

Piense en **HSS**

## **METALURGIA DEL HSS**

- 2 Excelente resistencia
- 3 Un filo de corte vivo
- 4 Herramientas seguras y de confianza
- 5 Elementos de aleación
- 6 La influencia de los elementos de aleación
- 7 Composiciones del HSS
- 8 La revolución del HSS-PM
- 9 Por qué elegir HSS-PM
- 10 Microestructura uniforme
- 11 El proceso pulvimetalúrgico
- 12 Composiciones del HSS-PM
- 13 HSS-PM y sus recubrimientos

## **RECUBRIMIENTOS**

- 14 Recubrimientos modernos para el mejor rendimiento
- 15 Ventajas de las herramientas HSS recubiertas
- 16 Recubrimientos standard
- 17 Tipos de recubrimientos modernos
- 18 Retardo de la fisuración en diferentes recubrimientos
- 19 Conductividad térmica de los recubrimientos
- 20 El proceso PVD

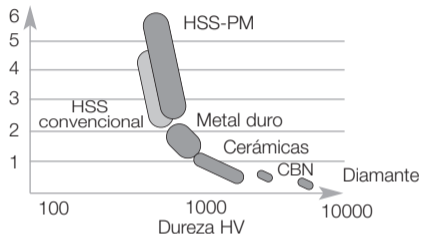
**CONSEJO DEL  
FABRICANTE**

*Excelente resistencia*



Curva de resistencia

$\text{kN/mm}^2$



Los aceros rápidos ofrecen una curva de resistencia mayor que cualquier otro material de corte.

Una curva de resistencia mayor permite:

- mejor resistencia a roturas en el filo de corte
- mayor profundidad de corte, p.e. menos pasadas
- incremento del avance por diente





Gracias a la resistencia única de los aceros rápidos, los fabricantes de herramientas pueden producir filos de corte vivos. Un filo de corte vivo ofrece las siguientes ventajas:

- **Aleaciones difíciles de mecanizar**

Mecanizado más fácil de las aleaciones de titanio. Trabajo más fácil de los aceros inoxidable austeníticos y aleaciones de níquel.

- **Mejor calidad**

Mejor calidad superficial y mejores tolerancias en las piezas mecanizadas, porque el metal es cortado y no arrancado. Menores fuerzas de corte –importante cuando se mecanizan paredes delgadas.

- **Mayor vida de la herramienta**

Menor temperatura en el filo de corte gracias a la disminución de las fuerzas de corte.

- **¡Y economía!**

Menor consumo de energía por parte de las máquinas.

## CONSEJO DEL FABRICANTE

*Herramientas seguras  
y de confianza*



Gracias a la resistencia única de los aceros rápidos, las herramientas de corte HSS se parten con menos frecuencia y duran más.

Las herramientas de corte HSS:

- **Resisten las vibraciones**, cualquiera que sea el tipo de máquina, incluso si se ha perdido rigidez a lo largo del tiempo e independientemente de las condiciones de amarre de la pieza.
- **Resisten choques mecánicos** del filo de corte en las operaciones de fresado o tallado de engranajes.
- **Son apropiadas para condiciones de mecanizado difíciles y especiales**, como materiales no homogéneos, agujeros, juntas de soldadura, planchas superpuestas, planos inclinados, etc.
- **Resisten choques térmicos**, y se pueden adaptar a todas las condiciones de lubricación / refrigeración.



Cr	W	Mo	V	Co
<p><b>Cromo</b></p> <p>Cantidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aprox. 4%</li> </ul> <p>Función</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora la templabilidad</li> <li>• Previene el desconchamiento</li> </ul> <p>Origen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varios países</li> </ul>	<p><b>Tungsteno</b></p> <p>Cantidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta un 20%</li> </ul> <p>Función</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento en el corte</li> <li>• Resistencia a las altas temperaturas</li> </ul> <p>Origen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principalmente China</li> </ul>	<p><b>Molibdeno</b></p> <p>Cantidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta un 10%</li> </ul> <p>Función</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento en el corte</li> <li>• Resistencia a las altas temperaturas</li> <li>• Mejora la dureza</li> </ul> <p>Origen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derivado de la producción del cobre y tungsteno</li> </ul>	<p><b>Vanadio</b></p> <p>Cantidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 a 5%, máx. 10%</li> </ul> <p>Función</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma carburos duros muy resistentes a la abrasión</li> </ul> <p>Origen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente en muchos minerales</li> </ul>	<p><b>Cobalto</b></p> <p>Cantidad: 0 a 16%</p> <p>Función</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora la resistencia en caliente</li> <li>• Mejora la dureza en caliente</li> <li>• Mejora levemente la conductividad térmica</li> </ul> <p>Origen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principalmente Canadá, Marruecos, y Zaire</li> </ul>

Nota: 1w% Mo = 2w% W



	Cr	W	Mo	V	Co
Dureza	↗	↗	↗	↗	↗
Resistencia al impacto	→	→	↗	→	↘
Resistencia en caliente	→	↗	↗	↗	↗
Resistencia al desgaste	↗	↗	↗	↗	↗

## HSS

Standards ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V
HS 6-5-2 (M2)	0.9	4	6	5	2
HS 1-8-1 (M1)	0.8	4	1.5	8.75	1
HS 2-8-2 (M7)	1	4	1.75	8.75	2
HS 18-0-1 (T1)	0.75	4	18	0	1

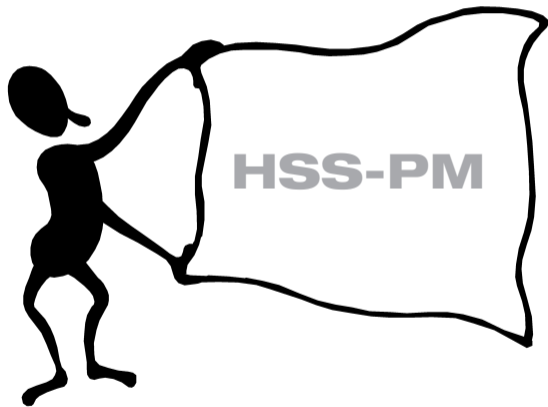
## HSS-E 5% cobalto

Standards ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 6-5-2-5 (M35)	0.9	4.2	6.4	5	1.9	4.8
(T15)	1.5	4	12	0	5	5

## HSS-E 8% cobalto

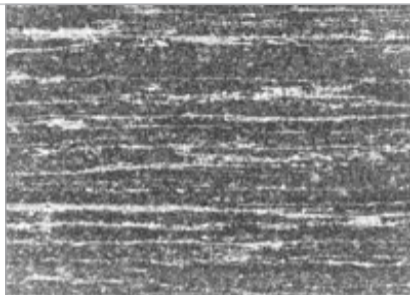
Standards ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 2-9-1-8 (M42)	1.1	4	1,5	9,5	1,2	8



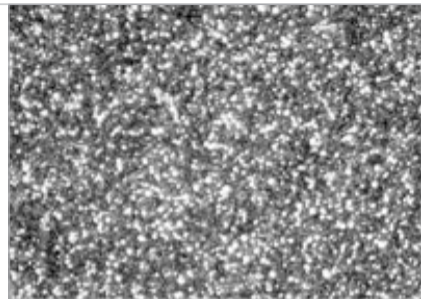


- El HSS producido por pulvimetalurgia ofrece un mayor contenido en elementos de aleaciones y una **combinación de propiedades única**:
  - Mayor tenacidad
  - Mayor resistencia al desgaste
  - Mayor resistencia en general
  - Mayor resistencia al calor
- El uso de HSS-PM **prolonga la vida de la herramienta**, hace que la vida de la herramienta sea más predecible, mejora el rendimiento (avance y velocidad) y ofrece una solución al problema de mellado de los filos. El HSS-PM es un excelente sustrato para conseguir el mejor uso posible de los recubrimientos.
- El HSS-PM tiene muchas ventajas **ventajas en aplicaciones de gran rendimiento** como el fresado en desbaste, tallado de engranajes y brochado, y también en casos de operaciones difíciles de roscado, taladrado y escariado. El HSS-PM se usa así mismo en sierras de cinta, cuchillas, herramientas para trabajo en frío, rodillos de laminación, etc.





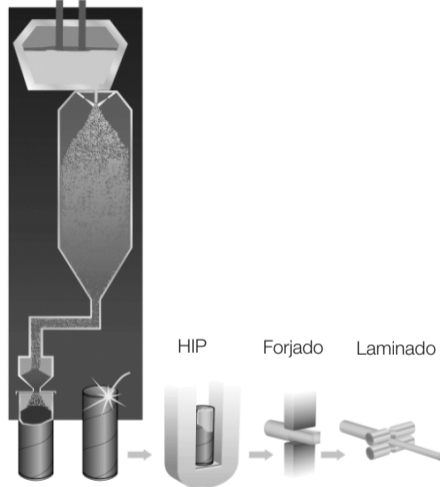
**HSS**



**HSS-PM**

La micro estructura uniforme y la pureza del PM HSS son también muy importantes para la fiabilidad de la herramienta.

### Atomización del Polvo Metalúrgico



**CONSEJO DEL  
FABRICANTE**

*Los fabricantes de acero están continuamente desarrollando nuevos tipos de PM para conseguir un rendimiento cada vez mayor.*

**HSS-PM**

Standards ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V
HS 6-5-3 (M3:2)	1.3	4.1	6.4	5	3
HS 6-5-4 (M4)	1.45	4.1	6.4	5	4

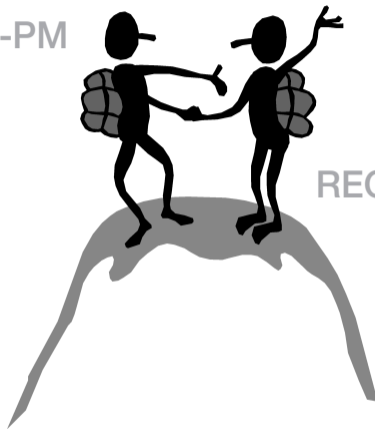
**HSS-E-PM**

Standards ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 12-0-5-5 (T15)	1.5	4	12	0	5	5
HS 6-5-3-8	1.3	4.2	6.4	5	3.1	8.5
HS 6-7-6-10	2.3	4.2	6.5	7	6.5	10.5

**CONSEJO DEL  
FABRICANTE**

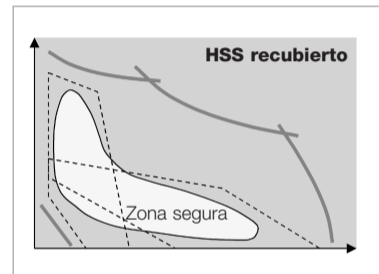
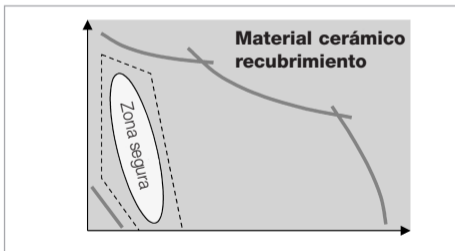
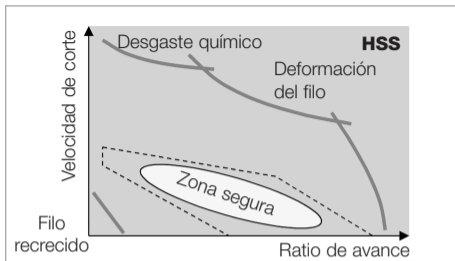
*Para conseguir un  
mayor rendimiento,  
combine  
la eficiencia de los  
recubrimientos con  
las ventajas del  
HSS-PM*

HSS-PM



RECUBRIMIENTO

- El HSS y el PM HSS son excelentes sustratos para todos los recubrimientos como el TiN, TiAlN, TiCN, recubrimientos sólidos y recubrimientos multicapa.
- Los recubrimientos **mejoran** apreciablemente **la vida de la herramienta** y aumentan el rendimiento de las herramientas HSS en alta productividad, corte a altas velocidades y avances o en mecanizado en seco, y en mecanizado de materiales difíciles de mecanizar.
- Los recubrimientos ofrecen:
  - **Incremento de la dureza en la superficie**, para una **una mayor resistencia al desgaste** (desgaste abrasivo y pegajoso, desgaste de flancos o craterizaciones )
  - **Reducción de los coeficientes de fricción** para una mejor evacuación de viruta, para reducir las fuerzas de corte, para prevenir filos recrecidos, para reducir la generación de calor, etc.
  - **Reducción del calentamiento de la herramienta**
  - Resistencia a la corrosión y oxidación gracias a la **barrera química**
  - Resistencia a la craterización
  - **Mejora de la calidad superficial** de las piezas acabadas.





**TiN**  
Dorado

Dureza HV(0,05)  
2300

Coef. Fricción: 0,3

Estabilidad térmica  
600 °C

- Recubrimiento para uso general
- Para un avance más suave de la herramienta.
- Mejora de la resistencia a la abrasión

**TiCN**  
Gris-violeta

Resistencia HV(0,05)  
3000

Coef. Fricción: 0,4

Estabilidad térmica  
750 °C

- Recubrimiento para uso general
- Alto rendimiento en aceros de construcción
- Mayor resistencia al desgaste que el recubrimiento TiN
- Disponible en mono o multicapa

**TiAlN o  
TiAlCN**  
Negro-violeta

Resistencia HV(0,05)  
3000-3500

Coef. Fricción: 0.45  
Estabilidad térmica  
800° - 900° C

- Recubrimiento de alto rendimiento para incrementar los parámetros de corte y para una mayor vida de la herramienta.
- También adecuado para mecanizado en seco
- Reduce el calentamiento de la herramienta
  - Las versiones multicapa, nanoestructuradas o aleadas ofrecen todavía un mayor rendimiento

**WC-C  
o MoS<sub>2</sub>**  
Gris-negro

Resistencia HV(0,05)  
1000-3000

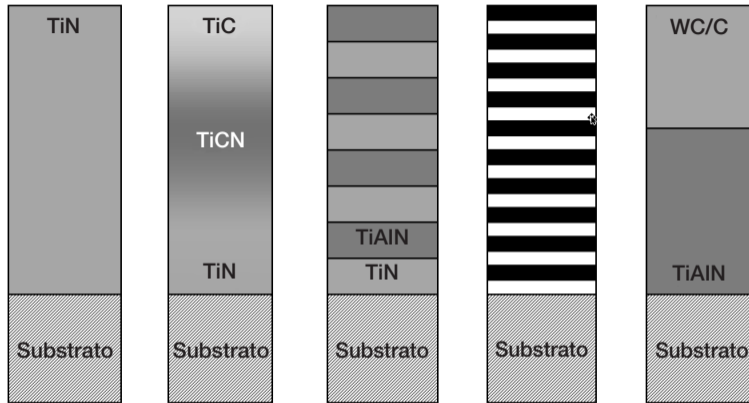
Coef. Fricción: 0.1

Estabilidad térmica  
300 °C

- Mejora el avance
- Pero la resistencia de la temperatura es limitada
- Para materiales pegajosos como aleaciones de aluminio, cobre y materiales no metálicos

**CrN**  
Metálico

- Para cobre, latón, bronce, etc.



Monocapa

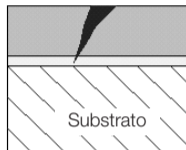
Capa gradual

Multicapas

Nanocapas

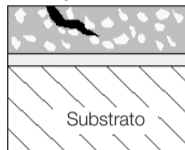
Capas duras / blandas

Propagación de fisuras hacia el sustrato



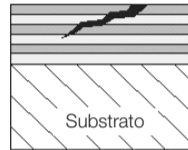
**Monocapa** con tensión de compresión interna baja

Propagación de fisuras a lo largo de los límites de grano del sustrato



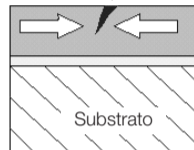
**Estructura nanocristalina**

Propagación de fisuras a lo largo de los límites de capa



**Multicapa**

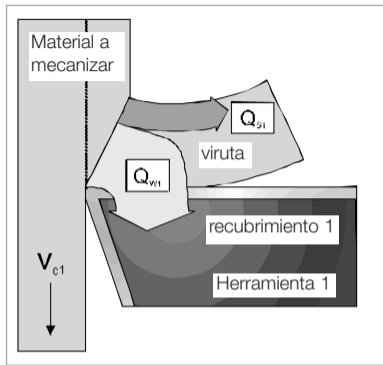
Propagación de fisuras impedida



**Monocapa** con tensión de compresión interna alta

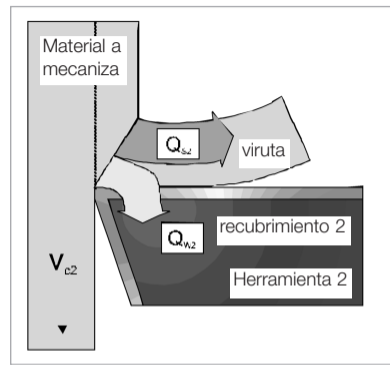
- La resistencia a la tenacidad del recubrimiento es tan importante como la dureza del recubrimiento a la hora de retardar la fisuración.
- Es necesario un equilibrio entre una tensión de compresión alta (pobre adhesión) y una tensión residual baja (sin retardo de fisuración)

## RETARDO DE LA FISURACIÓN EN DIFERENTES RECUBRIMIENTOS



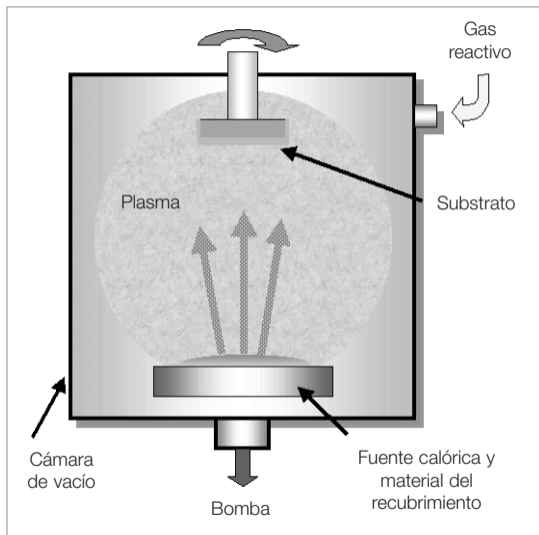
**Recubrimiento con alta conductividad térmica**

- Velocidad de corte  
 $V_{c1} = V_{c2}$
- Flujo de calor, viruta  $Q_{s2} > Q_{s1}$
- Flujo de calor, herramienta  $Q_{w2} > Q_{w1}$
- Fuerza de corte  $F_{c1} > F_{c2}$
- Longitud de la zona de contacto  $l_{k1} > l_{k2}$



**Recubrimiento con baja conductividad térmica**

## CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS RECUBRIMIENTOS



- El material se evapora, permitiendo después su condensación y solidificación en el sustrato (=la herramienta)
- Vacío:  $10^{-6}$  -  $10^{-4}$  torr
- Temperatura: 200 - 500 °C
- Asistido por plasma