

## 電解液吸引工具を利用した油だまりの高速形成に関する研究

東京農工大学, ○高嶋佑樹, ◎夏恒

### 要旨

工作機械などの摺動面には、一般的にきさげ加工が行われ、高精度な平面と微小な油だまりを同時に実現することで運動精度を向上させている。現在、機械工作技術の進歩により、摺動面に必要な高精度な平面を得られるようになった。本研究では、高精度な平面に電解加工を適用し、電解液吸引工具を利用した油だまりの形成を定量的かつ高速に行うことを目的とする。

### 1. 緒言

工作機械などの摺動面には、精度の良い滑らかな運動が求められる。しかし、摺動面の平面度が高くなると潤滑油の供給が困難となり、リンギングを引き起こす。この問題を解決する手法としてきさげ加工が行われる<sup>1)</sup>。しかし、きさげ加工は職人による手作業であるため、熟練技能者の減少や技能伝承等の問題があり、多くの工程や時間を要する。そこで加工速度が速く、バリの生じない電気化学的な加工法である電解加工を利用することで、油だまりの加工が期待できる。しかし、電解加工は一般的に浸漬法で行うため、電解槽が必要となることや所望の領域以外でも電解作用が生じてしまうなどの欠点がある。そこで遠藤ら<sup>2)</sup>は、電解槽を必要とせず、加工領域を限定できる電解液吸引工具を利用し、生産性を向上させるために高速で油だまりを作製することを提案している。本研究では、高速で油だまりの加工を行う手法として、複数の油だまりの加工を行える同時複数加工工具を作製した。

### 2. 工具構造および実験装置

本研究では2つの工具を利用して、1つは図1(1)に示すような単一の油だまり加工用の工具(以下、単一加工工具)であり、加工条件の選定に用いた。もう一方は、図1(2)に示すような複数の油だまりを同時に加工できる工具(以下、同時複数加工工具)であり、選定した加工条件下で加工を行った。また、本研究では1つの油だまり形成に対する評価を行っている。同時複数加工工具は5つの電極から構成される工具電極であり、それぞれ独立した電極1つ当たりにより形成される油だまりを用いて評価する。したがって、本工具で得られた結果は電極1つ当たりの数値である。実験装置の概略図を図2に示す。ポンプの吸引により電解液は極間に供給される。工具は黄銅製である電極とアクリル板から構成され、工

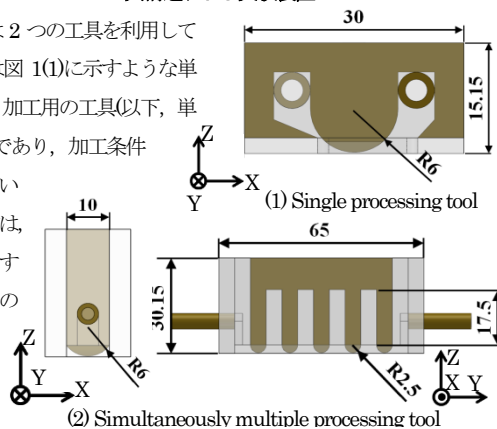


Fig.1 Tool structure

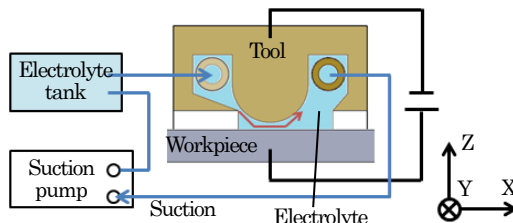


Fig.2 Experimental equipment

具外部からの空気の吸引を抑制し、電解液が極間から吸い出されるようにしている。また、極間距離はアクリル板により150μmに固定されており、深さ方向への工具送りは行わない。本研究では、電極直下のみが加工され、加工深さが深い加工痕を作製することを目指している。

### 3. 単一加工工具を用いた加工条件の選定

#### 3.1 電解液の選定

実験条件を表1に示す。また、電流は定電流でduty比は10%である。電解液には20wt%のNaNO<sub>3</sub>aqおよびNaClaqを用い、加工時間を変化させて加工は各条件で3回ずつ行う。図3に電解液の種類による加工時間および加工深さの関係を示す。

Table.1 Experimental conditions

Workpiece	S50C
Pulse period [ms]	50
Current [A]	10

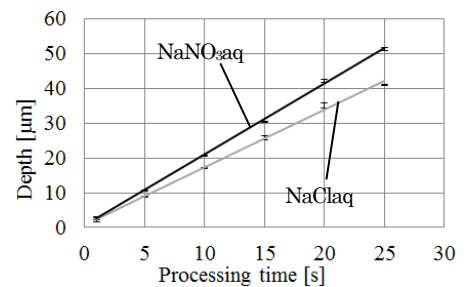


Fig.3 Depth-Processing time relationship

NaNO<sub>3</sub>aq の場合の方が NaClaq の場合よりも加工時間に対する加工深さが深くなっているのがわかる。また、NaClaq の場合は加工痕が電極直下だけではなく、電解液が存在する部分すべてを加工していた。これは電流効率の違いが原因であると考えられる。NaClaq は低い電流密度でも加工が行われるのに対し、NaNO<sub>3</sub>aq は電流密度が低いところでは加工が行われず、ある一定以上の電流密度の部分で加工が行われる。よって、電極直下のみが加工され、加工深さの深い加工痕を形成できる NaNO<sub>3</sub>aq が油だまり作製における電解液として適していると考えられる。

#### 3.2 電解液濃度の選定

本実験は、NaNO<sub>3</sub>aq を用いて、表1と同条件下で各濃度において加工時間を変化させた実験を行う。図4に電解液濃度にお

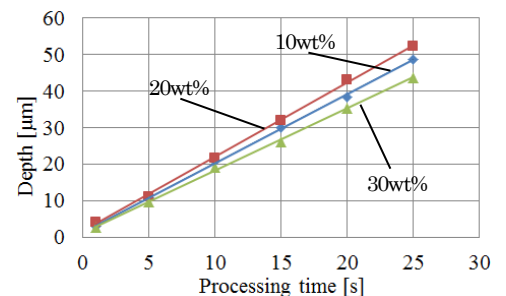


Fig.4 Depth-Processing time relationship

ける加工時間および加工深さの関係を示す。濃度が濃くなるほど加工深さが深くなるという傾向はなく、20wt%、10wt%、30wt%の順で深く加工されていることがわかる。よって、より高速な加工を可能にするために

は20wt%が適切であると考えられる。

### 3.3 duty比の選定

電解液を20wt%NaNO<sub>3</sub>aqとし、パルスのduty比を10~90%まで変化させる。実験条

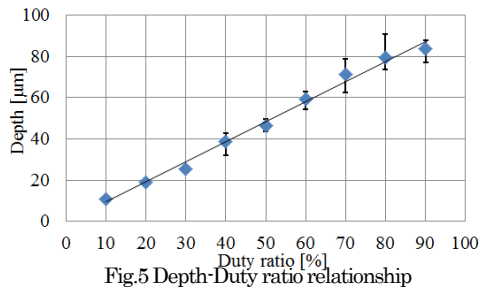


Fig.5 Depth-Duty ratio relationship

件は表1と同様で加工時間は5秒とする。図5にduty比および加工深さの関係を示し、加工痕の外観を図6に示す。図5より、duty比が増加するに従い、加工深さが深くなっているのがわかる。パルス周期一定のもとduty比を大きくすると、パルス幅の割合が増加し、電流の流れる時間が増加する。その結果、加工深さが深くなったと考えられる。duty比が10~30%では加工深さの誤差が小さいが、40%以上になると誤差が大きくなるのがわかる。これはduty比が大きくなるに従い加工量の増加と共にスラッジが増加することで、極間への電解液の供給が不安定になり、加工不良が起きやすくなると考えられる。図6より、duty比の増加に従い、加工面積が増加し、また加工痕周囲が黒く変色している。この変色は酸化被膜である可能性がある。よって、変色を抑制し加工深さの誤差が小さく、より速く深い加工を行うのに適しているduty比は30%であると考えられる。

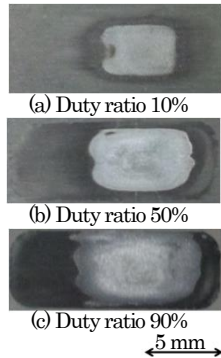


Fig.6 Comparison of processing trace

## 4. 同時複数加工工具による加工の試み

### 4.1 電気量による影響

ファラデーの電気分解の法則では加工量と電気量は比例関係になる。また、電気量は加工電流値と加工時間の積で求められる。そこで、本実験では単一加工工具も用い、一定の電気量30Cのもと加工電流値と加工

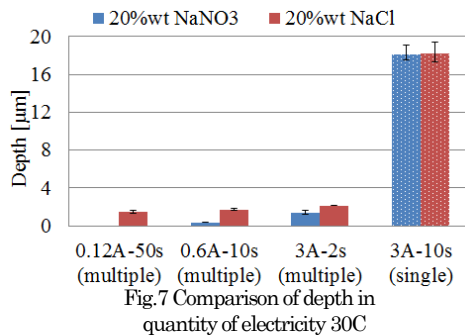


Fig.7 Comparison of depth in quantity of electricity 30C

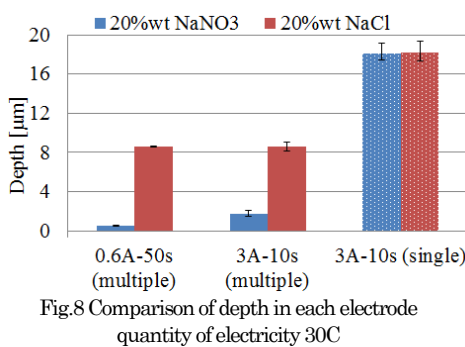


Fig.8 Comparison of depth in each electrode quantity of electricity 30C

工時間の異なる組み合わせによる実験を3回ずつ行い、加工深さの比較を行う。加工条件は前章で選定したパルス周期50ms, duty比30%,

20wt% NaNO<sub>3</sub>aqおよび20wt% NaClaqを用いる。図7に総電気量30Cにおける加工深さの比較を示す。同時複数加工工具による油だまり1つ当たりに与えられる電気量は6Cとなる。図7より、NaNO<sub>3</sub>aqの場合は電気量一定でも加工電流値と加工時間の組み合わせにより加工深さが異なり、また電極1つ当たりの加工電流値が0.12Aの時には加工痕が検出されなかった。NaClaqの場合は電気量が一定であれば加工深さは同程度となるのがわかる。そこで、単一加工工具と同じ電気量30Cを油だまり1つ当たりに与えるために電極1つ当たりの加工電流値が0.6Aと3Aの場合の加工時間を5倍にし、加工深さの比較を行った。実験結果を図8に示す。図7, 8よりNaClaqの場合は電気量が5倍になったことで加工深さもほぼ5倍の深さとなり、電気量および加工深さに比例関係があることがわかる。しかし、NaNO<sub>3</sub>aqの場合は電気量を5倍増加させても、加工深さが5倍になっていないことが確認できる。これは加工時間が短く、加工量が少ないため、加工誤差と測定誤差が生じやすいことが原因と考えられる。

### 4.2 加工時間による影響

前節の結果を踏まえて、電極1つ当たりの加工電流値を3Aとし、加工時間を長くして実験を行った。実験条件は4.1節と同様

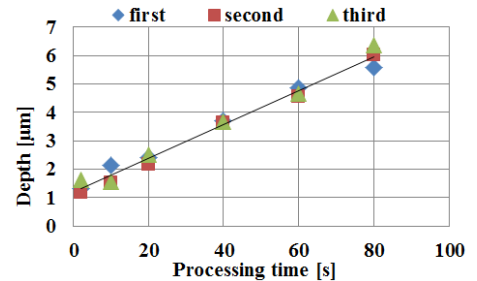


Fig.9 Depth-Processing time relationship

であり、それぞれ3回ずつ加工を行う。図9に実験結果を示す。図9より、電極1つ当たりの加工電流値3Aの場合加工時間と加工深さに比例関係が成立する。したがって、油だまりの加工を高速で行うには、電極1つ当たりの加工電流値を大きくすることで、所望の加工深さに到達する加工時間が短縮させられると考えられる。

## 5. 結言

単一加工工具で油だまりの高速形成に適した加工条件を選定し、選定した条件下で同時複数加工工具を用いて、電気量による影響を調査し、以下の知見が得られた。

- NaClaqを電解液とした場合は電極直下以外でも加工が行われ、加工深さの浅い加工痕が形成されるが、NaNO<sub>3</sub>aqの場合は加工が電極直下のみで行われ、加工深さの深い加工を行える。よって油だまりの作製にはNaNO<sub>3</sub>aqが適している。

- 電極1つ当たりの加工電流値が0.12A以下では加工が行われない。
- 電極1つ当たりの加工電流値が3A以上では加工深さと比例関係になることから、加工電流値を大きくすることで短い加工時間で深い加工が行える。

### 謝辞

本研究は、工作機械技術振興財団の試験研究助成によって実施されました。

### 参考文献

- 1) 吉田弘美, みがき加工 基礎のきそ(2012), 日刊工業新聞社, pp.133-136.
- 2) 遠藤克彰, 野口稜, 夏恒, 電解加工による機械切削面の油だまりの形成, 2014年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.1185-1186.