

高品質放電加工面の形成に関する研究

佐野 正明・橋田 鉄雄

Formation of High Quality Surface by EDM

Masaaki Sano and Tetsuo KITTA

要 約

複雑形状の部品や金型等の加工にとって、加工表面を改質化・鏡面化することは、信頼性向上や磨き工程の短縮等に有効な手段であることから、各種の方法が試みられている。

本研究は通常の放電加工液に AlN 粉末や Si 粉末を添加した時、加工面に形成される表面層の諸特性に関する基礎的なデータを得ることを目的とした。加工液に粉末を添加することにより、表面あらさは無添加加工液に比べ改善された。また、表面層の X 線回折による分析結果から、放電加工後の試験片の格子定数の増加割合は無添加加工液に比べ AlN 添加による試験片の方が小さいことが明らかとなった。

1. 緒 言

放電加工は、高特性材料や新素材の高効率・高精度加工に有効な加工手段であり、今後も発展が期待される分野である。しかし、放電加工は、液中アーク現象による熱的溶融・除去作用を利用することから、溶融再凝固過程で形成される変質層や加工欠陥の発生は避けられない。

そこで、放電加工における加工欠陥の発生防止、加工層の改質、更に加工面精度の向上（鏡面）が図れるなら、複雑形状を持つ部品や金型等の信頼性が向上するとともに、磨き工程の短縮化が達成され、有効な加工手段になる。

放電加工面の鏡面化は Si 粉末を添加して、放電頻度を高めることなどにより、達成されるとの報告¹⁾がなされている。また、加工層の改質による加工製品の信頼性の確保や事後の寿命向上を図るため、放電加工した金型表面にガス窒化処理を施し、窒素の拡散層を形成させることが有効であり、これにより熱疲労特性の向上²⁾が得られている。

本研究は、放電加工面の改質と加工面あらさの一層の向上のために、各種粉末を添加した加工液を用いて加工を行い、得られた表面層の諸特性に関する基礎データを得ることを目的とした。

2. 実験方法

Fig.1 に実験装置の概略図を示す。実験に用いた試験片 (45×21×10mm) は熱間金型用合金工具鋼 (SKD61) であり、焼入れ-焼戻し処理により、表面硬さを 48HRC とした。

加工液は平均粒径が 1.8 μm の AlN 微粉末を通常加工液 1000ml に対し、5g の割合で添加したものおよび平均粒径が 20 μm の Si 微粉末を通常加工液 1000ml に対し、20g の割合で添加したものをを用いた。各液ともスターラーで攪拌しながら形彫り放電加工機により、電極側を陰極（正極性）として仕上げ領域から荒加工領域までの各条件で行った。加工

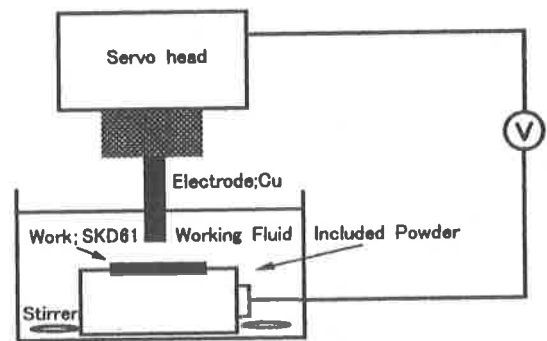


Fig.1 Schematic view of testing apparatus

面の評価は表面あらさの測定および粉末成分の試験片への移行形態等について行った。

3. 結果および考察

3-1 表面あらさ

Fig.2 に表面あらさの測定結果を示す。I_p（放電電流ピーク値）;12A の場合、パルス放電時間（ τ_{on} ; μs ）の増加に伴い、表面あらさは大きくなるが、同一条件では AlN 粉末および Si 粉末を添加すると、表面あらさは低下する傾向を示した。ただし、I_p;33A 以上の条件では、加工面に集中放電が発生し、放電面全体が均一に加工されず、表面あらさは著しく悪くなった。

3-2 X 線回折

Fig.3 に AlN 粉末添加加工液および無添加加工液による加工面の X 線回折による観察結果を示す。両加工面ともほぼ同様な回折線プロファイルを示し、AlN 粉末添加による加工面への粉末成分の移行に起因する回折線のピークは確認されなかった。

また、加工エネルギー値による残留応力の変化についても、AlN 粉末添加加工液および無添加加工液による差異 (Fig.4) は認められなかった。なお、加工エネルギー値が小さい場合

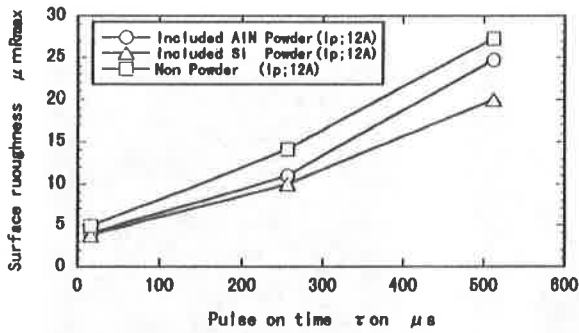


Fig. 2 Changes in surface roughness.

の残留応力は引張を示すが，加工エネルギー値の増加により，クラックの発生・成長に伴う残留応力値の減少，更に圧縮応力への変化が認められた。

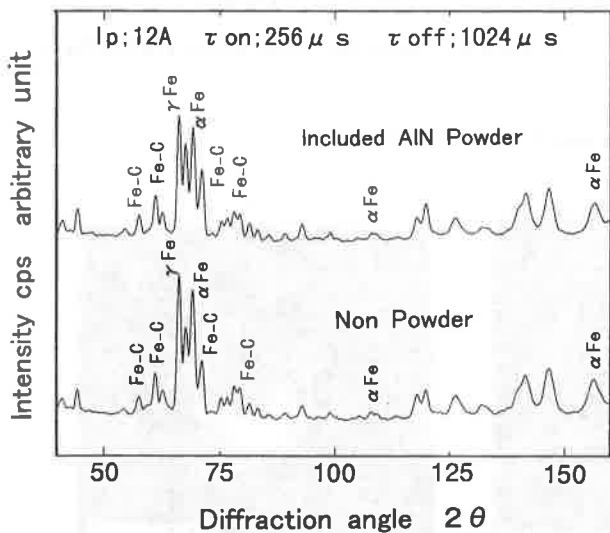


Fig. 3 Changes in X-ray diffraction profiles.

Fig.5はSKD61の標準試験片（粉末）の格子定数に対するAIN粉末添加加工液および無添加加工液で放電加工した後の最表面の格子定数の変化を百分率で示したものである。加工後の両試験片は，標準試験片に比べ，格子定数は大きくなっているが，AIN粉末を添加した場合，その割合は無添加加工液より，小さいことが確認された。しかし，残留応力値に与える格子ひずみの影響は少ないために，残留応力値は明確に変化しないものと考えられる。

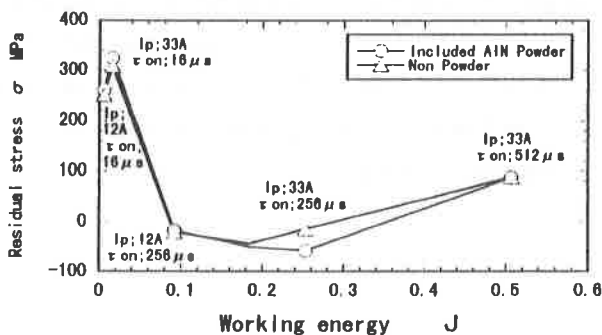


Fig. 4 Residual stress curves for sample.

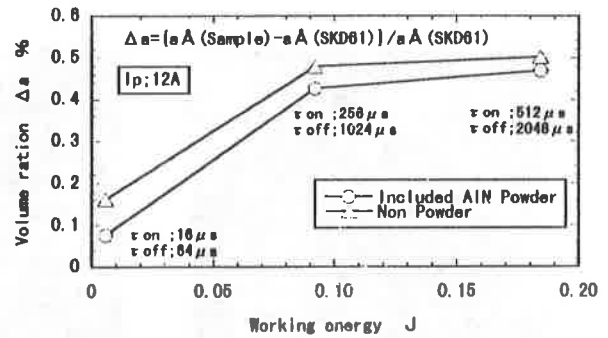


Fig. 5 Changes in volume ratio

3-3 金属顕微鏡による観察

(a) 表面観察

Fig.6に，AIN粉末，Si粉末を添加した加工液および無添加加工液による試験材表面の金属顕微鏡による観察結果を示す。同一加工条件で，粉末を添加した試験材の表面は，無添加の場合よりも，滑らかな面が得られたが，Si粉末とAIN粉末では，前者の方が凹凸の少ない加工面が得られた。

また，この条件（Ip:3.5A，τ on:2.0 μ s，τ off:4.0 μ s）では，無添加加工液およびAIN粉末添加加工液は，クラックの存在が確認されたが，Si粉末添加加工液は確認されなかった。但し，Ipが大きく（12A）なると，各試験片ともにクラックが発生していた。

Fig.7に単発放電痕の観察結果を示す。粉末添加加工液による除去痕部（円上のクレータ部）は均一な円形状で，外側の盛り上がり部は円周部に沿ってほぼ均一に形成されていた。しかし，無添加加工液による除去痕部は楕円形状を呈しており，除去痕の外周部に存在する盛り上がり部は不均一であり，さらにその面積は大きい。

このように粉末を添加した場合，盛り上がり部の少ない滑らかな面が形成されることが明らかとなった。この現象は粉末添加に伴う放電分散により，加工面の再加工が行われることに起因すると考えられる。

(b) 断面観察

Fig.8は各試験材（Ip:12A，τ on:16 μ s，τ off:16 μ s）断面の金属顕微鏡による観察結果であるが，各試験材ともにクラックの発生が認められた。また，同一条件での変質層の厚さは，Si粉末添加加工液が最も厚く，AIN粉末添加加工液と無添加加工液は，ほぼ同程度の厚さであった。しかし，無添加加工液による変質層は不均一に形成されているのに対し，AIN粉末添加加工液では均一に形成されているのが観察された。

4. 結 言

彫形放電加工において，加工液中に各種粉末を添加し，加工を行った。表面層の諸特性は下記のとおりである。

- 1) 粉末を添加した試験材の表面は，無添加の場合よりも，滑らかな面が得られるが，Si粉末とAIN粉末では，前者



(a) Included AlN Powder
 $I_p; 3.5A, \tau_{on}; 2.0\mu s, \tau_{off}; 4.0\mu s$

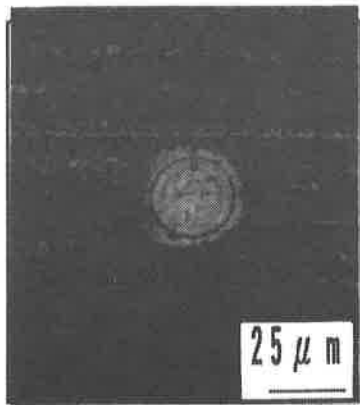


(b) Included Si Powder
 $I_p; 3.5A, \tau_{on}; 2.0\mu s, \tau_{off}; 4.0\mu s$



(c) Non Powder
 $I_p; 3.5A, \tau_{on}; 2.0\mu s, \tau_{off}; 4.0\mu s$

Fig. 6 Microscopic observation of EDM



(a) Included AlN Powder
 $I_p; 3.5A, \tau_{on}; 2.0\mu s, \tau_{off}; 4.0\mu s$



(b) Included Si Powder
 $I_p; 3.5A, \tau_{on}; 2.0\mu s, \tau_{off}; 4.0\mu s$



(c) Non Powder
 $I_p; 3.5A, \tau_{on}; 2.0\mu s, \tau_{off}; 4.0\mu s$

Fig. 7 Microscopic observation of EDM

の方が凹凸の少ない加工面が得られる。

- 2) X線回折図形の観察においてAlN粉末添加による加工面の回折線プロファイルは、無添加の場合と同様であるが、格子定数の膨張する割合は、無添加加工液に比べ小さい。
- 3) 金属顕微鏡による観察において、AlN粉末添加加工液による加工面は無添加の場合に比べ、凹凸の少ない滑らかな面が形成される。
- 4) また、単発放電痕の観察では、AlN粉末およびSi粉末添加加工液は、盛り上がり部の少ない均一な円形状の放電痕が形成される。

参考文献

- 1) 齊藤長男, 毛利尚武; 大面積放電加工における仕上げ面あらさの向上, 精密工学会誌, Vol.57, No.6, 954 (1991)
- 2) 佐野正明, 日原政彦, 八代浩二, 向山芳世; 複合処理した放電加工面の熱疲労挙動, 電気加工学会誌, Vol.31, No.68, 1 (1997)



(a) Included AlN Powder
Ip;12A, τ on;16 μ s, τ off;16 μ s



(b) Included Si Powder
Ip;12A, τ on;16 μ s, τ off;16 μ s



(c) Non Powder
Ip;12A, τ on;16 μ s, τ off;16 μ s

Fig. 8 Microscopic observation of EDM