

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5378522号
(P5378522)

(45) 発行日 平成25年12月25日(2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日(2013.10.4)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 8 F 1/40 (2006.01)	F 2 8 F 1/40 A
B 2 1 C 9/00 (2006.01)	B 2 1 C 9/00 M
B 2 1 D 3/04 (2006.01)	B 2 1 D 3/04
C 2 1 D 8/10 (2006.01)	C 2 1 D 8/10 D
C 2 2 C 19/05 (2006.01)	C 2 2 C 19/05 F

請求項の数 2 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-524120 (P2011-524120)
 (86) (22) 出願日 平成23年6月7日(2011.6.7)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2011/003194
 (87) 国際公開番号 W02012/001882
 (87) 国際公開日 平成24年1月5日(2012.1.5)
 審査請求日 平成23年6月21日(2011.6.21)
 審判番号 不服2012-20258 (P2012-20258/J1)
 審判請求日 平成24年10月15日(2012.10.15)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-146136 (P2010-146136)
 (32) 優先日 平成22年6月28日(2010.6.28)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000006655
 新日鐵住金株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 (74) 代理人 110001553
 特許業務法人 森道雄特許事務所
 (74) 代理人 100103481
 弁理士 森 道雄
 (72) 発明者 豊田 仁寿
 日本国大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番
 33号 住友金属工業株式会社内
 (72) 発明者 黒田 浩一
 日本国大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番
 33号 住友金属工業株式会社内

早期審査対象出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蒸気発生器用伝熱管の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

原子力または火力発電設備における蒸気発生器に用いられる伝熱管の製造方法であって、

40MPa以上の高圧潤滑油を用いて冷間引抜加工を施され、固溶化熱処理された管を、回転軸の方向が互いに交差する状態で上下方向に対向配置した少なくとも5対の鼓形矯正ロールを設けたスタンド距離が300mm以下のロール矯正機を用いて矯正するに際し、

前記ロール矯正機の少なくとも連続する3対の上下矯正ロールの交差位置での管軸心に相当する3位置で形成され、下記(1)式で規定される θ が 0.9×10^{-3} 以上で、かつ 5mm以下のオフセット量を管に付与し、

管内面の表面粗さを接触部の半径が0.8mmである検出器を用いて長手方向に測定された粗さ曲線から抜き取った50mmの範囲における寸法変動量で表されるうねりを $4 \mu\text{m}$ 以下とすることを特徴とする管内面からの渦流探傷によるきず検出でS/N比が50以上である蒸気発生器用伝熱管の製造方法。

$$\theta = 1 / R \times (d / 2) \dots (1)$$

ただし、管外径をd(mm)、ロール矯正機のスタンド距離をL(mm)オフセット量を θ (mm)とした場合に、 $R = (\theta^2 + L^2) / 2$ の関係とする。

【請求項2】

前記管の化学組成が、質量%で、C:0.15%以下、Si:1.00%以下、Mn:

2.0%以下、P：0.030%以下、S：0.030%以下、Cr：10.0～40.0%、Ni：8.0～80.0%、Ti：0.5%以下、Cu：0.6%以下、Al：0.5%以下およびN：0.20%以下を含有し、残部がFeおよび不純物からなることを特徴とする請求項1に記載の蒸気発生器用伝熱管の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原子力や火力発電設備の蒸気発生器に用いられる伝熱管の製造方法に関する。さらに詳しくは、管内面からの渦流探傷による検査で検査能率を向上させることができる蒸気発生器用伝熱管の製造方法に関する。

10

【0002】

なお、別に記載がない限り、本明細書における用語の定義は次のとおりである。

「蒸気発生器用伝熱管」：原子力や火力発電設備における蒸気発生器等に用いられる小径長尺の伝熱管を指す。特に、原子力発電用の蒸気発生器伝熱管を、ここでは、SG (steam generator) 管とも略記する。

【背景技術】

【0003】

原子力発電所で使用されている蒸気発生器および給水ヒータ等の熱交換器に用いられるU字状のSG管は、細径長尺の伝熱管をU字状に曲げて製造される。このU字状のSG管は、熱交換器に組み込まれた後の使用前検査として、また、一定期間使用された後の定期検査として、渦流探傷により管内面からきず検出のための検査が行われる。この管内面からの渦流探傷における検査基準は、原子力発電設備の安全性確保の必要上極めて厳しい。

20

【0004】

図1は、管内面からの渦流探傷の結果を示すチャートの一例である。同図に示すように、チャートには検査基準で定められた標準きずからの信号Sと一定の周期Pを持った信号Nが示される。この信号Nはベースノイズと呼ばれ、管の軸方向に生じる微細な寸法変動に起因するものであり、検出きずによる信号と誤判定されるのを防止し、きず判定を迅速に行い検査効率の向上を図るために、信号Nの大きさを極力小さくすることが必要である。以下の説明において、標準きずからの信号Sと信号Nとの比を「S/N比」という。

【0005】

30

例えば、内面からの渦流探傷の際に、チャートに示される信号に基づいて自動判定する場合、ベースノイズが大きい、すなわち、S/N比が小さいと微少欠陥からの信号がベースノイズの中に隠れてしまい、微少欠陥とベースノイズを区別することが困難となる。

【0006】

このため、渦流探傷の際にその結果を検査員が目視観察し、疑わしい信号が発生すればその部分を再度低速で検査し、微少欠陥とベースノイズとを区分しているため、検査能率が悪化する。ベースノイズはSG管の長手方向に生じる微細な寸法変動に起因することから、渦流探傷における検査能率を向上させるためには、SG管の長手方向の寸法変動を低減することが重要となる。

【0007】

40

このようなSG管は、一般的に、以下の手順を含む製造工程により製造される：

(1) 冷間加工工程で管を所定の寸法に仕上げる、

(2) 固溶化熱処理工程で管の残留応力を除去するとともに、管の組織を均一化する、

(3) 固溶化熱処理工程で残留応力により発生する管に曲りおよび楕円を、矯正工程でロール矯正機を用いて矯正する。

【0008】

冷間加工工程では、ロールとマンドレルを用いたピルガーミルによる冷間圧延法(ピルガー圧延)や、ダイスやプラグといった工具を用いる引抜加工が採用される。この引抜加工では、工具と被加工材である管が接触して生ずる摩擦を低減し、焼き付きや振動が発生するのを防止するため、一般的に、引き抜く管の内外面に化成処理潤滑被膜を形成して潤

50

滑処理を施す。

【 0 0 0 9 】

しかし、S G管は小径長尺であることから、化成処理潤滑被膜の形成には時間を要し、処理に多大の工数を要するとともに、使用する薬剤が比較的高価であり、作業コストが高くなる。また、S G管にはNi基合金が多用され、化成処理潤滑被膜はNi基高合金の表面に形成されにくいことから、Ni基合金からなるS G管を製造する場合は化成処理潤滑皮膜の形成処理に要する作業コストがさらに高くなる。

【 0 0 1 0 】

そこで、Ni基高合金からなるS G管を得る引抜加工では、高圧抽伸（強制潤滑引抜き法）が多用される。高圧抽伸は、潤滑処理を油潤滑被膜により行う冷間引抜加工の一種であり、冷間引抜加工の安定化を図るとともに、引き抜いた管の品質向上に大きな効果を発揮する。

10

【 0 0 1 1 】

高圧抽伸による管の引抜加工は、通常、以下の手順で行われる：

- (1) 被加工材である管を挿入した高圧容器に潤滑油を充満させた後、潤滑油を増圧機により昇圧する、
- (2) 昇圧された潤滑油が管と高圧容器の開放端に密着するダイスおよび加工位置で固定されたプラグの間に潤滑油膜を形成する、
- (3) 形成された潤滑油膜により管の内外面を強制潤滑した状態で、管を引き抜いて工具により所定の寸法に仕上げる。

20

【 0 0 1 2 】

このような高圧抽伸による引抜加工に関し、従来から種々の提案がなされており、例えば特許文献1がある。特許文献1は、高圧抽伸を用いて小径長尺管を冷間加工にて製造する方法であって、減肉加工を伴う少なくとも最終の冷間加工を、 500 kgf/cm^2 以上の高圧潤滑油によるプラグ引き抽伸とする金属管の引抜加工方法が提案されている。特許文献1では、減肉加工を伴う少なくとも最終の冷間加工を、高圧潤滑油を用いた高圧抽伸とすることにより、得られる金属管で焼き付きが発生することなく、管軸方向の寸法変動を少なくできるとしている。

【 0 0 1 3 】

特許文献1に記載の金属管の引抜加工方法では、得られる金属管の管軸方向の寸法変動が少ないことから、内面渦流探傷で金属管の寸法変動に伴うノイズが抑制され、内面欠陥が探傷装置の出力に基づいて正確に検出できるとしている。しかし、特許文献1の実施例に示される管内面の表面粗さ R_{MAx} (J I S 0 6 0 1) は $2.8 \sim 4.0\ \mu\text{m}$ 、S/N比は13～18である。これらの値はロール矯正機により矯正する前に測定されたものであり、矯正された金属管の表面粗さおよびS/N比はこれらの値よりも低下するものと推測される。

30

【 0 0 1 4 】

一方、S G管を製造する際に矯正工程で用いられるロール矯正機の構成には、一般的に、鼓型のロールが複数個組み合わされた傾斜ロール式が採用される。傾斜式ロール矯正機には、ロールの個数、配列（上下、左右方向）および配置（対向型、千鳥型）の組合せにより多数の構成が存在するが、S G管の精整処理としては対向配置のロール矯正機が用いられる。

40

【 0 0 1 5 】

図2は、傾斜ロール式矯正機のロール配列例を示す図である。ロール矯正機は回転軸の方向が互いに交差する状態で上下方向に対向配置した複数対の矯正ロール R_a 、 R_b （これらを総称してRという）を配し、図示するロール配列では、入側、中央および出側からなる3対の矯正ロール、 R_{a1} および R_{b1} 、 R_{a2} および R_{b2} 並びに R_{a3} および R_{b3} を対向配置し、出側矯正ロールの出口に補助ロール R_c を備えている。通常、このようなロール配列のロール矯正機を（2 - 2 - 2 - 1）型矯正機という。

【 0 0 1 6 】

50

これら1対の矯正ロールR a 1、R b 1の対向間隔および交差角度はそれぞれ個別に調整することが可能である。また、1対の矯正ロールR a 1、R b 1と隣接する1対の矯正ロールR a 2、R b 2の高さ方向位置はそれぞれ個別に調整することも可能である。さらに、1対の矯正ロールR a 1、R b 1と隣接する1対の矯正ロールR a 2、R b 2との距離、すなわちスタンド距離もそれぞれ個別に調整することができる。

【0017】

曲り矯正をする際には、被矯正管1の表面が矯正ロールの表面に沿うように、被矯正管1に対する各矯正ロールRの回転軸の交差角度、すなわちロール角度を調整する。また、矯正ロールR a 1、R b 1の対向間隔を被矯正管1の外径より若干小さく設定してクラッシュを付与するとともに、隣接する1対の矯正ロールR a 2、R b 2のクラッシュ高さを調節することによりオフセットを付与して曲りおよび楕円を矯正する。

10

【0018】

ロール矯正機による管の矯正方法に関しても、従来から種々の提案がなされており、例えば特許文献2および3がある。特許文献2には、ロール本体の少なくとも外層部がJIS K 6301に規定されるスプリング硬さ試験(A型)による硬さHsが50~100の弾性体で形成された矯正用ロールを用いることによって、管内面からの渦流探傷において高いS/N比で検査が可能な管の矯正方法が記載されている。

【0019】

特許文献2の実施例では、ロール矯正機として(2-2-2-1)型矯正機が用いられ、そのオフセット量は10~11mmと大きい。また、特許文献2の実施例には、得られたSG管の外形寸法の変動が示され、その値は0.004~0.005mmであるが、冷間加工や矯正により管に付与される応力は外面と内面では異なるので、管の長手方向の寸法変動も内面と外面で相違する。したがって、特許文献2に記載のロール矯正機により矯正を行っても、管内面の長手方向の寸法変動を抑制できるかは不明である。また、特許文献2の実施例に示されるSG管のS/N比は20~50と低い。

20

【0020】

特許文献3に記載の管の矯正方法では、対向配置した出側の少なくとも3対の矯正ロールで、上下矯正ロールの交差位置での管軸心に相当する3位置で形成され、下記(1)式で規定される $1.0 \times 10^{-3} \sim 1.5 \times 10^{-3}$ となるオフセット量を管に付与して管を矯正する。

30

$$= (1/R) \times (d/2) \cdots (1)$$

ただし、管外径をd(mm)、ロール矯正機のスタンド距離をL(mm)、オフセット量を(mm)とした場合に、 $R = (\sqrt{d^2 + L^2}) / 2$ の関係とする。

【0021】

特許文献3に記載の管の矯正方法では、上記(1)式で規定される $1.0 \times 10^{-3} \sim 1.5 \times 10^{-3}$ が所定の範囲を満たすことにより、得られる管を内面からの渦流探傷による検査で高いS/N比にすることができるとしている。特許文献3の実施例には、3対の矯正ロールを備えた(2-2-2-1)型矯正機を用い、オフセット量を6mm以上にして矯正したSG管のS/N比が示されており、その値は32~91である。また、特許文献3の実施例では、SG管の内面の寸法変動について検討されていない。

40

【0022】

SG管の製造では、固溶化熱処理工程で残留応力により管に曲りおよび楕円が発生するので、その後の矯正工程で発生した曲りおよび楕円を矯正する必要がある。しかし、特許文献2または3に記載された従来の管の矯正方法では、管の曲りおよび楕円を(2-2-2-1)型矯正機で矯正する際に管内面の寸法変動が顕著となり、渦流探傷による検査でS/N比が低くなり、検査能率が低下する場合がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0023】

【特許文献1】特開平3-18419号公報

50

【特許文献2】特開2000-317521号公報

【特許文献3】国際公開番号WO2007/119817

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0024】

前述の通り、従来の冷間加工工程、固溶化熱処理工程および矯正工程を含む製造工程によるSG管の製造では、固溶化熱処理工程で発生する管の曲りおよび楕円を、その後の矯正工程で矯正する必要がある。しかし、従来のSG管の製造方法では、管の曲りおよび楕円を矯正する際に管内面の寸法変動が顕著となり、渦流探傷による検査でS/N比が低くなり、検査能率が低下する場合がある。

10

【0025】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、矯正後における管内面の寸法変動量を低減させ、高いS/N比での検査を可能にし、検査能率を向上させることができる蒸気発生器用伝熱管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】

【0026】

本発明者らは、上記問題を解決するため、管内面の長手方向の寸法変動が渦流探傷による管内面検査におけるS/N比に与える影響について検討したところ、短い周期の変動はS/N比に与える影響が小さいことを知見した。

【0027】

図3は、冷間加工工程、固溶化熱処理工程および矯正工程を含む製造工程により製造された管の内面における長手方向の粗さ曲線の一例を示す図である。同図に示す粗さ曲線は、表面粗さ測定機（東京精密社製、型式：サーフコム1500SD3）を用い、後述する実施例により得られた管であって、矯正後における管の内面の表面粗さを測定したものである。表面粗さを測定する際、検出器として接触部の直径が4 μ mであって、60°円錐ダイヤ形のものを用いた。

20

【0028】

同図に示すように製造された管内面の長手方向の粗さ曲線は、周期が約35mmのうねりに、二点鎖線で囲んで示すような短い周期の変動が付加された形となっている。この短い周期の変動は、渦流探傷によるS/N比にほとんど影響を与えないが、長い周期のうねりはS/N比に大きな影響を与える。ここで、短い周期の変動を除いてS/N比に大きな影響を与える長い周期のうねりを計測するには、管内面の長手方向の寸法変動を計測する際に用いる検出器の接触部の直径を大きくするのが有効である。さらに、本発明者らは、長い周期のうねりにおいて、うねりの変動幅すなわち寸法変動量がS/N比に大きな影響を与えることを見出した。

30

【0029】

図4は、本発明で規定する管内面の長手方向の寸法変動量を説明する模式図である。同図は、管内面の長手方向の粗さ曲線を示し、横軸に管の長手方向の位置（mm）、縦軸に高さ（ μ m）を示す。本発明で規定する管内面の長手方向の寸法変動量では、粗さ曲線を接触部の半径が0.8mmである検出器を用いて管内面の長手方向の寸法変動を計測する。同図に示すように、この粗さ曲線から抜き取った50mmの範囲における最大値と最小値を求め、最大値と最小値の差を管内面の長手方向の寸法変動量とする。

40

【0030】

本発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、図4に示す管内面の長手方向の寸法変動量を4 μ m以下とすることにより、高いS/N比で渦流探傷による検査が可能となり、検査能率が向上することを知見した。

【0031】

また、矯正工程を経た管内面の長手方向の寸法変動量は、矯正工程を経る前の寸法変動量と相関があり、一般的に、矯正工程により寸法変動量は増加する。例えば、冷間加工工程でピルガー圧延を用いると、冷間加工工程で管内面の長手方向に顕著な寸法変動が発生

50

し、矯正後にも顕著な寸法変動が残存することにより、渦流探傷におけるS/N比を悪化させる。

【0032】

冷間加工工程では、ピルガー圧延を用いた場合に比べ、引抜加工を用いることにより冷間加工工程で管内面の長手方向に発生する寸法変動量を低減できる。引抜加工はダイスとプラグによる引き抜きのため、得られる管の内面が平滑となるからである。さらに、高圧抽伸による引抜加工を用いることにより、冷間加工工程で管内面の長手方向に発生する寸法変動量をより低減できる。このため、冷間加工工程には、40MPa以上の高圧潤滑油を用いて引抜加工が適することを知見した。

【0033】

矯正工程により管内面の寸法変動量が増加するのは、オフセット量や矯正ロール対の数(スタンド数)、スタンド距離といったロール矯正機の仕様による影響が大きい。例えば、ロール矯正機が備える矯正ロール対の数が少ないと、一对の矯正ロールあたりの加工量が増加し、矯正する際に管が大きく屈曲することから、矯正後の管の寸法変動量が顕著に増加する。そこで、5対の矯正ロールを備える(2-2-2-2-2)型矯正機を用いることにより、一对の矯正ロールあたりの加工量を減少させ、矯正により管内面の長手方向の寸法変動量が増加するのを低減できることを知見した。

【0034】

本発明は、上記の知見に基づいて完成したものであり、下記(1)~(4)の蒸気発生器用伝熱管並びに下記(5)および(6)の蒸気発生器用伝熱管の製造方法を要旨としている。なお、下記(1)~(4)の蒸気発生器用伝熱管は、本発明の参考例である。

【0035】

(1)原子力または火力発電設備における蒸気発生器に用いられる伝熱管であって、管内面の表面粗さを接触部の半径が0.8mmである検出器を用いて長手方向に測定し、測定された粗さ曲線から抜き取った50mmの範囲における寸法変動量で表されるうねりが4μm以下で、かつ管端から1000mm位置までの曲り量が1mm以下であることを特徴とする管内面からの渦流探傷によるきず検出でS/N比が50以上である蒸気発生器用伝熱管。

【0036】

(2)上記(1)に記載の管であって、40MPa以上の高圧潤滑油を用いて引抜加工を行う冷間加工工程と、固溶化熱処理工程と、ロール矯正機による矯正工程とを含む工程により製造されたことを特徴とする蒸気発生器用伝熱管。

【0037】

(3)前記ロール矯正機が、回転軸の方向が互いに交差する状態で上下方向に対向配置した少なくとも5対の鼓形矯正ロールを用いたロール矯正機であることを特徴とする上記(2)に記載の蒸気発生器用伝熱管。

【0038】

(4)前記管の化学組成が、質量%で、C:0.15%以下、Si:1.00%以下、Mn:2.0%以下、P:0.030%以下、S:0.030%以下、Cr:10.0~40.0%、Ni:8.0~80.0%、Ti:0.5%以下、Cu:0.6%以下、Al:0.5%以下およびN:0.20%以下を含有し、残部がFeおよび不純物からなることを特徴とする上記(1)~(3)のいずれかに記載の蒸気発生器用伝熱管。

【0039】

(5)原子力または火力発電設備における蒸気発生器に用いられる伝熱管の製造方法であって、40MPa以上の高圧潤滑油を用いて冷間引抜加工を施され、固溶化熱処理された管を、回転軸の方向が互いに交差する状態で上下方向に対向配置した少なくとも5対の鼓形矯正ロールを設けたスタンド距離が300mm以下のロール矯正機を用いて矯正するに際し、前記ロール矯正機の少なくとも連続する3対の上下矯正ロールの交差位置での管軸心に相当する3位置で形成され、下記(1)式で規定される R_a が 0.9×10^{-3} 以上で、かつ5mm以下のオフセット量を管に付与し、管内面の表面粗さを接触部の半径が0.8

10

20

30

40

50

mmである検出器を用いて長手方向に測定された粗さ曲線から抜き取った50mmの範囲における寸法変動量で表されるうねりを4μm以下とすることを特徴とする管内面からの渦流探傷によるきず検出でS/N比が50以上である蒸気発生器用伝熱管の製造方法。

$$= 1 / R \times (d / 2) \quad \dots (1)$$

ただし、管外径をd(mm)、ロール矯正機のスタンド距離をL(mm)オフセット量を(mm)とした場合に、 $R = (\quad^2 + L^2) / 2$ の関係とする。

【0040】

(6)前記管の化学組成が、質量%で、C:0.15%以下、Si:1.00%以下、Mn:2.0%以下、P:0.030%以下、S:0.030%以下、Cr:10.0~40.0%、Ni:8.0~80.0%、Ti:0.5%以下、Cu:0.6%以下、Al:0.5%以下およびN:0.20%以下を含有し、残部がFeおよび不純物からなることを特徴とする上記(5)に記載の蒸気発生器用伝熱管の製造方法。

10

【発明の効果】

【0042】

本発明の蒸気発生器用伝熱管の製造方法は、下記の顕著な効果を有する。

(1)40MPa以上の高圧潤滑油を用いて管に冷間引抜加工を施すことから、冷間引抜加工後であって矯正前における管内面の長手方向の寸法変動量を低減できる。

(2)少なくとも5対の鼓形矯正ロールを設けたスタンド距離が300mm以下のロール矯正機を用い、少なくとも連続する3対の矯正ロールにより \quad を 0.9×10^{-3} 以上かつオフセット量を5mm以下にして、管を矯正する。これにより、矯正により管内面の長手方向の寸法変動量が増加するのを低減できる。

20

(3)本発明の蒸気発生器用伝熱管の製造方法は、上記(1)および(2)により、管内面の長手方向の寸法変動量が4μm以下で、かつ管端から1000mm位置までの曲り量が1mm以下である管を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】図1は、管内面からの渦流探傷の結果を示すチャートの一例である。

【図2】図2は、傾斜ロール式矯正機のロール配列例を示す図である。

【図3】図3は、冷間加工工程、固溶化熱処理工程および矯正工程を含む製造工程により製造された管の内面における長手方向の粗さ曲線の一例を示す図である。

30

【図4】図4は、本発明で規定する管内面の長手方向の寸法変動量を説明する模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0044】

以下に、本発明の蒸気発生器用伝熱管およびその製造方法について説明する。

【0045】

[蒸気発生器用伝熱管]

本発明の蒸気発生器用伝熱管は、管内面の表面粗さを長手方向に測定し、測定された粗さ曲線から抜き取った50mmの範囲における寸法変動量が4μm以下で、かつ管端から1000mm位置までの曲り量が1mm以下であることを特徴とする。

40

【0046】

本発明において、管内面の表面粗さを長手方向に測定する際は、接触部の半径が0.8mmである検出器を用いて管内面の長手方向の寸法変動を計測するものとする。前記図4を用いて説明した通り、渦流探傷におけるS/N比に与える影響が小さい短い周期の変動を除き、長い周期のうねりを計測するためである。また、本発明において「寸法変動量」とは、計測された粗さ曲線から抜き取った50mmの範囲における最大値と最小値の差を意味する。

【0047】

管内面の長手方向に発生する寸法変動は、冷間加工工程でのピルガー圧延や引抜加工、矯正工程のロール矯正機による矯正により発生し、増加する。これらにより発生、増加す

50

る寸法変動は周期が50mm以下であることから、計測された粗さ曲線から50mmを抜き取って寸法変動量を求める。

【0048】

SG管の内面における長手方向の寸法変動量が4μmを超えると、渦流探傷におけるS/N比が低下し、検査能率が悪化する。SG管の内面における長手方向の寸法変動量が4μm以下であることにより、渦流探傷による検査が高いS/N比で可能となり、検査能率を向上させることができる。

【0049】

さらに、管端から1000mm位置まで、すなわち、管端から1000mmの範囲での曲り量を1mm以下とすることで、熱交換器への組み込みの際に、曲りによる他部品との緩衝が抑えられ、組み込み作業が容易になる。

10

【0050】

[蒸気発生器用伝熱管の製造方法]

本発明の蒸気発生器用伝熱管の製造方法は、40MPa以上の高圧潤滑油を用いて冷間引抜加工を施され、固溶化熱処理された管を、回転軸の方向が互いに交差する状態で上下方向に対向配置した少なくとも5対の鼓形矯正ロールを設けたスタンド距離が300mm以下のロール矯正機を用いて矯正するに際し、前記ロール矯正機の少なくとも連続する3対の上下矯正ロールの交差位置での管軸心に相当する3位置で形成され、下記(1)式で規定される 0.9×10^{-3} 以上で、かつ5mm以下のオフセット量を管に付与することを特徴とする。

20

$$= 1 / R \times (d / 2) \quad \dots (1)$$

ただし、管外径をd(mm)、ロール矯正機のスタンド距離をL(mm)オフセット量を(mm)とした場合に、 $R = (\quad^2 + L^2) / 2$ の関係とする。

【0051】

冷間加工工程で40MPa以上の高圧潤滑油を用い、高圧抽伸による引抜加工を施すことにより、ピルガー圧延や化成処理潤滑被膜による潤滑処理により引抜加工を施す場合に比べ、冷間加工後(矯正前)の管内面に発生する長手方向の寸法変動量を低減することができる。

【0052】

高圧抽伸による冷間引抜加工で用いる潤滑油の圧力が40MPa未満であると、工具と管の間に十分な厚さの潤滑油膜が形成されず、焼き付きまたは振動が生じ、管内面に発生する長手方向の寸法変動量が増加する。そのため、潤滑油の圧力を40MPa以上とした。潤滑油の圧力は50MPa以上とするのが好ましい。また、潤滑油の圧力は150MPa以下とするのが好ましい。潤滑油の圧力が150MPaを超えると、管内面に潤滑油が封じ込まれて凹部が形成され、オイルピットと呼ばれる欠陥が生成されるおそれがある。管内面に生成されたオイルピットは、粗さ曲線において短い周期の寸法変動として現れるので、渦流探傷による検査におけるS/N比に与える影響は小さいが、算術平均粗さといった管内面粗度を低下させる。

30

【0053】

固溶化熱処理は、従来から用いられている種々の方法を採用することができ、固溶化熱処理の際に管を加熱する温度や、その温度を保持する時間は、管の寸法や化学組成から適宜決定することができる。固溶化熱処理は、例えば加熱温度1000~1300、保持時間5~15分間にして管に施すことができる。

40

【0054】

矯正工程では、回転軸の方向が互いに交差する状態で上下方向に対向配置した少なくとも5対の鼓形矯正ロールを設けたスタンド距離が300mm以下のロール矯正機を用いて管を矯正する。少なくとも5対の矯正ロールを備えたロール矯正機を用いることにより、従来の3対の矯正ロールを備えた(2-2-2-1)型といった矯正機に比べ、一对の矯正ロールあたりの加工量を減少させつつ管の曲りおよび楕円を矯正することができる。スタンド距離が300mmを超える場合は、オフセット量を大きくしないと曲りを矯正でき

50

ず、矯正のためにオフセットを大きくすると矯正後の管内面の寸法変動量が増加してしまう。

【0055】

前記(1)式で規定される δ を 0.9×10^{-3} 以上とすることにより、管の楕円および曲りを矯正することができる。一方、前記(1)式で規定される δ が 0.9×10^{-3} 未満であると、矯正後の管に曲りが残存して製品不良となる。

【0056】

管に付与するオフセット量を5mm以下とすることにより、一对の矯正ロールあたりの加工量が減少し、矯正する際の管の屈曲が小さくなることから、矯正により管内面の長手方向の寸法変動量が増加するのを低減できる。管に付与するオフセット量が5mmを超えると、矯正により管内面の長手方向の寸法変動量が顕著に増加する。

10

【0057】

本発明の蒸気発生器用伝熱管の製造方法は、40MPa以上の高圧潤滑油を用いて冷間引抜加工を施し、前記(1)式で規定される δ を 0.9×10^{-3} 以上で、かつ5mm以下のオフセット量を管に付与してロール矯正機で管を矯正する。これにより、製造される蒸気発生器用伝熱管は管内面の長手方向の寸法変動量が4 μ m以下で、かつ管端から1000mm位置までの曲り量が1mm以下となり、高いS/N比で渦流探傷による検査が可能となり、検査能率を向上させることができる。

【0058】

例えば、5対の矯正ロールを備える(2-2-2-2)型矯正機を用いて管を矯正する場合、およびオフセット量を本発明で規定する範囲内とする少なくとも連続する3対の矯正ロールを、入側の3対、入側と出側を除く3対または出側の3対の矯正ロールとすることができる。

20

【0059】

また、ロール矯正機の設定条件である矯正ロール角度およびクラッシュ量は被矯正管の寸法や材質から適宜決定することができ、各矯正ロール対においてロール角度は28°~31°、およびクラッシュ量は1.5~3.0mmの範囲で設定するのが好ましい。

【0060】

[管の化学組成]

本発明の蒸気発生器用伝熱管およびその製造方法では、管の化学組成を、質量%で、C : 0.15%以下、Si : 1.00%以下、Mn : 2.0%以下、P : 0.030%以下、S : 0.030%以下、Cr : 10.0~40.0%、Ni : 8.0~80.0%、Ti : 0.5%以下、Cu : 0.6%以下、Al : 0.5%以下およびN : 0.20%以下を含有し、残部がFeおよび不純物とするのが好ましい。

30

【0061】

ここで、不純物とは、管を工業的に製造する際に、鉍石、スクラップ等から混入する成分であって、本発明に悪影響を与えない範囲で許容されるものを意味する。各元素の限定理由は下記のとおりである。なお、以下の説明において含有量についての「%」は、「質量%」を意味する。

【0062】

C : 0.15%以下

Cは、0.15%を超えて含有させると、耐応力腐食割れ性が劣化するおそれがある。したがって、Cを含有させる場合には、その含有量を0.15%以下にするのが好ましく、さらに好ましいのは、0.06%以下である。なお、Cは、合金の粒界強度を高める効果を有する。この効果を得るためには、Cの含有量は0.01%以上とするのが好ましい。

40

【0063】

Si : 1.00%以下

Siは製錬時の脱酸材として使用され、合金中に不純物として残存する。このとき、1.00%以下に制限するのが好ましい。その含有量が0.50%を超えると合金の清浄度

50

が低下することがあるため、S i含有量は0.50%以下に制限するのがさらに好ましい。

【0064】

M n : 2.0%以下

M nは、不純物元素であるSをM n Sとして固定し、熱間加工性を改善すると共に、脱酸剤として有効な元素である。その含有量が2.0%を超えると合金の清浄性を低下させるので、2.0%以下とするのが好ましい。さらに好ましいのは1.0%以下である。また、M nによる熱間加工性の改善効果を得たい場合は0.1%以上含有させるのが好ましい。

【0065】

P : 0.030%以下

Pは合金中に不純物として存在する元素であり、その含有量が0.030%を超えると耐食性に悪影響を及ぼすことがある。したがって、P含有量は0.030%以下に制限するのが好ましい。

【0066】

S : 0.030%以下

Sは合金中に不純物として存在する元素であり、その含有量が0.030%を超えると耐食性に悪影響を及ぼすことがある。したがって、S含有量は0.030%以下に制限するのが好ましい。

【0067】

C r : 10.0 ~ 40.0%

C rは、合金の耐食性を維持するのに必要な元素であり、10.0%以上含有させるのが好ましい。しかし、40.0%を超えると相対的にN i含有量が少なくなり、合金の耐食性や熱間加工性が低下するおそれがある。したがって、C rの含有量は10.0 ~ 40.0%が好ましい。特に、C rを14.0 ~ 17.0%含有する場合には、塩化物を含む環境での耐食性に優れ、C rを27.0 ~ 31.0%含有する場合には、さらに、高温における純水やアルカリ環境での耐食性にも優れる。

【0068】

N i : 8.0 ~ 80.0%

N iは、合金の耐食性を確保するために必要な元素であり、8.0%以上含有させるのが好ましい。一方、N iは高価であるため、用途に応じて必要最小限含有させれば良く、80.0%以下とするのが好ましい。

【0069】

T i : 0.5%以下

T iは、その含有量が0.5%を超えると、合金の清浄性を劣化させるおそれがあるので、その含有量は0.5%以下とするのが好ましく、さらに好ましいのは0.4%以下である。ただし、合金の加工性向上および溶接時における粒成長の抑制の観点からは、0.1%以上の含有させることが好ましい。

【0070】

C u : 0.6%以下

C uは合金中に不純物として存在する元素であり、その含有量が0.6%を超えると合金の耐食性が低下することがある。したがって、C u含有量は0.6%以下に制限するのが好ましい。

【0071】

A l : 0.5%以下

A lは製鋼時の脱酸材として使用され、合金中に不純物として残存する。残存したA lは、合金中で酸化係介在物となり、合金の清浄度を劣化させ、合金の耐食性および機械的性質に悪影響を及ぼすおそれがある。したがって、A l含有量は0.5%以下に制限するのが好ましい。

【0072】

10

20

30

40

50

N : 0 . 2 0 % 以下

Nは、添加しなくてもよいが、本発明が対象とする合金中には、通常、0 . 0 1 %程度のNが不純物として含有されている。しかし、Nを積極的に添加すれば、耐食性を劣化させることなく、強度を高めることができる。ただし、0 . 2 0 %を超えて含有させると耐食性が低下するので、含有させる場合の上限は0 . 2 0 %とするのが好ましい。

【0073】

本発明の蒸気発生器用伝熱管およびその製造方法では、特に、C : 0 . 1 5 % 以下、S i : 1 . 0 0 % 以下、M n : 2 . 0 % 以下、P : 0 . 0 3 0 % 以下、S : 0 . 0 3 0 % 以下、C r : 1 0 . 0 ~ 4 0 . 0 %、F e : 1 5 . 0 % 以下、T i : 0 . 5 % 以下、C u : 0 . 6 % 以下およびA l : 0 . 5 % 以下を含有し、残部がN i および不純物からなる化学組成を有するN i 基合金が、耐食性により優れるため好ましい。

10

【0074】

上記化学組成からなり、管に用いるのが好ましいN i 基合金は、代表的なものとして以下の二種類が挙げられる。

【0075】

(a) C : 0 . 1 5 % 以下、S i : 1 . 0 0 % 以下、M n : 2 . 0 % 以下、P : 0 . 0 3 0 % 以下、S : 0 . 0 3 0 % 以下、C r : 1 4 . 0 ~ 1 7 . 0 %、F e : 6 . 0 ~ 1 0 . 0 %、T i : 0 . 5 % 以下、C u : 0 . 6 % 以下およびA l : 0 . 5 % 以下を含有し、残部がN i および不純物からなるN i 基合金。

【0076】

(b) C : 0 . 0 6 % 以下、S i : 1 . 0 0 % 以下、M n : 2 . 0 % 以下、P : 0 . 0 3 0 % 以下、S : 0 . 0 3 0 % 以下、C r : 2 7 . 0 ~ 3 1 . 0 %、F e : 7 . 0 ~ 1 1 . 0 %、T i : 0 . 5 % 以下、C u : 0 . 6 % 以下およびA l : 0 . 5 % 以下を含有し、残部がN i および不純物からなるN i 基合金。

20

【0077】

上記(a)の合金は、C r を1 4 . 0 ~ 1 7 . 0 % 含み、N i を7 5 % 程度含むため塩化物を含む環境での耐食性に優れる合金である。この合金においては、N i 含有量とC r 含有量のバランスの観点からF e の含有量は6 . 0 ~ 1 0 . 0 % とするのが好ましい。

【0078】

上記(b)の合金は、C r を2 7 . 0 ~ 3 1 . 0 % 含み、N i を6 0 % 程度含むため、塩化物を含む環境のほか、高温における純水やアルカリ環境での耐食性にも優れる合金である。この合金においてもN i 含有量とC r 含有量のバランスの観点からF e の含有量は7 . 0 ~ 1 1 . 0 % とするのが好ましい。

30

【実施例】

【0079】

本発明の蒸気発生器用伝熱管およびその製造方法による効果を検証する試験を行った。

【0080】

[試験方法]

管を所定の寸法に仕上げる冷間加工工程と、固溶化熱処理工程と、管の曲りおよび楕円を矯正するロール矯正機による矯正工程とにより管を得た。冷間加工工程では、ピルガー圧延または圧力が1 2 0 M P a の高圧潤滑油を用いた引抜加工(高圧抽伸)により管を所定の寸法に仕上げた。矯正工程では、3対の矯正ロールを備える(2 - 2 - 2 - 1) 型矯正機または5対の矯正ロールを備える(2 - 2 - 2 - 2 - 2) 型矯正機を用いた。

40

【0081】

試験条件は下記の通りである。

管の化学組成：

材質 A S M E S B - 1 6 3 U N S N 0 6 6 9 0 のN i 基合金

質量%でC : 0 . 0 2 1 %、S i : 0 . 3 3 %、M n : 0 . 2 7 %、

P : 0 . 0 1 3 %、S : 0 . 0 0 0 2 %、C r : 2 9 . 4 %、

F e : 9 . 8 %、T i : 0 . 2 5 %、C u : 0 . 0 3 % および

50

A1 : 0.11%を含有し、残部がNiおよび不純物からなるNi基合金
固溶化熱処理 : 1100 で3分間保持

【0082】

上記の試験条件に示す化学組成のNi基合金からなり、寸法が異なる管AまたはBを試験に供試した。管Aは、外径19.14mm、肉厚1.125mmおよび長さ10000mm(10m)であり、管Bは、外径17.57mm、肉厚1.05mmおよび長さ10000mm(10m)であった。

【0083】

表1および表2に試験番号、試験区分、供試した管、冷間加工工程での仕上げ加工の方法、冷間加工後であって矯正前における管内面の長手方向の寸法変動量、矯正条件および試験結果を示す。矯正条件として、ロール矯正機の矯正ロール対の数、スタンド距離、連続する3対の矯正ロールに設定したオフセット量および前記(1)式により算出したの値を表1および表2に示す。ここで、5対の矯正ロールを備える(2-2-2-2-2)型矯正機を用いた試験では、出側と入側の矯正ロールを除く中央の連続する3対の矯正ロールを、表1および表2に示すの値かつオフセット量とした。

【0084】

【 表 1 】

表 1

試験 No.	区分	供試管	矯正前		矯正条件				試験結果 (矯正後)			
			冷間加工 工程	管内面の長手方向 の寸法変動量 (μm)	ロール対数 (対)	スタンド距離 (mm)	オフセット量 (mm)	η ($\times 10^3$)	曲り 状況	管内面の長手方向 の寸法変動量 (μm)	S/N比	総合 評価
1	比較例	A		7.5	3	380	4	0.53	×	7.5	12	×
2	比較例	A		6.5	3	380	5	0.66	×	6.5	15	×
3	比較例	A	ピルガ一 圧延	8.0	3	380	6	0.80	×	8.5	8	×
4	比較例	A		7.5	3	380	9	1.19	○	8.5	9	×
5	比較例	A		6.5	3	380	10	1.32	○	8.0	11	×
6	比較例	A		1.0	3	380	4	0.53	×	2.0	88	×
7	比較例	A		1.0	3	380	5	0.66	×	3.0	78	×
8	比較例	A	高圧抽伸	1.0	3	380	6	0.80	×	3.5	75	×
9	比較例	A		1.0	3	380	9	1.19	○	6.5	25	×
10	比較例	A		1.0	3	380	10	1.32	○	7.0	21	×
11	比較例	A		7.5	5	270	2	0.53	×	7.5	15	×
12	比較例	A	ピルガ一 圧延	6.5	5	270	3	0.79	×	6.5	13	×
13	比較例	A		8.0	5	270	4	1.05	○	8.0	10	×
14	比較例	A		7.5	5	270	5	1.31	○	8.5	7	×
15	比較例	A		1.0	5	270	2	0.53	×	1.5	95	×
16	比較例	A		1.0	5	270	3	0.79	×	1.5	98	×
17	本発明例	A		1.0	5	270	4	1.05	○	2.5	75	○
18	本発明例	B	高圧抽伸	1.0	5	270	4	0.96	○	2.0	81	○
19	本発明例	A		1.0	5	270	5	1.31	○	2.5	65	○
20	本発明例	B		1.0	5	270	5	1.20	○	2.0	79	○
21	比較例	A		1.0	5	270	6	1.57	○	5.0	34	×

【 0 0 8 5 】

10

20

30

40

【 表 2 】

表 2

試験 No.	区分	供試管	矯正前		矯正条件				試験結果 (矯正後)			総合評価
			冷間加工工程	管内面の長手方向の寸法変動量 (μm)	ロール対数 (対)	スタンド距離 (mm)	オフセット量 (mm)	η ($\times 10^3$)	曲り状況	管内面の長手方向の寸法変動量 (μm)	S/N 比	
22	比較例	A		7.5	5	240	2	0.66	×	7.5	18	×
23	比較例	A	ピルガー	6.5	5	240	3	1.00	○	6.5	12	×
24	比較例	A	圧延	8.0	5	240	4	1.33	○	8.5	7	×
25	比較例	A		7.5	5	240	5	1.66	○	8.5	8	×
26	比較例	A		1.0	5	240	2	0.66	×	1.5	88	×
27	本発明例	A		1.0	5	240	3	1.00	○	2.5	85	○
28	本発明例	A		1.0	5	240	4	1.33	○	2.5	76	○
29	本発明例	B	高圧抽伸	1.0	5	240	4	1.22	○	2.0	77	○
30	本発明例	A		1.0	5	240	5	1.66	○	3.0	58	○
31	本発明例	B		1.0	5	240	5	1.52	○	2.5	64	○
32	比較例	A		1.0	5	240	6	1.99	○	5.5	25	×

【 0 0 8 6 】

【 評価基準 】

各試験で、冷間加工後であって矯正前、および矯正後の管における内面の寸法変動量を計測した。また、矯正後の管について、渦流探傷により S / N 比を計測するとともに、曲

10

20

30

40

50

り状況を評価した。さらに、曲り状況、矯正後における管内面の長手方向の寸法変動およびS/N比の結果に基づき、総合評価を行った。

【0087】

寸法変動量は、表面粗さ測定機（東京精密社製、型式：サーフコム1500SD3）を用いて管内面の表面粗さを長手方向に測定し、測定された粗さ曲線から抜き取った50mmの範囲における最大値と最小値の差である。表面粗さを測定する際、検出器として接触部の半径が0.8mmのものを用いた。

【0088】

S/N比は、管内面を周波数600kHz、自己比較型の条件で渦流探傷し、0.66mmの貫通ドリルホールを標準きずとして、管全長を1フィート毎に区分して算出して求めたS/N比の値のうち、最も低い値をその管のS/N比とした。

10

【0089】

曲り状況は、矯正後の管曲りとして、特に管端部近傍の曲り（以下、「鼻曲り」とも言う）を観察した。表1および表2の「曲り状況」欄の記号の意味は次の通りである：

○：管端から1000mm位置までの曲り量が1mm以下となり、曲りの矯正が良好であることを示す。

×：上記曲り量が1mmを超え、曲りの矯正が不十分であることを示す。

【0090】

表1および表2の「総合評価」欄の記号の意味は次の通りである：

○：矯正後における曲り状況の評価が○、管内面の長手方向の寸法変動量が4μm以下かつS/N比が50以上であることを示す。

20

×：矯正後における曲り状況の評価が×、管内面の長手方向の寸法変動量が4μm以下およびS/N比が50以上の条件のうち、いずれかの条件を満たさないことを示す。

【0091】

[試験結果]

表1または表2に示すとおり、比較例である試験No.1~5、11~14および22~25では、冷間加工工程をピルガー圧延とし、矯正前における管内面の長手方向の寸法変動量がいずれも4μmを超えた。このため、試験No.1~5、11~14および22~25では、矯正機が備える矯正ロール対の数やスタンド間隔、オフセット量、の値といった矯正条件にかかわらず、いずれの試験でも矯正後における管内面の長手方向の寸法変動量が4μmを超え、総合評価が×となった。

30

【0092】

比較例である試験No.6~10では、40MPa以上の潤滑油を用いた高圧抽伸により冷間引抜加工を施し、矯正機は3対の矯正ロールを備える(2-2-2-1)型であって、スタンド距離を380mmに設定したのものを用いた。試験No.6~10では、矯正前における管内面の長手方向の寸法変動量は、いずれも1.0μmであった。

【0093】

このうち試験No.9および10では、オフセット量を9または10mmかつを 1.19×10^{-3} または 1.32×10^{-3} とし、本発明で規定する条件より矯正ロールあたりの加工量を増加させ、その結果、矯正後の曲り状況は○となったが、管内面の長手方向の寸法変動量が増加して4μmを超え、総合評価は×となった。また、試験No.6~8では、オフセット量を4~6mmかつを 0.53×10^{-3} ~ 0.80×10^{-3} とし、矯正ロール対あたりの加工量を減少させ、その結果、矯正後における管内面の長手方向の寸法変動量が4μm以下となったが、曲り状況が×となり、総合評価は×となった。

40

【0094】

比較例である試験No.15、16および21では、40MPa以上の潤滑油を用いた高圧抽伸により冷間引抜加工を施し、矯正機は5対の矯正ロールを備える(2-2-2-2-2)型であって、スタンド間隔を270mmに設定したのものを用いた。試験No.15、16および21では、矯正前における管内面の長手方向の寸法変動量は、いずれも1

50

． 0 μm であった。

【 0 0 9 5 】

このうち試験 No . 1 5 および 1 6 では、オフセット量を 2 または 3 mm と本発明で規定する範囲内としたが、 δ は 0.53×10^{-3} または 0.79×10^{-3} と本発明で規定する範囲外であった。この場合、矯正後における管内面の長手方向の寸法変動量はいずれも 4 μm 以下となったが、曲り状況が \times となり、総合評価は \times となった。また、試験 No . 2 1 では、 δ は 1.57×10^{-3} と本発明で規定する範囲内であるが、オフセット量を 6 mm と本発明で規定する範囲外とした。この場合、矯正後の曲り状況は \times となったが、管内面の長手方向の寸法変動量が 4 μm を超え、総合評価は \times となった。

【 0 0 9 6 】

比較例である試験 No . 2 6 および 3 2 では、4 0 M P a 以上の潤滑油を用いた高圧抽伸により冷間引抜加工を施し、矯正機は 5 対の矯正ロールを備える (2 - 2 - 2 - 2 - 2) 型であって、スタンド間隔を 2 4 0 mm に設定したものをを用いた。試験 No . 2 6 および 3 2 では、矯正前における管内面の長手方向の寸法変動量は、いずれも 1 . 0 μm であった。

【 0 0 9 7 】

このうち試験 No . 2 6 では、オフセット量を 2 mm と本発明で規定する範囲内としたが、 δ は 0.66×10^{-3} と本発明で規定する範囲外であった。この場合、矯正後における管内面の長手方向の寸法変動量は 4 μm 以下となったが、曲り状況が \times となり、総合評価は \times となった。また、試験 No . 2 1 では、 δ は 1.99×10^{-3} と本発明で規定する範囲内であるが、オフセット量を 6 mm と本発明で規定する範囲外とした。この場合、矯正後の曲り状況は \times となったが、管内面の長手方向の寸法変動量が 4 μm を超え、総合評価は \times となった。

【 0 0 9 8 】

一方、本発明例である試験 No . 1 7 ~ 2 0 および 2 7 ~ 3 1 では、4 0 M P a 以上の潤滑油を用いた高圧抽伸により冷間引抜加工を施した。矯正機は 5 対の矯正ロールを備える (2 - 2 - 2 - 2 - 2) 型であって、スタンド距離を 3 0 0 mm 以下に設定したものをを用い、 δ を 0.9×10^{-3} 以上かつオフセット量を 5 mm 以下として管を矯正した。その結果、矯正後における曲り状況の評価、管内面の長手方向の寸法変動量および S / N 比が良好となり、総合評価は \times となった。

【 0 0 9 9 】

これらから、4 0 M P a 以上の潤滑油を用いた高圧抽伸により冷間引抜加工を施され、固溶化熱処理された管を、少なくとも 5 対の矯正ロールを備え、スタンド距離が 3 0 0 mm 以下であるロール矯正機を用い、 δ を 0.9×10^{-3} 以上かつオフセット量を 5 mm 以下として矯正することにより、曲りを矯正できるとともに、矯正後における管内面の長手方向の寸法変動量を 4 μm 以下に低減でき、優れた S / N 比の管を得られることが確認できた。したがって、本発明の蒸気発生器用伝熱管の製造方法により、管内面の長手方向の寸法変動量が 4 μm 以下である本発明の蒸気発生器用伝熱管を得ることができることが明らかになった。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 0 1 】

本発明の蒸気発生器用伝熱管の製造方法は、下記の顕著な効果を有する。

(1) 4 0 M P a 以上の高圧潤滑油を用いて冷間引抜加工を管に施すことから、冷間引抜加工後であって矯正前における管内面の長手方向の寸法変動量を低減できる。

(2) 少なくとも 5 対の鼓形矯正ロールを設けたスタンド距離が 3 0 0 mm 以下のロール矯正機を用い、少なくとも連続する 3 対の矯正ロールにより δ を 0.9×10^{-3} 以上かつオフセット量を 5 mm 以下にして、管を矯正する。これにより、矯正により管内面の長手方向の寸法変動量が増加するのを低減できる。

(3) 本発明の蒸気発生器用伝熱管の製造方法は、上記 (1) および (2) により、管内面の長手方向の寸法変動量が 4 μm 以下で、かつ管端から 1 0 0 0 mm 位置までの曲り量

10

20

30

40

50

が1mm以下である管を製造することができる。

【0102】

したがって、本発明の蒸気発生器用伝熱管の製造方法により製造された管は、優れた品質精度が確保されることから、高い信頼性で品質保証を行える。

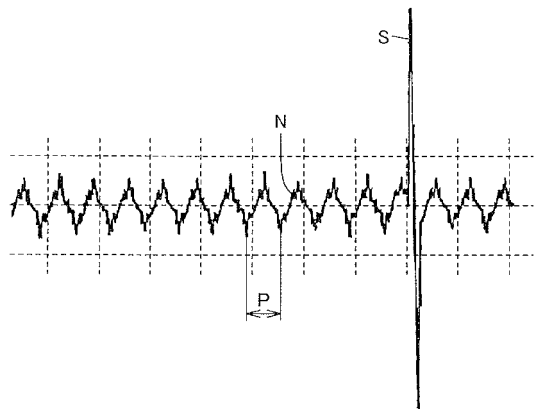
【符号の説明】

【0103】

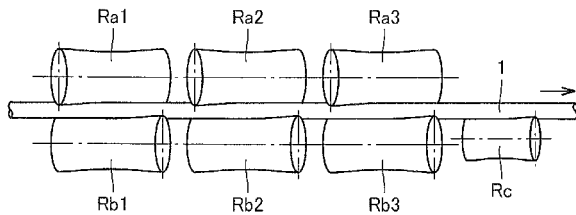
1：被矯正管

R、RaおよびRb：矯正ロール

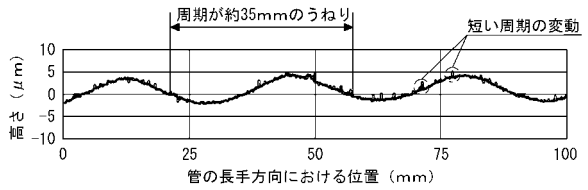
【図1】



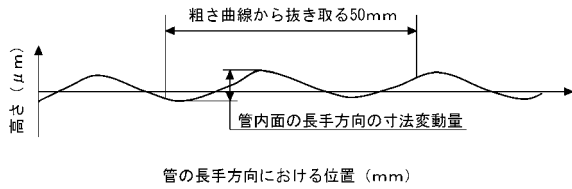
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I		
C 2 2 C	38/00	(2006.01)	C 2 2 C	38/00 3 0 2 Z
C 2 2 C	38/58	(2006.01)	C 2 2 C	38/58
C 2 2 F	1/00	(2006.01)	C 2 2 F	1/00 6 2 6
C 2 2 F	1/10	(2006.01)	C 2 2 F	1/00 6 3 0 K
			C 2 2 F	1/00 6 4 0 A
			C 2 2 F	1/00 6 5 1 B
			C 2 2 F	1/00 6 8 5 Z
			C 2 2 F	1/00 6 9 1 B
			C 2 2 F	1/00 6 9 1 C
			C 2 2 F	1/10 H

合議体

審判長 竹之内 秀明

審判官 山崎 勝司

審判官 鳥居 稔

- (56) 参考文献 特開 2 0 0 6 - 6 4 2 1 1 (J P , A)
 国際公開第 9 5 / 2 8 2 3 9 (W O , A 1)
 特開 2 0 0 5 - 1 4 4 4 7 9 (J P , A)
 特開昭 5 5 - 1 0 3 2 2 2 (J P , A)
 特開 2 0 1 0 - 1 3 8 4 7 3 (J P , A)
 国際公開第 2 0 0 7 / 1 1 9 8 1 7 (W O , A 1)
 特開昭 6 1 - 1 8 0 6 0 3 (J P , A)
 特開昭 4 9 - 8 9 6 6 3 (J P , A)
 特開昭 6 1 - 4 4 3 4 9 (J P , A)
 特開平 2 - 1 3 0 4 6 2 (J P , A)

(58) 調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

F28F

B21C

B21D

C22C

C22F