



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))

perpendicular direction and the direction of the trajectory of the torch on the base surface. When a weld bead is formed on the base surface, a bead height and bead width are selected from the map in accordance with the base surface incline angle and the trajectory incline angle, and the weld bead is formed at the selected bead height and bead width.

(57) 要約：垂れやハンピングなどの不具合なく溶着ビードを効率よく形成して造形物を造形できる造形物の製造方法及び製造装置を提供する。溶加材を溶融及び凝固させた溶着ビードをトーチで形成する際に、溶着ビードを形成する基面が鉛直方向と成す基面傾斜角と、基面上におけるトーチの軌道方向が鉛直方向と成す軌道傾斜角とに応じたビード高さ及びビード幅のマップを予め作成する。そして、基面に溶着ビードを形成する際に、基面傾斜角と軌道傾斜角とに応じてマップからビード高さ及びビード幅を選択し、選択したビード高さ及びビード幅で溶着ビードを形成する。

## 明 細 書

**発明の名称**：造形物の製造方法及び製造装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、造形物の製造方法及び製造装置に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、生産手段としての3Dプリンタのニーズが高まっており、特に金属材料への適用については航空機業界等で実用化に向けて研究開発が行われている。例えば、金属材料を用いた3Dプリンタは、レーザやアーク等の熱源を用いて、金属粉体や金属ワイヤを溶融させ、溶融金属を積層させて造形物を造形する。

[0003] このような造形物を造形する技術として、第1溶接ビードの伸延方向の中心線から偏位させて第2溶接ビードを積層して形成する場合に、送出する溶滴の溶滴量を制御するパラメータ値を中心線からの偏位量に基づいて演算して溶接トーチ及び溶接トーチを移動させる移動機構を制御する技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2015-160217号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、溶着ビードを基面に形成する際に、その基面が傾斜していると、形成する溶着ビードに重力の影響による垂れが生じるおそれがある。また、溶着ビードが垂れないように溶接トーチの移動速度を速めると、溶着ビードが途切れるハンピングが生じるおそれがある。

[0006] 本発明の目的は、垂れやハンピングなどの不具合なく溶着ビードを効率よく形成して造形物を造形することが可能な造形物の製造方法及び製造装置を提供することにある。

## 課題を解決するための手段

[0007] 本発明は下記の構成からなる。

(1) 溶加材を溶融及び凝固させた溶着ビードをトーチで形成して造形物を造形する造形物の製造方法であって、

前記溶着ビードを形成する基面が鉛直方向と成す基面傾斜角 $\theta$ と、前記基面上における前記トーチの軌道方向が鉛直方向と成す軌道傾斜角 $\phi$ とに応じたビード高さ $BH$ 及びビード幅 $BW$ のマップを予め作成し、

前記基面に溶着ビードを形成する際に、前記基面傾斜角 $\theta$ と前記軌道傾斜角 $\phi$ とに応じて前記マップからビード高さ $BH_0$ 及びビード幅 $BW_0$ を選択し、

選択したビード高さ $BH_0$ 及びビード幅 $BW_0$ で前記溶着ビードを形成する造形物の製造方法。

(2) 溶加材を溶融及び凝固させた溶着ビードにより、基面上に造形物を造形する造形物の製造装置であって、

前記溶着ビードを形成するトーチと、

前記トーチを前記基面に対して相対移動させる移動機構と、

前記基面が鉛直方向と成す基面傾斜角及び前記基面上における前記トーチの軌道方向が鉛直方向と成す軌道傾斜角に応じたビード高さ及びビード幅のマップが記憶された記憶部と、

前記基面に溶着ビードを形成する際に、前記記憶部の前記マップから前記基面傾斜角と前記軌道傾斜角とに応じたビード高さ及びビード幅を選択して前記移動機構及び前記トーチを制御し、前記溶着ビードを形成する制御部と

を備える造形物の製造装置。

## 発明の効果

[0008] 本発明によれば、垂れやハンピングなどの不具合なく溶着ビードを効率よく形成して造形物を造形することができる。

## 図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の造形物を製造する製造システムの模式的な概略構成図である。

[図2A]溶着ビードを積層させた造形物の正面図である。

[図2B]溶着ビードを積層させた造形物の側面図である。

[図3]溶着ビードの形成の仕方を説明する図であって、(a)は側面図、(b)は正面図である。

[図4](a)及び(b)は、それぞれ溶着ビードを形成する際に用いるプロセスウインドウを示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 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。

図1は本発明の造形物を製造する製造システムの模式的な概略構成図である。

本構成の製造システム100は、積層造形装置11と、積層造形装置11を統括制御するコントローラ15と、を備える。

[0011] 積層造形装置11は、先端軸にトーチ17を有する溶接ロボット19と、トーチ17に溶加材(溶接ワイヤ)Mを供給する溶加材供給部23とを有する。

[0012] コントローラ15は、CAD/CAM部31と、軌道演算部33と、記憶部35と、これらが接続される制御部37と、を有する。

[0013] 溶接ロボット19は、多関節ロボットであり、先端軸に設けたトーチ17には、溶加材Mが連続供給可能に支持される。トーチ17の位置や姿勢は、ロボットアームの自由度の範囲で3次元的に任意に設定可能となっている。

[0014] トーチ17は、不図示のシールドノズルを有し、シールドノズルからシールドガスが供給される。本構成で用いられるアーク溶接法としては、被覆アーク溶接や炭酸ガスアーク溶接等の消耗電極式、TIG溶接やプラズマアーク溶接等の非消耗電極式のいずれであってもよく、作製する造形物Wに応じて適宜選定される。

[0015] 例えば、消耗電極式の場合、シールドノズルの内部にはコンタクトチップが配置され、溶融電流が給電される溶加材Mがコンタクトチップに保持され

る。トーチ17は、溶加材Mを保持しつつ、シールドガス雰囲気中で溶加材Mの先端からアークを発生する。溶加材Mは、ロボットアーム等に取り付けた不図示の繰り出し機構により、溶加材供給部23からトーチ17に送給される。そして、トーチ17を移動しつつ、連続送給される溶加材Mを溶融及び凝固させると、ベースプレート41上に溶加材Mの溶融凝固体である線状の溶着ビード25が形成される。

[0016] 溶加材Mを溶融させる熱源としては、上記したアークに限らない。例えば、アークとレーザとを併用した加熱方式、プラズマを用いる加熱方式、電子ビームやレーザを用いる加熱方式等、他の方式による熱源を採用してもよい。電子ビームやレーザにより加熱する場合、加熱量を更に細かく制御でき、溶着ビードの状態をより適正に維持して、積層構造物の更なる品質向上に寄与できる。

[0017] CAD/CAM部31は、作製しようとする造形物Wの形状データを作成した後、複数の層に分割して各層の形状を表す層形状データを生成する。軌道演算部33は、生成された層形状データに基づいてトーチ17の移動軌跡を求める。記憶部35は、生成された層形状データやトーチ17の移動軌跡等のデータを記憶する。

[0018] 制御部37は、記憶部35に記憶された層形状データやトーチ17の移動軌跡に基づく駆動プログラムを実行して、溶接ロボット19を駆動する。

[0019] 制御部37は、記憶部35に記憶された層形状データやトーチ17の移動軌跡に基づく駆動プログラムを実行して、溶接ロボット19を駆動する。つまり、溶接ロボット19は、コントローラ15からの指令により、軌道演算部33で生成したトーチ17の移動軌跡に基づき、溶加材Mをアークで溶融させながらトーチ17を移動する。図1においては、鉛直面に対して傾斜した鋼板からなるベースプレート41上に複数の溶着ビード25を斜めに形成して並べて造形物Wを造形する様子を示している。

[0020] 上記構成の製造システム100は、設定された層形状データから生成されるトーチ17の移動軌跡に沿って、トーチ17を溶接ロボット19の駆動に

より移動させながら、溶加材Mを溶融させ、溶融した溶加材Mをベースプレート41上に供給する。これにより、例えば、図2A及び図2Bに示すように、鉛直面に対して傾斜したベースプレート41に複数の線状の溶着ビード25が斜めに形成されて並べられて複数層に積層された造形物Wが造形される。

[0021] ところで、図3の(a)及び(b)に示すように、鉛直面に対して傾斜したベースプレート41に、鉛直方向に対して斜めにトーチ17を移動させて溶着ビード25を形成する場合、形成する溶着ビード25に、重力の影響による垂れが生じるおそれがある。この重力の影響は、ベースプレート41の表面である基面と鉛直方向との成す角(基面傾斜角) $\theta$ が小さいほど大きくなり、また、ベースプレート41上におけるトーチ17の軌道方向と鉛直方向との成す角(軌道傾斜角) $\phi$ が大きいほど大きくなる。このように、形成する溶着ビード25が重力の影響を大きく受ける場合、トーチ17の移動速度Vを速めることで垂れを抑制できるが、溶着ビード25が途切れるハンピングが生じるおそれがある。

[0022] このため、本実施形態では、コントローラ15の制御部37が、溶接ロボット19及びトーチ17を制御し、形成する溶着ビード25における垂れ及びハンピングを抑制する重力影響抑制制御を行う。以下、制御部37による重力影響抑制制御について説明する。

[0023] 記憶部35には、予め作成されたマップが記憶されている。このマップは、鉛直面に対するベースプレート41の基面傾斜角 $\theta$ 及びベースプレート41上におけるトーチ17の軌道方向の鉛直方向に対する軌道傾斜角 $\phi$ に応じたビード高さBH及びビード幅BWのマップである。このマップは、基面傾斜角 $\theta$ 及び軌道傾斜角 $\phi$ に対して溶着ビード25の垂れ及びハンピングが生じることのない溶着ビード25のビード高さBH及びビード幅BWのデータのマップであり、予め実験等によって求めた作成したものである。このマップの作成にあたっては、溶着ビード25における重力影響の指標として $\cos \theta \sin \phi$ を用いる。

- [0024] 層形状データに基づいて軌道演算部33がトーチ17の移動軌跡を求めると、制御部37は、記憶部35に記憶されたマップに基づいて、トーチ17の移動軌跡に応じた溶着ビード25のビード高さBH及びビード幅BWを選択する。
- [0025] さらに、制御部37は、選択したビード高さBH及びビード幅BWで溶着ビード25を形成するためのトーチ17の移動速度V及びアークを発生させるための電流値Iを決定する。記憶部35には、基面傾斜角 $\theta$ 毎の移動速度V及び電流値Iのプロセスウインドウ（適用範囲）がマップとして記憶されている。
- [0026] 図4の（a）及び（b）は、ベースプレート41が鉛直面とされた基面傾斜角 $\theta$ が $0^\circ$ のときのトーチ17の移動速度V及びアークの発生のための電流値IのプロセスウインドウPWを示している。図4の（a）及び（b）に示すように、移動速度V及び電流値IのプロセスウインドウPWは、軌道傾斜角 $\phi$ が大きくなるにしたがって重力の影響が大きくなるため次第に狭くなる範囲となっている。
- [0027] 制御部37は、例えば、基面傾斜角 $\theta$ が $0^\circ$ のときに、図4の（a）及び（b）に示すプロセスウインドウPWに対して、移動軌跡の軌道傾斜角 $\phi$ をあてはめることで、選択したビード高さBH及びビード幅BWで溶着ビード25を形成するためのトーチ17の移動速度V及びアークを発生させるための電流値Iを決定する。
- [0028] 制御部37は、移動速度V及び電流値Iの決定後、溶接ロボット19を駆動させ、生成された移動軌跡に沿って溶着ビード25を形成する際に、決定した移動速度Vでトーチ17を移動させ、決定した電流値Iでアークを発生させる。そして、ベースプレート41上に、選択したビード高さBH及びビード幅BWの溶着ビード25を形成する。これにより、ベースプレート41には、垂れやハンピングを生じさせることなく、生成した移動軌跡に沿って溶着ビード25が形成され、造形物Wが造形される。
- [0029] ここで、造形物の形状等によっては、どうしてもマップから選択したビー

ド高さBHやビード幅BWとはサイズが異なる溶着ビード25を積層してしまう可能性がある。その場合には、マップを用いてビード高さBHやビード幅BWの選択を修正すればよい。

[0030] この修正をフィードバック制御で実施する際の制御パラメータとしては、ビード高さBHやビード幅BWは、あくまで目標とする指標であって、直接制御できるパラメータではないため適切でない。一方、基面傾斜角 $\theta$ 、及び軌道傾斜角 $\phi$ は、ベースプレート41が載置されたステージの移動やトーチの移動方向等により、ある程度調整できるパラメータである。そこで、基面傾斜角 $\theta$ 、及び軌道傾斜角 $\phi$ を制御パラメータに用いてビード高さBHやビード幅BWの修正を行う。このとき、 $\cos\theta\sin\phi$ の値の連続的（又は段階的）な変化の情報を予め求めておき、この情報を盛り込んで能動的にフィードバック制御することで、効率のよい修正が行える。

[0031] 具体的には、表1に示すように、基面傾斜角 $\theta_0$ 、及び軌道傾斜角 $\phi_0$ で溶着ビードを形成する際、ビード形成の実績情報であるマップを参照して、ビード高さBH<sub>0</sub>及びビード幅BW<sub>0</sub>を選択する。選択されたBH<sub>0</sub>、BW<sub>0</sub>に対応するビード形成を制御の指令値として、溶着ビードを形成する。その溶着ビードをビード形成後に計測したところ、ビードの基面傾斜角が $\theta_m$ 、軌道傾斜角が $\phi_m$ であったとする。また、これら $\theta_m$ 、 $\phi_m$ をマップに照合すると、実際に積層される溶着ビードのビード幅はBW<sub>1</sub>、ビード高さはBH<sub>1</sub>であると期待されるとする。

[0032]

[表1]

	基面傾斜角 $\theta$	軌道傾斜角 $\phi$	ビード幅BW	ビード高さBH
当初選択したビード条件	$\theta_0$	$\phi_0$	BW <sub>0</sub>	BH <sub>0</sub>
実績値 $\theta_m$ , $\phi_m$ に対応するビード形成条件	$\theta_m$	$\phi_m$	BW <sub>1</sub>	BH <sub>1</sub>
フィードバック後に対応するビード形成条件	$\theta_0 + \alpha$	$\phi_0 + \beta$	BW <sub>2</sub>	BH <sub>2</sub>

表1

[0033] この場合、実際に積層される溶着ビードのサイズが正確にBW<sub>0</sub>, BH<sub>0</sub>となるように、当初選択したビードサイズであるBH<sub>0</sub>, BW<sub>0</sub>の値を修正する

。つまり、ビードサイズを $BH_0$ 、 $BW_0$ に設定して溶着ビードを形成しても、実際の溶着ビードのビードサイズが $BH_0$ 、 $BW_0$ とは異なってしまふ。そこで、マップから当初選択した $BH_0$ 、 $BW_0$ の値を、ビード形成後のビードサイズが適正值（ $BH_0$ 、 $BW_0$ ）になるように予め修正しておく。

[0034] 具体的には、計測された溶着ビードの形状（ビード高さ、ビード幅）に対応する基面傾斜角 $\theta$ の実績値 $\theta_m$ と、軌道傾斜角 $\phi$ の実績値 $\phi_m$ とを計測により求める。

[0035] 次に、基面傾斜角 $\theta$ と軌道傾斜角 $\phi$ の実績値 $\theta_m$ 、 $\phi_m$ に対応するビード高さ $BH_1$ 及びビード幅 $BW_1$ をマップから求める。そして、当初選択したビード高さ $BH_0$ とビード幅 $BW_0$ との差分 $\Delta BH$ （ $=BH_0 - BH_1$ ）、 $\Delta BW$ （ $=BW_0 - BW_1$ ）を求める。

[0036] 求めた差分 $\Delta BH$ 、 $\Delta BW$ を加算したビード高さ $BH_2$ （ $=BH_1 + \Delta BH$ ）及びビード幅 $BW_2$ （ $=BW_1 + \Delta BW$ ）の条件でマップを検索し、これに対応する基面傾斜角 $\theta + \alpha$ と軌道傾斜角 $\phi + \beta$ とを求める（ $\alpha$ 、 $\beta$ は補正された角度）。

[0037] そして、ビード形成の制御指令として、基面傾斜角 $\theta + \alpha$ 、軌道傾斜角 $\phi + \beta$ となるように溶着ビードを積層する指令に修正する。つまり、当初選択したビード条件の選択結果（ $BH_0$ 、 $BW_0$ ）を修正値（ $BH_2$ 、 $BW_2$ ）に変更した状態でビード形成する。

[0038] このようにして、予め用意されたマップから選択したビード高さ $BH_0$ とビード幅 $BW_0$ を満たす溶着ビードを実際に積層できるように、制御指令を修正することができる。なお、ビード高さやビード幅の実績値を造形中の表面形状計測から直接評価しない理由は、造形中の表面形状から各溶接ビードの正確なビード高さやビード幅を評価することが困難だからである。

[0039] 溶着ビードの表面形状測定は、例えば光切断法などが利用可能である。その場合、基面傾斜角 $\theta$ については、図2Aで示される溶着ビード25の上面がなす形状を測ることで、基面がベースプレート41でなく、溶着ビード25のなす上面である場合にも厳密に対応できる。また、軌道傾斜角 $\phi$ につい

ては、積層された溶着ビードの形状を3次元形状計測した結果から最も高い頂点を抽出するなどして溶着ビードの延伸方向を求め、この溶着ビードの延伸方向から求めることができる。

[0040] さらに、基面傾斜角 $\theta$ は、図3の(a)や(b)に示すような外観写真をビード積層毎にカメラで撮像すれば、十分な精度で把握することができる。また、ビード層の2層目以降はビード上面が基面になるが、これを正確に把握できる。

そして、軌道傾斜角 $\phi$ は、演算による方法以外にも、トーチにレーザートラッカーを取り付けるなどして求めることもできる。

[0041] このように、予め実績値 $\theta_m$ や $\phi_m$ を把握しておけば、その情報を盛り込んで、より適切な形状の条件の溶着ビードを選択できる。

[0042] さらに、基面傾斜角 $\theta$ 又は軌道傾斜角 $\phi$ のいずれか一方を固定値と見なすことで、フィードバック制御による $\cos\theta\sin\phi$ の値の把握をより短時間で行うこともできる。

[0043] 上記の方法は、マップから所定の条件を満たすビード条件の選択を、実績から考えてやり直すフィードバック制御の一例であるが、選択したビードの条件と合致するように、溶接条件等を変更するフィードバック制御としてもよい。

[0044] 具体的には、 $\cos\theta\sin\phi$ の値が大きくなると、溶着ビードは重力影響によって垂れやすくなる。そのため、マップから選択した基面傾斜角 $\theta$ 及び軌道傾斜角 $\phi$ により算出される $\cos\theta\sin\phi$ の値が過大となる場合は、入熱量を下げて溶着ビードの垂れを防止する。例えば、溶接電流を下げる、トーチ移動速度を上げるなどの溶接条件を変更する。

[0045] 以上、説明したように、本実施形態にかかる造形物の製造方法及び製造装置によれば、ベースプレート41の表面からなる基面の鉛直面に対する基面傾斜角 $\theta$ 及び基面上におけるトーチ17の軌道方向の鉛直方向に対する軌道傾斜角 $\phi$ に応じたビード高さBH及びビード幅BWをマップから選択し、その選択したビード高さBH及びビード幅BWで溶着ビード25を形成する。

したがって、あらゆる基面傾斜角 $\theta$ 及び軌道傾斜角 $\phi$ において溶着ビード25に垂れやハンピングが生じないビード高さBH及びビード幅BWのマップを予め設定しておくことで、溶着ビード25を形成する基面が鉛直面に対して傾いていたり、トーチ17の軌道方向が鉛直方向に対して傾いていたりしても、垂れやハンピングなどの発生を極力抑えつつ溶着ビード25を形成することができる。これにより、タクトタイムを抑えつつ高品質な造形物Wを製造できる。

[0046] また、マップから選択したビード高さBH、ビード幅BWを、実績値を用いてより適正な値に変更したり、トーチ17の移動速度V及びアークを発生させる電流値Iを制御したりすることで、溶着ビード25を容易にかつ的確に形成することができる。

[0047] 特に、重力影響の指標として $\cos\theta\sin\phi$ を用いたマップからビード高さBH及びビード幅BWを選択して溶着ビード25を形成することで、重力影響による垂れが抑制された溶着ビード25を円滑に形成することができる。

[0048] 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。

[0049] 例えば、上記実施形態では、ベースプレート41の表面を基面として溶着ビード25を形成する場合を例示したが、溶着ビード25を形成する基面は、ベースプレート41などの板体に限らない。例えば、溶着ビード25を積層させる場合は、下層側の溶着ビード25の上面が基面となる。

[0050] 例えば、本構成の積層造形装置11は、移動機構として溶接ロボット19を用いているが、これに限らず、トーチ17をベースプレート41に対して相対移動できる構成であってもよい。その場合、トーチ17の軌道とは、トーチ17とベースプレート41との相対移動の軌道を意味する。

[0051] 以上の通り、本明細書には次の事項が開示されている。

(1) 溶加材を溶融及び凝固させた溶着ビードをトーチで形成して造形物

を造形する造形物の製造方法であって、

前記溶着ビードを形成する基面が鉛直方向と成す基面傾斜角 $\theta$ と、前記基面上における前記トーチの軌道方向が鉛直方向と成す軌道傾斜角 $\phi$ とに応じたビード高さ $BH$ 及びビード幅 $BW$ のマップを予め作成し、

前記基面に溶着ビードを形成する際に、前記基面傾斜角 $\theta$ と前記軌道傾斜角 $\phi$ とに応じて前記マップからビード高さ $BH_0$ 及びビード幅 $BW_0$ を選択し、

選択したビード高さ $BH_0$ 及びビード幅 $BW_0$ で前記溶着ビードを形成する造形物の製造方法。

この造形物の製造方法によれば、基面の鉛直面に対する基面傾斜角 $\theta$ 及び基面上におけるトーチの軌道方向の鉛直方向に対する軌道傾斜角 $\phi$ に応じたビード高さ $BH_0$ 及びビード幅 $BW_0$ をマップから選択し、その選択したビード高さ $BH_0$ 及びビード幅 $BW_0$ で溶着ビードを形成する。したがって、あらゆる基面傾斜角 $\theta$ 及び軌道傾斜角 $\phi$ において溶着ビードに垂れやハンピングが生じないビード高さ $BH_0$ 及びビード幅 $BW_0$ のマップを予め設定しておくことで、溶着ビードを形成する基面が鉛直面に対して傾いていたり、トーチの軌道方向が鉛直方向に対して傾いていたりしても、垂れやハンピングなどの発生を極力抑えつつ溶着ビードを形成することができる。これにより、タクトタイムを抑えつつ高品質な造形物を製造できる。

[0052] (2) 前記溶着ビードを形成する前に、既に積層した溶着ビードの表面形状を計測することで、前記ビード高さ $BH_0$ 及び前記ビード幅 $BW_0$ に対応する前記基面傾斜角の実績値 $\theta_m$ と前記軌道傾斜角の実績値 $\phi_m$ を求め、

前記実績値 $\theta_m, \phi_m$ に対応する対応ビード高さ $BH_1$ と対応ビード幅 $BW_1$ とを前記マップから算出し、

前記溶着ビードを形成する際に選択した前記ビード高さ $BH_0$ 及び前記ビード幅 $BW_0$ と、前記対応ビード高さ $BH_1$ と前記対応ビード幅 $BW_1$ との差分 $BH_0 - BH_1, BW_0 - BW_1$ を求め、

求めた前記差分を前記ビード高さ $BH_0$ 及び前記ビード幅 $BW_0$ にそれぞれ

加算した補正後ビード高さ  $BH_2$  及び補正後ビード幅  $BW_2$  を求め、

前記マップから前記補正後ビード高さ  $BH_2$  及び補正後ビード幅  $BW_2$  に対応する補正基面傾斜角  $\theta$ 、補正軌道傾斜角  $\phi$  を求め、

求めた前記補正基面傾斜角  $\theta$ 、補正軌道傾斜角  $\phi$  で前記溶着ビードを形成する

工程を含む (1) に記載の造形物の製造方法。

この造形物の製造方法によれば、既に積層の実績のある基面傾斜角や軌道傾斜角に近づけるように、ビード高さ及びビード幅を修正することで、垂れやハンピングが抑制される適切なビード形状にできる。

[0053] (3) アークを用いて前記溶加材を溶融及び凝固させて前記溶着ビードを形成する際に、前記トーチの移動速度及び前記アークを発生させる電流値を制御することで、前記マップから選択したビード高さ及びビード幅で前記溶着ビードを形成する (1) 又は (2) に記載の造形物の製造方法。

この造形物の製造方法によれば、トーチの移動速度及びアークを発生させる電流値を制御することで、マップから選択したビード高さ及びビード幅で溶着ビードを容易にかつ的確に形成することができる。

[0054] (4) 前記溶着ビードを積層させて造形物を形成する (1) ~ (3) のいずれか一つに記載の造形物の製造方法。

この造形物の製造方法によれば、垂れやハンピングなどの不具合なく、溶着ビードを積層した造形物を製造することができる。

[0055] (5) 前記マップの作成においては、前記基面傾斜角  $\theta$  と前記軌道傾斜角  $\phi$  に対する前記ビード高さ  $BH$  及び前記ビード幅  $BW$  との関係を、前記溶着ビードにおける重力影響の指標として  $\cos \theta \sin \phi$  を用いて求める (1) ~ (4) のいずれか一つに記載の造形物の製造方法。

この造形物の製造方法によれば、重力影響の指標として  $\cos \theta \sin \phi$  を用いたマップからビード高さ及びビード幅を選択して溶着ビードを形成することで、重力影響による垂れが抑制された溶着ビードを円滑に形成することができる。

[0056] (6) 前記溶着ビードを形成する前に、既に積層した溶着ビードの表面形状を計測することで前記基面傾斜角の実績値  $\theta_m$  と前記軌道傾斜角の実績値  $\phi_m$  を算出し、

前記溶着ビードを形成する前に  $\cos \theta_m \sin \phi_m$  の値を算出して、既に前記マップから選択した前記基面傾斜角  $\theta$  及び前記軌道傾斜角  $\phi$  より算出される  $\cos \theta \sin \phi$  の値より大きい場合は、前記溶着ビードへの入熱量を減少させるフィードバック制御を行うことを特徴とする、(5)に記載の造形物の製造方法。

この造形物の製造方法によれば、選択したビードの条件と合致するように、溶接電流やトーチ速度の調整等によって入熱量を減少させることで、垂れやハンピングが抑制される適切なビード形状にできる。

[0057] (7) 溶加材を溶融及び凝固させた溶着ビードにより、基面上に造形物を造形する造形物の製造装置であって、

前記溶着ビードを形成するトーチと、

前記トーチを前記基面に対して相対移動させる移動機構と、

前記基面が鉛直方向と成す基面傾斜角及び前記基面上における前記トーチの軌道方向が鉛直方向と成す軌道傾斜角に応じたビード高さ及びビード幅のマップが記憶された記憶部と、

前記基面に溶着ビードを形成する際に、前記記憶部の前記マップから前記基面傾斜角と前記軌道傾斜角とに応じたビード高さ及びビード幅を選択して前記移動機構及び前記トーチを制御し、前記溶着ビードを形成する制御部と、

を備える造形物の製造装置。

この造形物の製造装置によれば、記憶部に記憶された、基面の鉛直面に対する基面傾斜角及び基面上におけるトーチの軌道方向の鉛直方向に対する軌道傾斜角に応じたビード高さ及びビード幅のマップから、形成する溶着ビードのビード高さ及びビード幅を制御部が選択する。そして、制御部が移動機構及びトーチを制御し、選択したビード高さ及びビード幅で溶着ビードを形

成する。したがって、あらゆる基面傾斜角及び軌道傾斜角において溶着ビードに垂れやハンピングが生じないビード高さ及びビード幅のマップを予め設定しておくことで、溶着ビードを形成する基面が鉛直面に対して傾いていたり、トーチの軌道方向が鉛直方向に対して傾いていたりしても、垂れやハンピングなどの発生を極力抑えつつ溶着ビードを形成することができる。これにより、タクトタイムを抑えつつ高品質な造形物を製造できる。

[0058] (8) 前記制御部は、前記マップから選択したビード高さ及びビード幅で前記溶着ビードを形成するように、アークを用いて前記溶加材を溶融及び凝固させて前記溶着ビードを形成する際に、前記トーチの移動速度及び前記アークを発生させる電流値を制御する(7)に記載の造形物の製造装置。

この造形物の製造装置によれば、制御部が、トーチの移動速度及びアークを発生させる電流値を制御することで、マップから選択したビード高さ及びビード幅で溶着ビードを容易にかつ的確に形成することができる。

[0059] (9) 前記マップにおいては、前記基面傾斜角 $\theta$ と前記軌道傾斜角 $\phi$ に対する前記ビード高さ及び前記ビード幅との関係が、前記溶着ビードにおける重力影響の指標として $\cos\theta\sin\phi$ を用いて求められている(7)又は(8)に記載の造形物の製造装置。

この造形物の製造装置によれば、垂れが抑制された溶着ビードを円滑に形成することができる。

[0060] 本出願は、2017年11月15日出願の日本特許出願(特願2017-220213)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

[0061] 11 積層造形装置(製造装置)  
17 トーチ  
19 溶接ロボット(移動機構)  
25 溶着ビード  
35 記憶部

37 制御部

BH ビード高さ

BW ビード幅

I 電流値

M 溶加材

V 移動速度

W 造形物

$\theta$  基面傾斜角

$\phi$  軌道傾斜角

## 請求の範囲

- [請求項1] 溶加材を溶融及び凝固させた溶着ビードをトーチで形成して造形物を造形する造形物の製造方法であって、
- 前記溶着ビードを形成する基面が鉛直方向と成す基面傾斜角 $\theta$ と、前記基面上における前記トーチの軌道方向が鉛直方向と成す軌道傾斜角 $\phi$ とに応じたビード高さ $BH$ 及びビード幅 $BW$ のマップを予め作成し、
- 前記基面に溶着ビードを形成する際に、前記基面傾斜角 $\theta$ と前記軌道傾斜角 $\phi$ とに応じて前記マップからビード高さ $BH_0$ 及びビード幅 $BW_0$ を選択し、
- 選択したビード高さ $BH_0$ 及びビード幅 $BW_0$ で前記溶着ビードを形成する
- 造形物の製造方法。
- [請求項2] 前記溶着ビードを形成する前に、既に積層した溶着ビードの表面形状を計測することで、前記ビード高さ $BH_0$ 及び前記ビード幅 $BW_0$ に対応する前記基面傾斜角の実績値 $\theta_m$ と前記軌道傾斜角の実績値 $\phi_m$ を求め、
- 前記実績値 $\theta_m, \phi_m$ に対応する対応ビード高さ $BH_1$ と対応ビード幅 $BW_1$ とを前記マップから算出し、
- 前記溶着ビードを形成する際に選択した前記ビード高さ $BH_0$ 及び前記ビード幅 $BW_0$ と、前記対応ビード高さ $BH_1$ と前記対応ビード幅 $BW_1$ との差分 $BH_0 - BH_1, BW_0 - BW_1$ を求め、
- 求めた前記差分を前記ビード高さ $BH_0$ 及び前記ビード幅 $BW_0$ にそれぞれ加算した補正後ビード高さ $BH_2$ 及び補正後ビード幅 $BW_2$ を求め、
- 前記マップから前記補正後ビード高さ $BH_2$ 及び補正後ビード幅 $BW_2$ に対応する補正基面傾斜角 $\theta$ 、補正軌道傾斜角 $\phi$ を求め、
- 求めた前記補正基面傾斜角 $\theta$ 、補正軌道傾斜角 $\phi$ で前記溶着ビード

を形成する

工程を含む請求項 1 に記載の造形物の製造方法。

[請求項3]       アークを用いて前記溶加材を溶融及び凝固させて前記溶着ビードを形成する際に、前記トーチの移動速度及び前記アークを発生させる電流値を制御することで、前記マップから選択したビード高さ及びビード幅で前記溶着ビードを形成する請求項 1 に記載の造形物の製造方法。

[請求項4]       アークを用いて前記溶加材を溶融及び凝固させて前記溶着ビードを形成する際に、前記トーチの移動速度及び前記アークを発生させる電流値を制御することで、前記マップから選択したビード高さ及びビード幅で前記溶着ビードを形成する請求項 2 に記載の造形物の製造方法。

[請求項5]       前記溶着ビードを積層させて造形物を形成する請求項 1～4 のいずれか一項に記載の造形物の製造方法。

[請求項6]       前記マップの作成においては、前記基面傾斜角  $\theta$  と前記軌道傾斜角  $\phi$  に対する前記ビード高さ  $BH$  及び前記ビード幅  $BW$  との関係を、前記溶着ビードにおける重力影響の指標として  $\cos \theta \sin \phi$  を用いて求める請求項 1～4 のいずれか一項に記載の造形物の製造方法。

[請求項7]       前記マップの作成においては、前記基面傾斜角  $\theta$  と前記軌道傾斜角  $\phi$  に対する前記ビード高さ  $BH$  及び前記ビード幅  $BW$  との関係を、前記溶着ビードにおける重力影響の指標として  $\cos \theta \sin \phi$  を用いて求める請求項 5 に記載の造形物の製造方法。

[請求項8]       前記溶着ビードを形成する前に、既に積層した溶着ビードの表面形状を計測することで前記基面傾斜角の実績値  $\theta_m$  と前記軌道傾斜角の実績値  $\phi_m$  を算出し、

前記溶着ビードを形成する前に  $\cos \theta_m \sin \phi_m$  の値を算出して、既に前記マップから選択した前記基面傾斜角  $\theta$  及び前記軌道傾斜角  $\phi$  より算出される  $\cos \theta \sin \phi$  の値より大きい場合は、前記溶着ビードへの

入熱量を減少させるフィードバック制御を行うことを特徴とする、請求項6に記載の造形物の製造方法。

[請求項9] 前記溶着ビードを形成する前に、既に積層した溶着ビードの表面形状を計測することで前記基面傾斜角の実績値 $\theta_m$ と前記軌道傾斜角の実績値 $\phi_m$ を算出し、

前記溶着ビードを形成する前に $\cos \theta_m \sin \phi_m$ の値を算出して、既に前記マップから選択した前記基面傾斜角 $\theta$ 及び前記軌道傾斜角 $\phi$ より算出される $\cos \theta \sin \phi$ の値より大きい場合は、前記溶着ビードへの入熱量を減少させるフィードバック制御を行うことを特徴とする、請求項7に記載の造形物の製造方法。

[請求項10] 溶加材を溶融及び凝固させた溶着ビードにより、基面上に造形物を造形する造形物の製造装置であって、

前記溶着ビードを形成するトーチと、

前記トーチを前記基面に対して相対移動させる移動機構と、

前記基面が鉛直方向と成す基面傾斜角及び前記基面上における前記トーチの軌道方向が鉛直方向と成す軌道傾斜角に応じたビード高さ及びビード幅のマップが記憶された記憶部と、

前記基面に溶着ビードを形成する際に、前記記憶部の前記マップから前記基面傾斜角と前記軌道傾斜角とに応じたビード高さ及びビード幅を選択して前記移動機構及び前記トーチを制御し、前記溶着ビードを形成する制御部と、

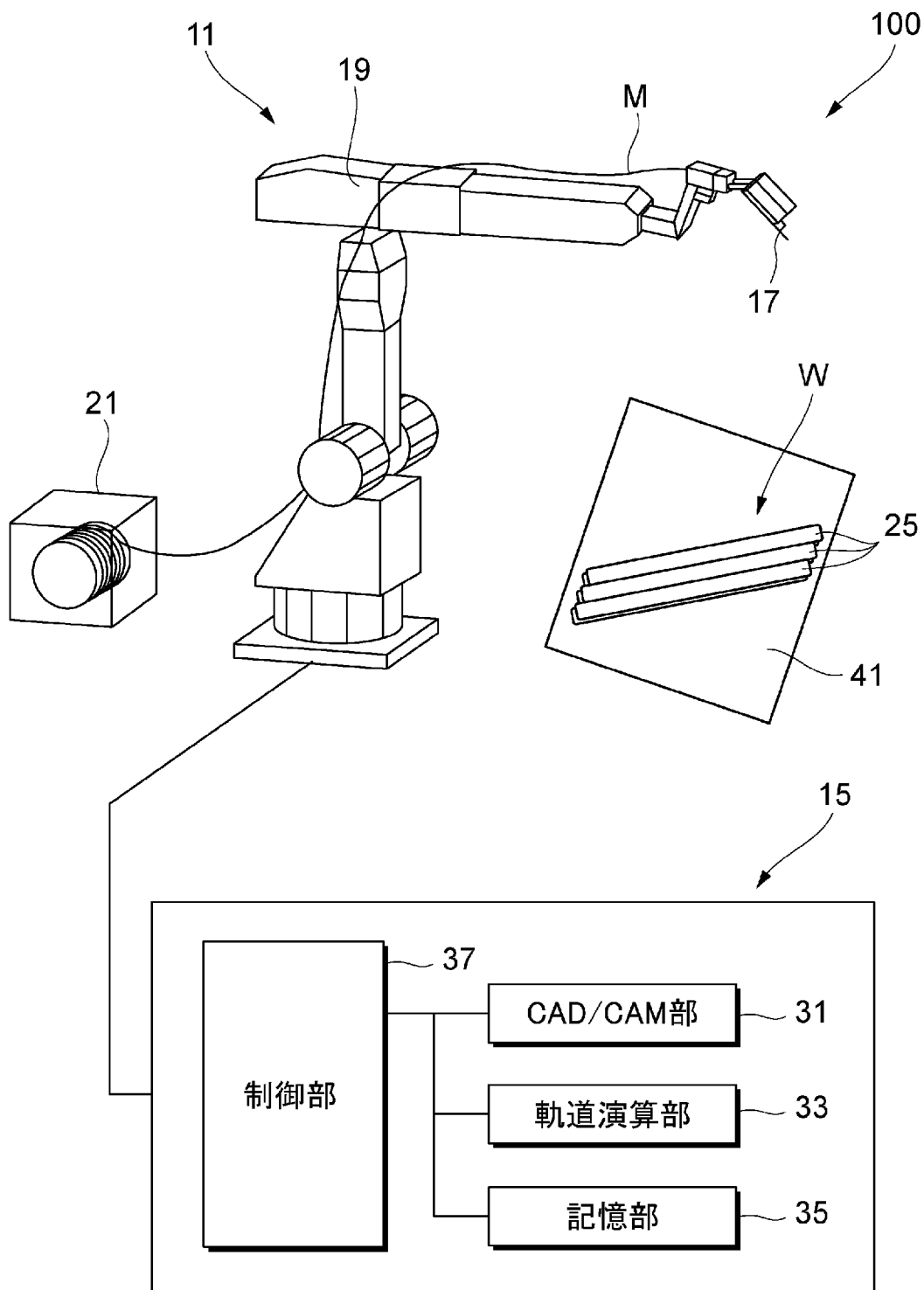
を備える造形物の製造装置。

[請求項11] 前記制御部は、前記マップから選択したビード高さ及びビード幅で前記溶着ビードを形成するように、アークを用いて前記溶加材を溶融及び凝固させて前記溶着ビードを形成する際に、前記トーチの移動速度及び前記アークを発生させる電流値を制御する請求項10に記載の造形物の製造装置。

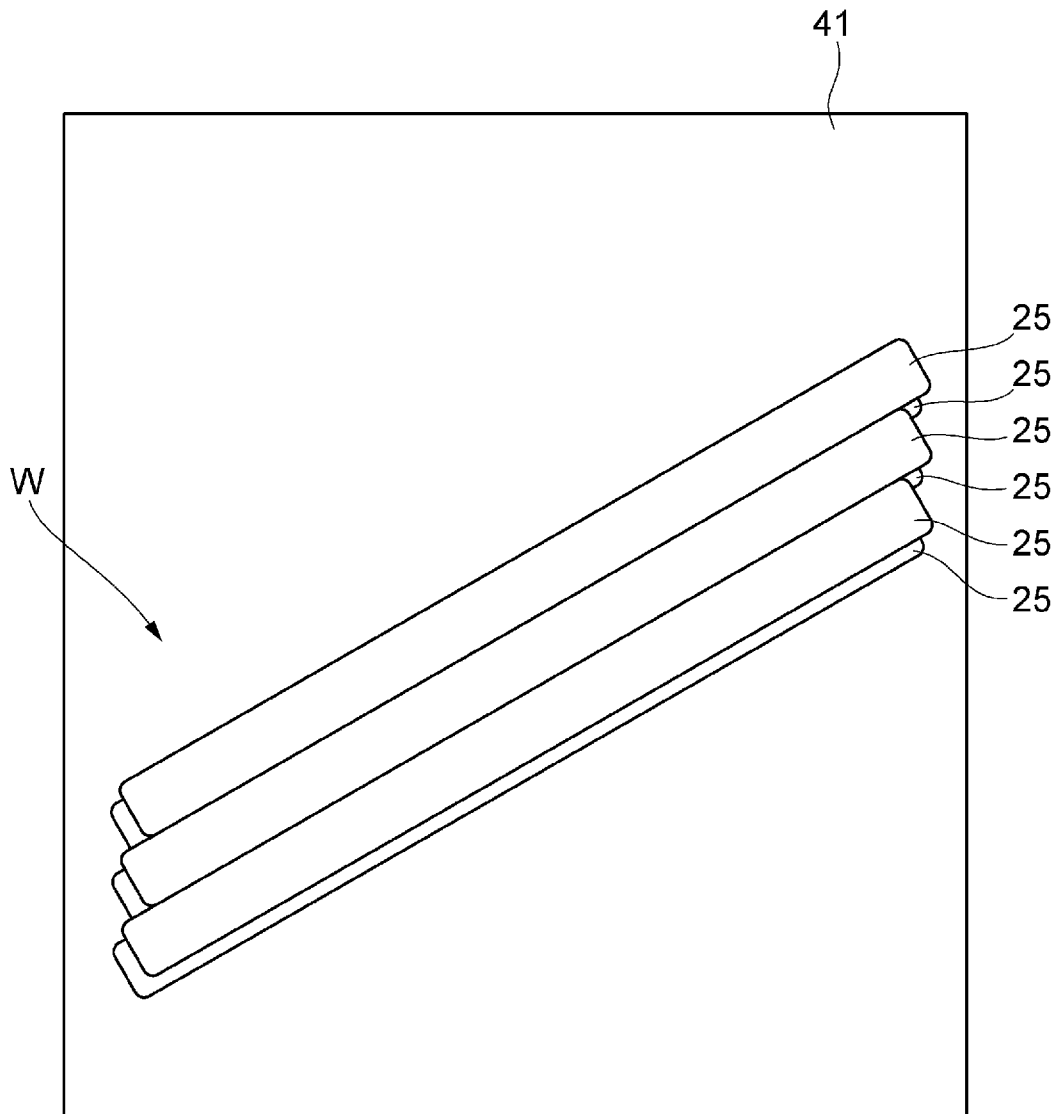
[請求項12] 前記マップにおいては、前記基面傾斜角 $\theta$ と前記軌道傾斜角 $\phi$ に対

する前記ビード高さ及び前記ビード幅との関係が、前記溶着ビードにおける重力影響の指標として $\cos \theta \sin \phi$ を用いて求められている請求項10又は11に記載の造形物の製造装置。

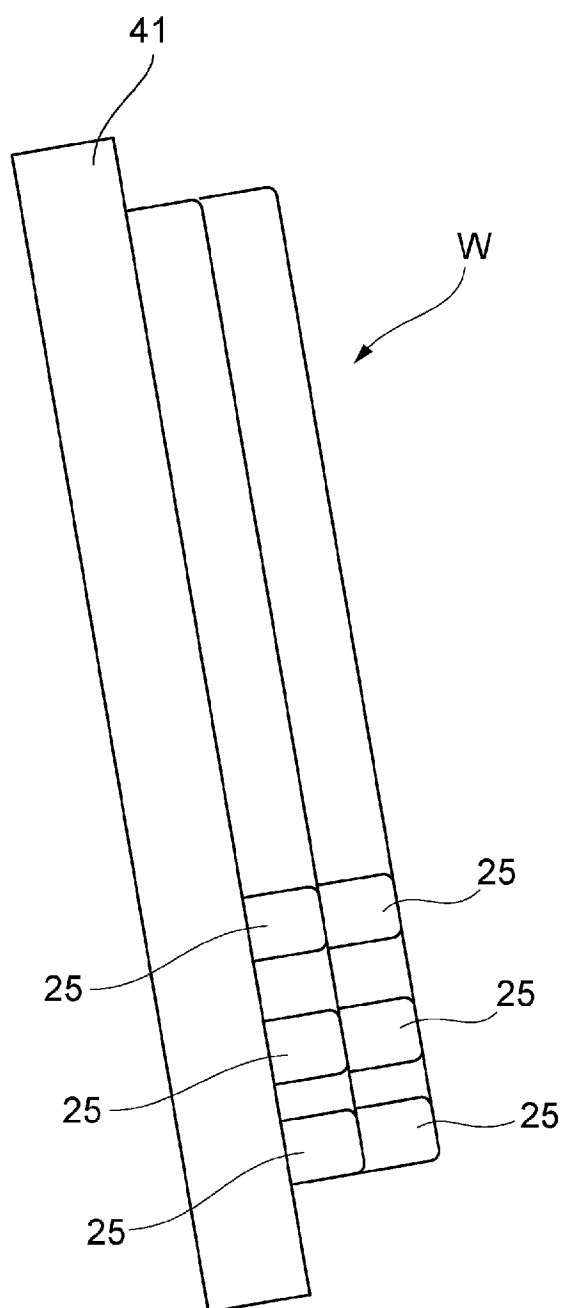
[図1]



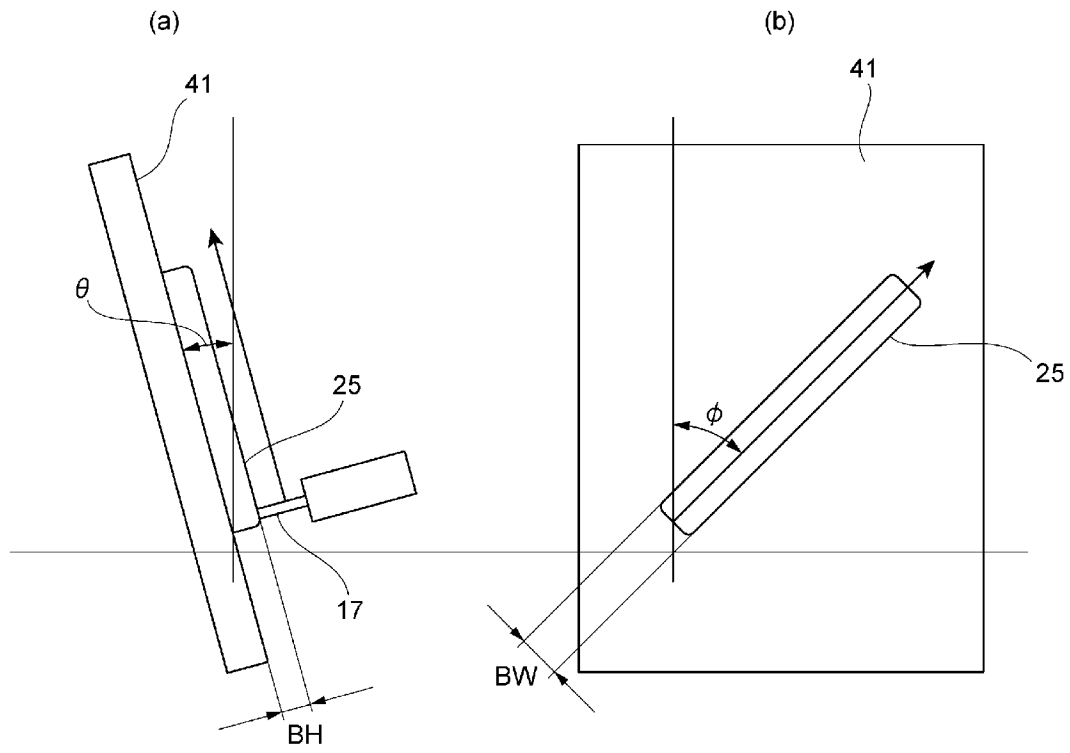
[図2A]



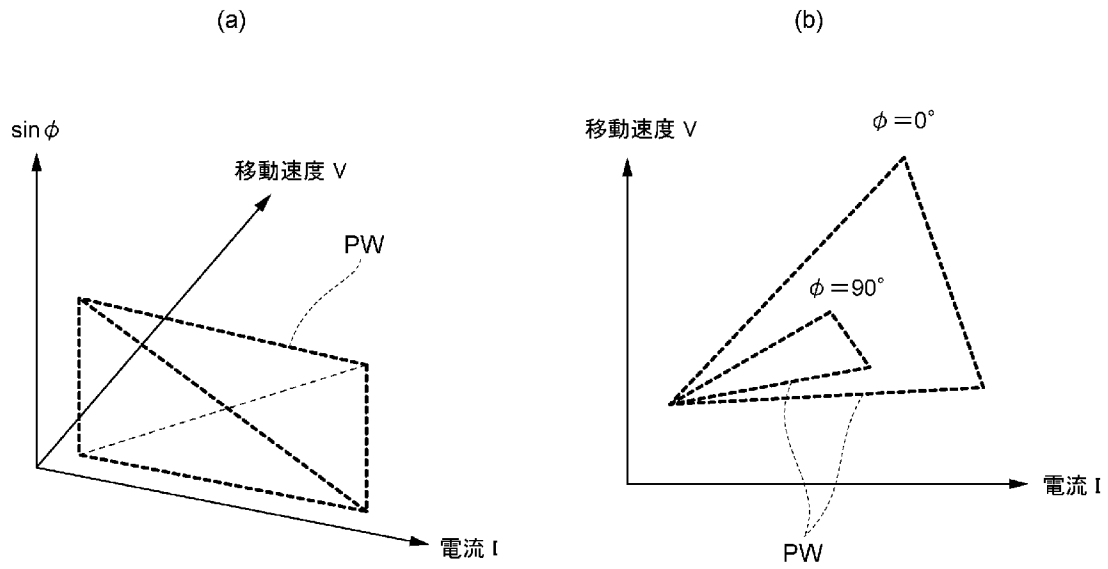
[図2B]



[図3]



[図4]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/041249

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 Int.Cl. B23K9/04 (2006.01) i, B23K9/032 (2006.01) i, B23K9/095 (2006.01) i,  
 B33Y10/00 (2015.01) i, B33Y30/00 (2015.01) 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. B23K9/04, B23K9/032, B23K9/095, B33Y10/00, B33Y30/00

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 2016-135911 A (DMG MORI USA) 28 July 2016, entire text, all drawings & US 2016/0129528 A1 & DE 102015222207 A1	1-12
A	JP 61-27175 A (M.A.N. MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NURNBERG AKTIENGESELLSCHAFT) 06 February 1986, entire text, all drawings & US 4671448 A & EP 170780 A1 & DE 3422638 A1 & AT 32501 T	1-12
A	JP 2007-275945 A (ASAHI GLASS CO., LTD.) 25 October 2007, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2015-182083 A (HITACHI METALS, LTD.) 22 October 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 4-336304 A (GEBR SULZER AG.) 24 November 1992, entire text, all drawings & US 5233150 A & EP 496181 A1 & NO 920259 A & ES 2120414 T3 & AT 169850 T	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 18 January 2019 (18.01.2019)	Date of mailing of the international search report 29 January 2019 (29.01.2019)
---	--

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 (IPC)) Int.Cl. B23K9/04(2006.01)i, B23K9/032(2006.01)i, B23K9/095(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)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. B23K9/04, B23K9/032, B23K9/095, B33Y10/00, B33Y30/00			
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 1971-2019年 日本国実用新案登録公報 1996-2019年 日本国登録実用新案公報 1994-2019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 2016-135911 A (ディーエムジー モリ ユーエスエイ) 2016.07.28, 全文, 全図 & US 2016/0129528 A1 & DE 102015222207 A1	1-12	
A	JP 61-27175 A (エム・アー・エン・マシーネンファブリーク・アウ クスブルク-ニュルンベルク・アクチエンゲゼルシャフト) 1986.02.06, 全文, 全図 & US 4671448 A & EP 170780 A1 & DE 3422638 A1 & AT 32501 T	1-12	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>			
* 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 18.01.2019		国際調査報告の発送日 29.01.2019	
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) 竹下 和志 電話番号 03-3581-1101 内線 3363	
		3 P	2926

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	JP 2007-275945 A (旭硝子株式会社) 2007. 10. 25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2015-182083 A (日立金属株式会社) 2015. 10. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 4-336304 A (ゲブリューデー ズルツァー アクチエンゲゼルシ ヤフト) 1992. 11. 24, 全文, 全図 & US 5233150 A & EP 496181 A1 & NO 920259 A & ES 2120414 T3 & AT 169850 T	1-12