

Tecnología Mecánica

Unidad N° 3

Procesos de manufactura con arranque de virutas

2 – Herramientas y fluidos de corte

Roberto Driussi/Martín Alarcón / Fernando Nadalich



12 de abril de 2024

Índice

- Introducción
- Aceros de alta velocidad
- Aleaciones fundidas de cobalto
- Carburos
- Herramientas recubiertas
- Cerámicos base alúmina
- Nitruro de boro cúbico
- Diamante
- Insertos y su codificación
- Fluidos de corte – Maquinado seco y casi seco
- Datos de interés
- A leer!!!

Introducción

- Tipos y las características de los materiales para las herramientas de corte
- Tipos de fluidos de corte de uso común, sus funciones y la forma en que afectan la operación de maquinado.
- Tendencias para el maquinado casi seco y seco, y su significado con respecto a las operaciones de maquinado amigables con el ambiente.



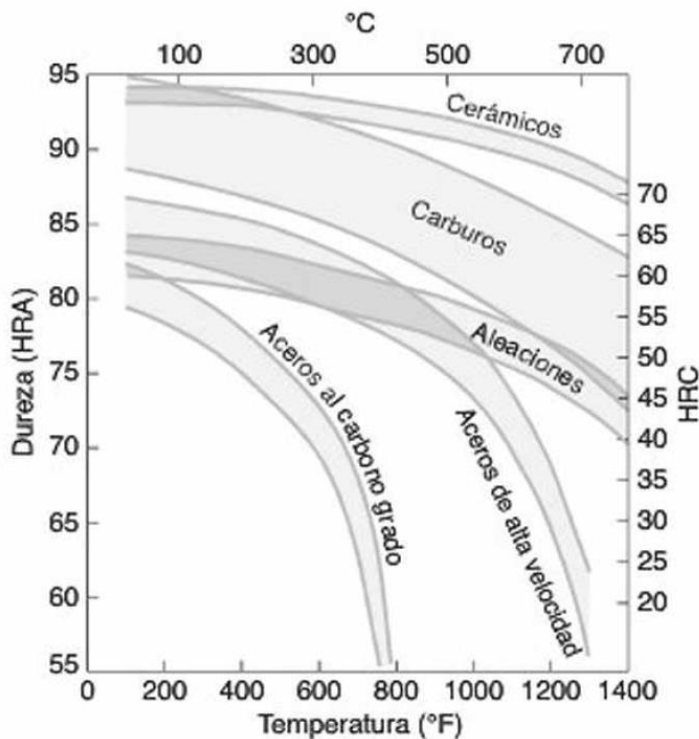
Introducción

La herramienta de corte está sujeta

(a) temperaturas elevadas, (b) grandes esfuerzos de contacto y (c) fricción en la interfase herramienta-viruta y en la superficie maquinada.

El material de la herramienta de corte debe poseer las siguientes características:

Dureza en caliente de modo que mantengan la dureza y la resistencia al desgaste.



Esta propiedad garantiza que la herramienta no sufra deformación plástica y conserve su forma y filo.

Introducción

Tenacidad y resistencia al impacto

Resistencia al choque térmico

Resistencia al desgaste

Estabilidad química y ser inerte

	Aceros de alta velocidad	Aleaciones de cobalto fundido	Carburos no recubiertos	Carburos recubiertos	Cerámicos	Nitruro de boro cúbico policristalino	Diamante
Dureza en caliente	→						
Tenacidad	←						
Resistencia al impacto	←						
Resistencia al desgaste	→						
Resistencia al astillado	←						
Velocidad de corte	→						
Resistencia al impacto térmico	←						
Costo del material de la herramienta	→						
Profundidad de corte	De ligera a profunda	De ligera a profunda	De ligera a profunda	De ligera a profunda	De ligera a profunda	De ligera a profunda	Muy ligera para el diamante monocristalino

Aceros de alta velocidad (HSS)

Las *herramientas de acero de alta velocidad* (HSS, por sus siglas en inglés) reciben este nombre debido a que se desarrollaron para maquinar a velocidades mayores de lo que antes era posible.



Son adecuados para:

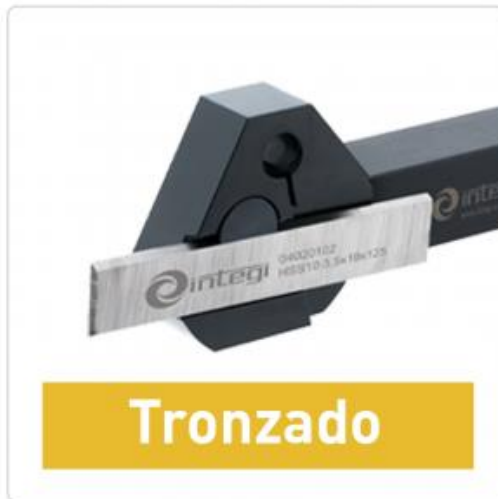
- (a) herramientas de ángulos grandes y positivos de ataque
- (b) cortes interrumpidos
- (c) máquinas herramienta con baja rigidez y sujetas a vibración
- (d) herramientas complejas y de una sola pieza, como brocas, machos roscadores, fresas, etc.

Los principales elementos de aleación de los aceros de alta velocidad son cromo, vanadio, tungsteno, cobalto y molibdeno. Las series más normales son T y M.

Aleaciones de cobalto fundido

Debido a su elevada dureza tienen buena resistencia al desgaste y pueden mantener su dureza a temperaturas elevadas. Son sensibles a las fuerzas de impacto.

Son menos adecuadas que los aceros de alta velocidad para las operaciones de corte interrumpido.



Son conocidas comúnmente como herramientas de *estelita*.

En la actualidad sólo se utilizan para **cortes de desbaste**, profundos y continuos, con avances y velocidades relativamente elevadas (hasta del doble de las capacidades posibles con los aceros de alta velocidad).

Carburos

Para cumplir el reto de las velocidades de corte cada vez mayores se presentaron los *carburos*, también conocidos como *carburos cementados* o *sinterizados*.

Los dos grupos más importantes de carburos utilizados en maquinado son el *carburo de tungsteno* y el *carburo de titanio*.

A las herramientas simples de carburo se les conoce comúnmente como **carburos no recubiertos**.

Carburos

Carburo de tungsteno: (WC) consiste en partículas de carburo de tungsteno aglutinadas en una matriz de cobalto.
WIDIA

Carburo de titanio: (TiC) consiste en una matriz de níquel-molibdeno. Tiene una resistencia al desgaste mayor que la del carburo de tungsteno, pero no es tan tenaz.

Insertos
Clasificación ISO

Herramientas recubiertas

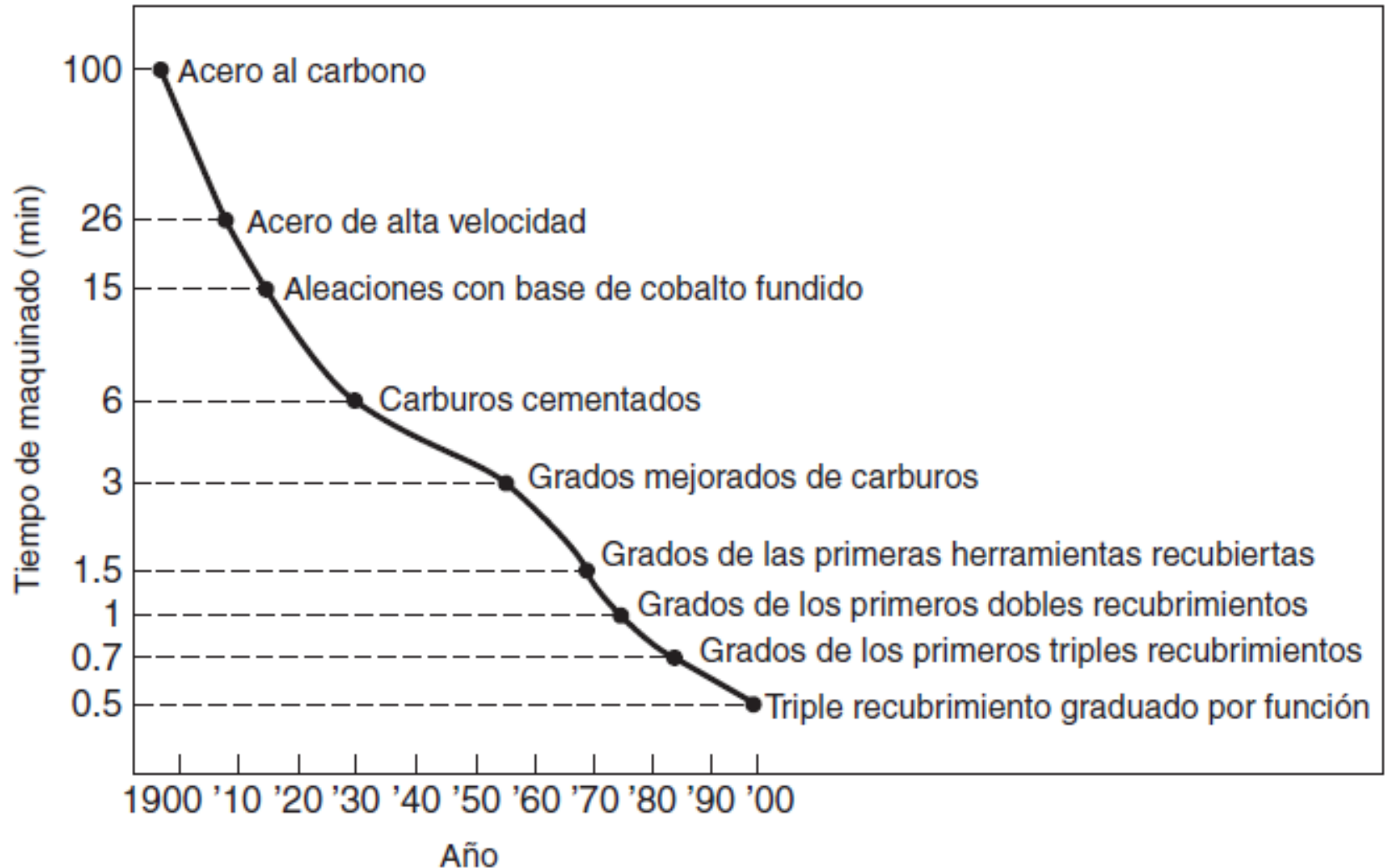
Fueron desarrolladas para mecanizar aquellos materiales abrasivos y químicamente reactivos con los materiales de las herramientas.

Los recubrimientos tienen propiedades únicas, como:

- Menor fricción.
- Mayor adhesión.
- Mayor resistencia al desgaste y al agrietamiento.
- Actúan como una barrera para la difusión.
- Mayor dureza en caliente y resistencia al impacto.

Entre 40% y 80% de todas las operaciones de maquinado actuales utilizan herramientas recubiertas, en particular en el torneado, fresado y taladrado.

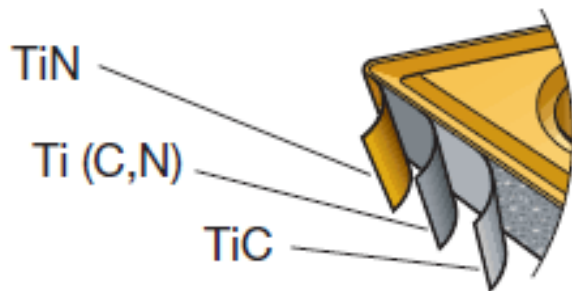
Herramientas recubiertas



Materiales y métodos de recubrimiento

Los materiales que suelen utilizarse para recubrimiento son:

- **Nitruro de titanio (TiN):** bajos coeficientes de fricción, dureza elevada, resistencia a temperaturas altas y buena adhesión al sustrato. De color dorado.
- **Carburo de titanio (TiC):** alta resistencia al desgaste al maquinar materiales abrasivos.
- **Carbonitruro de titanio (TiCN):**
- **Óxido de aluminio - Cerámico (Al₂O₃):** neutralidad química, baja conductividad térmica, resistencia a las temperaturas elevadas y resistencia al desgaste



- **Recubrimientos de fases múltiples:** Combina las propiedades deseables de cada uno de los recubrimientos.

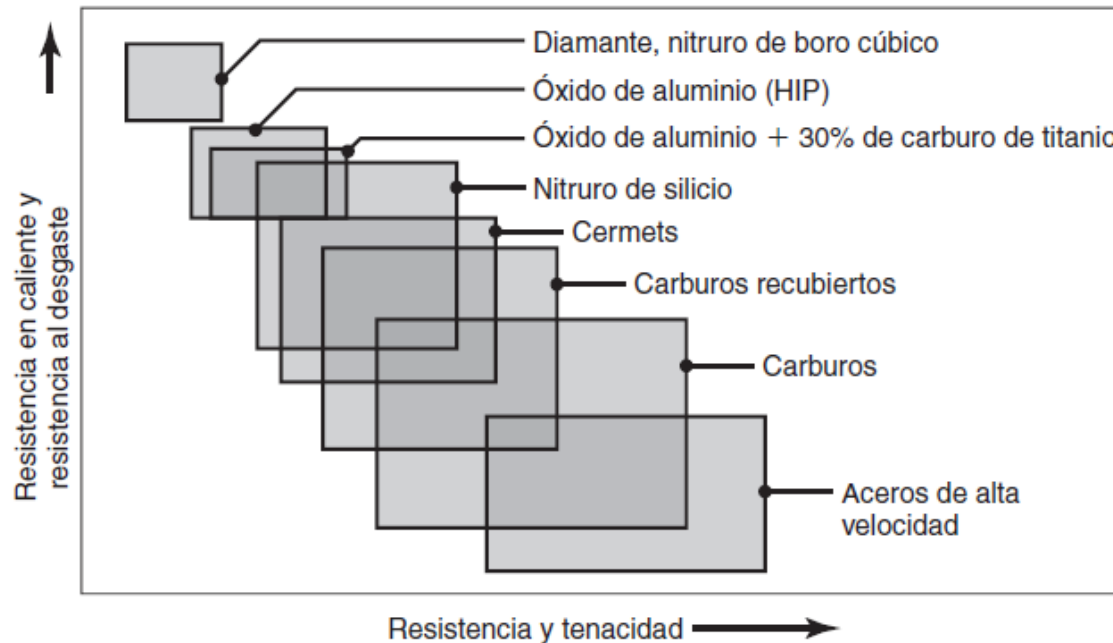
Se aplican sobre las herramientas y los insertos mediante dos técnicas:

1. **Deposición química de vapor (CVD, por sus siglas en inglés), incluyendo la deposición química de vapor asistida por plasma.**
2. **Deposición física de vapor (PVD, por sus siglas en inglés).**

Cerámicos base alúmina

Consisten fundamentalmente en **óxido de aluminio** de alta pureza de grano fino. Se prensan en frío para darles la forma del inserto a alta presión y se sinterizan a elevada temperatura.

Al producto final se le conoce como **cerámicos blancos (prensados en frío)**.

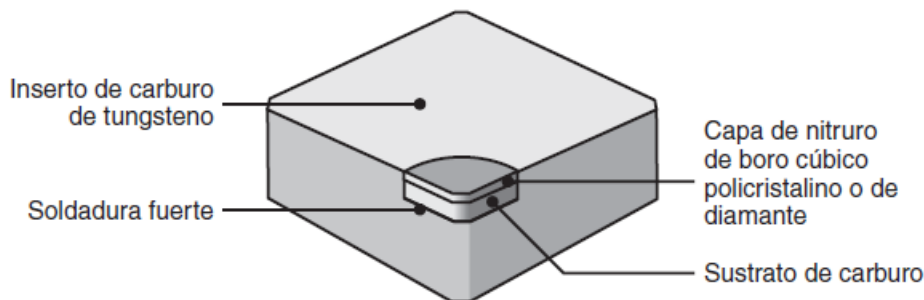


- **Cermets.** Los *cermets* (de las palabras *cerámico* y *metal*) consisten en partículas de material cerámico en una matriz metálica. Un cermet típico tiene 70% de óxido de aluminio y 30% de carburo de titanio.

Nitruro de boro cúbico

Después del diamante, el *nitruro de boro cúbico* (cBN) es el material más duro que existe.

Se produce uniendo una capa de 0.5 mm a 1 mm de **Nitruro de boro cúbico policristalino** a un sustrato de carburo mediante sinterización a alta presión y alta temperatura.



La capa de cBN aporta una resistencia muy elevada al desgaste y resistencia del filo de corte.

Diamante

El diamante es la sustancia más dura que se conoce; como herramienta de corte tiene propiedades deseables, entre ellas baja fricción, alta resistencia al desgaste y la capacidad de mantener su filo de corte.

En la actualidad se usan ampliamente diamantes sintéticos.

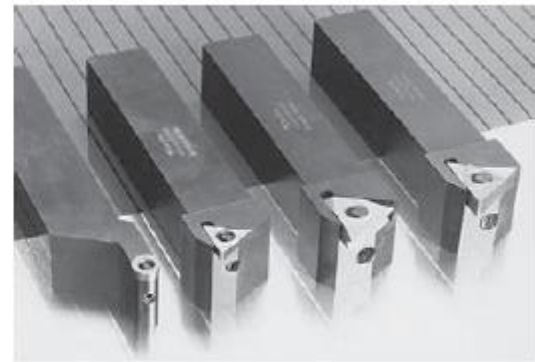
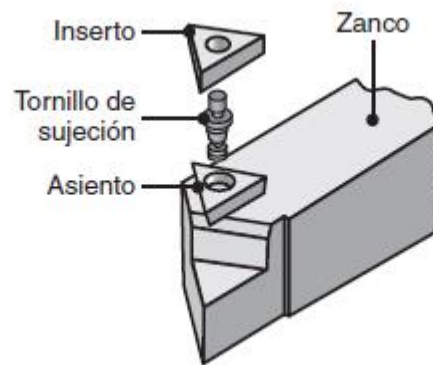
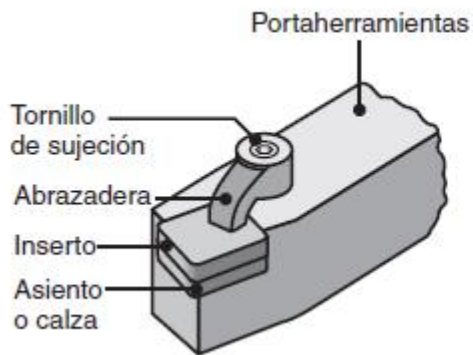
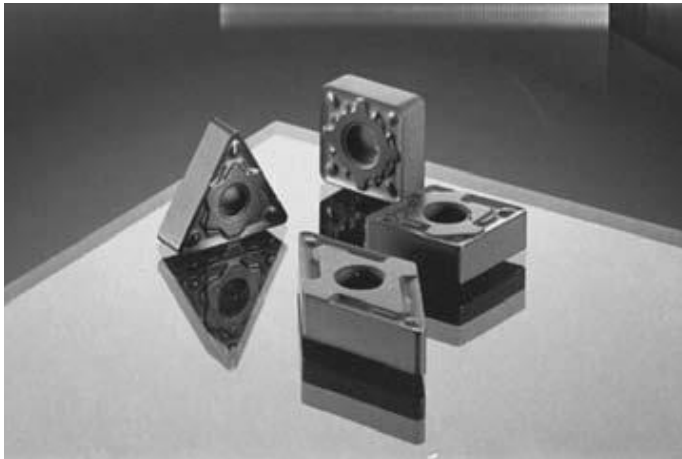


Debido a su fuerte afinidad química a temperaturas elevadas, no se recomienda el diamante para maquinar aceros simples al carbono o aleaciones de titanio, níquel y cobalto.

También se usa como abrasivo en las operaciones de rectificado y pulido y como recubrimientos.

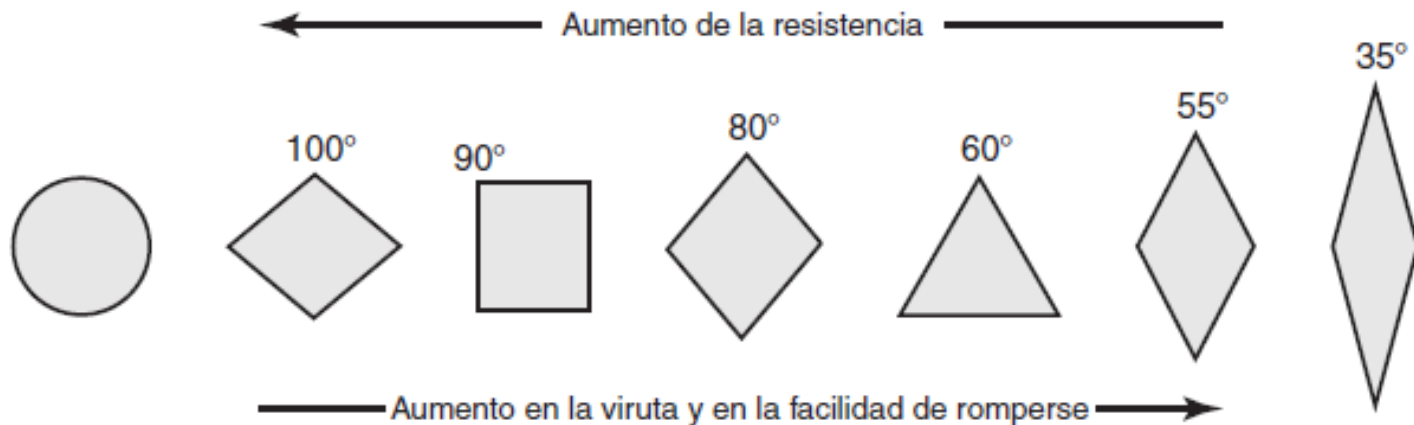
Insertos

Los *insertos* son herramientas individuales de corte con varios puntos de corte. Se sujetan sobre *portaherramientas* con diversos mecanismos de sujeción



Insertos

Existen varias formas de insertos o pastillas de carburo, tales como cuadrado, triángulo, diamante y redonda. La resistencia del filo de corte depende de su forma. Cuanto menor sea el ángulo comprendido, menor será la resistencia del filo.



- Los **rompevirutas** en los insertos tienen los propósitos de (a) controlar el flujo de la viruta durante el maquinado; (b) eliminar las virutas largas, y (c) reducir la vibración y el calor generado.



Clasificación ISO 1832

Esta norma agrupa los insertos de metal duro en 10 categorías diferentes que contemplan diversos parámetros. Cada una de estas categorías forma una secuencia de identificación del inserto que sigue un orden estricto.

XXXX NN NN [NN]

1. **Forma del inserto:** es una letra que indica la forma de la cara superior del inserto.
2. **Ángulo de alivio frontal o ángulo de incidencia:** está dado por una letra
3. **Tolerancia en las dimensiones:** es una letra que define las tolerancias máxima y mínima del tamaño del inserto
4. **Sistema de sujeción y rompevirutas:** es una letra que indica diferencias en el diseño no provistas específicamente en las otras categorías de la secuencia.
5. **Longitud de la arista de filo:** es un número de dos dígitos que indica el tamaño del círculo inscrito
6. **Espesor:** es un número o letra + número que indica el espesor del inserto en milímetros.
7. **Radio de la nariz (o punta):** es un número o letra + número que indica el radio de la punta.
8. **Arista de corte:** es una letra o dos que define condiciones especiales, tales como el tratamiento de la arista y el acabado superficial.
9. **Dirección de corte:** es una letra que indica el sentido de corte que debe llevar el inserto durante el proceso. Puede ser R (derecho), L (izquierdo) o N (neutro o en ambos sentidos).
10. **Personalización del producto:** a criterio del fabricante.

ISO 1832 - Geometría

Geometría.

Los insertos de corte pueden fabricarse en distintas formas: cuadrados, pentágonos, hexágonos, círculos, paralelogramos, diamantes, rectángulos, octógonos, etc.

La primera letra del código describe esta geometría, incluyendo el ángulo de la cara con respecto a la horizontal.



ISO 1832 - Geometría

Código de geometría

Letra	Descripción	Ángulo de corte
A	Paralelogramo a 85°	85
B	Paralelogramo a 82°	82
C	Diamante a 80°	80
D	Diamante a 55°	55
E	Diamante a 75°	75
H	Hexágono	120
K	Paralelogramo a 55°	55
L	Rectángulo	90
M	Diamante a 86°	86
N	Paralelogramo a 55°	55

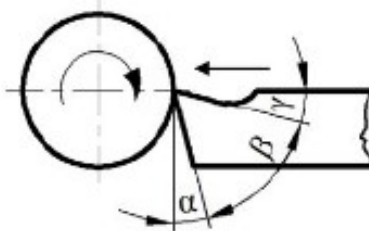
R	Circular	radio completo
S	Cuadrado	90°
T	Triángulo	60°
V	Diamante a 35°	35°
W	Trígono	80°
X	Paralelogramo de forma especial	85°

ISO 1832 – Ángulo incidencia

Ángulo de incidencia.

Es el ángulo por el cual el inserto logrará arrancar viruta. Junto con los ángulos de filo y de ataque, conforman el punto por el cual el inserto logra disminuir la fricción contra el material.

Como guía, la siguiente tabla nos proporciona el ángulo de incidencia aproximado de acuerdo al material a desbastar y al tipo de herramienta.



DESIGNACION	
α	Angulo de Incidencia.
β	Angulo de Filo.
γ	Angulo de Ataque.
$\alpha + \beta$	Angulo de Corte.

ISO 1832 – Ángulo incidencia

Material a mecanizar	Material de la herramienta			
	Acero rápido		Metal duro	
	Incidencia	Viruta	Incidencia	Viruta
Acero al carbono R = 50Kg/mm ²	6°	25°	-	-
Acero al carbono R = 60 Kg/mm ²	6°	20°	5°	12°
Acero al carbono R = 70 Kg/mm ²	6°	15°	5°	10°
Acero al carbono R = 80 Kg/mm ²	6°	10°	5°	10°
Fundición gris 140 HB	8°	15°	7°	10°
Fundición gris 180 HB	6°	10°	6°	8°
Bronce duro, latón agrio	8°	5°	7°	10°
Aluminio, cobre	10°	30°	8°	15°

Letra	Ángulo
N	0°
A	3°
B	5°
C	7°
P	11°
D	15°
E	20°
F	25°
G	30°

ISO 1832 – Tolerancia

Tolerancia.

Es la tolerancia, expresada en milímetros, de las medidas del inserto. Por lo general es un número que expresa una tolerancia mínima y máxima, en la forma $\pm n,nnn$.

Código de tolerancia

Letra	Esquina (mm)	Espesor (mm)	Círculo inscripto (mm)
A	0,005	0,025	0,025
C	0,013	0,025	0,025
E	0,025	0,025	0,025
F	0,005	0,025	0,013
G	0,025	0,13	0,025
H	0,013	0,025	0,013
J	0,005	0,025	0,05 a 0,13
K	0,013		

ISO 1832 – Sujeción y rompevirutas

Esta letra indica tanto la presencia de agujeros (con o son avellanado) para sujetar el inserto al portaherramientas, como también la presencia de rompevirutas.

Código de sujeción y rompevirutas

Letra	Figura	¿Posee agujero?	Forma del agujero	Rompevirutas
		No		No posee
A		Sí	Cilíndrico	No posee
B		Sí	70-90° con doble avellanado	No posee
D		Sí	Cilíndrico	No posee
E		No		No posee
F		No		De ambos lados
G		Sí	Cilíndrico	De ambos lados
H		Sí	70-90° con avellanado arriba	Arriba

ISO 1832 – Sujeción y rompevirutas

M		Sí	Cilíndrico o con doble avellanado	Arriba
N		No		No posee
P		Sí	Cilíndrico	Arriba o de ambos lados
Q		Sí	40-60° con doble avellanado	No posee
R		No		Arriba
S		Sí	Cilíndrico	Arriba o de ambos lados
T		Sí	40-60° con doble avellanado	Arriba
U		Sí	40-60° con doble avellanado	De ambos lados
W		Sí	40-60° con doble avellanado	No posee
Z		Sí	Cilíndrico	De ambos lados

ISO 1832 – Tamaño, espesor y radio.

Tamaño, espesor y radio.

El número correspondiente al tamaño es de dos cifras e indica, de acuerdo a la letra de la geometría, la longitud del filo de corte en milímetros. Este número puede tener un cero a la izquierda, o una letra.

El segundo código numérico, como su nombre lo indica, nos dice el espesor del inserto.

Por último, el radio de la nariz o punta nos da una idea de la forma en la punta de corte. Este último valor puede representarse con un número entero o una letra, y sólo se especifica si el inserto está pensado para utilizarse en tornos.

ISO 1832 – Tamaño de filo de corte.

Tamaño del filo de corte

Longitud del filo de corte de acuerdo al código de geometría del inserto (en mm)						
C	D	R	S	T	V	W
S4	04 (4)	03 (3)	03 (3)	06 (6)		
04 (4)	05 (5)	04 (4)	04 (4)	08 (8)	08 (8)	S3
05 (5)	06 (6)	05 (5)	05 (5)	09 (9)	09 (9)	03 (3)
06 (6)	07 (7)	06 (6)	06 (6)	11 (11)	11 (11)	04 (4)
08 (8)	9	07 (7)	07 (7)	13 (13)	13 (13)	05 (5)
09 (9)	11 (11)	09 (9)	09 (9)	16 (16)	16 (16)	06 (6)
11	13	11 (11)	11 (11)	19 (19)	19	7
12 (12)	15 (15)	12 (12)	12 (12)	22 (22)	22 (22)	08 (8)
14	17	14 (14)	14 (14)	24	24	9
16 (16)	19 (9)	15 (15)	15 (15)	27 (27)	27 (27)	10 (10)

ISO 1832 – Código de espesores.

Códigos de espesores

Código ISO	Valor fraccionario en pulgadas	Valor en milímetros
-	0,79	
T0		1,00
01	1/16	1,59
T1	5/64	1,98
02	3/32	2,38
T2	7/64	2,78
03	1/8	3,18
T3	5/32	3,97
04	3/16	4,76
05	7/32	5,56
06	1/4	6,35
07	5/16	7,9
09	3/8	9,53
	1/2	12,7

ISO 1832 – Código de radio (solo para torno).

Radio

Código ISO	Valor fraccionario en pulgadas	Valor en milímetros
-	Plano	Plano
M0	0	0
00		0,1
		0,1
00		0,2
		0,2
		0,2
04	1/64	0,4
05		0,5
08	1/32	0,8
10		1,02
12	3/64	1,2
16	1/16	1,6
20	5/64	2
24	3/32	2,4
29	7/64	2,9
32	1/8	3,2

ISO 513 – Código de colores

Código de colores

Color	Categoría de materiales	Materiales recomendados para el corte
P: azul	Aceros al carbono	Válido para mecanizar toda clase de aceros y fundiciones excepto aceros inoxidable y aceros de estructura austenítica
M: amarillo	Inoxidables	Aceros inoxidable, fundiciones y aceros de estructura austenítica y ferrítica-austenítica
K: rojo	Fundiciones	Fundición de hierro, fundición gris, fundición dúctil, ASTM A47 (maleable).
N: verde	No ferrosos	Aluminio y otros metales no ferrosos; materiales no metálicos.
S: marrón	Aleaciones termorresistentes	Titanio y aleaciones de alta temperatura, aleaciones de hierro, níquel y cobalto, aleaciones de titanio.
H: gris	Aceros endurecidos	Aceros con tratamientos térmicos de endurecimiento.

ISO 1832 – Ejemplo

Supongamos que la etiqueta de cierto fabricante de un inserto nos brinda la siguiente secuencia de identificación del inserto:

C N M G 12 04 08 E N – MP










1. Forma del inserto

Símbolo	Forma de placa
H	Hexagonal 
O	Octagonal 
P	Pentagonal 
S	Escuadra 
T	Triangular 
C	Rómbica 80° 
D	Rómbica 55° 

6. Espesor

Símbolo	Espesor (mm)
S1	1.39
01	1.59
T0	1.79
02	2.38
T2	2.78
03	3.18
T3	3.97
04	4.76
06	6.35

2. Angulo de incidencia

Símbolo	Ángulo de incidencia
A	3° 
B	5° 
C	7° 
D	15° 
E	20° 
F	25° 
G	30° 
N	0° 
P	11° 

7. Radio de la nariz

Símbolo	Ángulo del radio (mm)
00	Radio
V3	0.03
V5	0.05
01	0.1
02	0.2
04	0.4
08	0.8
12	1.2
16	1.6

“C”: forma rómbica de 80°.

“N”: ángulo de alivio o incidencia de 0°.

“M”: las tolerancias dimensionales en las medidas del inserto son: altura “m” del rombo de $\pm 0,08$ mm a $\pm 0,18$ mm, diámetro del círculo inscrito D1 de $\pm 0,05$ mm a $\pm 0,13$ mm y espesor S1 $\pm 0,13$ mm.

“G”: respecto del sistema de sujeción y rompevirutas, el código “G” indica que se trata de un inserto con agujero central (cilíndrico) y con rompevirutas en ambas caras.

“12”: con este número “12” para una forma rómbica “C” indicada en la categoría 1, vemos que la longitud de la arista de filo (representada por el diámetro del círculo inscrito) es de 12,70 mm.

“04”: indica que el espesor del inserto es de 4,76 mm.

“08”: indica que el radio de la nariz es de 0,8 mm.

“E”: arista de corte redondeada.

“N”: dirección de corte en ambos sentidos.

“MP”: características del rompevirutas (información exclusiva del fabricante que provee en su catálogo de insertos).

Fluidos de corte

Los fluidos de corte se utilizan en las operaciones de maquinado para:

- *Reducir la fricción y el desgaste, mejorando así la vida útil de la herramienta y el acabado superficial de la pieza de trabajo.*
- *Enfriar la zona de corte, mejorando así la vida útil de la herramienta y reduciendo la temperatura y la distorsión térmica de la pieza de trabajo.*
- *Reducir las fuerzas y el consumo de energía.*
- *Retirar las virutas de la zona de corte, evitando que interfieran en el proceso de corte, en particular en operaciones como el taladrado y el roscado con macho.*
- *Proteger la superficie maquinada de la corrosión ambiental.*

Según el tipo de maquinado, el fluido de corte puede ser un **refrigerante**, un **lubricante** o **ambos**.

La efectividad depende del tipo de operación de maquinado, los materiales de la herramienta y de la pieza de trabajo, la velocidad de corte y el método de aplicación.

Fluidos de corte

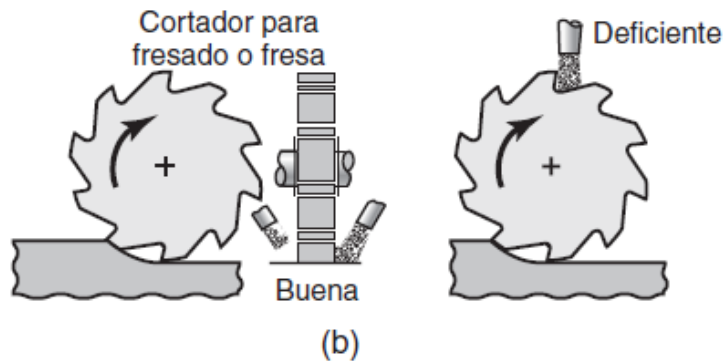
Tipos de fluidos de corte

1. Aceites (también llamados aceites simples), incluyendo aceites minerales, animales, vegetales, compuestos y sintéticos, que por lo general se utilizan en operaciones de baja velocidad donde el incremento de la temperatura no es significativo.
2. Emulsiones (también llamadas aceites solubles), que son una mezcla de aceite, agua y aditivos, se utilizan por lo regular en operaciones de alta velocidad porque el incremento de temperatura es significativo. La presencia del agua hace que las emulsiones sean refrigerantes muy eficaces.
3. Los semisintéticos son emulsiones químicas que contienen un poco de aceite mineral diluido en agua y aditivos que reducen el tamaño de las partículas de aceite, haciéndolas más eficaces.
4. Los sintéticos son productos químicos con aditivos, diluidos en agua y sin aceite.

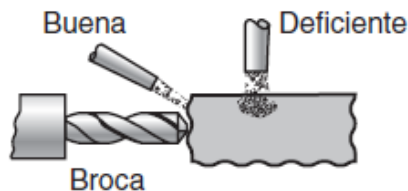
Fluidos de corte

Métodos de aplicación de los fluidos de corte.

1. *Inundación o enfriamiento por inundación.*
2. *Niebla o enfriamiento por niebla.* Este tipo de enfriamiento suministra fluido a las áreas inaccesibles, de modo semejante al uso de un aerosol.



3. *Sistemas de alta presión.* Aumenta la velocidad de disipación de calor. Se entrega el fluido mediante boquillas especiales. El filtrado apropiado y continuo del fluido es fundamental para mantener la calidad.



4. *Mediante el sistema de la herramienta de corte.* Para una aplicación más eficaz, se pueden producir estrechos pasajes tanto en las herramientas de corte como en los portaherramientas para aplicar los fluidos de corte a alta presión.

(d)

Maquinado casi seco y en seco

Por razones económicas y ambientales, hay una tendencia mundial a minimizar o eliminar el uso de los fluidos para el trabajo de los metales.

Beneficios importantes como:

- Alivio del impacto ambiental y reduciendo los riesgos para la salud.
- Reducción del costo de las operaciones de maquinado, incluyendo el costo de mantenimiento, reciclado y disposición de los fluidos de corte.
- Mejoría adicional de la calidad superficial.

Maquinado en seco. Se ha demostrado que es eficaz en maquinado de aceros, aceros aleados y hierros fundidos, aunque no para las aleaciones de aluminio.

Se han creado diseños de herramientas que permiten aplicar aire presurizado para retirar las virutas de la interfaz de corte.

Maquinado criogénico. Incluyen el uso de gases criogénicos, como nitrógeno y bióxido de carbono, como refrigerantes en el maquinado. El nitrógeno líquido se inyecta en la zona de corte. Asimismo, las virutas son más frágiles aumentando la maquinabilidad. El nitrógeno simplemente se evapora, por lo que no existe impacto ambiental adverso.

Datos de interés

Enlaces Web

<https://www.sandvik.coromant.com/es-es?country=es>

<https://www.kennametal.com/es/es/home.html>

<https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/insertos-para-torno-clasificacion-iso-y-aplicaciones>

<https://www.iscar.com/Index.aspx/CountryId/27>

Videos de interés

<https://www.instagram.com/reel/CqfJspZPnGH/?igshid=ZTE2MDY0MWU=>

https://www.instagram.com/reel/CqfKA5urOBc/?utm_source=ig_web_copy_link

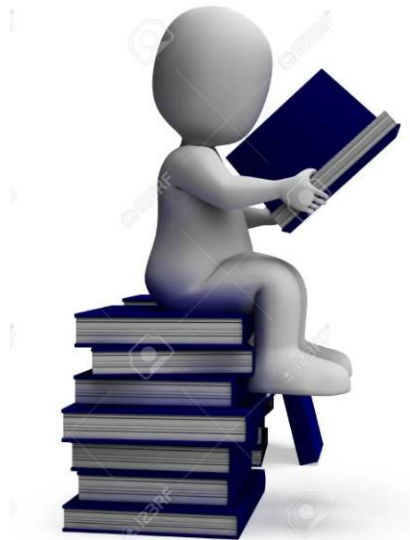
https://www.instagram.com/reel/CqfJ1Guu-Rz/?utm_source=ig_web_copy_link

Cuentas de Instagram

naeem_blogger_world786

mecsnizado_cnc

A leer!!!



Lectura de **Materiales para herramientas de corte y fluidos de corte.**

Libro: *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Capítulo 22: Páginas: 647 a 673.