

加工精度 $\pm 2 \mu\text{m}$ 、 $\text{Ra}0.2 \mu\text{m}$ を実現！

**金型製造業**のための

# 高精度な**金型**を製作するための **放電加工**のポイント

## <目次>

- I 金型製作における放電加工の役割
- II 金型製作における放電加工の注意点
- III 形彫放電加工機の鏡面加工と金型材料の関係
- IV 高精度な金型を製作するためのワイヤ放電加工のポイント
- V 高精度な金型を製作するための形彫放電加工のポイント
- VI 菱光商事株式会社について



# I 金型製作における放電加工の役割

## 金型製作における形彫放電加工の役割

放電加工は、プレス金型、プラスチック金型、鋳造型、鍛造型など、ほぼすべての金型製作において使用されている加工方法です。

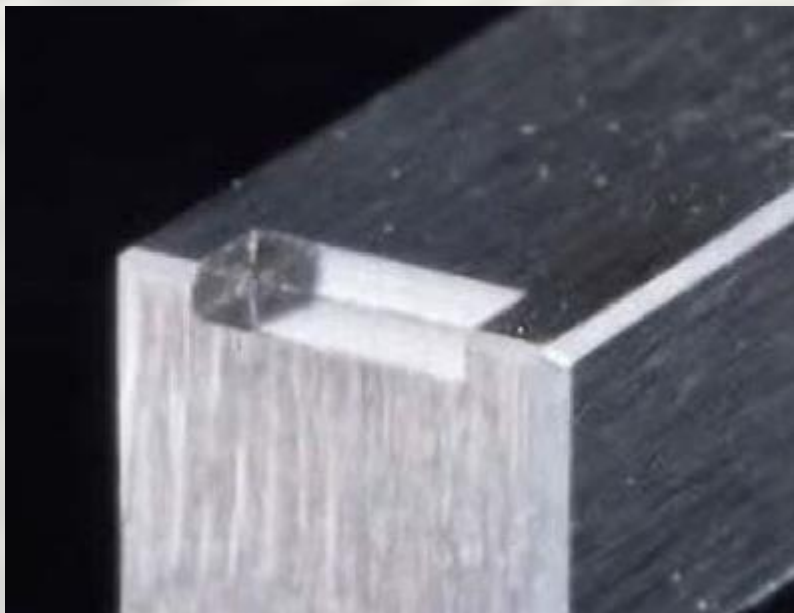
金型製作において形彫放電加工機を使用するか否かは、

- ・ワーク材質
- ・硬度
- ・形状深さ

などから判断します。

切削加工において、工具の突出し部分が長く高硬度なワークを加工することは非常に難易度が高いため、そういった加工は形彫放電加工機が採用されるケースが多いです。切削加工では不可能な微細加工においても、形彫放電加工機が活躍しています。

### 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 $\mu$ m / Ra0.08 $\mu$ 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 $\mu$ m / Ra0.7 $\mu$ m
精度	底面平面度5 $\mu$ m以下
加工ポイント	底面平面度5 $\mu$ m



## 金型製作におけるワイヤ放電加工の役割

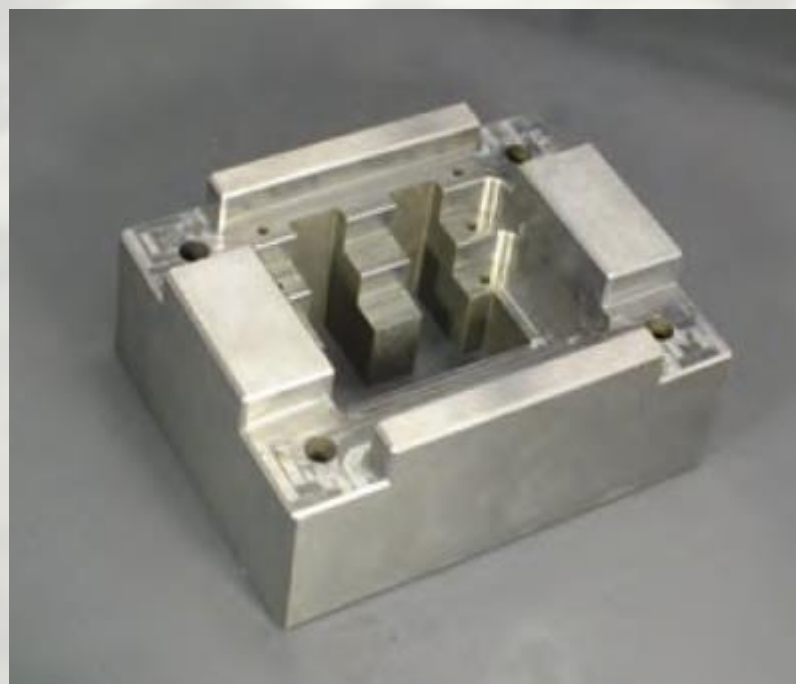
ワイヤ放電加工機は、抜き形状の加工において使用されることが多いです。これはワイヤ放電加工機の加工方法の特性によるものです。

また、

- ・プラスチック金型によく見受けられる加工板厚に変化のある加工
  - ・プレス金型によく見受けられるピッチ精度を要求されるプレートの加工
- においてもワイヤ放電加工機が活躍しています。

他には下記のような加工においてもワイヤ放電加工機が得意とする分野であり、ワイヤ放電加工機が採用される場合が多いです。

### 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



### プレス金型における放電加工のポイント



プレス金型製作ではピッチ加工を行うことが多いですが、この際の放電加工においては、「**応力**」に注意する必要があります。

ワークから部材を切り出すことで、応力が開放されます。この応力開放を無視して加工を進めていると、仕上げ加工においてピッチズレが起こり不良につながります。特にワイヤ放電加工では応力の開放に注意し、大きな部材から切り出したり、加工の順番、加工の回り方を調整する必要があります。

応力とは別に気にしなくてはいけないのが、**加工液やワークの温度変化**です。

温度が変化するとワークが収縮するため、放電加工前に「液慣らし」とよばれる加工液温にワークを慣らす作業は実施されている方も多いでしょう。

しかし、温度が変化するのは、その時だけではありません。大きなエネルギーを伴う荒加工では、ワークも加工液温も温度上昇しますが、比較的小さなエネルギーで加工する仕上げ加工においては、液温は低下します。

したがって、荒加工終了直後の液温が高い状態のまま仕上げ加工を行うと、液温が徐々に下がるため、ワークが寸法変化しながら加工することになります。その結果、ピッチズレが発生し不良が発生します。

対策としては、**荒加工終了後に1時間程度液慣らしを行い、仕上げ加工を行う**と良いでしょう。そうすることにより、加工中の液温の変化が最小限になり、ピッチ加工の精度も良くなる傾向があります。



## Ⅱ 金型製作における放電加工の注意点

### プラスチック金型における放電加工のポイント

プラスチック金型におけるワイヤ放電加工の場面では、ワイヤ電極線が振れやすくなり、加工がうまくいかないケースが多いです。

ワイヤ電極線が振れやすくなる要因は、プラスチック金型のワーク形状の性質上、

- ・ノズル離れになってしまう
  - ・加工板厚変化が多い
- といった点が挙げられます。

ノズル離れが多い、もしくは加工板厚が厚いと、加工液の影響やエネルギーの反力を受けやすく、結果的にワイヤ電極線が振れやすくなってしまいます。

そのため、各メーカーはノズル離れに対して様々な対策を講じています。

三菱電機製放電加工機のMPシリーズは、加工中の極間情報から、三菱独自のAI技術により、ノズル離れや加工板厚などの加工状態をリアルタイムで検出し、加工条件を自動調整してくれます。

これにより、段差やノズル離れでも面倒な加工条件の調整を行わずに安定した高精度加工を実現することができます。





## II 金型製作における放電加工の注意点

### 鍛造型における放電加工のポイント



ギア用鍛造型は、加工精度、面精度ともに高いレベルが求められ、より高度な技術が要求されます。中でも、**微小なコーナー加工**における課題が取り上げられることがよくあります。

ワイヤ放電加工においては、できる限り大きな線径で、できる限り小さなインコーナーを加工することが度々求められますが、ワイヤ線径以下の微小なコーナーを加工条件の調整なしで加工することは困難です。

例えば、ワイヤ線径に対して、角Rが十分なコーナー（大コーナー）と小さなコーナー（小コーナー）とでは、ワイヤ電極線とワークの距離によって、ワイヤ電極線の前側で十分な放電を発生させられるか否かが異なります。これは、放電の発生確率が、ワイヤ電極線がワークから遠ければ遠いほど低下することによって起因します。

後者については、1st加工や2nd加工でインエッジ（オフセット後のコーナーがエッジ）になる場合があります、形状精度悪化が起こりやすくなります。

この問題を解決するため、**三菱電機ワイヤ放電加工機は、コーナー径によらず高精度な形状加工が可能なコーナー制御があります**。これにより、コーナー部加工中の放電発生確率をモデル化し、電気エネルギーや加工速度を最適化することが可能です。具体的な制御方法は企業秘密とのことで記載できませんが、難易度の高いコーナー加工をより簡単に加工することができます。



# Ⅲ 形彫放電加工機の鏡面加工と金型材料の関係

## 形彫放電加工機の鏡面加工と金型材料の関係

最近、金型の鏡面加工を求めるユーザー様が多くなりました。

一般に鋼材では(機械加工、放電加工および研磨)、**鋼材の添加物としてSiが多いほど鏡面性が高いとされており、Siが1.0%前後あれば非常に高い鏡面性を得ることができます。**

Cr、Ni、Al、VはFe合金系で変態点を持ち併せるために、焼入れ・焼戻し時に析出硬化を得ることができる反面、母材との結晶粒界の相違から結晶粒として脱落するとスジやピンホールを形成してしまいます。また、MnとSを多く含むとMnSを形成し、これも結晶粒界から脱落しやすいために、圧延方向などに沿ってスジを形成します。

《金型材料の光沢加工結果》

金型材料	光沢性	スジ	金型材料	光沢性	スジ	金型材料	光沢性	スジ
APS23	△	○	NAK55	△	×	SKD61	○	○
DAC	○	○	NAK80	○	○	SKH51	○	×
DC53	○	×	PD555	○	○	SKS3	△	○
DEX20	○	○	PD613	×	×	SKT4	△	×
DH2F	×	×	PDS3	△	○	SNM420	△	○
DHA1	○	○	PDS5	△	×	STAVAX(P.H)	○	○
ELMAX	○	×	PX5	△	×	STAVAX(焼入れ)	△	×
FC20	×	○	RIGOR	△	×	SUS304	×	○
FC25	×	○	YXR3	○	○	SUS316	○	○
HAP10	△	○	YXR7	△	○	SUS420J2	×	○
HPM1	△	×	YXR33	○	○	SUS430	×	○
HPM2	△	×	S45C	△	○	SUS440	×	○
HPM7	△	×	S50C	○	×	SUS630	△	○
HPM17	○	○	S55C	○	×	YH75	×	○
HPM31	△	○	SCM420	△	○	A5052	×	○
HPM38	×	○	SCM440	△	○	A7052	×	○
HPM50	○	○	SK3	△	×			
CENA1	△	○	SKD11	×	×			

### 光沢性

○: 特に気を使わなくとも良好な光沢性が得られる。

△: 光沢性は得られないが最良面加工にはなる。光沢加工条件は調整が必要。

×: 全く光沢性が得られない。返って加工面が悪くなる。

### スジ

○: 特に気を使わなくともスジやピンホールの発生はない。

△: 最良面加工時にスジやピンホールが発生する。最良面条件は調整が必要。

×: 5 μm Rmax以下ではスジやピンホールが目立つ。抑制も困難。晶粒界から脱落しやすいために、圧延方向などに沿ってスジを形成します。



## ノズル離れ・板厚変化加工でのワイヤ放電加工機の課題

板厚変化ワークの仕上げ加工

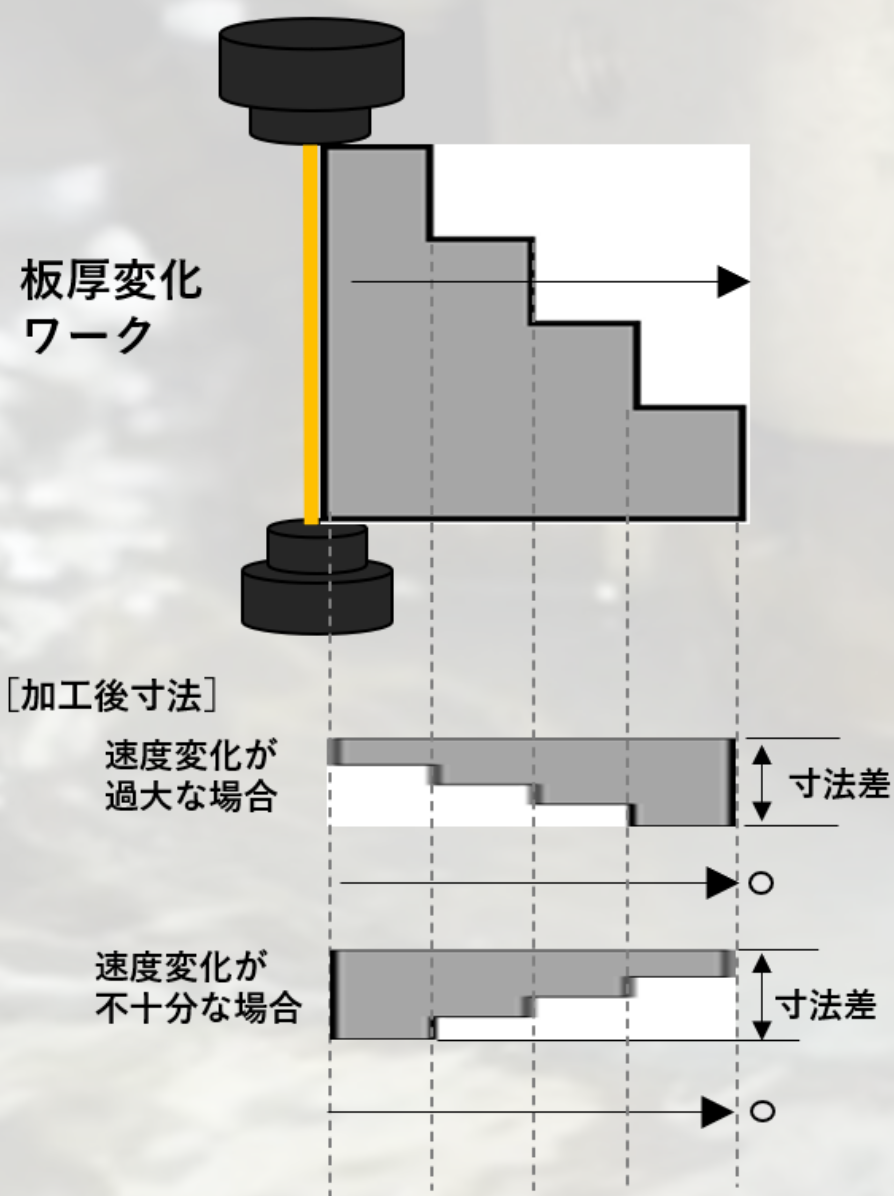


図1 板厚変化のある加工

①ノズル離れ量の変化による加工精度の悪化  
ワイヤ放電加工機の加工中、ワイヤ電極線は微小に挙動しています。

ノズル離れ量が大きくなると、ワイヤ電極線の挙動が大きくなります。挙動の大きさが変化している中、同じ加工条件で加工をすると、加工量に影響を及ぼし寸法差が生じます。これがノズル離れ量の変化による加工精度の悪化です。

②板厚変化による加工精度の悪化

板厚変化があるワークを加工する場合、その板厚ごとに加工速度が最適化されずに加工をすることになります。

その際、速度変化が過大な場合と速度変化が不十分な場合とで、図1のように寸法差が生まれてしまいます。これが板厚変化における加工精度の悪化です。

## 上記の課題への対策と三菱電機製ワイヤ放電加工機

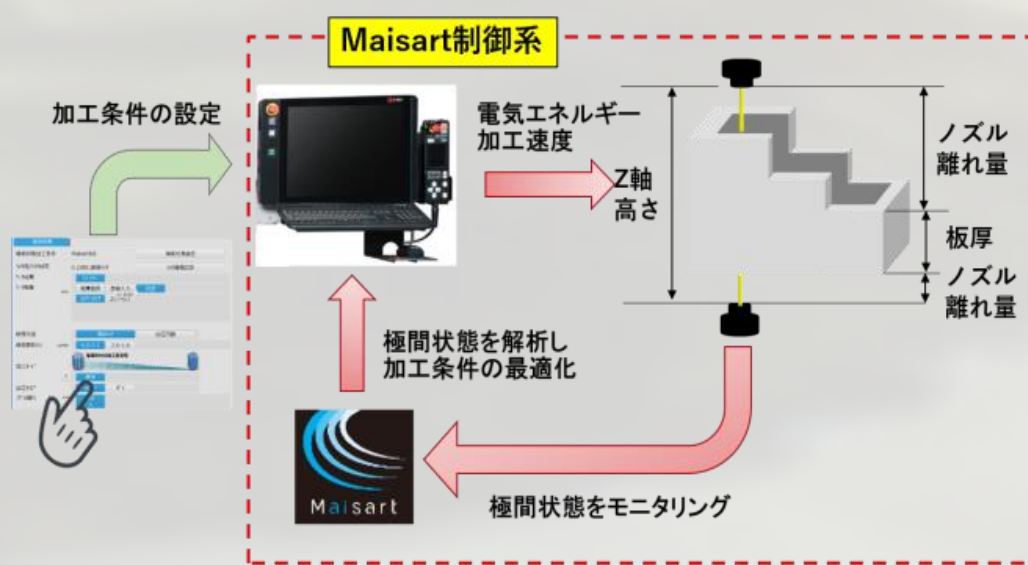


図2 Maisart適応制御

三菱電機製ワイヤ放電加工機独自のAI技術「Maisart」なら、加工中の極間電圧や放電周波数の変化などから加工板厚やノズル離れ量を推定し、電気エネルギーや加工速度を状態に合わせて最適化することができます。

加工時のZ高さごとに加工条件が分かれており、指定範囲内のZ高さであれば、**板厚やノズル離れ量によらず、高精度な加工が安定して可能になります。**



## 三菱電機製ワイヤ放電加工機の加工事例

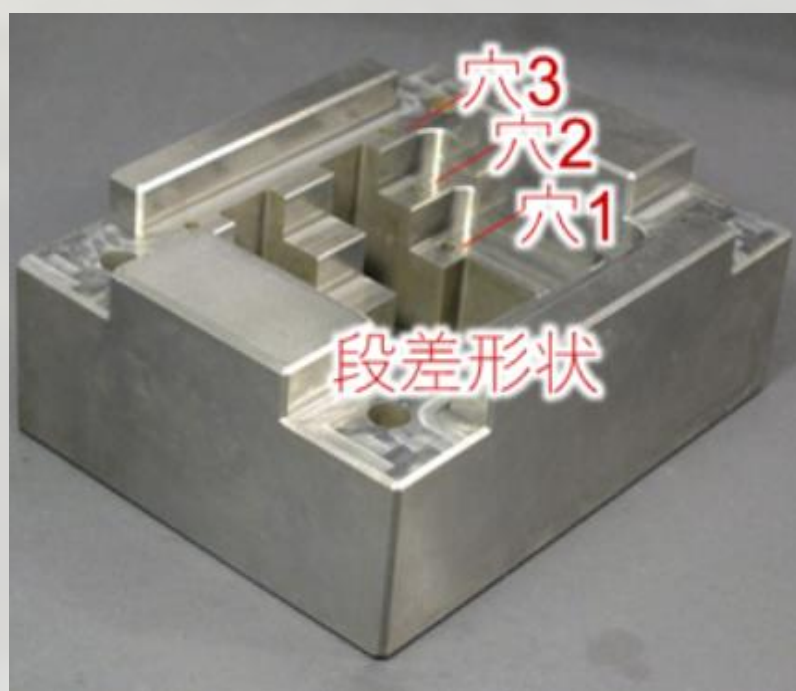
## コネクタ用プレス金型



加工時間  
電極材  
工作物  
面粗さ  
板厚  
加工ポイント

11.5h  
φ0.2 BS  
Steel  
Rz1.6 μm/Ra0.2 μm  
30mm  
板厚とノズル離れ量の異なる角穴と丸穴を4ヶ所加工しています。板厚10~30mmで、ノズル離れ量10~30mmの段取りにおいて、Maisart制御により加工条件を切り替えることなく加工精度±2 μm、Ra0.2 μmの高精度加工を実現しました。

## コネクタ用樹脂成型金型



加工時間  
電極材  
工作物  
面粗さ  
板厚  
加工ポイント

15.0h  
φ0.2 BS  
Steel  
Rz3.3 μm/Ra0.4 μm  
40mm  
板厚20~30mm、ノズル離れ量40~60mmの段取りにおいて、Maisart制御により加工条件を切り替えることなく、加工精度±1.5 μm、Ra0.4 μmの高精度加工を実現しました。



## 形彫放電加工における3つの課題

今回は形彫放電加工機における大型グラファイト電極を使用した、プラスチック金型の加工に焦点をあてながら、ご紹介します。

### ①面ムラ

放電加工後の離型性の向上や磨き時間低減のために、放電加工面の面ムラの抑制や、面粗さ均一性向上の要望が増えています。

大型電極の場合、

- ・加工中のジャンプアップやダウンの動作
- ・揺動時に発生する機械構造耐の振動
- ・電極が受ける液抵抗による振れやたわみ

が原因で加工中の電極とワークの極間距離が安定せず、加工サーボが不安定となり、異常放電が発生しやすくなります。

その結果、電極の異常消耗が発生して、加工面が安定せず、面ムラが発生します。

### ②ピンホール

加工電源回路内の浮遊容量が大きいと、ジャンプ後の放電開始時に意図しない大きな電流が発生する場合があります。

この電流により放電痕が深くなってしまい、加工面にピンホールが発生します。

### ③段取り作業性とプログラミング性

一体型の金型加工では、ワークが大きく、同一ワーク内に複数の加工位置がある場合が多いです。

また加工高さが異なる場合もあり、加工槽や加工液面高さが加工位置ごとに設定する場合もあり、段取り性の向上や、プログラミング性の向上が課題となっています。

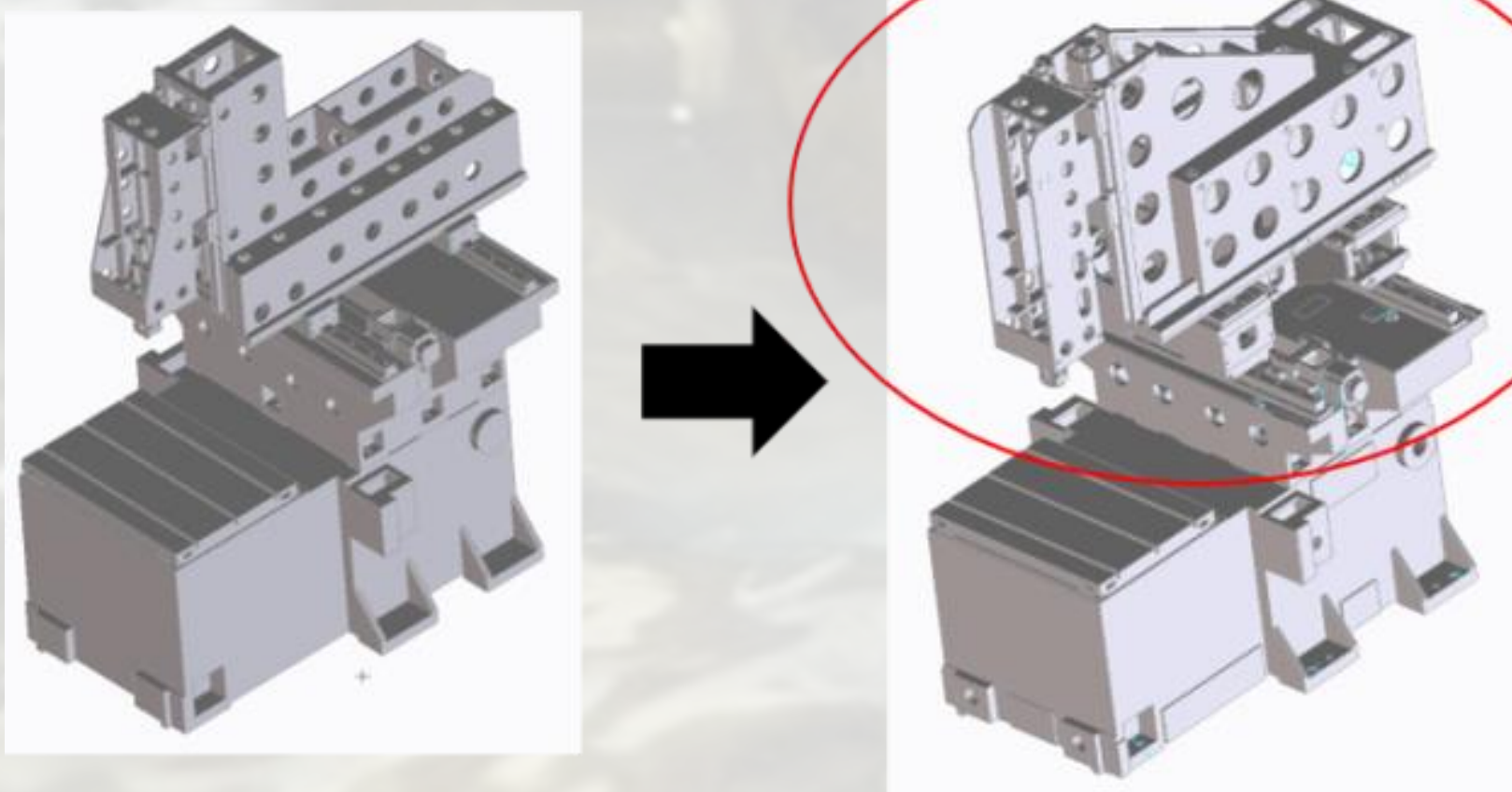


## 三菱電機製形彫放電加工機の4つの特徴

三菱電機製形彫放電加工機なら、前ページで述べたプラスチック金型の形彫放電加工における3つの課題への対策が可能です。

### ①ラム構造の見直し

以下の図で示すようにラム構造を見直しており、高剛性を確保している機械構造体です。



### ②三菱電機AI技術「Maisart」

三菱電機AI技術「Maisart」を活用した高応答な加工サーボ制御により、加工中の電極とワークの極間状態をより高速に検出し、制御できます。これらを活用し、ワークと電極の位置関係のズレを低減し、課題であった面ムラを抑制することが可能となりました。

### ③新電源の搭載

加工電源盤内における電気基板や給電形態の設計を見直した新電源を導入しています。その結果、浮遊容量成分を減らしてピンホールを低減しています。

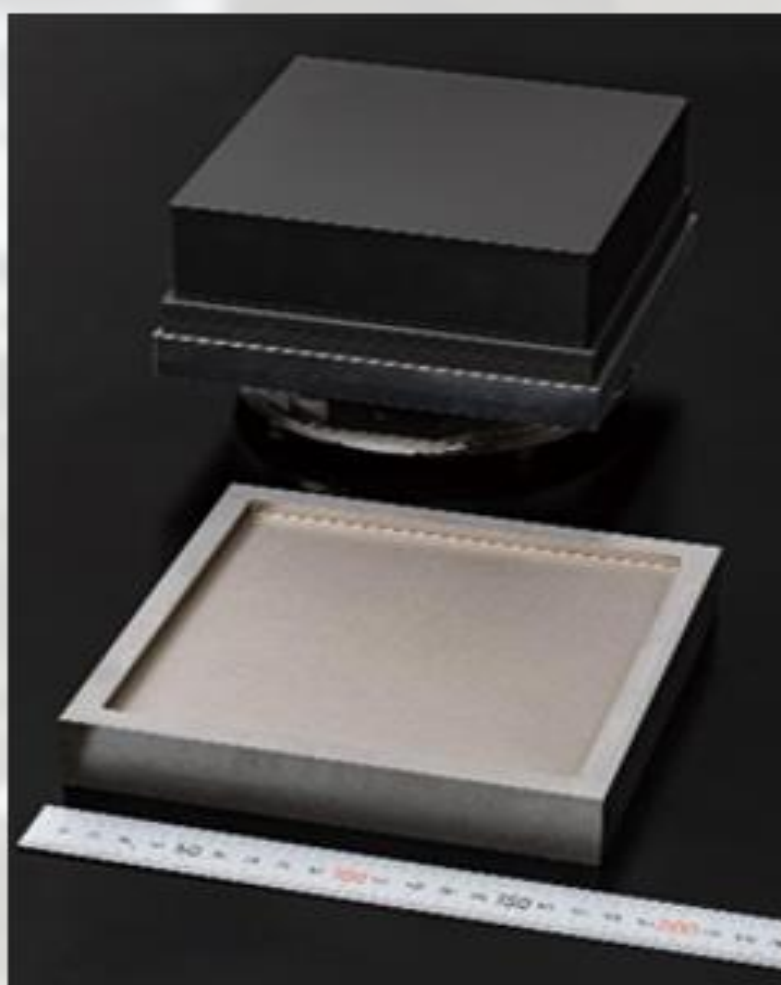
### ④自動液面追従制御の搭載

加工位置ごとの加工槽や加工液面高さの自動調整が可能となり、従来機に比べ段取り作業性とプログラミング性が向上しています。



## 三菱電機製形彫放電加工機の加工事例

## 空調機器向けプラスチック部品金型



電極サイズ  
電極材  
工作物  
面粗さ  
加工深さ  
加工ポイント

150 × 150 (mm)

グラファイト (TTK-5)

SKD61

Rz10 μm

6mm

電極の異常消費のない加工を可能とし、加工面の面ムラがなく、ピンホールを低減した仕上げ面を実現しました。これにより、放電加工後の離型性の向上や磨き時間の低減も可能としました。

## 自動車向けプラスチック部品金型



加工時間

15.0h

電極材

グラファイト (TTK-5/TTK-9)

工作物

S-STAR

面粗さ

Rz6 ~ 7 μm

加工深さ

50mm

加工ポイント

上と同様に、電極の異常消費のない加工を可能とし、加工面の面ムラがなく、ピンホールを低減した面粗さRz6 ~ 7 μmを実現しました。



## 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。

「放電加工機の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聞きたい」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！

