

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月20日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560104

研究課題名（和文） 連続無限気孔を有するドレスレス固定砥粒工具の開発

研究課題名（英文） Development on fixed abrasive tool with continuous pore

研究代表者

上村 康幸 (KAMIMURA YASUYUKI)

東京大学・生産技術研究所・技術専門職員

研究者番号：20396906

研究成果の概要（和文）： 提案した固定砥粒工具と汎用の工具で目詰まりの発生現象について検討した結果、目詰まりは、(1)高砥粒密度によるチップポケットの形成、(2)工具と工作物の接触面積の増大、(3)非スパイラルによる気孔レスが原因であった。この3因子を考慮すれば、微細砥粒使用の工具でも目詰まりを抑制できることが分かった。また、目詰まりした工具には砥粒径以上の切屑が発生するが、目詰まりしなければ、たとえ微細砥粒使用の工具でも砥粒径以上の切屑は発生しない。工具を製造する際の砥粒率は、使用する砥粒径に関係なく一様で、50%以下にすれば良いことが分かった。

研究成果の概要（英文）： In this study, the occurrence of loading was compared between our proposed fixed-abrasive tool and general-purpose tools. It was found that the causes of loading were (1) the formation of a chip pocket due to a high abrasive-grain density, (2) an increase in the contact area between the tool and the workpiece, and (3) the absence of continuous pore around the abrasive grains. Moreover, swarf larger than the grain size were observed for the tool with loading, whereas no such swarf were observed for the tool without loading even when the tool contained fine abrasive grains. In the manufacture of fixed-abrasive tools, therefore, the abrasive grains percentage in the tools should be 50% or lower, regardless of their grain size.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・生産工学・加工学

キーワード：複合めっき、固定砥粒、スパイラルワイヤ、目詰まり、ドレスレス、気孔

## 1. 研究開始当初の背景

固定砥粒工具の目詰まりは、スクラッチを誘発し、高精度加工を必要とする製品に対して加工段差などの悪影響を及ぼす。一方、突然発生するスクラッチも段差の原因であり使用する工具で一様ではない。これは、同じ気孔率を持った砥石でも、気孔がランダム

(大きさや位置)でしかも独立して不連続であるためである。また、連続気孔でも有限であるためスクラッチは防止できない。つまり、固定砥粒工具で加工段差を発生させる最大の問題は目詰まりなのである。このような問題を解決するためには、ランダムな気孔ではなく、気孔を制御できる工具開発が必要であ

る。つまり気孔をスパイラル形状にすることで、切屑の排出性が向上し、これまでに存在しない目詰まりしない工具が完成する。こういう気孔を表面に持つ固定砥粒工具があれば、上述した問題を解決できる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、目詰まり前後のアシスト（ドレス作業）を必要としない連続無限気孔を有するドレスレス固定砥粒工具（以下 DLS 工具と記す）の開発である。DLS 工具の加工点は線接触となるため、その周囲は無限の連続した気孔となり切屑排出が向上し、目詰まりを防止できる（図 1）。したがって、一般工具とは逆に、超微粒を用いてもアシストを必要としない固定砥粒工具が実現できる。

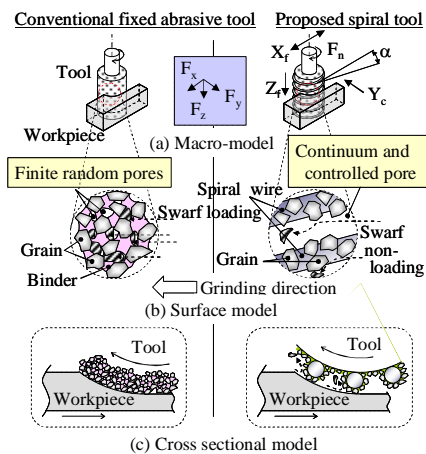


図 1 スパイラル工具の概念

## 3. 研究の方法

- (1) 各種砥粒の分散・凝集性および共析量の検討
- (2) 複合めっき工具の製作条件の検討 砥粒層の厚み・硬度・砥粒密度および砥粒径に対する工具表面品質の関係
- (3) 砥粒層の厚み・砥粒密度に対する砥粒保持力の検討
- (4) 試用工具の最適化（ワイヤ径・スパイラル角）
- (5) 最適化工具の砥粒径と目詰まりの関係
- (6) 砥粒径・チップポケットサイズが工具寿命、加工品質に与える影響

## 4. 研究成果

(1) 複合めっき時の突起物を抑えるためには、電流密度を下げて、めっき時間を長くすると良い。品質を考慮した工具を製造するためには、 $40\text{A}/\text{dm}^2$  以下の電流密度が望ましい。砥粒率は、 $30\text{A}/\text{dm}^2$  の電流密度で 40% 程度で

あった。さらに  $40\text{A}/\text{dm}^2$  に上げると、50% 程度まで上昇させられることが分かった（図 2）。

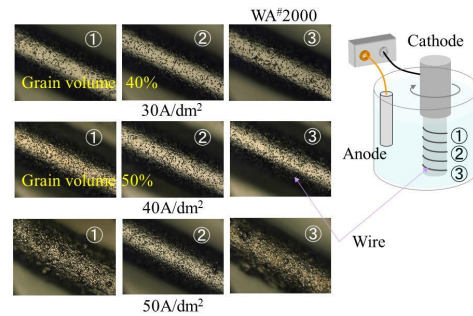


図 2 電流密度による砥粒率の制御

(2) 工具の硬度は亜リン酸の添加で高くできるが、 $5\text{g}/0.5\text{L}$  以下の添加量では電着時の引っ張り応力が急激に増大するため、亀裂・剥離が発生する（図 3）。本浴では添加量を  $10\text{g}/0.5\text{L}$  にすることで、引っ張り応力は 0 近傍まで緩和され、Hv800 程度の硬度を得ることができた（図 4）。



図 3 リンの添加量に対する工具表面

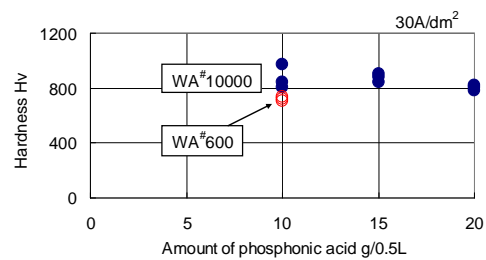


図 4 リンの添加量に対する工具硬度

(3) 工具が目詰まりすると力センサを取り付けた系が強く加振される研削抵抗の 2 倍以上のスパイク信号が現われることが分かった（図 5）。この信号を早期に検知すれば、工具の目詰まりを即座に判断できる。今回使用した砥粒率 67% は、切込み量  $15\mu\text{m}$  前後で

初期のスパイク信号を検知した。目詰まりしなければ、スパイク信号は現れない(図6)。

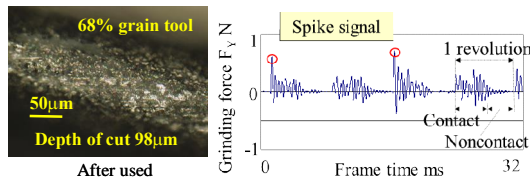


図5 研削抵抗のスパイク信号(工具a)

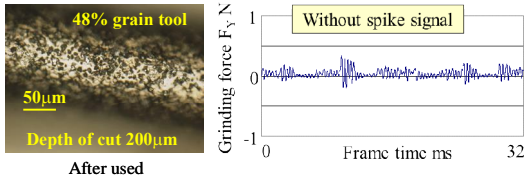


図6 研削抵抗(工具b)

(4) 目詰まりした工具(図5)には使用した砥粒径以上の切屑が存在する(図7)が、目詰まりしなければ、使用した砥粒径以上の切屑は発生しないことが分かった(図8)。

Used abrasive grain size:  $\phi 7.5\mu\text{m}$

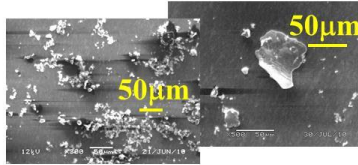


Figure 7 Swarf of after cleaning

図7 砥粒径による切屑(目詰まり有り)

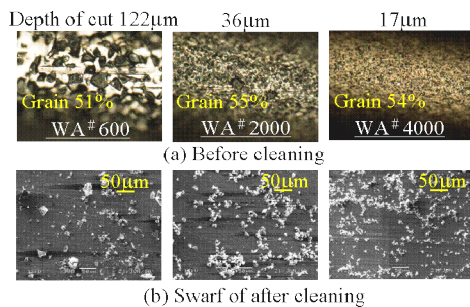


図8 砥粒径による切屑(目詰まり無し)

(5) 目詰まりの有無を判断する砥粒率は、使用砥粒の切屑の大きさから55%前後であることが分かった。また、この砥粒率は、使用する砥粒径に関係なくほぼ同様である。工具製造時は、安全率を考慮して50%以下の砥粒率にすることが望ましい(図9)。その際、

砥粒率は図2で示したように、電流密度で制御できる。

また、砥粒率48%の工具は200 $\mu\text{m}$ の切込み量でも目詰まりを起こしていないことから、目詰まりした工具の寿命と比較し一桁以上長くさらに伸びることが期待できる(図10)。

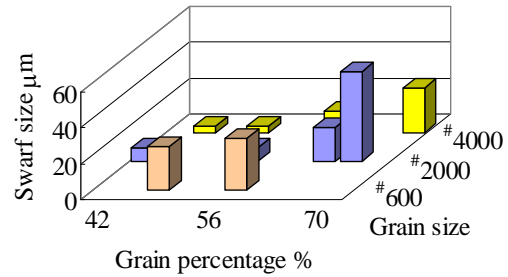


図9 砥粒率と切屑の関係

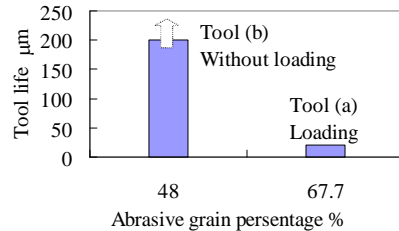


図10 工具寿命

(6) 目詰まりの原因は、高砥粒率によるチップポケットの形成、工具と工作物の接触面積の大きさ、砥粒周りに連続したスパイラル気孔(チップポケット)がないことである。これらの因子を考慮したスパイラル工具は、アシストレスの固定砥粒加工が可能であることを示した(図11)。

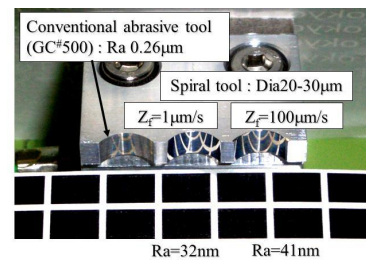


図11 純アルミの鏡面研削

(7) 目詰まりを起さない固定砥粒工具であるため、ドレス作業のアシストを要しない。そのため、工具寿命が長くなり、高精度加工に適用できることを国内外に示すことができた。しかし、使用機械の振動の影響などで、粗さレベルは数十nm程度に留まっており、さらなる高精度加工を目指すためには、新た

に付加価値を加えた工具開発が不可欠であるため、検討している。

(8) 今後は、開発したスパイラル構造を基本に、被加工物の高精度化を行なう。そのためには、導電性砥粒を使用したメディア砥粒（弾性砥粒）の開発が必要である。これは、砥粒に弾性を持たせることで、振動等の外乱を抑えることが目的である。しかし、使用する導電性砥粒は凝集性が高いため、めっき液に耐性がある水溶性樹脂を用いた分散対策技術の開発が求められる。また、導電性砥粒の使用は目詰まりに影響するポケットを形成し易くなるため、切屑の目詰まりを防止する気孔充填技術の開発が必要であり、現在、検討している。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① Kensuke Tsuchiya, Yasuyuki Kamimura, Yasuhiro Tani, Seungbok Lee, Development of fixed-abrasive tool with spiral groove for decreasing the loading, CIRP Annals, Vol. 61, 2012, 287-290. 査読有

[学会発表] (計7件)

- ① 上村康幸、土屋健介、谷泰弘、李承福、アシストレス固定砥粒工具の開発、第15回国際工作機械技術者会議論文集、2012-11/1～11/6、東京ビッグサイト。
- ② 上村康幸、土屋健介、気孔充填型固定砥粒工具の提案、砥粒加工学会講演論文集、2012-8/29～8/31、同志社大学。
- ③ K. Tsuchiya, Y. Kamimura, Y. Tani, S. B. Lee, Development of fixed-abrasive tool with spiral groove for decreasing the loading, CIRP Annals, Vol. 61, 2012-8/19～8/25, Hong Kong CHINA.
- ④ Y. Kamimura, K. Tsuchiya, Y. Tani, S. B. Lee, Development of fixed-abrasive tool without loading, euspen, 2012-6/4～6/8, Stockholm SWEDEN.
- ⑤ 上村康幸、土屋健介、谷泰弘、李承福、連続気孔を有する固定砥粒工具の提案、砥粒加工学会講演論文集、2011-9/7～9/9、中部大学。
- ⑥ 上村康幸、土屋健介、谷泰弘、李承福、連続気孔を有する固定砥粒工具の開発、第14回国際工作機械技術者会議論文集、2010-10/28～11/2、東京ビッグサイト。
- ⑦ 上村康幸、土屋健介、谷泰弘、李承福、連続気孔を有する固定砥粒工具の提案、砥粒加工学会講演論文集、2010-8/26～

8/28, 岡山大学.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

上村 康幸 (KAMIMURA YASUYUKI)  
東京大学・生産技術研究所・技術専門職員  
研究者番号：20396906

##### (2) 研究分担者

土屋 健介 (TSUCHIYA KENSUKE)  
東京大学・生産技術研究所・准教授  
研究者番号：80345173

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：