

要 旨

導電性セラミックス材料を中心に、ワイヤ放電加工による実験を行い、その加工特性と加工メカニズムを調べた。加工面あるいは加工断面をSEMならびにEPMAで観察、測定した結果、加工放電によって材料が溶融再凝固し、それが層となって加工面に付着する。また、使用する加工液の導電率によって溶融再凝固層の付着状態が変わり、その場合の加工面の状態が、セラミックスの加工特性を決定する重要な因子であることが判った。

1. 緒 言

セラミックスは、高硬度材料であるため、加工が難しく、複雑な形状を加工する簡単な加工法が望まれている。放電加工によるセラミックス材料の加工は、導電性セラミックスであれば加工が可能であるが、セラミックス材料特有の性質により、通常の構造材料と比べ加工特性が異なる場合が多い。

本研究は、導電性セラミックスの加工に使用される加工液導電率の影響が大きいことに着目し、導電性ジルコニア系セラミックスおよびアルミナ系セラミックスを用いて、加工液導電率がセラミックスの加工特性にどの様に影響するか詳細に調べた。また、導電性超硬材料であるWC系超硬合金ならびにサーメットをセラミックスと同一条件で加工し、材料特性が放電加工特性にどのような影響を与えるかを調べた。

2. 実験方法

表1は、実験に使用した材料とその化学成分である。実験は、日立製ワイヤカット放電加工機 H-CUT203 M 装置を使用して行った。加工後、試料の放電ギャップと加工面の粗さ測定を行った。また、加工面の観察と元素分析は、日本電子JSM-25 SEM とJXA8900R EPMA装置を使用した。

表2に、他の材料を加工した場合の参照条件も含めて実験を行ったワイヤ放電加工条件を示す。

3. 実験結果

図1は、加工液導電率を変えて各材料の放電加工の安定度を調べたものである。即ち、放電状態が悪いとワイヤーと加工材料が短絡して放電が中断し、加工は進まず、加工時間多くかかる。図から、セラミックスは加工液導電率が20~30 μ S/cm付近までは、

表1 実験材料および化学成分 (Wt%)

	C	O	Al	Ti	Co	Ni	Mo	Zr	Nb	Ta	W	total
ZrO ₂ -HfO ₂ セラミックス	4.442	13.652						58.519	23.388			100.0
Al ₂ O ₃ -TiCセラミックス	5.655	39.752	42.036	11.557								100.0
WC系超硬材料	6.185			7.065	8.523					12.392	65.844	100.0
TiC-Ni(Co)系超硬材料	18.465		1.085	33.185	2.157	34.934	4.111				6.053	100.0

EPMA WDS Semi-Qant Analsys

表2 加工条件および加工特性

特性	電気加工条件				加工特性	
	Voltage (V)	On time (μ sec)	Off time (μ sec)	D.F. (%)	Peak current (A)	Cutting rate (mm ² /min)
合金工具鋼 (SKD11)	※ 95	3.5	13.5	20.6	50~65	27.80
	※ 75	2.3	7.7	23.0	40	8.90
超硬合金 (WC系)	※ 95	4.5	17.3	20.6	40~50	7.50
	140	1.64	11.76	12.2	30~35	1.00
ZrO ₂ -NbCセラミックス	140	1.64	11.76	12.2	40~50	5.50

鋼線ワイヤ 0.25mmφ ワイヤ張力 1000 Kg
加工液導電率 26.0 μ S/cm~48.0 μ S/cm 加工液圧力 1.50~1.70 Kg/cm²

※ 印行は参照条件

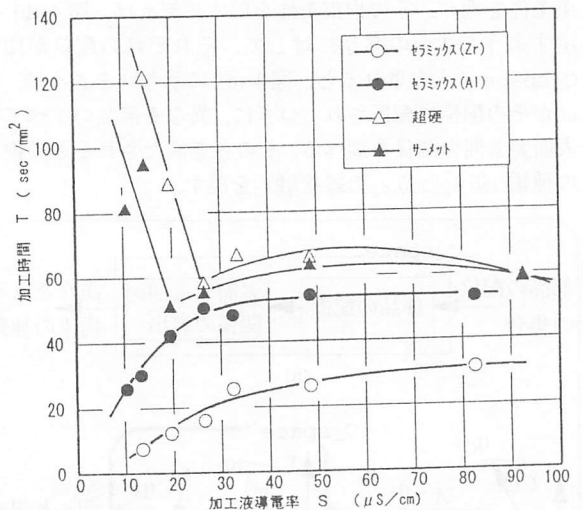


図1 加工液導電率による加工時間の変化

放電状態が良いが、加工液導電率が大きくなると不安定となる。超硬材料の場合は、セラミックスと同一加工条件であるため、加工速度は遅いが、セラミックスの場合とは逆に、加工液導電率が20~30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 付近まで放電は非常に不安定であり、その後、加工液導電率が大きくなると、安定する。図2は、ジルコニア系セラミックスの

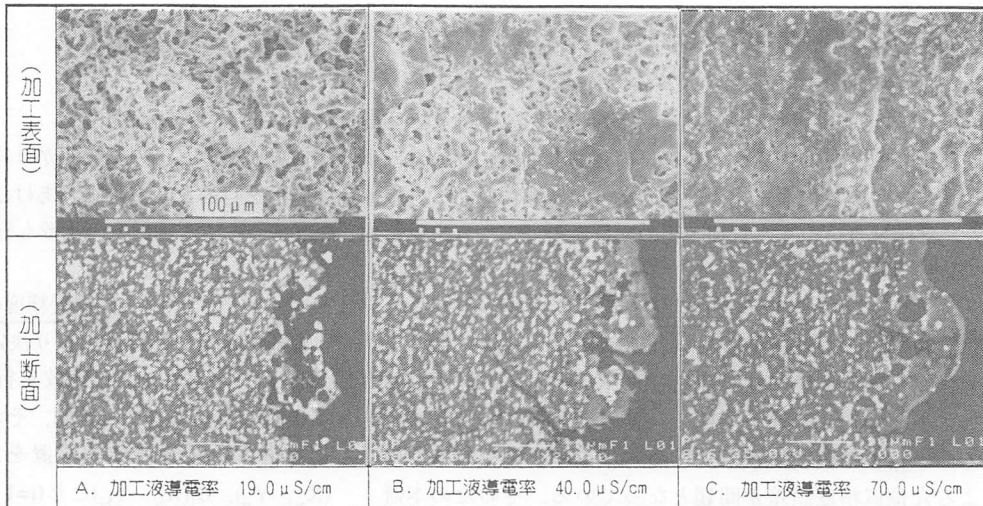


図2 ZrO₂-NbCセラミックスの加工表面および加工断面

加工表面と加工断面をSEMとEPMAで観察したものである。加工液導電率が大きい場合ほど、加工表面に厚い溶融再凝固層を形成する傾向があった。また、再凝固層の元素分析の結果、基地材料の成分組成と大きな違いは見られなかった。これは、ベースのZrO₂と導電体のNbCが均一に溶融再凝固したものと思われる。

図3は、セラミックスの加工速度と加工後の片側放電ギャップを測定したものである。加工液導電率が20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下では、加工速度は大きい、アルミナ系セラミックスは、ジルコニア系セラミックス比べて加工速度は小さい。いずれの場合も、加工速度が小さい時には、加工表面に再凝固層が多く付着しており、放電ギャップも小さい。特に、再凝固層で加工面が覆われる程、材料の導電度が低下し、放電が不安定となって加工速度も大きくならない傾向がある。

図4は、超硬材料の加工速度と加工面粗さを測定したものである。超硬材料の場合はいずれの加工液導電率の場合にも溶融再凝固層の付着は見られず、セラミックスの場合とは逆に加工液の導電率が30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下では、加工速度は次第に低下する。加工面粗さは、加工速度が大きい程粗さも大きい、サーメット材料の場合は加工速度の変化よりも加工液導電率の変化と良い一致を示し、導電率が大きい程粗さは大きくなった。

4. 結 言

導電性セラミックス材料のファイヤ放電加工は、加工液導電率が大きいと加工の放電状態は安定せず、加工材の溶融再凝固層が加工面に付着して材料の導電度を低下させる。これはまた、加工速度、放電ギャップ、加工面粗さなどの加工特性に大きく影響する。溶融再凝固層は、内部に空洞やクラックを含みこれ自体、加工面の欠陥となる。

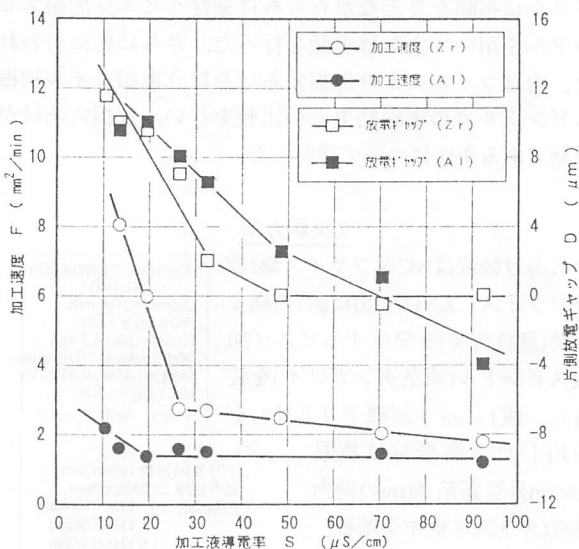


図3 セラミックスの加工液導電率による加工特性

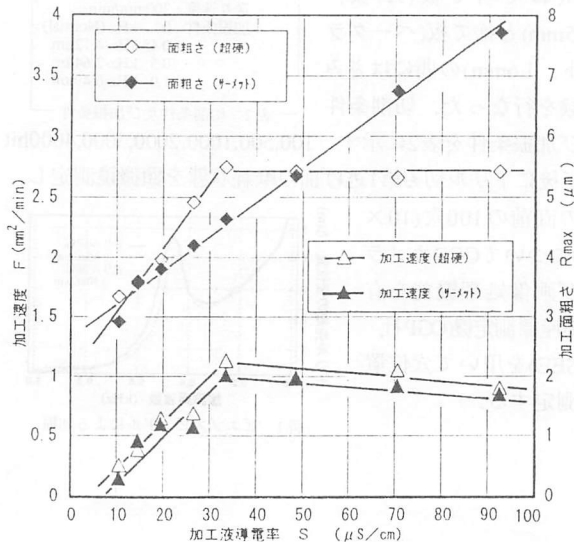


図4 超硬材料の加工液導電率による加工特性