

HERRAMIENTAS DE CORTE

DEFINICION: “Las herramientas monofilos son herramientas de corte que poseen una parte cortante (o elemento productor de viruta) y un cuerpo. Son usadas comúnmente en los tornos, tornos revólver, cepillos, limadoras, mandrinadoras y máquinas semejantes”
ISO / DIS 3002.

En la figura se muestra una herramienta monofilo típica y las partes más importantes: sus filos y superficies adyacentes.

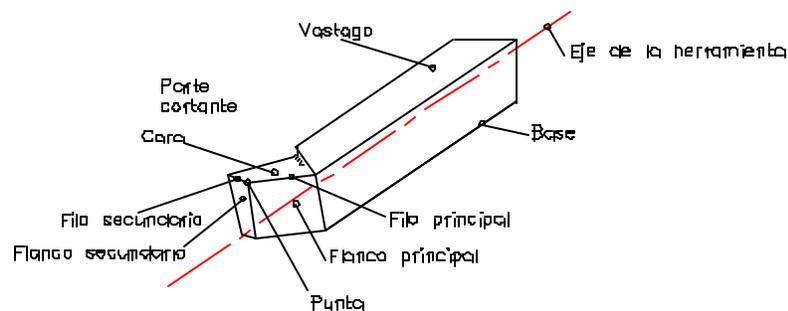


fig. 1

Según la Norma ISO / DIS 3002, un útil monofilo comprende las partes indicadas en la figura y se definen así:

1. CARA: “Es la superficie o superficies sobre las cuales fluye la viruta (“superficie de desprendimiento”)”.
2. FLANCO: “Es la superficie de la herramienta frente a la cual pasa la viruta generada en la pieza (“superficie de incidencia”)”.
3. FILO: “Es la parte que realiza el corte. El filo principal es la parte del filo que ataca la superficie transitoria en la pieza. El filo secundario es la parte restante del filo de la herramienta”.
4. PUNTA: “Es la parte del filo donde se cortan los filos principales y secundarios; puede ser aguda o redondeada o puede ser intersección de esos filos”.

MATERIALES DE CONSTRUCCION

NOMBRE	TEMP	OBSERVACIONES
<i>Acero al carbono</i>	<i>300° C</i>	<i>Prácticamente ya no se usa.</i>
<i>Acero alta velocidad</i>	<i>700° C</i>	<i>HSS-Acero rápido.</i>
<i>Stelita</i>	<i>900° C</i>	<i>Aleación. Prácticamente ya no se usa</i>
<i>Carburos Metálicos</i>	<i>1000° C</i>	<i>HM-Aglomerados y no aglomerados</i>
<i>Cermet</i>	<i>1300° C</i>	<i>Base de TiC, TiCN, TiN</i>
<i>Cerámicas</i>	<i>1500° C</i>	<i>Al₂O₃ o Si₃N₄</i>
<i>Cerámicas mezcladas</i>	<i>1500° C</i>	<i>Al₂O₃+ZrO₃</i>
<i>CBN</i>	<i>2000° C</i>	<i>TiN/TaN/CBN(Nitruro cúbico de boro)</i>
<i>Diamante</i>	<i>800° C</i>	<i>PCD Polycrystalline Diamond</i>

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES

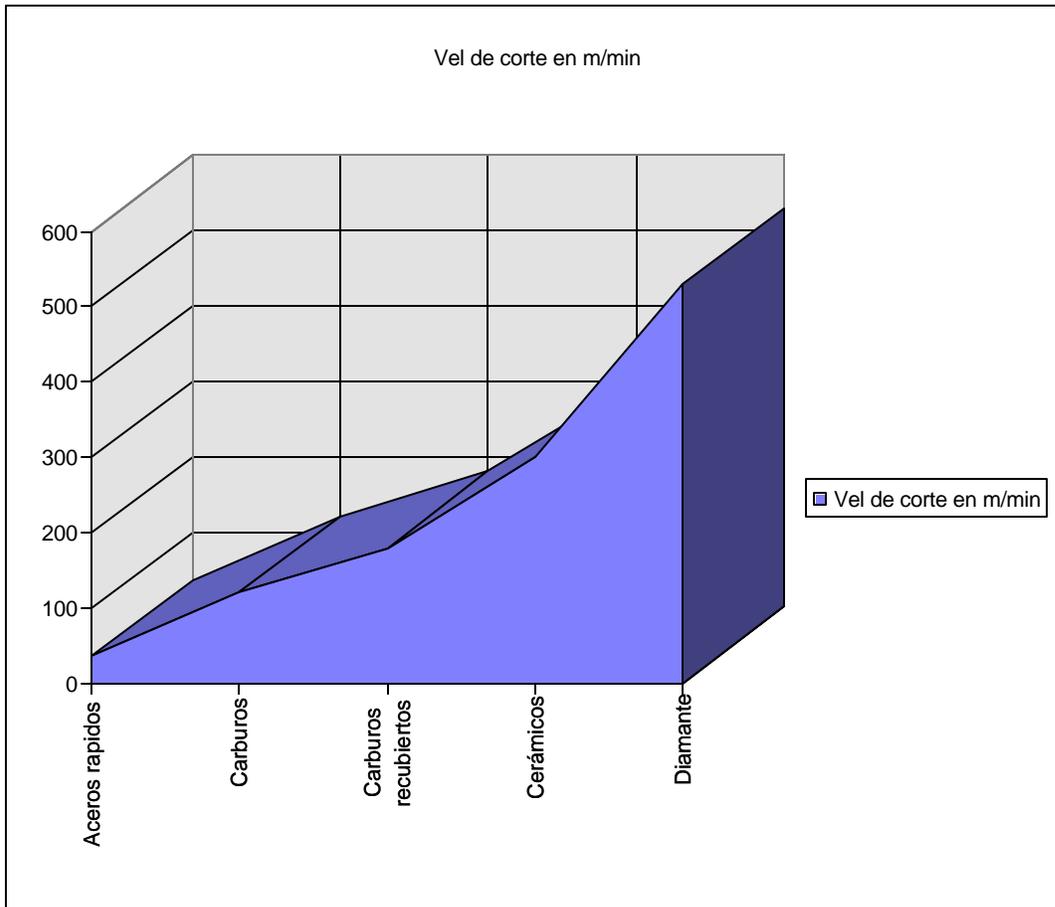
Las herramientas de corte deben poseer como mínimo las siguientes características:

- 1. Altamente resistentes al desgaste.*
- 2. Conservación de filos a altas temperaturas.*
- 3. Buenas propiedades de tenacidad.*
- 4. Reducido coeficiente de fricción.*
- 5. Alcance de altos niveles de recambio entre afilado y afilado.*
- 6. Alta resistencia a los choques térmicos.*

PRODUCCION:

La producción con herramientas de corte se halla en constante evolución, y esta se puede apreciar por el análisis de las velocidades de corte alcanzadas para un material en el transcurso del tiempo.

1915 Aceros rápidos	36 m/min.
1932 Carburos	120 m/min.
1968 Carburos recubiertos	180 m/min.
1980 Cerámica	300 m/min.
1990 Diamante	530 m/in



GEOMETRIA BASICAS.

- HERRAMIENTA DE ACERO AL CARBONO Y/O ACERO RAPIDO.

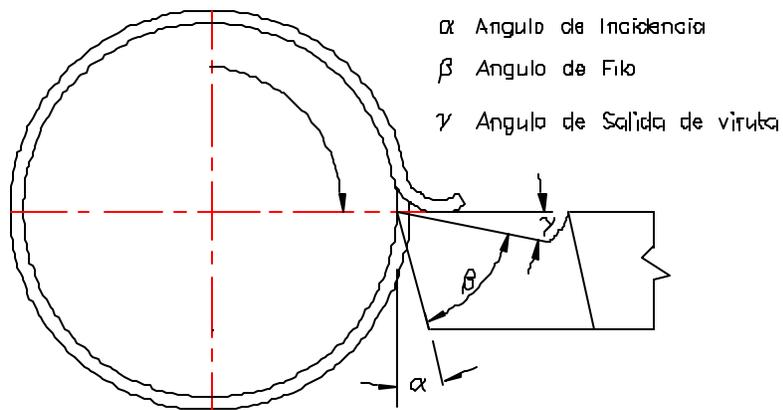


fig. 2

ACEROS AL CARBONO:

El acero al carbono, se usó básicamente antes de 1900, su composición química es aparte del Fe, la siguiente aproximadamente:

C = (0.65 a 1.35)%.

Mn = (0.15 a 0.40)%.

Si = (0.15 a 0.30)%.

S = (< 0.03)%.

P = (<0.03)%.

Con un endurecimiento hasta de 66 HRC. El filo de corte soportaba una temperatura crítica de (200 a 250)° C, sin perder sus características de corte.

ACEROS ALEADOS DE CORTE:

Estos aceros tienen una composición química aproximada a la siguiente:

C = (0.03 a 1.25)%.

Mn = (0.3 a 1.1)%.

Cr = (0.3 a 1.3)%.

W = (0.8 a 5.5)%.

Se usaron antes de 1900.

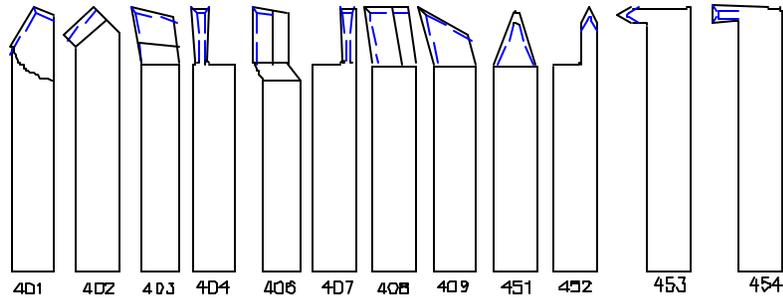
ACEROS RAPIDOS:

Hacia 1898, Taylor, encontró que los aceros aleados de corte, con un porcentaje igual o mayor al 5% de wolframio (tungsteno), al recibir un tratamiento térmico su rendimiento se incrementaba considerablemente. Esto dio origen al acero rápido.

En 1906, Taylor, observó que el acero rápido al contener un 19% de W, podía soportar temperaturas críticas hasta de 650°C, el cobalto permite incrementar la resistencia a la temperatura, el W, Mo, y Cr elevan la dureza y la resistencia al desgaste; el Cr, facilita el temple y reduce la oxidación en caliente; el Mo, disminuye la fragilidad después del revenido.

Los aceros rápidos se clasifican así para su designación según Norma ISO:

Acero Rápido	C%	Si%	Cr%	Ni%	Mo%	W%	V%	Co%
R ₂	0.85	0.4	3.8	0.4	0.3	6.5	1.2	**
R ₃	1.50	0.4	4.0	0.4	0.5	10.0	2.0	5.0
R ₄	2.30		4.0		7.0	6.50	6.50	10.5



La Norma ISO 5421- 1977, describe la geometría básica y el sentido del corte de la herramienta de acero rápido.

Norma	Descripción
ISO	
401	Hta de cilindrar recta.
402	Hta de cilindrar acodada.
403	Hta de refrentar en ángulo.
404	Hta de ranurar.
406	Hta de refrentar de costado.
407	Hta de tronzar.
408	Hta de cilindrar interiormente.
409	Hta de refrentar en ángulo interior.
451	Hta de corte en punta.
452	Hta. de filetear.
453	Hta de filetear interiormente.
454	Hta de cajear interiormente.

VALORES DE LOS ANGULOS DE INCIDENCIA Y SALIDA DE VIRUTA.

En el afilado de las herramientas de corte simple o monofilos de acero al carbono (prácticamente ya no se usa en la industria metalmeccánica) y de acero rápido (acero de alta velocidad, HSS high speed steel), es necesario controlar los ángulos de incidencia y de salida de viruta (desprendimiento), de acuerdo con el material que se vaya a mecanizar. Estos valores son recomendaciones de las casas fabricantes y cumplen una función orientativa.

En el cuadro siguiente se presentan algunos valores de herramientas de acero rápido y de metal duro, con el ánimo de diferenciar sus valores.

MATERIAL A MECANIZAR	MATERIAL DE LA HERRAMIENTA			
	Acero Rápido		Metal Duro	
	Incidencia	S de viruta	Incidencia	S de viruta
Acero al carbono R = 50 Kg/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°
Latón en barra	8°	20°	7°	10°

DESIGNACION DE UNA HERRAMIENTA MONOFILO.

En la designación de una herramienta monofilos se debe indicar lo siguiente:

1. Tipo de la hta: Es el número de referencia ISO.
2. Sentido de corte: L (left) a izquierdas, R (right) a derechas.
3. Dimensión del mango: Q sección cuadrada.
 H sección rectangular. Altura solamente
 R sección redonda.
4. Calidad:
 R₁: Acero al carbono.
 R₂: Acero rápido ordinario.
 R₃: Acero rápido superior.
 R₄: Acero extrarápido.
5. Angulo de salida de viruta: Valor en grados.

Ejemplo: una herramienta con la designación: 401-L-30H-R₃-15°, significa lo siguiente:

- 401: Herramienta de cilindrar recta.
- L: Corte a izquierdas.
- 30H: Sección rectangular. 30 mm de altura.
- R₃: Acero rápido superior.
- 15°: Angulo de salida de viruta positivo a 15°.

STELITAS:

Con base en el acero rápido, se experimento con mayores contenidos de Co y Cr, y pasando el Fe a ser impureza propia del proceso de producción y no admitir tratamiento térmico.

Su composición química es aproximadamente la siguiente:

C = 2 % Co = 47 % Cr = 29 % W = 16 % Si = 0.2 % Mn = 0.6 % Fe = 5.2 %.

Alcanza temperaturas límites de 800° C. y posee una dureza de 65-70 HRC.

CARBUROS METALICOS O METALES DUROS:

También conocidos como METAL DURO (Hard Metal - HM), se desarrolló hacia 1920, con base en los carburos de tántalo (TaC), carburo de titanio (TiC) y carburo de wolframio (WC), los cuales eran unidos por medio del Co y el Ni, previamente molidos (polvos metalúrgicos), la cohesión se obtiene por el proceso de sinterizado o fritado (proceso de calentar y aplicar grandes presiones hasta el punto de fusión de los componentes, en hornos eléctricos).

Los metales duros, se pueden clasificar desde su composición química así:

Monocarburos: Su composición es uno de los carburos descritos anteriormente, y su aglutinante es el Co. Ejemplo: WC, es carburo de wolframio (carburo de tungsteno, comercialmente).

Bicarburos: En su composición entran sólo dos clases de granos de carburos diferentes, el Co es el aglomerante básico. Ejem: WC +TiC con liga de Co.

Tricarburos: En su composición entran las tres clases de granos de carburos: W, Ti, y Ta. El Co, o el Ni son los aglomerantes. Ejem: WC +TiC + TaC; con liga de Co.

Algunas características:

El carburo metálico, es una aleación muy dura y frágil.

El TiC aumenta su resistencia térmica y su resistencia al desgaste pero también aumenta su fragilidad.

Los bicarburos poseen menor coeficiente de fricción que los monocarburos.

Los monocarburos son menos frágiles que los bicarburos.

El cobalto, aumenta la ductilidad pero disminuye la dureza y la resistencia al desgaste.

Se pueden alcanzar velocidades de más de 2500 m/min.

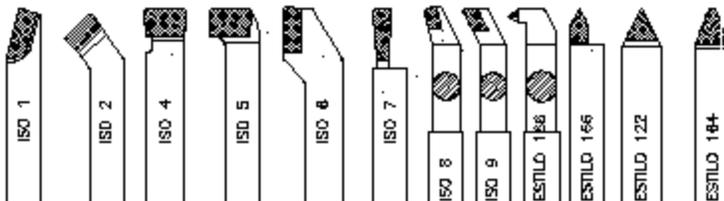
Poseen una dureza de 82-92 HRA y una resistencia térmica de 900-1100° C.

En el mecanizado se debe controlar lo mejor que se pueda la temperatura, pues, en el mecanizado de aceros corrientes la viruta se adhiere a los monocarburos a temp de 625-750° C. y en los bicarburos a una temp de 775-875° C. Esto implica buena refrigeración en el mecanizado.

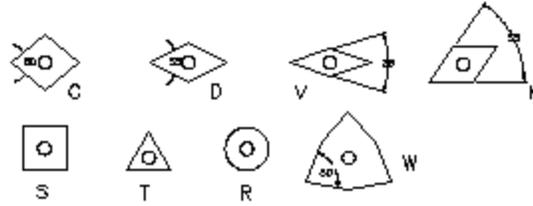
Las herramientas de HM, se fabrican en geometrías variadas y pequeñas, el cual se une al vástago o cuerpo de la herramienta a través de soldadura básicamente, existiendo otros medios mecánicos como tornillos o pisadores.

Sus geometrías según Norma ISO son:

a. HERRAMIENTA DE METAL DURO SOLDABLE HM. (PASTILLAS SOLDABLES)



b. HERRAMIENTA DE METAL DURO INTERCAMBIABLE. ? INSERTOS

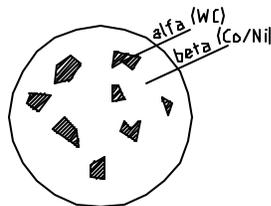


PLAQUITAS INTERCAMBIABLES O INSERTOS.

En la actualidad el uso de plaquitas intercambiables o insertos se ha tomado los procesos de mecanizado en la industria metalmeccánica ya que se eliminan las pérdidas de tiempos por el cambio de toda la herramienta, pues, solo basta con retirarla y montar una nueva en el portainsero, o bien en los procesos con herramientas censadas su intercambio no afecta en nada a la línea de mecanizado.

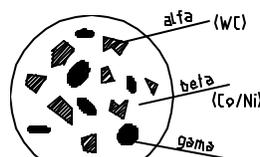
Los insertos pertenecen a la clase de herramientas de metal duro, por lo tanto en su fabricación se considera la tecnología de producto pulvimetalúrgico, a partir del WC (Carburo de tungsteno), TiC (Carburo de titanio), TaC (Carburo de tántalo), NbC (Carburo de niobio) y empleando como aglomerante al Co principalmente y al Ni.

Inicialmente para mecanizar la fundición gris se trabajo con el WC, que es un metal duro de dos fases, donde la fase dura es la fase- α que corresponde al WC, y una fase- β que corresponde al aglomerante Co o Ni.



Pero este tipo de inserto sufre el fenómeno de craterización con el acero, ya que la afinidad del carbono y la austenita genera un flujo de carbono de la cara de desprendimiento de la herramienta hacia la viruta.

Los TiC y TaC, son más estables que los WC y ayudan a aumentar su resistencia a los negativos efectos del acero a elevadas temperaturas, con estos nuevos carburos se obtiene un inserto de tres fases con lo cual se amplió el espectro de materiales que se pueden mecanizar, en la figura siguiente se presenta un modelo de este tipo.



Los metales duros se hallan codificados por la Norma ISO de clasificación de metales duros, la cual ayuda en la selección del inserto adecuado para el proceso de mecanizado que se requiera; a continuación se presenta en forma muy simple el objetivo de esta Norma..

Se consideran tres áreas para la clasificación así:

1. Area **AZUL**, con código **P**.
2. Area **AMARILLA**, con código **M**.
3. Area **ROJA**, con código **K**.

Area Azul: Para el mecanizado de materiales de viruta larga como los aceros, aceros fundidos, aceros inoxidable ferríticos o martensíticos, y fundiciones maleables de viruta larga.

Area Amarilla: Para el mecanizado de materiales más difíciles como los aceros inoxidable austeníticos moldeados, acero fundido, materiales termo-resistentes al calor, aceros al manganeso, aleaciones de hierro fundido, aleaciones de titanio.

Area Roja: Para el mecanizado de materiales de viruta corta como fundición, aceros endurecidos, y materiales no ferrosos como el bronce, aluminio, plásticos, madera, etc.

Cada área esta está dividida en campos de aplicación o calidades básicas que son números que van del 01 al 50 para el área azul, y del 01 al 40 para las áreas amarilla y roja. A continuación se describen las operaciones de mecanizado y sus condiciones:

AREA AZUL > P:

P01: Torneado y mandrinado en procesos de acabado, velocidades de corte altas, sección de viruta pequeña, alta calidad superficial, tolerancia pequeña y libre de vibraciones.

P10: Torneado de copiado, roscado, fresado a altas velocidades de corte, sección de viruta de pequeña a mediana.

P20: Torneado de copiado, fresado, velocidad de corte mediana, sección de viruta de mediana, refrentados ligeros y condiciones medianamente desfavorables.

P30: Torneado, fresado a velocidades de corte entre mediana y baja, sección de viruta de mediana a grande incluyendo operaciones en condiciones desfavorables.

P40: Torneado, cepillado, fresado, ranurado y tronzado a baja velocidad de corte, amplia sección de viruta, posibles ángulos de desprendimiento elevados y condiciones muy desfavorables de trabajo.

P50: Donde se requiera una gran tenacidad de la herramienta en torneado cepillado, ranurado, tronzado a baja velocidad de corte, sección de viruta grande, posibilidad de grandes ángulos de desprendimiento y condiciones de trabajo extremadamente desfavorables.

AREA AMARILLA > M:

M10: Torneado a velocidades de corte medianas, sección de viruta de pequeña a mediana.

M20: Torneado, fresado a velocidad de corte media y sección de viruta de mediana.

M30: Torneado, fresado y cepillado a velocidades de corte medianas, sección de viruta de mediana a grande.

M40: Torneado, perfilado, ranurado y tronzado en máquinas automáticas.

AREA ROJA > K:

K01: Torneado, torneado y mandrinado en procesos de acabado. Fresado en proceso de acabado y rasquetado.

K10: Torneado, fresado, taladrado, mandrinado etc.

K20: Torneado, fresado, cepillado, mandrinado y brochado. Además de operaciones que requieran de una herramienta muy tenaz.

K30: Torneado, fresado, cepillado, tronzado y ranurado en condiciones de trabajo desfavorables y con posibilidades de grandes ángulos de desprendimiento.

K40: Torneado, fresado, cepillado ranurado y tronzado en condiciones de trabajo muy desfavorables y con posibilidades de ángulos de desprendimiento muy grandes.

Notas:

1° Recuerde que en las herramientas de metal duro la resistencia al desgaste (dureza) y la tenacidad son inversas, es decir, a menor número mayor resistencia pero menor tenacidad y a mayor número menor resistencia pero mayor tenacidad.

2° La Norma ISO es solamente para herramientas de metal duro, por lo tanto las cerámicas, los cermets y demás no están cobijados por ésta.

METALES DUROS RECUBIERTOS.

A finales de los años 60, surgen los metales duros con el recubrimiento de una finísima capa de carburo de titanio (TiC) de menos de 10 micrones ($0.001 \text{ mm} = 1 \mu\text{m}$), con la cual se incremento:

1° La vida útil de la herramienta.

2° Las velocidades de corte.

3° La resistencia a la craterización al trabajar los aceros.

4° La tolerancia a mayores temperaturas.

El recubrimiento consiste en depositar sobre el sustrato (material de soporte) capas que varían entre 2 y 12 μ m por medio de sistemas que se conocen como CVD (Deposición química de vapor) con temperaturas de 1000° C y PVD (Deposición física de vapor), con temperaturas de 500° C.

Los principales recubrimientos son:

1° Carburo de titanio (TiC), (apariciencia: color gris).

2° Nitruro de Titanio (TiN), (apariciencia: color dorado).

3° Carbo-nitruro de titanio (TiCN).

4° Oxido de aluminio (Al₂O₃), (apariciencia: transparente).

DESIGNACION DE UN INSERTO

Para designar un inserto, existe una Norma ISO 1832 – 1991, en la cual se dan los códigos correspondientes a nueve (9) posiciones que hacen referencia a:

1. Forma del inserto o plaquita.
2. Angulo de incidencia del inserto.
3. Tolerancias dimensionales del inserto.
4. Tipo del inserto.
5. Longitud del filo de corte.
6. Espesor (grosor) del inserto.
7. Filos secundarios del inserto y radio (sólo radio para los insertos de torneado).
8. Tipo de arista de corte.
9. Dirección de avance del inserto.

En la actualidad (1998), se está estudiando esta la modificación de la Norma, pues, el desarrollo de nuevos materiales de corte hace que ésta se quede corta.

A continuación se describen gráficamente las posiciones de la designación de un inserto.

CERMETS – METAL DURO

Cermet: **C**erámica y **met**al (partículas de cerámica en un aglomerante metálico).

Se denominan así las herramientas de metal duro en las cuales las partículas duras son carburo de titanio (TiC) o carburo de nitruro de titanio (TiCN) o bien nitruro de titanio (TiN), en lugar del carburo de tungsteno (WC). En otras palabras los cermets son metales duros de origen en el titanio, en vez de carburo de tungsteno.

Algunas propiedades de los cermets son:

1. Mayor tenacidad que los metales duros.
2. Excelente para dar acabado superficial.
3. Alta resistencia al desgaste en incidencia y craterización.
4. Alta estabilidad química.
5. Resistencia al calor.
6. Mínima tendencia a formar filo por aportación.
7. Alta resistencia al desgaste por oxidación.
8. Mayor capacidad para trabajar a altas velocidades de corte.

Básicamente el cermet esta orientado a trabajos de acabado y semiacabado, por lo tanto en operaciones de desbaste y semidesbaste presenta las siguientes anomalías:

1. Menor resistencia al desgaste a medianos y grandes avances.
2. Menor tenaciadad con cargas medias y grandes.
3. Menor resistencia al desgaste por abrasión.
4. Menor resistencia de la arista de corte a la melladura debido al desgaste mecánico.
5. Menor resistencia a cargas intermitentes.
6. Además no son adecuados para operaciones de perfilado.

CERAMICAS

Las herramientas cerámicas fueron desarrolladas inicialmente con el óxido de aluminio (Al_2O_3), pero eran muy frágiles, hoy en día con el desarrollo de nuevos materiales industriales y los nuevos procedimientos de fabricación con máquinas automáticas, han ampliado su campo de acción en el mecanizado de fundición, aceros duros y aleaciones termo-resistentes, ya que las herramientas de cerámica son duras, con elevada dureza en caliente, no reaccionan con los materiales de las piezas de trabajo y pueden mecanizar a elevadas velocidades de corte.

Existen dos tipos básicos de herramientas de cerámica:

1. Basadas en el óxido de aluminio (Al_2O_3) y
2. Basadas en el nitruro de silicio (Si_3N_4).

Las herramientas cuya base es el óxido de aluminio se clasifican en tres criterios:

Criterio A1: **PURAS:** La cerámica de óxido puro tiene relativamente baja resistencia, tenacidad y conductividad térmica, con lo cual los filos o aristas de corte son frágiles.

Estas herramientas han sido mejoradas con una pequeña adición de óxido de circonio, el cual se aumenta la tenacidad, la dureza, la densidad y la uniformidad en el tamaño del grano, la cerámica pura es blanca si se fabrica bajo presión en frío y gris si se prensa en caliente.

Criterio A2: **MIXTAS:** Posee mayor resistencia a los choques térmicos, debido a la adición de una fase metálica que consiste en carburo de titanio y nitruro de titanio conteniendo un 10% del total, se pueden añadir otros aditivos esta cerámica se prensa en caliente y posee un color oscuro.

Criterio A3: **REFORZADAS:** Este es un desarrollo nuevo y se le conoce con el nombre de “cerámica reforzada whisker”, porque incorpora en su fabricación pequeñas fibras de vidrio llamadas whiskers, estas fibras son de un diámetro de $1\ \mu m$ aproximadamente y tienen una longitud de $20\ \mu m$, son muy fuertes y son de carburo de silicio SiC , y son el 30% del contenido.

Como resultado de estos refuerzos la tenacidad y la resistencia al desgaste se ven incrementados notablemente, pero también estas fibras disminuyen su mayor debilidad la fragilidad.

Las cerámicas de nitruro de silicio son de mejor calidad que las de óxido de aluminio en cuanto a la resistencia a los cambios térmicos y a la tenacidad.

NITRURO CUBICO DE BORO

También conocido como CBN, es después del diamante el más duro, posee además una elevada dureza en caliente hasta $2000^\circ C$, tiene también una excelente estabilidad química durante el mecanizado, es un material de corte relativamente frágil, pero es más tenaz que las cerámicas.

Su mayor aplicación es en el torneado de piezas duras que anteriormente se rectificaban como los aceros forjados, aceros y fundiciones endurecidas, piezas con superficies endurecidas,

metales pulvimetalúrgicos con cobalto y hierro, rodillos de laminación de fundición perlítica y aleaciones de alta resistencia al calor, redondeando se emplea en materiales con una dureza superior a los 48 HRC, pues, si las piezas son blandas se genera un excesivo desgaste de la herramienta.

El nitruro cúbico de boro se fabrica a gran presión y temperatura con el fin de unir los cristales de boro cúbico con un aglutinante cerámico o metálico.

DIAMANTE POLICRISTALINO

La tabla de durezas de Friedrich mohs determina como el material más duro al diamante monocristalino, a continuación se puede considerar al diamante policristalino sintético (PCD), su gran dureza se manifiesta en su elevada resistencia al desgaste por abrasión por lo que se le utiliza en la fabricación de muelas abrasivas.

Las pequeñas plaquitas de PCD, son soldadas a placas de metal duro con el fin de obtener fuerza y resistencia a los choques, la vida útil del PCD puede llegar a ser 100 veces mayor que la del metal duro.

Los puntos débiles del PCD son básicamente los siguientes:

1. La temperatura en la zona de corte no puede ser mayor a 600° C.
2. No se puede aplicar en materiales ferrosos debido a su afinidad.
3. No se puede aplicar en materiales tenaces y de elevada resistencia a la tracción.
4. Exige condiciones muy estables.
5. Herramientas rígidas.
6. Máquinas con grandes velocidades.
7. Evitar los cortes interrumpidos.
8. Usar bajas velocidades de avance.
9. Mecanizar con profundidades de corte pequeñas.

Las operaciones típicas son el acabado y semiacabado de superficies en torno usando el mayor rango posible (sección del portainsero) y el menor voladizo.

Final de éstas notas.