

(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2017-140652

(P2017-140652A)

(43) 公開日 平成29年8月17日 (2017.8.17)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 1 B 19/06 (2006.01)	B 2 1 B 19/06	4 K 0 3 2
C 2 1 D 8/10 (2006.01)	C 2 1 D 8/10	D 4 K 0 4 2
C 2 1 D 9/08 (2006.01)	C 2 1 D 9/08	H

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2017-13827 (P2017-13827)	(71) 出願人	000001258
(22) 出願日	平成29年1月30日 (2017.1.30)		J F E スチール株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2016-21413 (P2016-21413)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(32) 優先日	平成28年2月8日 (2016.2.8)	(74) 代理人	100105968
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 落合 憲一郎
		(72) 発明者	佐々木 俊輔
			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	勝村 龍郎
			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	太田 裕樹
			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

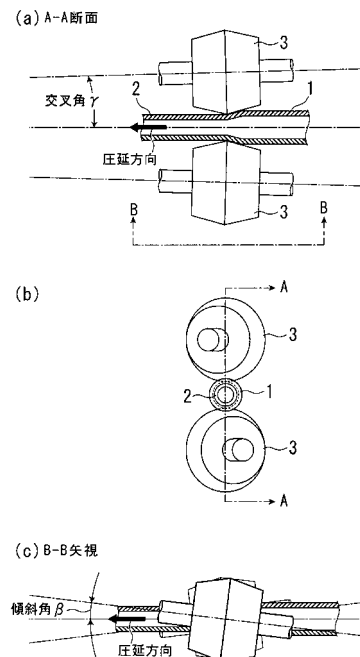
(54) 【発明の名称】 金属管の冷間圧延方法および製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 冷間加工前の金属管に予備処理を施す必要がなく、冷間加工による加工硬化によって前記金属管の降伏強度を向上し、高降伏強度を有する金属管とする、生産性の高い冷間加工技術および金属管の製造方法を提供する。

【解決手段】 回転軸が金属管1の圧延パス方向センターラインに対して傾斜して配置した2個以上の圧延ロール3を有する傾斜圧延機のロールギャップに金属管1を通過させて縮径圧延する。さらに、縮径圧延後の金属管1を700℃以下の温度で熱処理する金属管1の製造方法。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属管を冷間圧延する方法であって、回転軸が金属管の圧延パス方向センターラインに対して傾斜して配置した 2 個以上の圧延ロールを有する傾斜圧延機のロールギャップに前記金属管を通過させて縮径圧延することを特徴とする金属管の冷間圧延方法。

【請求項 2】

前記金属管が前記ロールギャップを通過する際に、前記金属管の内面を自由表面として縮径圧延することを特徴とする請求項 1 に記載の金属管の冷間圧延方法。

【請求項 3】

前記金属管の肉厚を減少させないように縮径圧延することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の金属管の冷間圧延方法。

【請求項 4】

前記圧延ロールの回転軸が圧延出側で 45° 以下の交叉角をなして交叉するように配置することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の金属管の冷間圧延方法。

【請求項 5】

前記縮径圧延を複数パスで行うことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の金属管の冷間圧延方法。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の冷間圧延方法によって縮径圧延を施した後、 700°C 以下の温度 T_1 で熱処理することを特徴とする金属管の製造方法。

【請求項 7】

前記金属管が鋼管であり、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の冷間圧延方法によって縮径圧延を施した後、 700°C 以下の温度 T_1 で熱処理することを特徴とする鋼管の製造方法。

【請求項 8】

前記熱処理に加えて、さらに 700°C 以下の温度であって、かつ $(T_1 + 150^{\circ}\text{C})$ 以上あるいは $(T_1 - 150^{\circ}\text{C})$ 以下の温度 T_2 で熱処理することを特徴とする請求項 7 に記載の鋼管の製造方法。

【請求項 9】

請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の冷間圧延方法によって縮径圧延を施した鋼管を再結晶温度域に加熱し、冷却後、再度、前記冷間圧延方法による縮径圧延を 1 回以上施すことを特徴とする鋼管の製造方法。

【請求項 10】

前記製造方法の出発素材である素管がフェライト相分率：50%以上の組織を有する鋼管であることを特徴とする請求項 9 に記載の鋼管の製造方法。

【請求項 11】

前記加熱、冷却後、再度前記縮径圧延を施した鋼管を、 700°C 以下の温度 T_1 で熱処理することを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の鋼管の製造方法。

【請求項 12】

前記熱処理に加えて、さらに 700°C 以下の温度であって、かつ $(T_1 + 150^{\circ}\text{C})$ 以上あるいは $(T_1 - 150^{\circ}\text{C})$ 以下の温度 T_2 で熱処理することを特徴とする請求項 11 に記載の鋼管の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷間加工による加工硬化によって金属管の降伏強度を向上し、高降伏強度を有する金属管とする金属管の冷間圧延方法および製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

シームレス金属管製品を使用する分野で、特に優れた耐食性と高強度が求められる分野

10

20

30

40

50

では、耐食性能を向上させるため Cr や Mo、Ni 等の耐食性向上元素を多く添加した 2 相ステンレス鋼 (JIS G3459 SUS 329J1、329J3L、329J4L 相当) やオーステナイト系ステンレス鋼 (JIS G3459 SUS 301、302、304、305、309、310、312、315、316、317、836、890、321、347 相当) のシームレス鋼管ならびに Ni 基合金 (JIS H4552 NW4400、NW6007、NW0276、NW6022、NW6002 相当) のシームレス管が使用されている。これらの鋼種及び合金は優れた耐食性能を発揮させるために添加される合金元素を多量に含有するためオーステナイト相単相、またはオーステナイト相を含む多相組織となる。結晶構造が面心立方格子 (fcc) 構造であるオーステナイト相は、低温～常温程度の使用環境では結晶構造が体心立方格子 (bcc) 構造であるフェライト相やマルテンサイト相に比べ降伏強度が低い場合が多い。そのため、オーステナイト相が含まれる材料で、更に高い降伏強度が求められる場合は、冷間で加工を付加し、加工による転位強化を利用して高降伏強度化を図っている。

【0003】

例えば、油井管などに使われる外径 3-1/2inch 以上の高強度高耐食性鋼管では、冷間引抜加工や冷間ピルガー加工という冷間加工が多用されており、降伏強さが 125ksi 以上の高強度鋼管が実用化されている (非特許文献 1 参照)。また、鋼管の冷間圧延については、鋼管パスラインに対し、垂直面内で 120° 間隔で配置された 3 個の孔型ロールを有する 3 ロールレデュースを 1 台～複数台直列に配列し、ロール間の孔型に鋼管を通過させ、冷間絞り圧延して高精度の外径寸法を有する鋼管を製造する方法において、各ロールのフランジコーナ部をロール 1 個のカリバー周長に対するロールの描く円弧からの接線逃がし長さを 5～20% としたロール孔型で絞り圧延することによって、高外径縮小率での絞り圧延を損なうことなく、ロール組込み精度や機械的精度による誤差に起因する表面疵の発生を防止できる鋼管の冷間圧延方法が提案されている (特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 7-51707 号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】日本鉄鋼協会、「鋼管の製造技術の現状と将来」、社団法人 日本鉄鋼協会出版、昭和 61 年 5 月 6 日、p. 115-145

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、非特許文献 1 に記載の冷間引抜加工法は、鋼管長手方向の強度向上に加え、鋼管の長手方向における肉厚分布の均一化にも有効な手法であるが、引抜加工前に鋼管の軟化熱処理、酸洗、潤滑被膜付与のための化成処理、引抜時のつかみ部を作るための管端加工などの多くのプロセスが必要であり、また、引抜加工に必要な圧力の制限や工具への焼付き防止の観点から減肉率が 20% 程度しか得られない。さらに、1 回の引抜加工で減肉量が足りない場合は、再度前述の軟化熱処理からの一連のプロセスを繰り返す必要がある。また、引抜加工後の鋼管の形状は引抜に使用される工具寸法により一義的に決定されるため、サイズ変更の際は工具の交換が必要となり、少量多品種の製造には不向きである。さらに当然ながら、引抜加工を実施する際に必要なプロセスが多いため設備投資やエネルギー消費量も多大になるという問題がある。一方の冷間ピルガー加工は、鋼管の予備処理が不要で、かつ高い減肉率が得られるが、1 パスでの送り量が数十ミリと小さく、生産能率が悪い。また、圧延ロールの形状が複雑であり、工具製造負荷 (圧延ロールを製造するための作業負荷や経済的負荷) が大きい。

【0007】

また、特許文献 1 に記載の冷間絞り圧延では、生産性を確保できる一方、サイズ変え毎にロールの組み換えが必要であることに加え、鋼管周方向で接触する圧延ロール径が異な

るため鋼管周方向で加工ひずみが不均一となり、鋼管周方向において特性のばらつきと偏肉が生じるという問題点があった。

【0008】

本発明は、前記課題を解決し、冷間加工前の金属管に予備処理を施す必要がなく、冷間加工による加工硬化によって前記金属管の降伏強度を向上させ、高降伏強度を有する金属管とする、生産性の高い冷間加工技術および金属管の製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

なお、本発明において、高降伏強度とは室温における降伏強さが630MPa以上の場合をいう。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者らは、上述の課題を解決するため、金属管の冷間加工技術および降伏強度を向上させる製造方法について鋭意検討を行った結果、以下の要旨からなる発明を完成した。

(1) 金属管を冷間圧延する方法であって、回転軸が金属管の圧延パス方向センターラインに対して傾斜して配置した2個以上の圧延ロールを有する傾斜圧延機のロールギャップに前記金属管を通過させて縮径圧延することを特徴とする金属管の冷間圧延方法。

(2) 前記金属管が前記ロールギャップを通過する際に、前記金属管の内面を自由表面として縮径圧延することを特徴とする(1)に記載の金属管の冷間圧延方法。

(3) 前記金属管の肉厚を減少させないように縮径圧延することを特徴とする(1)または(2)に記載の金属管の冷間圧延方法。

(4) 前記圧延ロールの回転軸が圧延出側で45°以下の交叉角をなして交叉するように配置することを特徴とする(1)～(3)のいずれかに記載の金属管の冷間圧延方法。

(5) 前記縮径圧延を複数パスで行うことを特徴とする(1)～(4)のいずれかに記載の金属管の冷間圧延方法。

(6) (1)～(5)のいずれかに記載の冷間圧延方法によって縮径圧延を施した後、700℃以下の温度T1で熱処理することを特徴とする金属管の製造方法。

(7) 前記金属管が鋼管であり、(1)～(5)のいずれかに記載の冷間圧延方法によって縮径圧延を施した後、700℃以下の温度T1で熱処理することを特徴とする鋼管の製造方法。

(8) 前記熱処理に加えて、さらに700℃以下の温度であって、かつ(T1+150℃)以上あるいは(T1-150℃)以下の温度T2で熱処理することを特徴とする(7)に記載の鋼管の製造方法。

(9) (1)～(5)のいずれかに記載の冷間圧延方法によって縮径圧延を施した鋼管を再結晶温度域に加熱し、冷却後、再度、前記冷間圧延方法による縮径圧延を1回以上施すことを特徴とする鋼管の製造方法。

(10) 前記製造方法の出発素材である素管がフェライト相分率：50%以上の組織を有する鋼管であることを特徴とする(9)に記載の鋼管の製造方法。

(11) 前記加熱、冷却後、再度、前記縮径圧延を施した鋼管を、700℃以下の温度T1で熱処理することを特徴とする(9)または(10)に記載の鋼管の製造方法。

(12) 前記熱処理に加えて、さらに700℃以下の温度であって、かつ(T1+150℃)以上あるいは(T1-150℃)以下の温度T2で熱処理することを特徴とする(11)に記載の鋼管の製造方法。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、加工前の金属管に対し表面被膜付与や、管端の加工などの予備処理を必要とせず、かつ高い加工能率で金属管の冷間加工が可能になり、環境保護、産業上において良好な効果を得られる。また、本発明では、傾斜圧延機のロールギャップを変更するだけで外径を縮径して製品サイズを作り分けることができるとともに、内面を自由変形とすることで工具に生ずる面圧が過大になることを防ぎ、冷間引拔で発生する焼き付きのよ

10

20

30

40

50

うな表面疵の発生もなく所望の加工歪みを付加できるため、多品種少量生産にも好適である。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明に係る冷間圧延方法を説明する模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の実施形態を図面に基づいて以下に説明する。

【0014】

図1は、本発明に関する冷間圧延方法を2ロール型の場合で説明する模式図であり、同図(b)は圧延方向から見た正面図、同図(a)は同図(b)における被圧延管のA-A断面と圧延ロールを側面から見た図、同図(c)は被圧延管の断面と圧延ロールの同図(a)におけるB-B矢視図である。図1に示すように、本発明では、圧延ロール3の回転軸が圧延パス方向センターラインに対して傾斜角 β あるいはさらに圧延出側で交差角 γ をなして配置された傾斜圧延機のロールギャップに、該傾斜圧延機の入側(同図(a)における右側)から素管1を供給し、素管1を図に示す圧延方向に通過させて縮径圧延することで冷間圧延管2を製造する。

【0015】

本発明における冷間圧延とは、圧延によって付加した加工歪で金属管の降伏強度を向上させること、すなわち、圧延により導入された転位が消滅することなく転位強化によって圧延後の金属管の降伏強度に寄与することを目的とするため、圧延により形成された転位強化組織が回復または再結晶によって減少または消滅しない室温～500℃以下の温度における圧延であることが好ましい。圧延中の金属管の温度が500℃を超えになると転位の移動が容易になり、圧延によって付加した加工歪によって金属管の降伏強度を向上する転位強化作用が低下する。また、圧延中の金属管の温度が室温未満になると、強度の高い金属管を圧延する際に圧延荷重が過大となるため、圧延温度の下限値を室温とすることが好ましい。

【0016】

本発明では、2個以上の圧延ロール3を回転軸が圧延パス方向センターラインに対して傾斜角 β をなすように傾斜して配置する。圧延ロール3が回転軸を圧延パス方向センターラインに対して傾斜して配置されることで、前記回転軸を中心に回転する圧延ロール3が圧延ロール3と素管1との接触により生じる摩擦力でロールギャップに供給された素管1を圧延方向に引き込むため、素管1は圧延ロール3によって回転を受けながらせん状に圧延される。このような圧延形態は、少なくとも2個の圧延ロール3を素管1の外径より小さいロールギャップとして傾斜配置すれば実現可能であり、図1では2ロール型の傾斜圧延機を示したが、2個以上の圧延ロールを有する傾斜圧延機であれば同様にして素管1を縮径圧延することができる。なお、圧延ロール3の形状については特に制限はなく、図1に示した樽型ロール以外に、素管1との接触位置を制御するために直径をロール長手方向に直線的または連続的に変化させた形状の圧延ロールでも適用できる。また、傾斜角 β についても特に制限はないが、傾斜角 β が小さすぎると圧延ロール3の1回転あたりの素管1の引き込み量が小さくなって処理能率が著しく低下し、傾斜角 β が大きすぎると前記引き込み量が過大となって冷間圧延管2の表面にらせん状の凹凸が生じるため、傾斜角 β は1.5～25°の範囲であることが好ましい。

【0017】

また、本発明では、素管1が傾斜圧延機のロールギャップを通過する際、該素管1の内面を自由表面として縮径圧延することが好ましい。より好ましくは、素管1の肉厚を減少させないように縮径圧延を行う。これは曲げによる周方向への引張および圧縮によるひずみに加え、縮径圧延によるひずみを肉厚方向へも与えることにより転位を複雑に導入することで、より高強度な金属管が得られるという材料的な観点と、素管1を縮径圧延する際にプラグなどの工具を管内面に配置して縮径とともに素管1の肉厚を減じる圧延を行うと

、圧延荷重が急激に増大し、圧延ロール3および前記工具と接触する素管1の接触面の面圧が高くなり、冷間圧延管2の外表面および内面に焼き付きによる傷が発生する場合があるためである。また、大きな圧延荷重能力を有する圧延機とするために多大な設備投資が必要となる。そのため、素管1の内面を拘束し縮径と同時に肉厚を減じる圧延とする工具などは配置しないことが好ましい。但し、鋼管のパスラインを保つために金属管の内面全周が接触しないように保持された治具を配置する場合はある。

【0018】

さらに、本発明では、2個以上の圧延ロール3を回転軸が圧延機出側で $0 \sim 45^\circ$ の交叉角 γ をなして交叉するように配置することが好ましい。圧延ロール3の回転軸を圧延機出側で交叉させるように配置することで圧延入側のロール角部に素管1の端部が衝突することを防止するとともに、圧延出側に向けて徐々に縮径する変形を加えることができ、冷間圧延管2の周方向、長手方向の加工歪を均一化する効果が得られる。また、圧延ロール径を出側に向けて小さくし、かつ交叉角を利用することで縮径を行いながら、縮径により周長が減少した金属管の外周速度（縮径により低下する被圧延管の外表面の回転周速）とロール表面の回転周速との相対速度差を小さくすることが可能になり、外面疵の発生を抑制するためにも有効である。さらに、圧延出側にかけて圧延方向に圧触力が働き、管端の割れ防止や、周断面における偏肉の矯正にも有効である。

【0019】

また、本発明では、縮径圧延を複数パスで行うことができる。金属管を縮径圧延した場合、ロールと接触していない金属管の部分にも圧縮力が生じるため、金属管の周方向で肉厚の薄い部分が優先的に変形し、結果的に金属管の周方向の肉厚が均一に近づくようになる。そのため、上記のように圧延条件を調整して、縮径率や管周方向、圧延方向の圧縮力を制御することで金属管周方向の肉厚をより一層均一化することができる。なお、より好ましくは、全体の縮径率（外径変化量／初期外径 $\times 100\%$ ）を1%以上（例：初期外径58mm→圧延後外径57.42mm以下）とする。

【0020】

さらに、上記した本発明の冷間圧延方法で縮径圧延を施された金属管を 700°C 以下の温度 $T1$ で熱処理（以下、硬化熱処理1ともいう）することが好ましい。冷間での縮径圧延により金属管壁の内部に大量の転位が導入されるが、冷間加工により付加されるひずみの方向やひずみ量によっては金属管長手方向の降伏強度向上に有効な転位とならず、可動転位などが増えた場合には逆に金属管長手方向の降伏強度を低下させてしまう。可動転位の増加による金属管長手方向の降伏強度の低下を抑制するには可動転位を固着するための 700°C 以下の温度 $T1$ での熱処理を施すことが有効である。熱処理温度が高くなりすぎると冷間加工で付加した加工歪が無効になり所望の降伏強度が得られない。そのため、縮径圧延後の熱処理の最高温度を 700°C とした。なお縮径圧延後の降伏強度向上、降伏強度調整を目的に熱処理を行う場合は、熱処理温度 $T1$ を $150^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ 程度とすることがより好ましい。

【0021】

また、金属材料に施す 700°C 以下の温度での熱処理には時効硬化による降伏強度向上効果がある。すなわち、時効硬化は、固溶状態の元素を金属間化合物や炭化物、窒化物として微細析出させる時効熱処理や、冷間加工により転位を導入した後にCやNを転位に固着させるひずみ時効熱処理によりもたらされ、当該金属材料の降伏強度を向上する。したがって、上記した本発明の金属管の冷間圧延方法および製造方法をより効果的にするには、転位に固着する元素であるNや、微細な析出物を形成するCr、Ni、Cu（Al、N、Cとの析出物を形成する主要元素）を含有する金属管であることが好ましい。特に、前記金属管が鋼管である場合に産業上の利用範囲も大きく、前記金属管が鋼管であることが好ましい。

【0022】

また、前記金属管が鋼管である場合、縮径圧延後に施す 700°C 以下の温度 $T1$ での熱処理（硬化熱処理1）に加えて、さらに、 700°C 以下の温度であって、かつ（ $T1 + 1$

10

20

30

40

50

50℃)以上あるいは(T1-150℃)以下の温度T2で熱処理(以下、硬化熱処理2ともいう)を施すことが好ましい。この硬化熱処理2を行うことにより鋼管の更なる高強度化が可能になる。すなわち、時効熱処理とひずみ時効熱処理は鋼の強化に必要な保持温度域が異なる。また、時効熱処理単一の強化機構を利用する場合でも、高温熱処理による核生成促進後、低温で保持して金属間化合物や炭化物、窒化物を微細に析出させる等、温度域を適宜変更するとその効果をより高められる。これらの強化機構のいずれかを利用する場合や、有効な温度域の選択、組み合わせにより所望の強度を得る場合には、縮径圧延後に施す700℃以下の温度T1での熱処理(硬化熱処理1)に続き、2回目の700℃以下の温度T2での熱処理(硬化熱処理2)を実施することが望ましい。温度T1と温度T2の温度差は、150℃以上であることが好ましく、上記2回の熱処理を施すことにより異なる強化機構を有効に利用した強度調整が可能となる。前記硬化熱処理1および前記硬化熱処理2の保持時間については特に指定はないが、所望の強化機構が失われない範囲、つまり、析出物の過度な粗大化や、ひずみ時効時の固着した元素の消失、転位の回復が起こらない様に調整すればよい。

10

【0023】

さらに、前記冷間圧延方法によって縮径圧延を施した鋼管を再結晶温度域に加熱し、冷却後、再度、前記冷間圧延方法による縮径圧延を1回以上施すことが好ましい。冷間加工により転位の蓄積を受けた鋼管の結晶粒は再結晶温度域に加熱することで転位のエネルギーを駆動力として容易に再結晶を起こし、再結晶によって鋼管の組織が微細化する。微細化した組織を有する鋼管はHall-Petch則に従い降伏強度が上昇する。また、組織の微細化により増加した大傾角粒界はき裂の進展を抑制し、鋼管の靱性を向上させる。再結晶による組織の微細化は鋼管に冷間で大きな加工ひずみを与えた後に該鋼管を再結晶温度に昇温することで得られ、該再結晶温度はおおよそ700~900℃の範囲である。再結晶後の微細な組織を有する鋼管は組織の微細化による強化がなされるが、冷間加工による転位強化の効果は再結晶によって消失しているため、両方の強化機構による強度向上効果を得るには、再結晶温度域に加熱する熱処理(以下、再結晶熱処理ともいう)後に再度冷間加工による転位の導入を行う必要がある。そのため、前記冷間圧延方法によって縮径圧延を施した鋼管に前記再結晶熱処理を施した後、再度、前記冷間圧延方法による縮径圧延を1回以上施すことが好ましい。

20

【0024】

また、本発明の冷間圧延方法による縮径圧延を施した鋼管に再結晶熱処理を施した後、再度、前記冷間圧延方法による縮径圧延を1回以上施す鋼管の製造方法を適用する場合、材料、組織に制限はないが、出発素材である素管がフェライト相分率:50%以上の組織を有する鋼管であることが好ましい。例えばSUS429J4Lのように高温でフェライト相とオーステナイト相の2相になる2相鋼は、冷間加工時のフェライト相分率が50%以上であると冷間加工後に再結晶温度域に加熱した際の再結晶による組織の微細化が顕著になる。すなわち、SUS429J4Lに代表される2相鋼はフェライト相とオーステナイト相の相分率が温度により変化し、高温でフェライト相分率が高く温度低下と共にオーステナイト相分率が増大する。このような2相鋼を高温で保持してフェライト相分率が50%以上と高くなった状態で常温まで急冷すると、高温時に構成されるフェライト相分率を有する組織を常温で保持することができ、その状態で当該2相鋼に冷間加工によるひずみを付加すると、フェライト中に転位が導入され、その後の加熱でオーステナイト相が増加する温度域に加熱すると、フェライト相に導入された転位を核とした再結晶、相変態により微細なオーステナイト粒が得られる。オーステナイト相が増加する温度は約700~1150℃の範囲であるため、冷間加工後にこの温度域に加熱すると上記の効果が得られる。上記再結晶熱処理後は組織微細化による強度向上は望めるが、転位強化による効果は再結晶によって消失しているため、両方の強化機構による効果を得るには、再結晶熱処理後に再度冷間加工による転位の導入を行う必要がある。そのため、本発明の冷間圧延方法によって縮径圧延を施した鋼管に前記再結晶熱処理を施した後、再度、前記冷間圧延方法による縮径圧延を1回以上施すことが好ましい。

30

40

50

【0025】

また、前述した可動転位の固着や時効硬化による降伏強度の向上効果を得るため、上記の再結晶温度域に加熱、冷却後、再度、前記冷間圧延方法による縮径圧延を1回以上施された鋼管を700℃以下の温度T1で熱処理することが好ましく、加えてさらに、700℃以下の温度であって、かつ(T1+150℃)以上あるいは(T1-150℃)以下の温度T2で熱処理をすることがより好ましい。

【実施例】

【0026】

表1に示すJIS H 4553:1999規格のニッケル合金棒(素材A: NW6985)、およびJIS G 4303:2012規格のステンレス鋼棒(素材B: SUS329J3L、および素材C: SUS329J4L)から機械加工により外径58mm、肉厚5mm、長さ250mmの素管を採取し、表2に示す条件で縮径圧延を施した。縮径圧延に用いた傾斜圧延機は、傾斜角および交叉角共に0°の場合に入側面角が2.5°、出側面角が3.0°である樽型ロールを有する2ロール型傾斜圧延機または3ロール型傾斜圧延機であり、圧延に際して傾斜角 β および交叉角 γ をそれぞれ表2に示す角度に調整し、ロールギャップを52mmに設定して表2に示す温度、圧延パス数で縮径圧延を行った。なお、比較例(管No. 20)として、内面工具を用いて素材Cを拡張しながら肉厚を減じる圧延も行った。

【0027】

圧延後の金属管(冷間圧延管)について、平均外径と管周方向の肉厚分布および管外面の凹凸量を測定し、縮径率(外径変化量/素管の外径×100%)および外面凹凸率(外面凹凸の高低差/平均外径×100%)を求めるとともに、管外表面における焼き付きおよび疵の有無を調べた。さらに、各冷間圧延管から管長手方向の全厚引張試験片を採取し、室温で引張試験を行い、降伏強さYS(0.2%耐力)を求め、素管の降伏強さYS_iとの比(YS/YS_i×100%)によって冷間圧延による降伏強度の向上率を評価した。なお、一部の金属管については、引張試験前に500℃の熱処理を施した。各調査結果を表2に併せて示す。

【0028】

表2に示す結果から、本発明の冷間圧延方法で冷間圧延された冷間圧延管は、管周方向の偏肉や外面の凹凸が小さく、かつ、焼き付き、外面疵などの発生が無く、素管の降伏強度に比べ高い降伏強度を有することが確認できた。

【0029】

さらに、素材Cについて、本発明の製造方法である縮径圧延後に硬化熱処理1、または硬化熱処理1および硬化熱処理2を実施し、上記と同様に各特性を調査した。この際の縮径圧延および硬化熱処理の条件と各調査結果を表3に示す。表3に示すように、本発明例である管No. 22~31はいずれも管周方向の偏肉や外面の凹凸が小さく、かつ、焼き付き、外面疵などの発生が無く、素管の降伏強度に比べ高い降伏強度を有することが確認できた。

【0030】

さらに、素材Cについて、冷間加工後のひずみにより再結晶させ、組織を微細化させるために縮径圧延後、再結晶熱処理を施し、再度縮径圧延を施す、あるいはさらに該縮径圧延後に硬化熱処理を施す本発明の製造方法を実施し、上記と同様に各特性を調査した。この際の縮径圧延、再結晶熱処理、および硬化熱処理の条件と各調査結果を表4に示す。なお、一部の鋼管(管No. 36~38)については、縮径圧延前にフェライト相分率を増加させるために1000~1200℃に加熱後急冷する熱処理を行い、フェライト相分率を50%以上にした。表4に示すように、本発明例である管No. 32~42はいずれも管周方向の偏肉や外面の凹凸が小さく、かつ、焼き付き、外面疵などの発生が無く、素管の降伏強度に比べ高い降伏強度を有することが確認できた。

【0031】

【表 1】

素材	JIS 規格	化学成分(質量%)								
		C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	N	Cu	Fe
A	NW6985	0.015	－	－	Bal.	22.3	5.7	－	2.1	16
B	SUS329J3L	0.025	0.65	0.7	4.7	22.5	2.8	0.16	－	Bal.
C	SUS329J4L	0.023	0.67	0.7	6.2	25.5	3.1	0.18	－	Bal.

【 0 0 3 2 】

【表 2】

管No.	素材	縮径圧延				縮径圧延後の 平均外径[mm]	縮径率 [%]	肉厚圧下率 [%]	管周方向の肉厚分布		凹凸差 [mm]	外面凹凸 [%]	外面差、焼付 [有/無]	酸化熱処理 [有/無]	冷間圧延管 の降伏強度 YS [MPa]	降伏強度比 (YS/YS0) [%]	備考
		ロール数 [個]	傾斜角 [°]	交叉角 [°]	圧延温度 [°C]	パス数 [回]			(最大肉厚-最小肉厚) [mm]	肉厚率 [%]							
1	A	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.0	0.0	0	0.000	無	無	289.0	100.0	比較例
2		6	6	0	80	1	56.9	1.90	0.2	3.7	0.12	0.105	無	無	758.0	262.3	発明例
3		3	0	0	95	1	56.3	2.93	0.1	2.5	0.08	0.071	無	無	725.0	250.9	発明例
4		12	0	0	75	1	57.2	1.38	0.2	3.9	0.52	0.455	無	無	710.0	245.7	発明例
5		25	0	0	60	1	57.4	1.03	0.3	4.4	1.35	1.176	無	無	692.0	239.4	発明例
6		30	0	0	55	1	57.7	0.52	0.4	4.5	1.55	1.343	無	無	665.0	230.1	発明例
7		6	20	20	80	1	56.3	2.93	0.2	3.2	0.06	0.053	無	無	782.0	270.6	発明例
8		6	20	20	85	2	54.5	2.34	0.1	3.1	0.04	0.037	無	無	853.0	295.2	発明例
9		6	42	42	90	1	55.2	2.07	0.1	2.6	0.03	0.027	有・小	無	805.0	278.5	発明例
10		6	0	0	110	1	54.3	6.38	0.1	2.4	0.06	0.055	無	無	766.0	265.1	発明例
11		6	20	20	115	1	53.3	8.10	0.1	1.5	0.02	0.019	無	無	785.0	271.6	発明例
12		6	0	0	110	1	54.3	6.38	0.2	3.2	0.06	0.055	無	有	770.0	266.4	発明例
13	B	-	-	-	-	-	58.0	0.00	0.0	0.0	0	0.000	無	無	565.0	100.0	比較例
14		6	0	0	85	1	56.5	2.59	0.2	3.8	0.11	0.097	無	無	765.0	135.4	発明例
15		3	0	0	95	1	56.1	3.28	0.1	2.6	0.07	0.062	無	無	785.0	138.9	発明例
16		6	0	0	335	1	53.5	7.76	0.1	1.7	0.05	0.047	無	無	660.0	116.8	発明例
17	C	3	6	0	550	1	53.1	8.45	0.2	3.9	0.07	0.066	無	無	550.0	97.3	比較例
18		-	-	-	-	-	58.0	0.00	0.0	0.0	0	0.000	無	無	555.0	100.0	比較例
19		2	6	0	95	1	56.6	2.41	0.2	3.8	0.11	0.097	無	無	770.0	138.7	発明例
20		6	0	0	95	1	59.5	-2.59	0.1	4.2	0.35	0.294	有	無	890.0	180.4	比較例
21		3	6	20	110	1	53.1	8.45	0.1	1.1	0.03	0.028	無	無	810.0	145.9	発明例

降伏強度比: 加工後のYS(0.2%)/加工無時のYS(0.2%)×100

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

【表 3】

管No.	素材	縦径圧延					縦径圧延後の 平均外径[mm]	縮径率 [%]	肉厚圧下率 [%]	管周方向の肉厚分布		凹凸差 [mm]	外面凹凸 [%]	外面疵、焼付 [有/無]	硬化熱処理温度[℃]		冷間圧延管 の降伏強さ YS [MPa]	降伏強度比 (YS/YS0) [%]	備考
		ロール数[個]	傾斜角[°]	交叉角[°]	圧延温度[℃]	パス数[回]				(最大肉厚—最少肉厚) [mm]	偏肉率[%]				硬化熱処理1	硬化熱処理2			
22	C	2	6	0	92	1	56.5	2.59	0.00	0.2	3.6	0.13	0.102	無	600	—	795.0	143.2	参照例
23			6	0	94	1	56.5	2.59	0.00	0.2	3.4	0.13	0.104	無	300	—	845.0	152.3	参照例
24			6	0	92	1	56.5	2.59	0.00	0.2	3.5	0.12	0.104	無	150	300	855.0	154.1	参照例
25			6	0	93	1	56.5	2.59	0.00	0.2	3.6	0.14	0.102	無	150	500	805.0	145.0	参照例
26			6	0	94	1	56.5	2.59	0.00	0.2	3.6	0.12	0.103	無	100	300	845.0	152.3	参照例
27			6	0	94	1	56.5	2.59	0.00	0.2	3.4	0.13	0.103	無	100	500	820.0	149.5	参照例
28			6	0	96	1	56.5	2.59	0.00	0.2	3.6	0.12	0.104	無	600	150	865.0	155.9	参照例
29			3	0	108	1	53.8	7.24	0.00	0.1	1.4	0.10	0.033	無	300	150	880.0	158.6	参照例
30	3	3	3	0	106	2	52.4	9.66	0.00	0.1	1.1	0.08	0.027	無	300	—	865.0	155.9	参照例
31			3	0	111	2	52.3	9.83	0.00	0.1	1.0	0.08	0.027	無	300	150	880.0	158.6	参照例

降伏強度比: 加工後のYS(0.2%)/加工開始のYS(0.2%)×100

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

【表 4】

管No.	素材	フェライト 相分率 (%)	再結晶熱処理前後の繰延圧延					繰延率 [%]	肉厚低下率 [%]	管周方向の肉厚分布 (最大肉厚－最小肉厚) [mm]		凹凸差 [mm]	外面凹凸 [%]	外面破、剥付 [有/無]	再結晶 熱処理温度 [℃]	硬化熱処理温度[℃]		冷間圧延後の 脆化減少 YS [MPa]	脆化強度比 (YS/YS0) [%]	備考
			ロール数[回]	繰延角[°]	交叉角[°]	圧延温度[℃]	パス数[回]									硬化熱処理1	硬化熱処理2			
32		-		6	0	93	1	54.8	0.00	0.1	2.8	0.11	0.099	無	1000	-	-	800.0	144.1	説明例
33		-		6	0	95	1	54.8	0.00	0.1	2.8	0.11	0.088	無	800	-	-	970.0	174.8	説明例
34		-		6	0	93	1	54.8	0.00	0.1	2.7	0.12	0.089	無	950	-	-	965.0	173.9	説明例
35		-		6	0	97	1	54.8	0.00	0.1	2.6	0.11	0.090	無	1150	-	-	795.0	143.2	説明例
36		89		6	0	96	1	54.8	0.00	0.1	2.8	0.11	0.088	無	800	-	-	975.0	175.7	説明例
37	C	82	2	6	0	94	1	54.8	0.00	0.1	2.8	0.11	0.088	無	1050	-	-	815.0	146.8	説明例
38		62		6	0	99	1	54.8	0.00	0.1	2.8	0.11	0.089	無	1100	-	-	805.0	145.0	説明例
39		-		6	0	98	2	52.4	0.00	0.1	2.7	0.10	0.088	無	1050	300	-	885.0	155.9	説明例
40		-		6	0	97	2	52.4	0.00	0.1	2.6	0.10	0.086	無	1050	300	500	875.0	157.7	説明例
41		88		6	0	98	2	52.4	0.00	0.1	2.6	0.10	0.087	無	1050	300	-	885.0	159.5	説明例
42		89		6	0	97	2	52.4	0.00	0.1	2.6	0.10	0.087	無	1050	300	500	885.0	161.3	説明例

脆化強度比：加工後のYS(0.2%) / 加工直後のYS(0.2%)×100

【符号の説明】

【0 0 3 5】

- 1 素管
- 2 冷間圧延管

10

20

30

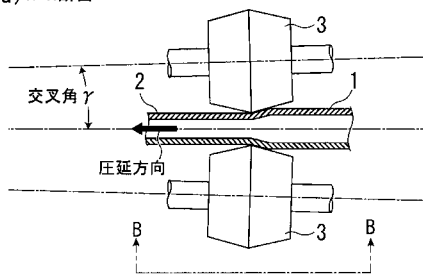
40

50

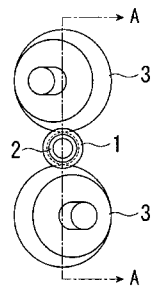
- 3 圧延ロール
 β 傾斜角
 γ 交叉角

【図 1】

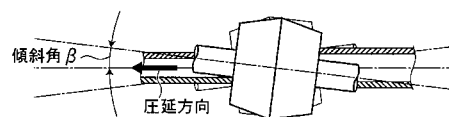
(a) A-A断面



(b)



(c) B-B矢視



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K032 AA04 AA13 AA16 AA20 AA21 AA24 AA31 BA03 CG00 CH04
4K042 AA06 BA01 CA00 CA07 CA08 CA10 CA11 CA15 CA16 DA05
DA06 DC02