

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年3月8日(08.03.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/042577 A1

(51) 国際特許分類:
F16L 57/00 (2006.01) *F22B 37/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/075567

(22) 国際出願日: 2016年8月31日(31.08.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 中国電力株式会社 (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 Hiroshima (JP).

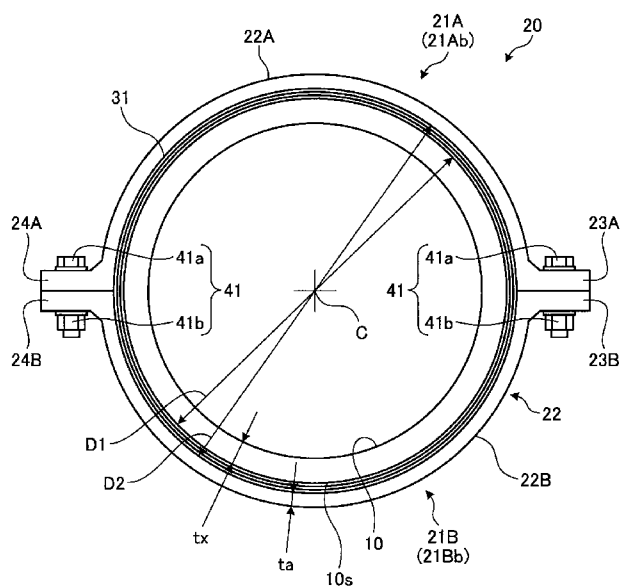
(72) 発明者: 西田 秀高 (NISHIDA, Hidetaka); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号

中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 松村 栄郎(MATSUMURA, Hideo); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 森下 啓司(MORISHITA, Keiji); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 片岡 敏明(KATAOKA, Toshiaki); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(54) Title: PIPE REINFORCING STRUCTURE AND PIPE REINFORCING METHOD

(54) 発明の名称: 配管の補強構造及び配管の補強方法



(57) Abstract: This reinforcing structure for reinforcing a pipe through which high temperature and high pressure steam flows, comprises: a first reinforcing member including a first curved plate part which is curved so as to face the outer circumferential surface of the pipe and including a first flange part which protrudes outward in the radial direction of the pipe from an end, in the circumferential direction, of the first curved plate part; a second reinforcing member including a second curved plate part which is curved so as to face the outer circumferential surface of the pipe and which is disposed



(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

to be adjacent, in the circumferential direction of the pipe, with the first curved plate part, and including a second flange part which protrudes outward in the radial direction of the pipe from an end, in the circumferential direction, of the second curved plate part and which is opposed to the first flange part; a fixation member for fixing the first flange part and the second flange part which are opposed to each other when the first reinforcing member and the second reinforcing member are placed on the outer circumferential surface of the pipe; and a foamed metal layer which is provided between the first reinforcing member and the pipe and between the second reinforcing member and the pipe and which is compressed and deformed in the radial direction of the pipe when the first flange part and the second flange part are fixed to each other.

(57) 要約: 高温高圧の蒸気を流すための配管を補強する補強構造であって、配管の外周面と対向して湾曲する第1湾曲板部と、第1湾曲板部の周方向の端部から配管の径方向の外側に突出する第1フランジ部とを有する第1補強部材と、配管の外周面と対向して湾曲し、第1湾曲板部と配管の周方向に隣り合って配置される第2湾曲板部と、第2湾曲板部の周方向の端部から配管の径方向の外側に突出し、第1フランジ部と対向する第2フランジ部とを有する第2補強部材と、第1補強部材と第2補強部材とが配管の外周面に配置された際に、対向する第1フランジ部と第2フランジ部とを固定するための固定部材と、第1補強部材と配管との間及び第2補強部材と配管との間に設けられ、第1フランジ部と第2フランジ部とが互いに固定される際に、配管の径方向に圧縮変形する発泡金属層と、を有する。

明 細 書

発明の名称：配管の補強構造及び配管の補強方法

技術分野

[0001] 本発明は、配管の補強構造及び配管の補強方法に関する。

背景技術

[0002] 蒸気タービン等の動力として使用される動力用蒸気は、高温高圧のものが用いられる。このような高温高圧の動力用蒸気を流すための配管は、クリープによる劣化が生じる可能性がある。下記特許文献1には、湾曲板部とフランジ部とを有する複数の金属製補強部材を備える補強用具が記載されている。特許文献1の補強用具において、金属製補強部材が配管を囲んで複数配置され、隣り合うフランジ部同士が互いに固定されて配管の強度が補強される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-005862号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 配管は、製造バラツキによる外径の誤差や、形状のバラツキが存在する。また、配管を溶接した溶接部では配管の外周に凹凸が存在する。配管の形状バラツキや凹凸の存在に起因して、配管と補強用具との間に隙間が生じて、配管の補強を行うことが困難となる場合がある。補強用具を取り付ける配管ごとに形状を計測して、それぞれの配管の形状に合わせた補強用具を作製する場合、製造コストが増大する可能性がある。

[0005] 本発明は、上記課題を解決して、配管の形状バラツキや凹凸が存在する場合であっても配管の補強を行うことが可能な配管の補強構造及び配管の補強方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様による配管の補強構造は、高温高压の蒸気を流すための配管を補強する補強構造であって、前記配管の外周面と対向して湾曲する第1湾曲板部と、前記第1湾曲板部の周方向の端部から前記配管の径方向の外側に突出する第1フランジ部とを有する第1補強部材と、前記配管の外周面と対向して湾曲し、前記第1湾曲板部と前記配管の周方向に隣り合って配置される第2湾曲板部と、前記第2湾曲板部の周方向の端部から前記配管の径方向の外側に突出し、前記第1フランジ部と対向する第2フランジ部とを有する第2補強部材と、前記第1補強部材と前記第2補強部材とが前記配管の外周面に配置された際に、対向する前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とを固定するための固定部材と、前記第1補強部材と前記配管との間及び前記第2補強部材と前記配管との間に設けられ、前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とが互いに固定される際に、前記配管の径方向に圧縮変形する発泡金属層と、を有する。

[0007] これによれば、第1補強部材と配管との間、及び第2補強部材と配管との間に発泡金属層が設けられているので、発泡金属層が配管の形状に対応して圧縮変形して、各補強部材と配管との間に隙間が生じることを抑制できる。したがって、配管の形状バラツキや凹凸が存在する場合であっても各補強部材により配管の補強を行うことができる。

[0008] 本発明の望ましい態様として、前記発泡金属層は、前記配管の周方向の全周に設けられる。これによれば、配管の周方向の全周において、配管の補強を行うことができる。

[0009] 本発明の望ましい態様として、前記第1補強部材及び前記第2補強部材は、前記配管の軸方向に沿った方向に延びており、前記発泡金属層は、前記第1補強部材及び前記第2補強部材と重なって、前記配管の軸方向に沿った方向に設けられる。これによれば、配管の軸方向に沿った方向において、各補強部材と配管との間に隙間が生じることを抑制でき、効果的に配管の補強を行うことができる。

[0010] 本発明の望ましい態様として、前記発泡金属層は、前記配管の外周面から

径方向の外側に突出する溶接部を覆って設けられる。これによれば、溶接部の凹凸に対応して発泡金属層が圧縮変形するので、溶接部の近傍に隙間が発生することを抑制できる。

[0011] 本発明の望ましい態様として、前記発泡金属層は、前記配管の外周面に複数重ねて設けられる。これによれば、各補強部材と配管との径方向の間隔の大きさに応じて、発泡金属層を厚く設けることが容易であり、確実に配管の補強を行うことができる。

[0012] 本発明の望ましい態様として、前記発泡金属層は、前記配管の軸方向に沿って、前記配管の外周面にらせん状に巻き付けられる。これによれば、発泡金属層を配管の軸方向に沿った方向に容易に設けることができる。

[0013] 本発明の望ましい態様として、前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とを当接させた際に前記第1湾曲板部と前記第2湾曲板部とで形成される環状部の内径が、前記配管の外径よりも大きい。これによれば、配管の外径が小さい場合であっても、第1湾曲板部及び第2湾曲板部と配管との間に発泡金属層が設けられるので、第1湾曲板部及び第2湾曲板部と配管との間に隙間が生じることを抑制できる。

[0014] 本発明の望ましい態様として、前記第1湾曲板部及び前記第2湾曲板部の、前記配管の軸方向の長さが、それぞれ、前記第1フランジ部及び前記第2フランジ部の、前記配管の軸方向における長さよりも長い。これによれば、第1湾曲板部及び第2湾曲板部が第1フランジ部及び第2フランジ部よりも長く設けられているので、第1フランジ部と第2フランジ部とを固定することで、配管の軸方向において、各フランジ部よりも広い部分について配管の補強を行うことができる。

[0015] 本発明の望ましい態様として、前記第1補強部材及び前記第2補強部材の、前記配管の軸方向における長さは、前記配管の外径の3倍以上である。これによれば、第1補強部材及び第2補強部材を固定したときの、配管の応力集中の発生を抑制することができる。

[0016] 本発明の望ましい態様として、前記第1フランジ部及び前記第2フランジ

部の、前記配管の周方向における厚さは、それぞれ、前記第1湾曲板部及び前記第2湾曲板部との接続箇所において、径方向の外側の部分よりも厚い。これによれば、第1フランジ部及び第2フランジ部のそれぞれの接続箇所における応力集中の発生を抑制することができる。

[0017] 本発明の一態様による配管の補強方法は、高温高圧の蒸気を流すための配管を補強する補強方法であって、前記配管の外周面に発泡金属シートを巻き付ける工程と、前記配管の外周面と対向して湾曲する第1湾曲板部と、前記第1湾曲板部の周方向の端部から前記配管の径方向の外側に突出する第1フランジ部とを有する第1補強部材と、前記配管の外周面と対向して湾曲する第2湾曲板部と、前記第2湾曲板部の周方向の端部から前記配管の径方向の外側に突出する第2フランジ部とを有する第2補強部材と、を用意して、前記第1補強部材と前記第2補強部材とを前記配管の外周面を囲んで配置し、対向する前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とを固定することで、前記発泡金属シートを前記配管の径方向に圧縮変形させる工程と、を含む。

[0018] これによれば、第1補強部材と配管との間、及び第2補強部材と配管との間に発泡金属層が設けられているので、発泡金属層が配管の形状に対応して圧縮変形して、各補強部材と配管との間に隙間が生じることを抑制できる。したがって、配管の形状バラツキや外周面に凹凸が存在する場合であっても、各補強部材により配管の補強を行うことができる。

[0019] 本発明の望ましい態様として、前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とを当接させた際に、前記第1湾曲板部と、前記第2湾曲板部とで形成される環状部の内径が、前記配管の外径よりも大きくなるように、前記第1補強部材と前記第2補強部材とを形成する工程を含む。これによれば、配管の外径が小さい場合であっても、第1湾曲板部及び第2湾曲板部と配管との間に発泡金属層が設けられるので、第1湾曲板部及び第2湾曲板部と配管との間に隙間が生じることを抑制できる。

発明の効果

[0020] 本発明の配管の補強構造及び配管の補強方法によれば、配管の形状バラツ

キや凹凸が存在する場合であっても配管の補強を行うことが可能である。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図 1 は、第 1 の実施形態に係る配管の補強構造を説明するための正面図である。

[図2]図 2 は、図 1 の I-I' 線に沿う断面図である。

[図3]図 3 は、図 2 に示す第 1 フランジ部及び第 2 フランジ部を拡大して示す断面図である。

[図4]図 4 は、図 1 の V-V' 線に沿う断面図である。

[図5]図 5 は、図 4 に示す第 1 湾曲板部及び第 2 湾曲板部を拡大して示す断面図である。

[図6]図 6 は、発泡金属層の一例を模式的に示す斜視図である。

[図7]図 7 は、溶接部が設けられた配管を示す正面図である。

[図8]図 8 は、溶接部における配管の補強構造を説明するための縦断面図である。

[図9]図 9 は、第 1 の実施形態に係る配管の補強方法を説明するための第 1 補強部材及び第 2 補強部材の断面図である。

[図10]図 10 は、配管に発泡金属層を巻き付ける工程を説明するための正面図である。

[図11]図 11 は、配管に発泡金属層を巻き付ける工程の第 1 変形例を説明するための正面図である。

[図12]図 12 は、配管に発泡金属層を巻き付ける工程の第 1 変形例を説明するための断面図である。

[図13]図 13 は、配管に発泡金属層を巻き付ける工程の第 2 変形例を説明するための断面図である。

[図14]図 14 は、第 1 補強部材に発泡金属層を貼り付ける工程を説明するための断面図である。

[図15]図 15 は、第 2 補強部材に発泡金属層を貼り付ける工程を説明するための断面図である。

[図16]図 1 6 は、配管に第 1 補強部材及び第 2 補強部材を取り付ける工程を説明するための模式図である。

[図17]図 1 7 は、第 2 の実施形態に係る配管の補強構造を説明するための正面図である。

[図18]図 1 8 は、第 2 の実施形態に係る配管を示す正面図である。

[図19]図 1 9 は、第 2 の実施形態に係る配管に発泡金属層を巻き付けたときの正面図である。

[図20]図 2 0 は、第 2 の実施形態に係る配管に発泡金属層を巻き付けたとき他の例を示す正面図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明に係る配管の補強構造及び配管の補強方法の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、この実施形態の構成要素には、発明の同一性を維持しつつ置換可能かつ置換自明なものが含まれる。また、この実施形態に記載された方法、装置及び変形例は、当業者自明の範囲内にて任意に組み合わせが可能である。

[0023] (第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態に係る配管の補強構造を説明するための正面図である。図 2 は、図 1 の I-I' 線に沿う断面図である。図 3 は、図 2 に示す第 1 フランジ部及び第 2 フランジ部を拡大して示す断面図である。図 4 は、図 1 の V-V' 線に沿う断面図である。図 5 は、図 4 に示す第 1 湾曲板部及び第 2 湾曲板部を拡大して示す断面図である。

[0024] 図 1 に示すように、本実施形態の配管の補強構造 1 は、補強用具 2 0 と、発泡金属層 3 1 とを含み、配管 1 0 の外周面 1 0 s を囲んだ状態で取り付けられる。配管 1 0 は、円筒状であり、内部空間に動力用蒸気を長期間に亘って流すためのものである。動力用蒸気は、例えば、蒸気温度が 300℃以上、650℃以下程度であり、蒸気圧力が 5 MPa 以上、8 MPa 以下程度である。高温高圧の動力用蒸気が流れることから、配管 1 0 は、クリープによ

る劣化が生じる可能性がある。配管 10 は、熱膨張率が低いフェライト系クロム鋼が用いられる。フェライト系クロム鋼は、例えばクロム (Cr) 含有率が 9 wt % 以上、12 wt % 以下程度のものが用いられる。

[0025] 配管 10 の外径 D_1 (図 2 参照) は、用途によって様々であるが、例えば 100 mm 以上、1000 mm 以下の範囲に定められる。また、配管 10 の厚さ t_x (図 2 参照) は、例えば 40 mm 以上、70 mm 以下の範囲に定められる。なお、配管 10 の外径 D_1 や厚さ t_x は、動力用蒸気の温度、圧力、流量及び流速等の諸条件を加味して定められる。

[0026] 本実施形態における補強対象部分は、配管 10 のほぼ直線状をなす直管部分である。配管 10 の直管部分には、配管 10 の強度を補強するための補強用具 20 が取り付けられている。補強用具 20 は、第 1 補強部材 21 A と第 2 補強部材 21 B とを含む。第 1 補強部材 21 A 及び第 2 補強部材 21 B は、配管 10 の軸方向に沿って所定の長さを有しており、第 1 補強部材 21 A と第 2 補強部材 21 B とで配管 10 の外周面 10 s を囲んで配置される。

[0027] 第 1 補強部材 21 A 及び第 2 補強部材 21 B は、配管 10 の素材 (フェライト系クロム鋼) よりもクリープ強度の大きい素材が用いられる。第 1 補強部材 21 A 及び第 2 補強部材 21 B は、例えば、ステンレス鋼、ニッケル合金、コバルト合金、高クロム鋼が用いられる。第 1 補強部材 21 A 及び第 2 補強部材 21 B は、配管 10 よりもクリープ強度の大きい素材が用いられているので、配管 10 に対する補強強度を高めることができる。

[0028] 図 2 に示すように、第 1 補強部材 21 A は、第 1 湾曲板部 22 A と、第 1 フランジ部 23 A、24 A とを有する。第 1 湾曲板部 22 A は、配管 10 の外周面 10 s と対向して湾曲する板状の部材である。本実施形態では、第 1 湾曲板部 22 A の内周面は、配管 10 の外周面 10 s と実質的に同じ曲率で湾曲する。第 1 フランジ部 23 A は、第 1 湾曲板部 22 A の周方向の一端側に設けられ、配管 10 の径方向の外側に突出する。第 1 フランジ部 24 A は、第 1 湾曲板部 22 A の周方向の他端側に設けられ、配管 10 の径方向の外側に突出する。

- [0029] 第2補強部材21Bは、第2湾曲板部22Bと、第2フランジ部23B、24Bとを有する。第2湾曲板部22Bは、配管10の外周面10sと対向して湾曲する板状の部材である。本実施形態では、第2湾曲板部22Bの内周面は、配管10の外周面10sと実質的に同じ曲率で湾曲する。第2フランジ部23Bは、第2湾曲板部22Bの周方向の一端側に設けられ、配管10の径方向の外側に突出する。第2フランジ部24Bは、第2湾曲板部22Bの周方向の他端側に設けられ、配管10の径方向の外側に突出する。
- [0030] 図1に示すように、第1湾曲板部22A及び第2湾曲板部22Bの、配管10の軸方向における長さが、それぞれ、第1フランジ部23A及び第2フランジ部23Bの長さよりも長くなっている。第1補強部材21Aにおいて、第1フランジ部23Aが設けられていない部分を第1部分21Aa、第3部分21Acとし、第1フランジ部23Aが設けられている部分を第2部分21Abとする。配管10の軸方向において、第1補強部材21Aは、第1部分21Aa、第2部分21Ab、第3部分21Acの順に連続して配置される。同様に、第2補強部材21Bは、配管10の軸方向において、第1部分21Ba、第2部分21Bb、第3部分21Bcの順に連続して配置される。つまり、図2及び図3では、第1補強部材21Aの第2部分21Ab、及び第2補強部材21Bの第2部分21Bbにおける断面図を示す。
- [0031] 図2及び図3に示すように、第2補強部材21Bは、配管10の周方向において第1補強部材21Aと隣り合って配置される。具体的には、第1湾曲板部22Aは、配管10の中心軸Cに対して第2湾曲板部22Bの反対側に配置され、第1湾曲板部22Aと第2湾曲板部22Bとで配管10の外周面10sが囲まれている。第1フランジ部23Aは第2フランジ部23Bと対向して配置され、第1フランジ部24Aは第2フランジ部24Bと対向して配置される。
- [0032] 対向する第1フランジ部23Aと第2フランジ部23Bとは固定部材41によって固定される。また、対向する第1フランジ部24Aと第2フランジ部24Bとは固定部材41によって固定される。固定部材41は、周方向に

隣り合う第1フランジ部23Aと第2フランジ部23Bとを固定し、また、第1フランジ部24Aと第2フランジ部24Bとを固定するための部材であり、ボルト41aとナット41bとを含む。

[0033] 発泡金属層31は、配管10と第1補強部材21Aとの間及び配管10と第2補強部材21Bとの間に設けられる。発泡金属層31は、図2に示すように、配管10の周方向の全周に設けられる。また、図1に示すように、発泡金属層31は、配管10の軸方向に沿った方向に延びて設けられ、第1補強部材21A及び第2補強部材21Bの長さを実質的に同じ長さを有しており、第1補強部材21A及び第2補強部材21Bと重なって配置される。

[0034] 図6は、発泡金属層の一例を模式的に示す斜視図である。発泡金属層31は、シート状の金属層34に多数の気孔35が設けられている。金属層34は、例えば、ステンレス鋼、鉄ベース材、ニッケルベース材などの材料が用いられる。気孔35の配置及び大きさはランダムに形成される。発泡金属層31の気孔率、すなわち、所定の体積の発泡金属層31において気孔35が占める体積の割合は、例えば、10%以上、90%以下である。また、気孔35の平均径は1 μ m以上、1000 μ m以下である。発泡金属層31の1層の厚さは、例えば、1mm以上、100mm以下である。ただし、後述するように、シート状の発泡金属層31を複数層重ねて設けることで、配管10の外周面10sに配置される発泡金属層31の厚さを適宜変更することができる。

[0035] 発泡金属層31は、多数の気孔35を含んでいるため、外部から応力が加えられると気孔35が潰れるようにして容易に圧縮変形可能となっている。本実施形態において、配管10の周囲に第1補強部材21Aと第2補強部材21Bとが互いに固定される際に、発泡金属層31は、配管10の径方向、すなわち、発泡金属層31の厚さ方向に圧縮変形可能となっている。

[0036] 図3に示すように、第1湾曲板部22A及び第2湾曲板部22Bの板厚 t_a は、配管10の厚さ t_x よりも薄くなっている。例えば、配管10が、40mmの厚さ t_x を有する9クロム鋼を用いて作製され、第1補強部材21

A及び第2補強部材21Bがオーステナイト系ステンレス鋼（例えばSUS304）で作製されている場合、第1湾曲板部22A及び第2湾曲板部22Bの板厚 t_a は、5mm以上、15mm以下の範囲に定められる。すなわち、第1湾曲板部22A及び第2湾曲板部22Bの板厚 t_a は、配管10の厚さ t_x の $1/8$ 以上、 $3/8$ 以下程度に設定される。

[0037] 第1フランジ部23A、24Aは、第1湾曲板部22Aと同じ材料が用いられ、第1湾曲板部22Aと一体に設けられる。第2フランジ部23B、24Bは、第2湾曲板部22Bと同じ材料が用いられ、第2湾曲板部22Bと一体に設けられる。なお、図3では、第1フランジ部23A及び第2フランジ部23Bを示しており、第1フランジ部24A及び第2フランジ部24Bは省略して示す。第1フランジ部24A及び第2フランジ部24Bについても、第1フランジ部23A及び第2フランジ部23Bと同様の構成である。

[0038] 図3に示すように、第1フランジ部23A及び第2フランジ部23Bは、配管10の径方向に突出する板状の部材であり、第1フランジ部23A及び第2フランジ部23Bの板厚 t_b は、それぞれ、第1湾曲板部22A及び第2湾曲板部22Bの板厚 t_a よりも厚くなっている。これにより、第1フランジ部23A及び第2フランジ部23Bの強度が高められ、固定部材41により締め付け力が加えられたときに、第1フランジ部23A及び第2フランジ部23Bの変形が抑制される。固定部材41の締め付け力により第1フランジ部23Aと第2フランジ部23Bとが互いに近づく方向に移動すると、第1フランジ部23Aと第2フランジ部23Bとに連動して、第1湾曲板部22Aと第2湾曲板部22Bとは、周方向に互いに近づく方向に移動する。第1フランジ部23A及び第2フランジ部23Bの板厚 t_b は、それぞれ第1湾曲板部22A及び第2湾曲板部22Bの板厚 t_a の2倍の厚さとなっているが、この比率に限定されず、例えば2倍よりも大きく、3倍以下の比率に設定することができる。

[0039] なお、図3に示すように、第1フランジ部23A及び第2フランジ部23Bは、第1湾曲板部22A及び第2湾曲板部22Bとの接続部分に肉厚部2

5 A、25 Bが設けられている。すなわち、第1フランジ部23 A及び第2フランジ部23 Bの、配管10の周方向における厚さは、径方向の内側の第1湾曲板部22 A及び第2湾曲板部22 Bとの接続部分において、径方向の外側の部分よりも厚くなっている。これにより、第1フランジ部23 Aと第1湾曲板部22 Aとの接続部分、及び第2フランジ部23 Bと第2湾曲板部22 Bとの接続部分における応力集中を抑制して、第1フランジ部23 A及び第2フランジ部23 Bの強度を高めることができる。肉厚部25 A、25 Bは、第1フランジ部23 A及び第2フランジ部23 Bとそれぞれ一体に作製してもよく、例えば、接続部分に断面三角形の金属を溶接して設けてもよい。

[0040] 図3に示すように、第1フランジ部23 Aには、板厚方向に貫通する貫通孔23 A aが設けられている。また、第2フランジ部23 Bには、板厚方向に貫通する貫通孔23 B aが設けられている。第1補強部材21 Aと第2補強部材21 Bとを固定する際に、貫通孔23 A aは貫通孔23 B aに対し、ほぼ同心上に配置される。固定部材41のボルト41 aが貫通孔23 A a及び貫通孔23 B aを貫通して、第1フランジ部23 Aと第2フランジ部23 Bとが、ボルト41 aとナット41 bとで固定される。なお、図3には図示しない第1フランジ部24 A及び第2フランジ部24 Bにも同様に貫通孔が設けられており、第1フランジ部24 Aと第2フランジ部24 Bとが固定部材41によって固定される。

[0041] 図1に示す例では、第1フランジ部23 Aと第2フランジ部23 Bとは、8個の固定部材41によって固定される。つまり、貫通孔23 A a、貫通孔23 B aも配管10の軸方向に沿って、それぞれ第1フランジ部23 A及び第2フランジ部23 Bにそれぞれ8か所ずつ設けられている。なお、第1フランジ部23 Aと第2フランジ部23 Bとの固定箇所は、9か所以上でもよく、7か所以下であってもよい。

[0042] ここで、図3に示すように、第1補強部材21 Aの第1湾曲板部22 A及び第2補強部材21 Bの第2湾曲板部22 Bが、配管10を囲んで固定され

た際に、周方向に隣り合う第1フランジ部23Aと第2フランジ部23Bとの間には、所定の隙間SPが設けられる。すなわち、固定部材41で第1フランジ部23Aと第2フランジ部23Bとを近接させて固定することにより、隙間SPの分だけ第1湾曲板部22Aと第2湾曲板部22Bとが周方向に近づく方向に引っ張られる。これにより、第1湾曲板部22Aと第2湾曲板部22Bとで形成される環状部22の内径D2（図2参照）が小さくなり、発泡金属層31が径方向に圧縮変形するとともに、配管10は、径方向の内側に向かって締め付ける応力が加えられる。これにより、配管10の膨張に対抗することができ、配管10の強度が補強される。

[0043] 本実施形態では、配管10の外周面10sを囲んで発泡金属層31が設けられているので、配管10の製造バラツキに起因して配管10の外径D1（図2参照）が、環状部22の内径D2よりも小さい場合であっても、配管10と第1湾曲板部22Aとの間、及び配管10と第2湾曲板部22Bとの間に隙間が生じることを抑制できる。このため、第1フランジ部23Aと第2フランジ部23Bとを周方向に近接させて固定した際に、発泡金属層31を介して、配管10に対して径方向の内側に向かって締め付ける応力が加えられ配管10の強度の補強を行うことができる。したがって、本実施形態の配管の補強構造1によれば、配管10ごとに形状バラツキが存在する場合であっても、配管10ごとの形状に合わせて第1補強部材21A及び第2補強部材21Bを作製する必要がなく、発泡金属層31の厚さを調整することで、容易に配管10の補強を行うことが可能である。

[0044] また、発泡金属層31は、配管10の周方向の全周に設けられているので、配管10の断面形状の微小な変形や偏心等により生じる応力の集中を抑制して、配管10の周方向の全周において補強を行うことができる。

[0045] 図3に示す例では、発泡金属層31は3層積層されているが、これに限定されない。例えば、発泡金属層31は1層又は2層であってもよく、或いは、4層以上積層されていてもよい。配管10ごとに外径D1のバラツキが存在する場合であっても、容易に発泡金属層31の積層数を適宜変更すること

が可能である。発泡金属層 31 の厚さ t_c は、配管 10 の外径 D_1 と環状部 22 の内径 D_2 との差分に基づいて設定することができ、 $t_c > (D_2 - D_1) / 2$ を満たす厚さとすることができる。

[0046] 上述したように、第 1 湾曲板部 22 A 及び第 2 湾曲板部 22 B の、配管 10 の軸方向における長さが、それぞれ、第 1 フランジ部 23 A 及び第 2 フランジ部 23 B の長さよりも長くなっている。図 4 及び図 5 に示すように、第 1 補強部材 21 A の第 3 部分 21 A c 及び第 2 補強部材 21 B の第 3 部分 21 B c において、第 1 フランジ部 23 A 及び第 2 フランジ部 23 B が設けられていない。

[0047] 図 4 に示すように、第 1 湾曲板部 22 A 及び第 2 湾曲板部 22 B は、配管 10 の外周面 10 s を環状に囲んでいる。第 1 フランジ部 23 A 及び第 2 フランジ部 23 B が設けられていない第 3 部分 21 A c 及び第 3 部分 21 B c においても、第 1 湾曲板部 22 A と配管 10 の間、及び第 2 湾曲板部 22 B と配管 10 の間に発泡金属層 31 が設けられている。

[0048] 図 5 に示すように、第 1 湾曲板部 22 A の周方向の端部と、第 2 湾曲板部 22 B の周方向の端部とは、隙間 S P を有して対向している。第 1 湾曲板部 22 A と第 2 湾曲板部 22 B との間隙間 S P は、図 3 に示す第 1 フランジ部 23 A と第 2 フランジ部 23 B との間隙間 S P と同じ大きさとなっている。

[0049] 図 1 に示す第 1 補強部材 21 A の第 3 部分 21 A c 及び第 2 補強部材 21 B の第 3 部分 21 B c においても、固定部材 41 で第 1 フランジ部 23 A と第 2 フランジ部 23 B とを近接させて固定することにより、隙間 S P の分だけ第 1 湾曲板部 22 A と第 2 湾曲板部 22 B とが周方向に近づく方向に移動する。これにより、第 1 湾曲板部 22 A と第 2 湾曲板部 22 B とで形成される環状部 22 の内径 D_2 (図 2 参照) が小さくなり、発泡金属層 31 が径方向に圧縮変形するとともに、配管 10 は、径方向の内側に向かって締め付けられる応力が加えられる。これにより、第 1 フランジ部 23 A 及び第 2 フランジ部 23 B が設けられていない第 3 部分 21 A c 及び第 3 部分 21 B c におい

ても、配管 10 の強度が補強される。

[0050] 図 5 に示すように、第 1 フランジ部 23 A 及び第 2 フランジ部 23 B が設けられていない部分においても発泡金属層 31 は厚さ t_c を有しており、発泡金属層 31 が径方向に圧縮変形する。このため、第 1 フランジ部 23 A 及び第 2 フランジ部 23 B が設けられている部分と、設けられていない部分とで、配管 10 に加えられる応力の差を抑制することができ、配管 10 の軸方向に沿って効率的に配管 10 の強度を高めることができる。

[0051] なお、図 1 に示す第 1 補強部材 21 A の第 1 部分 21 A a 及び第 2 補強部材 21 B の第 1 部分 21 B a においても、固定部材 41 で第 1 フランジ部 23 A と第 2 フランジ部 23 B とを近接させて固定することにより、隙間 S P の分だけ第 1 湾曲板部 22 A と第 2 湾曲板部 22 B とが周方向に近づく方向に引っ張られる。これにより、第 1 フランジ部 23 A 及び第 2 フランジ部 23 B が設けられていない部分においても、配管 10 は、径方向内側に向かって締め付ける応力が加えられ、配管 10 の強度が補強される。

[0052] 以上のように、本実施形態において、第 1 補強部材 21 A 及び第 2 補強部材 21 B は、配管 10 の軸方向に沿った方向に延びており、発泡金属層 31 は、第 1 補強部材 21 A 及び第 2 補強部材 21 B と重なって、配管 10 の軸方向に沿った方向に設けられる。これにより、配管 10 の軸方向に沿った方向において、第 1 補強部材 21 A と配管 10 との間及び第 2 補強部材 21 B と配管 10 との間に隙間が生じることを抑制でき、効果的に配管 10 の補強を行うことができる。

[0053] また第 1 湾曲板部 22 A 及び第 2 湾曲板部 22 B の、配管 10 の軸方向における長さが、それぞれ、第 1 フランジ部 23 A 及び第 2 フランジ部 23 B の、配管 10 の軸方向における長さよりも長くなっている。これにより、第 1 フランジ部 23 A 及び第 2 フランジ部 23 B が設けられていない第 1 補強部材 21 A の第 1 部分 21 A a、第 3 部分 21 A c 及び第 2 補強部材 21 B の第 1 部分 21 B a、第 3 部分 21 B c においても、配管 10 に対して締め付け応力が加えられ、配管 10 の軸方向に沿って効率的に配管 10 の強度を

高めることができる。

[0054] 第1補強部材21A及び第2補強部材21Bの、配管10の軸方向における長さは、適宜変更することができるが、例えば、配管10の外径D1の3倍以上とすることが好ましい。こうすれば、第1補強部材21A及び第2補強部材21Bを固定したときの、配管10に加えられる応力が軸方向に沿って分散され、配管10の応力集中の発生を抑制することができる。

[0055] 図7は、溶接部が設けられた配管を示す正面図である。図8は、溶接部における配管の補強構造を説明するための縦断面図である。図7に示すように、配管10は、所定の長さに形成された複数の配管部材10aを有し、配管部材10aと配管部材10aとは、長手方向における互いの端部が突き合わされた状態で溶接されている。配管部材10aと配管部材10aとの接続部分において、周方向に沿って溶接部11が形成される。図7では2本の配管部材10aについて示しているが、配管10の直管部分は、複数の配管部材10aが溶接により接続されて、数百メートルにも及ぶ長さを有している。

[0056] 図8に示すように、溶接部11は、配管10の外周面10sから径方向の外側に向かって突出する。ここで、配管10の外周面10sから径方向の外側に向かう方向における溶接部11の高さを高さh1とする。なお、本実施形態では、溶接部11が外周面10sから突出する場合を示しているが、溶接部11の近傍で凹部が形成される場合もある。

[0057] 配管10、第1補強部材21A及び第2補強部材21B（図8では省略して示す）は、いずれも剛性を有する材料が用いられるので、仮に、発泡金属層31を介さず、直接、配管10の外周面10sに第1補強部材21A及び第2補強部材21Bを設けた場合、溶接部11の凹凸に起因して隙間が生じる。第1補強部材21A及び第2補強部材21Bの締め付け応力が溶接部11に集中して加えられ、溶接部11の近傍の配管10には、隙間が生じるため、十分な締め付け応力が加えられない場合がある。

[0058] 本実施形態において、発泡金属層31は、上述したように、配管10の周方向の全周に設けられるとともに、配管10の軸方向に沿った方向において

、第1補強部材21A及び第2補強部材21B（図8では省略して示す）と重なって設けられる。つまり、発泡金属層31は、溶接部11を覆って配管10の外周面10sに設けられている。

[0059] 発泡金属層31の厚さ t_c は、少なくとも溶接部11の高さ h_1 よりも厚く設けられている。ここで、発泡金属層31の厚さ t_c は、溶接部11が設けられていない部分の厚さであり、配管10の外周面10sと第1湾曲板部22Aとの間の径方向の間隔である。発泡金属層31は、溶接部11が設けられた部分において、溶接部11が設けられていない部分よりも大きく圧縮変形する。これにより、発泡金属層31が溶接部11及び溶接部11の近傍の外周面10sに接触して、溶接部11の凹凸に起因する配管10の外周面10sと第1湾曲板部22Aとの間の隙間の発生を抑制することができる。

[0060] 第1補強部材21A及び第2補強部材21B（図8では省略して示す）により、配管10の径方向の内側に向かって締め付ける応力が加えられる際に、溶接部11が設けられた部分と、溶接部11の近傍の溶接部11が設けられていない部分とに、発泡金属層31を介して応力が加えられる。このため、溶接部11における応力集中が抑制され、配管10の軸方向に沿った方向において配管10の強度が補強される。

[0061] 図8に示すように、発泡金属層31は、配管10の外周面10sに複数重ねて設けられるので、発泡金属層31の1層の厚さが溶接部11の高さ h_1 よりも薄い場合であっても、溶接部11の高さ h_1 に応じて、発泡金属層31の層数を、適宜変更することが容易である。よって、発泡金属層31の全体の厚さ t_c を溶接部11の高さ h_1 よりも厚くして、確実に配管10の強度を補強することができる。

[0062] （配管の補強方法）

次に、第1の実施形態に係る配管10の補強方法について説明する。図9は、第1の実施形態に係る配管の補強方法を説明するための第1補強部材及び第2補強部材の断面図である。本実施形態では、配管10の設計寸法に基づいて配管10の補強用具20を作製することができる。具体的には、環状

部 2 2 の内径 D_3 が、配管 1 0 の外径 D_1 （図 2 参照）の設計寸法よりも大きくなるように、第 1 補強部材 2 1 A と第 2 補強部材 2 1 B とを作製する。ここで、環状部 2 2 の内径 D_3 は、第 1 フランジ部 2 3 A と第 2 フランジ部 2 3 B とを当接させ、かつ、第 1 フランジ部 2 4 A と第 2 フランジ部 2 4 B とを当接させたときの、第 1 湾曲板部 2 2 A と第 2 湾曲板部 2 2 B とで形成される環状の断面形状の内径を示す。

[0063] 上述したように、本実施形態では、配管 1 0 と第 1 補強部材 2 1 A との間、及び配管 1 0 と第 2 補強部材 2 1 B との間に発泡金属層 3 1 が設けられているので、環状部 2 2 の内径 D_3 を、配管 1 0 の外径 D_1 よりも大きくした場合であっても、第 1 補強部材 2 1 A と配管 1 0 との間の隙間及び第 2 補強部材 2 1 B と配管 1 0 との間の隙間の発生を抑制することができる。また、発泡金属層 3 1 が設けられるので、配管 1 0 の実際の寸法を計測して、配管 1 0 ごとの形状に合わせて第 1 補強部材 2 1 A 及び第 2 補強部材 2 1 B を作製する必要がない。このため、配管 1 0 の設計寸法に基づいて第 1 補強部材 2 1 A 及び第 2 補強部材 2 1 B を作製することができ、補強用具 2 0 の製造コストを低減できる。

[0064] 図 1 0 は、配管に発泡金属層を巻き付ける工程を説明するための正面図である。図 1 0 に示す工程では、配管 1 0 の外周に発泡金属層 3 1 を巻き付ける。この際、配管 1 0 の実際の形状を測定して、測定された配管 1 0 の外径 D_1 （図 2 参照）と、環状部 2 2 の内径 D_3 （図 9 参照）の設計寸法との差を充填できるように発泡金属層 3 1 の厚さ t_d を決定する。なお、配管 1 0 に発泡金属層 3 1 を巻き付けた状態の厚さ t_d は、図 3 等を示す、第 1 補強部材 2 1 A と第 2 補強部材 2 1 B とを固定したときの発泡金属層 3 1 の厚さ t_c よりも厚くなっている。発泡金属層 3 1 を巻き付けた状態の厚さ t_d は、配管 1 0 の外径 D_1 の大きさや、締め付け応力の大きさ、発泡金属層 3 1 の気孔率等に応じて適宜変更可能である。

[0065] 図 1 0 に示す例では、発泡金属層 3 1 として長尺のシート状のものが用いられ、発泡金属層 3 1 は、配管 1 0 の軸方向に沿って、配管 1 0 の外周面 1

0 s にらせん状に巻き付けられる。こうすることで、第1補強部材21A及び第2補強部材21Bと重なる部分の配管10に、軸方向に沿って発泡金属層31を容易に設けることができる。また、らせん状の発泡金属層31を複数層、重ねて配管10に巻き付けてもよい。

[0066] また、図10に示すように、発泡金属層31の、配管10の軸方向の端部同士が重なり合うように巻き付けることが好ましい。発泡金属層31の端部同士が重なり合う重畳部31aは、配管10の軸方向に沿ってらせん状に設けられる。こうすることで、発泡金属層31同士の間に隙間が生じることを抑制して、第1補強部材21A及び第2補強部材21Bと、配管10との間の隙間の発生を抑制することができる。

[0067] 発泡金属層31を巻き付ける方法は特に限定されるものではない。図11は、配管に発泡金属層を巻き付ける工程の第1変形例を説明するための正面図である。図12は、配管に発泡金属層を巻き付ける工程の第1変形例を説明するための断面図である。図13は、配管に発泡金属層を巻き付ける工程の第2変形例を説明するための断面図である。

[0068] 図11に示すように、本変形例では、配管10の軸方向に沿って発泡金属層31が複数配列されている。発泡金属層31は、それぞれ配管10の周方向に巻き付けられる。図11に示す例では、発泡金属層31が、配管10の軸方向に隣り合って6つ配列されているが、発泡金属層31の幅、及び配管10の軸方向に配列される発泡金属層31の数は適宜変更してもよい。また、幅方向の端部同士が互いに重なるように複数の発泡金属層31を配列してもよい。

[0069] 図12に示すように、発泡金属層31は、それぞれ配管10の外周の1周分の長さを有しており、配管10の周方向に1周ごとに巻き付けられる。発泡金属層31は、配管10の径方向において複数層重ねられる。これに限定されず、図13に示すように、長尺の発泡金属層31を用い、連続して複数の発泡金属層31を巻き付けてもよい。

[0070] 図11から図13に示す例では、配管10の軸方向に沿って、各ブロック

ごとに発泡金属層 3 1 の厚さや積層数を変更できるという利点がある。例えば上述した溶接部 1 1 が設けられた箇所において、発泡金属層 3 1 の厚さを薄くして、溶接部 1 1 が設けられていない箇所において、発泡金属層 3 1 の厚さを厚くすることができる。このように、配管 1 0 の実際の寸法に対応して発泡金属層 3 1 の厚さを調整することが容易であり、確実に配管 1 0 における応力の集中を抑制することができる。

[0071] また、図 1 0 から図 1 3 に示す例では、配管 1 0 に発泡金属層 3 1 を巻き付ける例を示したが、これに限定されない。図 1 4 は、第 1 補強部材に発泡金属層を貼り付ける工程を説明するための断面図である。図 1 5 は、第 2 補強部材に発泡金属層を貼り付ける工程を説明するための断面図である。図 1 4 及び図 1 5 に示すように、第 1 補強部材 2 1 A 及び第 2 補強部材 2 1 B にそれぞれ発泡金属層 3 1 A、3 1 B を設けてもよい。

[0072] 図 1 4 に示すように、第 1 補強部材 2 1 A の第 1 湾曲板部 2 2 A に発泡金属層 3 1 A が貼り付けられる。発泡金属層 3 1 A は、第 1 湾曲板部 2 2 A の内周面 2 2 A a に沿って、第 1 フランジ部 2 3 A と重なる位置から、第 1 フランジ部 2 4 A と重なる位置まで貼り付けられる。図 1 4 では、発泡金属層 3 1 A は複数、積層されており、発泡金属層 3 1 A と第 1 湾曲板部 2 2 A との間、及び発泡金属層 3 1 A の各層間は、図示しない接着層を介して貼り合わされる。

[0073] また、図 1 5 に示すように、第 2 補強部材 2 1 B の第 2 湾曲板部 2 2 B に発泡金属層 3 1 B が貼り付けられる。発泡金属層 3 1 B は、第 2 湾曲板部 2 2 B の内周面 2 2 B a に沿って、第 2 フランジ部 2 3 B と重なる位置から、第 2 フランジ部 2 4 B と重なる位置まで貼り付けられる。図 1 5 では、図 1 4 に示す発泡金属層 3 1 A の合計の厚さと同じ厚さになるように、発泡金属層 3 1 B が複数、積層される。発泡金属層 3 1 B と第 2 湾曲板部 2 2 B、及び各層の発泡金属層 3 1 B 同士は、図示しない接着層を介して貼り合わされる。

[0074] 図 1 4 及び図 1 5 に示すように、第 1 補強部材 2 1 A 及び第 2 補強部材 2

1 Bにそれぞれ発泡金属層3 1 A、3 1 Bを貼り付ける方法では、発泡金属層3 1 A、3 1 Bを貼り付ける作業を行う場所が配管1 0の設置場所に限定されないので、配管1 0の周囲に十分なスペースが確保できない場合であっても、容易に発泡金属層3 1 A、3 1 Bを貼り付けることができる。また、発泡金属層3 1 Aと発泡金属層3 1 Bとは、互いに異なる厚さになるように設けてもよい。これにより、配管1 0の断面形状に偏心等の歪みが発生している場合であっても、配管1 0の周方向において良好に補強することができる。

[0075] 図1 6は、配管に第1補強部材及び第2補強部材を取り付ける工程を説明するための模式図である。図1 6に示すように配管1 0を配管支持部1 0 1、1 0 2により支持する。上述のように、配管1 0に発泡金属層3 1を巻き付けた後に、若しくは、第1補強部材2 1 A及び第2補強部材2 1 Bにそれぞれ発泡金属層3 1 A、3 1 Bを貼り付ける。その後に、配管1 0を囲むように第1補強部材2 1 A及び第2補強部材2 1 Bを配置して、補強用具支持部1 0 3、1 0 4により、第1補強部材2 1 Aと第2補強部材2 1 Bとを仮固定する。このとき、第1フランジ部2 3 Aと第2フランジ部2 3 Bとを対向させて、貫通孔2 3 A aと貫通孔2 3 B a（図3参照）とが連続するように第1補強部材2 1 Aと第2補強部材2 1 Bとの位置の微調整を行う。

[0076] そして、固定部材4 1を所定のトルクで締め付けることで、第1補強部材2 1 A及び第2補強部材2 1 Bから、発泡金属層3 1（図1 6では図示しない）を介して、配管1 0に対して径方向に締め付ける応力が加えられる。以上のような補強方法により、配管1 0の強度が補強される。なお、図1 6に示す第1補強部材2 1 A及び第2補強部材2 1 Bを取り付ける方法は、あくまで一例であって、配管支持部1 0 1、1 0 2、補強用具支持部1 0 3、1 0 4等の構成は、適宜変更してもよい。

[0077] （第2の実施形態）

図1 7は、第2の実施形態に係る配管の補強構造を説明するための正面図である。図1 8は、第2の実施形態に係る配管を示す正面図である。図1 7

及び図 1 8 に示すように、本実施形態の配管 1 2 は、湾曲部 1 2 a と、直管部 1 2 b と、直管部 1 2 c とを有する。直管部 1 2 b は、水平方向において直線状に延びる配管である。直管部 1 2 c は、直管部 1 2 b の延出方向に対して直交する方向に直線状に延びる配管である。湾曲部 1 2 a は、略 90°

（L 字状）に湾曲し、直管部 1 2 b と直管部 1 2 c とを接続する。本実施形態の配管の補強構造 1 A における補強対象部分は、配管 1 2 の湾曲部 1 2 a 、いわゆるエルボ一部分である。湾曲部 1 2 a は、略 90°（L 字状）に湾曲する構成に限定されず、例えば、略 45° に湾曲するものであってもよいし、略 180°（U 字状）に湾曲する構成であってもよい。

[0078] 図 1 8 に示すように、配管 1 2 において、湾曲部 1 2 a と直管部 1 2 b との接続部分において、周方向に沿って溶接部 1 1 A が形成される。また、湾曲部 1 2 a と直管部 1 2 c との接続部分において、周方向に沿って溶接部 1 1 B が形成される。さらに、湾曲部 1 2 a の内側湾曲部に沿って溶接部 1 1 C が設けられている。配管 1 2 において、これらの溶接部 1 1 A、1 1 B、1 1 C の近傍に凹凸が設けられる。

[0079] 図 1 7 に示すように、配管 1 2 の湾曲部 1 2 a に、補強用具 2 0 A、2 0 B、2 0 C、2 0 D、2 0 E が取り付けられている。補強用具 2 0 A、2 0 B、2 0 C、2 0 D、2 0 E は、湾曲部 1 2 a の軸方向に沿った方向に並んで配置される。補強用具 2 0 A、2 0 B、2 0 C、2 0 D、2 0 E は、それぞれ、第 1 補強部材 2 1 C と第 2 補強部材 2 1 D とを含む。第 1 補強部材 2 1 C 及び第 2 補強部材 2 1 D は、配管 1 2 の軸方向に沿って所定の長さを有しており、第 1 補強部材 2 1 C と第 2 補強部材 2 1 D とで湾曲部 1 2 a の外周面 1 2 a s を囲んで配置される。

[0080] 補強用具 2 0 A、2 0 B、2 0 C、2 0 D、2 0 E は、湾曲部 1 2 a に配置されることから、湾曲部 1 2 a の外側湾曲部に対応する部分と、湾曲部 1 2 a の内側湾曲部に対応する部分とで長さが異なっている。すなわち、湾曲部 1 2 a の軸方向において、第 2 補強部材 2 1 D の、湾曲部 1 2 a の内側湾曲部に対向する部分の長さ L 1 は、第 1 補強部材 2 1 C の、湾曲部 1 2 a の

外側湾曲部に対向する部分の長さ L_2 よりも短くなっている。

[0081] 第1の実施形態と同様に、第1補強部材21Cは、第1湾曲板部22Cと、第1フランジ部23Cとを有する。第2補強部材21Dは、第2湾曲板部22Dと、第2フランジ部23Dとを有する。なお、図17では図示を省略するが、第1湾曲板部22Cの、第1フランジ部23Cに対し反対側の端部において、第1フランジ部23Cと同様の第1フランジ部が設けられている。また、第2湾曲板部22Dの、第2フランジ部23Dに対し反対側の端部において、第2フランジ部23Dと同様の第2フランジ部が設けられている。

[0082] 本実施形態において、第1補強部材21Cと湾曲部12aとの間及び第2補強部材21Dと湾曲部12aとの間に発泡金属層32が設けられている。第1フランジ部23Cと第2フランジ部23Dとを固定部材41で締め付けて固定することにより、第1湾曲板部22Cと第2湾曲板部22Dとが、周方向に互いに近づく方向に引っ張られる。これにより、第1補強部材21C及び第2補強部材21Dから、湾曲部12aに対し、径方向の内側に向かう締め付け応力が加えられ、湾曲部12aの強度が補強される。

[0083] 本実施形態においても、第1補強部材21C及び第2補強部材21Dから加えられる締め付け応力によって、発泡金属層32は、湾曲部12aの径方向に圧縮変形する。これにより、第1補強部材21Cと湾曲部12aとの間及び第2補強部材21Dと湾曲部12aとの間に隙間が発生することを抑制して、応力の集中を抑制できる。湾曲部12aは、設計寸法に対して、外径形状や湾曲形状の実際の寸法の誤差が生じやすい箇所であるが、発泡金属層32を設けることで、寸法の誤差による隙間の発生を抑制できる。

[0084] 図19は、第2の実施形態に係る配管に発泡金属層を巻き付けたときの正面図である。図20は、第2の実施形態に係る配管に発泡金属層を巻き付けたとき他の例を示す正面図である。本実施形態において、図19に示すように、発泡金属層32として長尺のシート状のものが用いられ、発泡金属層32は、湾曲部12aの軸方向に沿って、湾曲部12aの外周面12asにら

せん状に巻き付けられる。これにより、湾曲部 1 2 a の湾曲した部分であっても容易に発泡金属層 3 2 を巻き付けることができる。発泡金属層 3 2 は、上述したように複数、積層してもよい。

[0085] この際、発泡金属層 3 2 は、溶接部 1 1 A、1 1 B、1 1 C を覆って設けられる。これにより、溶接部 1 1 A、1 1 B、1 1 C の近傍に生じる凹凸に対応して発泡金属層 3 2 が圧縮変形するので、溶接部 1 1 A、1 1 B、1 1 C における応力の集中を抑制して、湾曲部 1 2 a の強度を補強することができる。

[0086] 図 1 9 に示す、発泡金属層 3 2 の巻き付け方法はあくまで一例であって、他の方法であってもよい。例えば、図 2 0 に示すように、湾曲部 1 2 a の軸方向に沿って、発泡金属層 3 2 A、3 2 B、3 2 C、3 2 D、3 2 E が配列されていてもよい。発泡金属層 3 2 A、3 2 B、3 2 C、3 2 D、3 2 E は、補強用具 2 0 A、2 0 B、2 0 C、2 0 D、2 0 E（図 1 7 参照）にそれぞれ重なる位置に設けられる。

[0087] 図 2 0 に示す例では、発泡金属層 3 2 A、3 2 B、3 2 C、3 2 D、3 2 E ごとに、形状や厚さ等を変更することができるので、例えば、溶接部 1 1 A、1 1 B に重なる発泡金属層 3 2 A、3 2 E を、他の部分と異なる厚さにする等、適宜調整を行うことができる。また、図 1 4 及び図 1 5 に示した例と同様に、発泡金属層 3 2 は、第 1 補強部材 2 1 C 及び第 2 補強部材 2 1 D に貼り付けてもよい。

[0088] 以上、本発明の実施形態について説明したが、この実施形態の内容によりこの発明が限定されるものではなく、適宜変更することができる。例えば、第 1 の実施形態に示す第 1 補強部材 2 1 A と第 2 補強部材 2 1 B とは、互いに線対称の正面形状及び断面形状であるが、互いに非対称な形状であってもよい。また、第 1 フランジ部 2 3 A、2 4 A と第 2 フランジ部 2 3 B、2 4 B は、それぞれ 2 つずつ設けられているが、第 1 湾曲板部 2 2 A の一端側に第 1 フランジ部 2 3 A を設け、第 2 湾曲板部 2 2 B の一端側に第 2 フランジ部 2 3 B を設け、第 1 湾曲板部 2 2 A の他端側と第 2 湾曲板部 2 2 B の他端

側とは、例えば、ヒンジ構造により稼働可能に固定されていてもよい。

符号の説明

- [0089] 1、1 A 配管の補強構造
- 1 0、1 2 配管
- 1 0 a 配管部材
- 1 0 s、1 2 a s 外周面
- 1 1、1 1 A、1 1 B、1 1 C 溶接部
- 1 2 a 湾曲部
- 1 2 b、1 2 c 直管部
- 2 0、2 0 A、2 0 B、2 0 C、2 0 D、2 0 E 補強用具
- 2 1 A、2 1 C 第1補強部材
- 2 1 B、2 1 D 第2補強部材
- 2 2 環状部
- 2 2 A、2 2 C 第1湾曲板部
- 2 2 B、2 2 D 第2湾曲板部
- 2 2 A a、2 2 B a 内周面
- 2 3 A、2 3 C、2 4 A 第1フランジ部
- 2 3 B、2 3 D、2 4 B 第2フランジ部
- 2 3 A a、2 3 B a 貫通孔
- 2 5 A、2 5 B 肉厚部
- 3 1、3 1 A、3 1 B、3 2、3 2 A、3 2 B、3 2 C、3 2 D、3 2 E
発泡金属層
- 3 5 気孔
- 4 1 固定部材
- D 1 外径
- D 2、D 3 内径

請求の範囲

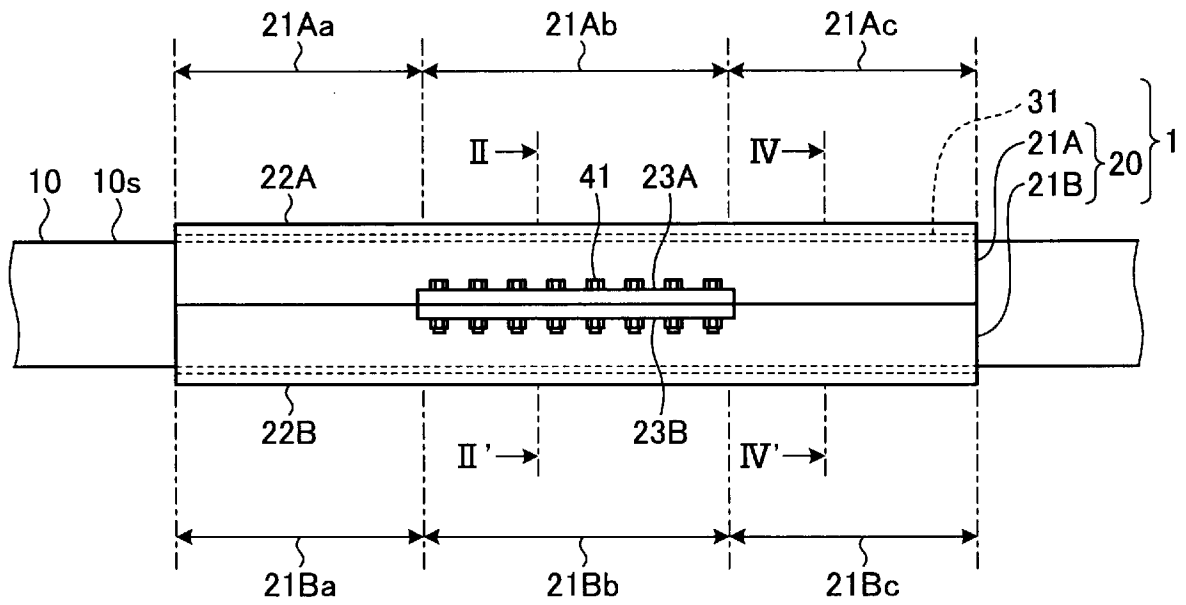
- [請求項1] 高温高圧の蒸気を流すための配管を補強する補強構造であって、
 前記配管の外周面と対向して湾曲する第1湾曲板部と、前記第1湾曲板部の周方向の端部から前記配管の径方向の外側に突出する第1フランジ部とを有する第1補強部材と、
 前記配管の外周面と対向して湾曲し、前記第1湾曲板部と前記配管の周方向に隣り合って配置される第2湾曲板部と、前記第2湾曲板部の周方向の端部から前記配管の径方向の外側に突出し、前記第1フランジ部と対向する第2フランジ部とを有する第2補強部材と、
 前記第1補強部材と前記第2補強部材とが前記配管の外周面に配置された際に、対向する前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とを固定するための固定部材と、
 前記第1補強部材と前記配管との間及び前記第2補強部材と前記配管との間に設けられ、前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とが互いに固定される際に、前記配管の径方向に圧縮変形する発泡金属層と、を有する配管の補強構造。
- [請求項2] 前記発泡金属層は、前記配管の周方向の全周に設けられる請求項1に記載の配管の補強構造。
- [請求項3] 前記第1補強部材及び前記第2補強部材は、前記配管の軸方向に沿った方向に延びており、
 前記発泡金属層は、前記第1補強部材及び前記第2補強部材と重なって、前記配管の軸方向に沿った方向に設けられる請求項1又は請求項2に記載の配管の補強構造。
- [請求項4] 前記発泡金属層は、前記配管の外周面から径方向の外側に突出する溶接部を覆って設けられる請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の配管の補強構造。
- [請求項5] 前記発泡金属層は、前記配管の外周面に複数重ねて設けられる請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の配管の補強構造。

- [請求項6] 前記発泡金属層は、前記配管の軸方向に沿って、前記配管の外周面にらせん状に巻き付けられる請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の配管の補強構造。
- [請求項7] 前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とを当接させた際に前記第1湾曲板部と前記第2湾曲板部とで形成される環状部の内径が、前記配管の外径よりも大きい請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の配管の補強構造。
- [請求項8] 前記第1湾曲板部及び前記第2湾曲板部の、前記配管の軸方向における長さが、それぞれ、前記第1フランジ部及び前記第2フランジ部の、前記配管の軸方向における長さよりも長い請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の配管の補強構造。
- [請求項9] 前記第1補強部材及び前記第2補強部材の、前記配管の軸方向における長さは、前記配管の外径の3倍以上である請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の配管の補強構造。
- [請求項10] 前記第1フランジ部及び前記第2フランジ部の、前記配管の周方向における厚さは、それぞれ、前記第1湾曲板部及び前記第2湾曲板部との接続箇所において、径方向の外側の部分よりも厚い請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の配管の補強構造。
- [請求項11] 高温高压の蒸気を流すための配管を補強する補強方法であって、
前記配管の外周面に発泡金属シートを巻き付ける工程と、
前記配管の外周面と対向して湾曲する第1湾曲板部と、前記第1湾曲板部の周方向の端部から前記配管の径方向の外側に突出する第1フランジ部とを有する第1補強部材と、前記配管の外周面と対向して湾曲する第2湾曲板部と、前記第2湾曲板部の周方向の端部から前記配管の径方向の外側に突出する第2フランジ部とを有する第2補強部材と、を用意して、前記第1補強部材と前記第2補強部材とを前記配管の外周面を囲んで配置し、対向する前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とを固定することで、前記発泡金属シートを前記配管の径方

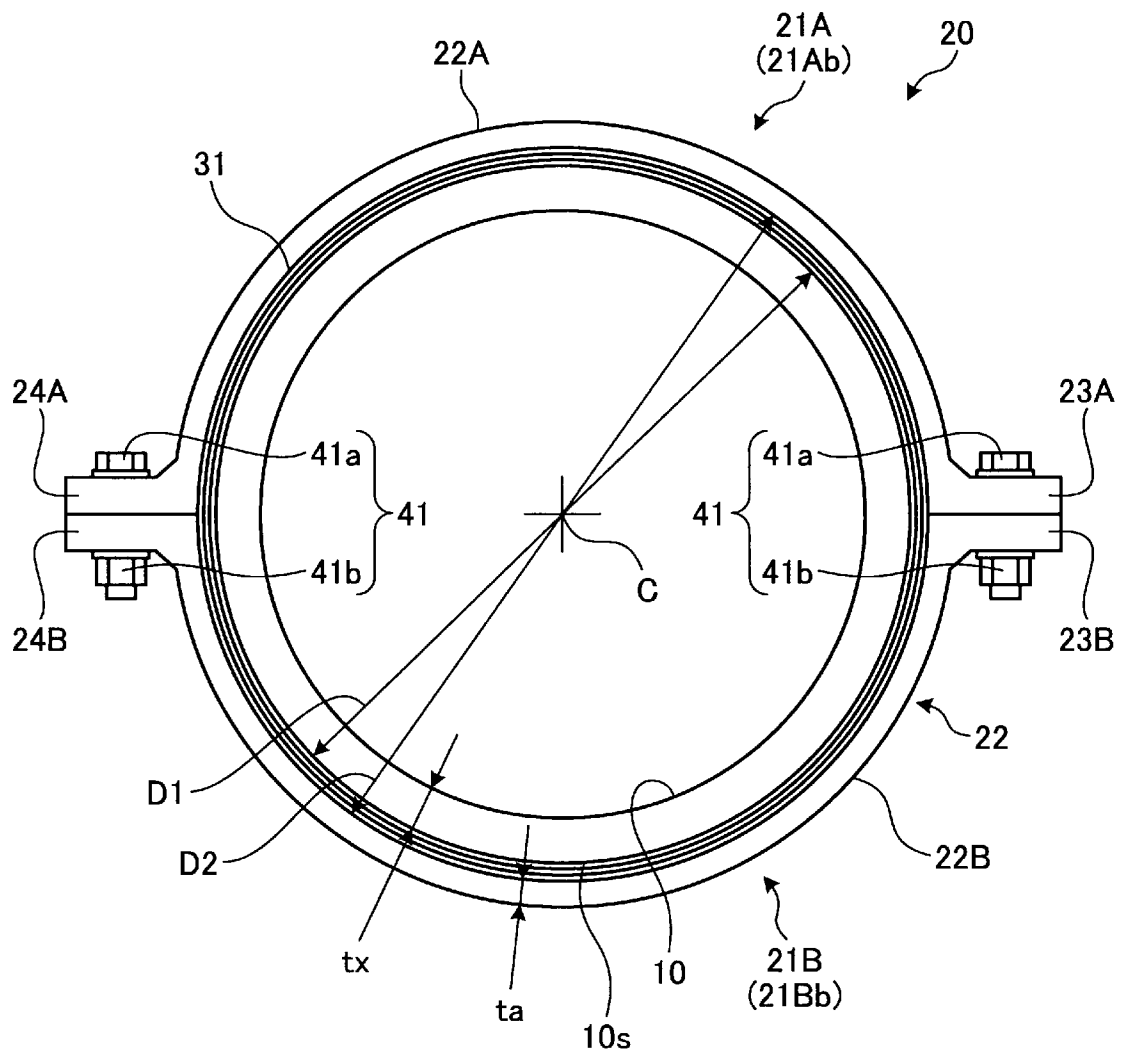
向に圧縮変形させる工程と、を含む配管の補強方法。

[請求項12] 前記第1フランジ部と前記第2フランジ部とを当接させた際に、前記第1湾曲板部と、前記第2湾曲板部とで形成される環状部の内径が、前記配管の外径よりも大きくなるように、前記第1補強部材と前記第2補強部材とを形成する工程を含む請求項11に記載の配管の補強方法。

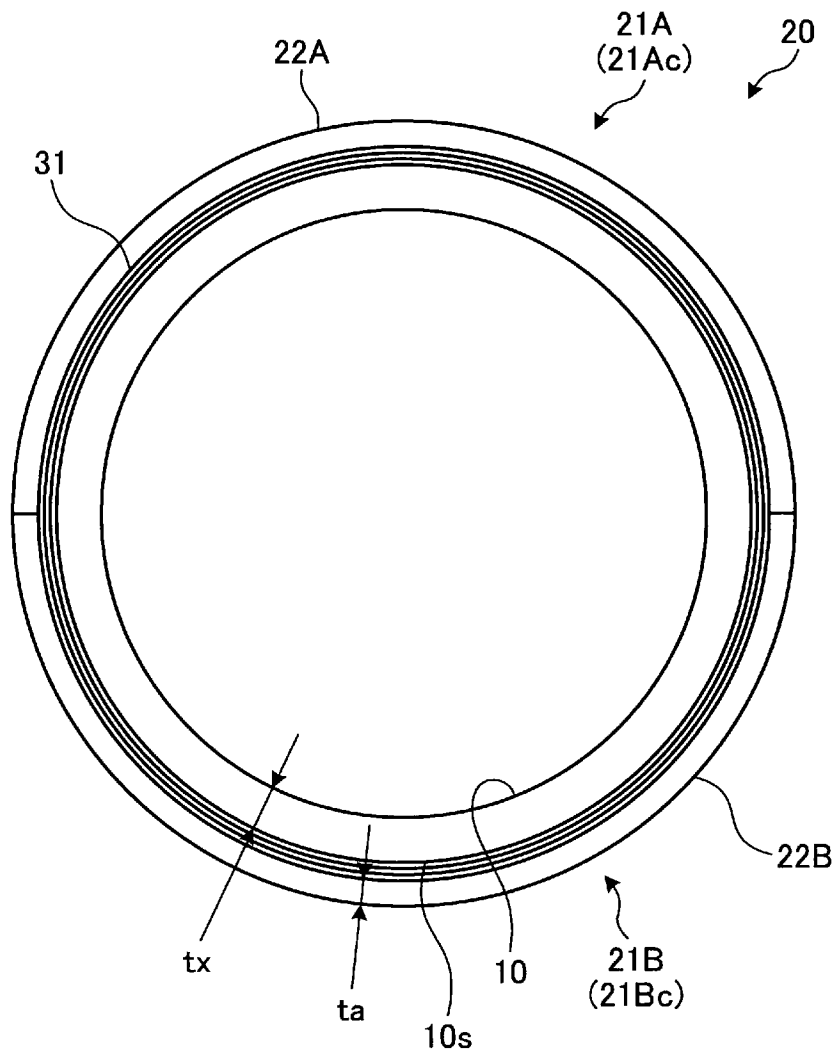
[図1]



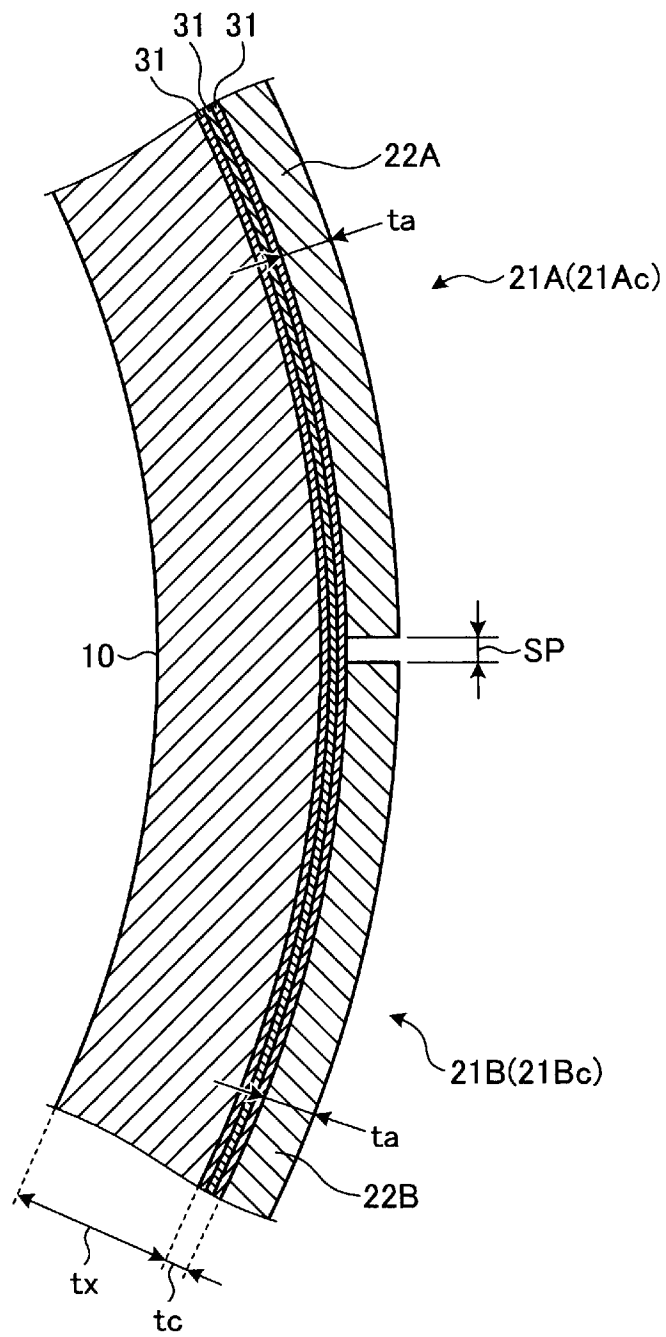
[図2]



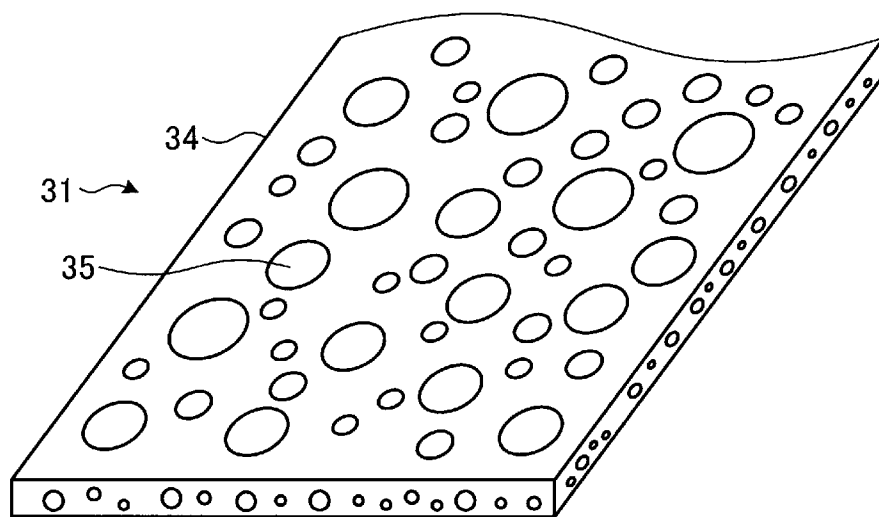
[図4]



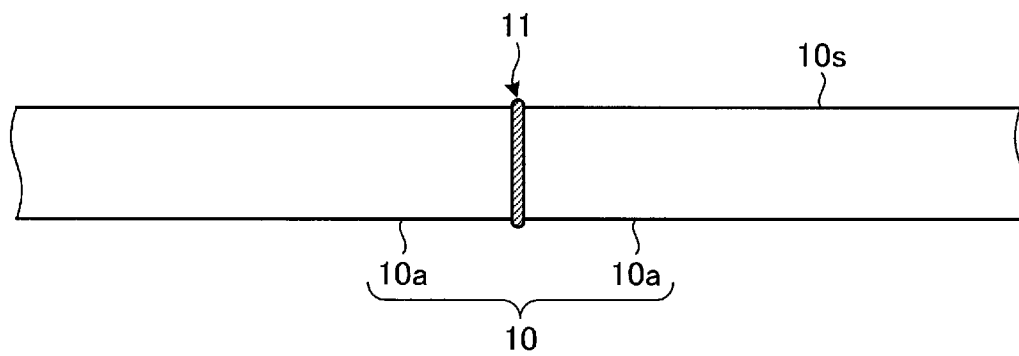
[図5]



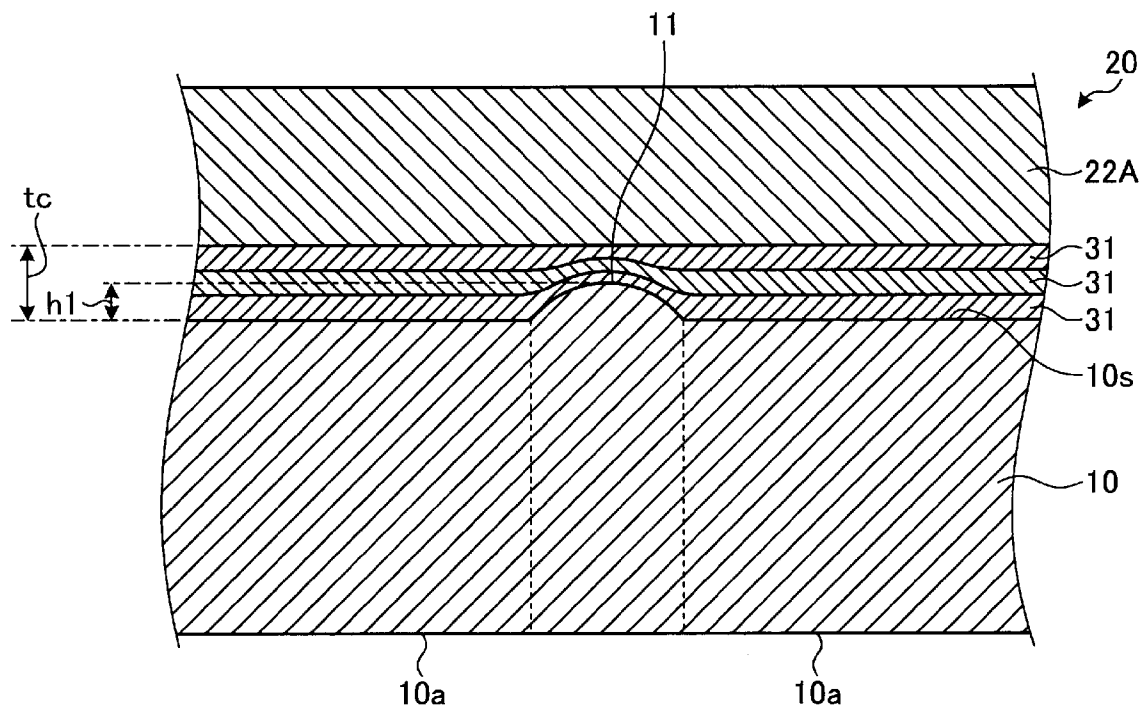
[図6]



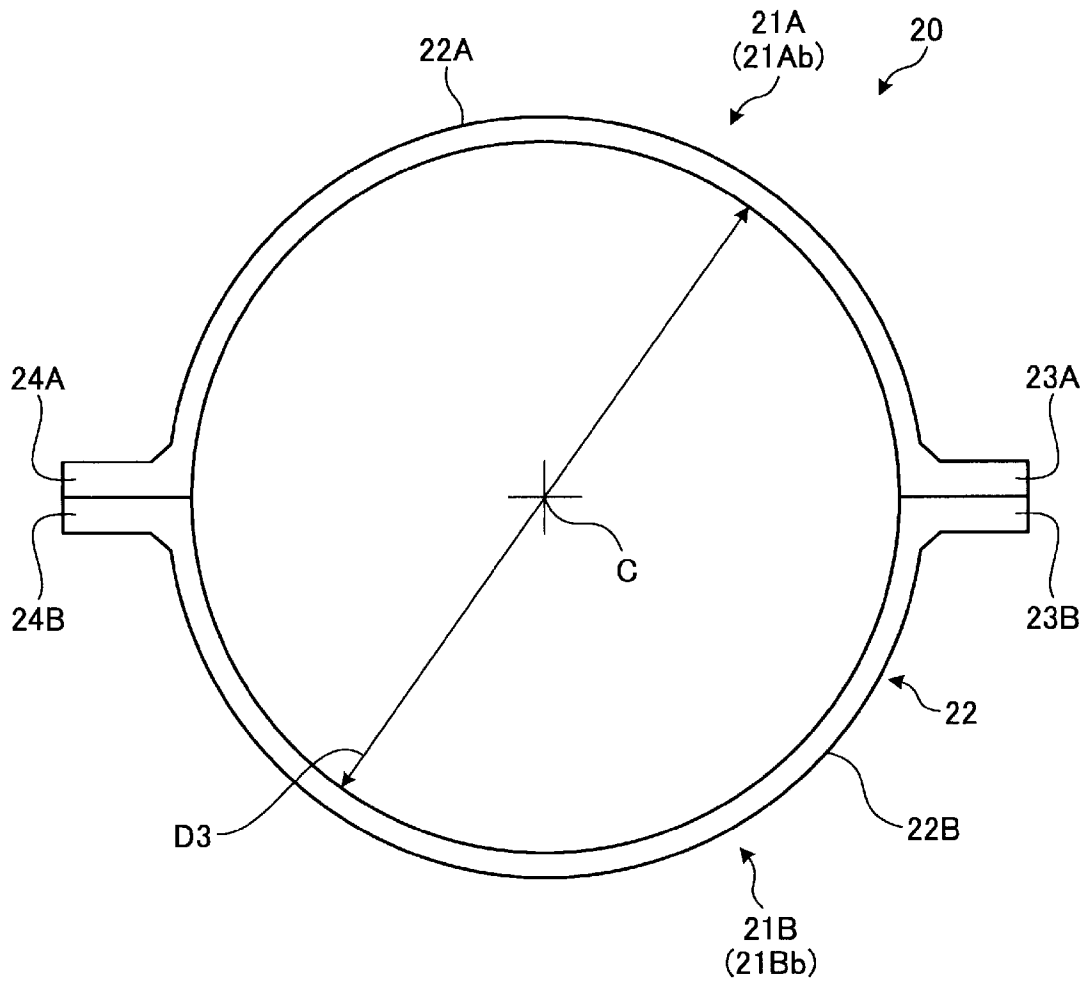
[図7]



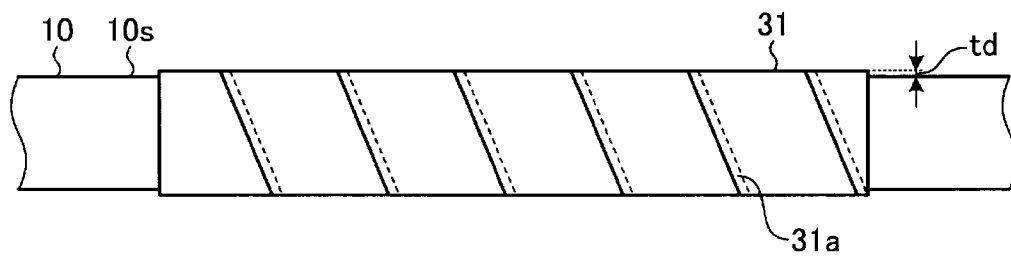
[図8]



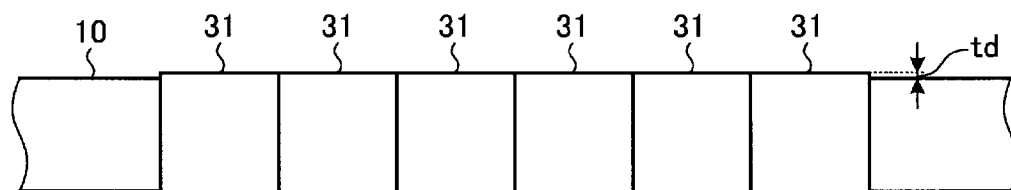
[図9]



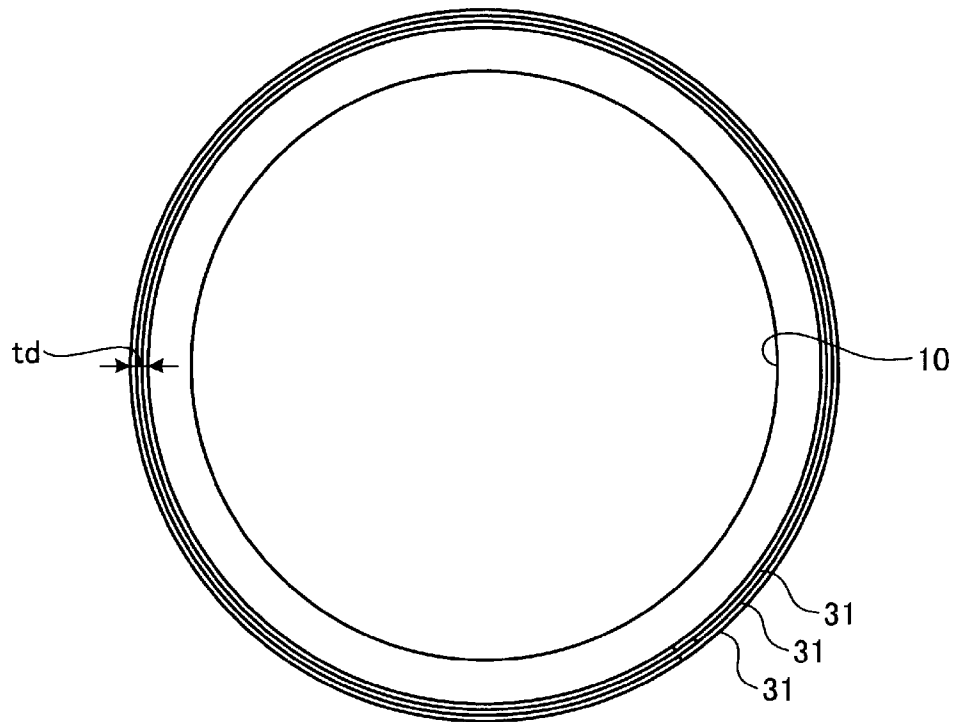
[図10]



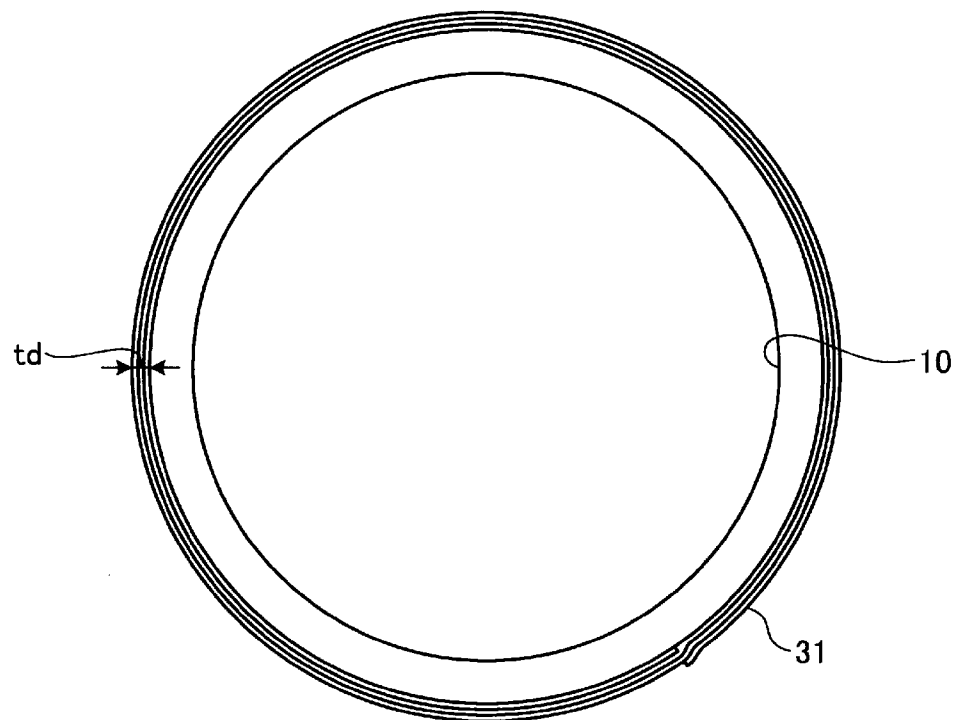
[図11]



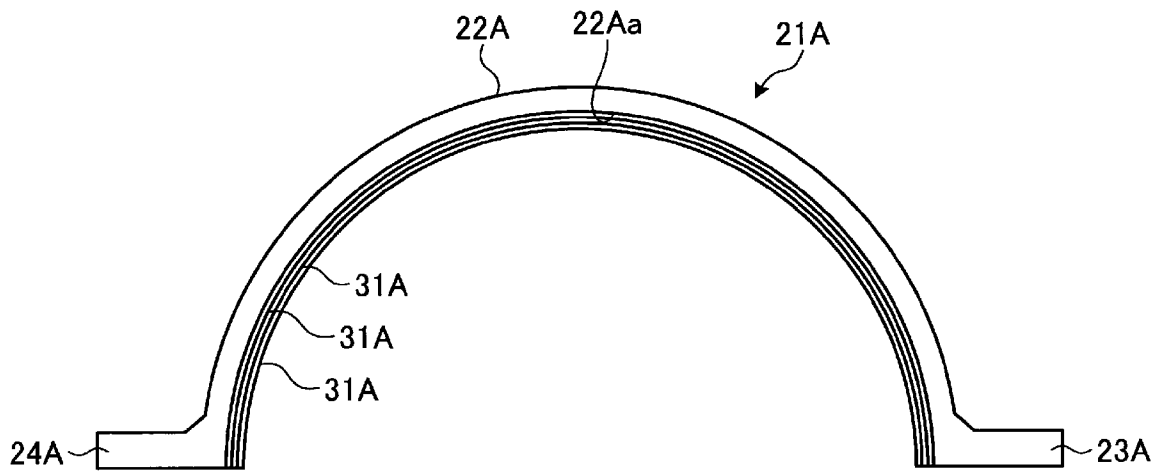
[図12]



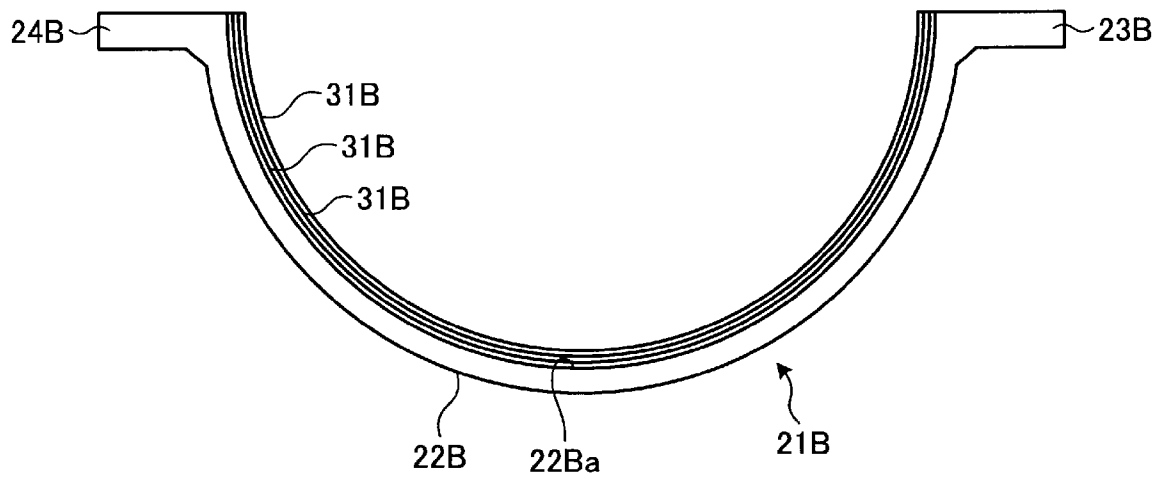
[図13]



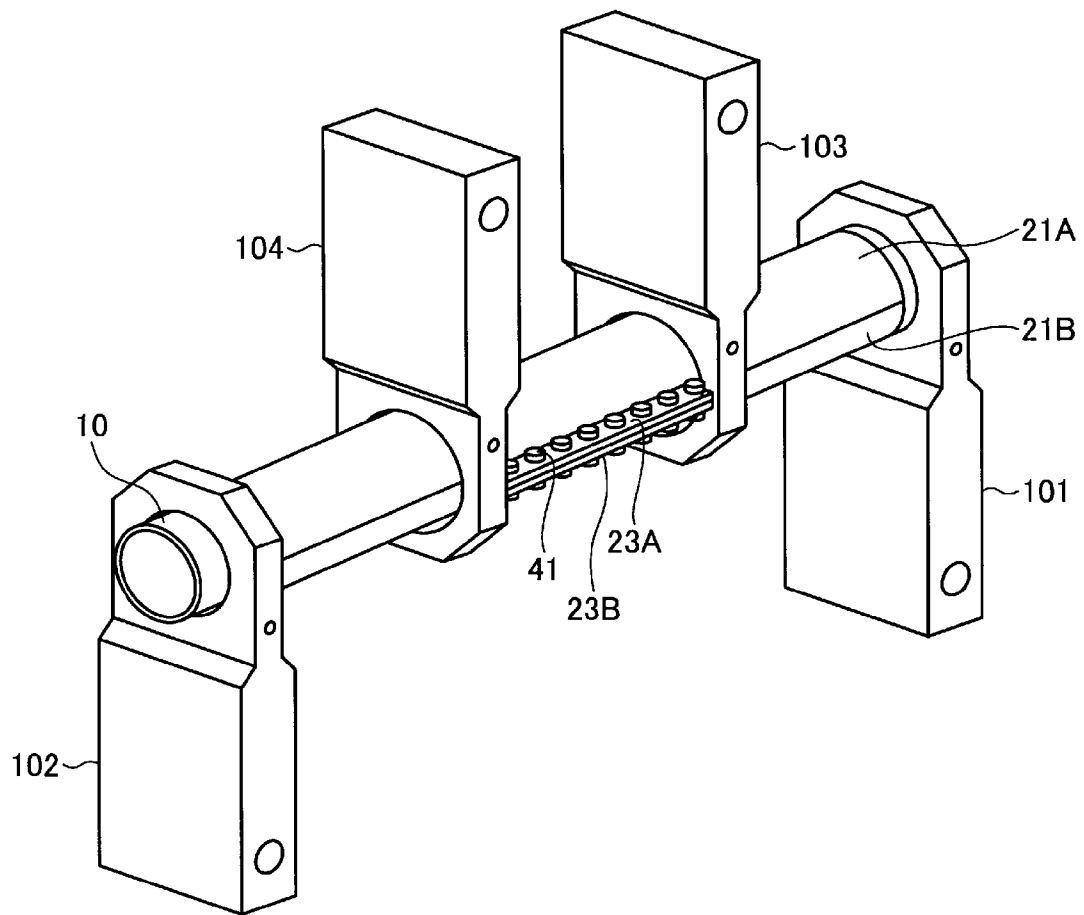
[図14]



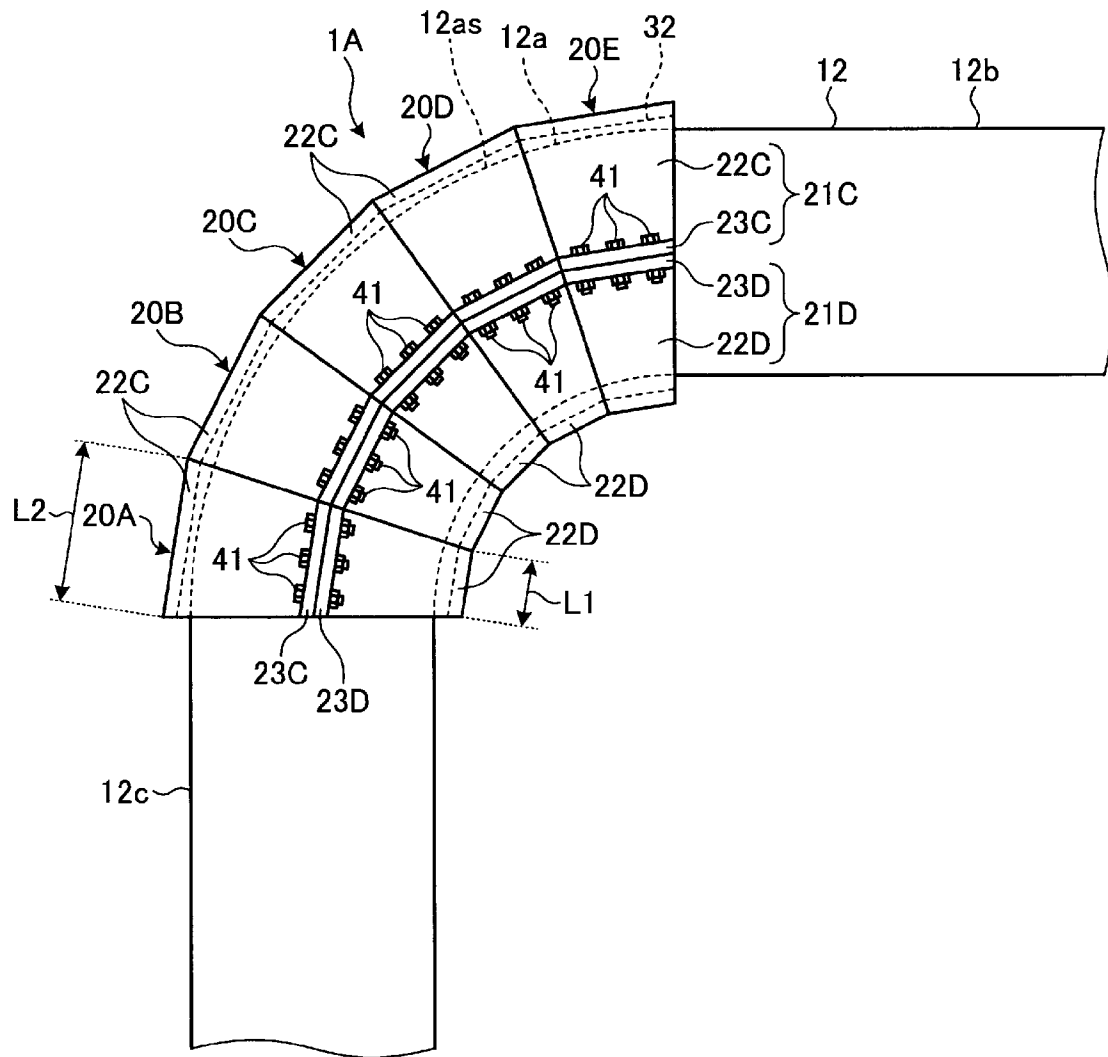
[図15]



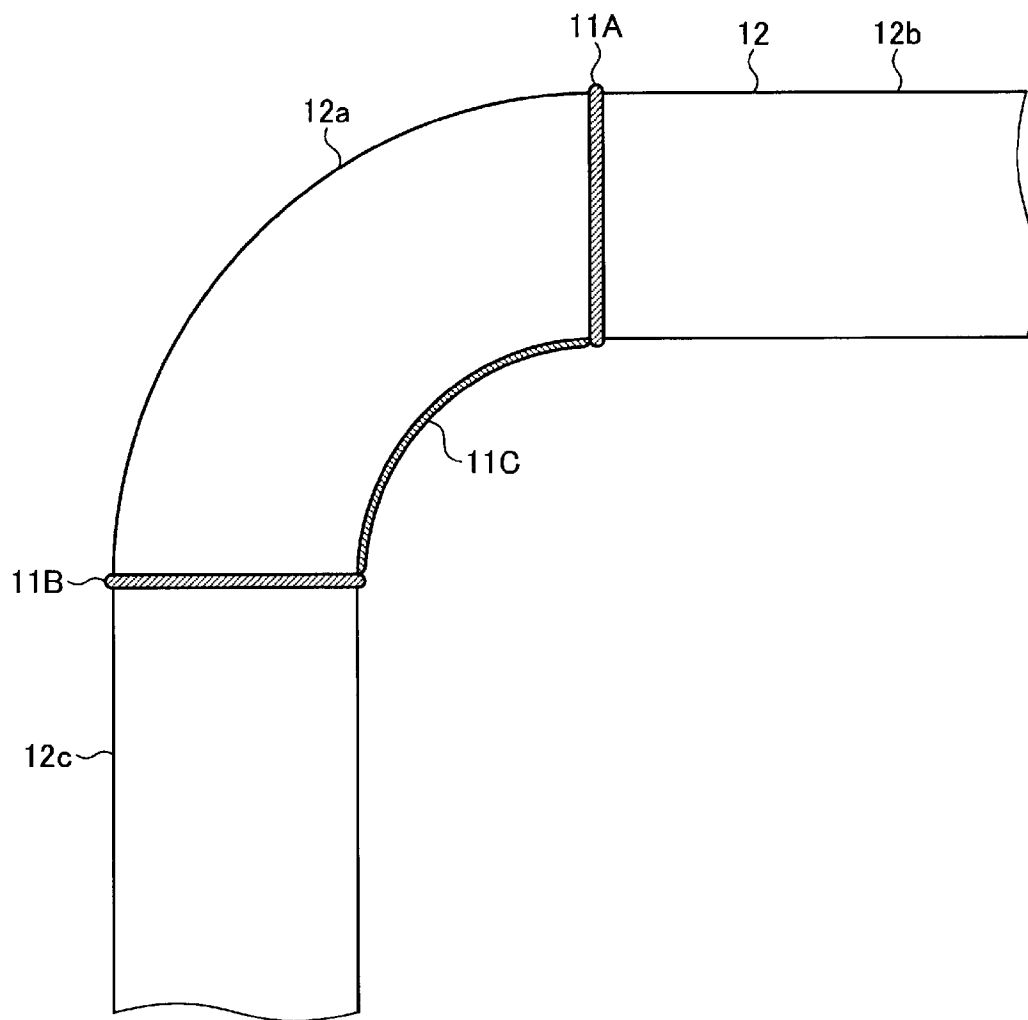
[図16]



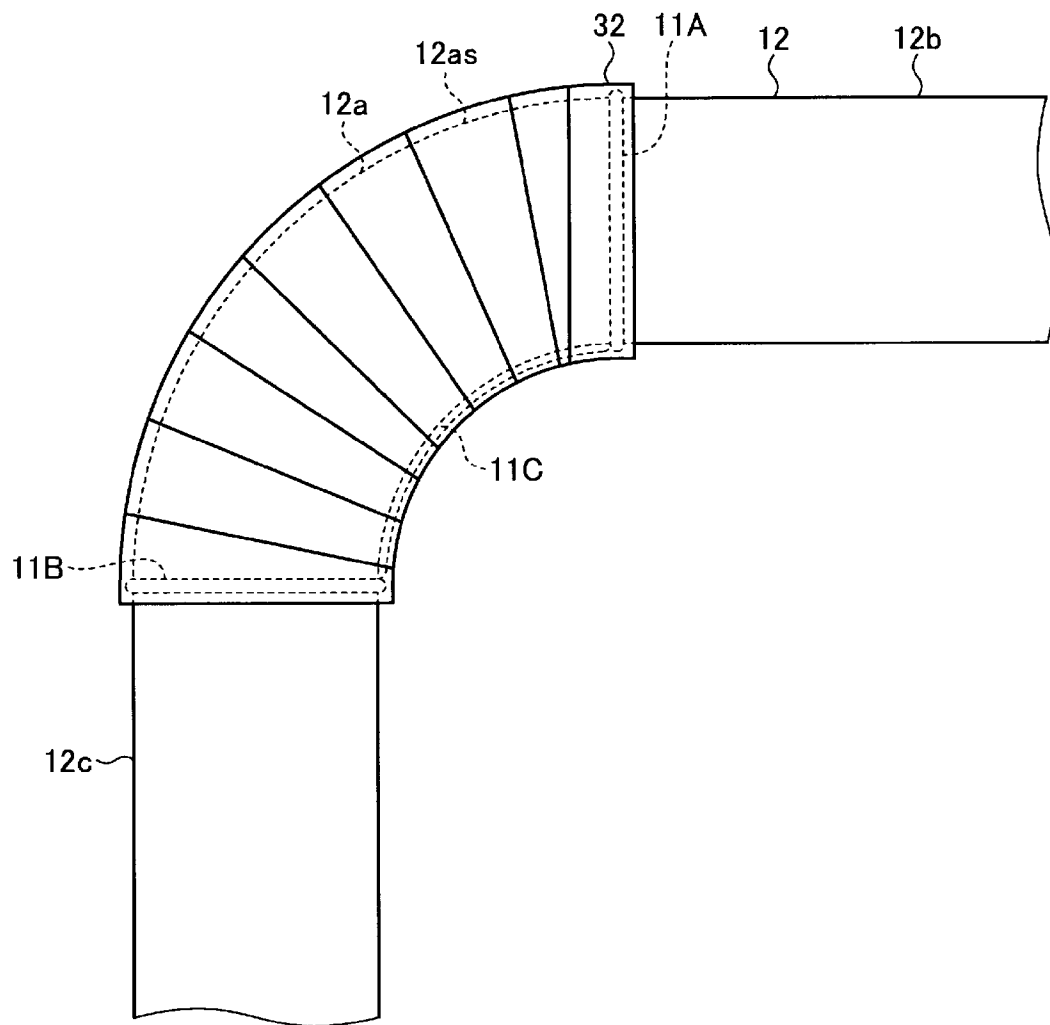
[図17]



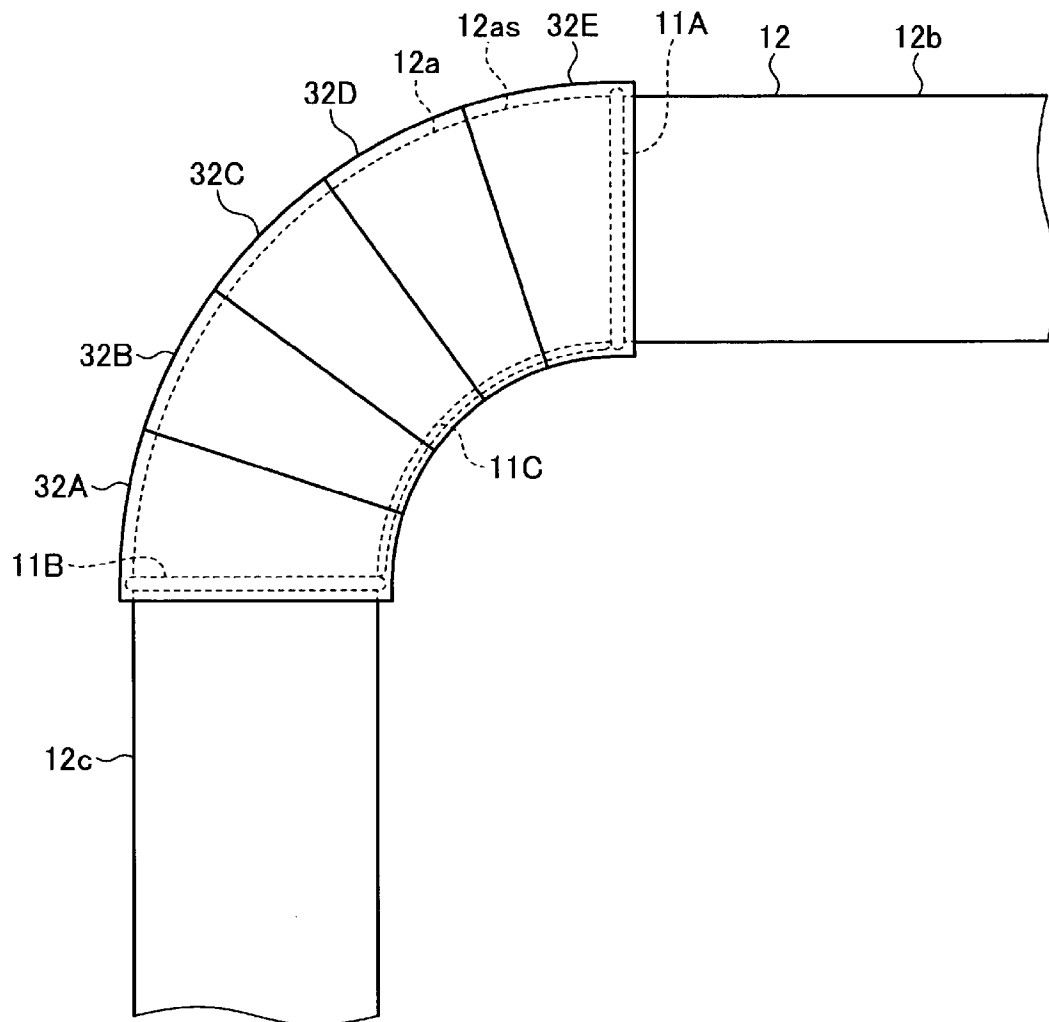
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/075567

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16L57/00(2006.01)i, F22B37/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16L57/00-58/18, F22B37/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-5862 A (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 16 January 2014 (16.01.2014), paragraphs [0017] to [0046]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-12
A	JP 5579943 B1 (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 27 August 2014 (27.08.2014), paragraphs [0020] to [0046]; fig. 1 to 5 & WO 2014/118974 A1	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 September 2016 (23.09.16)

Date of mailing of the international search report
04 October 2016 (04.10.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/075567

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 17404/1972 (Laid-open No. 94216/1973) (Mase Plastics Kabushiki Kaisha), 10 November 1973 (10.11.1973), entire text; fig. 2 (Family: none)	1-12
A	KR 10-2012-0126273 A (Inchon City Gas Co., Ltd.), 21 November 2012 (21.11.2012), paragraphs [0016] to [0018]; fig. 2 to 3 (Family: none)	1-12
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 139637/1974 (Laid-open No. 64917/1976) (Asahi Chemical Industry Co., Ltd.), 21 May 1976 (21.05.1976), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 3-255297 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 14 November 1991 (14.11.1991), entire text; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-12
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 9341/1991 (Laid-open No. 96612/1992) (Fujitsu General Ltd.), 21 August 1992 (21.08.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2014-114882 A (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 26 June 2014 (26.06.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F16L57/00(2006.01)i, F22B37/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F16L57/00-58/18, F22B37/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-5862 A（中国電力株式会社） 2014.01.16, 段落[0017]-[0046], 図 1-10 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 5579943 B1（中国電力株式会社） 2014.08.27, 段落[0020]-[0046], 図 1-5 & WO 2014/118974 A1	1-12

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.09.2016

国際調査報告の発送日

04.10.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

磯部 賢

3 L

9332

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	日本国実用新案登録出願 47-17404 号(日本国実用新案登録出願公開 48-94216 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (間瀬プラスチック株式会社) 1973. 11. 10, 全文, 第 2 図 (ファミリーなし)	1-12
A	KR 10-2012-0126273 A (인천도시가스주식회사) 2012. 11. 21, 段落[0016]-[0018], 図 2-3 (ファミリーなし)	1-12
A	日本国実用新案登録出願 49-139637 号(日本国実用新案登録出願公開 51-64917 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (旭化成工業株式会社) 1976. 05. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 3-255297 A (積水化学工業株式会社) 1991. 11. 14, 全文, 第 1-6 図 (ファミリーなし)	1-12
A	日本国実用新案登録出願 3-9341 号(日本国実用新案登録出願公開 4-96612 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社富士通ゼネラル) 1992. 08. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2014-114882 A (中国電力株式会社) 2014. 06. 26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12