

論文

不燃性加工液を使ったセラミックス及び金属の形彫り放電加工特性

山崎 実* 森 紀年* 武藤一夫** 渡辺隆史*** 佐々木武三*

Non-flammable fluid with the EDM of electro-conductive ceramic and metal.

Minoru YAMAZAKI, Noritoshi MORI, Kazuo MUTO, Takashi WATANABE
and Takezo SASAKI

Abstract We investigated non-flammable fluid of the EDM(electrical discharge machining) of TiB₂, as electro-conductive ceramics and SKS3.

The results are as follows:

- (1) The working speed of non-flammable fluid and water were faster than that of Oil and TiB₂.
- (2) The electrode wear ratio of non-flammable fluid and water were smaller than of Oil and TiB₂.
- (3) There was no difference in the average roughness(Ra) of all fluid and TiB₂.
- (4) SKS3 did not make good use of non-flammable fluid and water all this condition.

Keywords Electrical discharge machining, Electro-conductive ceramics, Material removal rate, Volumetric relative wear, Average roughness, Non-flammable fluid

1. 緒 言

形彫り放電加工では、一般的に油性加工液が用いられているが、可燃性のため加工中は火災の危険性を伴う。そのため、油性加工液に代わる不燃性加工液の開発が行われ、放電加工の加工特性を向上させる不燃性加工液の研究が進められている^{1,2)}。

一方、放電加工が可能な導電性セラミックスが研究され^{3,4)}、様々な分野での利用が期待されている。しかし、導電性セラミックスの放電加工特性については、電気条件を高くできないなど、いくつかの問題が指摘されている³⁾。

そこで、不燃性加工液を用いた導電性セラミックスと金属の放電加工を行い、その有効性について検討した。

2. 実験材料

実験に用いた導電性セラミックスは、ホウ化チタン(TiB₂)で、常圧焼結したものである。さらに、低電気条件における比較検討のために、合金工具鋼(SKS3)の素材を用いた。その物性を表1に示す。

3. 実験方法

本研究では、加工液として油性・純水・不燃性の3種類の加工液を使用した。また、工具電極として銅(Cu)、グラファイト(Gr)の2種類を使用し、被加工材であるSKS3及びTiB₂の形彫り放電加工を行った。

油性加工液の場合には従来と同様の加工方式を用いた。純水及び不燃性加工液の場合は、図1に示すように放電加工槽内にもう1つの加工槽を設け、その中で実験を行った。加工液を循環させ、フィルターにより加工屑を除

表1 被加工材の物性

	SKS3	TiB ₂
比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	10^{-5}	3×10^{-5}
熱伝導率 (W/mK)	80	65
融点 (K)	1540	2980
α ($10^{-6}/\text{K}$)	1.23×10^5	1.94×10^5
密度 (g/cm^3)	7.85	4.5
熱膨張係数 ($10^{-6}/\text{K}$)	11.7	7.6
耐熱衝撃温度 (T)	—	300

去する。純水の場合には、フィルターの後にイオン交換樹脂を通して比抵抗を一定に保った。

本研究では噴流・噴射などは行わず、工具電極のジャンプのみを行っている。本加工条件を表2に示す。不燃性加工液は、グリコール類を水に溶解させたもので、加工屑の沈殿状況等の関係からエチレングリコール60%、純水40%、平均分子量は約300のものを使用した。粘度は表2に示すように油性加工液と比べると高い。

本実験では既報¹⁾の結果をもとに加工条件を次のように定めた。すなわち、セラミックスでは不燃性加工液を使用した場合に、ピーク電流10A程度になると表面がかなり粗くなることから、ピーク電流を5Aとした。また、極性は逆極性の場合、不燃性加工液において加工後の電極表面に多くの付着物が存在し、加工特性が低下するため正極性とした。デューティーファクターは50%一定とし、パルス幅および電極を変えて放電加工を行い比較検討した。加工機は三菱電機製M35S形彫り放電加工機を使用した。

*精密加工技術グループ **職業能力開発大学校

***東京電機大学

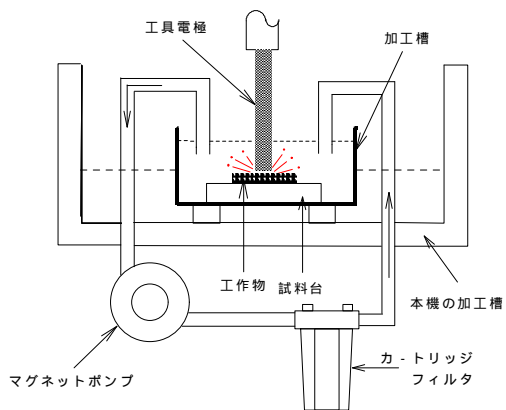


図1 実験装置概略図

表2 加工条件

工具電極材料	Cu (銅電極) Gr (グラファイト電極)
電気条件	パルス幅 5 μ s, 10 μ s, 30 μ s, 100 μ s ピーク電流 I_p 5A, 正極性 デューティーファクター 50%
加工液の粘度	油性 2.6 mm ² /s (40) 純水 0.659 mm ² /s (40) 不燃性 4.9 mm ² /s (40)
加工時間	30min
放電加工面積	100mm ²

4. 実験結果及び考察

4.1 パルス幅 - 加工速度特性

図2及び図3は、SKS3, TiB₂を用いてピーク電流5Aにおけるパルス幅と加工速度との関係を示したものである。

SKS3では、グラファイト電極の場合、油性の方が純水・不燃性に比べ加工速度は大きい。一方、TiB₂はパルス幅が特に30~100 μ sの範囲において、両電極ともに純水・不燃性の方が油性より大きい。加工速度に影響を及ぼす要因としては加工液の粘度、潜熱、比熱、被加工材の破壊形態等が関係している。特に粘度が加工速度に大きく影響するとされ、一般に粘度の高い加工液の方が、溶融部に働きかける衝撃力が大きく加工速度に有利とされている²⁾。しかし、SKS3については通常行なわれている加工電流の数十分の一程度²⁾で加工を行ったために、粘度に対する有効性が十分現れなかったものと考えられ、銅電極ではきわめて小さい加工速度となっている。

一方、TiB₂については適正電流の加工であったことから、粘度の高い不燃性加工液の加工速度が大きくなったものと考えられる。しかし、両電極ともに粘度の低い純水の加工速度も大きい。これは、TiB₂がSKS3に比べて比抵抗の高い材料であるため、ジュール熱によるTiB₂の表面温度上昇とプラズマの消滅が困難であること⁵⁾から、冷却作用に優れた純水が加工速度を大きくしたと考えられる。

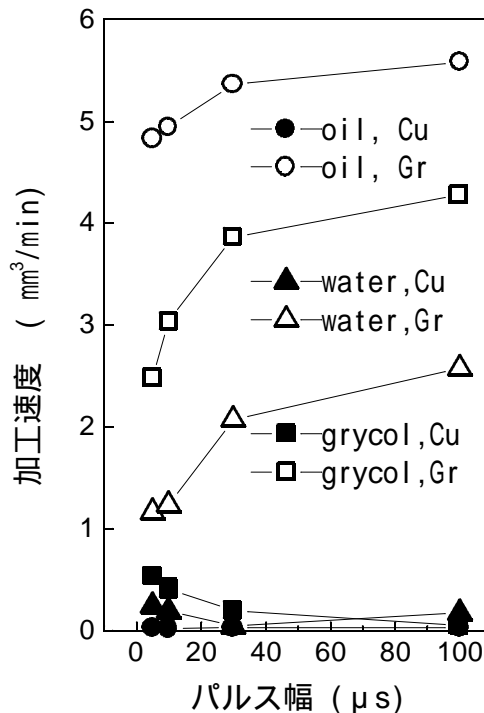


図2 パルス幅 - 加工速度特性 (SKS3)

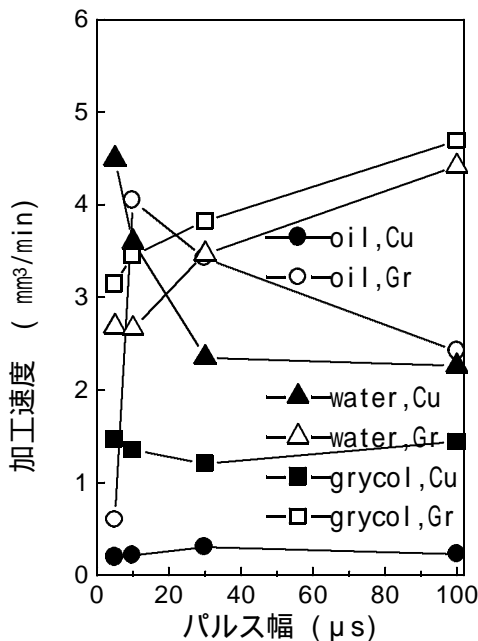


図3 パルス幅 - 加工速度特性 (TiB₂)

銅電極の場合、加工速度はSKS3に比べてTiB₂の方が大きい。その原因として被加工材の破壊形態が大きく影響を及ぼしていると考えられる。図4に見られるように、TiB₂は焼結体であることからSKS3のように溶融すると同時に、衝撃力による破壊も行われていると考えられる。そのため大きく破壊が増長され、TiB₂の銅電極にお

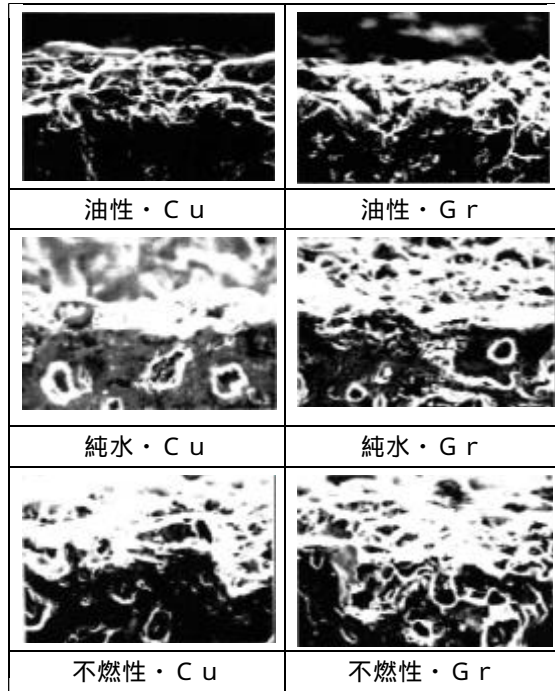


図4 TiB₂断面のSEM観察像(倍率×500)

ける加工速度が向上したものであろう。

電極の違いとしては、両被加工材とも、グラファイト電極の方が銅電極より加工速度が大きい。この傾向は一般の油性加工液を使用した場合と同様であり、グラファイト電極の方が銅電極に比べて熱伝導率が高く、さらに昇華温度が高いことから加工速度に有利に働いたためと考えられる。

4.2 パルス幅 - 電極消耗比率特性

図5及び図6は、SKS3、TiB₂を用いてピーク電流5Aにおけるパルス幅と電極消耗比率との関係を示したものである。

SKS3では、グラファイト電極で純水を用いた場合の電極消耗比率は大きい、それ以外は全体的に加工液による差は見られない。TiB₂は、両電極ともに油性の消耗比率が若干大きい。

このように、各被加工材の加工液による違いが生じた要因としては、SKS3は、特に純水を使用した場合、電極表面に付着物等が少なかったため、電極消耗比率が大きくなったと考えられる。

一方、各電極のX線分析結果によると、TiB₂の加工において両電極にTiが存在したが、油性で使用した電極の方が、不燃性・純水に比べTiの付着が少なかった。これにより、特にパルス幅が30~100μsの範囲において、油性が不燃性・純水に比べ電極消耗比率が大きくなったものと考えられる。

SKS3の電極消耗比率は、TiB₂に比べて全体に大きい。これは、SKS3の場合、電気条件が通常より低かった²⁾

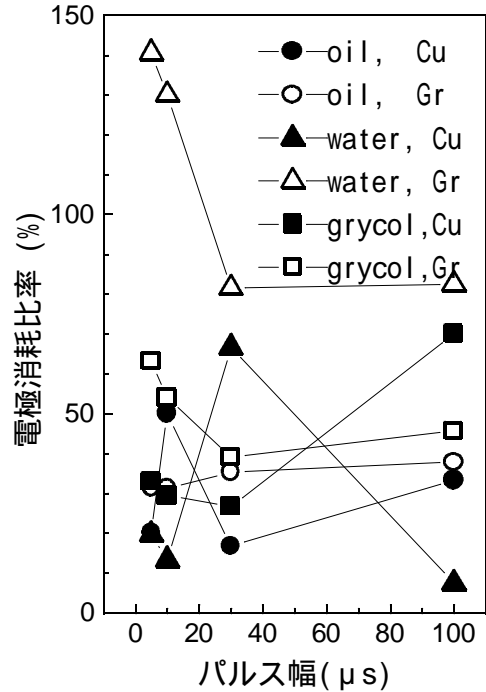


図5 パルス幅 - 電極消耗特性 (SKS3)

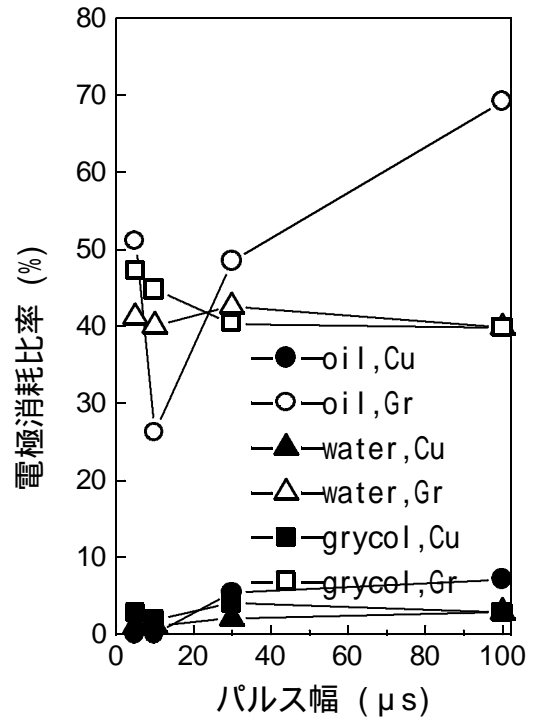


図6 パルス幅 - 電極消耗特性 (TiB₂)

ことにより、最適な加工ができなかったためと考えられる。

電極の違いとしては、両被加工材とも、グラファイト電極のほうが銅電極より電極消耗比率は高いものが多い。この傾向は一般の油性加工液を使用した場合と同じ傾向であり、加工速度が高いと電極消耗比率は大きいことを

示す。特に各電極のX線分析結果によると、TiB₂の加工において、グラファイト電極に比べて、銅電極に多くのTiが存在した。これにより、銅電極の電極消耗比率が極めて小さく、パルス幅の影響も少なかったものと考えられる。

4.3 パルス幅 - 加工面粗さ特性

図7及び図8にパルス幅と加工面粗さとの関係を示す。

SKS3では銅電極の場合、加工液による粗さの影響は小さい。グラファイト電極の場合は、不燃性の方が油性・純水に比べ粗さは大きい。一方、TiB₂では、両電極ともに加工液による差は小さい。

SKS3の加工では、銅電極の加工速度が小さいことから加工液の差が現れなかったものと考えられる。グラファイト電極では、爆発力の大きい不燃性加工液を使用した場合、粗さも大きくなった。TiB₂については、前述のように、破壊形態が熔融するのと同時に、衝撃力による破壊も行われていると考えられる。これにより、各加工液についてあまり差がでなかったものと考えられる。

両被加工材とも全体的にパルス幅とともに粗さは増大する。パルス幅が増加すると、投入されるエネルギーが増大する為、加工物表面粗さは粗くなる

また、SKS3ではグラファイト電極の方が銅電極より粗さは大きく、TiB₂は銅電極の方がグラファイト電極より粗さは大きい。SKS3は一般の油性加工液を使用した場合と同じ傾向であるが、TiB₂は逆である。TiB₂で銅電極使用の場合、SKS3に比べて加工速度が大きく、電極にTi付着が多いことから電極表面が荒れ、それが被加工材に転写して粗さが大きくなったものであろう。

5. 結 言

導電性セラミックスと鋼材の形彫り放電加工を行い、加工液の違いによる、加工特性について検討した。その結果、次のような知見を得た。

- (1) 加工速度は、TiB₂では、両電極とも、不燃性・純水の方が油性より大きい。
- (2) 電極消耗率は、TiB₂では、両電極とも、不燃性・純水の方が油性より小さい。
- (3) 表面粗さは、TiB₂では、加工液による差は小さい。
- (4) SKS3は、通常の電気条件より低い条件であったことから、不燃性・純水の有効性は十分とは言えなかった。

以上より、TiB₂について、不燃性・純水の有効性が確認できた。

参 考 文 献

- 1) 武藤一夫, 山崎実, 佐々木武三: 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 735 (1997)。

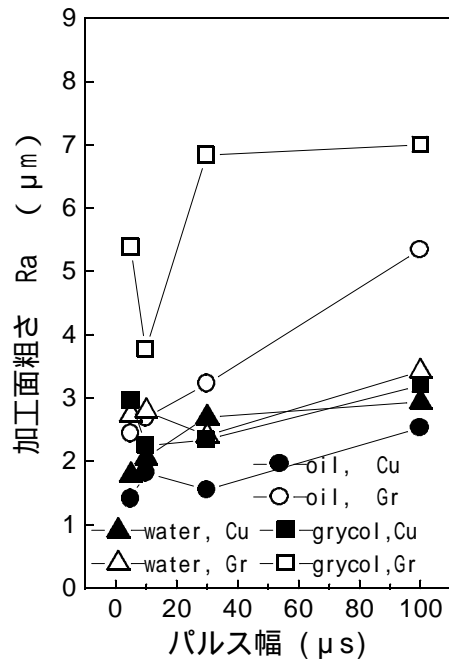


図7 パルス幅 - 加工面粗さ特性 (SKS3)

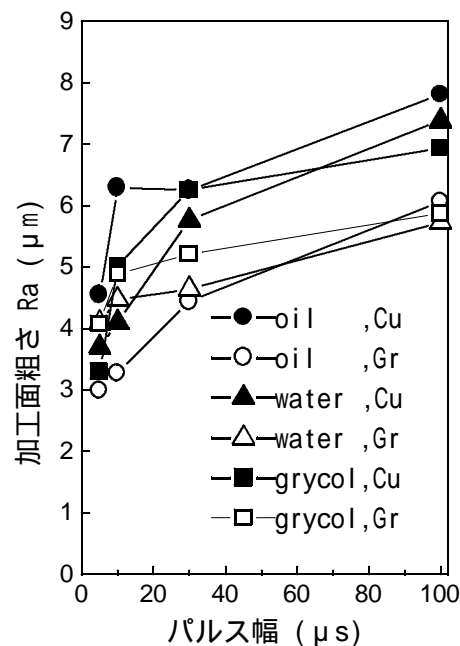


図8 パルス幅 - 加工面粗さ特性 (TiB₂)

- 2) 武藤一夫, 初田剛, 堤正臣: 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 319-320 (1995).
- 3) 斉藤長男, 毛利尚武, 大竹廣定: 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 (昭和62) 713 (1987).
- 4) 山崎実, 佐々木武三, 尾崎菊治: 電気加工学会全国大会講演論文集 53-56 (1998).
- 5) 日本機械学会編: 生産加工の原理 197-224 日刊工業 (1998).

(原稿受付 平成11年8月9日)