

小穴加工における放電加工の能率

Removal Efficiency of EDM in Small Hole Drilling

増 沢 隆 久*・藤 野 正 俊*

Takahisa MASUZAWA and Masatoshi FUJINO

1. 結 論

放電加工は切削等の機械的加工法に比べ多くの特長を持つが、加工時間が長いのが欠点とされてきた。しかし、小穴加工に代表される微細加工においては取り代が少ないために生産加工に適用しうるまでの加工時間短縮も可能となってきた¹⁾。この場合、取り代と加工時間が単純に比例するわけではなく、放電パルスの与え方によって単位供給エネルギー当りの加工量は異なるものと思われるが、これについて定量的に解析した例はほとんど無い。

本報では加工能率低下の可能性が予想される比較的小さいエネルギーのパルスで加工実験を行い、正確な加工能率を明らかにすると共に加工時間短縮の限界について考察した。

2. 放電加工の加工能率

放電加工の加工能率の表わし方は未だ統一されておらず、研究者や現場によって、さまざまな形が用いられているが、概ね次のようなものが考えられる。

- (1) 商用電源から(加工回路へ)の単位供給電力当りの加工速度 ($g/min \cdot W$)。これは工場の1エレメントとしての加工機の経済性等を考える場合に必要のものであるが、加工機構との関連性は乏しい。
- (2) 電流断続回路への単位直流入力電力当りの加工速度 ($g/min \cdot W$)、または単位直流入力エネルギー当りの工作物除去量 (g/J)。これは割合よく用いられるものであるが、スイッチング素子や保護抵抗の損失が供給エネルギーと分離されていない。
- (3) 極間への、単位入力電力当りの加工速度 ($g/min \cdot W$) または単位入力エネルギー当りの工作物除去量 (g/J)。
- (4) 工作物側放電点への、単位入力電力当りの加工速度 ($g/min \cdot W$) または単位入力エネルギー当りの工作物除去量 (g/J)。

除去機構を定量的に考察するには(4)が適しているが、放電点の一方への入力を測定するのが困難であり、現時点では(3)の測定から間接的に求めることになる。(3)では

一応回路条件の影響は除かれ、放電の形式(主として電流波形)のみに対応するデータが得られると考えられる。

今回は仕上面の良い加工域で加工能率がどうなるかを知るのが目的であるから、(3)の形の加工能率を実測により求めることにした。

3. 実験方法

板材に貫通穴を加工する。加工中に極間に投入された総エネルギー量をEとし、加工量をWとすると、(3)の加工能率 ϵ は W/E と表わされる。Wは加工前と加工後の工作物重量の差として求めた。Eの測定が本実験の成否を決める要素であるが、次のような方法によった。

極間の電圧、電流波形を観察すると、アーク持続中は極間電圧がほぼ一定のアーク電圧 V_a となっている。そこで極間を流れた電流の加工時間全体にわたっての積分値つまり総加工電流量Qを測定し、総エネルギーを $E = QV_a$ として求めた。

Qの測定にはいくつかの方法が考えられる。放電電流波形から一発当りの電流量を求め、カウンタにより求めた放電回数に乗じる方法²⁾は良いようにも思えるが、規定の大きさのパルス以外に細かい放電が起こることが多く誤差が大きい。また、平均電流を示す電流計を適当な位置に挿入し、その指示値が一定になるように電極送りを制御し、加工時間の測定によって求める方法も考えられるが、小さいエネルギーのパルス領域では平均電流の変化が激しいので、あら加工域以外では実際的でない。そこで今回は、DC電源からの流出電流に比例する電圧を回路に直列に挿入した低抵抗の両端から取り出し、かつ高い周波数成分は大容量コンデンサによりバイパスすることによりなめらかな変化量としてデータレコーダに記録し、その波形の時間軸上の面積を測定することによって総電流量を求めた。面積の測定は波形に合せて切抜いたプラスチックフィルムの重量を測定することによって求めた。

実験装置および測定系の接続を図1に示す。加工回路は非蓄勢式従属パルス回路³⁾、電極送りは可動コイル式ヘッド¹⁾を手送りによって送り込んだ。

加工は4種類の工作物(黄銅, SUS304, SK5, 純

*東京大学生産技術研究所 第2部

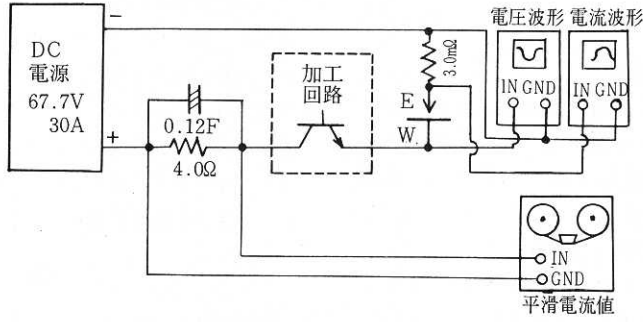
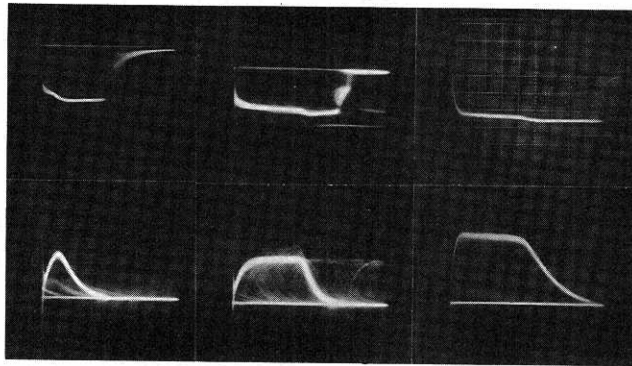


図1 実験装置と測定系の接続



a. $\tau = 7 \mu s$ b. $\tau = 12 \mu s$ c. $\tau = 19 \mu s$

図2 極間電圧, 放電電流波形

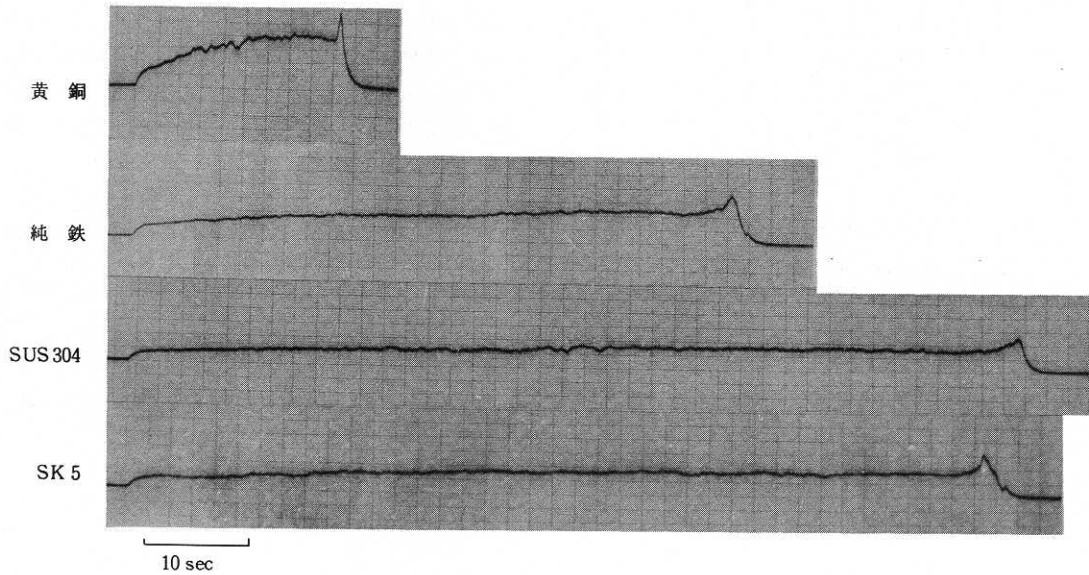


図3 平滑化した加工電流の推移波形 ($\tau = 12 \mu s$)

鉄) および3種類のパルス条件 (パルス幅 $\tau = 7 \mu s, 12 \mu s, 19 \mu s$) について行った. 各パルス条件の電圧, 電流波形を図2に示す. 電極は $0.5 \text{ mm} \phi$ のスズメッキ銅線, 加工液は灯油である.

4. 実験結果

(1) 各種工作物の加工能率

図2 bのパルス条件で4種類の工作物に貫通穴を加工した時、データレコーダに記録された平滑電流波形の一例を図3に示す。板厚は黄銅が1mm, 他は0.5mmである。このように平均電流は電極の侵入と共に増大し、穴が開通してから短時間ピークが生じる経過をたどる。

この波形からQを求め、電圧波形のオシログラムから $V_a = 16V$ として ϵ を計算した結果を表1に示す。ただしこの場合工作物除去量Wは測定器の精度の制限から10個の貫通穴の平均値として求めた。表からわかるように融点の低い黄銅のみは明らかに高い加工能率を示したが、他の三種はステンレスがやや低いが大きな違いはない結果となった。

(2) パルスの大きさと加工能率

SK5を工作物として図2の各パルス条件で加工した場合の結果を表2に示す。もっとも大きい $\tau = 19\mu s$ のパルスで若干の加工能率増大が認められるが、この程度のパルス条件の変化では加工能率の大幅な変化はなかった。

データのばらつきの程度を見るために、 $12\mu s$ の場合について改めて10個の貫通穴を加工し、すべてについて総電力量を求めたところ、約±10%のばらつきがあった。ばらつきの原因が加工された穴寸法のばらつきによるもの

表1 各種工作物の加工能率 ($\tau = 12\mu s$)

工作物材料	黄銅	SUS 304	SK5	純鉄
工作物除去量W (mg)	1.57	0.83	0.96	0.83
総電流量Q (クーロン)	3.54	7.46	7.10	6.65
総エネルギーE (J)	57	119	114	106
加工能率 ϵ_t ($\mu g/J$)	28	7.0	8.4	7.8

表2 パルスの大きさによる加工能率の変化 (SK5)

パルス幅 τ (μs)	7	12	19
W (mg)	0.76	0.78	0.83
Q (クーロン)	6.90	7.50	6.94
E (J)	110	120	111
ϵ_t ($\mu g/J$)	6.9	6.5	7.5

のか、能率そのもののばらつきによるものか明らかではないが、この場合の ϵ は $6.9\mu g/J$ となり、表2のデータも10%の誤差範囲には入っている。(表1のデータは電極送り条件が若干異なったので直接比較することはできない。従って V_a にも若干の近似が含まれていることも考え合せて表1, 表2のデータは10%前後の誤差を持つものとして評価する必要がある。

5. 結論、考察

実験結果から1mJ/パルス前後の比較的小さいパルス条件の場合、鉄系統の工作物では加工能率 ϵ がおおよそ $7\mu g/J$ であることが明らかになった。極めてあらい加工条件での発表データ⁴⁾($\approx 10J/パルス$)では平均電流はあまり変動していないと思われるので ϵ を概算することができる。 $V_a = 16V$ で計算してみるとこの場合約 $160\mu g/J$ となり、パルスエネルギーを $1/10000$ にして加工能率が約 $1/20$ になったということがわかる。

なおQの測定には短絡電流、極間のコンダクタンスによる暗電流などを考慮する必要がある。短絡電流については短絡時に電流がシャ断される回路方式を用い、短絡回数も少なくなるように送り込んだので無視できる。暗電流については加工板厚が小さいのでそれほど大きくなるとは考えられず、実験の精度も低いので影響は少ないと思われる。

電極消耗の極めて少ない(測定不能)黄銅以外は十数%の消耗があった。従って電極側にもかなりのエネルギー配分があったものと考えなければならない。このことから工作物側放電点のみに着目してエネルギー効率を考えるならば、表1, 2の値より数割~2倍程度大きくなる可能性がある。(1976年9月10日受理)

参考文献

- (1) 増沢, 田中, 藤野; 可動コイル式ヘッドによる放電微細加工の高速化, 電気加工学会誌 vol. 8 No. 16 (1975)
- (2) 筒井, 神谷; 超硬合金の放電加工, 第82回電気加工研究会資料1 (1976)
- (3) 増沢, 佐田; 非蓄勢式従属インパルス放電加工回路, 電気加工学会誌 vol. 4 No. 8 (1971)
- (4) 倉藤, 須田; 高速放電加工の研究, 電気加工学会誌 vol. 4 (1969)