

(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2016-46214

(P2016-46214A)

(43) 公開日 平成28年4月4日(2016.4.4)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H05H 7/20 (2006.01)	H05H 7/20	2G085
B21D 26/047 (2011.01)	B21D 26/047	
B21D 26/043 (2011.01)	B21D 26/043	
B21D 26/053 (2011.01)	B21D 26/053	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-171851 (P2014-171851)	(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
(22) 出願日	平成26年8月26日 (2014.8.26)	(74) 代理人	100093816 弁理士 中川 邦雄
		(72) 発明者	山中 将 茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内
		(72) 発明者	井上 均 茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内
		Fターム(参考)	2G085 AA03 BA05 BE06 EA02 EA04

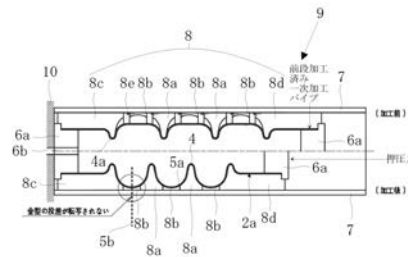
(54) 【発明の名称】 超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セル及びそれを用いた超伝導高周波加速空洞、並びに、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造方法及びその製造装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 純ニオブパイプから液圧成形される超伝導高周波加速空洞用のシームレス多連セルのふくらみの最大径部における内周面に機械的研磨処理を施さずとも、超伝導高周波加速空洞に用いることができる、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セル及びそれを用いた超伝導高周波加速空洞、並びに、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造方法及びその製造装置を提供する。

【解決手段】 純ニオブ製のパイプに取り付けられ、筒状カバー7内で移動接触することで一体化し、内部に、所望ふくらみ5aを備える多連セル(セル粗型物2a)の形状を形成する稼動割型8a、稼動弧型8b、固定型8c及び稼動型8dからなり、かつ成形後のふくらみ5aの最大径部位置に各型8a、8b、8c、8dの接触面が位置しない分割型8を用いて、純ニオブ製のパイプを多連セル形状に液圧成形してなる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

純ニオブ製のパイプから成形される超伝導高周波加速空洞用多連セルであって、前記多連セルの内周面のふくらみの最大径部に機械的研磨処理が必要な段差を有しないことを特徴とする超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セル。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルを組み込んだことを特徴とする超伝導高周波加速空洞。

【請求項 3】

純ニオブ製のパイプに取り付けられ、筒状カバー内で移動接触することで一体化し、内部に、所望ふくらみを備える多連セルの形状を形成する稼動割型、稼動弧型、固定型及び稼動型からなり、かつ成形後の前記ふくらみの最大径部位置に前記各型の接触面が位置しない分割型を用いて、前記純ニオブ製のパイプを前記多連セル形状に液圧成形してなる超伝導高周波加速空洞用純ニオブ多連セルの製造方法であって、

前記パイプの軸方向に連続してくびれが形成された一次加工パイプを準備し、

前記一次加工パイプの両端をブッシュにて密閉し、

前記くびれ位置に前記稼動割型、前記一次加工パイプの一端部に前記固定型、他端部に前記稼動型、前記各型の間に前記稼動弧型を取り付けた上で前記筒状カバーに装填し、

前記固定型側のブッシュに形成された圧液導入路から前記一次加工パイプの内部に圧液を導入するとともに、前記稼動型及び前記稼動型側の前記一次加工パイプの他端部を前記固定型方向に押し込むことで、

前記一次加工パイプを短くさせつつ前記稼動割型、稼動弧型、固定型、稼動型をそれぞれ移動接触させて一体化し、

前記圧液で前記一次加工パイプから前記多連セルを成形することを特徴とする。

【請求項 4】

筒状カバーと、純ニオブ製のパイプの軸方向に連続してくびれが形成され、両端がブッシュで密閉された一次加工パイプに取り付けられ、前記筒状カバー内で移動接触することで一体化し、内部に、所望ふくらみを備えた多連セルの形状を形成する稼動割型、稼動弧型、固定型及び稼動型からなる分割型と、前記固定型側のブッシュに形成された圧液導入路から前記一次加工パイプの内部に圧液を導入する圧液導入装置と、前記稼動型及び前記稼動型側の前記一次加工パイプの他端部を前記固定型方向に押し込む押圧装置と、前記固定型及び一次加工パイプが押し当てられる固定ブロックと、

からなり、

前記稼動割型は前記くびれ位置に、前記固定型は前記一次加工パイプの一端部に、前記稼動型は他端部に、前記稼動弧型は、前記各型の間に取り付けた上で前記筒状カバーに装填され、前記押圧装置で一次加工パイプを短くさせつつ前記稼動割型、稼動弧型、固定型、稼動型をそれぞれ移動接触させて一体化するとともに、前記圧液導入装置で前記一次加工パイプから前記多連セルを液圧成形するものであって、

成形後の前記多連セルのふくらみの最大径部位置に前記分割型の接触面が位置しないことを特徴とする超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セル及びそれを用いた超伝導高周波加速空洞、並びに、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造方法及びその製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、国際リニアコライダー（電子・陽電子加速器）の建設計画（ILC）が進められており、それに伴い超伝導高周波加速空洞の開発が行われている。リニアコライダーでは

10

20

30

40

50

、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。

【0003】

ILC では、クライオスタッドと呼ばれる装置に、4 ~ 8 個の超伝導高周波加速空洞 (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 ~ 40 Km の直線状の空洞を構築することが計画されている。

【0004】

超伝導高周波加速空洞 1 は、図 3 に示すように、純ニオブ製で、内部にビームを通し、粒子を加速するためのアイリスと呼ばれるくびれ 4 とセル 5 が交互に連設した多連セル 2 と、多連セル 2 の両端に接続されたエンドグループ部品 3 とからなる。なお、純ニオブの意味には、例えば、芯材として銅を用い、その銅表面に純ニオブをコーティングした素材も含むものである。すなわち、内表面が純ニオブである空洞、多連セル部品なども含まれる概念である。

10

【0005】

エンドグループ部品 3 は電力の入力やモニターのためのポート類 (ビームパイプ、ポートパイプ) のほかに、複雑形状を有する HOM (高調波) カプラー等から構成される。

【0006】

多連セル 2 の超伝導高周波加速空洞 1 を製作する方法として、純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。

20

【0007】

ところが、電子ビーム方式は完成した超伝導高周波加速空洞の赤道部 (最大径部 5 b) に電子ビーム溶接によるビードが残る問題がある。超伝導高周波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。

【0008】

そこで、発明者の井上等は、本出願より先に、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用い、液圧成形によるパイプ材のふくらみ加工装置及びふくらみ加工方法を開発した (特許文献 1)。

30

【0009】

特許文献 1 に開示の発明 (当該段落の符号は特許文献 1 参照) は、くびれ加工されたパイプ材 P のくびれ位置に合わせて稼動割型 34 をセットして円筒カバー 31 内に装填し、増圧シリンダ機構 23 によりパイプ材 P の内部に挿入した圧縮用ネジ 14 から内圧を加えて変形させると共に圧縮用シリンダ機構 40 により稼動割型 34 をパイプ軸方向に押し込み、さらにパイプ材 P が変形により短くなるのに合わせてウォーム機構により圧縮用ネジ 14 を引き戻すようにすることで、くびれ加工されたパイプ材 P のパイプ径部を稼動割型 34 により所望形状のふくらみに加工でき、一度のバルジ加工で複数のふくらみを成形できるというものである。

40

【0010】

特許文献 1 の請求項 1 に開示されたパイプ材のふくらみ加工装置 (図 4) は、パイプ軸方向に連続してくびれが形成されたパイプ材の各くびれ位置に取り付けられる複数の稼動割型と、前記パイプ材の一端部に取り付けられる稼動型と、前記パイプ材の他端部に取り付けられる固定型と、前記稼動割型、稼動型及び固定型が前記パイプ材に取り付けられたまま装填される筒状カバーと、棒内部には軸方向に沿って圧液導入路が形成され、前記パイプ材のパイプ軸方向の複数の位置において圧液を吐出する吐出口が設けられ、前記パイプ材内部をパイプ両端部で密閉した状態で当該パイプ材の内部に通される圧液吐出棒と、前記圧液吐出棒の圧液導入路に圧液を導入する圧液導入装置と、前記稼動型及びパイプ材

50

一端部を前記固定型が取り付けられたパイプ材他端部方向に押し込む押圧装置と、前記固定型及びパイプ材他端部が押し当てられる固定ブロックと、を具備したことを特徴とするものである。

【0011】

特許文献1の請求項6に開示されたパイプ材のふくらみ加工方法(図5)は、パイプ軸方向に連続してくびれが形成されたパイプ材の各くびれ位置に稼動割型を取り付けると共に前記パイプ材の一端部に稼動型を取り付ける一方、前記パイプ材の他端部に固定型を取り付けて筒状カバーに装填し、棒内部には軸方向に沿って圧液導入路が形成され、前記パイプ材のパイプ軸方向の複数の位置において圧液を吐出する吐出口が設けられた圧液吐出棒を、前記パイプ材内部をパイプ両端部で密閉した状態で当該パイプ材の内部に通し、前記稼動型及びパイプ材一端部を前記固定型が取り付けられたパイプ材他端部方向に押し込む一方、前記圧液吐出棒の圧液導入路に圧液を導入し、前記パイプ材が短くなり前記稼動割型、稼動型、固定型が一体化した後、前記パイプ材に完全なふくらみが形成されるようにしたことを特徴とするものである。

10

【0012】

しかしながら、上記従来のパイプ材のふくらみ加工装置及び加工方法で作られる、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルは、図6に示すように(ここでは1つのセルを用いて説明する。)、セル5のふくらみ5aの最大径部5b(白抜き矢印)の外周面(B)及び内周面(C)に超伝導高周波加速空洞1の性能を低下させる段差5c(白抜き矢視位置)が発生していた。

20

【0013】

段差5cは、液圧成形終了時(稼動割型同士、稼動割型と固定型及び稼動型が接触したとき)に、各型の接合面位置が、ふくらみ5aの最大径部5bに位置するとともに、各型が位置ずれを起こすことがあり、その位置ズレ(段差)が、ふくらみ5aに転写されること、すなわち、各型の接合面の平行方向とニオブ材の最大膨張力の方向が一致するため、各型の接合面にニオブ材が押し込まれ形成される。

【0014】

段差5cが電界方向に対して直交方向に残存すると、電子ビーム方式による場合と同様、超伝導高周波加速空洞の性能の低下を招く。したがって、特許文献1の方法であっても、電子ビーム方式のときと同様に、段差5cを物理研磨により除去する必要があった。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】特開2008-055428号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

そこで、本発明は、純ニオブパイプから液圧成形される超伝導高周波加速空洞用のシームレス多連セルのふくらみの最大径部における内周面に機械的研磨処理を施さずとも、超伝導高周波加速空洞に用いることができる、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セル及びそれを用いた超伝導高周波加速空洞、並びに、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造方法及びその製造装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記の課題を解決するために、本発明は、

(1)

純ニオブ製のパイプから成形される超伝導高周波加速空洞用多連セルであって、前記多連セルの内周面のふくらみの最大径部に機械的研磨処理が必要な段差を有しないことを特徴とする超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セル。

50

(2)

(1) に記載の超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルを組み込んだことを特徴とする超伝導高周波加速空洞。

(3)

純ニオブ製のパイプに取り付けられ、筒状カバー内で移動接触することで一体化し、内部に、所望ふくらみを備える多連セルの形状を形成する稼動割型、稼動弧型、固定型及び稼動型からなり、かつ成形後の前記ふくらみの最大径部位置に前記各型の接触面が位置しない分割型を用いて、前記純ニオブ製のパイプを前記多連セル形状に液圧成形してなる超伝導高周波加速空洞用純ニオブ多連セルの製造方法であって、

10

前記パイプの軸方向に連続してくびれが形成された一次加工パイプを準備し、
前記一次加工パイプの両端をブッシュにて密閉し、

前記くびれ位置に前記稼動割型、前記一次加工パイプの一端部に前記固定型、他端部に前記稼動型、前記各型の間に前記稼動弧型を取り付けた上で前記筒状カバーに装填し、

前記固定型側のブッシュに形成された圧液導入路から前記一次加工パイプの内部に圧液を導入するとともに、前記稼動型及び前記稼動型側の前記一次加工パイプの他端部を前記固定型方向に押し込むことで、

前記一次加工パイプを短くさせつつ前記稼動割型、稼動弧型、固定型、稼動型をそれぞれ移動接触させて一体化し、

前記圧液で前記一次加工パイプから前記多連セルを成形することを特徴とする。

20

(4)

筒状カバーと、純ニオブ製のパイプの軸方向に連続してくびれが形成され、両端がブッシュで密閉された一次加工パイプに取り付けられ、前記筒状カバー内で移動接触することで一体化し、内部に、所望ふくらみを備えた多連セルの形状を形成する稼動割型、稼動弧型、固定型及び稼動型からなる分割型と、前記固定型側のブッシュに形成された圧液導入路から前記一次加工パイプの内部に圧液を導入する圧液導入装置と、前記稼動型及び前記稼動型側の前記一次加工パイプの他端部を前記固定型方向に押し込む押圧装置と、前記固定型及び一次加工パイプが押し当てられる固定ブロックと、
からなり、

30

前記稼動割型は前記くびれ位置に、前記固定型は前記一次加工パイプの一端部に、前記稼動型は他端部に、前記稼動弧型は、前記各型の間に取り付けた上で前記筒状カバーに装填され、前記押圧装置で一次加工パイプを短くさせつつ前記稼動割型、稼動弧型、固定型、稼動型をそれぞれ移動接触させて一体化するとともに、前記圧液導入装置で前記一次加工パイプから前記多連セルを液圧成形するものであって、

成形後の前記多連セルのふくらみの最大径部位置に前記分割型の接触面が位置しないことを特徴とする超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造装置。

とした。

【発明の効果】

【 0 0 1 8 】

40

本発明は、上記構成であるので、以下の効果を発揮する。すなわち、セルのふくらみの最大径部の内周面のみならず、外周面にも、超伝導高周波加速空洞の性能低下を招く段差が形成されない。そのため、従来内周面の段差の機械研磨処理を必要とすることがないため、多連セルの製造時間の大幅に時間短縮が可能になり、特許文献 1 より大幅に製造コストを安くすることができる。なお、内周面の滑らかさは、空洞性能を左右させるため、特許文献 1 の成形、本願成形であっても、化学的な表面処理は必要である。

【 0 0 1 9 】

液圧成形終了時に、ふくらみの最大径部の位置に、各型の接合面が位置しないよう、特許文献 1 の各型に換え、本発明の各型に置換するだけで、それ以外は、特許文献 1 のパイプ材の加工装置の部品を用いることができるため、低コストで、改良が可能になる。本発

50

明の各型は、従来の稼動割型の両端部、稼動型及び固定型の稼動割型方向の端部を切除し、隣接する各型の間には本発明の稼動弧型を配置している点のみ異なる。従来の稼動割型をさらに分割することで、各型の接合面が、ふくらみの最大径部に位置しないことで、膨張方向と接合面に平行な方向とがずれ、各型の位置ズレに伴う段差が多連セルに転写されにくいこともセルの内面の段差発生が抑制される理由である。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの(A)全景写真、(B)セルのふくらみの最大径部の外周面の拡大写真、(C)セルのふくらみの最大径部の内周面の拡大写真である。

【図2】本発明の超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造方法及び製造装置の説明断面図である。

【図3】9セルからなる超伝導高周波加速空洞の正面図である。

【図4】特許文献1のパイプ材のふくらみ加工装置図である。

【図5】特許文献1の方法によるパイプ材のふくらみ加工の説明断面図である。

【図6】特許文献1の方法によって液圧成形(比較例1)した超伝導高周波加速空洞の(A)全景写真、(B)セルのふくらみの最大径部の外周面の拡大写真、(C)セルのふくらみの最大径部の内周面の拡大写真である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、添付の図面1、2を参照し、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。なお、本発明は下記実施例に限定されるものではない。

【実施例1】

【0022】

図1に示すように、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セル(セル粗型物2a)は、純ニオブ製のパイプから成形され、くびれ4とふくらみ5aを備えるセル5(ここでは、1連のセルとして説明する。)であり、ふくらみ5aの最大径部5b(白抜き矢印)において、その外周面(B)のみならず、内周面(C)にも超伝導高周波加速空洞の性能低下の招く機械的研磨処理が必要な段差5cを有しない。

【0023】

従来のように、段差5cが発生しないことから、セル粗型物2aは、従来のように、内周面に、機械的研磨処理を施すことなく、超伝導高周波加速空洞に組み込むことができる。図1(A)では、不要部分の切断、他の部品の溶接など行う前のセル粗型物2aであっても、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルと呼ぶ。

【実施例2】

【0024】

次に、図2を参照しながら、超伝導高周波加速空洞用多連セルの製造方法、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造装置について、まとめて説明する。

【0025】

超伝導高周波加速空洞用純ニオブ多連セルの製造方法は、初めに、特許文献1において、一次加工パイプ6を所望の形状の多連セル2のセル粗型物2aに液圧成形する稼動割型、稼動型、固定型が、分割型8になる点のみ異なり、他は、特許文献1と同様である。

【0026】

すなわち、純ニオブ製のパイプに取り付けられ、筒状カバー7内で移動接触することで一体化し、内部に、所望ふくらみ5aを備える多連セル2(セル粗型物2a)の形状を形成する稼動割型8a、稼動弧型8b、固定型8c及び稼動型8dからなり、かつ成形後のふくらみ5aの最大径部位置に各型8a、8b、8c、8dの接触面が位置しない分割型8を用いて、純ニオブ製のパイプを多連セル2形状に液圧成形してなる。

【0027】

各工程は次の通りである。パイプの軸方向に連続してくびれが形成された一次加工パイ

10

20

30

40

50

ブ 6 (ここでは前段加工済み一次加工パイプ)を準備し、一次加工パイプ 6 の両端をブッシュ 6 a、6 a にて密閉し、くびれ 4 a 位置に稼動割型 8 a、一次加工パイプ 6 の一端部に固定型 8 c、他端部に稼動型 8 d、各型の間には稼動弧型 8 b を取り付けた上で筒状カバー 7 に装填し、固定型 8 c 側のブッシュ 6 a に形成された圧液導入路 6 b から一次加工パイプ 6 の内部に圧液を導入するとともに、稼動型 8 d 及び稼動型 8 d 側の一次加工パイプ 6 の他端部を固定型 8 c 方向に押し込むことで、一次加工パイプ 6 を短くさせつつ稼動割型 8 a、稼動弧型 8 b、固定型 8 c、稼動型 8 d をそれぞれ移動接触させて一体化し、圧液で一次加工パイプ 6 から多連セル 2 (ここではセル粗型物 2 a) を成形する。稼動割型 8 a、稼動弧型 8 b、固定型 8 c 及び稼動型 8 d は、液圧成形後、セル粗型物 2 a からを外す必要があるため、それら各型は、円周方向に分割されたものを連結して輪状にしている。 10

【0028】

液圧成形は、くびれを設けた一次加工パイプを多連セル 2 の所望の最終形状に一種類の分割型 8 を用いても、従来の特許文献 1 の分割型で、前段加工した後、最終形状に成形してもよいが、二段階成形の方が、膨張によるひずみ(肉薄化)が抑えられ、より一層セルの内周面への段差形成が押さえられ、製品歩留まりが高くなり好ましい。

【0029】

より具体的には、図 2 に示すように、一次加工パイプ 6 を図 5 の一次工程で前段処理した前段加工済み一次加工パイプの両端をブッシュ 6 a、6 a で密閉し、固定ブロック 10 側に穴(圧液導入路 6 b)をあけて、圧液を入れる(上段)。 20

【0030】

前段処理した前段加工済み一次加工パイプの外側には、図 2 に示すように、分割型 8 を配置し、他端から押付ける(押圧装置(図示省略))のと同時に前段加工済み一次加工パイプ内に内圧をかけて、所望の形に膨らみます。長手軸方向の押付けがないと前段加工済み一次加工パイプが単純に伸びて、肉厚が薄くなってしまいます。1.3 GHz の超伝導高周波加速空洞では、径の最小部(くびれ 4)が 70 ミリで、ふくらみ 5 a の最大径部 5 b が 210 ミリである。

【0031】

くびれ 4 の小径に合わせた純ニオブパイプから、ふくらみ加工を行うとふくらみ 5 a の第最大径部 5 b は 300% 程度の伸びが必要であり、難加工材の純ニオブ材でこれを実現するのは難しい。そこで 130 ミリのパイプの一部をくびれさせ、それを用いて最大径部 5 b はふくらみ加工の 2 工程に分けている。図 5 に示す、第 1 工程と第 2 工程の間に焼きなまし工程をいれて、材料の歪を除き、伸び性の回復を図っている。これは従来から液圧成形で採用されている手法である。 30

【0032】

最終的に膨らむ際に、パイプ外周と分割型内面が接触する。特許文献 1 では、稼動金型の軸方向の分割はふくらみ 5 a の最大径部で行っている。分割型は筒状カバー 7 をガイドにパイプの長手方向に移動するが、接合面で多少ずれる可能性がある。これが空洞に転写されると空洞にも段差が転写される。最大径部 5 b の内周面は空洞性能において最も重要な箇所であり、ここを滑らかにするのが、本願発明の目的である。特許文献 1 以前の従来の加工方法、装置では、この部分は電子ビーム溶接による接合を行っていた。 40

【0033】

そこで、その問題を回避するために分割型の接合面の位置(型の分割位置)を軸方向にずらす。分割型の製造しやすさを考えると、分割数を増やすのが簡単である。図 2 では従来の稼動割型の 3 分割(ふくらみ 1 個に関与する金型の数)の場合を示している。これにより、最大径部 5 b への分割型 8 のズレに起因する段差が、転写されることはない。

【実施例 3】

【0034】

次に、図 2 を参照しつつ、超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造装置について、説明する。

【 0 0 3 5 】

超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造装置 9 は、筒状カバー 7 と、純ニオブ製のパイプの軸方向に連続してくびれ 4 a が形成され、両端がブッシュ 6 a、6 a で密閉された一次加工パイプ 6（ここでは前段加工済み一次加工パイプ）に取り付けられ、筒状カバー 7 内で移動接触することで一体化し、内部に、所望ふくらみ 5 a を備えた多連セル 2（ここではセル粗型物 2 a）の形状を形成する稼動割型 8 a、稼動弧型 8 b（最大径部 5 b に位置する）、固定ブロック 10 で位置決めされる固定型 8 c 及び稼動型 8 d からなる分割型 8 と、固定型 8 c 側のブッシュ 6 a に形成された圧液導入路 6 b から一次加工パイプ 6 の内部に圧液を導入する圧液導入装置（図示省略）と、稼動型 8 d 及び稼動型 8 d 側の一次加工パイプ 6 の他端部を固定型 8 c 方向に押し込む押圧装置（図示省略）と、固定型 8 c 及び一次加工パイプ 6 が押し当てられる固定ブロック 10 とからなる。

10

【 0 0 3 6 】

そして、稼動割型 8 a はくびれ 4 a 位置に、固定型 8 c は一次加工パイプ 6 の一端部に、稼動型 8 d は他端部に、稼動弧型 8 b は、各型の間に取り付けた上で筒状カバー 7 に装填され、押圧装置で一次加工パイプ 6 を短くさせつつ稼動割型 8 a、稼動弧型 8 b、固定型 8 c、稼動型 8 d をそれぞれ移動接触させて一体化するとともに、圧液導入装置で一次加工パイプ 6 から多連セル 2 を液圧成形するものである。

【 0 0 3 7 】

その結果、成形後の多連セル 2 のふくらみ 5 a の最大径部 5 b 位置に分割型 8 の接触面が位置しない。

20

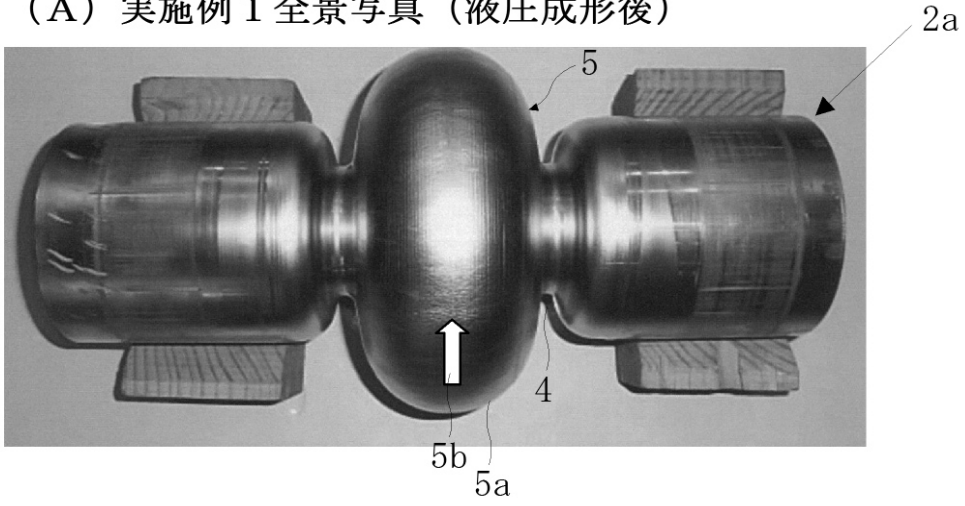
【 符号の説明 】

【 0 0 3 8 】

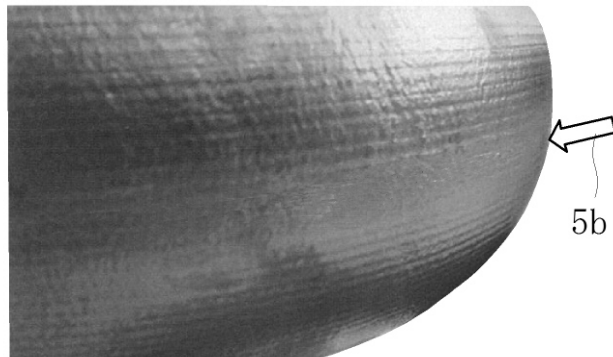
- | | | |
|-----|---------------------------|----|
| 1 | 超伝導高周波加速空洞 | |
| 2 | 多連セル | |
| 2 a | セル粗型物 | |
| 3 | エンドグループ部品 | |
| 4 | くびれ | |
| 4 a | くびれ | |
| 5 | セル | |
| 5 a | ふくらみ | 30 |
| 5 b | 最大径部 | |
| 5 c | 段差 | |
| 6 | 一次加工パイプ | |
| 6 a | ブッシュ | |
| 6 b | 圧液導入路 | |
| 7 | 筒状カバー | |
| 8 | 分割型 | |
| 8 a | 稼動割型 | |
| 8 b | 稼動弧型 | |
| 8 c | 固定型 | 40 |
| 8 d | 稼動型 | |
| 8 e | スペース | |
| 9 | 超伝導高周波加速空洞用純ニオブ製多連セルの製造装置 | |
| 10 | 固定ブロック | |

【図 1】

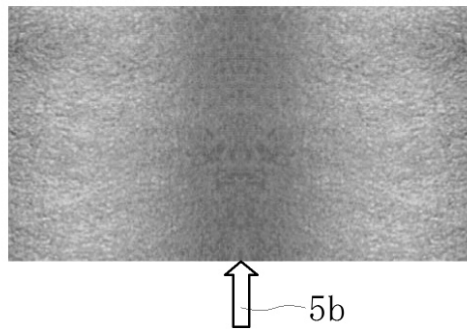
(A) 実施例 1 全景写真 (液圧成形後)



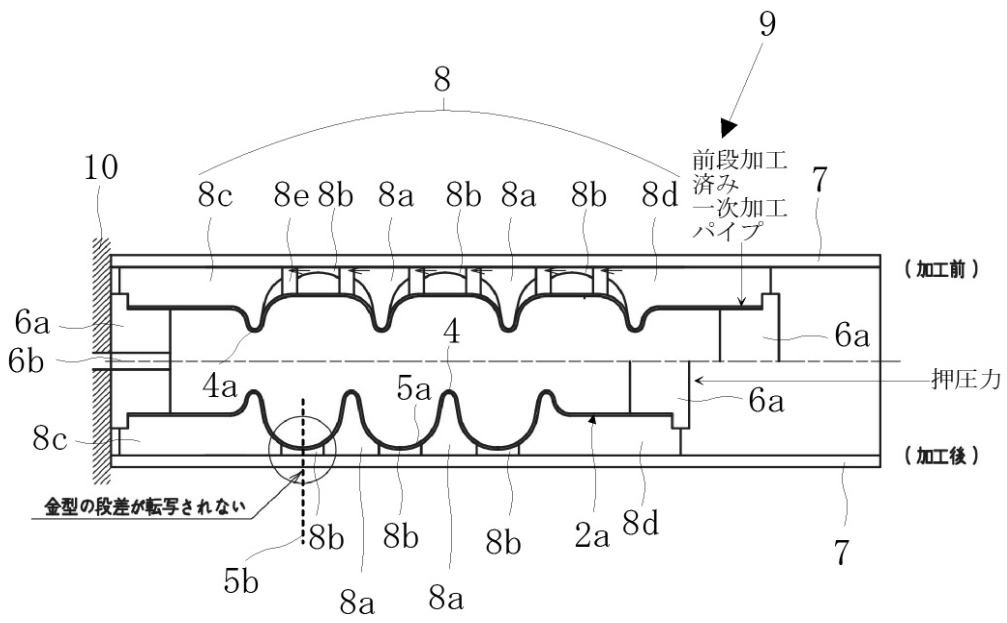
(B) ふくらみの最大径部拡大写真 (外周面)



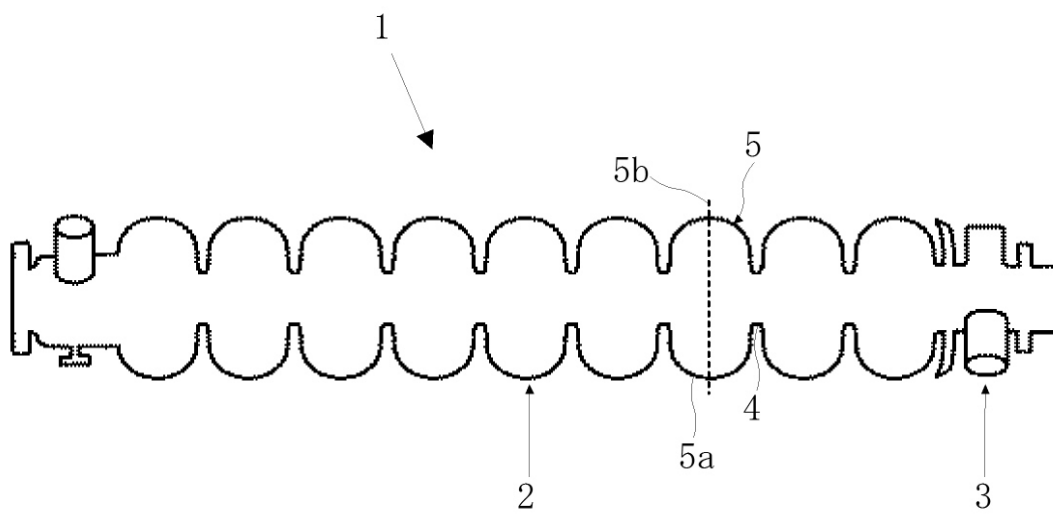
(C) ふくらみの最大径部拡大写真 (内周面)



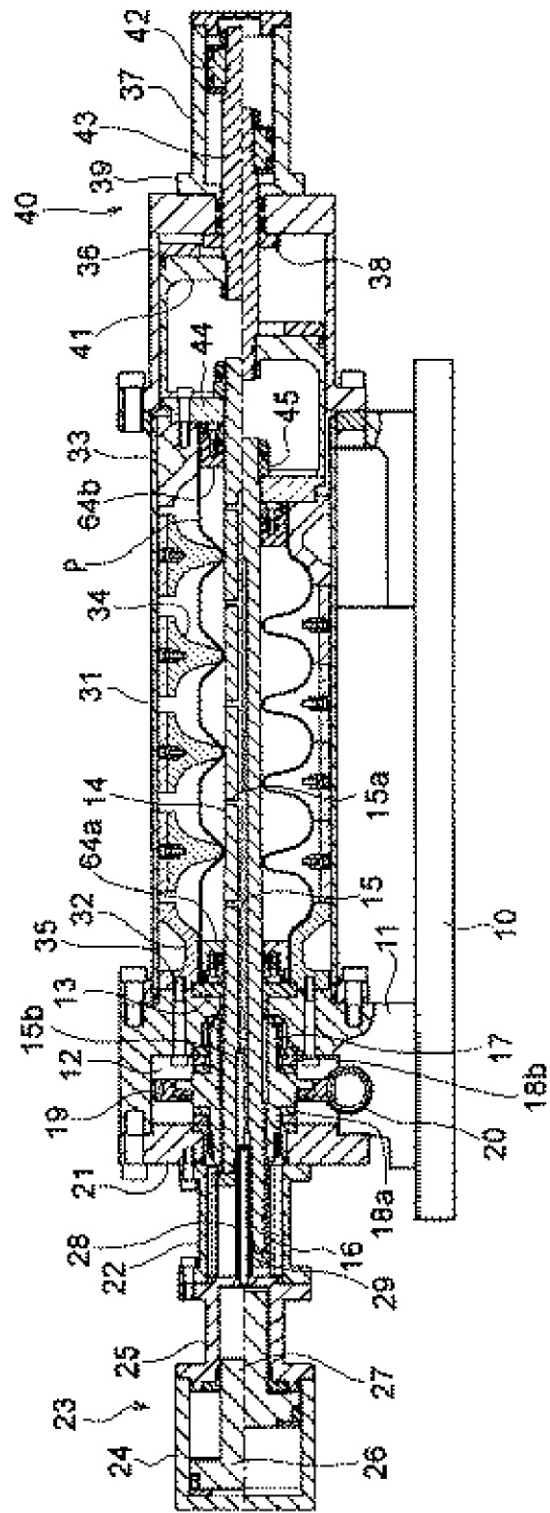
【 図 2 】



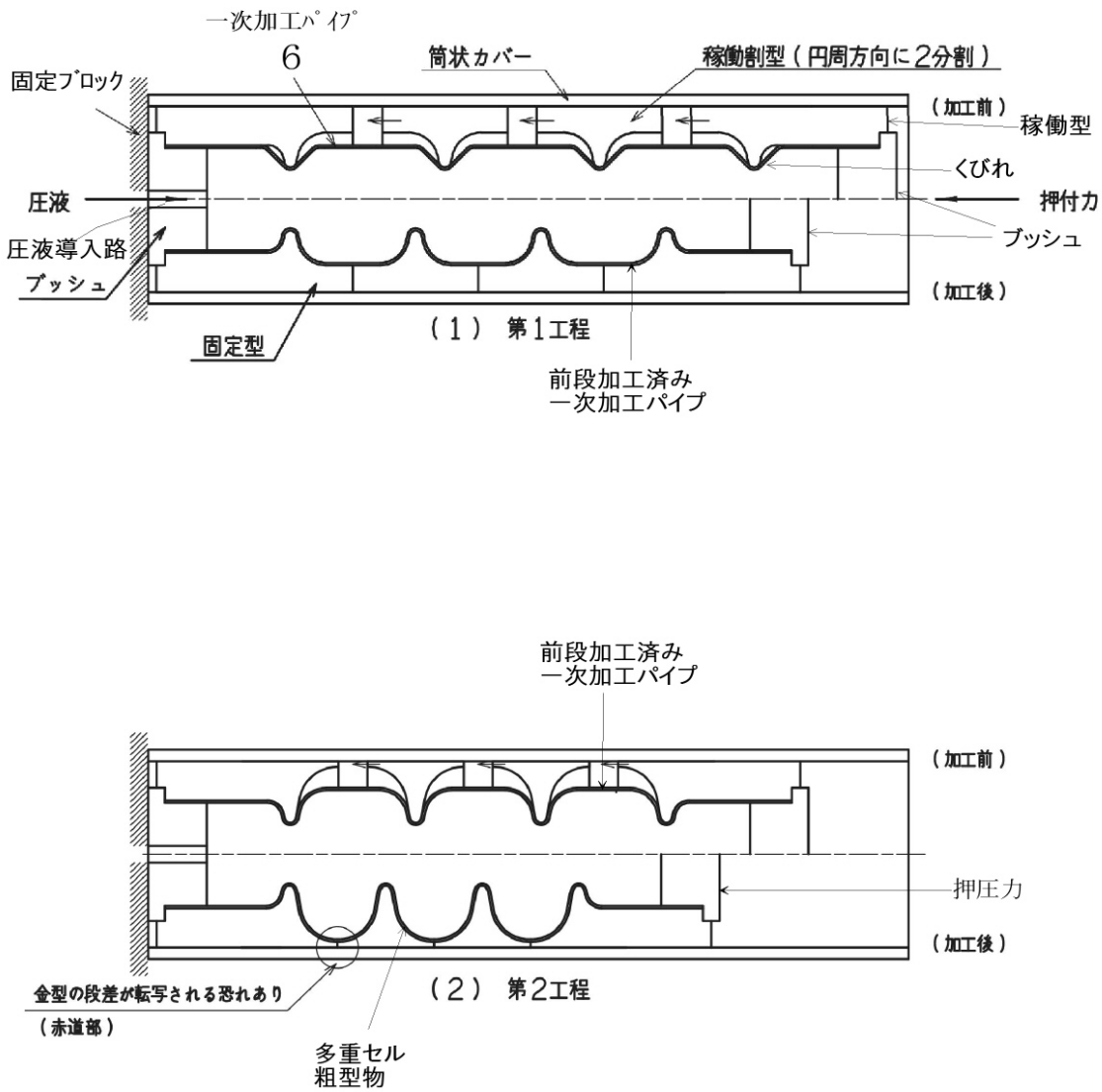
【 図 3 】



【図4】

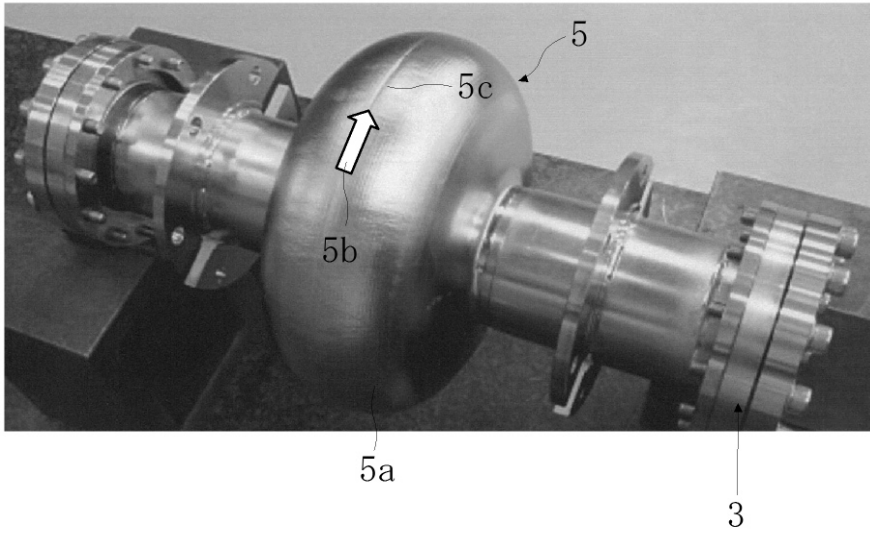


【 図 5 】

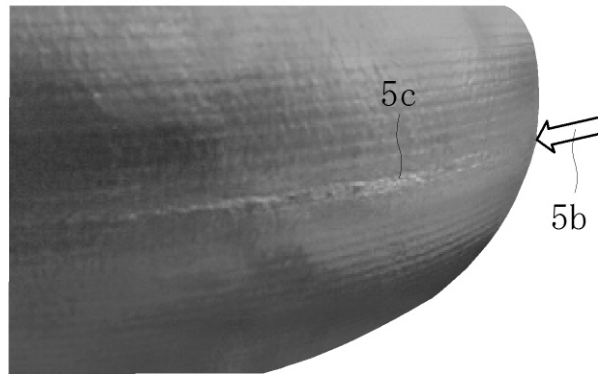


【図 6】

(A) 比較例 1 の全景写真 (液圧成形・組み立て後)



(B) ふくらみの最大径部拡大写真 (外周面)



(C) ふくらみの最大径部拡大写真 (内周面)

