

(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2010-131649

(P2010-131649A)

(43) 公開日 平成22年6月17日(2010.6.17)

(51) Int.Cl.  
B21D 7/16 (2006.01)

F1  
B21D 7/16

テーマコード(参考)  
4E063

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2008-311246 (P2008-311246)  
(22) 出願日 平成20年12月5日(2008.12.5)

(71) 出願人 501241645  
学校法人 工学院大学  
東京都新宿区西新宿1丁目24番2号  
(71) 出願人 398008284  
佐藤 徹  
神奈川県横浜市神奈川区三ツ沢下町10番  
50号  
(71) 出願人 591117413  
株式会社菊池製作所  
東京都八王子市美山町2161-21  
(71) 出願人 800000080  
タマティーエルオー株式会社  
東京都八王子市旭町9番1号 八王子スク  
エアビル11階

最終頁に続く

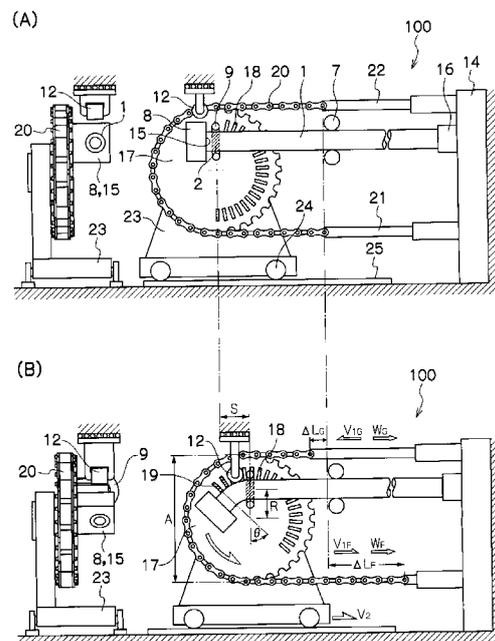
(54) 【発明の名称】 鋼管の曲げ加工装置及び鋼管の曲げ加工方法

(57) 【要約】

【課題】、鋼管をその軸線方向に沿って圧縮して鋼管を曲げる構成において、構成の小型化を図る。

【解決手段】ジャッキ22を繰り出すと共に、ジャッキ21で引張ることにより、前部押圧板15及び後部押圧板16で把持された鋼管1の環状加熱部2には、軸圧縮力が作用する。これと共に、押しローラ12が鋼管1を押圧することにより、鋼管1の環状加熱部2にせん断力が作用する。このように、軸圧縮力とせん断力が作用するので、鋼管1が円弧状に曲がる。鋼管1の環状加熱部2には、軸圧縮力とせん断力が同時に作用するので、圧縮力のみによる曲げ加工に比べて、小さな軸圧縮荷重で曲げることができる。そのため、ジャッキ22および21とチェーン20を小さくでき、装置の小型化が図れる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

鋼管の一部を環状に加熱する加熱手段と、  
 前記加熱手段によって加熱された前記鋼管の環状加熱部を環状に冷却する冷却手段と、  
 前記環状加熱部にその軸線方向に沿って圧縮力を付与する圧縮力付与手段と、  
 前記環状加熱部にせん断力を付与するせん断力付与手段と、  
 曲げられた鋼管が所定の形状を保つように前記鋼管を拘束する拘束手段と、  
 前記鋼管に対して前記加熱手段及び前記冷却手段を、前記鋼管の未だ曲げられていない  
 部位側へ前記鋼管の軸方向に相対移動させる移動手段と、  
 を備えた鋼管の曲げ加工装置。

10

## 【請求項 2】

前記加熱手段は、前記鋼管がクランク形状に曲がるように、前記鋼管の軸線に対して斜  
 めに前記鋼管の一部を環状に加熱する請求項 1 に記載の鋼管の曲げ加工装置

## 【請求項 3】

鋼管の一部を環状に加熱して、前記鋼管の軸方向に沿って連続的に環状加熱部を形成す  
 る加熱工程と、  
 前記環状加熱部を連続的に冷却する冷却工程と、  
 前記環状加熱部にその軸線方向に圧縮力を付与すると共に、前記環状加熱部にせん断力  
 を付与して鋼管を連続的に曲げる付与工程と、  
 を備えた鋼管の曲げ加工方法。

20

## 【請求項 4】

前記加熱工程は、前記鋼管がクランク形状に曲がるように、前記鋼管の軸線に対して斜  
 めに前記鋼管の一部を環状に加熱する請求項 3 に記載の鋼管の曲げ加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、鋼管の曲げ加工装置及び鋼管の曲げ加工方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

鋼管の曲げ加工方法としては、例えば、押しロールを用いて鋼管を曲げる「押しロール  
 曲げ」と、軸圧縮力を利用して鋼管を曲げる「軸圧縮曲げ」とがある。

30

## 【0003】

「押しロール曲げ」の加工方法が、例えば、特許文献 1、2、3、4 に開示され、「軸  
 圧縮曲げ」の加工方法が、例えば、特許文献 5、6、7 に開示されている。

## 【0004】

まず、「押しロール曲げ」の加工方法の一例として、特許文献 3 の加工方法について説  
 明する。特許文献 3 の加工方法では、まず、送り機構部 A により送り出されるパイプ 1 を  
 加熱コイル 6 が局部的に加熱すると共に、押曲げローラ 10 がパイプ 1 にその側面から押  
 圧力を加える（特許文献 3 の図 1 参照）。これにより局部的な加熱部位にある角度で曲が  
 りが形成される。そしてこれら一連の操作を、X テーブル 8 と Y テーブル 9 の移動の組み  
 合わせにより曲げローラ 10 を所定軌跡で移動させつつ繰り返すことで所定の曲げ半径に  
 よる曲げを所望の曲げ角度で形成することができる。

40

## 【0005】

このような「押しロール曲げ」の加工方法は、簡便である一方で、曲げ半径精度が劣り  
 、曲げによる肉厚減少が発生するという問題点がある。

## 【0006】

次に、「軸圧縮曲げ」の加工方法の一例として、特許文献 6 の加工方法について説明す  
 る。

## 【0007】

特許文献 6 の加工方法では、鋼管移動装置 7 を駆動して鋼管 1 を前方に送り、油圧ジャ

50

ッキ5によりチェーン4に引張り力を加えると、両者4、5の固定端は鋼管1の偏心軸線上にあるから、鋼管1は、その偏心軸線方向の圧縮力を受けながら順次後方へ移動する環状の局部加熱部tにおいて連続して曲がっていく（特許文献6の図2参照）。

【0008】

このとき、チェーン4の引張り速度を上げれば（引張り力を大きくすれば）、単時間あたりの曲げ量が大きくなるので、曲げ半径を小さくすることができる。逆に、チェーン4の引張り速度を下げれば（引張り力を小さくすれば）、単位時間あたりの曲げ量が小さくなるので、曲げ半径を大きくすることができる。また、鋼管移動装置7の移動速度を下げれば、同様の理由で曲げ半径を小さくすることができる。

【0009】

したがって、いま、チェーン4の引張り速度を $V_1$ 、鋼管移動装置7の移動速度を $V_2$ とすると、両者の比（ $V_1/V_2$ ）の値を大きくすれば、曲げ半径は小さくなり、小さくすれば、曲げ半径は大きくなる。

【0010】

このように、特許文献6の加工方法においては、鋼管1の偏心軸線上に設定した2つの力の作用点の間に引張り力を付与することにより鋼管の曲げ加工をする際に、前記引張り速度（引張り力）と、前記局部加熱部と鋼管の相対速度を調節できるから、鋼管1曲げ半径を、例えば、床に描いた曲げ加工線を基準にして制御することができる。

【0011】

また、特許文献6の加工方法においては、鋼管の曲げ加工をする際に、鋼管の偏心軸線上に設定した2つの力の作用点の間に引張り力を付与し、鋼管を長さ方向に圧縮するから、鋼管の曲げ加工による減肉を抑制することができる。

【特許文献1】特開昭47-034067号公報

【特許文献2】特開昭47-034155号公報

【特許文献3】特開平11-221626号公報

【特許文献4】特開平11-226656号公報

【特許文献5】特開2000-015350号公報

【特許文献6】特開2001-239321号公報

【特許文献7】特開2004-337960号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、上記のような「軸圧縮曲げ」の加工方法では、「押しロール曲げ」の加工方法に比べ、曲げ半径精度が高く、曲げによる肉厚減少が抑制できるが、装置が大型化してしまう。

【0013】

本発明は、上記事実を考慮し、鋼管をその軸線方向に沿って圧縮して鋼管を曲げる構成において、構成の小型化を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の請求項1に係る鋼管の曲げ加工装置は、鋼管の一部を環状に加熱する加熱手段と、前記加熱手段によって加熱された前記鋼管の環状加熱部を環状に冷却する冷却手段と、前記環状加熱部にその軸線方向に沿って圧縮力を付与する圧縮力付与手段と、前記環状加熱部にせん断力を付与するせん断力付与手段と、曲げられた鋼管が所定の形状を保つように前記鋼管を拘束する拘束手段と、前記鋼管に対して前記加熱手段及び前記冷却手段を、前記鋼管の未だ曲げられていない部位側へ前記鋼管の軸方向に相対移動させる移動手段と、

を備えている。

【0015】

この構成によれば、加熱手段により鋼管の一部が環状に加熱される。この加熱手段は、

10

20

30

40

50

移動手段により、鋼管の未だ曲げられていない部位側へ前記鋼管の軸方向に相対移動されるので、鋼管の軸方向に沿って連続的に環状加熱部を形成することができる。

【0016】

加熱手段によって加熱された鋼管の環状加熱部は、冷却手段により環状に冷却される。

【0017】

環状加熱部には、圧縮力付与手段より、その軸線方向に沿って圧縮力を付与される。また、環状加熱部には、せん断力付与手段により鋼管の曲がる方向にせん断力を付与する。

【0018】

このように、本発明の請求項1の構成では、軸圧縮力及びせん断力が環状加熱部に作用するので、圧縮力のみにより鋼管を曲げる場合に比べて、小さな軸圧縮荷重で鋼管を曲げることができる。そのため、圧縮力付与手段の構成を小さくでき、装置構成の小型化が図れる。なお、圧縮力のみによる変形に比べて、圧縮力とせん断力とを組み合わせると、圧縮力を小さくすることができるという現象は、ミーゼスの降伏条件として知られている。

10

【0019】

本発明の請求項2に係る鋼管の曲げ加工装置は、請求項1の構成において、前記加熱手段は、前記鋼管がクランク形状に曲がるように、前記鋼管の軸線に対して斜めに前記鋼管の一部を環状に加熱する。

【0020】

この構成によれば、加熱手段が鋼管の軸線に対して斜めに鋼管の一部を環状に加熱して、鋼管をクランク形状に曲げることができる。

20

【0021】

本発明の請求項3に係る鋼管の曲げ加工方法は、鋼管の一部を環状に加熱して、前記鋼管の軸方向に沿って連続的に環状加熱部を形成する加熱工程と、前記環状加熱部を連続的に冷却する冷却工程と、前記環状加熱部にその軸線方向に圧縮力を付与すると共に、前記環状加熱部にせん断力を付与して鋼管を連続的に曲げる付与工程と、を備えている。

【0022】

この構成によれば、加熱工程において、鋼管の一部を環状に加熱して、鋼管の軸方向に沿って連続的に環状加熱部を形成する。冷却工程において、環状加熱部を連続的に冷却する。付与工程において、環状加熱部にその軸線方向に圧縮力を付与すると共に、環状加熱部にせん断力を付与して鋼管を連続的に曲げる。

30

【0023】

このように、本発明の請求項3の構成では、環状加熱部には、軸圧縮力及びせん断力が作用するので、圧縮力のみにより鋼管を曲げる場合に比べて、小さな軸圧縮荷重で鋼管を曲げることができる。そのため、圧縮力付与手段の構成を小さくでき、装置構成の小型化が図れる。

【0024】

本発明の請求項4に係る鋼管の曲げ加工方法は、請求項3の構成において、前記加熱工程は、前記鋼管がクランク形状に曲がるように、前記鋼管の軸線に対して斜めに前記鋼管の一部を環状に加熱する。

40

【0025】

この構成によれば、加熱工程において、鋼管の軸線に対して斜めに鋼管の一部を環状に加熱して、鋼管がクランク形状に曲げることができる。

【発明の効果】

【0026】

本発明は、上記構成としたので、鋼管をその軸線方向に沿って圧縮して鋼管を曲げる構成において、構成の小型化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下に、本発明に係る実施形態の一例を図面に基づき説明する。

50

(第1実施形態に係る鋼管の曲げ加工装置100の構成)

まず、第1実施形態に係る鋼管の曲げ加工装置100の構成を説明する。図1は、第1実施形態に係る曲げ加工装置100の構成を示す概略図である。

【0028】

第1実施形態に係る曲げ加工装置100は、鋼管支え装置7と、前部押圧板15を有する把持装置8と、後部押圧板16と、回転体としての円板17と、架台14と、チェーン20と、ジャッキ21と、ジャッキ22と、せん断力付与手段の一例としての押しローラ12と、加熱手段及び冷却手段の一例としての加熱冷却装置9と、移動手段の一例としての台車23と、レール25とを備えて構成されている。

【0029】

曲げ加工装置100が曲げようとする鋼管1は、その中間部が鋼管支え装置7で支持され、前部(一端部)が把持装置8の前部押圧板15により把持され、後部(他端部)が後部押圧板16により把持されている。鋼管1の前部側が、曲げられる曲げ開始側となる。

【0030】

後部押圧板16は架台14に固着されている。一方、把持装置8は、円板17の側面に固着されている。

【0031】

把持装置8の前部押圧板15は、円板17の半径方向に平行に配置されている。この円板17は、鋼管1を曲げる方向に回転可能に台車23に設けられている。円板17に固着された把持装置8は、円板17と一体に鋼管1を曲げる方向に回転するようになっている。

【0032】

円板17は、チェーンに適合したスプロケット加工が外周に施されており、円板17の外周に巻き掛けられたチェーン20は、円板17の外周に形成された係合歯に係合している。チェーン20の一端部は、繰り出しジャッキ22に締結されており、チェーン20の他端部は、引張りジャッキ21に締結されている。ジャッキ22および21は、その軸方向に移動可能に架台14に設けられている。

【0033】

ジャッキ22および21は、前部押圧板15及び後部押圧板16で把持される鋼管1を挟んで、半径方向の両側(図1の上方と下方)に、鋼管1の軸方向に沿って配置されている。

【0034】

ジャッキ22および21が、鋼管1にその軸線方向に沿って圧縮力を発生させるための駆動部として機能し、その駆動力を伝達する伝達部材として、チェーン20、円板17及び前部押圧板15が機能する。

【0035】

この駆動部及び伝達部材が、鋼管1の環状加熱部2にその軸線方向に沿って圧縮力を付与する圧縮力付与手段として機能する。

【0036】

鋼管1の上部には押しローラ12が置かれ、鋼管1を半径方向(図1における下方)に押すことができる。

【0037】

円板17は台車23に搭載されており、台車23は、レール25の上を車輪24により走行できる。加熱冷却装置9および押しローラ12は、例えば、台車23に設けられ、鋼管1の軸方向に走行できる構造になっている。押しローラ12と加熱冷却装置9と円板17と台車23は一体となって、走行可能とされ、その走行速度は任意に制御でき、速度 $V_2$ とされる。

【0038】

また、円板17には、拘束板19を挿入する穴18があり、図2に示すように、曲がり部の外側半径部分に拘束板19を挿入することにより、鋼管1の曲がり部の変形が抑制さ

10

20

30

40

50

れる。図 1 及び図 2 に示す構成では、円板 17 が 1 枚で構成され、鋼管 1 を片持ちで支えている。なお、図 3 に示すように、円板 17 が 2 枚で構成され、鋼管 1 を両持ちで支える構成であってもよい。

【 0 0 3 9 】

図 4 には、加熱冷却装置 9 の構成が示されている。加熱冷却装置 9 は、例えば、加熱しようとする鋼管 1 の外周に配置される高周波誘導加熱コイルを備えて構成される。

【 0 0 4 0 】

高周波誘導加熱コイルは、コイルに電流を通ずると鋼管 1 には誘導電流が発生し、鋼管 1 の電気抵抗により鋼管 1 は発熱し、鋼管 1 の周方向に環状加熱部 2 が形成される。鋼管 1 の軸線に対して垂直方向に環状加熱部 2 が形成される。すなわち、鋼管 1 の半径方向から見たときに、鋼管 1 の軸線と環状加熱部 2 が直交する。

10

【 0 0 4 1 】

鋼管 1 の材質により適正な加熱温度があるが、炭素鋼鋼管であれば、A 3 変態点以上の例えば 900 前後であり、ステンレス鋼鋼管であれば溶体化熱処理温度以上の 1000 以上である。

【 0 0 4 2 】

加熱コイルには大電流が流れるのでコイルを冷却するための水ないしエアが循環している。また加熱コイルには鋼管 1 の円周を冷却するための冷却水 11 を噴出する噴出孔があげられており、環状加熱部 2 を環状に冷却している。このようにして加熱しながら、鋼管 1 を  $V_2$  の速度で押し出すと鋼管は加熱コイルを通過しながら加熱と冷却を受けるので、鋼管 1 の軸方向に連続的に狭い幅の環状加熱部 2 を形成することができる。環状加熱部 2 とその両側の鋼管 1 は温度差が大きいので機械的性質にも大きな差があり、鋼管 1 に力を加えると環状加熱部 2 に塑性変形が集中する。塑性変形の直後は水冷されるので塑性変形の形状を保つことができる。

20

【 0 0 4 3 】

( ジャッキ 21 及びジャッキ 22 の操作態様 )

次に、ジャッキ 21 及びジャッキ 22 の操作態様について説明する。

【 0 0 4 4 】

図 5 に、外径  $D$ 、長さ  $L$  のパイプが半径  $R$ 、曲げ角度  $\theta$  で曲がったときの一般的な軸方向変形挙動を示す。曲げる前と曲げた後において、軸方向長さ  $L$  が変化しない位置の半径を塑性中立半径  $b$  とする。半径  $b$  より大きい位置においては軸方向に伸びが生じ、半径  $b$  より小さい位置においては軸方向に圧縮されている。いま塑性中立半径  $b$  に注目すると、半径  $b$  の仮想円が仮想直線  $X - X'$  に接しながら互いに滑らずに転がることにより、曲げ半径  $R$  及び曲げ角度  $\theta$  で曲げられていると考えることができる。従ってこの運動は、半径  $b$  の円が直線  $X - X'$  に接しながらサイクロイド運動していると見ることができる。

30

【 0 0 4 5 】

図 6 に半径  $b$  の円が直線  $X - X'$  に接しながら滑ることなく  $180^\circ$  転がったときのサイクロイド運動の軌跡を示す。前記の図 5 に示した外径  $D$  で長さ  $L$  のパイプが、半径  $R$  で曲がったときの塑性中立半径  $b$  の運動に注目して示している。

40

【 0 0 4 6 】

図 7 では、半径  $a$  および半径  $b$  の 2 つの円が一体となって同心円に置かれたモデルを考える。その同心円が前記図 6 と同様に半径  $b$  の円が直線  $X - X'$  に接しながら互いに滑ることなく  $180^\circ$  転がったときのサイクロイド運動の軌跡を示す。半径  $b$  の円が角度  $\theta$  だけ転がったとき  $X$  方向の円板移動距離  $S$  は、 $S = b \theta$  である。

【 0 0 4 7 】

次に図 7 を  $XY$  座標上のサイクロイド運動として解析する。円板の半径を  $a$  とし曲げ管の塑性中立半径を  $b$  とする。パイプ先端は円板に固定されている。塑性中立半径  $b$  の円が直線  $X - X'$  と互いに滑ることなく右方向にころがるときの半径  $a$  の円板外周の座標  $(X_a, Y_a)$  および塑性中立半径  $b$  の座標  $(X_b, Y_b)$  のサイクロイド運動は次のように表すこ

50

とができる。

【0048】

a：円板の半径、b：塑性中立半径、 $\theta$ ：ころがり角度、S：ころがり距離、 $r$ ：a / b  
D：パイプ外径 とすると、

$$X_a = b(\theta - \sin \theta), Y_a = b(\cos \theta - 1)$$

$$X_b = b(\theta - \sin \theta), Y_b = b(\cos \theta - 1)$$

図8には半径aおよび半径bの円板が一体となって同心円に置かれたモデルを考える。このモデルにおいて半径bの円が直線X-X'に接しながら互いに滑ることなく角度 $\theta$ だけ転がったときのサイクロイド運動を示す。このとき半径aの円板17の外周には、チェーン20が巻かれている。転がる前のチェーン20の両端末をFおよびGとし、円板17が角度 $\theta$ だけ転がった後のチェーン20の両端末をF'およびG'とする。端末Fの移動距離は $(a+b)r$ であり、端末Gの移動距離は $(a-b)r$ である。従って逆に言えば、端末Fを $(a+b)r$ だけ引張り、端末Gを $(a-b)r$ だけ繰り出せば、半径bの円板は直線X-X'に接しながら滑ることなく角度 $\theta$ だけ転がり、 $S = br$ だけ移動することになる。従って以上のことから、図8のように、チェーン20が移動するように、ジャッキ21及びジャッキ22を操作すれば、曲げ加工装置100において曲げ加工が実行できることがわかる。以下、具体的にその方法について述べる。

10

【0049】

先ず、半径bなる仮想円の大きさは任意に計画し設定することができる。すなわち前述の、端末Fの移動距離 $= (a+b)r$  および、端末Gの移動距離 $= (a-b)r$  において、円板の半径aおよび曲げ角度 $\theta$ は変わらないとしたとき、bを任意に計画すれば、bの計画値に応じて端末Fの移動距離 $= (a+b)r$  および、端末Gの移動距離 $= (a-b)r$  もそれぞれ決定される。逆に言えば、目標としているbの大きさとなるように、端末Fおよび、端末Gの移動距離を調節すれば目標のbを得ることができる。

20

【0050】

前記までは半径bの仮想円が、これと接する仮想直線と「すべらないで」反時計回りに転がるようにジャッキ21および22を操作した。次に応用として、半径bの仮想円が、これと接する仮想直線と「すべりながら」時計回りに転がるようにジャッキを操作することもできる。

【0051】

すべりながら転がる形態としては $S > br$  および $S < br$  の2つがある。 $S > br$  とする場合は $L_F$  および $L_G$  の長さを同じ比率で増加させる。すると塑性中立半径bが増大し、パイプを押し縮める効果が増大するので曲がり部の肉厚は、 $S = br$  の場合より増加する。

30

【0052】

$S < br$  とするときは $L_F$  および $L_G$  の長さを同じ比率で減少させる。すると塑性中立半径bが減少し、パイプを押し縮める効果が減少するので曲がり部の肉厚は、 $S = br$  の場合より減少する。さらにもう一つのすべりながら転がる形態としては、 $L_F$  および $L_G$  の長さをそれぞれ異なる比率で減少あるいは増加させることもできる。

40

【0053】

なお、図1では、架台14を固定し、円板17を移動させているが、これと逆に架台14を距離Sだけ移動させ、円板17は固定する構成であってもよい。

【0054】

(第1実施形態に係る曲げ加工装置100の作用効果)  
次に、第1実施形態に係る曲げ加工装置100の作用効果を説明する。

【0055】

第1実施形態に係る曲げ加工装置100による加工方法は、加熱工程と、冷却工程と、付与工程とで構成される。

【0056】

加熱工程では、鋼管1の一部を環状に加熱して、鋼管1の軸方向に沿って連続的に環状

50

加熱部 2 を形成する。冷却工程で、環状加熱部 2 が連続的に冷却される。

【 0 0 5 7 】

付与工程では、ジャッキ 2 2 を速度  $V_{1G}$  で繰り出し、ジャッキ 2 1 を速度  $V_{1F}$  で引張る。両ジャッキの速度関係は、 $V_{1G} < V_{1F}$  である。ジャッキ 2 2 は引張り荷重  $W_G$  が発生し、ジャッキ 2 1 は引張り荷重  $W_F$  が発生する。このため、鋼管 1 にはその軸方向に軸圧縮荷重 ( $W_G + W_F$ ) が強力に作用するので、鋼管 1 を押し縮めながら曲げ加工される。

【 0 0 5 8 】

すなわち、環状加熱部 2 は集中的に軸圧縮されるのであるが、環状加熱部 2 の断面の軸方向圧縮速度は不均等な傾きを与られているので、圧縮速度の傾きによる圧縮量の傾きに応じて圧縮されるから、環状加熱部 2 は曲げ角度 及び曲げ半径  $R$  をもつ形状に曲がる。このような局所的な圧縮加工が連続的に行われるので曲げ加工は連続して進行する。

10

【 0 0 5 9 】

鋼管 1 が曲がり始めたら押しローラ 1 2 を鋼管 1 に押し当て、鋼管 1 にせん断力を作用させる。尚、図 1 ( A ) においては、前部押圧板 1 5 と加熱冷却装置 9 との間隔が狭い構成となっているので、鋼管 1 が曲がり始めたら押しローラ 1 2 を鋼管 1 に押し当てているが、押しローラ 1 2 がこの間隔に予め入ることができるように構成すれば、軸圧縮力とせん断力を曲げ開始と同時に付与することもできる。

【 0 0 6 0 】

このように、軸圧縮力とせん断力が作用するので、図 9 に示すように、鋼管 1 が円弧状に曲がる。例えば、軸圧縮力が作用せず、せん断力のみであれば、図 1 0 に示すように、せん断ひずみを生じ、鋼管 1 は円弧状に曲げることができない。

20

【 0 0 6 1 】

鋼管 1 の環状加熱部 2 には、軸圧縮力とせん断力が同時に作用するので、圧縮力のみによる曲げ加工に比べて、小さな軸圧縮荷重で曲げることができる。そのため、ジャッキ 2 2 および 2 1 とチェーン 2 0 を小さくでき、装置の小型化が図れる。

【 0 0 6 2 】

また、本実施形態では、ワイヤロープの配置位置を、曲げようとする側の ( パイプ外径 / 2 ) の範囲の外側に置くことができるので、ワイヤロープの曲げ直径  $A = 2 a$  を十分に大きくすることが可能となった。これによりワイヤロープの疲労寿命を向上することとなる。

30

【 0 0 6 3 】

また、本実施形態では、従来に比較して、加工後の管の減肉率と曲げ半径の制御が容易となる。

( 第 2 実施形態に係る鋼管の曲げ加工装置 2 0 0 の構成 )

まず、第 2 実施形態に係る鋼管の曲げ加工装置 2 0 0 の構成を説明する。図 1 1 は、第 2 実施形態に係る曲げ加工装置 2 0 0 の構成を示す概略図である。

【 0 0 6 4 】

第 2 実施形態に係る曲げ加工装置 2 0 0 は、鋼管 1 の一端部を支持する支持部材 3 0 と、鋼管 1 の他端部を支持する支持部材 3 2 と、圧縮力付与手段、せん断力付与手段及び移動手段として機能する押圧装置 3 4 と、支持部材 3 2 に回転可能に設けられたコロ 3 6 と、加熱手段及び冷却手段としての加熱冷却装置 9 とを備えて構成されている。

40

【 0 0 6 5 】

支持部材 3 2 は、コロ 3 6 が転がることにより、鋼管 1 の半径方向に沿って形成された壁体 3 6 に沿って、鋼管 1 の半径方向に移動可能とされている。

【 0 0 6 6 】

押圧装置 3 4 は、支持部材 3 0 を介して鋼管 1 の一端部を鋼管 1 の軸線方向へ押圧する。加熱冷却装置 9 は、鋼管 1 がクランク形状に曲がるように、鋼管 1 の軸線に対して斜めに鋼管 1 の一部を環状に加熱して、環状加熱部 2 を形成する。なお、加熱冷却装置 9 は、図 4 に示す構成と同様に構成されている。

50

## 【 0 0 6 7 】

本実施形態では、側面視にて、環状加熱部 2 は、上部がコロ 3 6 側（曲げ開始側）に傾けられ、下部が押圧装置 3 4 側（曲げ終了側）に傾けられており、鋼管 1 の軸線に対して斜めに配置されている。

## 【 0 0 6 8 】

本実施形態の構成によれば、例えば、加熱冷却装置 9 の加熱コイルを、鋼管 1 の軸線方向に対して、任意の角度  $\theta$  傾けて配設することにより、鋼管の軸線方向に対して  $\theta$  傾いた環状加熱部 2 を形成される（角度  $\theta$  の範囲は  $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ）。

## 【 0 0 6 9 】

この状態で鋼管の軸線方向に圧縮応力  $\sigma$  を作用させると、分力として環状加熱部 2 に対して垂直方向の圧縮応力成分  $\sigma \sin \theta$  および環状加熱部 2 に対して平行方向のせん断応力成分  $\sigma \cos \theta$  が発生する。これにより環状加熱部には  $\sigma \sin \theta$  および  $\sigma \cos \theta$  の組み合わせ応力が形成される。軸方向圧縮速度を  $V_C$  とし、せん断速度を  $V_S$  に制御すると環状加熱部 2 が逐次変形することにより、鋼管 1 はクランク状に変形する。このように、押圧装置 3 4 は、鋼管 1 を押圧することにより、鋼管 1 の環状加熱部 2 に軸圧縮力及びせん断力を発生させるとともに、鋼管 1 に対して、加熱冷却装置 9 を相対移動させる。鋼管 1 の変形部は、拘束手段としての拘束装置 3 8 で拘束する。これにより、変形された鋼管 1 の形状を維持できる。

10

## 【 0 0 7 0 】

このように、鋼管 1 の環状加熱部 2 には、軸圧縮力とせん断力が同時に作用するので、圧縮力のみによる曲げ加工に比べて、小さな軸圧縮荷重で曲げることができる。そのため、押圧装置 3 4 を小さくでき、装置の小型化が図れる。なお、鋼管 1 を下方へ押して、鋼管 1 にせん断力およびせん断速度を付与する装置を別途配置しても良い。

20

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 7 1 】

【 図 1 】 第 1 実施形態に係る曲げ加工装置の構成を示す概略図である。

【 図 2 】 第 1 実施形態に係る曲げ加工装置において、拘束板で鋼管を拘束する状態を示す概略図である。

【 図 3 】 第 1 実施形態に係る曲げ加工装置において、円板を 2 枚構成とした変形例を示す概略図である。

30

【 図 4 】 第 1 実施形態に係る加熱冷却装置の構成を示す概略図である。

【 図 5 】 曲げ加工によるパイプの軸方向長さ変化量と塑性中立半径の説明図である。

【 図 6 】 塑性中立半径  $b$  のサイクロイド運動の説明図である。

【 図 7 】 半径  $a$  および  $b$  からなる同心円のサイクロイド運動説明図である。

【 図 8 】 半径  $a$  の円板を操作して半径  $b$  の円板をサイクロイド運動させる説明図である。

【 図 9 】 軸圧縮力とせん断力とを作用させた場合において、鋼管が曲がる様子を示した図である。

【 図 10 】 せん断力のみを作用させた場合において、鋼管が曲がる様子を示した図である。

40

【 図 11 】 第 2 実施形態に係る曲げ加工装置の構成を示す概略図である。

## 【 符号の説明 】

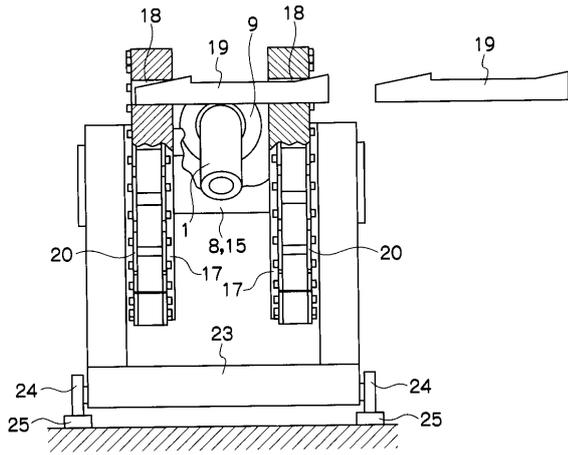
## 【 0 0 7 2 】

- 1 鋼管
- 2 環状加熱部
- 9 加熱冷却装置（加熱手段、冷却手段）
- 12 押しローラ（せん断力付与手段）
- 15 前部押圧板（圧縮力付与手段）
- 17 円板（圧縮力付与手段）
- 19 拘束板（拘束手段）

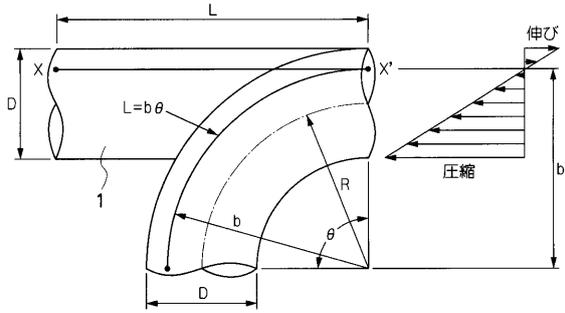
50



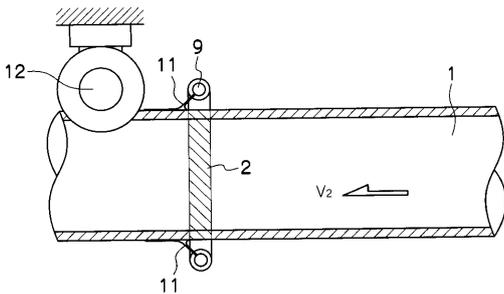
【 図 3 】



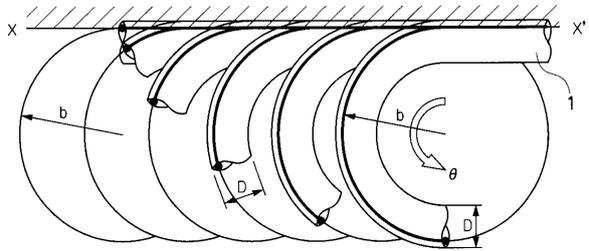
【 図 5 】



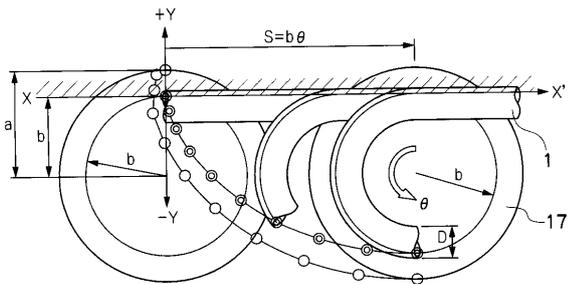
【 図 4 】



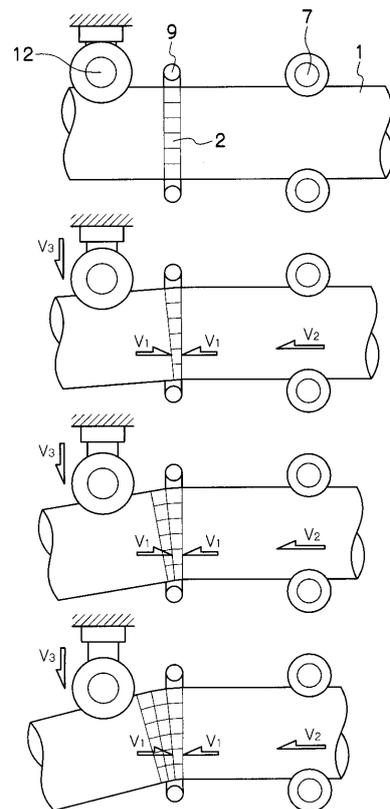
【 図 6 】



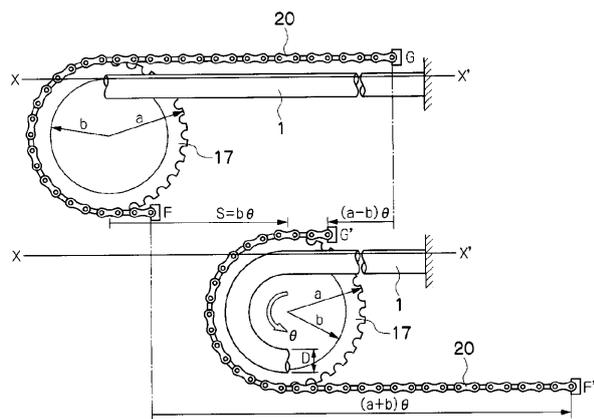
【 図 7 】



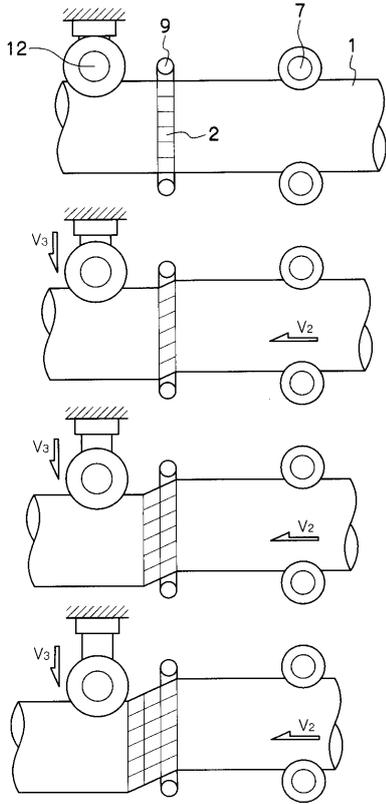
【 図 9 】



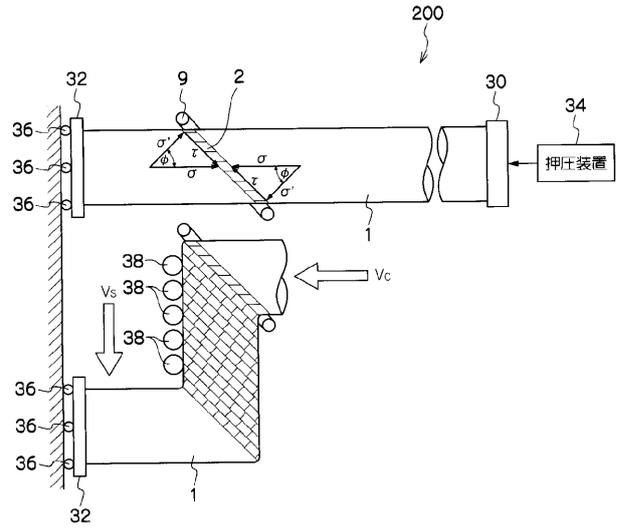
【 図 8 】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100079049

弁理士 中島 淳

(74)代理人 100084995

弁理士 加藤 和詳

(74)代理人 100085279

弁理士 西元 勝一

(74)代理人 100099025

弁理士 福田 浩志

(72)発明者 宮坂 勝利

東京都新宿区西新宿 1 - 2 4 - 2 工学院大学

(72)発明者 一柳 健

東京都八王子市美山町 2 1 6 1 - 2 1 株式会社菊池製作所

(72)発明者 佐藤 徹

神奈川県横浜市神奈川区三ツ沢下町 1 0 番 5 0 号

Fターム(参考) 4E063 AA04 BC11 KA04 KA05 KA06