

(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2019-18224
(P2019-18224A)

(43) 公開日 平成31年2月7日(2019.2.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 1 D 53/06 (2006.01)	B 2 1 D 53/06	G 3 L 1 0 3
B 2 1 D 7/08 (2006.01)	B 2 1 D 7/08	A 4 E 0 6 3
F 2 8 D 1/04 (2006.01)	F 2 8 D 1/04	Z
F 2 8 F 21/08 (2006.01)	F 2 8 F 21/08	A
F 2 8 F 1/40 (2006.01)	F 2 8 F 1/40	D

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-138183 (P2017-138183)
(22) 出願日 平成29年7月14日 (2017.7.14)

(71) 出願人 000107538
株式会社UACJ
東京都千代田区大手町一丁目7番2号
510132510
株式会社UACJ 押出加工
東京都中央区日本橋兜町6番5号
(74) 代理人 110000648
特許業務法人あいち国際特許事務所
(72) 発明者 澤 聖健
東京都千代田区大手町一丁目7番2号 株式会社UACJ内
(72) 発明者 永尾 誠一
東京都中央区日本橋兜町6番5号 KDX
日本橋兜町ビル6階 株式会社UACJ 押出加工内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内面螺旋溝付管及びその製造方法

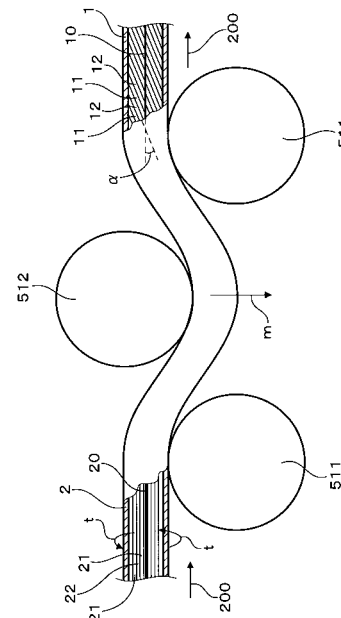
(57) 【要約】

【課題】 簡素な工程により溝のねじれ角を大きくすることができる内面螺旋溝付管の製造方法を提供する。

【解決手段】 内面螺旋溝付管 1 を製造するにあたっては、まず、内表面から突出し、管軸 2 0 に平行な方向に延設された多数のフィン 2 1 と、フィン 2 1 同士の間形成された溝 2 2 とを備えた素管 2 を準備する。次いで、素管 2 に、管軸 2 0 を中心とするねじりモーメントを付与しながら管軸 2 0 に直交する方向へ曲げる曲げ加工を施すことにより、フィン 2 1 及び溝 2 2 を管軸 2 0 の周囲を旋回するらせん状に塑性変形させる。以上により、管軸 1 0 の周囲を旋回するらせん状のフィン 1 1 及び溝 1 2 を備えた内面螺旋溝付管 1 を得ることができる。

【選択図】 図 2

(図 2)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内表面から突出し、管軸に平行な方向に延設された多数のフィンと、前記フィン同士の間形成された溝と、を備え、アルミニウム材からなる素管を準備し、

前記素管に、前記管軸を中心とするねじりモーメントを付与しながら前記管軸に直交する方向へ曲げる曲げ加工を施すことにより、前記フィン及び前記溝を前記管軸の周囲を旋回するらせん状に塑性変形させる、
内面螺旋溝付管の製造方法。

【請求項 2】

前記素管の外径を OD_0 [mm]、前記素管における溝の底部の肉厚を TF_0 [mm] とし、前記内面螺旋溝付管の外径を OD_1 [mm]、前記内面螺旋溝付管における溝の底部の肉厚を TF_1 [mm] とした場合に、下記式 (1) ~ 式 (2) を満たす、請求項 1 に記載の内面螺旋溝付管の製造方法。

$$0 < (OD_1 - OD_0) / OD_0 < 0.03 \quad \dots (1)$$

$$0 < (TF_1 - TF_0) / TF_0 < 0.04 \quad \dots (2)$$

10

【請求項 3】

前記素管の引張強さを B_0 [MPa]、前記内面螺旋溝付管の引張強さを B_1 [MPa] とした場合に、下記式 (3) を満たす、請求項 1 または 2 に記載の内面螺旋溝付管の製造方法。

$$0.02 < (B_1 - B_0) / B_0 < 0.10 \quad \dots (3)$$

20

【請求項 4】

3000系アルミニウム合金からなる内面螺旋溝付管であって、
平均結晶粒径 $80 \mu\text{m}$ 以下の再結晶組織から構成されており、
内表面から突出し、管軸の周囲を旋回するらせん状を呈する多数のフィンと、
前記フィン同士の間形成された溝と、を有している、
内面螺旋溝付管。

【請求項 5】

引張強さが 115MPa 以上であり、耐力が 95MPa 以上であり、伸びが 20% 以上である、請求項 4 に記載の内面螺旋溝付管。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、内面螺旋溝付管及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

冷凍機器や空調機器等に組み込まれる蒸発器や凝縮器等の熱交換器は、内部に冷媒を流通させる伝熱管を有している。この種の伝熱管として、管の内表面から突出している多数のフィンと、フィン同士の間形成された溝とを備えた内面溝付管がある。管の内表面に設けられた溝は、管内部の表面積を増加させる、冷媒を攪拌する、毛細管現象により管の内表面に液膜を保持しやすくする等の効果を奏する。内面溝付管は、これらの効果により、管内部の冷媒を効率よく蒸発または凝縮させることができる。

40

【0003】

従来、内面溝付管としては、銅材からなり、転造加工によって内表面にらせん状のフィン及び溝が設けられた内面螺旋溝付管が多用されている。しかし、近年では、銅管に替えて、素材コストが銅に比べて低く、リサイクルが容易なアルミニウム材（アルミニウム及びアルミニウム合金を含む。以下同じ。）からなる内面螺旋溝付管の需要が増加しつつある。

【0004】

アルミニウム材からなる管は、銅管に比べて転造加工性が低いため、転造加工により管の内面にらせん状の溝及びフィンを形成することが難しい。そのため、管軸に平行な方向

50

に延設された直線状の溝及びフィンを有する素管を準備し、この素管に管軸を中心とするねじり加工を施すことにより、管の内面の溝及びフィンをらせん状に変形させる技術が提案されている。

【0005】

例えば、特許文献1には、内面に直線溝を有する管を素管とし、引抜きダイスの手前側でねじって引抜きを行う内面螺旋溝付管の製造方法が記載されている。素管を構成するアルミニウム材は、引抜きダイスにおいて外径を縮小する縮管加工が施される際に塑性流動する。そのため、管軸を中心として回転させながら素管に縮管加工を施すことにより、上記の塑性流動を利用して管の内面の溝及びフィンをらせん状に変形させることができる。

【0006】

しかし、素管に縮管加工を施す場合、加工硬化により内面螺旋溝付管の硬度が素管に比べて高くなる。特許文献2及び特許文献3には、内面螺旋溝付管を焼き鈍しすることにより、縮管加工時の加工硬化を解消する技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平10-166086号公報

【特許文献2】特開2014-140896号公報

【特許文献3】特開2014-140897号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1～3の製造方法では、上述したように、引抜きダイス内でのアルミニウム材の塑性流動を利用し、引抜きダイスの入口側において素管の内面の溝及びフィンをらせん状に変形させている。これらの方法において、引抜きダイスを通過した内面螺旋溝付管は、素管よりも外径が縮小された分、素管に比べて管軸方向に引き伸ばされている。そのため、内面螺旋溝付管における溝のねじれ角は、引抜きダイスの入口側における溝のねじれ角よりも小さくなる。このように、特許文献1～3のような縮管加工を伴うねじり加工は、縮管加工の際に溝のねじれ角が減少するため、本質的に加工効率が低いという問題がある。

【0009】

また、特許文献2～3には、素管への回転の付与と縮管加工とを繰り返し行うことにより、溝のねじれ角を大きくする技術も記載されている。縮管加工が施されると、外径の縮小に応じて溝の幅が狭くなるとともに、溝同士の間介在するフィンの高さが低くなる。その反面、溝の底部における肉厚は、外径の縮小に対応して減少せず、かえって縮管加工によって増大する。

【0010】

このように、縮管加工においては、素管全体の寸法が一様に縮小するわけではなく、素管の位置によって寸法変化の態様が異なるため、内面螺旋溝付管の断面形状が素管の断面形状から変化する。そのため、素管への回転の付与と縮管加工とを繰り返し行う場合には、最終的に得られる内面螺旋溝付管の断面形状が所望の形状とは異なる形状となり、伝熱性能の悪化を招くおそれがある。

【0011】

また、例えば内面螺旋溝付管において、溝の底部の肉厚を薄くしようとする場合には、素管における溝の底部の肉厚を内面螺旋溝付管よりも更に薄くする必要がある。この場合には、素管の断面が楕円状や長円状等の偏平な形状になりやすく、製造コストの増大や内面螺旋溝付管の品質のパラツキの増大を招くおそれもある。

【0012】

更に、素管への回転の付与と縮管加工とを繰り返し行う場合には、縮管加工が完了する度に焼き鈍しを行って加工硬化を解消する必要があるため、工程数の増大及び製造設備の

10

20

30

40

50

複雑化を招くおそれがある。また、製造設備の複雑化に伴い、設備コスト及びランニングコストの増大等の問題を生じるおそれもある。

【0013】

本発明は、かかる背景に鑑みてなされたものであり、簡素な工程により溝のねじれ角を大きくすることができる内面螺旋溝付管の製造方法を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の一態様は、内表面から突出し、管軸に平行な方向に延設された多数のフィンと、前記フィン同士の間形成された溝と、を備え、アルミニウム材からなる素管を準備し、

前記素管に、前記管軸を中心とするねじりモーメントを付与しながら前記管軸に直交する方向へ曲げる曲げ加工を施すことにより、前記フィン及び前記溝を前記管軸の周囲を旋回するらせん状に塑性変形させる、内面螺旋溝付管の製造方法にある。

【発明の効果】

【0015】

前記内面螺旋溝付管の製造方法においては、管軸に平行な方向に延設された多数のフィンと、フィン同士の間形成された溝とを有する素管を準備し、この素管に、管軸を中心とするねじりモーメントを付与しながら管軸に直交する方向へ曲げる曲げ加工を施す。このように、曲げ加工において、素管にねじりモーメントと曲げモーメントとを同時に付与することにより、曲げモーメントを付与しない場合に比べて小さいねじりモーメントで素管を塑性変形させることができる。その結果、素管の内表面に設けられた直線状のフィン及び溝を管軸の周りを旋回するらせん状に塑性変形させ、内面螺旋溝付管を得ることができる。

【0016】

前記製造方法は、縮管加工によらずにフィン及び溝をらせん状に塑性変形させることができる。そのため、溝のねじれ角の減少、素管からの断面形状の変化、製造工程の複雑化及び製造コストの増加等の、縮管加工を伴う従来の製造方法における種々の問題を回避し、簡素な工程により溝のねじれ角が大きい内面螺旋溝付管を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施例1における、内面螺旋溝付管の製造方法の説明図である。

【図2】図2における、第1ロールベンダーの拡大図である。

【図3】実施例2における、素管の管軸に垂直な断面の断面図である。

【図4】比較例2における、縮管加工時の素管の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

前記製造方法において、内面螺旋溝付管の素材となる素管は、内表面から突出している多数のフィンと、フィン同士の間形成された溝とを有している。また、素管におけるフィン及び溝は、管軸に平行な方向に延設された直線状を呈している。素管の外径、溝の底部の肉厚、フィンの条数、高さ及び頂角は、得ようとする内面螺旋溝付管の外径等に応じて適宜設定することができる。

【0019】

具体的には、素管の外径は、例えば5～10mmの範囲から適宜設定することができる。また、溝の底部の肉厚は、0.30～0.70mmの範囲から適宜設定することができる。

【0020】

また、前記曲げ加工が施された素管をそのまま内面螺旋溝付管とする場合には、内面螺旋溝付管の断面形状は、素管の断面形状とほとんど同一の形状となる。それ故、この場合には、素管の外径、溝の底部の肉厚、フィンの条数、高さ及び頂角を、内面螺旋溝付管に

10

20

30

40

50

において所望する値に設定すればよい。

【0021】

素管は、押出加工により製造された押出材であってもよい。また、素管を構成するアルミニウム材の化学成分は、内面溝付管の用途や所望する特性に応じて公知のアルミニウム及びアルミニウム合金から選択することができる。例えば、アルミニウム材としては、JIS A3003合金等の3000系アルミニウム合金や、1000系アルミニウムを使用することができる。強度及び加工性の観点からは、アルミニウム材として3000系アルミニウム合金を採用することが好ましい。

【0022】

素管のフィン及び溝をらせん状に塑性変形させるに当たっては、前述したように、素管に、管軸を中心とするねじりモーメントを付与しながら管軸に直交する方向へ曲げる曲げ加工を施す。曲げ加工中の素管には、管軸を中心とするねじりモーメントと、管軸に直交する方向へ素管を曲げる曲げモーメントとが同時に付与される。これにより、曲げモーメントを付与しない場合に比べて低いねじりモーメントで素管を塑性変形させることができる。この理由は、例えば、以下のようにして説明することができる。

【0023】

素管にねじりモーメントを付与して塑性変形させようとする場合には、素管の降伏点よりも大きなせん断応力を与える必要がある。最大せん断応力説によれば、せん断応力 $[N \cdot m]$ は、素管の断面係数を Z 、ねじりモーメントの大きさを $T [N \cdot m]$ 、曲げモーメントの大きさを $M [N \cdot m]$ とした場合に、以下の式により表される。

$$= (T^2 + M^2)^{0.5} / 2Z$$

【0024】

熱交換器に用いられる内面螺旋溝付管は、比較的外径が細いため、ねじりモーメント T を大きくすることが難しい。また、ねじりモーメント T のみを大きくしようとする、素管が局部的に変形し、更にはこの変形点を起点として素管が座屈するおそれがある。これに対し、曲げモーメント M を大きくすることは、ねじりモーメント T に比べて容易である。それ故、ねじりモーメント T と曲げモーメント M とを同時に素管に付与することにより、素管の座屈を抑制しつつ、応力を大きくすることができる。その結果、素管のフィン及び溝を容易にらせん状に塑性変形させ、内面螺旋溝付管を得ることができる。

【0025】

前述の曲げ加工において、素管にねじりモーメントを付与する方法としては、例えば、曲げ加工機に対して上流側及び下流側のいずれか一方側において素管に管軸を中心とする回転を付与し、他方側において素管の回転を規制する方法がある。また、曲げ加工における素管の曲げ方向は、管軸に直交する方向であれば、いずれの方向であってもよい。例えば、素管の管軸方向を前後方向とした場合に、曲げの方向は、左右方向であってもよいし、上下方向であってもよい。また、左右方向又は上下方向に対して傾いた方向に素管を曲げることもできる。

【0026】

また、素管を曲げる回数は、1回であってもよいし、2回以上であってもよい。素管を曲げる回数を2回以上とする場合には、例えば、同一の方向へ繰り返し素管を曲げてよいし、上下方向へ素管を曲げた後に左右方向へ素管を曲げる等、曲げる方向を変更することもできる。

【0027】

前記曲げ加工においては、素管を管軸に直交する方向へ弾性変形させることが好ましい。曲げ加工の際に、素管の弾性限度以上の曲げ荷重を素管に印加すると、素管が曲げ方向に塑性変形するおそれがある。この場合には、かえって曲げモーメントが小さくなり、素管に付与されるせん断応力の低下を招くおそれがある。曲げ荷重の大きさを素管の弾性限度よりも小さくし、曲げ加工において素管を管軸に直交する方向へ弾性変形させることにより、かかる問題を回避し、フィン及び溝を効率よくらせん状に塑性変形させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

前記曲げ加工の前後においては、素管の外径を OD_0 [mm]、素管における溝の底部の肉厚を TF_0 [mm] とし、内面螺旋溝付管の外径を OD_1 [mm]、内面螺旋溝付管における溝の底部の肉厚を TF_1 [mm] とした場合に、下記式 (1) ~ 式 (2) を満たしていてもよい。

$$0 < (OD_1 - OD_0) / OD_0 < 0.03 \quad \dots (1)$$

$$0 < (TF_1 - TF_0) / TF_0 < 0.04 \quad \dots (2)$$

【 0 0 2 9 】

前述したように、縮管加工を伴う従来の製造方法では、内面螺旋溝付管の断面形状が縮管加工によって素管の断面形状から変化し、伝熱性能の悪化を招くおそれがあるという問題があった。これに対し、前記製造方法によれば、曲げ加工が施された素管をそのまま内面螺旋溝付管とすることができる。そのため、従来の製造方法において生じていた縮管加工時の意図しない断面形状の変化を抑制し、前記式 (1) ~ 式 (2) のように、素管の断面形状と概ね相似形となる断面形状を備えた内面螺旋溝付管を得ることができる。その結果、内面螺旋溝付管の伝熱性能の悪化を容易に回避することができる。

10

【 0 0 3 0 】

また、前記製造方法においては、素管の引張強さを B_0 [MPa]、内面螺旋溝付管の引張強さを B_1 [MPa] とした場合に、下記式 (3) を満たしていてもよい。

$$0.02 < (B_1 - B_0) / B_0 < 0.10 \quad \dots (3)$$

【 0 0 3 1 】

前述したように、縮管加工を伴う従来の製造方法では、通常、縮管加工時の加工硬化を解消するための焼き鈍しが行われている。しかし、焼き鈍しを行う場合には、内面螺旋溝付管のアルミニウム材が再結晶し、素管に比べて引張強さ及び疲労強度が低下するおそれがある。

20

【 0 0 3 2 】

これに対し、前記製造方法においては、前述したように、曲げ加工が施された素管をそのまま内面螺旋溝付管とすることができるため、前記式 (3) のように、内面螺旋溝付管における引張強さを素管と同等以上にすることができる。このように、前記製造方法によれば、焼き鈍しによる引張強さ等の低下を回避し、従来の製造方法による内面螺旋溝付管に比べて高い強度特性を備えた内面螺旋溝付管を得ることができる。

30

【 0 0 3 3 】

なお、前記製造方法においては、必要に応じて、曲げ加工の後に応力除去焼鈍等の熱処理や、拡管加工等の加工を追加して行うこともできる。

【 0 0 3 4 】

前記製造方法により得られる内面螺旋溝付管は、内表面に、多数のフィンと、フィン同士の間に形成された溝と、を有している。また、内面螺旋溝付管におけるフィン及び溝は、管軸の周囲を旋回するらせん状を呈している。内面螺旋溝付管における溝のねじれ角、即ち、管軸方向と溝の延設方向とのなす角度は、例えば、0度を超え30度以下とすることができる。

【 0 0 3 5 】

内面螺旋溝付管の伝熱性能をより高める観点からは、溝のねじれ角を大きくすることが好ましい。しかし、溝のねじれ角が大きくなると、内面螺旋溝付管の製造コストの増大を招くおそれがある。従って、製造コストの増大を抑制しつつ伝熱性能をより高める観点から、溝のねじれ角を5度以上20度以下とすることが好ましい。

40

【 0 0 3 6 】

前記製造方法において、曲げ加工を施した素管をそのまま内面螺旋溝付管とする場合には、素管の金属組織とほとんど同一の金属組織を備えた内面螺旋溝付管を得ることができる。例えば、A3000合金等の3000系アルミニウム合金からなる素管を使用する場合には、得られる内面螺旋溝付管の組織を、平均結晶粒径80μm以下の再結晶組織とすることができる。また、この場合には、内面螺旋溝付管の引張強さを115MPa以上、

50

耐力を95MPa以上、伸びを20%以上とすることができる。

【0037】

かかる特性を備えた内面螺旋溝付管は、機械拡管加工における加工性に優れているため、例えば、内面螺旋溝付管とフィンとが機械拡管加工によって接合されてなるクロスフィン型熱交換器に好適に使用することができる。また、前記内面螺旋溝付管は、クロスフィン型熱交換器以外の用途にも適用することができる。なお、内面螺旋溝付管の平均結晶粒径は、例えば、JIS G0551 (ASTM E 112-96、ASTM E 1382-97)に規定された切断法に準じて算出することができる。

【実施例】

【0038】

(実施例1)

前記内面螺旋溝付管及びその製造方法の実施例を、図1及び図2を用いて説明する。本例の内面螺旋溝付管の製造方法においては、まず、アルミニウム材からなる素管2 (図2参照)を準備する。素管2は、図2に示すように、内表面から突出し、管軸20に平行な方向に延設された多数のフィン21と、フィン21同士の間形成された溝22と、を有している。

【0039】

図2に示すように、この素管2に管軸20を中心とするねじりモーメントを付与しながら管軸20に直交する方向(矢印m)へ曲げる曲げ加工を施すことにより、フィン21及び溝22を、管軸20の周囲を旋回するらせん状に塑性変形させる。以上により、管軸10の周囲を旋回するらせん状のフィン11及び溝12を備えた内面螺旋溝付管1を得ることができる。

【0040】

以下、本例において使用した内面螺旋溝付管1の製造装置3の構成を説明しつつ、前記製造方法をより具体的に説明する。本例の製造装置3は、図1に示すように、素管送出部4と、ベンダー部5と、回転規制部6と、巻き取り部7とを有している。素管送出部4から引き出された素管2は、ベンダー部5においてねじりモーメントが付与された状態で曲げ加工が施され、内面螺旋溝付管1となる。ベンダー部5を通過した内面螺旋溝付管1は、回転規制部6によって巻き取り部7へ向かって搬送され、巻き取り部7により巻き取られる。

【0041】

素管送出部4は、素管2が巻回された操出ドラム41と、素管2の搬送方向200に延設され、操出ドラム41の中心軸411を回転可能に保持するドラム保持部42と、ドラム保持部42を支持するフレーム43と、を有している。素管2は、回転規制部6における搬送ベルト61(後述)の回転に従って操出ドラム41から引き出され、搬送方向200に沿ってベンダー部5へ導かれる。

【0042】

また、素管送出部4は、操出ドラム41をドラム保持部42ごと素管2の搬送方向200を中心として回動させるモータ44と、モータ44の駆動力をドラム保持部42に伝達する伝達ベルト45とを有している。素管送出部4においてモータ44を駆動させた場合、モータ44の駆動力が伝達ベルト45を介してドラム保持部42に伝達される。これにより、操出ドラム41がドラム保持部42とともに素管2の搬送方向200を中心として回動する(図1、矢印412)。その結果、操出ドラム41から引き出された素管2を、図2に示すように管軸20を中心として回動させることができる(図2、矢印t)。

【0043】

素管送出部4から送り出された素管2は、管軸20を中心として回動しながら搬送方向200に沿って搬送され、ベンダー部5へ導かれる。

【0044】

ベンダー部5は、搬送方向200における上流側、即ち素管送出部4側に位置する第1ロールベンダー51と、下流側、即ち巻き取り部7側に位置する第2ロールベンダー52

10

20

30

40

50

と、を有している。第1ロールベンダー51は、搬送方向200に間隔を開けて配置された2本の下側ロール511と、搬送方向200において2本の下側ロール511の間に配置された上側ロール512と、を有している。上側ロール512は、その下端が下側ロール511の上端よりも下方に位置するように配置されている。

【0045】

ベンダー部5に導かれた素管2は、第1ロールベンダー51における下側ロール511と上側ロール512との間に進入する。図2に示すように、第1ロールベンダー51の入口において、素管2のフィン21及び溝22は管軸20に平行な方向に延設された直線状を呈している。また、第1ロールベンダー51の入口において、素管2は、管軸20を中心として矢印tの方向に回転している。この素管2の回転は、後述するように回転規制部6によって規制されている。そのため、下側ロール511と上側ロール512との間を通過する際、素管2は管軸20を中心として矢印tの方向にねじられている。

10

【0046】

下側ロール511と上側ロール512との間に進入した素管2には、下方(矢印m)への曲げ荷重が印加される。また、前述したように、素管2は、下側ロール511と上側ロール512との間において、管軸20を中心として矢印tの方向にねじられている。

【0047】

これらの結果、下側ロール511と上側ロール512との間を通過する際に、素管2には、管軸20を中心とするねじりモーメントが付与された状態で下方に曲げる曲げ加工が施される。素管2のフィン21及び溝22は、曲げ加工により、下側ロール511と上側ロール512との間を搬送方向200に沿って移動しながら徐々にらせん状に塑性変形する。これにより、第1ロールベンダー51の出口において、管軸10を中心として旋回するらせん状のフィン11と、フィン11同士の間形成された溝12とを内表面に備えた内面螺旋溝付管1を得ることができる。

20

【0048】

第1ロールベンダー51を通過した内面螺旋溝付管1は、第2ロールベンダー52へ導かれる。第2ロールベンダー52は、搬送方向200に間隔を開けて配置された2本の上側ロール522と、搬送方向200において2本の上側ロール522の間に配置された下側ロール521と、を有している。また、下側ロール521は、その上端が上側ロール522の下端よりも上方に位置するように配置されている。

30

【0049】

図には示さないが、第2ロールベンダー52内の内面螺旋溝付管1は、第1ロールベンダー51内の素管2と同様に、管軸10を中心として矢印tの方向にねじられている。また、内面螺旋溝付管1には、管軸10を中心とするねじりモーメントが付与された状態で上側ロール522及び下側ロール521によって上方へ曲げる曲げ加工が施される。これにより、第2ロールベンダー52の出口における溝12のねじれ角(図2参照)、即ち、管軸10に平行な方向に対する溝12の延設方向のなす角度を、第1ロールベンダー51の出口における溝12のねじれ角よりも大きくすることができる。

【0050】

以上のように、本例のベンダー部5は、上下方向に曲げる曲げ加工を素管2に施すことができる。そして、ベンダー部5において、管軸20を中心とするねじりモーメントを付与しながら素管2に曲げ加工を施すことにより、所望する溝12のねじれ角を備えた内面螺旋溝付管1を得ることができる。ベンダー部5を通過した内面螺旋溝付管1は、搬送方向200に沿って搬送され、回転規制部6へ導かれる。

40

【0051】

図1に示すように、回転規制部6は、内面螺旋溝付管1を上下方向から挟持する一対の搬送ベルト61を有している。搬送ベルト61は、内面螺旋溝付管1を上下方向から押し、管軸10を中心とする矢印t(図2参照)の方向への回転を規制することができる。また、搬送ベルト61は、自身の回転によって素管2を操出ドラム41から引き出して搬送方向200に沿って搬送するとともに、内面螺旋溝付管1を巻き取り部7へ向けて搬送

50

することができる。

【0052】

回転規制部6によって搬送方向200へ送り出された内面螺旋溝付管1は、巻き取り部7によって巻き取られる。

【0053】

次に、本例の内面螺旋溝付管1の製造方法の作用効果を説明する。図1及び図2に示すように、本例の製造方法においては、管軸20に平行な方向に延設された多数のフィン21と、フィン同士の間形成された溝22とを有する素管2を準備し、この素管2に、管軸20を中心とするねじりモーメントを付与しながら管軸20に直交する上下方向へ曲げる曲げ加工を施す。このように、素管2にねじりモーメントと曲げモーメントとを同時に付与することにより、曲げモーメントを付与しない場合に比べて小さいねじりモーメントで素管2を塑性変形させることができる。その結果、素管2の内表面に設けられた直線状のフィン21及び溝22をらせん状に塑性変形させ、内面螺旋溝付管1を得ることができる。

10

【0054】

本例の製造方法は、縮管加工によらずにフィン21及び溝22をらせん状に塑性変形させることができる。そのため、溝22のねじれ角の減少、素管2からの断面形状の変化、製造工程の複雑化及び製造コストの増加等の、縮管加工を伴う従来の製造方法における種々の問題を回避し、簡素な工程により溝12のねじれ角が大きい内面螺旋溝付管1を作製することができる。

20

【0055】

素管2に曲げ加工を施すための具体的な構成は、本例の製造装置3の構成に限定されるものではない。例えば本例の製造装置3では、ベンダー部5において、第1ロールベンダー51及び第2ロールベンダー52の2基のロールベンダーにより素管2に曲げ加工を施したが、ロールベンダーの数は、1基であってもよいし、3基以上であってもよい。また、素管2を曲げる方向についても、左右方向等の上下方向以外の方向とすることができる。更に、ロールベンダー以外の曲げ加工機等を使用して素管を曲げることも可能である。

【0056】

本例の製造方法において、操出ドラム41の回転速度及び素管2の搬送速度は、所望する溝12のねじれ角の大きさに応じて適宜設定することができる。例えば、操出ドラム41の回転速度を速くする、あるいは、素管2の搬送速度を遅くすることにより、ベンダー部5における素管2のねじり量を大きくすることができる。その結果、溝12のねじれ角の大きな内面螺旋溝付管1を作製することができる。

30

【0057】

(実施例2)

本例は、前記製造方法により作製された内面螺旋溝付管1の例である。なお、本例以降において使用する符号のうち、既出の実施例及び比較例で使用した符号と同一のものは、特に説明のない限り、既出の実施例等における構成要素等と同様の構成要素等を示す。

【0058】

本例では、素管2として、平均結晶粒径30 μ mの再結晶組織を備え、A3003-H112材からなる押出型材を準備した。本例の素管2は、図3に示すように、その内表面に、管軸20(図示略)に平行な方向に延設された多数のフィン21と、フィン21同士の間形成された溝22とを有している。フィン21の本数及び溝22の本数は、例えば、30~70本の範囲から適宜設定することができる。本例においては、フィン21の本数及び溝22の本数を50本とした。

40

【0059】

素管2の外径 OD_0 は、例えば、5~10mmの範囲から適宜設定することができる。本例の素管2を操出ドラム41から引き出し、種々の位置における素管2の外径を測定したところ、測定位置によって外径がわずかに変化していた。本例においては、これらの測定結果に基づいて得られた外径の最大値と最小値との平均値を素管の外径 OD_0 とした。

50

素管の外径 OD_0 は、具体的には7.00mmであった。また、外径の測定結果に基づいて、外径の最大値と外径の最小値との差を算出し、この値を外径偏差 D として表1に記載した。外径偏差 D の値は、具体的には0.25mmであった。

【0060】

フィン21は、図3に示すように、素管2の内表面から突出している。また、フィン21は、管軸20に垂直な断面において、管軸20に近いほど幅が狭くなる台形状を呈している。溝22の底部221を基準とした場合の径方向のフィン21の高さ HF_0 は、例えば、0.10~0.40mmの範囲から適宜設定することができる。また、フィン21の頂角 θ_0 、即ち、管軸20に垂直な断面における、フィン21の側面211の延長線 L 同士の間角度は、例えば、0度超え20度未満の範囲から適宜設定することができる。本例においては、フィン21の高さ HF_0 は0.28mm、フィン21の頂角 θ_0 は10度とした。

10

【0061】

溝22の底部221における肉厚 TF_0 (図3参照)は、例えば、0.30~0.70mmの範囲から適宜設定することができる。本例においては、溝22の底部221における肉厚 TF_0 は0.40mmとした。

【0062】

かかる構成を有する素管2について、JIS Z2241の規定に準じた方法により引張試験を実施し、引張強さ B_0 、耐力及び伸びの値を測定した。これらの結果は、表1に示した通りであった。

20

【0063】

また、素管2に、実施例1に示した方法と同様の方法によって曲げ加工を施し、溝12のねじれ角 α が10度である内面螺旋溝付管1を作製した。得られた内面螺旋溝付管1について管軸10に垂直な断面を観察し、素管2と同様の方法により外径 OD_1 、溝12の底部における肉厚 TF_1 、フィン11の高さ HF_1 、フィン11の頂角 θ_1 を測定した(図示略)。更に、JIS Z2241の規定に準じた方法により内面螺旋溝付管1の引張試験を実施し、引張強さ B_1 、耐力及び伸びの値を測定した。これらの結果は、表1に示した通りであった。また、本例の内面螺旋溝付管1は、素管2と同様に、平均結晶粒径30 μ mの再結晶組織を有していた。

【0064】

本例の内面螺旋溝付管1に曲げピッチ21mmのヘアピン曲げ加工を施したところ、加工後の割れや座屈等は発生しなかった。

30

【0065】

(実施例3)

本例においては、溝12のねじれ角 α を15度にした以外は、実施例2と同様の方法により内面螺旋溝付管1を作製した。そして、得られた内面螺旋溝付管1の外径 OD_1 等の値を実施例2と同様の方法により測定した。これらの結果は、表1に示した通りであった。また、本例の内面螺旋溝付管1は、素管2と同様に、平均結晶粒径30 μ mの再結晶組織を有していた。

【0066】

本例の内面螺旋溝付管1に曲げピッチ21mmのヘアピン曲げ加工を施したところ、加工後の割れや座屈等は発生しなかった。

40

【0067】

(比較例1)

本例は、素管2にねじりモーメントのみを付与し、曲げモーメントを付与しない製造方法の例である。本例においては、素管送出部4から引き出された素管2を、ベンダー部5を介さずに直接回転規制部6へ導いた。また、本例では、素管2が座屈しない範囲でねじり量を限界まで大きくした。これら以外は、実施例2と同様の方法により内面螺旋溝付管1を作製した。得られた内面螺旋溝付管1の断面形状等について実施例2と同様の評価を行った。本例の内面螺旋溝付管1の断面形状等は、表1に示した通りであった。

50

【 0 0 6 8 】

表 1 に示したように、本例の内面螺旋溝付管 8 は、溝のねじれ角 が 1 . 5 度となった。また、これ以上ねじりモーメントを大きくした場合には、素管 2 が座屈し、内面螺旋溝付管 1 を作製することができなかった。

【 0 0 6 9 】

(比較例 2)

本例は、縮径加工を伴う従来の内面螺旋溝付管 8 の製造方法の例である。本例においては、縮径加工による外径の縮小及び溝 1 2 の底部における肉厚の増加を考慮し、外径 OD_0 が 8 mm、溝 2 2 の底部 2 2 1 における肉厚 TF_0 が 0 . 3 8 mm である素管 2 を使用した。図 4 に示すように、管軸 2 0 を中心として矢印 u の方向に回転させながら素管 2 を引抜きダイス 9 に導入し、引抜きダイス 9 の縮径部 9 1 において外径を縮小させる縮径加工を行った。縮径加工の際に素管 2 に付与するねじりモーメントの大きさは、2 . 3 2 N · m とした。

10

【 0 0 7 0 】

縮径加工後の内面螺旋溝付管 8 について、実施例 2 と同様の評価を行った。その結果、本例の内面螺旋溝付管 8 の断面形状は、表 1 に示すように、実施例 2 の内面螺旋溝付管 1 と概ね同一となった。

【 0 0 7 1 】

しかし、本例の内面螺旋溝付管 8 は、縮径加工の際に金属組織が加工組織となった。また、加工硬化により、実施例 2 の内面螺旋溝付管 1 に比べて引張強さ B_1 及び耐力が高くなるとともに、伸びが低下した。そのため、本例の内面螺旋溝付管 8 に曲げピッチ 2 1 mm のヘアピン曲げ加工を施したところ、加工後に内面螺旋溝付管 8 の割れや座屈等が発生した。

20

【 0 0 7 2 】

(比較例 3)

本例は、比較例 2 の内面螺旋溝付管 8 の加工性を向上させるため、縮径加工後に焼き鈍しを行った例である。本例においては、比較例 2 と同様の方法により内面螺旋溝付管 8 を作製した後、内面螺旋溝付管 8 を 4 2 0 で 1 時間加熱して焼き鈍しを行った。そして、得られた内面螺旋溝付管 8 について実施例 2 と同様の評価を行った。

【 0 0 7 3 】

表 1 に示したように、本例の内面螺旋溝付管 8 は、焼き鈍しにより比較例 2 の内面螺旋溝付管 8 に比べて伸びが高くなった。そのため、本例の内面螺旋溝付管 8 は、曲げピッチ 2 1 mm のヘアピン曲げ加工を施した後の割れや座屈等の発生を抑制することができた。

30

【 0 0 7 4 】

しかし、本例の内面螺旋溝付管 8 は、焼き鈍しによって再結晶が進行したため、金属組織が平均結晶粒径 1 2 0 μ m の再結晶組織となった。また、焼き鈍しによって加工硬化が解消されたため、実施例 2 の内面螺旋溝付管 1 に比べて引張強さ B_1 及び耐力が低下した。

【 0 0 7 5 】

(比較例 4)

本例は、従来 of 製造方法において、より外径 OD_0 の太い素管 2 を使用した例である。本例においては、外径 OD_0 が 9 . 5 2 mm であり、溝 2 2 の底部 2 2 1 における肉厚 TF_0 が 0 . 3 6 mm である素管 2 を使用し、比較例 2 と同様の方法により内面螺旋溝付管 8 の作製を試みた。

40

【 0 0 7 6 】

しかし、本例では、溝 2 2 の底部 2 2 1 における肉厚 TF_0 が薄いため、操出ドラム 4 1 から送り出された素管 2 の外径偏差 D が実施例 2 に比べて大きくなった。その結果、引抜きダイス 9 の入口において素管 2 に座屈が発生した。それ故、本例においては、内面螺旋溝付管 8 を作製することができなかった。

【 0 0 7 7 】

50

【表 1】

製造工程	実施例2		実施例3		比較例1		比較例2		比較例3		比較例4	
	なし	なし	なし	なし	なし	なし	有り	有り	有り	有り	有り	有り
縮径加工	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
焼き鈍し	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
外径OD ₀	mm	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	9.52
外径偏差ΔD	mm	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.55
肉厚TF ₀	mm	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36
TF ₀ /OD ₀	-	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.038
フィンの高さHF ₀	mm	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30
フィンの本数	本	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
フィンの頂角γ ₀	度	10	10	10	10	10	13	13	13	13	13	15
耐力	MPa	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	71
引張強さσ _{B0}	MPa	116	116	116	116	116	115	115	115	115	115	115
伸び	%	36	36	36	36	36	38	38	38	38	38	34
金属組織	-	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織
平均結晶粒径	μm	30	30	30	30	30	35	35	35	35	35	40
ねじりモーメント	N・m	1.08	1.08	1.08	1.81	1.81	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	3.20
曲げモーメント	N・m	1.45	1.45	1.45	0	0	-	-	-	-	-	-
外径OD ₁	mm	7.05	7.08	7.08	7.02	7.02	7.02	7.02	7.02	7.02	7.02	-
肉厚TF ₁	mm	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	-
フィンの高さHF ₁	mm	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	-
フィンの本数	本	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	-
フィンの頂角γ ₁	度	10.5	11	11	10	10	11	11	11	11	11	-
溝のねじれ角α	度	10	15	15	1.5	1.5	15	15	15	15	15	-
耐力	MPa	99	105	105	86	86	130	130	130	130	130	-
引張強さσ _{B1}	MPa	120	123	123	117	117	145	145	145	145	145	-
伸び	%	28	26	26	34	34	9	9	9	9	9	-
金属組織	-	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	再結晶組織	加工組織	加工組織	加工組織	加工組織	加工組織	-
平均結晶粒径	μm	30	30	30	30	30	-	-	-	-	-	120
ヘアピン曲げ	-	可能	可能	可能	可能	可能	不可能	不可能	不可能	可能	可能	-
外径の変化率 (OD ₁ -OD ₀)/OD ₀	-	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-
肉厚の変化率 (TF ₁ -TF ₀)/TF ₀	-	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	-
引張強さの変化率 (σ _{B1} -σ _{B0})/σ _{B0}	-	0.03	0.06	0.06	0.01	0.01	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	-0.15

【0078】

表 1 に、これらの実施例及び比較例の結果をまとめて示す。表 1 から理解できるように、素管 2 に、管軸を中心とするねじりモーメントを付与しながら管軸と直交する方向に曲げる曲げ加工を施すことにより、溝 1 2 のねじれ角 α の大きな内面螺旋溝付管 1 を容易に作製することができる。また、かかる方法によれば、内面螺旋溝付管 1 の断面形状の意図しない変化を抑制し、伝熱性能の悪化を回避することができる。さらに、前記製造方法によれば、内面螺旋溝付管 1 の機械的特性の悪化を回避することができるため、ヘアピン曲

げ加工等の種々の加工性に優れた内面螺旋溝付管 1 を作製することができる。

【0079】

このように、前記製造方法により作製された内面螺旋溝付管 1 は、クロスフィン型熱交換器用として好適である。

【0080】

一方、比較例 1 に示したように、ねじりモーメントのみを付与して素管 2 のフィン 2 1 及び溝 2 2 をらせん状に塑性変形させようとする場合には、溝 1 2 のねじれ角 を大きくすることが困難である。

【0081】

また、比較例 2 に示したように、縮管加工を伴う従来の製造方法では、縮管加工後に焼き鈍しを行わなければ、内面螺旋溝付管 8 の加工性を向上させることが困難である。

比較例 3 に示したように、縮管加工後に焼き鈍しを行う場合、素管 2 の機械的特性が損なわれる。また、比較例 3 に示した内面螺旋溝付管 8 は、実施例 2 の内面螺旋溝付管 1 に比べて平均結晶粒径が大きく、かつ、引張強さ σ_{B1} 及び耐力が小さいため、管内に冷媒を流通させた際の耐圧強度や疲労強度が低下するおそれがある。

【0082】

また、従来の製造方法は、比較例 4 に示したように、使用可能な素管 2 の形状に制限がある。

【符号の説明】

【0083】

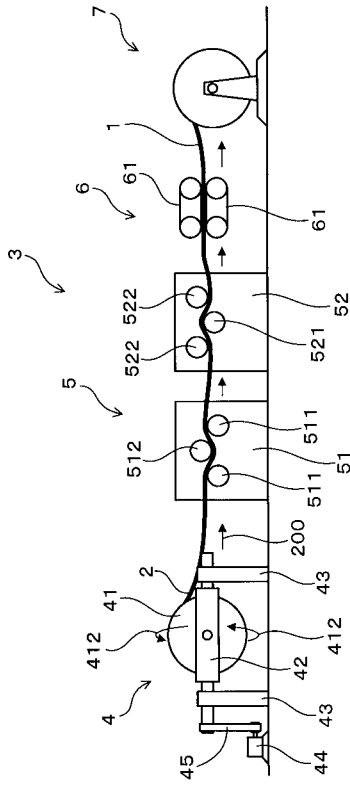
- 1 内面螺旋溝付管
- 10 管軸
- 11 フィン
- 12 溝
- 2 素管
- 20 管軸
- 21 フィン
- 22 溝

10

20

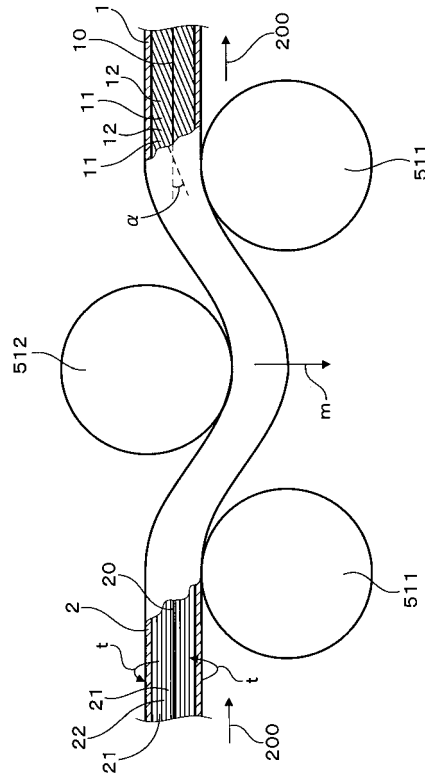
【 図 1 】

(図 1)



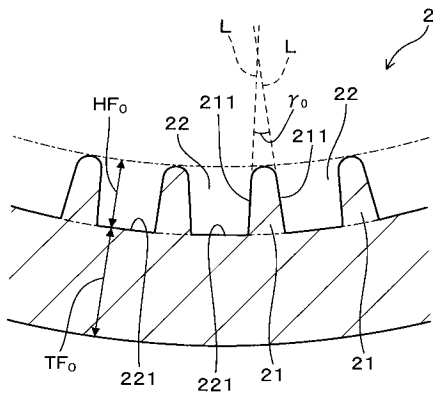
【 図 2 】

(図 2)



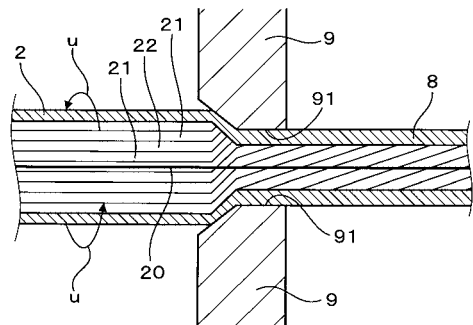
【 図 3 】

(図 3)



【 図 4 】

(図 4)



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
F 2 5 B 39/00	(2006.01)		F 2 5 B	39/00	Q	
B 2 1 D 11/14	(2006.01)		B 2 1 D	11/14		

Fターム(参考) 3L103 AA01 AA35 BB42 CC18 CC22 CC30 DD03 DD33 DD36 DD69
DD70 DD85
4E063 AA04 BB01 MA02 MA17