

油ワイヤ放電加工機“MX600極細線仕様”の開発による微細加工市場への対応

菊地秀明*

Expansion of Micromachining Market Share by Developing Oil Wire - cut EDM "MX600 with Ultra - fine Wire Specification"
Hideaki Kikuchi

要旨

国内の金型市場は、一部復調の兆しが見えるものの依然海外メーカーとの競争が厳しく、放電加工機(Electrical Discharge Machine : EDM)でも一層の高付加価値、高精度化が求められている。

近年、金型市場では、高精度金型の微細化や型寿命向上のため超硬材の使用が増加しており、超硬材が腐食しない油を加工液にしたワイヤ放電加工機の要求が高まっている。三菱電機は、このような市場の要求に応えるため、油ワイヤ放電加工機“MX600”を開発して、2013年4月に発売した。

MX600は、加工性能の向上を目的として、油加工専用電源であるnPV(ナノパルスV)電源を搭載してサブマイクロメートルの面粗さを実現した。精度、安定性に関し

ては、機械と加工ワークの温度管理を行うとともに、RIS (Rigidity & Isolation Structure) 機械構造とODS(Opt Drive System)を採用することで機械精度の再現性を向上させ、 $\pm 2.0\mu\text{m}$ の精度保証を実現した。

また、高付加価値、高精度なワイヤ放電加工を行う市場分野として、極細線ワイヤ(ワイヤ径 $\phi 0.02\sim 0.03\text{mm}$)を用いた時計歯車などの微細加工部品や化繊ノズルのノズル部などの加工を行う微細加工市場がある。この市場でのMX600のシェア拡大を目的に、極細線ワイヤへ対応した信頼性の高い自動結線装置を開発して、MX600の極細線仕様オプションとして市場投入した。



MX600の極細線仕様

各軸ストローク(X×Y×Z)(mm)	300×200×180
最大工作物寸法(幅×奥行き×高さ)(mm)	640×610×100
ワイヤ径(※極細線仕様オプション時)(mm)	$\phi 0.02\sim 0.2$

油ワイヤ放電加工機“MX600”の極細線仕様

油ワイヤ放電加工機MX600は、油加工専用電源のnPV電源でサブマイクロメートルの面粗さを実現するとともに、RIS機械構造とODSを採用することで機械精度を向上させた。また、オプション仕様として極細線ワイヤ($\phi 0.02\sim 0.03\text{mm}$)に対応することで、狭スリットや微小コーナーなどの微細加工形状の加工が可能となった。

1. ま え が き

近年、国内の金型市場では、海外メーカーとの競争が厳しくなる中、金型の高付加価値・高精度化が求められている。

金型の高付加価値化として、金型の微細化や型寿命向上のために金型材料への超硬材の使用が増える中、当社では、ワイヤ放電加工機に水加工液を用いて高速加工と高精度加工を両立させてきた。超硬材の長時間加工時の腐食・さびといった課題に対しても、水加工液の生産性を活用するため、当社独自の技術で水加工液を改質して、腐食・さびを抑制した高効率な生産を行うための機能開発を行ってきた。しかし、放電ギャップが小さく微細な加工が容易に行えること、加工の再現性が高いこと、加工液に対して簡便な管理が行えることなどの特長を持つ油加工仕様ワイヤ放電加工機(以下“油ワイヤ放電加工機”という。)を指定する金型メーカーが増えてきたこともあり、当社でも、油ワイヤ放電加工機MX600を開発して、市場投入を行った⁽¹⁾。

また、高付加価値、高精度なワイヤ放電加工を行う市場分野として、微細加工部品や化繊ノズル等の加工を行う微細加工市場がある。この市場では、微細加工のために極細線ワイヤ(ワイヤ径：φ0.02~0.03mm)を用いたワイヤ放電加工を行っている。従来、極細線ワイヤは、ワイヤの細さや強度の低さによって安定した自動結線が行えず、自動運転時の機械運用が困難という課題があった。このため、微細加工市場でのシェア拡大を目的に、極細線ワイヤへ対応した信頼性の高い極細線仕様対応自動結線装置(以下“極細線AT(Automatic Threader)装置”という。)の開発を行い、MX600の極細線仕様オプションとして市場投入を行った。

本稿では、油ワイヤ放電加工機MX600の特長、MX600極細線仕様及び加工事例について述べる。

2. 油ワイヤ放電加工機MX600の特長

2.1 油加工液専用電源による高品位加工面

油加工液による加工は、水加工液に比べて加工速度が劣るという課題がある。そこで当社では、“油加工液専用nPV電源”を開発した。これまでの水加工で培ってきた高速加工技術と形彫放電加工で培ってきた油加工特有の電源制御技術を融合させた。従来技術では工作物表面に微小なクラックや硬化層が形成されていたが、nPV電源は従来よりも微小なエネルギーの放電を高い周波数で発生させることができる。微小なエネルギーでの加工によって、クラックを抑制して加工面品質を大幅に改善できた。また、高い周波数での加工によって平均加工エネルギーの低下を抑制し、トータル加工速度の向上に成功した(図1)。

また、nPV電源は、加工中に放電状態の変化を検出して、放電状態が不安定になりやすいコーナー部などの加工でも素早く放電状態を制御することで加工寸法精度を向上

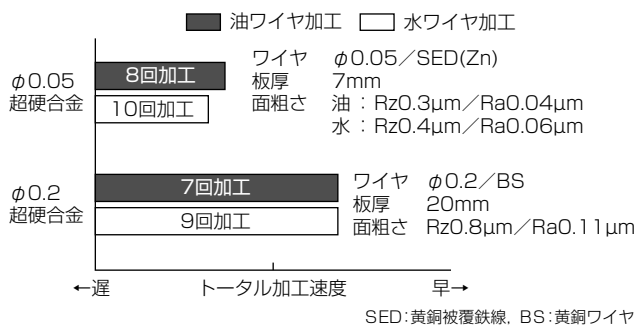


図1. 加工速度の比較

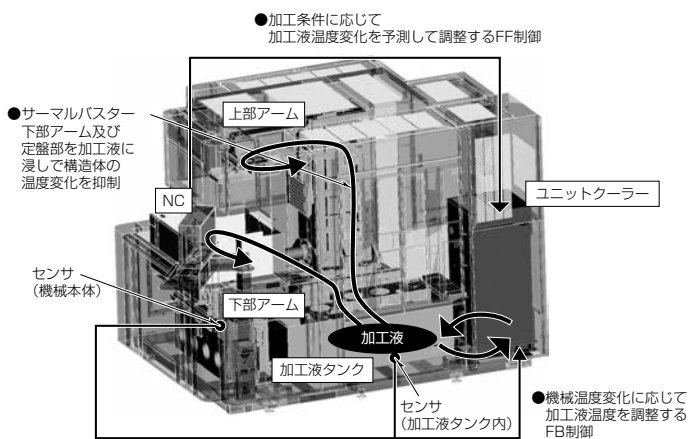


図2. 加工液温制御の模式図

させている。さらに、絶縁定盤構造を採用することで電気的絶縁と熱影響を抑えることが可能となり、長時間安定的な高精度加工を実現した。

2.2 加工液温度の安定化による加工精度安定化

MX600は、加工液の温度変化による加工ワークの寸法精度への影響を抑制するため、温度制御システムとして、機械本体・加工槽内・加工液タンク内の3点温度センサによるフィードバック(FB)制御を行っている(図2)。また、加工条件に応じて加工液温度変化を予測してユニットクーラー冷却量を調整するフィードフォワード(FF)制御を行っている。

機械本体の温度管理は、“サーマルバスター機能”を搭載することで構造体温度を加工液温度と同調管理し、高精度加工の妨げになる熱変位を抑制した。これによって、加工槽内の温度変動を従来比最大1/3に、相対熱変位を1/2~1/3程度に改善した。

2.3 高精度を実現する高剛性機械構造

機械本体には構造体に高剛性材料を採用して、当社汎用機と比較して機械剛性を30%向上させた。また、機械加工精度向上とリニアガイドの高精度化を図るとともに、ADVANCE制御装置とサーボアンプとシャフトリニアモータを高速光通信ケーブルで接続して構築した高応答サーボシステム“オプトドライブシステム(ODS)”(図3)で機械を駆動することによって、形状精度・ピッチ精度を向上させて、当社基準で±2.0μmの精度保証を実現した。

また、機械構造は左右対称構造にして、振動源(ポンプ)

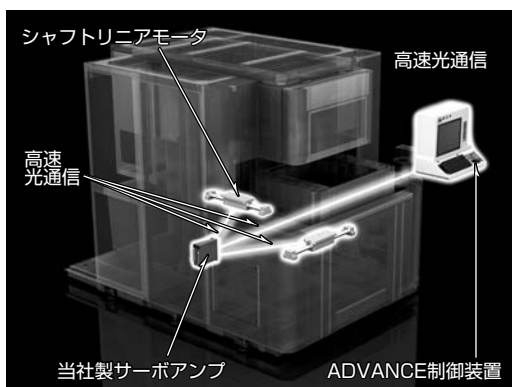


図3. オプトドライブシステム

と熱源(電源)を分離したアイソレート構造を採用している。さらに、機械本体・電源・タンク間を断熱して熱源を機械本体から分離させ、装置全体は“オイルパン付ワンパレット構造：RIS機械構造”を採用することで据付時の配線・配管作業が省略されて工場出荷状態を維持し、機械精度の再現性を向上させた。

3. MX600極細線仕様

3.1 微細加工市場

微細加工市場の加工対象分野として、時計部品などの微細加工部品、ICリードフレームや化繊ノズル等(図4)などの微細金型加工が挙げられる。微細形状の加工部には狭スリット加工(スリット幅：50 μ m以下)や微小コーナR(コーナR：30 μ m以下)が存在し、 ϕ 0.02~0.03mmの極細線ワイヤを用いたワイヤ放電加工を行う必要がある。また、加工では複数の加工箇所を連続して加工することもあるため、極細線ワイヤの安定的な自動結線による長時間安定稼働が求められている。

3.2 極細線AT装置の開発

極細線ワイヤは、標準(ϕ 0.05~0.2mm)のワイヤに比べてワイヤ径が細く強度が低いため、従来の自動結線装置では部品隙間からのワイヤのはみ出しや、ワイヤの強度不足によるワイヤ走行時断線などの問題があり、自動結線時の信頼性を確保することが困難であった。極細線ワイヤを使用した際、ワイヤの走行経路(ワイヤ走行パネル、メンテナンスパネル、AT装置、上部ガイド、下部ガイド、ワイヤ回収装置)で発生する課題を図5に示す。

極細線AT装置の開発では、AT装置を含むワイヤ走行系全体で、図5で挙げた各課題に対して対策を行うことで、極細線ワイヤの自動結線に対応したAT装置を開発した。表1に極細線AT装置開発での実施項目を示す。次に、極細線ワイヤを扱う上で特に重要な要素技術について述べる。

(1) AT装置ワイヤ切断ユニットの極細線ワイヤへの対応

自動結線時には、AT装置内のワイヤ切断ユニットでワイヤを切断する。切断ユニット内でワイヤを保持する通電子パッドと通電子間に隙間が発生した場合、ワイヤのすっ

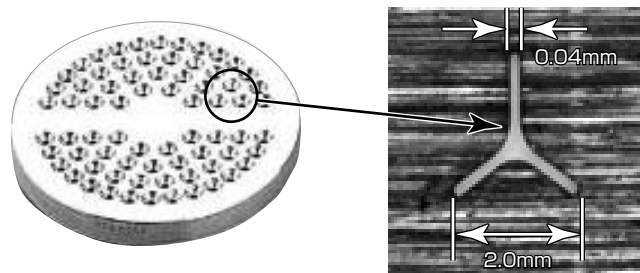


図4. 微細加工例(化繊ノズル)

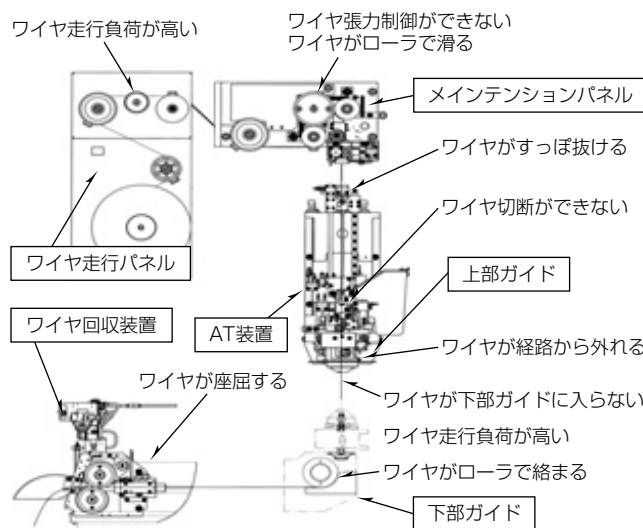


図5. ワイヤ走行系での極細線の課題

表1. 極細線対応の実施項目

ユニット名	不具合内容	対策
ワイヤ走行パネル	ワイヤ負荷が高い	フェルトローラ変更(ワイヤ負荷低減)
メンテナンスパネル	ワイヤがローラで滑る	メンテナンスローラ変更(ワイヤ滑り防止)
	ワイヤの張力制御が困難	ピンチローラ位置変更(ワイヤ張力制御域拡大)
AT装置	ワイヤがすっぽ抜ける	すっぽ抜け防止機構追加(すっぽ抜け防止)
	ワイヤを切断できない	ワイヤ切断部機構変更(切断信頼性向上) ワイヤ切断部清掃機構追加(切断信頼性向上)
上部ガイド	ワイヤが経路から外れる	ワイヤガイド機構追加(ワイヤ経路外れ防止) ワイヤトラック変更(ワイヤ経路外れ防止)
	ワイヤが下部ガイドに入らない	サブガイド延長(ワイヤ経路外れ防止) ダイヤモンドダイス構造変更(結線率向上) ダイヤモンドダイス先端延長(結線率向上)
下部ガイド	ワイヤ負荷が高い	下部ローラ位置変更(ワイヤ負荷低減)
	ワイヤがローラで絡まる	下部ローラ位置変更(ワイヤ絡み付き防止)
ワイヤ回収装置	ワイヤが座屈する	ワイヤ回収装置変更(ワイヤ座屈防止)

ぽ抜けや、接触不十分で電流が流れず、切断不良となることがある。極細線ワイヤはワイヤ径が ϕ 0.02~0.03mmと細く、この現象が発生しやすい(図6(a))。

この対策として、通電子パッドの先端を球体ベアリングによって可動性を持たせた構造にすることで、通電子パッドと通電子が常に隙間なくワイヤを保持できるように改善した(図6(b))。

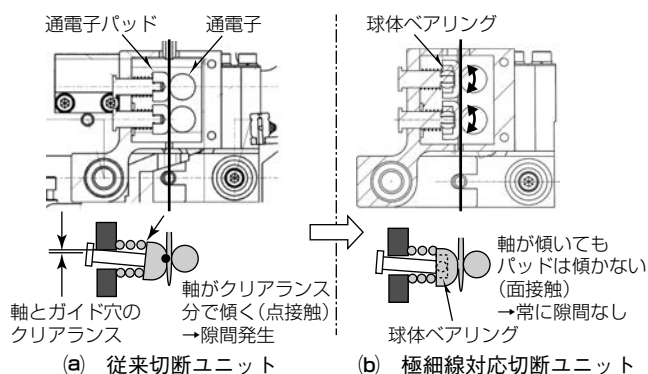


図6. AT装置のワイヤ切断ユニット

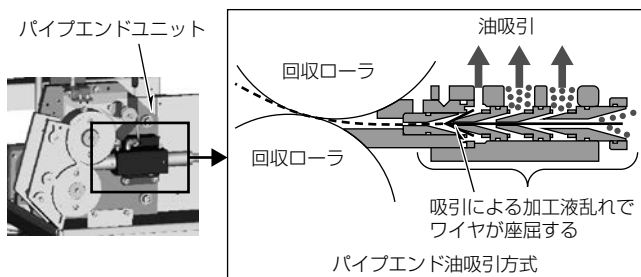


図7. MX600標準仕様のワイヤ回収装置

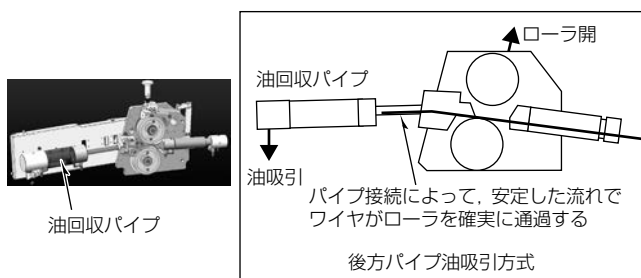


図8. MX600極細線仕様のワイヤ回収装置

(2) ワイヤ回収装置の極細線ワイヤへの対応

MX600の標準仕様のワイヤ回収ローラ手前には、油加工液を吸引するパイプエンドユニットが設けられている。しかし、極細線ワイヤは吸引力でワイヤが座屈してしまい、回収ローラまでワイヤが到達せずに結線率が低下する問題があった(図7)。

この対策として、吸引パイプ式回収装置(図8)を開発した。この装置は、油回収パイプを回収ローラ後方に配置して、ワイヤを油加工液の流れで回収ローラ後方まで搬送する構造とした。この構造によって、ワイヤの剛性や径路内の加工液の状態によらない座屈のない安定したワイヤ搬送が可能となり、自動結線時の信頼性を確保した。

3.3 極細線ワイヤによる自動結線

極細線AT装置での極細線ワイヤの結線事例を図9に示す。従来AT装置では自動結線が困難であった小径(φ0.5mm以下)ワークスタート穴、ノズル離れ状態(ワークが上下ノズルから離れている状態)でも、極細線AT装置で極細線による安定した自動結線が可能となった。また、評価試験に際しては、客先から実使用ワークを借用して、実際の客先使用状態

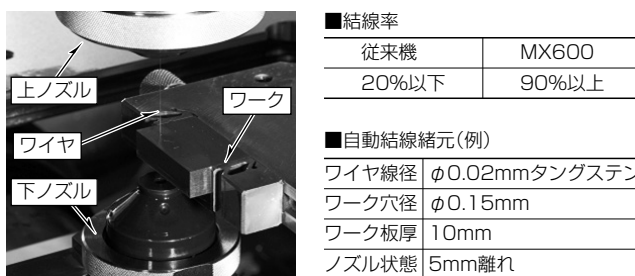


図9. 極細線ワイヤ自動結線の例

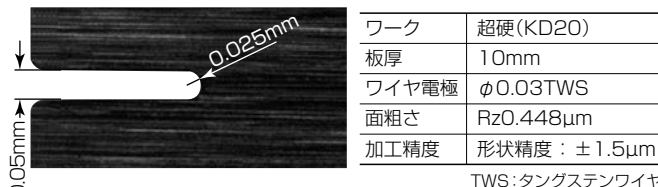


図10. 極細線ワイヤ加工事例(狭スリット加工)

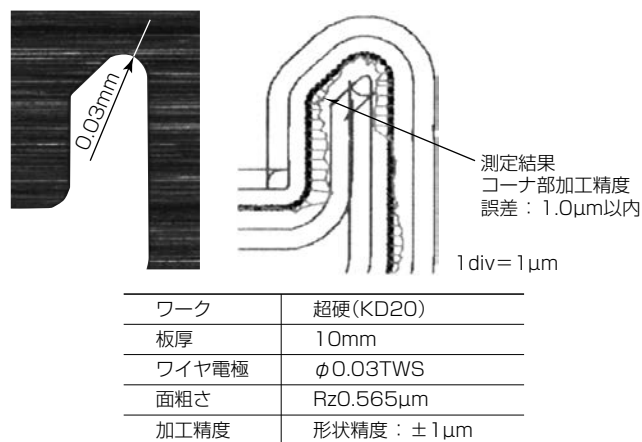


図11. 極細線ワイヤ加工事例(微小コーナR形状加工)

でも極細線による自動結線が可能であることを確認した。

4. 加工事例

図10, 図11に極細線ワイヤを用いた油加工による微小加工サンプルの加工事例を示す。nPV電源、加工液温度FB・FF制御等の制御技術と、従来技術を継承したコーナ制御(CM3)、極細線AT装置による極細線ワイヤの自動結線によって、狭スリット加工(図10)、微小コーナR等の微細加工(図11)でも安定した加工が可能である。

5. むすび

加工液に油を使用した油ワイヤ放電加工機MX600の特長と、今後伸長が見込まれる微細加工市場に対応したMX600極細線仕様及び加工事例について述べた。今後も市場ニーズに応えるため、新技術と製品の開発に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 鷗飼佳和：油加工液仕様ワイヤ放電加工機「MX600」－高精度ワイヤ放電加工機の最新技術－，機械技術，61，No.6，51～53(2013)