

(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2008-55427

(P2008-55427A)

(43) 公開日 平成20年3月13日(2008.3.13)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
 B 2 1 D 15/06 (2006.01) B 2 1 D 15/06 2 G 0 8 5
 H 0 5 H 7/20 (2006.01) H 0 5 H 7/20

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2006-231690 (P2006-231690)
 (22) 出願日 平成18年8月29日 (2006. 8. 29)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成18年4月21日 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構主催の「第7回高エネ研メカ・ワークショップ」において文書をもって発表

特許法第30条第1項適用申請有り 平成18年8月3日 日本加速器学会主催の「第3回日本加速器学会年会・第31回リアック技術研究会」において文書をもって発表

(71) 出願人 504151365
 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
 茨城県つくば市大穂1番地1

(71) 出願人 506293096
 株式会社清水製作所
 京都府京都市伏見区淀原目町335-5

(74) 代理人 100138391
 弁理士 天田 昌行

(74) 代理人 100098589
 弁理士 西山 善章

(74) 代理人 100097559
 弁理士 水野 浩司

(74) 代理人 100121083
 弁理士 青木 宏義

最終頁に続く

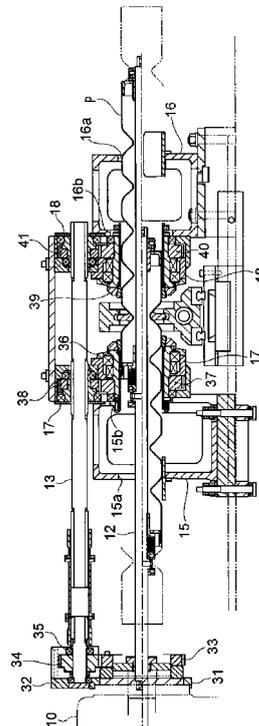
(54) 【発明の名称】 パイプ材のくびれ加工装置及びくびれ加工方法

(57) 【要約】

【課題】 絞り加工によりパイプ材に所望形状のくびれを連続して形成すること。

【解決手段】 絞り加工装置の主軸12に取り付けたパイプ材Pのパイプ軸方向の位置決めを行った後、当該パイプ材Pの加工点の両側を一对のコレットチャック36, 39を用いてクランプし、前記コレットチャック36, 39も含めて主軸12の回転力にてパイプ材Pを回転する。一方、主軸12と同期して回転する回転駆動軸13に固定した回転駆動軸側ギヤ38, 41がコレットチャック側ギヤ37, 40に噛合しており、コレットチャック36, 39及びパイプ材Pは回転駆動軸13からも回転力を受けるようにした。また、パイプ材Pを半径方向に挟んで対向配置した一对の創成ローラ71, 72を半径方向並びにパイプ軸方向からパイプ材Pに押し付けることとした。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワークとなるパイプ材が取り付けられ回転駆動される主軸と、
 前記主軸に取り付けられるパイプ材を半径方向に挟んで対向配置され、前記パイプ材をパイプ中心軸側に押し込んでくびれを与えるための一对の創成ローラと、
 前記各創成ローラをパイプ材の半径方向となるパイプ中心軸側又は逆方向に同一量移動させる X 軸送り機構と、
 前記各創成ローラ及び前記 X 軸送り機構を一体的にパイプ軸方向に移動させる Z 軸送り機構と、
 前記創成ローラによるパイプ材の加工点を挟んでパイプ軸方向の両側に配置され前記パイプ材を外周からそれぞれクランプする一对のクランプ機構と、
 前記各クランプ機構を回転自在に支持する支持フレームと、
 を具備したことを特徴とするパイプ材のくびれ加工装置。

10

【請求項 2】

前記主軸と平行に配設され前記主軸の回転力が反転して伝達される回転駆動軸と、
 前記各クランプ機構の外周にそれぞれ設けられたクランプ機構側ギヤと前記回転駆動軸において前記各クランプ機構側ギヤと対向する位置にそれぞれ設けられ対応するクランプ機構側ギヤと噛合した回転駆動軸側ギヤとからなる一对のギヤトレントを備え、
 前記支持フレームが前記回転駆動軸を前記各クランプ機構と対向した領域において回転自在に支持することを特徴とする請求項 1 記載のパイプ材のくびれ加工装置。

20

【請求項 3】

前記 X 軸送り機構及び前記 Z 軸送り機構による前記創成ローラの半径方向の送り並びにパイプ軸方向の送りを NC 旋盤制御装置から 2 軸制御することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載のパイプ材のくびれ加工装置。

【請求項 4】

前記クランプ機構は、コレットチャックで構成されることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 の何れかに記載のパイプ材のくびれ加工装置。

【請求項 5】

前記パイプ材は、内層がニオブ (Nb) で外層が銅 (Cu)、又は内層が銅 (Cu)、中間層がニオブ (Nb) で外層が銅 (Cu) の複合材からなり、超伝導加速空洞に用いられることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載のパイプ材のくびれ加工装置。

30

【請求項 6】

主軸に取り付けたパイプ材のパイプ軸方向の位置決めを行った後、当該パイプ材の加工点の両側を一对のチャックを用いてクランプし、前記チャックも含めて主軸の回転力にて前記パイプ材を回転し、前記パイプ材を半径方向に挟んで対向配置した一对の創成ローラを半径方向並びにパイプ軸方向から前記パイプ材に押し付けることを特徴とするパイプ材のくびれ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、パイプ材にくびれを与えるくびれ加工装置及びくびれ加工方法に関し、特に超伝導加速空洞に用いられるパイプ材のくびれ加工に適したパイプ材のくびれ加工装置及びくびれ加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、リニアコライダ（電子・陽電子加速器）用の超伝導加速空洞の開発が行われている。リニアコライダでは、共鳴周波数 1.3 GHz のニオブ (Nb) 製の空洞を液体ヘリウムで絶対温度 2 度 (2 K) に冷却した超伝導状態で運転し、35 MV/m ~ 45 MV/m の軸上電場を生成して電子（又は陽電子）ビームを加速する。ILC（国際リニア

50

コライダー計画)では、クライオスタッドと呼ばれる装置に、4～8個の超伝導加速空洞(キャビティ)を直列に並べて組み込み、これを5000～2500台連設して約30～40kmの直線状の空洞を構築することが計画されている。

【0003】

図9は、9個の多連セルからなる超伝導加速空洞の正面図である。超伝導加速空洞は、内部が単調な空洞形状ではなく、粒子を加速するためのアイリスと呼ばれるくびれが各セルに存在する。多連セルからなる超伝導加速空洞を製作する方法として、ニオブ板金をプレス加工によって半セルに成形し、この半セル群を背中合わせに順次電子ビーム溶接で接合してダンベル形状とし、さらにダンベル形状同士を電子ビーム溶接で接合する電子ビーム方式が技術上確立されている。

10

【0004】

ところが、電子ビーム方式は完成した超伝導加速空洞の赤道部(空洞最大直径部)に電子ビーム溶接によるビードが残る問題がある。超伝導加速空洞の赤道部においてビードが電界方向に対して直交方向に形成されていると、空洞性能の低下を招く大きな原因となる。このため、電子ビーム方式は、ビードを滑らかに研磨する工程が必要であると共に溶接時間も長くなるといった問題があった。

【0005】

そこで、周方向及び軸方向のいずれにも継ぎ目の無いシームレス管を成形する方法が提案されている。例えば、プレス加工、深絞り加工、張り出し成形加工、液圧バルジ加工及びスピニング加工のうちの複数を適当に組み合わせるとした製造方法が提案されている(例えば、特許文献1参照)。特許文献1に記載された製造方法は、クラッド板から切断で円板を採取し、数回の深絞り加工によりカップ状円筒に成形し、この円筒を素管として液圧バルジにてアイリス部、赤道部を有する単セルを作製するというものである。

20

【0006】

また、少ない金型を用いてバルジ加工によりシームレスキャビティを製作する方法が提案されている(例えば、特許文献2参照)。特許文献2では、空洞の最大径部に相当する位置にて分割される一対の分割金型を用いたバルジ加工にて円筒から単セルを形成するのである。

【特許文献1】特開2000-367799号公報

【特許文献2】特開2001-196200号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明者等は、多連セルからなる超伝導加速空洞の製作方法として、パイプ材における複数位置(アイリス部分)に絞り加工でくびれを連続して形成し、しかる後にバルジ加工でセルの赤道部に相当する領域にふくらみを与えて多連セルを一度に成形すれば、単セル空洞を1つずつ得る方式に比べて、大幅に時間短縮可能であると考えた。

【0008】

ところが、既存のクランプ方式でパイプ材を絞り加工機(旋盤)の主軸にクランプし、主軸を回転駆動した状態で押し込みローラを押し付けてパイプ材の複数位置にくびれを連続して形成しようとする、次のような問題が生じた。すなわち、絞り加工する加工点で抵抗を受けるため、パイプにねじれが生じてパイプ側に盛り上がりが生じるなど、所望形状を得るのが困難であった。

40

【0009】

また、絞り加工で所望形状のくびれ成形に成功したとしても、その隣に別のくびれを絞り加工しようとする、くびれ加工する際にすでに加工済みのくびれに歪が生じてしまうといった問題も生じた。

【0010】

本発明は、絞り加工によりパイプ材に所望形状のくびれを連続して形成することができるパイプ材のくびれ加工装置及びくびれ加工方法を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明のパイプ材のくびれ加工装置は、ワークとなるパイプ材が取り付けられ回転駆動される主軸と、前記主軸に取り付けられるパイプ材を半径方向に挟んで対向配置され、前記パイプ材をパイプ中心軸側に押し込んでくびれを与えるための一对の創成ローラと、前記各創成ローラをパイプ材の半径方向となるパイプ中心軸側又は逆方向に同一量移動させるX軸送り機構と、前記各創成ローラ及び前記X軸送り機構を一体的にパイプ軸方向に移動させるZ軸送り機構と、前記創成ローラによるパイプ材の加工点を挟んでパイプ軸方向の両側に配置され前記パイプ材を外周からそれぞれクランプする一对のクランプ機構と、前記各クランプ機構を回転自在に支持する支持フレームとを具備したことを特徴とする。

10

【0012】

このように構成されたパイプ材のくびれ加工装置によれば、パイプ材の加工点を挟んでパイプ軸方向の両側に配置された一对のクランプ機構にてパイプ材を外周からそれぞれクランプして回転させると共にX軸送り機構及びZ軸送り機構にて創成ローラをパイプ材に半径方向及びパイプ軸方向の2軸で押し付けた結果、くびれ部とパイプ径部との境界でのバリ発生を抑えることができ、しかも加工済みのくびれに歪が生じる不具合も解消された。

【0013】

また本発明は、上記パイプ材のくびれ加工装置において、前記主軸と平行に配設され前記主軸の回転力が反転して伝達される回転駆動軸と、前記各クランプ機構の外周にそれぞれ設けられたクランプ機構側ギヤと前記回転駆動軸において前記各クランプ機構側ギヤと対向する位置にそれぞれ設けられ対応するクランプ機構側ギヤと噛合した回転駆動軸側ギヤとからなる一对のギヤトレーンを備え、前記支持フレームが前記回転駆動軸を前記各クランプ機構と対向した領域において回転自在に支持することを特徴とする。

20

【0014】

このように構成されたパイプ材のくびれ加工装置によれば、クランプ機構及び回転駆動軸が支持フレームで回転自在に保持されるので、主軸に悪影響を与えることなく、パイプ材の加工点の両側にクランプ機構を設けることができる。しかも、回転駆動軸からギヤトレーンを介してクランプ機構に同一回転方向の回転力が与えられるので、十分な回転力を確保でき、安定したしぼり加工を実現でき、絞り加工する加工点で抵抗を受けてもパイプ

30

【0015】

また本発明は、上記パイプ材のくびれ加工装置において、前記X軸送り機構及び前記Z軸送り機構による前記創成ローラの半径方向の送り並びにパイプ軸方向の送りをNC旋盤制御装置から2軸制御することを特徴とする。

【0016】

このように構成されたパイプ材のくびれ加工装置によれば、創成ローラを2軸NCで制御するものとしたので、自由な押し込み曲面を得ることができ、くびれ部とパイプ径部との境界でのバリ発生を抑えることができる。

【0017】

前記クランプ機構は、コレットチャックで構成されることが望ましい。また、前記パイプ材は、内層がニオブ(Nb)で外層が銅(Cu)、又は内層が銅(Cu)、中間層がニオブ(Nb)で外層が銅(Cu)の複合材からなるものを用いることができる。

40

【0018】

また本発明のパイプ材のくびれ加工方法は、主軸に取り付けたパイプ材のパイプ軸方向の位置決めを行った後、当該パイプ材の加工点の両側を一对のチャックを用いてクランプし、前記チャックも含めて主軸の回転力にて前記パイプ材を回転し、前記パイプ材を半径方向に挟んで対向配置した一对の創成ローラを半径方向並びにパイプ軸方向から前記パイプ材に押し付けることを特徴とする。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、絞り加工によりパイプ材に所望形状のくびれを連続して形成することができ、シームレス化された多連セル超伝導加速空洞の製作時間を大幅に短縮することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 0 】

以下、本発明の一実施の形態について図面を参照しながら具体的に説明する。

図 1 は本発明を適用した一実施の形態に係る絞り加工装置の正面図、図 2 は絞り加工装置の上面図であり、各図ともに母機及び旋盤ベッドを除いて一部断面図となっている。

母機（旋盤）10の一方の側面から水平に旋盤ベッド11が連設されており、旋盤ベッド11上方に母機10から伸びた主軸12及び回転駆動軸13が平行に配置されている。主軸12の基端部は母機10内部の駆動源に連結されており、主軸12と回転駆動軸13とが後述するギヤ機構14を介して連結されている。

10

【 0 0 2 1 】

旋盤ベッド11上面の2箇所に所定の間隔を隔てて左固定ブロック15及び右固定ブロック16がネジ等の締結具にて旋盤ベッド11に取付け固定されている。左固定ブロック15は主軸12に取り付けられたパイプ材Pが貫通可能な貫通口が形成されており、右固定ブロック16と対向する側壁にケーシング17が取付け固定されている。

【 0 0 2 2 】

右固定ブロック16は、左固定ブロック15と同様に構成されており、主軸12に取り付けられたパイプ材Pが貫通可能な貫通口が形成されており、左固定ブロック15と対向する側壁にケーシング18が取付け固定されている。

20

【 0 0 2 3 】

ケーシング17、18は、パイプ材Pの外周を加工点の両側で固定する左、右コレットチャックを内蔵すると共に左、右コレットチャックの外周に設けられたギヤと回転駆動軸13に設けられたギヤとを連結してなるギヤトレンをそれぞれ内蔵する。左、右コレットチャック及びギヤトレンの構造については後述する。

【 0 0 2 4 】

図 2 に示すように、左右の固定ブロック15、16の間には主軸12の軸方向となるZ軸方向にスライドするZ軸ステージ19が載置されている。母機10とは反対側となる旋盤ベッド11端部にZ軸方向の軸送り装置21が設置されている。軸送り装置21により回転駆動される送りねじ22がZ軸方向に伸びており、Z軸ステージ19の一部と軸送り可能に螺合している。したがって、軸送り装置21が送りねじ22を時計回り又は反時計回りに回転駆動することによりZ軸ステージ19を図中左方向又は右方向に軸送りすることができる。

30

【 0 0 2 5 】

Z軸ステージ19の上面にはZ軸方向と直交するX軸方向に2本のガイドレール23a, 23bが配設されている。Z軸ステージ19上には一対のX軸ステージ24, 25がガイドレール23a, 23b上をX軸方向に摺動可能に載置されている。Z軸ステージ19のX軸方向の端部にX軸方向の軸送り装置26が設置されている。軸送り装置26により回転駆動される送りねじ27がX軸方向に伸びており、一対のX軸ステージ24, 25にそれぞれ軸送り可能に螺合している。送りねじ27は、一方のX軸ステージ24の螺合部と他方のX軸ステージ25の螺合部とでネジ溝が逆転しており、例えば時計回りに回転させると一対のX軸ステージ24, 25を互いに同距離だけ接近させ、反時計回りに回転させると一対のX軸ステージ24, 25を互いに同距離だけ遠ざけるように構成されている。

40

【 0 0 2 6 】

Z軸方向の軸送り装置21及びX軸方向の軸送り装置26は、例えばサーボモータで構成されており、軸送り量及びタイミングはNC旋盤制御装置28により二軸制御されるようにしている。NC旋盤制御装置28による二軸（Z軸及びX軸）制御方式でパイプ材P

50

に所望形状のくびれを与えることとする。NC旋盤制御装置28にはパイプ材Pに与えるくびれ形状情報が予め数値データ形式で登録される。

【0027】

図3に示すように、主軸12の基端部が挿入される母機10の端面に取付け板31が固定されている。取付け板31は主軸12の貫通位置に貫通口が設けられ、上部には回転駆動軸13の軸端部を保持するハウジング32が設けられている。

【0028】

取付け板31に隣接するようにして、主軸12の外周に固定された主軸側ギヤ33が配置されている。主軸側ギヤ33は回転駆動軸13の外周に同心状に固定されハウジング32内に収納された回転駆動軸側ギヤ34と噛合している。ハウジング32は軸受け35を介して回転駆動軸13の軸端部を軸方向の2箇所まで回転自在に保持している。したがって、主軸12の回転がギヤ機構14(33, 34)を介して回転駆動軸13に伝達され、主軸12と回転駆動軸13とが同期して同一回転速度で逆回転するように構成されている。

10

【0029】

左固定ブロック15は、中空状のキューブ体をなしており、主軸12が略中心を通過する中央部にパイプ材Pの直径よりも大きい貫通口15a, 15bが形成されている。左固定ブロック15において貫通口15b側の側壁にケーシング17の一方の側面が取付け固定されている。

【0030】

ケーシング17の下方部(主軸側)は、主軸12が貫通する領域に貫通口が形成されており、当該貫通口部に左コレットチャック36が設けられている。左コレットチャック36の外周にはコレットチャック側ギヤ37が同心状に固定されている。一方、ケーシング17の上方部(回転駆動軸側)は、回転駆動軸13が貫通する領域に貫通口が形成されており、当該貫通口部に回転駆動軸13の外周に同心状に固定された回転駆動軸側ギヤ38が収納配置されている。ケーシング17内において、コレットチャック側ギヤ37と回転駆動軸側ギヤ38とが噛合しており、回転駆動軸13側から主軸12と同一回転速度で主軸12の回転方向に左コレットチャック36を回転する力が作用するように構成されている。

20

【0031】

右固定ブロック16は、中空状のキューブ体をなしており、主軸12が略中心を通過する中央部にパイプ材Pの直径よりも大きい貫通口16a, 16bが形成されている。右固定ブロック16において貫通口16b側の側壁にケーシング18の一方の側面が取付け固定されている。

30

【0032】

ケーシング18の下方部は、主軸12が貫通する領域に貫通口が形成されており、当該貫通口部に右コレットチャック39が設けられている。右コレットチャック39の外周には右コレットチャック側ギヤ40が同心状に固定されている。一方、ケーシング18の上方部は、回転駆動軸13が貫通する領域に貫通口が形成されており、当該貫通口部に回転駆動軸13の外周に同心状に固定された回転駆動軸側ギヤ41が収納配置されている。ケーシング18内において、右コレットチャック側ギヤ40と回転駆動軸側ギヤ41とが噛合しており、回転駆動軸13側から主軸12と同一回転速度で主軸12の回転方向に右コレットチャック39を回転する力が作用するように構成されている。

40

【0033】

本実施の形態では、左コレットチャック36と右コレットチャック39の中間を加工点とするので、パイプ材Pは加工点の左右が左コレットチャック36と右コレットチャック39で固定した状態で主軸12(ワーク)と共に回転されるので加工時に極めて安定した回転動作が得られるものとなる。

【0034】

ここで、左右コレットチャック36、39の具体的な構成について詳細に説明する。

図4は左右コレットチャック36、39の構成を示す断面図である。同図に示すように

50

、ワーク直径よりも僅かに大きな径を有する円筒部材 4 2 の一端部に円周方向の複数個所で開口縁部が割れているコレット 4 3 を一体形成又は連結固定している。円筒部材 4 2 の外周に円筒状のアダプタ部材 4 4 を摺動可能に嵌め込み、コレット 4 3 先端部外周のテーパ面 4 3 a にアダプタ部材 4 4 の先端部に設けた押圧部材 4 4 a の接触面を押圧接触させた状態となっている。円筒部材 4 2 の他端部外周の円周方向の複数個所（例えば 4 箇所）にネジ孔の形成された押し込み台 4 5 が設けられている。押し込み台 4 5 のネジ孔に螺入させたネジ部材 4 6 の先端部をアダプタ部材 4 2 の後端部に押し当て、ネジ部材 4 6 をネジ込むことでコレット 4 3 がワークを挟み、ネジ部材 4 6 を後退させることでコレット 4 3 を緩めることができるようになっている。コレット 4 3 を介してパイプ材 P に固定されたアダプタ部材 4 4 は、主軸 1 2 の回転に伴いパイプ材 P と一緒に回転することになる。そのため、左コレットチャック 3 6 の外周面を形成するアダプタ部材 4 4 の外周部は複数個所（3 箇所）でボール軸受 4 7 , 4 8 , 4 9 を介してケーシングに回転自在に保持されている。

10

【 0 0 3 5 】

右コレットチャック 3 9 は、左コレットチャック 3 6 と同様に構成されている。すなわち、円筒部材 5 2、コレット 5 3、アダプタ部材 5 4、押し込み台 5 5、ネジ部材 5 6、ボール軸受 5 7 , 5 8 , 5 9 を図示の如く組み合わせて構成している。

【 0 0 3 6 】

図 5 はワークであるパイプ材 P のセッティング状態を示す部分断面図である。同図に示すパイプ材 P は 5 箇所にくびれが形成された後の状態を示している。くびれ加工前のパイプ材 P は一定の径を有する円筒形状をなすシームレス管であるものとする。

20

【 0 0 3 7 】

左固定ブロック 1 5 に形成した貫通口 1 5 a にはパイプ案内部材 6 1 が嵌め込まれて固定されている。パイプ案内部材 6 1 は、ワークとなるパイプ材 P の外形よりも僅かに大きな内径となっていて、左固定ブロック 1 5 の貫通口 1 5 a に挿入されるパイプ材 P をガタ無く摺動可能に保持するようになっている。右固定ブロック 1 6 に形成した貫通口 1 6 a にも貫通口 1 6 a に挿入されるパイプ材 P をガタ無く摺動可能に保持するパイプ案内部材 6 2 が設けられている。

【 0 0 3 8 】

主軸 1 2 にパイプ材 P が後述する構造にて事前に外部でセットされるが、主軸 1 2 にセットされるパイプ材 P の母機側端部近傍に固定リング 6 3 が固定され、可動部材 6 4 が摺動自在に取り付けられている。固定リング 6 3 と可動部材 6 4 との間に複数枚の皿ばね 6 5 が設けられている。一方、パイプ材 P の母機側端部には係合部材 6 6 が取り付けられている。係合部材 6 6 は概略円筒状をなして、一端部開口は皿ばね 6 5 が通過可能な径に設定され、他端部開口は可動部材 6 4 のフランジ径よりも小さな径に設定されている。パイプ材 P は可動部材 6 4 のフランジで皿ばね 6 5 を母機側に押し込んで締め上げた状態で主軸 1 2 にセットされるようにしており、絞り加工によりパイプ材 P 自体が延びる場合又は縮む場合があるが、皿ばね 6 5 によりパイプ材 P 自体の伸びを規制する一方、縮みに対して吸収できる構造となっている。パイプ材 P が母機側に押されると、皿ばね 6 5 が縮んで可動部材 6 4 を押す力（弾性力）を生じ、係合部材 6 6 が弾性力を受けてパイプ材 P を対向端側へ押し返す力に変換してパイプ材 P に伝えるものとなる。

30

40

【 0 0 3 9 】

主軸 1 2 にセットされるパイプ材 P のもう一方の端部近傍には固定リング 7 3 が設けられ、固定リング 7 3 よりもパイプ材 P 中央側に可動部材 7 4 が設けられている。また、パイプ材 P の端部開口には上記同様にして係合部材 7 5 が取り付けられている。係合部材 7 5 の固定リング 7 3 側開口縁部に対して可動部材 7 4 のフランジを係合させている。

【 0 0 4 0 】

したがって、図 5 に示すようにパイプ材 P の一端部開口縁部に係合した可動部材 7 4 を母機側に所定の押圧力で押し込んで皿ばね 6 5 を圧縮した状態で固定リング 7 3 を主軸 1 2 に固定することにより主軸 1 2 に対してパイプ材 P を固定することができる。

50

【 0 0 4 1 】

図 6 は X 軸ステージ部分の平面図であり、左右固定ブロック、ケーシング及びコレットチャック部分は主軸 1 2 部分で水平に切断した断面図となっている。図 7 は軸送り装置 (X 軸) 2 6 側から見た X 軸ステージ側面図であり、X 軸ステージの送りねじ部分及び Z 軸ステージは送りねじ部分で水平に切断した断面図となっている。

【 0 0 4 2 】

図 6 において後部の X 軸ステージ 2 4 上には、後部創成ローラ 7 1 がその回転軸を主軸 1 2 と平行にして取付け固定されている。また図 6 において前部の X 軸ステージ 2 5 上には、前部創成ローラ 7 2 がその回転軸を主軸 1 2 と平行にして取付け固定されている。創成ローラ 7 1 及び 7 2 は送りねじ 2 7 の軸線上に配置されている。

10

【 0 0 4 3 】

図 7 に示すように、Z 軸ステージ 1 9 に軸送り装置 (X 軸) 2 6 が取り付け固定されている。軸送り装置 (X 軸) 2 6 の回転軸に連結された送りねじ 2 7 は、X 軸ステージ 2 4、2 5 の下部を貫通して対向する Z 軸ステージ端部で軸受け固定されている。送りねじ 2 7 が夫々貫通する X 軸ステージ 2 4 及び 2 5 の下部には、送りねじ 2 7 の外周面に形成されたネジ溝と螺合する螺合部がそれぞれ形成されている。送りねじ 2 7 は、一方の X 軸ステージ 2 4 の螺合部と螺合する部分には左ネジ 2 7 a が形成されており、もう一方の X 軸ステージ 2 5 の螺合部と螺合する部分には右ネジ 2 7 b が形成されている。

【 0 0 4 4 】

次に、以上のように構成された本実施の形態に係る絞り加工装置の動作について説明する。本例では、パイプ材 P として超伝導加速空洞の製作に好適な Nb 材と銅材のクラッドパイプ材を用いる。例えば、内層がニオブ (Nb) で外層が銅 (Cu)、又は内層が銅 (Cu)、中間層がニオブ (Nb) で外層が銅 (Cu) の複合材からなるものとする。かかる円筒状のパイプ材 P に複数 (例えば、5 個から 9 個) のくびれを絞り加工する。

20

【 0 0 4 5 】

本実施の形態では、X 軸及び Z 軸の送り速度は共に 2 ~ 8 0 0 mm / min に設定し、X 軸ストロークは 1 2 5 mm 前後にしている。また後部創成ローラ 7 1 及び前部創成ローラ 7 2 によるローラ押し込み力は最大 2 トンとした。ワーク回転数は最大 8 0 0 rpm とし母機側で設定している。ワーク仕様は外径 1 0 0 mm ~ 1 5 0 mm、最大長さは 2 1 2 0 mm とし、半径方向の最大押し込み量は 5 0 mm とした。

30

【 0 0 4 6 】

最初に、未加工のパイプ材 P (図 5 に図示されたパイプ材 P は 5 箇所にくびれを加工した後の状態である) を主軸 1 2 にセットする。図 5 において、パイプ材 P の右側端部は係合部材 7 5 及び可動部材 7 4 を介して固定リング 7 3 にて図中右方向への移動が規制されている。また、パイプ材 P の左側端部は皿ばね 6 5 の弾性力にて図中右側へ押されて固定保持された状態となっている。これにより、くびれ加工時のパイプ材 P のパイプ軸方向への縮小は僅かであるが、その長さ変化を皿ばね 6 5 にて吸収することができ、ワーク加工時の軸方向の伸縮に追従して常に十分な保持力を維持することができる。

【 0 0 4 7 】

次に、後部創成ローラ 7 1 及び前部創成ローラ 7 2 をパイプ材 P から退避させた状態で主軸 1 2 を軸方向 (Z 軸方向) へ移動させて、パイプ材 P における最初にくびれ加工位置となる加工点が後部創成ローラ 7 1 及び前部創成ローラ 7 2 が対向する押し込み位置に来るようにする。

40

【 0 0 4 8 】

このとき、左右のコレットチャック 3 6、3 9 は、後部創成ローラ 7 1 及び前部創成ローラ 7 2 による加工点のパイプ軸方向の両側に配置される。左右のコレットチャック 3 6、3 9 において円周方向の複数個所でネジ部材 4 5、5 6 をコレット 4 3、5 3 締め付け方向に螺進させる。これにより、コレット 4 3、5 3 がパイプ材 P の加工点の両側を均一に締め付け、パイプ材 P はコレットチャック 3 6、3 9 を回転自在に保持するケーシング 1 7、1 8 を介して左右固定ブロック 1 5、1 6 に保持された状態となる。

50

【 0 0 4 9 】

次に、母機 10 が主軸 12 を一定速度で回転させる。主軸 12 の回転はギヤ機構 14 を介して回転駆動軸 13 に伝えられ、主軸 12 と回転駆動軸 13 とが同期して同一回転速度で回転する。主軸 12 に対して左右のコレットチャック 36, 39 にて締め付け固定されたパイプ材 P は主軸 12 を回転軸にして回転する。

【 0 0 5 0 】

このとき、コレットチャック 36, 39 に設けられた左右のコレットチャック側ギヤ 37, 40 は回転駆動軸側ギヤ 38, 41 と噛合しており、回転駆動軸側ギヤ 38, 41 は回転駆動軸 13 を回転軸として主軸 12 とは逆方向に回転している。したがって、左右のコレットチャック側ギヤ 37, 40 は主軸 12 からの回転力を受けて回転駆動されると共に回転駆動軸 13 側からも同期した回転駆動力を受けて回転するものとなる。

10

【 0 0 5 1 】

パイプ材 P 加工点のパイプ軸方向の両側を左右のコレットチャック 36, 39 でクランプしてパイプ材 P を所定速度で回転させた状態で、加工点に対して後部創成ローラ 71 及び前部創成ローラ 72 を前後から押し当てて絞り加工を実施する。後部創成ローラ 71 及び前部創成ローラ 72 は、半径方向送り (X 軸)、パイプ軸方向送り (Z 軸) の 2 軸を NC 旋盤制御装置 28 により 2 軸制御される。軸送り装置 (X 軸) 26 で送りねじ 27 を回転することにより、X 軸ステージ 24, 25 がワーク中心側又は逆方向に同一量移動する。X 軸ステージ 24, 25 をワーク中心側へ移動すれば、後部創成ローラ 71 及び前部創成ローラ 72 がワーク中心側へ移動して所定の押し込み力でパイプ加工点に押し当てられて絞り加工が行われる。また、軸送り装置 (Z 軸) 21 で送りねじ 22 を回転することにより、Z 軸ステージ 19 がパイプ軸方向に移動する。Z 軸ステージ 19 をパイプ軸方向へ移動すれば、後部創成ローラ 71 及び前部創成ローラ 72 のパイプ軸方向の絞り位置が変化する。X 軸送りと Z 軸送りを組み合わせることでパイプ材 P に対してくびれ部の傾斜を形成することができる。本実施の形態は、半径方向送り (X 軸) 及びパイプ軸方向送り (Z 軸) を NC 旋盤制御装置 28 で 2 軸制御しており、後部創成ローラ 71 及び前部創成ローラ 72 は、2 軸 NC で運動できることから平面内であるが自由な押し込み曲面を得ることができ、図 8 に示すようなワーク創成プロファイルを得ることができる。

20

【 0 0 5 2 】

例えば、最初にパイプ軸方向のくびれ中心位置に対して後部創成ローラ 71 及び前部創成ローラ 72 を前後部から押し込んだ後、元の位置まで引き戻す。次に、後部創成ローラ 71 及び前部創成ローラ 72 を Z 軸方向 (例えば左側移動) に所定量移動した後、押し込み方向に X 軸移動させながら Z 軸方向 (右側移動) させてくびれ中心位置に到達したら、Z 軸移動は停止して X 軸方向に元の位置まで引き戻す。同様に、後部創成ローラ 71 及び前部創成ローラ 72 をくびれ中心位置から Z 軸方向 (右側移動) に同一距離だけ移動した後、押し込み方向に同距離だけ X 軸移動させながら Z 軸移動 (左側移動) させてくびれ中心位置に到達したら、Z 軸移動は停止して X 軸方向に元の位置まで引き戻す。このような 2 軸制御を Z 軸方向 (左右移動) の移動距離と X 軸方向の移動距離とを徐々に大きくしながらくびれ中心位置を中心にして対称に繰り返す。

30

【 0 0 5 3 】

1 箇所においてくびれ加工に成功したら、左右のコレットチャック 36, 39 によるクランプを解除し、主軸 12 を Z 軸方向へ所定量移動させて後部創成ローラ 71 及び前部創成ローラ 72 が隣接するくびれ加工位置である加工点に位置するように位置決めする。しかる後、左右のコレットチャック 36, 39 にて再び加工点に隣接した両側にてパイプ材 P の外周をクランプし、当該加工点において上記同様にしてくびれ加工を行う。このとき、図 5 に示すように左右のコレットチャック 36, 39 は、成功したくびれ部に隣接するパイプ径部をクランプするのでくびれ部を変形させることなく、所要のクランプ力でパイプ材 P を両側からクランプできるものとなる。

40

【 0 0 5 4 】

これまでの実験において、パイプ材を母機側の片側のみクランプし、X 軸方向の片側の

50

みからローラを押し込んでくびれ加工を行ったところ、パイプ材のくびれ部とパイプ径部との境界にバリ（肉厚大化）が生じ、しかも隣接するくびれ加工時に既に加工済みのくびれの形状に歪が生じ、正しい形状を維持できていなかった。

【 0 0 5 5 】

以上のようにして、くびれ加工されたパイプ材 P について絞り加工後のパイプの厚み変化について検証したところ、0.1 mm の範囲内で再現性のあることが確認できた。

【 0 0 5 6 】

本実施の形態では、左右のコレットチャック 3 6 , 3 9 にて加工点の両側をクランプし、後部創成ローラ 7 1 及び前部創成ローラ 7 2 を前後から押し込んでしぼり加工を行ったので、くびれ部とパイプ径部との境界でのバリ発生を抑えることに成功し、しかも加工済みのくびれに歪が生じる不具合も解消された。

10

【 0 0 5 7 】

また本実施の形態では、後部創成ローラ 7 1 及び前部創成ローラ 7 2 を NC で 2 軸制御するものとしたので、自由な押し込み曲面を得ることができ、くびれ部とパイプ径部との境界でのバリ発生を抑えることができる。

【 0 0 5 8 】

以上の説明では、超伝導加速空洞に用いられるパイプ材をくびれ加工する場合について説明したが、その他にも自動車部品、一般機械、装飾品などの製造分野においてパイプ材に連続して複数のくびれを与える用途があれば、本発明を適用することができる。

【 0 0 5 9 】

また、以上の説明では回転駆動軸 1 3 の回転駆動軸側ギヤ 3 8 , 4 1 をコレットチャック側ギヤ 3 7 , 4 0 に噛み合せているが、回転駆動軸 1 3 側の構成要素を取り除いて、主軸 1 2 による回転力だけでもバリ発生及び加工済みくびれの歪をある程度抑制することができる。

20

【 0 0 6 0 】

また、後部創成ローラ 7 1 及び前部創成ローラ 7 2 からなる工具は 1 セットだけでなく、複数セットを設置して並列に絞り加工を実施できるように構成して生産性を上げることが可能である。この場合も、パイプ加工点の両側でコレットチャック等のクランプ機構にてクランプされるように個々の加工点毎に左右一対設けることが望ましい。

【 0 0 6 1 】

さらに、パイプ加工点に対する工具位置決めのための主軸 1 2 及び又は工具（後部創成ローラ 7 1 及び前部創成ローラ 7 2 ）の移動を自動化しても良い。ある加工点でのくびれ加工後に、隣の加工点まで工具又は主軸 1 2 を自動移動させることにより、さらに作業効率が改善される。

30

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 2 】

本発明は、パイプ材に複数のくびれを加工する加工装置に適用可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 3 】

【 図 1 】本発明の一実施の形態に係る絞り加工装置の正面図

40

【 図 2 】上記一実施の形態に係る絞り加工装置の上面図

【 図 3 】上記一実施の形態に係る絞り加工装置の部分的な側断面図

【 図 4 】左右のコレットチャックの構成を示す側断面図

【 図 5 】パイプ材の保持構造を説明するための部分断面図

【 図 6 】一対の X 軸ステージ及び前後創成ローラの配置関係を説明するための部分的な上面図

【 図 7 】一対の X 軸ステージと軸送り装置（X 軸）の送りねじとの関係を説明するための一部断面図

【 図 8 】上記一実施の形態におけるワーク創成プロファイルを説明するための概念図

【 図 9 】多連セルからなる超伝導加速空洞の外観図

50

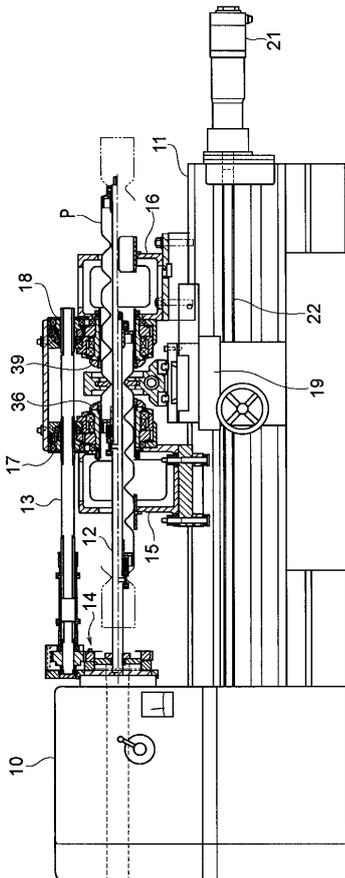
【符号の説明】

【0064】

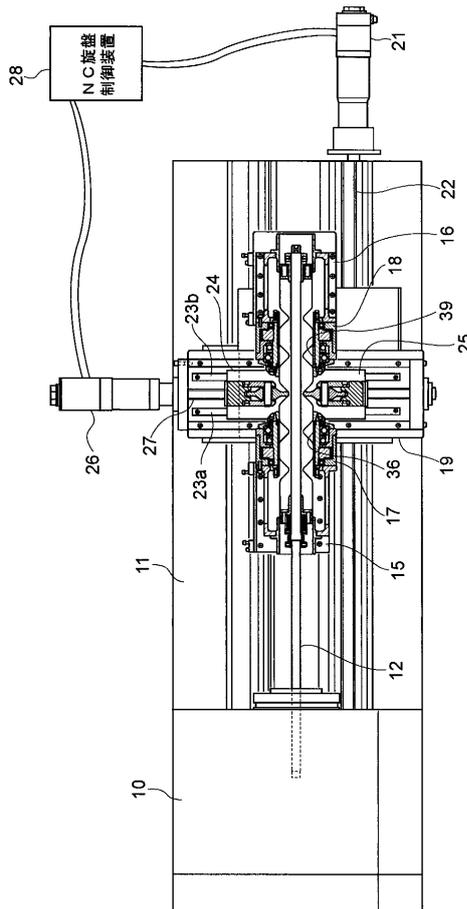
10...母機、11...旋盤ベッド、12...主軸、13...回転駆動軸、14...ギヤ機構、15...左固定ブロック、16...右固定ブロック、17、18...ケーシング、19...Z軸ステージ、21...軸送り装置(Z軸)、22...送りねじ、23a, 23b...ガイドレール、24、25...X軸ステージ、26...軸送り装置(X軸)、27...送りねじ、28...NC旋盤制御装置、31...取付け板、32...ハウジング、33...主軸側ギヤ、34...回転駆動軸側ギヤ、35...軸受け、36...左コレットチャック、37...左コレットチャック側ギヤ、38...回転駆動軸側ギヤ(左側)、39...右コレットチャック、40...右コレットチャック側ギヤ、41...回転駆動軸側ギヤ(右側)、42...円筒部材、43...コレット、44...アダプタ部材、45...押し込み台、46...ネジ部材、47, 48, 49...ボール軸受、52...円筒部材、53...コレット、54...アダプタ部材、55...押し込み台、56...ネジ部材、57, 58, 59...ボール軸受、61、62...パイプ案内材、63...固定リング、64...可動部材、65...皿ばね、66...係合部材、71...後部創成ローラ、72...前部創成ローラ、73...固定リング、74...可動部材、75...係合部材。

10

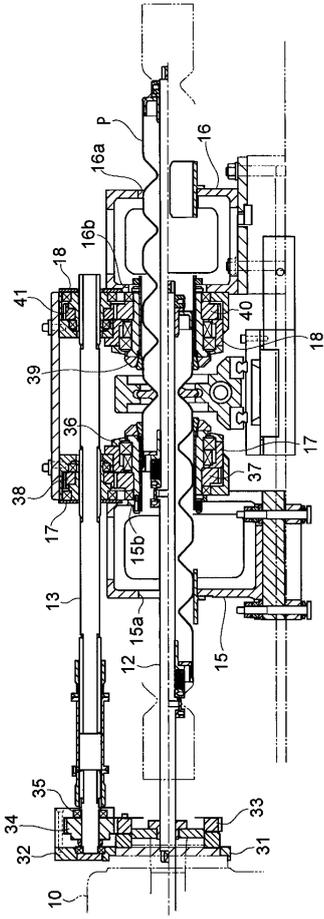
【図1】



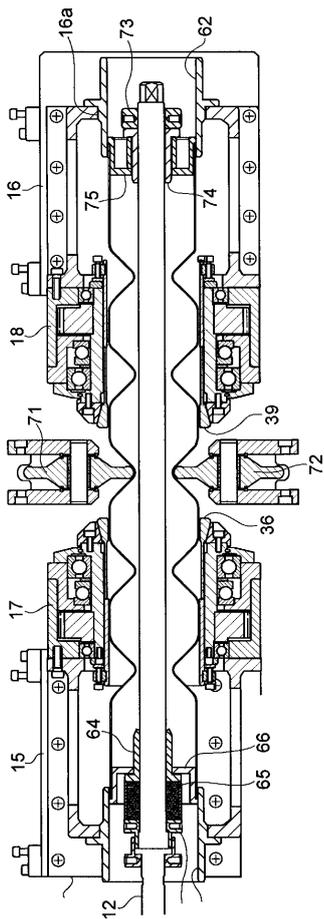
【図2】



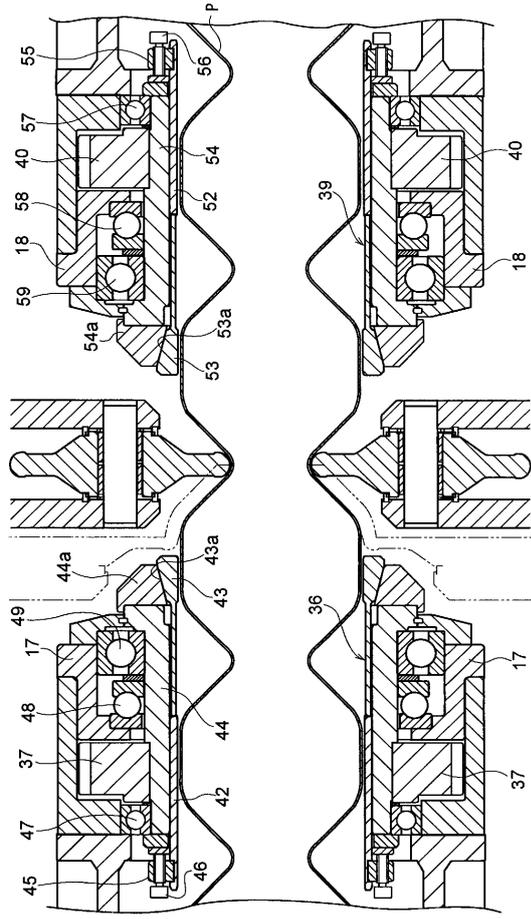
【 図 3 】



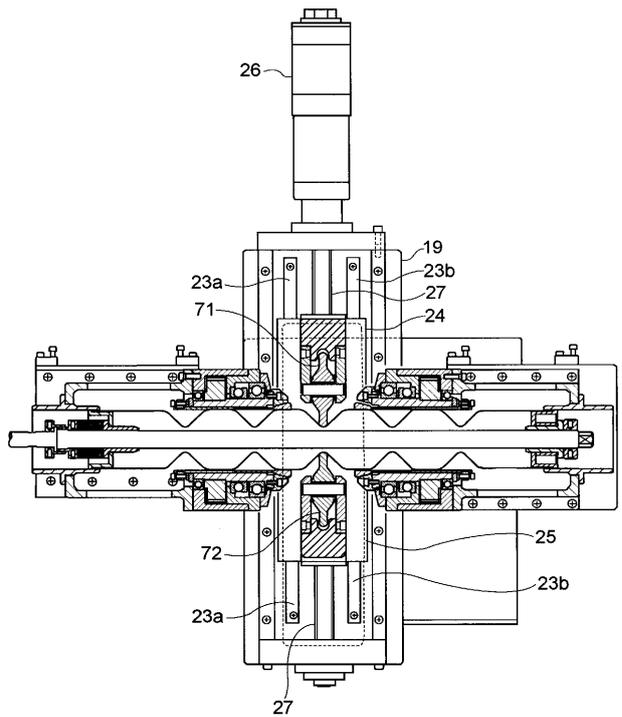
【 図 5 】



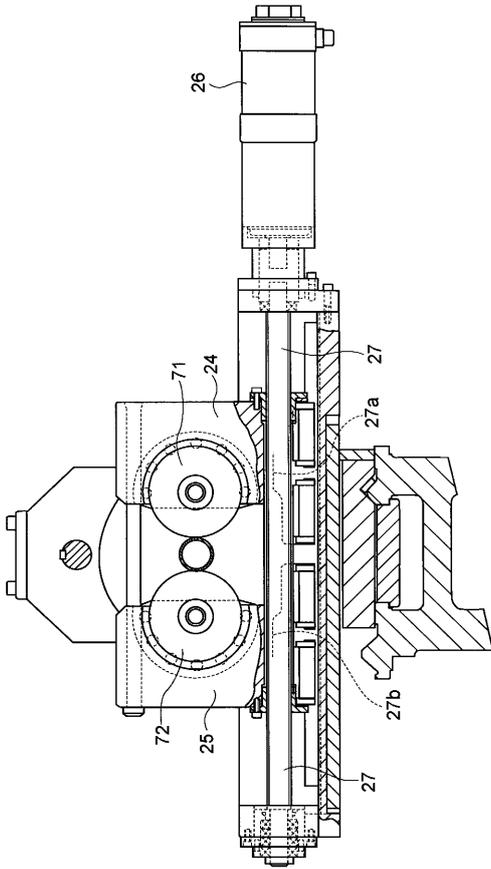
【 図 4 】



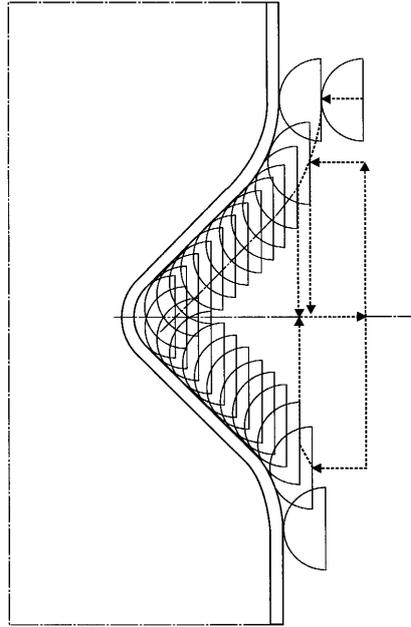
【 図 6 】



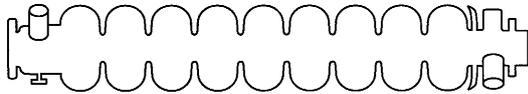
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(74)代理人 100132067

弁理士 岡田 喜雅

(72)発明者 上野 健治

茨城県つくば市並木三丁目7番地の1 6 1 1 棟

(72)発明者 斎藤 健治

茨城県つくば市梅園二丁目27 - 14

(72)発明者 清水 正美

京都府京都市伏見区淀際目町326 - 1

(72)発明者 山内 通

京都府京都市北区衣笠東開キ町4 - 10

(72)発明者 藤吉 裕一

京都府相楽郡精華町光台五丁目22 - 4

(72)発明者 井上 均

茨城県つくば市竹園三丁目112 - 304

Fターム(参考) 2G085 AA04 BA05 BE03 BE04 BE06 EA01 EA02 EA04