

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24年 6月11日現在

機関番号：12103

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560740

研究課題名（和文） 微細放電加工における放電遅延短絡現象の解明とその制御に関する研究

研究課題名（英文） Elucidation and its control of delay short circuit phenomenon in micro EDM

研究代表者

谷 貴幸（TANI TAKAYUKI）

筑波技術大学・産業技術学部・准教授

研究者番号：80279554

研究成果の概要（和文）：放電加工法は、放電によって微小なクレータを形成させ、これを繰り返すことによって加工が進行する。ピエゾステージを組み込んだZ軸ステージおよび接触検知測定回路を構成し、クレータ成形時の周囲の盛り上がりを測定した。この結果、クレータ成形時には、数msオーダーの時間で数十 μ mに及ぶ盛り上がりが生じることが明らかとなった。この盛り上がり現象によって、極間を制御している現在の放電現象とは無関係な場所で短絡が発生していることを突き止めた。

研究成果の概要（英文）：An electrical discharge machining method makes a micro crater form by electrical discharge, and processing advances by repeating this phenomenon. In order to measure growth around crater fabrication, the circuit which detects contact was constituted. In addition, the Z-axis was taken as the drive by piezo. As a result, when crater fabrication was carried out, it became tens of micrometers growth in several milliseconds time. A short circuit occurs at a place unrelated to the present electrical discharge which is controlling the Z-axis by this growth phenomenon.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・材料加工・処理

キーワード：微細加工

1. 研究開始当初の背景

放電加工法は非接触での加工であり、反力は極めて小さく、硬質材料の形状加工に効果を発揮している。特に、マイクロ加工の分野においては、必須の加工方法となっている。

しかしながら、マイクロ放電加工においては、①極間距離が狭いため短絡が発生しやすい、②放電現象は確率事象として捉えられる

ため加工面積が小さく放電頻度が低いという問題を抱えている。これらの問題点は、加工効率の低下を引き起こす原因となっており、放電加工の持つ特徴を生かしきれないでいる。

2. 研究の目的

放電加工法は、異なる3つの現象が同時

に発生し、しかもそれぞれの時間スケールが大きく異なる。3つの現象は以下のとおりである。①放電パルス幅 (ns, μ s), ②溶融表面の凝固現象 (ms), ③気泡の発生と消滅 (s) であり、それぞれを個別に制御することは極めて困難である。

溶融部材料の盛り上がりに伴う橋絡現象は、ms オーダーの時間スケールでの現象であり、これは放電波形の観察から、極間の電氣的短絡として検知される。当該短絡点での盛り上がりの原因となった放電は、短絡を検知するはるか以前に発生していて、その間に多数の放電が飛んでいる。すなわち放電波形観察から見る限り、短絡の原因は直前の放電ではない、つまりマルコフ過程として捕らえることが出来ない。このことが現象解明を困難にしている。この現象を“放電遅延短絡現象”と名付ける。特に微細加工においては、極間距離が狭いため、短絡が生じやすく、これを解決する必要がある。

本報告では、放電加工における短絡の発生しやすさを評価するために、放電加工後の加工物の盛り上がりによる橋絡現象に着目し、放電加工後の盛り上がり現象の定量的な測定を実施した。また、盛り上がりによる接触を利用した温度測定も試みた。

3. 研究の方法

放電加工中の橋絡現象は、齋藤、宇野らによって報告されている。この放電後の加工物の盛り上がり時間と高さの測定を試みた。測定装置を図1に示す。Z軸は、粗動ステージとピエゾステージによって構成した。電氣的な接触を基準として、ピエゾステージによって任意の極間距離に固定した。電極は ϕ 2 mmの黄銅を用い、加工物と平行な位置関係とするため、走査放電加工により端面を仕上げた。仕上げ面粗さは 1μ mRz以下とした。

放電後の短絡は、単発放電回路とは別に常に5Vの電圧を印加し、放電後の電圧変動によって検出した。この方法により観察された放電波形の例を図2に示す。放電後に5Vの電圧が印加され続け、ある時間において0

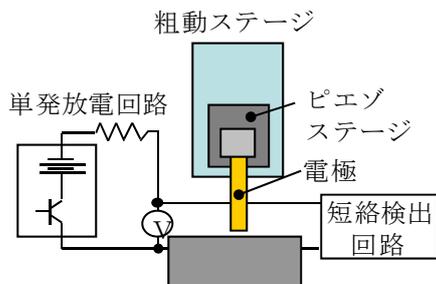


図1 単発放電用加工装置

Vとなっていることが分かる。この時間 t が、設定した極間距離まで加工物が盛り上がった時間とした。図3に形成された単発放電痕の例を示す。放電痕の外周部に電極と接触したような後が観察され、この部分において橋絡が発生したと考えられる。

加工雰囲気は油滴中とした。無負荷電圧を印加し続けても、放電が発生しない場合には、鉄粉(平均粒子径: 約 30μ m)を添加し、放電を誘発した。実験条件を表1に示す。

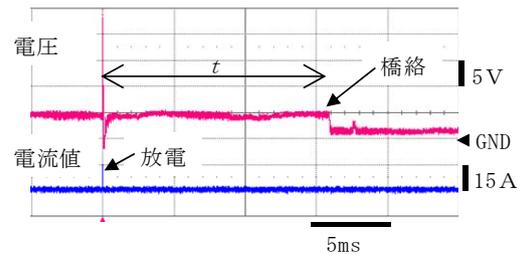


図2 単発放電波形の例

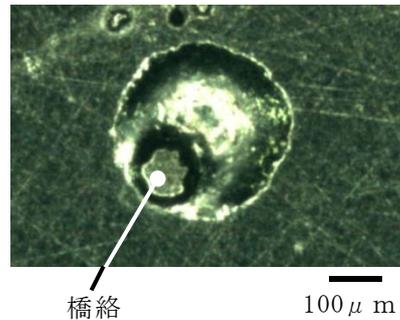


図3 単発放電痕の形状

表1 加工条件

被加工物	低融点合金 (47°C)
電極	黄銅 (ϕ 2mm)
電極極性	—
無負荷電圧	80V
電流値	15A
パルス幅	50μ s
設定極間距離	$15 \sim 40 \mu$ m

4. 研究成果

図4に短絡に至るまでの時間と極間距離の関係を示す。測定結果にばらつきがあるものの、極間距離が拡大するほど、短絡に至る時間が長くなる傾向にあることが分かる。本実験の結果、 40μ m程度の盛り上がりが確認され、盛り上がり要する時間は十数msに及ぶことが明らかとなった。なお、極間距離が 20μ m以下では、放電後すぐに短絡となり、 40μ mより広い場合には、本実験において短絡現象は観察されない結果となった。

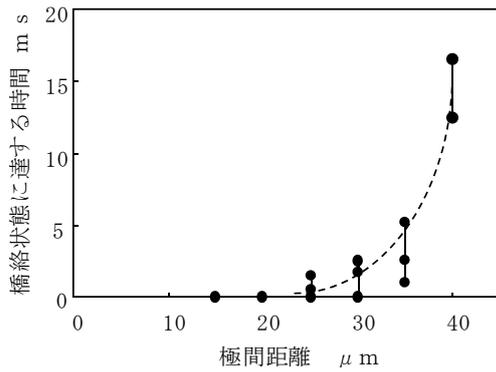


図4 橋絡に達する時間と極間距離の関係

この結果から、図5に示すような放電の過程が推測される。ある箇所に放電が発生し、初期の放電痕が形成され、気泡の発生とともに加工屑が周囲に吹き飛ばされる。その後、加工屑などを起点として、放電位置は他の場所に移動するが、初期発生した放電痕の成形が徐々に進行し、放電痕の周囲に盛り上がりが発生する。放電は、極間距離の近い場所で発生しやすくなるが、盛り上がり部分は初期の放電によって発生した気泡に覆われているため、この部分での放電は生じにくい。この結果、盛り上がりが成長し、橋絡が形成され短絡に至る。

つまり、現在起こっている放電とは無関係な場所で、この盛り上がりによって短絡が発生する可能性があることが示された。現状の放電加工における主軸の制御方法ではこれを検知できていないことになる。これを検知するための対策はまだ無く、今後の課題となっている。

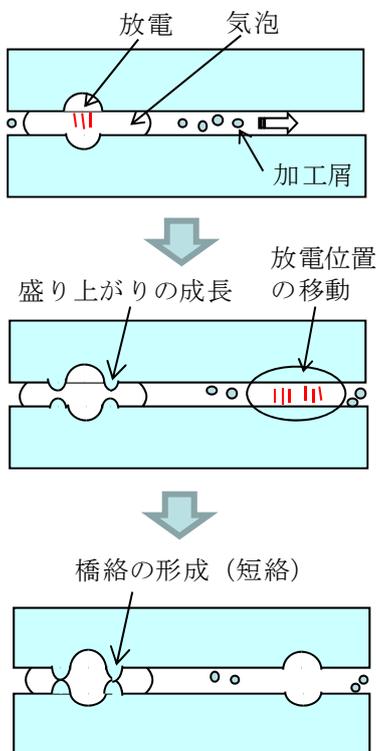


図5 橋絡現象のプロセス

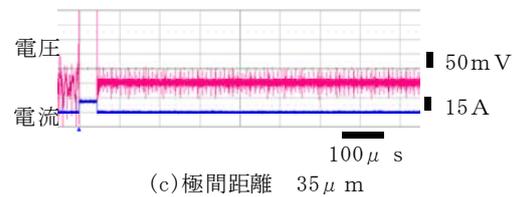
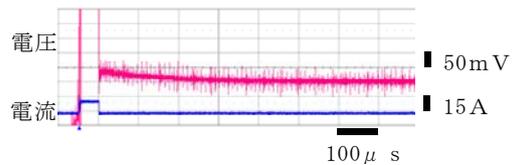
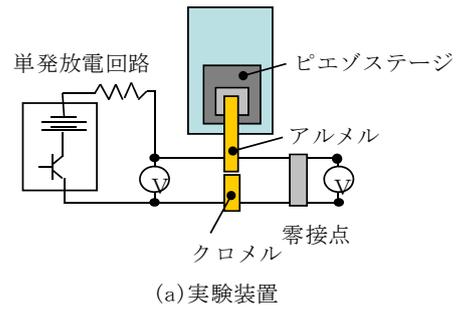


図6 橋絡による起電力測定結果

一方、放電直後の盛り上がり現象によって被加工物と電極が接触するというは、異種金属接点による温度計測に応用できる可能性がある。温度計測の試みとして、アルメル、クロメル材料を対極させ、橋絡現象が起こると想定される電気条件、極間距離を意図的に設定し、放電後の溶融によってこれらの材料を接触させ、このときの起電力を測定した結果を図6に示す。極間距離を短く設定した場合に、放電直後に起電力が測定され、序々に起電力が小さくなる現象が観察された。一方、極間距離を広くした場合には起電圧の発生が確認されず、橋絡に至らなかったと考えられる。

計測された放電直後の起電力は、アルメル、クロメル熱電対の測定可能な最高温度に相当した。測定された起電力を温度に変換した結果を図7に示す。測定された温度は、融点に近い800℃付近から指数関数的な減少傾向を示した。このことから、放電後の材料の冷却過程の温度が計測できた可能性が高いと考えられる。

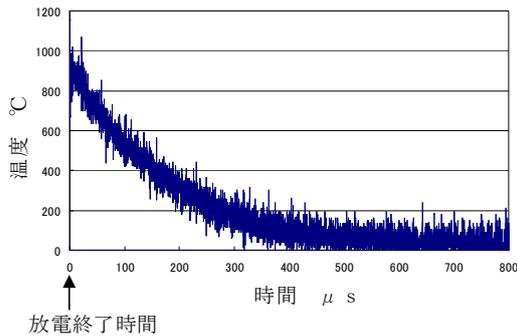


図7 橋絡による接点での温度測定結果

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4件)

- ① Takayuki Tani, Hiromitsu Gotoh, Yo-shihide Kuwabara, Shoju Aoshima, Atsutoshi Hirao, Naotake Mohri, Surface Modification Using Electrical Discharge in Air Gap, Proceedings of the 16th international symposium on electro-machining, 査読有, 2010, 159-162.
- ② 毛利尚武, 谷貴幸, 過渡アーク放電による金属の表面処理, 静電気学会誌, 査読無(解説), 33, 2009, 240-245.
- ③ 谷貴幸, 後藤啓光, 李珠瓊, 毛利尚武, 走査放電加工による微細軸成形法, 電気加工学会誌, 査読有, 43, 2009, 187-193
- ④ 李珠瓊, 後藤啓光, 谷貴幸, 武沢英樹, 毛利尚武, 増沢隆久, ピーリング工具を用いた微細放電加工, 電気加工学会誌, 査読有, 43, 2009, 9-14.

[学会発表] (計6件)

- ① 谷貴幸, 後藤啓光, 木下大地, 齋治男, 毛利尚武, 齋藤長男, 放電加工における橋絡現象の観察, 2009年度精密工学会春季大会学術講演会, 2009年3月11日, 中央大学

- ② 谷貴幸, 後藤啓光, 毛利尚武, 福沢康: 複合電源による微細軸・微細穴同時加工に関する研究, 2010年度日本機械学会年次大会, 2010年9月6日, 名古屋工業大学
- ③ 谷貴幸, 後藤啓光, 毛利尚武: 複合電源による微細軸・微細穴同時加工に関する研究-多数穴加工の試み-, 2010年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2010年9月28日, 名古屋大学
- ④ 谷貴幸, 後藤啓光, 毛利尚武, 機上成形亜鉛合金電極による微細放電加工, 電気加工学会第203回電気加工研究会, 2011年7月15日, 名古屋工業大学
- ⑤ 谷貴幸, 後藤啓光, 毛利尚武, 機上成形亜鉛合金電極を用いたSi₃N₄セラミックスの放電加工, 2011年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2011年9月22日, 金沢大学
- ⑥ 谷貴幸, 後藤啓光, 毛利尚武, 亜鉛合金電極を用いた多角形状の微細穴放電加工, 電気加工学会全国大会(2011), 2011年11月25日, つくば研修センター

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷 貴幸 (TANI TAKAYUKI)
筑波技術大学・産業技術学部・准教授
研究者番号: 80279554

(2) 研究分担者

毛利 尚武 (MOHRI NAOTAKE)
大学評価・学位授与機構・学位審査研究部・教授
研究者番号: 90126186