



MAQUINABILIDAD DE LOS MATERIALES

- 2 Aceros
- 3 Aceros inoxidable
- 4 Fundición
- 5 Aluminio y magnesio
- 6 Cobre
- 7 Aleaciones de titanio y níquel
- 8 Materiales duros > 45 HRC
- 9 Materiales no metálicos
- 10 Maquinabilidad de materiales duros vs. materiales blandos
- 11 Materiales y maquinabilidad

DESGASTE, GLOSARIO, DUREZA

- 12 Tipos de fallo de la herramienta
- 13 Tipos de desgaste
- 14 Tipos de fallo y de desgaste
- 15 Tipos de fallo y velocidades de corte
- 16 Desgaste y vida de la herramienta
- 17 Glosario multilingüe – mecanizado y herramientas
- 18 Glosario multilingüe – materiales
- 19 Glosario multilingüe – símbolos
- 20 Tabla comparativa de durezas

Herramientas HSS:
la elección más
versátil para
el mecanizado
de aceros

Aceros dulces < 550 Mpa

Incluidos los aceros al carbono resulturizados y refosforizados que contienen menos del 0,65% manganeso, 0,60% silicio y 0,60% cobre. También están incluidos los aceros magnéticos y los aceros al plomo.

- Usos: dispositivos eléctricos y magnéticos y otras numerosas aplicaciones.
- Maquinabilidad: excelente.

Aceros estructurales y aceros al carbono < 850 Mpa

- Usos: edificios, puentes, ejes, pasadores, tornillos, tuercas, varillas, engranes, componentes estructurales, piezas cementadas y productos forjados en frío.
- Maquinabilidad: buena.

Aceros aleados

Contienen porcentajes de manganeso, silicio, níquel, cromo y molibdeno.

- Usos: rodamientos, elementos de máquinas, ejes, engranes, válvulas de presión, cadenas, herramientas de mano, camiones y maquinaria agrícola.
- Maquinabilidad: generalmente buena para aleaciones < 850 Mpa. Más difícil cuanto más se incrementa la resistencia.

Los filos vivos de las herramientas HSS ayudan a prevenir el efecto de temple por mecanizado en los aceros inoxidables

Aceros inoxidables ferríticos de fácil mecanización

Tienen una estructura ferrítica a veces con una matriz de carburos de cromo.

No contienen níquel, bajo contenido en carbono, no templables.

- Usos : electrónica, escapes de automoción, equipos de manipulación de materiales, depósitos de agua caliente.
- Maquinabilidad: baja.

Aceros inoxidables austeníticos

Tienen una resistencia a la corrosión superior.

Son los aceros inoxidables más ampliamente utilizados.

- Usos: electrónica, farmacia, industria química, equipos de manipulación de alimentos, aplicaciones arquitectónicas.
- Maquinabilidad: difícil comparada con los aceros ferríticos y martensíticos.

Tienen una buena resistencia a altas temperaturas, mayor tendencia al temple por mecanizado y requieren una mayor potencia de máquina. Se recomiendan velocidades de corte bajas y fuertes avances.

Aceros inoxidables ferríticos-austeníticos, ferríticos, martensíticos y de temple por precipitación

- Usos: aplicaciones marinas, plantas de desalinización, intercambiadores de calor y plantas petroquímicas, elementos estructurales.
- Maquinabilidad: buena, para los aceros de bajo contenido en carbono o cromo. Difícil para los aceros martensíticos con alto contenido de carbono debido a los abrasivos que resultan.

Utilice herramientas
HSS con
recubrimiento TiAlN
para mecanizar
fundición y para
evitar mellados
en la pieza
cuando la
herramienta
sale de la misma

Fundición gris (fundición de grafito laminar)

Fundición básica de bajo coste.

- Usos: Rotores de freno y tambores de freno, cilindros, bloques de cilindros, cuerpos de válvulas, bancadas de maquinas.
- Maquinabilidad: excelente.

Fundición de grafito nodular o esferoidal

Tiene la mejor resistencia, en competencia con los aceros estructurales en aplicaciones de automoción.

- Usos: ejes de levas, árboles de levas, etc...
- Maquinabilidad: buena.

Fundición

- Usos: engranajes.
- Maquinabilidad: mala.

Utilice herramientas
HSS para evitar
el efecto de
los filos recrocidos
durante la
mecanización
de aleaciones
de aluminio y para
producir virutas
gruesas en el
magnesio

Aluminio sin alear

El aluminio puro (99% Al) tiene una excelente maleabilidad y resistencia a la corrosión.

- Usos: procesos químicos, depósitos, equipos marinos, utensilios de cocina, estructuras de edificios y aplicaciones de estampados profundos.
- Maquinabilidad: excelente pero con viruta continua muy larga y pegajosa.

Aleaciones de aluminio

Alta resistencia mecánica y buena resistencia a la corrosión atmosférica.

- Usos: Aplicaciones estructurales en aviación, equipos móviles, tuberías y accesorios, unidades de alta presión, bicicletas y motocicletas.
- Maquinabilidad: casi excelente, dependiendo del tratamiento térmico. Más fácil cuanto mayor dureza.

Aleaciones de aluminio 5% < Si <10%

Incluidas las aleaciones de moldes más utilizadas.

- Usos: Bloques de cilindros, cilindros, armazones de automoción y aeronáuticos, armazones estructurales, ornamentos.
- Maquinabilidad : buena.

Aleaciones de aluminio >10% Si

Consistentes en aleaciones para moldes y estampas.

- Usos : frenos de tambor, poleas, guías de cilindro, pistones forjados, moldes complejos.
- Maquinabilidad : solo justa. Menor cuanto mayor contenido de Silicio.

Magnesio

Más ligero que el aluminio.

- Usos: alojamientos de instrumentos, herramientas portátiles y armazones aeronáuticos.
- Maquinabilidad: Alta pero se necesitan virutas gruesas para evitar el peligro de incendio.

Crea en la exactitud
de las herramientas
HSS para mecanizar
aleaciones de cobre

Cobre puro

- Usos: electrodos para electroerosión, componentes eléctricos.
- Maquinabilidad: buena pero material pegajoso.

Aleaciones de cobre

Latón (5-45% Zn) y bronce (3-20% Sn)

- Usos : componentes eléctricos, electrónica, equipos de edificios, cierres, válvulas de automoción, micro-mecanismos.
- Maquinabilidad: buena.

Bronce aluminio

- Usos: industria química, bombas y asientos de válvulas, aplicaciones marinas (hélices), plantas de desalinización.
- Maquinabilidad: media

Herramientas
HSS-PM con
recubrimiento TiAlN:
una elección eficaz
para mecanizar
aleaciones de titanio
y níquel

Titanio sin alear

(o titanio puro)

Tiene una resistencia superior a la corrosión.

- Usos: industria de procesos químicos.
- Maquinabilidad: tendencia moderada al temple por mecanizado pero se necesitan herramientas muy afiladas, ajustes rígidos, bajas velocidades de corte, fuertes avances y un gran caudal de refrigeración.

Los recubrimientos son útiles contra la tendencia al agarrotamiento y fricción.

Aleaciones de titanio

(o aleaciones alfa-beta)

Pueden ser tratadas termicamente a unos niveles muy altos de resistencia.

- Usos: Alabes de compresor, piezas de motores reactores, componentes de cápsulas espaciales.
- Maquinabilidad : se recomiendan ajustes rígidos, bajas velocidades de corte y un alto caudal de refrigerante.

Níquel sin alear

(o Níquel puro)

Propiedades mecánicas similares a las de los aceros al carbono. Resistencia a la corrosión muy buena a excelente

- Usos: química, catalizadores, baterías, monedas.
- Maquinabilidad: se requieren bajas velocidades de corte debido a las altas temperaturas que se alcanzan durante el mecanizado.

Recubrimientos útiles contra las pegaduras y los filos recrecidos.

Aleaciones de níquel

A menudo con contenidos de cromo.

Tienen una alta resistencia a altas temperaturas con resistencia a la oxidación y la corrosión.

- Usos: alabes de turbinas, componentes de centrales de energía, usos marinos.
- Maquinabilidad: baja.

Se requieren ajustes rígidos y herramientas de corte especialmente diseñadas, con recubrimientos TiAlN.

CONSEJO DEL
FABRICANTE

Herramientas de
corte HSS-PM
recubiertas:
la solución 4x4
para mecanizar
materiales duros.

**Aceros para
herramientas
> 45 HRC**

Aceros aleados con alto contenido en Carbono.

- Usos: moldes de corte y de forma, punzones, rodillos, calibres, levas y accesorios.
- Maquinabilidad: baja.

**Acero resistente
al desgaste
600 HB**

CASO REAL

Operación

- Taladrado de agujeros pasantes \varnothing 18 mm, profundidad 25 mm con 5% emulsión en maquina taladradora tipo columna.

Solución

- Broca de HSS-PM 5% Co con recubrimiento TiAlN y geometría especial.

Ventajas comparadas con las brocas convencionales HSS (las brocas de metal duro no podrían usarse)

- Mayor vida de herramienta (30 agujeros)
- Mayores condiciones de corte (v_c 15 m/min, f 0.14 mm/rev)

Plásticos y Termoplásticos

- Usos: teléfonos móviles y ordenadores, piezas de automoción, aparatos del hogar.
- Maquinabilidad: excelente. HSS es la mejor elección.

Plásticos reforzados

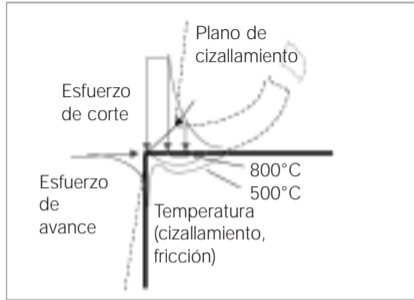
- Usos: vehículos a motor, cascos de barcos, depósitos de almacenamiento, componentes eléctricos, artículos deportivos, maquinaria industrial, ordenadores, etc...
- Maquinabilidad: Buena. Las herramientas de HSS con filos vivos son eficientes contra el desconchamiento, combinadas con recubrimientos para resistir la abrasión. Las herramientas HSS-PM se recomiendan para el mecanizado de componentes de varios materiales o para elementos en panel.

Grafito

- Usos: crisoles, refractarios, soleras de hornos, cohetes, plantas nucleares, escobillas de motores, electrodos, etc...
- Maquinabilidad: baja.

Madera

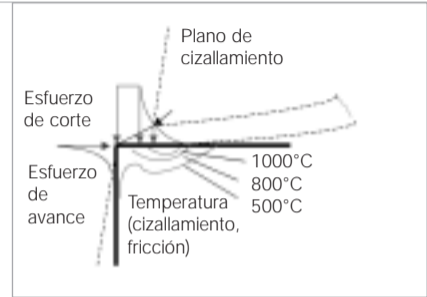
- Usos: mobiliario, construcción, juguetes, instrumentos musicales, utensilios de cocina.
- Maquinabilidad: excelente.



Material duro y quebradizo

- Virutas pequeñas, temperatura moderada.
- Fuerzas de corte y avance altas.

Requerimientos: recubrimiento de alta resistencia tanto al desgaste por abrasión y como a las tensiones residuales de compresión.

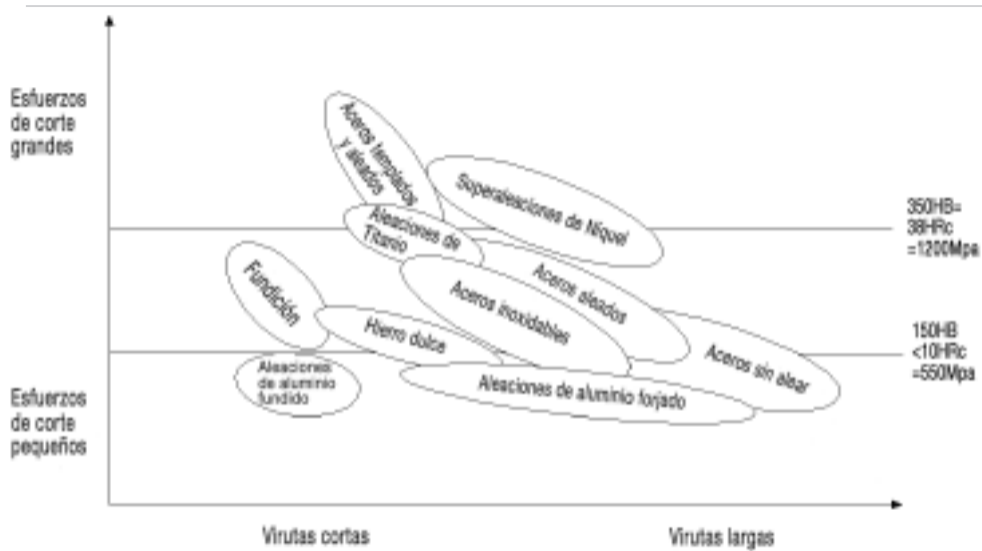


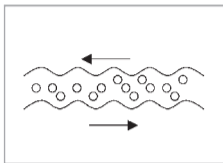
Material blando y dúctil

- Longitud de contacto larga y temperatura alta en la cara de desprendimiento.
- Esfuerzos de cizallamiento en la superficie altos.

- Tendencia a filos recrecidos
- Requerimientos
- + Resistencia alta al desgaste químico.
 - + Mejor adhesión del recubrimiento.
 - + Sin tendencia a las pegaduras.

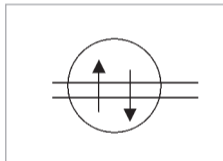
MAQUINABILIDAD DE MATERIALES DUROS VS. MATERIALES BLANDOS





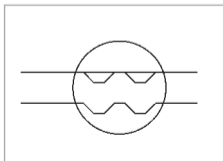
Desgaste por abrasión

Desgaste mecánico debido a la fricción entre la pieza y la herramienta



Desgaste químico

Migración de átomos entre la herramienta y la viruta debido a las altas temperaturas y la presión



Desgaste por adhesión

Desgaste mecánico y químico combinado causado cuando la viruta elimina material de la herramienta por pegadura



Tensiones de origen térmico

Tensiones debidas a las altas temperaturas (400-750°C)



Tensiones de origen mecánico

Tensiones debidas a las vibraciones, choques, presión



Desgaste de flancos

Fricción entre la pieza y el flanco de la cara de la herramienta debido al desgaste por abrasión



Desgaste localizado

Modo de desgaste que produce un agujero en la cara de corte de la herramienta, debido principalmente al desgaste químico y parcialmente al desgaste por abrasión



Filo recrecido

Modo de desgaste donde el material de la pieza se pega al filo de la herramienta originando un desgaste por pegadura



Deformación plástica

Modo de desgaste donde el filo de la herramienta se deforma, principalmente debido a las altas temperaturas y parcialmente a las tensiones de mecanizado



Melladuras

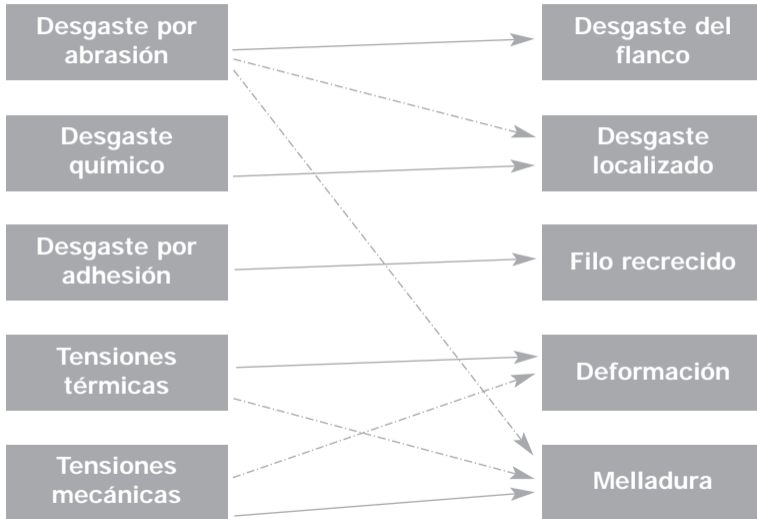
Pequeñas roturas en los filos de la herramienta principalmente debido a tensiones de mecanizado y parcialmente debido a tensiones de origen térmico



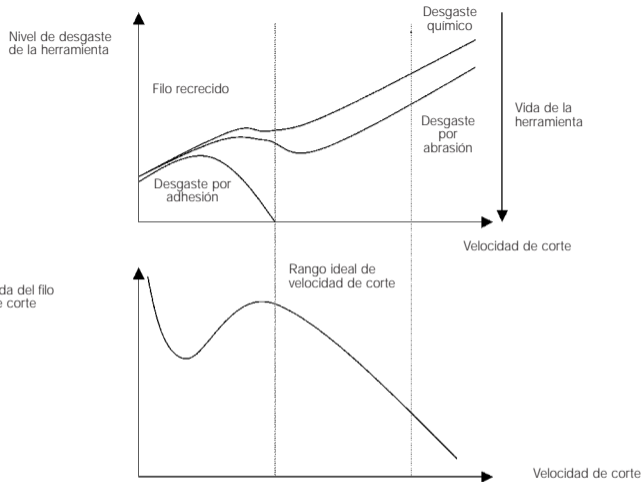
LEYENDA

→ Mayor influencia

-.-.-> Menor influencia

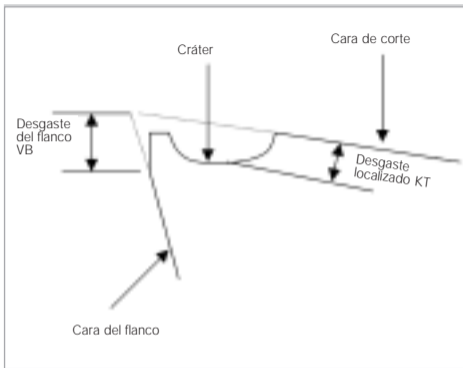


En el rango ideal de velocidad de corte, el desgaste por abrasión debe ser predominante. El desgaste químico y por adhesión debe mantenerse a un nivel bajo

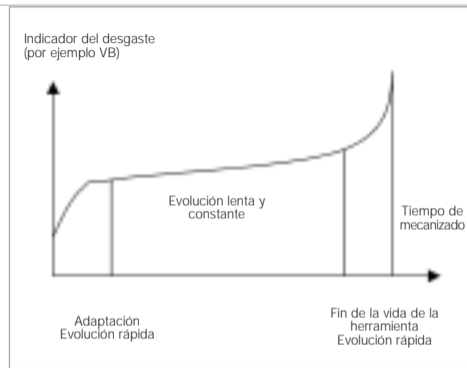


CONSEJO DEL FABRICANTE

Para una larga y predecible vida de la herramienta preferir un desgaste por abrasión



Indicadores del desgaste (VB, KT)



Evolución del desgaste



Inglés	Francés	Alemán	Italiano	Español
Machining	Usinage	Metallbearbeitung	Lavorazione	Mecanizado
Machine tool	Machine-outil	Werkzeugmaschine	Macchina utensile	Máquina-herramienta
Workpiece	Pièce	Werkstück	Pezza	Pieza
Coolant	Fluide de coupe	Kühlemittel	Lubrificante	Fluido de corte
Wear	Usure	Abnutzung	Usura	Desgaste
Toollife	Durée de vie	Werkzeug-lebensdauer	Durata di vita	Vida útil
Chip	Copeau	Span	Truciolo	Viruta
Roughing	Ebauche	Schruppen	Sgrossatura	Desbaste
Finishing	Finition	Schlichten	Finitura	Acabado

Cutting tool	Outil de coupe	Werkzeug	Utensile	Herramienta de corte
High speed steel	Acier rapide	Schnellstahl	Acciai rapidi	Acero rápido
Coating	Revêtement	Beschichtung	Rivestimento	Revestimiento
Shank	Queue	Schaft	Coda	Mango
Cutting edge	Arête de coupe	Schneidkante	Spigolo di taglio	Arista de corte
Cutting tooth	Dent	Werkzeugzahn	Dente	Diente
Rake face	Face de coupe	Spanfläche	Faccia di taglio	Superficie de desprendimiento
Flank face	Face de dépouille	Freifläche	Fianco	Superficie de incidencia
Helix	Hélice	Spirale	Elica	Helice
Flute	Goujure	Spannut	Scanalatura	Ranura
Pitch	Pas	Teilung	Passo	Paso
Point	Pointe	Spitze	Punta	Punta

Inglés	Francés	Alemán	Italiano	Español
Steel	Acier	Stahl	Acciai	Acero
Stainless steel	Acier inoxydable	Rostfreier Stahl	Acciai inossidabili	Acero inoxidable
Tool steel	Acier à outil	Werkzeugstahl	Acciai per utensili	Acero de herramientas
Cast iron	Fonte	Eisenguss	Ghise	Fundición
Aluminium	Aluminium	Aluminium	Alluminio	Aluminio
Magnesium	Magnésium	Magnesium	Magnese	Magnesio
Copper	Cuivre	Kupfer	Rame	Cobre
Brass	Laiton	Messing	Ottone	Latón
Bronze	Bronze	Bronze	Bronzo	Bronce
Titanium	Titane	Titan	Titanio	Titanio
Nickel	Nickel	Nickel	Nichel	Niquel
Zinc	Zinc	Zink	Zinco	Zinc
Plastics	Plastiques	Kunststoffe	Plastiche	Plásticos
Fiber reinforced plastics	Plastiques renforcés	Faserverstärkte Kunststoffe	Plastiche rinforzati con fibre	Plásticos reforzados con fibras
Graphite	Graphite	Graphit	Graffito	Grafito
Wood	Bois	Holz	Legno	Madera

Símbolo	Inglés	Francés	Alemán	Italiano	Español
V_c	Cutting speed	Vitesse de coupe	Schnittgeschwindigkeit	Velocità di taglio	Velocidad de corte
n	Revolution per minute	Vitesse de rotation	Drehzahl	Velocità di rotazione giri	Número de revoluciones por minuto
V_f	Feed speed	Vitesse d'avance	Vorschubgeschwindigkeit	Velocità di avanzamento	Velocidad de avance
f	Feed per revolution	Avance par tour	Vorschub pro Umdrehung	Avanzamento per giro	Avance por revolución
f_z	Feed per tooth	Avance par dent	Vorschub pro Zahn	Avanzamento per dente	Avance por diente
d	Diameter	Diamètre	Durchmesser	Diametro	Diametro
z	Number of teeth	Nombre de dents	Zahnezahl	Numero di denti	Número de dientes
Q	Chip removal rate	Débit de copeaux	Zeitspannungsvolumen	Volume truciolo per unità di tiempo	Caudal de viruta
h	Chip thickness	Epaisseur du copeau	Spandicke	Spessore truciolo	Espesor de viruta
a_e	Radial depth of cut	Largeur de passe radiale	Radiale Zustellung	Larghezza radiale di passata	Anchura de corte radial
a_p	Axial depth of cut	Profondeur de passe axiale	Axiale Zustellung	Profondità assiale di passata	Profundidad de corte axial

CONSEJO DEL
FABRICANTE

Esta tabla de
conversión no debe
ser empleada en
Aceros Rápidos
templados

Brinell	Vickers	Rockwell C	Brinell	Vickers	Rockwell C	Brinell	Vickers	Rockwell C	Rockwell B
	1200	71,5	578	615	56	248	261	24,2	
	1100	70,4	565	591	54,7	241	253	22,8	100
	1050	69,8	534	569	53,5	235	247	21,7	99
	1000	69,1	514	547	52,1	229	241	20,5	98,2
	970	68,6	495	528	51	223	234		97,3
	940	68	477	508	49,6	217	228		96,4
	920	67,5	461	491	48,5	212	222		95,5
	900	67	444	472	47,1	207	218		94,6
	880	66,4	429	455	45,7	201	212		93,8
767	860	65,9	415	440	44,5	197	207		92,8
757	840	65,3	401	425	43,1	192	202		91,9
745	820	64,7	388	410	41,8	187	196		90,7
733	800	64	375	396	40,4	183	192		90
722	782	63,5	363	383	39,1	179	188		89
712	780	63,3	352	372	37,9	174	182		87,8
710	760	62,5	341	360	36,6	170	178		86,8
698	740	61,8	331	350	35,5	167	175		86
684	737	61,7	321	339	34,3	163	171		85
682	720	61	311	328	33,1	156	163		82,9
670	700	60,1	302	319	32,1	149	156		80,8
656	697	60	293	309	30,9	143	150		78,7
653	690	59,7	285	301	29,9	137	143		76,4
647	680	59,2	277	292	28,8	131	137		74
638	670	58,8	269	284	27,6	126	132		72
630	667	58,7	262	276	26,6	121	127		69,8
627	640	57,3	255	269	25,4	116	122		67,6
601						111	117		65,7