

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 22 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420043

研究課題名(和文)ピーリング工具の実用化：径10 μm 以下の微細放電加工用電極の簡便な作製技術の確立

研究課題名(英文) Practical application of peeling tool: establishment of simple-fabrication technique of a tool for micro-EDM less than 10-micrometer core

研究代表者

田邊 里枝 (Tanabe, Rie)

長岡技術科学大学・工学研究科・助教

研究者番号：70432101

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：10 μm のタングステン線の周囲に亜鉛を100 μm 以上になるまでめっきした工具電極を作製し、このような同軸円筒状の工具を、ピーリング工具と名付けている。作製した工具の表面粗さは2 μm 以下であり、ワイヤと工具外径の中心位置のずれは約2 μm と精度よい。この工具を用いて、50 μm 厚の銅板に放電穴あけを試みると、工具外径に対応する浅い凹みと、その中心にワイヤ径に対応する貫通穴があいた。被覆部除去と微細穴の同時加工が実現しており、1穴加工後はワイヤを数十 μm 露出できた。引き続き同じ工具で複数の連続穴加工も可能であった。同一機上で微細軸形成から加工までの一連の作業が実現できることが実証された。

研究成果の概要(英文)：Peeling tool, which consists of a thin wire (core) coated with a low melting point metal (clad), has been proposed as a microelectrode in micro-EDM. In this study, we tried simultaneous machining of micro-hole drilling and clad removal of "peeling tool" with 10-micrometer core. The surface roughness of the peeling tool was less than 2 μm and eccentricity of the core was around 2 μm . Micro-hole drilling and removal of the clad were carried out simultaneously with copper plate of 50-micrometer thick. After the drilling, shape of the hole drilled consisted from two parts; circular dent slightly larger than clad diameter and a small through hole at the center of the dent. The core of few tens of micrometers, which was a tool for drilling the hole, appeared after the first drilling. Then through hole without a dent was obtained for consecutive 3 trials using this revealed core. On-the-machine tool forming and consecutive micro-hole drilling were demonstrated.

研究分野：電気加工

キーワード：微細工具電極 めっき 被覆 放電 瞬時除去

1. 研究開始当初の背景

微細放電加工で必要とされる微細電極として、工具である 100 μm の金属ワイヤ周囲に電解めっきにより亜鉛を、外径 300~500 μm になるまで被覆した、同軸円筒状の二層構造の電極を試作してきた。この電極をピーリング工具と名付けている。電極先端の被覆層は、単発放電によりワイヤを溶融せずに除去でき、露出したワイヤ部で微細穴あけ加工が可能である。加工時にワイヤが消耗しても、その状態で再度単発放電を行うことで、被覆層をさらに除去できることが分かった。このことは、ワイヤが消耗しても工具を交換せずに加工を継続できることを示している。以上の結果から、ピーリング工具は微細放電加工において有用な工具であり、100 μm より細かい微細加工に対応できる工具の開発を試みた。

2. 研究の目的

これまで 100 μm のタングステンワイヤを用いて、膜厚 100 μm 以上の亜鉛を、電解めっきにより被覆することに成功している。本研究では、作製が難しい 10 μm 以下の微細放電加工用の電極を簡便に作製する技術を確認し、同一機上で微細軸成形から加工までの一連の作業を実現し、ピーリング工具の実用性を検証することを目的とする。

3. 研究の方法

ピーリング工具の作製は、金属ワイヤに 100 μm のタングステン(W)を用い、電解めっきによる亜鉛の被覆したこれまでの経験を生かし、50 μm ~10 μm のWワイヤを用いて亜鉛めっきを試みた。ワイヤ径に対して適切なめっき条件(めっき浴温、浴濃度、電流密度、添加剤など)を決定し、工具精度の改善を目指した。めっき時間の経過につれ、Wワイヤの表面に気泡が形成され、めっき中の通電が妨げられるのを抑制するために、めっき中に超音波振動を付与する工夫を行った。超音波振動の付与が、めっき面性状に影響することは 100 μm のWワイヤを用いた亜鉛めっきにおいて既に明らかにしている。工具精度は、偏心率(ワイヤと工具外径の中心位置のずれ)と表面粗さで評価した。

作製したピーリング工具に対して単発放電を行い、ワイヤが 50 μm 以下でも、電極先端のワイヤが未溶融で亜鉛被覆部のみを除去できる電気条件を探した。各ピーリング工具(以下、 μm 単位でワイヤ径/工具外径と表示する)に対して、単発放電条件とワイヤ露出長さの関係を調べた。また、作製したピーリング工具を用いて、微細放電加工を実施した。

4. 研究成果

直径 100~10 μm のタングステン線の周囲を電解めっきにより亜鉛を被覆した。めっき浴温、浴濃度、電流密度などのめっき条件は

100 μm のワイヤを用いた場合と同じであるが、亜鉛めっき浴にデキストリンを添加すると、より滑らかなめっき面が得られ、工具精度が大変向上しすることが分かった(図1)。いずれのワイヤ径に対しても表面粗さ約 2 μm 、偏心率が約 2 μm のピーリング工具が作製できた。

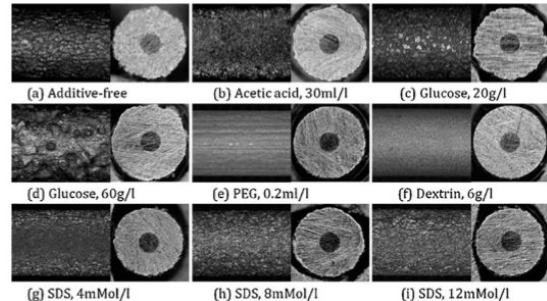


図1 添加剤を用いて作製したピーリング工具の表面と断面。ワイヤは径 100 μm である。

ピーリング工具の先端部は、図2に示すように、単発放電により、ワイヤにダメージを与えることなく、被覆層である亜鉛のみを瞬時に除去できた。50~10 μm のいずれのワイヤ径の工具に対しても、被覆部のみが除去可能な放電条件を見いだした。単発放電によるワイヤの露出長さは、放電パルス時間で制御できるが、投入エネルギーが大きくなると、被覆部だけでなくワイヤも溶融してしまう。これまで研究してきた範囲では、単発放電によってワイヤを未溶融で露出できる最大長さは、いずれのワイヤ径に対しても、ワイヤ径の約6倍であることがわかった。単発放電によってワイヤが露出したピーリング工具を用いて、微細放電加工を行い、薄板に貫通穴をあけることができた。

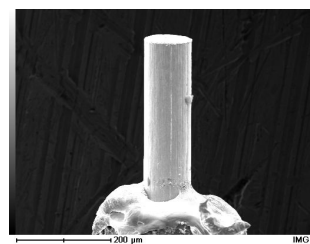


図2 単発放電後のピーリング工具先端の例。亜鉛の除去により露出したワイヤにはダメージは見られない。

単発放電により、被覆部の亜鉛とWワイヤの溶融・除去の様子が異なったことに着目し、単発放電を行わずにピーリング工具でそのまま金属板に微細放電加工を行い、被覆部除去と微細穴あけ加工の同時加工を試みた。板厚 50 μm の銅板を用いて同時加工を行ったところ、工具外径に対応する浅い凹みと、その中心にワイヤ径に対応する貫通穴があき、ピーリング工具の先端には、Wワイヤが約 70 μm 露出していた。この工具を用いて引き続き3穴連続して穴あけ加工を実施した。引き

続き連続加工した際の1穴目の加工穴表面と裏面の顕微鏡写真、レーザー顕微鏡による加工穴のプロファイルを図3に示す。ワイヤが70 μm 露出した状態で板厚50 μm の銅板に穴加工を行った場合は、被覆部による凹みのない穴があいた。板厚300 μm の銅に対して試みた場合には、深さ約100 μm の工具外径に対応する凹みと、その中心にワイヤ径に対応する長さ約200 μm の貫通穴があいた。加工後のワイヤ露出長さは約200 μm であり、単発放電により露出できる最大長さの3倍以上であった。同一機上で微細軸形成から加工までの一連の作業は実現できることが実証された。

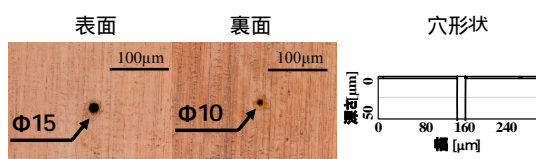


図3 単発放電を行わずにピーリング工具をそのまま用いて微細放電加工を試みた後、3穴連続して加工を試みた際の1穴目の加工例。試料は板厚50 μm の銅である。

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3件)

1) 田辺里枝, ピーリング工具の開発とそれによる微細放電加工, 電気加工学会誌 51(126), 89-94 (2017).

2) Rie Tanabe, Yoshiro Ito, Naotake Mohri, Takahisa Masuzawa, "Development of peeling tools with sub-50 μm cores by zinc electroplating and their application to micro-EDM", CIRP Annals - Manufacturing Technology 65, 221-224(2016).

3) 田辺里枝, 伊藤義郎, 短パルスレーザー光をカメラの照明に用いる可視化技術 細線電極を用いた単発放電現象の撮影事例, 電気加工学会誌, 49(121), 125-129 (2015).

[学会発表](計9件)

1) 高松美太郎, 田辺里枝, 伊藤義郎, 増沢隆久: コア径10 μm のピーリング工具の被覆部除去と微細穴の同時加工-第2報-, 2017年度精密工学会春季大会学術講演会, 2017年3月15日, 慶應義塾大学(横浜市)

2) 阿部雅弥, 田辺里枝, 伊藤義郎: ピーリング工具を用いた単発放電の被覆部除去と被覆部再除去-発光と干渉法を利用した撮影による検討-, 2017年度精密工学会春季大会学術講演会, 2017年3月15日, 慶應義塾大学(横浜市)

3) 高松美太郎, 田辺里枝, 伊藤義郎, 毛利尚武, 増沢隆久, 亜鉛めっきによるコア径10 μm のピーリング工具の作製とそれによる微細穴の放電加工-第2報-, 電気加工学会全国大

会(2016), 12月2日, 名古屋大学(名古屋市)

4) 阿部雅弥, 田辺里枝, 伊藤義郎: ピーリング工具の放電による被覆部除去過程と発光挙動の観察, 2016年度精密工学会北陸信越支部学術講演会, 新潟大学(新潟市)

5) R. Tanabe, Y. Ito, N. Mohti, T. Masuzawa, Development of peeling tools with sub-50 μm cores by zinc electroplating and their application to micro-EDM, 66th International Academy for Production Engineering General Assembly, 2016年8月23日, University of Minho, Guimarães (Portugal)

6) 今井啓仁, 田辺里枝, 伊藤義郎, 毛利尚武, 増沢隆久: コア径10 μm のピーリング工具の被覆部除去と微細穴の同時加工, 2016年度精密工学会春季大会, 2016年3月15日, 東京理科大学(新宿区)

7) 今井啓仁, 田辺里枝, 伊藤義郎, 毛利尚武, 増沢隆久: 亜鉛めっきによるコア径10 μm のピーリング工具の作製とそれによる微細穴の放電加工, 電気加工学会全国大会(2015), 2015年12月3日, 四国大学交流プラザ(徳島市)

8) 今井啓仁, 田辺里枝, 松原浩, 伊藤義郎, 毛利尚武, 増沢隆久: 亜鉛めっきによるコア径30 μm 以下のピーリング工具の作製, 2015年度精密工学会春季大会学術講演会(2015), 2015年3月18日, 東洋大学白山キャンパス(文京区)

9) 今井啓仁, 上原真大, 田辺里枝, 伊藤義郎, 松原浩, 毛利尚武, 増沢隆久: めっきによるピーリング工具の作製と単発放電による除去の試み(第6報), 電気加工学会全国大会(2014), 2014年12月4日, 新潟大学ライブラリーホール(新潟市)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田邊里枝 (Tanabe, Rie)

長岡技術科学大学・工学研究科・助教

研究者番号：70432101

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()