

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, 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))

a jig plate transport mechanism that transports the jig plate from a tube insertion stage ST1 to a tube expansion stage ST2.

(57) 要約: アルミニウム管部材の電磁成形装置は、貫通孔を有する支持部材が基板上に固定された治具プレートと、管部材を支持部材の貫通孔に挿入する管挿入機構を備える。更に電磁成形装置は、電磁成形コイル部を有するコイルユニットと、コイルユニットを支持するコイル移動機構と、電磁成形コイル部に電磁成形用の電流を供給する電流供給部と、治具プレートを管挿入ステージ S T 1 から拡管ステージ S T 2 へ搬送する治具プレート搬送機構を備える。

明 細 書

発明の名称：

アルミニウム管部材の電磁成形装置及び電磁成形方法

技術分野

[0001] 本発明は、アルミニウム管部材の電磁成形装置及び電磁成形方法に関する。

背景技術

[0002] 自動車の構造部品は、コストや溶接等の施工性の観点から鋼部材が多く用いられている。近年の燃費向上の要求から、鋼部材からなる自動車構造部品の一部を軽量化部材で置き換えることが行われており、パネル部材の他、フレーム部材にもそのような軽量化部材を適用することが検討されている。

中でもフレーム部材やレインフォースは、径に比較して全長が長い長尺な管部材で形成されており、外周面にブラケット等が溶接により取り付けられる。しかし、溶接による部材の取り付けは熱歪が生じる可能性が大きいため、拡管によるかしめ加工の取り付けが検討されている。この拡管によるかしめ加工として、液圧や電磁成形により行う技術が知られている（特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2006-264469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の技術では、管部材の全長にわたって圧力を付与して成形するため、拡管が不要な部分には押さえ具等の配置が必要となり、そのためのセッティングが煩雑になる。また、場所により管径が異なる管部材の場合、管径に応じて拡管力が異なるため、精度の良い拡管ができない。

更に、フレーム部材やレインフォース等の部材には、他部材へ取り付ける

ための取付面や、リベットやナット等の締結具を取り付ける締結具取付具、等を設ける場合がある。その場合、電磁成形による拡張かしめ成形に加えて、金型（外型）を用い、平坦部を有する突起の加工、エンボス、ビード加工等を行うことになる。この種の加工では、拡張かしめ成形で用いた押さえ具を一旦取り外した上で、金型の配置を行う必要があり、加工工程が複雑になる問題がある。

[0005] 本発明は、上記の問題を解決するもので、簡単な工程で精度よく電磁成形できるアルミニウム管部材の電磁成形装置及び電磁成形方法の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、下記の構成からなる。

（１）貫通孔を有する少なくとも１つの支持部材が基板上に固定された治具プレートと、

アルミニウム合金製の管部材と前記治具プレートとを軸方向へ相対移動させ、前記管部材を前記支持部材の前記貫通孔に挿入する管挿入機構と、

少なくとも一つの電磁成形コイル部を有するコイルユニットと、

前記コイルユニットを、前記管部材の管内で前記管部材に対して軸方向に相対移動させ、前記電磁成形コイル部を前記管部材の拡張位置に配置するコイル移動機構と、

前記電磁成形コイル部に電磁成形用の電流を供給する電流供給部と、

前記治具プレートを、前記管挿入機構により前記管部材を前記貫通孔に挿入する管挿入ステージから、前記コイル移動機構により前記電磁成形コイル部を前記管部材の拡張位置に配置する拡張ステージへ搬送する治具プレート搬送機構と、

を備えるアルミニウム管部材の電磁成形装置。

このアルミニウム管部材の電磁成形装置によれば、管部材の管内に電磁成形コイル部を挿入する管挿入ステージから、電磁成形コイル部を所望の拡張位置に配置した状態で電磁成形コイル部に通電して拡張させる拡張ステージ

に、管部材を治具プレートに支持させたまま搬送できる。このため、管部材の位置決めが正確に行え、高精度な電磁成形が行える。

[0007] (2) 前記管部材は、互いに同軸に配置される第1管部材と、前記第1管部材の外径よりも大径な内径を有する第2管部材とを有し、

前記第1管部材と前記第2管部材の端部同士が径方向に重なる重ね部を、前記拡管位置に形成する(1)に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。

このアルミニウム管部材の電磁成形装置によれば、同軸に配置された第1管部材と第2管部材の重ね部を電磁成形により拡径して、相互にかしめることができる。

[0008] (3) 前記コイルユニットには、前記電磁成形コイル部が軸方向に沿った複数箇所に配置されている(1)又は(2)に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。

このアルミニウム管部材の電磁成形装置によれば、複数箇所を一度に拡径でき、成形のタクトタイムを短縮できる。

[0009] (4) 前記治具プレートは、前記基板上に軸方向に沿って複数の前記支持部材が固定されている(1)～(3)のいずれか一つに記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。

このアルミニウム管部材の電磁成形装置によれば、基板上に固定された複数の支持部材の貫通孔に管部材が挿入されて支持されるため、管部材を基板面と高い平行度で支持でき、電磁成形後の形状精度を高められる。

[0010] (5) 前記コイルユニットは、前記管部材の一端側から挿入される第1コイルユニットと、他端側から挿入される第2コイルユニットとを備え、

前記コイル移動機構は、前記第1コイルユニットを前記管部材の軸線に沿って移動させる第1コイル移動機構と、前記第2コイルユニットを前記軸線に沿って移動させる第2コイル移動機構とを備える(1)～(4)のいずれか一つに記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。

このアルミニウム管部材の電磁成形装置によれば、第1コイルユニットと

第2コイルユニットとが管部材の軸線方向に沿って移動して、それぞれの電磁成形コイル部を所望の拡管位置に配置させることができる。これにより、コイルユニットの軸長を短くでき、位置決め精度を高めつつ複数箇所の電磁成形を高効率で行える。

[0011] (6) 前記拡管ステージは、前記治具プレートの搬送方向に沿った複数箇所に設けられ、それぞれの前記拡管ステージに前記電磁成形コイル部と前記コイル移動機構とが設けられた(1)～(5)のいずれか一つに記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。

このアルミニウム管部材の電磁成形装置によれば、複数箇所に拡管ステージが設けられることで、一つの拡管ステージで纏めて加工する場合と比較して、工程を煩雑にすることなく、より複雑な形状を簡単に電磁成形することができる。

[0012] (7) 前記治具プレート搬送機構は、前記管部材が前記支持部材の前記貫通孔に挿入されたまま、前記治具プレートを搬送する(1)～(5)のいずれか一つに記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。

このアルミニウム管部材の電磁成形装置によれば、管部材を支持部材から取り外すことなく、支持部材と一体に次のステージに搬送されるため、ステージ毎に軸方向の位置ずれや芯ずれが生じることがない。その結果、複数ステージにわたって電磁成形する場合でも、電磁成形位置にずれが生じず、加工精度を向上できる。

[0013] (8) 貫通孔を有する少なくとも1つの支持部材が基板上に固定された治具プレートと、アルミニウム合金製の管部材と、を相対移動させ、前記支持部材の前記貫通孔に前記管部材を挿入する管挿入工程と、

前記管部材が支持された前記治具プレートを、次のステージに搬送する工程と、

少なくとも一つの電磁成形コイル部を有するコイルユニットと、前記管部材とを、前記管部材の管内で軸方向に相対移動させ、前記電磁成形コイル部を前記管部材の拡管位置に配置するコイル配置工程と、

前記電磁成形コイル部に電磁成形用の電流を供給して、前記管部材を拡管させる拡管工程と、

をこの順に実施するアルミニウム管部材の電磁成形方法。

このアルミニウム管部材の電磁成形方法によれば、管部材の管内に電磁成形コイル部を挿入する管挿入ステージから、電磁成形コイル部を所望の拡管位置に配置した状態で電磁成形コイル部に通電して拡管させる拡管ステージに、管部材を治具プレートに支持させたまま搬送する。このため、管部材の位置決めが正確に行え、簡便に高精度な電磁成形が行える。

[0014] (9) 拡管された前記管部材が支持された前記治具プレートを次の加工ステージに搬送する工程を有する(8)に記載のアルミニウム管部材の電磁成形方法。

このアルミニウム管部材の電磁成形方法によれば、拡管後の管部材を更に加工する際に、管部材の位置決め精度を向上できる。また、拡管後の管部材の取り外しを拡管ステージ以外の場所で行えるため、工程が煩雑とされない。

[0015] (10) 前記コイル配置工程と前記拡管工程とを、前記管部材の複数の前記拡管位置それぞれで順次実施する(8)又は(9)に記載のアルミニウム管部材の電磁成形方法。

このアルミニウム管部材の電磁成形方法によれば、複数箇所の拡管位置でそれぞれ順次に電磁成形するため、同じ電磁成形コイルを繰り返し使用できる。よって、電磁成形コイルの数を必要最小限に留めることができ、設備コストを低減できる。

[0016] (11) 前記管部材の複数の前記拡管位置に前記電磁成形コイル部をそれぞれ配置して、前記管部材の複数の前記拡管位置を一度に拡管させる(10)に記載のアルミニウム管部材の電磁成形方法。

このアルミニウム管部材の電磁成形方法によれば、複数の拡管位置を一度に拡管でき、加工効率の向上と、タクトタイムの短縮を図れる。

[0017] (12) アルミニウム合金製の管部材の管内に、少なくとも一つの電磁成

形コイル部を有するコイルユニットを挿入し、前記電磁成形コイル部を前記管部材の拡管位置に配置させた前記管部材と前記コイルユニットと、

貫通孔を有する少なくとも 1 つの支持部材が基板上に固定された治具プレートとを、

前記電磁成形コイル部と前記拡管位置との位置関係を保持したまま相対移動させて、前記支持部材の前記貫通孔に前記管部材を挿入する工程と、

前記電磁成形コイル部に電磁成形用の電流を供給して、前記管部材を拡管させる拡管工程と、

をこの順に実施するアルミニウム管部材の電磁成形方法。

このアルミニウム管部材の電磁成形方法によれば、管部材の管内にコイルユニットを挿入した状態で、治具プレートにセットできるため、成形工程をより簡素化できる。

発明の効果

[0018] 本発明のアルミニウム管部材の電磁成形装置及び電磁成形方法によれば、長尺の管部材であっても簡単な工程で精度よく電磁成形できる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]電磁成形された成形体を模式的に示す外観斜視図である。

[図2]第 1 構成例の電磁成形装置の概略平面図である。

[図3]治具プレートの斜視図である。

[図4A]治具プレートの支持部材にアルミニウム管部材を挿入する管挿入工程を段階的に示す工程説明図である。

[図4B]治具プレートの支持部材にアルミニウム管部材を挿入する管挿入工程を段階的に示す工程説明図である。

[図5A]治具プレートに支持されたアルミニウム管部材に電磁成形コイル部を挿入してアルミニウム管部材を拡管する工程を段階的に示す工程説明図である。

[図5B]治具プレートに支持されたアルミニウム管部材に電磁成形コイル部を挿入してアルミニウム管部材を拡管する工程を段階的に示す工程説明図であ

る。

[図5C]治具プレートに支持されたアルミニウム管部材に電磁成形コイル部を挿入してアルミニウム管部材を拡張する工程を段階的に示す工程説明図である。

[図6A]アルミニウム管部材の電磁成形前の断面図である。

[図6B]アルミニウム管部材の電磁成形後の断面図である。

[図7A]第2構成例の電磁成形装置において、治具プレートに支持されたアルミニウム管部材に電磁成形コイル部を挿入して拡張する拡張工程を段階的に示す工程説明図である。

[図7B]第2構成例の電磁成形装置において、治具プレートに支持されたアルミニウム管部材に電磁成形コイル部を挿入して拡張する拡張工程を段階的に示す工程説明図である。

[図8A]第3構成例の電磁成形装置による拡張工程を、電磁成形装置の平面図で段階的に示す工程説明図である。

[図8B]第3構成例の電磁成形装置による拡張工程を、電磁成形装置の平面図で段階的に示す工程説明図である。

[図9]第4構成例の電磁形成装置により作製する成形体を模式的に示す外観斜視図である。

[図10]図9に示す管部材が支持された治具プレートの斜視図である。

[図11A]図10に示す金型のXI-XI線断面図で、電磁成形前の金型とアルミニウム管部材の断面図である。

[図11B]図11Aの電磁成形後の金型とアルミニウム管部材の断面図である。

[図12]第4構成例のアルミニウム管部材の電磁成形装置を示す概略平面図である。

[図13A]大径管部材と小径管部材とが金型にセットされた電磁成形前の状態を示す断面図である。

[図13B]図13Aの電磁成形後の状態を示す断面図である。

[図14A]治具プレート搬送機構による治具プレートの搬送形態を模式的に示す

説明図である。

[図14B]治具プレート搬送機構による治具プレートの搬送形態を模式的に示す説明図である。

[図14C]治具プレート搬送機構による治具プレートの搬送形態を模式的に示す説明図である。

[図14D]治具プレート搬送機構による治具プレートの搬送形態を模式的に示す説明図である。

[図14E]治具プレート搬送機構による治具プレートの搬送形態を模式的に示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

<成形体の構成>

図1は電磁成形された成形体を模式的に示す外観斜視図である。

成形体11は、アルミニウム管部材13と、アルミニウム管部材13の外周に設けられたブラケット15、17と、アルミニウム管部材13の両端に設けられたブラケット19A、19Bとを有する。ブラケット15、17、19A、19Bは、それぞれ貫通孔59が形成され、各貫通孔59にアルミニウム管部材13が挿通された状態で固定されている。

[0021] アルミニウム管部材13は、円管に限らず、断面が正方形又は長方形の四角管、断面が六角形の六角管、断面が八角形の八角管であってもよく、押出成形や板材の溶接により製造できる。アルミニウム管部材13の材質は、アルミニウム合金（JIS6000系、7000系等）が好適な材料として挙げられる。

[0022] ブラケット15、17、19A、19B（以下、これらを纏めてブラケットとも呼称する）は、アルミニウム管部材13と一体に構成される剛性部材である。ブラケットの材質としては、鋼、アルミ押出材、アルミ鋳物、樹脂射出成形材等が好適な材料として挙げられる。

[0023] <電磁成形装置の第1構成例>

次に、アルミニウム管部材 13 の外周にブラケットがかしめられた成形体 11 を電磁成形により作製する電磁成形装置 100 の構造を説明する。

[0024] 図 2 は第 1 構成例の電磁成形装置 100 の概略平面図である。

電磁成形装置 100 は、複数の治具プレート 31 と、治具プレート搬送機構 33 と、管挿入機構 35 と、第 1 コイルユニット 30A 及び第 2 コイルユニット 30B と、第 1 コイル移動機構 37A 及び第 2 コイル移動機構 37B と、電流供給部 39A, 39B とを備える。以下、各部の詳細について順次に説明する。

[0025] また、この電磁成形装置 100 は、管挿入ステージ ST1 と、拡管ステージ ST2 とを有する。各ステージを概略的に説明すると、管挿入ステージ ST1 では、管挿入機構 35 により、アルミニウム管部材 13 を治具プレート 31 に移載する。治具プレート搬送機構 33 は、管挿入後の治具プレート 31 を管挿入ステージ ST1 から拡管ステージ ST2 に搬送する。

[0026] 拡管ステージ ST2 では、第 1 コイル移動機構 37A により第 1 コイルユニット 30A を、治具プレート 31 に支持されたアルミニウム管部材 13 の管内に挿入する。また、第 2 コイル移動機構 37B により第 2 コイルユニット 30B を、治具プレート 31 に支持されたアルミニウム管部材 13 の管内に挿入する。そして、電流供給部 39A により第 1 コイルユニット 30A の第 1 電磁成形コイル部 29A へ電磁成形用の電流を流す。また、電流供給部 39B により第 2 コイルユニット 30B の第 2 電磁成形コイル部 29B へ電磁成形用の電流を流す。これにより、アルミニウム管部材 13 を電磁成形により拡管する。

[0027] <治具プレート>

図 3 は治具プレート 31 の斜視図である。同図には、アルミニウム管部材 13 を点線で示し、アルミニウム管部材 13 に固定される各種ブラケット 15, 17, 19A, 19B も示してある。

[0028] 治具プレート 31 は、基板 41 と、基板 41 上に固定されるブラケットホルダ 51, 53, 55, 57 とを有する。

- [0029] 基板41は、一枚の鋼材からなる。また、鋼材の他に、アルミニウム合金や、樹脂材であってもよい。樹脂材の場合、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）等の繊維強化プラスチックとすることもできる。
- [0030] ブラケットホルダ51は、ブラケット19Aを保持し、ブラケット19Aと共に支持部材43を構成する。同様に、ブラケットホルダ53は、ブラケット17を保持して支持部材45を構成し、ブラケットホルダ55は、ブラケット15を保持して支持部材47を構成し、ブラケットホルダ57は、ブラケット19Bを保持して支持部材49を構成する。各ブラケットホルダ51, 53, 55, 57は、不図示のトグルクランプ等によって、各種ブラケットを径方向外側から締め付けて固定する。
- [0031] ブラケットホルダ51, 53, 55, 57に固定される各ブラケット15, 17, 19A, 19Bには、アルミニウム管部材13を挿通する貫通孔59が同軸に配置される。つまり、治具プレート31に立設された支持部材43, 45, 47, 49には、全ての貫通孔59が同軸に配置される。各貫通孔59は、アルミニウム管部材13の挿入時にアルミニウム管部材13を案内する。
- [0032] ところで、径に比較して軸長が長い長尺な部材を、曲がりが少ない状態で保持するためには、治具プレート31自体に高い剛性が必要となる。そのため、治具プレート31の基板41には、剛性が高い鋼板、アルミ合金板等の金属板を用いることが好ましい。
- [0033] また、電磁成形コイル部（図2の第1電磁成形コイル部29A, 第2電磁成形コイル部29B）の通電により、アルミニウム管部材13に発生した誘導電流が、支持部材43, 45, 47, 49を介して治具プレート31の基板41に導通してスパークする場合がある。そのため、治具プレート31の基板41には、電気絶縁性を有する絶縁層を設けることが好ましい。絶縁層としては、例えば、フェノール樹脂（ベークライト（登録商標））等が適用可能である。
- [0034] 基板41に絶縁層を設けることにより、アルミニウム管部材13に生じる

誘導電流の流出がなくなる。なお、絶縁層は、治具プレート 31 の基板 41 の下面全面に設けることが好ましく、誘導電流の導通をより確実に遮断できる。また、基板 41 の上面に設けた場合と比較して、絶縁層の厚さ分布に起因する支持部材 43, 45, 47, 49 の位置ずれがない。したがって、アルミニウム管部材 13 を高精度に位置決めした状態で支持できる。

[0035] <管挿入機構>

図 2 に示す管挿入ステージ S T 1 の治具プレート 31 の一端側には、ベース 67 が設けられる。ベース 67 上には管挿入機構 35 が配置される。管挿入機構 35 は、アルミニウム管部材 13 を治具プレート 31 へ向けて軸方向に移動させる。これにより、管挿入機構 35 は、アルミニウム管部材 13 を支持部材 43, 45, 47, 49 の各貫通孔 59 に挿入させる。

[0036] ベース 67 は、治具プレート搬送機構 33 と同じ設置面上に配置される。そのため、ベース 67 の上面と、治具プレート搬送機構 33 に載置された治具プレート 31 の基板 41 とは、高い平行度で維持される。そして、管挿入の際、治具プレート 31 上の支持部材 43, 45, 47, 49 の貫通孔 59 が、アルミニウム管部材 13 を案内するガイド孔として機能する。よって、アルミニウム管部材 13 は、芯ずれが生じることなく、支持部材 43, 45, 47, 49 に支持される。

[0037] <コイルユニット>

第 1 コイルユニット 30 A と第 2 コイルユニット 30 B は、拡管ステージ S T 2 における治具プレート 31 を挟んだ両脇に配置される。第 1 コイルユニット 30 A のアルミニウム管部材 13 側の先端には第 1 電磁成形コイル部 29 A が配置され、第 2 コイルユニット 30 B のアルミニウム管部材 13 側の先端には第 2 電磁成形コイル部 29 B が配置される。

[0038] 第 1 電磁成形コイル部 29 A と第 2 電磁成形コイル部 29 B は、第 1 コイルユニット 30 A、第 2 コイルユニット 30 B において、導線が軸芯部材に巻き回された部分であり、電磁成形に寄与する磁力を発生させる部分である。

[0039] つまり、第1コイルユニット30Aと第2コイルユニット30Bとは、軸方向に対面して配置される。

[0040] 第1コイルユニット30Aは、先端の第1電磁成形コイル部29Aを除いた領域が樹脂製の支持体からなり、支持体の内部には、第1電磁成形コイル部29Aに接続される不図示の導線が埋設されている。第2コイルユニット30Bも同様に、第2電磁成形コイル部29Bを除いた領域が樹脂製の支持体からなり、支持体の内部には、第2電磁成形コイル部に接続される不図示の導線が埋設されている。第1コイルユニット30Aと第2コイルユニット30Bの基端には、それぞれ後述するコイル端子部61A、61Bが接続される。

[0041] <コイル移動機構>

拡管ステージST2の治具プレート31を挟んだ両脇には、ベース69A、69Bが設けられる。ベース69Aには第1コイルユニット30Aを支持する第1コイル移動機構37Aが設けられ、ベース69Bには第2コイルユニット30Bを支持する第2コイル移動機構37Bが設けられる。

[0042] 第1コイル移動機構37Aは、第1コイルユニット30Aを把持する電気絶縁性材料からなるチャッキング部38Aと、ボールスプライン、リニア移動機構等の図示しない駆動部とを有する。駆動部は第1コイルユニット30Aを軸方向に進退可能に駆動する。第2コイル移動機構37Bも同様に、第2コイルユニット30Bを把持する電気絶縁性材料からなるチャッキング部38Bと、上記した図示しない駆動部とを有し、駆動部は第2コイルユニット30Bを軸方向に進退可能に駆動する。

[0043] 第1コイル移動機構37Aは、第1コイルユニット30Aをアルミニウム管部材13の管内にアルミニウム管部材13と同軸で挿入させる。また、第2コイル移動機構37Bは、第2コイルユニット30Bをアルミニウム管部材13の管内にアルミニウム管部材13と同軸で挿入させる。第1コイルユニット30Aと第2コイルユニット30Bの挿入動作は、同時であってもよく、挿入のタイミングを互いにずらしてもよい。

[0044] 第1コイル移動機構37Aによる第1コイルユニット30Aの移動と、第2コイル移動機構37Bによる第2コイルユニット30Bの移動によって、第1電磁成形コイル部29Aと第2電磁成形コイル部29Bとを所望の拡管箇所配置させることができる。

[0045] <電流供給部>

電流供給部39Aは、第1電磁成形コイル部29Aに電磁成形のための電流を供給し、電流供給部39Bは、第2電磁成形コイル部29Bに電磁成形のための電流を供給する。電流供給部39Aは、第1コイルユニット30Aの基端側に設けたコイル端子部61Aと、電源部63Aと、電源部63Aとコイル端子部61Aとを接続する高圧電源ケーブル65Aとを有する。また、電流供給部39Bは、第2コイルユニット30Bの基端側に設けたコイル端子部61Bと、電源部63Bと、電源部63Bとコイル端子部61Bとを接続する高圧電源ケーブル65Bとを有する。

[0046] 電源部63A、63Bは、コンデンサに充電したエネルギーを、スイッチを通じて、数ms以内の極めて短い時間でパルス状の大電流として出力する。出力されたパルス電流は、高圧電源ケーブル65A、65Bを通じて、第1電磁成形コイル部29A、第2電磁成形コイル部29Bに供給される。なお、上記スイッチとしては、ギャップスイッチ、サイラトロンスイッチ、半導体スイッチ、メカニカルスイッチ、イグナイトロンスイッチ等が利用可能である。

[0047] <治具プレート搬送機構>

治具プレート搬送機構33は、一対の搬送用レール34と、搬送用レール34に沿って配置され、コンベヤチェーンが周回する搬送用コンベヤ36とを有する。搬送用コンベヤ36には治具プレート31が載置され、コンベヤチェーンの駆動によって治具プレート31を搬送用レール34に沿って搬送する。つまり、治具プレート搬送機構33は、治具プレート31を、搬送用レール34に沿って管挿入ステージST1から拡管ステージST2に搬送する。

[0048] 治具プレート搬送機構 33 は、上記した方式の他、ベルト搬送方式、ウォーキングビーム方式等、種々の搬送方式を採用できる。なお、設備の省スペース化、タクトタイムの短縮化の観点から、管挿入ステージ S T 1 と拡管ステージ S T 2 とを、管挿入方向及びコイルユニットの進退方向（軸方向）を平行に揃えて並列配置することが好ましい。また、治具プレート 31 は、上記軸方向に直交する方向へ搬送する形態が好ましい。

[0049] <アルミニウム管部材の電磁成形工程>

次に、図 1 に示すアルミニウム管部材 13 を上記構成の電磁成形装置 100 により電磁成形する、電磁成形方法の各工程を順次説明する。

[0050] 図 4 A、図 4 B は治具プレートの支持部材 43, 45, 47, 49 にアルミニウム管部材 13 を挿入する管挿入工程を段階的に示す工程説明図である。

まず、アルミニウム管部材 13 を用意して、このアルミニウム管部材 13 を、図 4 A に示すように管挿入機構 35 に備わるチャッキング機構に取り付ける。

[0051] また、治具プレート 31 の支持部材 43, 45, 47, 49 には、ブラケット 19 A, 17, 15, 19 B（図 3 参照）を取り付ける。各種ブラケットは、それぞれ貫通孔 59 を同軸にしてブラケットホルダ 51, 53, 55, 57 に固定される。つまり、アルミニウム管部材 13、支持部材 43, 45, 47, 49 の各貫通孔 59 は、軸線 A x に沿って同軸に配置される。

[0052] （管挿入工程）

次に、管挿入機構 35 の駆動により、図 4 B に示すように、アルミニウム管部材 13 を、治具プレート 31 に向けて移動させる。すると、アルミニウム管部材 13 は、管端部 13 a から支持部材 49、支持部材 47、支持部材 45、支持部材 43 の各貫通孔 59 に順次挿通され、管端部 13 a が支持部材 43 の貫通孔 59 から突出した位置に配置される。

[0053] この状態で、アルミニウム管部材 13 は、軸線 A x を軸心として支持部材 43, 45, 47, 49 に、高精度に位置決めされた状態で保持される。管

挿入機構 35 は、アルミニウム管部材 13 を治具プレート 31 に移載した後、図 4 A に示す退避位置まで後退される。

[0054] (治具プレートの搬送工程)

次に、治具プレート搬送機構 33 は、図 2 に示す管挿入ステージ S T 1 において上記のようにアルミニウム管部材 13 が支持された治具プレート 31 を、治具プレート搬送機構 33 によって拡管ステージ S T 2 に搬送する。

[0055] 図 5 A、図 5 B、図 5 C は治具プレート 31 に支持されたアルミニウム管部材 13 に電磁成形コイル部を挿入してアルミニウム管部材 13 を拡管する工程を段階的に示す工程説明図である。

[0056] 図 5 A に示すように、拡管ステージ S T 2 に搬送された治具プレート 31 には、第 1 コイル移動機構 37 A のチャッキング部 38 A に支持された第 1 コイルユニット 30 A と、第 2 コイル移動機構 37 B のチャッキング部 38 B に支持された第 2 コイルユニット 30 B とが、同一軸上で対向して配置される。

[0057] (コイル配置工程)

そして、図 5 B に示すように、第 1 コイル移動機構 37 A と第 2 コイル移動機構 37 B は、互いに治具プレート 31 に向けて第 1 コイルユニット 30 A と第 2 コイルユニット 30 B を移動させる。第 1 コイルユニット 30 A は、アルミニウム管部材 13 の一端側から挿入され、第 2 コイルユニット 30 B は、アルミニウム管部材 13 の他端側から挿入される。そして、第 1 コイルユニット 30 A の先端に設けた第 1 電磁成形コイル部 29 A は、支持部材 45 の軸方向位置に配置され、第 2 コイルユニット 30 B の先端に設けた第 2 電磁成形コイル部 29 B は、支持部材 47 の軸方向位置に配置される。

[0058] (拡管工程)

次に、図 5 B に示す状態で、電流供給部 39 A、39 B (図 2 参照) によって第 1 電磁成形コイル部 29 A と第 2 電磁成形コイル部 29 B に通電する。これにより、支持部材 45 の位置と支持部材 47 の位置で、アルミニウム管部材 13 が電磁成形により拡管すると共に、アルミニウム管部材 13 が拡

管によって支持部材４７，４５にかしめられる。

[0059] 更に、図５Ｃに示すように、第１コイル移動機構３７Ａにより、第１コイルユニット３０Ａを軸方向に移動させ、第１電磁成形コイル部２９Ａを支持部材４３の軸方向位置に配置する。また、第２コイル移動機構３７Ｂにより、第２コイルユニット３０Ｂを軸方向に移動させ、第２電磁成形コイル部２９Ｂを支持部材４９の軸方向位置に配置する。

[0060] この状態で、電流供給部３９Ａ，３９Ｂ（図２参照）によって第１電磁成形コイル部２９Ａと第２電磁成形コイル部２９Ｂに通電する。これにより、支持部材４３，４９の位置で、アルミニウム管部材１３が電磁成形により拡張され、支持部材４３，４９にかしめられる。

[0061] 以上の工程により、アルミニウム管部材１３は、支持部材４３，４５，４７，４９、即ち、ブラケット１９Ａ，１７，１５，１９Ｂ（図３参照）にかしめられる。

[0062] 図６Ａはアルミニウム管部材１３の電磁成形前の断面図、図６Ｂはアルミニウム管部材１３の電磁成形後の断面図である。

電磁成形後のアルミニウム管部材１３は、上記した第１電磁成形コイル部２９Ａ、第２電磁成形コイル部２９Ｂを配置した位置で拡張される。即ち、ブラケット１５の軸方向位置では、アルミニウム管部材１３が電磁成形により拡張してブラケット１５にかしめられる。同様に、ブラケット１７，１９Ａ，１９Ｂの軸方向位置においても、それぞれアルミニウム管部材１３がブラケット１７，１９Ａ，１９Ｂにかしめられる。これにより、図１に示す状態の成形体１１が得られる。

[0063] 上記した電磁成形の後、図３に示す支持部材４３，４５，４７，４９の各ブラケットホルダ５１，５３，５５，５７の固定を解除することで、各種ブラケット１５，１７，１９Ａ，１９Ｂがかしめ固定された成形体１１を取り出す。

[0064] 成形体１１の取り出しは、図２に示す拡張ステージＳＴ２で行ってもよいが、治具プレート搬送機構３３により治具プレート３１を更に搬送方向先方

に搬送し、拡管ステージ S T 2 よりも搬送方向先方で行ってもよい。

[0065] 本構成のアルミニウム管部材の電磁成形装置 1 0 0 においては、アルミニウム管部材 1 3 の全長に比べて短尺である第 1 電磁成形コイル部 2 9 A と第 2 電磁成形コイル部 2 9 B を、所望の成形箇所それぞれ配置して、電磁成形によりアルミニウム管部材 1 3 を拡径する。これによれば、アルミニウム管部材 1 3 の全長にわたって電磁成形コイル部を配置する場合と比較して、電磁成形コイル部に流れる電流のロスを小さくできる。そのため、電磁成形による拡管が必要な場所で、必要な電流量を十分に流すことができ、アルミニウム管部材 1 3 の電磁成形量にバラツキを生じさせることがない。よって、高精度な電磁成形が可能となる。更に、各ブラケット 1 5, 1 7, 1 9 A, 1 9 B は、それぞれの配置位置でアルミニウム管部材 1 3 と精度良く堅固にかしめられる。

[0066] また、本構成の電磁成形装置 1 0 0 によれば、アルミニウム管部材 1 3 が、支持部材 4 3, 4 5, 4 7, 4 9 によって治具プレート 3 1 上で高精度に位置決めされる。且つ、第 1 コイルユニット 3 0 A, 第 2 コイルユニット 3 0 B が、第 1 コイル移動機構 3 7 A と第 2 コイル移動機構 3 7 B によって高精度に同軸で支持される。また、治具プレート搬送機構 3 3 は、支持部材 4 3, 4 5, 4 7, 4 9 によりアルミニウム管部材 1 3 が支持された治具プレート 3 1 を、その支持形態を維持したまま、つまり、治具プレート 3 1 にアルミニウム管部材 1 3 の軸心を保持させたまま、次の拡管ステージ S T 2 に搬送する。

[0067] これにより、第 1 コイル移動機構 3 7 A と第 2 コイル移動機構 3 7 B は、第 1 コイルユニット 3 0 A と第 2 コイルユニット 3 0 B とを、工程を煩雑にすることなく、アルミニウム管部材 1 3 に対して高い平行度を維持した状態で管内に挿入できる。よって、第 1 コイルユニット 3 0 A と第 2 コイルユニット 3 0 B は、アルミニウム管部材 1 3 に相互干渉することなく円滑に管内へ挿入でき、第 1 電磁成形コイル部 2 9 A、第 2 電磁成形コイル部 2 9 B を所望の拡管位置に正確に配置できる。このように、コイル配置工程と拡管工

程とを、アルミニウム管部材 13 の複数の拡管位置それぞれで、順次実施できる。

[0068] 更に、治具プレート 31 は、アルミニウム管部材 13 を支持する支持部材 43, 45, 47, 49 が、剛性の高い同一の基板 41 に固定される。そのため、アルミニウム管部材 13 の軸心を高精度に配置できる。

[0069] そして、管挿入ステージ S T 1 と拡管ステージ S T 2 とを別々に設け、治具プレート 31 を S T 1 から S T 2 へ順次搬送する構成にすることで、アルミニウム管部材 13 の管挿入工程と拡管工程とを、各ステージで同時進行させることができる。その結果、成形体 11 の製造のタクトタイムを短縮でき、量産に適した形態にできる。

[0070] なお、図 2 に示す管挿入ステージ S T 1 は、治具プレート 31 の片側のみからアルミニウム管部材 13 を移動させる構成を示したが、これに限らない。例えば、図中点線で示すように、管挿入ステージ S T 1 の治具プレート 31 の軸方向両側からそれぞれアルミニウム管部材を移動させて治具プレート 31 にセットする構成であってもよい。その場合のアルミニウム管部材は、一方の管端部を他方の管端部に挿入して径方向に重なる重なり部を形成できる径差を有するものとし、それぞれがいずれかの支持部材 43, 45, 47, 49 に支持される。

[0071] <電磁成形装置の第 2 構成例>

次に、アルミニウム管部材の電磁成形装置の第 2 構成例を説明する。

図 7 A, 図 7 B は第 2 構成例の電磁成形装置 200 において、治具プレート 31 に支持されたアルミニウム管部材 13 に電磁成形コイル部を挿入して拡管する拡管工程を段階的に示す工程説明図である。

[0072] 本構成の電磁成形装置 200 は、前述の第 1 構成例の電磁成形装置 100 における第 1 コイルユニット 30 A と第 2 コイルユニット 30 B (図 5 A 参照) に代えて、軸方向に沿った複数箇所 (図示例ではそれぞれ 2 箇所) に電磁成形コイル部が配置された第 3 コイルユニット 30 C と第 4 コイルユニット 30 D を備える。その点以外は、前述の電磁成形装置 100 と同様の構成

である。以降の説明では、同一の部材や部位に対しては同一の符号を付与することで、その説明を簡単化又は省略する。

[0073] 本構成の第3コイルユニット30Cは、治具プレート31側の先端から第1電磁成形コイル部29Aと、第3電磁成形コイル部29Cとを備える。第1電磁成形コイル部29Aと第3電磁成形コイル部29Cとの間、及び第3電磁成形コイル部29Cの基端側は、樹脂支持体からなる。この樹脂支持体には各コイルに接続される導線が埋設されている。

[0074] 第4コイルユニット30Dも同様に、治具プレート31側の先端から第2電磁成形コイル部29Bと、第4電磁成形コイル部29Dとを備える。第2電磁成形コイル部29Bと第4電磁成形コイル部29Dとの間、及び第4電磁成形コイル部29Dの基端側は、樹脂支持体からなる。この樹脂支持体には各コイルに接続される導線が埋設されている。

[0075] 第1電磁成形コイル部29Aと第3電磁成形コイル部29Cのコイル中心同士の間隔は、支持部材45と支持部材43の間隔に等しくされ、第2電磁成形コイル部29Bと第4電磁成形コイル部29Dのコイル中心同士の間隔は、支持部材47と支持部材49の間隔に等しくされている。

[0076] 本構成の電磁成形装置200は、図7Aに示す状態から図7Bに示すように、第1コイル移動機構37Aによって第3コイルユニット30Cを軸方向に移動させ、第2コイル移動機構37Bによって第4コイルユニット30Dを軸方向に移動させる。第3コイルユニット30Cの移動により、第1電磁成形コイル部29Aが支持部材45の軸方向位置に配置されると、第3電磁成形コイル部29Cは支持部材43の軸方向位置に配置される。また、第4コイルユニット30Dの移動により、第2電磁成形コイル部29Bが支持部材47の軸方向位置に配置されると、第4電磁成形コイル部29Dは支持部材49の軸方向位置に配置される。

[0077] 図7Bに示す状態で、各電磁成形コイル部29A, 29B, 29C, 29Dに通電することで、支持部材43, 45, 47, 49の軸方向位置でアルミニウム管部材13が電磁成形により一度に拡管される。

[0078] 本構成の電磁成形装置 200 によれば、複数の電磁成形コイル部が直列に配置された第 3 コイルユニット 30C、第 4 コイルユニット 30D を用いることで、複数箇所の所望の拡管位置を一度に電磁成形できる。よって、拡管工程の工数を低減させ、タクトタイムを短縮できる。なお、各電磁成形コイル部 29A、29B、29C、29D の通電タイミングは、同時でもよいし、順次に通電することであってもよい。その場合でも第 3 コイルユニット 30C や第 4 コイルユニット 30D を移動させる必要がないため、工程を簡略化できる。

[0079] <電磁成形装置の第 3 構成例>

次に、アルミニウム管部材の電磁成形装置の第 3 構成例を説明する。

図 8A、図 8B は第 3 構成例の電磁成形装置による拡管工程を、電磁成形装置の平面図で段階的に示す工程説明図である。

[0080] 本構成の電磁成形装置 300 は、第 1、第 2 構成例の電磁成形装置 100、200 の管挿入ステージ ST1 と拡管ステージ ST2 とを統合した構成になっている。即ち、図 8A に示すように、管挿入ステージ ST1 において、第 1 電磁成形コイル部 29A、第 2 電磁成形コイル部 29B、第 3 電磁成形コイル部 29C、第 4 電磁成形コイル部 29D が離間して配置されたコイルユニット 30C を、アルミニウム管部材 13 の管内に挿入した状態で保持する。第 1 電磁成形コイル部 29A、第 2 電磁成形コイル部 29B、第 3 電磁成形コイル部 29C、第 4 電磁成形コイル部 29D は、支持部材 43、45、47、49 の軸方向位置に対応するようにそれぞれ配置される。

[0081] そして、図 8B に示すように、管挿入機構 35 により、アルミニウム管部材 13 と第 3 コイルユニット 30C とを、互いの位置関係を維持したまま治具プレート 31 に向けて移動させる。すると、第 1 電磁成形コイル部 29A、第 2 電磁成形コイル部 29B、第 3 電磁成形コイル部 29C、第 4 電磁成形コイル部 29D が、支持部材 43、45、47、49 に対面する軸方向位置に一度に配置される。

[0082] つまり、アルミニウム管部材 13 と第 3 コイルユニット 30C とは、拡管

位置となる支持部材 4 3 に対応する軸方向位置に第 1 電磁成形コイル部 2 9 A が配置され、同様に、支持部材 4 5 に対応して第 2 電磁成形コイル部 2 9 B、支持部材 4 7 に対応して第 3 電磁成形コイル部 2 9 C、支持部材 4 9 に対応して第 4 電磁成形コイル部 2 9 D が配置される。

[0083] 本構成の電磁成形装置 3 0 0 によれば、アルミニウム管部材 1 3 の管内に予め第 1 電磁成形コイル部 2 9 A、第 2 電磁成形コイル部 2 9 B、第 3 電磁成形コイル部 2 9 C、第 4 電磁成形コイル部 2 9 D を配置した状態で、これらを支持部材 4 3、4 5、4 7、4 9 へ挿入している。そのため、管挿入工程と拡管工程との 2 工程を 1 工程に纏めることができ、タクトタイムの短縮が図れる。

[0084] <電磁成形装置の第 4 構成例>

次に、アルミニウム管部材の電磁成形装置の第 4 構成例を説明する。

図 9 は第 4 構成例の電磁形成装置により作製する成形体 1 1 A を模式的に示す外観斜視図である。

成形体 1 1 A は、図 1 に示す成形体 1 1 のアルミニウム管部材 1 3 に、径方向外側に突出するエンボス部 7 1、7 3 を設けた点以外は、前述の成形体 1 1 と同様の構成である。

[0085] エンボス部 7 1 は、アルミニウム管部材 1 3 のブラケット 1 9 A とブラケット 1 7 との間に配置され、エンボス部 7 3 は、アルミニウム管部材 1 3 のブラケット 1 9 B とブラケット 1 5 との間に配置される。各エンボス部 7 1、7 3 は、他の部材を取り付けるための平坦な取付面 7 1 a、7 3 a を有する。

[0086] 図 1 0 は図 9 に示す成形体 1 1 A が支持された治具プレート 3 1 A の斜視図である。

本構成の治具プレート 3 1 A は、図 3 に示す治具プレート 3 1 にエンボス加工用の金型 7 5、7 7 を基板 4 1 上に設けた点以外は、前述の治具プレート 3 1 と同様の構成である。金型 7 5 は、支持部材 4 3 と支持部材 4 5 との間に配置され、金型 7 7 は、支持部材 4 7 と支持部材 4 9 との間に配置され

る。

[0087] 図 1 1 A は図 1 0 に示す金型 7 5 の XI-XI 線断面図で、電磁成形前の金型 7 5 とアルミニウム管部材 1 3 の断面図、図 1 1 B は図 1 1 A の電磁成形後の金型 7 5 とアルミニウム管部材 1 3 の断面図である。

[0088] 金型 7 5 は、図 1 1 A に示すようにアルミニウム管部材 1 3 を径方向に挟持する一对の割り型 7 5 A, 7 5 B で構成される。割り型 7 5 A, 7 5 B の内側面には、アルミニウム管部材 1 3 の外径に略等しい直線溝 7 9 と、割り型 7 5 A, 7 5 B の軸方向中央で径方向外側に凹む円環溝 8 1 のキャビティとが形成される。円環溝 8 1 は、図 1 1 B に示すように、図中点線で示す電磁成形コイル部 2 9 の通電による電磁成形によって、溝形状をアルミニウム管部材 1 3 に転写し、アルミニウム管部材 1 3 に取付面 7 1 a (図 9 参照) を有するエンボス部 7 1 を形成させる。

[0089] 金型 7 7 も同様に、アルミニウム管部材 1 3 の外径に応じた直線溝と円環溝とを有し、アルミニウム管部材 1 3 に取付面 7 3 a を有するエンボス部 7 3 を形成させる。なお、金型 7 7 については図 1 1 A, 図 1 1 B と同様の構成及び作用であるため、ここでは詳細な説明を省略する。

[0090] 次に、上記した金型 7 5, 7 7 を備える治具プレート 3 1 A を用いる電磁成形装置の構成を説明する。

図 1 2 は第 4 構成例のアルミニウム管部材の電磁成形装置 4 0 0 を示す概略平面図である。

本構成の電磁成形装置 4 0 0 は、図 2 に示す電磁成形装置 1 0 0 の管挿入ステージ S T 1 と拡管ステージ S T 2 に加えて、エンボス部加工用の拡管ステージ S T 3 を更に備える。

[0091] 拡管ステージ S T 3 は、拡管ステージ S T 2 と基本的な構成は同様である。ベース 7 0 A には、第 4 コイルユニット 3 0 D を支持する第 3 コイル移動機構 3 7 C が配置される。また、ベース 7 0 B には、第 5 コイルユニット 3 0 E を支持する第 4 コイル移動機構 3 7 D が配置される。

[0092] 第 4 コイルユニット 3 0 D は、アルミニウム管部材 1 3 を金型 7 5 の軸方

向位置で拡管させる第5電磁成形コイル部29Eを有する。また、第5コイルユニット30Eは、アルミニウム管部材13を金型77の軸方向位置で拡管させる第6電磁成形コイル部29Fを有する。

[0093] 第3コイル移動機構37Cのコイル端子部61Aには、電源部63Aに接続された高圧電源ケーブル65Cが接続される。また、第4コイル移動機構37Dのコイル端子部61Bには、電源部63Bに接続された高圧電源ケーブル65Dが接続される。

[0094] 上記構成の電磁成形装置400では、前述した管挿入ステージST1の管挿入工程と、拡管ステージST2の拡管工程とが実施され、拡管ステージST2に配置された治具プレート31Aが、治具プレート搬送機構33により拡管ステージST3に搬送される。

[0095] 拡管ステージST3に搬送された治具プレート31Aに支持されたアルミニウム管部材13には、前述した拡管工程によって各種ブラケット15, 17, 19A, 19B（図10参照）がかしめられている。

[0096] 拡管ステージST3では、上記ブラケットへのかしめ完了後のアルミニウム管部材13の管内に第4コイルユニット30Dを挿入し、先端の第5電磁成形コイル部29Eを金型75の軸方向位置に配置する。また、上記ブラケットへのかしめ完了後のアルミニウム管部材13の管内に第5コイルユニット30Eを挿入し、先端の第6電磁成形コイル部29Fを金型77の軸方向位置に配置する。そして、電流供給部39A, 39Bにより第5電磁成形コイル部29Eと第6電磁成形コイル部29Fに通電して、アルミニウム管部材13に図10に示すエンボス部71, 73を電磁成形する。

[0097] なお、上記例では、電磁成形装置400が、管挿入ステージST1と、2つの拡管ステージST2, ST3を備える構成であるが、必要に応じて、更に他の加工ステージを備えた構成にすることができる。

[0098] この電磁成形装置400によれば、複数の拡管ステージを備えることで、拡管工程を複数回に分けて実施でき、アルミニウム管部材13をより複雑な形状に電磁成形できる。また、一つの拡管ステージで加工する場合と比較し

て、電磁成形コイル部の配置や管内での移動が煩雑とならず、また、複数の拡管ステージでの電磁成形を同時進行させることができる。よって、タクトタイムの更なる短縮が図れ、より高効率な電磁成形が可能となる。

[0099] そして、複数の拡管ステージのそれぞれに電磁成形コイル部を配置することにより、一段目の拡管ステージS T 2ではかしめ接合、二段目の拡管ステージS T 3ではエンボス加工といった、各段で異なる加工が可能となる。上記以外にも、例えば、一段目では拡管を行い、二段目、三段目、等でアルミニウム管部材に平坦な張出部を設けることや、ビードやエンボス加工、穴加工、バーリング加工等を施すこともできる。このように、本構成の電磁成形装置400によれば、電磁成形に加え、種々の加工を組み合わせる多様な加工形態であっても、これを簡単に実施でき、汎用性を高めた構成にできる。

[0100] なお、本構成の電磁成形装置400においても、図中点線で示すように、管挿入ステージS T 1の治具プレート31の軸方向両側からそれぞれアルミニウム管部材を移動させて治具プレート31にセットする構成であってもよい。

[0101] 図13Aは大径管部材と小径管部材とが金型にセットされた電磁成形前の状態を示す断面図、図13Bは図13Aの電磁成形後の状態を示す断面図である。

図13Aに示すように、この場合のアルミニウム管部材は、小径管部材（第1管部材）23と、小径管部材23より大径な内径を有する大径管部材（第2管部材）21からなる。小径管部材23の管端部23aが大径管部材21の管端部21aに挿入され、各管部材の端部同士が径方向に重なる重なり部を形成する。この重なり部の外側に金型76が配置される。

[0102] 金型76は、一对の割り型76A、76Bからなり、大径管部材21に対面するそれぞれの型面には、直線溝79と円環溝81とが形成される。また、小径管部材23の重なり部における管内には、電磁成形コイル部29が配置される。

[0103] 電磁成形コイル部29を通電すると、図13Bに示すように、小径管部材

23が拡張される。小径管部材23の拡張によって、その外側の大径管部材21も拡張される。その結果、大径管部材21と小径管部材23の重なり部は、割り型76A, 76Bの直線溝79と円環溝81に押し当てられて、円環溝81による環状の突起部85が形成される。突起部85では、大径管部材21と小径管部材23とが相互にかしめられた状態となり、互いに堅固に接合される。ここで、電磁成形コイル部29のコイル長（導線の巻き回し部の管軸方向の長さ）は、拡張時に押し当て部となる割り型76A, 76Bの管軸方向の長さ、及び上記した大径管部材21と小径管部材23の重なり部の長さよりも長くすることが好ましい。

[0104] なお、電磁成形するアルミニウム管部材は、大径管部材と小径管部材との2つの管部材を接合する構成の他、3つ以上の管部材が接合された構成であってもよい。

[0105] <変形例>

治具プレート搬送機構33による治具プレート31（31Aも同様）の搬送方向は、前述した一方向への移動に限らない。

図14A～図14Eは治具プレート搬送機構33による治具プレート31の搬送形態を模式的に示す説明図である。図示例の治具プレート（加工ステージ）の数や配置位置は一例であって、これに限らない。

[0106] 図14Aに示すように、治具プレート31の搬送方向は、管挿入ステージから拡張ステージへの一方向の他、図14Bに示すように往復動であってもよい。

[0107] また、図14Cに示すように、一方向の先端に至った治具プレート31を始端に戻す搬送形態であってもよい。例えば、チェーンや歯付きベルト等をスプロケット等の軌道輪によって無限軌道状に架設した循環体を構成し、この循環体に治具プレート31を取り付ける。この構成によれば、循環体の一方（例えば上側）を加工ステージが配置される加工用搬送路とし、他方（例えば下側）を治具プレート31の戻り搬送路として、連続した加工が行える。

[0108] 更に、図 1 4 D に示すように、図 1 4 A に示すような主搬送路の一部から、主搬送路の搬送方向と交差する方向に治具プレート 3 1 を搬送する副搬送路を有する搬送形態であってもよい。この場合、副搬送路に抜き取った治具プレート 3 1 B に、更に他の加工や検査等の工程を簡単に追加できる。

[0109] また、図 1 4 E に示すように、治具プレート 3 1 の搬送方向は直線に沿った方向に限らず、円弧を描く方向等、水平 2 軸方向への搬送形態や、上下方向を加えた 3 軸方向への搬送形態であってもよい。その場合、治具プレート 3 1 を直線に沿って搬送する場合と比較して、装置を設置するスペース効率が高められる。よって、電磁成形装置のみならず、電磁成形装置に素材を供給する搬送路や成形後の製品を取り出す搬送路を含めて省スペース化が図れる。なお、上記した各搬送形態は、必要に応じて適宜組み合わせることも可能である。

[0110] このように、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、実施形態の各構成を相互に組み合わせることや、明細書の記載、並びに周知の技術に基づいて、当業者が変更、応用することも本発明の予定するところであり、保護を求める範囲に含まれる。

例えば、管部材を治具プレートに向けて移動させて、支持部材の貫通孔に管部材を挿入する以外にも、治具プレートを管部材に向けて移動させることで、管部材を貫通孔に挿入する構成であってもよい。また、コイルユニットを移動させて管部材の管内に挿入する以外にも、管部材を移動させて、管部材の管内にコイルユニットを挿入してもよい。つまり、各部の移動は、一方が他方に向けて移動する相対移動であればよい。

[0111] 本出願は 2 0 1 7 年 7 月 1 2 日出願の日本国特許出願（特願 2 0 1 7 - 1 3 6 6 3 5）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

符号の説明

[0112] 1 3 アルミニウム管部材（管部材）
2 1 大径管部材（第 2 管部材）

- 2 1 a 管端部
- 2 3 小径管部材（第 1 管部材）
- 2 3 a 管端部
- 2 9 電磁成形コイル部
- 2 9 A 第 1 電磁成形コイル部
- 2 9 B 第 2 電磁成形コイル部
- 2 9 C 第 3 電磁成形コイル部
- 2 9 D 第 4 電磁成形コイル部
- 2 9 E 第 5 電磁成形コイル部
- 2 9 F 第 6 電磁成形コイル部
- 3 0 A 第 1 コイルユニット
- 3 0 B 第 2 コイルユニット
- 3 1, 3 1 A, 3 1 B 治具プレート
- 3 3 治具プレート搬送機構
- 3 5 管挿入機構
- 3 7 A 第 1 コイル移動機構
- 3 7 B 第 2 コイル移動機構
- 3 7 C 第 3 コイル移動機構
- 3 7 D 第 4 コイル移動機構
- 3 9 A, 3 9 B 電流供給部
- 4 1 基板
- 4 3, 4 5, 4 7, 4 9 支持部材
- 5 1, 5 3, 5 5, 5 7 ブラケットホルダ
- 5 9 貫通孔
- 1 0 0, 2 0 0, 3 0 0, 4 0 0 電磁成形装置
- S T 1 管挿入ステージ
- S T 2, S T 3 拡管ステージ

請求の範囲

- [請求項1] 貫通孔を有する少なくとも1つの支持部材が基板上に固定された治具プレートと、
- アルミニウム合金製の管部材と前記治具プレートとを軸方向へ相対移動させ、前記管部材を前記支持部材の前記貫通孔に挿入する管挿入機構と、
- 少なくとも一つの電磁成形コイル部を有するコイルユニットと、
- 前記コイルユニットを、前記管部材の管内で前記管部材に対して軸方向に相対移動させ、前記電磁成形コイル部を前記管部材の拡管位置に配置するコイル移動機構と、
- 前記電磁成形コイル部に電磁成形用の電流を供給する電流供給部と、
- 前記治具プレートを、前記管挿入機構により前記管部材を前記貫通孔に挿入する管挿入ステージから、前記コイル移動機構により前記電磁成形コイル部を前記管部材の拡管位置に配置する拡管ステージへ搬送する治具プレート搬送機構と、
- を備えるアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項2] 前記管部材は、互いに同軸に配置される第1管部材と、前記第1管部材の外径よりも大径な内径を有する第2管部材とを有し、
- 前記第1管部材と前記第2管部材の端部同士が径方向に重なる重ね部を、前記拡管位置に形成する請求項1に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項3] 前記コイルユニットには、前記電磁成形コイル部が軸方向に沿った複数箇所に配置されている請求項1に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項4] 前記コイルユニットには、前記電磁成形コイル部が軸方向に沿った複数箇所に配置されている請求項2に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。

- [請求項5] 前記治具プレートは、前記基板上に軸方向に沿って複数の前記支持部材が固定されている請求項1に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項6] 前記治具プレートは、前記基板上に軸方向に沿って複数の前記支持部材が固定されている請求項2に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項7] 前記治具プレートは、前記基板上に軸方向に沿って複数の前記支持部材が固定されている請求項3に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項8] 前記治具プレートは、前記基板上に軸方向に沿って複数の前記支持部材が固定されている請求項4に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項9] 前記コイルユニットは、前記管部材の一端側から挿入される第1コイルユニットと、他端側から挿入される第2コイルユニットとを備え、
前記コイル移動機構は、前記第1コイルユニットを前記管部材の軸線に沿って移動させる第1コイル移動機構と、前記第2コイルユニットを前記軸線に沿って移動させる第2コイル移動機構とを備える請求項1～請求項8のいずれか一項に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項10] 前記拡管ステージは、前記治具プレートの搬送方向に沿った複数箇所に設けられ、それぞれの前記拡管ステージに前記電磁成形コイル部と前記コイル移動機構とが設けられた請求項1～請求項8のいずれか一項に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項11] 前記拡管ステージは、前記治具プレートの搬送方向に沿った複数箇所に設けられ、それぞれの前記拡管ステージに前記電磁成形コイル部と前記コイル移動機構とが設けられた請求項9に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。

- [請求項12] 前記治具プレート搬送機構は、前記管部材が前記支持部材の前記貫通孔に挿入されたまま、前記治具プレートを搬送する請求項 1 ～請求項 8 のいずれか一項に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項13] 前記治具プレート搬送機構は、前記管部材が前記支持部材の前記貫通孔に挿入されたまま、前記治具プレートを搬送する請求項 9 に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項14] 前記治具プレート搬送機構は、前記管部材が前記支持部材の前記貫通孔に挿入されたまま、前記治具プレートを搬送する請求項 10 に記載のアルミニウム管部材の電磁成形装置。
- [請求項15] 貫通孔を有する少なくとも 1 つの支持部材が基板上に固定された治具プレートと、アルミニウム合金製の管部材と、を相対移動させ、前記支持部材の前記貫通孔に前記管部材を挿入する管挿入工程と、
前記管部材が支持された前記治具プレートを、次のステージに搬送する工程と、
少なくとも一つの電磁成形コイル部を有するコイルユニットと、前記管部材とを、前記管部材の管内で軸方向に相対移動させ、前記電磁成形コイル部を前記管部材の拡管位置に配置するコイル配置工程と、
前記電磁成形コイル部に電磁成形用の電流を供給して、前記管部材を拡管させる拡管工程と、
をこの順に実施するアルミニウム管部材の電磁成形方法。
- [請求項16] 拡管された前記管部材が支持された前記治具プレートを次の加工ステージに搬送する工程を有する請求項 15 に記載のアルミニウム管部材の電磁成形方法。
- [請求項17] 前記コイル配置工程と前記拡管工程とを、前記管部材の複数の前記拡管位置それぞれで順次実施する請求項 15 に記載のアルミニウム管部材の電磁成形方法。
- [請求項18] 前記コイル配置工程と前記拡管工程とを、前記管部材の複数の前記拡管位置それぞれで順次実施する請求項 16 に記載のアルミニウム管

部材の電磁成形方法。

[請求項19] 前記管部材の複数の前記拡管位置に前記電磁成形コイル部をそれぞれ配置して、前記管部材の複数の前記拡管位置を一度に拡管させる請求項15～18のいずれか一項に記載のアルミニウム管部材の電磁成形方法。

[請求項20] アルミニウム合金製の管部材の管内に、少なくとも一つの電磁成形コイル部を有するコイルユニットを挿入し、前記電磁成形コイル部を前記管部材の拡管位置に配置させた前記管部材と前記コイルユニットと、

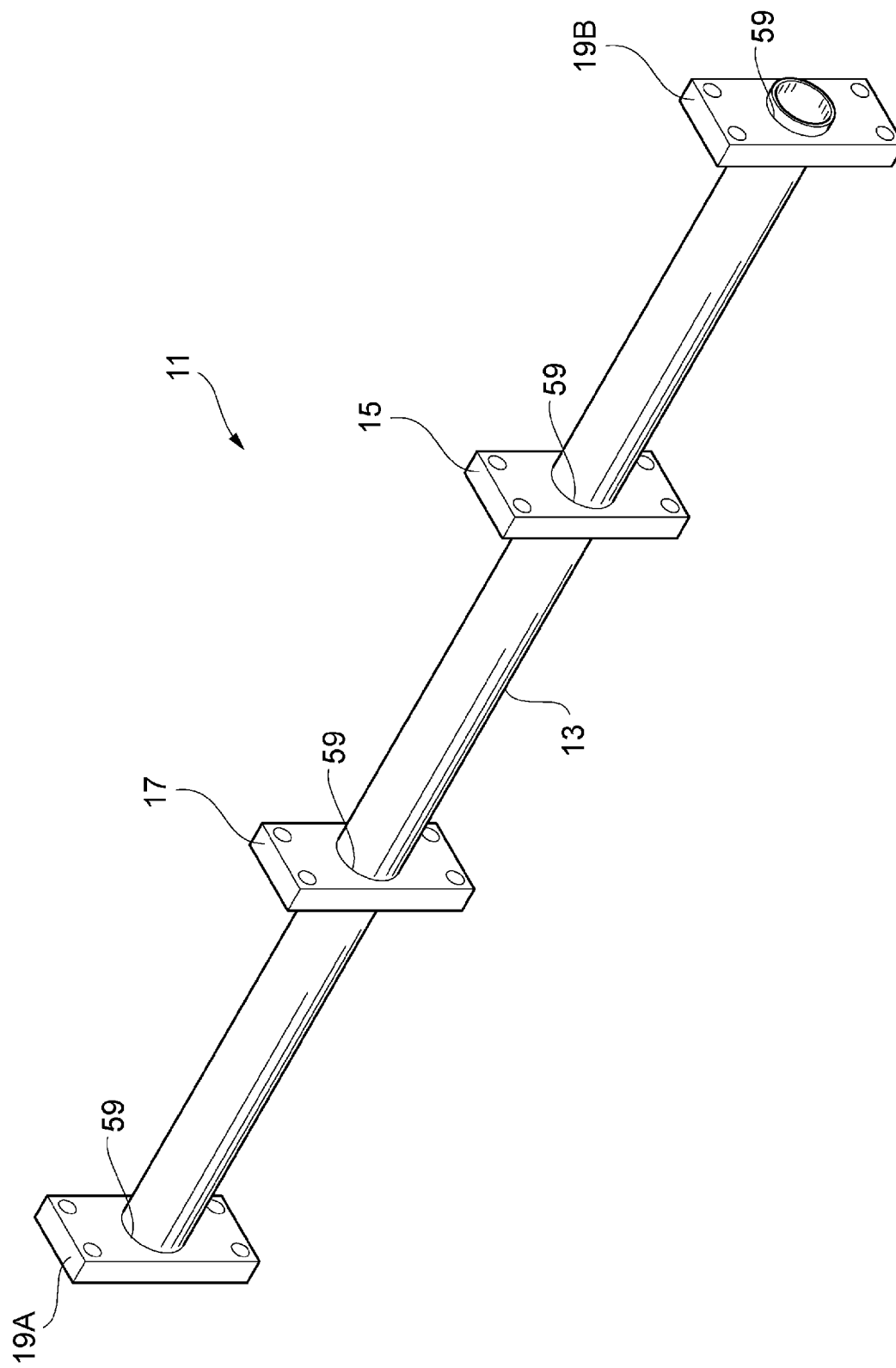
貫通孔を有する少なくとも1つの支持部材が基板上に固定された治具プレートとを、

前記電磁成形コイル部と前記拡管位置との位置関係を保持したまま相対移動させて、前記支持部材の前記貫通孔に前記管部材を挿入する工程と、

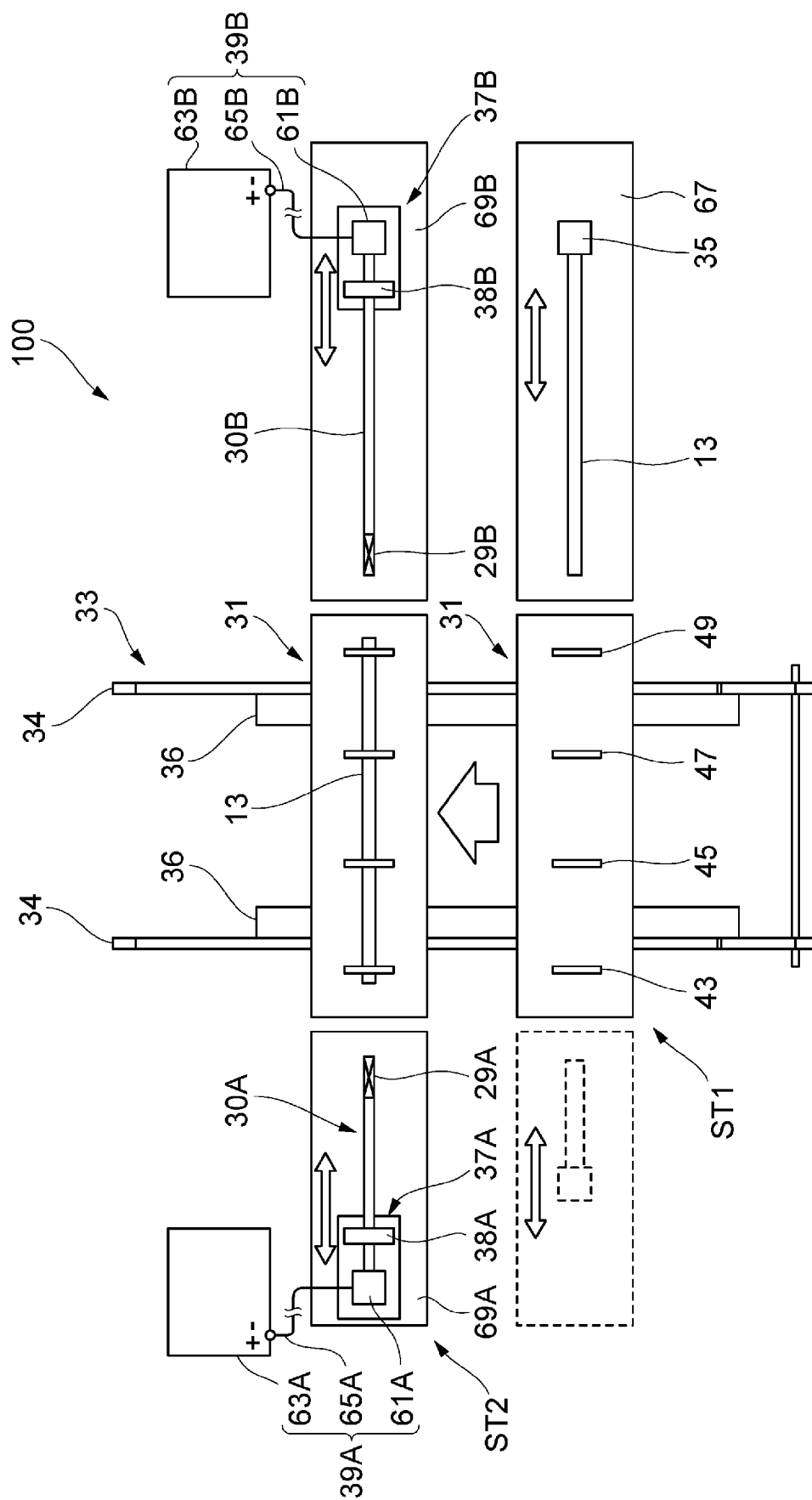
前記電磁成形コイル部に電磁成形用の電流を供給して、前記管部材を拡管させる拡管工程と、

をこの順に実施するアルミニウム管部材の電磁成形方法。

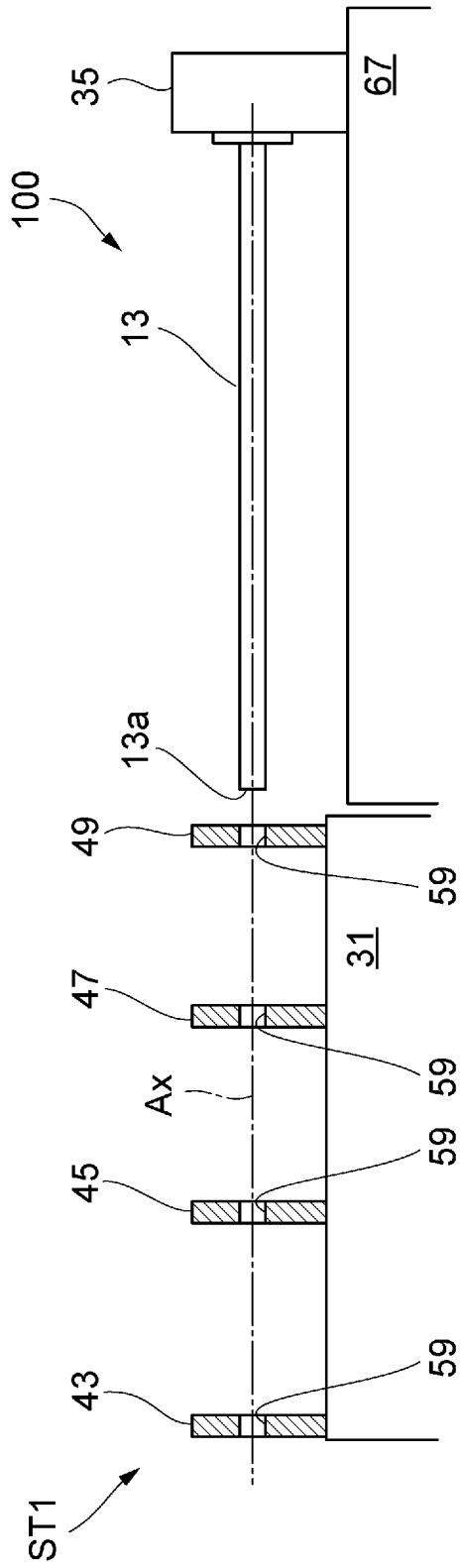
[図1]



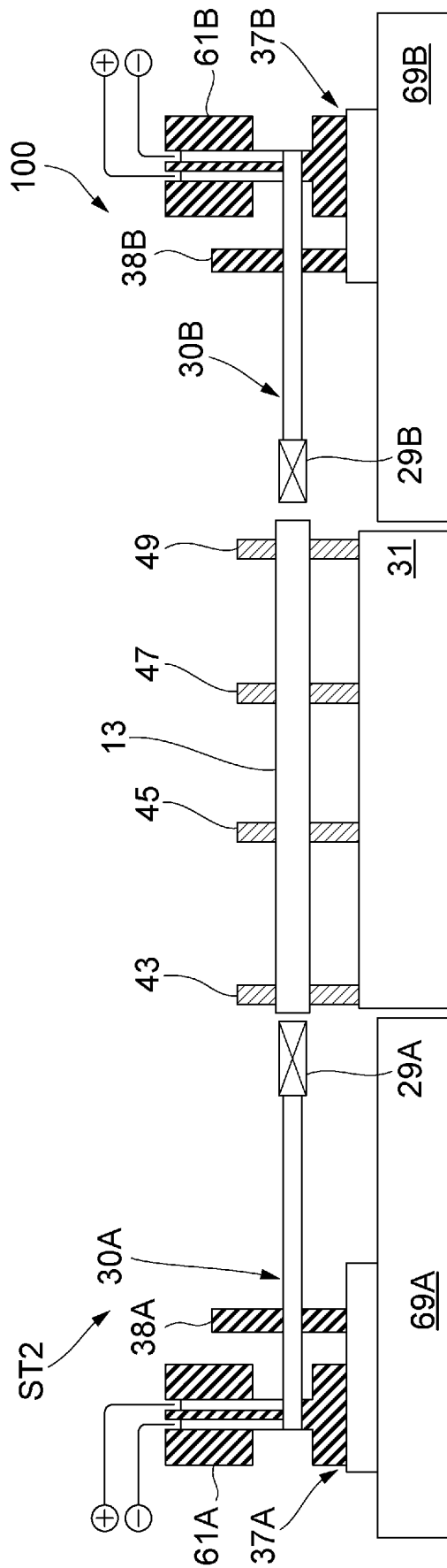
[図2]



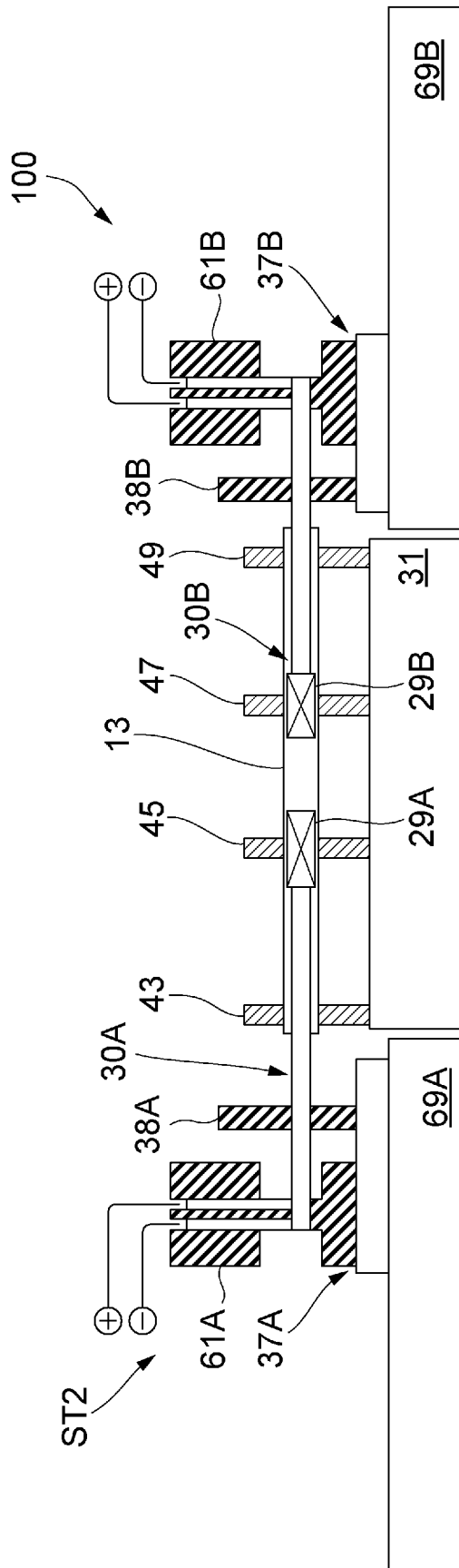
[図4A]



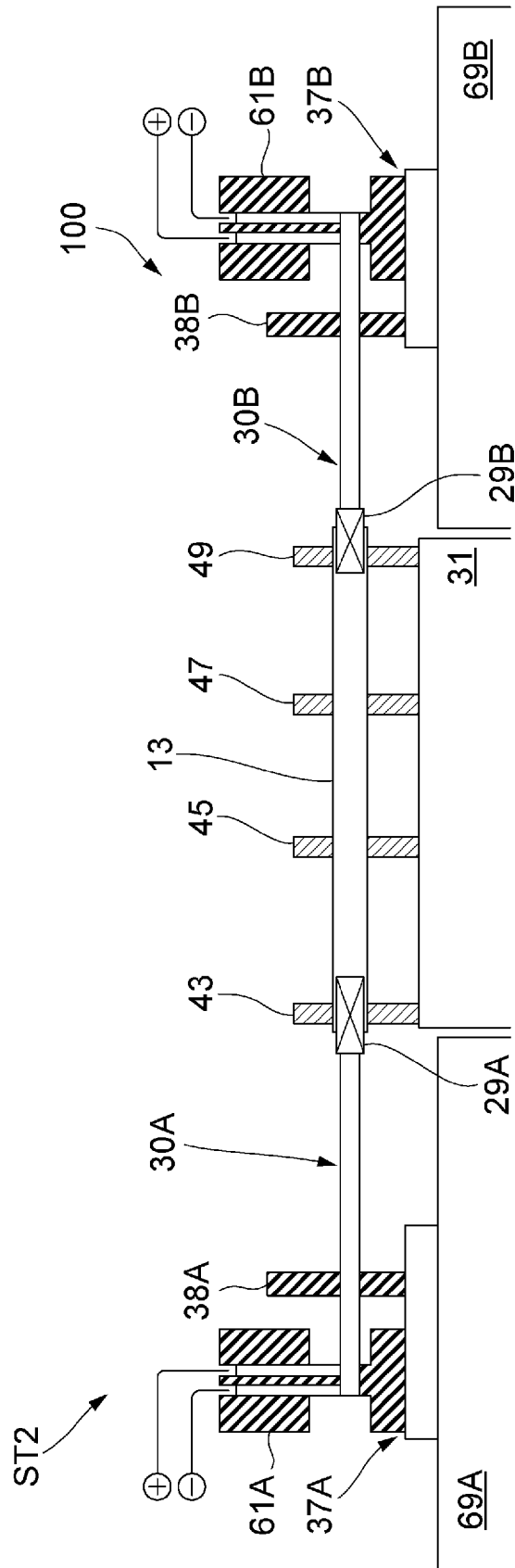
[図5A]



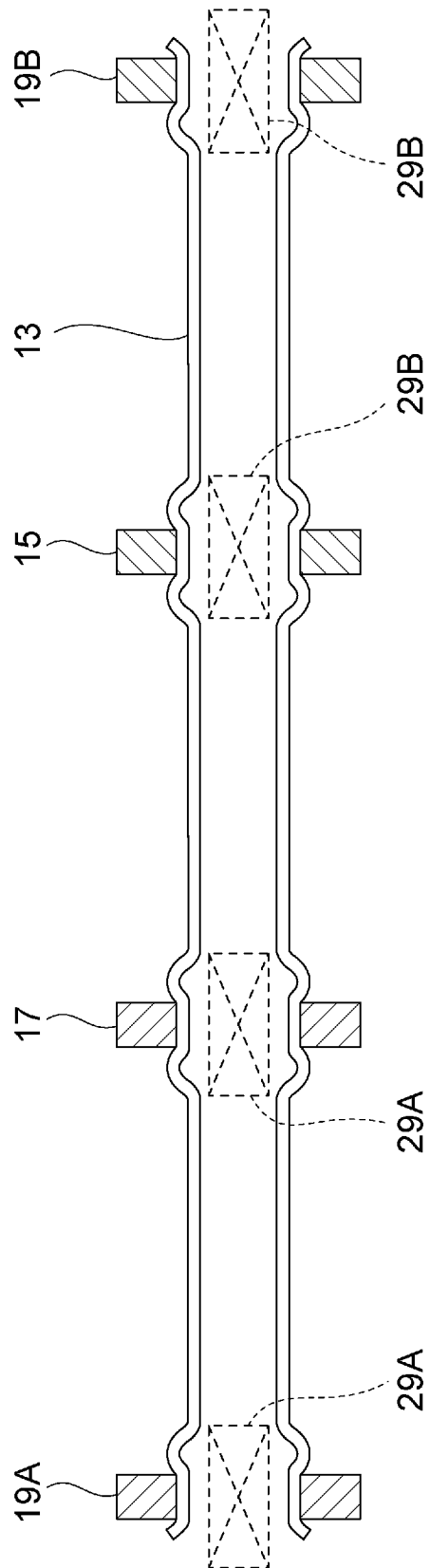
[図5B]



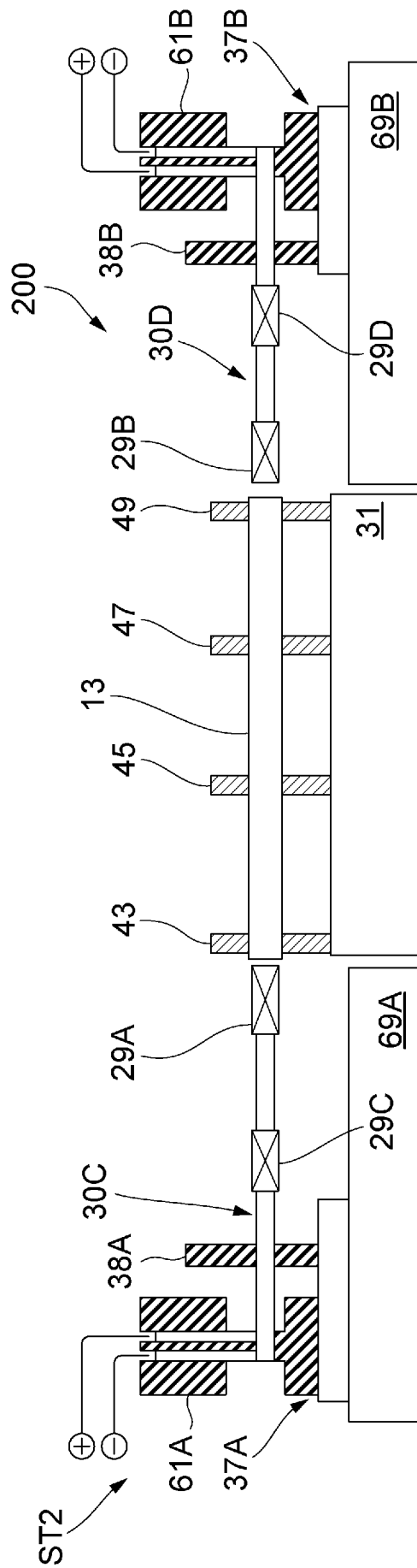
[図5C]



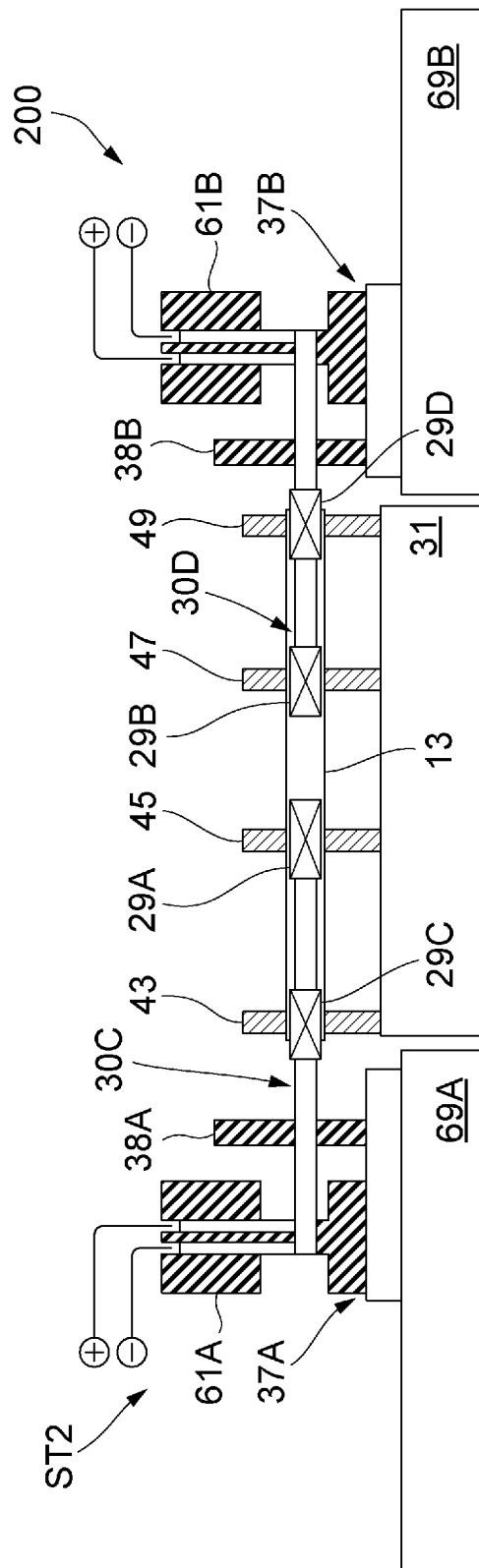
[図6B]



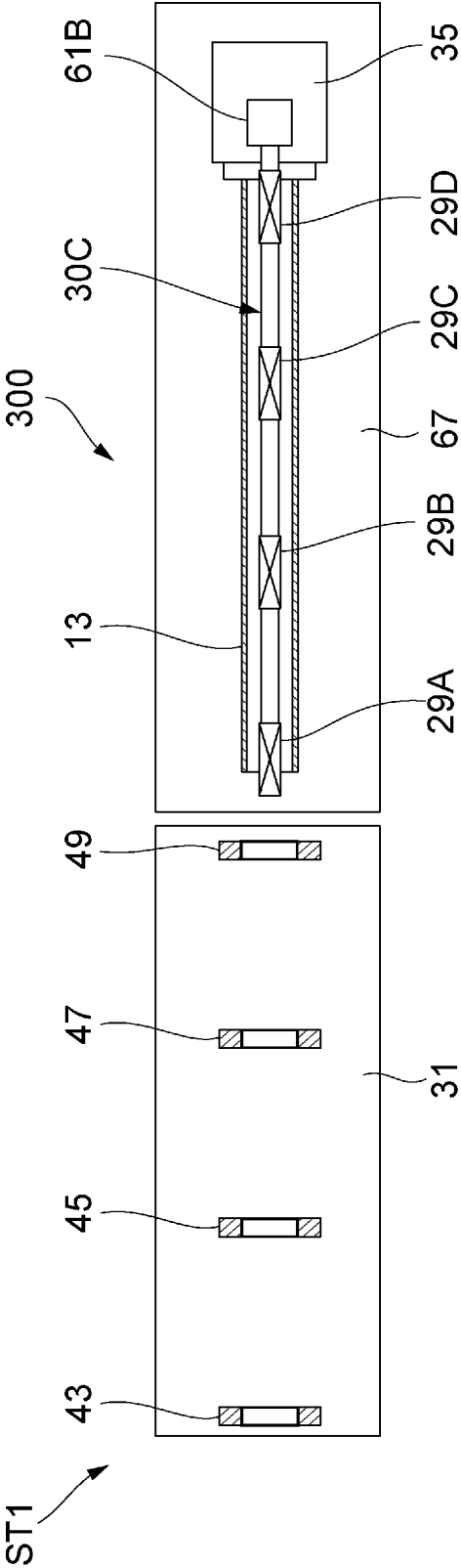
[図7A]



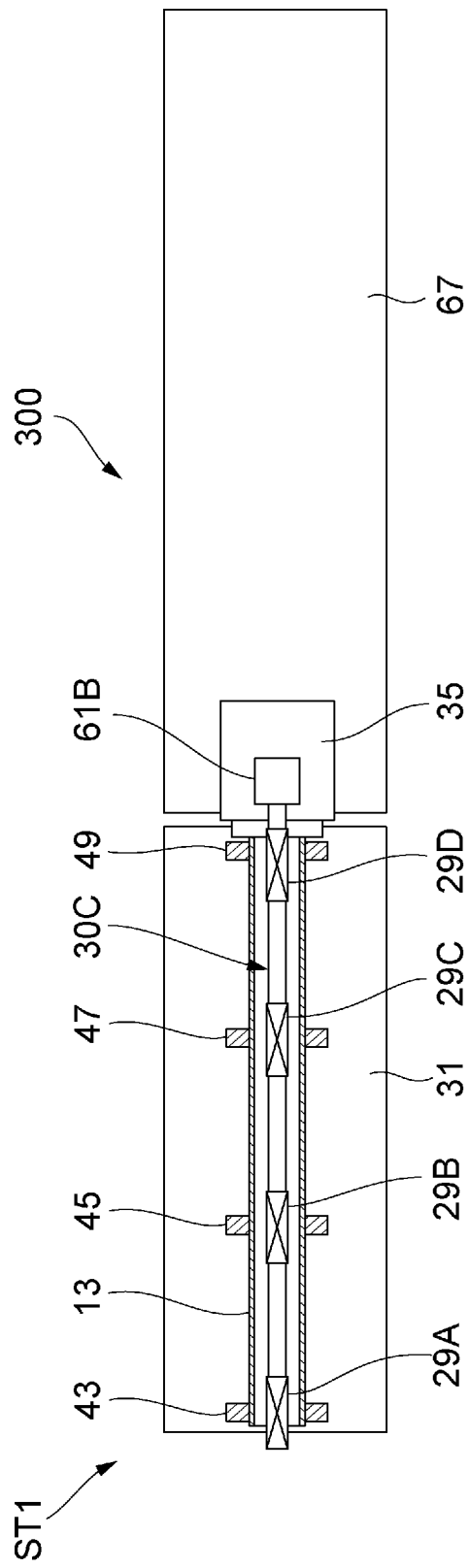
[図7B]



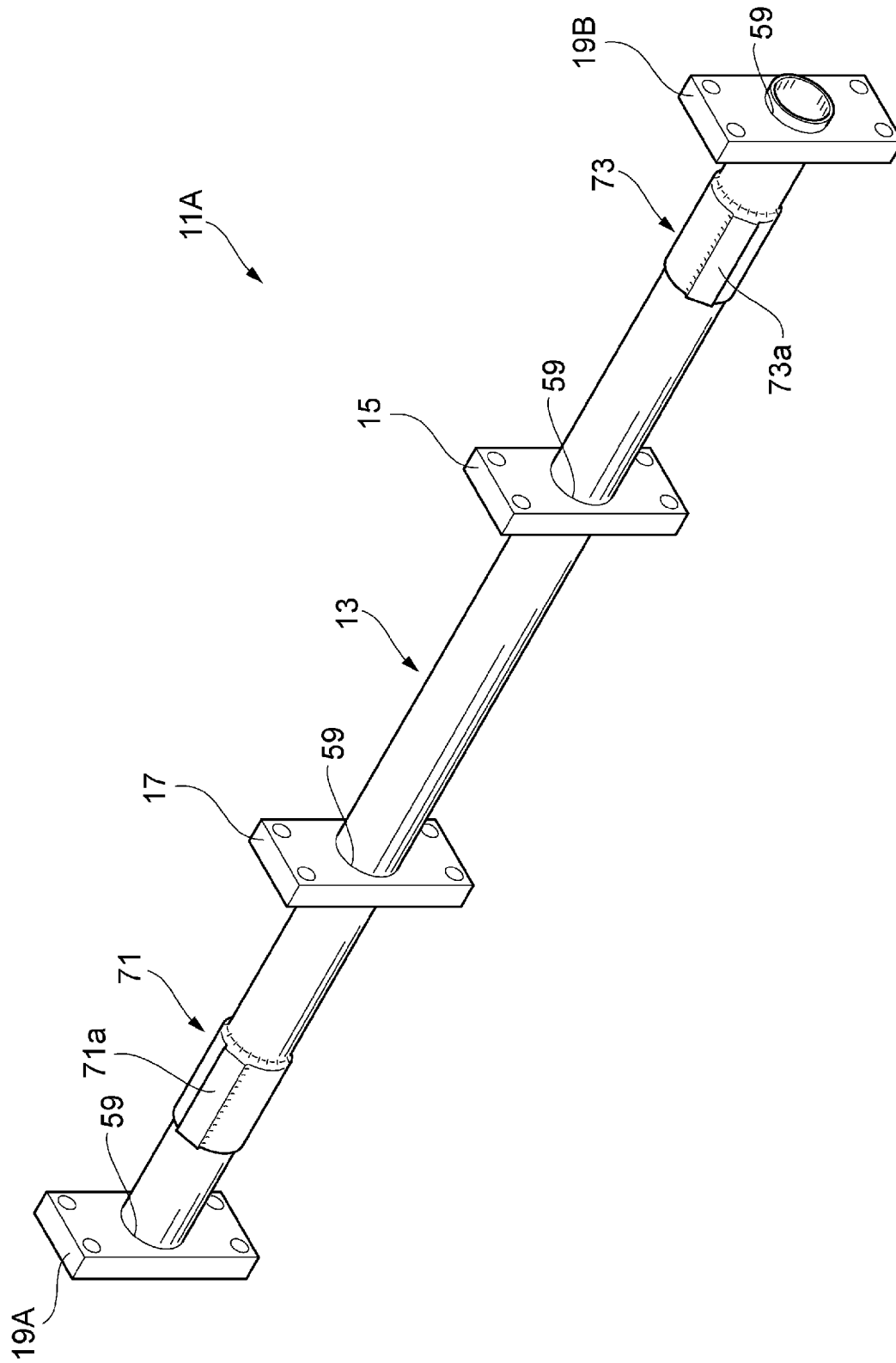
[図8A]



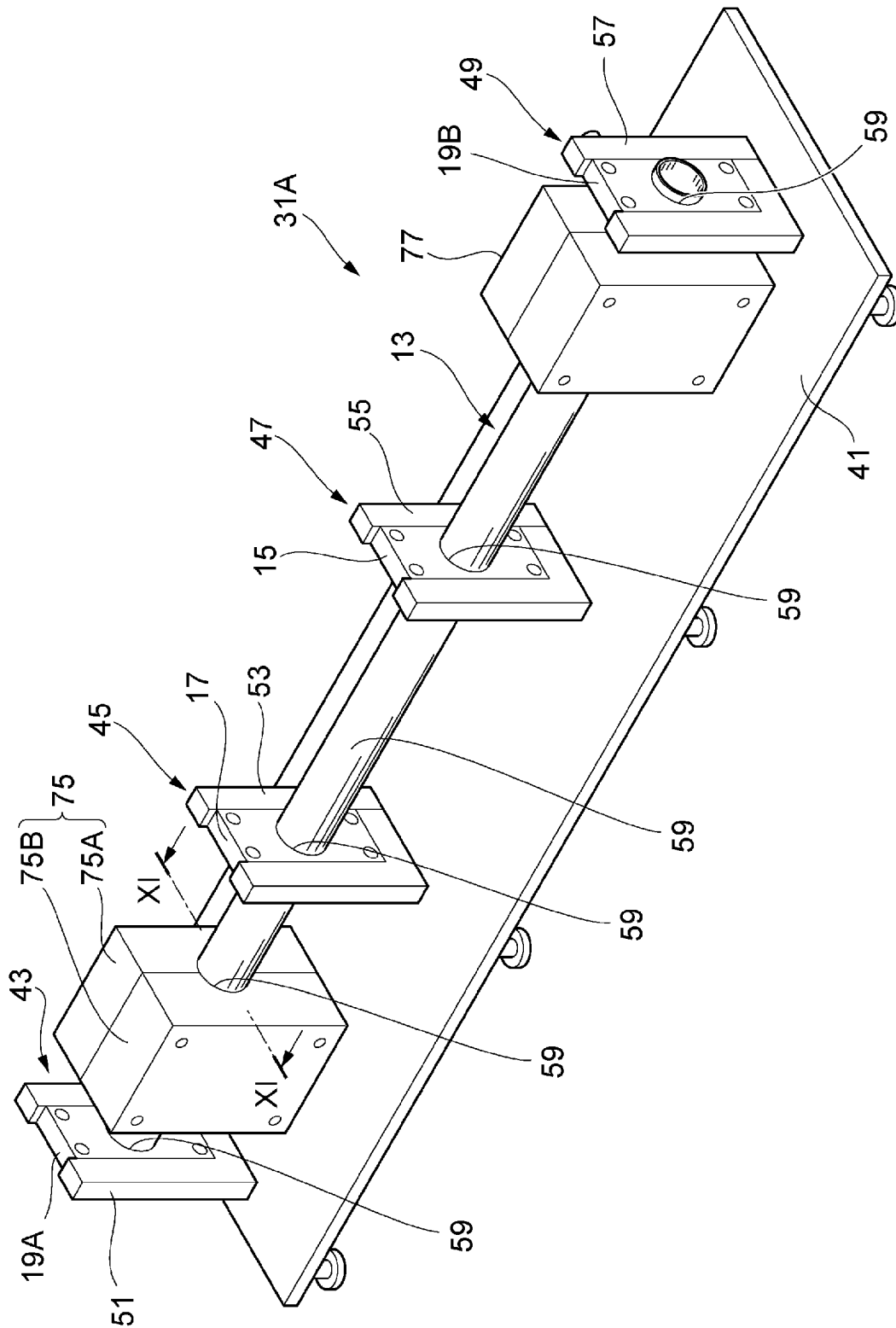
[図8B]



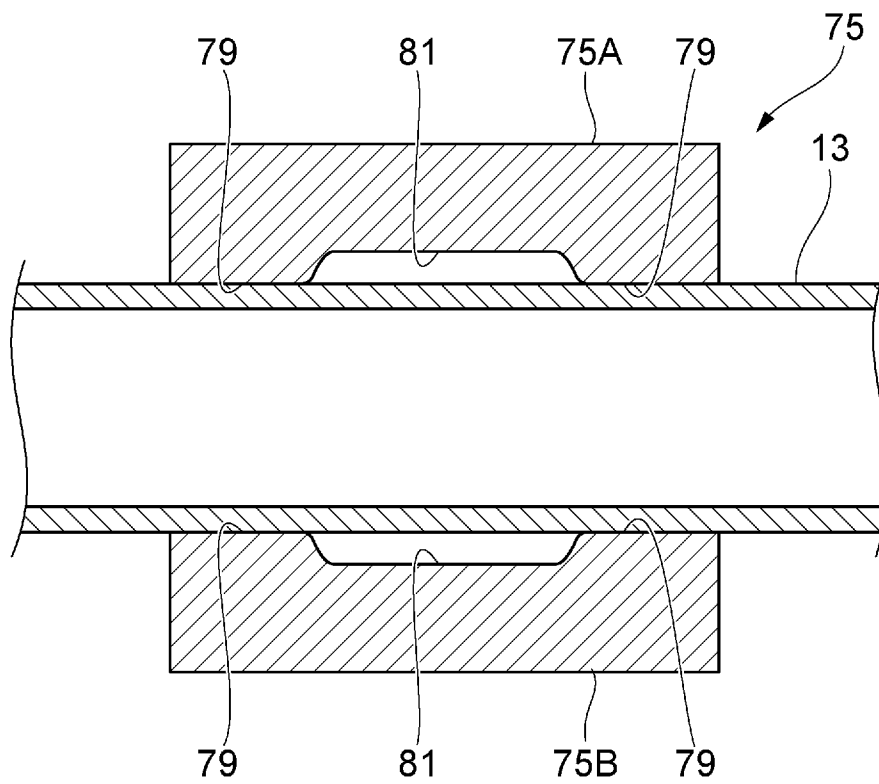
[図9]



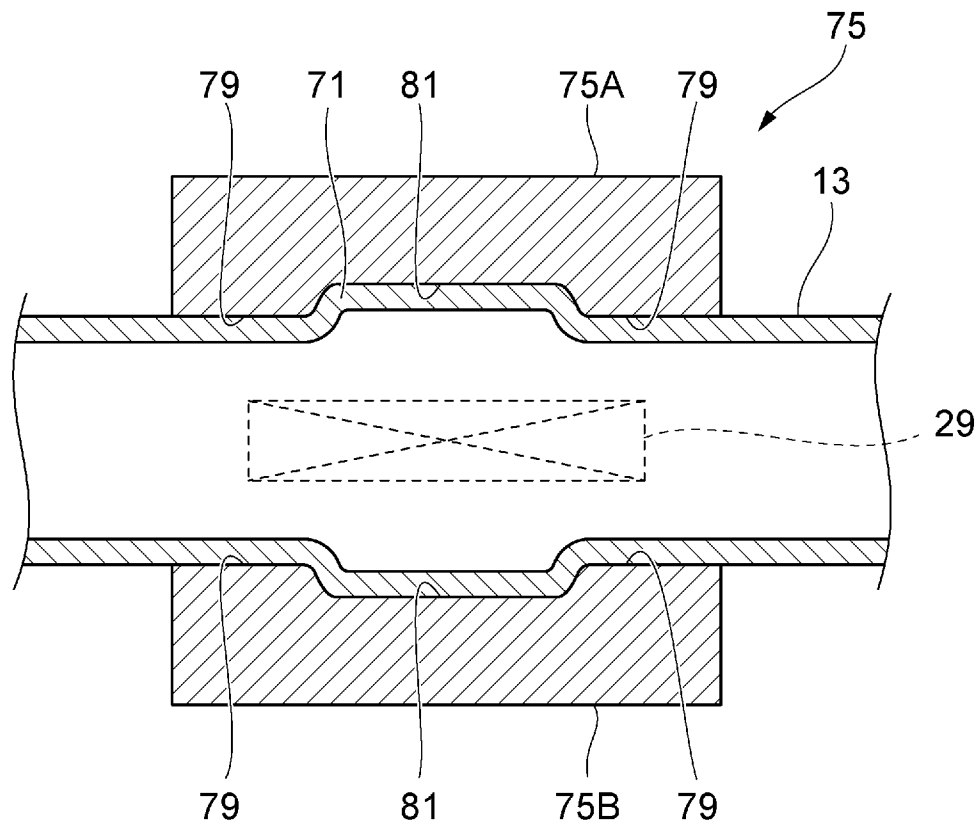
[図10]



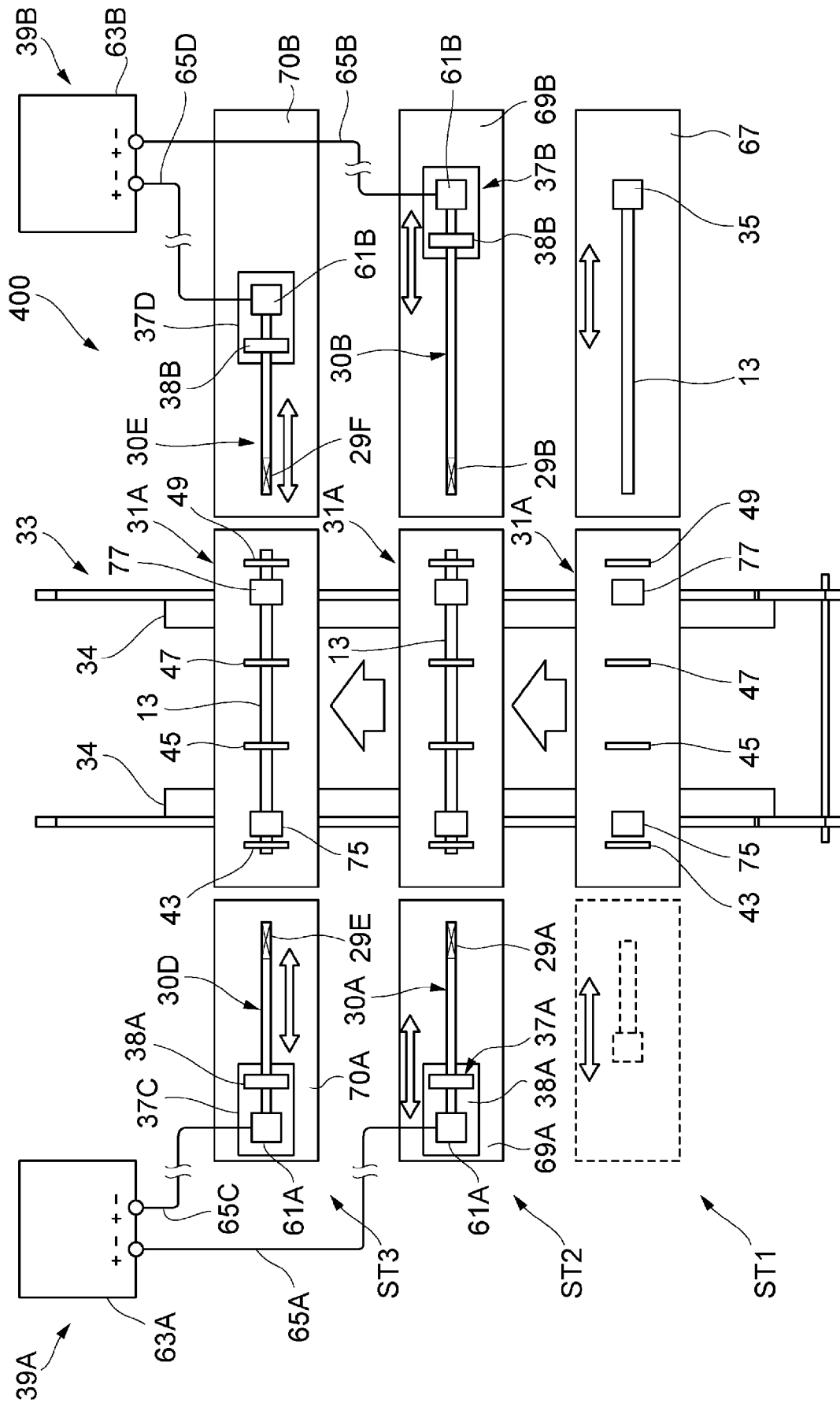
[図11A]



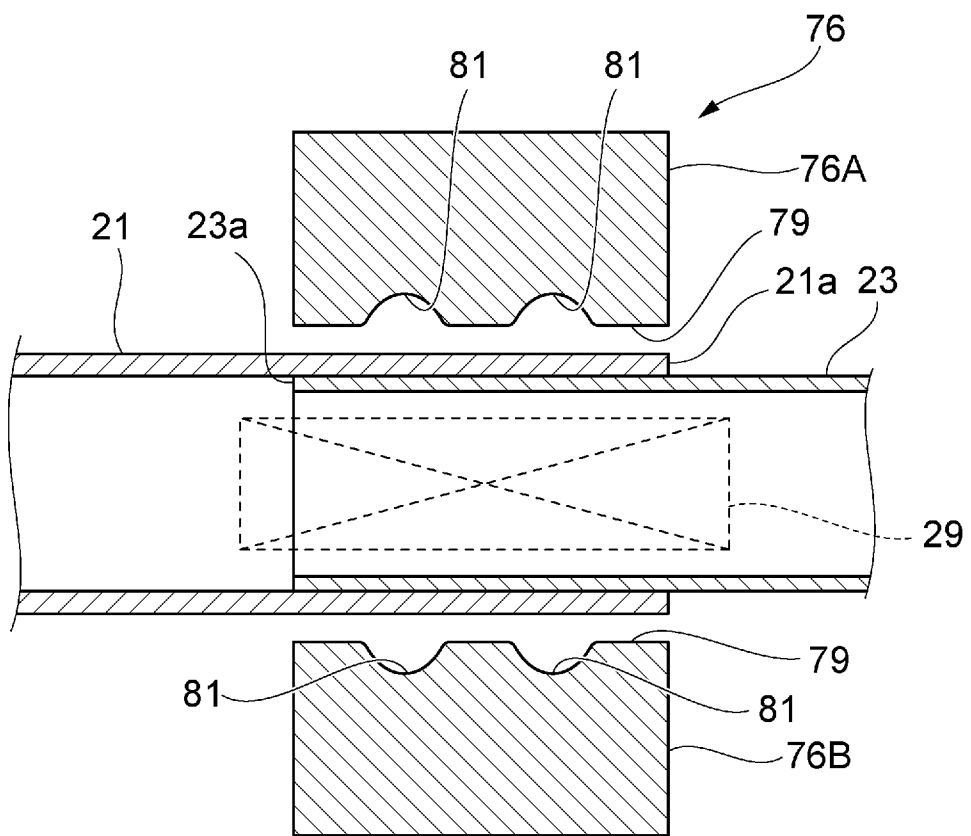
[図11B]



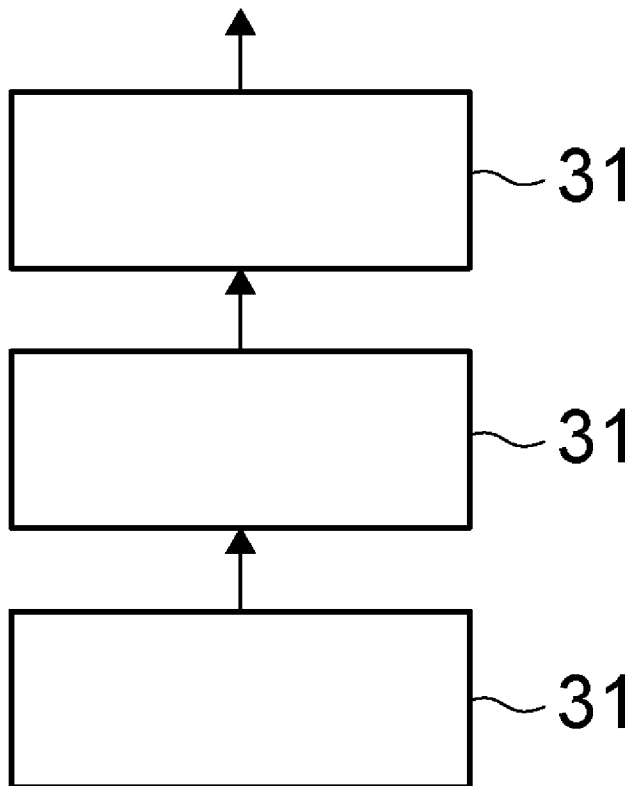
[図12]



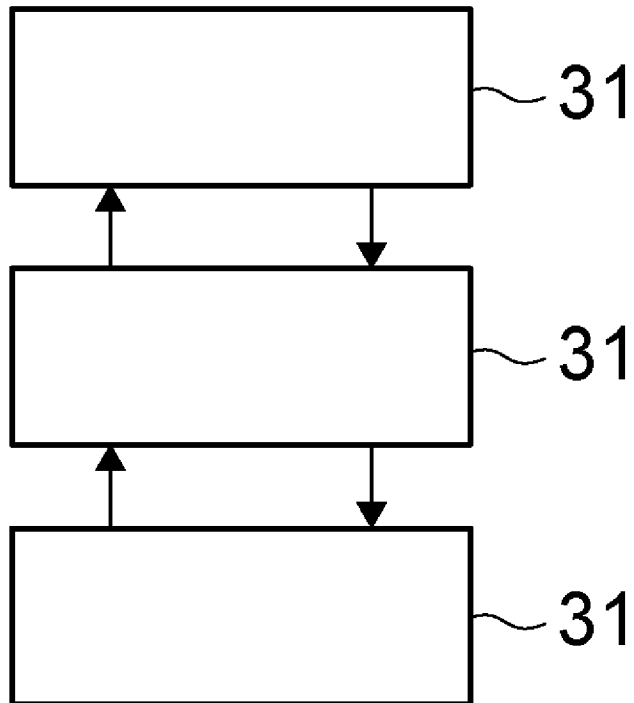
[図13A]



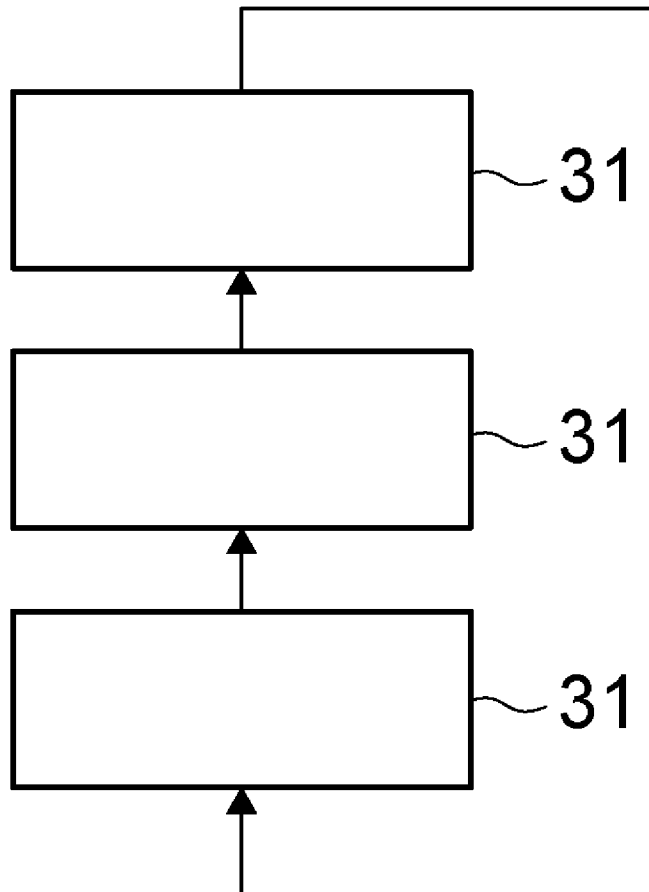
[図14A]



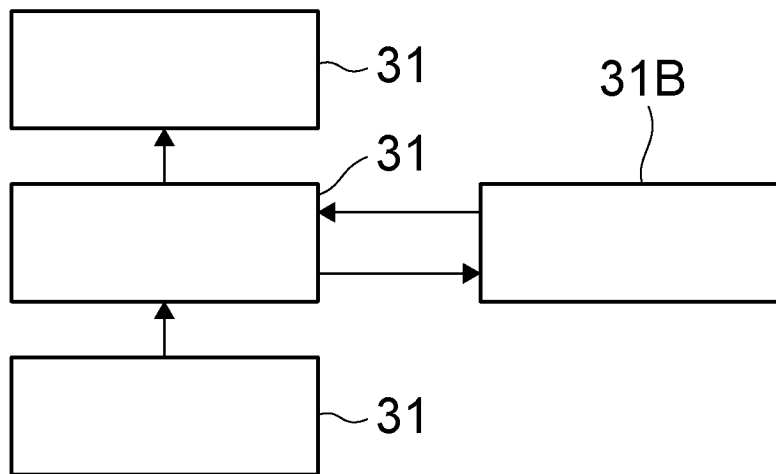
[図14B]



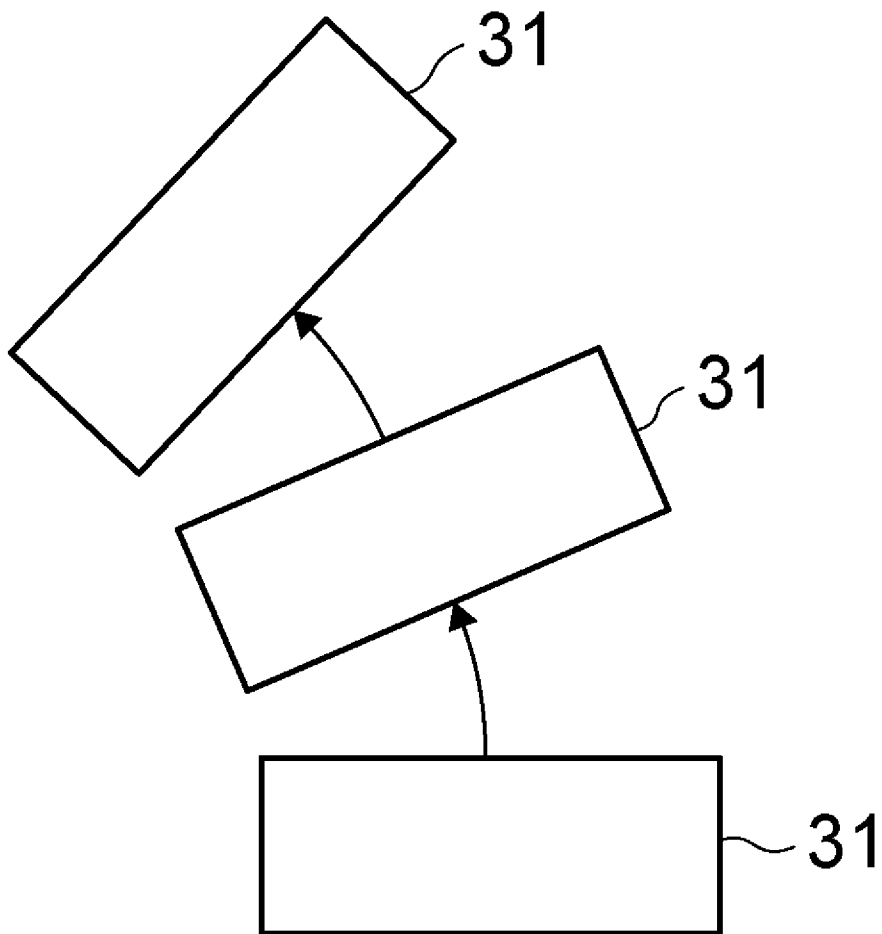
[図14C]



[図14D]



[図14E]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/026404

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B21D39/08 (2006.01) i, B21D39/04 (2006.01) i, B21D39/06 (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)

Int.Cl. B21D39/08, B21D39/04, B21D39/06, B23P21/00, B62D25/08

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 2006-264469 A (SHOWA DENKO KABUSHIKI KAISHA) 05 October 2006, paragraphs [0032]-[0079], fig. 1-10 (Family: none)	1-20
A	CN 103978086 A (XIANGTAN UNIVERSITY) 13 August 2014, paragraph [0021], fig. 1 (Family: none)	1-20
A	JP 3-73233 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 28 March 1991, entire text, all drawings (Family: none)	1-20

☐ 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

"I" 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
04 October 2018 (04.10.2018)

Date of mailing of the international search report
16 October 2018 (16.10.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B21D39/08(2006.01)i, B21D39/04(2006.01)i, B21D39/06(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（I P C））

Int.Cl. B21D39/08, B21D39/04, B21D39/06, B23P21/00, B62D25/08,

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 8 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 2006-264469 A（昭和電工株式会社）2006.10.05, 段落 [0032] - [0079], 図1-10（ファミリーなし）	1-20
A	CN 103978086 A（湘潭大学）2014.08.13, 段落 [0021], 図1 （ファミリーなし）	1-20
A	JP 3-73233 A（本田技研工業株式会社）1991.03.28, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-20

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

0 4 . 1 0 . 2 0 1 8

国際調査報告の発送日

1 6 . 1 0 . 2 0 1 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

石川 健一

3 P

3 5 0 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 3