

PCD 電極による微細放電加工

○ハン イリ*, 佐野定男**, 岩井学+, ニノ宮進一++, 植松哲太郎+, 鈴木清*
 (*日本工業大学, **(株)ソディック, +富山県立大学, ++青森職業能力開発短期大学校)

Micro EDM with PCD electrode

Nippon Inst. of Tech.: Weili PAN, Kiyoshi SUZUKI, Sodick Co., Ltd: Sadao SANO

Toyama Pref. Univ.: Manabu IWAI, Tetsutaro UEMATSU, Polytechnic College AOMORI: Shinichi NINOMIYA

The performances of an electrically conductive CVD diamond electrode and a PCD electrode with a high thermal diffusivity have been examined as an electrode for fine EDM. It was confirmed that the EDM showed a nearly zero electrode wear. In this research, a new sequential machining method by EDM and grinding was proposed. This machining method includes that first, a micro V shaped groove was processed against SKD11 by EDM utilizing the rotating PCD electrode formed on a machine. And then using the PCD rotating electrode as a grinding wheel, finishing of the processed V shaped groove by EDM was possible.

1. はじめに

著者らは、電極の無消耗あるいは極低消耗放電加工が実現できる導電性 CVD ダイヤモンド厚膜電極および PCD 電極を提案し、研究を行っている。前報¹⁾では、PCD 電極を利用した微細放電加工の可能性を検討するため、先端をナイフエッジ状に放電成形した PCD 素材を電極として、超硬合金に溝入れ放電加工を行ったところ、特別な条件で、PCD 電極 (CTH-025, ダイヤモンド粒径 25 μ m) の無消耗加工が実現できることを示した (図 1)。しかしながら、上記利点の反面、溝底部形状の崩れと溝の斜面部が粗いという問題点を有しており、より精密で平滑な V 溝を成形するには、何らかの対策が必要であることがわかった。

本研究では、回転機構を付加した PCD 工具(電極)による無消耗放電加工の可能性を調べ、PCD 電極の消耗状況を検討した。さらに、上記問題点を解決するため、一つの工具で放電加工と研削加工が行える逐次精密加工の可能性を調査した。

2. PCD 工具による微細加工(放電・研削逐次加工)の概要

図 2 に、導電性ダイヤモンド工具による各種マイクロ除去加工法の分類を示す。導電性ダイヤモンド工具の適用は、著者らの研究において放電、切削および研削加工へと幅広く展開している。また、この工具は新放電複合研削²⁾ならびに放電・研削逐次加工への適用の可能性を持つ。ここで、精密な放電・研削逐次加工を一つの工具で行う場合、電極消耗は最大の弊害となる。よって、かなり短いパルスオンタイム領域まで極低消耗加工できる PCD 素材を、電極ならびに研削工具として選定することが有効であると判断した。回転型 PCD 工具(電極)による精密微細 V 溝創成法の概略を図 3 に示す。PCD 電極の成形から放電加工および研削加工までを機上で 1 つの工具で可能となることが特徴である。

3. 実験装置の概要および実験条件

3.1 回転 PCD 工具電極の形状成形

形彫り放電加工機上で主軸アタッチメントを搭載し、工具が回転できるようにした。実験に先立って円盤状 PCD 素材 (CTB-002 ダイヤモンド粒径 2 μ m) を、形彫り放電加工機上で、図 3(a) のように、逆放電(電極[-])し、V 形に機上放電成形した。

まず、放電加工電極としての無消耗条件を実験的に検討し、その後、放電・研削逐次加工への適用を試みた。被削材は SKD11 である。実験条件を表 1 に示す。

3.2 回転 PCD 電極による微細 V 溝の放電加工実験

最初に回転 PCD 電極の無消耗放電加工特性を検討するため、

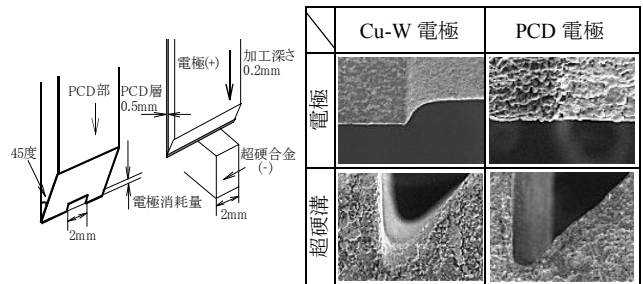


図 1 ナイフエッジ電極による V 溝創成実験模式図と超硬合金の微細放電加工における PCD 電極の無消耗特性

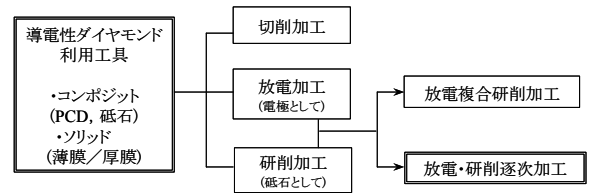


図 2 導電性ダイヤモンド工具による各種マイクロ除去加工法

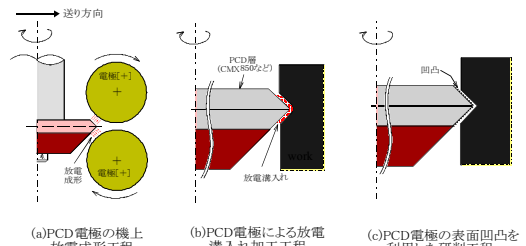


図 3 回転型 PCD 電極による精密微細 V 溝創成法

表 1 溝入れ用実験装置および条件

放電機械	形彫り放電加工機 (AQ35L, ソディック) 低速回転主軸アタッチメント(ソディック)
加工液	油 (Vitol2, ソディック)
電極材	円盤状 PCD 電極 (CTB-002, Element Six) V 形状角度: 60°, 直径 $\Phi = 20$ mm
被加工材	SKD11 (10 \times 10 \times t50mm: HRC61)
放電条件	$u_t = 90$ V, $i_p = 0.5, 1, 3, 6$ A, $t_e = 2, 20$ μ s, $t_o = 20$ μ s, ジャンプ無し 主軸回転速度 N = 1000rpm (周速度 ≈ 63 m/min) 切込み a = 20 μ m, 溝総深さ $\Sigma a = 0.1$ mm, 加工幅: 10mm
研削条件	切込み a = 10 μ m, 総切り深さ $\Sigma a = 50$ μ m, 主軸回転速度 N = 1500rpm (周速度 ≈ 94 m/min), 送り速度 Vw = 50mm/min

片 V 形(頂角 60 度)に成形した PCD 電極(図 4)を用いて、油中に幅 10mm, 深さ 0.1mm の微細 V 溝放電加工を行った。各放電条

件(パルス条件, 設定電流)が及ぼす影響を実験的に調べ, 電極無消耗となる適切な条件を選定した。

3.3 PCD 工具による微細 V 溝の放電・研削逐次加工実験

次に, 上記実験結果を受けて, PCD 電極を両 V 形 (頂角 120 度) に成形し, 放電で微細溝を彫り込んだ後, 放電を停止して, 研削加工を行った (図 3(b), (c))。

4. 実験結果および考察

4.1 回転 PCD 電極による微細 V 溝の放電加工実験結果

パルス条件および設定電流が及ぼす微細溝形状への影響を図 5 に示す。放電条件によって放電成形された溝形状精度が異なっている。ここでは, 放電加工後に研削加工を行う逐次加工を目的としているため, 電極消耗を最優先として条件設定する必要がある。この実験で得られた結果を図 6 のように整理した。

(a)加工時間(対設定深さ):設定加工深さが 0.1mm とし, 設定電流を 0.5A~6A に変化させて加工時間を比較した。設定電流が大きいと加工時間が短くなる。ショートパルス 2/20 μ s では, ロングパルス 20/20 μ s の時より若干短くなった。

(b)放電ギャップ:設定電流が大きいほど, 放電ギャップが大きくなる。2/20 μ s の放電ギャップは, 20/20 μ s の時より小さくなることわかった。

(c)溝底部 R:彫り込んだ溝底部の先端 R を比較すると, 2/20 μ s では設定電流の影響がそれほどみられない。20/20 μ s では, 電流値の影響が大きく, 3A 以上のとき電流値の増加に伴って溝底部 R が大幅に増大した。

(d)電極消耗量:2/20 μ s では, 設定電流が電極消耗量に及ぼす影響は小さく, いずれも 2~2.5 μ m 程度であった。一方, 20/20 μ s では, 設定電流が 3A 以上の時, 極低消耗(1 μ m 以下)が実現できることがわかった。

これらの結果より, 今回の実験の範囲以内では, 放電加工による良好な形状精度は得られないが, 電極消耗が少なくなる設定電流 90V, 設定電流 3A, $t_s/t_o=20/20\mu$ s を放電・研削逐次加工時の放電条件として採用することにした。

4.2 回転 PCD 電極(工具)による放電・研削逐次加工実験結果

PCD は超硬質ボンド剤で微細ダイヤモンド粒子を強固に固定したメタルボンド砥石の一種と考えることができる。また, 構成粒子径の異なる PCD (0.5, 2, 10, 25 μ m) を使用すれば, 研削能率や仕上げ面粗さを選択できる。そこで, 両 V 形(120°)回転式 PCD 電極を用いて SKD11 の放電・研削逐次加工を行った。上記で得られた放電条件で 4 本溝を放電成形し, そのうちの 2 本に対して研削加工を行った。図 7 の示すように, 放電加工後の溝を観察すると, 溝の底部 R が丸くなり, 表面性状が荒れた面となっている。その後, この PCD 電極の主軸回転速度を上げて研削加工($a=10\mu$ m \times 5pass)を行うと, 溝の底部 R がシャープになり, 溝加工面は非常に平滑な表面性状になった。

5. おわりに

機上で放電成形した PCD 素材を回転電極として, SKD11 に微細 V 溝を放電で彫り込み, その電極を砥石として研削仕上げする「放電・研削逐次加工法」を試み, 以下の結果を得た。

- (1) 回転 PCD 電極による V 溝放電加工では, 電極無消耗加工が実現できる。しかし, 溝の加工面は粗く, 溝先端 R も大きくなる。
- (2) 放電加工に用いた PCD 電極を砥石として利用し, 研削加工を行うことで, 溝部は全体的に平滑な研削面が得られ, 溝先端 R もシャープとなる。

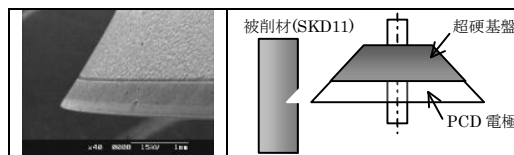


図4 片 V 形 PCD 電極

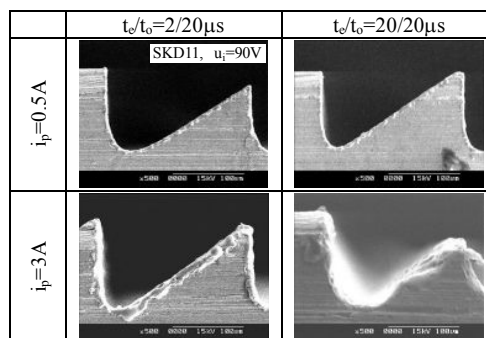


図5 片 V 形回転 PCD 電極による微細溝の創成

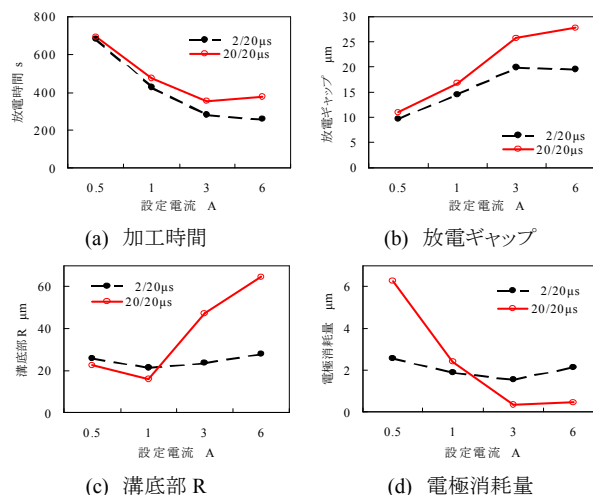


図6 各種放電加工条件の影響 (SKD11, $u_i=90V$)

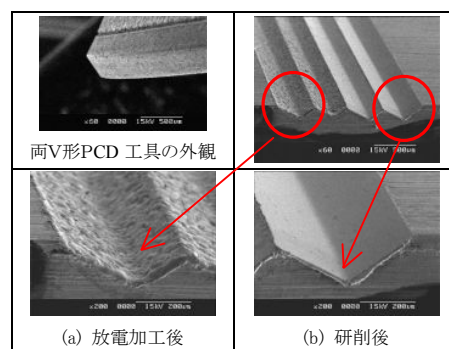


図7 両 V 形 PCD 電極による放電・研削逐次加工後の微細溝性状 (SKD11, 放電条件: $u_i=90V$, $i_p=3A$, $t_s/t_o=20/20\mu$ s, 研削条件: $a=10\mu$ m, $\Sigma a=50\mu$ m, $N=1500rpm$, $V_w=50mm/min$)

本研究にご協力いただいた(株)エレメントシックス, (社)砥粒加工学会「導電性ダイヤモンドの精密加工への応用に関する研究分科会」, (財)金型技術振興財団に厚く御礼申し上げます。

[参考文献]

- 1) 鈴木清他: PCD 電極による超硬合金の放電加工特性(ナイフエッジ状電極による加工特性), 精密工学会春季大会講演論文集(2006)pp.703-704
- 2) 鈴木清他: 導電性ダイヤモンド切削砥石による放電複合研削の研究(第3報: 硬質材への適用), 精密工学会春季大会講演論文集(2006)pp.491-492