

(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2015-33742

(P2015-33742A)

(43) 公開日 平成27年2月19日(2015.2.19)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)  
**B 2 4 B 39/04 (2006.01)** B 2 4 B 39/04 Z 3 C 0 5 8  
 3 C 1 5 8

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-165654 (P2013-165654)	(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
(22) 出願日	平成25年8月9日(2013.8.9)	(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	末信 翔平 石川県加賀市湖城町3丁目52番地
		(72) 発明者	渡邊 慶 愛知県みよし市三好丘旭5-1-29
		Fターム(参考)	3C058 AA09 AA12 AA16 CA04 CB01 CB03 DA13

最終頁に続く

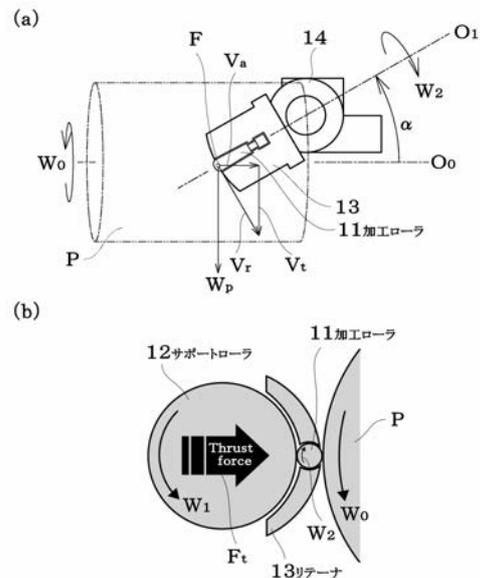
(54) 【発明の名称】 ローラバニシング加工方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 各種材質及び大きさの工作物に対して汎用性があり、表面性状に優れ安価なローラバニシング加工方法を提供する。

【解決手段】 工作物Pのローラバニシング加工方法であって、回転する工作物Pの加工点を通る接平面内に沿って、工作物Pの回転軸O<sub>0</sub>と加工ローラ11の回転軸O<sub>1</sub>が交差するように加工ローラ11の回転軸O<sub>1</sub>に傾斜角をつけることで、工作物P表面に加工ローラ11の回転による転動加工と加工ローラ11の摺動による摺動加工とを複合的に作用させる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

工作物のローラバニシング加工方法であって、  
 回転する工作物の加工点を通る接平面内に沿って、工作物の回転軸と加工ローラの回転軸が交差するように加工ローラの回転軸に傾斜角をつけることで、  
 工作物表面に加工ローラの回転による回転加工と加工ローラの摺動による摺動加工とを複合的に作用させたことを特徴とするローラバニシング加工方法。

## 【請求項 2】

前記加工ローラの外周形は加工点が最大径となるテーパ形状であることを特徴とする請求項 1 記載のローラバニシング加工方法。

10

## 【請求項 3】

前記加工ローラは工作物の加工点に対して所定の押圧が作用するようにサポートローラに摺動回転支持されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のローラバニシング加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明はローラバニシング加工方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

20

バニシング加工は工具を工作物の表面に押し当てて、微小の凹凸を均すように塑性加工する工法をいい、均一な表面品質及び表面に硬化層を形成するのが主な目的である。

その場合に工具としてダイヤモンドチップのような硬質材を用いて工作物の表面を押し摺動させることで、鏡面仕上げにする摺動加工タイプと、自由回転するローラを工作物の回転軸と平行に押し摺動させることで工作物の表面に垂直方向の圧縮力を加える回転加工タイプとがある。

摺動加工タイプは工作物の表面に過度のせん断力が加わりやすく、表面にむしろ不良が生じやすく、特に軟質材からなる工作物に対しては適用が難しかった。

工具が高価である問題もあった。

また、回転加工タイプはローラが工作物の回転に同期して工作物の表面垂直方向（工作物の回転半径方向）の圧縮力により表面の微小凹凸にひずみを加えるものであり、加えることができるひずみ量に限界があった。

30

## 【0003】

特許文献 1 には、ワークとの接触弧にならった、つつみ状の外形を有するバニシングローラをワークの回転軸と傾斜させて配置したローラバニシング加工方法を開示する。

しかし、同公報に開示するものはローラの外形がつつみ状になっているために工作物の周面に均一な押圧を加えるにはおのずとローラの傾斜角が一定でなければならず、径の相違する各種工作物に適用できるものではない。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

40

## 【0004】

【特許文献 1】 実用新案公告昭 59 - 43085 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

本発明は、各種材質及び大きさの工作物に対して汎用性があり、表面性状に優れ安価なローラバニシング加工方法の提供を目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明に係るローラバニシング加工方法は、工作物のローラバニシング加工方法であっ

50

て、回転する工作物の加工点を通る接平面内に沿って、工作物の回転軸と加工ローラの回転軸が交差するように加工ローラの回転軸に傾斜角をつけることで、工作物表面に加工ローラの転動による転動加工と加工ローラの摺動による摺動加工とを複合的に作用させたことを特徴とする。

従来のローラパニング加工は一般的に工作物の回転軸と加工ローラの回転軸が平行であったために、表面に与える圧縮方向の押圧力にて表面の微小凹凸を平坦にするものであり、加工装置が大型になるが、それでもひずみ量に限界があった。

これに対して本発明は、加工点を通る接平面内に沿って工作物の回転軸と加工ローラの回転軸が交差するように、この加工ローラの回転軸に傾斜角をつけたので工作物と加工ローラの接触部に圧縮力のみならず摺動方向のせん断力が複合的に作用することになる。

ここで、加工ローラの回転軸に傾斜角をつけるとは加工点における接平面に工作物の回転軸と加工ローラの回転軸を投影させると、この2つの回転軸が相対的に交差することをいう。

#### 【0007】

本発明にあっては、前記加工ローラの外周形は加工点が最大径となるテーパ形状であるのが好ましい。

このように加工ローラをテーパ形状にすると工作物と接圧する部位は、加工ローラの最大径の部分になるので、加工ローラを工作物の軸方向に沿って相対移動させるのが容易になる。

従って、特許文献1に開示するローラがつつみ形状のために工作物と面接触するのに対して本発明は、局所的な加工点接触となり、各種工作物形状に適用出来る。

#### 【0008】

本発明にあっては、前記加工ローラは工作物の加工点に対して所定の押圧が作用するようにサポートローラに摺動回転支持されているのが好ましい。

加工ローラの外径が大きいと、大きな接触圧を得るには大きな押圧装置が必要になる。

これに対してサポートローラに外径の小さい加工ローラを回転支持させると大きな接触圧を得ることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0009】

本発明は相対的に工作物の回転軸に対して加工ローラの回転軸を傾斜させたので工作物との接触部において、転動による半径方向の圧縮力に加えて摺動による周及び軸方向へのせん断力が生じるために小さな押圧力で優れた表面性状が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0010】

【図1】加工ローラに傾斜角をつけた状態を示し(a)は工作物Pを手前にし、後部に加工ローラを透視図として示し(b)は加工ローラの加工点における側面図を示す。

【図2】ローラパニング用工具を示し(a)は工具の全体斜視図、(b)は側面視、(c)は平面視を示す。(d)は加工ローラの単品図を示す。

【図3】加工ローラの傾斜角度とローラ回転軸の関係を示す。

【図4】加工ローラのスラスト力(押し込み力)と表面粗さの関係を示す。

【図5】加工ローラの傾斜角と加工面の表面粗さ(算術平均粗さ)の関係を示す。

【図6】加工表面の拡大写真を示す。

【図7】工作物の加工表面の3次元形状を示す。

【図8】3次元形状の部分拡大図を示す。

【図9】断面組織写真を示す。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0011】

本発明に係るローラパニング加工方法の例を以下図面に基づいて説明するが、加工ローラに傾斜角をつける手段は、本実施例に限定されない。

図1, 2にローラパニング加工用の工具の構造例を示す。

10

20

30

40

50

工具はNC旋盤等の刃物台にシャンク部等を用いて固定し、使用することができる。

図2に示すように、工具はスプリング等の付勢手段を内蔵した本体部10と本体部から突出方向に付勢された押圧部14を有する。

押圧部14から直角方向にサポートローラ12を軸部12aにて自由回転自在に軸支させてある。

図1(b)に示すように、サポートローラ12に摺動回転させるべく、加工ローラ11をリテーナ13を介して保持させてある。

サポートローラ13の軸部12aの先端部に設けた(図示省略する)止めねじを緩めると、サポートローラ12を取り外し、リテーナ13の内側に配置した加工ローラ11の交換が可能になっている。

図2(c), (d)に示すように加工ローラ11は、テーパ状の外形からなる加工部11aとリテーナ13の形状に合わせて、図2(c)で左右方向の位置ずれを防止するための小径部11bとその後部径部11cとからなる。

これにより、図1(b), 図2に示すようにリテーナ13の内側から装着部13a~13cに加工ローラ11を装着すると、リテーナ13の円弧部外側から加工ローラ11が一部突出し、工作物Pの回転 $W_0$ に対して転動及び摺動を複合的に発生させつつ、サポートローラ12に回転支持される。

サポートローラ12の外形は、加工ローラ11の外径より大きく、10~50倍程度になっている。

図1(b)に工作物P, 加工ローラ11及びサポートローラ12の回転方向の関係を $W_0 \sim W_2$ として示す。

図1(a)に工作物Pの回転軸 $O_0$ に対する加工ローラ11の回転軸 $O_1$ の傾斜角 $\theta$ が調整可能になっている。

加工ローラ11の回転軸 $O_1$ に傾斜角 $\theta$ をつけたことにより、工作物の回転周速度を $V_p$ とすると、加工ローラの回転速度 $V_r = V_p \cos \theta$ ,  
Y軸方向の速度 $V_t = V_p \cos^2 \theta$ ,  
Z軸方向(工作物の回転軸方向)の速度 $V_a = V_p \cos \theta \sin \theta$ となる。

よって、工作物と加工ローラ12はY軸方向, Z軸方向に速度差が生じることになる。

#### 【0012】

今回、評価に用いた工具の加工ローラ11は、工具鋼を用い加工部Lの長さが約10m, 最大外径部 $D_1 = 5 \text{ mm}$ , テーパー角 $1.15$ 度のものを用いた。

テーパ角は大きいと接触部が点当たりになり、テーパ角が小さいとZ軸方向の接触長さが長くなる。

従って、テーパ角は工作物の軟質, 硬質により調整するのが好ましく、テーパ角は $0.5$ 度~ $3.0$ 度の範囲が好ましい。

#### 【0013】

次に評価方法及び結果について説明する。

工作物としては、アルミニウム合金JIS A2017, 外径80mm, 長さ300mmの丸棒を用いた。

ローラパニング加工面の評価として表面粗さ, 表面形状の測定ならびに表面層の断面組織観察を行った。

表面あらさは触針式表面粗さ計(SJ-301, 株式会社ミットヨ)により工作物軸方向に測定し、6点測定の平均値とした。

基準長さは0.8mm, 測定長さは4.0mmとした。

3次元表面形状は触針式形状測定機(サーフコム2000DX2, 株式会社東京精密)を用いた。

断面組織観察は樹脂埋め込みを施した試料に対し、ケラー氏液によるエッチングを行い金属顕微鏡(BX51M, オリンパス株式会社)により観察した。

図1に示した傾斜角 $\theta$ を $0, +15, +30, +45, +60$ 度を選定し、工作物周速度 $V_p = 100 \text{ m/min}$ , スラスト力 $F_t = 241 \text{ N}$ の場合、理論的な加工ローラの周

10

20

30

40

50

速度と、高速度カメラにより測定した周速度ならびに両者の比（測定値／理論値）を図3に傾斜角度（Inclination angle）ごとに示す。

なお、図3のグラフの縦軸に表現したmain rollerは加工ローラを意味する。

理論的に摺動作用が生じない  $\theta = 0^\circ$  の場合、実験より求めた  $V_r$  も  $100 \text{ m/min}$  であり、工作物との間で摺動が作用しておらず転動のみによる加工がなされていることがわかる。

一方、 $\theta$  の増加に伴い理論値が減少しているのに対し、実験値も同様に減少しているが、その減少率は理論値よりも大きく、実験値は理論値の  $60 \sim 80\%$  程度であり、特に  $\theta = 45^\circ$  において理論値の  $60\%$  程度の周速度となっている。

加えて、 $\theta = 60^\circ$  においては、加工ローラの回転が確認できなくなり、理論値とは異なる結果となった。

サポートローラの周速度を測定したところ、加工ローラ周速度  $V_r$  と等しい周速度で回転しており、加工ローラとサポートローラ間に摺動は生じていないことを確認した。

これらのことから、 $V_r$  の理論値と測定値の差異は加工ローラを傾斜させたことにより、加工ローラ回転軸方向成分の作用力が生じ、これが加工ローラを支持するリテーナとの接触圧を増加させたことで加工ローラに回転抵抗が生じたためと考える。

#### 【0014】

前加工として工作物Pを切削加工し、その表面粗さ  $R_a$  を揃えた。

< 切削条件 >

切削速度：  $100 \text{ mm/min}$

送り：  $0.3 \text{ mm/rev}$

切り込み：  $0.25 \text{ mm}$

表面粗さ  $R_a$  は約  $3.5 \mu\text{m}$  となった。

次に加工ローラの傾斜角  $\theta = 0, +15, +30^\circ$  に対して、スラスト力  $F_t$  (N) と表面粗さの関係进行调查した。

< ローラ加工条件 >

工作物周速：  $100 \text{ m/min}$

送り：  $0.5 \text{ mm/rev}$

潤滑： オイルミスト

スラスト力  $F_t$ ：  $88, 164, 216, 241$  (N)

その結果を図4のグラフに示す。

加工ローラのスラスト力  $F_t$  (押し込み力) を強くすると表面粗さが小さくなるが、傾斜角  $\theta$  が大きい程その効果が大きく出現した。

#### 【0015】

図5に加工ローラ傾斜角度とローラパニシング加工面の算術平均粗さ  $R_a$  の関係を示す。

いずれの  $\theta$  においても前加工面の平均  $R_a = 3.24 \mu\text{m}$  より大幅に表面粗さが改善されており、 $\theta$  によらずローラパニシング加工が表面粗さの向上に効果的であることがわかる。

$\theta$  による傾向をみると、 $\theta = 0 \sim 45^\circ$  においては  $\theta$  の増加に伴い  $R_a$  が減少しており、 $\theta = 45^\circ$  では  $R_a = 0.4 \mu\text{m}$  以下にまで達している。

以下、本明細書では  $\theta = 0^\circ$  の場合を平行ローラ加工（従来の転動加工）と表現し、 $\theta > 0^\circ$  を超える場合を傾斜ローラ加工と表現する。

このことから、本発明に係る傾斜ローラ加工法が表面粗さの改善に有効であるといえる。

これに対し、 $\theta = 60^\circ$  では、それまでの傾向から一転して表面粗さが悪化している。

$\theta = 60^\circ$  では、加工中の加工ローラに回転は認められず、工作物と加工ローラ間は摺動のみで転動が得られていない状態である。

このことから、傾斜ローラ加工では転動と摺動の両作用をバランスよく付与することが有効であると考えられ、本実験では  $\theta = 45^\circ$  が最も良好な表面粗さが得られた。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 6 】

図 6 に図 5 で得られた  $\theta = 0, 45^\circ$  における工作物表面の拡大写真を示す。

図中の矢印，一点鎖線は加工ローラの回転方向，軸方向を示す。

図より、 $\theta = 0^\circ$  の場合は前加工もしくは平行ローラ加工による工作物周方向（縦方向）の加工痕が確認できる。

これに対し、 $\theta = 45^\circ$  においては周方向の加工痕とともに斜め方向の加工痕が確認できる。

これより、傾斜ローラ加工ではローラが転動すると同時に、周方向ならびに軸方向に対する摺動が発現し、これが表面粗さの向上に寄与したといえる。

図 7 ( a ) ~ ( c ) に前加工面ならびに加工ローラの傾斜角度  $\theta = 0, 45^\circ$  における工作物表面の 3 次元形状を示す。

図より、いずれの  $\theta$  の場合も前加工面で認められる旋削加工の送りマークを十分に押しならせていることがわかる。

また、( b ) , ( c ) を比較すると長周期のうねりは両者ともに確認できるものの、 $\theta = 45^\circ$  においては、うねり上に存在する短周期の微小な凹凸が低減されていることがわかる。

図 8 に図 7 ( b ) , ( c ) 中の点線で囲われた領域の拡大図を示す。

図にみるように  $\theta = 0^\circ$  には明確な凹凸が確認できるのに対し、 $\theta = 45^\circ$  では平坦な表面形状を呈していることがわかる。

これらのことより、傾斜ローラ加工では摺動作用により、周期の短い微小凹凸に対する押しならしの効果が顕著であり、これが表面粗さの向上に寄与していると考えられる。

## 【 0 0 1 7 】

図 9 ( a ) ~ ( c ) に  $\theta = 0, 45^\circ$  におけるローラパニング加工面の表面近傍の断面組織写真を、工作物内部の組織写真と併せて示す。

図より加工による影響を受けない工作物内部では一般的な A 2 0 1 7 材の組織形態を呈しており、結晶粒界も認められる。

これに対し  $\theta = 0, 45^\circ$  の表層近傍の組織形態は内部とは異なり、結晶粒界が認められなかった。

これはローラパニング加工により表層近傍の材料に圧縮力が付与され結晶粒が微細化されたことによる影響と考えられる。

しかしながら、 $\theta = 0, 45^\circ$  の両者間に特に目立った組織形態ならびに変質層厚さの差は認められなかった。

このことからローラを傾斜させたことによる加工変質層への影響は限定的であり、傾斜ローラ加工でも平行ローラ加工と同様の変質層が得られるといえる。

なお、加工面表層以外の観察試料外縁部は図 9 ( c ) の内部組織と同様の組織形態であった。

今回の実験では加工ローラの傾斜角  $\theta = 45^\circ$  の条件が最も表面性状がよかったが、工作物の材質、加工ローラの材質、テーパ角により適宜、最適条件を得ることが可能であり、傾斜角  $\theta$  は  $5 \sim 90^\circ$  好ましくは  $10 \sim 45^\circ$  がよい。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 1 8 】

- 1 0 本体部
- 1 1 加工ローラ
- 1 2 サポートローラ
- 1 3 リテーナ
- 1 4 押圧部

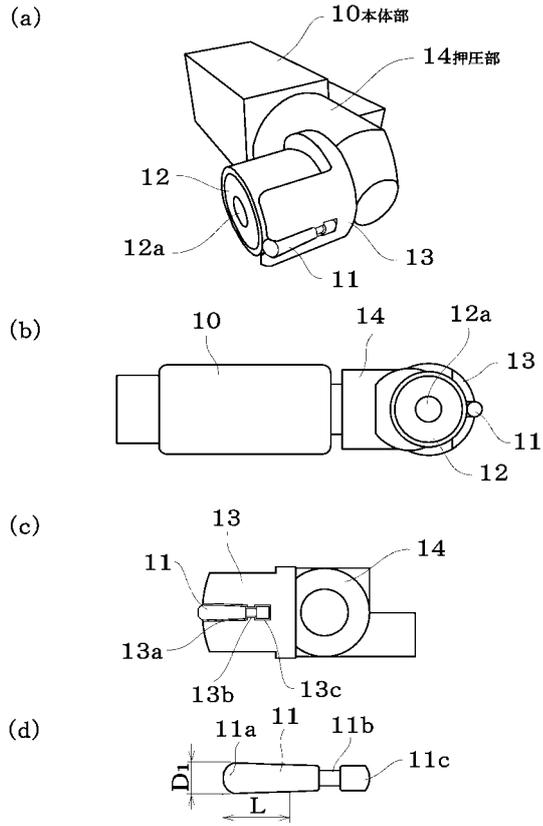
10

20

30

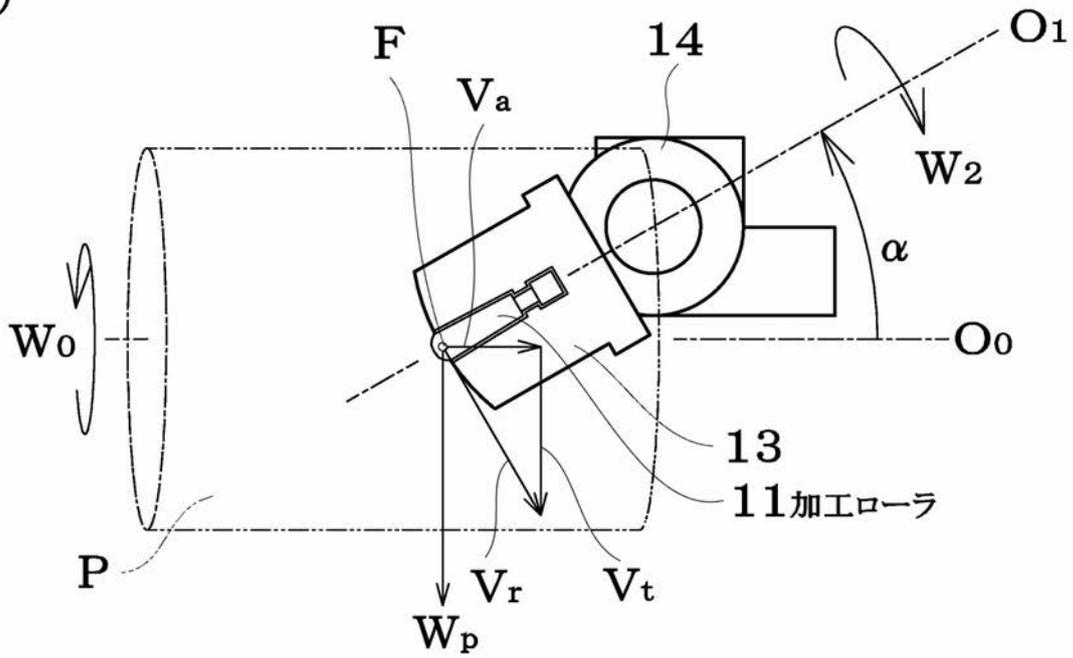
40

【 図 2 】

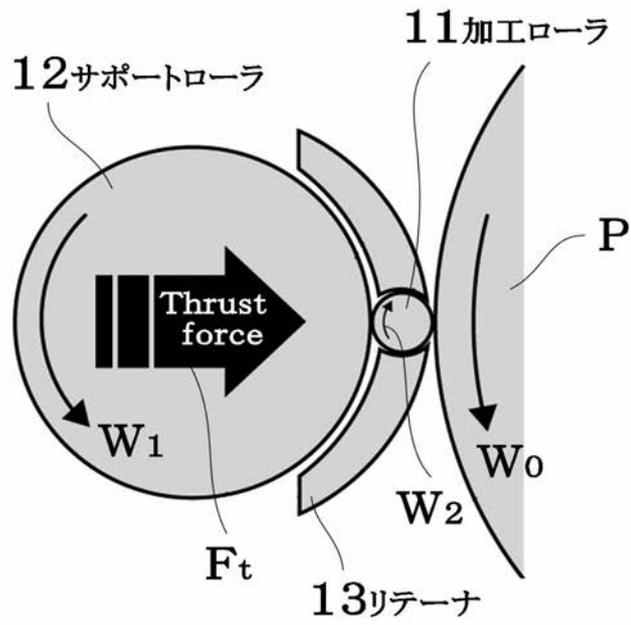


【図1】

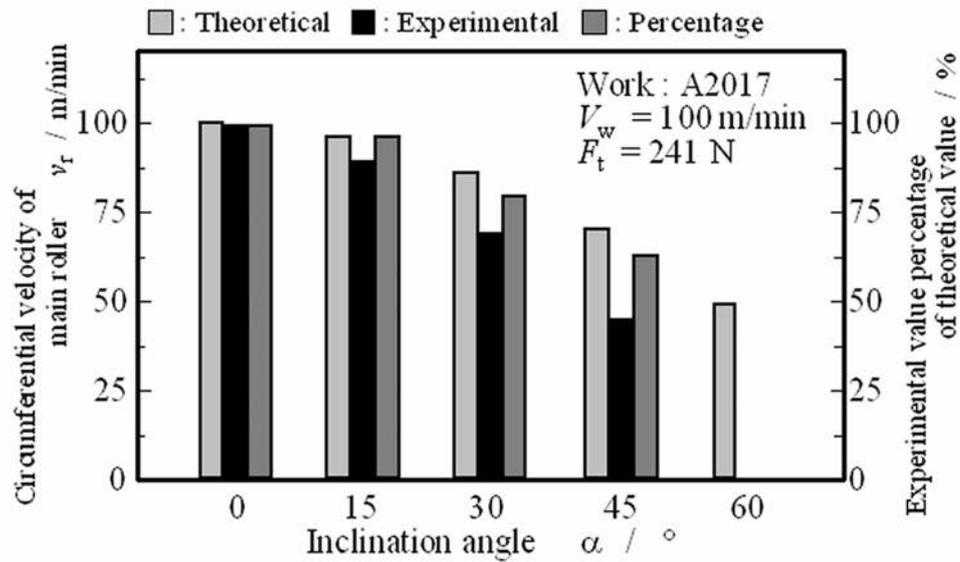
(a)



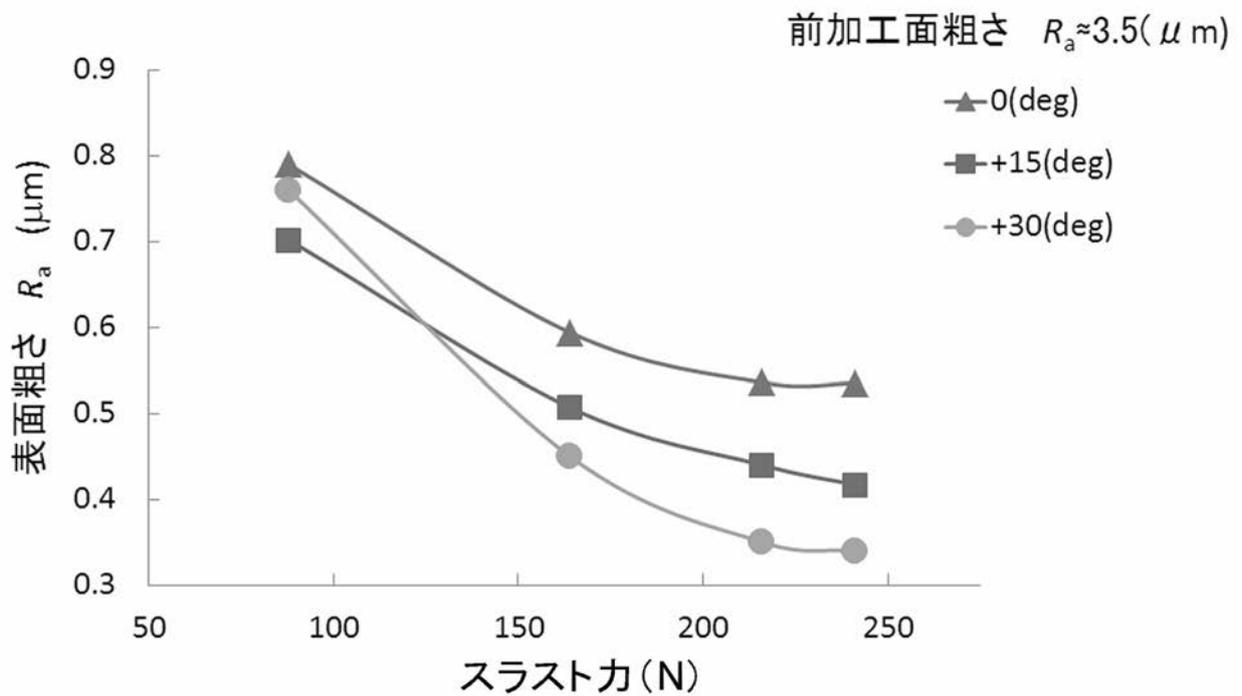
(b)



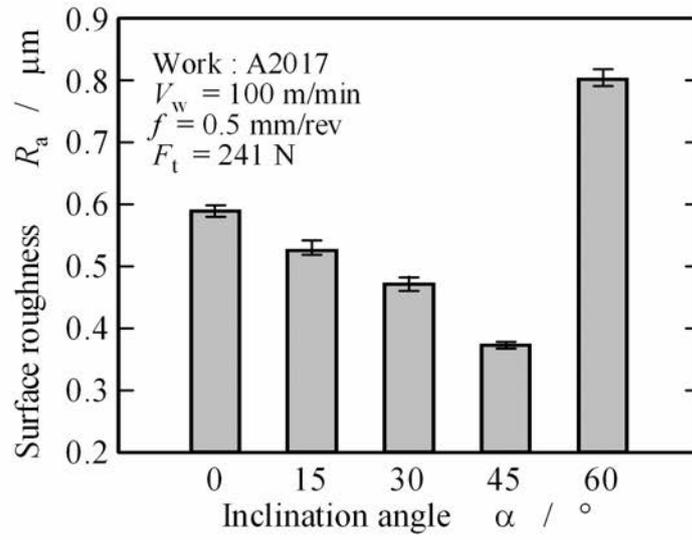
【 図 3 】



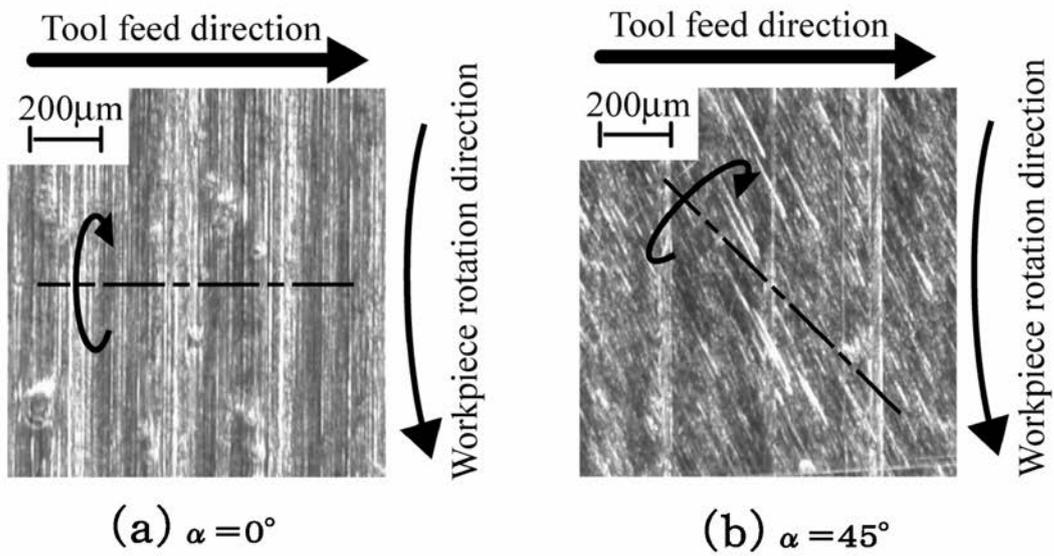
【 図 4 】



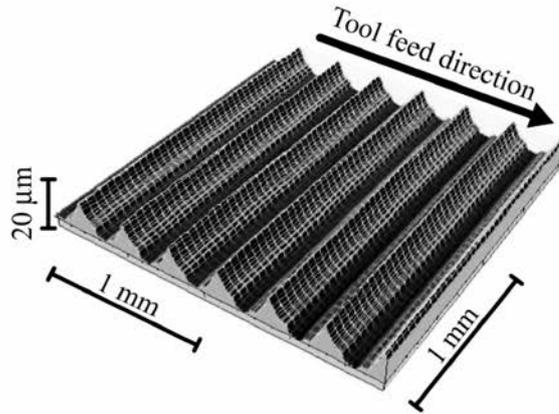
【 図 5 】



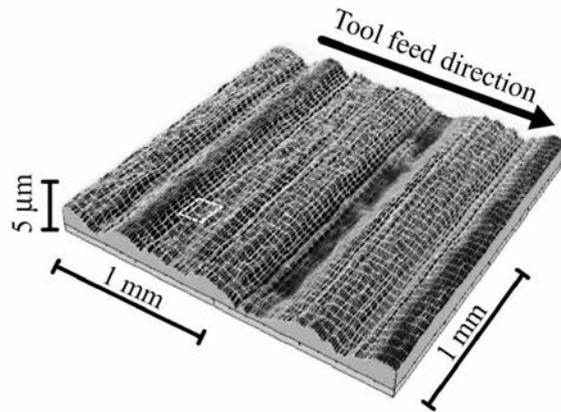
【 図 6 】



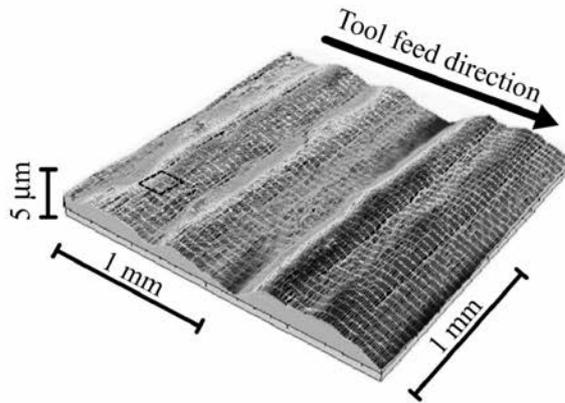
【 図 7 】



(a) Prepared surface

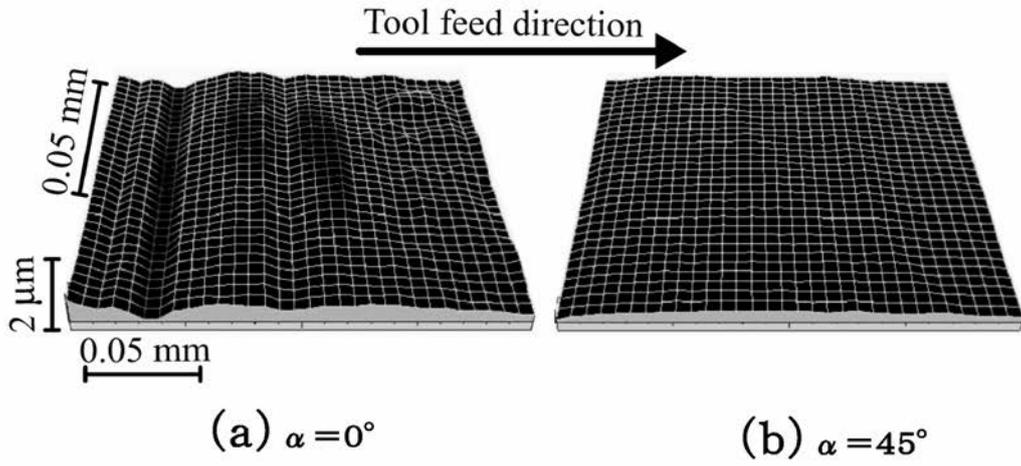


(b)  $\alpha = 0^\circ$

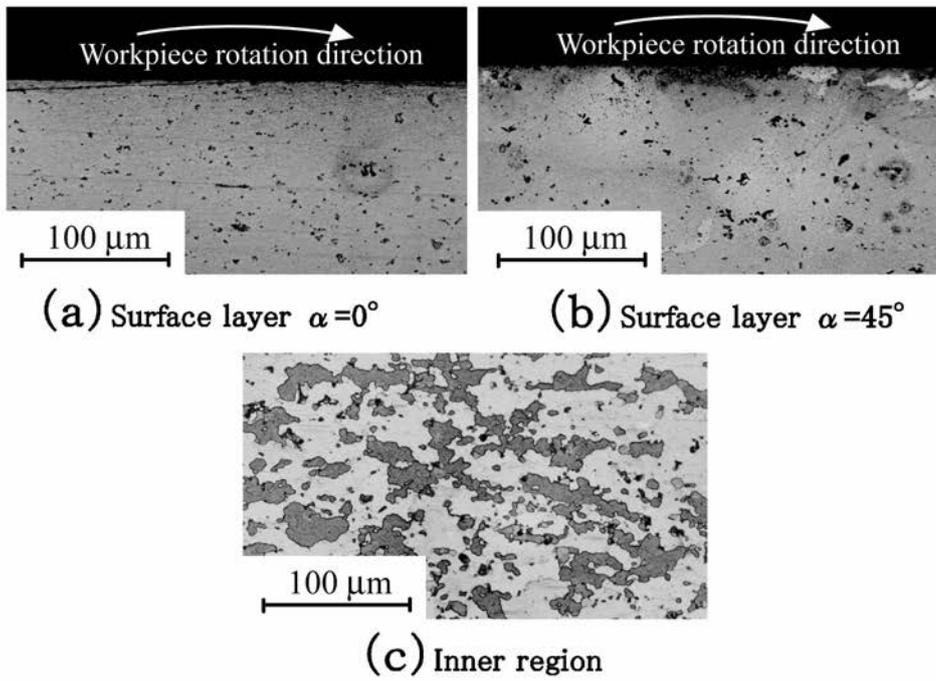


(c)  $\alpha = 45^\circ$

【 図 8 】



【 図 9 】



## 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) 刊行物「平成24年度 卒業論文概要 ABSTRACT」, 304番, 表題「傾斜ローバニシング加工法の開発と加工特性」 発行日 平成25年2月19日 発行者 金沢大学 理工学域 機械工学類 人間機械コース・エネルギー環境コース (2) 集会名「平成24年度 卒業論文発表会」 開催場所 金沢大学自然科学本館208講義室(石川県金沢市角間町ヌ7番地) 開催日 平成25年2月19日 (3) 刊行物「社団法人日本塑性加工学会 第22回北陸支部講演会講演論文集」, 第13ページ, 表題「傾斜ローバニシング加工法の提案と基本的特性」 発行日 平成25年3月8日 発行者 社団法人日本塑性加工学会 北陸支部第22回講演会実行委員事務局 (4) 集会名 社団法人日本塑性加工学会 第22回北陸支部講演会「若手技術者・研究者-産学官研究交流会」 開催場所 富山大学工学部(富山県富山市五福3190番地) 開催日 平成25年3月11日

Fターム(参考) 3C158 AA09 AA12 AA16 CA04 CB01 CB03 DA13