

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7647939号
(P7647939)

(45)発行日 令和7年3月18日(2025.3.18)

(24)登録日 令和7年3月10日(2025.3.10)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 4 B	27/033 (2006.01)	B 2 4 B	27/033	A
B 2 4 B	27/00 (2006.01)	B 2 4 B	27/00	A
B 2 4 B	49/16 (2006.01)	B 2 4 B	49/16	
B 2 5 J	13/08 (2006.01)	B 2 5 J	13/08	Z
B 2 5 J	9/10 (2006.01)	B 2 5 J	9/10	A

請求項の数 9 (全18頁)

(21)出願番号	特願2023-577483(P2023-577483)	(73)特許権者	000001258 J F E スチール株式会社 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号
(86)(22)出願日	令和5年9月20日(2023.9.20)	(74)代理人	100147485 弁理士 杉村 憲司
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/034147	(74)代理人	230118913 弁理士 杉村 光嗣
(87)国際公開番号	WO2024/111233	(74)代理人	100165696 弁理士 川原 敬祐
(87)国際公開日	令和6年5月30日(2024.5.30)	(74)代理人	100195534 弁理士 内海 一成
審査請求日	令和5年12月14日(2023.12.14)	(72)発明者	渡邊 拓 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2022-188541(P2022-188541)	(72)発明者	原田 淳司
(32)優先日	令和4年11月25日(2022.11.25)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 研削システム、軌跡生成方法、及び製品の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象材を研削する研削具を備える研削装置と、
前記研削具から前記対象材に作用する研削加圧力を測定する加圧力測定装置と、
前記対象材の表面の 3 次元形状、並びに、前記対象材の除去対象の位置及び形状に基づいて、前記除去対象を研削するための前記研削具の移動経路を特定する情報と、前記移動経路上の各位置における前記対象材に対する前記研削具の移動速度又は前記研削加圧力の少なくとも一方を特定する情報とを含む軌跡を生成し、前記軌跡に基づいて前記研削具が移動するように前記研削装置を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は、前記研削具の位置をパラメータとして前記研削具の移動速度を表す速度関数を前記研削具の位置で一階微分した関数の絶対値が速度一階微分閾値未満となるように、又は、前記研削具の位置をパラメータとして前記研削加圧力を表す加圧力関数を前記研削具の位置で一階微分した関数の絶対値が加圧力一階微分閾値未満になるように、前記軌跡を生成する、
研削システム。

【請求項 2】

前記制御装置は、前記対象材に対する前記研削具の移動速度、及び、前記研削加圧力の両方が前記研削具の位置に応じて変化するように、前記軌跡を生成する、請求項 1 に記載の研削システム。

【請求項 3】

前記制御装置は、前記研削具が前記対象材に接触する際の進入角度が前記対象材の接線に対して 30 度以下になるように、前記軌跡を生成する、請求項 2 に記載の研削システム。

【請求項 4】

前記制御装置は、前記速度関数を前記研削具の位置で一階微分した関数の絶対値が前記速度一階微分閾値未満となるように、かつ、前記加圧力関数を前記研削具の位置で一階微分した関数の絶対値が前記加圧力一階微分閾値未満になるように、前記軌跡を生成する、請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の研削システム。

【請求項 5】

前記制御装置は、前記速度関数が少なくとも 1 つの位置で極小値となるように、かつ、前記加圧力関数が少なくとも 1 つの位置で極大値となるように、前記軌跡を生成する、請求項 4 に記載の研削システム。

10

【請求項 6】

前記速度関数及び前記加圧力関数の少なくとも一部は、前記対象材を研削する範囲に含まれる位置を原点とする偶関数で表される、請求項 5 に記載の研削システム。

【請求項 7】

前記速度関数及び前記加圧力関数の少なくとも一部は、前記研削具の位置の 4 次式、正弦関数、又は、ガウス分布式のいずれか 1 つで表される、請求項 6 に記載の研削システム。

【請求項 8】

対象材を研削する研削具を制御するための、前記研削具の移動経路を特定する情報と、前記移動経路上の各位置における前記対象材に対する前記研削具の移動速度又は前記研削具から前記対象材に作用する研削加圧力の少なくとも一方を特定する情報とを含む軌跡を生成する軌跡生成方法であって、

20

前記対象材の表面の 3 次元形状を測定するステップと、

前記対象材の除去対象の位置及び形状を認識するステップと、

前記対象材の 3 次元形状及び姿勢、並びに、前記除去対象の位置及び形状に基づいて、前記研削具の位置をパラメータとして前記研削具の移動速度を表す速度関数を前記研削具の位置で一階微分した関数の絶対値が速度一階微分閾値未満となるように、又は、前記研削具の位置をパラメータとして前記研削加圧力を表す加圧力関数を前記研削具の位置で一階微分した関数の絶対値が加圧力一階微分閾値未満になるように、前記軌跡を生成するス

30

を含む、軌跡生成方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の軌跡生成方法を実行することによって生成した軌跡に基づいて研削具を制御し、対象材の除去対象を研削するステップを含む、製品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、鉄鋼製品等の対象材の表面に存在する欠陥等の除去対象を研削する、研削システム、軌跡生成方法、及び製品の製造方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

例えば鉄鋼製品等の製造過程において、鑄造又は圧延中に様々な要因によって表面欠陥が発生する。表面欠陥は、作業者がグラインダで欠陥部分を研削することによって除去される。しかし、グラインダを用いた研削作業は、作業者のすぐ近くに回転体が存在すること、作業者が火花、粉塵若しくは騒音にさらされること、又は、作業者が研削中の振動によって白蟻病にかかること等の種々のリスクを伴う。リスクを伴う作業を実施する人手は不足している。また、リスクを伴う作業を回避することが求められる。省力化及び安全性の観点から、欠陥の研削作業を自動化することが求められている。

【0003】

50

欠陥の研削作業を自動化する方法として、従来、様々な方法が提案されている。従来の方法において、欠陥を研削した際に対象物の研削部と未研削部との境界に段差が生じる点が問題となっていた。研削部と未研削部との境界に生じた段差は、製品の美観に悪影響を及ぼす。また、研削部と未研削部との境界に生じた段差によって、製品表面の寸法が急峻に変化する。製品表面の寸法の急峻な変化は、製品に大きな力が働いた場合又は製品の追加工時において、製品の割れを引き起こすことがある。

【0004】

例えば特許文献1に、研削部と未研削部との境界に生じる段差が小さくなるように、グラインダの送り方向の往復運動時に接触角度を周期的に変動させて砥石の接触面積を変化させる方法が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開平7-100759号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に開示されている方法においても、グラインダの砥石と研削の対象材とが接触するとき、又は、砥石が対象材から離れるときに発生するオーバーシュートによって段差が生じる。力覚センサを用いて砥石の接触力又は押付け力を一定に維持しながら研削する場合において、砥石の接触時又は離脱時のオーバーシュートを小さくするために、制御系の応答速度を速くしながら、力覚センサの測定結果を砥石の軌跡計算へ反映させる必要がある。この場合、制御装置又はシステムのコストが高くなる。また、様々な鋼種又は研削条件に対応できるように制御系をチューニングするために多くの時間がかかる。

20

【0007】

本開示は、鉄鋼製品等の3次元の研削対象材の除去対象を研削するとき生じる段差を低減できる研削システム、軌跡生成方法、及び製品の製造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】

【0008】

本開示の一実施形態に係る研削システムは、対象材を研削する研削具を備える研削装置と、前記研削具から前記対象材に作用する研削加圧力を測定する加圧力測定装置と、前記対象材の表面の3次元形状、並びに、前記対象材の除去対象の位置及び形状に基づいて、前記除去対象を研削するための前記研削具の軌跡を生成し、前記軌跡に基づいて前記研削具が移動するように前記研削装置を制御する制御装置とを備える。前記制御装置は、前記対象材に対する前記研削具の移動速度、又は、前記研削加圧力の少なくとも一方が前記研削具の位置に応じて変化するように、前記軌跡を生成する。

30

【0009】

本開示の一実施形態に係る軌跡生成方法は、対象材を研削する研削具を制御するための軌跡を生成する軌跡生成方法であって、前記対象材の表面の3次元形状を測定するステップと、前記対象材の除去対象の位置及び形状を認識するステップと、前記対象材の3次元形状及び姿勢、並びに、前記除去対象の位置及び形状に基づいて、前記対象材に対する前記研削具の速度、又は、前記研削具から前記対象材に作用する研削加圧力の少なくとも一方が前記研削具の位置に応じて変化するように、前記軌跡を生成するステップとを含む。

40

【0010】

本開示の一実施形態に係る製品の製造方法は、上記軌跡生成方法を実行することによって生成した軌跡に基づいて研削具を制御し、対象材の除去対象を研削するステップを含む。

【発明の効果】

【0011】

本開示に係る研削システム、軌跡生成方法、及び製品の製造方法によれば、研削によっ

50

て生じる段差が低減される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本開示に係る研削システムの構成例を示す図である。

【図2】研削装置の一例を示す側面図である。

【図3】図2のA矢視図である。

【図4】対象物を研削する際の研削具の軌跡の一例を示す図である。

【図5】研削具が対象物に進入する際の軌跡の一例を示す図である。

【図6】研削具が対象物から離脱する際の軌跡の一例を示す図である。

【図7】研削具の位置と各位置における研削具の速度との関係の一例を示すグラフである。 10

【図8】研削具の位置と各位置における研削加圧力との関係の一例を示すグラフである。

【図9】本実施形態に係る研削方法の手順例を示すフローチャートである。

【図10】本実施形態に係る研削方法によって得られた、研削具の送り方向の位置と各位置における対象物の研削深さとの関係の一例を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本開示に係る研削システム、軌跡生成方法、及び製品の製造方法の実施形態が図面に基づいて説明される。各図面は模式的なものであって、現実のものとは異なる場合がある。また、以下の実施形態は、本開示の技術的思想を具体化するための装置又は方法を例示するものであり、構成を下記のものに特定するものでない。すなわち、本開示の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された技術的範囲内において、種々の変更を加えることができる。 20

【0014】

(研削システム1の構成例)

図1に示されるように、本開示の一実施形態に係る研削システム1は、研削装置10と、制御装置12と、加圧力測定装置14と、形状測定装置32と、除去対象認識装置30とを備える。研削システム1は、研削の対象材80を研削装置10によって研削し、対象材80に含まれる除去対象82を除去する。以下、研削システム1の各構成部の一例が説明される。

【0015】

<研削装置10>

研削装置10は、図1、図2及び図3に示されるように、砥石22と、砥石22を回転させるグライнда20とを備える。砥石22は、円盤状に構成されとする。グライнда20は、図3の紙面に垂直な軸を回転軸として砥石22を回転させるとする。砥石22が対象材80に接触する点は、加工基準点24とも称される。研削装置10は、加工基準点24において対象材80の表面を研削する。研削装置10は、加工基準点24を移動させながら対象材80の表面を研削することによって対象材80の表面を面状に研削できる。研削装置10は、砥石22の送り方向に対して加工基準点24が砥石22の後方に位置するように、砥石22の姿勢を制御する。言い換えれば、研削装置10は、砥石22の図3における紙面に平行な面と砥石22の送り方向とがなす角度が鋭角になるように、砥石22の姿勢を制御する。 40

【0016】

砥石22及びグライнда20は、研削具とも称される。研削装置10は、研削具を備える。研削具は、砥石22とグライнда20とを組み合わせた構成に限られない。研削具は、対象材80を研削できる限りにおいて、他の種々の構造又は形状を有する装置を含んで構成されてよい。

【0017】

研削装置10は、加工基準点24の位置、及び、加工基準点24における研削具の姿勢を制御できるように、研削具の移動手段を備える。研削装置10は、研削具の移動手段としてアームロボットを含んで構成されてよい。研削具は、アームロボットの先端又は途中 50

に設置されてよい。アームロボットは、例えば多軸ロボットとして構成されてよい。多軸ロボットは、例えば6つの軸（回転軸）を備え、6軸方向に自由度を有するように構成されてよい。多軸ロボットは、少なくとも3軸方向の移動自由度を有するように構成されてよい。多軸ロボットは、垂直多関節型のロボットであってよい。

【0018】

研削具の移動手段は、アームロボットに限られない。研削具の移動手段は、加工基準点24の位置及び加工基準点24における研削具の姿勢を制御できる限りにおいて、他の種々の構造又は形状を有する装置を含んで構成されてよい。

【0019】

<制御装置12>

制御装置12は、形状測定装置32、除去対象認識装置30又は加圧力測定装置14から取得した情報に基づいて、対象材80の表面に含まれる除去対象82を研削して除去するように研削装置10を制御する。制御装置12は、形状測定装置32、除去対象認識装置30又は加圧力測定装置14を制御してもよい。制御装置12は、研削システム1の各部を制御できるように、例えばCPU（Central Processing Unit）又はGPU（Graphics Processing Unit）等の少なくとも1つのプロセッサを含んで構成されてよい。制御装置12は、1つのプロセッサで構成されてよいし、複数のプロセッサで構成されてよい。制御装置12を構成するプロセッサは、後述する記憶部に格納されたプログラムを読み込んで実行することによって、研削システム1の各構成部を制御してよい。

【0020】

制御装置12は、記憶部を備えてよい。記憶部は、各種の情報又はデータ等を格納する。記憶部は、例えば制御装置12において実行されるプログラム、又は、制御装置12において実行される処理で用いられるデータ若しくは処理の結果等を格納してよい。また、記憶部は、制御装置12のワークメモリとして機能してよい。記憶部は、例えば半導体メモリ等を含んで構成されてよいがこれに限定されない。例えば、記憶部は、制御装置12として用いられるプロセッサの内部メモリとして構成されてよいし、制御装置12からアクセス可能なハードディスクドライブ（HDD）として構成されてよい。記憶部は、非一時的な読み取り可能媒体として構成されてよい。記憶部は、制御装置12と一体に構成されてよいし、制御装置12と別体として構成されてよい。

【0021】

制御装置12は、通信部を備えてよい。通信部は、有線又は無線によって研削装置10、形状測定装置32、除去対象認識装置30又は加圧力測定装置14等の研削システム1の各構成部と通信するための通信インタフェースを含んで構成されてよい。通信インタフェースは、他の装置と通信可能に構成されてよい。通信部は、研削システム1の各構成部又は他の装置との間でデータを入出力する入出力ポートを含んで構成されてよい。通信部は、研削システム1の各構成部又は他の装置との間で必要なデータ及び信号を送受信してよい。通信部は、有線通信規格に基づいて通信してよいし、無線通信規格に基づいて通信してもよい。例えば無線通信規格は3G、4G又は5G等のセルラーフォンの通信規格を含んでよい。無線通信規格は、例えばIEEE802.11又はBluetooth（登録商標）等を含んでよい。通信部は、これらの通信規格の1つ又は複数をサポートしてよい。通信部は、これらの例に限られず、種々の規格に基づいて他の装置と通信したりデータを入出力したりしてよい。

【0022】

<加圧力測定装置14>

加圧力測定装置14は、研削具で研削の対象材80を研削する際に研削具から対象材80に作用する加圧力を測定する。研削具から対象材80に作用する加圧力は、対象材80から研削具に対して作用する反力とつり合う。加圧力測定装置14は、例えばトルクセンサ又は圧力センサ等の種々のセンサを含んで構成されてよい。

【0023】

<形状測定装置32>

10

20

30

40

50

形状測定装置 3 2 は、研削の対象材 8 0 の表面の 3 次元形状を測定する。形状測定装置 3 2 は、対象材 8 0 を撮影するカメラを含んで構成されてよい。形状測定装置 3 2 は、対象材 8 0 を撮影した画像を、対象材 8 0 の表面の 3 次元形状の測定結果として出力してよい。

【 0 0 2 4 】

形状測定装置 3 2 は、対象材 8 0 の表面の 3 次元形状を対象材 8 0 の表面の各点の 3 次元座標の集合である点群情報として算出し、点群情報を対象材 8 0 の表面の 3 次元形状の測定結果として出力してよい。形状測定装置 3 2 は、例えば、対象材 8 0 の表面の各点までの距離を測定するデプスカメラを含んで構成されてよい。形状測定装置 3 2 は、デプスカメラの測定結果に基づいて対象材 8 0 の表面の各点の 3 次元座標を測定してよい。形状測定装置 3 2 は、例えばプローブを対象材 8 0 の表面に接触させることによって対象材 8 0 の表面の各点の 3 次元座標を測定するように構成されてよい。形状測定装置 3 2 は、例えばレーザ光等を対象材 8 0 に照射して反射光を検出することによって対象材 8 0 の表面の各点の 3 次元座標を測定するように構成されてよい。

10

【 0 0 2 5 】

< 除去対象認識装置 3 0 >

除去対象認識装置 3 0 は、対象材 8 0 の表面の 3 次元形状の測定結果に基づいて、対象材 8 0 の表面において除去する対象となる除去対象 8 2 の位置及び形状を認識する。除去対象 8 2 は、例えば、対象材 8 0 の表面に生じている凸部を含んでよい。除去対象認識装置 3 0 は、対象材 8 0 の表面の 3 次元形状の測定結果を通常の 3 次元形状のデータと比較することによって、対象材 8 0 の表面に凸部として含まれる除去対象 8 2 の位置及び形状を認識してよい。除去対象 8 2 は、例えば、対象材 8 0 の表面に生じている凹部を含んでよい。除去対象 8 2 は、対象材 8 0 の表面の形状変化を生じさせない汚れ又は錆び等の表面欠陥等を含んでよい。除去対象 8 2 は、上述した例に限られず、除去する必要がある対象材 8 0 の種々の箇所を含んでよい。

20

【 0 0 2 6 】

除去対象認識装置 3 0 は、制御装置 1 2 の一部として構成されてもよい。言い換えれば、制御装置 1 2 は、形状測定装置 3 2 から対象材 8 0 の表面の 3 次元形状のデータを取得して除去対象 8 2 の位置及び形状を認識してよい。

【 0 0 2 7 】

(研削システム 1 の動作例)

研削システム 1 において、形状測定装置 3 2 は、研削の対象材 8 0 の表面の 3 次元形状を測定する。対象材 8 0 の表面の 3 次元形状の測定データは、対象材 8 0 の寸法又は姿勢等を含んでよい。対象材 8 0 の表面の 3 次元形状の測定データは、画像として取得されてもよい。除去対象認識装置 3 0 は、対象材 8 0 の表面の 3 次元形状の測定データに基づいて、対象材 8 0 の表面に含まれる除去対象 8 2 を認識する。除去対象認識装置 3 0 は、除去対象 8 2 の位置、又は、形状若しくは寸法を認識してよい。制御装置 1 2 は、除去対象 8 2 を研削具によって研削して除去するように、除去対象 8 2 の認識結果に基づいて研削装置 1 0 を制御する。以下、研削システム 1 の動作例が説明される。除去対象 8 2 は、対象材 8 0 の表面に生じている凸部であるとする。

30

40

【 0 0 2 8 】

制御装置 1 2 は、対象材 8 0 の表面に含まれる除去対象 8 2 を除去するために、対象材 8 0 の表面を所定時間だけ研削するように研削装置 1 0 を動作させてよい。制御装置 1 2 は、対象材 8 0 の表面を所定の研削量だけ研削するように研削装置 1 0 を動作させてよい。

【 0 0 2 9 】

具体的に、制御装置 1 2 は、除去対象認識装置 3 0 が認識した除去対象 8 2 の位置、及び、形状又は寸法に基づいて、逆運動学計算を行い、砥石 2 2 を除去対象 8 2 の位置に押し当てて除去対象 8 2 を研削するように研削装置 1 0 を動作させるための軌跡を生成する。制御装置 1 2 は、生成した軌跡に基づいて研削具が移動するように研削装置 1 0 を制御する。

50

【 0 0 3 0 】

軌跡は、砥石 2 2 の加工基準点 2 4 の移動経路を特定する情報を含む。軌跡は、加工基準点 2 4 の移動速度を特定する情報を含むことによって加工基準点 2 4 の移動経路を特定してよい。加工基準点 2 4 の移動速度は、時刻をパラメータとする関数によって表されてよい。加工基準点 2 4 の移動速度が時刻をパラメータとする関数で表される場合、その関数を時刻で積分することによって加工基準点 2 4 の移動経路が生成される。

【 0 0 3 1 】

軌跡は、加工基準点 2 4 の移動経路上の各位置において加工基準点 2 4 で砥石 2 2 から対象材 8 0 に作用する加圧力を特定する情報を含んでよい。砥石 2 2 から対象材 8 0 に作用する加圧力は、時刻をパラメータとする関数によって表されてよい。

10

【 0 0 3 2 】

制御装置 1 2 は、対象材 8 0 に対する研削具の移動速度、又は、研削具から対象材 8 0 に作用する加圧力の少なくとも一方が研削具の位置に応じて変化するように軌跡を生成してよい。制御装置 1 2 は、対象材 8 0 に対する研削具の移動速度、及び、研削具から対象材 8 0 に作用する加圧力の両方が研削具の位置に応じて変化するように軌跡を生成してもよい。研削具の移動速度が速いほど、研削具がその位置にとどまる時間が短くなる。したがって、研削具の移動速度が速いほど、その位置の研削量が減る。また、研削具から対象材 8 0 に作用する加圧力が小さいほど、その位置の研削量が減る。制御装置 1 2 は、各位置における研削具の移動速度又は加圧力の少なくとも一方を制御することによって、各位置における研削量を制御できる。制御装置 1 2 は、研削量が滑らかに変化するように研削具の移動速度又は加圧力の少なくとも一方を制御することによって、研削した部分における段差を低減できる。

20

【 0 0 3 3 】

軌跡は、加工基準点 2 4 の移動経路上の各位置における砥石 2 2 の姿勢を特定する情報を含んでもよい。砥石 2 2 の姿勢は、各位置における軌跡の接線に対する砥石 2 2 の角度として表されてよい。

【 0 0 3 4 】

制御装置 1 2 は、加工基準点 2 4 の移動経路を、図 4 に例示されるように、研削面 8 4 に沿った経路 4 1 を含むように生成してよい。研削面 8 4 は、対象材 8 0 の表面の一部であるとする。図 4 において研削面 8 4 を表す実線は、研削具の送り方向を含む断面と研削面 8 4 とが交わる線に対応する。研削具の送り方向を含む断面は、平面であってもよいし曲面であってもよい。研削具の送り方向を含む断面が平面である場合、経路 4 1 は、2 次元の曲線として表される。研削具の送り方向を含む断面が曲面である場合、経路 4 1 は、3 次元の曲線として表される。

30

【 0 0 3 5 】

経路 4 1 は、時刻 t における加工基準点 2 4 の位置である $P(t)$ を結ぶ線として表される。加工基準点 2 4 が研削面 8 4 に接触して研削が開始する時刻は、 t_0 で表されるとする。時刻 t_0 における加工基準点 2 4 の位置 $P(t_0)$ は、 P_0 と表されるとする。加工基準点 2 4 が研削面 8 4 から離脱して研削が終了する時刻は、 t_N で表されるとする。時刻 t_N における加工基準点 2 4 の位置 $P(t_N)$ は、 P_N と表されるとする。時刻 t_0 から t_N までの間の各時刻は、 t_1 から t_{N-1} までで表されるとする。時刻 t_1 から t_{N-1} までの各時刻における加工基準点 2 4 の位置 $P(t_1) \sim P(t_{N-1})$ は、それぞれ P_1 から P_{N-1} までで表されるとする。時刻 t_1 から t_{N-1} までのいずれかの時刻 t_i における加工基準点 2 4 の位置 $P(t_i)$ は、 P_i で表されるとする。

40

【 0 0 3 6 】

制御装置 1 2 は、研削が開始する前に加工基準点 2 4 が対象材 8 0 の研削面 8 4 に接触するまでに移動する経路 4 2 が加工基準点 2 4 の移動経路に含まれるように軌跡を生成してよい。制御装置 1 2 は、図 5 に例示されるように、研削面 8 4 に対して加工基準点 2 4 が接触し始める点である P_0 における接線 8 5 に対して θ_s で表される角度をなす線に沿って加工基準点 2 4 が進入するように経路 4 2 を生成してよい。 θ_s は、進入角度とも称され

50

、0度以上かつ30度以下に設定されてよい。 α_s が30度以下に設定されることによって、研削後の対象材80の表面に段差が残りにくくなる。

【0037】

経路42の始点は、研削具が進入を開始する進入開始点 P_{s0} と表される。経路42の終点は、研削面84に対して加工基準点24が接触し始める点である P_0 であり、研削開始点 P_s とも表される。進入開始点 P_{s0} と研削開始点 P_s との距離は、対象材80と砥石22とが意図せず接触しないように適宜設定されてよい。加工基準点24が進入開始点 P_{s0} から研削開始点 P_s まで移動するときの研削具の送り速度は、進入速度 V_s として表されるとする。

【0038】

制御装置12は、砥石22の姿勢を特定するように軌跡を生成してよい。砥石22の姿勢は、砥石22の回転軸22aに直交する面と、砥石22の進行方向とがなす角度によって特定されてよい。砥石22の回転軸22aに直交する面と、砥石22の進行方向とがなす角度は、図5において θ_t で表されている。制御装置12は、砥石22の角度 θ_t を、加工基準点24が経路41に進入した後も同じ値に維持するように軌跡を生成する。制御装置12は、砥石22の角度 θ_t を、経路41の上の各点で変化させるように軌跡を生成してもよい。

【0039】

制御装置12は、研削が終了した後に加工基準点24が対象材80の研削面84から離脱するとき移動する経路43が加工基準点24の移動経路に含まれるように軌跡を生成してよい。制御装置12は、図6に例示されるように、研削面84から加工基準点24が離脱し始める点である P_N における接線86に対して θ_e で表される角度をなす線に沿って加工基準点24が離脱するように経路43を生成してよい。 α_s は、離脱角度とも称され、20度以上に設定されてよい。

【0040】

経路43の始点は、研削面84を研削する経路41の終点 P_N であり、研削具が離脱を開始する研削終了点 P_e とも表される。経路43の終点は、研削具の離脱が完了する点であり、 P_{e0} とも表される。研削終了点 P_e と離脱完了点 P_{e0} との距離は、対象材80と砥石22とが意図せず接触しないように適宜設定されてよい。加工基準点24が研削終了点 P_e から離脱完了点 P_{e0} まで移動するときの研削具の送り速度は、離脱速度 V_e として表されるとする。

【0041】

研削具が研削面84から離脱するときの砥石22の姿勢は、砥石22の回転軸22aに直交する面と、砥石22の進行方向とがなす角度によって特定されてよい。砥石22の回転軸22aに直交する面と、砥石22の進行方向とがなす角度は、図6において θ_t で表されている。砥石22が研削面84から離脱するときの角度は、砥石22が研削面84に進入するときの角度と同じ値であってもよいし異なる値であってもよい。

【0042】

制御装置12は、砥石22の加工基準点24を経路41に沿って移動させるように各時刻における加工基準点24の移動速度を特定する。制御装置12は、各時刻における加工基準点24の移動速度の情報を含むように軌跡を生成する。加工基準点24の移動速度は、研削速度とも称される。図4において、時刻 t_0 から時刻 t_N までの各時刻における研削速度の大きさは、それぞれ V_0 から V_N までで表される。言い換えれば P_0 から P_N までの各位置における研削速度の大きさは、それぞれ V_0 から V_N までで表されるとする。 P_0 から P_N までの各位置における研削速度の向きは、各位置における研削面84の接線方向に一致する。

【0043】

制御装置12は、各時刻において(各位置において)加工基準点24で砥石22から研削面84に作用する加圧力を特定する情報を含むように軌跡を生成する。加工基準点24で砥石22から研削面84に作用する加圧力は、研削加圧力とも称される。時刻 t_0 から時

10

20

30

40

50

刻 t_N までの各時刻における研削加圧力の大きさは、それぞれ F_0 から F_N までで表される。言い換えれば P_0 から P_N までの各位置における研削加圧力の大きさは、それぞれ F_0 から F_N までで表される。 P_0 から P_N までの各位置における研削加圧力の向きは、各位置における研削面 8 4 の法線方向に一致する。

【 0 0 4 4 】

制御装置 1 2 は、生成した軌跡に基づいて研削装置 1 0 を動作させる。制御装置 1 2 は、砥石 2 2 が対象材 8 0 に接触して除去対象 8 2 を研削して除去する際に砥石 2 2 から対象材 8 0 に対して作用する研削加圧力を加圧力測定装置 1 4 によって測定する。制御装置 1 2 は、加圧力測定装置 1 4 による研削加圧力の測定値が軌跡によって特定される各位置における研削加圧力に近づくように研削装置 1 0 を動作させる。具体的には、制御装置 1 2 は、研削加圧力の測定値が軌跡によって特定される研削加圧力より大きい場合に砥石 2 2 を対象材 8 0 の表面から離すように研削装置 1 0 を動作させる。制御装置 1 2 は、研削加圧力の測定値が軌跡によって特定される研削加圧力より小さい場合に砥石 2 2 を対象材 8 0 の表面に押し当てるように研削装置 1 0 を動作させる。

10

【 0 0 4 5 】

形状測定装置 3 2 は、所定時間の研削、又は、所定の研削量の研削が実行された後で、研削後の対象材 8 0 の形状を測定する。除去対象認識装置 3 0 は、研削後の対象材 8 0 の表面の 3 次元形状のデータに基づいて除去対象 8 2 を認識する。制御装置 1 2 は、除去対象 8 2 の認識結果に基づいて、除去対象 8 2 の除去が完了したか除去対象 8 2 がまだ残存しているかを決定する。制御装置 1 2 は、除去対象 8 2 がまだ残存している場合、対象材 8 0 の表面の 3 次元形状のデータに基づいて軌跡を生成し直して研削装置 1 0 を動作させることによって研削をやり直す。制御装置 1 2 は、除去対象 8 2 の除去が完了した場合、研削を終了する。

20

【 0 0 4 6 】

制御装置 1 2 は、研削速度 $V_0 \sim V_N$ の大きさを、図 4 において矢印の長さでも表されるように、経路 4 1 の始点又は終点付近において大きい値に設定し、経路 4 1 の中央付近において小さい値に設定してよい。制御装置 1 2 は、例えば、図 7 にグラフとして示されるように、各位置における研削速度を変化させてよい。図 7 のグラフの横軸は経路 4 1 の上の各位置 $P_0 \sim P_N$ 並びに進入開始点 P_{s0} 及び離脱完了点 P_{e0} を表す。縦軸は研削速度 V を表す。図 7 のグラフにおいて、研削速度 V は、位置 P_i における研削速度 V_i が極小値 V_{min} となるように設定されている。

30

【 0 0 4 7 】

制御装置 1 2 は、研削加圧力 $F_0 \sim F_N$ の大きさを、図 4 において矢印の長さでも表されるように、経路 4 1 の始点又は終点において小さい値に設定し、経路 4 1 の中央付近において大きい値に設定してよい。制御装置 1 2 は、例えば、図 8 にグラフとして示されるように、各位置における研削加圧力を変化させてよい。図 8 のグラフの横軸は経路 4 1 の上の各位置 $P_0 \sim P_N$ 並びに進入開始点 P_{s0} 及び離脱完了点 P_{e0} を表す。縦軸は研削加圧力 F を表す。図 8 のグラフにおいて、研削加圧力 F は、位置 P_i における研削加圧力 F_i が極大値 F_{max} となるように設定されている。研削速度が極小値になる位置と研削加圧力が極大値になる位置とは、一致してよいし、互いに異なってよい。

40

【 0 0 4 8 】

制御装置 1 2 は、以上述べてきたように研削速度及び研削加圧力を設定した軌跡を用いて研削装置 1 0 を動作させることによって、研削される部分である研削部と研削されない部分である未研削部との境界に生じる段差を低減できる。また、制御装置 1 2 は、経路 4 1 に沿って砥石 2 2 を移動させる間に砥石 2 2 の姿勢、研削速度又は研削加圧力が連続的に変化するように軌跡を生成してよい。制御装置 1 2 は、このように生成した軌跡を用いて研削装置 1 0 を動作させることによって、除去対象 8 2 を除去しつつ、研削部と未研削部との境界に生じる段差を最小化できる。

【 0 0 4 9 】

図 7 に例示される研削速度 V のグラフは、以下の式 (1) として表される、位置 P の 4

50

次式のグラフであってよい。

【数 1】

$$V(P) = a_{v1}(P(t) - a_{v2})^4 + b_{v1}(P(t) - b_{v2})^3 + c_{v1}(P(t) - c_{v2})^2 + d_{v1}(P(t) - d_{v2}) + e_v \quad (1)$$

式(1)の各係数は、例えば以下に示される不等式で特定される範囲内の値に設定されてよい。

$$\begin{aligned} & - 10000 V_{\min} \quad a_{v1} \quad 0 \\ & - (P_e - P_s) / 2 \quad a_{v2} \quad (P_e - P_s) / 2 \\ & - 10000 V_{\min} \quad b_{v1} \quad 10000 V_{\min} \\ & - (P_e - P_s) / 2 \quad b_{v2} \quad (P_e - P_s) / 2 \\ & 0 \quad c_{v1} \quad 10000 V_{\min} \\ & - (P_e - P_s) / 2 \quad c_{v2} \quad (P_e - P_s) / 2 \\ & - 10000 V_{\min} \quad d_{v1} \quad 10000 V_{\min} \\ & - (P_e - P_s) / 2 \quad d_{v2} \quad (P_e - P_s) / 2 \\ & e_v = V_{\min} \end{aligned}$$

10

【0050】

図8に例示される研削加圧力Fのグラフは、以下の式(2)として表される、位置Pの4次式のグラフであってよい。

20

【数 2】

$$F(P) = a_{f1}(P(t) - a_{f2})^4 + b_{f1}(P(t) - b_{f2})^3 + c_{f1}(P(t) - c_{f2})^2 + d_{f1}(P(t) - d_{f2}) + e_f \quad (2)$$

式(2)の各係数は、例えば以下に示される不等式で特定される範囲内の値に設定されてよい。

30

$$\begin{aligned} & 0 \quad a_{f1} \quad 10000 F_{\max} \\ & - (P_e - P_s) / 2 \quad a_{f2} \quad (P_e - P_s) / 2 \\ & - 10000 F_{\max} \quad b_{f1} \quad 10000 F_{\max} \\ & - (P_e - P_s) / 2 \quad b_{f2} \quad (P_e - P_s) / 2 \\ & 0 \quad c_{f1} \quad 10000 F_{\max} \\ & - (P_e - P_s) / 2 \quad c_{f2} \quad (P_e - P_s) / 2 \\ & - 10000 F_{\max} \quad d_{f1} \quad 10000 F_{\max} \\ & - (P_e - P_s) / 2 \quad d_{f2} \quad (P_e - P_s) / 2 \\ & e_f = F_{\max} \end{aligned}$$

【0051】

40

式(1)及び(2)として例示したように、研削速度及び研削加圧力を位置Pの4次式で表すことによって、制御装置12は、各式において9個のパラメータを設定できる。このようにすることで、制御装置12は、研削速度及び研削加圧力の目標値を研削条件に合わせて細かく設定できる。また、研削速度及び研削加圧力を位置Pの4次式で表すことによって、制御装置12は、研削具の経路41を滑らかで連続的な直線又は曲線として設定できる。また、研削開始点P_sにおいて、研削速度が研削具の進入速度V_sから研削速度V(P)に滑らかで連続的に変化することによって、研削部と未研削部との境界における段差が低減される。また、研削終了点P_eにおいて、研削速度V(P)が研削具の離脱速度V_eに滑らかで連続的に変化することによって、研削部と未研削部との境界における段差が低減される。

50

【 0 0 5 2 】

制御装置 1 2 は、研削速度 V を表す式として、下記の式 (3) を設定してもよい。

【 数 3 】

$$V(P) = a_{v1} \sin \left(\frac{P(t)}{P_e - P_s} \pi \right) + b_{v1} \quad (3)$$

式 (3) の各係数は、例えば以下に示される不等式で特定される範囲内の値に設定されてよい。

$$-10000 V_{\min} \leq a_{v1} \leq 0, \quad b_{v1} = V_{\min} + a_{v1}$$

【 0 0 5 3 】

制御装置 1 2 は、研削加圧力 F を表す式として、下記の式 (4) を設定してもよい。

【 数 4 】

$$F(P) = a_{f1} \sin \left(\frac{P(t)}{P_e - P_s} \pi \right) + b_{f1} \quad (4)$$

式 (4) の各係数は、例えば以下に示される不等式で特定される範囲内の値に設定されてよい。

$$0 \leq a_{f1} \leq F_{\max}, \quad b_{f1} = F_{\max} + a_{f1}$$

【 0 0 5 4 】

式 (3) 及び (4) として例示したように、研削速度及び研削加圧力を、位置 P をパラメータとして有する正弦関数で表すことによって、制御装置 1 2 は、研削具の経路 4 1 を滑らかで連続的な直線又は曲線として設定できる。また、研削開始点 P_s 及び研削終了点 P_e において、研削速度が滑らかで連続的に変化することによって、研削部と未研削部との境界における段差が低減される。

【 0 0 5 5 】

制御装置 1 2 は、研削速度を、位置 P の 4 次式、又は、位置 P をパラメータとして有する正弦関数の少なくとも一方を含む数式で表してよい。制御装置 1 2 は、研削加圧力を、位置 P の 4 次式、又は、位置 P をパラメータとして有する正弦関数の少なくとも一方を含む数式で表してよい。制御装置 1 2 は、例えば、ガウス分布式等の他の種々の滑らかな連続的な関数の数式を少なくとも一部に含む数式で研削速度又は研削加圧力を表してよい。

【 0 0 5 6 】

研削速度を表す関数である $V(P)$ は、速度関数とも称される。研削加圧力を表す関数である $F(P)$ は、加圧力関数とも称される。制御装置 1 2 は、速度関数を研削具の位置 P で一階微分した関数の絶対値が速度一階微分閾値未満となるように軌跡を生成してよい。このようにすることで研削速度の急激な変化が避けられる。制御装置 1 2 は、加圧力関数を研削具の位置 P で一階微分した関数の絶対値が加圧力一階微分閾値未満となるように軌跡を生成してよい。このようにすることで研削加圧力の急激な変化が避けられる。研削速度及び研削加圧力の急激な変化を避けることによって、研削後の対象材 8 0 の表面形状の段差が低減される。

【 0 0 5 7 】

制御装置 1 2 は、速度関数を研削具の位置 P で二階微分した関数及び加圧力関数を研削具の位置 P で二階微分した関数のそれぞれが連続関数になるように軌跡を生成してよい。このようにすることで、研削速度及び研削加圧力が滑らかに変化する。その結果、研削後の対象材 8 0 の表面形状の段差が低減される。また、制御装置 1 2 は、速度関数を研削具

10

20

30

40

50

の位置 P で二階微分した関数の絶対値が速度二階微分閾値未満となるように軌跡を生成してよい。このようにすることで研削速度のグラフの極小値における曲率が低減される。また、制御装置 1 2 は、加圧力関数を研削具の位置 P で二階微分した関数の絶対値が加圧力二階微分閾値未満となるように軌跡を生成してよい。このようにすることで研削加圧力のグラフの極大値における曲率が低減される。研削速度及び研削加圧力のグラフの曲率を低減することによって、対象材 8 0 の研削部が急激に深くならない。

【 0 0 5 8 】

制御装置 1 2 は、速度関数が少なくとも 1 つの位置で極小値となるように、かつ、加圧力関数が少なくとも 1 つの位置で極大値となるように、軌跡を生成してよい。このようにすることで、研削速度及び研削加圧力が単調に変化しない。その結果、研削の開始側及び終了側のそれぞれで段差が低減される。

10

【 0 0 5 9 】

速度関数及び加圧力関数の少なくとも一部は、対象材 8 0 を研削する範囲に含まれる位置を原点とする偶関数で表されてよい。例えば、図 7 のグラフにおいて、速度関数 $V(P)$ のグラフは、対象材 8 0 を研削する範囲に含まれる位置 P_i を対称軸として左右対称である。したがって、図 7 のグラフの速度関数 $V(P)$ は、 P_i を原点とする偶関数である。また、図 8 のグラフにおいて、加圧力関数 $F(P)$ のグラフは、対象材 8 0 を研削する範囲に含まれる位置 P_i を対称軸として左右対称である。したがって、図 8 のグラフの加圧力関数 $F(P)$ は、 P_i を原点とする偶関数である。速度関数及び加圧力関数の少なくとも一部が偶関数であることによって、研削の開始側及び終了側のそれぞれの形状が対称になる。その結果、研削部の品質が向上する。

20

【 0 0 6 0 】

< フローチャート >

研削システム 1 は、図 9 に例示されるフローチャートの手順を含む、製品の製造方法を実行してもよい。製品の製造方法は、研削システム 1 の制御装置 1 2 が研削の軌跡を生成するための軌跡生成方法を含んでよい。製品の製造方法又は軌跡生成方法は、研削システム 1 の制御装置 1 2 等に含まれるプロセッサに実行させる製品の製造プログラム又は軌跡生成プログラムとして実現されてもよい。製品の製造プログラム又は軌跡生成プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

【 0 0 6 1 】

形状測定装置 3 2 は、研削の対象材 8 0 の形状を測定する (ステップ S 1)。除去対象認識装置 3 0 は、対象材 8 0 の形状データに基づいて、対象材 8 0 に含まれる除去対象 8 2 を認識する (ステップ S 2)。

30

【 0 0 6 2 】

制御装置 1 2 は、対象材 8 0 の形状の測定データ、及び、除去対象 8 2 の認識結果に基づいて、研削装置 1 0 による研削の軌跡を生成する (ステップ S 3)。制御装置 1 2 は、生成した軌跡に基づいて研削装置 1 0 を駆動する (ステップ S 4)。制御装置 1 2 は、加圧力測定装置 1 4 から研削加圧力の測定結果を取得し、研削加圧力の測定値が軌跡で特定される研削加圧力に近づくように研削装置 1 0 を制御する (ステップ S 5)。制御装置 1 2 は、研削を完了したか判定する (ステップ S 6)。例えば、制御装置 1 2 は、研削装置 1 0 を離脱完了点 P_{e0} まで移動させた場合に研削を完了したと判定してよい。制御装置 1 2 は、研削を完了していない場合 (ステップ S 6 : NO)、ステップ S 4 の手順に戻って研削を完了するまで研削装置 1 0 の駆動を続ける。制御装置 1 2 は、研削を完了した場合 (ステップ S 6 : YES)、図 9 のフローチャートの手順の実行を終了する。研削システム 1 は、製品の製造方法として、研削完了後に除去対象 8 2 を除去できたか検査するステップを更に実行してもよい。製品の製造方法のうち軌跡生成方法は、図 9 のステップ S 1 ~ S 3 の手順を含んでよい。

40

【 0 0 6 3 】

図 9 のフローチャートの手順のうち、ステップ S 1、S 2 及び S 3 の手順は、軌跡を生成する手順である。研削システム 1 は、ステップ S 1、S 2 及び S 3 を含む手順を軌跡生

50

成方法として実行してもよい。

【 0 0 6 4 】

以上述べてきたように、本開示に係る研削システム 1 及び研削方法によれば、研削速度及び研削加圧力を設定した軌跡を用いて研削装置 1 0 を動作させることによって、研削部と未研削部との境界に生じる段差が低減される。また、制御装置 1 2 は、経路 4 1 に沿って砥石 2 2 を移動させる間に砥石 2 2 の姿勢、研削速度又は研削加圧力が連続的に変化するよう軌跡を生成してよい。制御装置 1 2 は、このように生成した軌跡を用いて研削装置 1 0 を動作させることによって、除去対象 8 2 を除去しつつ、研削部と未研削部との境界に生じる段差を最小化できる。

【 0 0 6 5 】

(実施例)

実施例において、制御装置 1 2 は、式 (1) によって研削速度を設定し、式 (2) によって研削加圧力を設定するように軌跡を生成する。制御装置 1 2 は、式 (1) 及び (2) の各係数を以下の値に設定する。これらの係数は、除去対象 8 2 の大きさ、又は、研削の対象材 8 0 の材質等に応じて適宜変更されてよい。実施例において、除去対象 8 2 を研削する経路 4 1 の中央付近で研削速度 V が最も遅く、研削加圧力 F が最も大きくなるように係数が設定されている。

$$a_{v1} = -2000, \quad a_{v2} = (P_e - P_s) / 2$$

$$b_{v1} = 0, \quad b_{v2} = -(P_e - P_s) / 2$$

$$c_{v1} = 1000, \quad c_{v2} = -(P_e - P_s) / 2$$

$$d_{v1} = 0, \quad d_{v2} = -(P_e - P_s) / 2$$

$$e_v = V_{min} = 10$$

$$a_{f1} = 1800, \quad a_{f2} = -(P_e - P_s) / 2$$

$$b_{f1} = 0, \quad b_{f2} = (P_e - P_s) / 2$$

$$c_{f1} = -900, \quad c_{f2} = (P_e - P_s) / 2$$

$$d_{f1} = 0, \quad d_{f2} = (P_e - P_s) / 2$$

$$e_f = F_{max} = 150$$

【 0 0 6 6 】

また、式 (1) 及び (2) は、研削開始点 P_s 及び研削終了点 P_e において以下の境界条件を満たすように設定されている。

$$V(P_s) / P = 0, \quad V(P_e) / P = 0$$

$$F(P_s) / P = 0, \quad F(P_e) / P = 0$$

【 0 0 6 7 】

上述した条件で対象材 8 0 を研削した場合の、研削後の対象材 8 0 の表面形状を研削深さとして測定した結果が図 1 0 において実線のグラフで示される。図 1 0 のグラフの横軸は研削具の送り方向の位置を表す。縦軸は各位置における研削深さを表す。本実施形態において、送り方向の位置の変化に対して研削深さが滑らかに、かつ、緩やかに変化している。研削深さが滑らかに、かつ、緩やかに変化することによって段差が低減される。また、研削深さが目標値を超えている。その結果、再研削が必要とされない。

【 0 0 6 8 】

一方で、比較例に係る方法として、研削速度及び研削加圧力を変化させずに研削する方法が考えられる。比較例に係る方法で研削した対象材の表面形状を研削深さとして測定した結果が図 1 0 において破線のグラフで示される。比較例に係る方法で研削した結果において、送り方向の位置の変化に対して、特に研削開始点及び研削終了点に近い位置において研削深さが急峻に変化している部分が見られる。このように急峻に変化している部分は、検査員の触覚等による官能検査によって段差と判定される。その結果、段差と判定された部分の再研削が必要とされる。

【 0 0 6 9 】

以上述べてきたように、本実施形態に係る研削方法によれば、比較例に係る方法に対して研削部の品質が向上する。また、研削部の再研削が必要になる割合が低減する。具体的

10

20

30

40

50

に、上述した実施例の条件において、再研削が必要になった割合は約 90% 低減した。その結果、研削装置 10 による研削作業全体の約 40% が削減された。

【0070】

本開示の実施形態について、諸図面及び実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形又は改変を行うことが可能であることに注意されたい。従って、これらの変形又は改変は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成部又は各ステップなどに含まれる機能などは論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の構成部又はステップなどを 1 つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。本開示に係る実施形態は装置が備えるプロセッサにより実行されるプログラム又はプログラムを記録した記憶媒体としても実現し得るものである。本開示の範囲にはこれらも包含されるものと理解されたい。

10

【符号の説明】

【0071】

- 1 研削システム
- 10 研削装置
- 12 制御装置
- 14 加圧力測定装置
- 20 グラインダ
- 22 砥石（22a：回転軸、24：加工基準点）
- 30 除去対象認識装置
- 32 形状測定装置
- 41、42、43 経路
- 80 対象材（82：除去対象、84：研削面、85、86：接線）

20

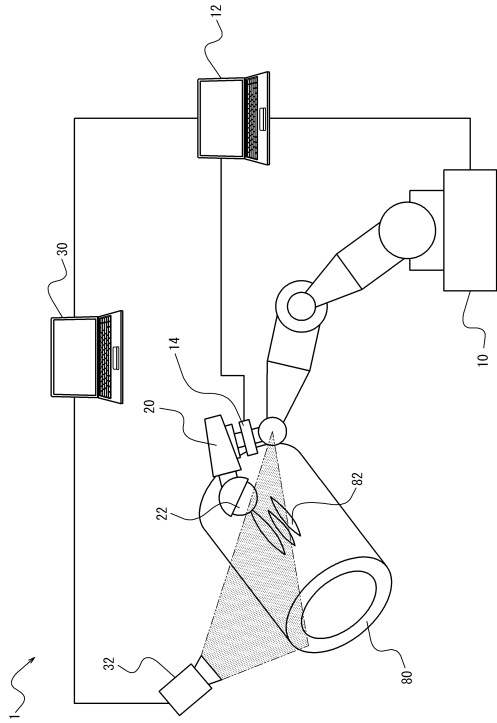
30

40

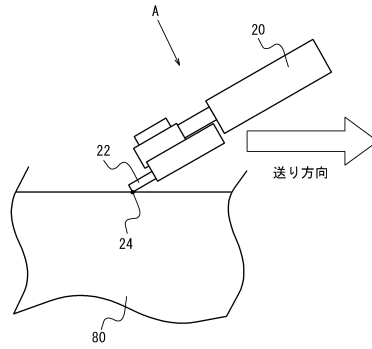
50

【図面】

【図 1】



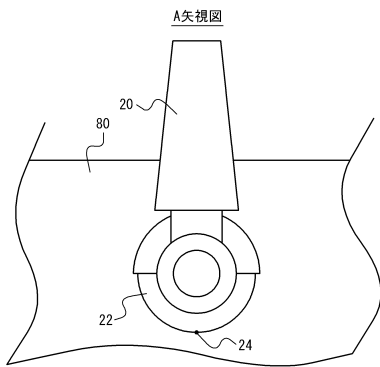
【図 2】



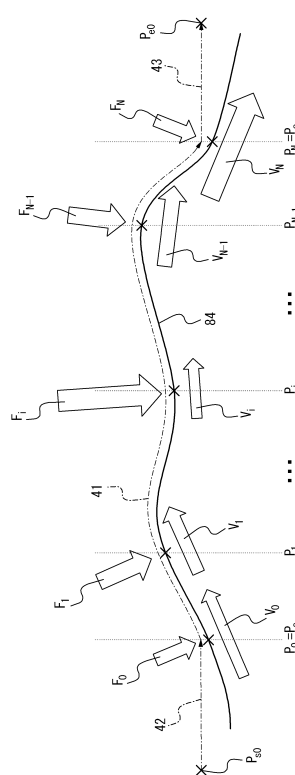
10

20

【図 3】



【図 4】

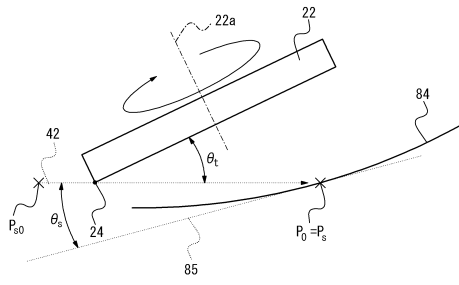


30

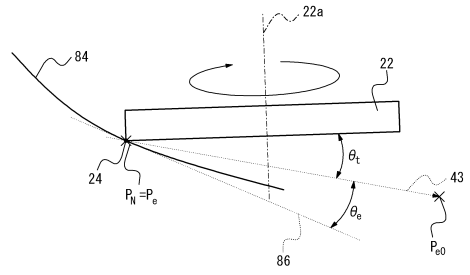
40

50

【 図 5 】

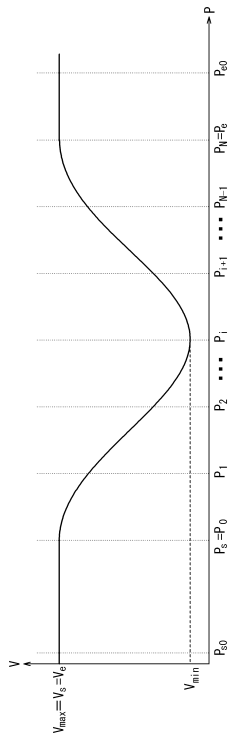


【 図 6 】

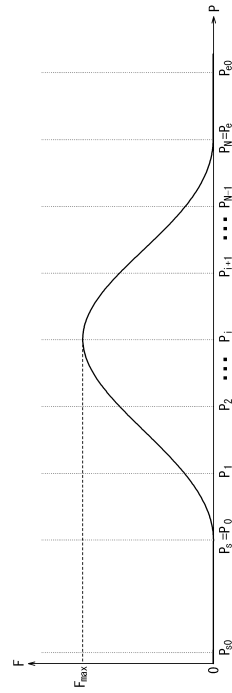


10

【 図 7 】



【 図 8 】



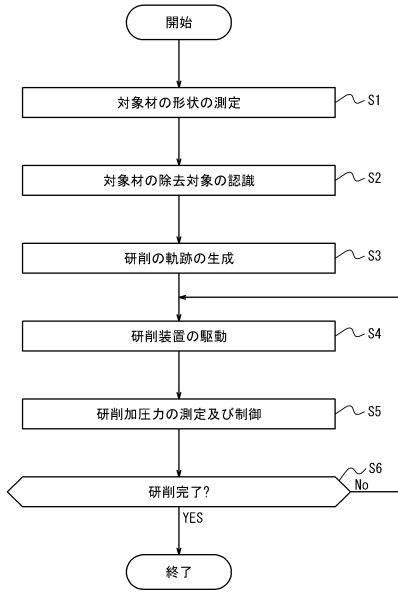
20

30

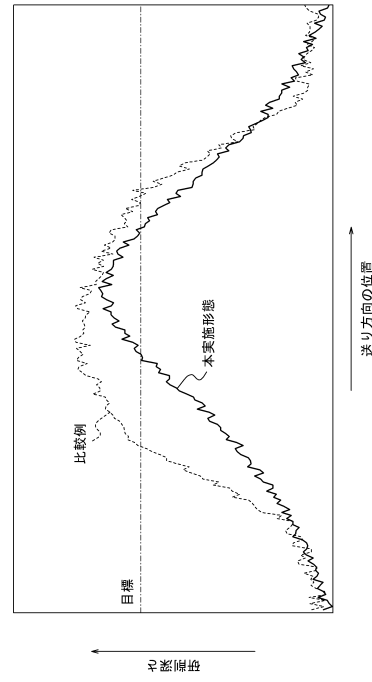
40

50

【 図 9 】



【 図 10 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
(72)発明者 角谷 拓馬
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内
審査官 山村 和人
(56)参考文献 特開平05-337804(JP,A)
特開平08-016225(JP,A)
国際公開第2022/079974(WO,A1)
特開平07-060633(JP,A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B24B 27/00 - 27/08
B24B 49/16
B25J 1/00 - 21/02