

細穴放電加工の最新技術

岡根正裕*
浅井厳慶*

Latest Technology for Micro-hole EDM

Masahiro Okane, Yoshinori Asai

要 旨

近年、電子部品、医療、自動車などの分野では穴加工の高品位高速化が要求されている。これらの穴加工は従来は切削が主流であったが、難削材への適用、穴の高精度化・微細化の要求が増加してきており、細穴放電加工機として高速かつ安定に微細穴を加工する技術が求められている。

これらの要求に対し、これまで三菱電機では“MEMH43S”と“VH10”の2機種 of 細穴放電加工機を開発してきた。

MEMH43Sは汎用高速タイプの細穴放電加工機で、貫通検出機能(PD機能)、オートゲインサーチ機能(A.G.S)などによって連続加工時の加工品質の安定化を実現した。また、加工技術の向上によって板厚60mmほどの高板厚の超硬材へのφ0.3mmの微細穴加工を達成した。一方、MEMH43Sではロボットタイプの電極・ガイド自動交換装置を搭載することによって、金型などに代表される同じ穴径の連続加

工のみならず、異種の穴径の連続自動加工を実現し、部品加工分野での適用が進んでいる。

VH10は微細穴加工用の“FH(Fine Hole)電源”を搭載し、市販の電極を使用して最小φ0.038mmの微細穴加工を実現した。また、FH電源によって難削材に対して加工穴周辺へのチッピングやバリをほとんど発生させずに微細穴加工を実現した。一方、微細ロッド電極送り出し機構と電極自動交換装置の組合せによって、数千～数万穴の超多数穴自動加工を実現しており、半導体、医療、精密金型等での適用が進んでいる。

本稿では、細穴放電加工の最新技術として、汎用高速細穴放電加工機MEMH43Sと高精度細穴放電加工機VH10に搭載した技術及び加工事例について述べる。



汎用高速細穴放電加工機“MEMH43S”
(RATC仕様)



高精度細穴放電加工機“VH10”

汎用高速細穴放電加工機“MEMH43S”と高精度細穴放電加工機“VH10”

MEMH43Sでは、貫通検出機能(PD機能)、オートゲインサーチ機能(A.G.S)によって部品加工分野に最適な自動連続加工の安定化を実現した。また、VH10では、FH電源を搭載し、市販の電極を使用して最小φ0.038mmの微細穴の連続加工を実現した。

1. ま え が き

電気・電子、医療、自動車部部分野では高品位な穴加工に対する要求が増加している。穴径・加工深さと業種の対応を図1に示す。従来は切削を中心とした機械加工が主流であったが、近年、①難削材への適用、②製品部品の小型高精度化による穴の高精度小径化及び高板厚化、③自動での多数穴連続加工に対する要求が高く、これらを背景に細穴放電加工機による穴加工が見直されてきている。

当社では、これらの穴加工に適した細穴放電加工機として、汎用高速タイプのMEMH43Sと、高精度タイプのVH10をラインアップしている(図2)。MEMH43Sでは貫

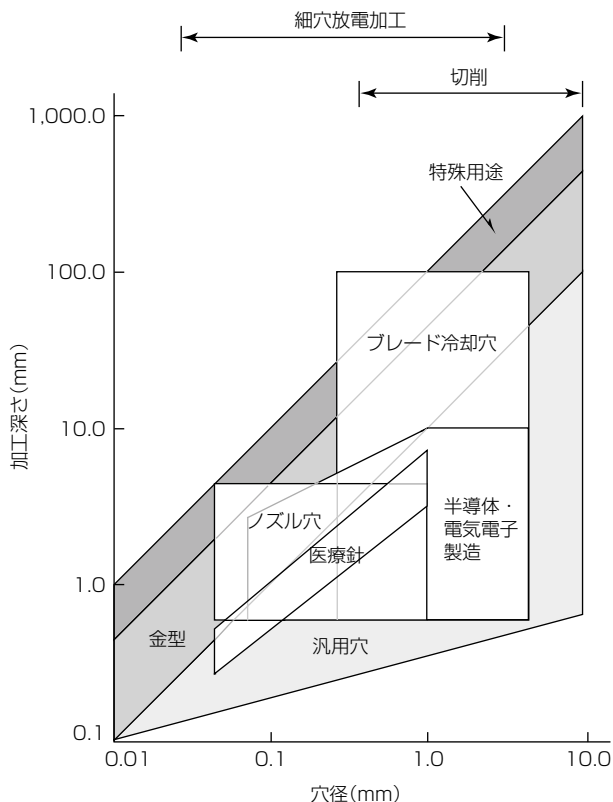


図1. 穴径・加工深さと業種

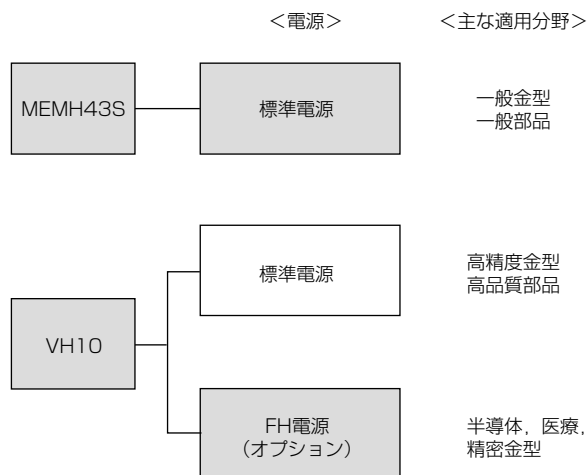


図2. 当社細穴放電加工機ラインアップ

通検知機能(PD機能)やオートゲインサーチ機能(A.G.S)を搭載し、連続加工における加工時間や電極消耗量のばらつきを低減することで穴径精度の向上を可能とした。また、ロボットを使用した電極・ガイド交換装置(RATC(Robotic ATC), AGC(Auto Guide Changer))を搭載し、異種穴径の連続自動加工を実現した。VH10ではFH電源の搭載によって、従来の標準電源では不十分であった微細領域の高精度高品位かつ高板厚の加工が可能となった。

本稿では、MEMH43S及びFH電源を搭載したVH10の最新技術及び最新の加工事例について述べる。

2. MEMH43Sの新技術

2.1 貫通検知機能による加工品質安定化

細穴放電加工では、特にワーク貫通後の電極突出し距離が十分に確保できない場合に、電極消耗量のばらつきによってワークを貫通しないことや穴径がばらつくといった課題が存在する。これらの課題に対し、電極と貫通検知板との通電を検知して加工を停止させる貫通検知機能を開発した。この機能によって電極送り量の微妙な調整が不要となり、貫通加工が十分に可能と推測される電極送り量を設定するだけで、電極異常磨耗などによる非貫通状態を容易に防ぐことができる。特に、図3に示すような中空ワークの上側部に貫通加工する場合などに有効であり、中空部に貫通検知板を設置することによって、ワーク下側の上面に傷を付けることなくワーク上側のみ確実に貫通加工することが可能である。

また、この機能によればワーク下端からの電極突出し距離を常に一定にすることが可能となる。そのため、加工終了時の電極先端形状がほぼ一定になり、穴径ばらつきを低減できる。

2.2 オートゲインサーチ機能による加工品質安定化

細穴放電加工では、加工の食いつき時や抜け際などは不安定になりやすく、最適な送り速度の調整が求められている。これらの不安定状態を改善するため、電極の送り速度

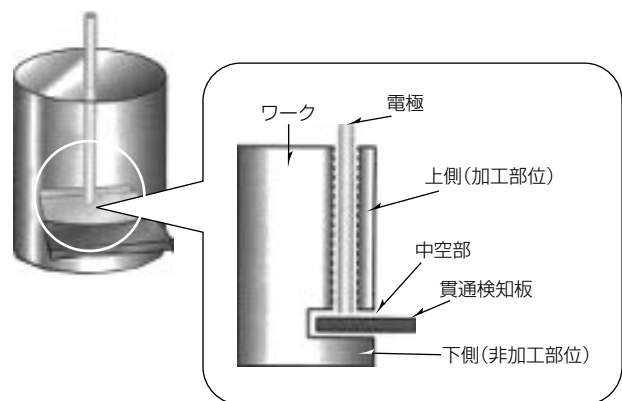


図3. 貫通検知機能

を加工に最適な設定に自動調整するオートゲインサーチ機能(A.G.S)を開発した。機能の概要を図4に示す。この機能は加工の安定度をリアルタイムに判定し、安定なときは送り速度をより大きく、不安定なときは送り速度をより小さく微調整する機能である。この機能によって、過大な送り速度設定に起因した電極曲がりやハンチングを抑えることができ、一方で、過小な送り速度設定による加工時間遅延を改善できる。

3. 超微細穴加工事例

FH電源を搭載したVH10による約40 μ mの超微細穴の高品位加工事例を表1及び図5に示す。事例では電極に ϕ 0.03mmの市販されているタングステンロッド1本を使用し、板厚0.2mmのワークに純水で400穴連続加工を行った。

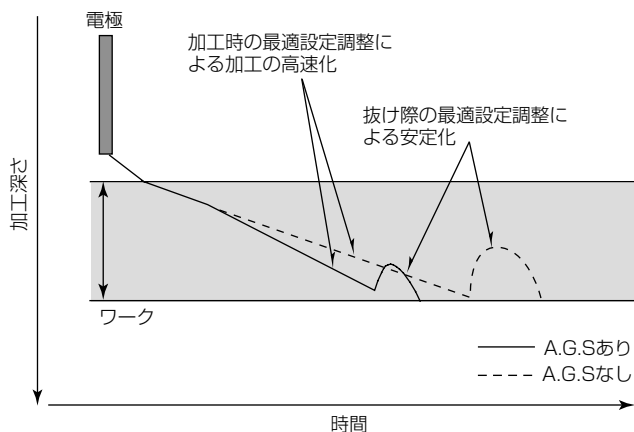


図4. オートゲインサーチ機能

表1. VH10による超微細穴

工作物	銅材SKD11 板厚0.20mm
電極	ϕ 0.03mmタングステンロッド
ピッチ	0.050mm
加工時間	30sec/穴
穴径	ϕ 0.038~0.040mm
加工精度	$\pm$ 0.002mm

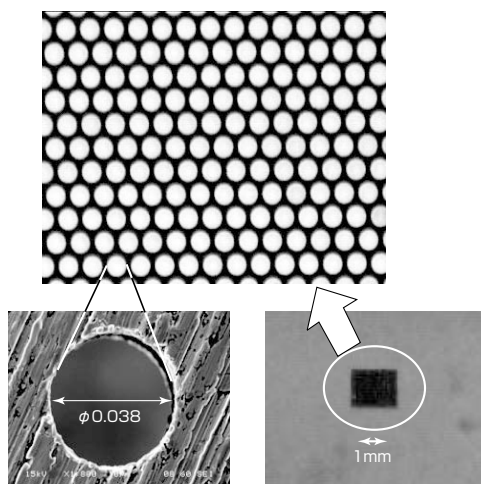


図5. 超微細穴加工事例

た。表1に示すとおり、 $\pm$ 0.001mmの穴径精度と $\pm$ 0.002mmのピッチ精度を両立させた。また、図5から、加工した穴の縁にバリやエッジだれがなく高品位に加工できていることが確認できる。

この事例ではワークの板厚は0.20mmとしたが、事例と同様の電極を用いての両側加工によって最大で板厚1.8mmの貫通加工を実現しており、高精度金型やノズル穴などの超微細穴加工分野での適用拡大が期待できる。

4. 難削材への適用事例

4.1 VH10による難削材加工事例

表2にFH電源を搭載したVH10による難削材への加工結果と、比較用のSUS304での加工結果を示す。電極には ϕ 0.080mmのタングステンロッドを使用し、純水で加工を行った。板厚はすべて0.5mmとした。表2の加工速度比はSUS304の平均加工速度を100%とした場合の割合であり、長さ消耗比は電極消耗長さを板厚で割った値である。加工速度比は超硬合金(G5)を除く4類のワークで、銅材(SUS304)とほぼ同等かそれ以上の性能を実現した。長さ消耗比はSiが銅材の2倍程度であったが、ほかは銅材と同等以下であった。“穴径”はすべて0.1mm前後で、 $\pm$ 0.006mm以内の穴径精度で加工できた。また、表2から加工穴周辺のチッピングやバリがほとんどないことが確認できる。

4.2 MEMH43Sによる難削材加工事例

図6にMEMH43Sによる難削材及び銅材の加工写真を、表3に加工結果を示す。表3の加工速度比はSUS304の平均加工速度を100%とした場合の割合である。MEMH43Sでは、VH10以上に広範な ϕ 0.3mmから ϕ 2.0mmまでの難削材加工を実現しており、半導体や医療分野等での適用拡大が期待できる。

表2. VH10による難削材の加工

	加工面	加工結果	
Ni合金		加工速度比	80~90%
		長さ消耗比	40~45%
		穴径	0.095~0.101mm
Ti合金		加工速度比	90~110%
		長さ消耗比	15~20%
		穴径	0.096~0.102mm
SiC		加工速度比	90~110%
		長さ消耗比	25~30%
		穴径	0.107~0.118mm
Si		加工速度比	120~150%
		長さ消耗比	60~80%
		穴径	0.113~0.121mm
超硬合金G5		加工速度比	50~60%
		長さ消耗比	45~50%
		穴径	0.093~0.100mm
銅材SUS304		加工速度比	90~110%
		長さ消耗比	35~45%
		穴径	0.091~0.098mm

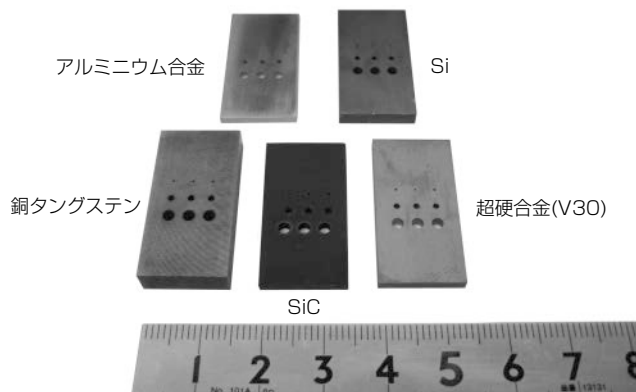


図 6. MEMH43Sによる加工穴 ($\phi 0.3$, 1.0 , 2.0mm)

表 3. MEMH43Sによる難削材の加工

	加工結果	電極径 $\phi 0.3$	電極径 $\phi 1.0$
SiC	加工速度比	5~15%	25~40%
	長さ消耗比	800~1200%	40~60%
	穴径	0.34~0.41mm	1.07~1.11mm
Si	加工速度比	120~150%	120~150%
	長さ消耗比	20~30%	20~30%
	穴径	0.34~0.38mm	1.00~1.03mm
超硬合金V30	加工速度比	90~110%	90~110%
	長さ消耗比	800~1,000%	300~400%
	穴径	0.32~0.36mm	1.02~1.06mm
銅タングステン	加工速度比	60~80%	60~80%
	長さ消耗比	1,200~1,600%	150~250%
	穴径	0.34~0.38mm	1.07~1.13mm
アルミニウム合金	加工速度比	90~110%	120~150%
	長さ消耗比	80~120%	20~30%
	穴径	0.30~0.33mm	1.02~1.06mm

表 4. VH10微細深穴 ($\phi 0.15\text{mm}$ 電極)

工作物	超硬合金 KD20 板厚10mm
電極	$\phi 0.15\text{mm}$ 銅パイプ
穴径	$\phi 0.18\sim 0.24\text{mm}$

5. 超硬合金の高板厚微細穴加工事例

FH電源を搭載したVH10での超硬合金の高板厚微細穴の加工事例を表 4 及び図 7 に示す。 $\phi 0.15\text{mm}$ の銅パイプ電極で、板厚が10mmの超硬合金を純水で加工した。高精度高品位加工が可能なFH電源によって腐食やバリ、エッジだれがほとんどないことが確認できる。この事例では $\phi 0.15\text{mm}$ 銅パイプ電極での板厚10mmの超硬合金への加工を示したが、 $\phi 0.08\text{mm}$ タングステンロッド電極を用いた場合には板厚5mmの加工を実現しており、高精度金型等への適用が期待できる。

次にMEMH43Sでの加工事例を表 5、表 6 及び図 8 に示す。 $\phi 0.2\text{mm}$ 、 $\phi 0.3\text{mm}$ の銅タングステンパイプ電極を用いて、それぞれ板厚20mm、60mmの超硬合金を純水で加工した。

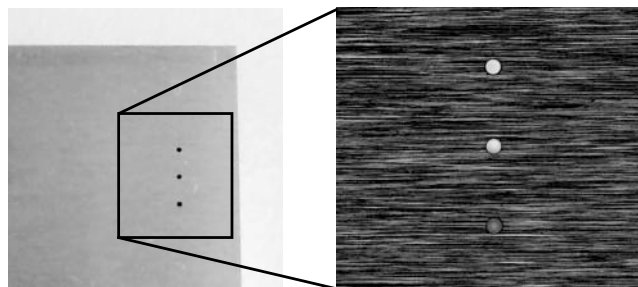


図 7. 電極径 $\phi 0.15\text{mm}$ での加工事例

表 5. MEMH43S微細深穴 ($\phi 0.2\text{mm}$ 電極)

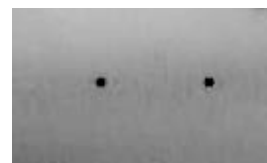
工作物	超硬合金 KD20 板厚20mm
電極	$\phi 0.2\text{mm}$ 銅タングステンパイプ
穴径	$\phi 0.24\sim 0.31\text{mm}$

表 6. MEMH43S微細深穴 ($\phi 0.3\text{mm}$ 電極)

工作物	超硬合金 EF10 板厚60mm
電極	$\phi 0.3\text{mm}$ 銅タングステンパイプ
穴径	$\phi 0.34\sim 0.56\text{mm}$



電極径 $\phi 0.2\text{mm}$



電極径 $\phi 0.3\text{mm}$

図 8. 電極径 $\phi 0.2\text{mm}$ 、 $\phi 0.3\text{mm}$ での加工事例

6. む す び

汎用高速細穴放電加工機MEMH43Sに搭載した最新技術について述べた。また、FH電源を搭載した高精度細穴放電加工機VH10での約 $40\mu\text{m}$ の超微細穴の連続加工や、両機種による各種難削材への加工と超硬合金の高板厚加工事例について述べた。細穴加工市場では、主に部品加工で使用される難削材への更なる高精度高品位化や、主に金型で使用する鋼材や超硬合金への微細化、高板厚化や多数穴高精度化の要求が著しく増加している。今後もこれらの要求にこたえるために穴加工の性能向上に努めていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 岡根正裕, ほか: 細穴放電加工の最新技術及び加工事例, 型技術, **21**, No.7, 100~101 (2010)