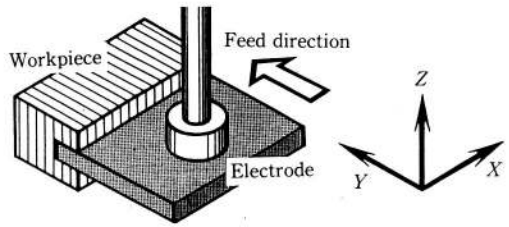




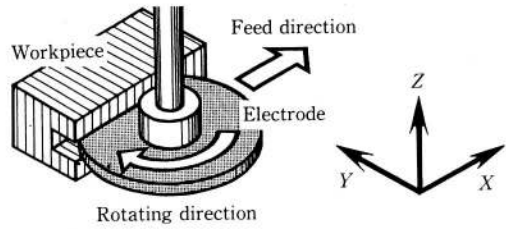


デューティファクタ50%とし、極性は逆極性とした。また、回転円板電極加工では回転数を0から1100rpmまで変化させてその影響をみた。噴流および電極のジャンプ動作は行わなかった。

図2は本研究で用いた電極の形状と加工の進め方を表している。(a)の平板電極加工は工作物表面に対して垂直に電極を送り込んで加工を進めるが、(b)の回転円板電極加工は図に示すように円板電極を回転させながら工作物表面に対し平行に送りを与えて加工を進める。またどちらにおいても加工粉が良好に排出されるといわれている水平方向に加工を行った<sup>2)</sup>。2つの加工方法で加工面生成に関して最も大きな相違点は、(a)の平板電極加工



(a) Rectangular electrode



(b) Rotating electrode

図2 各電極の加工の進め方

では溝の底面は全体が同時に仕上がるが、(b)の回転円板電極加工の場合には電極の最下点が到達した位置から順に底面が形成されていくということである。すなわち回転円板電極加工では、加工位置が加工時刻と一対一に対応している点に大きな特徴がある。

両者とも加工体積は一定(加工溝長さ:36.5mm)であるため、加工に要した時間を加工能率の評価に用いた。電極消耗量は加工前後の電極半径の差より算出した。加工溝底面の形状は電気マイクロメータで、また表面粗さは触針式表面検査機により計測した。加工後の表面状態は、走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した。

### 3. 平板電極による加工

まず一般的に用いられる平板電極加工について検討を行った。

図3は平板状の電極を用いて行った加工で得られた溝の底面形状を示している。図中の破線は工作物表面からの切り込み深さを表しており、実際の溝の深さが設定の深さに達していないのは電極が消耗してしまうためである。

この方法では、加工間隙で加工液の流れに淀みが発生するために工作物上各位置によって放電状態が異なり、その影響で図に見られるような左右対象の大きなうねりが発生するものと考えられる。さらに加工液の流れの悪化により加工粉が停滞しやすくなり、加工粉を介した二次放電で間隙が増加し、うねりの割合も大きくなる。

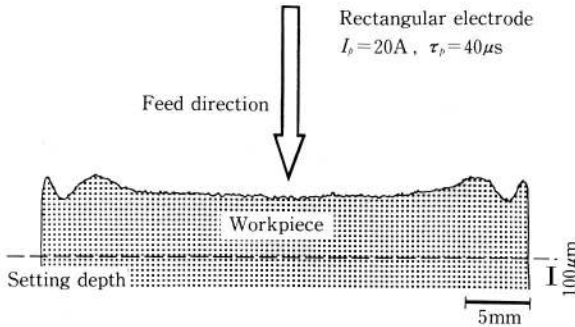


図3 平板電極加工で得られた溝形状

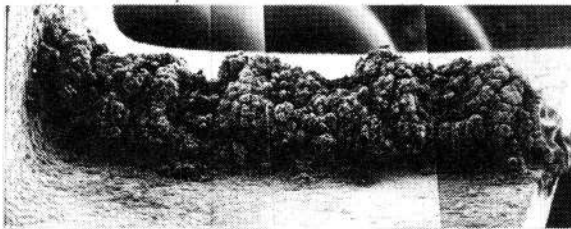
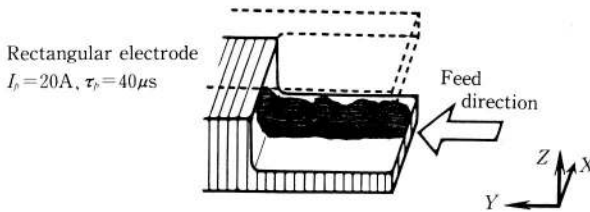


図5 熱分解炭素生成物のSEM写真

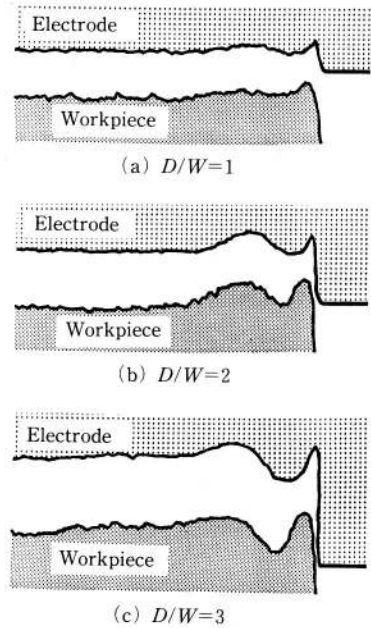


図4 溝および電極形状の変化

そしてこのうねりは図4に見られるように溝の深さDの増加につれて大きくなる。これは溝の深さの増加に伴い加工液の流れがより大きく妨げられるためであると考えられる。また平板電極を用いた溝加工では加工条件によっては異常放電が起こり、加工液の熱分解炭素生成物が堆積、成長する場合もある。

図5はその炭素生成物の電子顕微鏡写真である。これはグラファイト平板電極で溝加工を行った後、その上部を取り除いて撮影したものである。加工液が分解して生成される炭化物は加工液の流れの小さい溝中央部に堆積している。これは加工の進行を妨げるだけでなく、垂直方向に加工を進める場合には火災の発生の原因ともなり、たいへん危険である。これら炭素生成物の成長はグラファイト電極を用いた場合に生じやすく、ほとんどの条件で加工が進行しなくなった。





なるほど加工時間が減少すると考えられる。いっぽう銅電極で得られる単発放電痕は、最初に大きな凹みができ、その後は直線状の細かい痕が続いているが、この細かい痕はあまり深くないため工作物の除去にほとんど関与していないと考えられる。これは放電による衝撃力が放電の初期のみに大きく作用するためであると考えられる<sup>9)</sup>。そして実際に除去されていると思われるク

レータ状の放電痕部分の大きさは、回転数の増加とともに小さくなっていることがわかる。そのために先ほどの図のように回転数の増加とともに加工に要する時間が増加すると考えられる。

なお、ここでは示していないが電極側の放電痕は回転してもほとんど伸びていないことが確認された。これらの結果は屋宮らの報告と定性的には一致している。

図10は回転円板電極の回転数  $N$  と加工面粗さ  $R_{max}$  の関係を表している。図中の□の点および破線は銅平板電極加工の結果を示している。図より明らかなように電極を回転させると面粗さは増加して、ほぼ一定値をとる。そしてこの値は銅平板電極加工で得られた加工面粗さとほぼ同程度となる。また 0 rpm の値は円板電極を回転させずに加工を行った場合のものであるが、グラファイト、銅のいずれの電極材質においてもかなり小さくなることからわかる。これは電極と工作物間に放電が生じる最後の領域での放電が、それ以前に形成された放電面の山の部分を溶融させ、凹凸を平滑にするように作用するためではないかと考えられる。

図11は回転円板電極加工で得られた加工面の電子顕微鏡写真と粗さ計による測定結果を示す。電極の回転数が高くなるにつれて面の凹凸が激しくなっていることがわかる。また写真より回転数が高い場合は加工面の山の部分がはっきりと確認できる。これは以下のような理由によると考えられる。す

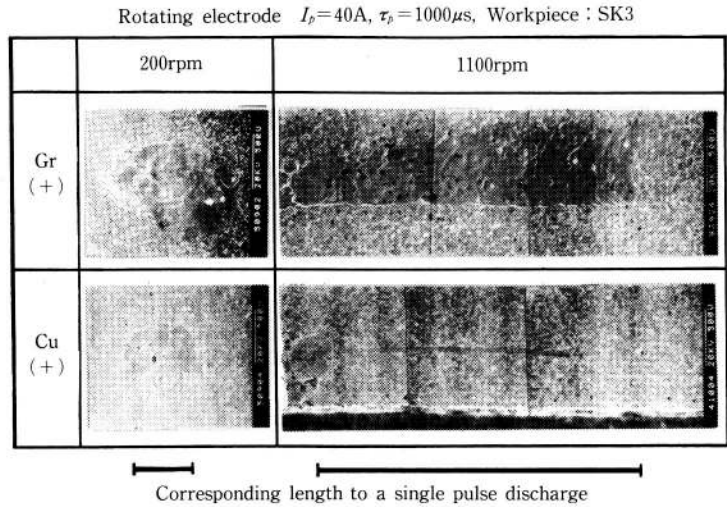


図9 放電痕のSEM写真

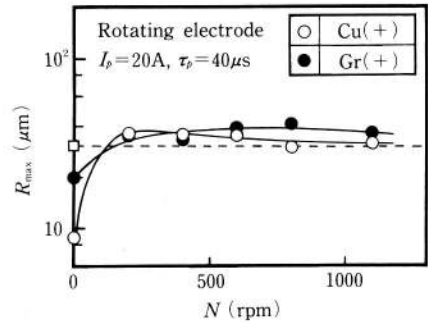


図10 加工面粗さと電極回転数の関係

なわち電極の回転は加工液の循環を良好にするが同時に極間の冷却も促進する。そのため放電の際に溶融して盛り上がった放電痕の山の部分がすぐに凝固し、加工面粗さが大きくなると考えられる。

5. 加工溝深さの補正

つぎに回転円板電極を用いて設定深さどおりの溝を加工する方法について検討する。これには電

極半径の消耗を加工点以外の部分でインプロセスで計測し、その消耗分だけ切り込みにフィードバックする方法が適当と考えられるが、それには相当の設備が必要となる。今回の実験ではあらかじめ各加工条件に対する電極消耗比を既知として、計算により電極の切り込みを制御する方法について検討した。

図12は加工中の電極と工作物の干涉状態を示す。電極は図のX方向に移動するが、電極の消耗のために溝の底面は前出の図6に見られるような曲面となる。

回転円板電極加工では、前述のようにある時刻に形成されている部分は電極の位置から特定できるという特徴を有する。電極の消耗比があらかじめわかっているならば、各放電位置での除去体積より、その位置での電極消耗量および電極直径を算出することができる。また放電面積は電極の位置および径と密接にかかわっており、放電面積がXの増加とともに増加するA～B間、電極消耗分だけ減少するB～C間、さらに放電面積が減少していくC～D間では、それぞれ異なる関係を有する。以上のことを考慮すると、任意の電極位置における電極半径の算出を行うことができる(付録I参照)。

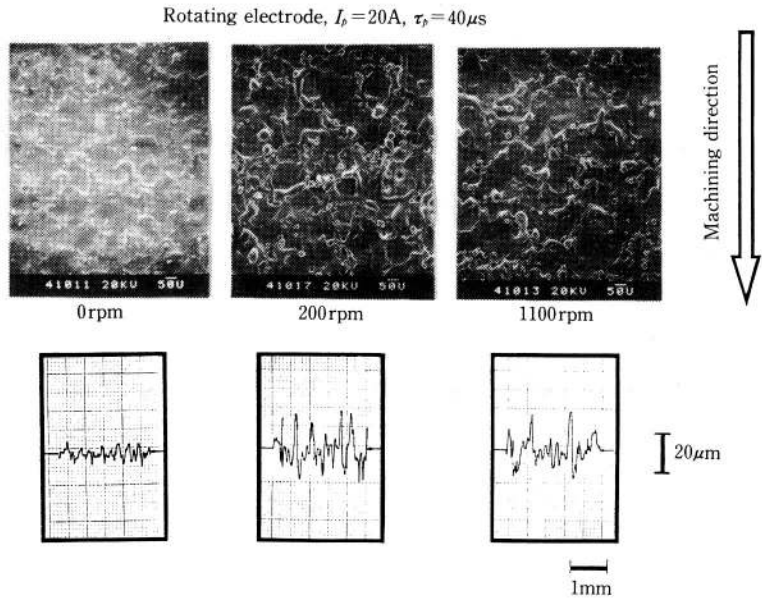


図11 電極回転数の変化に対する加工面形状の変化

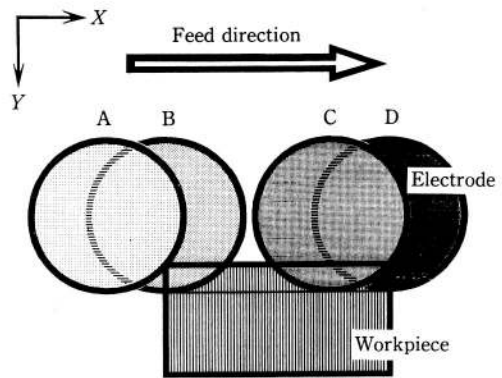


図12 電極と工作物の位置関係













