

# El mecanizado de alta velocidad (MAV).

Sivak, M.<sup>(1)</sup>; Martinez Krahmer, D.<sup>(2)</sup>; Maceira, G.<sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup>Sandvik Argentina S.A.

<sup>(2)</sup>Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica (CEMEC)

## OBJETIVOS

- Desarrollar conocimientos teóricos - prácticos sobre Mecanizado de Alta Velocidad (MAV), para prestar asesoramiento técnico.
- Presentar experiencias realizadas sobre MAV en el Centro Nacional de Tecnología Mecatrónica SENAI en Sao Caetano do Sul, Sao Paulo, Brasil.

## CONCEPTO

Ideado por Carl Salomon <sup>[1]</sup> entre los años 1924 y 1931, fija una idea sorprendente: Dado un material a mecanizar, existe una velocidad crítica (5 a 10 veces la usada en mecanizado convencional), a la que la temperatura de formación de viruta comienza a descender. La disminución es pequeña para fundición y aceros, pero muy importante en materiales no ferrosos (Fig.1), abriendo la posibilidad de mecanizar materiales con más de 50 HRc.

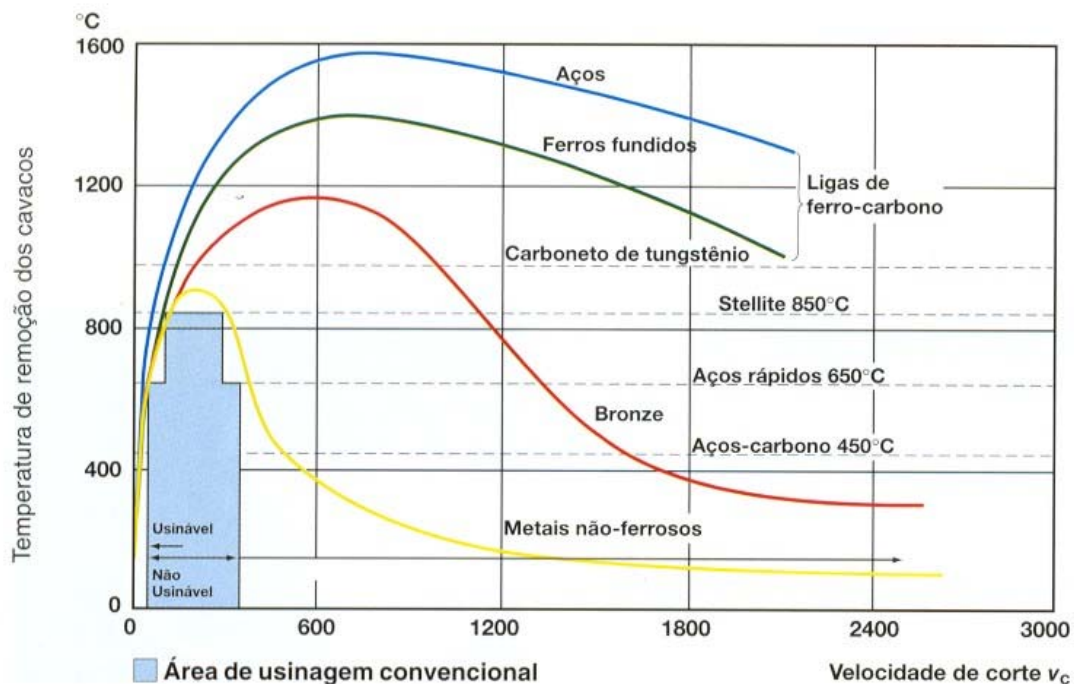


Fig. 1: Temperatura de formación de viruta (°C) vs. Velocidad de corte (m/min) .

## DEFINICION

Si bien no existe una definición única, se puede afirmar que:

- Se refiere al fresado combinando altas velocidades de rotación y de avance.
- Se usa para mecanizar aleaciones ligeras con alto índice de arranque de viruta, matrices y materiales templados.
- Utiliza métodos y equipamiento de producción específicos.
- Permite el desbaste y terminación de piezas pequeñas, y la terminación en piezas de todos los tamaños.
- Reduce las fuerzas de corte, como la cantidad de calor transmitida a la pieza.
- Produce piezas más precisas, con mejor terminación y minimiza las rebabas.

## BREVE DESCRIPCION DE LAS TECNOLOGIAS MAV

### La Máquina-Herramienta

El MAV demanda elevada rapidez y precisión, siendo habituales velocidades de rápido de 100 m/min y aceleraciones de 1g.

Son las máquinas basadas en motores lineales<sup>[2]</sup>, que eliminan los elementos de transmisión mecánica, y las de arquitectura paralela<sup>[3]</sup>, también llamadas Hexápodo o plataforma Stewart (Fig.2), las alternativas principales para cumplir dichas prestaciones.

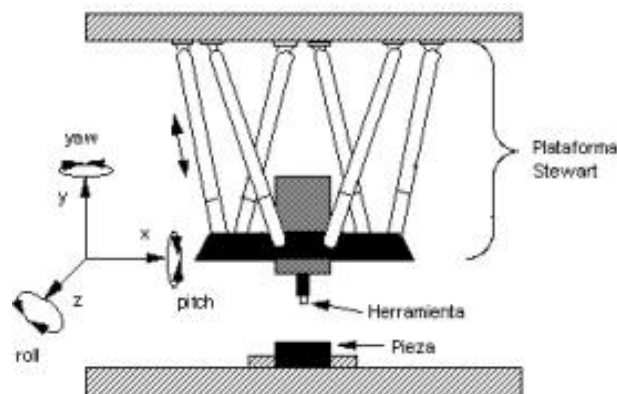


Fig. 2: Configuración básica de una máquina de arquitectura paralela (Plataforma Stewart).

### El Control Numérico<sup>[4],[8]</sup>

Debe ser capaz de controlar las altas velocidades y aceleraciones de los ejes con el nivel de precisión buscado. En contorneados, las trayectorias de herramienta se basan en la generación de puntos que se unen por interpolación lineal. A través de la función Look-ahead, el procesador del CNC evalúa por adelantado los cambios en los movimientos de los ejes.

### Sistema Portaherramienta - Balanceo<sup>[5],[8]</sup>

El MAV requiere alta precisión de concentricidad, obtenida con conos HSK y otras variantes.

Respecto del sistema de ajuste de la herramienta al portaherramienta, pueden ser mecánicos, hidráulicos o térmicos. Los dos últimos (más utilizados) presentan una concentricidad del orden de los 0,003mm.

Los efectos negativos del desequilibrio son el fallo prematuro de los rodamientos del husillo (Son rodamientos cerámicos), la reducción de la vida útil de la herramienta y la seguridad de los operarios.

Para reducirlos, los portaherramientas son equilibrados en fábrica a las rpm que exige el cliente (La norma ISO 1940/1 establece la calidad de balanceo de cuerpos rotativos, definida mediante un número G).

### Herramientas de corte <sup>[6],[8]</sup>

En la mayoría de las aplicaciones (80 a 90%), se usan fresas integrales de metal duro recubiertas con Nitruro de titanio y aluminio (TiAlN) y diámetros de 1 a 20mm. Son de punta esférica ó plana, núcleo reforzado y arista de corte con faceta negativa (refuerzo de filo). Debe trabajarse con voladizo (longitud de la fresa fuera de la pinza) mínimo para evitar la flexión. Las fresas con insertos ( $\Phi \geq 10\text{mm}$ ), son utilizadas en desbaste, por su peor concentricidad.

### Condiciones de corte <sup>[8]</sup>

Cuando se usan fresas esféricas, la velocidad de corte ( $V_c$ ) se calcula según el diámetro efectivo de corte  $D_e$ . Se mecaniza con bajas profundidades axial  $a_p$  y radial  $a_e$ , debiendo el CAM asegurar un sobrematerial constante para no exigir la fresa.

El tamaño de pieza máximo recomendado es de unos 400x400x150mm, y la matriz debe ser poco profunda.

En la tabla I se dan condiciones de corte para fresas de MD integral revestidas con TiAlN, en aceros templados.

**Tabla I**  
Condiciones de corte en MAV ( $D_c$ = diámetro de la fresa).

Cond. Corte	Desbaste	Semiacabado	Acabado
$V_c$ (m/min)	100	150 – 200	200 – 250
$a_z$ (mm/filo)	0,05 - 0,1	0,05 - 0,15	0,02 – 0,1
$a_p$	6 - 8% $D_c$	3-4% $D_c$	0,1- 0,2mm
$A_e$	35-40% $D_c$	20-40% $D_c$	0,1- 0,2mm

### Refrigeración <sup>[7]</sup>

En MAV el tiempo de contacto entre la herramienta y la viruta es tan corto debido a la alta velocidad, que la transferencia de calor a la fresa es pequeña, reduciéndose la necesidad de disponer de un sistema de lubricación. Todavía, el desarrollo de los recubrimientos, favorecen el mecanizado en seco o en condiciones MQL (Minimal Quantity Lubricant), donde son habituales caudales de entre 0,01 a 0,5 l/min, que inclusive disminuyen los riesgos de salud e impacto ambiental. Lo aconsejable en MAV es aplicar aire comprimido para evitar el re-corte de las virutas endurecidas dentro de las cavidades.

## **PRUEBAS REALIZADAS EN SENAI-JICA MATERIALES Y METODOS**

Se realizaron experiencias de MAV en un centro de mecanizado Mazak Modelo Mazatech H500/50 con CNC Mazatrol, fresando un bloque de acero de herramientas AISI D2 templado a 55HRc, de dimensiones 80x80x60mm.

El software de CAM que generó el código ISO de mecanizado fue Hyper Mill y la herramienta, una fresa esférica Sandvik de MD integral con revestimiento TiAlN de  $\Phi$ 10mm.

Sobre el material de trabajo se realizó una cavidad de 50x50x10mm, usando aire comprimido para remover la viruta. Las condiciones de corte fueron  $V_c = 160$  m/min;  $V_a = 1000$  mm/min;  $a_p = 0,5$ mm y  $a_e = 3$ mm

## **RESULTADOS**

El tiempo de mecanizado resultante fue de 17min, con un volumen total de viruta removido de  $25500\text{mm}^3$ , a razón de  $1500\text{mm}^3/\text{min}$ . Los parámetros de corte suministrados por la base de datos de Hyper Mill resultaron efectivos, pues no se evidenciaron fenómenos vibratorios y la Ra promedio fue de  $0,7\mu\text{m}$ .

## **CONCLUSIONES**

El amplio trabajo de investigación teórica realizado, profundizando cada una de las tecnologías MAV, sumado a las experiencias prácticas efectuadas, permiten satisfacer el primer objetivo planteado, que puede enmarcarse como un nuevo servicio dentro de la oferta tecnológica del CEMEC.

Las experiencias en el SENAI permitieron verificar que los lineamientos a seguir en un mecanizado MAV, responden a los aspectos analizados.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Mikel Zatarain de la Asociación de Investigación Tekniker (Eibar, España), al Dr. Eigi Togawa (Experto de JICA) del Kyushu Polytechnic College y a los ingenieros Carlos González Cardozo y Francisco Augusto Teixeira del Centro Nacional de Tecnología Mecatrónica SENAI (Sao Caetano do Sul, Brasil), por su invaluable ayuda para la realización de este trabajo.

## **Referencias**

- [1] R. King. Handbook of High Speed Machining Technology. Chapman and Hall. USA. 1985.
- [2] X.Sabalza, R.Uribe-Etxeberria. Motores lineales para Mecanizado de alta velocidad. Ideko Centro Tecnológico. 8-2001.
- [3] J. Pérez Bilbatua, G.Alberdi, P.López. Problemática de las máquinas de arquitectura paralela. Centro de Aplicaciones del Mecanizado de Alta Velocidad de Tekniker. 8-2001.
- [4] X.Sabalza, R.Uribe-Etxeberria. Controles numéricos para MAV. Ideko Centro Tecnológico. 8-2001.
- [5] J.Pérez Bilbatua, G.Alberdi, P.López. Portaherramientas para máquinas de alta velocidad. Centro de Aplicaciones del Mecanizado de Alta Velocidad de Tekniker. 8-2001.
- [6] J.Pérez Bilbatua, G.Alberdi, P.López.Herramientas para MAV. Centro de Aplicaciones del Mecanizado de Alta Velocidad de Tekniker. 8-2001.
- [7] J.Pérez Bilbatua, G.Alberdi, P.López. Refrigeración en Mecanizado de Alta Velocidad. Centro de Aplicaciones del Mecanizado de Alta Velocidad de Tekniker. 8-2001.
- [8] Usinagem com altas velocidades de corte de moldes e matrices. Sandvik – Coromant. 7-2000.

*Para mayor información contactarse con: Daniel Martinez Krahmer – mkrahmer@inti.gov.ar*



