

50494

EVOLUCION DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE Y PROCESOS PARA MEJORAR SU RENDIMIENTO

PARTE II . RECUBRIMIENTO DE ALTA DUREZA EN LAS HERRAMIENTAS

Por : Ing. MARIANO ANTONIO BENAVIDES C.
Superintendente SENA - C.D.T. ASTIN

GENERALIDADES DEL PROCESO

En los últimos años los fabricantes de herramientas han desarrollado procesos tratando de mejorar no solo la resistencia al desgaste sino lograr también un incremento de las velocidades económicas de corte, ahorro en el costo de las herramientas y en el proceso de fabricación.

Estas ventajas se han podido conseguir mediante los procesos PVD (Physical Vapor Deposition) y CVD (Chemical Vapor Deposition) que como su nombre lo indica es un depósito de capas antidesgaste a base de Nitruro de Titanio (NTi) y Carburos de Titanio (CTi) en fase de vapor. El proceso químico

CVD para recubrimiento de CTi., se realiza a temperaturas entre 700°C y 1000°C e implica deformación en los aceros de herramientas, por tanto su uso está limitado para ciertos casos y herramientas, el proceso físico PVD para recubrimiento de NTi se realiza a temperaturas alrededor de los 500°C lo que permiten procesar metales duros y aceros de herramientas, ampliando así su campo de acción a los aceros templados y rectificadas a los cuales se les quiera mejorar sus propiedades antidesgaste, lográndose durezas alrededor de 2300 Vickers.

Dado que el proceso PVD ha logrado una gran difusión en los últimos cinco años se explica a continuación la esencia del proceso :

Las herramientas a recubrir se introducen en una cámara para trabajar en vacío. (Ver Fig. 1.6.)

El titanio es depositado en la cámara y se procede

vacio -Fig. 1.6-.

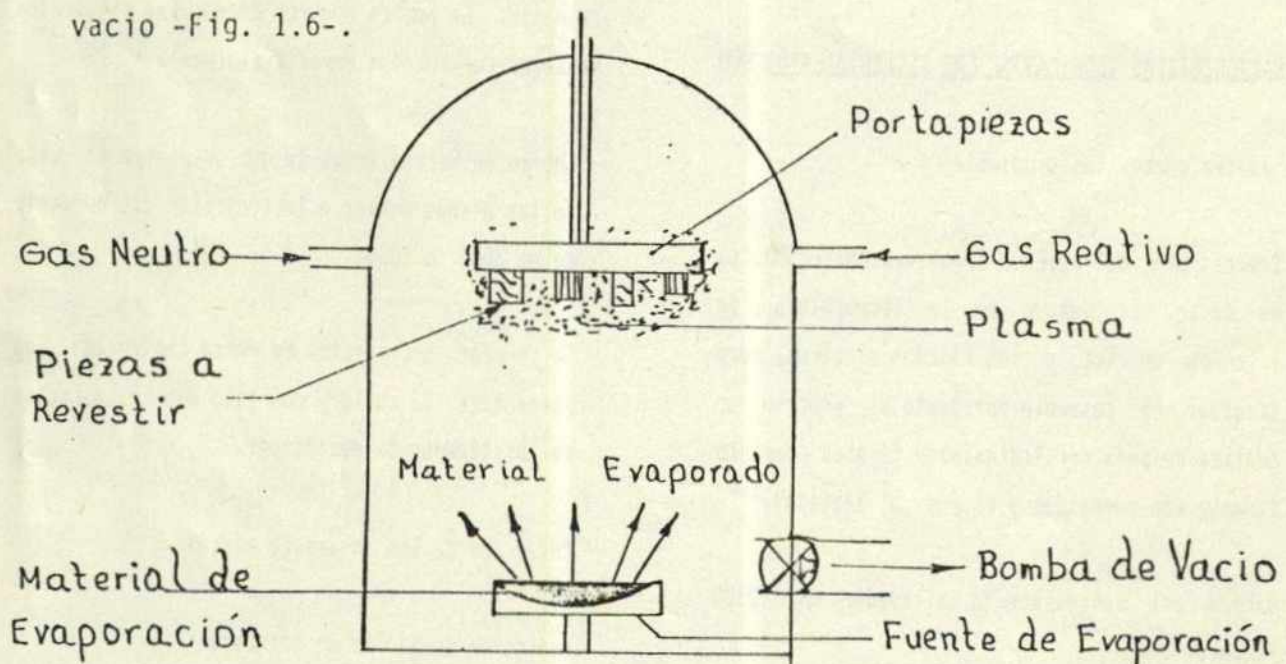


Fig 1.6. Cámara de Proceso P.V.D

a evaporarlo en vacío. Se introduce luego el gas reactivo (Nitrogeno) y simultáneamente, por el efecto temperatura y vacío el producto de la reacción, Nitruro de Titanio (NTi) se deposita sobre la superficie de la herramienta como una fina, dura y excepcionalmente bien adherida película de color dorado, como el oro o latón pulido.

CAMPOS DE APLICACION

Los campos de aplicación no solo van a las herramientas de corte sino a otras variedades fabricadas como se muestra en las siguientes aplicaciones :

- Herramientas de corte en acero rápido y metal duro.
- Herramientas de corte para la industria de la madera.

- Matrices de corte y embutición en acero y metal duro.
- Elementos normalizados para matricería y moldes.
- Rodillos de marcar y fabricar tubería y perfiles.
- Moldes para inyección de aluminio.
- Estampas de conformado en frío industria de la tornillería.
- Herramientas para extrusión.
- Sierras circulares cuchillas de corte longitudinal.
- Calibres de control.
- Componentes de vehículos y máquinas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS RECUBRIMIENTOS PVD

Se pueden nombrar las siguientes :

- Temperatura del proceso aproximadamente 500 C, es decir por debajo de la temperatura de revenido de los aceros rápidos y otros, para trabajar en caliente por tanto el proceso se realiza después del tratamiento térmico completo (temple más revenidos y después el afilado).
- Dureza del revestimiento alrededor de 2300 Vickers.
- Muy elevada resistencia a la abrasión.

- Espesores de revestimiento inferiores a 5 μ m por tanto permite el proceso con medidas finales.
- Óptima inalterabilidad de medidas, luego permite hacer los ensambles en matrices y moldes que hayan sido trabajados mediante el procedimiento de postizos intercambiables.
- Buena resistencia a la corrosión.
- Disminuye el coeficiente de fricción en la zona de corte disminuyendo la fuerza de corte, evitando el filo recrecido y con todo esto se logra un óptimo acabado superficial en las piezas que se trabajan.

OTRAS PROPIEDADES Y VENTAJAS DEL PROCESO PVD

Según el tipo de herramientas y su utilización se pueden lograr rendimientos entre 3 y 10 veces superiores a los alcanzados con herramientas sin revestir. Se pueden nombrar además las siguientes ventajas comprobadas experimentalmente :

- Ahorro de herramientas ya que se alarga la vida de las mismas debido a la reducción del desgaste de un 300% a 1000%.
- Se pueden incrementar en forma controlada los parámetros de corte y con esto una disminución de los tiempos de mecanizado.
- Reducción de los costos de afilado.
- Reducción de Stocks de herramientas.
- Mejores acabados superficiales de las piezas

reduciendo las microrugosidades en un 50%.

- Baja en los costos de fabricación de las piezas.

Estos procesos son muy útiles en herramientas de

corte por que sus costos de afilado encarecen el proceso como por ejemplo : fresas, machos de roscar, en las figuras 1.7, 1.8, y 1.9 se muestran algunas gráficas obtenidas de ensayos realizados en la firma "BALINIT" quienes han desarrollado estos procesos industrialmente-

| PROCESOS SUPERFICIALES | DUREZA SUPERFICIAL H.V. | | | | TEMPERATU. DEL PROCES C | ESPESOR CAPA DURA |
|------------------------------|-------------------------|------|------|------|-------------------------|-------------------|
| | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | | |
| CROMADO DURO | ■ | | | | 20 - 80 | 5 - 10 |
| DIFUSION DE CM | | ■ | | | 20 | 10 - 30 |
| IONITRURACION | ■ | | | | 350 - 500 | Hasta 20 |
| NITRURACION DE SALES TENIFER | ■ | | | | 570 | Hasta 20 |
| BORURACION | | ■ | | | 800 - 1000 | Hasta 200 |
| RECUBRIMIENTO CON C. Cr. | | | ■ | | 800 - 1000 | 10 - 30 |
| RECUBRIMIENTO CON CTi CDV | | | | ■ | 800 - 1100 | 3 - 10 |
| RECUBRIMIENTO CON NTi PVD | | | ■ | | 500 | 3 |
| ACERO TEMPLADO | ■ | | | | | |
| METAL DURO | ■ | | | | | |

Figura 1.10 PROPIEDADES DE LOS DIFERENTES RECUBRIMIENTOS

En la figura 1.10 muestra, comparativamente, las temperaturas y propiedades obtenidas en los aceros

de herramientas con los diferentes procesos de recubrimiento superficial.

En el pasado se ha podido mejorar el volumen de virutas y por lo tanto la productividad de una fresa mediante la selección de aceros suficientemente duros y resistentes al calor y optimizando la geometría de los filos. Otras mejoras sólo resultan posibles en combinación con el tratamiento de superficie. El recubrimiento de nitruro y de cromo eran los métodos de tratamiento de superficie más frecuentes para aumentar la resistencia al desgaste y para reducir al mismo tiempo la soldadura en frío.

El nuevo proceso BALINIT PVD (deposición física de vapor) permite el recubrimiento de las herramientas HSS con una película de nitruro de titanio de excelente adherencia. Esta película es más dura, tiene un coeficiente de fricción más bajo y tiende menos a la soldadura en frío que cualquier recubrimiento utilizado anteriormente.

También las fresas con recubrimiento BALINIT superan el desgaste de la superficie destalonada al desgaste erosivo de manera que sólo se logran mejoras en estas fresas que se reafilan por el ángulo de desprendimiento del útil (p.e. fresa desbaste y fresas de desbaste y acabado). Un reafilado en el ángulo de desprendimiento de las fresas de acabado debe de efectuarse si se quiere mantener la mejora de la vida de la herramienta.

La mejora lograda mediante el recubrimiento de la fresa depende principalmente del material de la pieza de trabajo y de las condiciones de corte. Esto reflejan las siguientes tablas para el desgaste de flancos y la figura 1 para la vida de la herramienta.

| | Mejora con diferentes velocidades de corte | |
|-------------------------------------|--|--------|
| | normal | doble |
| Acero de trabajo en frío 1.2436 | + 100% | + 130% |
| Acero inoxidable 1.4301 | + 75% | + 170% |
| Acero de trabajo en caliente 1.2311 | + 75% | + 100% |
| Acero bonificado 1.1191 | + 160% | + 125% |

En función del material se efectuaron los ensayos de corte hasta un desgaste de flancos de 0,2 mm. o bien de 0,3 mm. Aumentando la velocidad se ha mantenido el avance por diente.

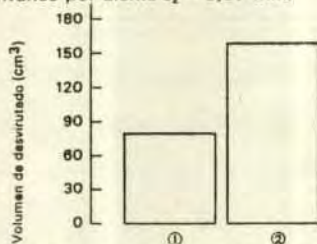
Fuente: FRAISA AG.

Figura 1: Explicación:

- ① sin recubrir
- ② con recubrimiento Balinit
- ③ con recubrimiento Balinit, reafilado

Acero de trabajo en frío 1.2436/AISI D6

Velocidad de corte $v = 9$ m/min.
Avance $s = 51$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,07$ mm.



Velocidad de corte $v = 18$ m/min.
Avance $s = 105$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,07$ mm.

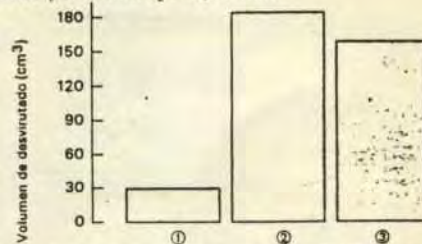
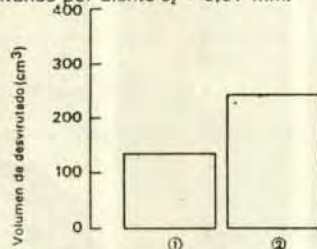


Fig. 1.7

Acero inoxidable 1.4301/AISI 304

Velocidad de corte $v = 12,5$ m/min.
Avance $s = 72$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,07$ mm.



Velocidad de corte $v = 25,6$ m/min.
Avance $s = 145$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,07$ mm.

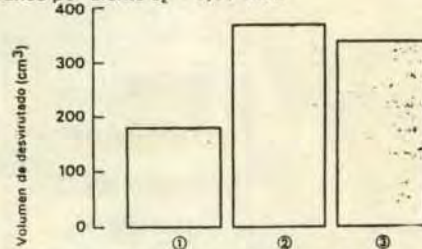
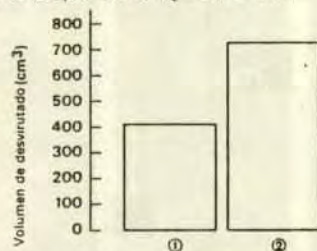


Fig. 1.8

Acero de trabajo en caliente 1.2311/AISI P20

Velocidad de corte $v = 18$ m/min.
Avance $s = 145$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,10$ mm.



Velocidad de corte $v = 36$ m/min.
Avance $s = 200$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,07$ mm.

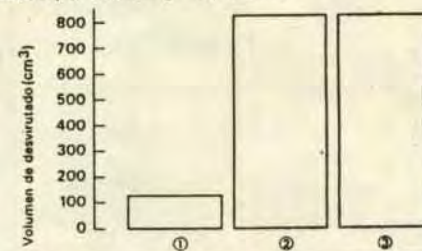
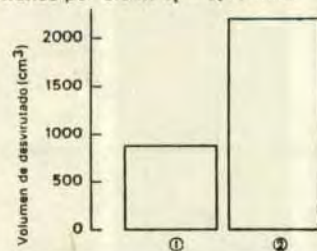


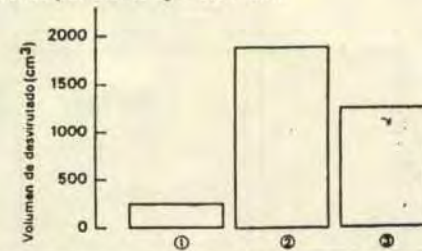
Fig. 1.9

Acero bonificado 1.1191/AISI 1045

Velocidad de corte $v = 25,6$ m/min.
Avance $s = 200$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,10$ mm.



Velocidad de corte $v = 50$ m/min.
Avance $s = 285$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,07$ mm.



Una ventaja adicional se produce al doblar la velocidad y manteniendo igual el avance por diente. No sólo se aumenta la producción sino se reduce en muchas ocasiones el desgaste. Naturalmente depende el desgaste también de la geometría de la herramienta. No hay que cambiar el ángulo labial de la herramienta durante el refrentado. Aquí resulta importante que el desgaste no sea lineal. (Fig. 2).

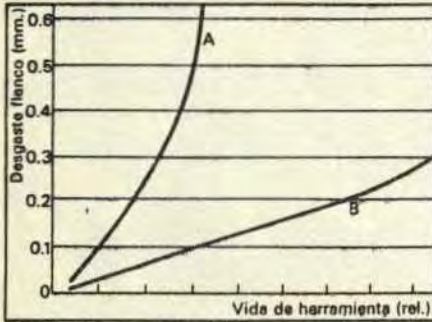


Fig. 2

Desarrollo de desgaste para fresas de acabado no recubiertas (A) y recubiertas con Balinit (B).
Herramienta: HSS Co5 (N.º 1.3243/M35)
Material: Ck45 (N.º 1.1730/AISI 1045)
Velocidad de corte:
 $v = 34$ m/min (no recubierta)
 $v = 50$ m/min. (recubierta de BALINIT)
Avance por diente $s_z = 0,05$ mm.
Fuente: KESTAG

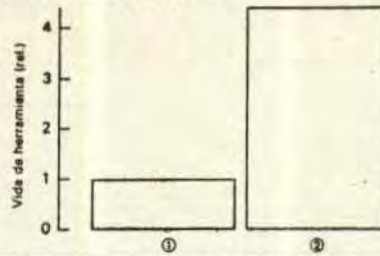
Mejoras de más del 230% se lograron también para aceros como 18 NiCrMo5 ó 30CrNiMo8 (1.6580) con una velocidad de $v = 26,6$ m/min. y un avance de 60 mm/min. con refrigeración. Incluso sin refrigeración había significantes mejoras de rendimiento para aceros como X5CrNiMo18.10 (1.4401) (Fig. 3).

Los resultados para acero inoxidable y 16MnCr5 (1.2161) (Fig. 4) demuestran que la velocidad tiene que aumentarse para el ranurado.

HERRAMIENTAS "CERMET"

Analizando separadamente los materiales de ciertas herramientas, es muy conocida la fragilidad y alta dureza de las cerámicas en el desprendimiento de viruta, como también es conocida la tenacidad de ciertos carburos metálicos comparandolos entre sí. No se había pensado, hasta hace unos pocos años, la posibilidad de mezclar estos compuestos moleculares hasta que algunas firmas alemanas entre ellas la MMC Hartmetall GmbH Waiblingen

Velocidad de corte $v = 26,8$ m/min.
Avance $s = 101,6$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,05$ mm.



Velocidad de corte $v = 26,8$ m/min.
Avance $s = 160$ mm/min.
Avance por diente $s_z = 0,08$ mm.

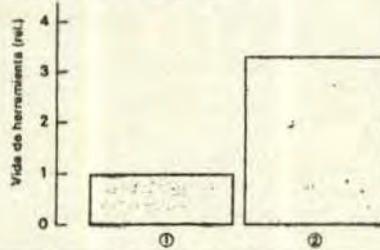


Fig. 3

Vida de herramienta relativa para fresas de acabado basándose en un desgaste de flanco de 0,2 mm.
Material: X5CrNiMo18.10 (1.4401/AISI 316)
Fuente: HANITA LTD.

Velocidad de corte $v = 57$ m/min. (no recubierta)
Velocidad de corte $v = 82$ m/min. (recubierta)
Avance por diente $s_z = 0,04$ mm (no recubierta)
Avance por diente $s_z = 0,05$ mm. (recubierta)

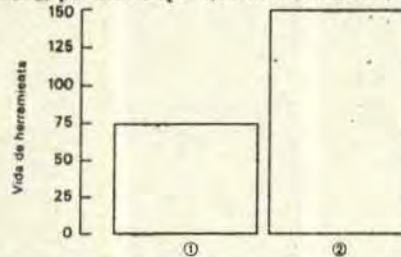


Fig. 4

La fuerza de corte para herramientas con las caras recubiertas se ha reducido entre un 25% y un 40%. Este valor se ha reducido del 2% al 6% después del reafileado. Esto significa que recubriendo el ángulo de desprendimiento mejora el flujo de viruta sin tener una influencia significativa sin embargo en la vida de la herramienta.

Resultados muy buenos se han obtenido con metales no ferrosos como el cobre, níquel, aluminio y sus aleaciones. Por ejemplo un aumento de vida de más de 50 veces para fresas de acabado de metal duro (diámetro 5 mm.) se ha logrado en níquel con una velocidad de corte de $v = 115$ m/min.; la vida de las fresas de disco se aumentó por cinco veces para aluminio con una velocidad de corte de $v = 144$ m/min.

Con respecto a la vida de la herramienta en un proceso de fresado de material PVC se incrementó la duración de 5.000 a 70.000 piezas utilizando fresas de metal duro con recubrimiento BALINIT.

La principal ventaja de las fresas con recubrimiento BALINIT es que permiten unas velocidades de trabajo más altas con el mismo avance por diente con el resultado de unos tiempos de trabajo más cortos. La vida de herramienta se ha prolongado considerablemente en los dos sentidos para las velocidades de corte normales y aumentadas. Con esto se ahorra tiempo de máquina y se reduce el costo de preparación, de herramienta y de reafileado. El flujo de viruta mejorado y la menor formación de filos ensamblados aumenta la calidad de superficie de las piezas de trabajo.

Vida de herramienta de fresas para ranurar

Material: 16MnCr5 (1.2161/AISI 5120H), 500N/mm.²

En contraposición a los frecuentes ajustes necesarios para la herramienta sin recubrir, las herramientas con recubrimiento Balinit no requieren corrección alguna.

Fuente: FETTE GMBH.

① no recubierta

② recubierta con Balinit

consiguió alea carburos metálicos con cerámicas para obtener las nuevas herramientas de corte llamadas "CERMET" que significa mezcla de "Cerámica y Metal".

CARACTERÍSTICAS DE LA ALEACION

- Alta resistencia al desgaste.
- Alta tenacidad.

- Alta resistencia al calor.

COMPOSICION DE LA ALEACION

Estas propiedades mecánicas tan importantes se logran por efecto de que poseen la alta dureza de las cerámicas y la tenacidad del metal.

A manera de comparación se muestra la Tabla 1.1. para observar la composición de los metales duros convencionales y las herramientas "Cermet".

COMPARACION DE LA COMPOSICION QUIMICA

| TIPO DE HERRAMIENTA | COMPOSICION DE LA ALEACION | AGLUTINANTE UTILIZADO |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Metal duro sinterizado convencional | WC, TC, TaC | Co |
| CERMET | TiC, TiN | Ni , Co , Mo |

Tabla 1.1.

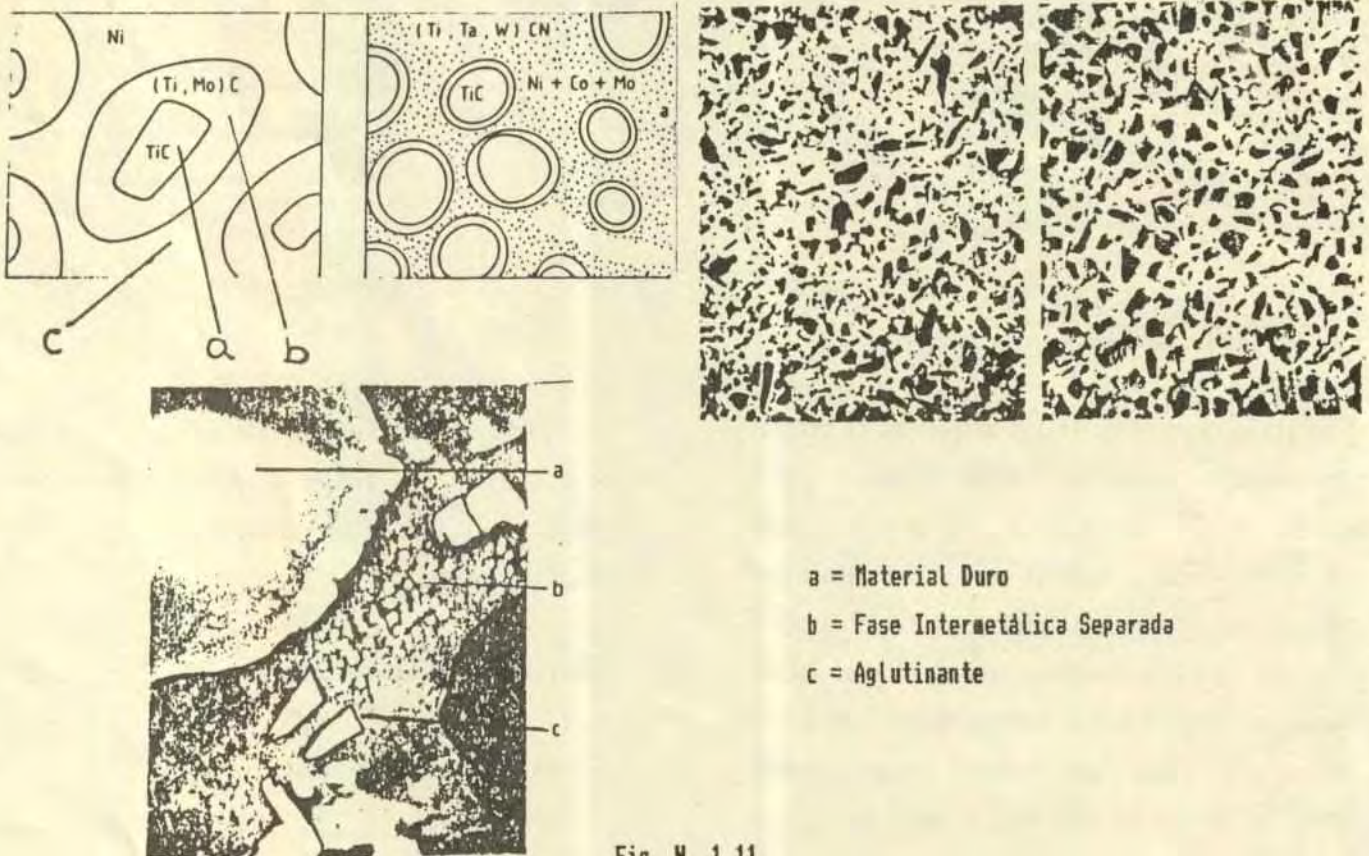


Fig. N. 1.11

La figura 1.11 muestra una fotografía metalográfica de la aleación y esquemáticamente indica la distribución de las fases.

Las aleaciones de "CERMET" han logrado reducir las fisuras en las herramientas que normalmente se presentan en los procesos de mecanizado; experiencias realizadas mediante ensayos han mostrado una gran resistencia y tenacidad de las pastillas intercambiables a medida que se mejora la aleación de la herramienta - Ver figura 1.12 -,

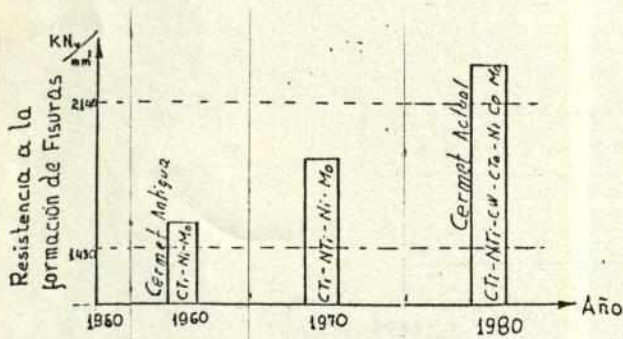


FIG. 1.12 DESARROLLO DE LAS "CERMET"

de igual manera se puede comprobar que el campo de aplicación en las diferentes operaciones de desbaste y acabado para los diferentes procesos (Torneado, Fresado, etc) se pudieran ampliar hacia valores de corte que antes era imposible utilizar. (Ver Figura 1.13)

| ISO-M.D | TORNEADO | FRESA |
|---------|----------|-------|
| P 01 | NX22 | |
| P 10 | EE33 | |
| P 20 | NX55 | NX55 |
| P 30 | NX99 | NX99 |
| P 40 | | |
| K 01 | | |
| K 10 | NX22 | |
| K 20 | EE33 | |
| K 30 | NX33 | |

FIG. 1.13 CAMPOS DE APLICACION EN COMPARACION CON LAS HERRAMIENTAS DE METAL DURO M.D. SEGUN ISO

PARAMETROS DE CORTE PARA TORNEAR Y FRESAR CON HERRAMIENTAS "CERMET"

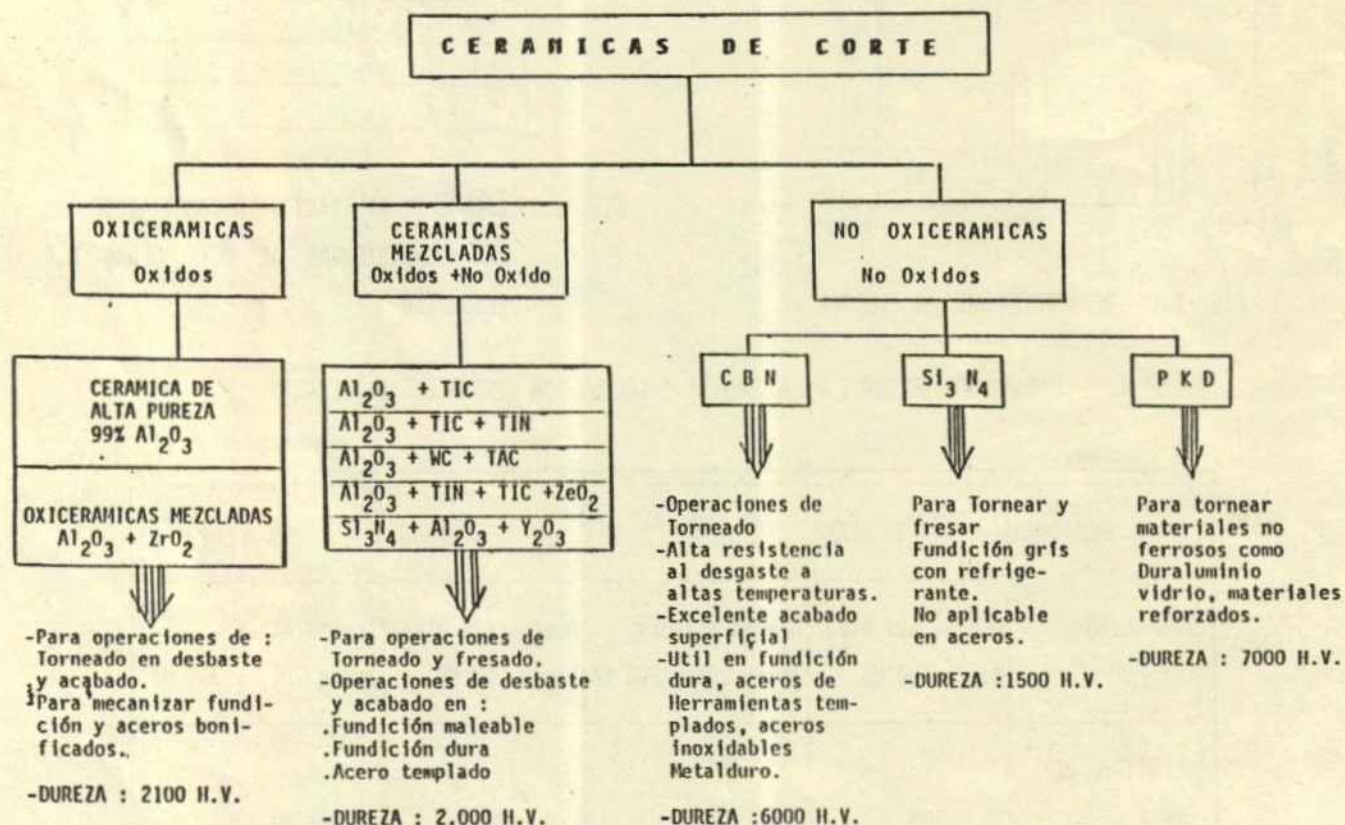
| OPERACION | TORNEADO | | FRESADO | |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| | Aceros sin Alear hasta 200 HB | Aceros Aleados entre 200 y 300 HB | Aceros sin Alear hasta 200 HB | Aceros Aleado entre 200 - 300 HB |
| VELOCIDAD DE CORTE | 70 - 200 | 50 - 180 | 70 - 220 | 50 - 200 |
| AVANCE "S" EN mm | 0.05 - 0.40 | 0.05 - 0.30 | 0.05 - 0.40 | 0.05 - 0.30 |
| PROFUNDIDAD | 0.1 - 4 | 0.1 - 3 | 0.1 - 5 | 0.1 - 4 |

TABLA No. 1.2

Estas herramientas representan un complemento a la producción en máquinas automáticas y de control numérico, donde juega un papel importante no solo la economía del proceso sino también la precisión y acabado superficial de las piezas. La Tabla 1.2 muestra algunos valores de corte utilizados con estas herramientas.

HERRAMIENTAS CERAMICAS MODERNAS

Las investigaciones desarrolladas en los últimos años, orientadas al mejoramiento de las cerámicas con el objeto de obtener mejores resultados en la producción, han llevado a los fabricantes de las herramientas a utilizar mezclas cerámicas, que



ha dado lugar a una clasificación que hasta hace pocos años no se conocía.

Según las investigaciones se conocen tres grandes grupos:

GRUPO DE OXICERAMICA PURA

A base de Oxido de Aluminio cuyo contenido es de 99.7% de Al₂O₃; es de color blanco y usados en Alemania desde la década de los treinta. Más tarde se logró combinar otros tipos de Oxidos dando lugar a una combinación de Oxidos como la Al₂O₃ + ZrO₂ con adición de oxidos de Zirconio y otros mejorando con esto las propiedades físicas y mecánicas como lo muestra la tabla 1.3.

DEFORMACIONES ELASTICAS DEL MOLDE

A partir de este concepto se logró mezclar compuestos a base de Oxidos con otros "No Oxidos" dando lugar a las Cerámicas Mezcladas como Al₂O₃ + CTi (Carburo de Titanio, o Al₂O₃ + NTi (Nitruro de Titanio), o también a Al₂O₃ + CTi + CW - cuyas características típicas y propiedades físicas y mecánicas se encuentran en la Tabla 1.3.

GRUPO DE LAS NO OXICERAMICAS

A este grupo pertenecen exclusivamente los compuestos que no tienen O como los Nitruros por ejemplo: Nitruros de Silicio Si₃N₄ y los famosos Nitruros de Boro Cúbico CBN que llevan muy poco

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LAS HERRAMIENTAS CERAMICAS

| HERRAMIENTAS | OXICERAMICA | CERAMICAS MEZCLADAS | NO OXICERAMICAS |
|------------------------------------|--------------------------------|---|------------------------------------|
| PROPIEDADES | AL ₂ O ₃ | AL ₂ O ₃ + CTi + CW | NBr/Si ₃ N ₄ |
| COLOR | BLANCO | NEGRO | GRIS |
| DENSIDAD gr/cm ³ | 4.0 | 4.25 | 3.3 |
| TAMAÑO PROMEDIO DEL GRANO μ | < 1.8 = | < 2 | |
| DUREZA HV 10 | 1700 | 2000 | 1500 |

| RESISTENCIA A LA FLEXION! Kgf/mm | 50 | 60 | 80 |
|---|---------------|---------------|---------------|
| RESISTENCIA A LA COMPRESION Kgf/mm | 400 | 430 | 250 |
| CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m K | 43 | 38 | 36 |
| COEFICIENTE DE DILATA- CION TERMICA 10 K - 1 | 7.8 | 7.7 | 3.2 |
| MODULO DE ELASTICIDAD Kgf/mm | 4 3.8 X 10 | 4 3.6 X 10 | 4 3.2 X 10 |

*TABLA No. 1.3

tiempo en el mercado con extraordinarios resultados de producción y duración de las herramientas. Dentro de las propiedades mecánicas se pueden nombrar, alta resistencia a los choques térmicos, alta resistencia a la rotura por flexión aunque su resistencia a la compresión y dureza sean inferiores a las oxicerámicas. Ver Tabla comparativa No. 1.3.

Puesto que las herramientas de Nitruro de Boro Cúbico "CBN" y algunas herramientas de diamante han cobrado en los últimos años una gran importancia en la fabricación, se tratarán por separado en la siguiente entrega del Informador Técnico No. 37.