

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

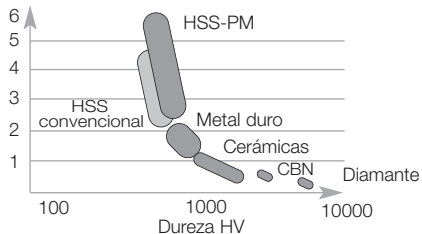
**CONSEJO DEL
FABRICANTE**

Excelente resistencia



Curva de resistencia

kN/mm^2

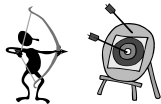


Los aceros rápidos ofrecen una curva de resistencia mayor que cualquier otro material de corte.

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

Nota: 1w% Mo = 2w% W



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

HSS

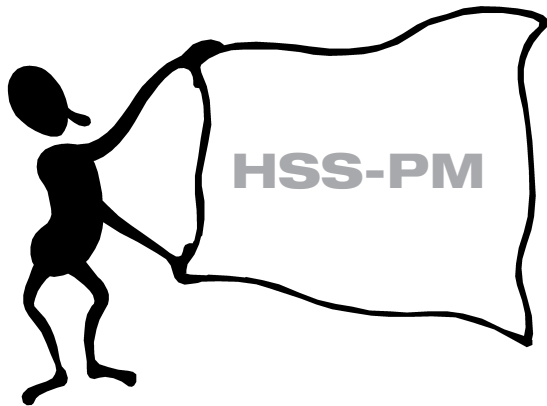
Standards ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V
HS 6-5-2 (M2)	0.9	4	6	5	2
HS 1-8-1 (M1)	0.8	4	1.5	8.75	1
HS 2-8-2 (M7)	1	4	1.75	8.75	2
HS 18-0-1 (T1)	0.75	4	18	0	1

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

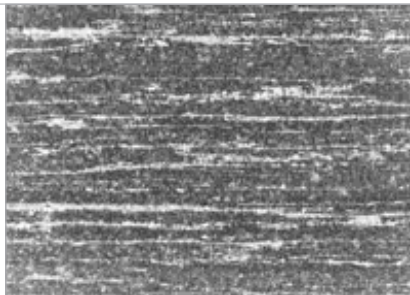
HSS-E 8% cobalto

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

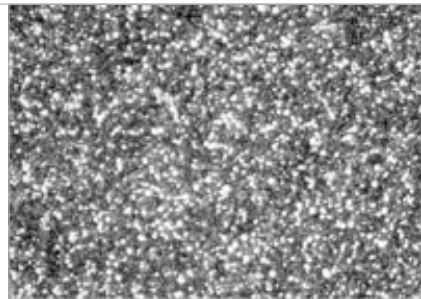


- El HSS producido por pulvimetalurgia ofrece un mayor contenido en elementos de aleaciones y una **combinación de propiedades única**:
 - Mayor tenacidad
 - Mayor resistencia al desgaste
 - Mayor resistencia en general
 - Mayor resistencia al calor
- El uso de HSS-PM **prolonga la vida de la herramienta**, 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.





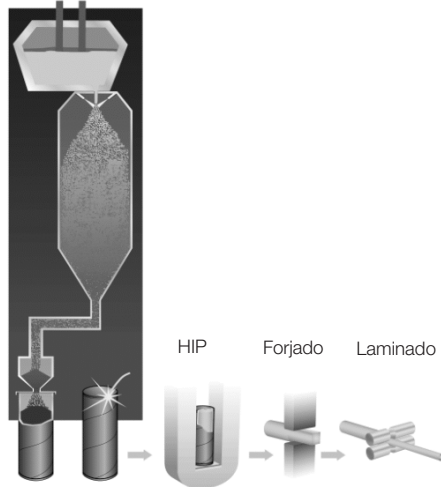
HSS



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

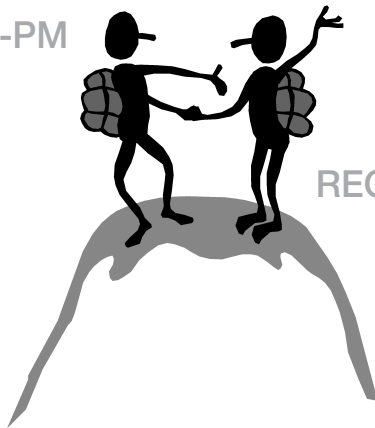
HSS-E-PM

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*

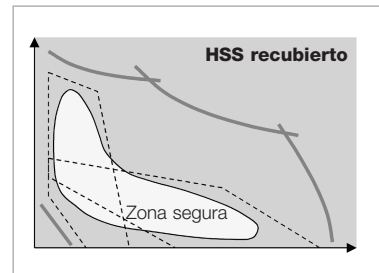
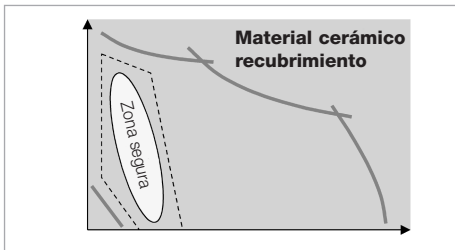
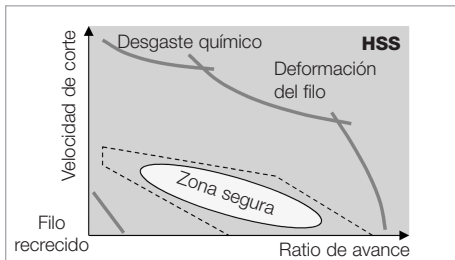
HSS-PM



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 MoS₂**
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

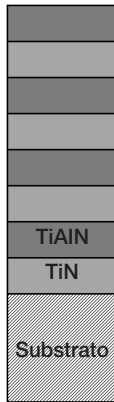
- Para cobre, latón, bronce, etc.



Monocapa



Capa gradual



Multicapas

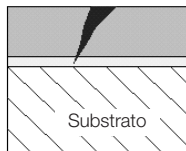


Nanocapas



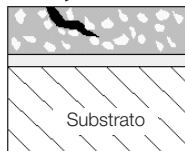
Capas duras / blandas

Propagación de fisuras hacia el sustrato



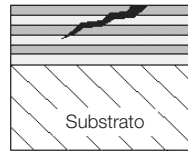
Monocapa con tensión de compresión interna baja

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



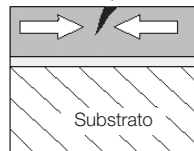
Estructura nanocristalina

Propagación de fisuras a lo largo de los límites de capa



Multicapa

Propagación de fisuras impedida

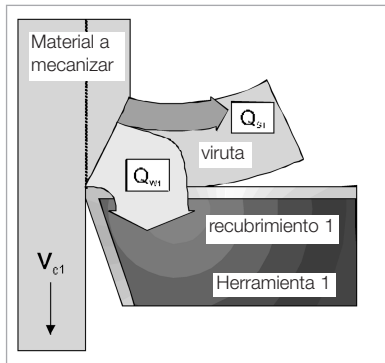


Monocapa con tensión de compresión interna alta

- 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)

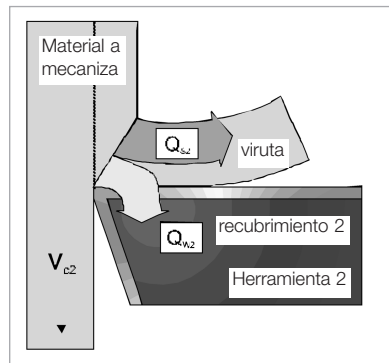
RETARDO DE LA FISURACIÓN EN DIFERENTES RECUBRIMIENTOS





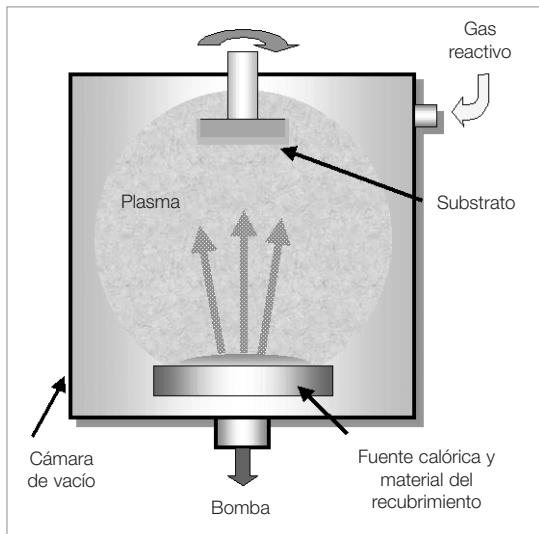
Recubrimiento con alta conductividad térmica

- 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