

# 世界戦略ワイヤ放電加工機 “MVシリーズ”

三枝嘉徳\* 小川卓也\*  
服部広一郎\* 塩澤貴弘\*  
中島洋二\*

## World Strategic Wire Electric Discharge Machine "MV Series"

Yoshinori Saigusa, Kouichirou Hattori, Youji Nakajima, Takuya Ogawa, Takahiro Shiozawa

### 要 旨

近年の世界的な景気低迷や、自動車、家電、IT関連機器等様々な製品の価格低下の傾向はとどまることがなく、放電加工機を取り巻く環境はますます厳しくなっている。ワイヤ放電加工機の市場としては、従来の主要市場であった日米欧の汎用金型市場規模は縮小し、金型の高精度化／高付加価値化が進んでおり、更なる加工精度向上、生産性の向上やランニングコスト低減等が求められている。またプラスチック金型に代表されるボリュームゾーンである汎用金型の主要市場は中国などの新興国にシフトしてきている。このため日米欧での市場要求や、更に成長が見込まれる新興国のボリュームゾーンである汎用金型の市場ニーズを分析し反映した世界戦略機“MVシリーズ”を開発した。MVシリーズは次のような特長を備えている。

(1) 自動結線性能向上：ワイヤの巻きクセ(カール)にばら

つきのある汎用的なワイヤ線でも安定した自動結線性能を実現

- (2) 加工精度向上：三菱電機製サーボアンプとNC制御装置を用いた高速光通信と、シャフトリニアモータの二つの相乗効果による形状加工精度の向上
  - (3) 生産性向上：電源制御・定盤絶縁構造・上部ワイヤガイド構造最適化による加工速度向上と面粗さ低減の両立
  - (4) 操作性向上：加工条件検索の簡単化／焼入れ定盤による長期にわたる精度安定化
  - (5) ランニングコスト低減：ワイヤ消費量削減／ろ過フィルタの寿命向上／イオン交換樹脂の長寿命化
- これらの新技術は作業者のノウハウなしで使用することができるため、幅広いユーザーから好評を得ている。



MV1200R



MV2400R

	MV1200R	MV2400R
各軸ストローク(X×Y×Z) (mm)	400×300×220	600×400×310
最大工作物寸法(幅×奥行き×高さ) (mm)	810×700×215	1,050×820×305

### 世界戦略ワイヤ放電加工機“MV1200R／MV2400R”

MVシリーズはワイヤの巻きクセ(カール)にばらつきのある汎用的なワイヤでも安定した自動結線が可能な自動結線装置“IAT (Intelligent Automatic wire Threader)”や電源制御・機械構造最適化による加工速度と面粗さの両立、フィルタやイオン交換樹脂の超寿命化によるランニングコスト低減を図った世界戦略ワイヤ放電加工機である。ワイヤ放電加工機における次世代の標準機として高い注目を集めている。

## 1. ま え が き

近年の世界的な景気低迷や、自動車、家電、IT関連機器等、様々な製品の価格低下の傾向はとどまることがなく、放電加工機を取り巻く環境はますます厳しくなっている。ワイヤ放電加工機の市場としては、従来の主要市場であった日米欧の汎用金型市場規模は縮小し、金型の高精度化／高付加価値化が進んでおり、更なる加工精度向上、生産性の向上やランニングコスト低減などが求められている。またプラスチック金型に代表されるボリュームゾーンである汎用金型の主要市場は、中国などの新興国にシフトしてきている。特に中国市場では、プラスチック金型などのボリュームゾーンの汎用金型製造を行うユーザーは、機械稼働率も非常に高く活況を呈している。このため、日米欧での市場要求や、中長期的にも更に成長が見込まれる中国など新興国のボリュームゾーンである汎用金型の市場ニーズを反映したワイヤ放電加工機として、世界戦略ワイヤ放電加工機“MVシリーズ”を開発した(図1)。

本稿ではMVシリーズで向上した5つの基本性能を中心に述べる。

## 2. MVシリーズで向上した5つの基本性能

### 2.1 自動結線性能の向上

ワイヤの自動結線装置は、ワイヤ放電加工機の自動化に不可欠な装置であり、その信頼性と高速性がこれまでの課題であった。2005年発表の“FAシリーズ”で搭載したワイヤ自動結線装置“AT2”は信頼性を向上させつつφ0.1mmの細線ワイヤにも対応した装置で、市場でも好評を得ている。今回はさらに中国など世界市場で使用されることが多いワイヤの巻きクセ(カール)にばらつきのある汎用的なワイヤ線を使用した際の自動結線の信頼性改善を図るため、自動結線機構を大幅に見直した“IAT”を開発しMVシリーズに搭載した。

#### 2.1.1 ワイヤの巻きクセ(カール)にばらつきのある汎用ワイヤ線での信頼性向上

自動結線装置では、結線前ワイヤの巻きクセ(カール)を取り除くためにアニール処理と呼ばれるワイヤ線の真直性を改善させる処理を行う。今回のIATでは次の3つの性能向上策を実施し、ワイヤ線の真直性を改善した。①アニール処理を行うワイヤ線距離を2倍にした、②アニール処

理時の電流制御分解能を6倍にした、③ワイヤに張力を与えるメンテナンスモータをサーボモータにしてアニール処理時のテンション制御性能を向上させた。これによって、カールにばらつきのある汎用的なワイヤ線を使用した場合でも安定的な自動結線性能を実現した。また、従来装置では信頼性が低かったワイヤが断線した位置(断線点)での自動結線(図2)でも高い自動結線性を持ち、さらにはワイヤ線の自動結線から切断までのサイクルタイムも短縮した。

#### 2.1.2 高板厚での自動結線性能向上

ワイヤ結線時には自動結線装置のノズル部からジェットと呼ばれる水流を出してワイヤ線を搬送する。このため、ジェット水流の流れには真直性や乱れがないことが求められる。

今回のIATではジェット水流の流体解析シミュレーションによって上部ワイヤガイド機構の最適化を図り、ジェット水流の真直性を向上させた(図3)。これによって高板厚領域での自動結線信頼性が大幅に向上した。

#### 2.1.3 最適な自動結線モードの選択簡単化

“IAT”では高板厚領域でのジェット水流を使用した自動結線、ジェット水流なしの水中断線点での自動結線、スタート穴径の小さな自動結線時に使用する細穴挿入機能など、加工形状に最適な自動結線モードを簡単な操作で選択可能とした。

### 2.2 加工精度の向上

当社製サーボアンプとNC制御装置を用いた高速光通信による高応答性を持ったシステムと、バックラッシュがなく長期間にわたり安定して高精度を持つシャフトリニアモータの協調制御(Opt Drive System: ODS)によってMVシリーズでは形状加工精度が向上している。図4にφ20真円加工事例を示すが、ODSの効果によって切り返し時の突起やアプローチ部の食い込みを抑え、真円度1.7μmの加工精度を実現している。

### 2.3 生産性の向上

#### 2.3.1 デジタル電源制御高速化による加工速度向上

MVシリーズではデジタル電源制御の高速化によって極間電圧の検出を早くすることが可能になった。これによって極間での絶縁破壊を起こすコンデンサ放電から、その後発生するトランジスタパルスの主放電への切替えが早くなり、有効放電の数が上がった。その結果、エネルギーを効率良く加工部に伝達できるようになり、従来に比べて加工

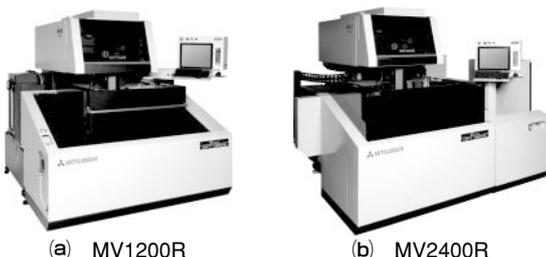


図1. MVシリーズの外観



図2. 高板厚領域での断線点挿入による結線

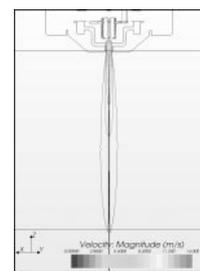


図3. ジェット水流解析

<挿入条件>  
ワイヤ径: φ0.25BS  
Z軸高さ: 180mm

速度の向上、及びワイヤの断線を抑制することが可能になった。図5、図6に汎用金型加工で多く使用される3回加工でRz3.5μmの面粗さで加工を行った時の従来機種との加工速度比較を示す。MVシリーズでは従来機種に比べてトータルの加工速度が20%向上した。

### 2.3.2 定盤絶縁構造の採用

MVシリーズでは図7のように被加工物を載せる定盤と鋳物の間に絶縁材のセラミックを挟み込み、定盤と加工機本体を電氣的に絶縁する構造を採用した。この構造を採用することで荒加工時には絶縁を使用せず加工速度を上げて加工を行うが、仕上げ加工時には絶縁構造によって浮遊の静電容量成分が減り、微小なエネルギーで加工ができるようになった。これによって面粗さを向上させながらトータル加工速度を向上させることが可能になった。MVシリーズでは高精度金型加工に多く使用される4回加工でRz2.0μmの面粗さを実現した際の加工速度も従来機種に比べて20%向上した。

### 2.3.3 上部ワイヤガイド構造最適化

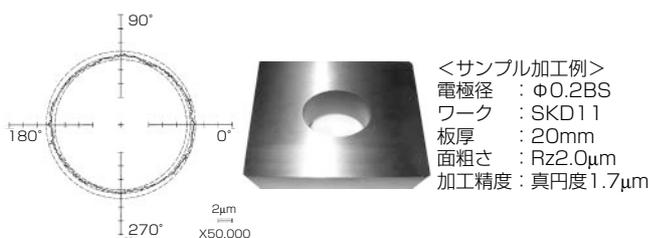


図4. MV-R真円加工サンプル例及び真度測定結果

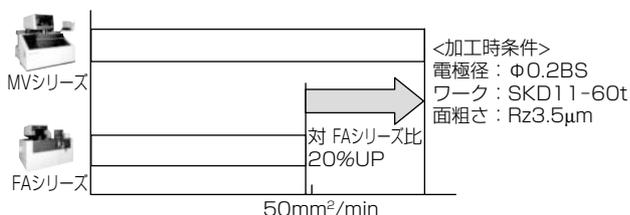


図5. 3回Rz3.5μm加工時のMVシリーズの加工速度比較

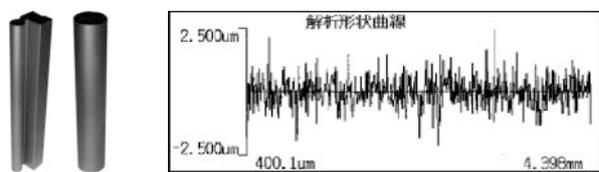


図6. 3回Rz3.5μm加工サンプル例と面粗さ測定結果

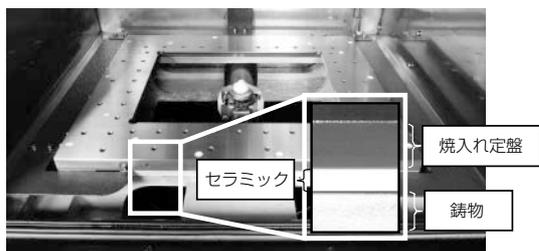


図7. 定盤絶縁構造

ワイヤ放電加工機では、加工時に上部ワイヤガイド部のノズルから加工液を噴出して、加工部で発生する加工屑(くず)(スラッジ)の除去を行っている。加工液でスラッジの除去を効率良く行うためには、ノズルから出る加工液の真直性が求められる。今回のMVシリーズでは加工液水流も前述のジェット同様に流体解析シミュレーションによって上部ワイヤガイド構造の最適化を行い、加工液水流の真直性を向上させたことで加工速度の向上を実現している。

## 2.4 操作性の向上

### 2.4.1 加工条件検索の簡単化

ワイヤ放電加工を行う際には、使用するワイヤ電極径、加工する物の材質、板厚、目標の面粗さ等によって、様々な異なる加工条件を選択する必要がある。MVシリーズでは加工条件検索をする際に、必要な項目が順番に表示される選択絞り込み方式としたことで、初心者でも簡単に加工条件検索が可能となった。また加工現場で多く使用されるNC制御装置の二次元CAM(Computer Aided Manufacturing)上でも絞り込み方式の加工条件検索が可能となり、操作性が向上した。

### 2.4.2 焼入れ定盤採用

一般的に被加工部(ワーク)を載せる定盤は、使用時の磨耗や傷等によって経年的に平面度などの精度が悪化する。中国などの市場調査の結果、硬度が高く磨耗や傷のつきにくい定盤にしてほしいというニーズがあった。MVシリーズではワークを載せやすい形状の一体口の字型の焼入れ定盤として、定盤の硬度を従来機種比で約30%向上させた(図8)。これによって定盤自体の経年劣化を防ぐとともに、長期にわたる定盤精度の安定化を図った。

### 2.4.3 段取り・メンテナンス性向上

段取り・メンテナンス性について日米英以外の中国などの新興国でも市場調査を行い、次の改善を実施した。

#### (1) 段取り性向上

##### ① 扉操作性改善

上下開閉手動扉を、ハンドルの一連動作でロック/アンロック可能(図9)

##### ② ワーク平行出し作業性改善

自動結線装置前部にダイヤルゲージのスタンド固定用位置を設置

##### ③ 加工液流量計、ジェット水流調整用バルブの視認性、操作性向上

機械正面のワイヤ送給部の横に流量計、バルブを設置



図8. MVシリーズの定盤硬度比較

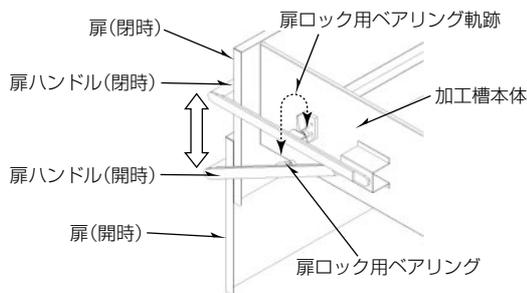


図9. 操作性改善の扉構造

(2) メンテナンス性向上

①加工液タンクの清掃性向上

清掃時に使用するタンク上面開口部を拡大

②電磁弁の清掃作業性向上

電磁弁の上部に空間を設け、電磁弁への接近を容易化

2.5 ランニングコスト低減

ワイヤ放電加工機に代表されるようなマザーマシンは可能な限り効率的に稼働させ、付加価値の高い製品を作り出すことによって、ユーザーは大きな利益を得る。稼働にかかるランニングコストを低減させることは、そのままユーザーの収益を増やすこととなり更なる改善が求められている。ワイヤ放電加工機のランニングコストはワイヤ電極、ろ過フィルタ、イオン交換樹脂で全体の約80%を占めるため、MVシリーズでは主にこれら消耗品に関してランニングコストの低減を図った。

2.5.1 ワイヤ消費量削減

一般に、ワイヤ電極の送り速度が遅いほど電極消耗の影響で真直精度、特に上下寸法精度が低下する。そのため、従来は真直精度の要求からワイヤ消費量を削減できないといった問題があった。これに対し、MVシリーズでは最新のデジタル電源制御によって荒・仕上げ加工における真直精度が向上し、ワイヤ送り速度を低速化させても高い真直精度を維持することが可能になった。これによってワイヤの消費量を減らすことができ、従来機種に比べて最大46%削減可能となった(図10)。

2.5.2 ろ過フィルタの寿命向上

加工で発生するスラッジを加工液から分離するろ過フィルタは、ワイヤ放電加工機に必要な不可欠な消耗品である。MVシリーズでは加工状況によって発生するスラッジ量が異なることに着目し、荒加工時と仕上げ加工時のろ過フィルタ通過流量を切り替える流量の最適化を行った。この結果、仕上げ加工時のろ過フィルタ通過流量を必要最小限とすることで、フィルタの寿命向上を実現した。これによって、従来機種比でろ過フィルタのランニングコストを最大45%抑えることが可能になった(図11)。

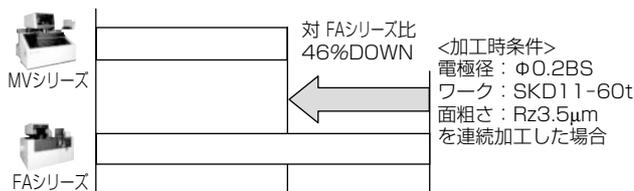


図10. MVシリーズのワイヤ消費量比較

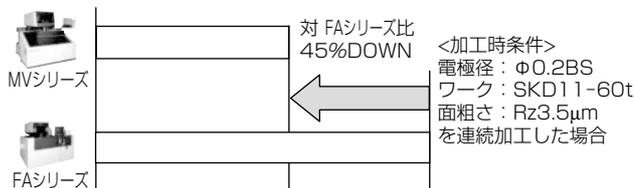


図11. MVシリーズのフィルタランニングコスト比較



図12. MVシリーズのイオン交換樹脂ランニングコスト比較

2.5.3 イオン交換樹脂の長寿命化

一般的にワイヤ放電加工機は、加工液に水を使用して加工を行うことから加工液中の余計なイオン成分を取り除き、水の導電率を一定にしておく必要がある。この際に使用されるのがイオン交換樹脂であり、交換が必要な消耗品となっている。加工液の導電率を下げるとイオン交換樹脂の寿命が向上するが、加工時の面粗さが悪くなる問題があった。MVシリーズではデジタル電源制御や定盤絶縁構造を採用することで、面粗さが改善され導電率を下げる設定を可能とした。これによって、従来機種に比べてイオン交換樹脂のランニングコストを最大25%抑えることが可能になった(図12)。

2.6 デザイン

ワイヤ放電加工機も、近年は性能さえ良ければ外観は気にしないと言うことではなく、デザインも一つの性能として位置付けられるようになってきた。当然、見た目のイメージは、機械そのものの性能を判断する有効な手段でもある。MVシリーズでは、デザインについて中国などの市場調査を実施し、市場の嗜好(しこう)にあった安定感のあるシンメトリーデザインを採用した。

3. むすび

世界戦略ワイヤ放電加工機MVシリーズとそれに搭載している新技術について述べた。今後とも市場ニーズにこたえらるとともに、新たな市場を開拓する技術と製品の開発に取り組んでいく所存である。