

超硬合金の電解加工法

Electrochemical Machining of Cemented Carbide Alloys

御子柴 佑 恭* 鈴木 靖 夫*
Tomoyoshi Mikoshiba Yasuo Suzuki

上野 興 三* 水原 康**
Kôzô Ueno Yasushi Mizuhara

要 旨

電解加工法(電解研削, 電解形彫り)により超硬合金を加工する方法について述べた。超硬工具チップを研削するときの諸特性を論じ, さらに電解形彫り法における電解液の選定と加工結果について報告したものである。

1. 緒 言

従来超硬合金は主として, ダイヤモンドによる切削またはダイヤモンドと石による研削, ボロンカーバイトおよびグリーンカーボランダムによる研削, 放電加工などにより加工されていた。これらの加工法においてはいずれも工具が高価であるか, または加工速度が低いので非能率である。

これらの加工法に比べて加工速度の著しく高い電解加工法が発表され, その普及には著しいものがある。超硬合金のように高硬度の材料の加工に対しては特に電解加工法はその効果が著しく, 電解研削盤として加工機が市販されるようになった⁽¹⁾。

表1は超硬合金の各種加工法における加工能率の比較を示したものである。表より明らかなように電解加工法は加工速度, 経済性の点から最もすぐれた加工法であることがわかる。

電解加工法は被加工物の硬度に無関係に加工できること, 複雑な形状でも一行程で加工できること, 特に硬度に無関係に加工できるため従来の難削材料の加工においては約10倍程度の加工速度も容易に達成できる。このため電解研削法は主として超硬工具の加工を中心に, 電解形彫りは主として難削材, 複雑な形状部品, 鍛造型などの加工を中心に発達している⁽²⁾。

電解研削法は電導性と石に電気絶縁性と粒を埋め込み, このと石と被加工物の間に電解液を流し込み, 被加工物と石の間に通電して, 被加工物を電気分解作用(陽極溶解)により除去するものである。電解液には主としてアルカリ金属塩の水溶液を使用し, たとえ電解のとき被加工物表面に電気絶縁性の酸化被膜が形成しても, これをと粒の切削作用により除去するとともに, 電解液は電極の回転によりと石と被加工物間に形成される液薄膜となる。一方と粒はと石と被加工物の相対的距離を一定の微少な値に保持するもので, きわめて加工能率を良くしている。したがって電解研削は電気化学的溶解作用と機械研削的作用が併用されていることよりこのように呼ばれる。

電解形彫り法は電導性工具を使用し, 前記と粒を持たないため, 電解時の被加工物表面に酸化被膜が形成されないような電解液を使用する。この電導性工具と被加工物の間げきを微少な値に保持し, この間げきへ電解液をポンプによって供給しながら加工を行なう。本加工法において電導性工具は被加工物の加工の進行とともに送り込まれ, 電解研削法のように工具は回転しないので, 工具を複雑な形に成形して加工することができ複雑な形を成形するのに好都合である。また従来の放電加工による加工能率をはるかに上回るもので電解研削法と同程度の加工速度が得られる。

本報告においては主として超硬合金の電解加工法の特性について

* 日立製作所機械研究所

** 日立製作所川崎工場

表1 電解研削とほかの研削法との比較

比較項目	電解研削	ダイヤモンド研削	放電研削	GC研削
研削能率 { 荒研削 仕上研削 (g/min)	26	0.1~0.3	0.4 0.05~0.1	0.4~1.7
研削面あらさ (H _{max} μ)	0.4~3	0.4~1	2~6	2~10
研削バイト切刃 稜	ホーニングした 程度の丸み	鋭いホーニング が必要	割れが出易い	割れ, かけが多い
研削バイトの寿命	ダイヤモンド 研削と同じ	GC研削の 数倍	GC研削と ダイヤモンド研削 の中間	—

(三菱金属鉱業株式会社 古野知祐 “最近の電解加工の技術講習会テキスト” より)

述べる。

2. 超硬合金

超硬合金(焼結炭化タングステン合金)は切削用工具合金として広く使用され, その硬度が著しく高いことは周知のとおりである。ここではこれらの詳細は省略し本合金を電解加工するうえに必要な事項について簡単に述べる。

WC合金にはWCをCoで焼結したもの(WC+Co系)とWCのほかにTiCを配合しCoで焼結したもの(WC+TiC+Co系)の二つがある。WC+Co系は鋳鉄, 銅合金, ベークライトなどのかたくてもろい材料の切削に適し, WC+TiC+Co系は鋼類の切削に最適である。WC合金はCoの量により性質が変わる, Coの量が増加するとともに粘性が増加するが硬度, 切削能力は低下する。したがって切削工具には6% Co, ダイスのほか成形工具には13% Coを使用している。

本論においては切削工具用超硬合金S1材を加工工具用超硬合金としてG, D種(住友電気規格)を使用した。これら材料の成分を表2に示した。

超硬合金を構成するW, Co, WC, Tiの性質は表3に示すとおりである。この表より明らかなように, WCの比重が大きいため超硬合金の体積成分は重量成分とはかなり相違しており, 13% CoのものではCoの体積成分が40%になっているものもある。

3. 電解研削法による加工

本研削法の原理についてはすでに広く発表されているのでここでは省略する⁽¹⁾。この加工法の特長を要約すると次のとおりである。

- (1) と粒の消耗が非常に少ない(と粒の消耗が少ないので成形研削に適する)。
- (2) 研削能率が良好である。
- (3) と石の目つまりが少ない。
- (4) と石と被加工物の接触が少ないため, 研削熱による研削焼けや研削割れの発生がない。

表2 超硬合金の規格

種類	化学成分 (%)				用途	
	W	Ti	Co	C		
S	S F	53~72	15~30	5~6	8~13	鋼の精密切削
	S 1	72~78	10~15	5~6	7~9	
	S 2	75~83	6~10	5~7	6~8	
	S 3	78~85	3~6	6~8	5~7	
G	G 1	89~92	—	3~5	5~7	鋳物, 非鉄金属, 非金属の切削
	G 2	87~90	—	5~7	5~7	
	G 3	83~88	—	7~10	4~6	
G*	G 5	82.6		12	5.4	耐衝撃用工具に使用
	G 6	80		15	4.9	
	G 7	75		20	4.6	
	G 8	70		25	4.3	
D	D 1	88~92	—	3~6	5~7	引伸工具
	D 2	86~89	—	6~8	5~7	
	D 3	83~87	—	8~11	4~6	

* 住友電気規格 (イゲタロイ)

表3 超硬工具成分の諸性質

成分	W	Ti	Co
比重	19.6	4.5	8.9
電気化学当量	$W^{++}0.148 \times 10^{-2}$	$Ti^{++}0.331 \times 10^{-2}$	$Co^{++}0.206 \times 10^{-2}$
CC/(A・min)	$W^6+0.099 \times 10^{-2}$	$Ti^4+0.165 \times 10^{-2}$	
原子量	183.86	47.90	58.94
色調	白色 (粉末)	銀白色	灰色の粉末
耐酸性	きわめて強い (表面が不動態化)	鉄より侵されない	鉄属に属し
耐アルカリ	比較的侵される		鉄と同一

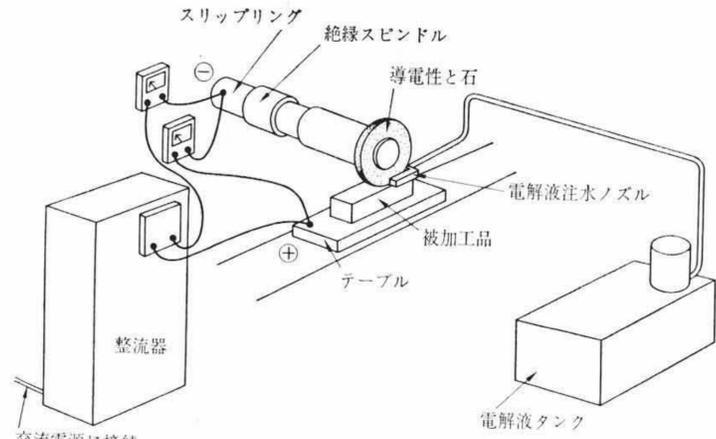


図1 電解研削機の構成

給ポンプによりと石に噴射され、と石に噴射された一部の液はと石の回転につれて加工部間げきに供給され液膜を形成する。この液膜中で電解反応が起こり反応によって生成した気体および沈殿物または溶解物は液膜中の流れにより排出される。加工間げきを通過した液は回収されて電解タンクに戻る。

3.2 電解研削の特性

本章では電解研削法の各種の特性を実験的に求めた結果につき述べる。これらの実験はいずれもシングルレヤーダイヤモンドと石による電解研削の特性である。

(1) と石粒度, と石周速, 研削量の関係

電解液は $NaNO_2$ 10% 水溶液を使用し、研削圧力 1 kg/cm^2 のときの超硬合金 S1 のプランジ研削において、ダイヤモンドと石粒度を #60, #120, #220, と石周速を 16, 24, 32 m/s と変えて研削量を測定した結果を図2に示した。図よりと石粒度は #60, #120 程度が良く #220 の研削量が少ない。また周速については研削量にほとんど影響しない。前工面あらさを図中点線で示したが、いずれも 2μ 以下のあらさになっている。

(2) 研削圧力と研削量, あらさの関係

研削圧力を増加するとと粒による機械加工の割合が増加し研削量は増加する。この傾向を定量的には握するため研削圧力を変えて実験した結果を図3に示した。研削圧力 4 kg/cm^2 においてはと石の粒度によらずとも研削量はほぼ同一の値になることがわかった。

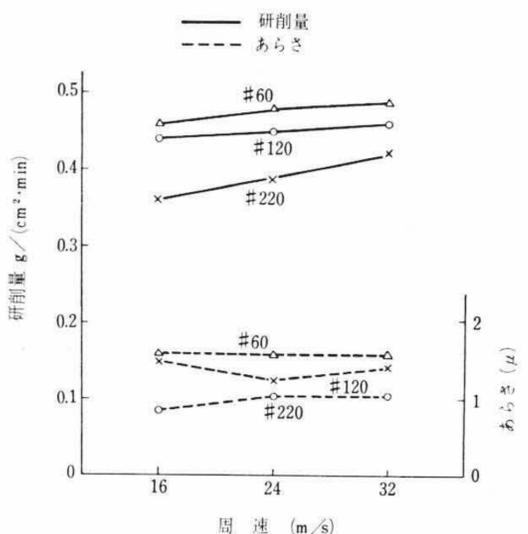
(3) と粒突出量と電流密度

電流密度とと粒の突出量 (金属と石面よりと粒の加工面側への露出量) の関係を調べた。と粒突出量は加工時のと石と加工面との距離を規定するので、突出量の減少とともに加工量は増加する。しかしながらと粒突出量が極端に小さくなると、機械的研削作用による切粉のためにと石と被加工物の短絡を引き起こすようになる。実験の結果を図4に示した。と粒突出量が 0.02 mm 以下にな

(5) 電解研削した超硬チップの工具寿命に影響がない。これらの特長があるため現在超硬チップの研削として利用されている。しかしながら近い将来鋼類の加工にも応用分野が拡大されるものと思われる。

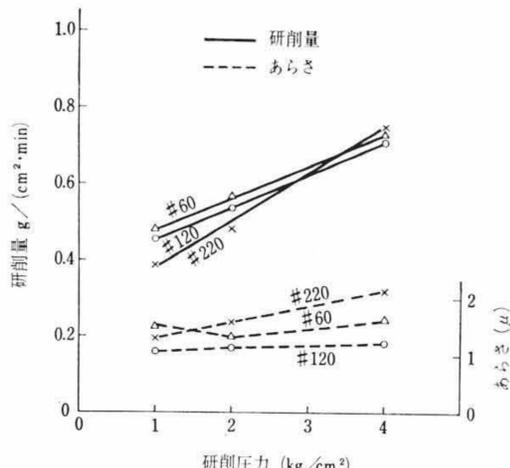
3.1 電解研削盤の構成

電解研削盤は研削機本体、電解加工用電源、電解液循環系より構成されている。これらの構成を図1に示した。研削機本体は電導性と石とこれを高速で回転させるスピンドルと被加工物を送り込むテーブルより構成され、と石の近くには電解液注水ノズルが設けられている。と石と被加工物間には $2 \sim 20 \text{ V}$ の直流電圧が供給される。このための直流電源は電流容量が大きい 220 V AC を直流に変換するための整流器を内蔵している。電解液は電解液タンクより供



電解液: $NaNO_2$ 5%, 電流密度: 34 A/cm^2
研削圧力: 1 kg/cm^2 , 研削物: 超硬 S1

図2 と石粒度と周速の関係



電解液: $NaNO_2$ 5%, と石周速: 24 m/s
被加工物: 超硬 S1

図3 研削圧力と研削量の関係

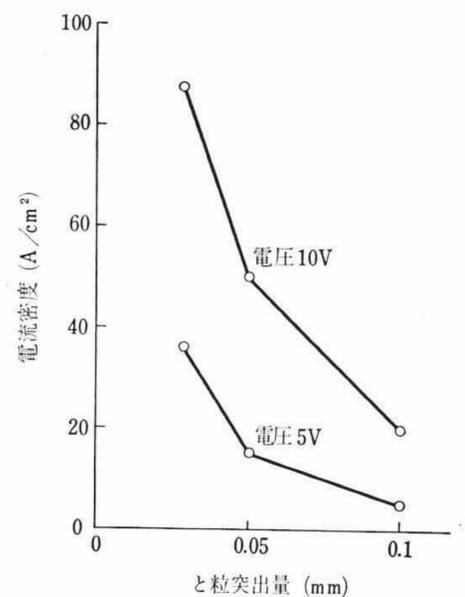


図4 と粒突出量と電流密度の関係

表4 電 解 液 の 種 類

項 目	電 解 時 間 (s)	電 流 密 度 (A/cm ²)	電 圧 (V)	研 削 量 (g/cm ²)	仕 上 り 面 さ (μ)
溶液の種類 亜硝酸ナトリウム NaNO ₂	60	16.6	23	0.2	7.25
水銀化ナトリウム NaOH	60	12.5	16	0.038	6.75
硅酸ナトリウム Na ₂ SiO ₃	60	8.3	17	0.09	16.5
第3磷酸ナトリウム Na ₃ PO ₄ 12H ₂ O	瞬間的に 8.3A/cm ² ぐらい流れるが、すぐ流れなくなる				

(注) ① この溶液はすべて5%水溶液である。
 ② これは、と石を回転させず純電解のデータである。
 ③ 被加工物は、超硬チップ S1 である。

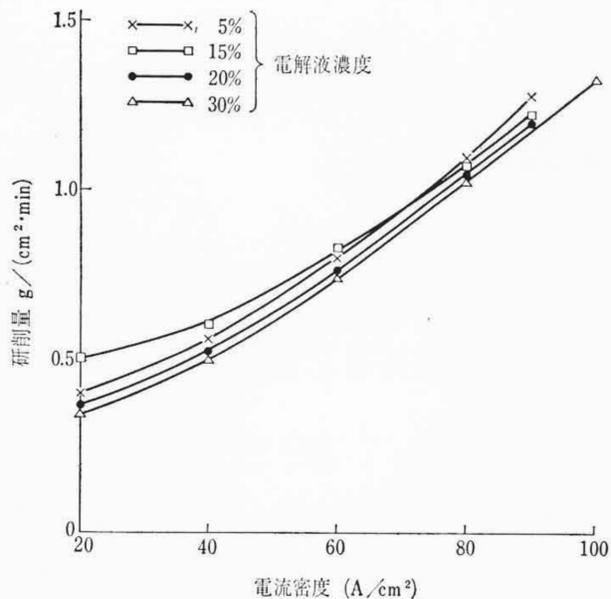


図5 研 削 量 と 電 流 密 度

ると短絡によるスパークが多く発生し加工困難になることがわかった。また加工電流密度はほぼと粒突出量に反比例している。なお、このときのあらさはいずれも2μ以下であった。

(4) 超硬バイトの種別による研削性能

超硬バイトにおける電解加工において、WCとCoの配合がことなっているため材料において研削性能に差が生ずるはずである。後述する電解形彫りにおいてはこの傾向がみられるが、電解研削においてはと粒による機械的研削があるため必ずしもこの傾向はあらわれない。

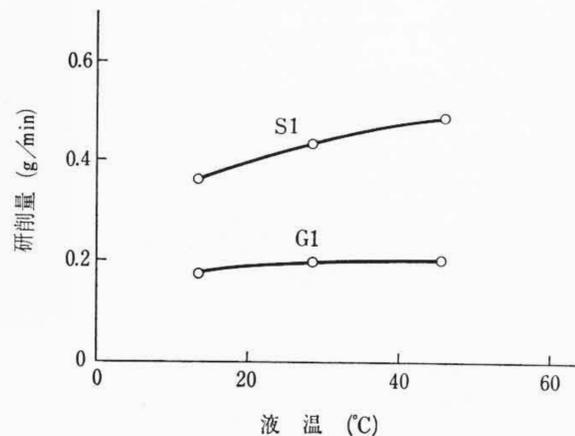
3.3 電 解 研 削 液

(1) 電 解 液 の 種 類

電解反応において陰極への析出反応を起こしにくい金属塩として、アルカリ金属塩の水溶液のうち、NaNO₂, NaOH, Na₂SiO₃, NaPO₄の5%溶液にてS1材をと石を回転せずに純電解した結果を表4に示した。NaNO₂が電気伝導度が高く能率の良いことが判明した。市販の電解研削液は本電解液と同程度の加工能率を示している。またNaNO₂水溶液は弱アルカリのため機械のさび止めに好都合である。

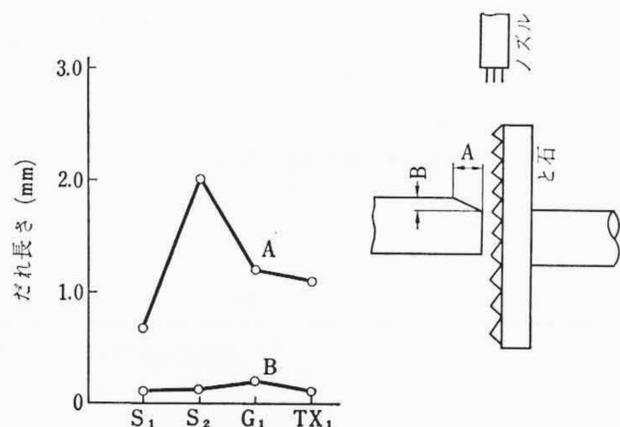
(2) 電 解 液 の 濃 度 と 電 流 密 度

電解液の濃度により電解液の電気伝導度は変化するが、実際の研削加工においては電解反応により放出する気体によりかなり電気伝導度は低下すると思われる⁽³⁾。電流密度が等しい場合には電解反応におけるFaradayの法則により電解研削量はほぼ等しい。したがって同一電流密度における被研削量の差異は機械研削量の相違量を示す。図5は各電流密度に対する研削能率の実験結果である。この図より各濃度による機械的研削量の差は1~2割程度になっていることがわかった。また総研削量の値は同一電流密度において濃度によりほとんど変わらない。また各電圧に対する電流密度を測定した結果、濃度によって電流密度は変化し、そ



電解液：NaNO₂ 5%，と石粒度：#120，電圧：21V

図6 電 解 液 の 温 度 と 研 削 量 の 関 係



電解液：NaNO₂ 5%水溶液，圧力：2kg/cm²，と石周速：24m/s

図7 バイト刃先のだれ (加工時間1分間)

の値はほぼ各濃度における電解液の電導度に比例している。

(3) 電 解 液 の 温 度

電解液の電導度は温度により変化するがその量は1%/°C程度である。したがって(2)の濃度を10%程度変化させた程度の影響があらわれるものと考えられる。電解液の温度を変えて研削能率の差を測定した結果を図6に示した。これから研削能率にはあまり影響しないことがわかった。

(4) 電 解 液 の 供 給 方 法 と 供 給 量

電解液は加工間げきに過不足なく供給する必要がある。すなわち供給量が多過ぎると、加工個所以外のところへ電解液が流れ漏えい電流により所望の部分以外が電解加工される。液が不足した場合は機械的研削量の割合が増加するためスパークの発生が多くなり作業能率が低下する。

電解液の供給方法は、カップ形と石を使用した場合には、と石中央の凹部に供給して遠心力によりと石表面を膜状に電解液膜で包むようにしなければならない。電解液を一般の機械研削用と同様にバイト上部から供給した場合の刃先のだれを測定した結果は図7に示すとおりである。これより単にと石面に供給することは好ましくないことがわかる。

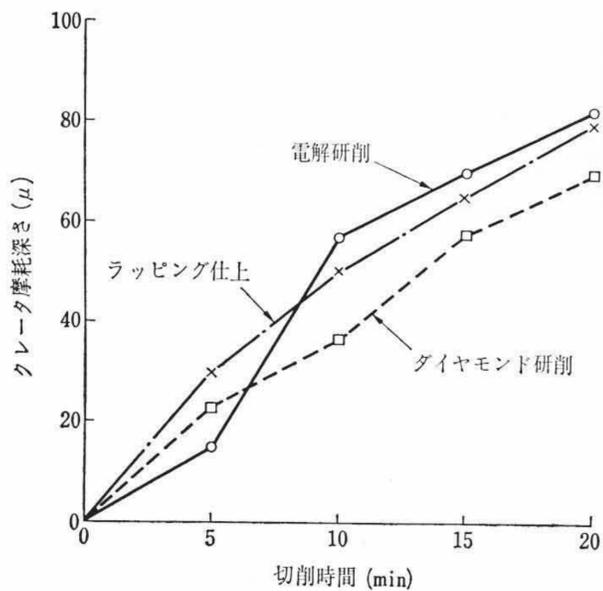
3.4 電 解 研 削 し た バ イ ト の 切 削 性 能

電解研削した超硬チップの切味は、S、G種とも実用試験の結果#220ダイヤモンドと石により機械研削したものと#60シングルレヤーダイヤモンドと石により電解研削したものと有意差は認められなかった。

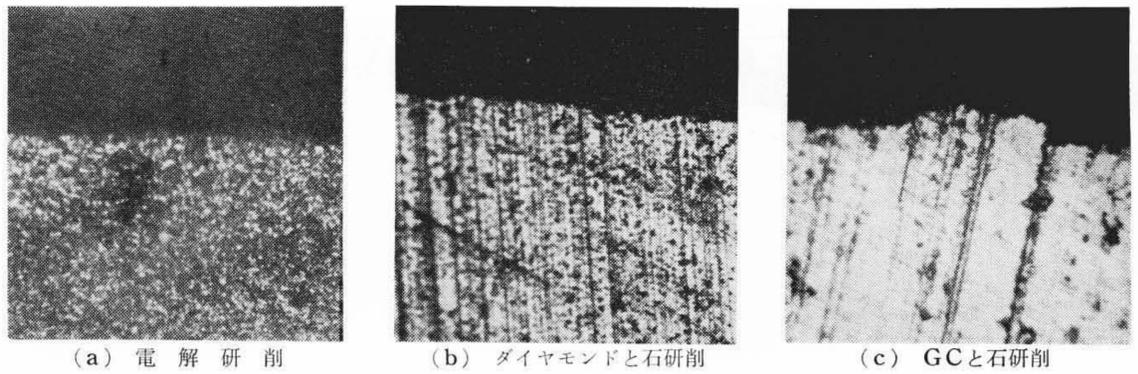
バイトの切削寿命の試験結果を図8に示した。両者の差異はほとんどないことがわかる。なお、電解研削、ダイヤモンドと石研削、GCと石研削を行なったバイトの加工面は図9に示すとおりである。

3.5 電 解 研 削 応 用 加 工

本節においては主として電解研削法による加工例を示し、本加工法の適用分野の参考とするものである。電解研削法は超硬チップの加工を中心に発達してきたが、本加工法は単に超硬合金の研削に止



(S55Cの切削において切削速度 200 m/min のときの値)
図8 バイトの摩耗—切削時間の関係



(b)は#220のと粒, (c)は#80のと粒
図9 各種研削法によるバイト刃先(50倍)

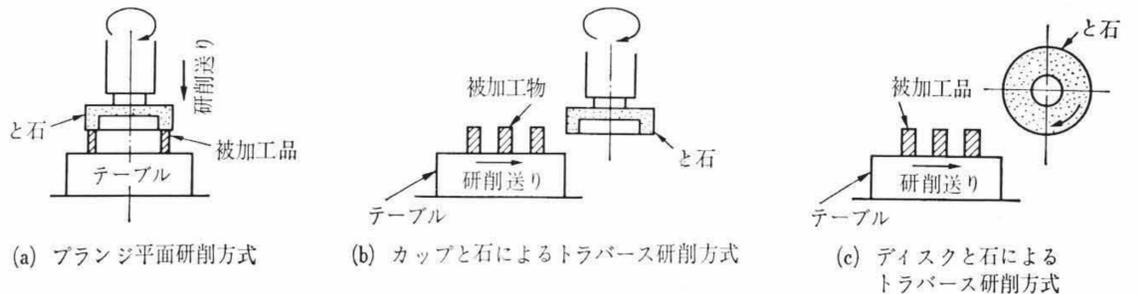
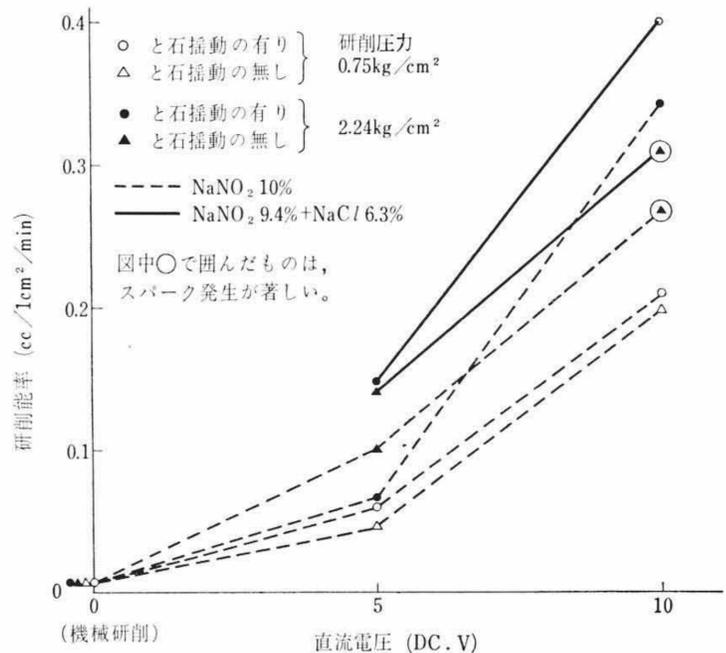


図10 平面切削方式の種類

表5 超合金ブレードの横軸トラバース加工例

研削方式	と石	切込み (mm)	送り速度 (mm/min)	電解電圧 D.C. (V)	電解電流 (A)	研削時間 (min)	研削量 (cc/min)	能率比
電解研削	メタルボンドダイヤモンドと石	0.3	80	8	230	5.1	0.55	9.0
	EGT-A導電性と石	0.3	50	10	310	8.1	0.35	5.8
機械研削	メタルボンドダイヤモンドと石	0.02	15,000	—	—	45	0.06	1.0

被加工品寸法: 幅 23 mm×長さ 410 mm
被加工品材質: 超合金G種
電解液: NaNO₂ 10% 水溶液
研削代: 0.3 mm
研削幅: 電解研削 23 mm
機械研削 0.2 mm



と石: #120メタルボンドダイヤモンドと石
図11 鑄造磁石鋼のプランジ研削加工

まらず鋼類の加工にもその応用分野は拡大されている。

電解研削法はその形式において研削法に似ており、研削方式も研削盤と同様次の3方式に分類される。

- (1) 平面研削
- (2) 円筒研削
- (3) 電解成形研削

(1) 平面研削 (図10参照)

平面研削にはプランジ研削と横軸および立軸のトラバース研削がある。これらにつき簡単に説明する。

カップと石によるプランジ研削は平面研削において、部品形状、寸法に制約があるが、被研削面を全面同時に研削できるため、もっとも能率の良いものである。従来の機械研削におけるこの方式はバイト研削のように小面積の短時間作業にしか用いられていない。これは研削熱の発生やと石目詰りが著しいためである。しかしながら電解研削ではこのような心配がないので、環状の部品、小物部品の加工に適用されている。鑄造磁石鋼を研削した例を図11に示した。

カップと石によるトラバース研削は平面研削のうち最も加工能率の低いものである。被加工品は加工終了後もと石直径だけテーブルが移動しないと加工は終了しない。しかし研削平面に複雑なみぞなどが刻まれている場合は、研削によるかえりが出ないために本方式を採用すれば有利である。

ディスクと石によるトラバース研削は大きな研削面積を持つ加工品を大きな機械を使用しないでもできる。と石と被加工品との接触弧の長さ l は $l = \sqrt{D \cdot t}$ により与えられる (D はと石直径、

t は切込深さ)。切込深さ t に対し l はかなり大きくなるから研削能率は立軸トラバースよりも大きくなる。超合金を本方式で研削した例を示したのが表5である。

(2) 円筒研削

円筒研削においては、と石と被加工物の間げきを小さくしても平面研削の割には対向面積が小さく非能率であるが、と石直径を大きくとることにより実用的な能率を得ることができる。現在これらについては研究試作の段階で近い将来円筒研削盤が発表されるようになるものと思われる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

(3) 電解成形研削

あらかじめ成形されたと石により被加工物を成形するもので、電解研削ではその加工量の大部分が電解によりなされるため、被加工物を成形する場合通常の機械研削よりと石の摩耗はかなり小さく、電解研削の特長を遺憾なく発揮している。表6および図12は本方式により加工した加工例を示したものである。

4. 電解形彫り加工

電解形彫り加工における被加工物の材質と電解液の種類については鉄鋼用の電解液としてNaCl水溶液が広く用いられている。これ

表6 電解成形研削の加工例

部品名	材 質 度	と 石	電 解 液*	電 解 電 圧 (V)	電 解 電 流 (A)	送 り 速 度 (mm/min)	部 品 形 状
モールド形	SKS3 HRC55°	EGT-C 導電性と石	B 液	DC11	50	1.2	
チェザー	SKS3 HRC55°	EGT-B 導電性と石	B 液	DC11	60	1.2	図12 (a)参照
	超硬合金 S1	EGT-B 導電性と石	B 液	DC11	20	0.9	図12 (b)参照

* アメリカ・ハイカーブ社規格

表7 亜硝酸ソーダ液中で陽極より発生するガス(体積%)

試験 No.	No. 1	No. 2
成分		
(H ₂ O)	1	0.7
CO	—	9
N ₂	43	53
NO	42	0.5
O ₂	—	34
NO ₂	8	—
Ar	0.4	0.1
CO ₂	5	2
備 考	印加電圧 12.5 V	印加電圧 6 V

表8 カ性ソーダ液中で陽極より発生するガス(体積%)

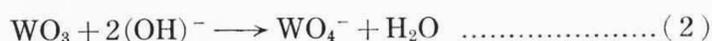
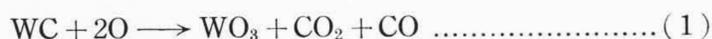
試験 No.	No. 1	No. 2
成分		
(H ₂ O)	0.5	1
CO	4	4
N ₂	7	—
NO	—	—
O ₂	88	94
NO ₂	—	—
Ar	0.1	—
CO ₂	0.1	0.1
備 考	印加電圧 15 V	印加電圧 20 V

は食塩水中の Cl⁻ イオンが被加工物である Fe 表面に電解時に生成せんとする酸化被膜を形成しにくくしていること、人体に対する衛生上の問題が少ないこと、価格が低廉なことなどの理由による。NaCl 水溶液にて加工できる金属はかなり多いが、本論で問題とする超硬合金については Co のみが早く加工されて表面あらかの悪いものになってしまう。このため超硬合金に適合した電解液の選定が必要である。幸いなことにすでに電解研削法において使用されている電解液がありこれらを参考にして電解液の選定をすることができる。もちろん電解研削法に使用される電解液をそのまま電解形彫りに利用できるとは限らない。それは電解研削法がと粒を使用しているために、不動態化現象が問題にならないからである。このため電解液の選定実験により電解液を選定した。

4.1 電解液の予備実験

電解研削法において使用されている電解液には NaNO₂, NaNO₃, NaOH, NaCl などがあり、W の電解研摩液として NaOH が知られている。このため NaNO₂, NaOH 水溶液を用いてビーカ中にて溶解実験を行なった。ただし NaNO₃ は溶解反応において NaNO₂ に一部変わっていくので⁽⁶⁾、ここでは NaNO₃ は省略した。この実験により電解反応を推定することと陽極溶解が継続しうるやいなやの確認をすることができる。電解反応を推定するためには溶解時に陽極より発生する気体の分析を行ない、電解反応の継続の有無は陽極溶解時の電流の時間に対する変化を測定することにより得られる。陽極より発生する気体の分析結果を表7,8に示した。また電流の時間的变化は少なく溶解反応が継続することがたしかめられた。

WC の NaNO₂ による電解反応として現在推定されている式は次のようなものである⁽⁶⁾。



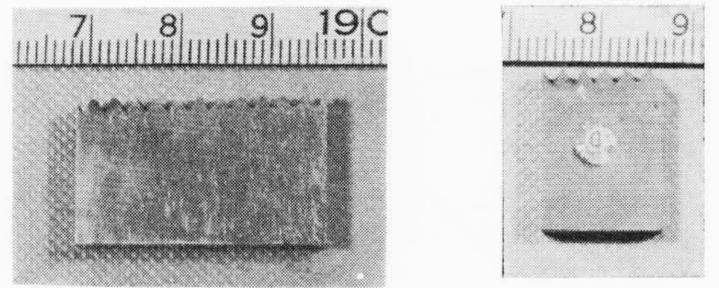
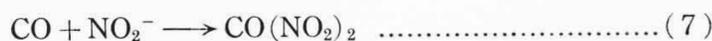
(1)式Oは次の反応により得られる。



(3), (4)式の反応にて発生した NO, CO は突気中の O₂ と反応し



一方 CO は次の反応により沈殿する。

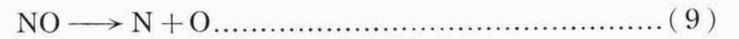


(a) チェザーの電解成形 (材質 SKS-3, HRC55) (b) チェザーの電解成形 (超硬合金 S1)

図12 電解研削による成形加工例

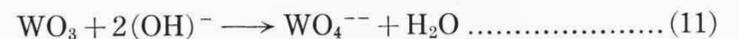


しかるに前記分析結果より考えると NO の一部は分解されて

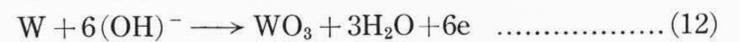


なる反応が起こっているものと思われる。

また NaOH 溶液中では W は次の反応により溶解される。



このことより(1)式はWとCを別々に反応するものとして



なる反応で合成されたものであろう。いずれにせよ W は水溶液中に WO₄⁻ として溶解していることがわかる。一方 CO は沈殿物となって沈殿する。したがって加工量が多量になると電解液は使用できなくなる。ただし WO₄⁻ は 100 cc の水に 55 g 溶解する。

さらに超硬合金の溶解が可能であっても本合金が焼結合金であるため WC, Co のいずれか一方が溶解しても超硬合金は溶解される。このため Co のみが溶解されているとの考えがあった。この点を確認するために W 線を NaNO₂ 液にて溶解されることを確認した。これらの予備実験の結果 NaNO₂, NaOH はいずれも超硬合金を溶解しうるということが判明した。しかるに NaOH は人体に対する衛生上の問題があるのでこれを除き、NaNO₂ を使用することにした。さらに電解液の費用を低廉にするため、Co を溶解する NaCl との混合液を使用することにした。

4.2 加工実験

4.1 の予備実験をもとに NaCl+NaNO₂ 水溶液にて電極を送り込み加工実験を行なった。図13,14は電圧—電流の関係を実測したもので電圧と電流が直線的なものと、そうでないものとの二つの傾向があることがわかった。さらに電極を送り込んで加工を進めると電圧の高い場合には白色の沈殿物が加工面に付着し加工不能となる。この限界の電圧を調べた結果は図14,15に示すとおりである。いずれもほぼ 11V 以下で加工可能である。

また加工電圧 10V で各種材料につき加工面あらかさを測定した結果を表9に示した。G7, G8 材では 2~3 μH_{max} の仕上面が得られることがわかった。

表10は 10% NaCl+10% NaNO₂ の混合水溶液にて加工したときの加工速度を示したものである。この加工速度は鋼類の加工速度に比べ約 1/10 程度で、これは W が 6 価で溶解することによるものと思われる。

なお NaNO₂ 単独水溶液にて加工実験した結果は前記混合液の 1/5 程度の加工速度であった。ただし、日立製作所で開発した高速加工法によれば、下穴のある場合には 1~1.5 mm/min の加工速度は容易に得られる。

高速加工法により 12φ の穴あけをした結果を図18に示した。図より ±0.05 程度の加工精度が得られていることがわかる。

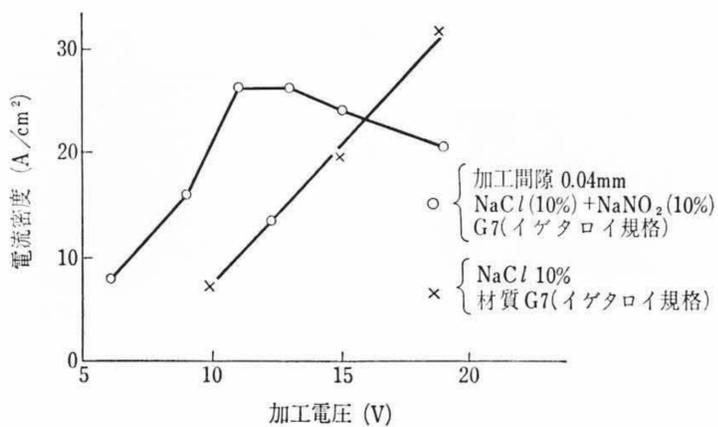


図13 超硬合金の加工における電圧—電流特性

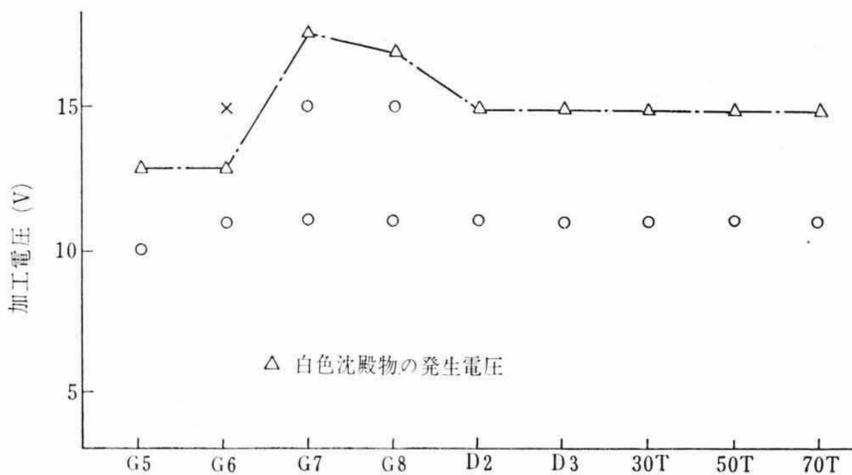


図17 加工限界電圧

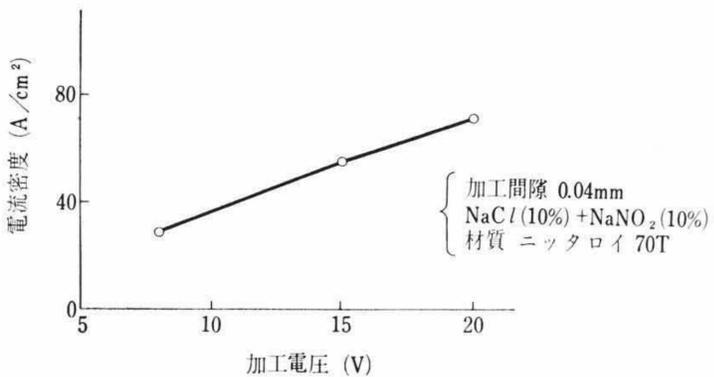


図14 超硬合金加工における電流電圧特性

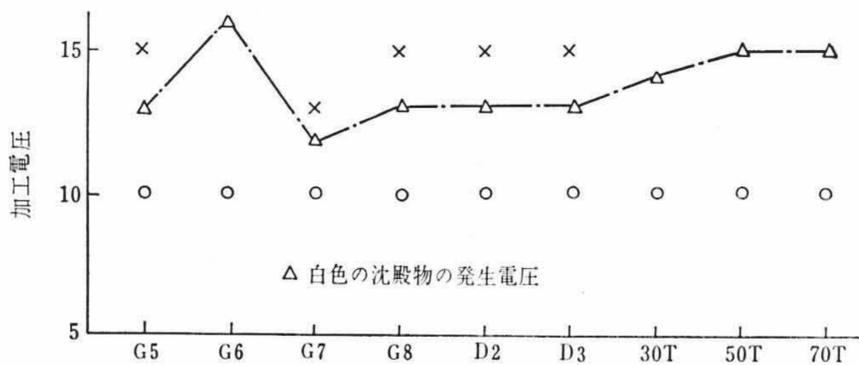


図15 加工限界電圧

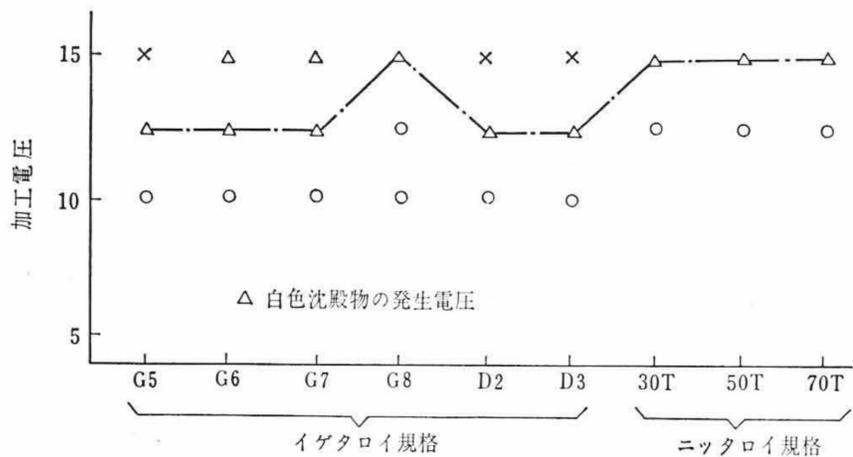


図16 加工限界電圧

表9 電解液による面あらし(単位 μ)加工電圧: 10V

混合液	(NaCl 10% NaNO₂ 10%)	(NaCl 15% NaNO₂ 5%)	(NaCl 5% NaNO₂ 15%)
材 質			
G5	30	32	45
G6	22	12	22
G7	2	1	16
G8	2	1	14
D2	12	18	16
D3	20	10	14

表10 加工速度

材 質	加工速度 (g/100A, s)	材 質	加工速度 (g/100A, s)
G5	0.112	G8	0.153
G6	0.106	D2	0.0633
G7	0.144	D3	0.143

5. 結 言

以上超硬合金の電解加工について論じたが、これらを要約すると、

- (1) 超硬工具用チップを電解研削した結果
 - (a) と石周速の影響はほとんどない
 - (b) と石粒度は #60, #120 程度が良好
 - (c) と粒突出量は 0.02mm 以上で、できるだけ小さいこと
 - (d) 電解研削液は NaNO₂ 5% 程度でよいこと
- (2) 超硬工具加工用チップを電解成形した結果
 - (a) NaNO₂+NaCl 混合水溶液で加工できる
 - (b) 加工電圧は 11V 以下にて加工すること
 - (c) 加工速度は超硬の材質により異なること

などが判明した。

なお電解研削法は超硬合金のみならず鋼類の加工にもその応用範囲が広がっている。本論においては簡単にしか述べなかったが詳しくは別の機会に発表するつもりである。また超硬合金の電解成形は現在開発されだしたばかりであるが、今後急速に発達するものと思われる。

参 考 文 献

- (1) 渡辺：高精度の切削工具加工可能な電解研削法，金属 Vol. 31, No. 13, p. 21~25 (1961)
- C. R., Stroup: Two Report on Electrolytic Grinding, American Machinist Vol. 102, No. 1, Jan 13 p. 106~112(1958)
- W. R. Backer & Reno. R. Cole: 2 reports Shed Light on Electrolytic Grinding, Machinery, March, p. 134~140(1961)
- (2) 川船：電解加工法，日本機械学会誌 Vol. 69, No. 564 p. 89~98 (1966)
- (3) 高田，森下：気ほうを含んだ塩水の比抵抗に関する模型実験，電気化学 Vol. 32, No. 5 p. 376~378 (1964)
- (4) 横川：電解同筒研削性能(第1報) —電解性能— 精機学会昭和40年秋季学術講演会前刷 p. 191~192 (精機学会)
- (5) A. Thinat, A. Hessel: 電解研削，(小林訳) 機械と工具 1964年12月号
- (6) 日刊工業，工業技術振興会：最新の電解加工技術，(1963) 日刊工業新聞社

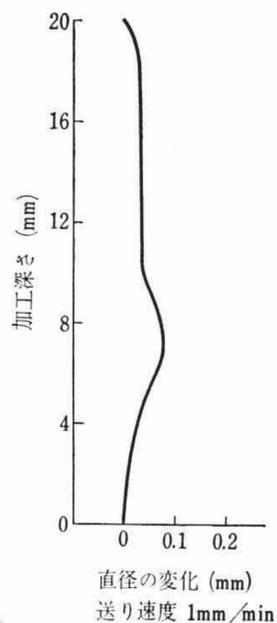


図18 高速加工による超硬(G7)の加工精度