(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2015-212418
(P2015-212418A)
(43)公開日　平成27年11月26日(2015.11.26)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
C22C 38/00	(2006.01)	C22C	38/00	302Z	4K032
C22C 38/58	(2006.01)	C22C	38/58		
C21D 8/06	(2006.01)	C21D	8/06	B	
C21D 8/02	(2006.01)	C21D	8/02	D	

審査請求 有　請求項の数 3　ＯＬ　（全 28 頁）

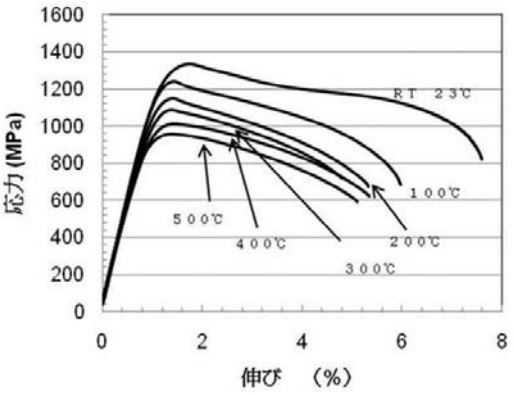
(21)出願番号　特願2015-99413(P2015-99413)
(22)出願日　平成27年5月14日(2015.5.14)
(62)分割の表示　特願2011-41083(P2011-41083)の分割
原出願日　平成23年2月28日(2011.2.28)

(71)出願人　301023238
国立研究開発法人物質・材料研究機構
茨城県つくば市千現一丁目２番地１
(72)発明者　鳥塚　史郎
茨城県つくば市千現一丁目２番地１　国立研究開発法人物質・材料研究機構内
(72)発明者　村松　榮次郎
茨城県つくば市千現一丁目２番地１　国立研究開発法人物質・材料研究機構内

Ｆターム(参考)　4K032 AA01 AA04 AA13 AA14 AA15 AA16 AA21 AA24 AA25 AA27 AA29 AA31 BA01 BA02 CG01

(54)【発明の名称】高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼材

(57)【要約】　（修正有）
【課題】オーステナイト系ステンレス鋼の化学成分であり高価な合金元素を増量添加しない場合には、全く到達不可能とされている高水準の０．２％耐力を有し、非磁性を確保することが可能となった鋼線、棒鋼又は薄帯鋼を、省エネルギーかつ設備負荷を軽減して製造を可能とする製造方法の提供。
【解決手段】オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上であって、透磁率が１．０２未満であり、更には粒界密度において５度以上の方位差角の粒界密度が、２μｍ／μｍ^{2}以上を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼を、市販されている通常の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼を素材として、３５０℃以上６５０℃以下の温度範囲において加工率が７０％以上の圧延加工等の塑性加工を施すことにより製造する方法。
【選択図】図５



【特許請求の範囲】
【請求項１】
オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上であって、透磁率が１．０２未満であることを特徴とする高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼。
【請求項２】
粒界密度において、５度以上の方位差角の粒界密度が、２μｍ／μｍ^{2}以上であることを特徴とする請求項１に記載の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼。
【請求項３】
オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上で、２００～５００℃における最大応力が、室温における０．２％耐力の９５％以下であって、透磁率が１．０２未満であることを特徴とする高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼。
【請求項４】
粒界密度において、５度以上の方位差角の粒界密度が、２μｍ／μｍ^{2}以上であることを特徴とする請求項３に記載の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼。
【請求項５】
前記オーステナイト系ステンレス鋼の化学成分組成は、
Ｃ　：０．００５～０．０８質量％
Ｓｉ：０．１５～１．００質量％
Ｍｎ：０．３０～２．００質量％
Ｐ　：０．０３５質量％以下
Ｓ　：０．０１５質量％以下
ｓｏｌＡｌ：０．００５～０．０４０質量％
Ｎｉ：８．００～１０．５０質量％
Ｃｒ：１８．００～２０．００質量％
Ｃｕ：０～４．００質量％
を含有し、残部がＦｅ及び不可避不純物であることを特徴とする請求項１から４のいずれかに記載の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼。
【請求項６】
前記オーステナイト系ステンレス鋼の化学成分組成は、
Ｃ　：０．００５～０．０８質量％
Ｓｉ：０．１５～１．００質量％
Ｍｎ：０．３０～２．００質量％
Ｐ　：０．０３５質量％以下
Ｓ　：０．０１５質量％以下
ｓｏｌＡｌ：０．００５～０．０４０質量％
Ｎｉ：１０．００～１４．００質量％
Ｃｒ：１６．００～２０．００質量％
Ｍｏ：０．１０～３．００質量％
を含有し、残部がＦｅ及び不可避不純物であることを特徴とする請求項１から４のいずれかに記載の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼。

【発明の詳細な説明】
【背景技術】
【０００１】
ＳＵＳ３０４等の準安定オーステナイトステンレス鋼は冷間加工すると加工誘起マルテンサイトが生成するため、加工後に透磁率が上昇し、磁性を帯びる。そのため、電子分野

等の磁場のかかる環境下で使用される電気部品、機械部品、精密部品、生体・医療用材料等として使用するためには、素材を冷間加工しても透磁率を上昇させないために、従来は成分例として、ＳＵＳＸＭ７やＳＵＳ３０３Ｃｕが規定されている。このようにＣｕやＮｉをはじめ各種オーステナイト生成元素を増量添加調整することにより対処している。しかし、Ｎｉ等の高価な合金元素の増量添加により材料のコスト上昇を招くので、望ましくは高価な合金元素を添加しなくても非磁性を確保できるものが好ましい。

【０００２】

また、ＳＵＳ３０４等の準安定オーステナイトステンレス鋼を常温で成形加工した後には、磁性を消去するために成形体を焼鈍する方法が採用されている。この場合、４００～１０００℃での低温焼鈍処理を行なうことにより、オーステナイト相に逆変態させることにより非磁性化する方法が提案されている（特許文献１）。特許文献１では、低温領域での焼鈍温度と焼鈍時間とを制御することにより、目標とする強度を得ることができることがビッカース硬さ測定値に基づき記載されている。しかし、０．２％耐力がいくらの数値であるかを予想し得る記述は見当たらない。また、このような処理によりオーステナイト相へ逆変態焼鈍をする方法では処理コストが上昇する。

【０００３】

そこで、特許文献２には、オーステナイト系ステンレス鋼の中でも、加工誘起マルテンサイトが生成しやすい成分組成として、Ｍｄ３０（℃）≧－１００℃を満たす成分組成のオーステナイト系ステンレス鋼であっても、これに６０～３００℃の範囲内での温間加工を施せば、加工誘起マルテンサイトの生成が抑制された非磁性オーステナイト系ステンレス鋼が製造されることが開示されている。特許文献２では、Ｍｄ３０（℃）の計算式を、５５１－｛４６２（Ｃ＋Ｎ）＋９．２Ｓｉ＋８．１Ｍｎ＋１３．７Ｃｒ＋２９（Ｎｉ＋Ｃｕ）＋１８．５Ｍｏ＋６８Ｎｂ｝とし、Ｍｄ３０（℃）＝－６４．４～－１．６の間の４種の成分組成において、実施例として伸線温度＝７０℃、１００℃の２水準で、また比較例として２０℃で、これらの成分組成と伸線温度との全ての組合せ条件下において、伸線減面率＝８％、２６％、４０％の３水準で伸線加工した後における透磁率の試験結果（３６ケースの試験結果）が記載されている。しかしながら、こうして得られた非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線の耐力については一切開示されていず、それを予測し得る記載も見当たらない。また、工業生産上の観点から伸線減面率を４０％よりも大きくした場合の透磁率の挙動についても不明である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開昭６２－６３６１５号公報

【特許文献２】特開２００２－６０８３８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

上述した通り、従来技術によれば高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼材を製造するためには、高価な合金元素の増量添加や焼鈍処理が必要であり、更には比較的低加工率範囲内での製造条件が必要であり、またこうして得られた鋼材についても耐力に関する技術情報が十分でないという問題がある。

そこで、本発明は上記問題点を解消することにより、成形加工品を製造するのに供するための素材、例えば圧造を含む成形加工を適切な条件で行なえば、成形加工後に熱処理を施さなくても非磁性を確保することができ、しかも高耐力を備えた成形品を製造することができる素材としての、高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼及びその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明者は、上記目的を達成するために鋭意研究を進めた結果、所要のスタート材に対

して、１５０～６００℃の範囲内の適切な温度において圧延加工を施すこと、その際、圧延温度に応じてスタート材に対する加工率を６０％以上の所要の圧延加工を施すことにより、当該圧延により加工誘起マルテンサイトを生成させることなく非磁性を保持した状態で、目的とする高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼を製造することができるとの知見を得た。
さらに、発明者らは、結晶粒の微細化が加工誘起変態の抑制につながるという知見を得た。結晶粒の微細化はオーステナイトを安定にし、加工誘起変態を抑制するからである。その際の結晶粒径は１μｍが目安である。ただ、結晶粒径が等軸でなくても、伸長粒でもオーステナイトの安定化には有効である。結晶粒径に相当する指標として、粒界密度がある。粒界密度の測定方法は、電子線後方散乱回折、いわゆるＥＢＳＤ法であり、方位差角５度以上の粒界の測定部位の面積における長さ比、Ｓｖ＝粒界長さ／面積で表すことができる。計量形態学的には、ｄ＝２／Ｓｖとして、相当等軸粒径に置き換えることができる。ｄ≦１μｍに相当するＳｖ≧２　（１／μｍ）であれば、オーステナイトは安定になり、加工誘起変態の抑制効果をもつ。

【０００７】

なお、本発明では、加工率の定義は後でも述べるが、下記の通りである。
１）丸形状（直径Ｄ）から丸形状（直径ｄ）に加工する時：｛（Ｄ２－ｄ２）／Ｄ２｝×１００　（％）
２）丸形状（直径Ｄ）から平形状（厚さｔ）に加工する時：｛（Ｄ－ｔ）／Ｄ｝×１００（％）
３）平形状（厚さＴ）から丸形状（直径ｄ）に加工する時：｛（Ｔ－ｄ）／Ｔ｝×１００（％）
４）平形状（厚さＴ）から平形状（厚さｔ）に加工する時：｛（Ｔ－ｔ）／Ｔ｝×１００（％）
以上のように加工前後のＣ方向断面の形状により、加工率の定義を異なるものとした。その理由は、加工前後のＣ方向断面の形状に依存して、特に、最初の素材のＣ方向断面に対する加工方向により、材料に導入されるひずみが異なるので、これらにできるだけ共通的且つ適切なひずみの指標とした。

【０００８】

本発明が目的とする上記鋼線、棒鋼又は薄帯鋼として、及びその製造法として、下記を提供することを見出した。
第１発明は、非磁性オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における耐力が高水準のもの、具体的には室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上であって、透磁率が１．０２未満である高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼材（鋼材とは、本明細書では鋼線、棒鋼又は薄帯鋼を指す）を提供する。
第２発明は、上記第１発明の鋼材において、更に、５度以上の方位差角の粒界密度が、２μｍ／μｍ^{2}以上であることが付加された特性を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼を提供する。
第３発明は、非磁性オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上であって、２００～４００℃における最大応力が、室温における０．２％耐力の９５％以下であり、透磁率が１．０２未満である高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼材を提供する。
第４発明は、上記第３発明の鋼材において、更に、５度以上の方位差角の粒界密度が、２μｍ／μｍ^{2}以上であることが付加された特性を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼を提供する。

【０００９】

上記オーステナイト系ステンレス鋼の化学成分組成の内、望ましいものとしては、ＪＩＳ　Ｇ　４３１５で規定するオーステナイト系ステンレス鋼の化学成分の内、Ｎｉは最大で１４．００質量％、Ｃｒは最大で２０．００質量％とする。また、Ｃ及びＭｎについてはオーステナイト生成元素であることを考慮し、Ｓｉについては溶製時の脱酸作用を考慮し

て下限値を規定し、Ａｌについては溶製時における脱酸に有効であった溶鋼中のＡｌ元素の形態として、ｓｏｌＡｌ（化学分析上の酸可溶Ａｌ）で組成範囲を規定することが望ましく、Ｐ及びＳは不純物として上限値を上記ＪＩＳによる規定値よりも低く規定することが望ましい。
このように規定した上で、圧造性の向上を考慮してＣｕを上限値として４．００質量％までの添加を許容した場合（下記の第５発明の場合。Ｃｕは０質量％であってもよい）、及び耐食性及び一層の強度向上を考慮してＭｏの上限を３．００質量％まで許容し、下限を０．１０質量％とした場合（下記の第６発明の場合）を好ましい成分系の規定条件とした。

【００１０】
即ち、第５発明は、上記第１発明から第４発明のいずれかの発明の鋼材において、その化学成分組成が、
Ｃ：０．００５～０．０８質量％、
Ｓｉ：０．１５～１．００質量％、
Ｍｎ：０．３０～２．００質量％、
Ｐ　：０．０３５質量％以下、
Ｓ　：０．０１５質量％以下、
ｓｏｌＡｌ：０．００５～０．０４０質量％、
Ｎｉ：８．００～１０．５０質量％、
Ｃｒ：１８．００～２０．００質量％、及び
Ｃｕ：４．００質量％以下（０質量％を含む）を含有し、残部がＦｅ及び不可避不純物であることに特徴を有するものである。

【００１１】
そして、第６発明は、上記第１発明から第４発明のいずれかの発明の鋼材において、その化学成分組成が、
Ｃ：０．００５～０．０８質量％、
Ｓｉ：０．１５～１．００質量％、
Ｍｎ：０．３０～２．００質量％、
Ｐ　：０．０３５質量％以下、
Ｓ　：０．０１５質量％以下、
ｓｏｌＡｌ：０．００５～０．０４０質量％、
Ｎｉ：１０．００～１４．００質量％、
Ｃｒ：１６．００～２０．００質量％、及び
Ｍｏ：０．１０～３．００質量％を含有し、残部がＦｅ及び不可避不純物であることに特徴を有するものである。

【００１２】
次に、上記本発明鋼材の製造方法は、非磁性のオーステナイト系ステンレス鋼の化学成分組成を有する鋼素材に対して、一層望ましくは第５発明又は第６発明における化学成分組成を有する鋼素材に対して、下記に述べる通りの適切な温度領域における適切な加工率且つ適切な温間加工を施すことにより達成されることを見出した。

【００１３】
第７発明は、上記非磁性のオーステナイト系ステンレス鋼の化学成分組成を有する素材に対して、３５０℃以上６００℃以下の温度範囲において加工率が７０％以上の圧延加工を施すことに特徴を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼の製造方法を提供する。

【００１４】
第８発明は、上記第７発明の鋼材製造方法において、圧延加工方法として、孔型溝ロール圧延及び平ロール圧延の内のいずれか一方、又は、孔型溝ロール圧延及び平ロール圧延の両方を用いることに特徴を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼の製造方法を提供する。

【００１５】
第９発明は、上記非磁性のオーステナイト系ステンレス鋼の化学成分組成を有する素材に対して、１５０℃以上３５０℃未満の温度範囲において加工率が７０％以上の圧延加工又は伸線加工を施すことに特徴を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼の製造方法を提供する。
【００１６】
第１０発明は、上記第９発明の鋼材製造方法において、圧延加工方法として、孔型溝ロール及び平ロール圧延の内のいずれか一方、又は、孔型溝ロール圧延及び平ロール圧延の両方を用いることに特徴を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼の製造方法を提供する。
【００１７】
第１１発明は、上記非磁性のオーステナイト系ステンレス鋼の化学成分組成を有する素材に対して、３５０℃以上６５０℃以下の温度範囲において加工率が７０％以上の圧延加工を施し、得られる半製品に対して、１５０℃以上３５０℃未満の温度範囲において加工率が１８％以上の圧延加工又は伸線加工を施すことに特徴を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼の製造方法を提供する。
【００１８】
第１２発明は、上記第１１発明の鋼材製造方法において、３５０℃以上６５０℃以下の温度範囲における圧延加工方法として、孔型溝ロール圧延及び平ロール圧延の内のいずれか一方、又は、孔型溝ロール圧延及び平ロール圧延の両方を用い、そして前記１５０℃以上３５０℃未満の温度範囲における圧延加工方法として、孔型溝ロール圧延及び平ロール圧延の内のいずれか一方、又は、孔型溝ロール圧延及び平ロール圧延の両方を用いることに特徴を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼の製造方法を提供する。
【図面の簡単な説明】
【００１９】
【図１】本願発明の製造試験に供する素材例の応力－伸び曲線を示すグラフである。
【図２】本願発明の製造試験の高温度域での温間溝ロール圧延における材料の変形状況例を示す断面形状写真である。
【図３】実施例１の製造試験の途中工程における材料の応力－ひずみ曲線を示すグラフである。
【図４】実施例２の製造試験の途中工程における材料及び本発明鋼線の応力－ひずみ曲線を示すグラフである。
【図５】実施例２の製造試験で得られた本発明鋼線を、室温から５００℃までの各種温度において行なった引張試験で得られた応力－ひずみ曲線を示すグラフである。
【図６】実施例３－２～実施例３－５、（参考例３－１）及び比較例２の製造試験で得られた各鋼線の圧延加工温度と応力－ひずみ曲線との関係を示すグラフである。
【図７】実施例３－２～実施例３－５、（参考例３－１）及び比較例２の製造試験において、各種圧延加工温度で得られた鋼線のＥＢＳＤ法による方位差角５度以上の粒界を表す粒界マップである。
【図８】実施例４及び比較例３の製造試験で得られた本発明薄帯鋼の応力－ひずみ曲線を示すグラフである。
【図９】実施例５及び比較例４の製造試験で得られた本発明薄帯鋼の応力－ひずみ曲線を示すグラフである。
【図１０】実施例６及び比較例５の製造試験で得られた本発明鋼線の応力－ひずみ曲線を示すグラフである。
【発明を実施するための形態】
【００２０】
先ず、本願発明の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼材（本発明の鋼材とは、鋼線、棒鋼又は薄帯鋼の総称とする）の化学成分組成について述べる。

（１）化学成分組成
本願発明の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼材の化学成分組成の範囲は、ＳＵＳ３０４系成分組成を基本とし、次の要件を満たすことを優先して決定した。
オーステナイト系ステンレス鋼は本質的に耐力が低いので、常温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上を確保することを必須の要件とし、本発明のステンレス鋼材の成形加工方法として、圧造、せん断、打ち抜き等を考慮した。
一方、オーステナイト生成元素の内でも高価な合金元素、特にＮｉを過度に少なくした場合には、比較的小さな加工度であっても加工誘起マルテンサイトが生成して磁性を帯びる傾向を示すので、これは避ける必要がある。但し、加工度が極めて大きい場合にも対応可能とするために、高価合金元素を所定の範囲内で添加してもよいとした。また、本発明の鋼材を加工して成形品とする場合に、加工特性を高める元素や、強度確保に効果を発揮する元素の添加を許容する成分系も採用した。
【００２１】
Ｃ：０．００５～０．０８質量％以下
Ｃは強力なオーステナイト生成元素であり、強度向上に効果的な元素であるが、多量に含まれると固溶強化によってオーステナイト相が硬質化し加工性が低下する。そこで、Ｃ含有量の下限を０．００５質量％に、上限を０．０８質量％に設定した。
【００２２】
Ｓｉ：０．１５～１．００質量％
Ｓｉは溶製時に脱酸剤として添加される元素であるが、多くなるにつれ耐食性や冷間加工性の低下を招く。そこで、Ａｌとの複合脱酸作用として効果が発揮される０．１５％を下限とし、耐食性や冷間加工性を確保する上で１．０％を上限とした。
【００２３】
Ｍｎ：０．３０～２．００質量％
Ｍｎはオーステナイト生成元素であり、非磁性のオーステナイト組織を生成する元素であり、透磁率を低く保つためにも重要な元素である。しかし過度に添加すると耐食性の低下や加工性を損ねる原因となる。そこで、下限を０．３０質量％に、上限を２．００質量％に制限する。
【００２４】
Ｐ：０．０３５質量％以下
Ｐは粒界に偏析し、粒界腐食感受性を高める他、靱性の低下を招く。Ｐ含有量は低い方が望ましいが、必要以上の低減はコストの上昇を招く。従って、Ｐ含有量は０．０３５質量％以下が望ましい。更に望ましくは０．０３０質量％以下である。
【００２５】
Ｓ：０．０１５質量％以下
ＳはＭｎと反応してサルファイドを生成し、これが鋼中に多く存在すると機械的強度の低下や熱間加工性を低下させる。従って、Ｓの含有量は０．０１５質量％以下が望ましい。更に望ましくは０．０１０質量％以下である。
【００２６】
ｓｏｌＡｌ：０．００５～０．０４０質量％
Ａｌは鋼材における酸化物系非金属介在物の清浄性を確保して鋼材の材質特性を確保するために、溶製時に添加することが必要な脱酸元素である。上記清浄性が劣化するとＡｌ２Ｏ３系介在物により鋼材の表面清浄を劣化させ、塑性加工時の割れ発生の起点となる。Ａｌ２Ｏ３系介在物の量は、主として溶製工程で溶鋼から浮上分離する程度により決まるが、Ａｌの含有量の分析値が全Ａｌ含有量ではＡｌ２Ｏ３をも含めた値となるから、Ａｌ２Ｏ３を除いたＡｌ含有量で規定すべきである。即ち、全Ａｌ含有量ではなく、酸に可溶であるｓｏｌＡｌの含有量とする。そして、溶製時における十分な脱酸反応とＡｌ２Ｏ３系介在物の十分な浮上分離との両立を満たすために、下限値を０．００５質量％とし、上限値を０．０４０質量％とした。
【００２７】

一方、オーステナイト系ステンレス鋼として、コスト負担のかかるＮｉ及びＣｒの含有量を適宜確保することが必要である。そこで、特に、本発明鋼材の一層の圧造性向上を目指す場合（Ｃｕを添加する場合）と、一層の高強度を目指す場合（Ｍｏを添加する場合）とを考慮して、Ｎｉ及びＣｒ含有量の組合せを２つに分けた。

【００２８】

Ｎｉ：８．００～１０．５０質量％、又は１０．００～１４．００質量％

ＮｉはＭｎと同様、オーステナイト生成元素であり、非磁性のオーステナイト組織を生成する元素であり、透磁率を低く保つためにも重要な元素である。そのためには８．００質量％以上が必要である。Ｎｉは、含有量の増加に従って磁性化及びδフェライト相生成を抑制する作用が大きくなる。しかし、高価な元素であるため、過剰量のＮｉ添加は鋼材コストを上昇させる原因ともなる。この観点から、Ｎｉ含有量は８．００～１０．５０質量％以下に設定する。一方、大加工率の歪みを加えても非磁性を確保し、一層の高強度を確保するためには十分に添加することが望まれる。そこで、このような場合については、Ｎｉ含有量を１０．００～１４．００質量％とした。

【００２９】

Ｃｒ：１８．００～２０．００質量％、又は１６．００～２０．００質量％

Ｃｒは耐食性を向上させるために、ステンレス鋼に必要な元素であり、１８．００質量％以上含有させることが望ましい。但し、Ｍｏのような耐食性向上元素を添加する場合には、Ｃｒ含有量を適宜減らしてもよい。Ｍｏを２．００質量％以上含有させる場合には、Ｃｒ含有量の下限を、１６．００質量％としてよい。

また、Ｃｒ含有量の増加に応じて加工性が向上し、加工後の磁性化も抑制される。しかし、過剰量のＣｒ添加は、材質を硬質化することにより加工性を却って低下させる。そこで、Ｃｒ含有量の上限を２０．００質量％に設定した。

【００３０】

Ｃｕ：０　～４．００質量％

Ｃｕは加工後の磁性化を抑え、δフェライト相の生成を抑えるために有効であり、また、耐食性の向上にも有効である。そのためには、０．１５質量％以上が望ましいが、コスト削減から０質量％であってもよい。更に、Ｃｕは特に圧造性の向上にも効果がある。一方、Ｃｕ含有量が過剰になると、δフェライト相生成の傾向を示し、非磁性化に不利となる。そこで、望ましくは、Ｃｕ含有量を０．１５～４．００質量％がよい。また、本発明鋼材の成形加工方法によってはＣｕを含有させることは、必須とはしない。

【００３１】

Ｍｏ：０．１０～３．００質量％

Ｍｏは耐食性の向上に効果があり、この観点からＭｏ含有量は０．１０質量％以上、更には０．５０質量％以上が望ましい。また強度を一層向上させるのに効果がある。しかし、Ｍｏを過剰に添加するとδフェライトの生成により磁性が発現し、また圧縮変形抵抗を上昇させる原因となる。更に、Ｍｏは高価な合金元素ではあるが、特に、一層の強度向上を望む場合を考慮して、上限を３．００質量％とした。しかし、本発明鋼材の用途として、上記効果を特には希望しない場合は、必ずしも添加する必要はない。

【００３２】

なお、不可避不純物の主な元素として、ステンレス鋼溶製に際しては特にＮが挙げられる。Ｎは強力なオーステナイト生成元素であるから、本願発明の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼鋼材を得るためには、通常の大気圧下での溶解炉で不可避的に混入する最大含有量までは容認する。例えば、０．０１～０．０３質量％程度であっても問題はない。これ以上添加するためには加圧精錬の必要が生じてコスト高となるので、これ以上の含有量は採用しない。

また、オーステナイトの安定性の指標であるＭｄ３０が－１００℃以上の成分系に対し、本発明は有効性を発揮する。一方、２００℃以上で加工した場合加工誘起変態は、素材の化学成分組成によっても影響を受ける。これに関しては、従来、素材に０．３０の真ひずみを与えたとき、その材料の５０％がマルテンサイトとなる温度としてＭｄ３０を規定し

ている。例えば、Ｍｄ３０（℃）＝４１３－４６２（Ｃ＋Ｎ）－９．２（Ｓｉ）－８．１（Ｍｎ）－１３．７（Ｃｒ）－９．５（Ｎｉ）－１８．５（Ｍｏ）が挙げられる。但し、成分元素は質量％である。この指標Ｍｄ３０（℃）は上記特殊な条件に限定されたときの加工誘起マルテンサイト変態が５０％という特定の結果に過ぎないと考えることもできる。従って、多種多様な加工条件に対して、非磁性を維持するための化学成分組成を一義的に特定することは不可能である。本発明者は、今回、化学成分組成にも留意しつつ、本明細書に記載したいくつかの重要な知見を得ることにより、本発明を完成したのである。

【００３３】

（２）本発明ステンレス鋼材の製造条件

本発明鋼材の製造条件について述べる。上述した化学成分組成を有するスタート材を準備する。スタート材が具備すべき必須条件は、化学成分組成が上記であること以外に、非磁性であること、及び機械的性質がＪＩＳ　Ｇ　４３０５（冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯）において固溶化熱処理状態での規定値である耐力が１７５ＭＰａ以上且つ引張強さが４８０ＭＰａ以上であることである。従って、スタート材は市販されている非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線又は非磁性オーステナイト系ステンレス鋼帯の中から選定することができる。スタート材の形状・寸法は第７発明～第１２発明の製造方法における圧延加工温度及び加工率並びに圧延加工ないしは伸線加工を満たすことを条件として、所望する本発明鋼材の形状・寸法を考慮して決定すればよい。

【００３４】

上記スタート材に対して、１５０～６５０℃の温度範囲内での圧延加工（本明細書においては温間圧延と呼ぶ）を行なう。この温度範囲内での圧延加工であれば、工業生産の効率上有利な大きな加工率を希望する場合であっても、非磁性を確保できるからである。更に、上記温度範囲の内、３５０～６５０℃での圧延を高温度域での温間圧延と呼び（第７～８、第１１～１２発明の場合を参照）、１５０～３５０℃未満での圧延を低温度域における温間圧延と呼ぶ（第９～１０発明の場合、第１１～１２発明の場合を参照）ことにする。このように分ける理由は、圧延温度範囲を狭くすることにより工業生産ラインにおける温度管理をし易くするためと、一般に、既存の圧延設備においては固有の設備仕様を有するので、所要の材料加工率と圧延速度等を考慮し、適用し易い温度領域を選択することができることが望ましいからである。従って、設備の固有条件や工程管理条件等によっては、高温度域として例えば５５０～６００℃、低温度域として例えば１５０～２００℃の温間圧延を行なってもよい。

【００３５】

温間圧延における材料の加工率は、大きくするほど材料へ大きなひずみを導入することができ、結晶粒の微細化に有利であることにより、本発明鋼材を高強度化するために重要な要因である。しかし、過剰に大きくすると、加工誘起マルテンサイトの生成により非磁性を喪失するので、上限を適宜見極めて製造する必要がある。そこで、本発明においては、高温度域のみ又は低温度域のみで加工する場合には、スタート材に対する加工率を、７０％以上と規定し、一方、高温度域に次いで低温度域においても加工する場合には、相対的に大きなひずみが導入されること、また低温度域での加工はサイジングを目的とする場合が多いことをも考慮し、低温度域では加工率を１８％以上であればよいとした。

但し、加工率（％）の定義は、次の通りとした。

（１）断面形状を丸形状（直径Ｄ）から丸形状（直径ｄ）に圧延する時：｛（Ｄ２－ｄ２）／Ｄ２｝×１００　（％）

（２）断面形状を丸形状（直径Ｄ）から平形状（厚さｔ）に圧延する時：｛（Ｄ－ｔ）／Ｄ｝×１００　（％）

（３）断面形状を平形状（厚さＴ）から丸形状（直径ｄ）に圧延する時：｛（Ｔ－ｄ）／Ｔ｝×１００　（％）

（４）断面形状を平形状（厚さＴ）から平形状（厚さｔ）に圧延する時：｛（Ｔ－ｔ）／Ｔ｝×１００　（％）

スタート材の寸法と仕上げ鋼材の寸法との関係により、加工率を大きくする必要がある

場合には、スタート材を高温度域の温間圧延により加工し、次に低温度域の温間圧延により更に加工する製造方法（第１１～１２発明）により目的を達成することができる。

【００３６】

次に、加工率が同一の場合には、より大きなひずみが導入される圧延パススケジュールで圧延加工を施すことが一層望ましい。例えば、溝ロール圧延を行なう場合には、多方向・複数パス圧延を施すとよい。多方向・複数パス圧延を行なう目的は、比較的少ないパス数で大きなひずみを導入するためである。例えば、加工率（Ｒ）が７０％の２パスによる溝ロール圧延をする。１パス目はスタート材を水平なオーバル形状孔型ロールで圧延する。オーバル形状孔型内の高さをＡ１とし、スタート材の鋼線の直径をＤ１とすると、Ａ１／Ｄ１≦０．６５を満たす条件で圧延する。材料の断面は偏平形状となる。２パス目は鉛直な角形状孔型ロールで圧延する。従って、圧下方向は偏平形状断面の長辺方向を圧下する、即ち、スタート材の１パス目の圧下方向に対して直角な方向から圧下することになる。このとき、角形状孔型内の水平長さをＡ２とし、１パス目で圧延された材料の長辺長さをＤ２とすると、Ａ２／Ｄ２≦０．６５を満たす条件で圧延する。

【００３７】

なお、上記工程の最後に、材料の断面形状をある程度整えるため、即ち、ある程度円形に近づけるか、又はある程度平板形状に近づけるための軽圧下圧延を追加してもよい。前者の軽圧下圧延は次工程で鋼線又は棒鋼に仕上げ製造する場合に行ない、後者の軽圧下圧延は次工程で薄帯鋼に仕上げ製造する場合に行なう。

上記温間圧延後における材料の長さ方向に直角断面（Ｃ方向断面）での顕微鏡組織観察によれば、平均結晶粒径は２μｍ程度以下の微細な残留オーステナイトとなっている。この結晶粒径は、次に、１５０～３５０℃未満の低温度域での温間圧延により、更に微細化される。

【００３８】

（３）本発明ステンレス鋼材の材質特性

本願発明の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼材の材質特性を下記の通り規定する理由について以下に述べる。

（３－１）透磁率が１．０２未満であること

電子機器部品は種々の磁気発生を誘導するための装置を備えているために、シャフト材などは磁性を持たないものが求められており、こうした部品には透磁率が１．０１０以下であることが必須条件とされている。磁性の有無を評価する手段として透磁率の測定がある。一般的に透磁率が１．０１０以下であれば、磁性を持たない（非磁性）。

非磁性が求められる成形品としては、ねじ類、ボルト類、ナット類、ねじ付き軸類がある。しかしながらこれらの成形品でも用途によっては実用上全く問題ない程度の磁性であればよい場合も考慮して、本発明においては透磁率を１．０２未満と規定した。

【００３９】

（３－２）室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上

本発明ステンレス鋼材を加工して得られる成形品としては、ねじ類、ボルト類、ナット類、ねじ付き軸類があり、成形加工方法として、非磁性を維持するために、温間における加工が望ましい。加工後に非磁性化のための焼鈍処理を省略するためである。これらの成形品の加工方法としては温間圧造や温間切削があり、得られた成形体を組み合わせた成形品が挙げられる。これらの成形品が所定の電子機器部品として使用されている状態における強度が十分に大きいことが必要である。ここでは強度の指標として、常温における０．２％耐力を採用し、これが０．８０ＧＰａ程度以上を必要とする高強度部品に適用するためである。上記成形品の室温における０．２％耐力を精度よく直接測定する方法は不可能であることが多いので、本発明鋼材により造られた成形品においては、成形品の適切な位置におけるビッカース硬さ試験を代替試験方法として評価してもよい。

【００４０】

（３－３）室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上で、２００～５００℃における最大応力が室温における０．２％耐力の９５％以下

本発明鋼材は温間圧造や切削等により成形加工される場合の条件としては、当該成形加工により成形体が磁性をおびることなく、非磁性が確保されることが望ましい。非磁性化のための熱処理を施せば、強度低下を招くと同時にコスト面でも不利となるからである。そこで、本発明鋼材は種々の水準での試験により、適切な加工条件を確認すれば、非磁性を確保することができる。その際、加工温度は、１５０～５００℃の範囲とするのが妥当である。その際、成形加工で使用する金型や工具の寿命を延ばすことは工業上重要であり、この加工温度範囲における最大応力が過剰に大きいと不利となる。実施例２で得られた本発明鋼材を常温（２３℃）、１００℃、２００℃、３００℃、４００℃及び５００℃の各温度での引張試験で得られた最大応力の結果（後述する表５及び図５に記載した）を考慮して、本発明鋼材の２００～５００℃の温度範囲における最大応力が、室温における０．２％耐力の９５％以下であることが望ましいとした。

【００４１】

なお、本発明鋼材及びその製造方法において、高強度とは、以上より明らかなように、室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上であることとする。一層望ましくは、それに加えて、２００～５００℃における最大応力が、室温における０．２％耐力の９５％以下であることとする。

【実施例】

【００４２】

以下、実施例により本発明を更に具体的に説明する。なお、本発明は下記実施例によって制限されず、前記及び後記の趣旨に適合し得る範囲内で適切な改変を行なって実施することも可能であり、これらはいずれも本発明の技術的範囲内に含まれる。

＜実施例１＞本発明の実施例１の鋼材として、鋼線を下記の圧延加工により得た。

〔素材〕

表１に示す化学成分組成を有するオーステナイト系ステンレス鋼であって、ＪＩＳ　Ｇ４３０９　ＳＵＳ３０４－Ｗ１（軟質１号）の線径６．０ｍｍのコイル状鋼線を、本発明の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線の製造試験用の素材として用いた。

【００４３】

【表１】

ＳＵＳ３０４－Ｗ１鋼線の化学組成（ｗｔ％）

	JIS G4309 SUS304-W1					
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.03	0.37	1.07	0.030	0.006	9.05	18.04

この素材の応力－ひずみ曲線を図１に示す。これによれば、素材の０．２％耐力は３００ＭＰａで、引張強さは６３０ＭＰａである。またビッカース硬さ（ＨＶ）は１３９であった。

【００４４】

〔本発明鋼線の製造試験〕

本発明鋼線の製造試験例として、上記線径６．０ｍｍの鋼線（素材）に対して、４５０－５５０℃の温度範囲において、合計６パスで構成される溝ロール圧延を行ない、仕上がり直径が３．１ｍｍのコイル状鋼線を得た。加熱は高周波誘導加熱による連続加熱法を用いた。この溝ロール圧延工程は、第１工程でオーバル孔型に次ぐスクウェア孔型、第２工程でオーバル孔型に次ぐスクウェア孔型（参考文献として、鳥塚ら：日本金属学会誌、７２（２００８）、５７１－５８０、Ｆｉｇ．１参照）、そして第３工程でオーバル孔型に次ぐラウンド孔型を用い、各工程においてコイルからコイルへの溝ロール圧延を行ない、合計３工程で６パスの圧延で構成した。図２に、第１工程から第３工程までの各工程における材料のＣ方向断面形状の変化状況を示す。この溝ロール圧延による素材から第３工程終了まで即ち本発明鋼線までの材料の加工率（溝ロール圧延の場合には、通称「Ｃ方向断面の面積減少率」に相当する）は、７３．３％である。

【００４５】
こうして得られた直径３．１ｍｍの本発明鋼線は磁石につくことはなく、非磁性であることが確認された。次に、この本発明鋼線（第３工程終了後の鋼線）の室温における引張試験を行なった。なお、第１及び第２工程終了後の鋼線についてもサンプルを採取し、磁石による磁性試験を行ない、次いで室温における引張試験を行なった。また、硬さ試験も行なった。引張試験の結果を図３及び表２に示す。表２にはビッカース硬さ試験結果も併記した。
【００４６】
【表２】

実施例１	０．２%耐力	引張強さ（ＴＳ）	ビッカース硬さ（Ｈv）	絞り（ＲＡ）
	（ＭＰａ）	（ＭＰａ）	（－）	（%）
素材	３００	６３０	１３９	８３
下段曲線：第１工程終了後	７６０	８４０	３１３	７８
中段曲線：第２工程終了後	９００	９４０	３１６	７８
上段曲線：第３工程終了後（本発明鋼線）	９８０	１０６０	３５１	７９

【００４７】
上記試験結果に示すように、本発明鋼線は、０．２%耐力が９８０ＭＰａ、引張強さが１０６０ＭＰａ、ビッカース硬さ（ＨＶ）は３５１である。そして絞りは７９%と高い。
なお、素材から第１工程→第２工程→第３工程と圧延することによって、０．２%耐力は、３００（素材）→７６０→９００→９８０ＭＰａ、　引張強さは、６３０（素材）→８４０→９４０→１０６０ＭＰａ、　ビッカース硬さは、１３９（素材）→３１３→３１６→３５１、絞りは、８３（素材）→７８→７８→７９%と高延性が保持されつつ高強度化していることが分かる。また、いずれの工程終了後においても、引張試験前のサンプルは磁石につくことがなく、非磁性であった。
本３工程圧延材を、超伝導量子干渉計（ＳＱＵＩＤ）を用いて、Ｂ－Ｈカーブを測定し、透磁率を求めた。その結果、透磁率は１．０１０であった。なお、素材の透磁率は、１．００４であった。
以上の通り、実施例１においては、オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２%耐力が９８０ＭＰａであって、透磁率が１．０２未満である非磁性の線径が３．１ｍｍの鋼線が得られた。
　以上より、実施例１で得られた本発明の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線の製造試験は、本願の請求項１及び請求項５の要件を満たしており、同時に請求項７及び８の高温度域における温間加工の製造方法の要件を満たしている。
＜比較例１＞比較のため、素材から３．０ｍｍまで冷間（２３℃）伸線を行った材料に対し、同様の測定を行ったところ、透磁率は、２．８３９であった。
【００４８】
＜実施例２＞本発明の実施例２の鋼材として、実施例１よりも高強度の鋼線を下記の圧延加工により得た。
〔素材〕
表３に示す化学成分組成を有するオーステナイト系ステンレス鋼であって、ＪＩＳ　Ｇ４３０９　ＳＵＳ３０４－Ｗ２（軟質２号）の線径６．０ｍｍのコイル状鋼線を、本発明の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線の製造試験用の素材として用いた。この素材の０．２%耐力は７４０ＭＰａで、引張強さは９４０ＭＰａ、ビッカース硬さ（ＨＶ）は３１５、絞りは７３．３%である。
【００４９】
【表３】

JIS G4309 SUS304-W2)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.08	0.40	1.22	0.030	0.006	8.03	18.06

【００５０】
〔本発明鋼線の製造試験〕

上記線径６．０ｍｍの鋼線（素材）に対して、５５０～６００℃の温度範囲において、合計６パスで構成される溝ロール圧延を行ない、仕上がり直径が３．１ｍｍのコイル状鋼線を得た。この溝ロール圧延工程は、実施例１と同じであり、合計３工程で６パスの圧延で構成され、素材から第３工程終了まで即ち本発明鋼線までの材料の溝ロール圧延による加工率は、７３．３％である。
こうして得られた直径３．１ｍｍの本発明鋼線は磁石につくことはなく、非磁性であることが確認された。次に、この本発明鋼線（第３工程終了後の鋼線）の室温における引張試験を行なった。なお、第１及び第２工程終了後の鋼線についてもサンプルを採取し、磁石による磁性試験を行ない、次いで室温における引張試験を行なった。また、硬さ試験も行なった。引張試験の結果を図４及び表４に示す。表４にはビッカース硬さ試験結果も併記した。

【００５１】
【表４】

実施例２	０．２%耐力（ＭＰａ）	引張強さ（ＴＳ）（ＭＰａ）	ビッカース硬さ（H_V）（－）	絞り（ＲＡ）（%）
素材	７４０	940	315	74
下段曲線：第１工程終了後	1050	1150	365	74
中段曲線：第２工程終了後	1150	1180	373	73
上段曲線：第３工程終了後（本発明鋼線）	1280	1320	391	72

【００５２】
上記試験結果に示すように、本発明鋼線は、０．２%耐力が１２８０ＭＰａ、引張強さが１３２０ＭＰａ、ビッカース硬さ（ＨＶ）は３９１である。そして、絞りは７２%であった。
以上の通り、実施例２においては、オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２%耐力が１２８０ＭＰａであって、透磁率が１．０２未満とみなすことができる非磁性で線径が３．１ｍｍの鋼線が得られた。
以上より、実施例２で得られた本発明の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線の製造試験は、本願の請求項１及び請求項５の要件を満たしており、同時に請求項７及び８の高温度域における温間加工の製造方法の要件を満たしている。
【００５３】
なお、上記試験においては更に、素材から第１工程→第２工程→第３工程と圧延することによって、０．２%耐力は、７４０（素材）→１０５０→１１５０→１２８０ＭＰａ、引張強さは、９４０（素材）→１１５０→１１８０→１３２０ＭＰａ、 ビッカース硬さは、３１５（素材）→３６５→３７３→３９１、絞りは、７４（素材）→７４→７３→７２%と高延性が保持されつつ高強度化していることが分かる。また、いずれの工程終了後においても、引張試験前のサンプルは非磁性であった。
【００５４】
〔実施例２で得られた本発明鋼線の室温（２３℃）から５００℃までの各種温度における引張試験の結果〕
次に、実施例２で得られた本発明の非磁性鋼線からサンプリングし、２３℃、１００℃、２００℃、３００℃、４００℃及び５００℃の各温度で引張試験をした。そして、引張試験後の試験片の破断部につき、磁石につくか否かの試験を行なった。これらの試験結果を、図５及び表５に示す。
【００５５】

【表５】

実施例２

試験温度	温間引張試験					磁性試験
	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	温間引張強さ／23℃での0.2%耐力 (%)	破断部磁性
23℃	1250	1340	13.6	66.0	106.5	有り
100℃	1200	1240	10.8	65.7	99.0	僅かにあり
200℃	1090	1150	10.1	63.0	91.7	無し
300℃	1040	1090	8.9	55.2	86.9	無し
400℃	960	1010	10.5	61.4	80.5	無し
500℃	900	960	9.9	51.5	76.4	無し

【００５６】

上記試験結果に示すように、引張試験後の試験片破断部の磁性に関しては、室温（２３℃）においては磁石につき、明確な磁性を有し、１００℃の場合には破断部に僅かに磁性があったが、２００℃以上においては磁性は全くなかった。この結果より、５５０～６００℃の温度範囲における温間圧延によって非磁性を確保しつつ高強度化されたオーステナイト系ステンレス鋼線においては、１００℃超えの温度で、更に望ましくは２００℃以上の温度で当該鋼線を圧造その他の方法で２次加工した場合に、磁性を生じさせることなく成形可能であることを示している。

また、２００～５００℃の範囲における最大応力は１１５０ＭＰａであり、常温（２３℃）における０．２％耐力よりも小さく、その９２．０％以下に収まっている。従って、２００～５００℃の温度範囲において２次加工を施せば、成形加工で使用する金型や工具の寿命延長上からも望ましいと言える。

【００５７】

以上の通り、実施例２においては、オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２％耐力が１２５０ＭＰａであって、透磁率が１．０２未満とみなすことができ、非磁性であって、２００～５００℃における最大応力が室温における０．２％耐力の９５％以下（１１５０／１２５０＝０．９２０）である線径が３．１ｍｍの高強度鋼線が得られた。これは本願の請求項３の要件をも満たしている。

【００５８】

＜実施例３と（参考例３－１）及び比較例２＞

実施例３は、実施例１で用いた線径６．０ｍｍのコイル状鋼線を素材として、圧延温度が２００℃、３００℃、４００℃、５００℃の各温度において、溝ロール圧延スケジュールを実施例１におけると同じく合計３工程６パスで構成される溝ロール圧延を行ない、仕上がり直径が３．１ｍｍのコイル状鋼線を得た。その際、溝ロール圧延工程も実施例１と同じであり、第１工程から第３工程に至る素材のＣ方向断面形状は、圧延温度によらずに一定であって、図２と同様であった。また、素材から第３工程終了まで即ち本発明鋼線までの材料の加工率も実施例１と同じで７３．３％である。実施例１との差は圧延温度だけである。

更に、（参考例３－１）として、１００℃において上記と同じ試験を行なった。１００℃における試験を参考例とした理由は、後記表７に示すように、フェライト分率が１４．７％と、非磁性確保の観点から若干高めであるからである。

なお、実施例３における試験符号は、圧延温度が２００℃の場合を実施例３－２と称し、３００℃の場合を実施例３－３と称し、以下順にこれに準じて、５００℃を実施例３－５と称する。

【００５９】

一方、比較例２は、本願発明の範囲外の試験例であり、実施例３の試験条件の内、圧延温度を室温とした他は、実施例３と同じ条件の溝ロール圧延スケジュールでの試験を行なった。勿論、加熱炉は使用しなかった。

【００６０】

こうして得られた実施例３及び比較例２の線径３．１ｍｍの鋼線についての引張試験から強度特性等を、図６及び表６に示す。また、電子線後方散乱回折（ＥＢＳＤ）法で得ら

れた方位差角５度以上の粒界マップの例を図７に示し、当該粒界マップの粒界の測定部位におけるオーステナイト分率、フェライト分率、方位差角５度以上の粒界密度及び相当等軸粒径を、表７に表す。

【００６１】

上記試験結果に示すように、室温で圧延された材料（比較例２）は、０．２％耐力で１４００ＭＰａをこえるものの、表７に示すように、加工誘起変態の生成量を表すフェライト分率が６０％を超える。これに対して、実施例３－２～実施例３－５からわかるように温間加工の効果は、劇的であり、圧延温度を２００℃にすると、フェライト分率は３．０％％にまで低下した。加工温度を２００℃以上にした場合、フェライト分率は３％以下となり、ノイズの混入も多少は含まれることを考えると、加工誘起変態は、実質的になくなったと言える。したがって、２００℃以上の加工温度は、オーステナイトステンレスの非磁性を維持するものである。その中間の１５０℃も有効な加工温度である。なお、（参考例３－１）の１００℃にすると、フェライト分率は１４．７％にまで低下した。１００℃の加工の場合、磁性がわずかであるが生じる。しかし、多くの点で有用と考える。５度以上の方位差角の粒界密度は、すべて、２μｍ／μｍ^{2}を超えていた。

なお、実施例３においては、圧延材料の加熱を炉加熱によるバッチ加熱法を用いたので、在炉時間を各工程２０分としたため、実施例１における高周波誘導加熱法に比べ、在炉時間が長い。そのため、実施例３では強度が実施例１の本発明鋼線（表２を参照）に比べて低めになっている（表６の実施例３－４～３－５参照）。

【００６２】

【表６】

	圧延温度	０．２％耐力 (ＭＰａ)	引張強さ（ＴＳ） (ＭＰａ)	引張強さ／23℃での0.2%耐力 (%)	Ｈｖ	絞り（ＲＡ） (%)
比較例２	室温（ＲＴ２３℃）	1470	1640		４４７	60
（参考例３－１）	１００℃	1240	1320	89.8	３８６	67
実施例３－２	２００℃	1040	1180	80.3	３６４	72
実施例３－３	３００℃	1050	1110	75.5	３４２	75
実施例３－４	４００℃	980	1030	70.1	３４１	76
実施例３－５	５００℃	805	990	67.3	３３２	79

【００６３】

【表７】

	圧延温度	フェライト分率 (%)	オーステナイト分率 (%)	方位差角５度以上の粒界密度Sv (μm/μm^2)	相当等軸粒径 d=2/Sv (μm)
比較例２	室温（ＲＴ２３℃）	６０．２	３９．８	７．８３	０．２５５
（参考例３－１）	１００℃	１４．７	８５．３	５．２８	０．３７８
実施例３－２	２００℃	３．０	９７．０	４．９１	０．４０７
実施例３－３	３００℃	３．６	９６．４	５．５３	０．３６１
実施例３－４	４００℃	０．８	９９．２	５．２６	０．３８０
実施例３－５	５００℃	２．２	９７．８	３．９７	０．５０３
備考		ＣＩ値＞０．０１のデータを用いた		γ粒界のデータ	

【００６４】

＜実施例４＞本発明の実施例４の鋼材として、薄帯鋼を下記の圧延加工により得た。

〔素材〕

表１に示した化学成分組成を有するオーステナイト系ステンレス鋼であって、ＪＩＳ　Ｇ４３０９　ＳＵＳ３０４－Ｗ１（軟質１号）の線径１．９ｍｍのコイル状鋼線を、本発明の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス薄帯鋼の製造試験用の素材として用いた。この素材の０．２％耐力は３００ＭＰａで、引張強さは６３０ＭＰａであり、またビッカース硬さ（ＨＶ）は１３９であり、実施例１で用いた素材の化学成分組成及び機械的性質と同じである。

【００６５】

〔本発明薄帯鋼の製造試験〕

本発明薄帯鋼の製造試験例として、上記線径１．９ｍｍのコイル状鋼線（素材）を、実施例４では１５０℃に加熱し、平ロール圧延を行なって板厚０．４６ｍｍ、幅５．１５ｍｍの板形状の薄帯鋼とした。圧延は１パスで行なったが、このときロール表面をバーナーで加熱することにより圧延時における材料からの接触抜熱を防止した。
本明細書における鋼線から薄帯鋼への加工率は、「課題を解決するための手段」の項において前述した通り、材料のＣ方向断面形状を、丸形状（直径Ｄ）から平形状（厚さｔ）に圧延する時の計算式：｛（Ｄ－ｔ）／Ｄ｝×１００　（％）に基づき、この平ロール圧延による加工率を計算すると、７５．９％である。こうして得られた薄帯鋼は、磁石を近づけてもつくことはなく、非磁性であることを確認した。

【００６６】

次に、この本発明薄帯鋼の室温における引張試験を行なった。実施例４の引張試験の結果を図８に示す。但し、引張試験片の形状は、幅＝２．５ｍｍ、標点距離＝１７．５ｍｍである。
上記試験結果に示すように、本発明薄帯鋼は、０．２％耐力が９５０ＭＰａ、引張強さが１０５０ＭＰａと上昇していた。
以上より、実施例４で得られた本発明の非磁性薄帯鋼の製造試験は、本願の請求項１及び請求項５の本発明鋼材の要件を満たし、同時に請求項９の本発明の低温度域における温間加工の製造方法の要件をも満たしている。

【００６７】

＜比較例３＞本発明の範囲外である比較例１の鋼材として、薄帯鋼を下記の圧延加工により得た。
〔素材〕
実施例４で用いた素材と同一のコイル状鋼線の一部を、比較例３の素材として用いた。即ち、表１に示した化学成分組成を有するオーステナイト系ステンレス鋼であって、ＪＩＳ　Ｇ４３０９　ＳＵＳ３０４－Ｗ１（軟質１号）の線径１．９ｍｍのコイル状鋼線であり、この素材の０．２％耐力は３００ＭＰａで、引張強さは６３０ＭＰａである。
〔本発明範囲外の薄帯鋼の製造試験〕
本発明範囲外の薄帯鋼の製造試験例として、上記線径１．９ｍｍのコイル状鋼線（素材）を素材とし、室温において平ロール圧延を行なった。圧延は実施例４と同様、１パスで行なった。線径１．９ｍｍの鋼線を板厚０．５１ｍｍ、幅４．３０ｍｍの板形状の薄帯鋼とした。この平ロール圧延による加工率は７３．３％である。
こうして得られた薄帯鋼を、室温における引張試験と硬さ試験を行なった。引張試験の結果を図８に併記した。但し、引張試験片の形状は、幅＝２．５ｍｍ、標点距離＝１７．５ｍｍである。その結果、０．２％耐力は１２１０ＭＰａ、引張強さは１４００ＭＰａ、ビッカース硬さは４１４と、高強度が得られた。しかし、引張試験前の試験片に磁石を近づけたところ、磁石につき、磁性を有していた。

【００６８】

＜実施例５＞
〔本発明薄帯鋼の製造試験〕
表３に示した化学成分組成の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線を素材として溝ロールにより高温度域における温間加工を施し、得られた鋼線（この鋼線は下記の通り実施例２で得られた本発明鋼線と同じである）に対して更に、平ロールにより低温度域における温間加工を施すことにより、高強度非磁性オーステナイト系ステンレス薄帯鋼の製造試験を行なった。製造条件の詳細は次の通りである。
素材は実施例２で使用した素材と同じものであり、表３に示した化学成分組成のＪＩＳ　Ｇ４３０９　ＳＵＳ３０４－Ｗ２（軟質２号）（０．２％耐力は７４０ＭＰａで、引張強さは９４０ＭＰａ）で、線径６．０ｍｍのコイル状鋼線を４５０～５５０℃の温度範囲において、前記図２に示した３工程の合計６パスで溝ロールにより加工率が７４．２％の圧延を行ない、線径３．１ｍｍのコイル状鋼線とした。鋼線の０．２％耐力は１２８０ＭＰａ、引張強さは１３２０ＭＰａ、ビッカース硬さは３９１であった。

【００６９】
次に、この線径３．１ｍｍの鋼線を研削により線径を１．３ｍｍまで減径した後に、１５０℃に加熱し、平ロールにより加工率が６７．７％の１パス圧延を施して、板厚が０．４２ｍｍで幅３．４０ｍｍの板形状の薄帯鋼とした。なお、圧延中はロール表面をバーナーで加熱して圧延時における材料からの接触抜熱を防止して材料の加熱温度を確保した。
【００７０】
こうして得られた薄帯鋼は、磁石を近づけてもつくことはなく、非磁性であった。なお、途中での研削後の鋼線も、磁石を近づけてもつくことはなく、非磁性であった。
次に、室温における引張試験を行なった。その結果を、図９に示す。但し、引張試験片の形状は、幅＝２．５ｍｍ、標点距離＝１７．５ｍｍである。その結果、０．２％耐力は１３００ＭＰａ、引張強さは１５４０ＭＰａ、ビッカース硬さは４９０という高強度が得られた。　以上より、実施例５で得られた本発明の非磁性薄帯鋼の製造試験は、本願の請求項１及び請求項５の要件を満たし、同時に請求項１１及び請求項１２の高温度域における温間加工を行ない、更に低温度域における温間加工を行なう製造方法の要件を満たしている。
【００７１】
＜比較例４＞
〔本発明の範囲外の薄帯鋼の製造試験〕
表３に示した化学成分組成の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線を素材として溝ロールにより高温度域における温間加工を施し、得られた鋼線（この鋼線は下記の通り、実施例２で得られた本発明鋼線と同じである）に対して、更に今度は平ロールにより冷間圧延を施して薄帯鋼の製造試験を行なった。製造条件の詳細は次の通りである。
素材は実施例２で使用した素材と同じであり、表３に示した化学成分組成のＪＩＳ　Ｇ４３０９　ＳＵＳ３０４－Ｗ２（軟質２号）（０．２％耐力は７４０ＭＰａで、引張強さは９４０ＭＰａ）で、線径６．０ｍｍのコイル状鋼線を４５０～５５０℃の温度範囲において、前記図２に示した３工程の合計６パスで溝ロールにより加工率（ＲＣ）が７４．２％の圧延を行ない、線径３．１ｍｍのコイル状鋼線とした。鋼線の０．２％耐力は１２８０ＭＰａ、引張強さは１３２０ＭＰａ、ビッカース硬さは３９１であった。
次に、この線径３．１ｍｍの鋼線を研削により線径を１．３ｍｍまで減径した後に、冷間で、平ロールにより加工率が６６．４％の１パス圧延を施して、板厚が０．４４ｍｍで幅３．０１ｍｍの板形状の薄帯鋼とした。
こうして得られた薄帯鋼は、磁石を近づけたところ、磁石につき、磁性を有していた。なお、途中での研削後の鋼線は、磁石を近づけてもつくことはなく、非磁性であった。
更に、室温における引張試験を行なった。但し、引張試験片の形状は、幅＝２．５ｍｍ、標点距離＝１７．５ｍｍである。その結果を、図９に併記した。その結果、０．２％耐力は１５００ＭＰａ、引張強さは１７０８ＭＰａ、ビッカース硬さは５１２と、高強度は得られていたが、磁性を有していたので、本発明の範囲外である。
表８に、強度特性及び磁性について、前記実施例４と前記比較例３との比較、及び実施例５と比較例４との比較をまとめた。
【００７２】
【表８】

	圧延温度	0.2%耐力	引張強さ(TS)	磁性	絞り(RA)
		(MPa)	(MPa)		(%)
実施例4	１５０℃	950	1050	無し	63
実施例5	１５０℃	1360	1540	無し	51
比較例3	室温(RT 23℃)	1210	1394	有り	55
比較例4	室温(RT 23℃)	1500	1708	有り	36

【００７３】
＜実施例６＞
〔本発明鋼線の製造試験〕
表１に示した化学成分組成の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線を素材として溝ロ

ールにより高温度域における温間加工を施し、得られた鋼線（この鋼線は下記の通り実施例１で得られた本発明鋼線と同じである）に対して更に、伸線機により低温度域における温間伸線加工を施すことにより、高強度非磁性オーステナイト系ステンレス細線の製造試験を行なった。製造条件の詳細は次の通りである。

素材は実施例１で使用した素材と同じものであり、表１に示した化学成分組成のＪＩＳＧ４３０９　ＳＵＳ３０４－Ｗ１（軟質１号）０．２％耐力は３００ＭＰａで、引張強さは６３０ＭＰａ、ＲＡ８３％で、線径６．０ｍｍのコイル状鋼線を４５０～５５０℃の温度範囲において、前記図２に示した３工程の合計６パスで溝ロールにより加工率が７４．２％の圧延を行ない、線径３．１ｍｍのコイル状鋼線とした。鋼線の０．２％耐力は９８０ＭＰａ、引張強さは１０１５ＭＰａ、ＲＡ７９％ビッカース硬さは３５１であった。

【００７４】

次に、この線径３．１ｍｍの鋼線を研削により線径を２．０ｍｍまで減径した後に、１７０℃に加熱し、伸線機ダイスにより加工率（通常は「減面率」と称される）が１８．０％の１パス伸線を施して、線径が１．８０ｍｍの細鋼線とした。なお、伸線中はダイスをヒーターで加熱して伸線加工温度を制御した。

こうして得られた細鋼線は、磁石を近づけてもつくことはなく、非磁性であった。なお、途中での研削後の鋼線も、磁石を近づけてもつくことはなく、非磁性であった。

また、室温における引張試験を行なった。その結果、０．２％耐力は１０００ＭＰａ、引張強さは１１３５ＭＰａ、ビッカース硬さは３５６という高強度が得られ、しかも絞りは７５％と高い値が得られた。結果を、図１０に示す。ＷＴが実施例６の応力－ひずみ曲線である。

【００７５】

以上より、実施例６で得られた本発明の非磁性ステンレス鋼線の製造試験は、本願の請求項１及び請求項５の要件を満たし、同時に請求項１１、及び請求項１２の高温度域における温間加工を行ない、更に低温度域における温間加工を行なう製造方法において低温度域での加工方法が伸線加工である場合の製造方法の要件を満たしている。

【００７６】

＜比較例５＞

比較例５の試験は上記実施例６の試験においては高温度域での温間溝ロール圧延の後、研削により２．０ｍｍまで減径し、これを低温度域での温間伸線加工を行なったが、この低温度域での温間伸線加工の代わりに、室温での冷間伸線加工を行なった点において、上記実施例５とは異なる試験である。

比較例５における冷間伸線加工の条件は、上記２．０ｍｍφのコイル状鋼線を、室温（１８℃）において、伸線機ダイスにより加工率が１８．０％の　１パス伸線を施して、線径が１．８０ｍｍの細鋼線とした。

【００７７】

上記冷間伸線により得られた鋼細線は、磁石を近づけたところ、磁石につき、磁性を有していた。また、室温における引張試験を行なった。その結果、０．２％耐力は１０５０ＭＰａ、引張強さは１２０５ＭＰａ、ビッカース硬さは３６０という高強度が得られ、絞りは７３％と高い値が得られた。しかしながら磁性を有していたので、これは本発明の範囲外である。結果を、図１０に併記した。ＲＴが比較例５の応力－ひずみ曲線である。

【００７８】

＜実施例７＞

〔本発明薄帯鋼の製造試験〕

表１に示したＳＵＳ３０４系の化学成分組成を有する非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線を素材として、高温度域において溝ロール圧延と平ロール圧延とにより薄帯鋼を製造する試験を行なった。製造条件は次の通りである。

【００７９】

素材は実施例１で使用した素材と同じＪＩＳ規格の線径６．０ｍｍのＳＵＳ３０４系非磁性鋼線であり、０．２％耐力は３００ＭＰａ、引張強さは６３０ＭＰａである。これを

４４０～５０５℃の温度において、孔型形状が順にオーバル、スクエア、オーバル、スクエア、オーバルの溝ロールによる多方向圧延により、Ｃ方向断面形状が、短辺２．４５ｍｍ、長辺４．８０ｍｍのオーバル形状とし（ここまでの加工率は６７．３％である）、次いで短辺２．４５ｍｍを平ロールの１パスで１．１ｍｍに圧延し（加工率は（２．４５－１．１）／２．４５＝５５％）、厚さ１．１ｍｍ×幅７．５ｍｍの薄帯鋼を調製した。

【００８０】

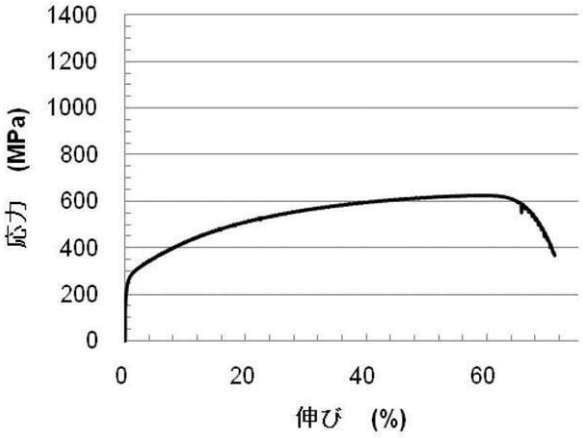
上記で得られたオーステナイトステンレス薄帯鋼の機械的性質は、０．２％耐力が９７０ＭＰａ、引張強さが１０５０ＭＰａであり、この薄帯鋼は磁石には付かず非磁性であった。以上より実施例７は、本願の請求項１及び請求項５の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス薄帯板の要件を満たしており、同時に請求項７及び請求項８の高温度域における温間加工の製造方法の要件を満たしている。

【産業上の利用可能性】

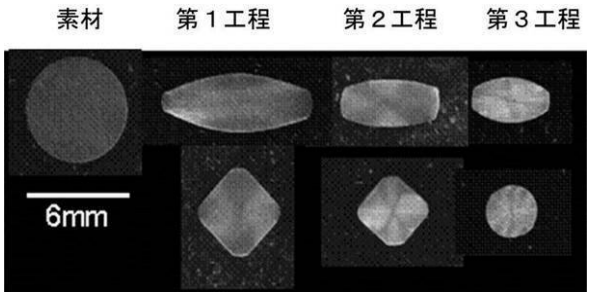
【００８１】

本願発明によれば、各種精密電子機器等に使用される非磁性のねじやボルト、又はねじ付き非磁性回転軸等を製造するのに、コスト的にも省工程的にも有利な鋼材として、高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線若しくは棒鋼又は薄帯鋼を提供することが可能となる。

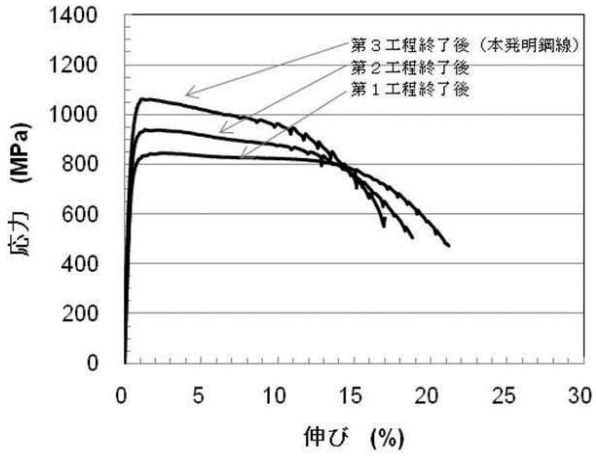
【図１】



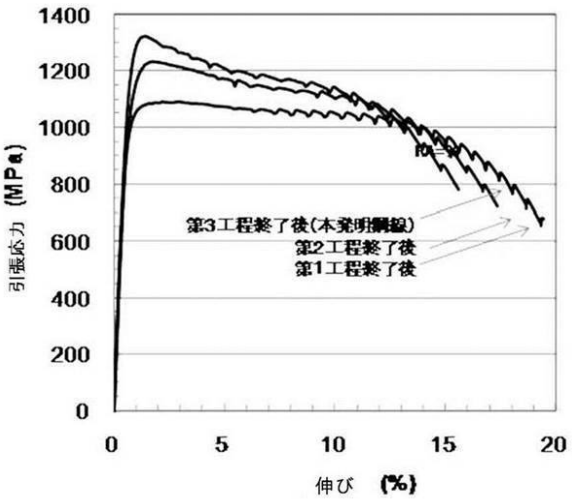
【図２】



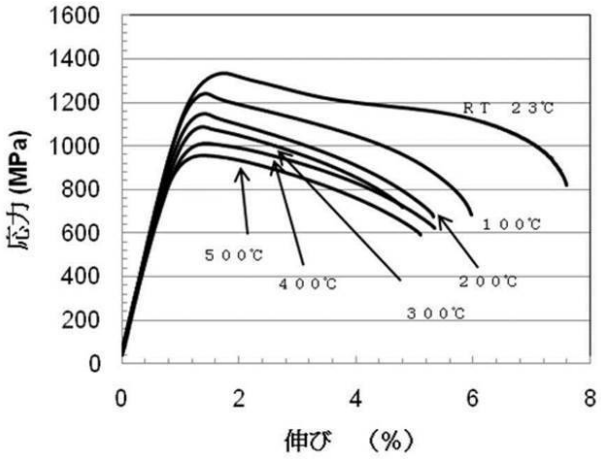
【図３】


第３工程終了後（本発明鋼線）
第２工程終了後
第１工程終了後
応力 (MPa)
伸び (%)

【図４】


第3工程終了後(本発明鋼線)
第2工程終了後
第1工程終了後
引張応力 (MPa)
伸び (%)

【図５】


RT 23℃
100℃
200℃
300℃
400℃
500℃
応力 (MPa)
伸び （%）

【図６】

（実施例３－２～実施例３－５、（参考例３－１）、比較例２）

１番上の曲線（ＲＴ）　：比較例２

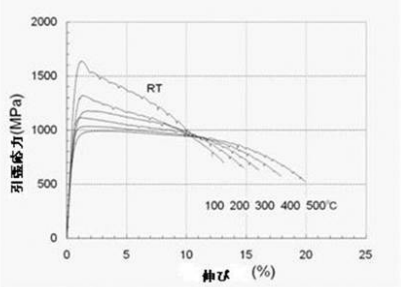
上から２番目の曲線（100℃）　：（参考例３－１）

上から３番目の曲線（200℃）　：（実施例３－２）

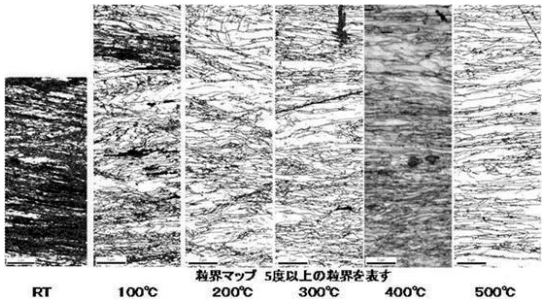
上から４番目の曲線（300℃）　：（実施例３－３）

上から５番目の曲線（400℃）　：（実施例３－４）

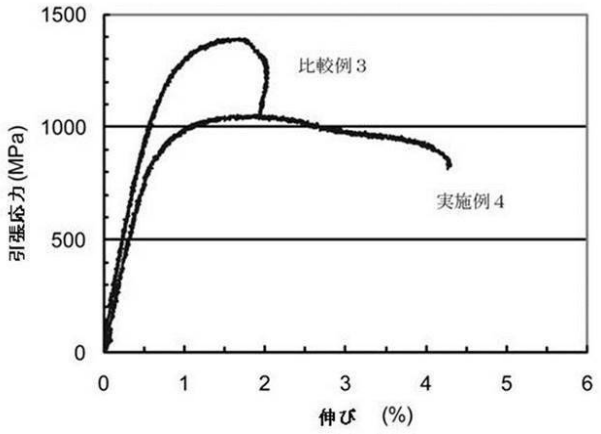
上から６番目の曲線（500℃）　：（実施例３－５）



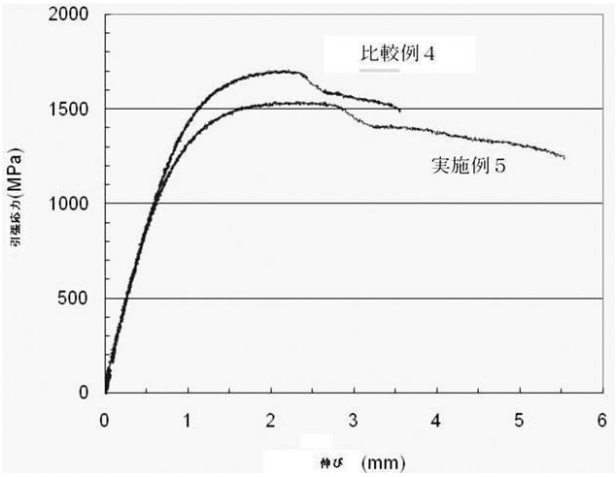
【図７】



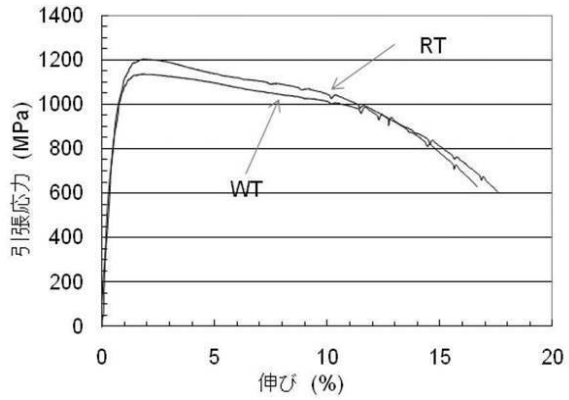
【図８】



【図９】



【図１０】



【手続補正書】
【提出日】平成27年5月18日(2015.5.18)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
化学成分組成が、
Ｃ　：０．００５～０．０８質量％
Ｓｉ：０．１５～１．００質量％
Ｍｎ：０．３０～２．００質量％
Ｐ　：０．０３５質量％以下
Ｓ　：０．０１５質量％以下
ｓｏｌＡｌ：０．００５～０．０４０質量％
Ｎｉ：１０．００～１４．００質量％
Ｃｒ：１６．００～２０．００質量％
Ｍｏ：０．１０～３．００質量％
を含有し、Ｃｕを含有せず、残部がＦｅ及び不可避不純物からなり、
室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上であって、透磁率が１．０２未満であることを特徴とする高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼。
【請求項２】
粒界密度において、５度以上の方位差角の粒界密度が、２μｍ／μｍ^{2}以上であることを

特徴とする請求項１に記載の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼。
【請求項３】
さらに、２００～５００℃における最大応力が、室温における０．２％耐力の９５％以下であることを特徴とする請求項１又は２に記載の高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼。

【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００８
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００８】
本発明が目的とする上記鋼線、棒鋼又は薄帯鋼として、下記を提供することを見出した。
第１発明は、化学成分組成が、
Ｃ　：０．００５～０．０８質量％
Ｓｉ：０．１５～１．００質量％
Ｍｎ：０．３０～２．００質量％
Ｐ　：０．０３５質量％以下
Ｓ　：０．０１５質量％以下
ｓｏｌＡｌ：０．００５～０．０４０質量％
Ｎｉ：１０．００～１４．００質量％
Ｃｒ：１６．００～２０．００質量％
Ｍｏ：０．１０～３．００質量％
を含有し、Ｃｕを含有せず、残部がＦｅ及び不可避不純物からなり、室温における耐力が高水準のもの、具体的には室温における０．２％耐力が０．８０ＧＰａ以上であって、透磁率が１．０２未満である高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼材（鋼材とは、本明細書では鋼線、棒鋼又は薄帯鋼を指す）を提供する。
第２発明は、上記第１発明の鋼材において、更に、５度以上の方位差角の粒界密度が、２μｍ／μｍ^{2}以上であることが付加された特性を有する高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線、棒鋼又は薄帯鋼を提供する。
第３発明は、上記第１又は第２の発明の鋼材において、更に、２００～４００℃における最大応力が、室温における０．２％耐力の９５％以下である高強度非磁性オーステナイト系ステンレス鋼材を提供する。

【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００９
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００９】
上記オーステナイト系ステンレス鋼の化学成分組成としては、ＪＩＳ　Ｇ　４３１５で規定するオーステナイト系ステンレス鋼の化学成分の内、Ｎｉは最大で１４．００質量％、Ｃｒは最大で２０．００質量％とする。また、Ｃ及びＭｎについてはオーステナイト生成元素であることを考慮し、Ｓｉについては溶製時の脱酸作用を考慮して下限値を規定し、Ａｌについては溶製時における脱酸に有効であった溶鋼中のＡｌ元素の形態として、ｓｏｌＡｌ（化学分析上の酸可溶Ａｌ）で組成範囲を規定することが望ましく、Ｐ及びＳは不純物として上限値を上記ＪＩＳによる規定値よりも低く規定することが望ましい。

このように規定した上で、耐食性及び一層の強度向上を考慮してＭｏの上限を３．００質量％まで許容し、下限を０．１０質量％とした場合を好ましい成分系の規定条件とした。

【手続補正４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１０
【補正方法】削除
【補正の内容】
【手続補正５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１１
【補正方法】削除
【補正の内容】
【手続補正６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１２
【補正方法】削除
【補正の内容】
【手続補正７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１３
【補正方法】削除
【補正の内容】
【手続補正８】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１４
【補正方法】削除
【補正の内容】
【手続補正９】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１５
【補正方法】削除
【補正の内容】
【手続補正１０】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１６
【補正方法】削除
【補正の内容】
【手続補正１１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１７
【補正方法】削除
【補正の内容】
【手続補正１２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１８
【補正方法】削除
【補正の内容】
【手続補正１３】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３３】
（２）本発明ステンレス鋼材の製造条件
本発明鋼材の製造条件について述べる。上述した化学成分組成を有するスタート材を準備する。スタート材が具備すべき必須条件は、化学成分組成が上記であること以外に、非磁性であること、及び機械的性質がＪＩＳ　Ｇ　４３０５（冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯）において固溶化熱処理状態での規定値である耐力が１７５ＭＰａ以上且つ引張強さが４８０ＭＰａ以上であることである。従って、スタート材は市販されている非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線又は非磁性オーステナイト系ステンレス鋼帯の中から選定することができる。スタート材の形状・寸法は所定の圧延加工温度及び加工率並びに圧延加工ないしは伸線加工を満たすことを条件として、所望する本発明鋼材の形状・寸法を考慮して決定すればよい。

【手続補正１４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３４
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３４】
上記スタート材に対して、１５０～６５０℃の温度範囲内での圧延加工（本明細書においては温間圧延と呼ぶ）を行なう。この温度範囲内での圧延加工であれば、工業生産の効率上有利な大きな加工率を希望する場合であっても、非磁性を確保できるからである。更に、上記温度範囲の内、３５０～６５０℃での圧延を高温度域での温間圧延と呼び、１５０～３５０℃未満での圧延を低温度域における温間圧延と呼ぶことにする。このように分ける理由は、圧延温度範囲を狭くすることにより工業生産ラインにおける温度管理をし易くするためと、一般に、既存の圧延設備においては固有の設備仕様を有するので、所要の材料加工率と圧延速度等を考慮し、適用し易い温度領域を選択することができることが望ましいからである。従って、設備の固有条件や工程管理条件等によっては、高温度域として例えば５５０～６００℃、低温度域として例えば１５０～２００℃の温間圧延を行なってもよい。
【手続補正１５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３５】
温間圧延における材料の加工率は、大きくするほど材料へ大きなひずみを導入することができ、結晶粒の微細化に有利であることにより、本発明鋼材を高強度化するために重要な要因である。しかし、過剰に大きくすると、加工誘起マルテンサイトの生成により非磁性を喪失するので、上限を適宜見極めて製造する必要がある。そこで、本発明においては、高温度域のみ又は低温度域のみで加工する場合には、スタート材に対する加工率を、７０％以上と規定し、一方、高温度域に次いで低温度域においても加工する場合には、相対的に大きなひずみが導入されること、また低温度域での加工はサイジングを目的とする場合が多いことをも考慮し、低温度域では加工率を１８％以上であればよいとした。
但し、加工率（％）の定義は、次の通りとした。
（１）断面形状を丸形状（直径Ｄ）から丸形状（直径ｄ）に圧延する時：｛（Ｄ２－ｄ２）／Ｄ２｝×１００　（％）

（２）断面形状を丸形状（直径Ｄ）から平形状（厚さｔ）に圧延する時：｛（Ｄ－ｔ）／Ｄ｝×１００　（％）
（３）断面形状を平形状（厚さＴ）から丸形状（直径ｄ）に圧延する時：｛（Ｔ－ｄ）／Ｔ｝×１００　（％）
（４）断面形状を平形状（厚さＴ）から平形状（厚さｔ）に圧延する時：｛（Ｔ－ｔ）／Ｔ｝×１００　（％）
　スタート材の寸法と仕上げ鋼材の寸法との関係により、加工率を大きくする必要がある場合には、スタート材を高温度域の温間圧延により加工し、次に低温度域の温間圧延により更に加工する製造方法により目的を達成することができる。
【手続補正１６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００４７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００４７】
上記試験結果に示すように、本発明鋼線は、０．２％耐力が９８０ＭＰａ、引張強さが１０６０ＭＰａ、ビッカース硬さ（ＨＶ）は３５１である。そして絞りは７９％と高い。
なお、素材から第１工程→第２工程→第３工程と圧延することによって、０．２％耐力は、３００（素材）→７６０→９００→９８０ＭＰａ、　引張強さは、６３０（素材）→８４０→９４０→１０６０ＭＰａ、　ビッカース硬さは、１３９（素材）→３１３→３１６→３５１、絞りは、８３（素材）→７８→７８→７９％と高延性が保持されつつ高強度化していることが分かる。また、いずれの工程終了後においても、引張試験前のサンプルは磁石につくことがなく、非磁性であった。
本３工程圧延材を、超伝導量子干渉計（ＳＱＵＩＤ）を用いて、Ｂ－Ｈカーブを測定し、透磁率を求めた。その結果、透磁率は１．０１０であった。なお、素材の透磁率は、１．００４であった。
以上の通り、実施例１においては、オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２％耐力が９８０ＭＰａであって、透磁率が１．０２未満である非磁性の線径が３．１ｍｍの鋼線が得られた。
　以上より、実施例１で得られた本発明の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線の製造試験は、高温度域における温間加工の製造方法の要件を満たしている。
＜比較例１＞比較のため、素材から３．０ｍｍまで冷間（２３℃）伸線を行った材料に対し、同様の測定を行ったところ、透磁率は、２．８３９であった。
【手続補正１７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５２】
上記試験結果に示すように、本発明鋼線は、０．２％耐力が１２８０ＭＰａ、引張強さが１３２０ＭＰａ、ビッカース硬さ（ＨＶ）は３９１である。そして、絞りは７２％であった。以上の通り、実施例２においては、オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２％耐力が１２８０ＭＰａであって、透磁率が１．０２未満とみなすことができる非磁性で線径が３．１ｍｍの鋼線が得られた。
　以上より、実施例２で得られた本発明の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線の製造試験は、高温度域における温間加工の製造方法の要件を満たしている。
【手続補正１８】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５７
【補正方法】変更

【補正の内容】
【００５７】
上記試験結果に示すように、本発明鋼線は、０．２％耐力が１２８０ＭＰａ、引張強さが１３２０ＭＰａ、ビッカース硬さ（ＨＶ）は３９１である。そして、絞りは７２％であった。
以上の通り、実施例２においては、オーステナイト系ステンレス鋼であって、室温における０．２％耐力が１２８０ＭＰａであって、透磁率が１．０２未満とみなすことができる非磁性で線径が３．１ｍｍの鋼線が得られた。
以上より、実施例２で得られた本発明の非磁性オーステナイト系ステンレス鋼線の製造試験は、高温度域における温間加工の製造方法の要件を満たしている。
【手続補正１９】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００６６
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００６６】
次に、この本発明薄帯鋼の室温における引張試験を行なった。実施例４の引張試験の結果を図８に示す。但し、引張試験片の形状は、幅＝２．５ｍｍ、標点距離＝１７．５ｍｍである。
上記試験結果に示すように、本発明薄帯鋼は、０．２％耐力が９５０ＭＰａ、引張強さが１０５０ＭＰａと上昇していた。
以上より、実施例４で得られた本発明の非磁性薄帯鋼の製造試験は、低温度域における温間加工の製造方法の要件をも満たしている。
【手続補正２０】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００７０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００７０】
こうして得られた薄帯鋼は、磁石を近づけてもつくことはなく、非磁性であった。なお、途中での研削後の鋼線も、磁石を近づけてもつくことはなく、非磁性であった。
次に、室温における引張試験を行なった。その結果を、図９に示す。但し、引張試験片の形状は、幅＝２．５ｍｍ、標点距離＝１７．５ｍｍである。その結果、０．２％耐力は１３００ＭＰａ、引張強さは１５４０ＭＰａ、ビッカース硬さは４９０という高強度が得られた。
以上より、実施例５で得られた本発明の非磁性薄帯鋼の製造試験は、高温度域における温間加工を行ない、更に低温度域における温間加工を行なう製造方法の要件を満たしている。
【手続補正２１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００７５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００７５】
以上より、実施例６で得られた本発明の非磁性ステンレス鋼線の製造試験は、高温度域における温間加工を行ない、更に低温度域における温間加工を行なう製造方法において低温度域での加工方法が伸線加工である場合の製造方法の要件を満たしている。
【手続補正２２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００８０

【補正方法】変更
【補正の内容】
【００８０】
上記で得られたオーステナイトステンレス薄帯鋼の機械的性質は、０．２％耐力が９７０ＭＰａ、引張強さが１０５０ＭＰａであり、この薄帯鋼は磁石には付かず非磁性であった。以上より実施例７は、高温度域における温間加工の製造方法の要件を満たしている。