

キーワード：高速切削、精密加工、空気静圧軸受、金型加工、マシニングセンター

### はじめに

高速切削加工はアルミ合金のような軟質金属の切削では以前より広く活用されていましたが、近年の高速加工機械の開発や工具の技術革新により、従来、放電加工で行われていた金型材（焼入鋼）の加工にも適用できるようになりました。

本稿では平成10年度中小企業総合事業団委託事業である「ものづくり試作開発支援センター整備事業」により導入された空気静圧軸受を搭載した超高速マシニングセンター（東芝機械製：ASV650T、図1）の概要と加工事例を紹介します。

### 高速加工とは

「切削工具を高速回転させ、それに応じた高い送り速度で切削を行うことにより、加工の高能率化を図ろうとするもの」です。

ボールエンドミル加工では、ピックフィード（横方向切込み） $P$ と工具半径 $R$ により

$$P^2/8R$$

で表される理論表面粗さが得られます。

これを小さくするためには、工具半径を大きくするかピックフィードを小さくすることにな

りますが、工具半径を大きくすると凹部の加工に支障をきたすため、実際は小径工具を用いピックフィードを小さくして加工することになります。しかし、それでは加工時間が増大するため、時間を短縮するためには工具を高速回転させて、それに応じた高い送り速度で切削を行う必要があります。

高速加工においても通常の加工と同様に次の式が成立します。

$$V = \frac{\pi DN}{1000} \quad f = f_z ZN \quad (1)$$

$V$ ：切削速度（周速）， $D$ ：工具径， $N$ ：主軸回転数， $f$ ：実切削送り， $f_z$ ：一刃当たりの送り量， $Z$ ：刃数

表1に金型加工における工具の標準的な周速を示します。高速加工では特殊な工具を使用せず、これら汎用工具による加工が可能です。送り速度についても一般加工と同様であり、図2の条件下では送り速度が6,000mm/min（ $f_z=0.1\text{mm}$ ）で臨界送りとなっています。

また、高速加工では一本の小径工具のみで金型の直彫り加工を行います。2mmの2枚刃超硬（TiAlN）エンドミルで $V=188.4\text{m/min}$ 、 $f_z=0.1\text{mm}$ とした時、(1)式より切削条件は $N=30,000\text{min}^{-1}$ 、 $f=6,000\text{mm/min}$ となり、実送り速



図1 超高速マシニングセンター（東芝機械製 ASV650T）

表1 工具の適正周速条件

工具材種	周速V[m/min]
ハイス(SKH)	~50
超硬(TiN)	70 ~ 150
超硬(TiAlN)	100 ~ 350
サーメット	400 ~ 700
CBN	800 ~ 1200

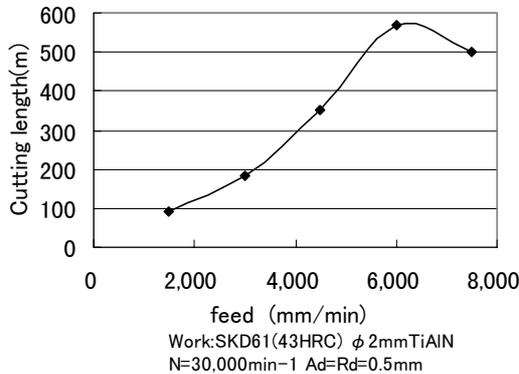


図2 送り速度と工具寿命の関係

度  $f$  が速くなるため単位時間当たりの除去量が増加できます。図3のコネクティングロッド用金型の例では40分程度で加工が可能です。また、微小切込みで切削抵抗が低いのでスポンジなど軟質材の加工も可能です。

### 空気静圧軸受

本機の特徴は超精密空気静圧軸受を搭載している点です。軸と軸受との間の隙間(5~20 μm)に圧縮空気を供給し、空気層により軸を保持しています。転がり軸受のような接触式ではないため次のような特長があります。

- ・空気層による部品精度の平均化効果により高精度が得られる(芯振れ精度で0.05 μm)
- ・金属接触が無いため精度劣化が少ない
- ・流体が低粘性の空気であるため、高速回転時の発熱が少ない

欠点として空気層による保持のため剛性が低い点にあります。過負荷が加わると主軸が軸受到に接触し、瞬間的に焼付きを起こします。

これに対する防護策として主軸に硬質クロムメッキやセラミックコーティングを施したり、軸受側に固体潤滑性のある特殊カーボンを使用して焼付きを起こしにくくしています。

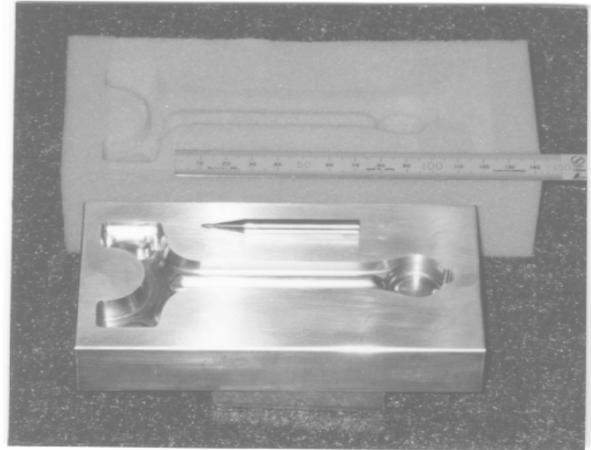


図3 高速加工事例

手前：プリハードン鋼(40HRC) 奥：スポンジ  
(いずれも加工時間は40分、2mm工具による)

### まとめ

高速加工の特徴を以下にまとめます。

- ・加工時間の短縮(高能率加工、工程削減)
- ・微小ピックフィードによる表面粗さの向上
- ・切削熱が小さいことによる倦状精度の向上
- ・高硬度材・難削材の加工が可能  
(焼入鋼、ステンレス、発泡スチレン等)
- ・難形状の加工が可能  
(0.1mm以下の微細穴、薄肉形状等)

### おわりに

今回紹介しましたASV650Tは2ヘッドの複合加工機であり、空気静圧軸受スピンドルのほかに一般主軸も搭載されています。これにはATCが装備されていますので従来のマシニングセンターと同等の使用ができます。最高回転数は空気静圧軸受スピンドルが50,000min<sup>-1</sup>、一般主軸が6,000min<sup>-1</sup>です。最高送り速度は20,000mm/minです。

既設の切削抵抗測定装置(水晶圧電式)や波形処理装置と組み合わせて、高速加工による試作評価のみならず、工具や切削油剤の性能評価にもお使いいただけます。

皆様方のご利用をお待ちしております。