

# 一般研究

## NC放電加工機による細穴加工の安定化について

機械部 本山 英雄  
後藤 幸臣  
大塚 裕俊  
水江 宏

### はじめに

NC放電加工機によるワイヤカット放電加工のイニシャル・ホール加工について相談を受けた。被加工材は超硬材、穴径 $\phi 0.2\text{mm}$ 以下、深さ $4.5\text{mm}$ の加工がしたいとのことであった。実験・即加工をしながら加工の安定化が可能となったので報告をする。

### 1 加工方法

図1のような形状のワークの加工である。銅パイプ電極 $\phi 0.15\text{mm}$ を使用し、貫通加工を行った。

### 2 使用機器

NC放電加工機 (三菱電機 M35KC7G35)  
(システム3 R 細穴加工装置)  
工具顕微鏡 (オリンパス STM-5)

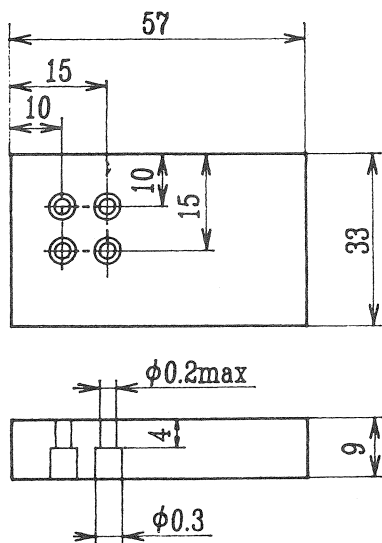


図-1

### 3 加工結果及び考察

最初の実験では $\phi 0.3\text{mm}$ 下穴の加工をしてから上穴の $\phi 0.2\text{mm}$ を加工した。電気条件・測定結果は次の通りである。回路は微細加工であるために、有消耗微細加工回路であるGM、SF回路を使って加工をした。まず、直径・深さに対する精度の把握が必要である。

(1) 電極 $\phi 0.25\text{mm}$ での加工条件・加工時間・仕上り寸法

A、B、C、Dの順番に加工した。最初の穴AのZ送り量は電極消耗を予測して設定したものである。BCD送り量を $16\text{mm}$ とした。Aは $1.5\text{mm}$ 深くなっただけで加工時間はBCDと比較して倍以上の時間が掛かっている。それに仕上り径も大きい。

(2) 電極 $\phi 0.15\text{mm}$ での加工条件・加工時間・仕上り寸法

仕上り径は安定している。加工時間も比較的安定している。

### 4 実験結果から製品加工

電気条件は一応の成果が出たのでこの条件を使いながら製品の加工をすることにした。まず下側の穴加工を細穴用放電加工機で加工した、深さは表-3の様な $3.5\sim 5.5\text{mm}$ と幅が大きい。これは細穴用放電加工機では加工速度を重視するために電気条件が荒く、面粗度が悪い。この加工機では加工深さの安定はあまり期待出来ないし、貫通加工ならよい。参考

加工条件及び加工時間

加工区分 条件項目	電極材：Cu $\phi$ 0.25mm 被加工材：超硬 9mmt 底付加工(5mm)
電 極 極 性	(-)
回 路	GM
加工セッティング I p( $\Delta$ Ip)	1 (1)
パルス幅 ON( $\Delta$ ON)	0 (4)
休止時間 OFF( $\Delta$ OFF)	1 (0)
F回路	1 3
AUX	0
PCON	4
放 電 安 定	切
加工液圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	噴出 3. 8

加工条件及び加工時間

加工区分 条件項目	電極材：Cu $\phi$ 0.15mm 被加工材：超硬 9mmt 貫通加工
電 極 極 性	(-)
回 路	S F
加工セッティング I p( $\Delta$ Ip)	——
パルス幅 ON( $\Delta$ ON)	——
休止時間 OFF( $\Delta$ OFF)	——
F回路	1 3
AUX	9
PCON	4
放 電 安 定	切
加工液圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	噴出 3. 8

(mm)

	Z送 り量	仕上り 深 さ	仕上り径		加工時間
			X	Y	
A	19	6.086	0.400	0.365	5分25秒
B	16	4.489	0.342	0.310	3分23秒
C	16	4.329	0.300	0.299	2分20秒
D	16	4.263	0.370	0.314	2分19秒

表-1

(mm)

	Z送 り量	電極消 耗長さ	仕上り径		加工時間
			X	Y	
A	30	9.705	0.205	0.209	11分36秒
B	30	9.364	0.216	0.224	12分26秒
C	30	9.224	0.210	0.208	14分12秒
D	45	10.000	0.209	0.216	12分48秒

表-2

までにこの穴加工に使用した電極径は $\phi$ 0.3mmで実際の穴径は $\phi$ 0.42mmぐらいであった。加工時間は下穴深さによって最小時間は比例的に増えているが最大時間のバラツキが大きかった。穴径は比較的に安定していて電極 $\phi$ 0.15mmに対して $\phi$ 0.21~0.23mmであった。電極消耗率は加工時間が長くなると増し、バラツキも安定していない。これは電極の強度、下穴加工寸法の不安定、加工液噴出によるスラッジの排除などに問題があると思われる。

(1) 電極  $\phi$ 0.15mm で加工した場合

そこで製作図面から検討した結果、イニシャル・ホール  $\phi$ 0.28mm 以下であれば加工上は問題がな

いことがわかり、電極を  $\phi$ 0.2mm の電極を使用する事にした。

(2) 電極  $\phi$ 0.2mm で加工した場合

下穴加工のクリアランスは $\phi$ 0.15mmとほぼ同じであるが結果は表-4のようになる。 $\phi$ 0.15mmに比較して消耗率、加工時間では比較的に安定している。これは前述の電極の強度が増したせいであろうと推測できる。

加工時間は最小、最大時間を比べて見ると8分40秒~19分と短くなった。ふたつの実験加工から考えられる消耗率、加工時間の不安定きの要因は次のようなものであろう。

電極径  $\phi=0.15\text{mm}$

(mm)

加工深さ	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
最小時間	10分00秒	11分30秒	15分30秒	17分30秒	24分00秒
最大時間	11分30秒	17分00秒	24分50秒	20分10秒	25分00秒
実験回数	2	5	9	5	2

表-3

電極径  $\phi=0.2\text{mm}$

(mm)

加工深さ	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
最大時間	8分40秒	12分19秒	11分40秒	12分00秒	14分20秒	19分00秒
最小時間	9分10秒		17分30秒	15分50秒		
実験回数	2	1	11	10	1	1

表-4

① 加工変質層

下穴加工時の底面形状と面の荒れ

② 貫通加工

放電加工に於ては貫通時に集中放電が起こり定常的な放電が妨げられ異常消耗が起き、不安定な加工となる。

③ 加工深さの不確かさと測定の誤差

特に1と2の要因が相乗的に効いて電極消耗率と加工時間を不安定にしている。

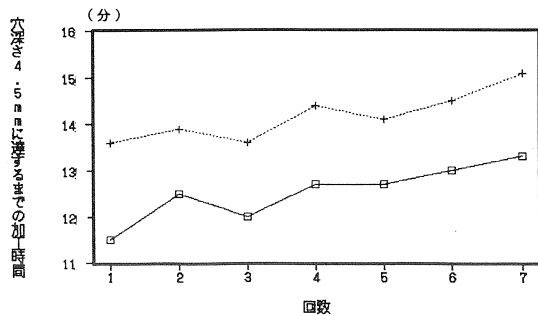


表-5

そこで加工順序を変えて、小さい穴 ( $\phi 0.2\text{mm}$ ) を先に加工するようにし、下穴をあとから加工することにした。

その結果は次の通りである。

穴深さ4.5mm に対して電極消耗は $13.7 \pm 0.1\text{mm}$  と非常に安定した。加工時間は11分30秒～14分であった。これは電極の内径の違いによる加工液の噴出量の差異ではないかと考えられる。(電極交換時に液の噴出テストをすると何本かの電極は液が出なかったことがある。)

- ① 電極径  $\phi 0.2\text{mm}$  の場合、計算によると内径は  $\phi 0.08\text{mm}$  ぐらいである。
- ② 1回の電極交換で7個の穴を加工することが出来るようになった。
- ③ 仕上がり穴径は  $\phi 0.25 \sim 0.26\text{mm}$  である。
- ④ 両側クリアランスは  $0.05 \sim 0.06\text{mm}$
- ⑤ 1本の電極の加工回数による加工時間の変化

⑥ 各電極によって加工時間に差異がある。

表-5にある傾向は同じであるが各々の電極では次のようである。その例、No.1では初回の加工時間が11分30秒、7回目の時は13分20秒、No.2では初回の加工時間が13分10秒、7回目14分40秒かかっている。

加工穴数102個の結果の中でNo.1は最短時間、No.2最長時間ある。このことは初回の加工時間で7回目が予測できる。

⑦ 電極消耗率300%である。

まとめ

超硬材のイニシャル・ホール加工の安定化が出来、微細なワイヤカット放電加工が可能になった。33mm×57mmの面積の中に36個の穴明け作業が初期の二日の作業から一日までに短縮された。

- ① 電極の詰まりが無いが必ず加工前にチェックをする。

- ② 今回のような加工では上穴、つまり小径の穴加工から先に加工するとよい。微小加工の貫通時に底付加工した荒れた底面（加工変質層）が加工時間と電極消耗に影響する。
- ③ 電気条件・電極の回転速度、噴出圧等をまだ詳細に実験、検討することによって、加工速度の向上のため、最適加工条件の設定を目指す。

この実験に使用した、NC放電加工機は日本自転車振興会から競輪収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて設置したものである。

このたびの実験加工にご協力をいただいた、三菱電機(株)加工技術センターに謝意を表します。