	915	890	非実施	897	0	42	173	772	発明例
12	E	実施	892	858	非実施	882	0	51	147	782	発明例
13	F	実施	928	897	非実施	920	0	60	148	791	発明例
14	G	実施	891	862	非実施	855	0	47	144	799	発明例
15	H	実施	903	871	非実施	893	0	58	150	781	発明例
16	I	実施	928	891	非実施	888	0	56	154	781	発明例
17	J	実施	901	871	非実施	905	0	48	153	785	発明例
18	K	実施	941	905	非実施	878	0	67	145	781	発明例
19	L	実施	947	919	非実施	924	0	43	169	620	比較例
20	M	実施	905	867	非実施	883	0	53	32	732	比較例
21	N	実施	923	889	非実施	882	0	50	132	615	比較例
22	O	実施	890	867	非実施	872	0	105	103	695	比較例
23	P	実施	943	905	非実施	913	0	49	102	635	比較例
24	Q	実施	922	893	非実施	884	0	42	65	700	比較例
25	R	実施	910	900	非実施	905	0	51	52	632	比較例
26	S	実施	910	903	非実施	909	0	49	29	568	比較例
27	T	実施	911	886	非実施	878	0	61	113	628	比較例
28	U	実施	949	919	非実施	927	0	48	67	708	比較例
29	V	実施	930	905	非実施	925	0	64	85	583	比較例
30	X	実施	921	916	非実施	927	0	46	93	621	比較例

10

20

30

40

フロントページの続き

(72)発明者 大谷 義則

東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社内

Fターム(参考) 4K032 AA01 AA02 AA05 AA06 AA11 AA14 AA16 AA19 AA21 AA22
AA23 AA26 AA27 AA29 AA31 AA32 AA35 AA36 AA37 BA02
CA01 CC03 CC04 CD05 CE01 CE02