

(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2017-203190

(P2017-203190A)

(43) 公開日 平成29年11月16日(2017.11.16)

(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 2 Z	4 G O 4 8
C 2 2 C 38/60 (2006.01)	C 2 2 C 38/60	4 K O 3 2
C 2 1 D 8/00 (2006.01)	C 2 1 D 8/00 E	
C O 1 G 45/00 (2006.01)	C O 1 G 45/00	
C O 1 G 39/06 (2006.01)	C O 1 G 39/06	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-95669 (P2016-95669)	(71) 出願人	000003713
(22) 出願日	平成28年5月11日 (2016.5.11)		大同特殊鋼株式会社
			愛知県名古屋市東区東桜一丁目1番10号
		(74) 代理人	100076473
			弁理士 飯田 昭夫
		(74) 代理人	100198247
			弁理士 並河 伊佐夫
		(74) 代理人	100112900
			弁理士 江間 路子
		(72) 発明者	古庄 千紘
			愛知県名古屋市南区大同町二丁目30番地
			大同特殊鋼株式会社 研究開発本部 内
		(72) 発明者	高林 宏之
			愛知県名古屋市南区大同町二丁目30番地
			大同特殊鋼株式会社 研究開発本部 内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フェライト系快削ステンレス鋼及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 切削性、耐食性及び面疲労強度に優れたフェライト系快削ステンレス鋼を提供する。

【解決手段】 フェライト系快削ステンレス鋼を、質量%で、 $0.003 \leq C \leq 0.030$ 、 $0.05 \leq Si \leq 1.00$ 、 $1.00 \leq Mn \leq 2.00$ 、 $P \leq 0.05$ 、 $0.25 \leq S \leq 0.40$ 、 $Cu \leq 0.50$ 、 $Ni \leq 0.50$ 、 $17.00 \leq Cr \leq 25.00$ 、 $0.50 \leq Mo \leq 3.00$ 、 $0.0020 \leq O \leq 0.0500$ 、 $0.012 \leq N \leq 0.050$ 、 $0.010 \leq V \leq 0.050$ 、 $0.001 \leq W \leq 0.020$ 、 $0.001 \leq Nb \leq 0.020$ 、 $0.001 \leq Ti \leq 0.020$ 、を含有するとともに、下記の式(1)～(3)を満足し、

$$0.006 \leq ([V] + [W] + 8[Nb] + 15[Ti]) / ([Cr] + 3[Mo]) \leq 0.020 \quad \text{式(1)}$$

$$4.2 \leq [Mn] / [S] \leq 6.0 \quad \text{式(2)}、10 \leq [S] / [O] \leq 30 \quad \text{式(3)}$$

更に、 $0.05 \leq Se \leq 0.30$ 、 $0.08 \leq Pb \leq 0.20$ 、 $0.08 \leq Bi \leq 0.20$ 、 $0.005 \leq Te \leq 0.100$ 、の何れか2種以上を含有し、残部Fe及び不可避免的不純物の組成を有するものとする。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量%で

$$0.003 \leq C \leq 0.030$$

$$0.05 \leq Si \leq 1.00$$

$$1.00 \leq Mn \leq 2.00$$

$$P \leq 0.05$$

$$0.25 \leq S \leq 0.40$$

$$Cu \leq 0.50$$

$$Ni \leq 0.50$$

10

$$17.00 \leq Cr \leq 25.00$$

$$0.50 \leq Mo \leq 3.00$$

$$0.0020 \leq O \leq 0.0500$$

$$0.012 \leq N \leq 0.050$$

$$0.010 \leq V \leq 0.050$$

$$0.001 \leq W \leq 0.020$$

$$0.001 \leq Nb \leq 0.020$$

$$0.001 \leq Ti \leq 0.020$$

を含有するとともに、下記の式(1)～(3)を満足し、

$$0.006 \leq ([V] + [W] + 8[Nb] + 15[Ti]) / ([Cr] + 3[Mo]) \leq 0.020 \dots \quad 20$$

・式(1)

$$4.2 \leq [Mn] / [S] \leq 6.0 \dots \text{式(2)}$$

$$1.0 \leq [S] / [O] \leq 3.0 \dots \text{式(3)}$$

(式(1)、式(2)、式(3)中[]は各元素の含有質量%を示す)

更に、

$$0.05 \leq Se \leq 0.30$$

$$0.08 \leq Pb \leq 0.20$$

$$0.08 \leq Bi \leq 0.20$$

$$0.005 \leq Te \leq 0.100$$

の何れか2種以上を含有し、残部Fe及び不可避免的不純物の組成を有していることを特徴とするフェライト系快削ステンレス鋼。 30

【請求項 2】

質量%で、

$$0.0005 \leq B \leq 0.0500$$

$$0.0005 \leq Ca \leq 0.0100$$

$$0.0005 \leq Mg \leq 0.0100$$

の何れか1種又は2種以上を更に含有することを特徴とする請求項1に記載のフェライト系快削ステンレス鋼。

【請求項 3】

硫化物系介在物の組成が、質量%で、

40

Mn: 45～60%、Cr: 5%以上、Mo: 0.6%以上を満たし、且つ、

前記硫化物系介在物が面積率にして0.2～2.5%分布していることを特徴とする請求項1、2の何れかに記載のフェライト系快削ステンレス鋼。

【請求項 4】

熱間圧延を900～1200℃の範囲で行った後、550～780℃の温度範囲で10時間以下の焼鈍処理を施すことを特徴とする請求項1～3の何れかに記載のフェライト系快削ステンレス鋼の製造方法。

【請求項 5】

前記焼鈍処理後における前記硫化物系介在物の形状を、円相当径が2～50μmで、アスペクト比が2～10としたことを特徴とする請求項4に記載のフェライト系快削ステン 50

レス鋼の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、切削性、耐食性及び面疲労強度に優れたフェライト系快削ステンレス鋼及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

フェライト系ステンレス鋼は、優れた耐食性を有する一方で、高合金鋼であるために削り難いといった難点がある。フェライト系ステンレス鋼に快削性を付与する手段として、例えば鋼にSを添加することで、鋼中にMnSを介在物として生成させ、切削時に介在物への応力集中効果によって被削性を高めたものがある。

MnS介在物を生成した鋼は、ステンレス鋼の特徴である優れた耐食性を低下させるが、ステンレス鋼の場合、鋼中に含まれるCrの一部がMnの一部を置換する形で硫化物中に入り込んで来るため、この硫化物中のCr濃度を制御することで被削性と耐食性の両立を図っている。

【0003】

一方で、精密機器の軸受けやボールペンチップなどの用途では、流体や異材種との物理的摩擦環境、とりわけ水溶性潤滑油や水溶性インクに代表される腐食性流体中での使用により、エロージョン・コロージョンや摩擦による剥離、脱落、変形などの問題が発生しており、これらの問題についての改善の要望が強い。

このような用途に用いられる快削ステンレス鋼では、被削性、耐食性だけでなく、優れた面疲労強度も求められるが、従来これらの特性を満たすフェライト系快削ステンレス鋼は提供されていない。

【0004】

尚、下記特許文献1には、耐食性の低下を極力抑え、且つ強度を向上させた快削フェライト系ステンレス鋼についての発明が開示され、また下記特許文献2には被削性及び耐食性に優れたフェライト系快削ステンレス鋼についての発明が開示されている。しかしながら、これらの特許文献には、本発明における炭化物及び硫化物系介在物の組成制御や形態制御については開示されておらず、本発明とは異なるものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-130794号公報

【特許文献2】特開平11-140597号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は以上のような事情を背景とし、切削性、耐食性及び面疲労強度に優れたフェライト系快削ステンレス鋼及びその製造方法を提供することを目的としてなされたものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

而して請求項1はフェライト系快削ステンレス鋼に関するもので、 $0.003 \leq C \leq 0.030$ 、 $0.05 \leq Si \leq 1.00$ 、 $1.00 \leq Mn \leq 2.00$ 、 $P \leq 0.05$ 、 $0.25 \leq S \leq 0.40$ 、 $Cu \leq 0.50$ 、 $Ni \leq 0.50$ 、 $17.00 \leq Cr \leq 25.00$ 、 $0.50 \leq Mo \leq 3.00$ 、 $0.0020 \leq O \leq 0.0500$ 、 $0.012 \leq N \leq 0.050$ 、 $0.010 \leq V \leq 0.050$ 、 $0.001 \leq W \leq 0.020$ 、 $0.001 \leq Nb \leq 0.020$ 、 $0.001 \leq Ti \leq 0.020$ を含有するとともに、下記の式(1)～(3)を満足し、

10

20

30

40

50

$0.006 \leq ([V] + [W] + 8[Nb] + 15[Ti]) / ([Cr] + 3[Mo]) \leq 0.020 \cdots$
 ・式(1)、 $4.2 \leq [Mn] / [S] \leq 6.0 \cdots$ 式(2)、 $1.0 \leq [S] / [O] \leq 3.0 \cdots$
 ・式(3)、式(1)、式(2)、式(3)中[]は各元素の含有質量%を示す)

更に、 $0.05 \leq Se \leq 0.30$ 、 $0.08 \leq Pb \leq 0.20$ 、 $0.08 \leq Bi \leq 0.20$ 、 $0.005 \leq Te \leq 0.100$ の何れか2種以上を含有し、残部Fe及び不可避免の不純物の組成を有していることを特徴とする。

【0008】

請求項2のものは、請求項1において、質量%で、 $0.0005 \leq B \leq 0.0500$ 、 $0.0005 \leq Ca \leq 0.0100$ 、 $0.0005 \leq Mg \leq 0.0100$ 、の何れか1種又は2種以上を更に含有することを特徴とする。

10

【0009】

請求項3のものは、請求項1、2の何れかにおいて、硫化物系介在物の組成が、質量%で、Mn：45～60%、Cr：5%以上、Mo：0.6%以上を満たし、且つ、前記硫化物系介在物が面積率にして0.2～2.5%分布していることを特徴とする。

【0010】

請求項4はフェライト系快削ステンレス鋼の製造方法に関するもので、請求項1～3の何れかに記載のフェライト系快削ステンレス鋼において、熱間圧延を900～1200℃の範囲で行った後、550～780℃の温度範囲で10時間以下の焼鈍処理を施すことを特徴とする。

【0011】

20

請求項5のものは、請求項4において、前記焼鈍処理後における前記硫化物系介在物の形状を、円相当径が2～50μmで、アスペクト比が2～10としたことを特徴とする。尚、ここでアスペクト比とは、硫化物系介在物の長径／硫化物系介在物の短径の値である。

【0012】

以上のような本発明は、Cr、Moに換えて、V、W、Nb、Tiを主な組成とする微細な炭化物を適量分散析出させるように、炭化物形成元素の含有量をバランスさせたことを特徴としている。

フェライト系ステンレス鋼において、所定の面疲労強度を得るためには、所定硬さの炭化物を析出させることが有効である。但し、フェライト系ステンレス鋼の炭化物の主な組成はCr、Moであるため、炭化物が析出すると、その近傍においてCr、Mo欠乏層が生じ、これが腐食の起点となり耐食性が劣化する。

30

本発明では、Cr、Moよりも炭化物生成傾向が高いV、W、Nb、Tiを添加するとともに、上記式(1)を満足するようにV、W、Nb、Ti及びCr、Moの各元素の含有量をバランスさせることで、V、W、Nb、Ti系の炭化物を析出させて面疲労強度を確保する一方、Cr、Moについては固溶状態を維持させて耐食性の劣化を防止する。

【0013】

更に本発明では、式(2)、式(3)を満たすようにMn、S、Oの各元素の含有量をバランスさせたことを他の特徴としている。

式(2)では、Mn量とS量との比率を規定する。硫化物系介在物中には被削性に優れたMnSと、耐食性に優れたCrSが存在するため、式(2)によるMn量とS量との比率は、被削性及び硫化物系介在物の耐食性に影響する。

40

一方、式(3)では、S量とO量との比率を規定する。硫化物系介在物は鋼中の酸化物を核として成長するため、S量とO量との比率は、硫化物系介在物の分散性及び大きさに影響する。

本発明では、式(2)、式(3)を満たすようにMn、S、Oの各元素の含有量をバランスさせることで、硫化物系介在物の組成及び形態を制御して、耐食性を維持しつつ被削性を効果的に高めることができる。

【0014】

本発明の請求項1、2何れかの組成に基づいたフェライト系快削ステンレス鋼において

50

は、硫化物系介在物の組成を、Mn：45～60%，Cr：5%以上，Mo：0.6%以上とし、且つ、この硫化物系介在物を面積率で0.2～2.5%分布させることで、優れた耐食性と被削性を付与することができる（請求項3）。

【0015】

また本発明のフェライト系快削ステンレス鋼は、熱間圧延時における硫化物系介在物の変形防止効果に優れた元素Se、Pb、Bi、Teの何れか2種以上を含有している。このため、熱間圧延時の硫化物系介在物の変形を抑制して、特性的な異方性、即ち圧延方向とその直角方向とで特性的な差が生じるのを有効に抑制することができる。

【0016】

本願発明のフェライト系快削ステンレス鋼では、熱間圧延を900～1200℃の範囲で行った後、550～780℃の温度範囲で10時間以下の焼鈍処理を施すことができる（請求項4）。

【0017】

そして本発明の合金組成によれば、前記焼鈍処理後における硫化物系介在物の形状を、円相当径が2～50μmで、アスペクト比が2～10とすることができ、優れた快削性を得ることができる（請求項5）。

【0018】

次に本発明における各化学成分等の限定理由を以下に説明する。

「請求項1について」

$$0.003 \leq C \leq 0.030$$

Cは、代表的な固溶強化元素であるが、耐食性及び常温靱性を低下させるといった害が大きいので低い方が望ましい。しかし、極端に低減することは製造コストの上昇を招くため精錬技術を考慮し、0.003～0.030%とした。

【0019】

$$0.05 \leq Si \leq 1.00$$

Siは、固溶強化元素であり強度を向上させる。但し、1.00%を超えた添加は熱間加工性を低下させるため、0.05～1.00%とした。

【0020】

$$1.00 \leq Mn \leq 2.00$$

Mnは、S、Seと化合物を生成し、被削性を向上させる。この効果を得るため1.00%以上添加する。但し、2.00%を超える添加は、耐食性を低下させると共に、オーステナイト相の生成を促進させるため、その上限を2.00%とした。

【0021】

$$P \leq 0.05$$

Pは不純物となるもので、粒界に偏析し、粒界腐食に対する感受性を高める。また熱間加工性の低下、靱性の低下を招く。このため含有量を0.05%以下に規制する。

【0022】

$$0.25 \leq S \leq 0.40$$

Sは、快削元素であり、鋼中で主に(Mn、Cr)Sを形成して、切り屑の切れ性を良くし工具寿命を伸ばす。このため0.25%以上添加する。しかし、0.40%を超えた添加は熱間加工性を著しく低下させるので、その上限を0.40%とする。

【0023】

$$Cu \leq 0.50$$

Cuは、耐食性の向上に寄与するが、オーステナイト生成元素であり、フェライト相を不安定にするため、その上限を0.50%とした。

【0024】

$$Ni \leq 0.50$$

Niは、耐食性の向上に寄与するが、オーステナイト生成元素であり、フェライト相を不安定にするため、その上限を0.50%とした。

【0025】

10

20

30

40

50

$$17.00 \leq Cr \leq 25.00$$

Crは、耐食性の確保に必須の元素であり、十分な耐食性を持たせるためには17.00%以上の添加が必要であるが、25.00%を超えるとコストが高くなるため、その範囲を17.00%～25.00%とした。

【0026】

$$0.50 \leq Mo \leq 3.00$$

Moは、固溶強化元素であり、強度を向上させる。また耐食性も向上させる。このため0.50%以上添加する。但し、3.00%を超えた添加は熱間加工性を低下させるため、その上限を3.00%とする。

【0027】

$$0.0020 \leq O \leq 0.0500$$

Oは、被削性を向上させるのに必要な硫化物の形成に関わる元素である。詳しくは、Oは、MnS等硫化物形成の核となる酸化物として分散生成する。MnS等硫化物はその核の存在の下に、核を中心として生成し易い。従ってMnS等硫化物を上手く分散状態で良好に形成するためには一定量のOを必要とする。そのため本発明ではOを0.0020%以上とする。

但し、Oが過剰になると、被削性の向上に有効でない粗大な酸化物が生成し易くなるため、上限を0.0500%とする。

【0028】

$$0.012 \leq N \leq 0.050$$

Nは、代表的な固溶強化元素であるが、耐食性及び常温靱性を低下させるといった害が大きいため低い方が望ましい。しかし、極端に低減することは製造コストの上昇を招くため精錬技術を考慮し、0.012～0.050%とする。

【0029】

$$0.010 \leq V \leq 0.050$$

$$0.001 \leq W \leq 0.020$$

$$0.001 \leq Nb \leq 0.020$$

$$0.001 \leq Ti \leq 0.020$$

V、W、Nb、Tiは炭化物を形成して摺動性を向上させる。但し過剰な添加はコストの増加を招くため、その上限をVで0.050%、W、Nb、Tiで0.020%とする。

【0030】

$$0.006 \leq ([V] + [W] + 8[Nb] + 15[Ti]) / ([Cr] + 3[Mo]) \leq 0.020 \cdots \text{式(1)}$$

V、W、Nb、Ti、Cr、Moは何れも炭化物形成元素である。この式(1)を満たすことでV、W、Nb、Ti系の炭化物を効率的に析出させることができる。特に炭化物形成元素の質量比、即ち、 $([V] + [W] + 8[Nb] + 15[Ti]) / ([Cr] + 3[Mo])$ の値を0.015以上とすることで、良好な面疲労強度を確保することができる。

一方、式中の炭化物形成元素の質量比が0.006未満であると硬さが不足して、面疲労強度が低下する。他方、0.020を越えるとV、W、Nb、Ti系の炭化物の析出量が過多となり硬度が上がって被削性が悪化する。

【0031】

$$4.2 \leq [Mn] / [S] \leq 6.0 \cdots \text{式(2)}$$

鋼中の硫化物系介在物はMnSを主体とするが、鋼にMnとCrとがSとともに含有されている場合、介在物にはMnSに加えてCrSが含まれる。

但し、MnSの方がCrSよりも生成エネルギーが低いのでMnSが優先的に生成する。ここでMnSは被削性向上効果が大きい、耐食性は低い。一方、CrSは被削性向上効果はMnSに比べて小さいが、耐食性は高い。

式(2)は、(Mn, Cr)SにおけるMnの比率を規定するもので、この式(2)を満たすことで、切削性と耐食性との両立を図ることができる。

10

20

30

40

50

この場合において $[Mn]/[S]$ が4.2未満であると、CrS生成量が適正バランスよりも多くなって、介在物硬さが上昇し、十分な被削性向上効果が得られない。

逆に $[Mn]/[S]$ が6.0を超えて高くなると、CrSが少なくなって硫化物系介在物の耐食性が著しく劣化し、そのことが鋼の耐食性の劣化を招く。

そこで本発明では、 $[Mn]/[S]$ を4.2～6.0の範囲内とする。

【0032】

$10 \leq [S]/[O] \leq 30$ ・・・式(3)

式(3)は(Mn, Cr)Sの核となる酸化物の分布を規定するものである。 $[S]/[O]$ がこの式(3)を満たす範囲内であると(Mn, Cr)Sが粗大粒となることなく、均一に分布するため切削破碎性に優れ、ドリル切削性を向上させることができる。

尚、 $[S]/[O]$ が10未満の場合、相対的にOが多くなり酸化物が粗大化し、被削性に有効でない硬質な酸化物が多くなり切削性が悪化する。

逆に30を超えて、相対的にOが過少となると、核となる酸化物が少なくなるため、酸化物を核に生成する(Mn, Cr)Sが粗大化して、切屑が十分に破碎されず、被削性向上の効果が得られない。そこで本発明では、 $[S]/[O]$ を10～30とする。

【0033】

$0.05 \leq Se \leq 0.30$

$0.08 \leq Pb \leq 0.20$

$0.08 \leq Bi \leq 0.20$

$0.005 \leq Te \leq 0.100$

これらSe, Pb, Bi, Teは快削性元素であり、切削性を向上させる。またこれらの元素は硫化物系介在物の周りに存在し、熱間圧延時に溶融して硫化物系介在物と素地との間で潤滑油のように作用する。これにより圧延時に硫化物系介在物が伸長して材料の異方性が大きくなるのを有効に防止することができる。これらの元素は1種添加でも効果あるが、特にこれらの元素を2種以上添加した場合にその効果が大きい。尚、各元素はその上限値を超えて添加されると熱間加工性を著しく低下させるため、Seは0.30%、Pb, Biは0.20%、Teは0.20%を上限とする。

【0034】

「請求項2について」

Sを0.25%以上含有する本発明のステンレス鋼では、熱間加工性の改善にB-Ca-Mgを選択的に添加することが有効である。具体的には、

$0.0005 \leq B \leq 0.0500$

$0.0005 \leq Ca \leq 0.0100$

$0.0005 \leq Mg \leq 0.0100$

の何れか1種又は2種以上含有させれば良い。

但し、いずれの元素も過剰に含有させると熱間加工性を低下させるため、Bは0.0500%、Ca, Mgは0.0100%を上限とする。

【0035】

「請求項3について」

硫化物系介在物の組成が、Mn:45～60%、Cr:5%以上、Mo:0.6%以上を満たし、且つ、硫化物系介在物が面積率で0.2～2.5%分布

硫化物系介在物の組成及び面積率を上記のようにすることで、鋼に優れた耐食性と被削性を付与することができる。

硫化物系介在物におけるMn量が45%未満の場合には、MnS量が減少して被削性が悪化する。Mn含有量が60%を超える場合には、CrS量が減少して硫化物系介在物自体が腐食し易くなる。

面積率については、0.2%未満ではそもそも被削性向上の効果が得られない。一方、上限の2.5%を超えると耐食性、疲労強度などの特性が低下する。

【発明の効果】

【0036】

10

20

30

40

50

以上のような本発明によれば、切削性、耐食性及び面疲労強度に優れたフェライト系快削ステンレス鋼及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】ドリル寿命に及ぼす、SとOとの質量比の影響を示した図である。

【実施例】

【0038】

次に本発明の実施例を以下に詳しく説明する。

表1に示す化学組成（質量％）の鋼50kgを高周波誘導炉を用いて溶製した後、冷却して各インゴットを作製した。

次いで、各インゴットを1100℃に加熱し、熱間鍛造及び熱間圧延を行い、Φ28mmの丸棒を作製した。そしてこれを750～800℃の間で4hr焼鈍処理を施し、各試験片形状に切削加工、研磨を実施した。

【0039】

【表 1】

表 1-I

化学成分(質量%)

		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	O	N	
実施例	1	0.009	0.80	1.39	0.020	0.32	0.11	0.22	21.8	2.2	0.019	0.017	10
	2	0.013	0.36	1.58	0.010	0.30	0.20	0.23	19.1	0.8	0.023	0.031	
	3	0.021	0.44	1.45	0.020	0.26	0.12	0.11	17.5	1.7	0.021	0.027	
	4	0.025	0.35	1.60	0.012	0.29	0.36	0.28	24.0	2.5	0.022	0.035	
	5	0.007	0.79	1.98	0.029	0.37	0.15	0.13	23.7	0.7	0.021	0.039	
	6	0.008	0.51	1.30	0.012	0.28	0.10	0.36	19.8	1.8	0.018	0.015	
	7	0.020	0.67	1.50	0.010	0.35	0.29	0.13	17.7	2.1	0.021	0.042	20
	8	0.018	0.84	1.62	0.013	0.38	0.09	0.20	17.6	1.8	0.028	0.015	
	9	0.024	0.70	1.86	0.022	0.34	0.35	0.24	22.2	1.5	0.029	0.043	
	10	0.010	0.49	1.35	0.020	0.26	0.31	0.25	20.1	1.9	0.017	0.016	
	11	0.021	0.64	1.76	0.022	0.36	0.27	0.36	19.2	1.9	0.016	0.044	
	12	0.018	0.17	1.56	0.014	0.35	0.25	0.13	17.0	1.2	0.030	0.044	
	13	0.009	0.48	1.40	0.009	0.29	0.24	0.40	19.2	1.7	0.017	0.017	30
	14	0.030	0.94	1.44	0.030	0.32	0.33	0.16	19.0	1.9	0.031	0.042	
	15	0.024	0.66	1.50	0.007	0.33	0.39	0.16	21.0	2.5	0.030	0.036	
	16	0.029	0.12	1.20	0.030	0.25	0.33	0.14	21.6	1.3	0.021	0.031	
比較例	1	0.009	0.31	0.35	0.030	0.27	0.10	0.20	19.2	0.5	0.014	0.016	40
	2	0.051	0.53	1.19	0.040	0.23	0.10	0.10	17.5	0.1	0.012	0.036	
	3	0.012	0.56	1.49	0.020	0.29	0.20	0.25	19.5	1.5	0.022	0.021	
	4	0.024	0.44	1.61	0.012	0.38	0.30	0.28	23.5	2.5	0.011	0.019	

表 1 - II 化学成分(質量%)

		V	W	Nb	Ti	Se	Pb	Bi	Te	式(1)	式(2)	式(3)	その他
実施例	1	0.023	0.006	0.011	0.019	--	0.14	--	0.009	0.014	4.34	16.8	
	2	0.011	0.019	0.009	0.008	0.21	0.09	--	--	0.010	5.27	13.0	
	3	0.040	0.013	0.019	0.007	--	0.08	0.150	--	0.014	5.58	12.4	
	4	0.047	0.006	0.017	0.011	0.28	--	--	0.081	0.011	5.52	13.2	
	5	0.029	0.015	0.011	0.018	0.15	--	0.110	--	0.016	5.35	17.6	
	6	0.035	0.015	0.009	0.005	--	0.13	--	0.029	0.008	4.64	15.6	
	7	0.045	0.018	0.005	0.008	--	0.08	0.090	0.044	0.009	4.29	16.7	
	8	0.045	0.013	0.013	0.017	0.09	--	0.100	0.058	0.018	4.26	13.6	
	9	0.016	0.010	0.006	0.011	0.1	0.1	--	0.041	0.009	5.47	11.7	
	10	0.016	0.012	0.008	0.008	--	--	0.120	0.038	0.008	5.19	15.3	
	11	0.050	0.003	0.018	0.010	0.22	0.09	0.080	--	0.014	4.89	22.5	
	12	0.019	0.001	0.012	0.017	0.1	0.08	0.080	0.009	0.018	4.46	11.7	
	13	0.033	0.010	0.020	0.008	--	--	0.140	0.034	0.013	4.83	17.1	0.0012B
	14	0.012	0.012	0.013	0.003	--	0.17	--	0.055	0.007	4.50	10.3	0.0019B, 0.002Ca
	15	0.016	0.003	0.011	0.009	0.24	--	--	0.049	0.008	4.55	11.0	0.0034B, 0.001Ca
	16	0.022	0.014	0.015	0.015	--	0.09	0.130	--	0.015	4.80	11.9	0.002B, 0.0013Mg
比較例	1	0.005	0.002	0.001	0.001	--	0.14	--	0.033	0.001	1.30	19.3	0.0025B
	2	0.004	0.003	0.001	0.001	--	--	--	--	0.002	5.17	19.2	
	3	0.008	0.001	0.002	0.002	--	--	0.100	0.027	0.002	5.14	13.2	
	4	0.035	0.018	0.017	0.011	0.22	--	--	0.054	0.011	4.24	34.5	

【0040】

<ドリル寿命試験>

ドリル寿命試験はΦ5mmのドリル（SKH51）を使用し、潤滑油を用いず、1000mmの切削（穴あけ）が可能な最大切削速度（VL1000）を求め、以下の基準に従い評価した。

A：VL1000が70.0m/min以上

B：VL1000が60.0m/min以上、70.0m/min未満

C : V L 1 0 0 0 が 6 0 . 0 m / m i n 未 満

【 0 0 4 1 】

< 硫化物組成評価 >

硫化物組成評価では、E P M A を用い、硫化物系介在物中の M n 、C r 及び M o の平均組成を求めた。具体的には、元素濃度が明らかな標準試料の特性 X 線強度と、各実施例／比較例の硫化物系介在物の特性 X 線強度を比較し、定量分析を行ない、以下の基準に従い評価した。

○ : 硫化物系介在物に含まれる M n 、C r 及び M o の組成が以下を全て満たす

M n の組成が 4 5 ~ 6 0 質量 %

C r の組成が 5 質量 % 以上

M o の組成が 0 . 6 質量 % 以上

10

× : 上記以外

【 0 0 4 2 】

< 硫化物形態評価 >

硫化物形態は光学顕微鏡による観察で、倍率 $\times 100$ 倍にて 10 視野観察し、画像解析により硫化物系介在物の面積率、アスペクト比（硫化物系介在物の長軸長さ／短軸長さ）、円相当径を求め、以下の基準に従い評価した。

○ : 硫化物系介在物の面積率が 10 % 以上、アスペクト比が 2 ~ 10 、円相当径が 2 ~ 50 μm の全てを満足する

× : 上記以外

20

【 0 0 4 3 】

< 面疲労強度 >

面疲労強度はローラピッチング試験機による疲労強度試験にて行なった。試験は、大ローラ : S U J 2 (クラウニング 1 5 0 R) 、回転数 : 1 5 0 0 r p m 、潤滑油 : トランスミッション油、油温 : 9 0 $^{\circ}\text{C}$ 、すべり率 : - 6 0 % の条件で、大ローラを所定面圧で試験片に押し付けて行い、 10^7 回強度（試験片表面にピッチングが発生する限界強度）を面疲労強度として測定した。各実施例及び比較例の面疲労強度について、S U S 4 3 0 F （比較例 2 ）の面疲労強度を 1 とした時の比率、即ち、面疲労強度比を用いて、下記基準に従い評価した。

A : 面疲労強度比が 1 . 5 以上

B : 面疲労強度比が 1 . 3 以上、1 . 5 未 満

C : 面疲労強度比が 1 . 3 未 満

これらの結果が表 2 に示してある。

30

【 0 0 4 4 】

【表 2】

表 2

		硫化物 組成	硫化物 形態	面疲労 強度比		ドリル寿命 (VL1000)	
				値	判定	値	判定
実 施 例	1	○	○	1.44	B	65.2	B
	2	○	○	1.38	B	67.7	B
	3	○	○	1.45	B	76.1	A
	4	○	○	1.33	B	67.8	B
	5	○	○	1.62	A	61.6	B
	6	○	○	1.31	B	79.4	A
	7	○	○	1.33	B	70.2	A
	8	○	○	1.65	A	72.3	A
	9	○	○	1.34	B	76.3	A
	10	○	○	1.33	B	70.8	A
	11	○	○	1.42	B	60.1	B
	12	○	○	1.68	A	75.0	A
	13	○	○	1.45	B	76.5	A
	14	○	○	1.35	B	75.0	A
	15	○	○	1.37	B	66.6	B
	16	○	○	1.51	A	62.3	B
比 較 例	1	×	○	1.08	C	39.2	C
	2	○	×	1.00	C	44.3	C
	3	○	○	0.89	C	68.9	B
	4	○	×	1.35	B	52.8	C

【0045】

表 2 により、以下のことが分かる。

10

20

30

40

50

比較例 1 は、V 量が本発明の下限值よりも少なく、式 (1) が下限値 0.006 を下回っている。このため面疲労強度比が低く、評価の判定が「C」で摺動部材としての使用には適していない。また Mn 量が少なく、式 (2) が下限値 4.2 を下回っている。このため硫化物系介在物中の Cr 量が多くなり、硫化物組成の評価が「×」となっている。この場合介在物硬さが上昇する一方、MnS の生成量が少なくなり、十分な被削性向上の効果が得られておらずドリル寿命の評価が「C」である。

【0046】

比較例 2 は、JIS にて規定されているフェライト系快削ステンレス鋼 SUS430F で、面疲労強度判定の基準となるものである。比較例 2 は、V 量が少なく、式 (1) が下限値 0.006 を下回っており、摺動部材としての使用には適していない。また快削元素

10

である S 量が本発明の下限值 0.25% を下回っているため、十分な被削性向上の効果が得られておらずドリル寿命の評価が「C」である。

またこの比較例 2 は、Se, Pb, Bi, Te の何れも含有されておらず、圧延時に硫化物系介在物が伸長されアスペクト比が 10 を越えており、硫化物形態の評価が「×」である。このため材料の特性に異方性が生じてしまうことが懸念される。

【0047】

比較例 3 は、S 量、Mn 量及び式 (2)、式 (3) といった被削性に拘る規定を満足しており、ドリル寿命についての評価は「B」と他の比較例に比べて良好であった。しかしながら比較例 1, 2 と同様に V 量が少なく、式 (1) が下限値 0.006 を下回っている。このため面疲労強度比の評価が「C」と悪く、摺動部材としての使用には適していない。

20

【0048】

比較例 4 は、式 (3) の値が上限値 30 を超えている。このよう場合、S 量に対して O 量が過少な状態では、核となる酸化物が少なくなるため、酸化物を核に生成する硫化物が粗大化して、円相当径が 50 μm を超えており、硫化物形態の評価は「×」であった。このため切屑が十分に破碎され難く、十分な被削性向上の効果が得られずドリル寿命の評価が「C」と悪い。

【0049】

一方、実施例 1～16 は、各炭化物形成元素が式 (1) を満足するように添加されており、面疲労強度の評価が「A」又は「B」と良好で、従来のフェライト系快削ステンレス鋼 (比較例 2) よりも良好な面疲労強度が得られている。特に式 (1) の値が 0.015 以上の実施例 5, 8, 12, 16 において面疲労強度の評価が「A」と高い。

30

また式 (2)、式 (3) を満たすことで、鋼中に生成された硫化物の組成及び形態も評価の基準を満たしており、被削性と耐食性の両立が図られている。

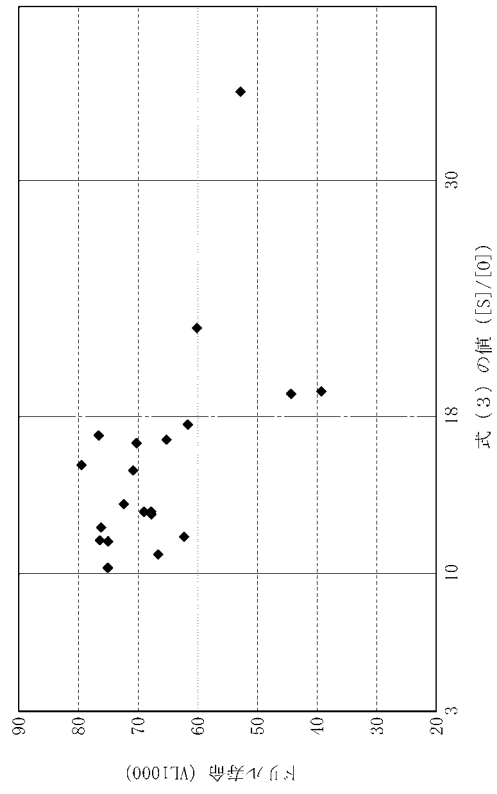
尚、図 1 は、式 (3) の質量比 $[S]/[O]$ とドリル寿命との関係を示した図である。同図で示すように $[S]/[O]$ が 18 以下であるとドリル寿命が高く維持される傾向にあり、実施例 3, 6～10, 12～14 においてドリル寿命の評価が「A」と高い。

【0050】

以上本発明のフェライト系快削ステンレス鋼について詳しく説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改変が可能である。

40

【図 1】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
C 0 1 G 37/033 (2006.01) C 0 1 G 37/033 Z

F ターム (参考) 4G048 AA07 AB01 AC08 AD01 AE05
4K032 AA02 AA03 AA04 AA08 AA13 AA14 AA16 AA19 AA20 AA21
AA22 AA23 AA26 AA27 AA28 AA29 AA30 AA31 AA34 AA35
AA36 AA37 CA01 CA02 CC04 CF01 CF02