

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4176471号
(P4176471)

(45) 発行日 平成20年11月5日(2008.11.5)

(24) 登録日 平成20年8月29日(2008.8.29)

(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 38/54 (2006.01) C 2 2 C 38/54
C 2 2 C 38/58 (2006.01) C 2 2 C 38/58

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2002-550127 (P2002-550127)	(73) 特許権者	500495360
(86) (22) 出願日	平成12年12月14日(2000.12.14)		清水 義之
(86) 国際出願番号	PCT/JP2000/008877		兵庫県川辺郡猪名川町旭ヶ丘1番地109号
(87) 国際公開番号	W02002/048416	(74) 代理人	100083585
(87) 国際公開日	平成14年6月20日(2002.6.20)		弁理士 穂上 照忠
審査請求日	平成14年8月14日(2002.8.14)	(72) 発明者	清水 義之
			兵庫県加古川郡猪名川町旭ヶ丘1-109
		審査官	河野 一夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高珪素ステンレス鋼

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、Si：2～5%、Cr：8～25%、Ni：4～16%、Mn：0.05～5%、Cu：4%以下、Co：8%以下、Mo：0.2～4%、Nb：3%以下、Ta：3%以下、Ti：3%以下、W：4%以下、V：4%以下、B：0.01%以下、Mg：0.010%以下、Ca：0.01%以下、希土類元素：0.01%以下で、残部がFeと不純物とからなる鉄基合金であって、不純物としてのCが0.04%以下、Pが0.03%以下、Sが0.02%以下、Alが0.03%以下、N（窒素）が0.05%以下、O（酸素）が0.005%以下、H（水素）が0.0003%以下であることを特徴とする高珪素ステンレス鋼。

【請求項2】

質量%で、2.5～4.5%のSi、9～20%のCr、5～15%のNi、0.05～5%のMn、0～6%のCo、0.2～4%のMo、0～1.5%のW、0～1.5%のV、0～0.006%のBおよび残部がFeと不純物とからなる鉄基合金であって、不純物としてのCが0.04%以下、Pが0.015%以下、Sが0.01%以下、Alが0.01%以下、N（窒素）が0.03%以下、O（酸素）が0.002%以下、H（水素）が0.0002%以下であることを特徴とする高珪素ステンレス鋼。

【請求項3】

質量%で、2.5～4.5%のSi、9～20%のCr、5～15%のNi、0.05～5%のMn、0～6%のCo、0.2～4%のMo、0～1.5%のW、0～1.5%のV、0～0.006%のB、ならびに0.5～4%のCu、それぞれ0.1～1.5%のNb、TaおよびTiの中の少なくとも1種を含有し、残部がFeと不純物とからなる鉄基合金であって、不純物としてのCが0.04%以下、Pが0.015

%以下、Sが0.01%以下、Alが0.01%以下、N（窒素）が0.03%以下、O（酸素）が0.002%以下、H（水素）が0.0002%以下であることを特徴とする高珪素ステンレス鋼。

【請求項4】

下記(1)式で示すCr当量(X)と下記(2)式で示すNi当量(Y)が下記の(3)式、(4)式および(5)式を満たす請求項1、2または3に記載の高珪素ステンレス鋼。

$$X(\text{Cr当量、\%}) = \text{Cr}(\%) + 0.3 \times \text{Mo}(\%) + 1.5 \times \text{Si}(\%) + 0.5 \times \text{Nb}(\%) \quad \dots (1)$$

$$Y(\text{Ni当量、\%}) = \text{Ni}(\%) + 30 \times \text{C}(\%) + 0.5 \times \text{Mn}(\%) + 0.1 \times \text{Co}(\%) \quad \dots (2)$$

$$Y = 19.20 - 0.81X \quad \dots (3)$$

$$Y = -8.48 + 1.03X \quad \dots (4)$$

$$Y = -5.00 + 0.50X \quad \dots (5)$$

10

【請求項5】

下記(1)式で示すCr当量(X)と下記(2)式で示すNi当量(Y)が下記の(3)式、(4)式、(5)式および(6)式を満たす請求項1、2または3に記載の高珪素ステンレス鋼。

$$X(\text{Cr当量、\%}) = \text{Cr}(\%) + 0.3 \times \text{Mo}(\%) + 1.5 \times \text{Si}(\%) + 0.5 \times \text{Nb}(\%) \quad \dots (1)$$

$$Y(\text{Ni当量、\%}) = \text{Ni}(\%) + 30 \times \text{C}(\%) + 0.5 \times \text{Mn}(\%) + 0.1 \times \text{Co}(\%) \quad \dots (2)$$

$$Y = 19.20 - 0.81X \quad \dots (3)$$

$$Y = -8.48 + 1.03X \quad \dots (4)$$

$$Y = -5.00 + 0.50X \quad \dots (5)$$

$$Y = 25.40 - 0.80X \quad \dots (6)$$

20

【請求項6】

請求項1から5までのいずれかに記載の鋼で製造された線径40μm以下の鋼線。

【請求項7】

請求項1から5までのいずれかに記載の鋼で製造された軸受装置、支承装置または免震装置用の部品。

【請求項8】

請求項1から5までのいずれかに記載の鋼で製造された半導体製造装置用部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、優れた耐食性と高強度を基本的特性とし、併せて耐疲労性、耐熱性、鋳造性、加工性等の多様な特性を兼備する高珪素ステンレス鋼に関する。

30

【0002】

【技術背景】

耐食性に優れた金属材料の代表的なものは、ステンレス鋼である。ステンレス鋼の用途は広範囲に及ぶが、近年、耐食性のみならず、下記のような様々な材料特性を要求する用途が増大しつつある。

【0003】

(1)耐疲労特性、

耐疲労特性を必要とする用途には、例えばバネ、歯車、駆動シャフト等がある。なお、特殊な用途としては歯間ブラシの芯線がある。

40

【0004】

(2)耐熱性

ステンレス鋼のような高Cr鋼は、一般的に耐熱性に優れている。この一般的な耐熱性に加えて、特にヒートチェック（熱応力に起因して発生する割れ）にも耐えることが要求されるものとして、連続鋳造装置用ロール、熱間圧延用ロール、高温用ベアリング、ダイキャスト用金型、ガラス成形用金型、各種加熱炉部品、等がある。

【0005】

(3)強度、特に圧碎強度

軸受装置用のボール、ローラー等の部品、免震装置や支承装置の支持板およびローラー、ダイスや金型等の工具、耐圧容器構成材料等では、大きな荷重に耐える高い圧碎強度が

50

要求される。

【0006】

(4)加工性、特に線引き加工性

最近は、耐食性を備えた合金製であって径が数十 μm の細線の用途が増えている。このような線材は前記の歯間ブラシの芯線のようにそのまま使用される場合と、細線を編んだメッシュとしてフィルター、メタルマスク等として使用される場合とがある。かかる細線製造用の合金には、優れた線引き加工性（伸線性）が必要とされる。

【0007】

(5)鑄造性（湯流れ性）

薄肉で複雑な形状の精密鑄造製品用の合金には、鑄造時の湯流れがよく、鑄造欠陥を生じることが少ない合金が必要とされる。かかる製品の例としては、ゴルフクラブのヘッド、スクリュウ、インペラー、タービンブレード、ポンプ、バルブ等がある。また、溶接材料（ワイヤ、ロッド）として使用したときに滑らかで美しいビードを形成するのにも湯流れの良いことが必要である。

10

【0008】

(6)高度の耐食性

ステンレス鋼は元々耐食性材料であるが、通常のスチール鋼に要求される以上の優れた耐食性が必要とされる用途に半導体製造装置用の部品、例えば配管および接続部品、医療用機器、食品加工用機器等がある。半導体の製造時には高純度のガスや純水が使用される。これらが配管材料に起因する物質によって汚染されてはならないので、配管材料や接続部品には極めて優れた耐食性が要求される。

20

【0009】

(7)耐摩耗性

前記(2)、(3)とも共通するが、軸受装置、支承装置等の部品、化学装置用スクリュウ、各種工具等では優れた耐摩耗性も必要とされる。

【0010】

上記のように、金属材料に要求される性質は様々であり、しかもこれらの性質の幾つかを兼備することが求められることが多い。例えば、薬品工業において使用される打錠機（錠剤製造装置）用の材料は、高度の耐食性ととも使用中的変形や摩耗に耐える高強度と耐摩耗性が必要とされる。

30

【0011】

一方において、機器の製造コストを抑えるために、材料はできるだけ安価であることも要求される。大型機器や量産機器においては、材料価格が総価格の大きな割合を占めるからである。しかし、これらの要求のすべてに応えられる材料はきわめて少ない。

【0012】

耐食性に優れ、かつ比較的安価な材料は、鉄（Fe）をベースとするステンレス鋼である。一般に、ステンレス鋼においては高強度と優れた耐食性とは相反する性質であるが、その両者を備えたステンレス鋼系の合金として下記のようなものがある。

【0013】

(1) JIS SUS 440、420J2の鋼

これらは、焼入れ型のステンレス鋼で、硬度・強度および耐摩耗性には優れているが、耐食性が不十分である。また、焼入れによって高硬度になるが、その熱処理時に歪を生じやすく、その後の仕上加工が困難である。

40

【0014】

(2) JIS SUS 630、631の鋼

これらは析出硬化型のステンレス鋼であるから、硬化前の加工は容易である。時効処理によって高硬度となり耐食性も良好であるが、前述のような種々の用途においては更に硬度および耐食性の向上が望まれる。

【0015】

(3)高珪素ステンレス鋼

50

これは、特許第619,383号(特公昭46-9536号)、特許第661,246号(特公昭47-9899号公報)および特許第1,167,791号(特公昭57-17070号公報)等によって知られるもので、シリコロイ(登録商標)と呼ばれている。この鋼は、珪素(Si)を比較的多量に含有させることによって、高強度(高硬度)と優れた耐食性を兼備させた合金である。また、この鋼は、化学組成の調整によって時効硬化性を持たせることもできる。その時効性を改良した鋼およびその熱処理に関して、本発明者は特許第2,954,922号を取得している。

【0016】

しかしながら、上記の高珪素ステンレス鋼でも、前記のような多様な要望に応えるにはなお不十分である。例えば、前記の半導体製造用装置の配管材料では、材料そのものに高度の清浄性が要求されるし、フィルター用のメッシュ(網)のを製造するには極細の線材に加工できる優れた伸線性も要求される。また、耐食性金属材料は、鍛造、圧延品としてだけでなく、鑄造材(鑄物)としても使用されるから、優れた鑄造性も必要である。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

前記の高珪素ステンレス鋼は、主にオーステナイトとフェライトからなる二相組織の鋼である。この鋼は、通常のスแตนレス鋼に比較して高いSi含有量によって、耐食性と高強度を兼備し、また鑄造時の湯流れも良好である。さらに、前記のとおり、合金成分の調整によって時効硬化性を持たせることができるので、溶体化した低強度の状態加工して、その後時効処理を施して高強度化させることも可能である。時効処理では製品変形は殆ど生じない。

【0018】

そこで、本発明者は、この優れた基本的特性を有する高珪素ステンレス鋼をさらに改良して、前記の多様な特性を一層向上させることを目的として本発明をなした。本発明の具体的な目的は、上記の高珪素ステンレス鋼の基本的な特性を生かしながら、前記(1)~(7)の諸特性を大きく改善することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、上記本発明の目的は、高珪素ステンレス鋼の清浄度を高めることによって達成できることを確認した。一般に鋼の清浄度とは、酸化物系、硫化物系を主とする介在物の多寡を意味し、これらの介在物の少ない鋼を高清浄度の鋼という。

【0020】

従来から鋼中の不純物であるP(燐)およびS(硫黄)を低減することによって耐食性および機械的性質を改善する対策は採られて来た。また、鋼中のO(酸素)を低減することにより酸化物系介在物を減らせることも知られている。しかし、高珪素ステンレス鋼の各種の性質を飛躍的に向上させるには上記のような対策だけでは不十分である。

【0021】

本発明者は、P、SおよびOのみならずC、Al、N(窒素)およびH(水素)をも低減させることによって、はじめて前記の目的が達成できることを確認した。本発明の鋼は下記の化学組成を持つ高珪素ステンレス鋼である(%は質量%を表す)。

【0022】

Cr: 8~25%、Si: 2~5%、Ni: 4~16%、Mn: 5%以下、Cu: 4%以下、Co: 8%以下、Mo: 4%以下、Nb: 3%以下、Ta: 3%以下、Ti: 3%以下、W: 4%以下、V: 4%以下、B: 0.01%以下、Mg: 0.01%以下、Ca: 0.01%以下、希土類元素: 0.01%以下で、残部がFeと不純物であって、不純物としてのC、P、S、Al、N、OおよびHの含有量が下記のとおりである高珪素ステンレス鋼。

C: 0.04%以下、P: 0.03%以下、S: 0.02%以下、Al: 0.03%以下、N(窒素): 0.05%以下、O(酸素): 0.005%以下、H(水素): 0.0003%以下。

【0023】

上記の高珪素ステンレス鋼の望ましい態様は次のとおりである。

9~20%のCr、2.5~4.5%のSi、5~15%のNi、0.05~5%のMn、0.2~4%のMo、0~

10

20

30

40

50

6%のCo、0~1.5%のW、0~1.5%のV、0~0.006%のBを含み、残部がFeと不純物とからなる鉄基合金であって、不純物としてのCが0.04%以下、Pが0.015%以下、Sが0.01%以下、Alが0.01%以下、N(窒素)が0.03%以下、O(酸素)が0.002%以下、H(水素)が0.0002%以下の高珪素ステンレス鋼。

【0024】

なお、時効硬化性を向上させるためには、上記の成分の外に、0.5~4%のCuならびに、それぞれ0.1~1.5%のNb、TaおよびTiの4成分の中の少なくとも1種を含有するのが望ましい。また、Mg、Caおよび希土類元素は、製鋼の際に精錬剤として使用した残分がそれぞれ0.01%以下の範囲で含まれていてもよい。

【0025】

本発明鋼においては、望ましい金属組織を得るために、主要合金成分の含有量が次のように調整されていることが望ましい。即ち、Cr当量(X)を下記(1)式で、Ni当量(Y)を下記(2)式でそれぞれ定義し、このXおよびYが下記の(3)式、(4)式および(5)式を満たすように調整するのである。

$$X(\text{Cr当量, \%}) = \text{Cr}(\%) + 0.3 \times \text{Mo}(\%) + 1.5 \times \text{Si}(\%) + 0.5 \times \text{Nb}(\%) \quad \dots (1)$$

$$Y(\text{Ni当量, \%}) = \text{Ni}(\%) + 30 \times \text{C}(\%) + 0.5 \times \text{Mn}(\%) + 0.1 \times \text{Co}(\%) \quad \dots (2)$$

$$Y \geq 19.20 - 0.81X \quad \dots (3)$$

$$Y \geq -8.48 + 1.03X \quad \dots (4)$$

$$Y \geq -5.00 + 0.50X \quad \dots (5)$$

【0026】

上記(3)式は図1の直線bより上、(4)式は図1の直線cより下、(5)式は図1の直線dより上を示す。従って、(3)式、(4)式および(5)式を同時に満足するのは図1の斜線を施した領域である。

【0027】

【発明の実施の形態】

1. 本発明鋼の成分について

以下の説明において、合金成分の含有量に関する「%」はすべて「質量%」を意味する。

【0028】

(1)合金成分について

本発明の鋼は、2~8%のSi、8~25%のCrおよび4~16%のNiを必須成分として含有する。

【0029】

Siは、本発明鋼に強度を与える主要な元素であるだけでなく、耐熱性、耐酸化性、耐食性、高温軟化抵抗性を付与する。また、鋼の融点を下げ、流動性を増して鑄造性を改善する元素でもある。その含有量が2%未満の場合は、上記の特性の向上効果が十分でない。一方、Siは強力なフェライト形成元素であるから、過剰な添加は本発明鋼の基本的な組織バランスを失わせる。前記(1)式のCr当量に及ぼす影響をも考慮して上限を5%とした。一層望ましいSi含有量は、2.5~4.5%である。

【0030】

Crはステンレス鋼の基本的な特性、即ち、耐食性(特に耐酸性)、耐熱性、耐酸化性を確保するための成分である。8.0%未満ではこれらの性質が不十分である。他方、Crが25%を超えると、Cr当量が大きくなって残留オーステナイトが増え、所定の機械的性質が得難くなる。

【0031】

Niは鋼に耐食性、耐酸化性および耐熱性を付与するとともに、Crとのバランスで、鋼のマトリックスを望ましい組織(フェライトとオーステナイトの二相組織またはこれらとマルテンサイトからなる三相組織)に保つのに有効な元素である。これらの作用効果を得るには4%以上の含有が必要である。しかし、16%を超えると、Ni当量の増大によってオーステナイト相が増加しすぎて機械的性質が低下し、鋼の経済性も失われてしまう。望まし

10

20

30

40

50

いNiの含有量は5～15%である。

【0032】

上記のSi、CrおよびNiの外に本発明鋼が含有してもよい成分、即ち、任意添加成分が、Mn、Cu、Co、Mo、Nb、Ta、Ti、W、V、B、Mg、Caおよび希土類元素(REM)である。これらは、1種だけ添加してもよく、また2種以上を組み合わせるとしてもよい。それぞれの含有量は、前記の上限値以下であれば任意である。もちろん、添加しない成分の含有量は実質的に0、または不純物のレベルになる。以下、上記任意添加成分の作用効果を望ましい含有量とともに説明する。

【0033】

Mnは鋼の脱酸剤として働き、またオーステナイト生成元素でもある。析出硬化型のステンレス鋼では、機械的性質に大きく影響するものではないが、金属組織の緻密化と安定化に役立つ。しかし、5%を超えると耐食性が低下し、Ni当量が過大になって所定の機械的性質を得るのが難しくなる。望ましい含有量は0.05～5%である。

【0034】

Cuは、耐食性(特に耐酸性)の改善とともに析出硬化に寄与する元素である。ただし、4%を超えるCuは、鋼の熱間加工性を損なうので、上限は4%とする。時効硬化性の向上を意図する場合は0.5～4%の含有量とするのが望ましい。

【0035】

Moは鋼の耐食性とともに高温強度を高めて抗クリープ性を改善し、また靱性と耐摩耗性の向上にも寄与する。これらの効果を十分得るには0.2%以上の含有が望ましい。一方、Moはフェライト生成元素であるから、その含有量が多くなれば、Cr当量が大きくなり、望ましい組織の確保が困難になる。また、Moは高価な元素でもある。従って、Moの含有量は4%以下とすべきである。

【0036】

Nb、TaおよびTiは、いずれも析出硬化作用によって鋼の高強度化に寄与する。特にNbは時効処理の際の硬化深度を大きくする作用をもつ。従って、厚肉製品の素材として用いたときに、その時効処理時間の短縮に役立つ。Taは、Nbと同様の作用効果を持つほか、Cuとの相乗効果で耐食性を損なわずに高硬度化に寄与する。Tiは、上記の析出硬化作用に加えて、耐熱性および耐食性改善にも寄与する。

【0037】

上記3成分の作用効果はそれぞれの含有量が0.1%以上のときに顕著になる。従って、時効硬化性を増強したい場合に、前記のCuを加えた4成分の中の1種、または2種以上を選んで添加することができる。ただし、Nb、TaおよびTiは、いずれもその含有量が3%を超えると熱間加工性および靱性の劣くので、3%を上限とするべきである。望ましい含有量は、いずれも0.1～1.5%である。

【0038】

Coは、前記(2)式に示すようにオーステナイト形成促進元素である。従って、Niの作用を補う効果がある。さらに、Coは時効硬化性を高めて製品の強度(硬度)を向上させるほか、耐食性改善にも寄与する。これらの効果は0.5%から顕著になり、含有量の増加に伴って効果も大きくなるが、過剰になるとNi当量が大きくなって望ましい組織の確保が困難になる。また、Coは高価な成分であるからその上限は8%とした。添加する場合のCoの望ましい含有量は0.5～6%である。

【0039】

Wは、鋼の高温強度を上げ、耐クリープ性を向上させる。Moと同じ原子%でほぼ同等の作用効果を有するので、Moに代えて、またはMoとともに用いることができる。しかし、添加する場合でも4%まででよい。Wが高価な元素であることを考慮すれば、望ましい含有量は1.5%以下である。

【0040】

Vは、析出硬化性を高め、強度の向上に役立つ。また、高温強度を上げ、耐クリープ性を向上させる。しかし、Vが過剰になると鋼の靱性が低下するので、その含有量は4%以

10

20

30

40

50

下に押さえるべきである。望ましい含有量は、1.5%以下である。

【0041】

Bには、熱間加工性の改善、高温靱性の改善等の作用がある。しかし、Bが過剰になるとかえって熱間加工性を損なうので、添加する場合でもその含有量は0.01%以下に抑える必要がある。Bの望ましい含有量は0.006%以下である。

【0042】

Mg、CaおよびY、Ce等の希土類元素は、精錬過程で脱酸剤、脱硫剤等として使用できる。これらの元素には鋼の熱間加工性等を改善する作用もあるが、酸化物系の介在物として鋼中に残留すると、鋼の伸線性を損なう。従って、これらを添加する場合でも、その残留量はいずれも0.01%以下にとどめるべきである。

10

【0043】

(2)不純物について

以下、不純物元素について述べる。本発明鋼の最大の特徴は、不純物元素の含有量が高いことにあり、しかも、次に述べる7元素の全てが規定量以下であることによって前述の各種特性が総合的に優れた鋼となる。

【0044】

C：0.04%以下

Cは鋼の強度を上げる元素であり、通常の高強度鋼では所定量のCの含有を必須としている。しかし、多量のSiを含有する本発明鋼では、強度はSiによってもたらされる特異な金属組織で確保されるので、Cの含有は必須ではない。むしろ、Cは本発明鋼の靱性を低下させるとともに加工性、耐酸化性および耐食性にも悪影響を及ぼす元素である。また、Cは、前記(2)式に示すように、Ni当量に大きく影響する成分であり、過剰に存在すると他の成分との含有量のバランスをとるのが難しくなる。従って、Cの含有量はできるだけ少ない方がよい。

20

そこで、本発明ではCを0.04%以下に抑制することとした。これは許容上限値であるが、特に非時効性の鋼では0.015%以下に抑えるのが望ましい。現今の精錬技術では0.01%以下の極低炭素鋼の溶製も可能である。

【0045】

P：0.03%以下（望ましいのは0.015%以下）

Pは、ステンレス鋼においては代表的な有害不純物である。鋼中に偏析して機械的性質、加工性および耐食性の劣化を招く。従って、その含有量は0.03%以下、できるだけ低く抑えるべきである。0.015%以下、さらには0.010%以下にするのが望ましい。

30

【0046】

S：0.02%以下（望ましいのは0.01%以下）

Sは、鋼の赤熱脆性の原因となって熱間加工性を低下させる有害な元素である。また、硫化物系の介在物を生成して鋼の清浄度を損ない、機械的性質（疲労強度、圧砕強度、等）のみならず耐食性および耐熱性（耐ヒートチェック性）の劣化を招く。従って、0.02%以下、望ましくは0.01%以下に抑えるべきである。特に伸線加工によって線径0.1mm以下の細線とするような鋼では、Sは0.005%以下に抑えるのが望ましい。

40

【0047】

Al：0.03%以下（望ましいのは0.01%以下）

Alは鋼の脱酸剤として使用されるが、脱酸生成物のAl₂O₃は、鋼の冷間加工性を著しく悪化させる。従って、本発明ではAl含有量の許容上限値を0.03%とした。例えば、前記のような細線製造用の鋼では、良好な伸線加工性を確保するために、0.01%以下に抑えるのが望ましい。

【0048】

N：0.05%以下（望ましいのは0.03%以下）

Nは、オーステナイト形成元素であり、ステンレス鋼においてはオーステナイト相の安定化のために積極的に添加されることもある。しかし、本発明鋼は、優れた鑄造性をも必要とするものであるから、Nは不純物としてその上限を規制した。0.05%を超えるNは、

50

溶鋼の湯流れ性を悪化させ、また気泡生成の原因になって、薄肉精密鑄造製品の鑄造を困難にする。また、靱性劣化をも招く。特にゴルフクラブヘッドやインペラーのような、肉厚 2 mm 以下の薄肉鑄物にする場合には、N 含有量は 0.03% 以下でできるだけ少なくするのが望ましい。

【 0 0 4 9 】

O : 0.005% 以下 (望ましいのは 0.002% 以下)

O (酸素) は、鋼中に酸化物系の介在物を生成させ、清浄度を悪化させる。酸化物系の介在物は鋼の変形能を低下させ、特に伸線加工では線材の破断を招き、極細線の製造を不可能にする。また、介在物の存在は鋼製品の表面清浄の悪化と耐食性、疲労強度、圧碎強度および耐ヒートチェックと性の低下を招く。更に、前記のような薄肉鑄物の製造では湯

10

【 0 0 5 0 】

H : 0.0003% 以下 (望ましいのは 0.0002% 以下)

H は、マトリックスのフェライトおよびオーステナイト中に侵入型で固溶していわゆる水素脆化の原因になる極めて有害な成分である。その外、靱性、疲労強度および耐ヒートチェック性の低下を招き、また鑄造性にも悪影響を及ぼす。従って、H 含有量は極力低く抑えるべきである。0.0003% (3ppm) は許容上限であるが、0.0002% (2ppm) 以下にするのが更に望ましい。

【 0 0 5 1 】

(3)Cr 当量および Ni 当量について

図 1 は、1050 から水冷して溶体化処理したときの金属組織を示す図である。横軸 (X 軸) は Cr 当量 (Creq)、縦軸 (Y 軸) は Ni 当量 (Nieq) である。ただし、Cr 当量と Ni 当量は、下記の (1) 式および (2) 式でそれぞれ算出される。

$$\text{Cr 当量} = \text{Cr}(\%) + 0.3\text{Mo}(\%) + 1.5 \times \text{Si}(\%) + 0.5 \times \text{Nb}(\%) \cdots (1)$$

$$\text{Ni 当量} = \text{Ni}(\%) + 30 \times \text{C}(\%) + 0.5 \times \text{Mn}(\%) + 0.1 \times \text{Co}(\%) \cdots (2)$$

【 0 0 5 2 】

図 1 において、直線 a、b、c および d はそれぞれ下記の式で表される。

$$\text{直線 a} \cdots Y = 25.40 - 0.80 X$$

$$\text{直線 b} \cdots Y = 19.20 - 0.81 X$$

$$\text{直線 c} \cdots Y = -8.48 + 1.03 X$$

$$\text{直線 d} \cdots Y = -5.00 + 0.50 X$$

直線 a より上はオーステナイト域またはオーステナイト + フェライト域である。直線 b より下はマルテンサイト域またはマルテンサイト + フェライト域である。直線 c はフェライトが 5% となる条件を示し、直線 d はフェライトが 80% となる条件を示している。

【 0 0 5 3 】

本発明鋼のマトリックスの組織は、5 ~ 80% のフェライトと残部のオーステナイトからなる二相組織、またはこれにマルテンサイトが多少混じった三相組織であることが望ましい。その組織は図 1 の斜線を施した領域である。従って、下記の 3 式を同時に満たす化学組成を選ぶことによって、上記の望ましい組織が得られることがわかる。

$$Y \geq 19.20 - 0.81 X \text{ (直線 b より上)} \cdots (3)$$

$$Y \leq -8.48 + 1.03 X \text{ (直線 c より下)} \cdots (4)$$

$$Y \geq -5.00 + 0.50 X \text{ (直線 d より上)} \cdots (5)$$

【 0 0 5 4 】

なお、図 1 の組織は、溶体化状態での組織であるが、時効処理後もマトリックスの組織は溶体化状態と大きくは変わらない。時効処理によって、そのマトリックス中に各種の金属間化合物が微細に析出して高強度 (高硬度) 化するのである。ただし、マトリックス自体の組織に多少の変化が生じて何ら差し支えはない。

【 0 0 5 5 】

本発明鋼の金属組織として、上記の二相または三相の組織が望ましい理由は下記のとおり

50

りである。

オーステナイト単相またはフェライトが5%に満たない実質的にオーステナイト単相の鋼(図1の直線cより上の組織)では、必要な機械的性質(強度、靱性、耐摩耗性等)が得られない。マルテンサイトとフェライトの二相(同じく直線cより上の組織)では高強度になるが耐食性が悪い。マルテンサイト単相またはマルテンサイトとフェライトの二相(直線bより下方)でも、強度は高いが耐食性が悪い。直線dよりも下は、フェライト量が過剰で強度も耐食性も不十分である。

【0056】

結局、機械的性質と耐食性がともに良好な領域は、直線b、cおよびdによって囲まれる領域、即ち、5~80%のフェライトとオーステナイトの二相組織またはこれにマルテンサイトが混ざった三相領域である。

10

【0057】

なお、図1の直線aは、 $Y = 25.40 - 0.80X$ を表し、マルテンサイト生成の限界条件を示している。この直線より下方、即ち、下記の(6)式を満たす場合に、フェライト+オーステナイト+マルテンサイトの三相組織となる。

$$Y < 25.40 - 0.80X \cdots (6)$$

特に高強度の鋼が必要な場合には、析出硬化のみならずマトリックス自体の強化も望ましいので、前記(3)~(5)式に加えて(6)式をも満たすように、即ち、図1の直線aより下の領域になるように、成分調整を行えばよい。

【0058】

20

2. 本発明の製造方法について

(1) 溶製方法

本発明鋼は、既存のステンレス鋼の溶製方法によって製造できる。前述のように不純物含有量のレベルを低く抑えるために、例えば、電気炉または転炉で溶製した鋼を真空高周波誘導炉での再溶解、真空アーク炉での再溶解(VAR法)等で精錬し、不純物元素を除去する。真空下での電子ビーム溶解法、非酸化雰囲気でのエレクトロスラグ法(ESR法)等の精錬法も利用できる。いずれの場合も前記C(炭素)からH(水素)までに全ての不純物が既定値以下になるように、溶製およびその後の処理条件を設定することが必要である。

【0059】

30

(2) 熱処理方法

本発明の高珪素ステンレス鋼の中には時効硬化性を有するものと、そうでないものがある。その両者とも溶体化熱処理は必須である。

時効硬化性の鋼は、溶体化のままでもよく、溶体化処理の後、下記の条件で時効処理を施して高強度化させて使用してもよい。溶体化のままでは低強度(低硬度)で加工が容易であるから、成形加工を溶体化の状態で行い、その後に時効処理を施して目標の強度まで上げることできる。時効処理は、製品に変形をもたらすことがないので、高い寸法精度を要求される製品の製造には有利である。

【0060】

溶体化処理は、950~1150 で加熱した後冷却することによって行う。950 より低温では、溶体化が不十分で残留オーステナイトが増加し高強度化が難しい。一方、1150 を超える高温では、結晶粒が粗大化して靱性が低下する。加熱時間は、製品の肉厚1インチ当たり1~2時間が適当である。冷却方法には特に制約はなく、製品のサイズ(肉厚)に応じて、溶体化状態が得られる冷却速度を確保すればよい。例えば、水冷、油冷、空冷等の方法が採用できる。

40

【0061】

この溶体化工程を経た後の製品は、微細なオーステナイトとフェライトの二相組織、または更にマルテンサイトを含む三相組織になり、その硬さはおよそHRC34~38程度である。従って、この溶体化の状態でも機械加工を施して部品の形状を整える(仕上げ加工を行う)ことは容易である。

50

【 0 0 6 2 】

時効処理は、200～700で行う。200未満の低温または700を超えるような高温では、望ましい高硬度は得られない。特に望ましい時効処理温度は、400～550の範囲である。この温度での処理によってHRC50以上の高硬度が得られる。なお、処理温度および処理時間は、製品に付与すべき機械的性質に応じて選定することができる。

【 0 0 6 3 】

【実施例】

1. 供試材

図2および図3に示す36種類の鋼を供試材とした。これらの鋼は、3種づつ（例えば、鋼No. 1～3, 鋼No. 4～6, …）が同じグループの鋼で、その中で 印は不純物レベルの高い比較鋼、 印の鋼は不純物を抑えた高纯净度の本発明鋼、 印の鋼は、不純物レベルを更に下げた超高纯净度の本発明鋼である。鋼No.34、35および36は既存の鋼（市販鋼）で、それぞれJISのSUS304、SUS630およびSUS420J2に相当する。

10

【 0 0 6 4 】

上記の供試材のインゴットを熱間鍛造して径20mmの丸棒し、この丸棒に下記1の溶体化処理を施した。更に、表1に示した析出硬化型鋼については、下記1の熱処理だけのものと、1の処理の後に2の時効処理を施したものを準備した。

1. 溶体化処理： 1050 × 1時間 水冷

2. 時効処理： 480 × 6時間 空冷

ただし、鋼No.34の熱処理は、上記1のみ、鋼No.35の熱処理は上記1と「480 × 6時間空冷」の時効処理、鋼No.36の熱処理は上記1の条件での焼入れと「200 × 3時間空冷」の焼戻しである。

20

【 0 0 6 5 】

2. 機械的性質の試験条件

(1) 引張試験

供試材丸棒を切断・切削加工してJIS 14号Aの引張り試験片とし、JIS B 7721に適合する試験機により室温（25）で引張試験を行って引張強度と伸びを調べた。

【 0 0 6 6 】

(2) 硬さ試験

供試材丸棒を径20mm、厚さ10mmに切断し、鏡面研磨してロックウェル硬度計にて硬度を測定した。

30

【 0 0 6 7 】

(3) 衝撃試験

供試材丸棒を切断・切削加工してJIS 4号AのVノッチ付き試験片とし、JIS B 7722に適合する試験機により室温（25）シャルピー衝撃値を求めた。

【 0 0 6 8 】

(4) 疲労試験

疲労試験は下記の条件で実施し、 10^7 回転の疲労限度を求めた。

試験機：小野式回転曲げ疲労試験機

繰り返し速度：2000rpm

試験温度：室温（大気中）

試験片：径12mm、長さ90mm、中心部は径8mm、長さ30mm（R20）

40

【 0 0 6 9 】

(5) 圧碎試験

供試材丸棒から直径25.4mm（1インチ）の球を切り出し、図8に示す装置を用いて圧碎強度を測定した。図8の装置では、圧碎筒1の中に円錐状の窪みを持つ固定工具2と可動工具3とがあり、可動工具3は油圧によって上下動する。この圧碎筒内に供試材（鋼球）4を2個挿入し、可動工具3で圧下し、供試材が破砕したときの荷重を測定した。

【 0 0 7 0 】

3. その他の試験

50

上記の機械的性質の試験の外に下記の試験を実施した。

(6) 鑄造性試験

図9に示すラセン状の溝を持つ砂型5を用いて湯流れ性(溶鋼の流動性)を調べた。図9において、溝6は幅8mm、深さ7mmの矩形断面で全長1mである。この溝に中央の湯口7から1600の溶鋼の一定量を注入し、凝固するまでに到達した長さでもって各鋼の湯流れ特性を評価した。この長さが長いほど湯流れがよく、鑄造性が良好と判定される。

【0071】

(7) 線引性試験

供試材丸棒を熱間圧延および冷間引抜加工によって線径5.0mmまで伸線し、さらに熱処理を繰り返しながらダイヤモンドダイスによる冷間伸線を行った。伸線性は、断線によってそれ以上の伸線ができなくなる限界直径で評価した。この値(限界伸線径)が小さいほど伸線性に優れる。なお、この試験は、図2の鋼No.1~3および図3の鋼No.22~30および34の供試材(いずれも前記(1)の溶体化処理のまま)について行った。

【0072】

(8) 耐ヒートチェック性試験

供試材丸棒から切り出した図10に示す形状(算盤玉の形)の試験片の表面を研磨し、下記の加熱と冷却のサイクルを1000回繰り返した後、亀裂発生状態を調べた。

加熱:室温から750まで6秒で急速加熱し、750で2秒間保持。

冷却:25まで3秒で水冷。

深さ50 μ m以上の亀裂の数で耐ヒートチェック性を評価した。

【0073】

(9) 腐食試験

供試材丸棒を径15mm、厚さ10mmに切断・切削加工し、鏡面研磨して試験片とした。その表面を脱脂・洗浄し、35%の濃塩酸(25)中に8時間浸漬した後、洗浄および乾燥して重量を測定した。試験前後の重量差から腐食速度($\text{g}/\text{mm}^2 \cdot \text{hr}$)を求めた。

【0074】

3. 試験結果

試験結果を図4~7に示す。なお、すべての試験結果について比較鋼(印)の特性値を1としたときの各特性の比を斜体ブロック文字で併記した。

【0075】

図4は、表2の析出硬化型の鋼を溶体化の状態(時効処理せず)で試験した結果である(ただし、鑄造性試験は除く)。各グループ(それぞれ3づつ)の試験結果を対比すれば明らかのように、本発明の高清浄度鋼(印)および超清浄度鋼(印)は、強度、伸び、靱性(シャルピー衝撃値)、疲労強度、鑄造性、耐ヒートチェック性および耐食性の全てにおいて、比較鋼に勝る。不純物を特に低く抑えた超清浄度鋼は、これらの改善効果が著しい。

【0076】

図5は、図2の析出硬化型の鋼を溶体化した後、更に時効処理を施した供試材についての試験結果である。ここには、「硬度差」として、時効処理後の硬度と溶体化のままの硬度(図4に記載の硬度)との差を記入してある。この差が大きいほど析出硬化性が大きい。

時効処理後においても、高清浄度鋼および超清浄度鋼においては全ての性質が比較鋼に較べて著しく改善されている。また、図4と図5とを対比すれば、引張強度、硬度、疲労強度および圧碎強度が時効処理によって大きく向上することがわかる。

【0077】

図6に示すのは、非析出型の本発明鋼(鋼No.22~33)と従来鋼(鋼No.34~36)についての試験結果である。従来鋼のうちNo.35は析出硬化型ステンレス鋼であるから、試験No.62は時効処理を施した鋼を供試材とし、その外は溶体化だけの処理(No.63は焼入れ・焼戻し)である。ここでも本発明の高清浄度鋼および超清浄度鋼の性質が比較鋼を大きく上回ることがわかる。

10

20

30

40

50

【0078】

図7は図2の鋼No. 1 ~ 3, 図3の鋼No.22 ~ 30および34についての伸線性試験の結果である。すべて、溶体化のままの鋼を供試材とした。比較鋼の伸線限界がいずれも40μmであるのに対して本発明鋼の全てが直径20~30μmまで伸線可能で、特に超清浄度鋼は、従来のステンレス鋼の中で最も伸線性に優れているSUS304(鋼No.34)に匹敵する伸線性を有することがわかる。

【0079】

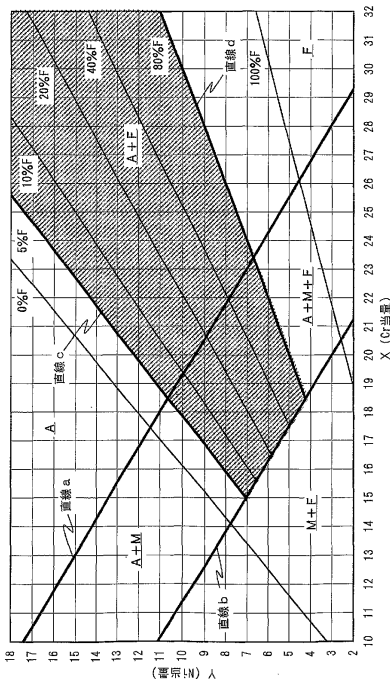
【発明の効果】

本発明の高珪素ステンレス鋼は、実施例に示したように多くの優れた特性を有する。従って、従来のステンレス鋼の用途に使用できるだけでなく、従来のステンレス鋼では対応できない新たな用途にも使用できる。特に、冒頭に例示したような耐食性、耐熱性、耐磨耗性、耐疲労性等の複数の性質を同時に必要とする用途に好適であり、また、優れた加工性を利用して極細鋼線を製造するのにも適している。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 図1は、本発明の高珪素ステンレス鋼の金属組織を説明する図である。
- 【図2】 図2は、試験に用いた鋼の化学組成を示す表である。
- 【図3】 図3は、試験に用いた鋼の化学組成を示す表である。
- 【図4】 図4は、試験結果を示す表である。
- 【図5】 図5は、試験結果を示す表である。
- 【図6】 図6は、試験結果を示す表である。
- 【図7】 図7は、試験結果を示す表である。
- 【図8】 図8は、圧砕試験装置の概略を示す図である。
- 【図9】 図9は、鑄造性(湯流れ性)の試験方法を説明する図である。
- 【図10】 図10は、耐ヒートチェック性を調べる試験片の形状を示す図である。

【図1】



【図2】

鋼No.	化学組成 (質量%)																					
	Cr	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	Co	Ti	Ta	N	O	H	P	S	Al	N	O	H			
1	17.00	7.86	0.033	3.73	0.88	0.897	6.55	11.00	0.71	0.38	0.034	0.029	0.035	0.0229	0.0165	0.0045	0.027	0.015	0.025	0.0348	0.0048	0.00028
2	16.15	7.87	0.021	3.35	1.03	1.060	6.52	10.78	0.39	0.46	0.010	0.004	0.005	0.0138	0.0018	0.00016	0.032	0.024	0.032	0.0522	0.0095	0.00039
3	15.99	7.56	0.013	3.26	0.84	1.030	6.75	10.60	0.37	0.37	5.13	0.68	0.73	4.95	0.69	0.74	0.024	0.018	0.021	0.0370	0.0044	0.00021
4	16.21	8.51	0.032	3.67	0.98	1.050	6.55	10.37	1.51	4.95	0.69	0.74	5.00	0.67	0.65	0.031	0.022	0.033	0.0505	0.0079	0.00043	
5	16.60	7.96	0.016	3.65	0.94	1.010	6.51	10.68	1.48	4.95	0.69	0.74	5.00	0.67	0.65	0.024	0.017	0.015	0.0341	0.0049	0.00025	
6	16.25	7.75	0.004	3.58	1.06	1.030	6.60	10.41	1.56	4.95	0.69	0.74	5.00	0.67	0.65	0.011	0.005	0.008	0.0183	0.0015	0.00007	
7	16.75	8.39	0.031	2.52	0.93	2.110	6.54	12.54	0.72	0.42	4.52	0.72	1.21	0.72	1.21	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
8	16.78	8.45	0.032	2.56	0.95	2.040	6.56	12.54	0.74	0.41	4.53	0.71	1.21	0.72	1.21	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
9	16.68	8.39	0.030	2.47	0.90	2.060	6.58	12.53	0.77	0.43	4.57	0.74	1.21	0.72	1.21	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
10	16.71	7.48	0.032	1.93	0.96	1.200	6.04	13.11	1.55	0.47	1.21	0.72	1.21	0.72	1.21	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
11	16.91	7.40	0.030	2.12	0.95	1.110	6.03	13.06	1.51	0.40	1.21	0.72	1.21	0.72	1.21	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
12	17.00	7.47	0.029	2.21	0.99	1.070	6.10	13.02	1.53	0.41	1.22	0.73	1.21	0.72	1.21	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
13	16.42	8.46	0.038	3.62	0.97	2.040	6.52	10.60	1.54	0.46	4.62	1.23	1.17	1.17	1.17	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
14	16.43	8.43	0.031	3.65	0.93	2.220	6.57	10.57	1.53	0.42	4.61	1.25	1.13	1.13	1.13	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
15	16.27	8.42	0.030	3.63	0.97	2.050	6.58	10.46	1.58	0.49	4.58	1.27	1.05	1.05	1.05	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
16	16.57	7.94	0.032	3.65	0.96	3.100	6.50	10.55	1.59	0.74	1.97	1.34	1.34	1.34	1.34	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
17	16.24	7.91	0.030	3.55	0.94	3.130	6.54	10.39	1.54	0.73	1.94	1.34	1.34	1.34	1.34	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
18	16.39	7.81	0.028	3.59	0.91	3.070	6.51	10.47	1.57	0.72	1.29	1.24	1.24	1.24	1.24	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
19	16.73	7.91	0.031	3.63	0.90	3.110	6.53	10.60	1.55	0.44	1.29	1.24	1.24	1.24	1.24	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
20	16.68	7.88	0.029	3.64	0.93	3.140	6.54	10.82	1.61	0.43	1.22	0.77	1.22	0.77	1.22	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	
21	16.61	7.93	0.030	3.60	1.04	2.990	6.51	11.04	1.54	0.41	1.25	0.75	1.25	0.75	1.25	0.024	0.019	0.022	0.0365	0.0046	0.00021	

【図2】

10

20

【図3】

鋼種	化学成分 (質量%)																	
	C	Si	Mn	Pb	Sn	Cr	Mo	W	Co	Ti	Nb	V	B	N	O			
22	0.22	0.04	0.47	0.032	3.65	2.05	1.060	6.48	16.10	0.51			0.035	0.028	0.034	0.0521	0.0109	0.0002
23	0.21	0.04	0.47	0.032	3.75	2.05	1.060	6.48	16.10	0.51			0.035	0.028	0.032	0.0308	0.0093	0.0002
24	0.21	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
25	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
26	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
27	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
28	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
29	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
30	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
31	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
32	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
33	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
34	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
35	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009
36	0.20	0.04	0.47	0.032	3.66	2.44	1.060	6.58	16.00	0.58			0.032	0.028	0.037	0.0391	0.0191	0.0009

【図3】

【図4】

鋼種	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)	硬度 (HRC)	沖撃値 (J/cm ²)	疲労強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (圧縮荷重) (ton)	純造性 (流動距離) (mm)	面びつぽう性 (包裏の本数)	降伏速度 (g/m ² ・hr)									
										1	1110	22	35	165	356	38	580	78
2	1185	1.07	25	1.14	34	0.97	185	1.12	681	1.17	62	0.79	63.4578	0.66				
3	1254	1.13	28	1.27	35	1.00	195	1.18	688	1.52	41	0.59	52.3679	0.71				
4	1150	1.8	38	1.06	366	40	288	66	15.4368	—	—	—	—	—				
5	1224	1.06	20	1.11	38	1.00	164	1.06	542	1.19	53	0.52	12.4478	0.61				
6	1280	1.11	23	1.29	39	1.03	171	1.10	705	1.53	34	0.52	10.2213	0.66				
7	1121	1.6	37	1.06	361	39	269	68	14.3258	—	—	—	—	—				
8	1180	1.05	18	1.13	38	1.03	155	1.03	536	1.46	34	1.64	321	1.19	56	0.82	11.2248	0.76
9	1265	1.13	20	1.25	38	1.03	162	1.07	703	1.95	81	2.08	401	1.49	37	0.54	9.5684	0.57
10	1050	2.0	35	1.06	371	40	405	72	13.6679	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	1081	1.03	22	1.10	36	1.03	175	1.02	583	1.44	63	1.66	251	1.23	53	0.74	11.3325	0.63
12	1110	1.06	24	1.20	37	1.06	186	1.09	776	1.92	78	2.05	37	1.59	37	0.51	8.6587	0.63
13	1202	1.6	36	1.06	362	36	162	1.62	382	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	1230	1.02	19	1.19	37	1.03	165	1.02	556	1.46	61	1.69	233	1.19	55	0.60	20.5887	0.77
15	1263	1.05	21	1.37	38	1.06	178	1.10	712	1.86	78	2.17	298	1.51	39	0.57	16.9887	0.62
16	1210	1.8	36	1.06	355	37	355	1.8	396	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	1235	1.02	19	1.08	39	1.06	164	1.06	573	1.68	85	2.30	312	1.53	62	0.67	37.6548	0.63
18	1260	1.04	22	1.22	39	1.08	175	1.13	786	1.98	85	2.30	312	1.53	62	0.67	37.6548	0.63
19	1262	1.01	18	1.06	37	1.03	156	1.03	423	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	1280	1.04	19	1.06	38	1.03	160	1.03	453	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	1307	1.01	19	1.06	38	1.03	160	1.03	453	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	1307	1.01	19	1.06	38	1.03	160	1.03	453	—	—	—	—	—	—	—	—	—

【図4】

【図5】

鋼種	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)	硬度 (HRC)	純造性 (流動距離) (mm)	面びつぽう性 (包裏の本数)	降伏速度 (g/m ² ・hr)									
							22	1606	15	52	432	58	109.8627		
23	1650	1.03	17	1.13	670	1.55	121	2.09	91.6524	0.63					
24	1684	1.05	18	1.20	817	2.01	135	2.33	75.3489	0.69					
25	1750	6	58	432	65	17.7657	—	—	—	—					
26	1783	1.02	8	1.33	862	1.53	131	2.02	14.3875	0.64					
27	1835	1.05	11	1.63	884	2.00	142	2.18	11.2235	0.63					
28	1745	2	60	432	68	22.4869	—	—	—	—					
29	1763	1.01	2	1.00	60	1.02	23	8	657	1.52	134	1.97	18.1938	0.61	
30	1768	1.01	2	1.00	61	1.02	23	8	1.33	800	1.59	148	2.16	13.2579	0.59
31	1757	1.00	2	1.00	60	1.02	24	5	479	721	1.51	125	2.08	17.9255	0.61
32	1784	1.01	1	1.00	61	1.02	23	4	1.60	953	1.59	139	2.32	12.9698	0.57
33	1780	1	80	446	67	40.3689	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	1832	1.01	1	1.00	61	1.02	23	4	1.00	628	1.41	138	2.03	32.2584	0.60
35	1815	1.02	2	2.00	61	1.02	23	5	1.25	904	2.03	149	2.22	24.1398	0.60
36	1760	1	59	466	66	53.2604	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37	1782	1.01	2	2.00	60	1.02	22	4	1.00	704	1.50	147	2.03	42.2579	0.62
38	1805	1.03	2	2.00	60	1.02	22	4	1.25	938	2.00	147	2.23	66.3684	0.61
39	1805	1.03	2	2.00	60	1.02	22	4	1.25	938	2.00	147	2.23	66.3684	0.61
40	1805	1.03	2	2.00	60	1.02	22	4	1.25	938	2.00	147	2.23	66.3684	0.61
41	1802	1.01	1	1.00	60	1.00	22	4	1.00	749	1.50	130	2.28	12.6398	0.61
42	1813	1.02	1	1.00	61	1.02	21	4	1.00	964	1.84	146	2.55	39.2384	0.59

【図5】

【図6】

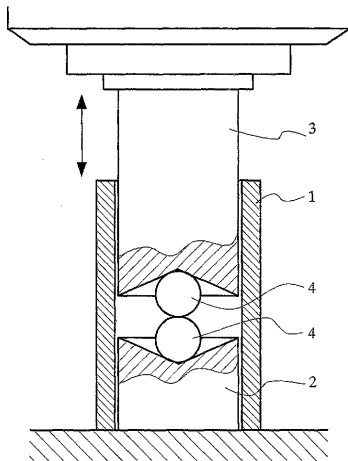
鋼種	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)	硬度 (HRC)	純造性 (流動距離) (mm)	面びつぽう性 (包裏の本数)	降伏速度 (g/m ² ・hr)										
							49	825	45	24	568	61	32.5647			
50	830	1.01	25	1.92	668	1.18	45	0.74	26.5871	0.82						
51	845	1.02	25	2.45	847	1.49	31	0.51	21.6983	0.67						
52	786	44	21	625	54	15.6950	—	—	—	—						
53	790	1.01	21	1.00	240	1.02	23	2.09	758	1.21	42	0.78	13.2478	0.64		
54	810	1.03	22	1.07	395	2.30	23	2.64	932	1.49	26	0.48	10.8712	0.69		
55	745	69	10	350	600	145	5	—	21.8984	—	—	—	—	—		
56	755	1.02	11	1.10	384	1.04	21.0	1.45	9	1.80	26	0.61	18.5475	0.85		
57	765	1.03	11	1.10	372	1.06	304	2.10	12	2.40	887	1.48	15	0.47	14.9884	0.68
58	720	69	8	345	122	4	543	—	30	—	—	—	—	—	—	
59	744	1.01	9	1.13	355	1.03	190	1.56	8	2.00	663	1.20	22	0.73	16.4578	0.64
60	733	71	1.03	362	1.05	233	2.40	11	2.75	820	1.51	13	0.43	260.3955	0.65	
61	635	58	161	170	8	218	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
62	1410	16	45	590	42	206	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
63	1686	2	52	285	53	198	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

【図6】

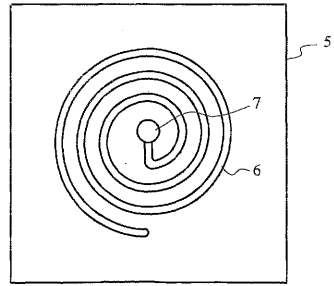
【 図 7 】

試験No.	鋼No.		伸線性 (伸線可能線径) (μm)
64	1	△	40
65	2	○	30
66	3	◎	20
67	22	△	40
68	23	○	30
69	24	◎	20
70	25	△	40
71	26	○	30
72	27	◎	20
73	28	△	40
74	29	○	30
75	30	◎	20
76	34		20

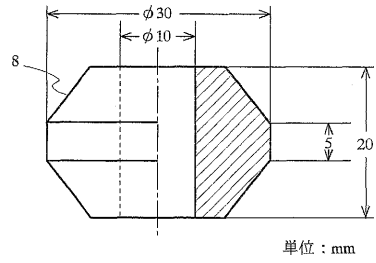
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 2 9 3 4 1 0 (J P , A)
特開平 0 6 - 2 8 7 6 3 5 (J P , A)
特開平 0 8 - 1 3 4 5 9 6 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 0 5 9 1 4 1 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 0 6 5 8 3 8 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 7 2 6 4 5 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
C22C 1/00 - 49/14