

# 高効率な荒加工もできる精密加工機“ $\mu$ V5”の特長と加工事例

## Characteristics of Precision Machine $\mu$ V5 Capable of High-efficiency Rough Machining and Cutting Example



三菱重工工作機械株式会社  
営業戦略業務部  
☎(077)552-9760

近年、自動車部品を始めとして、高機能化やデザイン性の高まりに伴って、部品や金型の形状の複雑化・微細化や高精度化が進んできている。自動車のヘッドライトの金型のように大きさ、深さがありながら、表面に精密な微細形状を必要とする部品も増えている。このような部品加工においては、素材から形状をつくり込むための荒加工の能力と、微細形状を加工するための高速高精度の両立が求められる。また、部品の軽量化・高強度化等により、金型の材質は高硬度化、難削化してきており、高速高精度主軸のニーズはますます高まっている。

三菱重工工作機械(株)(以下、当社)においては、小型精密加工機“ $\mu$ V1”にて高速高精度主軸を開発し、小径工具の高速、高精度加工、及び高硬度材、難削材加工に取り組んできた。

本報では $\mu$ V1の対象ワークサイズを広げるとともに、荒加工の能力を向上させてラインナップした精密加工機“ $\mu$ V5”の特長と加工事例について紹介する。

### 1. 高精度加工機のラインナップと $\mu$ V5の主仕様

当社は、高精度加工機として、[図1](#)に示すように手のひらサイズのワークを加工する小型精密加工機“ $\mu$ V1”から自動車の外板など大型の金型を加工する“MVR-Fx”までをラインナップしている。



図1 高精度加工機ラインナップ

$\mu$ V5の主仕様を表1に示す。

表1  $\mu$ V5 主仕様

移動量	X軸 (mm)	900
	Y軸 (mm)	550
	Z軸(mm)	450
テーブル	作業面の大きさ(mm)	1050×550
	最大積載質量(kg)	800
主軸	回転速度 (rpm)	300～30 000
	テーパ穴サイズ	HSK-E50
機械サイズ	幅 (mm)	2 760
	奥行 (mm)	2 600
	高さ (mm)	2 790
	質量 (kg)	12 300

## 2. 精密加工機 $\mu$ V5の特長

### 2.1 機械本体

精密な微細加工においては、小径の工具を使用する必要があるが、工具剛性の制約から、非常に小さな切込み取り代にて長時間加工することが多い。そのため加工機に対しては、主軸や送りの振動が無く正確に動作すること、加工中の機械本体や主軸の熱変位が無く安定していること、といった動的な運動精度の高さが求められる。

$\mu$ V5においては、主軸のケーシングである外側のジャケットを冷却するのみではなく、高速で回転する主軸の内部も冷却している。また、軸受は当社独自の方式である特殊ジェット潤滑として、発生した熱を強制的にすばやく除去している。主軸の各部の温度上昇を抑えることにより、軸受の予圧上昇を無くし、低速から最高回転速度 30000rpm までの全域において、振動と熱変位を極限まで抑え込んでいる。また、主軸内部冷却により軸受の初期予圧を高く設定でき、荒加工にも耐える剛性を有している。

案内面については、機構自体に振動の発生源が無く、かつ外部からの振動に対して高い減衰性を持つ滑り摺動面を採用し、切削反力による変位を抑制している。

機械本体は、バランスの取れた強固な機械構成とし、構造体の熱容量を大きく取っている。更にコラム内に熱容量の高い媒体を封入させたサーモスタビライザコラムで環境温度のふらつき等の変化に対してロバスト性を高めている。

### 2.2 Visionplus Tool(撮像式工具測定システム)

精密な微細加工においては、非常に小さな切込み・取り代にて加工することが多いため、工具先端の正確な測定、位置把握・補正も重要となる。

当社においては、機上工具測定の高精度化のため、図2に示す、高解像度 CCD カメラを使用した“Visionplus Tool(撮像式工具測定システム)”を独自開発し、 $\mu$ V5に搭載している。カメラで連続的に工具先端位置データを収集し、機械や工具の熱変位の時間的な挙動を測定、熱変位が設定した変動幅以内に到達してから加工を開始するサチュレート判定機能を有しており、安定した領域で誤差なく加工することが可能となる。

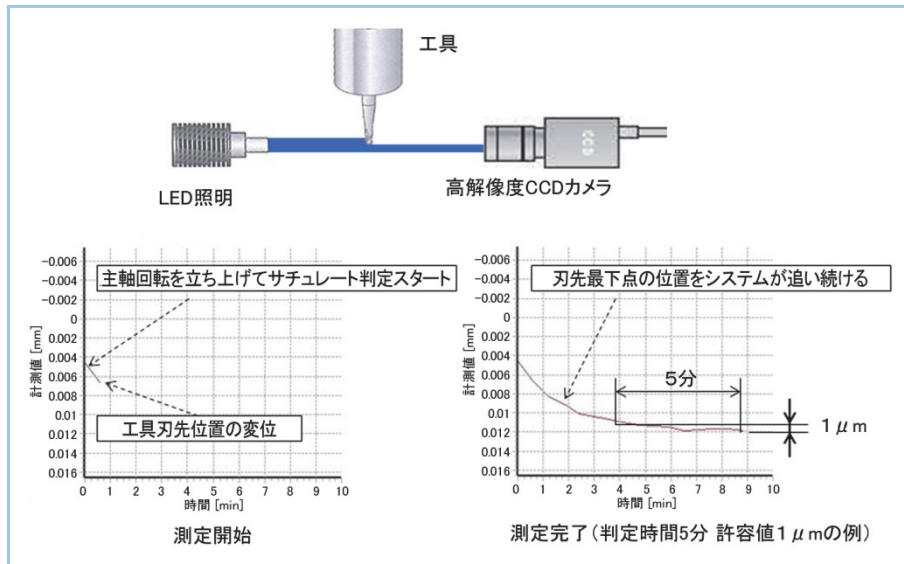


図2 Visionplus Tool(撮像式工具測定システム)

### 2.3 DIASCOPE®(モニタリングシステム)

当社は、お客様の生産活動の最適化をサポートするIoTプラットフォーム、DIASCOPE®の開発に取り組んでいる(図3)。



図3 DIASCOPE®

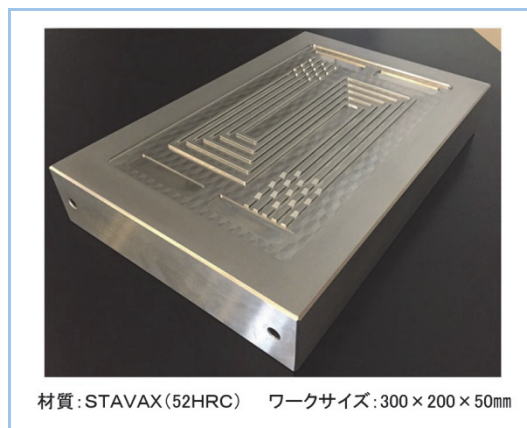


図4 燃料電池セパレータ金型サンプル

現在は、“診断、予測”のフェーズであり、 $\mu V5$ にも、“つながる”のリモートモニタリングシステム、“監視する”の稼働モニタリングシステムを標準搭載している。

## 3. 加工事例

### 3.1 燃料電池セパレータ金型

燃料電池セパレータ金型は、広い面積に溝加工があり、隅のRが小さいため小径工具が必要で、高さ方向の要求精度が厳しい。 $\mu V5$ にて加工した燃料電池セパレータ金型サンプルのワーク写真を図4に、加工条件を表2に示す。

溝底面の仕上げ加工には、R0.3 の小径 CBN ボールエンドミルを使用し、主軸回転速度 30000rpm で 23 時間加工したが、1本の工具で損耗なく加工できた。また、4隅のポケット部の加工では主軸回転速度 30000rpm で6時間以上要したが、深さ精度は $\pm 2\mu m$  で高精度加工を実現した。

表2 燃料電池セパレータ金型サンプル 加工条件

No	加工工程	加工内容	工具	送り速度 (mm/min)	主軸回転速度 (rpm)	最大ピック量 (mm)	加工時間
1	荒加工	等高線加工	Φ6R0.5 ラジラスEM	1500	8000	3.0	1時間4分
2	荒加工	等高線加工	Φ2R0.5 ラジラスEM	700	12000	1.0	1時間40分
3	ポケット 中仕上加工	等高線加工	Φ6R0.1 ラジラスEM	1000	8000	3.0	0時間9分
4	中仕上加工	等高線加工	R0.5ボールEM	1000	30000	0.05	3時間55分
5	外側面 仕上加工	等高線加工	R0.5ボールEM	800	30000	0.03	1時間6分
6	底面 荒加工	走査線加工	R1.0ボールEM	2000	27000	0.2	1時間55分
7	底面 中仕上加工	走査線加工	R0.5ボールEM	1000	30000	0.1	5時間50分
8	リップ 仕上加工	等高線加工	R0.3ボールEM	800	30000	0.03	8時間5分
9	底面 仕上加工	走査線加工	R0.3ボールEM (CBN)	800	30000	0.03	23時間16分
10	ポケット 仕上加工	走査線加工	Φ2R0.1 ラジラスEM	250	30000	0.03	6時間41分

加工時間合計 52時間41分

### 3.2 カーエアコンリアダクト金型

カーエアコンリアダクト金型は、比較的大きさや深さがある。μV5にて荒加工にて形状を削り出した後、仕上げ加工までを実施した写真を図5に、加工条件を表3に示す。

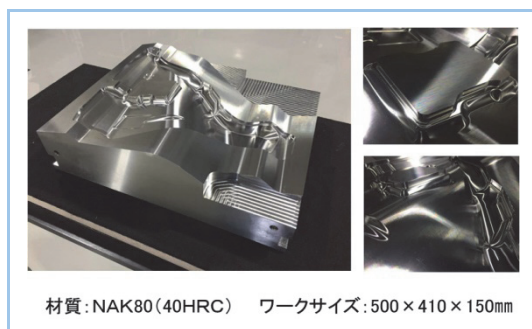


図5 カーエアコンリアダクト金型サンプル

表3 カーエアコンリアダクト金型サンプル 加工条件

No	加工工程	加工内容	工具	送り速度 (mm/min)	主軸回転速度 (rpm)	最大ピック量 (mm)	加工時間
1	大荒加工	等高線加工	Φ20R2.0 ラジラスEM	7000	2870	10.0	6時間59分
2	逃がし部 荒加工	等高線加工	Φ20R1.0 ラジラスEM	1600	4000	7.0	0時間40分
3	製品部・パート 面荒加工	等高線加工	R10ボールEM	650	1600	2.0	4時間46分
4	パート面 中仕上加工	走査線加工	R8ボールEM	2000	6000	0.6	2時間21分
5	製品部 中仕上加工	等高線加工	R8ボールEM	1000	5000	0.6	5時間36分
6	隅取り 荒加工	隅取り加工	R6ボールEM	2800	5200	1.2	0時間42分
7	隅取り 中仕上加工1	隅取り加工	R3ボールEM	2000	16000	0.35	1時間45分
8	隅取り 中仕上げ加工2	隅取り加工	R1.5ボールEM	2000	30000	0.2	2時間16分
9	製品部 仕上加工	等高線・走査線 加工	R3ボールEM (CBN)	3000	30000	0.15	26時間24分
10	隅取り 仕上加工	隅取り加工	R1.5ボールEM	3000	30000	0.12	1時間06分
11	パート面 仕上加工	走査線加工	R6ボールEM	1600	12000	0.22	5時間23分

加工時間合計 57時間58分

荒加工には、φ20R2 高送りカッターを使用，加工条件：主軸回転速度 2870 rpm，送り速度 7000mm/min，切り込み量 XY:10mm，Z:0.5mm と高速主軸でありながら，高効率な荒加工を実現できた。

製品部の仕上げ加工には，R3のCBNボールエンドミルを使用し，主軸回転速度 30000rpm で 26 時間加工したが，こちらも損耗なく1本の工具で加工できた。また隅取り加工にはR1.5 のボールエンドミルを使用しているが，撮像式工具測定システムを用いることでR3のボールエンドミルとの工具間段差を抑制することができた。

## 4. 今後の展開

精密加工機  $\mu$  V5の特長と加工事例を紹介した。高効率な荒加工から精密な微細形状の仕上げ加工まで一台の加工機で実現できる本機は，お客様の生産性向上に寄与すると考えている。今後も工具の性能を最大限に引き出せる機械及び周辺アプリケーションの更なる高度化を追求し，製造業の発展に少しでも貢献できるよう努めていく。

“DIASCOPE”は，三菱重工工作機械(株)の登録商標です。