

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-16472

(P2016-16472A)

(43) 公開日 平成28年2月1日(2016.2.1)

(51) Int.Cl.
B24B 39/00 (2006.01)

F I
B24B 39/00

テーマコード (参考)
3C158

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-140092 (P2014-140092)
(22) 出願日 平成26年7月8日 (2014.7.8)

(71) 出願人 504160781
国立大学法人金沢大学
石川県金沢市角間町ヌ7番地
(74) 代理人 100114074
弁理士 大谷 嘉一
(72) 発明者 岡田 将人
石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内
(72) 発明者 立矢 宏
石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内
(72) 発明者 岩崎 平
石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内

最終頁に続く

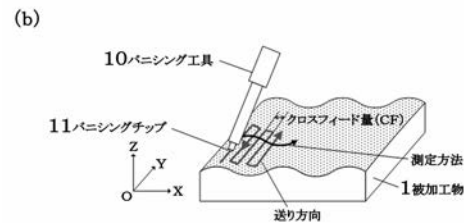
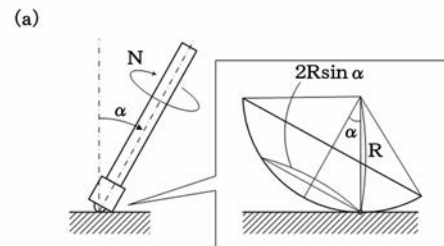
(54) 【発明の名称】 バニシング加工装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】金属表面に加工硬化ならびに圧縮残留応力による機械的性質の向上を図りながら鏡面仕上げ加工が可能な自由曲面へのバニシング加工装置を提供する。

【解決手段】バニシング加工装置は、所定の回転制御及び、被加工物 1 の加工点における法線方向に対する傾き角 α の角度制御を受けるバニシング加工用の工具 10 と、前記加工点における該バニシング加工用の工具 10 の法線方向の押圧力を制御するための法線押圧制御手段とを備える。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被加工物の加工点における法線方向に対して、所定の角度制御及び回転制御されたパニシング加工用の工具と、
前記加工点における工具の法線方向の押圧力を制御するための法線押圧制御手段とを備えたことを特徴とするパニシング加工装置。

【請求項 2】

前記法線押圧制御手段は、前記加工点において被加工物に作用する押圧力の X, Y, Z 軸方向 3 成分を検出する押圧力検知手段を被加工物を載置したテーブル側に有し、
前記押圧力検知手段で得られたデータから法線方向の押圧力を求める演算手段とを有することを特徴とする請求項 1 記載のパニシング加工装置。

10

【請求項 3】

前記工具の位置と押圧力を同時に制御する手段は、工具又は工具の保持具を制御する工具制御手段と、テーブル制御手段を有し、
前記工具制御手段は、Z 軸方向の 1 軸制御と、工具軸に直交する軸周りに姿勢制御するものであり、
前記テーブル制御手段は被加工物を載置したテーブルを X, Y 軸方向に 2 軸制御するものであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパニシング加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、パニシング加工装置に関し、特に表面が自由曲面からなる被加工物に適したパニシング加工装置に係る。

【背景技術】

【0002】

金属表面に光沢を発現する加工方法に研磨（研削）加工とパニシング加工とがある。
研磨加工は、砥石等の研削工具又は砥粒を含有させたホイールや無端ベルト等にて金属表面を鏡面状に仕上げる加工方法である。

よって、研磨加工は表面を削り取ることで表面粗さを小さくする加工方法である（特許文献 1, 2）。

30

これに対して、パニシング加工方法は、被加工物の表面を押付けるように塑性加工することで表面粗さを小さくする加工方法であり、金属表面が塑性変形により加工硬化ならびに圧縮残留応力が生じ、硬度と疲労強度が増すとともに光沢が発現する加工方法である。

このようなパニシング加工は、被加工物の表面が平坦状又は円筒状である場合に回転ローラーで表面を押圧することで得られるが、表面が三次元的に凹凸を有する自由曲面にあっては、そのような工具を用いることができない。

特許文献 3 には、パニシング工具の先端に設けたパニシング球に加わる加工点の法線押付力を演算し、予め定めた設定法線押付力とが一致するようにパニシング球の位置を制御する技術を開示する。

しかし、同公報に開示する技術は、被加工面に法線方向の押付力を加えるだけのものであり、表面の鏡面性や表面硬度及びその深さに課題が残るものである。

40

非特許文献 1 には、パニシングピンを高速回転させながら加工表面を押しなすことで加工表面に圧縮残留応力を生成させる摩擦攪拌形パニシング加工技術を開示する。

しかし、同文献は、金属表面の疲労強度及び硬度の向上を目的とするものであり、表面光沢性に劣るものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 10 - 166267 号公報

【特許文献 2】特開 2013 - 43255 号公報

50

【特許文献3】特開2005-305604号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】「炭素鋼S45Cへの摩擦攪拌形パニシング加工による硬化組織の創成」, 笹原弘之, 他3名, 日本機械学会論文集(C編), 78巻787号(2012-3), P. 996-1003

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、金属表面に加工硬化ならびに圧縮残留応力による機械的性質の向上を図りながら鏡面仕上げ加工が可能な自由曲面へのパニシング加工装置の提供を目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係るパニシング加工装置は、被加工物の加工点における法線方向に対して、所定の角度制御及び回転制御されたパニシング加工用の工具と、前記加工点における工具の法線方向の押圧力を制御するための法線押圧制御手段とを備えたことを特徴とする。

このように工具を被加工面に対して所定の角度だけ傾斜させながら、この工具を回転させることで加工点に摩擦力による接線方向力ならびに摩擦熱を与えながら押圧力を加えることになる。

【0007】

20

本発明において、法線押圧制御手段は、前記加工点において被加工物に作用する押圧力のX, Y, Z軸方向3成分を検出する押圧力検知手段を被加工物を載置したテーブル側に有し、前記押圧力検知手段で得られたデータから法線方向の押圧力を求める演算手段とを有するような構成が例として挙げられる。

ここで、X, Y, Z軸方向とは相互に直交する3成分方向を意味し、本明細書では水平面に対してX, Y軸と定義し、垂直方向をZ軸方向と定義する。

【0008】

本発明においては、前記工具の位置と押圧力を同時に制御する手段は、工具又は工具の保持具を制御する工具制御手段と、テーブル制御手段を有し、前記工具制御手段は、Z軸方向の1軸制御と、工具軸に直交する軸周りに姿勢制御するものであり、前記テーブル制御手段は被加工物を載置したテーブルをX, Y軸方向に2軸制御するものであってよい。

30

【発明の効果】

【0009】

本発明においては、パニシング工具を傾斜させ、且つ回転させながら金属表面を押圧しつつ、摺動させたことにより金属表面の硬度上昇による耐摩耗性の向上、圧縮残留応力による疲労強度の向上の他に摩擦熱にて機械的性質が表面から深く改善され、且つ鏡面仕上げ加工が可能である。

【0010】

また、パニシング工具の力および位置制御を行う際に工具又は工具の保持手段をZ軸方向の1軸制御と、工具軸に直交する2軸周りに姿勢制御しつつ、被加工物を載置したテーブルをX, Y軸方向の2軸制御したので、5自由度動作が可能になり、曲面への押圧制御の精度が向上する。

40

さらには、被加工物の加工点に加わるX, Y, Z軸方向の3成分をテーブル側で検知し、法線方向の押圧力を演算制御したので、自由曲面において法線方向の押圧力が一定になるように安定制御しやすくなる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】(a)はパニシング工具の例を示し、(b)はパニシング加工の状態を模式的に示す。

【図2】(a)は5自由度ハイブリッド式パラレルメカニズム型加工機の構造例を示し、

50

(b) は機構の説明図を示す。(c) はツール(パニシング工具)の位置姿勢を示す。

【図3】工具動作のコントロールダイヤグラムのブロック図を示す。

【図4】パニシング加工による表面粗さ変化を示す。

【図5】パニシング加工による表面硬度変化を示す。

【図6】表面からの深さ方向の硬度変化を示す。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明に係るパニシング加工装置の構造例を以下、図面に基づいて説明するが、パニシング工具に傾き角を設け、このパニシング工具を回転制御したものであれば本実施例に限定されない。

【0013】

図1(a)にパニシング工具の拡大図を示し、図1(b)に自由曲面からなる被加工物の表面をパニシング加工する模式図を示す。

パニシング工具10は、先端部に球面状のパニシングチップ11を取り付けてある。

パニシングチップ11は、被加工物となる金属よりも硬いものであれば各種材質が適用される。

具体的にはダイヤモンドチップ、超硬合金、CBN(立方晶窒化ホウ素)等が例として挙げられる。

パニシングチップ11の球面の曲率半径Rは0.5~10mm程度が好ましく、パニシング工具の傾き角は送り方向に1°以上あればよく、理論的には90°以下でよいが、

実用的には1~20°の範囲である。

パニシング工具10の回転数Nはパニシングチップ11の加工点での周速度Vrが5~300m/minの範囲、好ましくは10~200m/minの範囲である。

周速度が300m/minを超えると摩擦熱の発生が多くなり過ぎる。

なお、図1(b)に示した送り速度及びクロスフィード量(CF)は被加工物1の材質や曲面の程度により適宜、選定される。

【0014】

今回の実験評価に用いたパニシング加工装置の構造例を、以下説明する。

図2(a)は空間5自由度ハイブリッド式パラレルメカニズム型加工機である。

本加工機は空間3自由度パラレルメカニズムと平面案内テーブルにより構成される。

出力点の位置・姿勢を示すために、図2(b)のようにベース上にO-XYZ絶対座標系、出力節に取り付けた工具先端にT-XTYTZT工具座標系を設定する。

O-XYZ絶対座標系は、XY軸をテーブル駆動方向とする右手直交座標系であり、原点Oはベース中心にある。

O-XYZ座標系とT-XTYTZT座標系の各軸方向が一致する場合を初期姿勢とし、初期姿勢での工具座標系の原点TはZ軸上にあるとする。

本加工機は、上部の空間3自由度パラレルメカニズムによって位置姿勢(Z , θ_1 , θ_2)、下部の平面案内テーブルによって位置(X , Y)を制御し5自由度の運動を創成する。

なお、 θ_1 , θ_2 は、図2(c)に示すように、それぞれ $X_T Y_T$ 平面における回転軸の向きと同回転軸回りの回転角度であり、出力節および工具の姿勢を表す。

XY方向並進は θ_1 および θ_2 の回転に伴って従属的に動作する。

これらのXY方向の従属的な並進は下部案内テーブルにより補正する必要があり、その変位量は式(1)で得られる。

10

20

30

40

【数 1】

$$\begin{bmatrix} x_e \\ y_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} R_t \sin 2\theta_1 (1 - \cos \theta_2) - L_t \sin \theta_1 \sin \theta_2 \\ \frac{1}{2} R_t \cos 2\theta_1 (1 - \cos \theta_2) + L_t \cos \theta_1 \sin \theta_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

空間 3 自由度パラレルメカニズムの力制御では、X Y Z の各軸方向への微小変位を与え目標押圧力を達成する。

10

ヤコビ行列を用いれば、工具先端の微小変位 X 、 Y と工具の姿勢角変位 θ_1 、 θ_2 の関係は式 (2) で表される。

そこで、式 (2) を用い θ_1 、 θ_2 を入力として X Y 軸方向への力制御を、また、工具の位置 Z を入力として Z 軸方向の力を制御することで、結果的に工具の位置姿勢の制御と同じ入力変数で力制御を行う。

【数 2】

$$\begin{bmatrix} \Delta\theta_1 \\ \Delta\theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial X}{\partial \theta_1} & \frac{\partial X}{\partial \theta_2} \\ \frac{\partial Y}{\partial \theta_1} & \frac{\partial Y}{\partial \theta_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} = \mathbf{J}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} \quad (2)$$

20

図 3 に具体的な制御手法を示す。

工具の動作により発生した力 F_{out} を力センサで計測し、フィードバック対象である押圧方向の力 F_t へ変換する。

この時、加工点における工作物の法線方向は、CAM データにより取得した値より求める。

次に、目標力 F_d と F_t の偏差 e_f にコンプライアンス定数を乗じることで位置偏差 e_p へ変換し、目標変位 L_{in} を位置制御する。

30

なお、 F_d と F_t は加工面法線方向の押圧力である。

PID 制御の各パラメータは過渡応答法により値を設定する。

また、コンプライアンス定数は、予備実験によりあらかじめ決定する。

【0015】

次にパニング加工の実験方法及びその結果について説明する。

被加工物として SUS 316 の表面にワイヤ放電加工により、 $R_z = 20.9 \mu\text{m}$ 程度の加工面を形成した。

図 1 にて、 $R = 1.5 \text{ mm}$ 、傾き角 $\alpha = 15^\circ$ 、クロスフィード量 $50 \mu\text{m}$ 、送り速度 12.7 mm/sec の条件で図 2 に示した装置にて加工点での負荷力が 50 N と一定になるように制御しつつパニング加工した結果を図 4 のグラフに示す。

40

図 4 のグラフは、パニングチップ 11 の周速度 V_r が $0, 17, 33, 50 \text{ m/min}$ のときの表面粗さ変化を R_a と R_z で示したものである。

この結果から本発明に係るパニング加工によれば前加工面より表面粗さが小さくなり、鏡面状に仕上がることが確認できた。

【0016】

図 5 は、上記の条件でパニング加工したときの表面硬度 H_v の変化を示す。

パニング工具の回転数を上げると回転しない周速度 0 m/min よりも硬度が上昇することが明らかになった。

【0017】

図 6 は、パニング工具の周速度が 0 m/min 、 50 m/min とで表面部からの深

50

さで、どのように硬度変化しているか測定したグラフである。

なお、Pre-stageはバニシング加工しないものである。

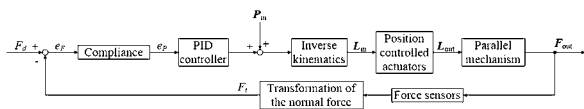
この結果から、周速度50m/minの方がより深く硬度が向上していることが明らかになった。

【符号の説明】

【0018】

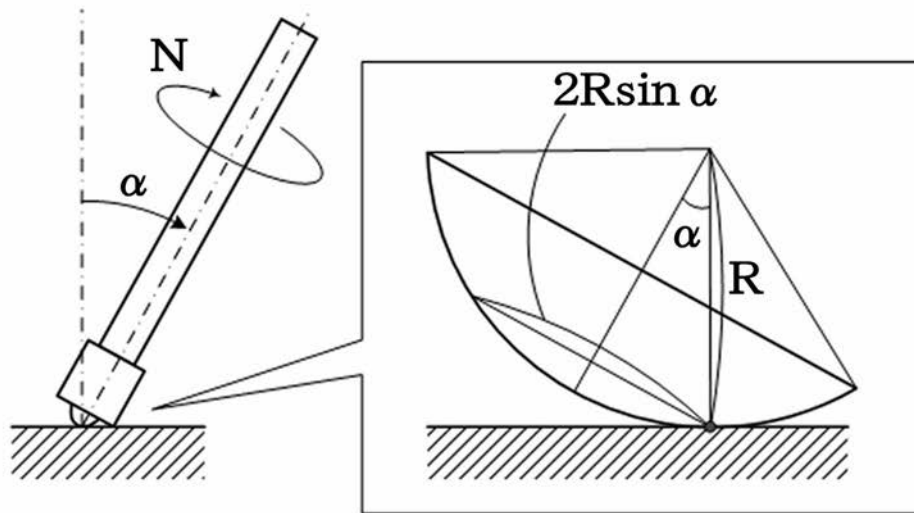
- 1 被加工物
- 10 バニシング工具
- 11 バニシングチップ

【図3】

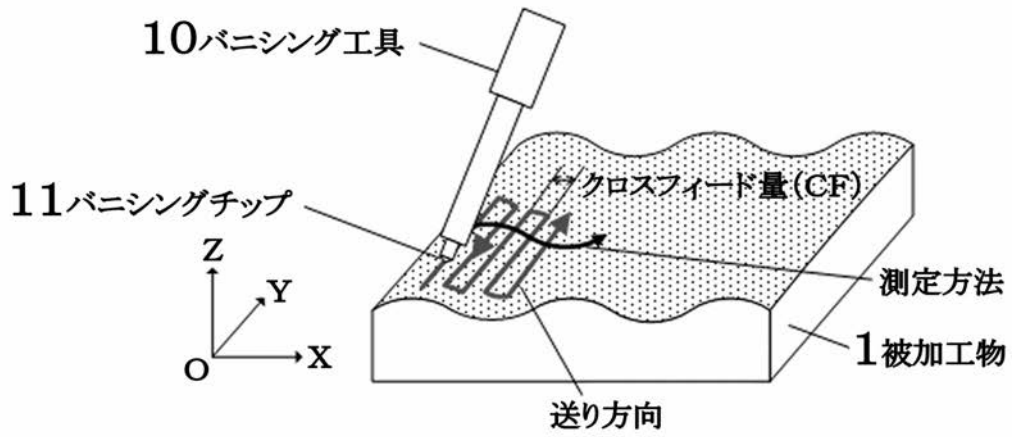


【図1】

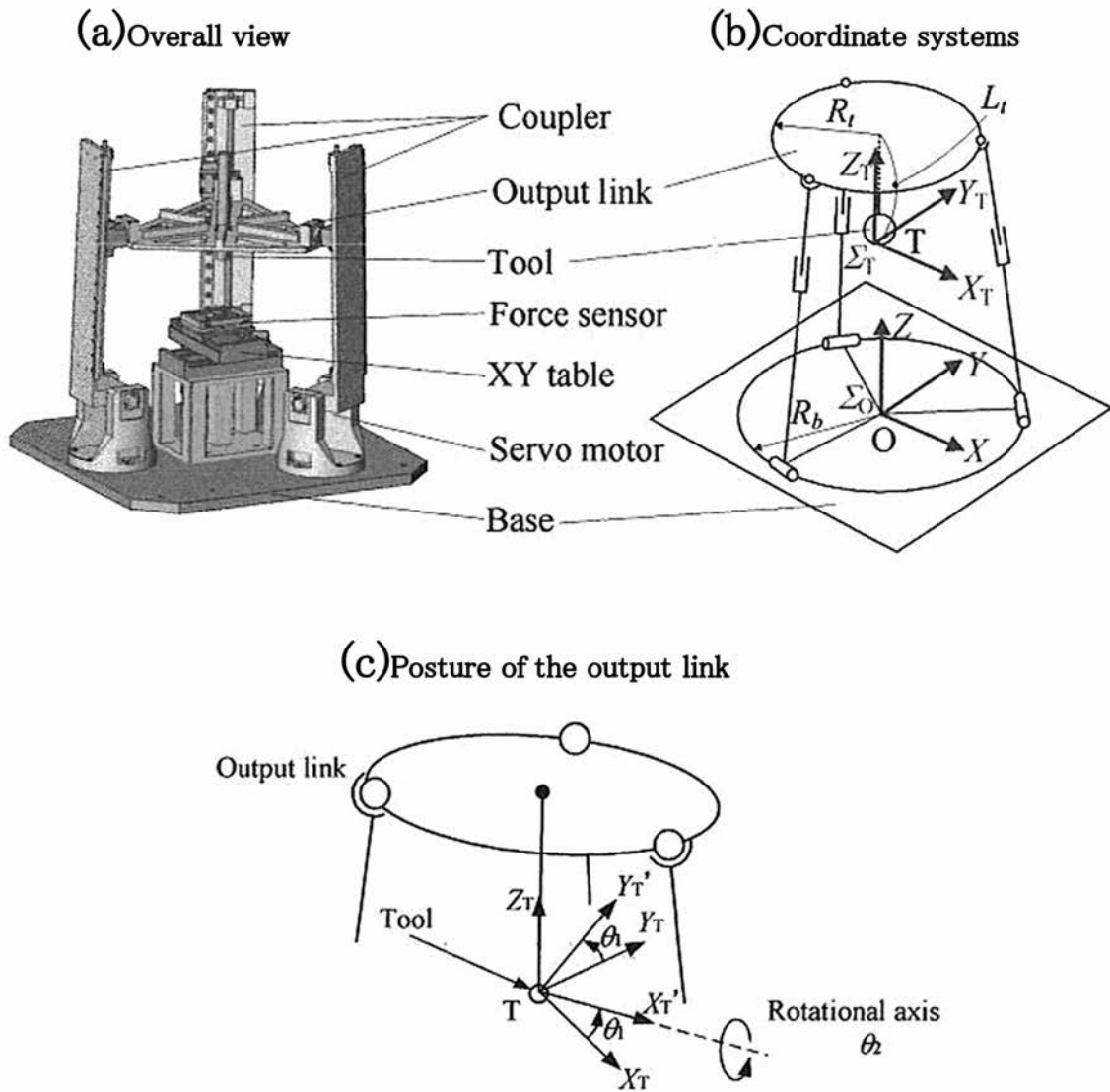
(a)



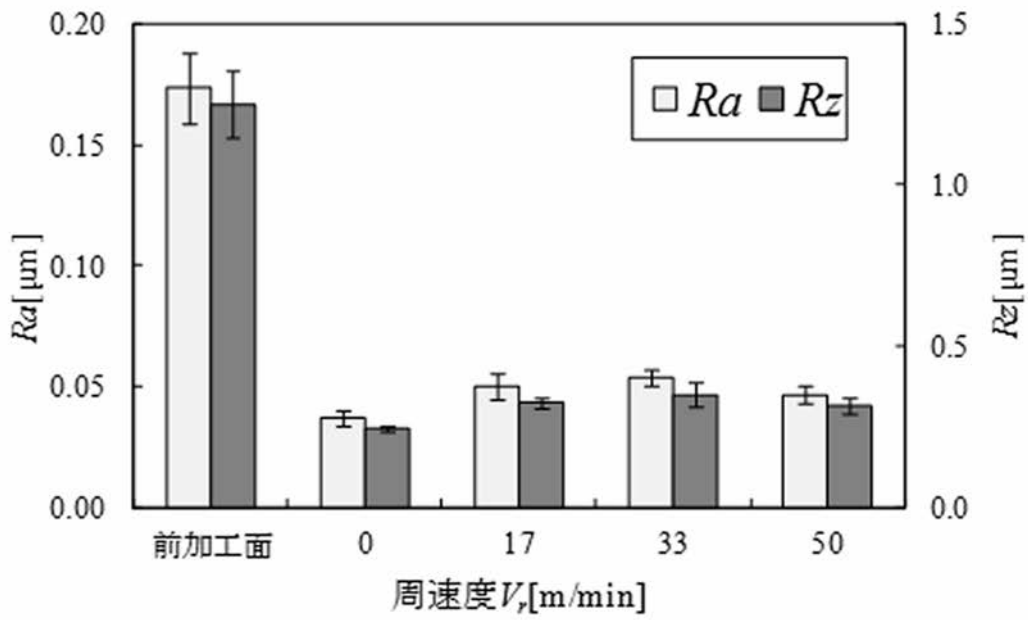
(b)



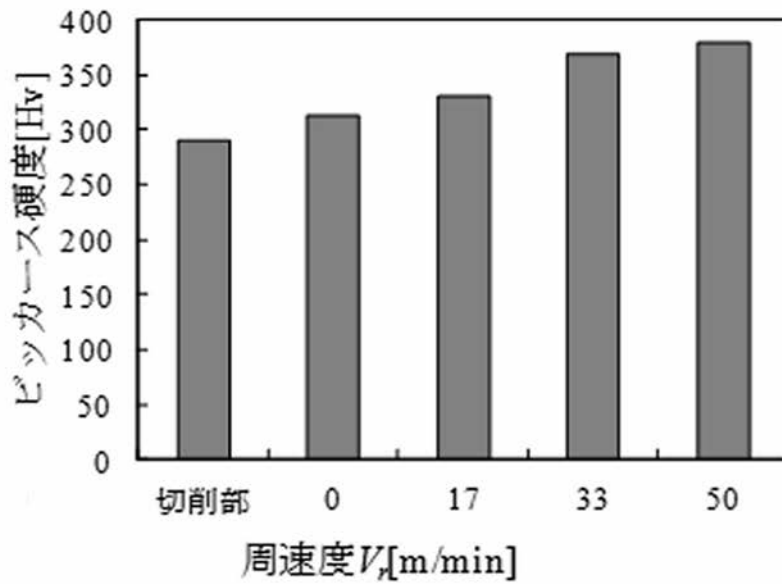
【 図 2 】



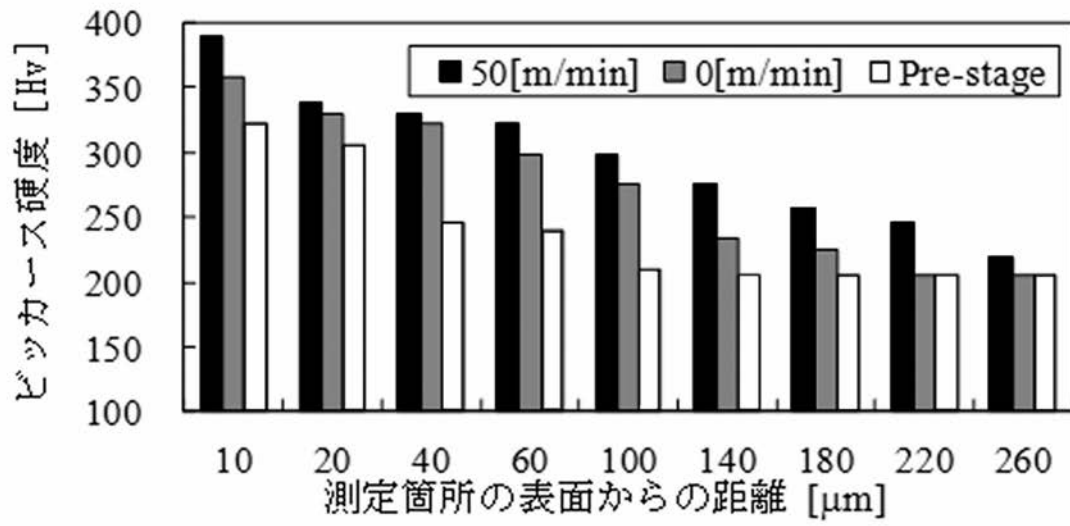
【 図 4 】



【 図 5 】



【図6】



フロントページの続き

特許法第30条第2項適用申請有り 1. 「平成25年度 修士論文概要」番号401, 金沢大学大学院自然科学研究科機械科学専攻 機能機械コース, 発行日 平成26年2月10日 2. 「平成25年度 修士論文発表会 ハイブリッドメカニズムによる力制御を用いたパニシング加工の実現」, スライド発表, 開催日 平成26年2月13日, 金沢大学 自然科学本館 203講義室 3. 「平成25年度 主論文 ハイブリッドメカニズムによる力制御を用いたパニシング加工の実現」, 発表日 平成26年2月13日 4. 「平成25年度 卒業論文概要」番号304, 金沢大学理工学域機械工学類 機械システムコース・知能機械コース, 発行日 平成26年2月14日 5. 「ハイブリッドメカニズムによる自由曲面へのパニシング加工の実現」, スライド発表, 開催日 平成26年2月18日, 金沢大学 自然科学本館 303講義室 6. 「平成25年度 卒業論文 ハイブリッドメカニズムによる自由曲面へのパニシング加工の実現」, 発表日 平成26年2月18日

Fターム(参考) 3C158 AA09 AA12 AA13 AC02 BA05 BB09 BC01 BC02 CA02 CA04
CB01