チタンおよびその合金の放電加工に関する研究 (その2)

放電孔明け加工条件と孔明け加工精度について*

財満 鎮雄** 平山 武*** 加茂 進****

Study on the electric discharge machining of titanium and its alloy (Part 2)

(UDC 669.295:621.9.018.5)

On the electric discharge drilling conditions and the accuracy of drilled hole*

ZAIMA Shigeo** · HIRAYAMA Takeshi*** · KAMO Susumu****

The electric discharge machining conditions of pure titanium plate are searched and the influences of the machining conditions for the drilling accuracy are discussed in this paper. The results are summarized as follows:

1° The electric discharge drilling speed is affected by the source voltage, the source ampere and the condenser capacity, and, especially, the source voltage influences the drilling speed for good in their three, and if the three are increased at the same time, it may be seen their effects are distinctly.

2° The machining ampere for the maximum machining speed is in about 25 % value of source ampere and, if the source ampere increases, the most suitable machining ampere increases with it.

3° The drilling accuracy becomes worse in saturation-curve like rising with the machining speed, and the accuracy is affected mainly by the source voltage and the condenser capacity. But the accuracy does not seem to be influenced by the machining ampere.

1. 緒 言

前報において、チタンおよびその合金の放電孔明け加工性を軟鋼、黄銅その他の金属と比較しつつ検討を加えた結果、1)チタンおよびその合金は硬さでは軟鋼に比べ非常に高いにもかかわらず、単位板厚の孔明け加工時間で示した放電孔明け加工性では軟鋼よりやや優れた加工特性を示すこと、2)最大の加工速度をえる加工電流範囲が存在すること、3)加工液としてはマシン油が優れていること、4)孔周辺で多少盛り上りがみられ、その近傍では硬さもやや上昇していることなどを知った¹⁾。よって、本報においては加工液をマシン油として、電源電圧、コンデンサー容量、加工電流など加工条件の変化が加工能率におよぼす影響およびそのさいの加工条件と孔明け加工精度の関係を求めて、チタンの放電孔明け加工における最適加工条件を見出すを目的として検討を行なった。

2. 実験方法

実験は Fig. 1 の RC回路を使用した電極振動方式によ

る孔明け装置によった。ここで電極棒にはガラスチューブを利用して作ったガイドをつけ、電極振動方向が被加工物に垂直になるようにした。

Table 1 に示す成分と性質をもつ工業用純チタン板(厚さ 1.03mm)を被加工物とし、Table 2 に示す加工条件範囲内で適宜変化して孔明け加工を行なった。この試料は表よりわかるように硬さ $H_v = 200$ に対し引張強さ、伸びともに軟鋼などに較べ非常に高く、機械加工による孔明けの困難な強靱材料である。

3. 電源電圧の影響

3.1 電源電圧と加工速度

電源電圧を 20~12V に変化させたとき、毎分当りの加工重量で示された孔明け加工速度 (mg/min) を求めれば Fig. 2 のようになる。コンデンサー容量をそれぞれ 300, 200, 100 および 60 μF に変えた場合を示すが、容量が大きくなるほど同一電圧では加工速度は大きくなり、電源電圧が増大すれば加工速度は 2 次曲線的に増加する。前報で述べたように異種金属の孔明け加工性を比較するに

* 本報告は一部軽金属研究会第25回大会 (38・11・28) において講演した。

** 静岡大学工学部機械工学科教授工博 Prof., Faculty of Engineering, Shizuoka University, Dr. Eng.

*** 静岡大学工学部機械工学科助手 Assist., Faculty of Engineering, Shizuoka University.

**** 静岡大学工学部機械工学科技官 Faculty of Engineering, Shizuoka University.

Table 1 Specimen.

Chemical compositions						Mechanical properties		
Fe (%)	C (%)	O (%)	N (%)	H (%)	Ti (%)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Vickers hardness (kg/mm ²)
0.05	0.02	0.12	0.02	0.007	bal.	50	37	200

Table 2 Machining schedule.

Source voltage (V)	20, 18, 16, 14, 12
Source ampere (A)	10, 8, 6
Machining ampere (A)	6.0, 4.5, 3.5, 2.5, 2.0, 1.5, 0.5
Condenser capacity (μ F)	300, 200, 100, 60
Tool	0.8mm ϕ Brass
Solution	Machine oil

Fig. 1 Electric discharge machining circuit.

は単位板厚を孔明けするに要する時間、すなわち加工時間 (min/mm) で検討するのが都合よく、加工時間をもって放電孔明け加工性を表わすものとしたが、**Fig. 2** の関係を加工時間でまとめれば **Fig. 3** のようになる。これから 12V, 300 μ F の場合の加工時間に比べ、それ以上の電源電圧では加工時間が急激に大きくなるのがわかる。

3.2 コンデンサー容量と加工速度

コンデンサー容量が 60~300 μ F と変化した場合加工速度におよぼす影響は **Fig. 4** のようになる。これからコンデンサー容量と加工速度とはだいたいにおいて 1 次関数的な関係にあり、容量が増大すれば加工速度も増加し、電源電圧が増加するほどその傾向はいちぢるしい。また、加工時間についてまとめればコンデンサー容量は **Fig. 5** のような影響を与える。

Fig. 4, **Fig. 5** より加工速度の大小に対してはコンデンサー容量の変化よりむしろ電源電圧を変化した場合が大きく影響を与えるようで、これらの関係を 3 次元図表に示せば **Fig. 6** のようになり、その傾向がはつきりうかがえる。したがって、電源電圧とコンデンサー容量を増加すれば加工速度はさらにいちぢるしい上昇がみら

Fig. 2 Changes of machining speed with rising source voltage.

れる。

4. 電源電流の影響

4.1 電源電流と加工速度

前報においてチタンおよびその合金の放電孔明けの場合、電源電圧 20V、電源電流 8 A で加工電流が 2.0~2.5 A 付近で加工速度が最大になることがわかつた¹⁾ ので、さらに電源電流が変化した場合の影響もしくは最適加工条

Fig. 3 Changes of machining time with rising source voltage.

Fig. 4 Changes of machining speed with rising condenser capacity.

Fig. 5 Changes of machining time with rising condenser capacity.

Fig. 6 Relation between machining speed, source voltage and condenser capacity.

Fig. 7 Changes of machining speed rising with source current.

Fig. 8 Changes of machining time rising with source current.

Fig. 9 Changes of machining speed with condenser capacity and machining ampere.

件が存在するか否かを求めた。**Fig. 7** は電源電流を10, 8 および 6 A と変化した場合の加工電流と加工速度の関係を示したもので、多少のばらつきは認められるが、それぞれの電源電流において最大加工速度をえる条件が存在し、それは加工電流が電源電流の約25%程度の値をとるときであることがわかる。また、電源電流が増せば同一加工電流の場合でも加工速度は増加することも図よりみることができる。**Fig. 8** は加工電流と加工時間の関係を示すもので、電源電流が増加するほど最大加工能率を示す加工電流の値が増大することがはっきりとわかる。

4.2 コンデンサー容量と加工速度

Fig. 9 は電源電圧 20V, 電源電流 10A 一定として、コンデンサー容量を200, 100 および 60 μ F に変化した場合の加工電流と加工速度との関係を示す。これから、コンデンサー容量が変化しても最大加工速度を示す加工電流値は変化しないことがわかり、容量が増加すればただ加工速度が上昇することが認められる。また、**Fig. 10** は電源電流10Aの場合の加工電流と加工時間の関係を示すものである。すなわち、コンデンサー容量にかかわらず最小の加工時間を示す加工電流が存在し、その電流値の前後では加工時間の急激な増加がみられる。

5. 加工精度

前報では電極径 0.77mm に対し放電孔明け加工された

Fig. 10 Changes of machining time rising with condenser capacity and machining ampere.

チタンで孔の平均内径は0.88mmとなり、55 μ 程度の間隙はさけられなかった。そのさい、この間隙は加工速度とも密接な関係があることも想像された。最も加工能率の良好な加工条件で、しかも加工精度のよいことが望ましいので、ここに加工条件と加工精度の関係について検討を加えた。前報では電極棒にガイドを用いなかったので、電極棒の振動が被加工物に垂直でない場合もあり、間隙を正しく求めることができなかった。本報では電極棒の外径に合致したガラスチューブを用いたが、これでも厳密に言えば微かではあるがガイドと電極棒の間に間隙があると考えられる。しかし、そのガイド内径の間隙範囲内での電極棒の横振れもあるとみられるので、クリアランスとしては{(加工孔内径)-(ガイド内径)} $\times \frac{1}{2}$ (μ)で表わした。

電源電圧を20 $\sim$ 12Vに変化し電源電流8A、加工電流2.5A一定としてコンデンサー容量を300, 200, 100および60 μ Fと変化した場合の加工精度、すなわち、クリアランスの変化を求めたものは**Fig. 11**のようになる。これから容量が増加し、電源電圧が増大するほどクリアランスは大きくなることがわかり、前節の結果を考えると加工速度を上昇させる条件をとれば加工精度の低下が伴うと考えられる。この関係を確かめるため加工速度とクリアランスとの関係を求めてみたのが**Fig. 12**である。すなわち、加工速度は電源電圧、コンデンサー容量により変化するが、加工速度とクリアランスとの間にはほぼ

Fig. 11 Relation between condenser capacity and clearance in the case of source ampere 8A and machining ampere 2.5A

一定の関係があり、全体としてみれば加工速度が増すとクリアランスは一種の飽和曲線的に増加し、加工精度は劣ってくる。そしてある程度以上になると加工速度の増加の割合に較べてクリアランスの増大は顕著ではなくなり、やがて加工速度にかかわらずほぼ一定となることが考えられる。また、図より電源電圧およびコンデンサー容量のそれぞれの影響が知られ、ある加工精度をえるための条件としていかなる電源電圧あるいはコンデンサー容量を選べばよいかが判断できる。たとえばクリアランス40 μ 程度の加工精度に対しては電源電圧20V、コンデンサー容量60 μ Fかあるいは電源電圧18V、コンデンサー容量300 μ Fでよく、後者の場合が加工速度はより大きいこともわかる。しかし、前節で述べたように一定の電源電圧、コンデンサー容量の場合にも加工電流によって加工速度最大の条件が存在したので、電源電圧19V、電源電流8A、コンデンサー容量200 μ F一定の条件で、加工電流を4.5 $\sim$ 0.5Aに変化した場合のクリアランスを求めてみれば、**Fig. 13**のようになる。これからみれば、加工電流の変化にかかわらずクリアランスは多少の変動は認められるが、ほぼ40 $\sim$ 43 μ の範囲で一定とみてさしつかえない。したがって、**Fig. 12**のようなチャートをあらかじめ作製しておけば、加工条件として電源電圧、コンデンサー容量の決定が容易で、最適の加工電流

Fig. 12 Relation between machining speed and clearance.

を調節して所要の加工精度を能率よく期待することができる。

6. 結 言

以上要約すれば、工業用純チタン板について放電孔明け加工条件を検討し、加工条件が孔明け加工精度におよぼす影響を求めた結果、

1) 孔明け加工速度を増大するには電源電圧、電源電流およびコンデンサー容量などが影響をおよぼすが、それらの中では電源電圧がとくに大きな影響をもち、それら三者を同時に増加すればその効果はさらに顕著である。

2) 最大加工速度をえる加工電流は電源電流の約25%付近の大きさのところにあり、電源電流を増加すると最適加工電流もそれにつれて増加する。

Fig. 13 Changes of clearance rising with machining ampere.

3) 加工精度は加工速度が増すと飽和曲線的に劣ってくるが、主として電源電圧、コンデンサー容量によって決ってくる。しかし、加工電流によつては加工精度はほとんど変化をうけないようである。

4) したがって、放電加工によつてチタンおよびその合金の孔明け加工を行なう際には、粗加工と仕上加工に分けて行なうことが望ましく、前者の場合には電源電圧を大きくして加工速度を大きくし、後者の場合には電源電圧を小さくして加工精度の向上をはかるのが望ましい。

なお、試料の入手には日本電信電話公社電気通信研究所西畑三樹男氏の御尽力に負うところが大きい。付記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 財満, 平山: 軽金属, 14, 63(1964), 50