

一から学ぶ 放電加工機

EDM to learn from scratch

このハンドブックを手にとっていただいた方へ

このハンドブックをお読みいただいている方は、「放電加工機についてこれから学びたい！」「基礎からもう一度学び直したい！」「上長・先輩からこれを見ておけと言われ渡された」「マシニングセンタやレーザー加工機との違いがあまり分かっていなくて、」という方が多いのではないのでしょうか？

近年、部品形状の複雑化や要求精度の向上のために、放電加工のニーズが非常に高まっています。同時に、放電加工機自体も、20～30年前とは比べ物にならないほど高性能化・多機能化・自動化が進んでいます。

このハンドブックでは、初心者の方はもちろん、現場の製造・技術の方や経営者の方にもお読みいただけるよう、放電加工機の特徴や種類、用途といった基礎的な内容の他にも、放電加工機の購入・更新を検討する際の注意点や活用できる補助金・助成金についても詳しく解説していきます。

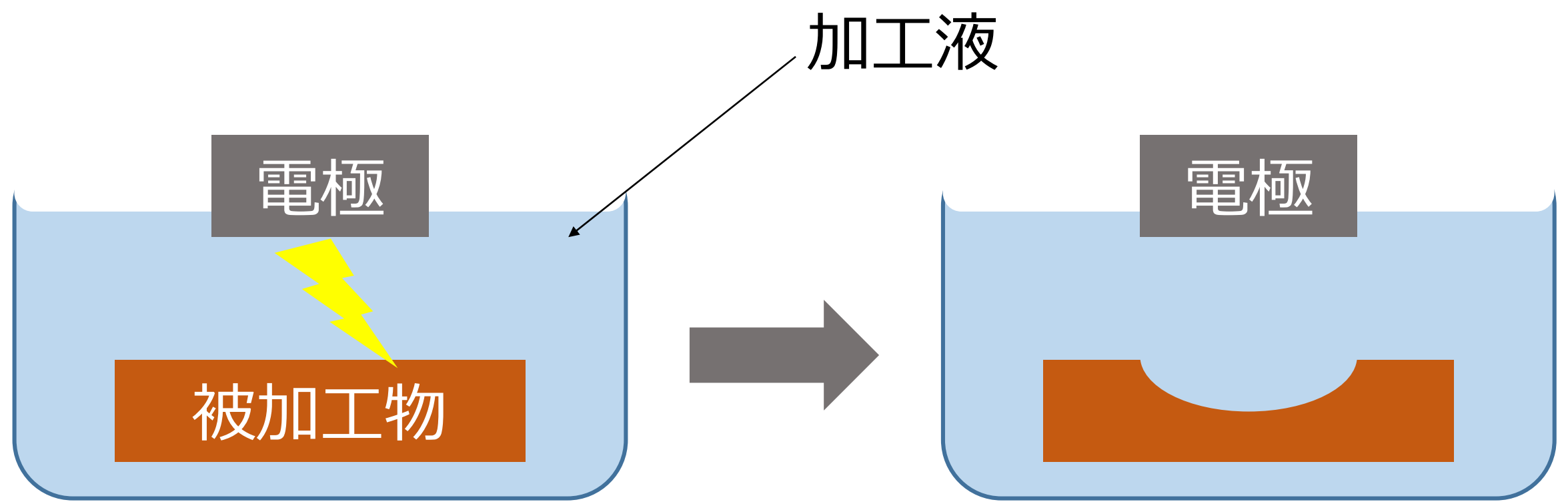
菱光商事株式会社

目次

1. 放電加工機とは？特長と仕組み	・・・ 4
2. 放電加工機の用途	・・・ 8
3. 放電加工機の種類	・・・ 9
4. 放電加工機のメーカー	・・・13
5. 放電加工機による加工事例	・・・14
6. 放電加工機の消耗品・周辺部品	・・・16
7. 放電加工機の耐用年数	・・・18
8. 中古ワイヤ放電加工機 購入のポイント	・・・20
9. 中古形彫放電加工機 購入のポイント	・・・21
10. 放電加工機の価格	・・・22
11. 活用できる補助金・助成金	・・・23
12. 菱光商事株式会社について	・・・25

1 放電加工機とは？特長と仕組み

放電加工機とは？



放電加工機とは、水や油などの液体の中で、向かい合った金属の間に電気による火花を起こすことにより生じた熱で金属を溶かして加工する工作機械です。

液体の中で火花を起こすと、金属が溶けはじめ、液体によって冷やされ飛散します。飛散しなかった箇所は穴のようにくぼんだ状態で残ります。このように、火花を起こし、金属を溶解→冷却→飛散の流れを繰り返すことによって金属を加工する方法が放電加工です。

1 放電加工機とは？特長と仕組み

放電加工機の3つの特長

放電加工機の代表的な特長を3つ紹介します。

1 難削材の加工が得意！

放電エネルギーによって加工していくので被加工物の硬度は問題になりません。電気を通す材質であれば、どれほど硬くても加工が可能です。放電加工の最大のメリットといっても過言ではないでしょう。

2 高精度で微細な加工が可能！

液体の中で放電起こす火花を小さくし、放電エネルギーを小さくすることで、微細加工が可能になります。工作物や形状によって異なりますが、マイクロメートル単位での高精度加工ができます。

3 非接触加工なので工作物への外力がかからない

放電加工では外力がかからないため、工作物に対する負荷を限りなく低減できます。例えばプレス機械のせん断だとどうしてもダレやバリが発生してしまい、面取りをする必要があります。しかし放電加工では、切断面のダレやバリの発生が少なく、後工程の面取りを短縮できます。

また、液体の中で加工するため熱変異もほとんどないことから、薄板加工などひずみを嫌う加工にも適しています。

1 放電加工機とは？特長と仕組み

放電加工機の2つの欠点

他の工作機械に比べ様々な優位性をもつ放電加工機ですが、欠点もあります。

1 導電性のない材質は加工できない

繰り返しになりますが、放電加工機はアーク放電による電気エネルギーを利用して加工を行います。そのため、樹脂や木材、セラミックスなど、電気を通さない材質、すなわち導電性のない材質に対しては放電加工をすることができません。

2 加工速度が遅い

放電加工は一回の放電で削ることができる部分が少ないため、マシニングセンタや旋盤と比較すると加工速度が遅く、その分リードタイムが長くなってしまいます。

したがって、まずマシニングセンタや旋盤など他の工作機械で荒加工を行い、仕上げとして放電加工機を使用すると、加工時間を短縮することができます。

1 放電加工機とは？特長と仕組み

放電加工機の加工原理

放電加工機については既に簡単に紹介しましたが、加工原理についてもう少し深掘りしてみましょう。



放電加工では、水性もしくは油性の加工液に沈められた被加工物に対し、銅やグラファイトの電極を近づけていき、電極に電流を流して加工します。最初は被加工物と電極が絶縁状態ですが、徐々に近づけていくと両者の間で「絶縁破壊」が起こります。この絶縁破壊とは、ある限度を超えた時に電気抵抗が急激に低下し、突然絶縁性を失って大電流が流れる現象のことです。

この絶縁破壊によってパルス電流が瞬時に流れ込むことにより、アーク柱という高密度な放電状態が発生し、被加工物の溶融と、加工液の急激な温度上昇による体積膨張が発生します。パルス電流の流れ込みが終わると、体積膨張した分だけ加工液が流れ込んできます。そして生成された溶融金属が加工液により冷却され、極小の加工くずとして洗い流されます。

このような絶縁破壊と溶融が、非常に短い間隔で繰り返されることで加工が進行します。

2 放電加工機の用途

放電加工機の用途

放電加工機は、その特性を活かして、民生品から、産業機械、金型、工具まで様々な部品の加工に使用されています。



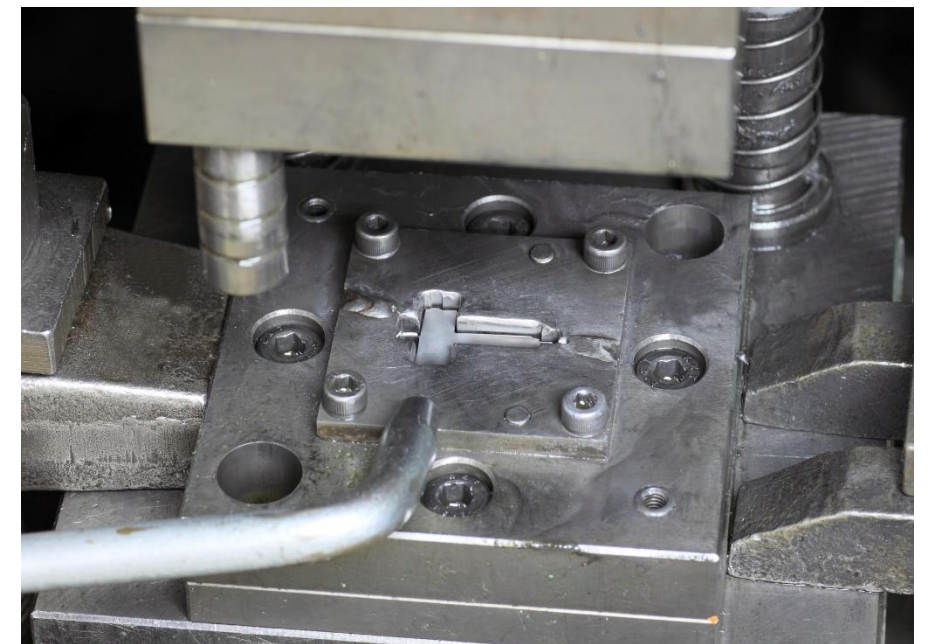
スマートフォン



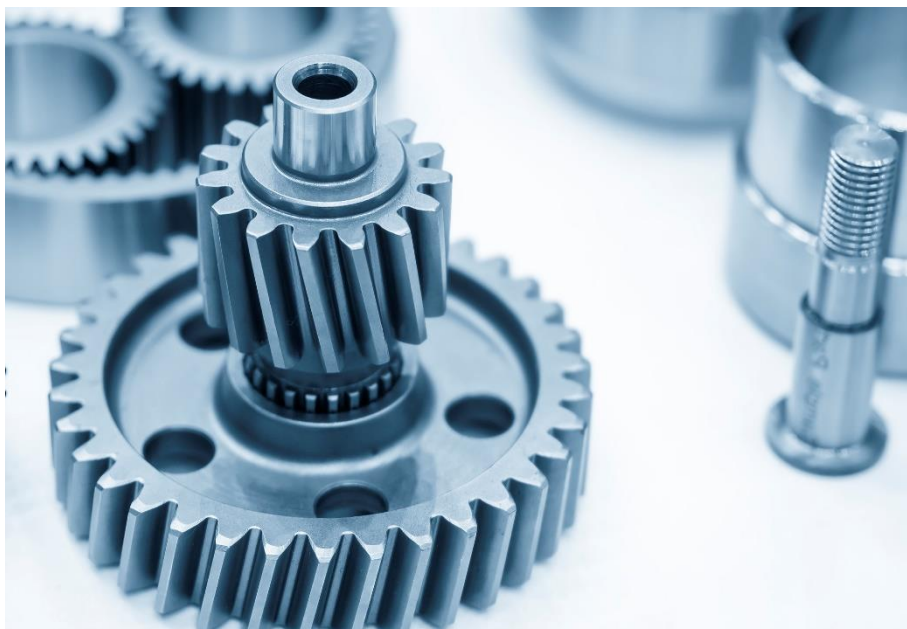
カメラ



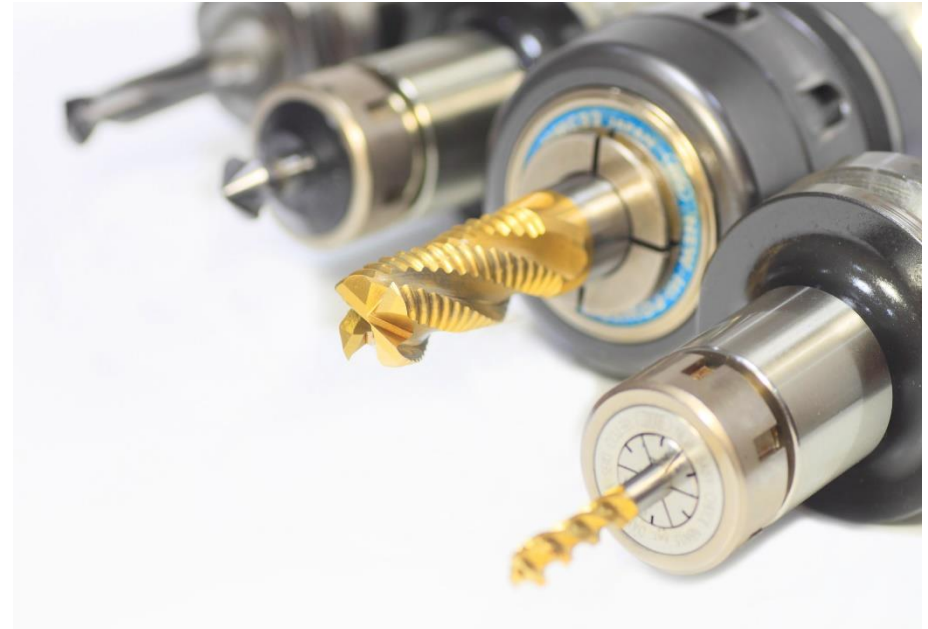
航空機・ロケット部品



金型部品



リング・ギヤ



切削工具

3 放電加工機の種類

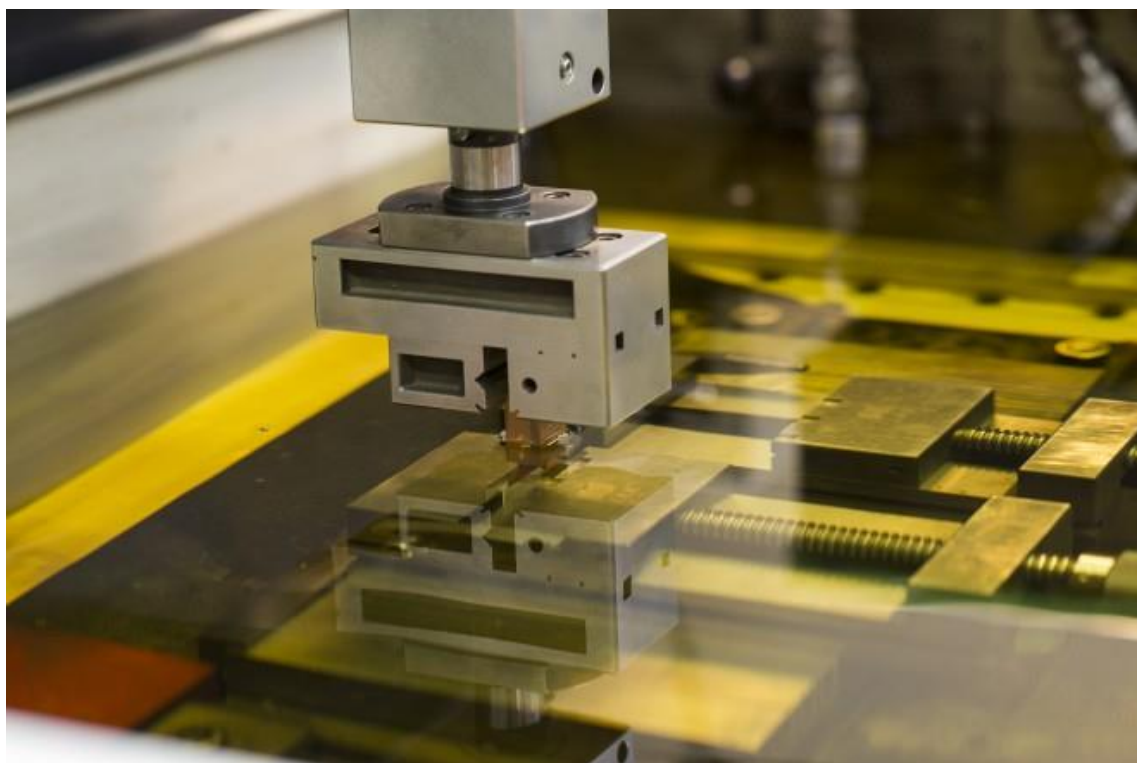
放電加工機の種類

放電加工機は、以下の3つに分類することができます。



①ワイヤ放電加工機

ワイヤ電極線と被加工物の間にアーク放電を起こして被加工物を溶融し、一筆書きで任意の形状に加工する放電加工機です。ワイヤーカットと呼ぶこともあります。



②形彫放電加工機

電極と被加工物の間にアーク放電を起こして被加工物を溶融し、一筆書きで任意の形状に加工する放電加工機です。



③細穴放電加工機

小径穴の加工を得意とする放電加工機です。主にパイプ電極を使用し、被加工物間に発生する放電の作用によって加工を行います。

3 放電加工機の種類

ワイヤ放電加工機とは？



ワイヤ放電加工は、ワイヤ電極線に電流を流して被加工物との間に放電し溶融させる加工方法です。ワイヤは真鍮製で非常に小径のものが一般的です。平面でも傾きを付けても切断することができ、高精度が要求される穴あけや細かい切断に向いています。

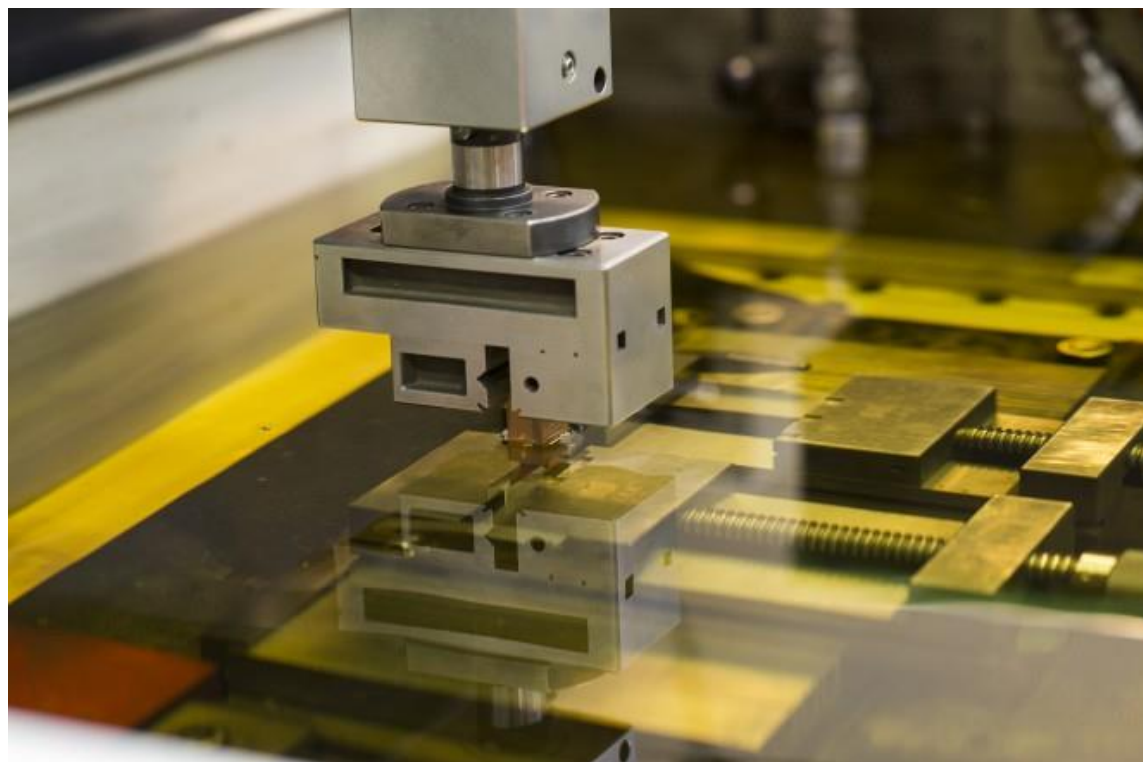
ワイヤ放電加工の流れ

ワイヤ放電加工機は、以下のような流れで加工が進みます。

- ①ノズルから加工液（イオン交換水または油）を供給しながら被加工物とワイヤ電極線の間に電圧を加える
- ②ワイヤ電極線が被加工物に近づき、火花放電が発生
- ③アーク柱ができ電流が流れ、被加工物とワイヤ電極線の一部を溶解させる
- ④アークの熱で周囲の加工液（イオン交換水または油）が一拳に気化・膨張し、局所的な爆発現象で溶けた金属が吹き飛ばされる
- ⑤電流が停止し、アークが途絶えて加工部が冷却され、くぼみ（クレータ）が生成される

3 放電加工機の種類

形彫放電加工機とは？



形彫放電加工は、銅やグラファイトの電極を、放電によって被加工物に転写する放電加工です。被加工物に穴を開ける必要がなく、底付きのポケット加工や深溝加工ができる点がワイヤ放電加工とは異なり、切削加工では難しい、ねじ切りやスパイラルといった複雑形状も加工できる点が特長です。

金型加工におけるワイヤ・形彫放電加工の使い分け

放電加工機的主要用途の一つである金型加工では、以下のようにワイヤ放電加工と形彫放電加工を使い分けます。

ワイヤ放電加工を採用することが多い場合

- ・抜き形状
- ・プラスチック金型によく見られる、板厚に変化のある加工
- ・プレス金型によく見られる、ピッチ精度が必要なプレートの加工

形彫放電加工を採用することが多い場合

- ・切削加工でやろうとすると工具の突出し部分が長くなってしまふ形状
- ・その他、切削加工では難しい微細な加工

3 放電加工機の種類

細穴放電加工機とは？



細穴放電加工では、機械本体にφ0.03～3.0mm程度のパイプ電極を取付け、被加工物に加工液をかけながら回転させた電極を近づけることで、ワークと電極間に放電現象を発生させて穴加工を行います。

細穴放電加工機の特長・用途

硬度の関係でマシニングセンタやボール盤では加工が難しい焼入れ鋼や超硬合金、タングステン、チタン、モリブデンなどの難削材であっても、細穴放電加工機なら穴加工が可能です。また、バリがほとんど発生しないのも特長です。

電極は、銅と真鍮の2種類を使用します。銅の方が消耗が遅く長持ちしますが、真鍮に比べると剛性が劣り電極の振れ精度としては不利です。また、加工速度についても、真鍮に軍配が上がります。

主な用途としては、タービンブレードの冷却穴加工、医療部品への穴加工、ワイヤ放電加工のスタート穴などがあります。

4 放電加工機のメーカー

放電加工機メーカー 主要3社



放電加工機メーカー主要3社の

①三菱電機

②ソディック

③牧野フライス製作所

について紹介します。初めて放電加工機の導入をご検討の方は参考にしてください。

①三菱電機

●主な放電加工機ラインナップ

1. 油性加工液で超高精度加工に適したワイヤ放電加工機MXシリーズ
2. コネクタなど超高精度微細加工に適した形彫放電加工機SV-Pシリーズ
3. 穴径の小さな加工が可能な細穴放電加工機VH10

●主な特長

1. ワイヤ放電加工機で自動結線できる「IntelligentAT」
2. 放電加工を最適化できるAI機能「Maisart」
3. IoTサービス「Remote4U」

②ソディック

●主な放電加工機ラインナップ

1. 高精度ピッチ加工などに適したワイヤ放電加工機AL-Pシリーズ
2. コネクタなどの超高精度加工に適した形彫放電加工機APシリーズ

●主な特長

1. ワイヤ放電加工機・形彫放電加工機ともに高精度加工が可能な平板リニアモーター
2. 高精度な段差加工を実現したワイヤ回転機構

③牧野フライス製作所

●主な放電加工機ラインナップ

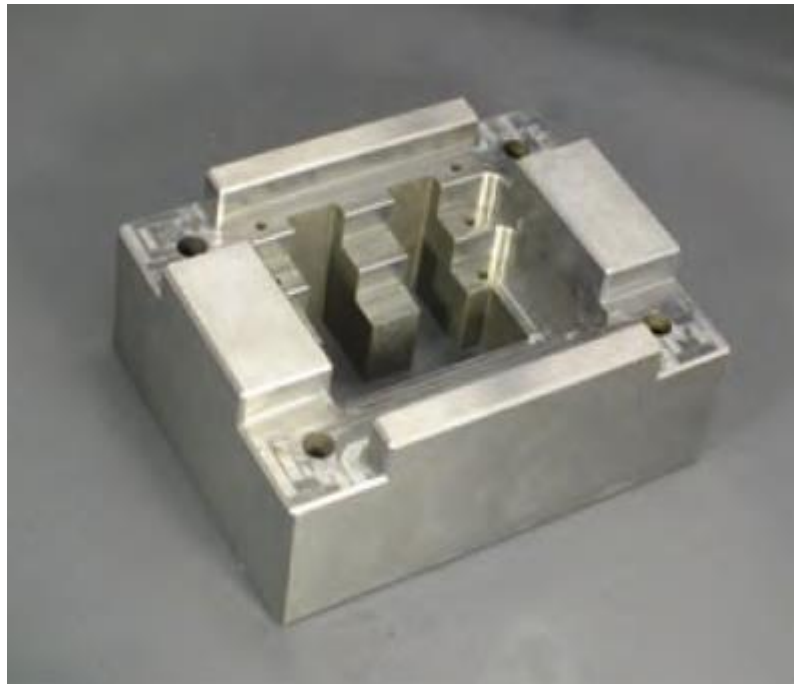
1. 部品加工に適したワイヤ放電加工機Uシリーズ
2. ストローク、精度別に幅広いラインナップがある形彫放電加工機EDNCシリーズ

●主な特長

1. 放電加工機のみならずマシニングセンターの実績も豊富で、高い剛性に定評あり
2. 最近ではφ0.4mmのワイヤ電極線を用いた高速加工が話題

5 放電加工機による加工事例

ワイヤ放電加工の加工事例



機種

三菱電機 ワイヤ放電加工機MV1200R

電極材

φ0.2 BS

工作物

Steel (NAK80)

面粗さ

Rz3.5 μm/Ra0.4 μm

板厚

20~40mm

加工ポイント

板厚変化のあるワークの高精度加工



機種

三菱電機ワイヤ放電加工機MV4800R

電極材

φ0.2 BS

工作物

Steel (SKD11)

面粗さ

Rz1.8 μm/Ra0.22 μm

板厚

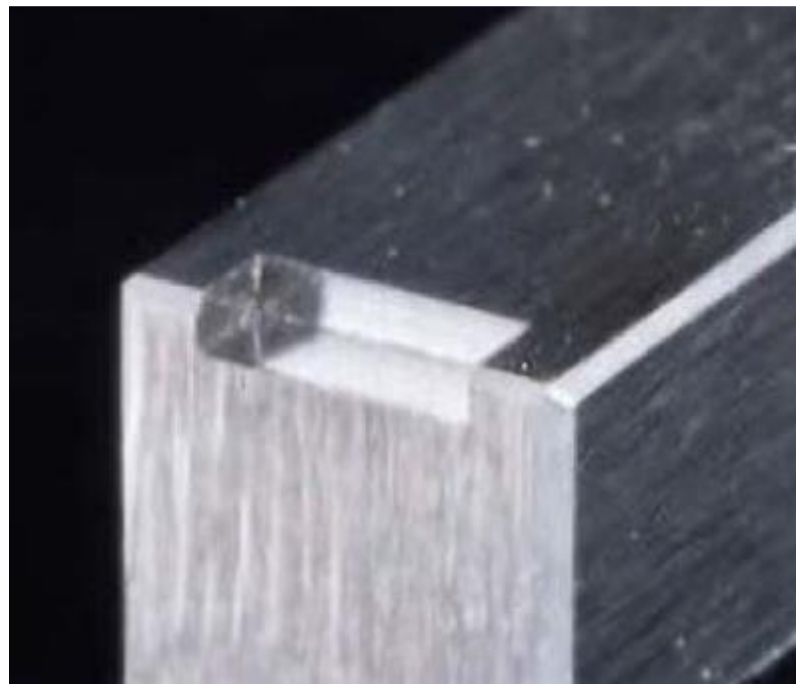
30mm

加工ポイント

大型プレートにおける高精度ピッチ加工

5 放電加工機による加工事例

形彫放電加工の加工事例



機種

三菱電機 形彫放電加工機SV8P

電極材

銅タングステン

工作物

Steel (ELMAX)

面粗さ

Rz0.6 μ m / Ra0.08 μ m

精度

インコーナ R0.005mm

加工ポイント

極小インコーナR



機種

三菱電機 形彫放電加工機SV12P

電極材

クロム銅

工作物

Steel (SUS440-CP)

面粗さ

Rz5.0 μ m / Ra0.7 μ m

精度

底面平面度5 μ m以下

加工ポイント

底面平面度5 μ m

6 放電加工機の消耗品・周辺部品

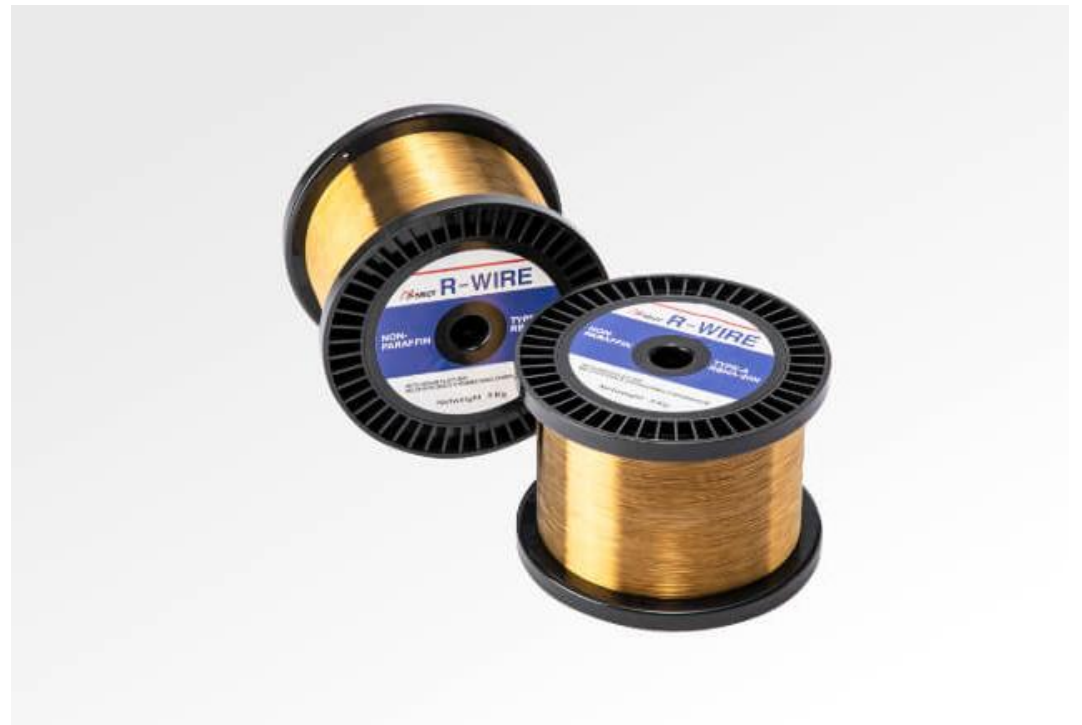
放電加工機の主な消耗品・周辺部品

放電加工機を使用するうえで、消耗品や周辺部品への理解も欠かせません。



イオン交換樹脂

水性の加工液を使用する場合、絶縁性に欠けた水道水をそのまま使用すると、安定して火花が飛ばず加工ができないことがあります。イオン交換樹脂を用いて純水に変えて絶縁性を高めることで、加工液として使用できるようになります。



ワイヤ電極線

ワイヤ放電加工機にとっての“切削工具”にあたるのが、このワイヤ電極線です。真鍮製の電極線が一般的ですが、加工速度がアップする亜鉛コーティング（被膜）やピアノ線（鋼線）なども使用されています。



フィルタ

加工液を排出する際に、フィルタを通すことでスラッジを除去できます。目の細かさによってフィルタの価格が異なります。目が粗いフィルタは安価ですが、微細なスラッジを除去することができず放電加工機の故障を招く可能性があります。



洗浄剤

放電加工機を長く使用するためには、定期的なメンテナンスが欠かせません。加工槽に残ったスラッジや加工後のワークの洗浄、錆落としには、専用の洗浄剤を使用するとよいでしょう。

6 放電加工機の消耗品・周辺部品



ワイヤ電極線についてのよくある質問

Q ワイヤ電極線はどのような基準で選べばよいですか？

A 一般的にはφ0.2～0.25を使用するケースが多いですが、使用しているダイスの径にあった線径の電極線を選んでください。太すぎると電極線が通りませんし、細いと加工中に電極線がブレてしまいます。

Q ワイヤ電極線を注文する際の注意点はありますか？

A ワイヤ電極線は「ボビン」に巻かれた状態で皆さんの工場へ届きますので、注文する際にはそのボビンに何kg分巻かれているのか確認して下さい。多くは5kg、10kg、20kgの3種類です。通常の加工機には5kgと10kgであれば取り付けることができますが、20Kg巻いてあるボビンは加工機と別に設置する専用装置があります。

Q 0.3mmの溝を加工したいのですが、電極線の線径はφ0.3mmですよね？

A 実は違います。加工した溝はワイヤ電極線よりも放電ギャップ分だけ太くなるため、φ0.2～0.25mm以下を使用する必要があります。

Q テーパー加工をしたいのですが、どのような電極線がいいですか？

A テーパー加工をしたい場合は「角度」が重要です。通常の真鍮ワイヤ電極線では角度が大きいと（目安：10～15°以上）、ワイヤ電極線が上部ダイスと下部ダイスで擦られ加工前や加工中に断線する可能性があります。したがって、断線を防ぐためには「軟質」のワイヤ電極線を選ぶ必要があります。

7 放電加工機の耐用年数

放電加工機の耐用年数



ワイヤ放電加工機と形彫放電加工機とで、若干の差異があります。

- ・ワイヤ放電加工機は約15年

- ・形彫放電加工機は約20年

というのが工作機械業界では一般的な認識です。

両者の間で耐用年数が異なる要因は何か？

ワイヤ放電加工機と形彫放電加工機とで、耐用年数が異なる要因は2つあります。

①加工液

ワイヤ放電加工機の加工液は一部油性もありますが、大半が水性です。機械本体に水が流入しているわけですから、電気的な部品などに少なからず影響があり、その分耐用年数に影響を与えます。

②軸移動の頻度

ワイヤ放電加工機はピッチプレートの加工になれば、ストローク全体を活用することになります。ピッチプレートでなくとも、形彫放電加工機に比べてストロークを広く活用する場合があります。一方、形彫放電加工機は段取り時にX軸、Y軸を移動させることはありますが、加工中の大半はZ軸方向の移動のため、ワイヤ放電加工機に比べて軸移動の頻度が少なくなります。これが稼働軸関係の部品に影響を与え、耐用年数にも関係があると言われています。

7 放電加工機の耐用年数

放電加工機の耐用年数を延ばすためには？



前頁で放電加工機の耐用年数はイメージできたと思います。放電加工機をできる限り長く使用したいと思うのは当然のことかと思いますが、長持ちさせるためにはどうすればよいのでしょうか？

最も効果があるのは定期的なメンテナンスです。特にワイヤ放電加工機は、ガイドやシール板などにスラッジを付着させたままだと各部品が傷ついてしまうため、ワイヤ線の経路や加工槽の中についても清掃を行うことが重要です。

しかし、社内の保全・点検担当者だけでは日頃のメンテナンスに限界があります。そこで機械購入時にメーカーの保守契約を結んでみるのはいかがでしょうか？例えば、三菱電機の保守サービス「サポート10」であれば、メーカーのサービスマンが定期訪問のうえで、機械メンテナンスをしコンディションを安定させてくれます。

8 中古ワイヤ放電加工機 購入のポイント

中古ワイヤ放電加工機の市場動向

中古市場に流通しているワイヤ放電加工機の多くは、2000年～2010年に製造されたものが多い印象です。購入後、10年～20年程使用して更新の際に中古市場へ流れているものと予想されます。

中古ワイヤ放電加工機を購入する際のポイント



中古工作機械を購入する際に最も重要なことは、「搬入・据付調整後に立ち上げ、加工ができるか」です。したがって、以下の事柄についてはしっかりと確認しておくべきです。できれば機械が置いてある場所まで出向いて実際に目で見てみると良いです。

- ✓ 機械の電源が入るか？
- ✓ 板金に汚れ、穴あきなどが無いか？
- ✓ データ入出装置は何か？ 作動するか？
- ✓ 自動結線装置は作動するか？
- ✓ 駆動軸、ポンプに異音がしないか？
- ✓ 水漏れしていないか？
- ✓ 加工液がタンクから加工テーブルまで上がってくるか？ またタンクへ戻っていくか？
- ✓ 基板や部品のメーカー保守は終了していないか？
- ✓ 各部品の消耗度合い
- ✓ ユニットクーラーがある場合は作動するか？

9 中古形彫放電加工機 購入のポイント

中古形彫放電加工機の市場動向

中古市場に流通している形彫放電加工機の多くは、1995年～2005年に製造されたものが多い印象です。ワイヤ放電加工機に比べ約5年古い機種が流通していることになりますが、これは耐用年数の差異に起因すると考えられます。

中古形彫放電加工機を購入する際のポイント



中古ワイヤ放電加工機と同様ですが、形彫放電加工機についても選定に不安な場合は実機を確認したり、可能であれば稼働していた頃の情報を入手できればベストです。具体的には、下記のポイントについて確認しておきましょう。

- ✓ 機械の電源が入るか？
- ✓ 板金に汚れ、穴あきなどが無いか？
- ✓ データ入出装置は何か？ 作動するか？
- ✓ 駆動軸、ポンプに異音がしないか？
- ✓ 加工液漏れはしないか？
- ✓ 加工液がタンクから加工テーブルまで上がってくるか？ またタンクへ戻っていくか？
- ✓ 基板や部品のメーカー保守は終了していないか？
- ✓ 各部品の消耗度
- ✓ ユニットクーラーがある場合は作動するか？
- ✓ 電極などの治具は付帯しているか？
- ✓ 主軸チャックの治具メーカーは自社の使っているメーカーと一緒にするか？

10 放電加工機の価格

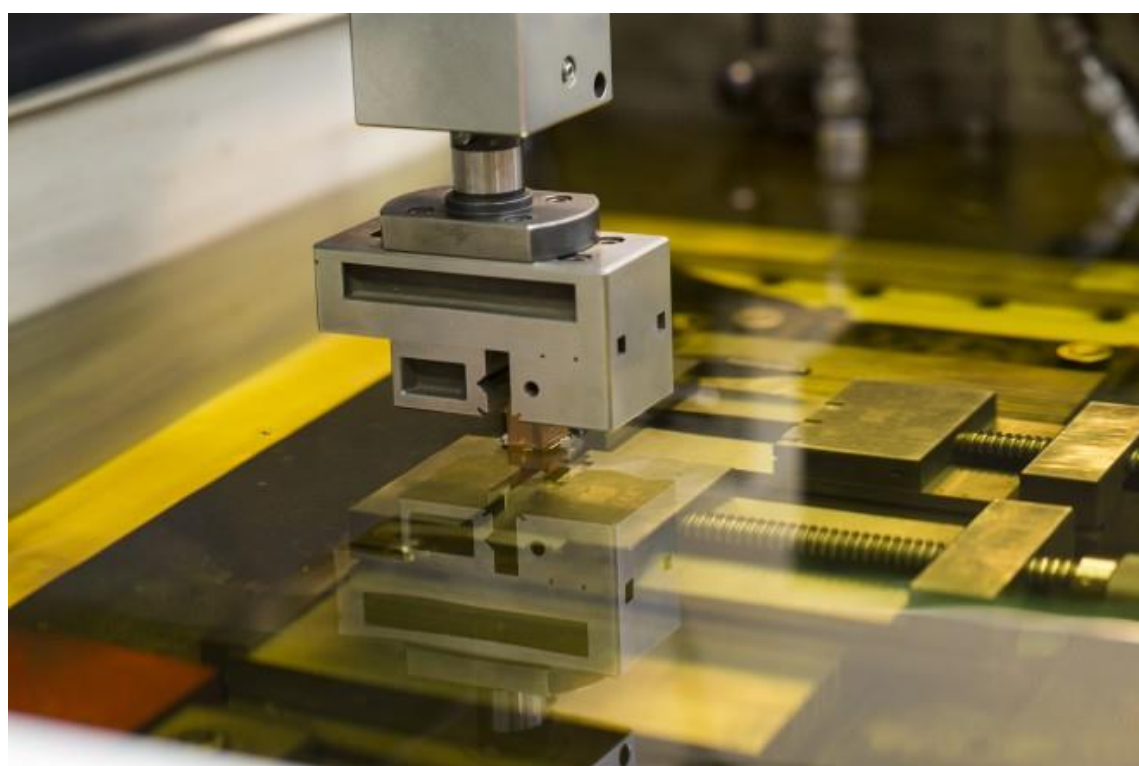
放電加工機の相場・価格

放電加工機の価格は種類とメーカー、あるいはストロークサイズなどによって異なりますが、概ね以下の相場になります。



①ワイヤ放電加工機

1,000万円弱～3,000万円程度



②形彫放電加工機

1,000万円弱～3,500万円程度



③細穴放電加工機

300万円弱～2,000万円程度

11 活用できる補助金・助成金

放電加工機の購入に活用できる補助金・助成金

新規で購入すると非常に高価な放電加工機ですが、補助金・助成金で負担を大幅に軽減することができます。

①省エネ補助金

「省エネルギー投資促進に向けた支援補助金」、通称省エネ補助金とは、企業が省エネのために必要な措置を講じる際に、費用の一部または全額を支給する制度です。経産省、国交省、環境省が提供しています。

補助額は、**X軸ストローク(mm)×5,000円**（※令和4年度） になります。

（補助金額例）X軸ストローク400mmの場合⇒ $400 \times 5,000 \text{円} = 200 \text{万円}$

②事業再構築補助金

「事業再構築補助金」は、新型コロナウイルス感染症の影響が長期化し、当面の需要や売上の回復が期待し難い中、新分野展開、業態転換、事業・業種転換、事業再編またはこれらの取組を通じた規模の拡大等、事業再構築に意欲を有する中小企業等の挑戦を支援する制度です。

補助額は、**最大8,000万円**（※従業員101人以上、令和4年度）です。

③ものづくり補助金

「ものづくり・商業・サービス生産性向上促進補助金」、通称ものづくり補助金は、中小企業・小規模事業者等が取り組む革新的サービス開発・試作品開発・生産プロセスの改善を行うための設備投資等を中小企業庁が支援する制度です。

補助額の上限は**1,000万円**、補助率は3分の2です。

11 活用できる補助金・助成金

補助金・助成金の申請に関するサポート



当社菱光商事では、放電加工機の購入をご検討の方向けに、補助金・助成金に関する最新情報のご案内や申請に関するサポートをさせていただきます。ぜひお気軽にご相談ください。

補助金・助成金の活用事例

当社が携わり、ものづくり補助金を活用して放電加工機を購入した事例になります。

購入時期：2019年

品名：ワイヤ放電加工機 MV1200R D-CUBES（三菱電機）

数量：1台

価格：1,300万円

補助額：865万

12 菱光商事株式会社について

菱光商事が提供するサービス

菱光商事株式会社では、三菱電機の主要代理店として放電加工機に関する様々なサービスを行っております。

ワイヤ放電加工機・形彫放電加工機・細穴放電加工機の加工技術相談から修理・メンテナンス相談、加工機の導入～導入後のサポート、放電加工の加工依頼までワンストップで対応可能です。

「放電加工で分からないことがある」「放電加工機の更新を検討しており相談に乗ってほしい」「放電加工機の周辺部品・消耗品を購入したい」「補助金に関する情報を教えてほしい」といったお困りごとがありましたら、ぜひお気軽にご相談ください。

会社概要

会社名	菱光商事株式会社
本社	富山県富山市金屋1634-11 Tel：076-432-1141
設立	1958年12月23日
資本金	3,000万円
従業員	41名

放電加工機の導入・更新、修理・メンテナンス、周辺部品・消耗品の購入、加工依頼・加工相談、その他放電加工機・放電加工に関するお困りごとがありましたら、菱光商事にお任せください！



