

【 第 1 章 】

放電加工の基礎知識

## 形彫り放電加工の適用分野と特徴

### ①形彫り放電加工の適応領域

私たちの生活を豊かにする多様な商品において、それらを構成する様々な部品の安定供給と品質向上に、金型というツールは重要な役割を果たしています。形彫り放電加工は、加工物の硬度に関係なく高精度・高品質な加工ができることから、その金型づくりに必要不可欠なマザーマシンとしての地位を確立し、精密・量産部品加工などにも活用されています（図1-1、1-2）。

### ②放電加工の原理

放電加工は放電現象を人工的に発生させ、加工物の局所に電気エネルギーを集中させて溶融除去する加工方法です。電極と呼ばれる工具と加工物を1～数十 $\mu$ mの間隔で対向させ、パルス状に電圧を印加して放電発生させて非接触で加工を行います（図1-3）。1回当たりの放電除去量はサブミクロンから数百ミクロンのごくわずかな量ですが、毎秒数千から百万回を超える放電を繰り返し発生させることで、実用的な加工としています。加工表面の面粗さは、電気的条件を変更することによりサブミクロンまで任意に設定することができます。導電性のものであれば、材質や硬度に関係なく加工ができます。

図1-1 形彫り放電加工機の用途分類

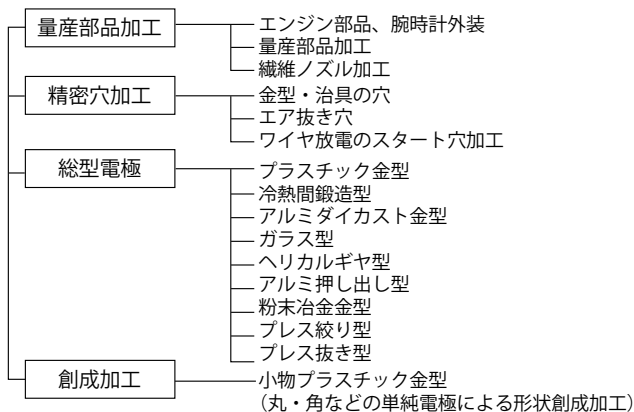
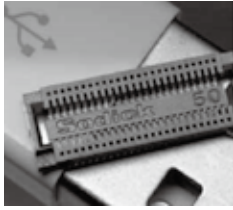
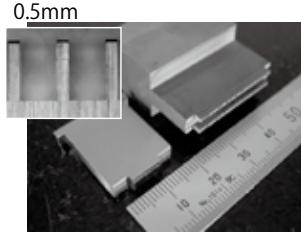


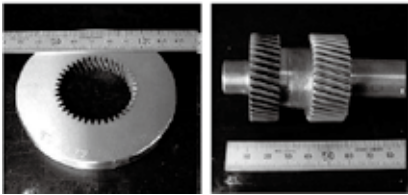
図 1-2 形彫り放電加工の適用例



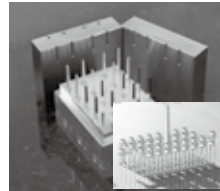
狭ピッチ精密コネクタ



狭ピッチコネクタ金型と電極

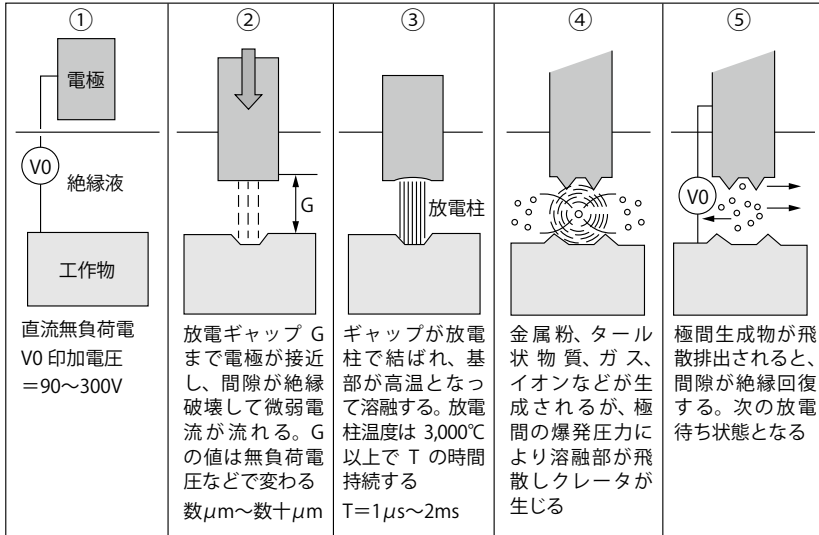


放電によるギヤ金型加工



ピッチ送りマルチ電極

図 1-3 放電加工のメカニズム



### 要点 ノート

放電加工は、電気さえ流れれば加工物の材質や硬度に関係なく、精密な加工が可能です。形彫り放電工機は様々な分野で利用されていますが、主に底付き形状を持つ金型部品加工に多用されています。

# 形彫り放電加工機の基本構成

### ①形彫り放電加工機の構造

形彫り放電加工機の機械本体はベッドとコラムがベースとなり、電極および加工物を移動させるXYZ軸から構成されています（図1-4、1-5）。高精度加工への要求から機械剛性と精度維持を目的に、多くの機械で鋳物が採用されています。放電加工は高い電圧をかけて加工を行うため、電極および工作物近傍では高い絶縁性が必要です。

形彫り放電加工機のZ軸は、加工中の放電ギャップを適応制御によって調整する加工サーボ動作や、加工チップの排出を促すジャンプ運動など微細な動作の応答性と、高速動作の安定性の両方を兼ね備える必要があります。また繰り返し動作が多いため、ボールねじの摩耗などの耐久性を考慮することが必要です。近年では、リニアモータを採用することで高速性と高精度を両立させ、非接触駆動により経年変化を抑えた構造となっています。

また、Z軸に回転装置を搭載して電極を回転させながらの加工や、電極割り出し加工を行う場合もあります。また、Z軸と回転軸を同期して動かすことにより、ねじ切り加工など複雑な加工を行うことも可能です。

高精度の機械であるため高い剛性が必要となり、加工物を取り付けるベースプレートや電極を保持する電極ホルダの絶縁にはセラミックスが用いられます。軽量で高剛性、かつ熱変位が少なく絶縁性が高いセラミックスは、放電加工機にとっては最適な材料です。

### ②形彫り放電加工機で使用する加工液

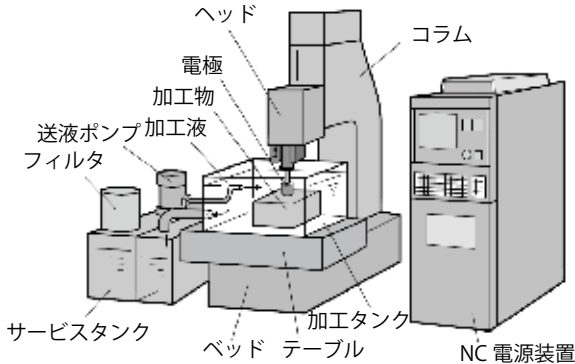
形彫り放電加工機では、加工液として灯油系の放電加工油（危険物第4類第3石油類）を使用します。サービスタンクに貯蔵された加工油は、加工時に送液ポンプで加工タンクへ送られます。加工中に発生した加工チップは、フィルタを通過することで除去されます。加工や送液による発熱で加工液温が上昇しないように、クーリングユニットで加工液温を調整して一定温度に保ちます。また、極間で発生する加工チップを効率的に排出するために、加工液を噴射ノズルや電極からの噴流などの液処理を行うための噴流ポンプが装備されています。

加工液が可燃性であることから、火災発生を防ぐために取り扱いには十分注

図 1-4 形彫り放電加工機の外観例



図 1-5 形彫り放電加工機の各部の名称



意しなければなりません。加工タンクにはフロートセンサが取り付けられており、加工液面は加工面より 50 cm 以上となるように設定します。なお、形彫り放電加工機には自動消火装置が装備されています。

形彫り放電加工機の各軸は NC 電源装置により制御され、NC 電源装置に搭載された自動加工プログラム作成支援アプリや編集画面で加工プログラムを作成し、位置決め・段取りをして加工を行います。NC 電源装置に内蔵された放電制御電源は、指定された加工条件をもとに、加工エネルギーが常に最適になるよう nsec 単位の放電パルスの制御を行っています。

### 要点 ノート

形彫り放電加工では、電極と加工物の近傍に絶縁性が必要です。また、石油系加工油に加工物を浸漬させた状態で加工を行うのが特徴的で、NC 電源装置が機械制御や加工プログラムの実行を司ります。

# 電極材料の種類と使い分け

放電加工用電極材料としてよく用いられるものに、銅やグラファイトがありますが、その他にも各種材料があり、目的によって使い分けます（表1-1）。

### ①銅

純銅は日本国内では最も多く使われている電極材料です。電気抵抗が少なく熱伝導率が高いことから、鋼材加工物での低電極消耗性に優れています。7  $\mu\text{mRz}$ の面粗さまで消耗率1%以下の加工が可能で、面粗さ性能においても0.3  $\mu\text{mRz}$ の面粗さの鏡面加工が可能のため、精密加工に適しています。タフピッチ銅、無酸素銅、リン脱酸銅の種類がありますが、放電加工の性能に大きな差異は見られません。

弱点としては剛性が比較的低い、電極製作での機械加工性に劣るため反りやバリが発生しやすい、熱膨張係数が大きいことから荒加工で熱の影響を受け寸法変化が起きやすいなどが挙げられます。寸法変化の対策としては、荒加工電極の減寸量をあらかじめ多くとっておきます。

### ②グラファイト

グラファイトは耐熱性が高く、放電加工用電極として使用した際には無消耗加工が可能です。同じ電流ピーク値では、銅電極より短いパルス幅でも無消耗となるため、加工速度で銅電極より有利です。また、熱膨張係数が小さく、熱変位に強くて比重も小さいため、大物電極を用いた高速加工や荒加工でよく用いられます。

グラファイト電極は製法や素材の粒径などによって特性が異なり、電極消耗率などの放電加工性や機械切削性なども異なります。このため種類が多く、汎用・精密用・超精密用などとグレードが分かれており、目的に応じた使い分けが必要です。

### ③タングステン化合物

銅タングstenは、銅の熱伝導率の良さとタングstenの高融点の利点を生かした混合材料電極で、加工物が鋼材の場合に無消耗加工が可能です。また低消耗加工ができない超硬合金の加工で、消耗率10~25%前後の加工ができることから、超硬合金の加工で多く使われています。銅より機械切削性が良いこ