

グラファイト電極による型彫り放電加工に関する研究

機械金属部 機械研究室
永倉寛巳

グラファイトは放電加工速度が速い、電極消耗が少ない、電極の加工が容易であるなどの点で放電加工用の電極として急速に普及してきている材料である。本研究では特性の異なる市販の三種類のグラファイト電極材を使用し、荒、仕上げ加工条件で放電加工実験を行い、グラファイト材種、放電加工電流、パルス幅等放電加工条件の加工速度、電極消耗、加工面粗さ、加工変質層等の加工特性に及ぼす影響について検討した。実験の結果荒加工用電極材料は放電加工速度の点では仕上げ加工用材種よりも優れた性能を示す。いずれのグラファイト材種も加工速度が最大となるパルス幅が存在する。加工精度に関係する電極消耗の点では仕上げ用、荒・仕上げ用材種が電極消耗が少ない。電極消耗はパルス幅が長くなるほど少なくなり、低消耗加工が可能となるパルス幅が存在する。加工面粗さ、放電ギャップはパルス幅が長くなるほど大きくなる。中、荒加工の状態では加工表面に30～50 μ m程度の白層が生成し、10～25 μ m程度のマイクロクラックが発生するが、仕上げ加工を行うことによって加工変質層は極めて小さくできること等が判明した。

1. はじめに

グラファイトを電極とする型彫り放電加工は、主に荒加工領域において加工速度が速く（銅の約2～3倍）、しかも低消耗状態（電極消耗率1%以下）で加工を行うことができるといった特徴があり、厳しい納期短縮、単価切り下げを迫られている金型業界にあって、グラファイト専用加工機やグラファイト型彫り放電加工に対応できる放電加工機が急速に普及してきている。本研究ではグラファイトを使用した放電加工技術を確立することを目的として、特性の異なる市販の三種類のグラファイト電極材を使用し、荒、仕上げ加工条件で放電加工実験を行い、グラファイト材種、放電加工電流、パルス幅等放電加工条件の加工速度、電極消耗、加工面粗さ、加工変質層等の加工特性に及ぼす影響について検討したのでその結果について報告する。

2. 実験方法

実験に用いた放電加工機はジャパックス(株)製の放電加工機DP40である。被加工材には金型用冷間ダイス鋼SKD11材(200×200×15)を使用、また実験に使用したグラファイト電極は市販の荒加工用、荒・仕上げ加工兼用、仕上げ加工用材種の三種で電極の寸法は20×20(8.5Aの加工条件では10×1の寸法)、長さ50mmである。

表1に供試グラファイトの代表的特性を示す。

図1は実験の概略図である。

表1 供試グラファイトの代表的特性

	かさ比重	硬さ Hs	固有抵抗 ($\mu\Omega$ cm)
荒加工用	1.7	50	1350
荒・仕上げ用	1.8	65	1100
仕上げ加工用	1.8	75	1500

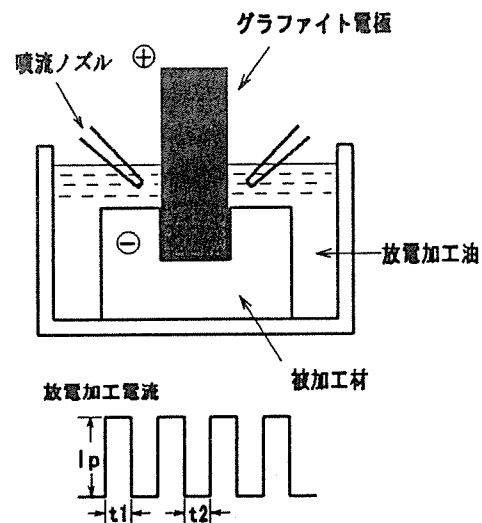


図1 実験概略図

実験は図に示すように、20mm角(8.5Aの加工条件では10×1mm角)のグラファイト電極を使用し、各

表2 実験条件

グラファイト材種	荒、荒・仕上げ、仕上げ用
放電加工電流 I_p	8.5、28、46 A
パルス幅 t_1	25、50、80、160 μ S
デューティ比	50 %
加工深さ	10 mm
レシプロストローク	0.2 mm
レシプロ周波数	1.33 Hz
噴流圧力	0.03 MPa

種の加工条件で加工材の上面から、垂直方向に角形状を彫り込む方法で行った。

表2に実験条件を示す。

実験は表2に示すとおり、グラファイト材種、放電加工特性に最も影響を及ぼすと考えられる放電加工電流値とパルス幅を変化させ、設定加工深さ10mmで20mm角(8.5Aの仕上げ加工では10×1mm角)の加工を行った。なお各パルス幅にたいする休止幅の設定はデューティ比が50%となるように設定した。また噴流は加工箇所の左右2カ所から45°の角度で噴射した。試験後各々の条件における放電加工速度、電極消耗、加工面粗さ、加工変質層、放電ギャップ等の評価を行い、グラファイト材種、放電加工条件の加工特性に及ぼす影響について検討した。なお加工速度は放電加工によって排除された被加工材の重量減少量を深さ10mmを加工するのに要した時間から計算しg/minで表した。電極消耗比は電極消耗長さの加工深さに対する百分率で表した。なお電極消耗長さは機械に設置された計測装置により求めた。加工面粗さは表面粗さ計(株式会社東京精密製サーフコム590A)で測定し、断面曲線より最大高さ R_y を求めた。放電ギャップの測定は万能工具顕微鏡(株式会社トプコン製TUM-220EH)を使用した。

3. 結果および考察

3.1 加工速度

図2は実験で得られた各種グラファイトの加工速度と放電加工電流、パルス幅との関係である。加工速度についてはいずれのグラファイトも放電加工電流値が大きくなるほど、放電加工速度が上昇している。グラファイト材種についてみると、いずれの加工条件においても荒加工用材種を用いた場合が最も放電加工速度が速く、ついで両者それほど大きな差はないが荒・仕上げ用材種、仕上げ用材種の順となっている。荒加工用材種の場合は特に放電加工速度が速い。パルス幅の影響としては中、荒条件(28A、

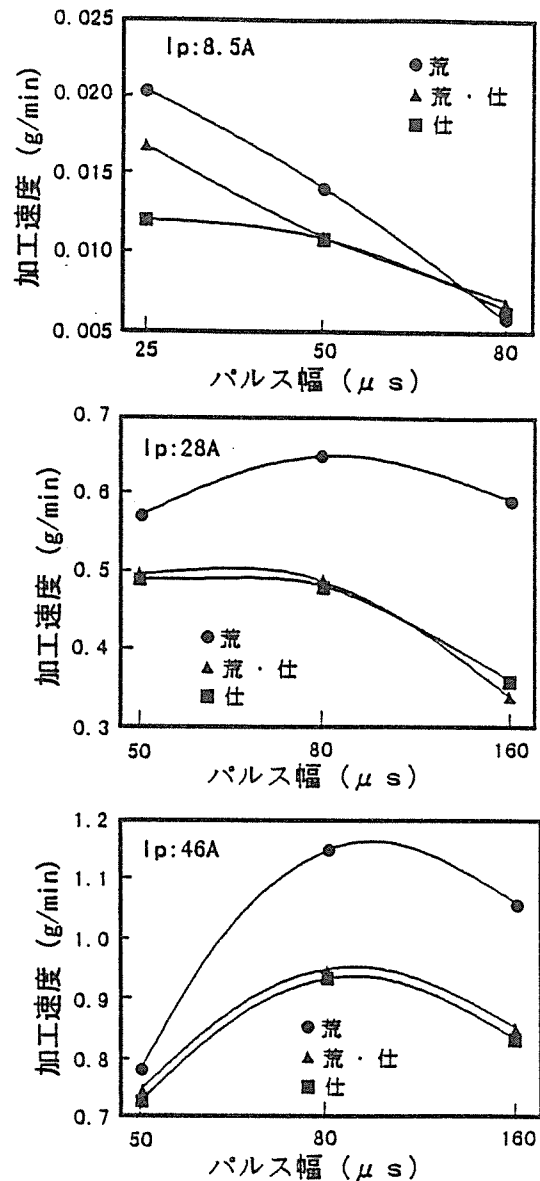


図2 放電加工速度

46A)においては加工速度が最大となるパルス幅が存在しその値はおおよそ80 μ Sあたりである。仕上げ条件(8.5A)ではパルス幅が長くなるに伴い加工速度は遅くなり、とくにパルス幅80 μ Sでは大きく加工速度が低下しており、加工能率の点で実用上問題がある。仕上げ加工ではこのあとの項で述べる電極消耗との兼ね合いもあるが、パルス幅50 μ S以下の少しでも加工速度が速くなる条件の選択が望ましい。

3.2 電極消耗

図3は各種グラファイトの電極消耗比と放電加工電流、パルス幅との関係である。加工精度に関わる電極消耗についてはいずれのグラファイトも放電加工電流値が大きくなるに伴い、電極消耗比は減少しており、銅電極の場合と逆の傾向がみられる。グラ

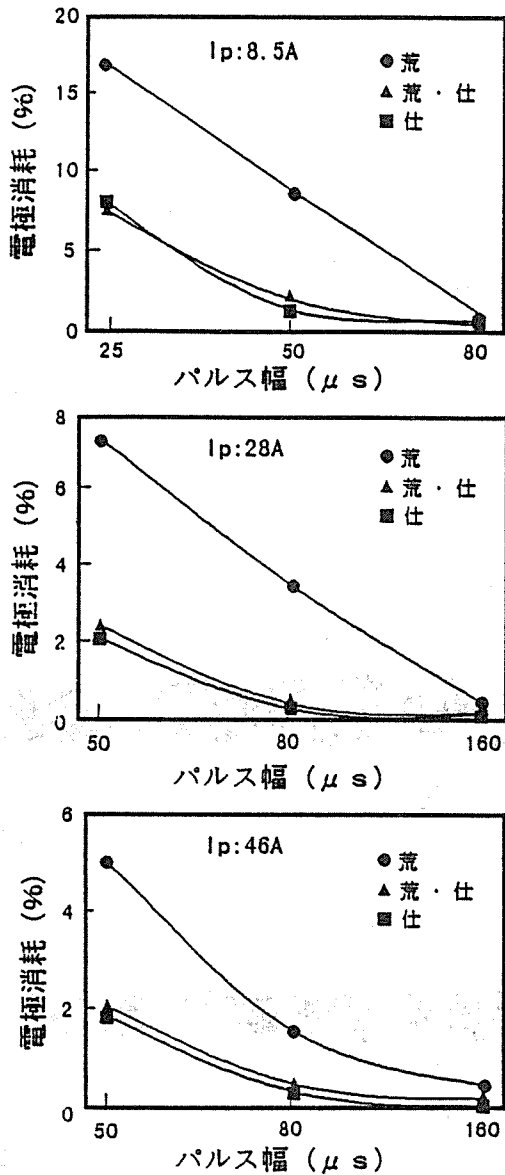


図3 電極消耗比

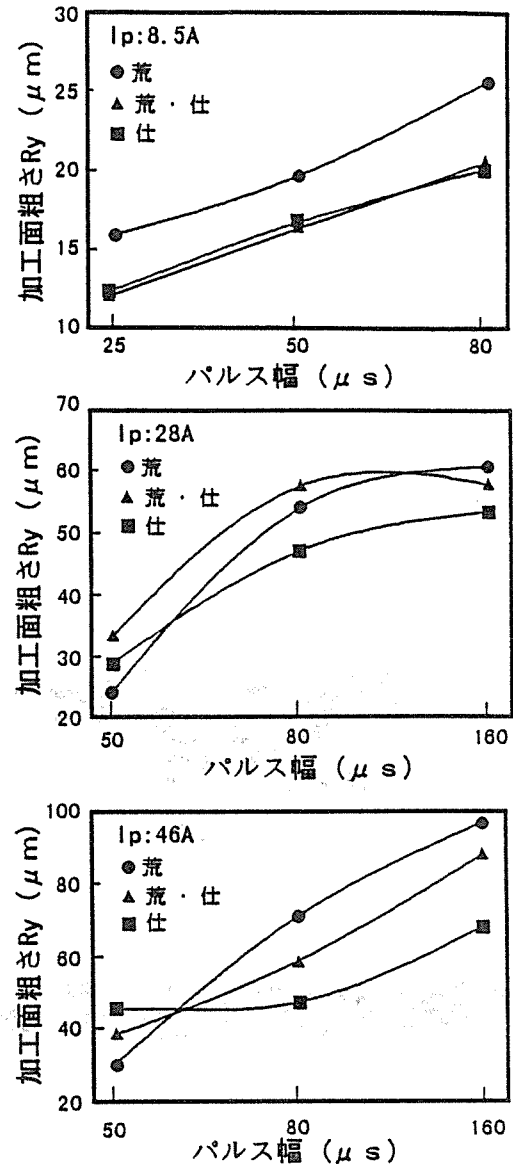


図4 加工面粗さ

ファイト材種についてみるといずれの加工条件においても仕上げ用材種を用いた場合が電極消耗比は最も小さく、ついで荒・仕上げ用材種、それから荒加工用材種の順となっている。特に荒加工用材種の場合は他2種に比べ電極消耗が大きい。パルス幅の影響はいずれの加工電流値においてもパルス幅が長くなるほど電極消耗が減少しており、中、荒条件では、仕上げ用材種、荒・仕上げ用材種の場合はおおよそ $80\mu s$ 、荒加工用材種の場合は $160\mu s$ 以上のパルス幅の領域で低消耗（電極消耗比1%以下）加工が可能となる結果が得られている。仕上げ条件では $80\mu s$ 程度で電極消耗比は1%以下となるが、この条件は放電加工速度が非常に遅くなる領域であり、実用上はパルス幅 $50\mu s$ 以下の電極の消耗を数%許容する加

工条件の選択が望まれる。

3.3 加工面粗さ、加工変質層

図4は各種グラファイトの放電加工側面の加工面粗さ R_y と放電加工電流、パルス幅の関係である。いずれのグラファイトもパルス幅が長くなるほど、また放電加工電流が大きくなるほど加工面粗さは大きくなる傾向を示している。放電加工電流が大きくなるほど、またパルス幅が長くなるほど電極消耗は少なくなるが、そのような加工条件は加工面粗さの点では良くないといった結果が得られている。仕上げ条件における粗さをみると、荒加工用材種に比べ荒・仕上げ用、仕上げ加工用材種の場合が幾分粗さが小さくなっている。

図5に加工面の光学顕微鏡写真及び粗さプロファ

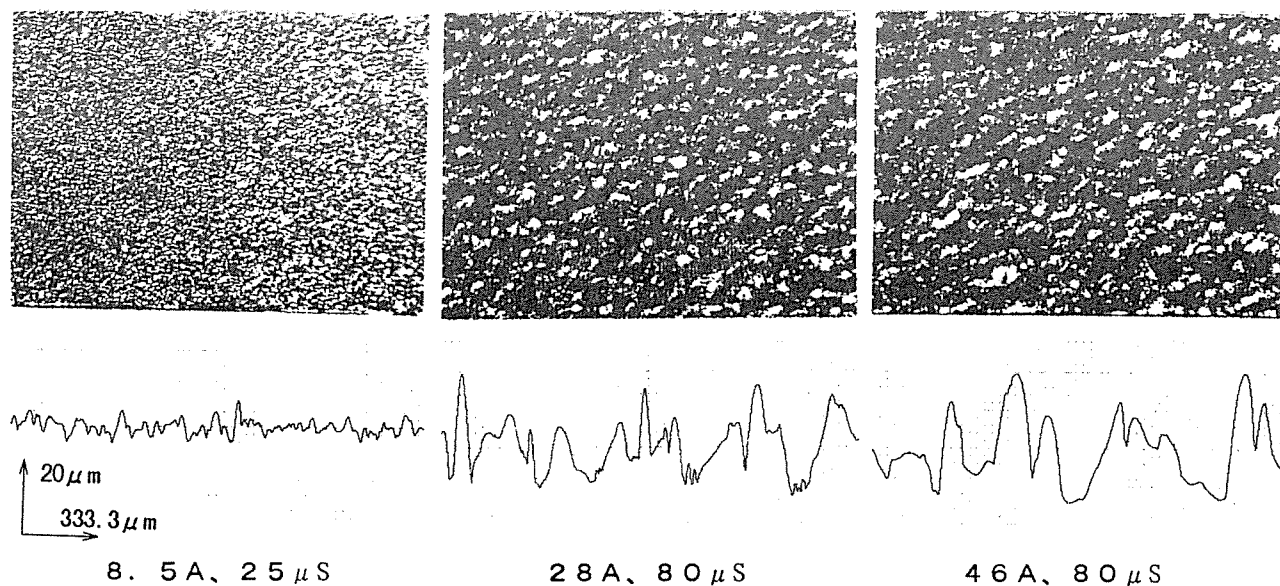


図5 放電加工面及び粗さプロファイル（荒・仕上げ用電極）

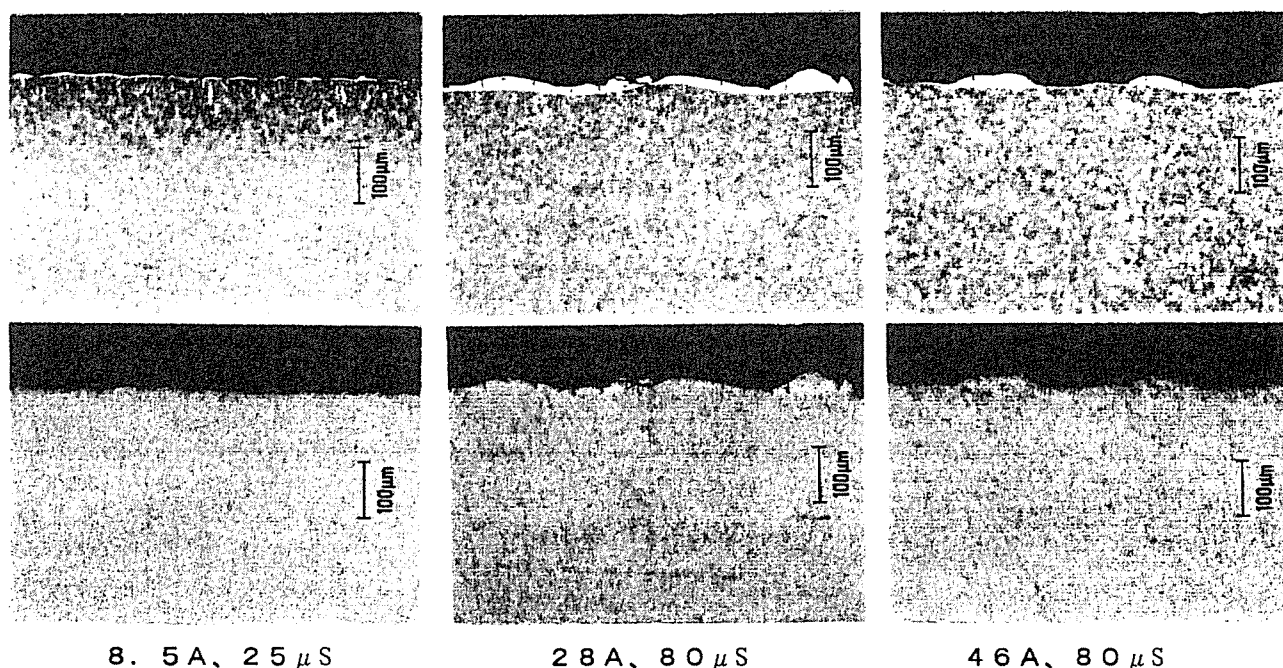


図6 加工变质（荒・仕上げ用電極）

イルの記録の一例を示す。

図6は放電加工变质層の光学顕微鏡写真の一例である。図中放電加工表面の白い部分は一度熔融したものが、加工面に留まり再凝固したもので白層と呼ばれるものである。この白層は急熱、急冷を受けた層であり、亀裂が発生しやすく、マイクロクラックの原因となる層である。写真をみると荒、中仕上げ状態のままでは加工材表面には30～50 μ m程度の白層が生成しており、その白層を通して10～25 μ m程度

のマイクロクラックが発生している。このようなマイクロクラックは金型の繰り返し使用における、耐疲労性に悪影響を及ぼし金型破損の原因ともなるのでできるだけ精密な面まで仕上げておくことが望まれる。図にもみられるように8.5Aの仕上げ条件で生成される白層は10 μ m以下であり、マイクロクラックの発生も数 μ m程度と僅小で、非常に高精度な加工面が形成されている。

3.4 放電ギャップ

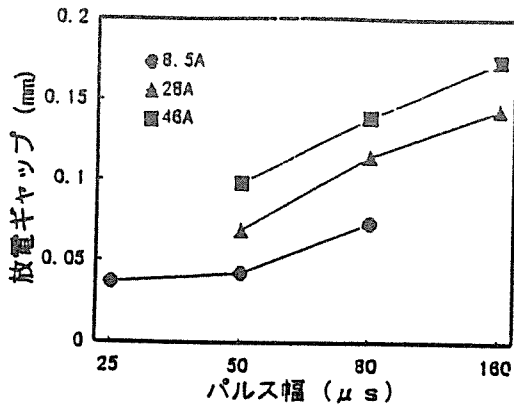


図7 放電ギャップ (荒・仕上げ用電極)

図7は荒・仕上げ用グラファイト材種の放電ギャップと放電加工電流、パルス幅の関係である。

加工面粗さと同様に放電加工電流、パルス幅の増大に伴い、放電加工ギャップは大きくなる傾向を示している。他2材種についてもギャップ量、加工条件による傾向もほとんど同じ傾向を示した。

4. おわりに

グラファイト電極による型彫り放電加工特性を把握するために、特性の異なる市販の三種類のグラファイトを用い、荒、仕上げ条件で放電加工実験を行い、放電加工速度、電極消耗、加工面粗さ、加工変質層等の放電加工特性に及ぼすグラファイト材種、放電加工条件の影響について調査した、結果以下のことが判明した。

(1) 放電加工速度については今回使用したグラファイトのなかでは、荒加工用材種が最も高い加工速度を示した。中、荒加工条件ではいずれのグラファイトも加工速度が最大となるパルス幅が存在し、その値はおおよそ80μsのパルス幅であった。

(2) 電極消耗比は仕上げ用、荒・仕上げ用材種に比べ荒加工用材種は電極消耗が大きい。いずれのグラファイトも加工電流が大きくなるほど電極消耗は少なくなる。またパルス幅が長くなるほど電極消耗は減少し中、荒加工条件では仕上げ用、荒・仕上げ用材種でおおよそ80μs、荒加工用材種で160μs以上のパルス幅で低消耗加工が可能となる。仕上げ条件では加工速度の観点から実用上数%の電極消耗を許容する加工条件 (50μs以下) の選択が望まれる。

(3) 放電加工電流、パルス幅が大きくなるにつれて放電加工面粗さは粗くなる。仕上げ条件における粗さを比較すると仕上げ用、荒・仕上げ用材種に比べ荒加工用材種を用いた場合は幾分粗さが粗くなる。

(4) 中、荒加工 (28A、46A) 状態のままの加工面には 30~50μm程度の白層が生成し、白層を通して 10~25μm程度のマイクロクラックが発生するが、仕上げ条件 (8.5A) で加工すれば生成する白層は 10μm以下で発生するマイクロクラックも数μmと非常に僅小となることが確認された。

参考文献

- 1) 井地重人: 型彫り放電加工の転写性に関する研究 -加工性能と転写性に関する考察-, 平4年度福岡県工業技術センター機械電子研究所研究報告
- 2) 松尾寛二, 星川享, 坂下利雄: 放電加工用黒鉛電極について, 昭48機械材料論文
- 3) 永倉寛巳: 型彫り放電加工特性に関する研究, 昭60佐賀県工業試験場研究報告