

小電流パルスによる放電加工の能率

The Efficiency of EDM with Small Peak Current

増 沢 隆 久*・藤 野 正 俊*

Takahisa MASUZAWA and Masatoshi FUJINO

1. 緒

放電加工において、微細加工のように微小なエネルギーのパルスで加工する場合は荒加工に比べ加工速度、すなわち単位時間当りの加工量が減少することが知られている。しかし、それが単に加工平均電流の減少によるものか、放電繰返し数が減少するためか、あるいは加工能率すなわち単位エネルギー当りの加工量が減少するためかは明確でない。

特定のパルス条件の場合について、荒加工時に比べ加工能率が1/20になることはすでに報告¹⁾したが、パルス波形の影響を含んでいるものと思われる。

本報では立上がり時間、立下がり時間が一定の条件で、パルス幅のみを広範に変化させて加工能率のパルス幅依存性を調べ、荒加工条件と微細加工条件の加工能率の違いを明らかにした。

2. 実験方法

2.1 加工回路

パルス波形の多数のパラメータにより加工能率が影響

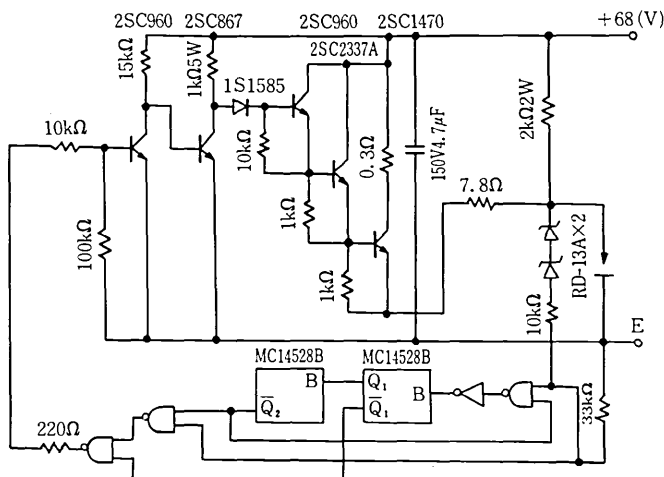


図1 パルス幅可変放電加工回路
(ICには別途+15V・DCを供給)

を受ける可能性があり、今回はパルス幅のみの影響を抽出したかったため加工回路は次の条件を満たすように設計した。

- イ. 立上がり時間が一定である。
- ロ. 立下がり時間が一定である。
- ハ. パルス幅はいったん設定したら各個の放電ごとに変わらない。

以上のほか、放電が続いて起きた時に先行放電が後続放電に及ぼす影響を小さくするため、休止時間が一定の値以下とならないようにした。

以上のような条件を満たす回路として図1の回路を製作した。2個のMC14528Bによりパルス幅と休止時間を設定できる。

パルス幅は1.24ms, 228μs, 117μs, 63μs, 30μs, 20μsの6段階に変化させた。それぞれに対する休止時間の最小値は表1のように設定した。

電流波形の一例を図2に示す。工作物の材質、極性により若干の違いはあるが、ピーク電流は約6A、立上がり時間は約5μs、立下がり時間は約10μsでほぼ一定である。

表1 最小休止時間の設定値

τ (μs)	休止時間 最小値(μs)
20	220
30	220
63	220
117	450
220	450
1240	1000

* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

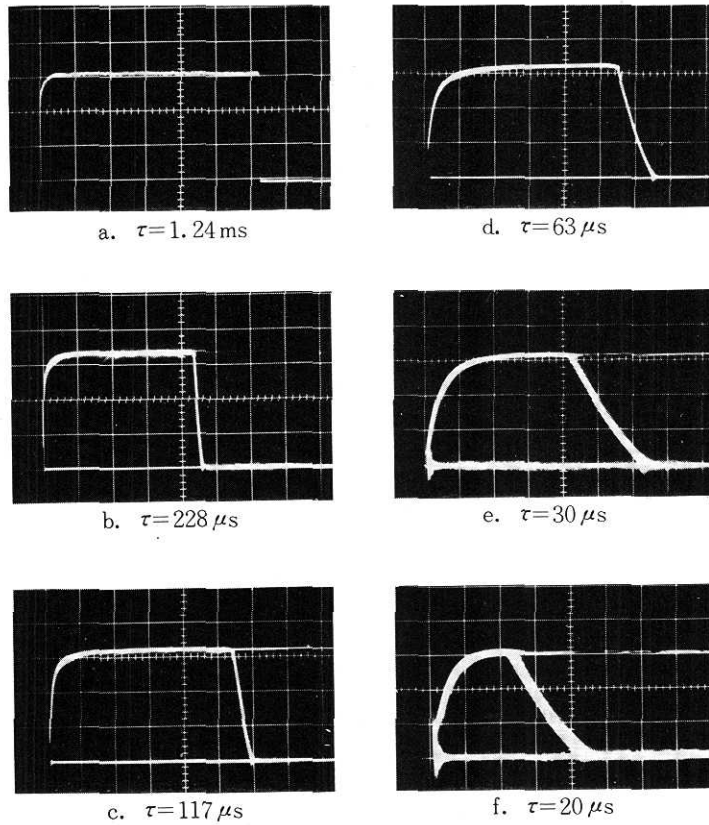


図2 放電電流波形例 (黄銅, 逆極性, 1.9 A/div)

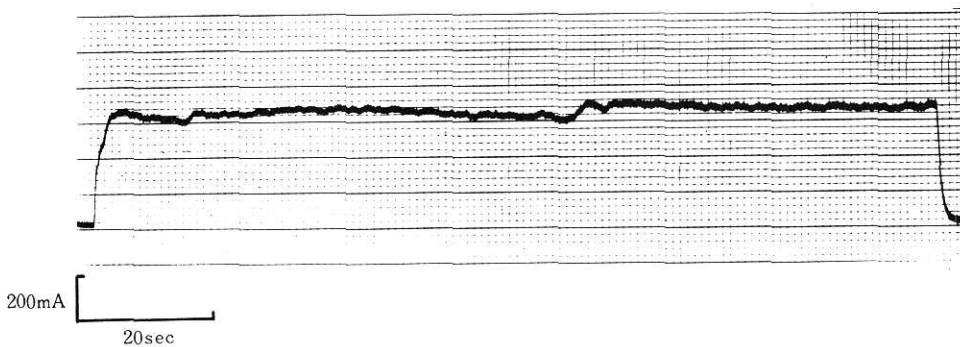


図3 平滑電流波形例 (SK5. 正極性, $\tau = 228 \mu s$)

2.2 加工能率の求め方

加工量を $W(\mu g)$, 極間に注入されたエネルギー $E(J)$ とすると加工能率は $W/E(\mu g/J)$ で表される。 W は加工前, 後の工作物重量を測定して求める。

E は厳密には各瞬間の放電電流と極間電圧の積を全加工時間にわたって積分すればよいが, 実測は困難なので次の方法によった。

放電電流波形を長い時定数で平滑化し, 記録する。こ

れをビジグラフに描かせ, 波形と電流=0の直線で囲まれる面積を測定し, 加工総電流量 Q を求める。平滑化された電流波形(平均電流の時間的推移を示す)の一例を図3に示す。

一方, 放電時の極間電圧波形は図4の例ようになる。(回路の特性により非放電時は極間の絶縁が回復していれば電源電圧が現れる)。これをわかりやすく示すと図5のようになり, ほぼ一定のアーク電圧となるが, 若干の

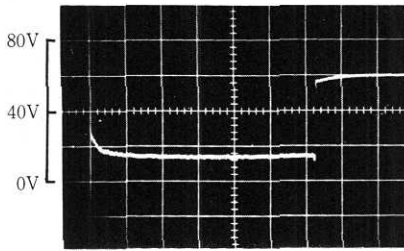


図4 極間電圧波形例 (黄銅, 逆極性, $\tau=1.24\text{ms}$)

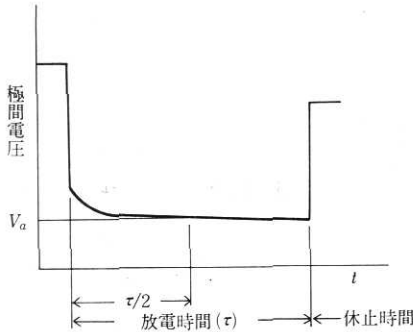


図5 極間電圧波形

表2 アーク電圧 V_a (V)

パルス幅 (μs)	SK5		黄銅	
	正	逆	正	逆
20	16	23	17	17
30	21	24	18	20
63	19	20	18	19
117	18	18	16	15
228	16	19	16	16
1240	17	18	15	15

傾きがあるのでパルス幅の中央の値を測定しアーク電圧の代表値 V_a とする。 V_a は工作物の材料、極性により、またパルス幅により異なるが、実測値を表2に示す。表で $\tau=20\mu\text{s}$ の場合に V_a が小さくなっているのは立下がり時間中の V_a が小さいためである。

こうして求めた加工総電流量とアーク電圧の積、 QV_a が E にほぼ等しい。

したがって加工能率 ϵ は $\epsilon = W / QV_a$ と計算できる。

2.3 その他の加工条件

電源電圧は68V、工具電極は銅、工作物はSK5および黄銅、加工液は灯油、電極送りは可動コイル式²⁾で、できるだけ短絡が少なくなるように制御した。

なお、電極消耗率、加工面あらさも測定した。

3. 実験結果, 考察

3.1 加工能率とパルス幅

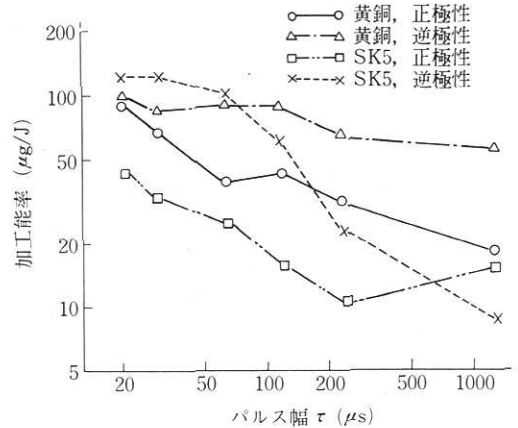


図6 放电电流パルス幅による加工能率の変化 ($I_p \approx 6\text{A}$)
パルス幅を $20\mu\text{s}$ から 1.24ms まで変化させた時の加工能率の測定結果を図6に示す。

4つの折れ線はそれぞれ工作物が黄銅で正極性の場合と逆極性の場合、および工作物がSK5で正極性の場合と逆極性の場合を示している。

これらからわかるように、おおむねパルス幅の短い方が加工能率が上昇する傾向を示している。しかし黄銅とSK5ではやや傾向が異なる。黄銅では逆極性の場合 $100\mu\text{s}$ 付近以下のパルス幅では加工能率が下降しはじめ、上昇を続ける正極性と逆転の気配を見せているのに対し、SK5ではパルス幅の長い 1.24ms の方で逆転が起きており、パルス幅の短い側では依然大きな差がある。

また注目すべきことは最大の加工能率は融点の低い黄銅ではなくSK5の逆極性で得られている点である。もっともさらに短いパルスの側では黄銅の正極性がこれを上まわる可能性はあるだろう。

また、 $20\mu\text{s}$ での加工能率が全般に既報の $19\mu\text{s}$ の場合の測定値に比べ大きい値を示しているが、これはパルスの立ち上がり時間の相違 (前回は $2\mu\text{s}$ 以下) および加工方法の相違 (前回は貫通穴、今回は貫通前に打ち切り) によるものと思われる。

3.2 既発表データとの比較

SK5の逆極性については、測定方法は異なるが発表されたデータがあるので比較してみた。放電1回当たりの加工量として齊藤、小林らにより測定されたもの^{3),4)}を単位エネルギー当りに換算し、今回測定したSK5、逆極性の加工能率と同時に示したのが図7である。齊藤らの場合はピーク電流が18A, 36A, 50Aと大きい条件での測定である。これによると、パルス幅の長いところではピーク電流が大きいほど加工能率が大きくなり、ピーク電流が大きい方が加工能率のパルス幅に対する変化が少ない。

これらの実験条件はパルスの立ち上がりなどで異なっ

研究速報

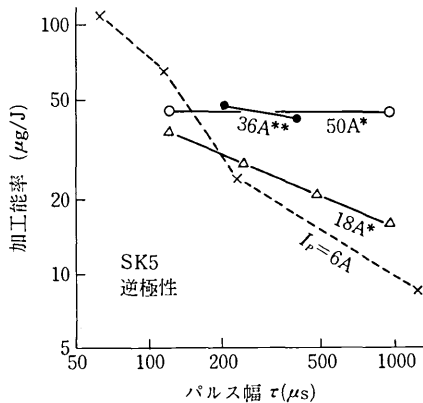


図7 SK5の加工能率(逆極性)
(* 齊藤, 小林)
(** 小林, 大泉)

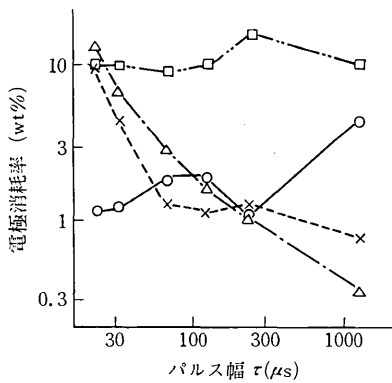


図8 放電電流パルス幅による電極消耗率の変化 ($I_p \approx 6A$)

いるかもしれないが、定性的には50Aから18Aへの傾向の延長上に6Aの測定結果があると見ることができる。

3.3 電極消耗率

各条件における電極消耗率を測定した結果を図8に示す。

電極消耗率は加工能率と相関があると考えられる。特に、電極消耗率が大きい場合は電極側へのエネルギー配分が相当大きいと考えられ、加工能率曲線に影響を与えると予想される。図8において特に消耗率の大きいSK5の正極性の場合、消耗率の変化と加工能率の変化が定性的に対応している点が注目される。

また、パルス幅減少と共に逆極性での電極消耗率は急上昇している。

3.4 短絡率

加工中に短絡が起きると、その間に流れた電流は極間にエネルギーを供給しないにもかかわらず総電流量測定値には含まれてしまう。したがって加工能率を真の値より小さく算定する結果となる。本実験ではSK5の正極性

表3 SK5, 正極性における短絡電流の割合(短絡率)

パルス幅 (µs)	短絡率 (%)
20	0
30	2
63	12
117	13
228	5
1240	1

以外では短絡はほとんど観察されなかった。SK5の正極性では加工電流量のうち表3に示す割合で短絡電流が含まれていた。したがって真の加工能率はSK5の正極性に限り図6の値より若干大きいものと考えらるべきである。なおこの短絡は各放電パルスの中で起きているものである。

4 まとめ

低電流ピーク値(6A)のパルスで銅電極を用いた時の放電加工能率を測定した結果、次のことがわかった。

イ. SK5, 黄銅を加工するとパルス幅が小さい方が加工能率が大きい傾向があり、20µs ~ 1.24msの範囲で最大130µg/Jであった。

ロ. 同一加工条件でも黄銅よりSK5の方が加工能率が高くなることもある。

ハ. 黄銅の逆極性では約100µs以下のパルス幅で加工能率が飽和または減少の傾向を示す。

ニ. 逆極性の電極消耗はパルス幅が小さいほど大きく正極性ではパルス幅の影響が少ない。

(1978年11月8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 28, 11 (1976)
- 2) 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 8, 16 (1975)
- 3) 齊藤, 小林; パルス電源による放電加工特性, 電気加工学会誌 1, 1 (1968)
- 4) 小林, 大泉; 電流波形制御による加工特性, 電気加工学会誌 8, 16 (1975)