(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2004-223530
(P2004-223530A)
(43)公開日　平成16年8月12日(2004.8.12)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
B21D 7/16	B21D 7/16		4E063
B21D 7/025	B21D 7/025	B	4E087
B21J 5/08	B21J 5/08	Z	

審査請求 有　請求項の数 21　ＯＬ　（全 26 頁）

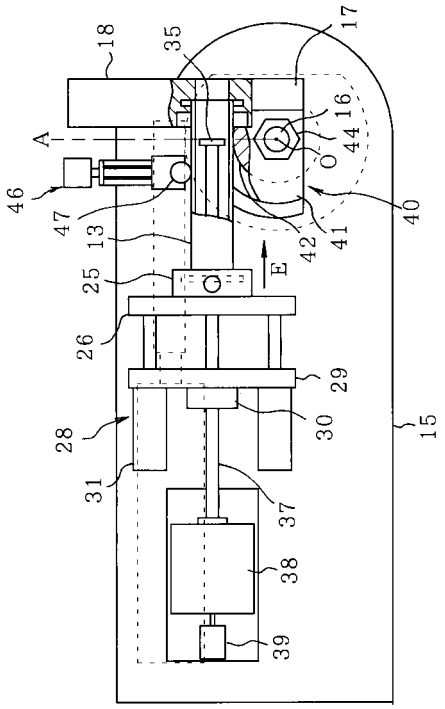
(21)出願番号　特願2003-11685(P2003-11685)
(22)出願日　平成15年1月20日(2003.1.20)

(71)出願人　000208695
第一高周波工業株式会社
東京都中央区日本橋馬喰町１丁目６番２号
(74)代理人　100075971
弁理士　乗松　恭三
(72)発明者　花本　幸満
神奈川県川崎市川崎区殿町２丁目１７番８号　第一高周波工業株式会社内
(72)発明者　白石　龍見
神奈川県川崎市川崎区殿町２丁目１７番８号　第一高周波工業株式会社内

Ｆターム(参考)　4E063 AA04　BC11　KA04　KA06
4E087 CA35　CC05

(54)【発明の名称】金属曲管の製造方法及び曲げ加工装置

(57)【要約】
【課題】金属製の直管をじゃばらや扁平を生じることなく、高速で曲げ加工する技術を提供する。
【解決手段】管１３の管軸方向の小区間を誘導コイル３５により塑性変形容易な温度に加熱し、管１３を前進させることによって加熱した領域を管軸方向に相対移動させながら曲げアーム１７の旋回によってその加熱領域に曲げモーメントを作用させて曲げ変形させ、管を連続的に曲げ加工する方法及び装置において、誘導コイル３５を管内に配置すると共に、曲げ加工中、管１３の曲げ変形を生じている領域の曲げ内側部外周面及び曲げ中立部の両側の外周面を、曲げアーム１７と一緒に回転する形状保整ガイド４１の規制面４２で規制してじゃばら発生及び扁平化を防止する構成とし、曲げ加工速度の増速を可能とする。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
金属製の直管に対して、該管の管軸方向の小区間を誘導加熱により塑性変形容易な温度に加熱し、その加熱によって形成した加熱部を管軸方向に相対的に移動させながら該加熱部に曲げモーメントを付与して曲げ変形させその直後に冷却する曲げ加工操作を施して、曲管部とその両端の直管状の管端部とを備えた金属曲管を製造する方法において、前記誘導加熱のための誘導コイルを前記管の内側のみに配して、且つ、管外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ中立部両側外周面を常設型具で規制しながら曲げ加工操作を行うことを特徴とする金属曲管の製造方法。
【請求項２】
金属製の直管に対して、該管の管軸方向の小区間を誘導加熱により塑性変形容易な温度に加熱し、その加熱によって形成した加熱部を管軸方向に相対的に移動させながら該加熱部に曲げモーメントを付与して曲げ変形させその直後に冷却する曲げ加工操作を施して、曲管部とその両端の直管状の管端部とを備えた金属曲管を製造する方法において、前記誘導加熱のための誘導コイルを前記管の内側のみに配して、且つ、管外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面を常設型具で規制しながら曲げ加工操作を行うことを特徴とする金属曲管の製造方法。
【請求項３】
金属製の直管に対して、該管の管軸方向の小区間を誘導加熱により塑性変形容易な温度に加熱し、その加熱によって形成した加熱部を管軸方向に相対的に移動させながら該加熱部に曲げモーメントを付与して曲げ変形させその直後に冷却する曲げ加工操作を施して、曲管部とその両端の直管状の管端部とを備えた金属曲管を製造する方法において、前記誘導加熱のための誘導コイルを前記管の内側のみに配して、且つ、管外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側外周面とを常設型具で規制しながら曲げ加工操作を行うことを特徴とする金属曲管の製造方法。
【請求項４】
前記管に対する曲げ加工操作に先立って、該管の曲げ始点の先方に隣り合う直管部分に対して、管を管軸方向に圧縮して管肉厚を増厚させる熱間据込み加工により管肉厚を前記曲げ始点に向けて漸増させる操作を行い、この操作に引き続いて前記曲げ加工操作に移行する、請求項１から３のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法。
【請求項５】
前記管に対する曲げ加工操作を行い、該管の曲げ終点に達したら、その後方に隣り合う直管部分に対して、管を管軸方向に圧縮して管肉厚を増厚させる熱間据込み加工により管肉厚を前記曲げ終点を起点として漸減させる操作を行う、請求項１から４のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法。
【請求項６】
前記管の曲げ終点の後方に位置する直管部分に対して、管端を管軸方向に押し込んで管肉厚を増厚させる熱間据込み加工を施し、その際の管端の押込み終点位置を調整することで、製造された金属曲管における管端の位置取りを調整する、請求項１から５のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法。
【請求項７】
前記管に対する曲げ加工の開始時には、曲げアームを旋回させると共に誘導コイルを所定の曲げ加工位置よりも管先端側に離れた位置から曲げ加工位置に向かって管軸方向に移動させ、その際の曲げアームの旋回速度と誘導コイルの移動速度を、曲げアームの旋回速度に対する、加熱部の管に対する相対移動速度の比率が曲げ加工の進行と共に徐々に減少するように設定することで、曲げ半径が大きい曲げ半径から徐々に減少するように曲げ加工を行い、誘導コイルが曲げ加工位置に達した後は、誘導コイルをその曲げ加工位置に停止させた状態で曲げ半径一定での曲げ加工を行う、請求項１から６のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法。
【請求項８】

前記誘導コイルを所定の曲げ加工位置に停止させた状態で曲げ半径一定での曲げ加工を継続し、曲げ加工の終了時に近づいた時点で、曲げアームの旋回は継続した状態で誘導コイルを所定の曲げ加工位置から管後端に向かって管軸方向に移動させ、その際の曲げアームの旋回速度と誘導コイルの移動速度を、曲げアームの旋回速度に対する、加熱部の管に対する相対移動速度の比率が曲げ加工の進行と共に徐々に増加するように設定することで、曲げ半径が所定の曲げ半径から徐々に増加するように曲げ加工を行う、請求項１から７のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法。

【請求項９】

前記曲げ加工操作を、管に管軸方向の圧縮力を作用させた状態で行う、請求項１から８のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法。

【請求項１０】

前記管を、その管端に直管段階でフランジを取り付けてから前記曲げ加工操作に供してフランジ付き曲管を得る、請求項１から９のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法。

【請求項１１】

前記管を、その管端に直管段階で溶接用開先を形成してから前記曲げ加工操作に供して溶接用開先付き曲管を得る、請求項１から９のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法。

【請求項１２】

曲げ加工すべき金属製の直管が所定の曲げ加工位置を通って管軸方向に前進する際に該曲げ加工位置よりも後方の直管部分を所定の走行経路に保持する管規制手段と、前記管の先端を把持するクランプを備え、所定の支点を中心として旋回可能な曲げアームと、前記管内に挿入され、該管の前記曲げ加工位置に位置する管軸方向の小区間を誘導加熱する誘導コイルと、前記管の前記誘導コイルで加熱される領域の管先端側に冷却媒体を吹き付けて冷却する冷却手段と、前記曲げアームの旋回によって前記管に曲げモーメントを作用させるよう、前記曲げアームを直接若しくは前記管を介して、或いは両者を併用して旋回させる駆動手段と、曲げ加工操作中、前記管の外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ中立部両側外周面を規制する常設型具とを備えた金属管の曲げ加工装置。

【請求項１３】

曲げ加工すべき金属製の直管が所定の曲げ加工位置を通って管軸方向に前進する際に該曲げ加工位置よりも後方の直管部分を所定の走行経路に保持する管規制手段と、前記管の先端を把持するクランプを備え、所定の支点を中心として旋回可能な曲げアームと、前記管内に挿入され、該管の前記曲げ加工位置に位置する管軸方向の小区間を誘導加熱する誘導コイルと、前記管の前記誘導コイルで加熱される領域の管先端側に冷却媒体を吹き付けて冷却する冷却手段と、前記曲げアームの旋回によって前記管に曲げモーメントを作用させるよう、前記曲げアームを直接若しくは前記管を介して、或いは両者を併用して旋回させる駆動手段と、曲げ加工操作中、前記管の外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面を規制する常設型具とを備えた金属管の曲げ加工装置。

【請求項１４】

曲げ加工すべき金属製の直管が所定の曲げ加工位置を通って管軸方向に前進する際に該曲げ加工位置よりも後方の直管部分を所定の走行経路に保持する管規制手段と、前記管の先端を把持するクランプを備え、所定の支点を中心として旋回可能な曲げアームと、前記管内に挿入され、該管の前記曲げ加工位置に位置する管軸方向の小区間を誘導加熱する誘導コイルと、前記管の前記誘導コイルで加熱される領域の管先端側に冷却媒体を吹き付けて冷却する冷却手段と、前記曲げアームの旋回によって前記管に曲げモーメントを作用させるよう、前記曲げアームを直接若しくは前記管を介して、或いは両者を併用して旋回させる駆動手段と、曲げ加工操作中、前記管の外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側外周面とを規制する常設型具とを備えた金属管の曲げ加工装置。

【請求項１５】

前記常設型具が、前記曲げアームと一体に旋回するように設けられた形状保整ガイドを備えており、該形状保整ガイドが、前記管の、曲げ変形進行部とこれに連なる曲げ変形済曲管部とを対象とした、曲げ内側部外周面を規制してじゃばら発生を防止するじゃばら規制

面と、曲げ中立部両側外周面を規制して管の扁平化を防止する扁平規制面とを備えている、請求項１４記載の金属管の曲げ加工装置。
【請求項１６】
前記形状保整ガイドが、前記曲げアームと一体に回転する主軸と、前記じゃばら規制面を備えたじゃばら防止部材と、前記扁平規制面を備えた２枚の扁平防止板と、前記じゃばら防止部材及び２枚の扁平防止板を前記主軸に着脱可能な形態で取り付ける手段を有している請求項１５記載の金属管の曲げ加工装置。
【請求項１７】
前記じゃばら防止部材のじゃばら規制面が、曲げ加工によって形成される曲管部の曲げ内側部外周面に適合する円弧状面で構成され、前記扁平防止板の扁平規制面が平坦面で構成されている、請求項１６記載の金属管の曲げ加工装置。
【請求項１８】
前記扁平防止板が、異なる管外径及び異なる曲げ半径での曲げ加工に共用できるよう、曲げ半径方向にも広がりを設けた扁平規制面を備えており、前記じゃばら防止部材は異なる管外径及び異なる曲げ半径での曲げ加工にそれぞれ対応した複数個が用意され、曲げ加工条件に適したものを取り付ける構成である、請求項１６又は１７記載の金属管の曲げ加工装置。
【請求項１９】
前記常設型具は、前記管の前記曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側の外周面を規制するロール状またはダイス状の型具である、請求項１４記載の金属管の曲げ加工装置。
【請求項２０】
更に、前記曲げアームのクランプで先端を拘束されている管の後端を管軸方向に且つ前記クランプまでの管長さを縮小させるように押圧する押圧装置を備えた、請求項１２から１９のいずれか１項記載の金属管の曲げ加工装置。
【請求項２１】
更に、前記誘導コイルを、曲げ加工位置の前後の領域で管軸方向に移動させる手段を備えた、請求項１２から２０のいずれか１項記載の金属管の曲げ加工装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は金属製の直管を曲げ加工して金属曲管を製造する方法並びにその方法の実施に用いる金属管の曲げ加工装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
【特許文献１】特公昭５８－２７２６号公報
【特許文献２】特公昭５４－２８１５５号公報
【特許文献３】特公平１－１８９７０号公報
【特許文献４】特開昭６１－１９９５２１号公報
従来より、金属曲管の製造方法として、金属製の直管を熱間或いは冷間で曲げ加工する方法が知られている。そして、熱間曲げ加工の代表的な方法として、図２０（ａ）に示すように、曲げ加工すべき直管１を定位置に配置されている誘導コイル２に通し、その先端を支点Ｏを中心として旋回可能な曲げアーム３に設けている前クランプ４に把持させ、後端を後クランプ５に把持させ、中間部分をガイドローラ６で案内させる状態にセットし、次いで、誘導コイル２によって管１の管軸方向の小区間を塑性変形容易な温度に誘導加熱して加熱部７を形成し、同時に後クランプ５を推進装置（図示せず）によって管軸方向に押して管１を管軸方向に連続的に前進させ、図２０（ｂ）に示すように、誘導コイル２により形成される加熱部７を管軸方向に相対的に移動させながら該加熱部７に曲げアーム３の旋回によって生じる曲げモーメントを付与して曲げ変形させると共にその直後に誘導コイル２から冷却水などの冷却媒体８を吹き付けて冷却し、硬化させるという曲げ加工操作を

、管１の所望領域に施す方法が知られており、この曲げ加工により、図２０（ｃ）に示すように、曲管部１ａとその両端の直管状の管端部１ｂ，１ｃとを備えた金属曲管１Ａが製造されている。

【０００３】

この曲げ加工方法では、図２０（ｄ）に曲管部１ａの断面を誇張して示すように、曲げ中立部（中立軸）Ｎ－Ｎを境にして曲げ内側（Ｃ側）の管壁には圧縮力が作用して厚肉化し、曲げ外側（Ｔ側）の管壁には引張力が作用して薄肉化する。そこで、曲げ外周側管壁の薄肉化を抑制するため、管１に管軸方向の圧縮力を加えながら曲げ加工する方法も知られているが、その場合には曲げ内側部管壁の厚肉化が一層拡大する。曲げ加工中、曲げ内側部管壁に大きい圧縮力が作用し、大きい増肉が生じようとする際、管壁の変形が不安定になり、図２１に示すように、曲げ内側部管壁１ａａにじゃばらと呼ばれる不安定変形が生じることがある。そこで、従来はじゃばらが発生しないように、曲げ加工速度を抑制するとか、曲げ半径Ｒを或る程度以上に制限する等の対策が採られていた。

【０００４】

また、上記した曲げ加工方法において、曲げ加工開始時には、管に加えた推力が曲げ内側部の増肉する前の管壁に圧縮力として作用するので、管壁に生じる圧縮応力が大きく、じゃばらを発生しやすい。そこで、曲げ加工に先立って、曲管部の前に位置する直管部に熱間据込み加工を施して直管部の肉厚を曲管部に向かって漸増させ、肉厚を大きくした後、曲げ加工を開始することで、曲げ開始時に曲げ内側部管壁に生じる圧縮応力を低減させ、じゃばら発生を防止することも知られている（例えば、特許文献１の特公昭５８－２７２６号公報参照）。

【０００５】

また、上記した曲げ加工方法では、曲げ加工時に曲げ外周側管壁と曲げ内側部管壁が曲げ中立部Ｎ－Ｎに近づくように変形し、それに合わせて中立位置の外径が拡大し、曲管部が扁平化する。そこで、この扁平化を防止するため、図２２（ａ），（ｂ）に示すように、曲げ加工中、誘導コイル２を通過した後の曲管部１ａに手作業で扁平防止治具１０を次々と取り付け、曲管部１ａの曲げ中立部Ｎ－Ｎ上の外径を規制することで扁平化を防止する方法が知られている（例えば、特許文献２の特公昭５４－２８１５５号公報参照）。

【０００６】

上記した従来の熱間曲げ加工方法では、ほとんどの場合、管１を局部的に加熱する誘導コイル２を管１の外側に配置し、管外面から加熱しているが、特殊な場合として、管内面を優先的に熱処理するために、誘導コイルを管内に配置することもある（特許文献３の特公平１－１８９７０号公報参照）。

【０００７】

冷間曲げ加工方法としては、図２３に示すように、曲げ加工すべき管１の先端を把持するクランプ４を、支点Ｏを中心に旋回する部分円盤状のフォームガイド１１に取り付け、且つそのフォームガイド１１の外周面には管１の外周面を規制する規制面１１ａを形成しておき、管１を冷間でそのフォームガイド１１の規制面１１ａに巻き付けるようにして曲げ加工する方法が知られている（例えば、特許文献４の特開昭６１－１９９５２１号公報参照）。

【０００８】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、かかる従来技術にはいずれも問題があった。すなわち、図２０、図２２に示すような熱間曲げ加工方法では、曲げ内側部管壁にじゃばらが発生する恐れがあり、曲げ加工に先立って直管部を増厚してじゃばら発生を防止する方法を採ったとしても曲げ加工速度を増速させたときにはやはりじゃばらが発生し、このため、曲げ加工速度をあまり大きくできず（例えば、曲げ半径１．５ＤＲで１．５ｍｍ／秒が限度）、曲げ加工速度の増速によるコストダウンを図ることができないという問題があった。また、曲管部の扁平化を防止するため、手作業で扁平防止治具を取り付ける方法では煩わしい作業を必要とし、作業負担が大きくなる。しかも、上記したじゃばら発生問題を解決して曲げ加工速度を増速で

きたとしても、その場合には増速によって扁平防止治具の取り付けがきわめて困難となり、取り付け個数を減らすとか取り付け作業のための増員が必要となり、しかも取り付け不能となる場合もある。曲げ加工速度を増速させた場合には扁平率が増大するにもかかわらず、扁平防止治具の使用個数を減らさざるを得ないか、或いは使用できなくなるため、得られた曲管では扁平率が大きくなり、従って品質が低下する。しかも、曲管部に扁平が生じると、管端部には、９０度回転した方向の扁平（逆扁平という）が生じており、その管端部に対するフランジ取付けや溶接対応（開先形成対応を含む）のために、管端部を真円状に加熱修正しなければならないことが多く、余計なコストがかかる。

【０００９】

更に、曲げ加工の際の加熱に管外面側に誘導コイルを配置する関係上、管を把持するクランプを誘導コイルに干渉しないように、適当に離した位置に配置せざるを得ず、このため、製造した曲管１Ａの曲管部１ａの両側に残す直管状の管端部１ｂ，１ｃが長くなってしまい、このままでは要求される規格値に合わない。そこで、従来は、曲げ加工終了後に、直管状の管端部１ｂ，１ｃの一部を切り落として所望長さに調整するという作業を行っており、この作業のために余計がコストがかかる。しかも、曲げ加工後に管端部１ｂ，１ｃを切断しなければならないため、管端への開先加工やフランジ取付けは、曲げ加工後に行う必要があり、この作業はきわめて困難でコスト高となる。すなわち、曲管に対する開先加工やフランジ取付けでは、直管と違って、管端部軸線の認定に手間がかかるとか、回転させての芯出しになじまず、フランジとの芯合わせに手間がかかり、コスト高となる。

【００１０】

一方、冷間曲げ加工方法では、引曲げ法であるため曲げ外周側の減肉を抑制できない。また、冷間加工であるため、曲げ加工後における曲げ外周側の許容伸び率は、素材の許容伸び率から曲げ加工による伸び率を引いた値となるため、曲げ加工による伸び率が大きいと（曲げ半径が小さいと）、曲げ加工後の許容伸び率が小さくなって、管に要求される規格値を満たすことができなくなる。このため、一般工業用プラント配管には、２ＤＲ以下の冷間曲げ加工製品は用いられがたい。更に、冷間加工であるため、加工時の変形抵抗がきわめて大きく、このため、曲げ加工のために大きな動力を必要とすると共にその動力に応じた剛性の大きい機械構造となり、設備費が増大する。厚さの薄い管では、曲げ内側部管壁にじゃばらが生じることが多く、これを防止するには、管内に芯金を入れて曲げなければならない。

【００１１】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、金属製の直管に対してじゃばら及び／又は扁平を生じることなく、高速で曲げ加工することができ、しかも、曲管部の両側に残す直管部を、金属曲管に要求される規格値に適合するように短くした状態で、曲げ加工することができ、これによって金属曲管の製造コストを大幅に低減できる技術を提供することを課題とする。

【００１２】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、金属曲管を曲げ加工によって製造するに当たり、冷間曲げ加工における問題を回避するため、熱間曲げ加工を採用し、その熱間曲げ加工時に生じるじゃばら及び扁平化を防止すべく検討の結果、管の曲げ変形を生じている領域（曲げ変形進行部という）において管の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側の外周面とを適当な型具で規制することでじゃばら及び扁平化を防止できることを見出した。

【００１３】

本発明はかかる知見に基づいてなされたもので、本願請求項１に係る発明は、金属製の直管に対して、該管の管軸方向の小区間を誘導加熱により塑性変形容易な温度に加熱し、その加熱によって形成した加熱部を管軸方向に相対的に移動させながら該加熱部に曲げモーメントを付与して曲げ変形させその直後に冷却する曲げ加工操作を施して、曲管部とその両端の直管状の管端部とを備えた金属曲管を製造する方法において、前記誘導加熱のための誘導コイルを前記管の内側のみに配して、且つ、管外周面のうちの曲げ変形進行部の曲

げ中立部両側外周面を常設型具で規制しながら曲げ加工操作を行う構成としたものである。このように誘導コイルを管の内側のみに配したことで、管の誘導コイルで加熱している領域の外側に常設型具を支障なく配置することが可能となり、その常設型具で管の曲げ変形進行部の曲げ中立部両側の外周面を規制することで、扁平化を効果的に防止できる。また、誘導コイルを管の内側のみに配した構成は、じゃばら発生の防止にも有利に作用する（その理由については後述する）。このため、曲げ加工速度の増速が可能となり、コストダウンを図ることができる。また、従来用いていた扁平防止治具を用いる必要がないので、扁平防止治具を手作業で取り付けるといった面倒な作業が不要となり、この点からもコストダウンを図ることができる。更に、曲管部の扁平化を防止できる結果、管端に生じる恐れのあった逆扁平をも防止でき、管端の修正作業が不要となる。また、誘導コイルを管内に配置したため、管端を把持するためのクランプが誘導コイルに干渉することがなく、このため、クランプを誘導コイルを配置した位置の近傍に位置させることが可能となり、曲管部の両側に残す直管部を、完成製品に要求される短い長さとした状態で曲げ加工を行うことができる。このため、曲げ加工を終わった後、直管状の管端部の一部を切り落として所望長さに調整するという作業が不要となり、曲げ加工に先立って、直管段階で管端にフランジを取り付けるとか、開先加工を施しておくことが可能となり、金属曲管の製造コストを一層削減できる。なお、この発明の実施に当たって、常設型具で管の曲げ変形進行部の曲げ中立部両側外周面を規制する期間は、曲げ加工開始時から曲げ加工終了時までの全期間とすることが、扁平防止の効果を最大限に発揮できるので好ましいが、扁平防止の効果があまり低下しない範囲内であれば、曲げ加工中の一部期間を常設型具による規制のない状態としてもよい。具体的には、全曲げ加工期間の７０％程度以上の期間を常設型具で規制すればよい。

【００１４】

請求項２に係る発明は、金属製の直管に対して、該管の管軸方向の小区間を誘導加熱により塑性変形容易な温度に加熱し、その加熱によって形成した加熱部を管軸方向に相対的に移動させながら該加熱部に曲げモーメントを付与して曲げ変形させその直後に冷却する曲げ加工操作を施して、曲管部とその両端の直管状の管端部とを備えた金属曲管を製造する方法において、前記誘導加熱のための誘導コイルを前記管の内側のみに配して、且つ、管外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面を常設型具で規制しながら曲げ加工操作を行う構成としたものである。このように誘導コイルを管の内側のみに配したことで、管の誘導コイルで加熱している領域の外側に常設型具を支障なく配置することが可能となり、その常設型具で管の曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面を規制することで、じゃばら発生を一層効果的に防止できる。このため、曲げ加工速度の増速が可能となり、コストダウンを図ることができる。また、誘導コイルを管内に配置したため、管端を把持するためのクランプが誘導コイルに干渉することがなく、このため、クランプを誘導コイルを配置した位置の近傍に位置させることが可能となり、曲管部の両側に残す直管部を、完成製品に要求される短い長さとした状態で曲げ加工を行うことができる。このため、曲げ加工を終わった後、直管状の管端部の一部を切り落として所望長さに調整するという作業が不要となり、曲げ加工に先立って、直管段階で管端にフランジを取り付けるとか、開先加工を施しておくことが可能となり、金属曲管の製造コストを一層削減できる。なお、この発明の実施に当たって、常設型具で管の曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面を規制する期間は、曲げ加工開始時から曲げ加工終了時までの全期間とすることが、じゃばら防止効果を最大限に発揮できるので好ましいが、じゃばら防止効果があまり低下しない範囲内であれば、曲げ加工中の一部期間を常設型具による規制のない状態としてもよい。具体的には、全曲げ加工期間の７０％程度以上の期間を常設型具で規制すればよい。

【００１５】

請求項３に係る発明は、金属製の直管に対して、該管の管軸方向の小区間を誘導加熱により塑性変形容易な温度に加熱し、その加熱によって形成した加熱部を管軸方向に相対的に移動させながら該加熱部に曲げモーメントを付与して曲げ変形させその直後に冷却する曲げ加工操作を施して、曲管部とその両端の直管状の管端部とを備えた金属曲管を製造する

方法において、前記誘導加熱のための誘導コイルを前記管の内側のみに配して、且つ、管外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側外周面とを常設型具で規制しながら曲げ加工操作を行う構成としたものである。このように誘導コイルを管の内側のみに配したことで、管の誘導コイルで加熱している領域の外側に常設型具を支障なく配置することが可能となり、その常設型具で管の曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側の外周面とを規制することで、じゃばら発生及び扁平化を共に効果的に防止できる。このため、曲げ加工速度の増速が可能となり、コストダウンを図ることができる。また、従来用いていた扁平防止治具を用いる必要がないので、扁平防止治具を手作業で取り付けるといった面倒な作業が不要となり、この点からもコストダウンを図ることができる。更に、曲管部の扁平化を防止できる結果、管端に生じる恐れのあった逆扁平をも防止でき、管端の修正作業が不要となる。また、誘導コイルを管内に配置したため、管端を把持するためのクランプが誘導コイルに干渉することがなく、このため、クランプを誘導コイルを配置した位置の近傍に位置させることが可能となり、曲管部の両側に残す直管部を、完成製品に要求される短い長さとした状態で曲げ加工を行うことができる。このため、曲げ加工を終わった後、直管状の管端部の一部を切り落として所望長さに調整するという作業が不要となり、曲げ加工に先立って、直管段階で管端にフランジを取り付けるとか、開先加工を施しておくことが可能となり、金属曲管の製造コストを一層削減できる。なお、この発明の実施に当たって、常設型具で管の曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側外周面とを規制する期間は、曲げ加工開始時から曲げ加工終了時までの全期間とすることが、じゃばら防止及び扁平防止の効果を最大限に発揮できるので好ましいが、じゃばら防止及び扁平防止の効果があまり低下しない範囲内であれば、曲げ加工中の一部期間を常設型具による規制のない状態としてもよい。具体的には、全曲げ加工期間の７０％程度以上の期間を常設型具で規制すればよい。

【００１６】

請求項４の発明は、請求項１から３のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法において、前記管に対する曲げ加工操作に先立って、該管の曲げ始点の先方に隣り合う直管部分に対して、管を管軸方向に圧縮して管肉厚を増厚させる熱間据込み加工により管肉厚を前記曲げ始点に向けて漸増させる操作を行い、この操作に引き続いて前記曲げ加工操作に移行するという構成としたものである。この構成により、直管部の肉厚が増大した後で曲げ加工が開始されるため、曲げ開始時に増厚した曲げ内側部管壁と直管部の管壁との間に急激な肉厚変化が生じることがなく、これによってじゃばら発生を一層防止できる。また、製造された金属曲管では、曲げ始点側の直管部分の肉厚が曲管部に向かって漸増しているため、曲管部の曲げ内側部の増厚化した管壁との間に大きい段差が生じておらず、このため、応力集中が生じるとか、管内流体に対して大きい抵抗を与えるといったことがない。

【００１７】

請求項５の発明は、請求項１から４のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法において、前記管に対する曲げ加工操作を行い、該管の曲げ終点に達したら、その後方に隣り合う直管部分に対して、管を管軸方向に圧縮して管肉厚を増厚させる熱間据込み加工により管肉厚を前記曲げ終点を起点として漸減させる操作を行うという構成としたものである。この構成により、製造された金属曲管では、曲げ終点側の直管部分の肉厚が曲管部から漸減しているため、曲管部の曲げ内側部の増厚化した管壁との間に大きい段差が生じておらず、このため、応力集中が生じるとか、管内流体に対して大きい抵抗を与えるといったことがない。

【００１８】

請求項６の発明は、請求項１から５のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法において、前記管の曲げ終点の後方に位置する直管部分に対して、管端を管軸方向に押し込んで管肉厚を増厚させる熱間据込み加工を施し、その際の管端の押込み終点位置を調整することで、製造された金属曲管における管端の位置取りを調整する構成としたものである。この構成により、曲げ加工に供する直管の長さに誤差があっても、また曲げ加工によって形成した曲げ半径に誤差があっても、製造された金属曲管の管端の位置取りを所定の規格値に一

致するように調整でき、製品の寸法精度を向上させることができる。

【００１９】

請求項７の発明は、請求項１から６のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法において、前記管に対する曲げ加工の開始時には、曲げアームを旋回させると共に誘導コイルを所定の曲げ加工位置よりも管先端側に離れた位置から曲げ加工位置に向かって管軸方向に移動させ、その際の曲げアームの旋回速度と誘導コイルの移動速度を、曲げアームの旋回速度に対する、加熱部の管に対する相対移動速度の比率（すなわち、加熱部の管に対する相対移動速度／曲げアームの旋回速度）が曲げ加工の進行と共に徐々に減少するように設定することで、曲げ半径が大きい曲げ半径から徐々に減少するように曲げ加工を行い、誘導コイルが曲げ加工位置に達した後は、誘導コイルをその曲げ加工位置に停止させた状態で曲げ半径一定での曲げ加工を行う構成としたものである。この構成により、大きい曲げ半径で曲げ加工を開始し、その後曲げ半径を徐々に小さくして所定の曲げ半径とし、その後はその所定の曲げ半径での曲げ加工を継続するという、いわゆるぼかし曲げを行うことができ、じゃばら発生を防止できると共に、直管部から曲管部への移行部分が滑らかに湾曲した構造の金属曲管を得ることができる。

【００２０】

請求項８の発明は、請求項１から７のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法において、前記誘導コイルを所定の曲げ加工位置に停止させた状態で曲げ半径一定での曲げ加工を継続し、曲げ加工の終了時に近づいた時点で、曲げアームの旋回は継続した状態で誘導コイルを所定の曲げ加工位置から管後端に向かって管軸方向に移動させ、その際の曲げアームの旋回速度と誘導コイルの移動速度を、曲げアームの旋回速度に対する、加熱部の管に対する相対移動速度の比率（すなわち、加熱部の管に対する相対移動速度／曲げアームの旋回速度）が曲げ加工の進行と共に徐々に増加するように設定することで、曲げ半径が所定の曲げ半径から徐々に増加するように曲げ加工を行う構成としたものである。この構成により、曲げ加工の終了部分において曲げ半径を所定の曲げ半径から徐々に増大させながら曲げ加工を行うという、いわゆるぼかし曲げを行うことができ、曲管部から直管部への移行部分が滑らかに湾曲した構造の金属曲管を得ることができる。

【００２１】

請求項９の発明は、請求項１から８のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法において、前記曲げ加工操作を、管に管軸方向の圧縮力を作用させた状態で行う構成としたものであり、これにより、曲管部の曲げ外側部管壁の減肉を抑制することができる。

【００２２】

請求項１０の発明は、請求項１から９のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法において、前記管を、その管端に直管段階でフランジを取り付けてから前記曲げ加工操作に供してフランジ付き曲管を得る構成としたものである。このように、管の管端に直管段階でフランジを取り付ける構成としたことで、曲げ加工した後の曲管にフランジを取り付ける場合に比べてはるかに容易にフランジ取付けを行うことができ、フランジ付き金属曲管を低コストで製造できる。また、管端にフランジを取り付けた状態で曲げ加工を施すと、管端がフランジによって真円に保持されるため、従来の曲げ加工時に管端に生じていた逆扁平化が生じることがなく、この点からも品質の良い曲管を製造できる。

【００２３】

請求項１１の発明は、請求項１から９のいずれか１項記載の金属曲管の製造方法において、前記管を、その管端に直管段階で溶接用開先を形成してから前記曲げ加工操作に供して溶接用開先付き曲管を得る構成としたものである。このように、管端に直管段階で溶接用開先を形成する構成としたことで、曲げ加工した後の曲管の管端に溶接用開先を形成する場合に比べて、開先形成作業を簡単化でき、管端に開先加工を施した金属曲管を低コストで製造できる。

【００２４】

請求項１２の発明は、上記した金属曲管の製造方法の実施に用いる曲げ加工装置を提供するもので、曲げ加工すべき金属製の直管が所定の曲げ加工位置を通って管軸方向に前進す

る際に該曲げ加工位置よりも後方の直管部分を所定の走行経路に保持する管規制手段と、前記管の先端を把持するクランプを備え、所定の支点を中心として旋回可能な曲げアームと、前記管内に挿入され、該管の前記曲げ加工位置に位置する管軸方向の小区間を誘導加熱する誘導コイルと、前記管の前記誘導コイルで加熱される領域の管先端側に冷却媒体を吹き付けて冷却する冷却手段と、前記曲げアームの旋回によって前記管に曲げモーメントを作用させるよう、前記曲げアームを直接若しくは前記管を介して、或いは両者を併用して旋回させる駆動手段と、曲げ加工操作中、前記管の外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ中立部両側外周面を規制する常設型具とを備えるという構成としたものである。この構成により、管を熱間曲げ加工することができ、且つその曲げ加工中、管の曲げ変形進行部の曲げ中立部両側の外周面を常設型具で規制しながら曲げ加工操作を行うことができ、すなわち請求項１の曲げ加工方法を実施でき、扁平を生じることなく高速で曲げ加工を行うことができる。

【００２５】

請求項１３の発明も、上記した金属曲管の製造方法の実施に用いる曲げ加工装置を提供するもので、曲げ加工すべき金属製の直管が所定の曲げ加工位置を通って管軸方向に前進する際に該曲げ加工位置よりも後方の直管部分を所定の走行経路に保持する管規制手段と、前記管の先端を把持するクランプを備え、所定の支点を中心として旋回可能な曲げアームと、前記管内に挿入され、該管の前記曲げ加工位置に位置する管軸方向の小区間を誘導加熱する誘導コイルと、前記管の前記誘導コイルで加熱される領域の管先端側に冷却媒体を吹き付けて冷却する冷却手段と、前記曲げアームの旋回によって前記管に曲げモーメントを作用させるよう、前記曲げアームを直接若しくは前記管を介して、或いは両者を併用して旋回させる駆動手段と、曲げ加工操作中、前記管の外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面を規制する常設型具を備えるという構成としたものである。この構成により、管を熱間曲げ加工することができ、且つその曲げ加工中、管の曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面を常設型具で規制しながら曲げ加工操作を行うことができ、すなわち請求項２の曲げ加工方法を実施でき、じゃばらを生じることなく高速で曲げ加工を行うことができる。

【００２６】

請求項１４の発明も、上記した金属曲管の製造方法の実施に用いる曲げ加工装置を提供するもので、曲げ加工すべき金属製の直管が所定の曲げ加工位置を通って管軸方向に前進する際に該曲げ加工位置よりも後方の直管部分を所定の走行経路に保持する管規制手段と、前記管の先端を把持するクランプを備え、所定の支点を中心として旋回可能な曲げアームと、前記管内に挿入され、該管の前記曲げ加工位置に位置する管軸方向の小区間を誘導加熱する誘導コイルと、前記管の前記誘導コイルで加熱される領域の管先端側に冷却媒体を吹き付けて冷却する冷却手段と、前記曲げアームの旋回によって前記管に曲げモーメントを作用させるよう、前記曲げアームを直接若しくは前記管を介して、或いは両者を併用して旋回させる駆動手段と、曲げ加工操作中、前記管の外周面のうちの曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側外周面とを規制する常設型具とを備えるという構成としたものである。この構成により、管を熱間曲げ加工することができ、且つその曲げ加工中、管の曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側の外周面とを常設型具で規制しながら曲げ加工操作を行うことができ、すなわち請求項３の曲げ加工方法を実施でき、じゃばら及び扁平を生じることなく高速で曲げ加工を行うことができる。

【００２７】

請求項１５の発明は、請求項１４の曲げ加工装置において、前記常設型具を、前記曲げアームと一体に旋回するように設けられた形状保整ガイドを備えた構成とし且つその形状保整ガイドが、前記管の、曲げ変形進行部とこれに連なる曲げ変形済曲管部とを対象とした、曲げ内側部外周面を規制してじゃばら発生を防止するじゃばら規制面と、曲げ中立部両側外周面を規制して管の扁平化を防止する扁平規制面とを備えた構成としたものである。この構成の形状保整ガイドは、曲げ加工中、管の曲げ変形進行部のみならず、曲げ変形済の曲管部をも形状規制でき、このためじゃばら及び扁平の発生を一層良好に防止できる。

【００２８】
請求項１６の発明は、請求項１５の曲げ加工装置において、前記形状保整ガイドを、前記曲げアームと一体に回転する主軸と、前記じゃばら規制面を備えたじゃばら防止部材と、前記扁平規制面を備えた２枚の扁平防止板と、前記じゃばら防止部材及び２枚の扁平防止板を前記主軸に着脱可能な形態で取り付ける手段を有する構成としたものである。このように、じゃばら防止部材と扁平防止板を主軸に対して着脱可能としたことにより、曲げ加工する管の外径、曲げ半径等の曲げ条件に応じて適切なライナーや扁平防止板を、曲げ条件に応じた位置に取り付けることが可能となり、曲げ条件の変更に容易に対応可能となる。

【００２９】
請求項１７の発明は、請求項１６の曲げ加工装置において、前記じゃばら防止部材のじゃばら規制面を、曲げ加工によって形成される曲管部の曲げ内側部外周面に適合する円弧状面で構成し、前記扁平防止板の扁平規制面を平坦面で構成したものである。じゃばら防止部材のじゃばら規制面を、曲管部の曲げ内側部外周面に適合する円弧状面とすると、良好なじゃばら防止効果を発揮することができる。また、扁平防止板の扁平規制面を平坦面とすると、構造が簡単となり、設備のコストダウンを図ることができる。

【００３０】
請求項１８の発明は、請求項１６又は１７の曲げ加工装置において、前記扁平防止板を、異なる管外径及び異なる曲げ半径での曲げ加工に共用できるよう、曲げ半径方向にも広がりを設けた扁平規制面を備えた構造とし、前記じゃばら防止部材は異なる管外径及び異なる曲げ半径での曲げ加工にそれぞれ対応して複数個を用意し、曲げ加工条件に適したものを取り付ける構成としたものである。この構成により、曲げ加工条件の変更に当たっては、じゃばら防止部材のみを交換し、扁平防止板は同一のものを使用でき、設備コストを一層低減できる。

【００３１】
請求項１９の発明は、請求項１４記載の曲げ加工装置において、前記常設型具を、前記管の前記曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側の外周面を規制するロール状またはダイス状の型具で構成したものである。この構成とすることで、簡単な構造の常設型具を使用することができ、やはり設備コストを低減できる。

【００３２】
請求項２０の発明は、請求項１２から１９のいずれか１項記載の曲げ加工装置において、更に、前記曲げアームのクランプで先端を拘束されている管の後端を管軸方向に且つ前記クランプまでの管長さを縮小させるように押圧する押圧装置を備えた構成としたものである。この構成により、曲げ加工中、管に管軸方向の圧縮力を作用させておくことができ、曲げ外側部管壁の薄肉化を抑制しながら曲げ加工を行うなどの諸施策が可能となる。

【００３３】
請求項２１の発明は、請求項１２から２０のいずれか１項記載の曲げ加工装置において、更に、前記誘導コイルを曲げ加工位置の前後の領域で管軸方向に移動させる手段を設けるという構成としたものである。このように誘導コイルを移動させることができる構成とすることで、種々な方法での曲げ加工を行うことができる。例えば、管を管軸方向に圧縮する押圧装置と併用すれば、曲げ加工操作に先立って、該管の曲げ始点の先方に隣り合う直管部分を前記誘導コイルで加熱しながら、該誘導コイルを管軸方向に曲げ始点に向かって移動させ、同時に管端を押圧手段によって管軸方向に押し込み、管に管軸方向の圧縮力を作用させることで、直管部に管肉厚を増厚させる熱間据込み加工を施すことができ、その際の誘導コイルの移動速度及び／又は管の押し込み速度を適切に変化させることで、管肉厚を前記曲げ始点に向けて漸増させることができる。そして、誘導コイルが曲げ始点に達した時点で誘導コイルの移動を停止し、曲げ加工を開始することで、請求項４の曲げ加工方法を実施でき、じゃばら発生を一層防止した曲げ加工を行うことができる。また、曲げ加工を継続し、管の曲げ終点に達したら、管端に対する押し込みが継続した状態で、誘導コイルを管軸方向に且つ曲管部から離れる方向に移動させることで、管肉厚を増厚させる

熱間据込み加工を施すことができ、その際の誘導コイルの移動速度及び／又は管の押し込み速度を適切に変化させることで、管肉厚を前記曲げ終点を起点として漸減させることができ、請求項５の曲げ加工方法を実施できる。更に、前記管の曲げ終点の後方に位置する直管部分に対して、管を誘導コイルで加熱しながら押圧装置で管端を管軸方向に押し込んで管肉厚を増厚させる熱間据込み加工を施し、その際の管端の押込み終点位置を調整することができ、請求項６の曲げ加工方法を実施できる。また、誘導コイルを前記曲げ加工位置の前後の領域で管軸方向に移動させることができる構成としたことにより、誘導コイルを曲げ加工位置の前から曲げ加工位置に向かって移動させながら曲げ加工を開始し（曲げアームの旋回を開始し）、誘導コイルが曲げ加工位置に達した時点で誘導コイルをその位置に停止させて曲げ加工を継続するという曲げ加工方法を採ることもでき、この方法を採用することで請求項７の曲げ加工方法を実施できる。また、曲げ終わりの領域に達すると、曲げアームの旋回は継続した状態で誘導コイルを曲げ加工位置から後方に移動させるという曲げ加工方法を採ることもでき、この方法を採用することで、請求項８の曲げ加工方法を実施できる。

【００３４】

【発明の実施の形態】

以下、図面に示す本発明の好適な実施形態を説明する。図１は本発明の実施形態に係る金属管の曲げ加工装置の概略平面図、図２はその概略断面図である。図１，図２において、１３は曲げ加工すべき金属製の管、例えば鋼管であり、曲げ加工装置の所定位置にセットされている。この実施形態では、曲げ加工に供する管１３として、図３（ａ）に示すように、その両端にあらかじめフランジ１４を溶接固定したものが用いられる。図１、図２において、１５は機械本体、１６は機械本体１５に、垂直な軸線Ｏ－Ｏを中心として回転自在に保持された主軸、１７はその主軸１６に一体に回転するように取り付けられた曲げアーム、１８は曲げアーム１７に取り付けられ、管１の先端を把持するクランプ（以下前クランプという）である。この構成により、管１３が矢印Ｅで示すように管軸方向に移動し且つ曲げアーム１７が軸線Ｏ－Ｏを支点として旋回した時に、管１３に曲げモーメントを作用させ、曲げ変形させることができる。ここで、管１３を前進させながら曲げアーム１７で曲げモーメントを作用させて管を連続的に曲げ変形させてゆく場合、管の曲げ変形進行部を曲げアームの支点Ｏを通り、管１３の軸線に直角な直線ＯＡ上に位置させた場合に、安定して効率良く曲げ加工を行うことができるので、本明細書では、直線ＯＡ上を「曲げ加工位置」と称する。また、本明細書において管１３に関する「先端」、「後端」、「前」、「後」等の表現は、矢印Ｅで示す管の移動方向に基づくものとする。管１３先端を把持する前クランプ１８は、管１３を直接及び／又はフランジ１４を介して必要な強度で把持しうるものであれば構造は任意であり、具体的には、管先端のフランジ１４に隣接した領域の外面並びにフランジを把持しうる構造とすることが管１３を大きい強度で把持できるので好ましい。

【００３５】

２０は管の曲げ加工のために曲げアーム１７を旋回させる駆動手段であり、主軸１６に取り付けられたピニオン２１と、そのピニオン２１にかみ合うように配置されたラック２２と、そのラック２２を往復動させる主曲げシリンダ２３等を備えている。２５は管１３の後端を把持する後クランプ、２６はその後クランプ２５を保持した後クランプ支持台であり、適当な支持ガイド（図示せず）により管１３の管軸方向に移動可能に保持されている。２８は、管１３の後端を管軸方向に且つ管先端を把持している前クランプ１８に対して接近するように押圧して管を管軸方向に圧縮する押圧装置であり、適当な支持ガイド（図示せず）に管軸方向に移動可能に保持された移動台２９と、その移動台２９がラック２２と一緒に移動するよう連結する連結板３０と、後クランプ支持台２６を移動台２９に対して接近及び離間するように駆動する圧縮用シリンダ３１等を備えている。

【００３６】

３５は、管１３内に挿入され、該管の管軸方向の小区間を環状に誘導加熱する誘導コイルであり、加熱した領域の管先端側に冷却水等の冷却媒体３６（図３参照）を吹き付けて冷

却する冷却手段を備えている。３７は、誘導コイル３５を保持すると共に電力及び冷却媒体を供給する中継リード、３８は中継リード３７を保持すると共に管軸方向に移動可能な高周波変圧器、３９はその高周波変圧器３８を管軸方向に往復動させる変圧器移動用モータである。この変圧器移動用モータ３９で高周波変圧器３８を移動させることで、誘導コイル３５を管１３内で管軸方向に移動させることができる。ここで、変圧器移動用モータ３９による誘導コイル３５の移動範囲は、直線ＯＡ（曲げ加工位置）の前後の所望の範囲となるように設定している。なお、本明細書において、誘導コイル３５の管軸方向の位置を記載する場合、その誘導コイル３５から噴射される冷却媒体３６が管１３に吹き付けられる位置（冷却線）よりも少し誘導コイル３５に近い位置（冷却によって曲げ変形や増肉変形が終了する位置）を基準として記載する。従って、例えば、図５に示すように、誘導コイル３５からの冷却媒体３６が曲げ加工位置ＯＡを少し越えた位置にある時、その誘導コイル３６が曲げ加工位置ＯＡ上にあると記載する。

【００３７】

４０は、曲げ加工操作中、管１３の、少なくとも曲げ加工位置ＯＡに位置する領域の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側の外周面とを規制する常設型具である。この実施形態における常設型具４０は、曲げアーム１７と一体に旋回するように、ナット４４によって取り付けられた形状保整ガイド４１を備えており、その形状保整ガイド４１は、断面が略Ｕ字状の規制面４２を、旋回中心Ｏを中心として円弧状に形成した一体構造のものである。この規制面４２は、図６（ｂ）に拡大して示すように、曲げ変形した管１３の曲げ内側部外周面１３ａａに適合する形状に作られ、その曲げ内側部外周面１３ａａを規制してじゃばら発生を防止するじゃばら規制面４２ａと、その管１３の曲げ中立部Ｎ－Ｎ上の両側の外周面１３ａｂ，１３ａｂを規制して扁平を防止する扁平規制面４２ｂ，４２ｂを有しており、管１３の曲げ加工時には、図６（ａ）に示すように、曲げ変形した管１３を規制面４２で拘束し、じゃばらの発生及び扁平化を防止できる。図１において、規制面４２の形成位置及び円周方向の長さは、少なくとも、曲げアーム１７を図１に示す位置（曲げ加工すべき管をセットするための位置）から曲げ終わりまで旋回させる間、常に規制面４２が曲げ加工位置ＯＡ上に位置するように定めている。従って、曲げ加工中、規制面４２は常に、管１３の曲げ加工位置ＯＡにある領域並びに曲げ加工により形成された曲管部を規制することができる。

【００３８】

４６は、管１３を曲げ加工する際に、該管１３の曲げ加工位置よりも後方の直管部分を所定の走行経路に保持する管規制手段であり、ここでは押えローラ４７を備えたものが用いられている。

【００３９】

図２において、機械本体１５の据え付けに当たっては、その装置にセットした管１３の軸線が管先端側が２～３°低くなるように傾斜させておく。これは管内に噴射した冷却媒体が敏速に管外に排出されるようにするためである。なお、機械本体１５を据え付け時に傾斜させる代わりに、機械本体に１５に対して管１３を保持する各部品を管１３が傾斜するように取り付けておいてもよい。

【００４０】

次に、上記構成の曲げ加工装置を用いて、図７に示す金属曲管１３Ａを製造する方法を説明する。この金属曲管１３Ａは、曲げ角度θの曲管部１３ａとその両端の長さｂ，ｃの直管状の管端部１３ｂ，１３ｃを備えたものであり、各管端にはフランジ１４を取り付けている。また、各管端部１３ｂ，１３ｃには曲管部１３ａに隣接した長さｄ，ｅの領域に曲管部に向かって肉厚が漸増する移行部１３ｂｄ，１３ｃｅを備えている。

【００４１】

金属曲管１３Ａの製造に当たっては、先ず、図３（ａ）に示すように、金属製の直管１３を用意し、その直管を、後述する熱間曲げ加工及び熱間据込み加工を行うことで所望長さの金属曲管１３Ａが得られる長さに調整し、その両端にフランジ１４を溶接固定する。このフランジ１４の溶接固定作業は、直管に対して行うため、従来のように曲げ加工した後

の曲管に溶接固定する場合に比べてきわめて容易に且つ作業性良く行うことができる。次に、両端にフランジ１４を固定した直管１３を、図１，図２，図３（ｂ）に示すように、曲げ加工装置の所定位置にセットし、先端を曲げアーム１７の前クランプ１８で把持し、後端を後クランプ２５で把持し、その管１３内に誘導コイル３５を挿入する。ここで、前クランプ１８の位置は、直管１３の先端から曲げ加工位置ＯＡまでの距離ｂが図７に示す金属曲管１３Ａの前側の管端部１３ｂの長さｂに等しくなるように設定している。なお、通常、金属曲管１３Ａの管端部１３ｂに要求される長さｂは比較的短いので、前クランプ１８で把持した管１３の管端を曲げ加工位置ＯＡから距離ｂだけ離れた位置とするには、前クランプ１８を曲げ加工位置ＯＡに近づけた位置に配置する必要があるが、図示したように誘導コイル３５が管内に位置しているので、前クランプ１８に誘導コイル３５が干渉することはなく、従って、所望位置に支障なく前クランプ１８を配置できる。

【００４２】

次に、図３（ｂ）において、誘導コイル３５を曲げ加工位置ＯＡよりも管先端側に距離ｄだけ離れた位置に位置させる。ここで距離ｄは図７に示す金属曲管１３Ａに形成する移行部１３ｂｄの長さｄに等しく設定している。この状態から、まず管１３に対する熱間据込み加工を開始する。すなわち、図３（ｂ）、（ｃ）に示すように、曲げアーム１７を旋回させず、前クランプ１８を一定位置に保持した状態で、誘導コイル３５による加熱を開始し、管１３の誘導コイル３５に対向した小区間を塑性変形容易な温度、例えば、赤熱温度に加熱、昇温させ、且つその加熱領域よりも管先端側の位置に冷却媒体３６を吹き付けながら誘導コイル３５を曲げ加工位置ＯＡに向かって移動させ、同時に後クランプ２５を圧縮用シリンダ３１（図１参照）で前進させることで管１３の後端を先端に向かって押し込んで行く。これにより、管１３の加熱された領域即ち加熱部が増厚し且つ増厚直後に冷却、硬化しながら管１３の管軸方向に移動してゆき、連続的に熱間据込み加工が行われる。この時の管壁の増厚率は、後クランプ２５の押し込み速度と誘導コイル３５の移動速度の比率によって定まる。この実施形態では、誘導コイル３５の移動速度を一定とし、後クランプ２５の押し込み速度を徐々に増加させて行く。これにより、誘導コイル３５の移動につれて増厚率が増大してゆき、移行部１３ｂｄが形成される。

【００４３】

そして、誘導コイル１８が曲げ加工位置ＯＡに達した時点で、誘導コイル３５を停止させ、曲げ加工動作に移行する。すなわち、誘導コイル３５による加熱及び冷却媒体吹き付けは継続した状態で、主曲げシリンダ２３（図２参照）の作動を開始し、ラック２２及びピニオン２１を介して曲げアーム１７を旋回させ、同時に圧縮シリンダ３１を作動させる。これにより、図３（ｄ）、図４（ａ）に示すように、管１３が連続的に曲げ加工され、曲管部１３ａが形成されてゆく。この際、圧縮シリンダ３１の作動速度を、管１３の後端が曲げ加工速度（管１３が曲げ加工位置ＯＡを通過する速度）に比べて、所望の圧縮率を確保しうる速さで押し込まれるように定めておく。これにより、曲げ加工中、曲げ加工位置の管１３に所望の圧縮率の圧縮を付加することができ、曲げ外周側管壁の減肉を抑制できる。ここで、圧縮シリンダ３１の作動速度の設定に当たっては、圧縮シリンダ３１自体が、曲げアーム１７を旋回させるラック２２と一緒に移動しており、その移動速度ｖは、曲げ加工速度Ｖに対して、

$$v = V \times Rs / R$$

（ただし、Ｒｓはピニオン２１のピッチ円半径、Ｒは管の曲げ半径）

の関係にあるので、これを考慮して定めれば良い。

【００４４】

以上の曲げ加工において、曲げ加工開始時には、図３（ｄ）に示すように、管壁が増厚された状態となっており、この状態で曲げ加工が開始されるため、曲げ変形によって曲げ内側部管壁が増厚した時にもその前の直管部の管壁との間に急激な肉厚差が生じない。このため、じゃばら等の不安定な変形が生じにくい。しかも、管１３の、曲げ加工位置ＯＡにある領域は、曲げ加工中、常に図６（ａ）に示すように、形状保整ガイド４１の規制面４２によって曲げ内側部外周面及び中立部Ｎ－Ｎ上の外周面が規制されているので、安定し

た曲げ変形が生じ、じゃばらの発生及び扁平化を防止できる。また、曲げ変形によって形成された曲管部１３ａも常に形状保整ガイド４１の規制面４２によって規制されるので、この点からもじゃばらの発生及び扁平化を防止できる。更に、誘導コイル３５を管内に配置したことにより、管外に配置する場合に比べて一層じゃばら発生を防止できる効果も得られる。これは次の理由による。すなわち、図５に拡大して示すように、管１３を管内に配置した誘導コイル３５で加熱する場合、管内面側が主に発熱し、外面側は内面からの伝熱によって昇温する。このため、管内面側が管外面側よりも温度が高くなり、且つ温度むらも大きくなる。例えば、管内面側を９５０°Ｃに加熱、昇温させた場合、管内面側の温度範囲は、９５０±２０°Ｃ程度となるのに対し、管外面側では９２０±５°Ｃ程度となる。温度が高く且つむらが大きいとじゃばらが発生しやすいので、管外面側よりも管内面側にじゃばらが発生しやすくなる。ところが、管内面側の曲げ半径R_2は、管外面側の曲げ半径R_1よりも大きいので、曲げに伴う圧縮率が外面側よりも小さくなり、このためじゃばらは発生しにくい。これに対し、従来のように管の外側から誘導コイルによる加熱を行った場合には、管外面側の温度が高く且つ温度むらが大きくなってじゃばらが発生しやすくなり、しかも管外面側では曲げに伴う圧縮率が内面側よりも大きいので一層じゃばらが発生しやすくなる。かくして、管内に誘導コイルを配置したことで一層じゃばら発生を抑制できる。

【００４５】

以上のように、この実施形態では、形状保整ガイドの使用並びに管内からの加熱の採用により、じゃばらや扁平化の発生を抑制できる。このため、従来よりも大幅に増速した曲げ加工速度で、例えば、１．５ＤＲの曲げ加工を、３～６ｍｍ／秒で実施できる。また、従来行っていた手作業による扁平防止治具の取り付けが不要であるので、この点からも曲げ加工速度の増速に支障はない。

【００４６】

図４（ａ）に示すように、曲げ加工が進行し、所定の曲げ角度θに達する位置まで曲げアーム１７が旋回した時点で、曲げアーム１７の旋回を止める。次いで、図４（ｂ）に示すように、誘導コイル３５による加熱並びに冷却媒体３６の吹き付けを継続した状態で、誘導コイル３５を管軸方向に且つ管後端に向かって移動させ、同時に圧縮用シリンダ３１により管１３の後端を管軸方向に押し込んでゆく。これにより、曲管部１３ａに続く直管部に熱間据込み加工が施されることとなる。この際にも、誘導コイル３５の移動速度及び管端の押し込み速度を、管壁の増厚率が曲管部１３ａから離れるに従って漸減するように設定しておく。これにより、図４（ｃ）に示すように、肉厚が漸減した移行部１３ｂｅが形成される。更に、この管端押し込みの際、後クランプ２５で把持している管１３の後端が曲げ加工位置ＯＡから所定の距離ｃ（図７に示す金属曲管１３Ａの直管状の管端部１３ｃに要求される長さｃに等しい長さ）に達するまで押し込んで行く。これにより、直管１３の製作時の寸法誤差や曲げ加工中に生じる寸法誤差があったとしても、それを吸収して、きわめて正確な寸法の製品とすることができる。以上により、図７に示す形状のフランジ付き金属曲管１３Ａを製造できる。

【００４７】

得られた金属曲管１３Ａは、じゃばらや扁平がほとんどなく、且つ寸法精度に優れたものである。また、曲げ加工時に管両端にフランジ１４を取り付けているので、このフランジ１４が管１３を真円に保持しており、これが曲管部１３ａに生じる恐れのある扁平を抑制する効果を発揮しており、この点からも扁平化が抑制されている。また、曲げ内側部管壁とそれにつながる直管部との間に大きい段差がなく、このため応力集中する箇所がなく、強度特性に優れ、しかも内部を流れる流体に大きい抵抗を与えることがないといった特性を備えている。

【００４８】

上記実施形態は、フランジ付き直管１３に対して曲げ加工を行っているが、曲げ加工に使用する直管１３はこれに限らず、フランジのないものに対して行っても良い。この場合においても、管端に施す必要のある加工、例えば、開先加工等は、曲げ加工に先立って直管

段階で行っておくことが、曲げ加工後に行う場合に比べて、はるかに加工が容易となるので好ましい。

【００４９】

また、上記実施形態では一体構造の形状保整ガイド４１を用いているが、形状保整ガイドは一体構造のものに限らず、異なる曲げ半径や異なる管径に容易に対応できるよう、部品を適宜組み合わせて構成するようにしてもよい。図８は、その場合の一実施形態に係る形状保整ガイド４１Ａを示すものである。この形状保整ガイド４１Ａは、異なる外径の管５０ａ，５０ｂ，５０ｃに対して使用可能なものであり、曲げアーム１７の主軸１６に、曲げアーム１７側から複数枚の扁平防止板５１ａ，５１ｂ，５１ｃ、取付板５２、じゃばら防止部材５３ａ、取付板５２、複数枚の扁平防止板５１ｃ，５１ｂ，５１ａ、押え具５４を積み重ねた形で取り付け、ナット５５で締め付けて固定する構造である。じゃばら防止部材５３ａは、図９（ａ）に示すように全体が部分円盤状のもので、中心領域に主軸１６に嵌合させるための嵌合溝５７を形成し、円弧状の周面に、管５０ａの曲管部の曲げ内側部外周面を規制するためのじゃばら規制面５８を形成している。このじゃばら規制面５８は、図９（ｂ）に示すように、曲管部の曲げ内側部外周面に適合する円弧状面で構成されている。じゃばら規制面５８の幅及び中心角αは、小さ過ぎるとじゃばら防止効果が不足するので或る程度以上の大きさは必要であるが、あまり大きくすると、じゃばら防止部材５３ａが大型化して設備費が増すとか、取り扱いが困難となる。そこで、この中心角αは３０～１５０°程度に選定することが好ましい。図示したじゃばら防止部材５３ａは大径の管５０ａに使用するものであり、その管５０ａの外径及び曲げ半径に対応したサイズに作られている。なお、他の外径の管５０ｂ，５０ｃに対応したサイズのじゃばら防止部材も用意しており、じゃばら防止部材５３ａと取り替えて使用可能である。

【００５０】

扁平防止板５１ａは、図１０（ａ），（ｂ）に示すように、全体が部分円盤状の平板で形成されており、中心に主軸１６を挿入させる穴６０を備えている。そして、図１０（ａ）にハッチングで示す円弧状の領域６１が、管５０ａの曲管部の曲げ中立部Ｎ－Ｎ上の外周面を規制する扁平規制面を形成する。なお、この実施形態では扁平規制面６１が単に平坦面で構成されているが、必要に応じ、管の曲管部の外周面に適合する円弧状面としてもよい。図８（ｂ）において、扁平防止板５１ｂ，５１ｃは、扁平防止板５１ａと構造は同一であるが、外径をそれぞれ、使用対象の管よりも大径の管に干渉しないように小さく定めている。

【００５１】

上記構成の形状保整ガイド４１Ａを用いて大径の管５０ａの曲げ加工を行う場合には、各部品を図８（ｂ）に示すように組み立てて使用する。これにより、曲げ加工される管５０ａの、曲げ変形位置にある領域並びに形成された曲管部は、その曲げ内側部外周面が、じゃばら防止部材５３ａのじゃばら規制面５８で規制されてじゃばら発生が防止され、また、その曲げ中立部の外周面が両側の扁平防止板５１ａ，５１ａで規制されて扁平化が防止される。次に、この形状保整ガイド４１Ａを用いて最小径の管５０ｃの曲げ加工を行う場合には、図１１（ａ）に示すように、管５０ｃ用のじゃばら防止部材５３ｃを取り付け、且つ管５０ｃの上側には扁平防止板５３ｃのみを配置しておく。これにより、小径の管５０ｃに対しても曲げ内側部外周面及び中立位置外周面を規制しながら曲げ加工を行うことができる。更に、小径の管５０ｃではあるが、曲げ半径を大きくした曲げ加工を行う場合には、図１１（ｂ）に示すように、管５０ｃ用で且つ曲げ半径の大きいものに対応したじゃばら防止部材５３ｄを取り付け、且つ管５０ｃに接触する位置には大径の扁平防止板５１ａ，５１ａを配置しておく。これにより、小径の管５０ｃに対して大きい曲げ半径で、曲げ内側部外周面及び中立位置外周面を規制しながら曲げ加工を行うことができる。以上のように、この構成の形状保整ガイド４１Ａは、管径や曲げ半径等の曲げ加工条件の変更に対して、一部部品の交換で対応できるので、一体構造の形状保整ガイド４１を用いる場合に比べて、条件変更作業が容易であり、且つ設備費も低減できるという利点を有している。

【００５２】
図１２～図１４は、他の実施形態に係る形状保整ガイド４１Ｂを示すものである。この形状保整ガイド４１Ｂは、異なる管径、異なる曲げ半径などの管に共通に使用可能な広い扁平防止板５１，５１を用いている。そして、じゃばら防止部材としては、曲げ半径が小さい場合には、図１２に示すように、円筒面の外周にじゃばら規制面６６を形成した筒体６５を用い、曲げ半径が大きい場合には、図１３に示すように、円弧状の部材の外周にじゃばら規制面６８を形成した円弧状部材６７を用い、また、管径が大きい場合にも、図１４に示すように、円弧状の部材の外周にじゃばら規制面７１を形成した円弧状部材７０を用いている。なお、扁平防止板５１，５１の位置調整のため、主軸１６に筒状のスペーサ７２，７３，７４等を取り付けている。この構成の形状保整ガイド４１Ｂでも、一部部品の交換によって、異なる管径、異なる曲げ半径等の異なる曲げ条件に容易に対応可能である。

【００５３】
以上の実施形態はいずれも、じゃばら及び扁平防止のために使用する常設型具４０が、曲げアーム１７と一体に旋回する形状保整ガイド４１，４１Ａ，４１Ｂ等を備えているが、常設型具は必ずしも、曲げアーム１７と一緒に回転する必要はなく、曲げ加工位置に固定して配置する構成としてもよい。図１５（ａ）は定位置に固定して設けた常設型具４０Ａを示すものである。この常設型具４０Ａは、支持アーム８０と、その支持アーム８０に、管１３の曲げ加工位置ＯＡ上に位置するように保持されたダイス状の型具８１を備えており、その型具８１は、管１３の、曲げ加工位置に位置する領域の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側の外周面を規制する規制面８２を備えている。この常設型具４０Ａを用いることによっても、管の曲げ加工時にじゃばら防止及び扁平防止を図ることができ、高速での曲げ加工が可能となる。

【００５４】
なお、常設型具４０Ａに用いる型具８１も、図１５（ｂ）に示すように、一体構造のものに限らず、図１５（ｃ）に示すように、管１３の曲げ内側部外周面を規制してじゃばらを防止するじゃばら規制面８５を備えたじゃばら防止部材８４と、それぞれが管１３の曲げ中立部の外周面を規制する扁平規制面８７を備えた２枚の扁平防止板８６，８６を備えた構成とすることができる。この構成とすると、じゃばら防止部材８４の交換或いは扁平防止板８６の交換、位置変更等によって、曲げ加工条件の変更に容易に対応できる。また、図１５（ｃ）に示す常設型具４０Ａにおいて、じゃばら防止部材８４に代えて、円周面にじゃばら規制面を形成したロールを用いるとか、扁平防止板８６に代えてロールを用いる等の変更を行うことも可能である。

【００５５】
図３，図４に示す実施形態の曲げ加工方法では、管１３に対して曲げ加工を施している期間中、誘導コイル３５を曲げ加工位置ＯＡに停止させており、得られた金属曲管１３Ａ（図７参照）の曲管部１３ａでは、全角度範囲に亘って一定の曲げ半径Ｒとなっている。しかしながら、本発明はこの曲げ加工方法に限らず、曲管部の曲げ始めの領域は、曲げ半径が所定の曲げ半径Ｒよりも大きい曲げ半径から所定の曲げ半径Ｒになるように徐々に減少させ、曲げ終わりの領域は曲げ半径が所定の曲げ半径Ｒから徐々に増大するように曲げ加工する方法、すなわち、ぼかし曲げにも適用可能である。以下、この場合の実施形態を説明する。図１６はぼかし曲げによって製造した金属曲管１３Ｂを示すものであり、この金属曲管１３Ｂは曲管部１３Ｂａ（角度θ_0で示す領域）とその両端の直管状の管端部１３Ｂｂ，１３Ｂｃ（長さb_1，c_1で示す領域）を備えている。ここで形成している曲管部１３Ｂａは、その両端領域のぼかし曲げ部（角度θ_1，θ_2の領域及び角度θ_4，θ_5の領域）と、中央の定常曲げ部（角度θ_3の領域）からなっている。定常曲げ部は一定の曲げ半径Ｒの領域であり、その両側のぼかし曲げ部は、定常曲げ部から遠ざかるにつれて曲げ半径R_Gが、所定の曲げ半径Ｒから徐々に増大している領域である。更にこのぼかし曲げ部は、指示角度θ（曲管部全体を一定の曲げ半径Ｒとした場合の角度、すなわち、図７に示す、長さｂ，ｃの直管状の管端部１３ｂ，１３ｃに挟まれた曲管

部１３ａの角度θに等しい）の範囲内に設定された領域（角度θ_2，θ_4で示す領域）と、その外側（図７に示す直管状の管端部１３ｂ，１３ｃに対応する領域内）に設定された領域（角度θ_1，θ_5の領域）からなっており、従って、曲管部１３Ｂａの角度θ_0は、指示角度θよりも広くなっている。

【００５６】

次に、金属直管を曲げ加工して金属曲管１３Ｂを製造する方法を説明する。この金属曲管１３Ｂの製造にも、図１、図２に示す曲げ加工装置をそのまま使用してもよいが、じゃばら発生をより良好に防止するためには、図１７に示す形状保整ガイド４１Ｃを用いることが好ましい。この形状保整ガイド４１Ｃは、その外周面に、曲管部１３Ｂａの曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側の外周面を規制する規制面４２Ｃを備えており、その規制面４２Ｃの底部が、形状保整ガイド４１Ｃの回転軸線に直角な面内において曲管部１３Ｂａの曲げ内側部外周面に適合する形状となっている。すなわち、規制面４２Ｃの底部の定常曲げ部に対応する部分は一定半径R_1の円弧状となっており、その両側のぼかし曲げ部に対応する部分は半径が徐々に変化する形状となっている。

【００５７】

曲げ加工に際しては、まず、曲げ加工すべき直管１３を図１８（ａ）に示すようにセットし、誘導コイル３５に通電しながらその誘導コイル３５を管先端側から曲げ加工位置ＯＡに向かって所定の速度で移動させる。そして、その誘導コイル３５が管端から距離b_1（金属曲管１３Ｂに形成する直管状の管端部１３Ｂｂの長さに等しい距離）だけ離れた位置に達した時点で、誘導コイル３５の移動は継続した状態で曲げ加工を開始する。すなわち、管１３の管軸方向への送りを開始すると共に曲げアーム１７の旋回速度を徐々に増して行きながら旋回させて一定の旋回速度に到達させる。同時に誘導コイル３５の移動速度を上記旋回アームの旋回速度の増加を補う形で（誘導コイル３５により管に形成される加熱部の管に対する相対移動速度が一定となるように）徐々に低下させてゆく。これにより、管１３が曲げ加工されてゆく。この際の曲げ半径は、曲げアームの旋回速度に対する、加熱部の管に対する相対移動速度（＝誘導コイル３５の移動速度＋旋回アーム１７の旋回速度に応じた管の移動速度）の比率（すなわち、加熱部の管に対する相対移動速度／曲げアームの旋回速度）によって定まるので、前記したように曲げアーム１７の旋回速度を徐々に増加させ、誘導コイル３５の移動速度を徐々に低下させるようにしたことにより、曲げ半径は、曲げ開始時には所定の曲げ半径Ｒよりもかなり大きい値となっており、曲げ加工の進行に伴って徐々に減少してゆく。ここで、曲げアーム１７の旋回及び誘導コイル３５の移動は、図１８（ｂ）に示すように、曲げアーム１７が角度θ_2だけ旋回した時点で旋回速度が一定速度となり、それと同期して誘導コイル３５が曲げ加工位置ＯＡに達して停止するように設定している。これにより、誘導コイル３５が曲げ加工位置ＯＡに達した時点で曲げ半径は所定の曲げ半径Ｒになる。以上により曲げ開始側のぼかし曲げ部（図１６の金属曲管１３Ｂの角度θ_1，θ_2で示す領域）が形成される。このように曲げ開始領域にぼかし曲げ部を形成したことにより、曲げ内側部の管壁が急激に増肉されるということが回避され、じゃばら等の不安定変形が生じにくくなる。また、この曲げ加工の際、誘導コイル３５は曲げ加工位置ＯＡよりも管先端側に離れた位置となっており、このため、管の曲げ変形進行部は曲げ加工位置ＯＡから離れた位置となっているが、その曲げ変形進行部に対向する位置に形状保整ガイド４１Ｃの規制面４２Ｃが存在しているので、それが曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面と曲げ中立部両側の外周面を規制する。このため、じゃばら発生や扁平が防止される。なお、厳密には、形状保整ガイド４１Ｃの規制面４２Ｃの底面は、ぼかし曲げ部の曲げ進行に伴って（形状保整ガイド４１Ｃの回転に伴って）、管の曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面から離れてくるが、その量は小さいので、じゃばらが発生する際の管壁の膨出を抑制でき、じゃばら防止効果を発揮できる。また、一層確実なじゃばら防止を図るため、形状保整ガイド４１Ｃの回転に伴って、形状保整ガイド４１の中心位置を移動させ、規制面４２Ｃの底面が管の曲げ変形進行部の曲げ内側部外周面を常に正確に規制するようにしてもよい。

【００５８】

誘導コイル３５が曲げ加工位置ＯＡに到達した後は、誘導コイル３５をその位置に停止させた状態で曲げ加工を継続する。これにより、一定半径Ｒでの曲げ加工が行われる。そして、図１８（ｃ）に示すように、曲げアーム１７が更に角度θ_3　だけ旋回した時点で、曲げアーム１７の旋回速度を徐々に減じて行きながら、誘導コイル３５の管後端に向かう管軸方向の移動を開始し、且つその際の移動速度を上記曲げアームの旋回速度の減少を補う形で徐々に増加させてゆく。これにより、曲げ半径が徐々に増加しながら曲げ加工が行われ、曲げ終了側のぼかし曲げ部が形成されてゆく。そして、図１９に示すように、曲げアーム１７が角度θ_4　だけ旋回した時点で誘導コイル３５が管後端からc_1　（金属曲管１３Ｂに形成する直管状の管端部１３Ｂｃの長さに等しい距離）だけ離れた位置に達して曲げ加工が終了するように設定しておく。これにより、所定の角度範囲のぼかし曲げ部が形成される。このぼかし曲げの際にも、管の曲げ変形進行部に対向する位置に規制面４２Ｃが存在しているので、じゃばら発生や扁平が防止される。以上のようにして、図１６に示す形状の金属曲管１３Ａを製造することができる。

【００５９】

なお、図１６～図１９に示す実施形態では、図１７に示すように、形状保整ガイド４１Ｃに形成している規制面４２Ｃの底部を、形成すべき曲管部の曲げ内側部外周面に適合する形状としたが、規制面４２Ｃの底部形状は必ずしも正確に曲管部の曲げ内側部外周面に適合する形状とする必要はなく、多少ずれがあっても良い。例えば、ぼかし曲げ部に対向する領域は、直線状或いは単純な円弧状で近似してもよく、これによって形状保整ガイド４１Ｃの製造コストを削減できる。また、図１８、図１９に示すぼかし曲げを行う場合の形状保整ガイドとして、図８～図１４に示すような組み立て式の形状保整ガイドを用いても良いし、更には、形状保整ガイドに代えて、図１５に示すような、曲げアーム１７とは別個に設ける常設型具４０Ａを用いてもよい。その場合、管の曲げ変形進行部を規制する型具８１は、誘導コイルの移動に連動して管軸方向に移動させ、常に曲げ変形進行部を規制することができる構成とすることが好ましい。また、上記実施形態では、ぼかし曲げを行う際に、誘導コイル３５の移動速度を旋回アームの旋回速度の増加或いは減少を補う形で増減させ、誘導コイル３５により管に形成される加熱部の管に対する相対移動速度が一定となるようにしている。これは誘導コイル３５が管に投入すべき熱量を一定とできる利点が得られて好ましいが、ぼかし曲げを行う場合の必須要件ではなく、従って、誘導コイル３５の移動速度や曲げアーム１７の旋回速度は適宜変更可能である。

【００６０】

【発明の効果】

本発明方法及び装置によれば、金属管の曲げ加工時においてじゃばら及び／又は扁平化を防止しながら曲げ加工速度の増速を行うことが可能となり、金属曲管の製造コストを削減することができる。また、直管段階で管端にフランジを取り付けた管に対する曲げ加工や、直管段階で管端に開先加工を施した管に対して曲げ加工を施すことが可能となり、曲げ加工後にフランジ取り付けや開先加工を行う場合に比べて、フランジ取り付けや開先加工のコストを大幅に削減でき、この点からも金属曲管の製造コストを大幅に削減できる。かくして、本発明は、高品質の金属曲管を低コストで製造できるという効果を有している。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施形態に係る曲げ加工装置の概略平面図

【図２】図１に示す曲げ加工装置の概略断面図

【図３】（ａ），（ｂ），（ｃ），（ｄ）は図１に示す曲げ加工装置による曲げ加工動作を説明する概略断面図

【図４】（ａ），（ｂ），（ｃ）は図１に示す曲げ加工装置による曲げ加工動作を説明する概略断面図

【図５】図１の曲げ加工装置において管の曲げ変形を生じている領域を拡大して示す概略断面図

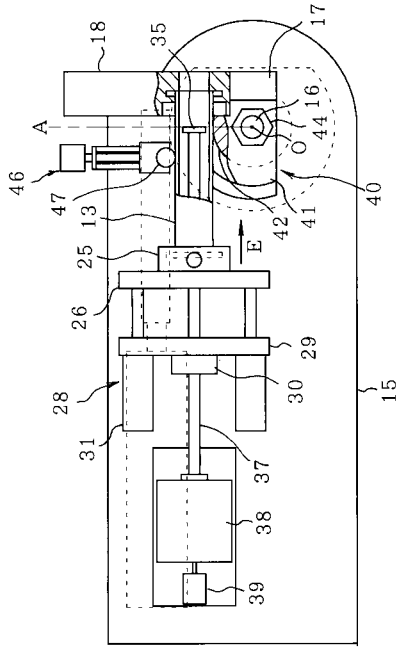
【図６】（ａ）は形成保整ガイドと管との曲げ加工位置での概略断面図

（ｂ）は（ａ）と同じ部分を管を形状保整ガイドから離して示す概略断面図

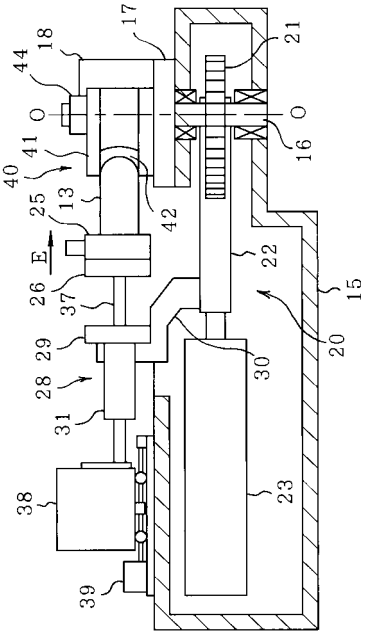
【図７】図１の曲げ加工装置で製造する金属曲管の概略断面図
【図８】（ａ）は図１の曲げ加工装置に用いる形状保整ガイドの変形例を示す概略平面図
（ｂ）は（ａ）のＦ－Ｆ矢視概略断面図
【図９】（ａ）は図８の形状保整ガイドに用いるじゃばら防止部材の概略平面図
（ｂ）は（ａ）のＧ－Ｇ矢視概略断面図
【図１０】（ａ）は図８の形状保整ガイドに用いる扁平防止板の概略平面図
（ｂ）は（ａ）のＨ－Ｈ矢視概略断面図
【図１１】（ａ），（ｂ）はそれぞれ、図８の形状保整ガイドを異なる曲げ加工条件で使用する状態を示す、図８（ｂ）と同一部分の概略断面図
【図１２】（ａ）は図１の曲げ加工装置に用いる形状保整ガイドの更に他の変形例を示す概略平面図
（ｂ）は（ａ）のＪ－Ｊ矢視概略断面図
【図１３】（ａ）は図１２の形状保整ガイドを異なる曲げ加工条件で使用する状態を示す概略平面図
（ｂ）は（ａ）のＫ－Ｋ矢視概略断面図
【図１４】（ａ）は図１２の形状保整ガイドを更に異なる曲げ加工条件で使用する状態を示す概略平面図
（ｂ）は（ａ）のＭ－Ｍ矢視概略断面図
【図１５】（ａ）は常設型具の変形例を用いた曲げ加工装置の概略平面図
（ｂ）は（ａ）のＰ－Ｐ矢視概略断面図
（ｃ）は（ｂ）に示す型具８１の変形例を示す概略断面図
【図１６】本発明の実施形態で製造する金属曲管の他の例を示す概略断面図
【図１７】図１６に示す金属曲管の製造に用いる形状保整ガイドの概略断面図
【図１８】（ａ），（ｂ），（ｃ）は、図１６に示す金属曲管を製造するための曲げ加工動作を説明する概略断面図
【図１９】図１６に示す金属曲管を製造するための曲げ加工動作を説明する概略断面図
【図２０】（ａ）は従来の曲げ加工装置の概略平面図
（ｂ）は（ａ）の曲げ加工装置を曲げ加工中の状態で示す概略平面図
（ｃ）はこの曲げ加工装置で製造した曲管の概略平面図
（ｄ）は（ａ）のＢ－Ｂ矢視概略断面図
【図２１】従来の曲げ加工における問題点を説明するための曲げ加工領域の概略断面図
【図２２】（ａ）は従来の曲げ加工装置の他の例を示す概略平面図
（ｂ）は（ａ）のＣ－Ｃ矢視概略断面図
【図２３】（ａ）は従来の曲げ加工装置の更に他の例を示す概略平面図
（ｂ）は（ａ）のＤ－Ｄ矢視概略断面図
【符号の説明】
１３　管
１３Ａ　金属曲管
１３ａ　曲管部
１３ｂ，１３ｃ　管端部
１５　機械本体
１６　主軸
１７　曲げアーム
１８　前クランプ
２０　駆動手段
２３　主曲げシリンダ
２５　後クランプ
２６　後クランプ支持台
２８　押圧装置
３０　連結板

３１　圧縮用シリンダ
３５　誘導コイル
３６　冷却媒体
３８　高周波変圧器
３９　変圧器移動用モータ
４０，４０Ａ　常設型具
４１，４１Ａ，４１Ｂ，４１Ｃ　形状保整ガイド
４２，４２Ｃ　規制面
４２ａ　じゃばら規制面
４２ｂ　扁平規制面
４６　管規制手段
４７　押えローラ
５０ａ，５０ｂ，５０ｃ　管
５１ａ，５１ｂ，５１ｃ　扁平防止板
５３ａ，５３ｃ，５３ｄ　じゃばら防止部材
５８　じゃばら規制面
６１　扁平規制面

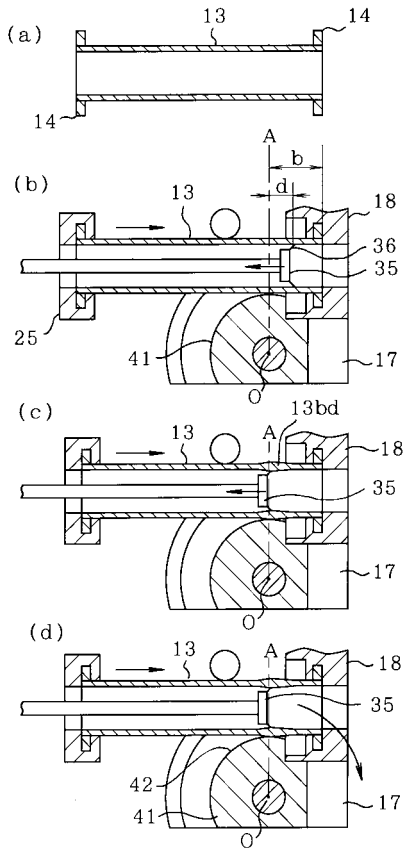
【図１】



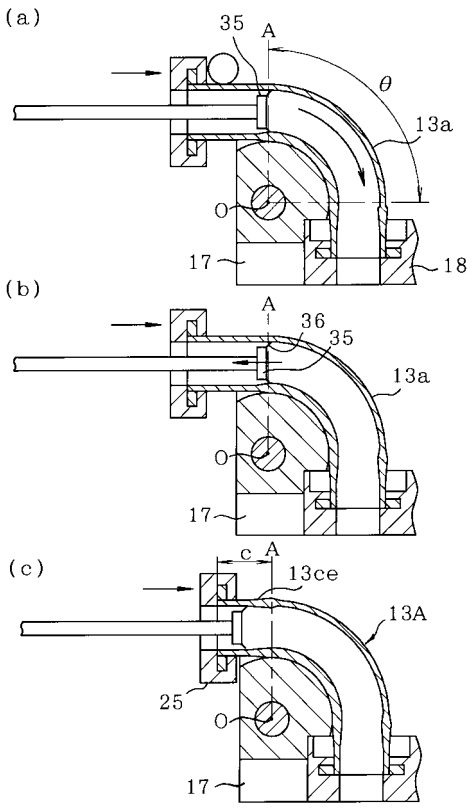
【図２】



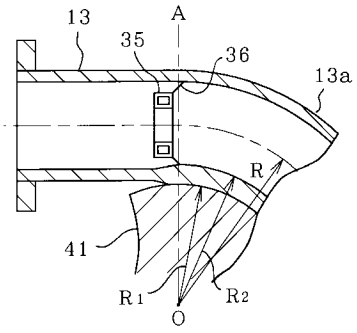
【図３】


(a)
13
14
14
(b)
A
b
d
13
18
36
35
25
41
17
O
(c)
13bd
13
A
18
35
17
O
(d)
13
A
18
35
42
41
17
O

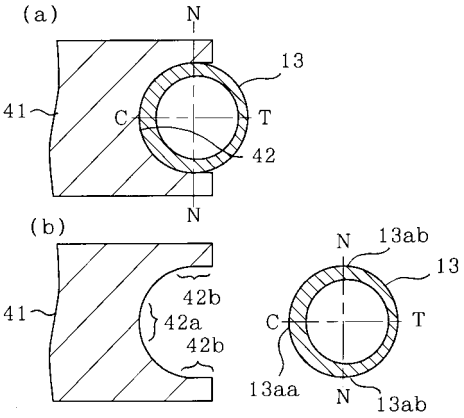
【図４】


(a)
35
A
θ
13a
O
17
18
(b)
A
36
35
13a
O
17
(c)
c
A
13ce
13A
25
O
17

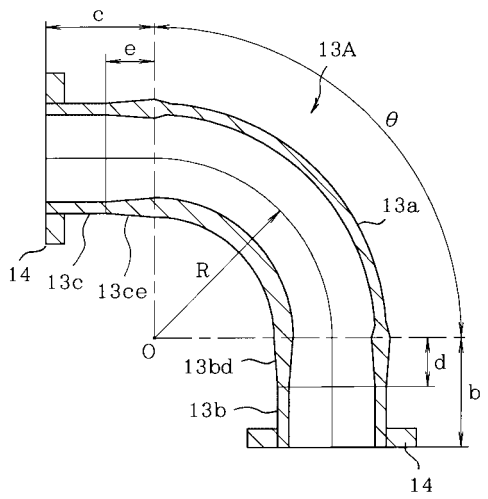
【図５】


13
A
35
36
13a
R
41
R1
R2
O

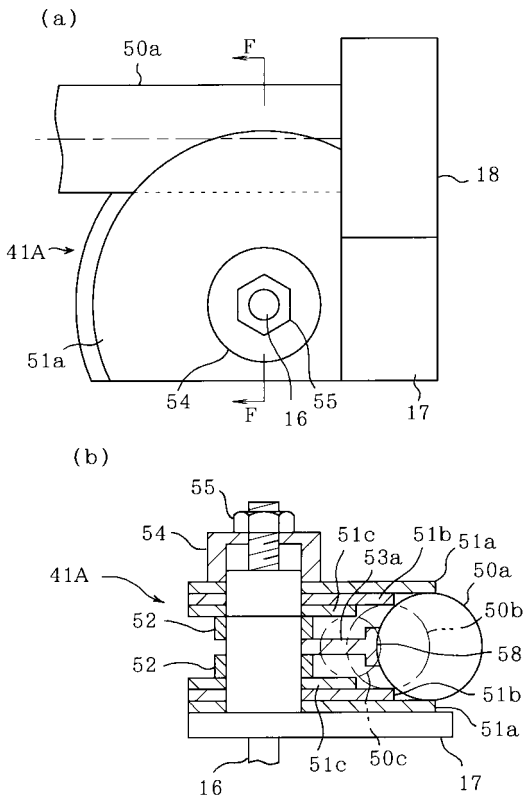
【図６】


(a)
N
13
41
C
T
42
N
(b)
41
42b
42a
42b
N
13ab
13
C
T
13aa
N
13ab

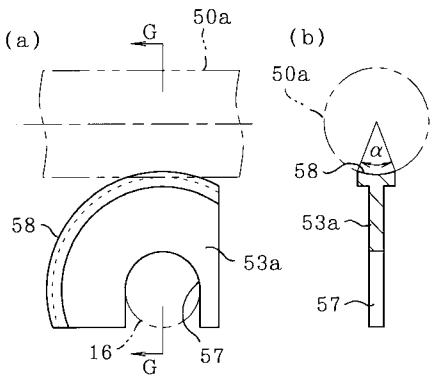
【図７】


c
e
13A
θ
13a
14
13c
13ce
R
O
13bd
d
b
13b
14

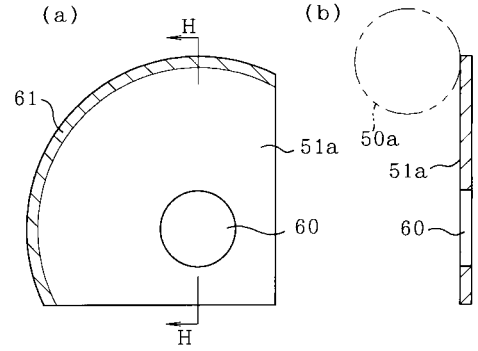
【図８】



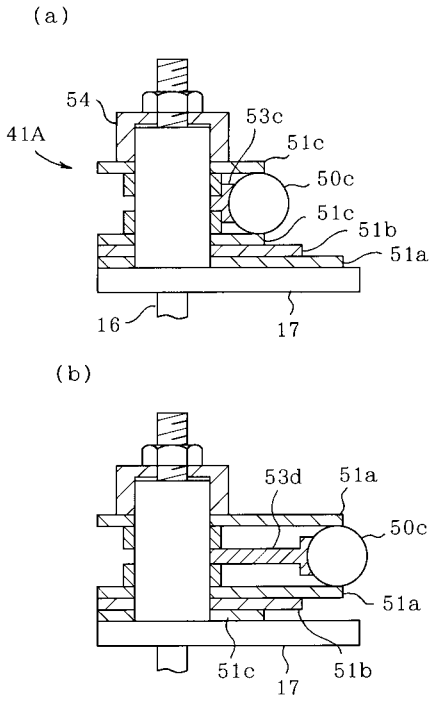
【図９】



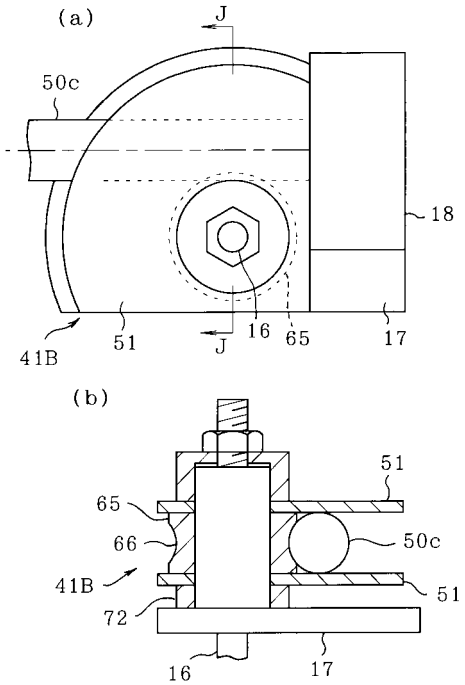
【図１０】



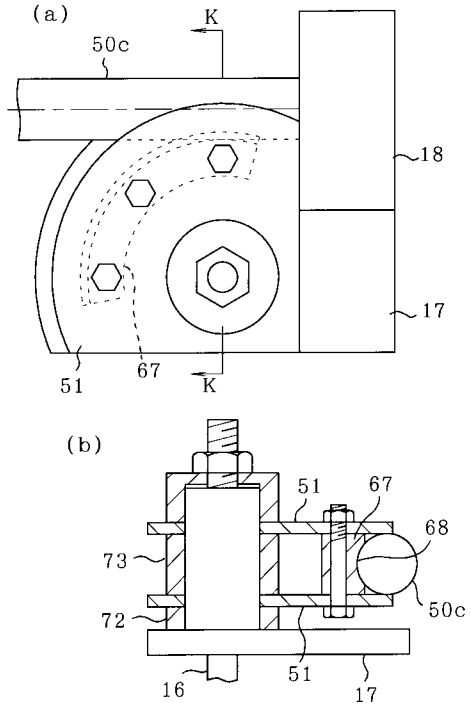
【図１１】



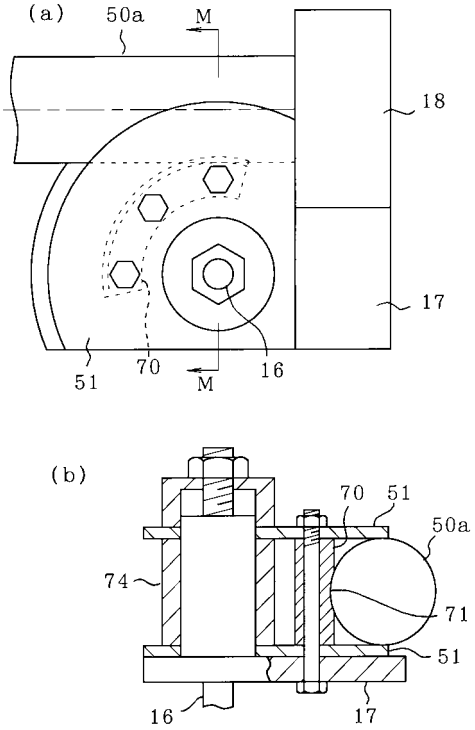
【図１２】



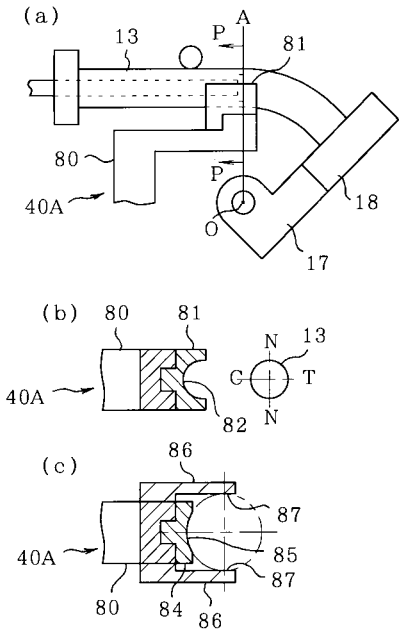
【図１３】



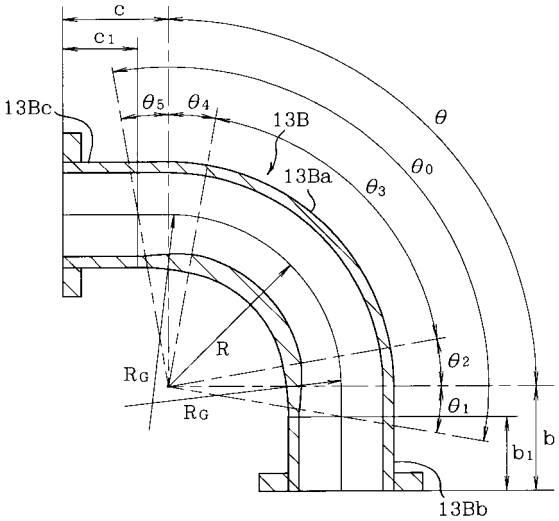
【図１４】



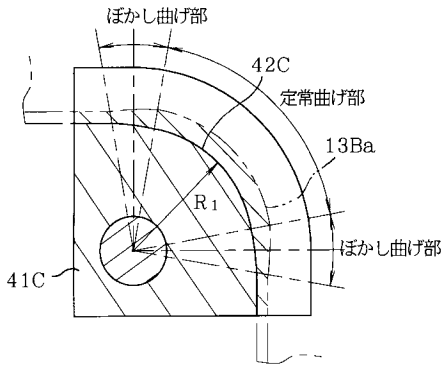
【図１５】



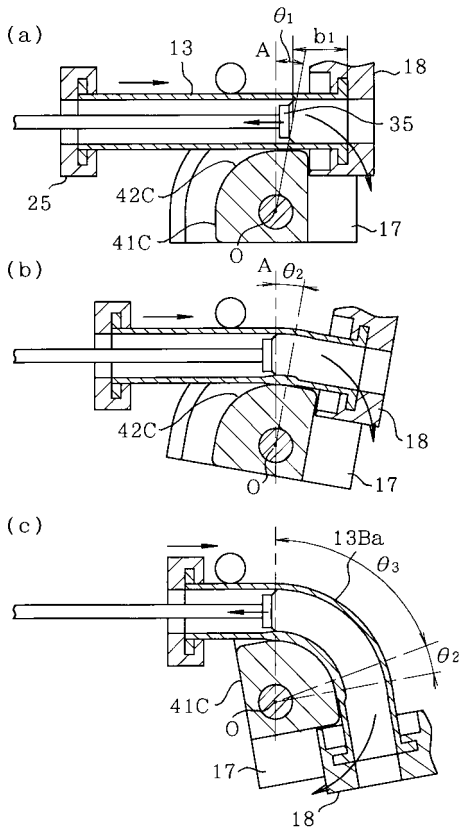
【図１６】



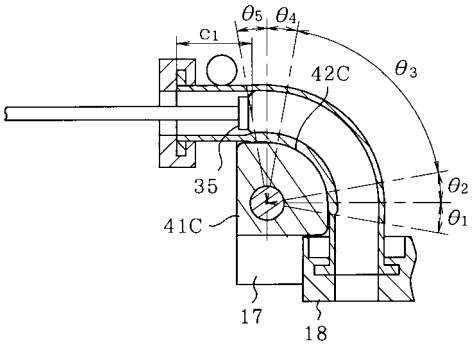
【図１７】



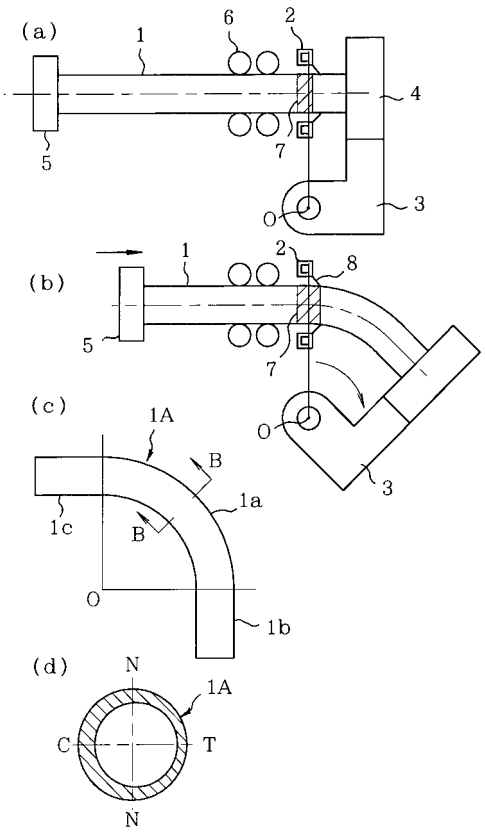
【図１８】



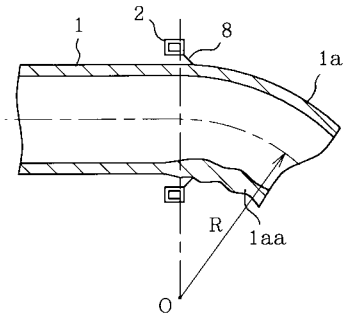
【図１９】



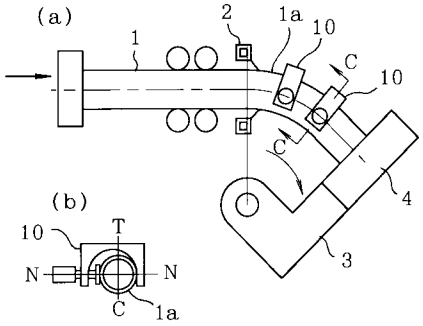
【図２０】



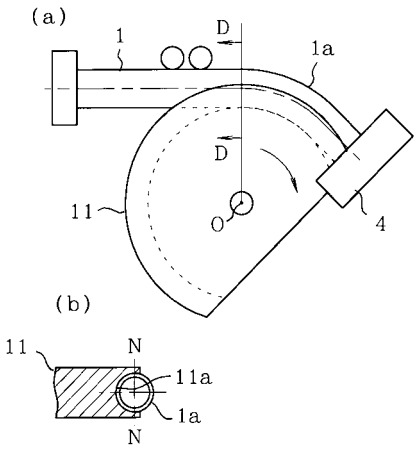
【図２１】


1
2
8
1a
R
1aa
O

【図２２】


(a)
1
2
1a
10
C
10
C
4
3
(b)
10
T
N
N
C
1a

【図２３】


(a)
1
D
1a
D
11
O
4
(b)
11
N
11a
1a
N