

補助事業番号 2022M-209

補助事業名 2022年度 金属3D積層造形電極による高精度電解加工システムの

開発 補助事業

補助事業者名 金沢大学 理工研究域 機械工学系 生産加工システム研究室 小谷野 智広

1 研究の概要

電解加工は電気化学反応を利用した加工方法である。加工能率が高く、精度、表面性状も良いという稀有な加工特性を有している。しかし、加工できる形状に制限があることや、工具電極の設計にノウハウが必要という問題があり、その活用が進んでいるとはいえない。そこで本研究では、金属3D積層造形により製作した新たな工具電極を用いた電解加工法と、加工シミュレーションの活用により高精度電解加工システムを開発する。

2 研究の目的と背景

電解加工は他の加工法にはない多数の利点を持ち、工程集約による大きな優位性が期待できる加工法である。複数工程を必要としていた部品製造を一工程に集約できれば、大きなコスト削減が可能となる。一般的な電解加工では工具電極、または工作物に電解液の吐出口を設け、そこから電解液を電極間に流通させる必要がある。しかし、吐出口に対向する工作物面上では加工が行われなため、未加工部が生じてしまう。そこで、この問題を解決するため、筆者らは図1に示すポーラス形状を付与した新しい電極を開発した。空孔を多数有するポーラス構造を電極の一部とし、その空孔を通して電極間へ電解液を供給する。空孔の大きさは数十 μm から百 μm 程度と小さいので、その形状は工作物へ転写されにくく、未加工部の形成を防ぐことができる。このポーラス電極の製作は金属粉末を用いた3D積層造形法の一つである粉末床溶融結合法を用いている。本研究では、本電極を用いた電解加工により、高効率、高精度かつ良好な加工面粗さが得られる加工の実現を目指す。また、電解加工においては、十分な加工精度を得るためには工具電極設計にノウハウがあるという問題がある。これは、電解加工においては電解液の流れや電気化学反応などの複雑な現象を考慮して電極形状の設計を行う必要があるため、設計後に試し加工を繰り返し、その結果からさらに電極形状を修正するという手間が必要になる。そこで本研究では、流体解析・電場解析・回路解析等の各種現象を考慮したマルチフィジックスシミュレーションにより、高精度シミュレーション技術を開発することを目指す。

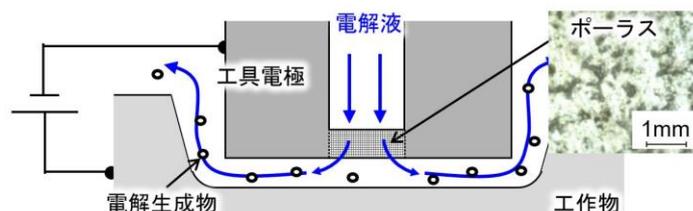


図1 ポーラス電極を用いた電解加工

3 研究内容

(1) ポーラス電極を用いた電解加工

本研究で製作したポーラス電極を図2に示す。テーパ形状と、四角形状を有する形状となっている。製作には金属3D積層造形法を用いている。本電極を用いて、高効率、高精度かつ良好な加工面粗さが得られる加工条件の検討を行った。電解加工においては、工具電極の送り速度を速くすることで加工能率が向上する。そこで、製作したポーラス電極を用いて加工中の工具電極の送り速度を変化させ、極間距離や加工面粗さに与える影響を調査した。その結果、送り速度が速くなると、極間距離が小さくなった。電解加工においては工具電極の形状を工作物に転写して加工が行われ、極間距離が小さい方がその転写精度が高まるため、送り速度を速くすることで加工精度が向上するといえる。また、送り速度が速くなると、加工面の粗さも小さくなった。さらに良好な加工面粗さを得るため、電解液中への気泡の混入を行った。電解液中に気泡を混入させると、電解液を攪拌する作用が生じ、加工面粗さが良好になることが期待できる。実験に用いた装置と、本装置を用いて気泡混入した極間の様子を観察した結果を図3に示す。気泡を混入した場合には、小さな気泡が極間に多数存在していることがわかる。本装置を用いて加工を行った結果、加工面の凹凸が低減し、表面粗さがより良好となった。

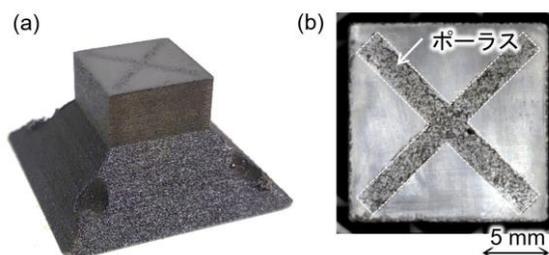


図2 ポーラス電極:(a) 全体, (b) 電極端面

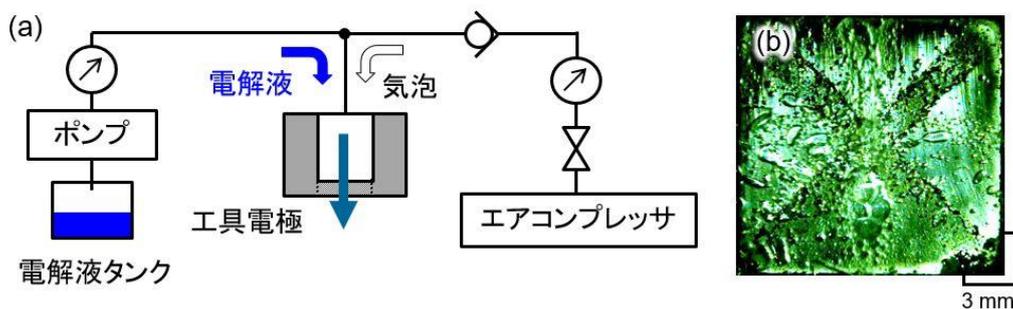


図3 電解液への気泡混入:(a)実験装置, (b)気泡の観察結果

(2) マルチフィジックスシミュレーションによる電解加工シミュレーション

電解加工のシミュレーションにおいては、流体解析・電場解析・回路解析等の各種現象を考慮したマルチフィジックスシミュレーションが必要となる。本研究では、電気2重層を考慮しての極間の電位、電場解析と、加工電源の回路方程式を連成して解析を行った。工具電極を鉛直方向に

送った場合の加工形状の変化と、その時の電流波形を図4に示す。工具電極中心付近の直下においてはおよそ平坦な加工面となっている。また、工具電極側面の直下では傾斜が形成されている。電流波形については、加工深さが増加すると、電流値が増加した。これは、工具電極の側面でも電流が流れるためである。このように、本研究で開発した手法により、パルス電源回路のインダクタンスを考慮したマルチフィジックスシミュレーションによる、工作物の加工形状シミュレーションが可能となった。

(<https://manufac.w3.kanazawa-u.ac.jp/electro/>)

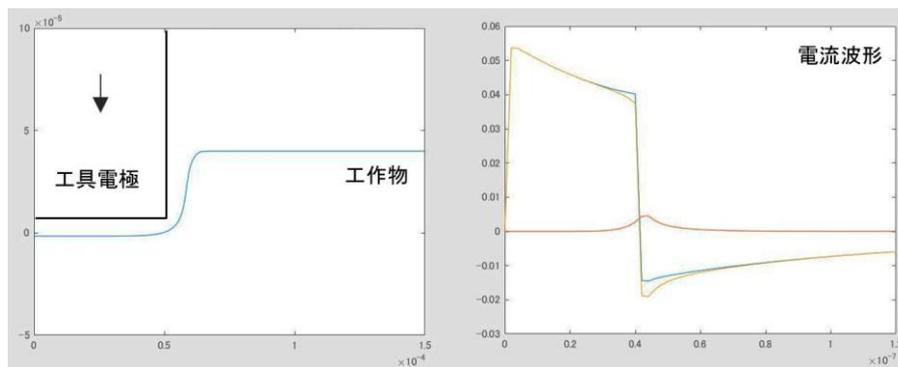


図4 工作物の形状変化と電流波形

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究により、これまで適用が困難であった部品形状に対して電解加工が適用できるようになれば、各種材料の新しい加工方法としての活用が期待される。また、電解加工は工程集約による優位性が期待できる加工法であり、例えば量産品の加工において、切削、研削、仕上げ加工していた従来工程を、電解加工の一工程に集約できれば、大きなコスト削減が期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

著者は2013年から金沢大学において電解加工や放電加工の研究を行っている。電解加工は他の加工法にはない特徴を有している。しかし、電解液を電極間に流通させるために、工具電極に電解液の吐出口を設ける必要があり、電解加工が適用できる加工形状に制限があった。そこで、この問題を解決するため、ポラス形状を付与した新しい電極を開発した。また、電解加工においては、十分な加工精度を得るためには工具電極設計にノウハウがいるという問題がある。そこで本研究では、流体解析・電場解析・回路解析等の各種現象を考慮したマルチフィジックスシミュレーションを実現し、高精度シミュレーション技術の開発により、電極設計の支援を目指している。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 1) Tomohiro Koyano, Jin Yoshida, Akira Hosokawa, Tatsuaki Furumoto, Yohei Hashimoto, Surface quality improvement of electrochemical machining using porous electrodes by mixing bubbles into electrolyte, Proc. of 18th International Symposium on Electrochemical Machining

Technology (INSECT), pp.151-156, 2022.

- 2) 小谷野智広, 澁谷悠佑, 古本達明, 回路配線のインダクタンスを考慮したパルス電解加工のシミュレーション, 電気加工学会全国大会(2022)講演論文集, pp. 61-64, 2022.
- 3) Tomohiro Koyano, Yusuke Shibuya, Tatsuaki Furumoto, Akira Hosokawa, Analytical Investigation of the Influence of Machining Area in Electrochemical Machining with Short Voltage Pulses, International Journal of Electrical Machining, Vol.28, pp.13-19, 2023.

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

(<https://manufac.w3.kanazawa-u.ac.jp/electro/>)

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 金沢大学(カナザワダイガク)

住 所: 〒920-1192

石川県金沢市角間町

担 当 者: 准教授 小谷野 智広(コヤノ トモヒロ)

担 当 部 署: 理工研究域 機械工学系(リコウケンキュウイキ キカイコウガクケイ)

E - m a i l: koyano@se.kanazawa-u.ac.jp

U R L: <https://manufac.w3.kanazawa-u.ac.jp>