

# 小穴加工における放電加工の能率 (第3報)

Removal Efficiency of EDM in Small Hole Drilling

増 沢 隆 久\*・藤 野 正 俊\*

Takahisa MASUZAWA and Masatoshi FUJINO

## 1. 結 言

前報<sup>1)</sup>においてパルス数カウントによる加工能率測定法の有用性が確かめられたので、同一方法により、さらに広範囲にわたるパルス条件を与えたときの加工能率を

測定した。とくに、微細加工、仕上加工において重要な5A以下、5μs以下の微小パルスに重点を置いた。

## 2. 実 験 方 法

被加工材として各種の既発表データと照合しやすい

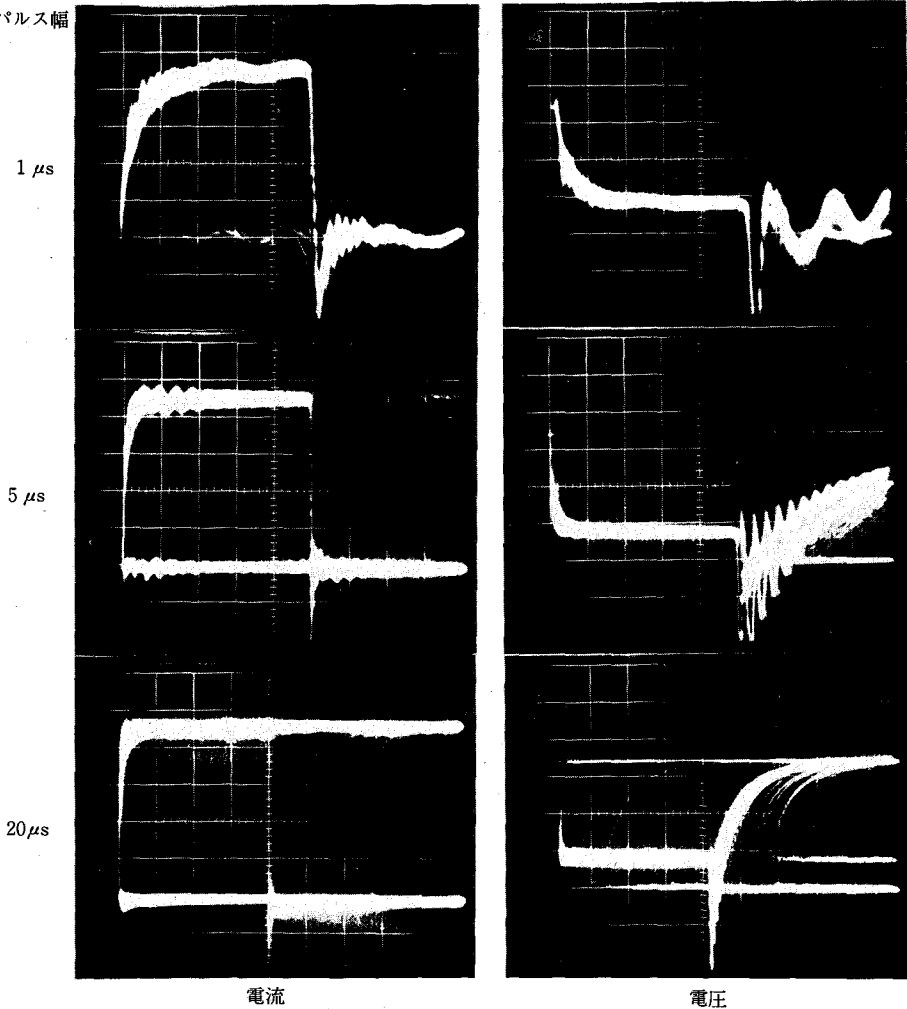


図1 電流・電圧波形 例 ( $I_p=5A$ )

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

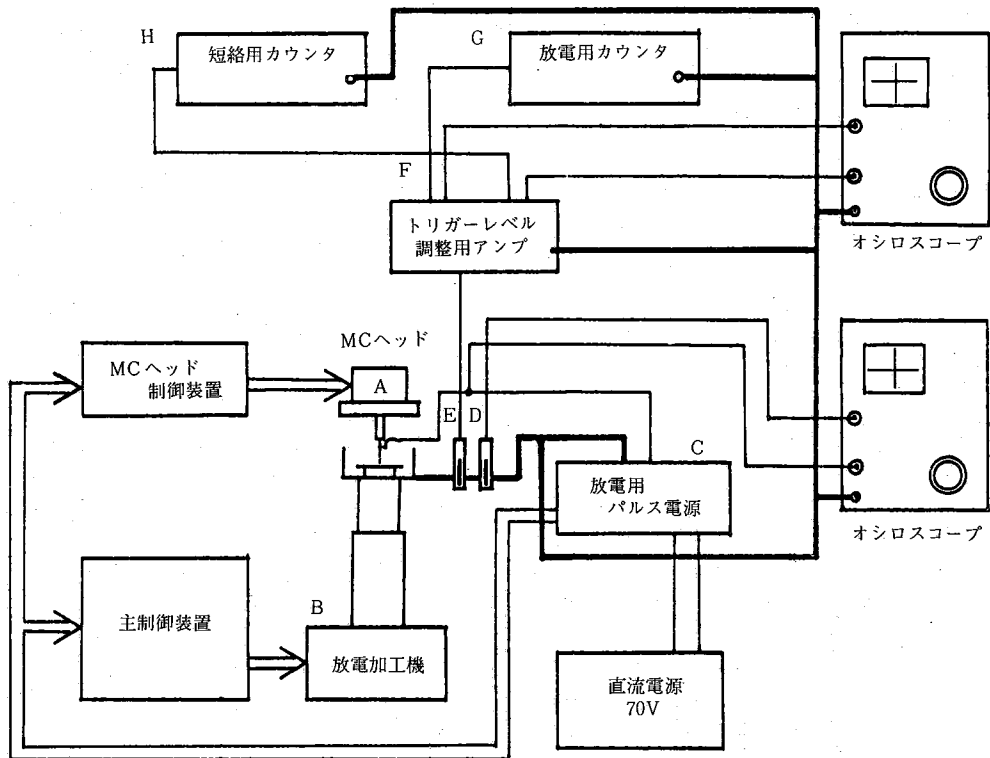


図2 装置概略図

SK材、および、部品加工への応用を考慮する際参考となる黄銅を用い、放電電流ピーク値およびパルス幅を種々に変えたときの加工能率、電極消耗率を測定した。

加工電圧(開放電圧)は約70V、加工液は白灯油を使用した。

加工能率、すなわち、(工作物除去量)/(極間に注入された総エネルギー)を求めるための、注入エネルギー測定は、前回と同様、1回の放電による注入エネルギーを放電電圧(極間電圧)および放電電流の波形から求め、それに総放電回数を乗ずる方法によった。この方法は加工後、じゆ速に測定データが得られるという利点がある反面、放電の電流パルスをカウントするため、過渡アークに至らない細かい火花、あるいは短絡パルスなどにより大きな測定誤差を生ずるおそれがある。本実験ではこれらの誤差が充分小さくなるように加工回路、測定系ともに十分に配慮を加えた。

加工電源は前報と同様の構成であるが、終段の制限抵抗を変化させることで、ピーク電流を変化させた。電流、電圧波形の一例を図1に示す。

また、図2に加工、測定系の概略図を掲げる。電流波形の検出には電流プローブを使用した。波形観測用

(D)にはDC電流プローブ(P6302, DC~50MHz)を用いて十分な精度を確保した。全パルス数および短絡パルス数の測定には電流ピーク値(相対値)のみ検出できればよいのでACタイプのP6201を使用した。

極性は正極性(電極側が負)とし、 $\phi 0.47$ mmの銅電極により板材に貫通穴を加工して各データを求めた。

### 3. 実験結果

#### 3.1 SK-5の加工能率

SK5を被加工材とした時の加工能率の変化を図3に示す。また、同条件における電極消耗率(重量)の変化を図4に示す。

図3から次のことがわかる。まず、ピーク電流が10Aおよび5Aにおいてはパルス幅 $1\mu\text{s}$ から $20\mu\text{s}$ の範囲にわたって加工能率の大きな変化は見られない。換言すれば、一回の放電による除去量は単純に放電パルスの持続時間に比例している。一方、ピーク電流2Aでは、パルス幅 $20\mu\text{s}$ のときの加工能率が低く、 $1\mu\text{s}$ から $10\mu\text{s}$ の範囲ではほぼ一定である。また1Aの場合は少なくとも $20\mu\text{s}$ から $5\mu\text{s}$ の範囲では明らかにパルス幅の減少とともに加工能率の上昇が見られるが、 $5\mu\text{s}$ 以下でも若干

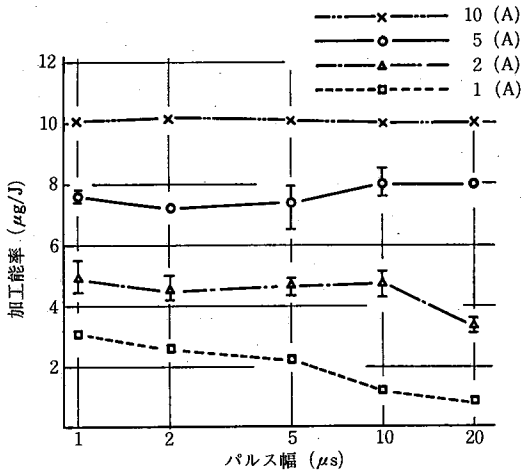


図3 放電電流パルス幅による加工能率の変化 (SK-5, 正極性)

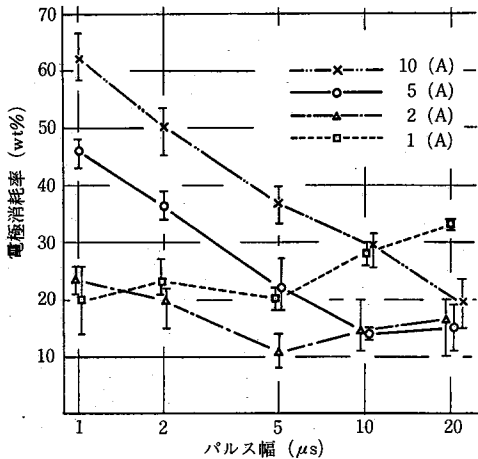


図4 放電電流パルス幅による電極消耗率の変化 (SK-5, 正極性)

上昇の傾向がある。

既報のように、<sup>2)</sup>ピーク電流 5A 付近ではパルス幅をさらに増大すると加工能率の低下が見られる。

これらを総合すると、加工能率はパルス幅の減少とともに増大し、ある臨界パルス幅以下では飽和し一定値になると考えられる。この臨界パルス幅を  $\tau_c$  とすると、本報および既報<sup>2)</sup>の実験範囲ではほぼ  $\tau_c (\mu s) = 5 I_p (A)$  の関係が成り立つようである。

加工能率の飽和値についてみると今回の範囲 (1A ~ 10A) ではおよそ  $\alpha \sqrt{I_p} (\mu g/J)$  と表わすことができる。(  $I_p$  の単位は A,  $\alpha \approx 3.3$  )

次に、図4の電極消耗率についてみると、ピーク電流 10A では全パルス幅範囲 (< 20  $\mu s$ ) にわたり、パルス幅

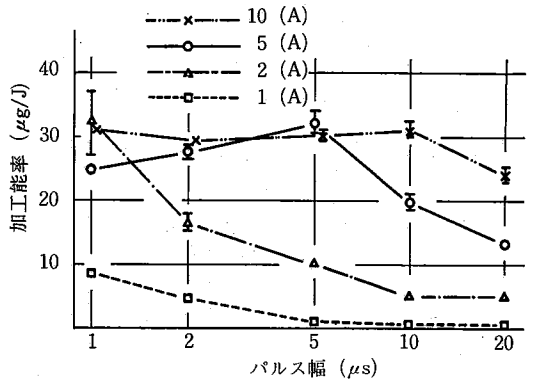


図5 放電電流パルス幅による加工能率の変化(黄銅, 正極性)

の減少とともに増大しており、ピーク電流 5A では 10  $\mu s$  以下の範囲で、また 2A では 5  $\mu s$  以下の範囲で同様の特性を示している。1A の場合は、加工能率の臨界パルス幅がやや明瞭でなかったのと似て電極消耗率の変化も他と若干異なっている。すなわち、1A ではパルス幅の減少による電極消耗率の上昇は見られない。

なお、パルス幅を小さくして行ったときに電極消耗率が上昇し始める点は、加工能率の飽和する臨界パルス幅と近い値になっていることが注目される。

### 3.2 黄銅の加工能率

黄銅を被加工材としたときの加工能率の変化を図5に示す。また、電極消耗率(重量)の変化を図6に示す。

まず、図5から次のことがわかる。電流ピーク値 10A および 5A については、SK5の加工能率特性に見られるような臨界パルス幅が存在する。しかし、その絶対値はSK5の場合の1/5程度であり、黄銅の場合パルス幅の減少とともに加工能率の増大する範囲が、よりパルス幅の短い方にまで広がっている。それと同時に、加工能率の飽和値もSK5の場合より大きな値となっている。ピーク電流 2A および 1A については、今回の範囲では臨界パルス幅が見出されず、1  $\mu s$  でもなお曲線は負の傾きを持っている。

また、SK5の場合との大きな相異点は、加工能率の飽和値とピーク電流の間に明確な正の相関関係が見られないことで、パルス幅 20  $\mu s$  から 1  $\mu s$  の範囲での加工能率の極大値はピーク電流 2A, 5A, 10A のいずれの場合も約 30  $\mu g/J$  となった。

図6の電極消耗率についてみると、電流ピーク値 10A および 5A については、SK5の時と類似の傾向が見られる。すなわち、あるパルス幅以下で電極消耗率が上昇しはじめ、かつその変化点となるパルス幅は加工能率の飽和する臨界パルス幅の付近である。また 2A の場合はこのパルス幅範囲では大きな変化は見られず、1A の場合

## 研究速報

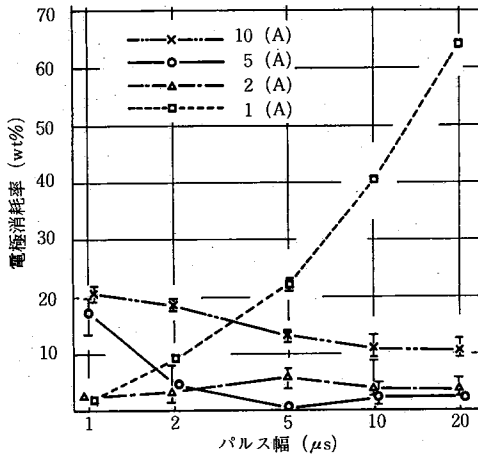


図6 放電電流パルス幅による電極消耗率の変化(黄銅, 正極性)

はパルス幅の減少とともに消耗率も減少している。これらについては、2Aの場合加工能率が飽和するに至っていない(パルス幅がやや大きすぎる範囲である)ため、また1Aの場合は実用的なパルス幅からかなり外れている(パルス幅がかなり大きすぎる)ためと推察される。

#### 4. 最適加工条件

加工条件として主要なものは電流ピーク値、パルス幅の他にも多くあるが、これら二つは容易に制御でき、かつ加工特性への影響も大きいので、最も重要であると思われる。

加工に際して要求される事項も数多いが、なかでは仕上面のあらさ、加工精度、および加工時間が通常最も重要である。加工精度に最も影響の大きいのは電極消耗率であり、これは小さいほど良い。また加工時間には加工能率が強い影響を及ぼし、これは大きいほど良い。加工時間には放電繰返し数も直接影響するので、もし他の特性が同じなら、パルス幅は短い方が好ましい。

そこで、仕上面あらさの許容値が与えられると、以上の要素を考慮して最適な電流ピーク値とパルス幅の組合せを選定して加工を行うわけである。

今回の結果を上のように考えて考察すると、SK材の加工については、パルス幅を小さくして行ったときに電

極消耗率の上昇し始める点が最も効果的であると思われる。数値としては、およそ  $\tau (\mu s) \cong 2I_p (A)$  と表わされ、これを満足するパルス幅  $\tau$  とピーク電流  $I_p$  の組み合わせで、必要な仕上面あらさの得られるものを選ぶとよいであろう。

黄銅については、およそ  $\tau \cong I_p$  が選定の目安になりそうであるが、 $I_p < 2A$  ではリニアな関係で表わすのは少々困難な様相であり、さらに小さいパルス幅を選定した方がよいように思われる。

#### 5. まとめ

ピーク電流を1Aまで、パルス幅を1μsまでの範囲で放電パルスのエネルギーを小さくして行ったときの加工特性、とくに加工能率について調べた。その結果、SK5、および黄銅の加工について次のような結論を得た。

- 1) パルス幅を小さくすると、加工能率は増大するが、ある臨界パルス幅を過ぎると飽和状態となる。
- 2) 臨界パルス幅の値はピーク電流が小さいほど小さい。
- 3) SK材では加工能率の飽和値はピーク電流が小さいほど小さいが、黄銅の場合は差が明らかでなく、ピーク電流2A~10Aではすべて30μg/J程度となる。
- 4) 加工能率、電極消耗率、パルス幅(放電繰返し数)の三つの要素を主に考えた場合、パルス幅とピーク電流の最適な組み合わせの第1近似として、SK5に対しては  $\tau = 2I_p$ 、黄銅に対しては  $\tau = I_p$  を得た。(単位はμs、およびA)

なお、本報においてカバーできたのは放電1回のエネルギーにして2桁をやや上回る範囲にすぎないが、幸いにして微細加工等において重要となる領域を含むことができた。また、よりパルス幅の小さい範囲での加工も、今後重要性が増す可能性があることは、黄銅の加工能率特性等から容易に推察できる。(1982年3月24日受理)

#### 参考文献

- 1) 増沢, 藤野: 小穴加工における放電加工の能率, 生産研究 33, 6 (1981)
- 2) 増沢, 藤野: 放電加工の加工能率(第1報), 電気加工学会誌 13, 25 (1979)