

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7158237号
(P7158237)

(45)発行日 令和4年10月21日(2022.10.21)

(24)登録日 令和4年10月13日(2022.10.13)

(51)国際特許分類

F I

B 2 1 D 26/035 (2011.01)**B 2 1 D 26/035****B 2 1 D 39/08 (2006.01)****B 2 1 D 39/08**

B

B 2 1 D 39/06 (2006.01)**B 2 1 D 39/06**

B

B 6 2 D 27/02 (2006.01)**B 6 2 D 27/02****F 1 6 B 4/00 (2006.01)****F 1 6 B 4/00**

H

請求項の数 10 (全24頁)

(21)出願番号 特願2018-191797(P2018-191797)

(22)出願日 平成30年10月10日(2018.10.10)

(65)公開番号 特開2020-59044(P2020-59044A)

(43)公開日 令和2年4月16日(2020.4.16)

審査請求日 令和3年5月19日(2021.5.19)

(73)特許権者 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区大崎二丁目1番1号

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹

(74)代理人 100113435

弁理士 黒木 義樹

(74)代理人 100162640

弁理士 柳 康樹

(74)代理人 100186761

弁理士 上村 勇太

(72)発明者 雑賀 雅之

愛媛県新居浜市惣開町5番2号 住友重

機械工業株式会社愛媛製造所内

(72)発明者 石塚 正之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 中空構造物及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸方向に対して交差する第1方向に突出する膨張部を有する中空金属部材と、
前記膨張部に対して嵌合する被嵌合部を有する金属メンバと、を備え、
前記被嵌合部には、前記金属メンバと前記中空金属部材との相対移動を規制する規制構造が設けられ、

前記膨張部は、

前記被嵌合部に沿った形状を呈すると共に前記規制構造に掛止し、

根元と、先端と、中間部とを有し、

前記軸方向、及び、前記第1方向に交差する第2方向の両方において、前記根元の径は、
前記中間部の径よりも小さい、

中空構造物。

【請求項2】

軸方向に対して交差する第1方向に突出する膨張部を有する中空金属部材と、
前記膨張部に対して嵌合する被嵌合部を有する金属メンバと、を備え、
前記被嵌合部には、前記金属メンバと前記中空金属部材との相対移動を規制する規制構造が設けられ、

前記膨張部は、前記被嵌合部に沿った形状を呈すると共に前記規制構造に掛止し、

前記被嵌合部は、前記金属メンバに設けられる凹溝を有し、

前記規制構造は、前記凹溝の表面に位置すると共に前記膨張部に覆われる凹部及び凸部

の少なくとも一方を有し、

前記凹部は、入口部、底部、及び、前記第 1 方向において前記入口部と前記底部との間に位置する中間部を有し、

前記軸方向、及び、前記第 1 方向に交差する第 2 方向の両方において、前記入口部の径は、前記中間部の径よりも小さい、中空構造物。

【請求項 3】

軸方向に対して交差する第 1 方向に突出する膨張部を有する中空金属部材と、

前記膨張部に対して嵌合する被嵌合部を有する金属メンバと、を備え、

前記被嵌合部には、前記金属メンバと前記中空金属部材との相対移動を規制する規制構造が設けられ、

前記膨張部は、前記被嵌合部に沿った形状を呈すると共に前記規制構造に掛止し、

前記被嵌合部は、入口部、底部、及び、前記第 1 方向において前記入口部と前記底部との間に位置する中間部を含む後退部を有し、

前記軸方向、及び、前記第 1 方向に交差する第 2 方向の両方において、前記入口部の径は、前記中間部の径よりも小さい、

中空構造物。

【請求項 4】

軸方向に対して交差する第 1 方向に突出する膨張部を有する中空金属部材と、

前記膨張部に対して嵌合する被嵌合部を有する金属メンバと、を備え、

前記被嵌合部には、前記金属メンバと前記中空金属部材との相対移動を規制する規制構造が設けられ、

前記膨張部は、前記被嵌合部に沿った形状を呈すると共に前記規制構造に掛止し、

前記被嵌合部は、入口部、底部、及び、前記第 1 方向において前記入口部と前記底部との間に位置する中間部を含む後退部を有し、

前記中間部の表面に位置する前記規制構造は、前記軸方向、及び、前記第 1 方向に交差する第 2 方向の少なくとも一方に沿って延在すると共に、前記膨張部に覆われる凹部及び凸部の少なくとも一方を有し、

前記軸方向、及び、前記第 1 方向に交差する第 2 方向の両方において、前記入口部の径は、前記中間部の径よりも小さい、

中空構造物。

【請求項 5】

軸方向に対して交差する第 1 方向に突出する膨張部を有する中空金属部材と、

前記膨張部に対して嵌合する被嵌合部を有する金属メンバと、を備え、

前記被嵌合部には、前記金属メンバと前記中空金属部材との相対移動を規制する規制構造が設けられ、

前記膨張部は、前記被嵌合部に沿った形状を呈すると共に前記規制構造に掛止し、

前記中空金属部材において、前記膨張部の強度は、他の部分よりも低い、
中空構造物。

【請求項 6】

軸方向に対して交差する第 1 方向に突出する膨張部を有する中空金属部材と、

前記膨張部に対して嵌合する被嵌合部を有する金属メンバと、を備え、

前記被嵌合部には、前記金属メンバと前記中空金属部材との相対移動を規制する規制構造が設けられ、

前記膨張部は、前記被嵌合部に沿った形状を呈すると共に前記規制構造に掛止し、

前記中空金属部材と前記金属メンバとは、互いに A しを含む材料から構成され、

前記膨張部の少なくとも一部は、前記被嵌合部に対して溶着する、
中空構造物。

【請求項 7】

軸方向に対して交差する第 1 方向に突出する膨張部を有する中空金属部材と、

前記膨張部に対して嵌合する被嵌合部を有する金属メンバと、

10

20

30

40

50

前記膨張部と前記被嵌合部との間に位置する絶縁部材と、を備え、
前記被嵌合部には、前記金属メンバと前記中空金属部材との相対移動を規制する規制構造が設けられ、
前記膨張部は、前記被嵌合部に沿った形状を呈すると共に前記規制構造に掛止し、
前記中空金属部材と前記金属メンバとは、互いに異なる材料から構成される、
中空構造物。

【請求項 8】

金属パイプ及び金属メンバを第 1 の金型及び第 2 の金型の間に準備する工程と、
前記第 1 の金型及び前記第 2 の金型の少なくとも一方を金型同士が合わさる方向に移動させることによって、前記第 1 の金型と前記第 2 の金型との間にて前記金属パイプの外周面に前記金属メンバを近接させる工程と、
前記金属パイプと前記金属メンバとが互いに離間した状態にて、前記金属パイプを加熱する工程と、
加熱された前記金属パイプ内に気体を供給することによって、前記金属メンバの表面に沿った形状を呈する膨張部を有する中空金属部材を成形する工程と、を備え、
前記膨張部は、前記金属メンバの前記表面に設けられる被嵌合部に嵌合しており、
前記金属メンバと前記中空金属部材との相対移動は、前記被嵌合部に設けられる規制構造に前記膨張部が掛止されることによって規制される、
中空構造物の製造方法。

【請求項 9】

前記金属パイプ及び前記金属メンバを準備する前記工程では、前記金属パイプと前記金属メンバとの間に位置する絶縁部材を準備する、請求項 8 に記載の中空構造物の製造方法。

【請求項 10】

前記中空金属部材の引張り強さは、590MPa 以上である、請求項 8 または 9 に記載の中空構造物の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、中空構造物及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

車両のボディー等の金属フレームは、例えば、中空の鋼管を組み合わせることによって製造される。下記特許文献 1 には、三次元曲げ加工が施された複数の金属管同士を、継手部材を介して接合した態様が開示されている。下記特許文献 1 では、三次元曲げ加工に伴う寸法誤差を継手部材にて吸収することが図られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2015-151067 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記特許文献 1 に係る金属フレームの重量は、継手部材を用いない場合と比較して大きくなる傾向にある。このため、上記特許文献 1 に係る上記態様を実施すると、最終製造物の軽量化が困難になり得る。また、上記態様では、金属管同士を接合する際の作業が複雑化する傾向にある。すなわち、上記態様を採用する場合、最終製造物の生産性が低下する傾向にある。

【0005】

本発明は、上記課題に鑑み、軽量化の実現と共に生産性を向上可能な中空構造物及びその製造方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面に係る中空構造物は、軸方向に対して交差する第1方向に突出する膨張部を有する中空金属部材と、膨張部に対して嵌合する被嵌合部を有する金属メンバと、を備え、被嵌合部には、金属メンバと中空金属部材との相対移動を規制する規制構造が設けられ、膨張部は、被嵌合部に沿った形状を呈すると共に規制構造に掛止する。

【0007】

この中空構造物では、中空金属部材の膨張部が金属メンバの被嵌合部に対して嵌合している。このため、継手部材を用いることなく中空金属部材と金属メンバとが一体化しているので、中空構造物の軽量化を実現できる。加えて、被嵌合部には、金属メンバと中空金属部材との相対移動を規制する規制構造が設けられ、膨張部は、被嵌合部に沿った形状を呈すると共に規制構造に掛止している。これにより、例えば中空金属部材に膨張部を形成するときに当該膨張部を被嵌合部に単に嵌合させるだけで、金属メンバに対する中空金属部材の位置を容易に固定化できる。したがって、中空構造物の生産性を向上可能である。

【0008】

被嵌合部は、金属メンバに設けられる凹溝を有し、規制構造は、凹溝の表面に位置すると共に膨張部に覆われる凹部及び凸部の少なくとも一方を有してもよい。この場合、凹部及び凸部の少なくとも一方に膨張部を掛止させることによって、金属メンバに対する中空金属部材の位置を良好に固定化できる。

【0009】

凹部は、入口部、底部、及び、第1方向において入口部と底部との間に位置する中間部を有し、軸方向、及び、第1方向に交差する第2方向の少なくとも一方において、入口部の径は、中間部の径よりも小さくてもよい。この場合、凹部の入口部が膨張部に対して食い込むので、膨張部が当該入口部に対して良好に掛止される。このため、第1方向に沿った中空金属部材と金属メンバとの分離を良好に防止できる。加えて、軸方向、並びに、第2方向における中空金属部材と金属メンバとの相対移動も確実に規制できる。

【0010】

凸部は、軸方向、及び、第1方向に交差する第2方向の少なくとも一方に沿って延在してもよい。この場合、第1方向に沿った中空金属部材と金属メンバとの分離は、凸部によって良好に防止される。加えて、軸方向、並びに、第2方向における中空金属部材と金属メンバとの相対移動もまた、良好に規制できる。

【0011】

被嵌合部は、入口部、底部、及び、第1方向において入口部と底部との間に位置する中間部を含む後退部を有し、軸方向、及び、第1方向に交差する第2方向の少なくとも一方において、入口部の径は、中間部の径よりも小さくてもよい。この場合、後退部の入口部が膨張部に対して食い込むので、膨張部が当該入口部に対して良好に掛止される。このため、第1方向に沿った中空金属部材と金属メンバとの分離を良好に防止できる。加えて、軸方向、並びに、第2方向における中空金属部材と金属メンバとの相対移動も確実に規制できる。

【0012】

被嵌合部は、入口部、底部、及び、第1方向において入口部と底部との間に位置する中間部を含む後退部を有し、中間部の表面に位置する規制構造は、軸方向、及び、第1方向に交差する第2方向の少なくとも一方に沿って延在すると共に、膨張部に覆われる凹部及び凸部の少なくとも一方を有してもよい。この場合、膨張部が凹部及び凸部の少なくとも一方に掛止される。このため、第1方向に沿った中空金属部材と金属メンバとの分離を良好に防止できる。加えて、軸方向、並びに、第2方向における中空金属部材と金属メンバとの相対移動も確実に規制できる。

【0013】

被嵌合部は、中空金属部材が挿通される開口を有し、開口の表面に位置する規制構造は、膨張部に覆われる凹部及び凸部の少なくとも一方を有してもよい。この場合、軸方向に

10

20

30

40

50

おける中空金属部材と金属メンバとの相対移動を防止できるので、中空金属部材と金属メンバとの分離を防止できる。加えて、中空金属部材の周方向に沿った金属メンバの回転も規制できる。

【0014】

中空金属部材において、膨張部の強度は、他の部分よりも低くてもよい。この場合であっても、膨張部の強度は金属メンバによって補償されるので、中空構造物の強度を十分に確保できる。

【0015】

中空金属部材の引張強度は、590MPa以上1800MPa以下であってもよい。この場合、中空構造物の強度を十分に確保できる。

10

【0016】

中空金属部材と金属メンバとは、互いにAlを含む材料から構成され、膨張部の少なくとも一部は、被嵌合部に対して溶着してもよい。この場合、中空金属部材と金属メンバとが強固に一体化される。

【0017】

中空金属部材と金属メンバとは、互いに異なる材料から構成され、上記中空構造物は、膨張部と被嵌合部との間に位置する絶縁部材をさらに備えてもよい。この場合、膨張部と被嵌合部との間における電蝕の発生を抑制できる。

【0018】

本発明の他の一側面に係る中空構造物の製造方法は、金属パイプ及び金属メンバを第1の金型及び第2の金型の間に準備する工程と、第1の金型及び第2の金型の少なくとも一方を金型同士が合わさる方向に移動させることによって、第1の金型と第2の金型との間に金属パイプの外周面に金属メンバを近接させる工程と、加熱された金属パイプ内に気体を供給することによって、金属メンバの表面に沿った形状を呈する膨張部を有する中空金属部材を成形する工程と、を備え、膨張部は、金属メンバの表面に設けられる被嵌合部に嵌合しており、金属メンバと中空金属部材との相対移動は、被嵌合部に設けられる規制構造に膨張部が掛止されることによって規制される。

20

【0019】

この製造方法によって製造された中空構造物によれば、中空金属部材の膨張部は、金属メンバの被嵌合部に対して嵌合している。そして、金属メンバと中空金属部材との相対移動は、被嵌合部に設けられる規制構造に膨張部が掛止されることによって規制されている。ここで上記製造方法では、加熱された金属パイプ内に気体を供給することによって膨張部を成形する際に、当該膨張部を被嵌合部に対して嵌合させることができる。このため、単に中空金属部材を成形するだけで中空金属部材と金属メンバとを一体化できると共に、膨張部を規制構造に掛止できるので、中空構造物の生産性を向上可能である。加えて、継手部材を用いることなく中空金属部材と金属メンバとを一体化できるので、中空構造物の軽量化が実現できる。

30

【0020】

上記中空構造物の製造方法は、金属パイプと金属メンバとが互いに離間した状態にて、金属パイプを加熱する工程をさらに備えてもよい。この場合、金属パイプの加熱時に、金属パイプと金属メンバとの間における電蝕の発生を抑制できる。

40

【0021】

金属パイプ及び金属メンバを準備する工程では、金属パイプと金属メンバとの間に位置する絶縁部材を準備してもよい。この場合、金属パイプの加熱時に、金属パイプと金属メンバとの間における電蝕の発生を抑制できる。

【0022】

中空金属部材の引張強度は、590MPa以上1800MPa以下であってもよい。上記中空構造物の製造方法では、加熱された金属パイプから膨張部を成形している。このため、中空金属部材が上記引張強度を有していた場合であっても、金属メンバの表面における被嵌合部に沿った形状を呈する膨張部を成形できる。したがって、中空構造物の強度を

50

十分に確保しつつ、金属メンバに対する中空金属部材の位置を固定化できる。

【発明の効果】

【0023】

本発明の一側面によれば、軽量化の実現と共に生産性を向上可能な中空構造物及びその製造方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1は、本実施形態に係る中空構造物を示す模式斜視図である。

【図2】図2は、図1の方向Xに沿った断面図である。

【図3】図3は、中央部の要部を示す拡大模式図である。

【図4】図4(a)は、第1部材を示す側面図であり、図4(b)は、図4(a)のIVb-IVb線に沿った断面図である。

【図5】図5(a)は、第2部材を示す側面図であり、図5(b)は、図5(a)のVb-Vb線に沿った断面図である。

【図6】図6(a)は、図2のVIa-VIa線に沿った断面図であり、図6(b)は、図2のVIb-VIb線に沿った断面図である。

【図7】図7は、中空構造物を成形するための成形装置の概略構成図である。

【図8】図8(a)は電極が中空金属部材を保持した状態の一例を示す図であり、図8(b)は電極に気体供給ノズルが当接した状態の一例を示す図であり、図8(c)は電極の正面図である。

【図9】図9(a)は、第1変形例に係る中空構造物の要部を示す拡大断面図であり、図9(b)は、第1変形例に係る中空構造物の製造方法に含まれる工程を示す概略断面図である。

【図10】図10は、第2変形例に係る中空構造物を示す概略斜視図である。

【図11】図11(a)は、図10のXIa-XIa線に沿った断面図であり、図11(b)は、第2変形例の別例を示す断面図である。

【図12】図12(a)、(b)は、第2変形例において、金属パイプ及び金属メンバを準備する第1工程に用いる搬送治具の一例を示す模式図である。

【図13】図13は、第3変形例に係る中空構造物を示す概略斜視図である。

【図14】図14(a)は、図13のXIVa-XIVa線に沿った断面図であり、図14(b)は、第3変形例に係る中空構造物の要部拡大側面図である。

【図15】図15(a)は、第3変形例の別例の要部拡大断面図であり、図15(b)は、第3変形例の別例を示す要部拡大側面図である。

【図16】図16は、中央部の要部の一例を示す模式断面図である。

【図17】図17は、中空構造物の一例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明に係る中空構造物及びその製造方法の一実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、各図において同一部分又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0026】

図1は、本実施形態に係る中空構造物を示す模式斜視図である。図1に示される中空構造物1は、例えば車両のフレーム等に用いられる複合構造物である。例えば、車両のフレームは、複数の中空構造物及び他の金属部材を組み合わせることによって形成される。中空構造物1は、中心軸Aに交差する断面が連続閉断面である中空金属部材100と、中空金属部材100の外周に沿って設けられる金属メンバ200とを備える。以下では、軸方向を方向Xと呼称する。また、方向Xに対して交差もしくは直交する第1方向及び第2方向を、それぞれ方向Y、方向Zとする。

【0027】

中空金属部材100は、予め断面環形状を呈するリングもしくはパイプ等から構成され

10

20

30

40

50

る筒状部材である。すなわち、中空金属部材100は、複数の板金を溶接することによって構成されるものではなく、1枚の板金を加工する（例えば、ロールフォーミング等）ことによって構成されるものでもない。このため、中空金属部材100の断面には合口（ジョイント）が存在しない。本実施形態に係る中空金属部材100は、一本の円形パイプから構成される。中空金属部材100の厚さは、特に限定されないが、例えば1.0mm以上2.5mm以下である。

【0028】

中空金属部材100は、例えば、高張力鋼材もしくは超高張力鋼材から構成される。高張力鋼材は、400MPa以上の引張強度を示す鋼材である。超高張力鋼材は、例えば590MPa以上もしくは1GPa（1000MPa）以上であって、1800MPa以下の引張強度を示す鋼材である。このため、中空金属部材100の引張強度は、例えば400MPa以上、590MPa以上、1GPa以上、もしくは1800MPaである。中空金属部材100の引張強度が約1GPa以上である場合、中空金属部材100の強度は好適である一方、例えばハイドロフォーミング等の冷間加工による加工が困難である。中空金属部材100の引張強度は、例えばISO 6892-1:2016もしくはJIS Z 2241:2011に基づいて算出される。中空金属部材100は、上記鋼材から構成されず、他の金属もしくは合金から構成されてもよい。中空金属部材100は、例えば、アルミニウム（Al）を含む材料（Al単体もしくはAl合金）から構成されてもよい。

【0029】

中空金属部材100は、方向Xにおける端部101、102と、方向Xにおいて端部101、102の間に位置する中央部103とを有する。端部101、102は、後述する成形装置10の電極17、18（図7を参照）に支持される部分であり、方向Xから見て略円環形状を呈する。本実施形態では、中空金属部材100は、端部101、102を有するが、これに限られない。例えば、端部101、102は、中空金属部材100から除去されてもよい。

【0030】

金属メンバ200は、中空金属部材100の外周に固定される部材であり、中空金属部材100が挿通される開口201を備える。本実施形態では、開口201の表面と、中空金属部材100の外周面とが、互いに嵌合している（詳細は後述）。このため、開口201は、中空金属部材100に対する被嵌合部として機能する。金属メンバ200は、一体化された第1部材210及び第2部材220から構成される。第1部材210及び第2部材220の詳細については、後述する。

【0031】

続いて、図2～図6を参照しながら、中空金属部材100と金属メンバ200とを詳細に説明する。図2は、図1の方向Xに沿った断面図である。図3は、中央部103の要部を示す拡大模式図である。図4（a）は、第1部材210を示す側面図であり、図4（b）は、図4（a）のIVb-IVb線に沿った断面図である。図5（a）は、第2部材220を示す側面図であり、図5（b）は、図5（a）のVb-Vb線に沿った断面図である。図6（a）は、図2のVIa-VIa線に沿った断面図であり、図6（b）は、図2のVIb-VIb線に沿った断面図である。なお、図4（a）及び図5（a）は、第1部材210及び第2部材220におけるそれぞれの断面を方向Yから見た図である。また、図4（b）及び図5（b）は、第1部材210及び第2部材220をそれぞれ方向Xから見た図である。

【0032】

まず、中空金属部材100の詳細について説明する。図2及び図3に示される中央部103は、中空金属部材100の本体部であり、金属メンバ200と一体化している部分である。中央部103は、中空金属部材100において成形加工された部分である。本実施形態では、中央部103は、円形パイプを膨張することによって成形される膨張部である（詳細は後述）。本実施形態では、パイプ等において成形加工によって圧縮変形された箇所も、膨張部と呼称され得る。中央部103は、金属メンバ200から露出する主部10

4と、金属メンバ200に接触する接触部105とを有する。本実施形態では、主部104は断面略円環形状を呈するが、これに限られない。例えば、主部104は、断面多角環形状、もしくは断面楕円環形状等を呈してもよい。また、主部104には、開口、窪み、溝等が設けられてもよい。

【0033】

接触部105は、第1突出部105a、第2突出部105b、並びに、第1突出部105a及び第2突出部105bと主部104とをつなぐ接続部105cを有する。第1突出部105a、第2突出部105b、及び接続部105cのそれぞれは、金属メンバ200の開口201に沿って膨張した部分である。第1突出部105a及び第2突出部105bのそれぞれは、主部104及び接続部105cよりも膨張している。すなわち、第1突出部105a及び第2突出部105bのそれぞれは、主部104及び接続部105cよりも拡径されている。本実施形態では、第1突出部105a及び第2突出部105bのそれぞれは、方向Xにおける金属メンバ200の中心にて端部101の径より膨張している。加えて、方向Xにおいて当該中心から離れるほど、第1突出部105a及び第2突出部105bのそれぞれの膨張率が低下している。このため、第1突出部105a及び第2突出部105bのそれぞれは、金属メンバ200の開口201を画成する表面に掛止されている。

【0034】

接続部105cは、例えば金属メンバ200の中心もしくはその近傍を通り、且つ、方向Xから見た中空構造物1の断面において、接触部105のくびれた部分に相当する（後述する図6（a）を参照）。接触部105の強度は、主部104の強度と同一でもよいし、主部104の強度より低くてもよい。特に、第1突出部105a及び第2突出部105bの強度は、主部104の強度と同一でもよいし、主部104の強度より低くてもよい。

【0035】

続いて、金属メンバ200の詳細について説明する。図2に示されるように、開口201の表面の一部には、凹部202、203が形成されている。凹部202、203は、開口201の表面から開口201の径方向に沿って後退する部分であり、曲面を呈する。凹部202、203のそれぞれは、方向Xに沿った勾配を示す。本実施形態では、方向Xにおいて金属メンバ200の中心における凹部202、203の後退量が最も大きい。加えて、方向Xにおいて上記中心から離れるほど、上記後退量が減少する。凹部202、203は、接触部105の第1突出部105aと第2突出部105bとがそれぞれ入り込む部分である。本実施形態では、凹部202は第1突出部105aによって覆われ、凹部203は第2突出部105bによって覆われる。換言すると、第1突出部105aは凹部202の表面に沿った形状を呈し、第2突出部105bは凹部203の表面に沿った形状を呈している。これにより、方向Xに沿った中空金属部材100に対する金属メンバ200の移動を規制できる。したがって、凹部202、203は、被嵌合部である開口201の表面に設けられ、金属メンバ200と中空金属部材100との相対移動を規制する規制構造として機能する。

【0036】

図4（a）、（b）に示されるように、第1部材210は、本体ブロック211と、方向Zにおける本体ブロック211の側面211aの両端に設けられる切欠部212、213と、方向Zにおいて切欠部212、213の間に位置すると共に側面211aに設けられる凹溝214とを有する。また、図5（a）、（b）に示されるように、第2部材220は、本体ブロック221と、方向Zにおける本体ブロック221の側面221aの両端に設けられる突出部222、223と、方向Zにおいて突出部222、223の間に位置すると共に側面221aに設けられる凹溝224とを有する。

【0037】

本体ブロック211、221は、少なくとも物理的に中空金属部材100に対して固定される部材であり、互いに同一材料から構成される。本体ブロック211、221は、中空金属部材100と同様に、高張力鋼材もしくは超高張力鋼材から構成されてもよいし、Alを含む材料から構成されてもよい。例えば、本体ブロック211、221と中空金属

10

20

30

40

50

部材１００とが互いにＡ１を含む材料から構成される場合、中空金属部材１００の少なくとも一部は、本体ブロック２１１，２２１の少なくとも一方に対して溶着されてもよい。軸方向に沿った本体ブロック２１１，２２１の厚さは、特に限定されないが、例えば１ｍｍ以上７ｍｍ以下である。

【００３８】

第１部材２１０と第２部材２２０とが一体化しているとき、本体ブロック２１１の側面２１１ａと、本体ブロック２２１の側面２２１ａとのそれぞれは、互いに接触している。加えて、突出部２２２，２２３は、切欠部２１２，２１３にそれぞれ隙間なく嵌合している。第１部材２１０と第２部材２２０とは、中空金属部材１００の他の部材を用いて一体化されてもよい。例えば、第１部材２１０と第２部材２２０との両方を拘束する拘束部材、第１部材２１０と第２部材２２０との両方を貫通するボルトを含む締結部材等を用いて、第１部材２１０と第２部材２２０とが一体化されてもよい。

10

【００３９】

凹溝２１４は、金属メンバ２００における開口２０１の一部に相当し、膨張した中央部１０３（具体的には、接触部１０５）に対する被嵌合部である。本実施形態では、方向Ｘから見た凹溝２１４は、略半円形状を呈しており、側面２１１ａから方向Ｙに沿って後退する部分である。方向Ｚに沿った凹溝２１４の幅Ｗ１は、一定ではない。本実施形態では、幅Ｗ１は、方向Ｘにおいて本体ブロック２１１の中心を通る位置にて最大である。加えて、方向Ｙにおいて上記中心から離れるほど、幅Ｗ１が低下する。幅Ｗ１の最大値は、例えば、幅Ｗ１の最大値の１０５％以上１２５％以下である。

20

【００４０】

凹溝２１４の表面には、凹部２０２が設けられる。凹部２０２は、方向Ｙにおける凹溝２１４の縁よりも奥側に位置している。このため、凹部２０２と凹溝２１４の縁との間には爪部２１６が画成される。凹部２０２は、入口部２０２ａ、底部２０２ｂ、及び、方向Ｙにおいて入口部２０２ａと底部２０２ｂとの間に位置する中間部２０２ｃを有する。方向Ｙにおいて、凹部２０２の後退量は、入口部２０２ａから中間部２０２ｃにかけて上昇し、中間部２０２ｃから底部２０２ｂまで略一定である。このため、方向Ｚにおいて、入口部２０２ａの径Ｄ１は、中間部２０２ｃの径Ｄ２よりも小さくなる。よって、凹部２０２においては、入口部２０２ａから中間部２０２ｃにかけて方向Ｚに沿った径が広がった後、中間部２０２ｃから底部２０２ｂにかけて方向Ｚに沿った径が狭まっている。なお、径Ｄ１は、例えば、径Ｄ２の１０５％以上１２０％以下である。この場合、第１突出部１０５ａが爪部２１６に確実に掛止されるので、方向Ｙに沿った中空金属部材１００と第１部材２１０との分離を防止できる。よって、爪部２１６は、中空金属部材１００と第１部材２１０との方向Ｙに沿った相対移動を規制する規制構造として機能する。加えて、接触部１０５の脆弱部分が入口部２０２ａ及びその周辺に形成されることを防止できる。

30

【００４１】

凹溝２２４は、金属メンバ２００における開口２０１の他部に相当し、第２突出部１０５ｂに対する被嵌合部である。本実施形態では、凹溝２２４の形状は、凹溝２１４の形状と略同一である。このため、方向Ｚに沿った凹溝２２４の幅Ｗ２は、方向Ｘにおいて本体ブロック２２１の中心を通る位置にて最大である。また、凹溝２２４の表面には、凹部２０２と略同一形状を呈する凹部２０３が設けられる。凹部２０３は、方向Ｙにおける凹溝２２４の縁よりも奥側に位置している。このため、凹部２０３と凹溝２２４の縁部との間には爪部２２６が画成される。凹部２０３は、凹部２０２と同様に、入口部２０３ａ、底部２０３ｂ、及び中間部２０３ｃを有する。この場合、第２突出部１０５ｂが爪部２２６に確実に掛止されるので、方向Ｙに沿った中空金属部材１００と第２部材２２０との分離を防止できる。よって、爪部２２６は、中空金属部材１００と第２部材２２０との方向Ｙに沿った相対移動を規制する規制構造として機能する。加えて、接触部１０５の脆弱部分が入口部２０３ａ及びその周辺に形成されることを防止できる。

40

【００４２】

図６（ａ）は、開口２０１において凹部２０２，２０３が設けられる第１領域の断面図

50

であり、図6(b)は、開口201において凹部202、203が設けられない第2領域の断面図である。図6(a)に示されるように、接触部105は、凹溝214(すなわち、開口201の一部)の形状に沿って膨張している。加えて、第1突出部105aは凹部202に嵌合するように膨張している。このため、第1突出部105aの径は、入口部202aから中間部202cにかけて拡大した後、中間部202cから底部202bまでは略一定になる。同様に、接触部105は、凹溝224の形状に沿って膨張しており、且つ、第2突出部105bは凹部203に嵌合している。このため、第2突出部105bの径は、入口部203aから中間部203cにかけて拡大した後、中間部203cから底部203bまでは略一定になる。また、接触部105において爪部216、226の形状に沿って膨張する部分は、接続部105cに相当する。このため上記第1領域においては、接触部105の形状は、凹溝214、224及び凹部202、203の形状に沿っており、方向Yにおける中央部分に爪部216、226に起因するくびれを有する。一方、図6(b)に示されるように、上記第2領域においては、接触部105の形状は略円環形状を呈している。

10

【0043】

次に、図7及び図8を参照しながら本実施形態に係る中空構造物1の製造方法を説明する。まず、中空構造物1を成形するための成形装置について説明する。

【0044】

<成形装置の構成>

図7は、成形装置の概略構成図である。図7に示されるように、中空構造物1を成形する成形装置10は、互いに対となる上型(金型)12及び下型(金型)11を有する成形金型(成形部)13と、上型12及び下型11の少なくとも一方を移動させる駆動機構80と、上型12と下型11との間に配置される金属パイプ14を保持するパイプ保持機構30と、パイプ保持機構30で保持されている金属パイプ14に通電して加熱する加熱機構50と、上型12及び下型11の間に保持され加熱された金属パイプ14内にガス(気体)を供給するための気体供給ユニット60と、パイプ保持機構30で保持された金属パイプ14の内部に気体供給ユニット60からの気体を供給するための一対の気体供給部40、40と、成形金型13を強制的に水冷する水循環機構72とを備えると共に、上記駆動機構80の駆動、上記パイプ保持機構30の駆動、上記加熱機構50の駆動、及び上記気体供給ユニット60の気体供給をそれぞれ制御する制御部70と、を備える。

20

30

【0045】

成形金型13は、金属パイプ14を成形加工するために用いられる型である。このため、成形金型13に含まれる下型11及び上型12のそれぞれには、金属パイプ14が収容されるキャビティ(凹部)が設けられる(詳細は後述する)。また、成形金型13は、金属パイプ14から成形加工された中空金属部材100を金属メンバ200に一体化するためにも用いられる。

【0046】

下型11は、大きな基台15に固定されている。下型11は、大きな鋼鉄製ブロックで構成され、その上面にキャビティ16を備える。下型11には冷却水通路19が形成されている。キャビティ16は、中空金属部材100の中央部103を成形するための窪みである。キャビティ16には、金属メンバ200の第2部材220を収容するための凹部16aが設けられる。本実施形態では、第2部材220は凹部16a内に隙間なく収容されているが、これに限られない。第2部材220を凹部16a内から容易に取り出す観点から、例えば凹部16aと第2部材220の間には隙間が設けられてもよい。この場合、凹部16a内における第2部材220の位置を定めるため、凹部16a内には第2部材220を固定する機構が設けられてもよい。キャビティ16の底面は、第2部材220の側面221a(図5(a)を参照)と面一であってもよい。

40

【0047】

下型11の左右端(図7における左右端)近傍には、電極収納スペース11aが設けられている。電極収納スペース11a内には、上下に進退動可能に構成された電極(下側電

50

極) 17, 18 が設けられる。下型 11 と下側電極 17 との間及び下側電極 17 の下部、並びに下型 11 と下側電極 18 との間及び下側電極 18 の下部には、通電を防ぐための絶縁材 91 がそれぞれ設けられている。それぞれの絶縁材 91 は、パイプ保持機構 30 を構成するアクチュエータ (不図示) の可動部である進退ロッド 95 に固定されている。このアクチュエータは、下側電極 17, 18 等を上下動させるためのものであり、アクチュエータの固定部は、下型 11 と共に基台 15 側に保持されている。

【0048】

下側電極 17, 18 の上面には、金属パイプ 14 の下側外周面に対応した半円弧状の凹溝 17a, 18a がそれぞれ形成されている (図 8 (c) を参照)。このため、下型 11 側に位置する一対の下側電極 17, 18 は、パイプ保持機構 30 の一部を構成しており、金属パイプ 14 を上型 12 と下型 11 との間で昇降可能に支えることができる。下側電極 17, 18 にて支持される金属パイプ 14 は、例えば凹溝 17a, 18a にて嵌め込まれ載置される。下側電極 17, 18 の正面 (金型の外側方向の面) には、凹溝 17a, 18a に向って周囲がテーパ状に傾斜して窪んだテーパ凹面 17b, 18b が形成されている。なお、絶縁材 91 には、上記凹溝 17a, 18a に連通すると共に、金属パイプ 14 の外周面に対応した半円弧状の凹溝が形成されている。

【0049】

上型 12 は、下型 11 と同様に大きな鋼鉄製ブロックによって構成されており、駆動機構 80 を構成するスライド 81 (詳細は後述) に固定されている。上型 12 の下面にはキャビティ 24 が形成されている。キャビティ 24 は、キャビティ 16 と同様に、中空金属部材 100 の中央部 103 を成形するための窪みである。キャビティ 24 は、下型 11 のキャビティ 16 に対向する位置に設けられている。上型 12 の内部には、冷却水通路 25 が設けられている。キャビティ 24 には、金属メンバ 200 の第 1 部材 210 を収容するための凹部 24a が設けられる。本実施形態では、第 1 部材 210 は凹部 24a 内に隙間なく収容されているが、これに限られない。第 1 部材 210 を凹部 24a 内から容易に取り出す観点から、例えば凹部 24a と第 1 部材 210 との間には隙間が設けられてもよい。この場合、凹部 24a からの第 1 部材 210 の脱落を防止するため、凹部 24a 内には第 1 部材 210 を固定する機構が設けられてもよい。キャビティ 24 の底面は、第 1 部材 210 の側面 211a (図 4 (a) を参照) と面一であってもよい。

【0050】

上型 12 の左右端 (図 7 における左右端) 近傍には、下型 11 と同様な電極収納スペース 12a が設けられている。電極収納スペース 12a 内には、下型 11 と同じく、上下に進退動可能に構成された電極 (上側電極) 17, 18 が設けられる。上型 12 と上側電極 17 との間及び上側電極 17 の上部、並びに上型 12 と上側電極 18 との間及び上側電極 18 の上部には、通電を防ぐための絶縁材 92 がそれぞれ設けられている。それぞれの絶縁材 92 は、パイプ保持機構 30 を構成するアクチュエータ (不図示) の可動部である進退ロッド 96 に固定されている。このアクチュエータは、上側電極 17, 18 等を上下動させるためのものであり、アクチュエータの固定部は、上型 12 と共に駆動機構 80 側に保持されている。

【0051】

上側電極 17, 18 の下面には、金属パイプ 14 の上側外周面に対応した半円弧状の凹溝 17a, 18a がそれぞれ形成されている (図 8 (c) を参照)。このため、上側電極 17, 18 は、パイプ保持機構 30 の他の一部を構成している。上下一対の電極 17, 18 で金属パイプ 14 を上下方向から挟持すると、金属パイプ 14 の外周を全周に渡って密着するように取り囲むことができる。上側電極 17, 18 の正面 (金型の外側方向の面) には、凹溝 17a, 18a に向って周囲がテーパ状に傾斜して窪んだテーパ凹面 17b, 18b が形成されている。なお、絶縁材 92 には、上記凹溝 17a, 18a に連通すると共に、金属パイプ 14 の外周面に対応した半円弧状の凹溝が形成されている。

【0052】

図 7 に戻って、駆動機構 80 は、上型 12 及び下型 11 同士が合わさるように上型 12

10

20

30

40

50

を移動させるスライド 8 1 と、スライド 8 1 を移動させるための駆動力を発生するシャフト 8 2 と、該シャフト 8 2 で発生した駆動力をスライド 8 1 に伝達するためのコネクティングロッド 8 3 とを備えている。シャフト 8 2 は、スライド 8 1 上方にて左右方向に延在していると共に回転自在に支持されており、その軸心から離間した位置にて左右端から突出して左右方向に延在する偏心クランク 8 2 a を有している。この偏心クランク 8 2 a と、スライド 8 1 の上部に設けられると共に左右方向に延在している回転軸 8 1 a とは、コネクティングロッド 8 3 によって連結されている。偏心クランク 8 2 a の位置変化をスライド 8 1 に伝達する際に発生するコネクティングロッド 8 3 の揺動（回転運動）は、回転軸 8 1 a によって吸収される。なお、シャフト 8 2 は、例えば制御部 7 0 によって制御されるモータ等の駆動に応じて回転又は停止する。

10

【0053】

加熱機構（電力供給部）5 0 は、電力供給源 5 5、及び、電力供給源 5 5 と電極 1 7、1 8 とを電気的に接続する電力供給ライン 5 2 を備える。電力供給源 5 5 は、直流電源及びスイッチを含み、電力供給ライン 5 2、電極 1 7、1 8 を介して金属パイプ 1 4 に通電可能になっている。本実施形態では、電力供給ライン 5 2 は、下側電極 1 7、1 8 に接続されているが、これに限られない。制御部 7 0 は、上記加熱機構 5 0 を制御することによって、金属パイプ 1 4 を焼入れ温度（例えば、A C 3 変態点温度以上）まで加熱できる。

【0054】

一对の気体供給部 4 0 の各々は、ブロック 4 1 を介して基台 1 5 上に載置固定されるシリンダユニット 4 2 と、シリンダユニット 4 2 の作動に合わせて進退動するシリンダロッド 4 3 と、シリンダロッド 4 3 の先端に連結された気体供給ノズル 4 4 とを有する。気体供給ノズル 4 4 の先端には、先細になるように設けられるテーパ面 4 5 が設けられる。また、気体供給ノズル 4 4 の内部には、ガス通路 4 6 が設けられる。

20

【0055】

気体供給ユニット 6 0 は、ガス源 6 1 と、このガス源 6 1 によって供給されたガスを貯留するアキュムレータ 6 2 と、このアキュムレータ 6 2 から気体供給部 4 0 のシリンダユニット 4 2 まで延びている第 1 チューブ 6 3 と、この第 1 チューブ 6 3 に介設されている圧力制御弁 6 4 及び切替弁 6 5 と、アキュムレータ 6 2 から気体供給部 4 0 の気体供給ノズル 4 4 まで延びている第 2 チューブ 6 7 と、この第 2 チューブ 6 7 に介設されている圧力制御弁 6 8 及び逆止弁 6 9 と、を有する。圧力制御弁 6 4 は、気体供給ノズル 4 4 の金属パイプ 1 4 に対する押圧力に適応した作動圧力のガスをシリンダユニット 4 2 に供給する役割を果たす。逆止弁 6 9 は、第 2 チューブ 6 7 内でガスが逆流することを防止する役割を果たす。

30

【0056】

圧力制御弁 6 8 は、制御部 7 0 の制御により、第 2 チューブ 6 7 内の圧力を調節するバルブである。例えば、金属パイプ 1 4 を仮膨張させるための作動圧力（以下、第 1 到達圧力とする）を有するガス（以下、低圧ガスとする）と、中空金属部材を成形するための作動圧力（以下、第 2 到達圧力とする）を有するガス（以下、高圧ガスとする）とを、第 2 チューブ 6 7 内に供給する役割を果たす。これにより、第 2 チューブ 6 7 に接続される気体供給ノズル 4 4 に低圧ガス及び高圧ガスを供給できる。なお、高圧ガスの圧力は、例えば低圧ガスの約 2 倍～5 倍である。

40

【0057】

また、制御部 7 0 は、図 7 に示す（A）から情報が伝達されることによって、熱電対 2 1 から温度情報を取得し、加熱機構 5 0 及び駆動機構 8 0 を制御する。水循環機構 7 2 は、水を溜める水槽 7 3 と、この水槽 7 3 に溜まっている水を汲み上げ、加圧して下型 1 1 の冷却水通路 1 9 及び上型 1 2 の冷却水通路 2 5 へ送る水ポンプ 7 4 と、配管 7 5 とを備える。省略したが、水温を下げるクーリングタワーや水を浄化する濾過器を配管 7 5 に介在させることは差し支えない。なお、図示しないが、成形装置 1 0 は、成形加工物の温度を測定するためのセンサ（例えば、熱電対）を備える。

【0058】

50

＜成形装置を用いた中空構造物の成形方法＞

次に、成形装置 10 を用いた中空構造物 1 の成形方法の一例について説明する。以下では、金属パイプ 14 及び金属メンバ 200 が共に鋼材から構成される場合の成形方法について説明する。

【0059】

まず、金属パイプ 14 及び金属メンバ 200 を上型 12 及び下型 11 の間に準備する（第 1 工程）。第 1 工程では、上型 12 のキャビティ 24 に設けられる凹部 24a に第 1 部材 210 を収容すると共に、下型 11 のキャビティ 16 に設けられる凹部 16a に第 2 部材 220 を収容する。続いて、下型 11 及び上型 12 の間に金属パイプ 14 を配置する。この金属パイプ 14 は、パイプ保持機構 30 の上側電極 17, 18 及び下側電極 17, 18 によって挟持されている。

10

【0060】

電極 17, 18 によって挟持された金属パイプ 14 は、制御部 70 による加熱機構 50 の制御によって、通電加熱される。具体的には、制御部 70 による加熱機構 50 の制御によって金属パイプ 14 に電力を供給する。すると、電力供給ライン 52 を介して下側電極 17, 18 に伝達される電力が、金属パイプ 14 を挟持している上側電極 17, 18 及び金属パイプ 14 に供給される。そして、金属パイプ 14 自身の電気抵抗により、金属パイプ 14 自体がジュール熱によって発熱する。

【0061】

次に、上型 12 及び下型 11 の少なくとも一方を金型同士が合わさる方向に移動させることによって、上型 12 と下型 11 との間にて金属パイプ 14 の外周面に金属メンバ 200 を近接させる（第 2 工程）。第 2 工程では、制御部 70 による駆動機構 80 の制御によって、上型 12 を下型 11 に向かって移動させる。これにより、上型 12 と下型 11 とを合わせ、中空金属部材 100 を成形するためのキャビティ 16, 24 による空間を形成する。このとき、上型 12 と下型 11 との間に配置される金属パイプ 14 は、キャビティ 16, 24 による空間内に位置する。ここで本実施形態では、開口 201 の径は金属パイプ 14 の外径よりも大きくなっている。上記第 2 工程では、上型 12 と下型 11 とが合わさることによって第 1 部材 210 と第 2 部材 220 とが合わさったとき、開口 201 の表面と金属パイプ 14 との間には隙間を形成する。この隙間は、例えば 0.2 mm 以上である。これにより、金属パイプ 14 と金属メンバ 200 との間におけるスパーク（放電）の発生を防止できる。

20

30

【0062】

なお、金属パイプ 14 を通電加熱する前に、上型 12 を下型 11 側に近づけてもよい。すなわち、金属パイプ 14 を加熱する工程は、上記第 1 工程の最中でもよいし、上記第 1 工程後でもよいし、上記第 2 工程後でもよい。いずれの場合であっても、金属パイプ 14 と金属メンバ 200 とが互いに離間した状態にて、金属パイプ 14 を加熱してもよい。例えば上記第 2 工程後に金属パイプ 14 を加熱する場合、金属パイプ 14 の通電加熱が完了するまで、開口 201 の表面と金属パイプ 14 との間には上記隙間を形成する。

【0063】

次に、加熱された金属パイプ 14 内に気体を供給することによって、金属メンバ 200 の表面に沿った形状を呈する第 1 突出部 105a 及び第 2 突出部 105b を有する中空金属部材 100（図 3 等を参照）を成形する（第 3 工程）。第 3 工程では、まず、加熱された金属パイプ 14 内に一度に気体を供給する、もしくは、段階的に気体を供給する。これにより、キャビティ 16, 24 内にて金属パイプ 14 を膨張させる。具体的には、まず、気体供給部 40 のシリンダユニット 42 を作動させることによって、気体供給ノズル 44 を前進させ、金属パイプ 14 の両端に気体供給ノズル 44 を挿入する。このとき、各気体供給ノズル 44 の先端部 44A を金属パイプ 14 の両端に挿入してシールする。これにより、金属パイプ 14 の内部と、ガス通路 46 とが、気密性よく連通する。続いて、制御部 70 による気体供給ユニット 60、駆動機構 80、及び開閉弁 47 の制御によって、加熱後の金属パイプ 14 内に気体（ガス）を供給する。これにより、加熱により軟化した金属

40

50

パイプ 1 4 が膨張して成形金型 1 3 と接触する。そして、金属パイプ 1 4 は、成形金型 1 3 の形状に沿うように成形される。同時に、金属パイプ 1 4 が第 1 部材 2 1 0 及び第 2 部材 2 2 0 にも接触し、金属パイプ 1 4 において膨張した部分は、第 1 部材 2 1 0 の凹部 2 0 2 及び第 2 部材 2 2 0 の凹部 2 0 3 の形状に沿うように成形される（図 2 を参照）。これにより、図 6（a），（b）に示される断面形状を呈する中空金属部材 1 0 0 が成形される。特に図 6（a）に示されるように、第 1 突出部 1 0 5 a 及び第 2 突出部 1 0 5 b が凹部 2 0 2，2 0 3 にそれぞれ嵌合されることによって、中空金属部材 1 0 0 と、金属メンバ 2 0 0 の第 1 部材 2 1 0 及び第 2 部材 2 2 0 とが一体化する。加えて、金属メンバ 2 0 0 に対する中空金属部材 1 0 0 の移動は、第 1 突出部 1 0 5 a 及び第 2 突出部 1 0 5 b と、凹部 2 0 2，2 0 3 とによって規制される。

10

【0064】

供給するガスのタイミング、圧力等の調整によって、凹部 2 0 2，2 0 3 に膨張した金属パイプ 1 4 を確実に侵入させる。これにより、凹部 2 0 2 に嵌合する第 1 突出部 1 0 5 a と、凹部 2 0 3 に嵌合する第 2 突出部 1 0 5 b とを有する中空金属部材 1 0 0 を良好に成形できる。なお、金属パイプ 1 4 のブロー成形から中空構造物 1 の成形完了までに至るまでの時間は、金属パイプ 1 4 の種類にもよるが、概ね数秒から数十秒程度である。

【0065】

ブロー成形されて膨らんだ金属パイプ 1 4 の外周面は、下型 1 1 のキャビティ 1 6 と上型 1 2 のキャビティ 2 4 とに接触して急冷される。また、金属パイプ 1 4 の外周面は、第 1 部材 2 1 0 及び第 2 部材 2 2 0 にも接触されて冷却される。これにより、金属パイプ 1 4 の焼き入れが実施される。上型 1 2 と下型 1 1 は熱容量が大きく且つ低温に管理されている。このため、金属パイプ 1 4 のキャビティ 1 6，2 4 への接触によって、パイプ表面の熱が急激に金型側へと奪われる。このような冷却法は、金型接触冷却又は金型冷却と呼ばれる。急冷された直後はオーステナイトがマルテンサイトに変態する（以下、オーステナイトがマルテンサイトに変態することをマルテンサイト変態とする）。冷却の後半は冷却速度が小さくなったので、復熱によりマルテンサイトが別の組織（トルースタイト、ソルバイト等）に変態する。従って、別途焼戻し処理を行う必要がない。また、本実施形態においては、金型冷却に代えて、あるいは金型冷却に加えて、冷却媒体を例えばキャビティ 2 4 内に供給することによって冷却が行われてもよい。例えば、マルテンサイト変態が始まる温度までは金型（上型 1 2 及び下型 1 1）に金属パイプ 1 4 を接触させて冷却し、その後型開きすると共に冷却媒体（冷却用気体）を金属パイプ 1 4 へ吹き付けることにより、マルテンサイト変態を発生させてもよい。なお、金属パイプ 1 4 において第 1 部材 2 1 0 もしくは第 2 部材 2 2 0 に接触する部分は、金属パイプ 1 4 においてキャビティ 1 6，2 4 に接触する部分よりもマルテンサイト変態率が低くてもよい。すなわち、金属パイプ 1 4 において第 1 部材 2 1 0 もしくは第 2 部材 2 2 0 に接触する部分の強度は、金属パイプ 1 4 においてキャビティ 1 6，2 4 に接触する部分の強度よりも低くてもよい。

20

30

【0066】

<作用効果>

次に、本実施形態に係る中空構造物 1 の作用効果について説明する。上記成形装置 1 0 を用いて製造された中空構造物 1 では、中空金属部材 1 0 0 の膨張部である接触部 1 0 5 が、金属メンバ 2 0 0 の被嵌合部である凹溝 2 1 4，2 2 4 に対して嵌合している。このため、継手部材を用いることなく中空金属部材 1 0 0 と金属メンバ 2 0 0 とを一体化できるので、中空構造物 1 の軽量化を実現できる。加えて、凹溝 2 1 4，2 2 4 には、金属メンバ 2 0 0 と中空金属部材 1 0 0 との相対移動を規制する規制構造として機能する凹部 2 0 2，2 0 3 が設けられる。そして第 1 突出部 1 0 5 a 及び第 2 突出部 1 0 5 b は、凹部 2 0 2，2 0 3 に沿った形状をそれぞれ呈しており、且つ、爪部 2 1 6，2 2 6 にそれぞれ掛止されている。これにより、例えば中空金属部材 1 0 0 に第 1 突出部 1 0 5 a 及び第 2 突出部 1 0 5 b を形成するとき、凹溝 2 1 4 の凹部 2 0 2 に第 1 突出部 1 0 5 a を単に嵌合させ、且つ、凹溝 2 2 4 の凹部 2 0 3 に第 2 突出部 1 0 5 b を単に嵌合させるだけで、金属メンバ 2 0 0 に対する中空金属部材 1 0 0 の位置を容易且つ確実に固定化できる。

40

50

したがって本実施形態に係る製造方法を実施することによって、中空構造物 1 の生産性を向上可能である。さらに本実施形態では、爪部 216, 226 の存在によって、中空金属部材 100 の周方向に沿った金属メンバ 200 の回転も良好に規制できる。

【0067】

本実施形態では、凹部 202 は、入口部 202a、底部 202b、及び、方向 Y において入口部 202a と底部 202b との間に位置する中間部 202c を有し、方向 Z において入口部 202a の径 D1 は、中間部 202c の径 D2 よりも小さい。このため、凹部 202 の入口部 202a が第 1 突出部 105a に対して食い込むので、第 1 突出部 105a が入口部 202a に対して良好に掛止される。このため、方向 Y に沿った中空金属部材 100 と金属メンバ 200 との分離を良好に防止できる。加えて、方向 Z における中空金属部材 100 と金属メンバ 200 との相対移動も確実に規制できる。

10

【0068】

本実施形態では、中空金属部材 100 において、第 1 突出部 105a の強度は、他の部分よりも低くてもよい。この場合であっても、第 1 突出部 105a の強度は金属メンバ 200 によって補償されるので、中空構造物 1 の強度を十分に確保できる。

【0069】

本実施形態では、中空金属部材 100 の引張強度は、590MPa 以上 1800MPa 以下であってもよい。この場合、中空構造物 1 の強度を十分に確保できる。

【0070】

本実施形態では、中空金属部材 100 と金属メンバ 200 とは、互いに Al を含む材料から構成され、接触部 105 の少なくとも一部は、開口 201 の表面に対して溶着してもよい。この場合、中空金属部材 100 と金属メンバ 200 とが強固に一体化される。

20

【0071】

本実施形態では、中空構造物 1 の製造方法は、金属パイプ 14 と金属メンバ 200 とが互いに離間した状態にて、金属パイプ 14 を加熱する工程を備えてもよい。この場合、金属パイプ 14 の加熱時に、金属パイプ 14 と金属メンバ 200 との間における電蝕の発生を抑制できる。

【0072】

<変形例>

次に、図 9～15 を参照しながら、上記実施形態の各変形例について説明する。変形例の説明において上記実施形態と重複する記載は省略し、上記実施形態と異なる部分を記載する。

30

【0073】

図 9(a) は、第 1 変形例に係る中空構造物の要部を示す拡大断面図である。各図 9(a) に示されるように、中空構造物 1A は、互いに異なる材料から構成される中空金属部材 100 及び金属メンバ 200、並びに、中空金属部材 100 と金属メンバ 200 との間に位置する絶縁部材 300 を備える。絶縁部材 300 は、高い耐熱性及び絶縁性を示し、金属メンバ 200 の開口 201 に沿って設けられる。絶縁部材 300 の一部 300a は第 1 部材 210 の凹溝 214 に沿って設けられ、絶縁部材 300 の他部 300b は、第 2 部材 220 の凹溝 224 に沿って設けられる。絶縁部材 300 は、例えば開口 201 の表面に貼り付けられる絶縁シート、開口 201 の表面に塗布される絶縁膜等である。

40

【0074】

図 9(b) は、第 1 変形例に係る中空構造物の製造方法に含まれる工程を示す概略断面図である。図 9(b) に示されるように、上記第 1 工程では、金属パイプ 14 と金属メンバ 200 との間に絶縁部材 300 を準備する。続いて、例えば、第 1 部材 210 における凹溝 214 の表面に絶縁部材 300 の一部 300a を設け、第 2 部材 220 における凹溝 224 の表面に絶縁部材 300 の他部 300b を設ける。そして、上記第 2 工程及び上記第 3 工程を実施することによって、絶縁部材 300 を介して中空金属部材 100 と金属メンバ 200 とが一体化される中空構造物 1A が製造される。

【0075】

50

このような第1変形例においても、上記実施形態と同様の作用効果が奏される。加えて、絶縁部材300を用いることによって、例えば金属パイプ14を通電加熱する際等における電蝕の発生を抑制できる。なお、第1変形例においては、上記第1工程にて絶縁部材300は金属メンバ200に設けられているが、これに限られない。例えば、上記第1工程にて、絶縁部材300は、単に金属パイプ14と金属メンバ200との間に配置されてもよい。

【0076】

図10は、第2変形例に係る中空構造物を示す概略斜視図である。図11(a)は、図10のXⅠa-XⅠa線に沿った断面図である。図10に示される中空構造物1Bの金属メンバ200Aは、上記実施形態と異なり、単一部材から構成されており、中空金属部材100が挿通される開口201Aを備える。図11(a)に示されるように、開口201Aの表面には、方向Xに交差する方向（例えば、方向Yもしくは方向Z等）に延在する凹部202Aが設けられる。上記実施形態と同様に、中空金属部材100の接触部105Aは、開口201Aの形状に沿った形状を呈する。このため、接触部105Aは、凹部202Aに嵌合する突出部106を有し、凹部202Aは突出部106に覆われている。

【0077】

図12(a)，(b)は、第2変形例において、金属パイプ及び金属メンバを準備する上記第1工程に用いる搬送治具の一例を示す模式図である。図12(a)，(b)に示される搬送治具400は、方向Xに沿って延在する本体部401と、方向Yに沿って延在する把持部402，403と、絶縁材404とを有する。本体部401は、方向Xに沿った中心軸を軸として回転可能に構成される。把持部402は、金属パイプ14を把持する部分であり、方向Xにおける本体部401の一端に設けられる。把持部403は、金属パイプ14を把持する部分であり、方向Xにおける本体部401の他端に設けられる。絶縁材404は、本体部401と金属メンバ200Aとの接触を防止する部材であり、方向Xにおいて把持部402，403の間に位置している。

【0078】

このような搬送治具400を用いて上記第1工程を実施する場合、まず、金属メンバ200Aの開口201Aに金属パイプ14を挿通する。続いて図12(a)に示されるように、把持部402，403によって、金属パイプ14の両端部を把持する。このとき、本体部401と金属メンバ200Aとによって絶縁材404を挟持する。続いて、搬送治具400を移動させることによって、金属パイプ14及び金属メンバ200Aを成形装置10（図7を参照）へ搬送する。続いて図12(b)に示されるように、搬送された金属パイプ14をパイプ保持機構30の電極17，18によって把持する。そして、把持部402，403から金属パイプ14を分離させた後、本体部401を回転させる。これにより、把持部402，403を金属パイプ14から遠ざける。なお、電極17，18によって把持された金属パイプ14は、通電加熱される。

【0079】

このような第2変形例においても、上記実施形態と同様の作用効果が奏される。図11(b)は、第2変形例の別例を示す断面図である。図11(b)に示されるように、金属メンバ200Bの開口201Bの表面には、方向Xに交差する方向に延在する凸部205が設けられる。このため、接触部105Bは、凸部205に嵌合する膨張部107を有し、凸部205は膨張部107に覆われている。このような別例においても、上記実施形態と同様の作用効果が奏される。

【0080】

図13は、第3変形例に係る中空構造物を示す概略斜視図である。図14(a)は、図13のXⅣa-XⅣa線に沿った断面図である。図14(b)は、第3変形例に係る中空構造物の要部拡大側面図である。図13及び図14(a)に示されるように、中空構造物1Cの中空金属部材100Aにおける中央部103Aは、断面ハット形状を呈する。また、中空構造物1Cの金属メンバ200Cは、方向Zに沿って延在する板形状を呈しており、方向Yに沿って後退する後退部230を有する。後退部230は、金属メンバ200

０Ｃにおいて中央部１０３Ａに接触する表面から方向Ｙに沿って後退する窪みである。また、中央部１０３Ａは、方向Ｙに沿って延在し、後退部２３０に嵌合する突出部１０８を有する。このため、後退部２３０は、突出部１０８に対する被嵌合部に相当する。なお、突出部１０８は、後退部２３０に向かって膨張した部分である。

【００８１】

後退部２３０は、入口部２３０ａ、底部２３０ｂ、及び、方向Ｙにおいて入口部２３０ａと底部２３０ｂとの間に位置する中間部２３０ｃを含む。図１４（ａ）に示されるように、後退部２３０においては、入口部２３０ａから中間部２３０ｃにかけて方向Ｚに沿った径が広がった後、中間部２３０ｃから底部２３０ｂにかけて方向Ｚに沿った径が狭まっている。このため、入口部２３０ａの径Ｄ１１は、中間部２３０ｃの径Ｄ１２よりも小さい。なお、径Ｄ１１は、例えば、径Ｄ１２の１０５％以上１２０％以下である。この場合、突出部１０８が後退部２３０の入口部２３０ａにて確実に掛止される。加えて、中央部１０３Ａの脆弱部分が入口部２３０ａ及びその周辺に形成されることを防止できる。

【００８２】

このような第３変形例においても、上記実施形態と同様の作用効果が奏される。図１５（ａ）は、第３変形例の別例の要部拡大断面図であり、図１５（ｂ）は、第３変形例の別例を示す要部拡大側面図である。図１５（ａ）に示されるように、中空金属部材１００Ｂにおける中央部１０３Ｂは、断面Ｗハット形状を呈する。中央部１０３Ｂは、上記第３変形例と同様に、金属メンバ２００Ｄの開口２０１Ｃに嵌合する突出部１０８Ａを有する。突出部１０８Ａの露出面は、例えば、金属メンバ２００Ｄの表面と面一になっている。方向Ｚに沿った開口２０１Ｃの径は、方向Ｙにおいて中空金属部材１００Ｂから遠ざかるほど大きい。方向Ｚに沿った開口２０１Ｃの最大径は、例えば、方向Ｚに沿った開口２０１Ｃの最小径の１０５％以上１２０％以下である。このような開口２０１Ｃに突出部１０８Ａが嵌合することによって、上記実施形態と同様の作用効果が奏される。

【００８３】

以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態、並びに上記変形例及びその別例に何ら限定されるものではない。

【００８４】

上記実施形態と、上記変形例及びその別例とは、適宜組み合わせてもよい。例えば、上記実施形態に対して上記第２変形例及びその別例を適宜組み合わせてもよい。具体的には、凹溝の表面に、方向Ｙに交差する方向（例えば、方向Ｘもしくは方向Ｚ）に沿って延在する凸部を設けてもよい。この場合、当該凸部が中空金属部材と金属メンバとの分離を防止する楔として機能する。当該凸部は、金属メンバの回転を防止する楔としても機能する。上記実施形態にて上記凸部が設けられる場合、凹部は設けられなくてもよいし、凹部と凸部との両方が設けられてもよい。また、上記実施形態に設けられる凹部の表面に、上記第２変形例にて示される凹部及び凸部の少なくとも一方がさらに設けられてもよい。図１６は、中央部の要部の一例を示す模式断面図である。図１６に示されるように、金属メンバ２００Ｅの第１部材２１０Ａは、凸部２１８を含む凹部２０２Ｂを有し、第２部材２２０Ａは、凸部２２８を含む凹部２０３Ｂを有する。この場合、凸部２１８，２２８によって、金属メンバの回転等を良好に規制できる。

【００８５】

同様に、上記第３変形例及びその別例に対して、上記第２変形例及びその別例を適宜組み合わせてもよい。具体的には、第３変形例及びその別例における後退部の表面に、方向Ｙに交差する方向（例えば、方向Ｘもしくは方向Ｚ等）に沿って延在する凹部及び凸部の少なくとも一方を設けてもよい。この場合、後退部の径は、一定であってもよい。この場合であっても、凹部及び凸部に膨張部が入り込んで掛止されることによって、上記作用効果が奏される。

【００８６】

上記実施形態等において、凹部においては、入口部から中間部にかけて方向Ｚに沿った径が広がった後、中間部から底部にかけて方向Ｚに沿った径が狭まっているが、これに限

られない。例えば、凹部において、入口部から中間部にかけて方向Xに沿った径が広がった後、中間部から底部にかけて方向Xに沿った径が狭まってもよい。また、凹部において、入口部から底部にかけて方向Yに交差する方向であり、且つ、方向X及び方向Zに沿った径が広がってもよい。もしくは、凹部において、入口部から中間部にかけて方向X及び方向Zに沿った径が広がった後、中間部から底部にかけて方向X及び方向Zに沿った径が狭まってもよい。

【0087】

上記実施形態等において凸部が設けられる場合、凸部の径は一定でもよいし、一定でなくてもよい。例えば、凸部が方向Yに沿って延在する場合、方向Yに交差する方向における凸部の径は、先端から根元にかけて狭まってもよい。この場合、凸部に沿った膨張部が、凸部に対して強固に掛止される。

10

【0088】

上記実施形態等において、凹部及び凸部の少なくとも一方は、複数設けられてもよい。この場合、凹部及び／または凸部に沿った形状を呈する突出部もしくは膨張部に加わる力を分散できるので、突出部もしくは膨張部の破損を抑制できる。

【0089】

上記実施形態等において、中空金属部材と金属メンバとは、溶接されてもよい。例えば、中空金属部材と金属メンバとに対して隅肉溶接等が実施されてもよい。これにより、中空金属部材と金属メンバとを強固に一体化できる。

【0090】

20

図17は、中空構造物の一例を示す断面図である。図17に示されるように、中空金属部材100Cは、方向Xにおいて金属メンバ200を挟持するように膨張している。具体的には、中空金属部材100Cは、金属メンバ200における端部101側の表面200aに接する膨張部109aと、金属メンバ200における端部102側の表面200bに接する膨張部109bとを有する。膨張部109a、109bのそれぞれは、方向Xから見て略円環形状を呈している。膨張部109a、109bは、例えば金属メンバ200とキャビティ16、24の凹部16a、24aとの隙間に膨張することによって、形成される。この場合、中空金属部材の軸方向に沿ったずれを良好に抑制できる。

【0091】

上記第2変形例では、開口の周方向に沿った凹部及び凸部の少なくとも一方が設けられてもよい。この場合、開口には、上記凹部及び／または凸部とは他の凹部及び凸部の少なくとも一方が設けられてもよい。この場合、他の凹部及び／または凸部によって、中空金属部材の周方向に沿った金属メンバの回転を確実に規制できる。

30

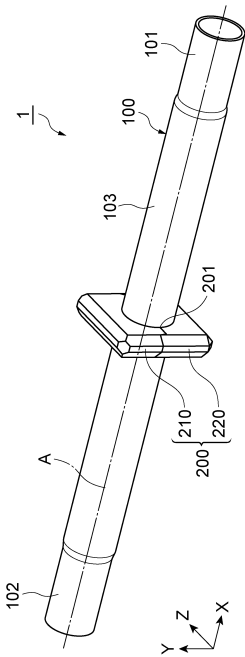
【符号の説明】

【0092】

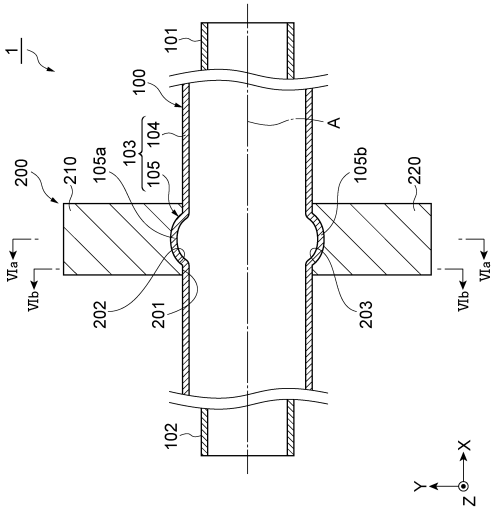
1, 1A~1C…中空構造物、10…成形装置、11…下型（金型）、12…上型（金型）、13…成形金型（成形部）、14…金属パイプ、16, 24…キャビティ、16a, 24a…凹部、30…パイプ保持機構、40…気体供給部、50…加熱機構、60…気体供給ユニット、70…制御部、80…駆動機構、100, 100A~100C…中空金属部材、103, 103A, 103B…中央部（膨張部）、105, 105A, 105B…接触部、105a…第1突出部、105b…第2突出部、106, 108…突出部、107…膨張部、200, 200A~200E…金属メンバ、201, 201A~201C…開口、202, 202A, 203, 203B…凹部、202a, 203a, 230a…入口部、202b, 203b, 230b…底部、202c, 203c, 230c…中間部、210…第1部材、214, 224…凹溝、216, 226…爪部、220…第2部材、230…後退部、300…絶縁部材。

40

【図面】
【図 1】



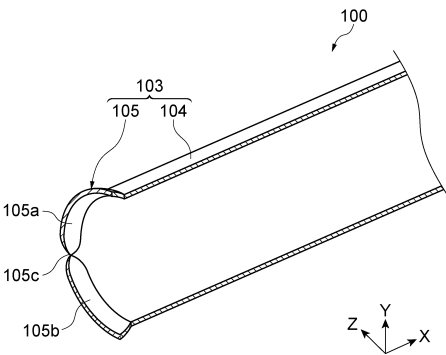
【図 2】



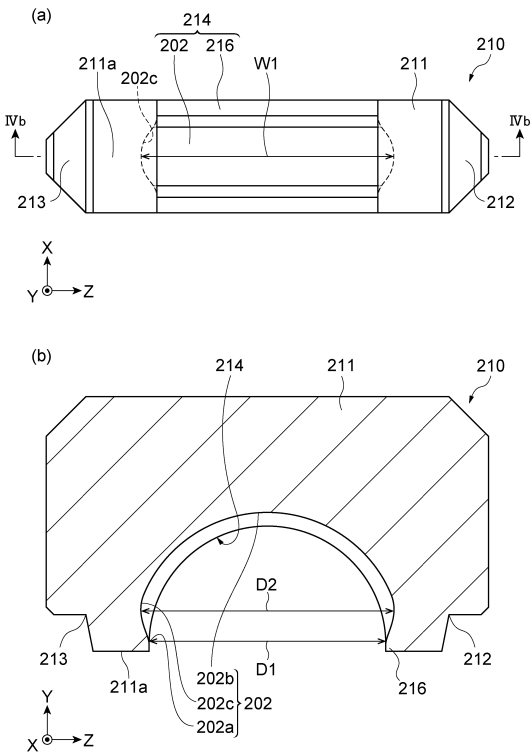
10

20

【図 3】



【図 4】

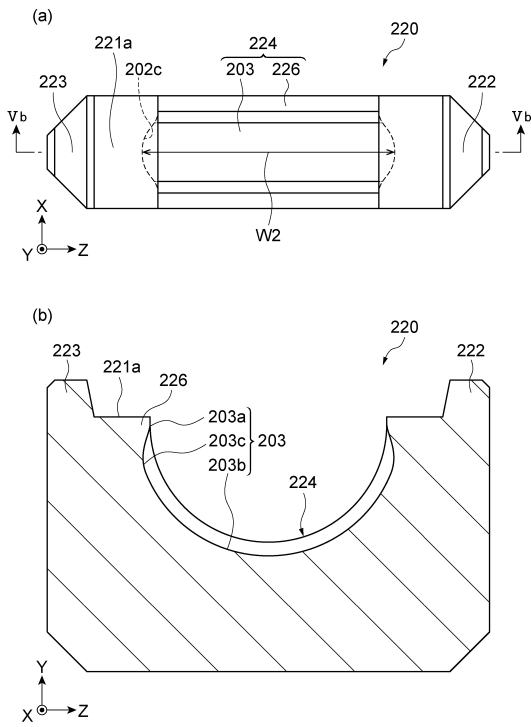


30

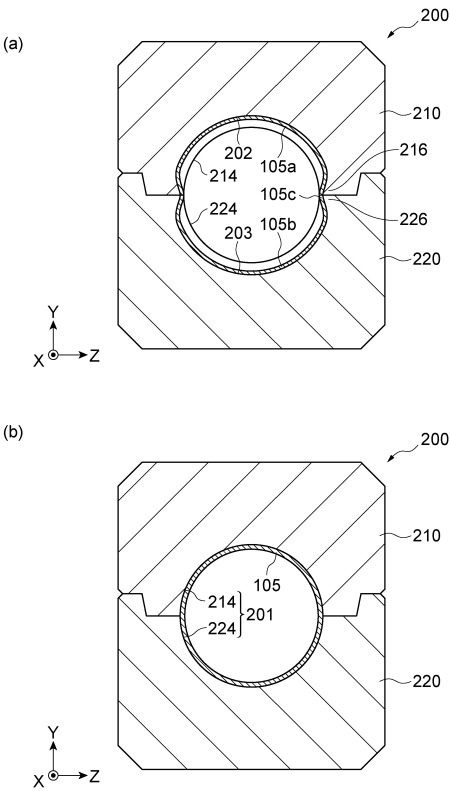
40

50

【図 5】



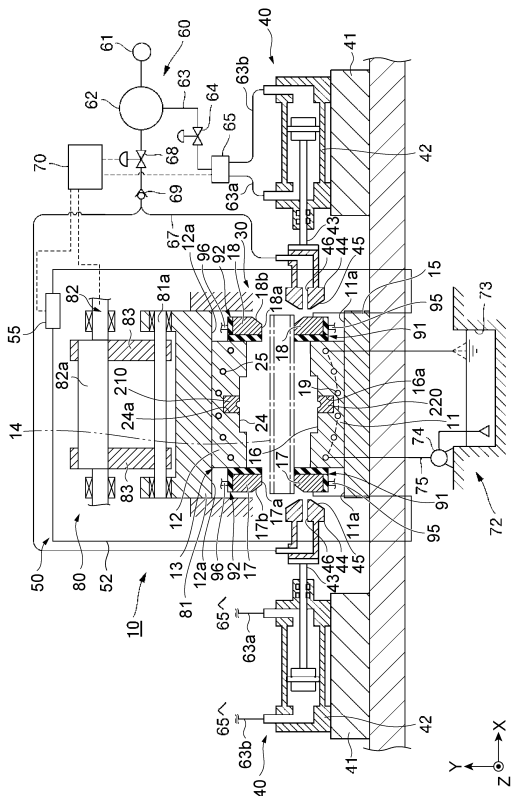
【図 6】



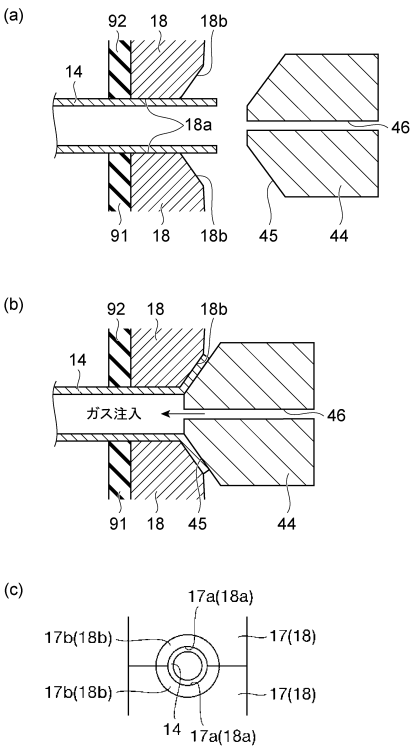
10

20

【図 7】



【図 8】

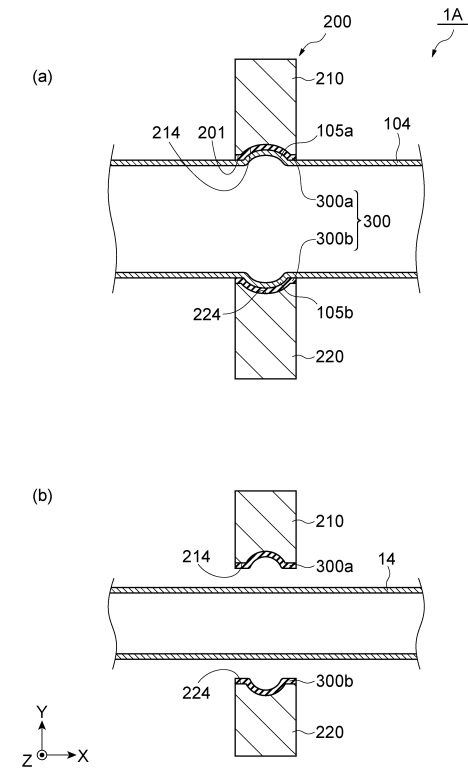


30

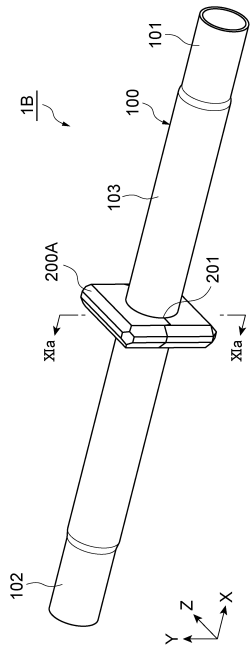
40

50

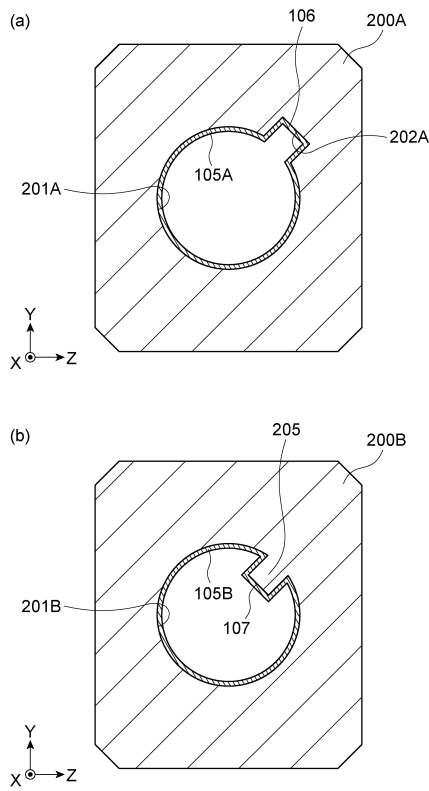
【図 9】



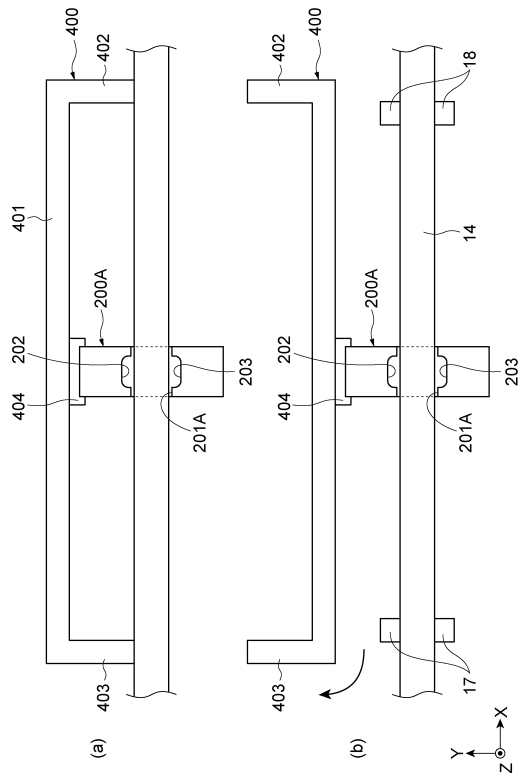
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

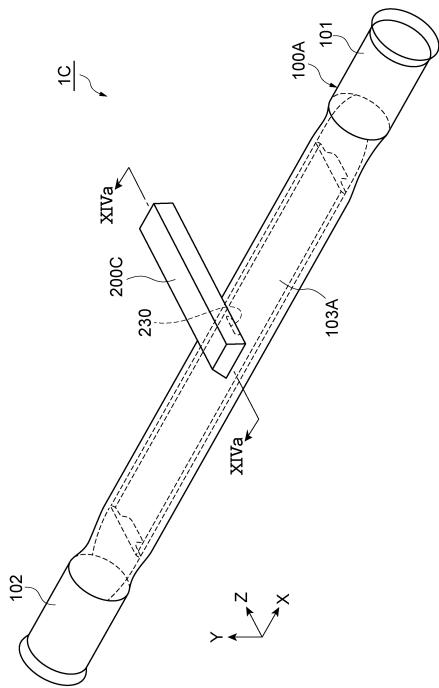
20

30

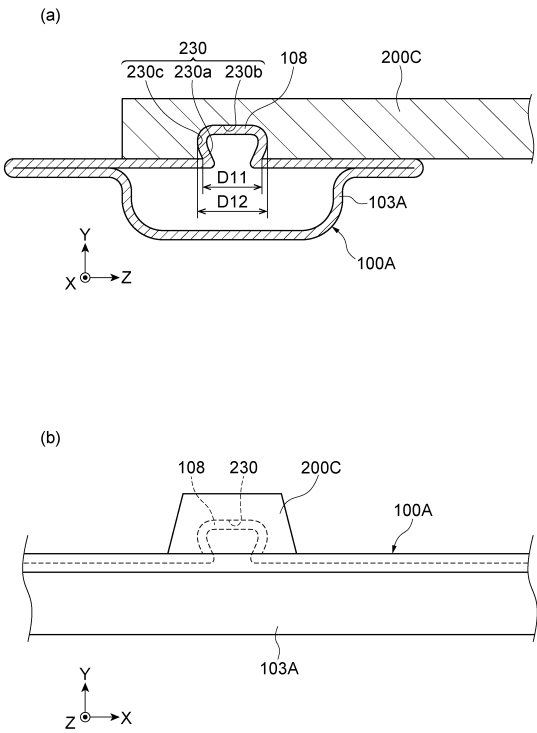
40

50

【図 1 3】



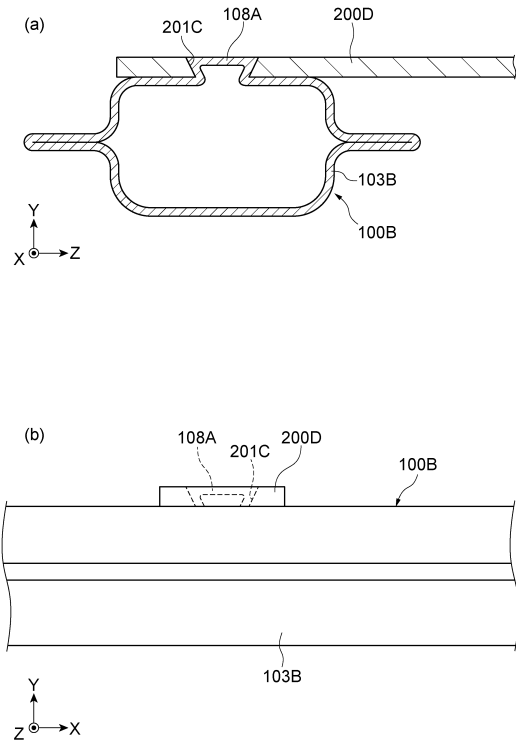
【図 1 4】



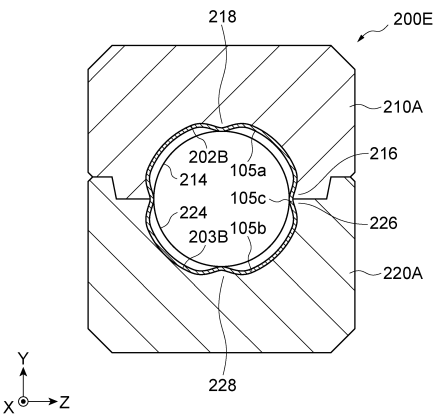
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

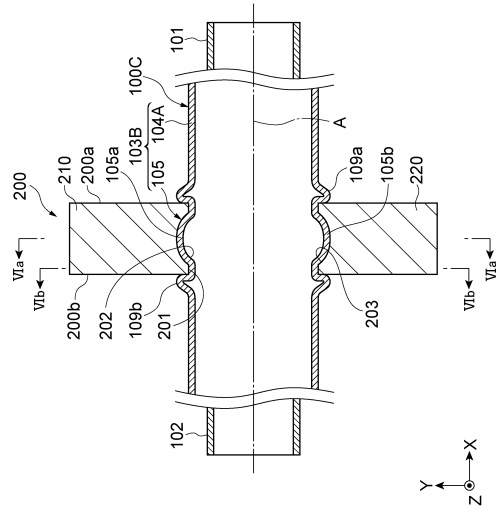


30

40

50

【図 17】



フロントページの続き

愛媛県新居浜市惣開町5番2号 住友重機械工業株式会社愛媛製造所内

(72)発明者 閑 浩之

愛媛県新居浜市惣開町5番2号 住友重機械工業株式会社愛媛製造所内

審査官 山本 裕太

(56)参考文献 実開平07-038796 (JP, U)
特開平08-337182 (JP, A)
特開平05-077026 (JP, A)
特開2001-227619 (JP, A)
特開2003-103327 (JP, A)
特開2003-154415 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B21D 26/035
B21D 39/08
B21D 39/06
B62D 27/02
F16B 4/00