

高周波振動複合放電表面処理技術

小川 仁^{*}, 野上輝夫^{**}, 森本 巖^{*}

Hitoshi Ogawa, Teruo Nogami, Iwao Morimoro

抄 録

放電加工技術を応用した表面処理技術による金型, 工具の長寿命化について検討した。処理面の硬さ等の機械的性質及び面粗さは加工時の電気条件により大きく異なり, 条件の選定により, 硬さ及び面精度に優れた高硬度層の成層が可能となった。また, 高周波振動を複合することにより処理時間の短縮が可能となる。さらに, この技術をプレス加工用の金型に応用した結果, 金型の耐摩耗性が向上し長寿命化が可能となった。

1 はじめに

古くから治工具や機械部品に対して, その耐摩耗性, 耐食性, 耐熱性の向上など, それぞれの目的に応じた表面処理技術が利用されている。また, 近年, 放電加工を応用した表面処理技術が開発, 実用化され様々な機械部品に応用されるようになった。放電表面処理技術はWCのような炭化物やTi₂Cr等の油中放電によって硬質炭化物となる物質を電極材料として用い, 鋼材表面に対して放電加工により高硬度, 高耐摩耗性の表面を成層するものである。¹⁾²⁾³⁾

放電表面処理はPVD法やCVD法のようにミクロレベルで成層されるのではなく, 単発放電の累積により成層されるため, 処理面粗さが若干悪い欠点がある。本研究では表面状態および機械的性質ともに優れた処理方法を見出すことを目的として成層条件の検討を行った。

また, 同時にこの技術を金型に応用し, 表面処理技術の効果の検討も行った。

2 実験方法

2・1 最適処理条件の検討

放電表面処理を金型および工具等に用いる場合, 高硬度, 高耐摩耗性を有し, 且つ表面状態の良好な成層条件を選定する必要がある。放電表面処理は単発放電の累積により硬質炭化物層が成層され, 表面粗さの向上には一放電あたりの放電痕の凹凸をできるだけ小さくする必要がある。また, 電流ピーク値と放電のパルス幅からなる投入電荷量が大きいほど

より硬質な炭化物層が成層される。そこで, 表1に示す条件により各因子を変更した場合の単発放電痕の状態について検討した。その後, 処理時間を変更した場合の処理面の面粗さ及び機械的性質等について検討した。

表1 放電表面処理条件

放電表面処理装置	
加工機	三菱電機ED-COAT
放電加工油	EDF-K
加工材料	炭素工具鋼(SKH51焼入れ鋼) 板厚 5 mm
電極	TiC焼結体(φ 5 mm)
加工条件	
回路	トランジスタパルス回路
無負荷電圧	80, 150, 320V
ピーク電流値	2, 8, 25A
放電パルス幅	2, 8, 256μs
処理時間	1, 5, 10, 30, 60min
形状測定	三鷹光器NH 3N
硬さ測定	エリオニクスENT 1100a

2・2 高周波振動複合表面処理技術

放電加工による除去加工では超音波振動を付加することにより, 加工極間に排出される加工屑の排出性が促進され, 加工能率が向上する。

放電表面処理技術では電極材料を圧粉成形後焼結させた脆い状態にし, 放電加工時に消耗させ加工材料上に溶融付着を行うため, 加工極間では消耗した電極材料が極めて高濃度で存在する。加工屑濃度の上昇は放電の不安定要因となるため, 加工極間の消

*電子機械課 **企画情報課

耗した電極材料の排出性を促進させることにより処理速度が向上し、また、処理面の品質が向上する。そこで放電処理技術に超音波振動を複合させ、処理速度及び処理面の状態について検討を行った。電極に直径5 mmのTiC電極を使用し、被加工材SKH51に対してそれぞれ1分間の処理を行った。超音波振動の付加様式としては超音波振動子を加工液中に設置し、放電極間に対して振動を与えた。

2・3 金型への応用技術

放電表面処理技術の実用化を目的として、プレス打抜き金型（DC53）に応用し、耐摩耗性の向上効果について検討した。図1に示すリテーナ打抜き用金型の切刃部に処理を施し、実際に製品の打抜き試験を行い、数万回の間隔で製品をサンプリングし、製品の周縁部に生じるバリ高さ、加工終了後の金型の摩耗量について検討した。

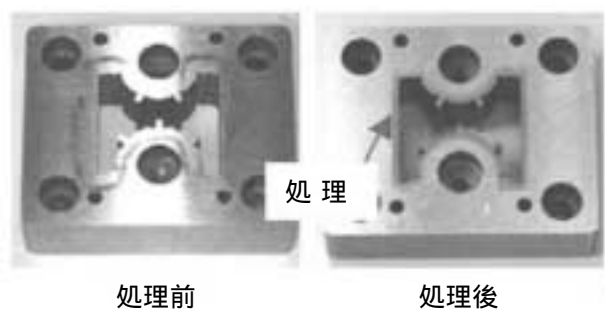


図1 処理前後の金型の状態

3 実験結果および考察

3・1 最適処理条件の検討

図2に単発放電痕の3次元形状とその断面図を示す。放電表面処理は放電により電極材料が溶融し加工材料上に再溶着するため円形状に近い放電痕を形成した。また、同時に加工材料も放電加工により局部的に溶融除去されるため、その断面形状には盛り上がりと基準面より掘れ込んだ凹凸形状を形成した。

図3に無負荷電圧を変化させた場合の単発放電痕の拡大像と高低差のピーク値を示す。電圧を変化させても放電痕の直径には大きな変化は見られないが、高低差は電圧が上昇するにつれて小さくなる。従って、加工電圧はできるだけ大きいほど良好な表面状態となると考えられる。

図4に無負荷電圧を320Vに設定しピーク電流値を変化させた場合の単発放電痕の形状及び高低差を

示す。電流値の増加に伴い放電痕の直径は大きくなる傾向であった。高低差のピーク値は8 Aを境に違った傾向を示し、2 Aから8 Aまでは大きな変化は確認できないが8 A以降は電流値に比例して高低差のピーク値が増加する傾向となった。従って処理面積と面粗さの双方からピーク電流値は8 Aが適切であると考えられる。

図5に無負荷電圧320V、電流ピーク値8 Aに設定し、放電パルス幅を変化させた場合の単発放電痕形状及び高低差を示す。パルス幅の増加に伴い放電痕の直径及び高低差のピーク値は増加する傾向を示した。

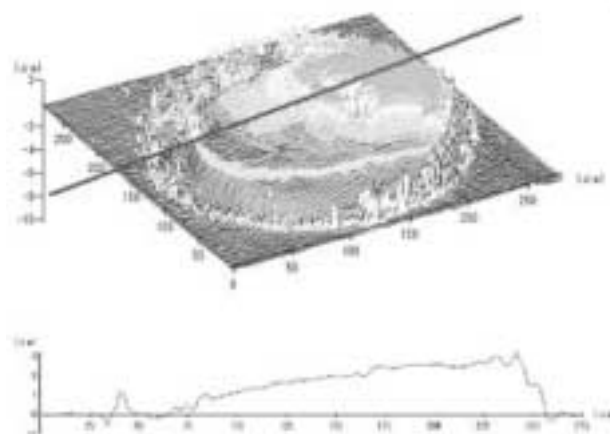


図2 単発放電痕の3次元形状および断面図

以上のことより最適処理条件は電圧320V、電流値8 A、放電パルス幅8 μ sとした。

次に加工時間による処理面の面粗さ及び機械的性質について示す。図6は最適処理条件のもと処理時間を変化させた場合の処理面の状態、また、表2にこの時の処理面の面粗さを示す。時間の増加に伴い処理面粗さは悪くなり、凹凸が明確に現れる結果となった。

図7に処理時間の変化による硬質層の硬さを示す。処理時間3分までは母材とほぼ同程度の硬さを示す。処理時間が5分から10分の間では時間に比例して硬度が徐々に増加し10分以降では硬度に変化は見られなかった。また、処理時間ごとの材料表面の組成分析をX線回折により測定したところTiCのピーク値の変化は硬さと同様な傾向を示した。加工材料上に成層したTiCが放電加工により再溶融、再付着を繰り返す過程で、材料表面でのTiCが増加し、硬度が上昇するものと考えられる。

以上の結果、表面状態及び硬さは処理時間により変化し、面粗さ、硬さ共に優れた成層を行うには処理面積に応じた最適処理条件と処理時間を把握しておく必要がある。

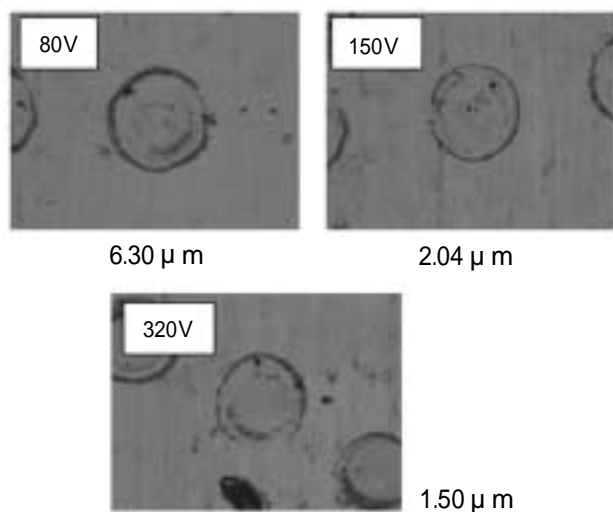


図3 無付加電圧を変化させた場合の単発放電痕の形状とその高低差

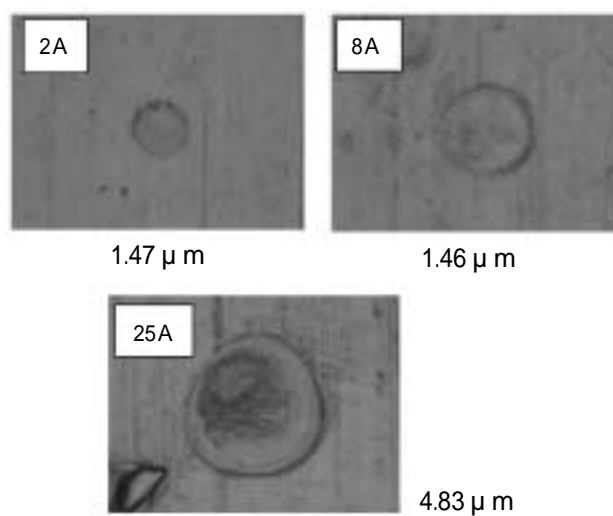


図4 ピーク電流値を変化させた場合の単発放電痕の形状とその高低差

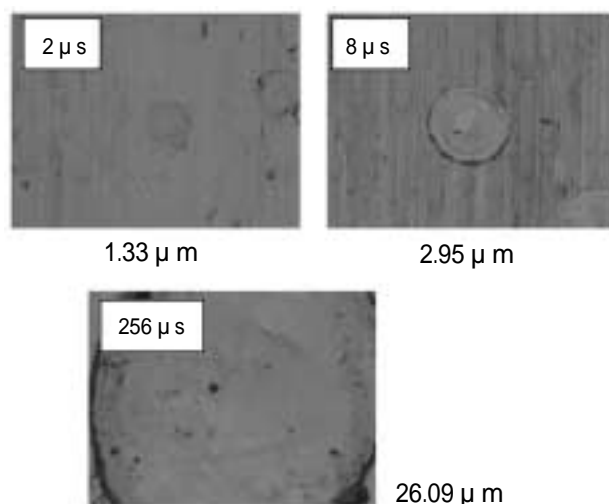


図5 放電パルス幅を変化させた場合の単発放電痕の形状とその高低差

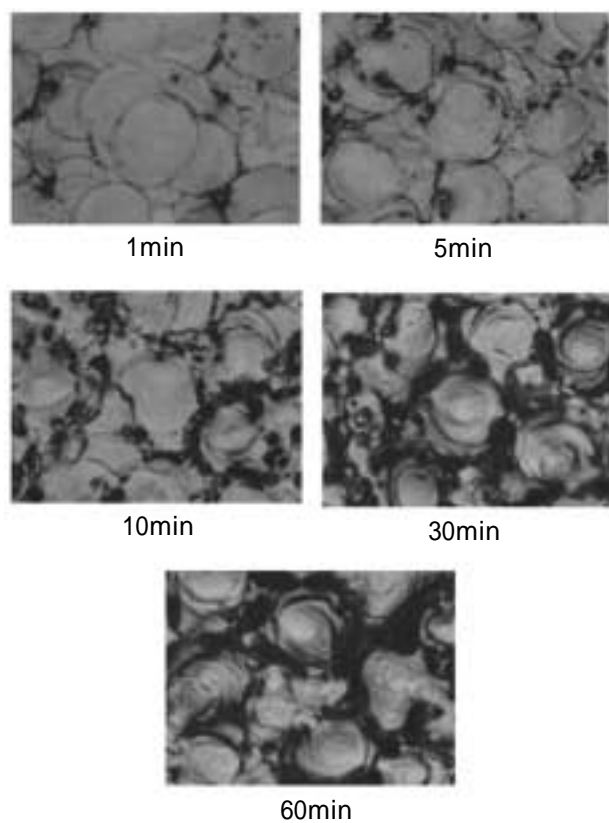


図6 処理時間を変化させた場合の処理面の状態

表2 処理時間と表面粗さの関係

	1 min	5 min	10min	30min	60min
R α (μ m)	0.65	1.36	1.90	2.17	2.75
R γ (μ m)	9.92	17.83	23.79	25.84	27.56
R ζ (μ m)	5.64	11.52	15.56	16.43	18.54

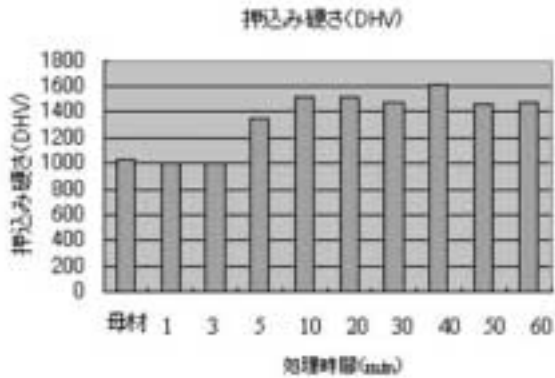


図7 処理時間と硬さの関係

3・2 高周波振動複合表面処理技術

表3に放電表面処理技術における超音波振動の有無による処理面の面粗さを示す。両者とも大きな変化は見られないが若干超音波振動を複合することにより面粗さが向上した。

また、処理後の電極の消耗量は、慣用加工では0.1184mm、これに対し、超音波振動を複合した場合には0.1844mmとなり1.6倍程度消耗が多くなる結果が得られた。電極消耗量の増加は単位時間あたりの放電回数が増加したためと考えられ、超音波振動を複合することにより、処理時間を短縮することが可能であると思われる。

表3 超音波振動の有無による処理面粗さ

	慣用処理	超音波振動複合処理
Ra(μm)	0.49	0.42
Ry(μm)	4.28	3.66
Rz(μm)	2.98	2.70

3・3 金型への応用技術

打抜き金型において加工終了後図8に示す2箇所の摩耗量について検討した結果を表4に示す。打抜き終了の判断は熟練技術者の触手により判断され、製品寿命に達した場合は上面を再研削処理する。無処理金型においては12万回以前で製品寿命となったのに対し、放電表面処理を施した金型では18万回の打抜き加工が可能であった。また、寿命後の金型のすくい面の摩耗量の測定を行った結果、両者で大きな差は見られず共に16μm程度であった。

また、図9に摩耗測定箇所に対応する製品の各ショットごとのバリ高さを示す。無処理金型ではA部及びB部とも打抜き初期時のバリ高さはきわめて小

さく、打抜き回数の増加に比例して徐々に増加する傾向となった。これに対し、放電表面処理を施した金型では、打抜き初期のバリ高さは無処理のものに対して大きい、その後のバリ高さの増加傾向は前者に比べ緩やかとなった。この初期時のバリ高さの増加は、研削処理後の金型のエッジが放電表面処理によりだれたことによると考えられるが、最終的には金型の長寿命化が可能となった。

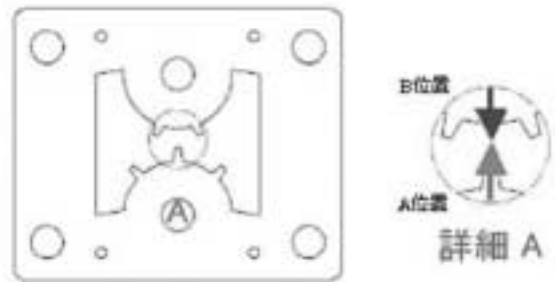


図8 摩耗量測定部の詳細図

表4 無処理及び放電表面処理金型の加工終了後の摩耗量

	打抜き回数 (ショット)	A位置 (μm)	B位置 (μm)
無処理	119000	15.2	16.2
放電表面処理	180000	16.5	16.1

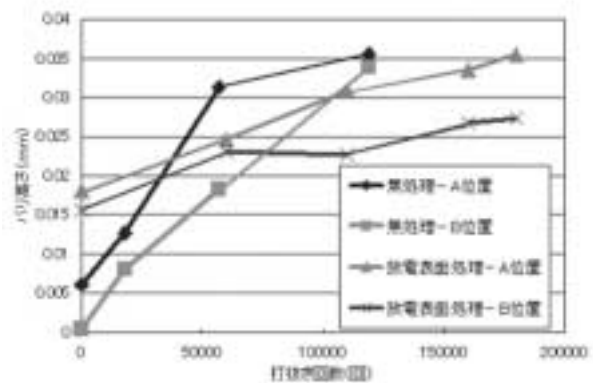


図9 各ショットごとの製品のバリ高さの変化

4 まとめ

放電加工を応用した表面処理技術について検討した結果、次のことが明らかとなった。

- 1) 電気条件、処理時間を検討した結果、硬質且つ面粗さの小さな炭化物層の成層が可能となった。
- 2) 放電表面処理に高周波振動を複合させることにより加工極間の加工屑の排出性が向上し処理時

間の短縮が可能となった。

- 3) 金型に応用した結果，型寿命が延び耐摩耗性の向上に十分効果があることが明らかとなった。

謝 辞

本研究は中小企業技術開発産学官連携促進事業の分担テーマとして平成11年度より平成13年度までの3カ年に渡り研究を行ったものである。

事業の遂行にあたって，シミズ精工(株)，(株)マシンパーツ，並びに中小企業技術開発産学官連携促進事業における委員の皆様方にご指導，ご協力をいただきましたこと，厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 齋藤長男，毛利尚武，高鷲民生，古谷政典：放電加工技術 - 基礎から将来展望まで，日刊工業新聞社 (1997)
- 2) 平尾和久，宇野義明，岡田晃，田中英登，高木俊：チタン電極を用いた炭素粉末混入放電加工による化繊ノズルの表面改質，電気加工学会全国大会 (1999) 講演論文集
- 3) 毛呂俊夫，後藤昭弘，齋藤長男，毛利尚武：表面改質放電加工技術と金型への応用，Jornal of JSTP vol. 41no. 476 (2000 - 9)

