

補助事業番号 2018M-116

補助事業名 平成30年度 放電柱の滑り現象を応用した表面改質放電加工法による材料表面の高機能化に関する補助事業

補助事業者名 新潟大学教育学部 金属加工研究室

1 研究の概要

近年、母材にない性質を表面に付加し、材料の価値を高める表面改質が行われている。放電加工法分野においても、圧粉体電極や焼結体電極などを用い、被加工物に対して電極材料を移行堆積させる技術として実用化されている。母材にない性質を表面に付与することで、高強度、耐食性を得ることが可能となる。本研究は、特殊な電極を用いることなく、母材表面に移行堆積が可能かを検討した。放電におけるプラズマの滑り現象を応用した材料の移行堆積が可能となれば、簡易的な方法での表面改質が実現する。

2 研究の目的と背景

放電加工は、除去加工の工程に用いられる(放電加工=除去加工)のが一般的と考えられている。しかし、最近の研究では放電加工を用いた表面改質の実用化が進められている。表面改質に要求される性質は、耐食性、耐摩耗性、耐高温性といった材料の強化にとどまらず、潤滑性、色、艶などの機能的要素も含まれる。

放電表面改質法は、圧粉体電極や焼結体電極を用い、被加工物に対して電極材料を移行堆積させる技術である。高度に電極材料を相手材に移行できるものの、電極工具の製作や放電の電源回路が特殊であるなど課題も多く、通常の放電加工機をそのまま利用することが困難である。そこで、一般的な放電加工機を用いた放電表面改質法を試みるため、市販の金属材料を用い、電極極性、長パルス幅、電極工具の回転数、回転方向などの条件を考慮し、これらが母材表面への高機能性化へおよぼす影響調査を目的としている。

3 研究内容

(1) 放電における放電プラズマの観察

(http://www.ed.niigata-u.ac.jp/~hirao/overview/H30_JKA_report.pdf)

1.1 単発放電痕の観察

放電加工における放電プラズマを被加工物に形成された単発放電痕から観察した。電極工具を高速回転(6000,9000,12000 [rpm])させた状態で単発放電加工を実施した。電極には直径5 [mm]、肉厚0.2 [mm]のパイプ形状の銅を用いた。被加工物は20×20×5 [mm]の鋼材(NAK55)を用いた。図1に実験装置の概略を示す。また図2に回転数の違いによって得られた放電痕を示す。電極極性を陽極とし、被加工物側(陰極)を観察している。回転数が早くなるにつれ、放電痕はパイプ形状に沿って伸びていることが確認された。放電プラズマは回転数に大きく影響していることがうかがえる。

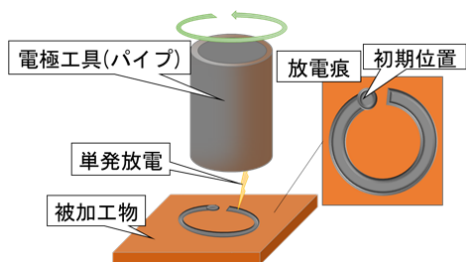


図1 実験装置の概略(電極と被加工物)

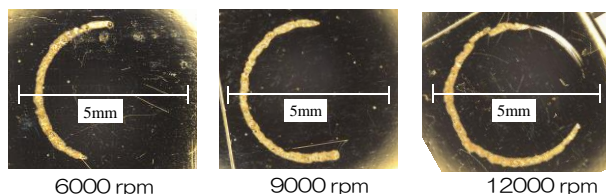


図2 回転数の違いによる放電痕

1.2 各種材料の組み合わせにおける表面形状

電極工具と被加工物の組み合わせを変えることで、放電柱の滑りがどのように影響するのかを調査した。図3に各種材料の組み合わせにおける表面の状態と表面形状を示す。組み合わせ(Cu-NAK55)において、除去加工であることが確認できる。一方、組み合わせ(Cu-Cu)の場合において、表面に堆積物が確認された。組み合わせ(Ti-NAK55)において、極性の違いによって除去-堆積と異なる結果となった。

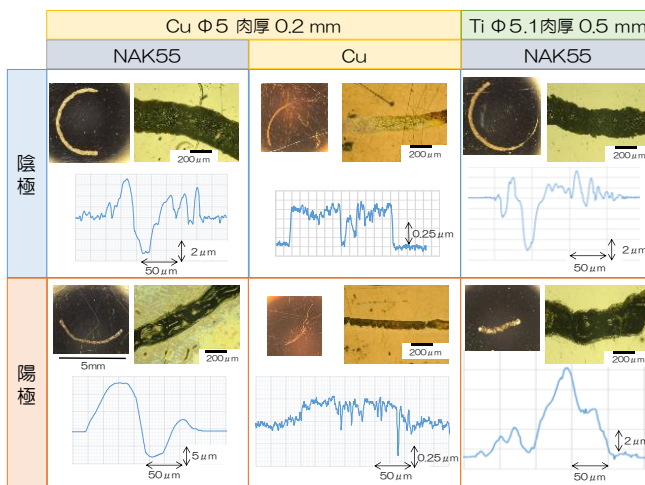


図3 材料・極性の組み合わせにおける表面形状

1.3 連続放電加工における表面形状

ここでは、被加工物(NAK55および銅)に対して連続放電加工を行った。電極のある点が1周する時間を計算し、パルス幅および回転数を設定した。回転数を(a) 6000, (b) 12000 rpmとすると、1回転にかかる時間は、(a) 10 ms, (b) 5 msとなる。連続放電加工によって得られた放電痕形状に対して断面曲線を図4および図5に示す。図4はNAK55、図5は銅の断面曲線である。(a), (b)の条件におけるNAK55は、100[μm]の除去加工されていることが分かる。電極の肉厚は0.2 [mm]であるが、加工の幅は広がっている。銅は、薄くではあるが2~4 [μm]の堆積が見られた。NAK55と同様に、堆積された幅は電極の肉厚より広いことがわかる。これらの結果から、同一条件において放電加工を行っても、異なる材料を用いることで加工-堆積と結果に違いが出るのが分かった。

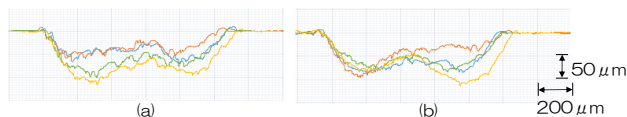


図4 NAK55に対する連続放電加工

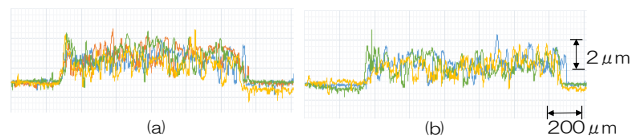


図5 銅に対する放電表面改質

(2)放電プラズマの観察

図6は、実際の放電プラズマをハイスピードマイクروسコープによって観察した。放電プラズマの観察をコマごとに示す。ハイスピードマイクروسコープの観察領域に制限があるため、ここでは $\phi 0.1\text{mm}$ の微小径軸を用いた。ハイスピードマイクروسコープは、 $230,000\text{fps}$ に設定した。放電時間が進むにつれて、放電プラズマが拡大していることが伺える。

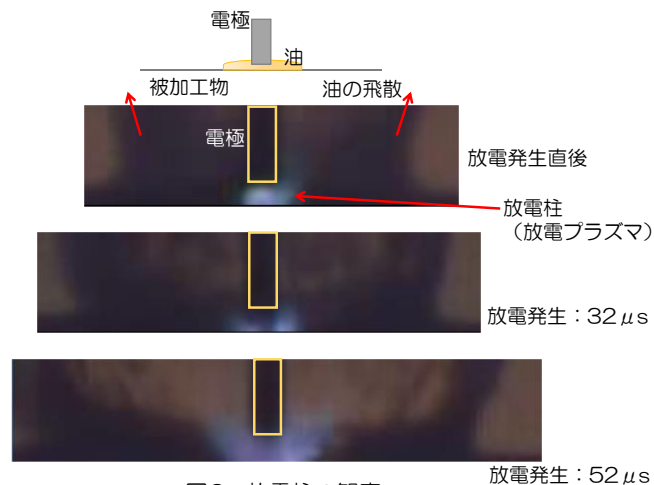


図6 放電柱の観察

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

現在の硬質被膜に特化した状況から多種多機能にわたる材料の表面改質が求められると予想される。硬質被膜だけでなく、他の機能性被膜を表面改質へ検討していく上で、加工-表面改質のメカニズムを解明することは、放電加工を新しい研究内容へ展開することが可能となる。

現在、放電加工を用いた表面改質は専用の装置によって実施されている。今後、加工-表面改質の境界条件を明らかにすることで、従来からメーカーが保有する放電加工機によっても表面改質が可能となる。放電加工機は狭い領域や特定箇所へと適用できるため、これまでの外部発注コストなどを大幅に削減することが可能となるなど大きな効果が期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

放電加工を用いた表面改質に対する研究は、仕上げ面粗さの向上や耐摩耗性の向上など、実用化に向けた研究が多く、基礎的な現象を取り扱う研究は少ない。放電加工の除去メカニズムでさえ未だ完全には解明されていないのが現状である。そこで、放電プラズマの発生における表面改質メカニズムを議論する上で、従来除去加工法として考えられてきた放電加工で、なぜ表面改質が実現するのかに着目した。今回の研究では、極間に発生する放電プラズマの滑り現象を観察することで境界条件を調査した。将来的に、一つのパルスにおける現象の時間的推移を詳細に観察し、一発の放電におけるダイナミクスの現象解明を試みる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

本研究に関する報告書をHPにて公開している。(7 補助事業に係る成果物)

学術講演論文

- [1] 谷貴幸, 後藤啓光, 平尾篤利, 毛利尚武: 放電加工におけるカーボン付着メカニズムの解明, 2018年度電気加工学会全国大会全国大会講演論文集, (2018)39-40.
- [2] 野口敬祐, 平尾篤利, 谷貴幸: 放電加工におけるプラズマの滑り現象が表面改質におよぼす影響, 2018年度精密工学会北陸信越支部学術講演会, (2018)A11
- [3] 平尾篤利, 後藤啓光, 谷貴幸: 単パルス放電のプラズマの滑り現象が表面におよぼす影響, 第12回生産加工・工作機械部門講演会, (2018)B06

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

放電柱の滑り現象を応用した表面改質放電加工法による材料表面の高機能化に関する補助事業報告書 (http://www.ed.niigata-u.ac.jp/~hirao/overview/H30_JKA_report.pdf)

目次	
第1章 序論	3
1.1 放電加工法	3
1.1.1 はじめに	3
1.1.2 放電加工の原理	4
1.1.3 放電表面改質法	5
1.1.4 プラズマの滑りとエネルギー	6
1.2 放電痕の形成と波形	7
1.3 本研究の目的	8
1.3.1 本研究の背景	8
1.3.2 本研究の目的	8
1.4 本論文の構成	8
第2章 高速回転電極による単発放電	9
2.1 放電加工機	9
2.1.1 放電加工機	9
2.1.2 トランジスタ回路	16
2.2 単発放電	20
2.2.1 実験条件および実験方法	20
2.2.2 電極の極性による違い	21
2.2.3 熱伝導率	23
2.2.4 放電痕の幅	24
2.2.5 断面曲線	24
2.3 まとめ	27
第3章 高速回転電極による連続放電	28
3.1 緒言	28
3.2 制御システム	28
3.3 連続放電	32
3.3.1 実験条件および実験方法	32
3.3.2 電極の極性による違い	33

放電柱の滑り現象を応用した表面改質放電加工法による材料表面の高機能化

1

3.3.3 断面曲線	34
3.3.4 休止時間の拡大	35
3.3.5 極性の違いによる SEM 画像	36
3.3.6 NAK55, Cu の定性分析および定量分析	37
3.3.7 加工時間の増大	39
3.3.8 休止時間を拡大した NAK55 の定量分析	40
3.4 まとめ	43
第4章 結論	44
4.1 本研究のまとめ	44
4.2 今後の課題	44
参考文献	45

放電柱の滑り現象を応用した表面改質放電加工法による材料表面の高機能化

ii

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 新潟大学教育学部(ニイガタダイガクキョウイクガクブ)

住所: 〒950-2181

新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050

担当者: 准教授(ジュンキョウジュ)

担当部署: 平尾篤利(ヒラオアツトシ)

E-mail: hirao@ed.niigata-u.ac.jp

URL: <http://www.ed.niigata-u.ac.jp/~hirao/>