

危険物関係用語の解説（第23回）

○放電加工機

放電加工機とは、電気絶縁性の高い加工液中で工具を電極として工作物に接近させ、工具と工作物との間に僅かな隙間を保ってアーク放電を繰り返し発生させることにより、放電の際に発生する熱と圧力の作用で工作物の表面を加工する工作機械です。

1 放電加工の原理

金属を様々な形状に加工することは古来より行われてきました。

旋盤、ボール盤等による切削加工やグライン

ダ、研削盤等による研削加工が金属の機械加工法として広く知られていますが、これらの方法は加工しようとする金属よりも硬い物質で切削、研削することが必要でした。

1960年代に金属の電気加工法としての放電加工が行われるようになりました。

放電加工は加工しようとする工作物が導体であれば、どのように硬い金属でも加工することができます。また、機械加工法ではできなかった複雑な形状の加工もできるようになりました。

放電加工による金属加工のイメージを図1に示します。

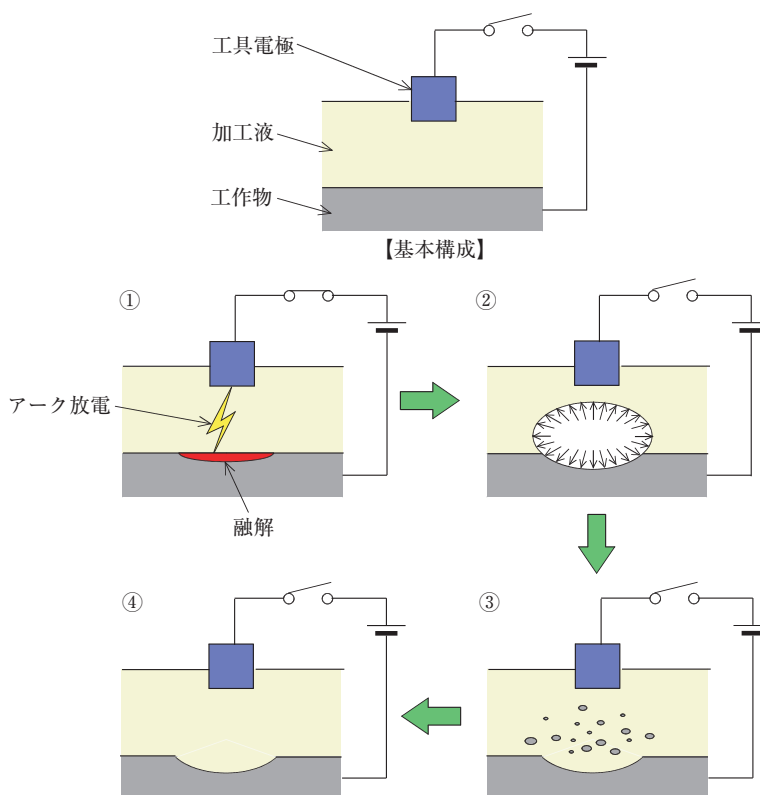


図1 放電加工による金属加工のイメージ

【基本構成】に示すように放電加工を行うためには、加工しようとする金属である**工作物**と工具となる**工具電極**、そして工作物と工具電極との間には油やイオン交換水等の電気絶縁性の高い液体である**加工液**が必要です。

更に加工液は、工作物と工具電極との間に留まっておらず常に流動していることが必要です。

- ① スイッチを入れて通電されると工具電極と工作物との間にアーク放電が発生し、工作物の一部が融解します。

工具電極と工作物との間隔は、加工液の種類、加工精度等の加工条件によって異なりますが、10 μ mから50 μ m程度です。

- ② 融解した部分に接する加工液は急激に熱せられて気化し、爆発的に膨張します。

この爆発的な膨張により融解した金属は加工液中に飛散します。

- ③ 溶融した金属は加工液中で急冷され凝固します。
- ④ 凝固した金属（以下「**加工屑**」といいます。）は、流動している加工液により除去されます。

以降、工具電極（又は工作物）を移動させて①から④を繰り返すことにより、目的の加工物となるまで加工を継続していくこととなります。

通電間隔は加工の条件によって異なりますが、1秒間に1,000回から10万回程度となりますので、極めて短い時間でオン・オフを繰り返すことができるパルス電源が必要となります。

加工液は電気絶縁性の高い油やイオン交換水が必要であることと述べましたが、油として使用されるのは、工具電極と工作物との間隔が極めて小さいことから粘度が低く、かつ、電気絶縁性が高いスピンドルオイル等です。

スピンドルオイル等は引火点が70度以上の引

火性液体（危険物第4類第3石油類）であることから、貯蔵し又は取り扱う数量によっては、消防法又は火災予防条例の規制を受けることとなります。

加工液として、イオン交換水を使用するのであれば、放電加工機にイオン交換水を生成する装置を設ければ上記の規制を受けることはありません。

加工液として、油を使用するケースとイオン交換水を使用するケースとの違いは、加工精度にあります。

油はイオン交換水よりも高い電気絶縁性を有しています。したがって、油を加工液とした場合には工具電極と工作物との間隔を、イオン交換水を加工液とした場合よりも狭くすることができます。

工具電極と工作物との間隔を短くすることができれば、②での加工液の爆発的な膨張を小規模にすることができ、精度の高い加工ができることとなります。

本稿では、加工液として油を使用するケースを対象として解説を行うことといたします。

2 放電加工機の種類

放電加工機は、形彫り放電加工機、NC形彫り放電加工機及びワイヤ放電加工機に分類することができます。

(1) 形彫り放電加工機

形彫り放電加工機とは、工具電極と逆の形状を工作物に彫り込む加工を行う放電加工機です。

形彫り放電加工機による放電加工のイメージを図2に示します。

【基本構成】に示す工具電極は銅、グラファイト、銅タンゲステン等であり、あらかじめ別の方法で加工しておきます。

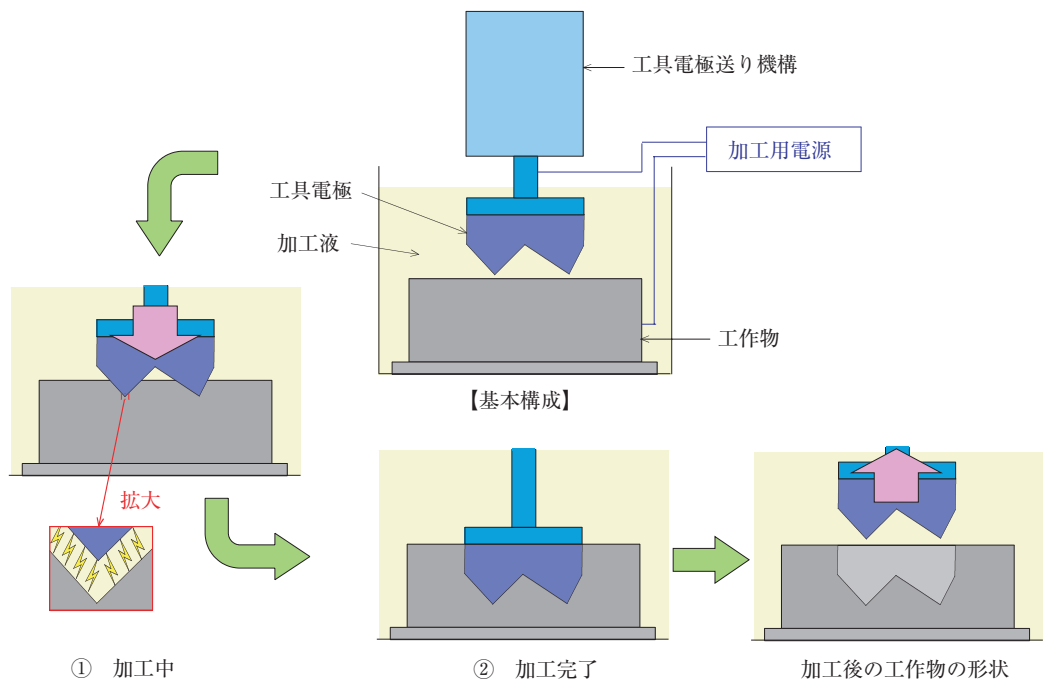


図2 形彫り放電加工機による放電加工のイメージ

①に示すように放電加工が開始されると工具電極と工作物の接する全ての面で、前1に示したようにアーク放電が発生し、工具電極が送り出されるのにしたがって僅かずつではありますが工作物を彫り込んでいくことができます。

②に示すように工具電極が最下端に達したら加工は完了です。

(2) NC形彫り放電加工機

形彫り放電加工機では、あらかじめ別の方法で工具電極を加工しておく必要がありましたが、NC形彫り放電加工機では図3に示すように工具電極を真下（Z軸）に押し出していくだけではなく、左右（X軸）、前後（Y軸）方向に移動させて、放電加工を行うことができます。

NC (Numerical Control machining) とは、数値制御によることを示しております。

すなわち、NC形彫り放電加工機とは、形彫り放電加工機の工具電極の形状に相当する数値データに基づき、工具電極をX軸、Y軸、Z軸の

指定された箇所に指定された順序に従って放電加工を行うことができる放電加工機です。

(3) ワイヤ放電加工機

ワイヤ放電加工機とは、工作物から目的とする図形をくり抜く加工機です。

図4にワイヤ放電加工機による放電加工のイメージを示します。

工作物は加工液に浸された状態となっており、線径が0.015mmから0.36mm程度のワイヤを工具電極として使用します。

前1に示すようにワイヤと工作物との間ではアーク放電が発生し、ワイヤが進行方向に進むにしたがって工作物に目的とする図形を切り抜くためのスリットが形成されていきます。

ワイヤは極めて細い工具電極であることから、アーク放電を行った部分は再度使用することができません。したがって、アーク放電の度に新しいワイヤを使用することが必要であり、そのためにワイヤを送り出す機構が必要となり

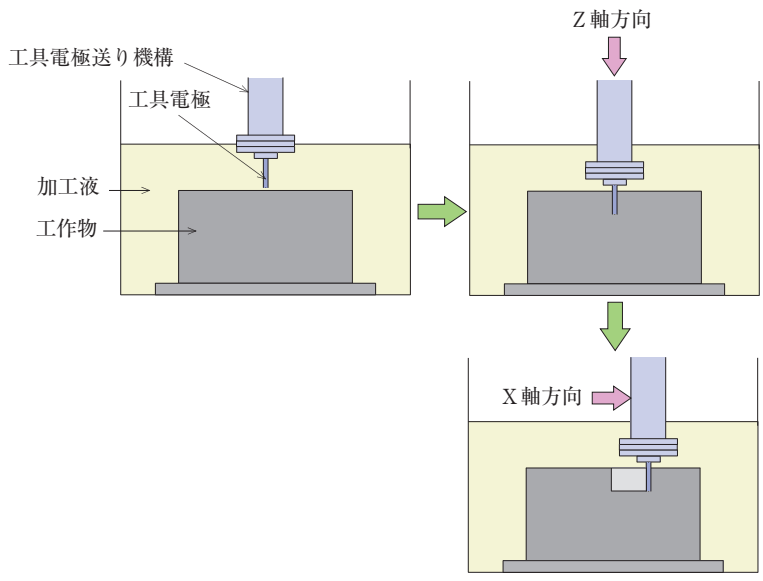


図3 NC形彫り放電加工機による放電加工のイメージ

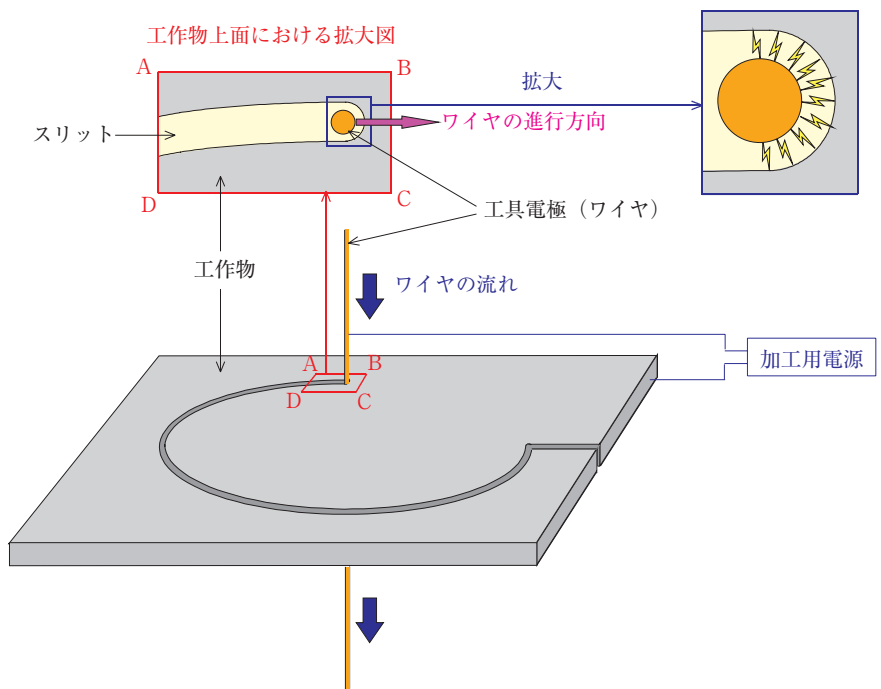


図4 ワイヤ放電加工機による放電加工のイメージ

ます。

ワイヤ放電加工機による加工液中の放電の状況を次の写真に示します。

3 放電加工機の構成

放電加工機は概ね図5に示すように放電加工機本体、加工液供給装置及び加工制御装置から構成されています。

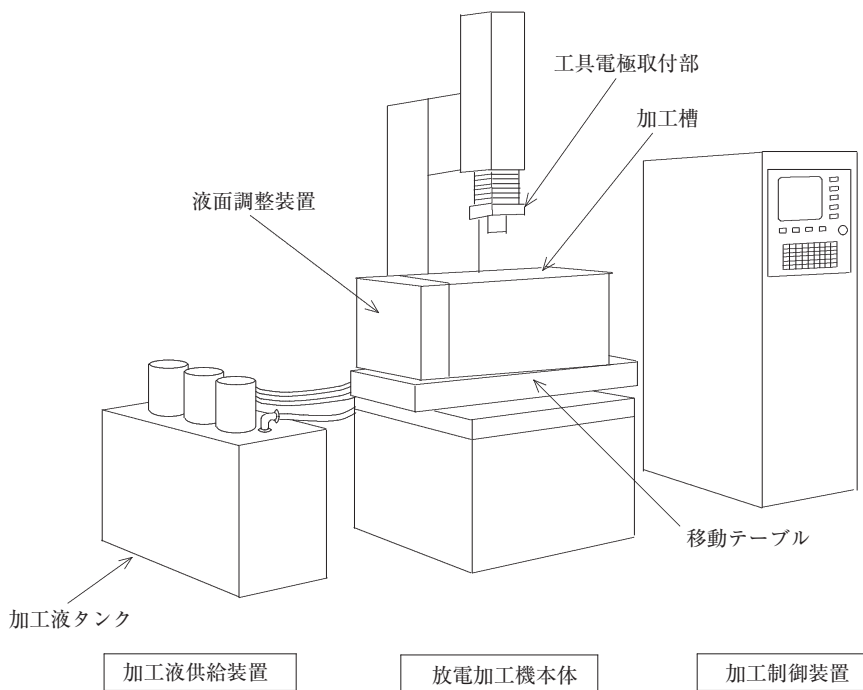


図5 放電加工機の構成イメージ

(1) 放電加工機本体

放電加工機本体は、工具電極、加工槽、液面調整装置等から構成されています。

放電加工が行われる加工槽のイメージをワイヤ放電加工機を例として図6に示します。

加工槽は放電加工が行われる部分において適量の加工液を満たすための槽で、配管で加工液タンクと接続されており、加工液は加工槽と加工液タンクとの間で循環する構造となっています。

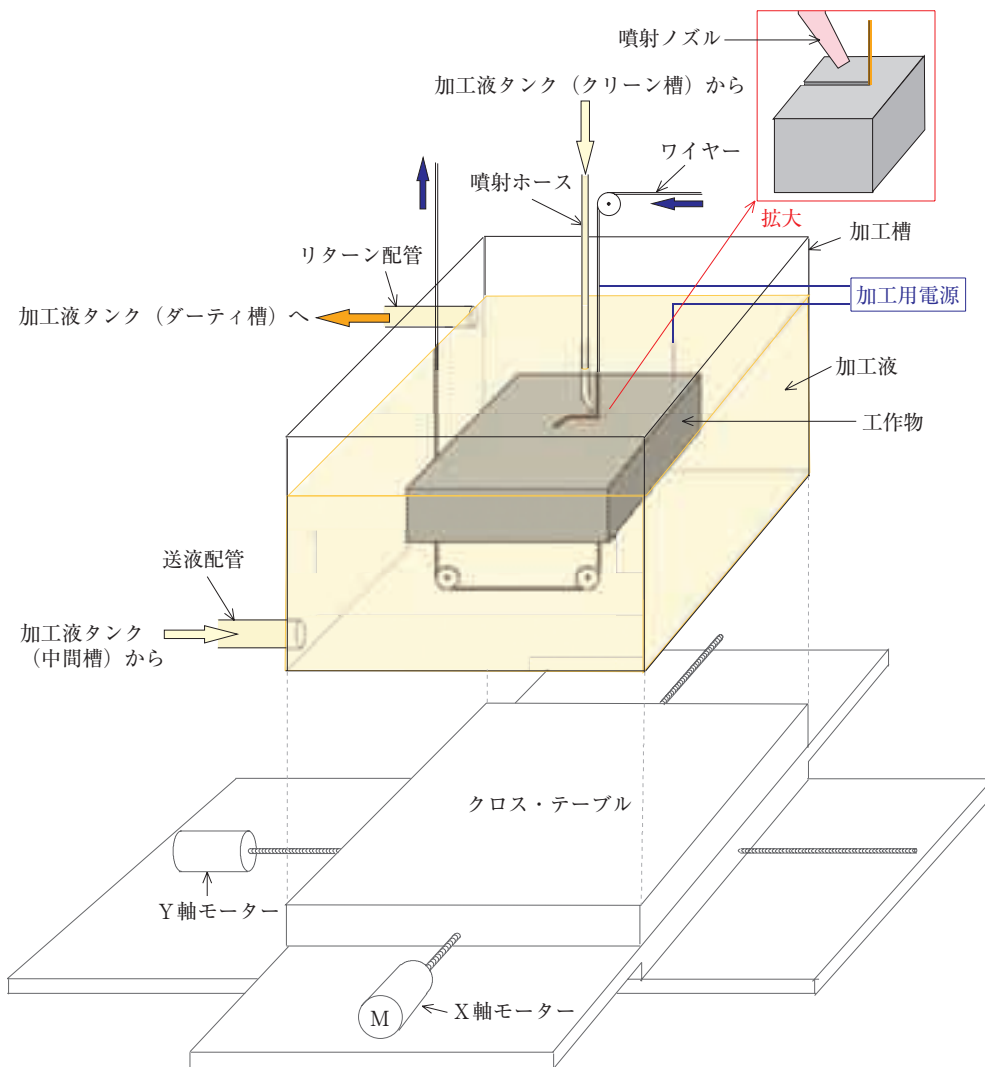


図6 ワイヤ放電加工機における加工槽のイメージ

加工液タンクの加工液は、加工液の循環を目的とした送液配管と放電加工が行われている部分に加工屑の含まれていない加工液を吹き付ける噴射ノズルによって供給されます。

この例では、工具電極であるワイヤは移動せずに、クロス・テーブル上に設置された加工槽が任意の位置に移動することにより目的とする図形を切り抜いていきます。

加工槽は次の条件を満足していることが必要とされています。

- ① 不燃性のもので、かつ、耐油性に優れて

おり、割れにくい材料であること。

- ② 加工液が溢れないように液面調整ができる構造であること。
- ③ 加工槽内の液温が著しく不均一にならないように加工液の循環等について考慮されていること。
- ④ 加工槽の扉は容易に開かないものであること。

(2) 加工液供給装置

加工液供給装置は、加工液タンク、ポンプ、配管、濾過装置等から構成されています。

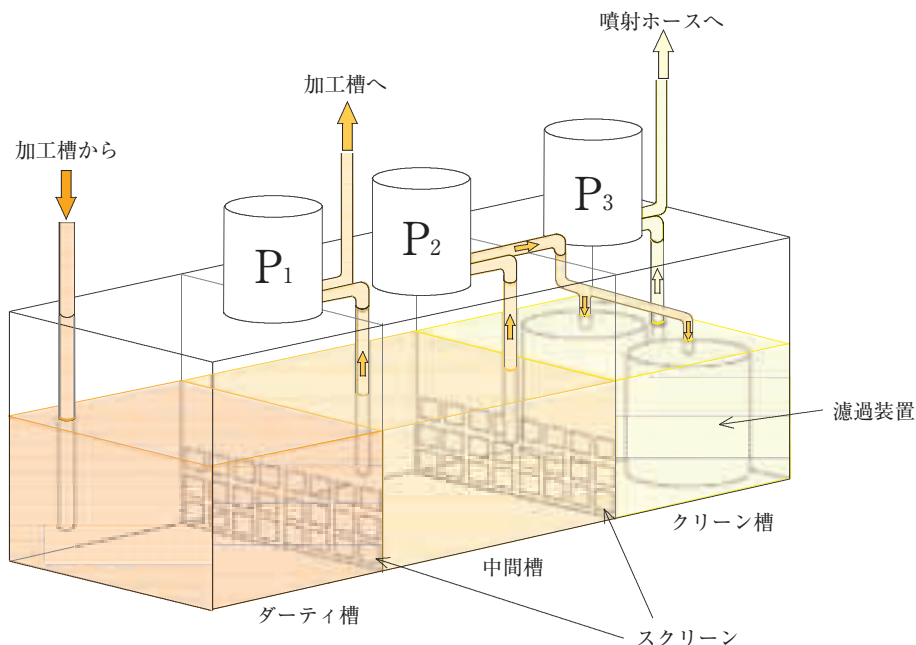


図7 加工液供給装置のイメージ

図7に加工液供給装置のイメージを示します。

この例では加工液タンクは、加工槽からのリターン配管を介して加工屑を多く含んだ加工液を貯留するダークティ槽、ダークティ槽からフィルタを介して加工屑が除去された加工液を貯留する中間槽、中間槽の加工液を濾過装置で濾過して加工屑が完全に除去された加工液を貯留するクリーン槽の3つの槽で構成されています。

各槽の間にある仕切り板の下部にはスクリーンが設けられており、3つの槽の液位は常に同じ高さとなります。

スクリーンには清掃や交換が可能なフィルタが設けられており、ダークティ槽から中間槽へ移動する加工液に含まれる加工屑の大半はこのフィルタで除去されます。

中間槽にある加工液は、P1ポンプによって加工槽へ送られるとともに、P2ポンプによってクリーン槽内に設置されている濾過装置に送られます。

濾過装置では、加工液をろ紙で濾過することにより加工屑を完全に除去します。

クリーン槽内の加工液は、P3ポンプによって噴射ホースへ送られます。

P3ポンプで送り出される加工液の量は、P2ポンプで送り出される加工液の量よりも少ないので、濾過装置で濾過された加工液の一部は中間槽に戻ってくるようになります。

加工液タンクは、加工液を加工槽内に循環させるために必要な量の加工液を貯えるためのものであり、放電加工機を運転する前には加工液の全量が加工液タンク内に貯留されることとなります。

したがって、放電加工機において取り扱われる危険物の数量は加工液タンクの容量となります。

加工液タンクは、厚さ3.2mm（加工液タンクの容量が400リットル未満の場合は2.3mm）以上の鋼板又はこれと同等以上の強度を有する金属で造るとともに、水張試験によって漏れ又は

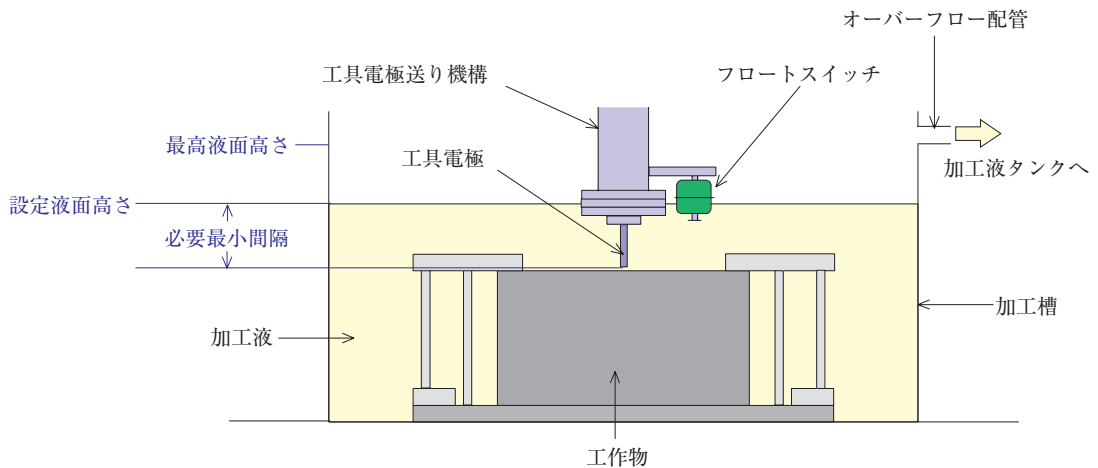


図8 加工液の液面に関する安全装置のイメージ

変形しないものであることが必要です。

また、ステンレス鋼等のさびにくい材質で造られた加工液タンク以外の加工液タンクについては、外面にさび止めのための措置が講じられていることが必要です。

加工液タンクは、地震等により容易に転倒しない構造でなければなりません。

(3) 安全装置等

放電加工機には、火災発生を防止するために次に示す安全装置等が設けられています。

ア 加工液の液面に関する安全装置

放電加工を行っている部分と加工液の液面までの間の必要最小限の間隔（以下「必要最小間隔」といいます。）が確保されていなかったことにより火災が発生することを防止するために、図8に示すように工具電極送り機構にフロートスイッチを設けています。

加工液の液面が低下し必要最小間隔が確保できなくなった場合にはフロートスイッチのフロートが沈み、直ちに放電加工が停止されます。

また、加工槽内の加工液が溢流しないように、加工液の液面が最高液面高さを越えた場合にはオーバーフロー配管によって、加工液

タンクに戻される構造となっています。

イ 加工液の温度に関する安全装置

加工槽内の放電加工部分以外の部分における加工液の温度は引火点以下に保つ必要があります。

加工液は引火点が70℃以上のものでなければならないことから、最高許容温度は60℃以下とされています。

加工槽内には、液温検出装置が設けられており最高許容温度に達した場合には直ちに放電加工が停止されます。

ウ 異常加工に関する安全装置

加工液による加工屑の除去が十分でない場合等に際して、放電によって生じる高熱により加工液が熱分解し、炭化生成物が発生して成長していくことがあります。

結果として、工具電極と工作物との間に短絡が発生し、大電流によるジュール熱により火災に至る可能性があります。

このようなことから、工具電極と工作物との間の電流を監視し、異常な電流が流れた場合には、直ちに放電加工が停止されます。

(4) 自動消火装置

放電加工機には、次に示す機能を有する加工

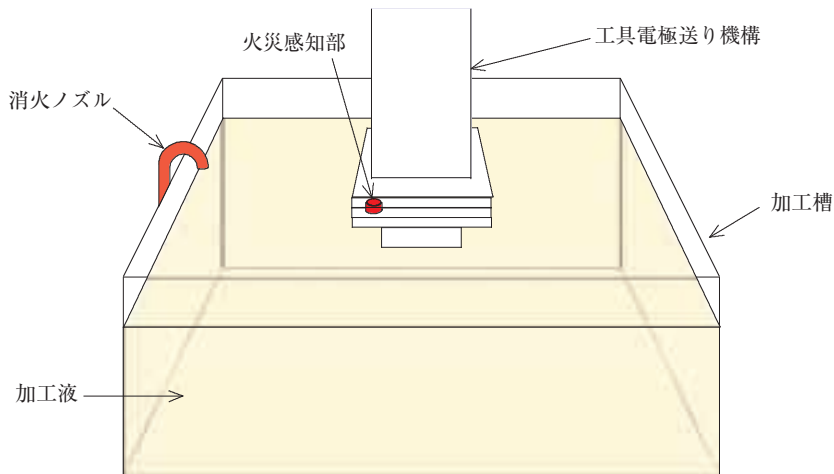


図9 水成膜泡を消火剤とした自動消火装置の消火ノズル及び火災感知部のイメージ

液の火災を自動的に消火する自動消火装置を備えることとされています。

- ① 放電加工機の加工液に引火した場合、自動的に火災を感知し、加工を停止するとともに警報を発し、消火できる機能を有するものであることが必要です。

なお、手動操作においても消火剤の放射ができなければなりません。

- ② 自動消火装置の主要部は、不燃性又は難燃性を有し、かつ、消火剤に侵されない材料で造るとともに、耐食性を有しないものにあつては当該部分に耐食加工が施されていることが必要です。

- ③ 消火剤の量は、放電加工機の形状、油面の広さ等に対応して消火するために必要な量を保有することとし、その量は、消火剤の種類に応じて定められています。

消火の際の最大防護面積は方形加工槽の2辺の積としますが、2辺の比が2を超え

る場合は、長辺の1/2の長さを短辺とする長方形の面積を最大防護面積とすることができます。

現在、設置されている自動消火装置の消火剤の殆どが水成膜泡であり、この場合は最大防護面積1㎡当たり5リットル以上の容量が必要となります。

消火ノズルは図9に示すように火災を有効に消火できるように、十分な数量のものが、適切な位置に配置されていることが必要です。

- ④ 自動消火装置は、取扱い及び点検、整備が容易に行うことができる構造であるとともに、耐久性を有することが必要です。
- ⑤ 火災感知部は、図9に示すように火災を有効に感知するために十分な数量のものが、適切な位置に配置されていることが必要です。