



超小型セミドライ給油装置 マイクロブースター「μ」の開発

フジBC技研 太田 昭夫
機械と工具 2013年2月号より再編集

■セミドライ加工の歴史

当社は1971年に名古屋で、切削工具の輸入商社として設立された。

セミドライ給油装置は、1980年代アメリカの航空機部品加工メーカーの要求で超々ジュラルミンの高効率、高品位加工を目的に開発された。

1989年、当社は極微量の油剤と圧縮エアを加工点に供給する、この給油装置を輸入し、商品名「ブルーベ」として国内販売を行っている。

当時この新加工技術は「NDM」(Near Dry Machining)と呼ばれていたが、当社で独自の名称「セミドライ加工」と名付け販売を開始した。当初は給油装置の輸入から、部品を輸入し国内組立を経て、1997年以降は各種新型給油装置を独自開発して現在に至っている。

当社はセミドライ給油装置、植物油ベースの各種油剤、専用の工具類などを商品に持つ世界でも唯一のセミドライ加工の総合メーカーである(図1~4)。

各大学などでは同様の給油装置でセミドライ加工の基礎研究が始まり「MQL」(Minimum Quantity Lubrication)の名称が付けられている。「MQL」は和製英語であったが、日本における研究結果の広範な普及により世界的に通用するようになってきた。「セミドライ加工」と「MQL」は同意語である。

本稿でご紹介するマイクロブースター「μ」(ミュー)も、独自開発のセミドライ給油装置の新商品である(図5)。

■微細精密部品の背景

2012年開催の第26回国際工作機械見本市における展示では、航空機、車両部品を対象とする機械の大型化、一方では医療・IT関連の微細精密部品の増加に伴う機械の小型化が特徴的であった。

(1) 医工連携による微細精密部品

古くから医療の世界ではメス、鉗子など手術機材やレントゲン、内視鏡などの検査装置は工学技術により開発

FK型



JK型



BK型



図1 各種外部型給油装置

図2 内部給油「エコブースター」

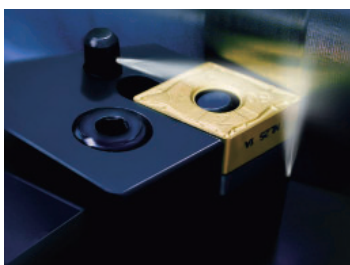


図3 オイルホール付きバイトホルダ「EB-TOOL」

FUJI BCNK
ENGINEERING



図4 クーラントミスト装置



図5 マイクロブースター「μ」

が進んできている。近年では、超高速の重粒子線によるガン治療も開発、一部機関で実施されている。

医療機器とはいえ、最先端工学の粒子加速装置シンクトロンを用い、炭素イオンを光速に近い速度でガン病巣に照射する。抗ガン剤などの副作用や開腹することなく治療が可能であり高齢者などに負担の小さい治療技術である。ただし、設備金額は数百億の膨大な金額であり、一企業の負担ではとうてい設備することもかなわず、産学官連携により設備普及が始まっている。

CT スキャンやMRI による検査技術も進歩しており、各種映像解析技術と併用することで、正常細胞へのダメージを最小限としたピンポイントの照射も可能になってきている。また一方ではマイクロマシンによる微細医療技術から腹腔鏡手術でかかせない機材やマイクロ鉗子、閉塞血管治療のステントなども工学のなせる技である。

医療などの検査用センサーとして「μ-TAS」の実用化検証が進んでおり、極微量の検体でさまざまな検査結果を判定する事ができる。量産試作として超硬合金による金型作成事例や各種研究が報告されている。

(2) IT 関連部品の変化

IT 業界における近年のものつくりの考えは大きく変化してきており、個々のモジュールの機械的な組み立てによる構成から、より小さく軽くを目的とした接着構造がスマートフォン、タブレットなどで採用されている。この新技術により構成部品はさらに小さく、複雑化をしており、幾何公差は大きさに比例することから、より高い精度の加工が要求されている。

■微細精密を可能としたマシニングセンタ(MC)、切削工具

自動車など中小型部品の海外流出に伴う国内生産の減少により、加工工作機械メーカーからはさまざまな微細精密部品加工に特化した MC の開発、販売が進んでいる。(表 1)。

これらの機械は微細切削工具対応のために高速主軸、サブミクロン制御、極微量の移動を応答性良く制御できるリニアモーター駆動などが特徴である。微細精密 MC も当初 3 軸制御機であったが、各社ともに 5 軸制御対応の機種が開発され、さらに複雑形状の高精密加工が可能な機種構成となってきた。

微細精密 MC と同時に微細加工に特化した切削工具も開発が進んでいる。外径が 10 μm のエンドミル、ボールエンドミル、ドリルが当たり前のように販売され、微細精密 MC との共用で微細精密部品が製作されている。

微細切削工具は、ツールホルダへの取り付けによる振れを最少に押さえなければならない。構成部品が最少で高精度な焼きばめ式 2 面拘束ツールホルダも、微細精密部品加工に必須のアイテムである。あるメーカーの最高位の MC には、自動焼きばめ機能を具備した ATC を持つ機種もある。

また、このような微細工具では従来のように工具長とあわせて振れの自動計測機能を自社開発しているメーカーもある。

この微細精密 MC は、工作機械メーカー独自の機械剛性、設計思想から生み出されている。機械メーカー視点での小型化仕様であったが、それでも大きすぎるという要望はユーザーから聞かれる。

一般に機械産業では業界にない機械を独自に開発し、自社設備として使用することがよく見受けられる。元々が時計の製造メーカーだった会社は、自社の極小部品を

表 1 微細精密 マシニングセンタ 仕様一覧 順不同

	メーカー	機種	ストローク X/Y/Z[mm]	主 軸		その他 特徴
				主軸端	最高回転数 (min ⁻¹)	
1	安田工業	YMC430	420/300/250	HSK-E32	40,000	全軸リニア、50,000 主軸 OP
2	松浦機械製作所	LX-0	330/300/250	BBT-30	43,000	全軸リニア、60,000 主軸 特BT20 OP
3	碌々産業	MEGA-S	410/330/200	HSK-E25	40,000	エアタービン 120,000 主軸 OP
4	碌々産業	Android	450/350/200	HSK-E25	50,000	全軸リニア、60,000 主軸 OP
5	スギノマシン	Xion-2	300/300/200	BT-20	40,000	
6	牧野フライス	IQ300	400/350/200	HSK-E32	45,000	全軸リニア、軸芯・リニア冷却
7	東芝機械	F-MACH443	400/400/250	ダイレクト保持	60,000	全軸リニア、空気静圧主軸、最少移動単位 10nm
8	OKK	VD300	340/300/200	HSK-E32	40,000	
9	ソディック	HS430L	420/350/200	HSK-E25	40,000	全軸リニア
10	森精機製作所	NVD1500	150/150/200	HSK-E32	24,000	重心駆動(ツインモータ)、40,000 主軸 OP
11	三菱重工業	μ V1	460/350/300	HSK-E32	40,000	軸芯冷却
12	コマツ NTC	Zμ 3500	350/300/300	HSK-E32	30,000	油静圧ガイド・主軸
13	ソディック	AZ250	250/150/100	ダイレクト焼きばめ	120,000	エネルギー相殺ツインリニアモータ、エア静圧タービン、10nm
14	キラコーポレーション	SuperMill-2m	270/200/170	コレット	160,000	エア静圧タービン、2 軸 HSK-32 5 万回転主軸付き、10nm 10nm= 最小入力単位 0.01 μm 記載無なきは 0.2 μm

マイクロブースタ『μ』の開発

加工するために独自に工作機械を開発し、社内供給だけでなく外部にも販売をはじめ、独立事業部や別会社として継続している。

■微細切削工具とセミドライ加工

微細切削工具は形状からわかるように、工具剛性がなく切削点に熱が発生するような条件では加工はできない。また、高速主軸にしても工具素材の最適切削速度の維持は困難で、低い切削速度にならざるを得ない。したがって、クーラントに求められるものは潤滑性のみで冷却性はほとんど必要ない。

セミドライ加工は、高潤滑性の環境に優しい植物性油剤を加工点に圧縮エアを介して供給する技術で、微細精密部品加工には最適な加工技術と言える。表1に見られる各社の微細精密MCでは、8割以上に当社給油装置が採用されている。

■BK型セミドライ給油装置

マイクロブースタ『μ』開発以前は、当社給油装置で一番小さなBK型が微細精密MCに採用されてきている。BK型(図1)はポンプレスで、最大10mL/hの微量油剤を安定供給できる装置である。機構は油剤の液面下側からエアを吐出し、バブリングにより搬送性の高い微細な粒径の油ミストを生成する。先端ノズルにて付着性の高い油剤粒径に変換し、加工点に供給する(図6)。

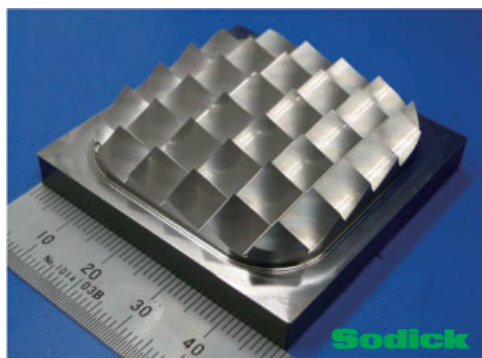


図6 BK型給油装置 加工事例

■マイクロブースター『μ』

最近では機械のNC制御がPCで容易に構築できるようになり、デスクトップマシン(DTM)を製造、販売するメーカーが増えている。重量も100kg前後で設置場所も選ばず、大学の研究室や微細精密部品を製造の企業などで使用されている。

DTMは1990年頃、機械技術研究所やマイクロマシンセンターにより構想議論が行われ、1996年には500円玉程度のマイクロ旋盤が開発されている。その後2000年にはNC化された旋盤、フライス盤、プレス、マニピュレータの構成のデスクトップファクトリーが開発されている。

このマイクロマシンに触発され各地で研究が始まり、古くから時計産業が中心で微細精密加工を得意とする長野県諏訪地域では民間企業、地方自治体、大学など研究機関の30数社によりDTF(Desk Top Factory)研究会が設立されている。この研究会では各産業の企業参画により切削機械だけではなく、メッキ、ナノプリント、マニピュレータなどの工程を含む自動システムファクトリーの開発、提案を行っている。

生産工場における生産性は主軸の数で決まる。同じ作業面積であれば、小さい設備機械による多数大の設備で生産性は向上する。また、軽い移動重量による大幅な省電力、超小型であるがゆえに、熱変位が極微少ですみ高精度が大きな利点と言える。小さい部品は小さい機械での発想の転換が、DTMの考えである。

マイクロブースター『μ』(図5、表2)のフィールド評価にご協力いただいている、各DTMメーカーの型式、仕様一覧を表3に、外観を図7~9に示す。

各DTMメーカーでは主軸モジュールの選定で研削、放電、レーザー加工などの多様性を持つ機種や硬脆材料加工機、超精密加工機、横型MC、複合旋盤などの多彩な仕様を持つ。

表2 マイクロブースタ『μ』基本仕様

本体寸法	70W * 123H * 82D
使用流体	圧縮エア
供給圧力	0.3 - 0.5MPa
最大エア流量	40L/min(ANR)
使用油剤	LB-10
最大油剤供給量	1.0mL/h
油剤容量	100mL
ノズル	1本
本体質量	0.7kg

マイクロブースタ『μ』は、2012年第26回国際工作機械見本市にて発表、販売を開始した。マイクロブースタ『μ』はこれら医療・IT関連の微細精密部品に使用されるDTM向けに、超小型のセミドライ給油装置として開発された。

機構はBK型と同等のポンプレスの給油装置である。装置上部のニードルにより、圧縮エアと油剤供給量の調整を可能とした。また、上部に取り付けの圧力計により再現性を持つ構成としている。

外観形状は幅70mm、高さ123mm、奥行き82mmとマグカップ程度の大きさで、最大油剤供給量1mL/h、極微量の高潤滑性油剤を圧縮エアにより加工点に供給する。

ノズルはディスペンサノズルを採用し圧縮エアの使用量も最大で40L/min(ANR)最小限としている。

DTMは、機械構成から全閉式カバーのない機種もあり、乾式加工を前提に開発されている機種も多い。マイクロブースタ『μ』の採用でさらなる高品位加工が可能となり、工具寿命の延長などの結果も得ている。

表3 デスクトップマシン 仕様一覧 順不同

	メーカー	機種	機械本体外寸	ストローク	主軸			電源		本体質量
			幅 / 奥 / 高 [mm]	X/Y/Z[mm]	主軸端	最高回転数 [min ⁻¹]	OP	[電力]	[AC_V]	[kg]
1	(株) ナノ	MTS5R	413/450/470	50/50/30	BT5	20,000	30,000	70W	100	65
2	高島産業 (株)	マルチプロ	480/725/820	200/200/110	BT10	20,000	—	1.5kVA	200	160
3	榎本工業 (株)	CVN-2000		100/100/70	コレット	10,000	—	1.5kVA	100	95



図7 ナノ「MTS5R」¹⁾



図8 榎本工業「CVN2000」²⁾



図9 高島産業「マルチプロ」³⁾

■ 評価事例

マイクロブースタ「μ」は開発、問もないために評価事例は少ない。現在 10 社、DTM メーカー、大学、微細精密部品加工業などフィールド評価をお願いしている。使用結果の声を紹介する。

(1) BK 型を過去採用した DTM メーカー

BK 型と比較し、加工機本体も小型の DTM ではマイクロブースタ「μ」の方がバランスが良い。最大 1mL/h と極微量の油剤供給量ではあるが、もっと少なくすることができないか。ノズル径も小さくピンポイントで油剤、圧縮エアの供給ができ、切りくず排出性が高い。

(2) 浜松の DTM メーカー

厚さ 1mm のアルミ板に φ 0.28 貫通穴を 1,225 穴加工した。

(3) 新潟の工学系大学では、微細精密 MC に「μ」を使用し、6-4Ti 合金に φ 0.3、深さ 1.5mm の貫通穴を 400 穴加工した。

また、超硬合金 V30 に φ 0.3 の PCD 工具を用いた溝加工を行い、鏡面に近い面性状を得た。

(4) 浜松のある企業では、電子顕微鏡の電動ステージ部品加工に「μ」を採用、工具寿命の延長効果を得ている。この企業ではピンセットで加工部品をピックアップし、顕微鏡にて検品を行っている。

(5) 名古屋の大学では超精密加工機に「μ」を採用し、微細切削の研究を実施している。

(6) 神奈川の DTM メーカーでは、1 mm 角のパターン 10 個を加工し、乾式加工と比べて、面品位の向上、工具寿命の延長効果を得ている。

■ おわりに

一昨年の東日本大震災以降、福島第一原子力発電所の被災から国の原子力発電政策も変化し、静岡浜岡原子力発電所の緊急停止、欧米の景気不安から長引く円高など製造業を取り巻く環境は、最悪ともいえる状況である。このような環境でも、日本におけるものづくりは継続しなくてはならない。現在、金属加工業は手探りで生き延びる道を模索している。医療・IT 関連の微細精密部品は、今後も高付加価値商品の構成パーツとして増加してくるものと思われる。

セミドライ加工は環境に優しく、省電力・コストダウンの一つの手段として注目を浴びている。今後もユーザーの要求などに応える新たなセミドライ給油装置、加工技術の開発、研究を目指して研鑽していく所存である。

参考資料

- 1) <https://www.nanowave.co.jp/pdf/mts5r.pdf>
- 2) https://www.enomoto-net.co.jp/product/own_products/cvn
- 3) <http://www.takashima.co.jp/pdf/mp4.pdf>