

油ワイヤ放電加工機“MX600”

佐々木祐飛*
喜寿秀明*

Oil Wire-cut Electrical Discharge Machine "MX600"

Yuto Sasaki, Hideaki Kita

要 旨

近年、電子機器製品や自動車部品市場で製品の高精度化が進み、量産の母体となる金型に一層の高い精度が要求されている。これに伴い金型の生産に用いられる放電加工機に要求される性能もより高精度になっており、同時に生産性の更なる向上も求められている。

三菱電機では、これまでワイヤ放電加工機の加工液に水を用い、高速加工と高精度加工を両立させてきた。今回、昨今より高精度な加工への要求、また、加工の長時間化に対する要求に応えるため、高生産性、高精度、加工の安定性、利便性、省エネルギーの5つの項目を重視して油加工液仕様ワイヤ放電加工機(以下“油ワイヤ放電加工機MX600”という。)を開発した。

生産性に関しては、油ワイヤ放電加工機専用のnPV(ナノパルスV)電源を搭載し、高速加工を実現するとともに、サブミクロンの面粗さを実現した。精度、加工の安定性に関しては、RIS(Rigidity & Isolation Structure)機械構造とODS(Opt Drive System)を採用することで、機械精度の再現性が向上し、 $\pm 2.0\mu\text{m}$ の精度保証を実現した。また、“自動結線装置Intelligent AT”装置を搭載し、ワイヤ電極径 $\phi 0.05\text{mm}$ までの自動結線に対応することで利便性を向上させた。

本稿では、油ワイヤ放電加工機MX600の特長について述べる。



油ワイヤ放電加工機“MX600”

高生産性、高精度、加工の安定性、利便性、省エネルギーを重視して開発したMX600は、電気・電子部品などの超精密部品加工における超高精度を実現した。

1. ま え が き

近年、電子機器製品や自動車部品市場で製品の高精度化が進み、量産の母体となる金型に一層の高い精度が要求されている。これに伴い金型の生産に用いられる放電加工機に要求される性能もより高精度になっており、仕上げ面に優れ、腐食防止にも有効な、加工液に油を使用する油ワイヤ放電加工機へのニーズが拡大している。同時に生産性の更なる向上も求められている。当社では、これまでワイヤ放電加工機の加工液に水を用い、高速加工と高精度加工を両立させてきた⁽¹⁾。今回、昨今より高精度な加工への要求、また、加工の長時間化に対する要求に応えるため、加工液として油を使用したワイヤ放電加工機MX600を新たに開発した。

本稿では、油ワイヤ放電加工機MX600の特長について述べる。

2. 製品の仕様と特長

先に述べた市場要求に対して、高生産性、高精度、加工の安定性、利便性、省エネルギーの5つの項目を重視して油ワイヤ放電加工機MX600を開発した。MX600の主な機械仕様を表1に示す。

3. 油ワイヤ放電加工機MX600の特長

3.1 油加工液専用電源

MX600は、“油加工液専用nPV(ナノパルスV)電源”を搭載している。この電源は、当社がこれまでに培ってきた高速加工技術(V電源)に加え、ワイヤ放電加工電源制御技術と形彫放電加工の油加工特有の電源制御技術を融合させた油加工液仕様専用電源である。nPV電源は、加工速度と加工面粗さのターゲットに合わせnTP回路、nGP回路、nFS回路を用意し、さらに、従来の電源にも搭載している微細加工用FM回路との組合せから最適な回路を選択することで効率的な加工を実現する(図1)。従来の電源制御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

表1. 主な機械仕様

工作物最大寸法	(mm)	640×610×100
工作物許容質量	(kg)	300
テーブル寸法	(mm)	560×485(一体口の字)
軸移動量(X×Y×Z)	(mm)	300×200×180(XY軸オプトドライブ仕様)
軸移動量(U×V)	(mm)	±35×±35(UV軸オプトドライブ仕様)
最大テーパ角度	(°)	15(最大100mmにおいて)
ワイヤ電極径	(mm)	0.05~0.2
質量	(kg)	3,400
加工液タンク容量	(ℓ)	300
ろ過方式		ペーパーフィルタ2本
加工液温度制御装置		ユニットクーラー
総合入力	(kVA)	13.5
必要エア量	圧力 (MPa)	0.5~0.7
	流量 (ℓ/min)	75以上

いたが、nPV電源では従来よりも短い周期の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、クラックを抑制し加工面品質を大幅に改善するとともに(図2)、平均加工エネルギーの低下を抑制し、トータル加工速度を向上させた。

さらに、nPV電源は、新規開発した放電モニタ回路によって、加工中の放電状態の変化を素早く検知し、最適な発振制御をすることが可能になった。これによっ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形状でも加工寸法精度を向上させた。

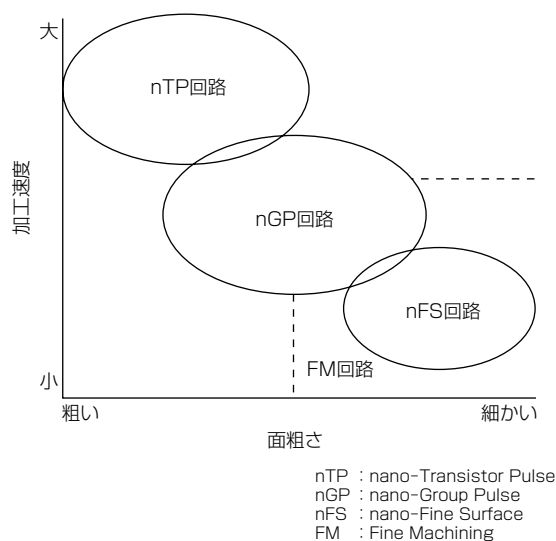
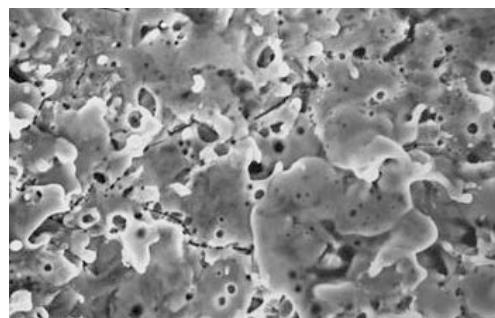
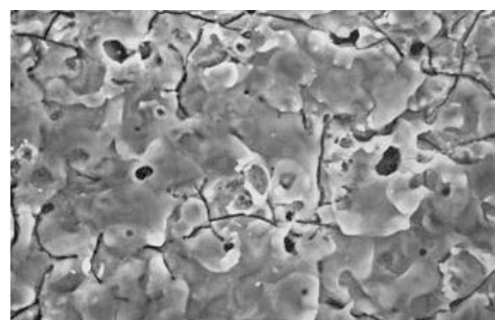


図1. nPV(ナノパルスV)電源



クラックの少ない加工面

(a) nPV電源



クラックのある加工面

(b) 従来電源

図2. 加工ワーク表面

◇一般論文◇

また、加工精度を向上させるうえでワイヤ電極と被加工物以外は絶縁することが望ましい。そのため従来機種では被加工物を固定するテーブル定盤と定盤取付け台との間に薄い絶縁体を設置していたが、MX600では定盤取付け台の材質を黒みかげ石とすることで電氣的絶縁を強化し、より高精度な加工を実現した。MX600での加工サンプルの一例として、高い精度が要求されるリードフレーム加工とコネクタ形状加工のサンプルを図3、図4に示す。

3.2 高精度を追求する機械構造

MX600は、機械構造を左右シンメトリー構造にするとともに、振動源となる部品を機械本体から分離することで振動による加工精度への影響を低減した。さらに、機械本

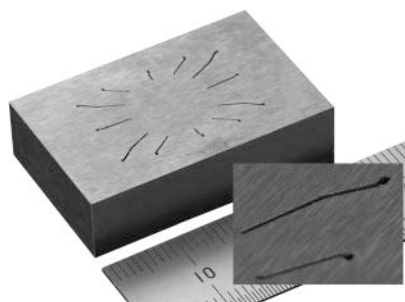


図3. リードフレーム加工サンプル

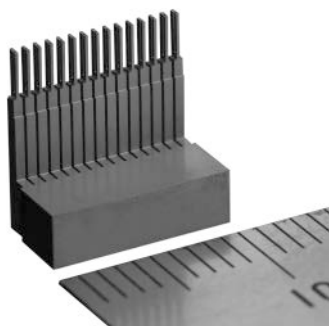


図4. コネクタ形状加工サンプル

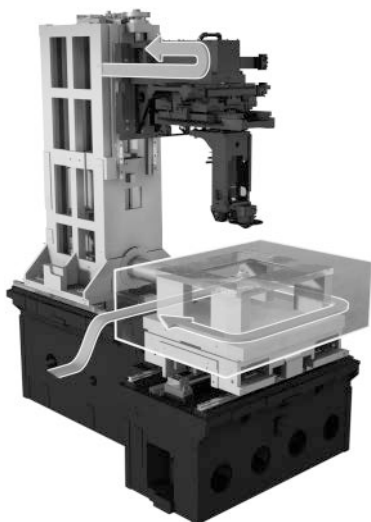
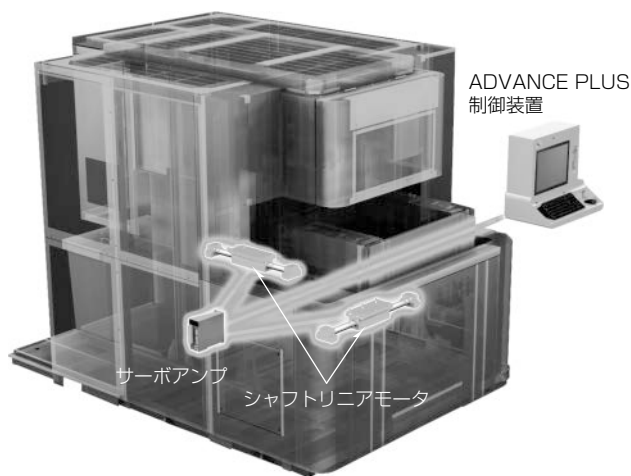


図5. サーマルバスター機能

体・電源・タンク間を断熱し、熱源を機械本体から分離したうえで、図5に示す“サーマルバスター機能”を搭載することで機械構造体温度を加工液温度と同調管理し、高精度加工の妨げとなる熱変位を抑制した。図中の矢印は機械構造内の加工液の流れを表しており、温度制御された加工液が機械内部を流れることで構造体温度も制御することが可能になる。機械本体には高剛性構造材料を使用し、機械剛性を高めることと、当社制御技術である高応答サーボシステム“ODS(Opt Drive System)”(図6)を搭載することによって、形状精度・ピッチ精度を向上させ、当社基準で±2.0μmの精度保証を実現した。また、装置全体はオイルパン付ワンパレット構造を採用することで、据付け時の配線・配管作業を最小化し、工場出荷時の機械精度を再現した。このようなMX600の機械構造を総称して“RIS機械構造”と呼ぶ。

3.3 自動結線装置

MX600は、ワイヤ電極線を自動で結線・切断する“自動結線装置Intelligent AT”(図7)を搭載し、加工される製品の微細化に対応するためにワイヤ電極径φ0.05mmまでの自動結線を可能にした。結線動作時には、ワイヤ張力及



当社独自のサーボシステム構築によって応答速度が向上

図6. 高応答サーボシステムODS

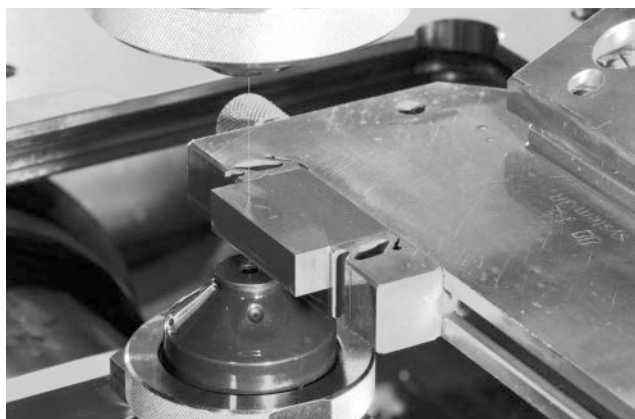


図7. 自動結線装置Intelligent AT

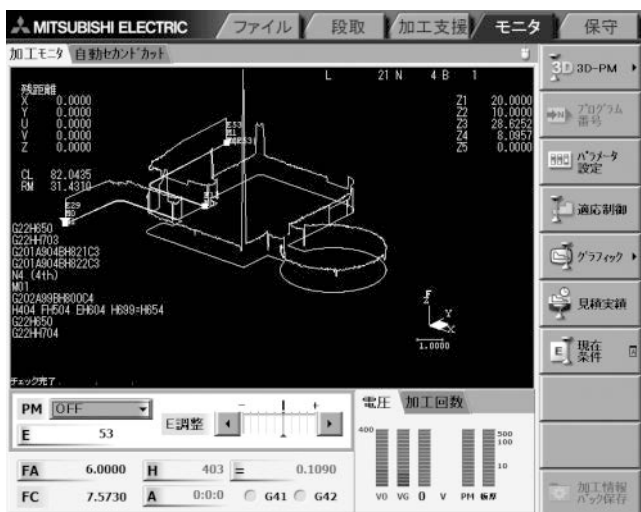


図 8. 加工中の協調制御

び結線速度を精度よく検出することで、油加工液を用いた場合でも高い結線率を確保した。また、加工中のワイヤ張力をより高速に制御するため、張力検出器を搭載するとともに、ワイヤ走行経路のモータに当社開発のサーボモータを使用することで、ワイヤ放電加工機専用の張力制御技術を構築し、極細線を用いた加工でも高精度加工を実現した。また、ワイヤの回収部にはドライ回収機構を設け、油による絡みつきを抑制し、安定した連続加工を実現した。

3.4 モーション制御と加工電源制御の協調制御を実現するADVANCE PLUS制御装置

MX600は当社最新制御装置“ADVANCE PLUS制御装置”によって加工状態を瞬時に把握し、形状データに基づき事前に加工予測を行うことで、モーション制御と加工電源制御の協調制御によって形状加工精度を向上させた。協調制御による加工中の軸移動速度変動の様子を図8に示す。

さらに、ウイルス感染防止ソフトウェアを標準搭載しセキュリティの向上を図るとともに、作業効率を向上させるため三次元データにも対応し、三次元データからパスの生

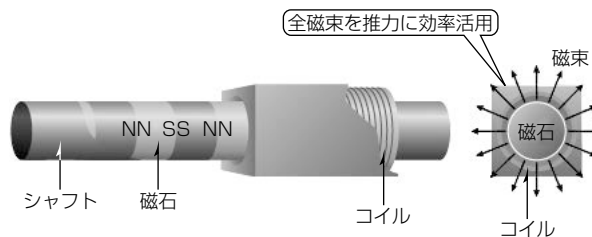


図 9. シャフトリニアモータ

成、加工条件検索、加工へと一連の流れを実現した。

3.5 省スペース、省エネルギーの実現

MX600は、機械構成ユニット部品の小型化を図ることで、300×200(mm)のXY軸移動量を保ったまま、機械本体の省スペース化を実現した。設置場所を有効活用することで、操作性・作業性を向上させた。

XYUV軸の軸移動には、磁石を円筒状に構成し磁束を360度効率よく推力に変換できるシャフトリニアモータ(図9)の採用によって、消費電力の削減による省エネルギー化を実現するとともに、高精度な位置決めを実現した。

4. むすび

微細加工の現場でますます高くなる高精度化要求に応えるため、高生産性、高精度、加工の安定性、利便性、省エネルギーの5つの項目を重視して油加工液仕様ワイヤ放電加工機を開発した。当社は、今後もものづくりにおける高品質、短納期、低ランニングコストを実現するために、水加工液仕様ワイヤ放電加工機と併せ、より多くの市場ニーズに合わせた製品開発を行っていく所存である。

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2013年6月号，61，No. 6，51～53（2013）