



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores
"Cuautitlán"



CONSIDERACIONES PARA LA ELECCION DE HERRAMIENTAS DE CORTE CON INSERTOS INTERCAMBIABLES DE METAL DURO PARA OPERACIONES DE TORNEADO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERA MECANICA ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

MARIA GUADALUPE ZAMUDIO CARRILLO

ASESOR: ING. ENRIQUE CORTES GONZALEZ

CUAUTITLAN IZCALLI EDO. DE MEX.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodriguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 23 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Consideraciones para la elección de herramientas de corte con insertos intercambiables de Metal Duro, para operaciones de torneado".

que presenta la pasante: María Guadalupe Zamudio Carrillo
con número de cuenta: 7239537-6 para obtener el TITULO de:
Ingeniera Mecánica Electricista.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautilán Izcalli, Edo. de Méx., a 1 de Junio de 1994

PRESIDENTE	Ing. <u>Samuel Pérez Díaz</u>	<u>Recd 1: 11/1/94</u>
VOCAL	Ing. <u>Manuel Burgos Bravo</u>	<u>3-06-94</u>
SECRETARIO	Ing. <u>Enrique Cortés González</u>	<u>7/24/94</u>
PRIMER SUPLENTE	Ing. <u>Felipe Díaz del Castillo Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. <u>Marco Antonio Hernández Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>

DEDICO ESTE TRABAJO A:

Mi hijo:

Fuente de alegría y satisfacciones.

A mis Padres:

Por su eterno apoyo.

A todos los maestros que generosamente han compartido sus conocimientos. Especialmente a los integrantes de la Sección Mecánica de la FES Cuautitlán.

A todos los amigos, compañeros y familiares por su apoyo y los ánimos infundidos.

INDICE.

Pag.

Prefacio

CAPITULO 1. Generalidades.

1.1. Resumen histórico de la utilización del metal duro para corte de metales.....	1
1.2. Composición y Estructura del metal duro.....	10
1.2.1. Propiedades del Carburo Cementado de dos fases (α - β).....	11
1.2.2. Propiedades del Carburo Cementado de tres fases (α - β - γ).....	13
1.2.3. Propiedades del Carburo Cementado Recubierto.....	14
1.2.4. Propiedades de las Cerámicas.....	17
1.2.5. Propiedades de los Cermets.....	19
1.3. Proceso de Fabricación.....	20
1.4. Características del Metal Duro.....	26
1.4.1. Resistencia al desgaste.....	26
1.4.2. Dureza.....	29
1.4.3. Resistencia.....	31
1.4.4. Rigidez.....	33
1.4.5. Tenacidad.....	35
1.4.6. Relaciones entre la propiedades mecánicas..	36
1.4.7. Propiedades térmicas.....	37
1.4.8. Propiedades eléctricas.....	38

CAPITULO 2. Clasificación ISO de los factores que	
intervienen en el proceso de corte.....	39
2.1. Clasificación ISO de los metales en cuanto a	
su maquinabilidad.....	39
2.2. Clasificación ISO de los insertos de metal	
duro.....	42
2.4. Clasificación ISO de las herramientas de	
torneado exterior.....	44
2.5. Clasificación ISO de las herramientas de	
torneado interior.....	47
CAPITULO 3. Principales sistemas de sujeción de	
insertos.....	50
CAPITULO 4. Fuerzas de corte en el torneado.....	60
4.1. El filo de corte.....	62
4.2. Geometría de la herramienta.....	66
4.3. Fuerzas de Corte.....	70
4.4. Influencia del ángulo de posición en las	
fuerzas de corte.....	72
4.5. Datos de corte.....	76
4.6. Formación de viruta.....	79
4.7. Potencia y calor.....	84
4.8. Problemas comunes que se presentan en los	
insertos.....	88
4.9. Acabado superficial (Ra).....	90
CAPITULO 5. Sistemas de cambio rápido.....	95
CAPITULO 6. Gestión de herramientas.....	101

Conclusiones.....112

BIBLIOGRAFIA.....114

PREFACIO

PREFACIO.

Dentro de la producción industrial de hoy en día, como lo son la fabricación de automóviles, barcos, aviones, máquinas, bombas, turbinas, relojes, motores en general, etc. Intervienen componentes como ejes, volantes, carcasas, bloques de motor, etc. que son manufacturados mediante el mecanizado por arranque de virutas, en operaciones de torneado, fresado y taladrado empleando herramientas de corte de metal duro.

La herramienta de corte es, en éste sentido, un factor decisivo para lograr una alta productividad en el mecanizado de metales, y dentro de ella resalta la importancia del filo de corte , ya que es en este donde se arrancan las virutas y donde las piezas toman forma.

El desarrollo de la técnica del inserto intercambiable y del metal duro tienen una importancia primordial para la alta productividad conseguida hoy por la industria mundial. En pocas décadas las herramientas de corte han sido desarrolladas de tal forma, que han multiplicado el rendimiento del mecanizado de metales alrededor de cien veces.

Sumados a este desarrollo, las técnicas avanzadas de fabricación, las máquinas controladas por computadoras, el control computarizado del proceso y los sistemas automatizados de mecanizado han determinado así mismo el desarrollo de los modernos sistemas de cambio rápido, y gestión de herramientas.

Para el análisis de éste tema, todos aspectos se han agrupado en seis capítulos, que abarcan lo siguiente:

En el capítulo I, se hace un resumen de la historia del metal duro y las herramientas que se han desarrollado hasta el momento. Posteriormente se habla de la composición y estructura del metal duro, de su proceso de fabricación y finalmente de sus características y propiedades mecánicas y como varían éstas en relación a su composición.

En el capítulo II tenemos la clasificación iso de los insertos de metal duro, de los materiales respecto a su maquinabilidad y por último de las herramientas para torneado exterior e interior.

En el capítulo III se estudian los principales sistemas de sujeción del inserto de metal duro a la herramienta.

En el capítulo IV se estudia el proceso de corte por arranque de virutas, analizando los factores que intervienen en él: las fuerzas de corte, la geometría de la herramienta y los datos de corte.

En el capítulo V tenemos los sistemas de cambio rápido que son sistemas modulares que aparecieron desde principios de los ochentas y que significan un gran avance en cuanto a la productividad de las máquinas en general, así como un avance en el grado de automatización de la producción moderna.

En el capítulo VI, se analiza los factores que intervienen en el costo de producción de un producto cualquiera y cómo influyen las herramientas de corte para la disminución de éste costo, posteriormente, como continuación de las herramientas modulares de cambio rápido, los diferentes componentes tanto de software, como de hardware para la

administración total o parcial de la producción, conocida como gestión de herramientas.

De ésta manera, se pretende dar una visión global de la magnitud de los cambios y mejoras que representa una buena selección del herramental y de los métodos y técnicas modernas de producción.

CAPITULO I

GENERALIDADES.

1.1. Resumen histórico de la utilización del Metal Duro para corte de metales.

La historia del metal duro como herramienta de corte ha sido breve, prácticamente lo que va del presente siglo, pero ha tenido un gran desarrollo.

Metal Duro es la designación más comúnmente utilizada para el carburo cementado, el cual es un producto sinterizado que está compuesto por carburos con un metal de liga.

Los aceros al carbono endurecidos fueron el primer material y por mucho tiempo el único utilizado como herramientas de corte de metales; pero tienen la desventaja de que a 200-300 °C pierden su dureza, limitando el corte únicamente a velocidades muy bajas.

En 1889, un norteamericano llamado Taylor descubrió que añadiendo 5% de tungsteno (wolframio, W) la herramienta podía soportar mayores temperaturas. Estas primeras aleaciones, constituyeron los primeros tipos de Acero Rápido, (HSS) que conocemos hoy en día.

En 1906, se encontró la composición básica del acero rápido actual, agregando más tungsteno, 16%, y otros elementos como cromo (Cr) 4%, vanadio (V) 0.3% y conservando un alto porcentaje de C (2%); pudiendo, de ésta manera soportar

temperaturas hasta de 600°C sin perder su dureza al corte, y por lo tanto, permitiendo el incremento de la velocidad de corte a poco más del doble que con aceros al carbono.

Posteriormente, en 1915, también en USA, mediante la aleación del 50% de carburo de tungsteno (WC) y Cobalto, se obtuvo un material muy duro, llamado Stelitta, la cual podía soportar hasta 800°C. La Stellita, era, sin embargo tan frágil, que su uso fue muy limitado.

Hacia principios de 1920, el Metal Duro fué fabricado por primera vez en Alemania, gracias a los trabajos de OSRAM, el cual utilizaba dados de diamante para fabricar alambre de Tungsteno (el alambre incandescente de los focos).

Durante y después de la Primera Guerra Mundial, se dificultó la obtención de diamantes para dichos dados, y como, por otro lado se pensaba que el carburo de tungsteno era el mas duro de los carburos y casi tan duro como el diamante, se sinterizó dicho WC en polvo con hierro como



1.1. La compañía alemana OSRAM fué la primera en utilizar el Carburo Cementado para la fabricación de dados para la producción de filamentos de tungsteno.

metal de liga, obteniendo el primer tipo de metal duro.

El hierro fue reemplazado posteriormente por cobalto, obteniéndose así, la composición básica que tiene

actualmente.

A partir de 1930, el metal duro fué utilizado ampliamente para el mecanizado.

Desde entonces, investigaciones intensivas y constantes desarrollos han dado como resultado diversas composiciones y calidades, así como el desarrollo de nuevos materiales como cermets y cerámicas.

En los años 50's aparecieron las calidades de metal duro mejorado con la adición de otros carburos: titanio, tántalo y niobio. Estos nuevos grados de metal duro fueron llamados grados premium, teniendo una combinación mas ventajosa de resistencia al desgaste y tenacidad que los grados antiguos convencionales y alcanzando a soportar temperaturas de 1 000°C.

A principios de los 70's, se introducen los grados con un recubrimiento de carburo de titanio, lo cual incrementó alrededor de tres veces la vida útil del metal duro. Posteriormente se agregó una segunda capa de óxido de aluminio, y en los 80's, una tercera capa de nitruro de titanio.

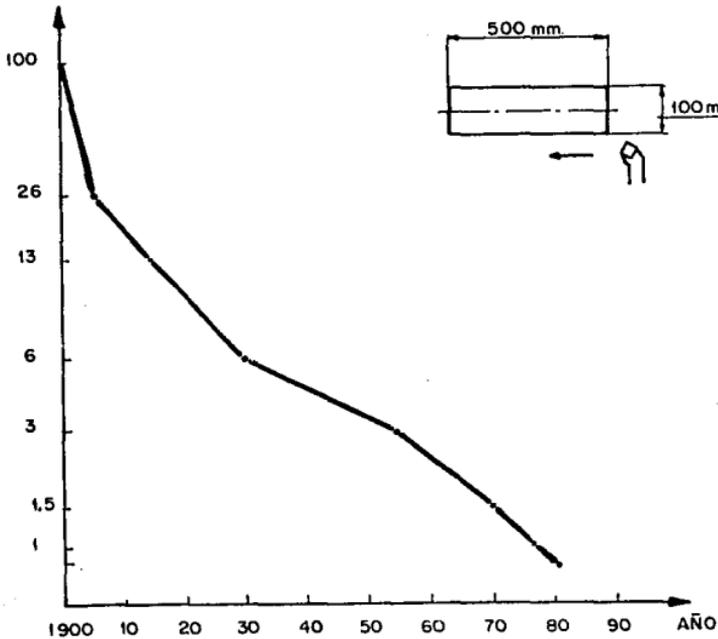
Alternativamente a este desarrollo, se continuaron los trabajos tendientes a mejorar las cualidades de materiales extremadamente duros y frágiles ya conocidos, como las cerámicas, desarrolladas con base de óxido de aluminio, (Al_2O_3) y las que tienen como base el nitruro de silicio (Si_3N_4). Dando como resultado la introducción al mercado en la presente década de cerámicas reforzadas con filamentos de

carburo de silicio.

Otro desarrollo lo constituyeron los cermets, el cual es un material duro con base de carburo y nitruro de titanio (TiC/TiN) con cobalto y níquel, como material aglutinante.

En la siguiente gráfica, 1.2, se puede apreciar el desarrollo de la capacidad de corte que ha adquirido el metal duro, a través del presente siglo.

TIEMPO DE
MAQUINADO
(min.)
ESC. LOG.



**1.2. Tiempos de maquinado en el torneado de la misma pieza
através del presente siglo.**

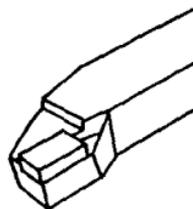
Paralelamente con el desarrollo del metal duro, se produjo también, el desarrollo de las herramientas de corte que utilizan al carburo cementado como elemento de corte.

La primera herramienta de corte apareció a principios de los años veinte, ver figura 1.3. Consistía en un zanco de acero al carbono, en el cual, se había soldado un pedazo de metal duro, el que finalmente era rectificadado para darle dimensiones finales y filo; éste portainsero podía, así mismo ser reafilado aproximadamente unas diez veces, rectificándolo con ruedas de diamante o carburo de silicio. Después de esto, se le soldaba un nuevo pedazo de metal duro a la herramienta o era desechada.

Pero el calentamiento sufrido tanto por el zanco, como por el metal duro, alteraba las propiedades de éste.

Para evitar los problemas de la soldadura, se pensaron en medios mecánicos para sujetar una pastilla o inserto de metal duro al zanco, o cuerpo de la herramienta.

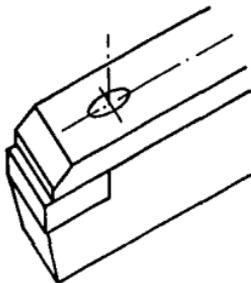
Primeramente se intentó sujetar un inserto con una placa que estaba sujeta, también al zanco, resultando una herramienta muy voluminosa, estorbosa y poco práctica, ver figura 1.4.



1.3. Herramienta con una Pastilla soldada

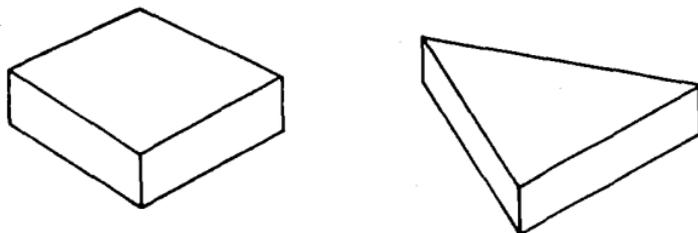
El siguiente paso fué colocar la pastilla en una ranura en angulo y sujeta por una abrazadera o brida.

El material duro, era fabricado en pastillas rectangulares de diferentes medidas, pero generalmente robustas de acuerdo a la operación que se iba a ejecutar.



1.4. Herramienta tipo placa

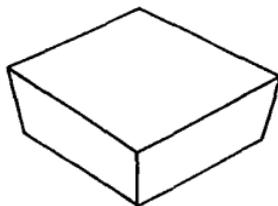
Los primeros insertos intercambiables de dimensiones estándar, fueron introducidos en USA a mediados de los años 50's. Se fabricaron con diferentes formas: triangulares, cuadrados o romboidales, siendo en todos los casos negativos (0° de incidencia) lo que permitía que se pudieran utilizar tanto los filos de la parte superior del inserto, como los de la parte inferior. De ésta manera un inserto cuadrado contaba con ocho filos de corte, permitiendo una vez gastados los cuatro filos superiores, voltear el inserto y seguir utilizando los otro cuatro filos restantes y al consumir todos los filos, reemplazar el inserto por otro nuevo y continuar con el maquinado (ver fig.1.5).



1.5. Primeros insertos intercambiables

La técnica de los insertos intercambiables constituyó un avance gigantesco en lo que a herramientas se refiere, ya que al reemplazar el inserto una vez inservible por otro nuevo, se pudo continuar con la operación de corte, sin tener que reafilar la herramienta, evitando tiempos muertos y prolongando la vida del portainserto casi indefinidamente.

A finales de los 50's, se fabricó un inserto positivo (11' de incidencia, que limitaba el número de filos a la mitad, pero que demandaba menor potencia de la máquina, para el mismo maquinado. De ésta manera, un inserto cuadrado tenía sólo cuatro filos de corte, como se muestra en la figura 1.6.



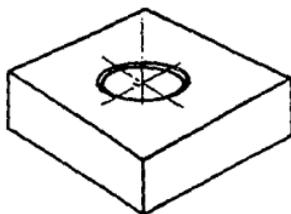
1.6. Inserto positivo.

En 1962, Sandvik (empresa sueca) introdujo el primer inserto intercambiable con rompevirutas incluido en la geometría del propio inserto. Este inserto fué llamado KNUX y es todavía una de los más usados en la industria. Este inserto también está sujeto con una brida casi de igual rigidez que las utilizadas con los demás insertos negativos.

En 1967, también Sandvik introdujo un nuevo tipo de soporte e inserto, con el cual el inserto es localizado por un perno sujetador en el agujero que ahora lleva el inserto, ver fig. 1.7 . Desarrollando, posteriormente algunas variantes

de éste sistema llamado P (pin).

Posteriormente, se desarrollaron otros sistemas de sujeción, tanto del inserto a la herramienta, como de la herramienta a la máquina, tratando de cubrir una campo cada vez más amplio que demanda la industria metalmeccánica.



1.7. Inserto con agujero sinterizado.

1.2. Composición y estructura del Metal Duro.

El metal duro es un producto pulvimetalúrgico sinterizado, compuesto de materiales muy duros y frágiles, unidos a un substrato aglutinante metálico menos duro, más tenaz y con un punto de fusión mucho menor.

El proceso de sinterizado consiste a grandes rasgos en el calentamiento de ambos materiales (polvos) ligeramente arriba del punto de fusión del material aglutinante, el cual al fundirse hace que los granos de material duro queden atrapadas en él y al enfriamiento de éste, se obtenga un material con una gran dureza, pero también con una buena tenacidad.

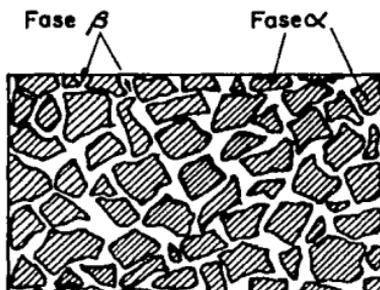
El metal duro puede compararse con la textura de la superficie de las calles, que frecuentemente consiste en grava (material duro) mezclada con cemento (material aglutinante).

En el carburo cementado, el material duro consiste en partículas muy pequeñas de carburos, que miden de 5 a 7 micras (μm). El metal duro tiene aproximadamente del 60% al 95% de su volumen de éstas partículas y el resto, de material aglutinante.

El material duro más utilizado es el carburo de tungsteno, WC. Para el siguiente análisis de las propiedades se representará al WC como la fase α .

El material aglutinante más utilizado es el cobalto (Co), aunque también se utiliza el níquel (Ni). El material aglutinante representa la fase β , como se muestra en la figura 1.8.

Además del WC, ciertos grados de metal duro, contienen carburos de titanio (Ti), tántalo (Ta) y niobio (Nb). Estos carburos pueden formar soluciones sólidas entre sí y



1.8. Metal duro compuesto por dos fases adicionalmente disolver al propio WC. Estos carburos compuestos son llamados la fase GAMMA, γ . En la figura 1.9, se muestra ampliada la estructura del carburo cementado, en la cual se pueden apreciar la distribución de las fases α , β y γ .

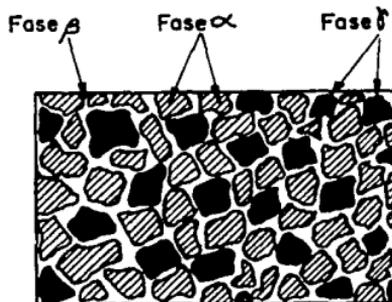
Los granos oscuros representan a los carburos compuestos, la fase γ , los granos claros, la fase α , y en el intersticio, se encuentra la fase β .

1.2.1. Propiedades del Carburo Cementado de dos fases (α - β).

El carburo cementado, WC-Co (α - β) es usado donde se producen relativamente bajas temperaturas al corte (abajo de 500°C) y donde existen altas demandas de resistencia al desgaste.

La fase α tiene una excelente adherencia a la fase β , por lo que forman un material sumamente compacto.

Para ciertas operaciones, donde se requiere una alta



1.9. Metal duro compuesto por tres fases

resistencia al desgaste, se selecciona el carburo cementado con bajo contenido de fase aglutinante (β), del 5% al 15% del volumen y partículas relativamente pequeñas de la fase α . Sin embargo, debe tomarse en cuenta que un grado así es muy frágil.

En áreas donde se requieran, además de alta resistencia al desgaste, una buena tenacidad, se deberá seleccionar un grado con un alto contenido de fase aglutinante (β) y granos gruesos de material duro (α).

En ciertas áreas de aplicación para el carburo cementado, donde una excelente tenacidad sea requerida; deberá seleccionarse un grado con un alto contenido de aglutinante (β), arriba del 40% del volumen.

En éste tipo de carburos cementados de dos fases, α - β ,

las propiedades a altas temperaturas pueden ser mejoradas, incrementando el tamaño del grano de la fase α .

Algunos ejemplos de aplicación para este tipo de carburos cementados de dos fases (α - β), pueden ser:

En la minería y obra civil, en el taladrado de piedra, se usa un grado con un bajo contenido de aglutinante, β y un grano muy fino de fase α .

Para dados para rolado en caliente, se utilizan grados con granos finos de fase α .

Para dados para rolado en frío, se utilizan grados con bajo contenido de fase β y granos finos de fase α .

Para herramientas de corte para maquinado de fundiciones, se utilizan grados, con bajo contenido de fase β y granos, relativamente finos de fase α .

1.2.2. Propiedades de los carburos cementados

de tres fases (α - β - γ).

Estos grados de metal duro, reforzados con carburos compuestos (Ti, Ta, Nb, W)C, fase γ , son utilizados en aplicaciones donde se alcanzan temperaturas que excedan a 1000°C. Así como el mecanizado de aleaciones difíciles de maquinar.

Una de las propiedades más importantes de la fase γ , es su alta estabilidad térmica, haciendo que las propiedades del carburo cementado, permanezcan prácticamente inalterables a altas temperaturas de corte.

La fase γ también posee una alta estabilidad química, es

decir, no reacciona fácilmente con otros materiales, aunque su adherencia con la fase β no es tan fuerte como la que posee la fase α .

La composición de las diferentes fases varía entre 25%-93% del volumen de fase α , 6%-20% de fase β y del 1%-55% de fase γ .

En general, se puede resumir lo siguiente:

-Los granos finos, proporcionan dureza y resistencia al desgaste.

-Los granos gruesos, proporcionan tenacidad y mayor resistencia a la flexión.

-Pequeñas cantidades de fase β , proporcionan dureza y resistencia al desgaste.

-Grandes cantidades de fase β , proporcionan tenacidad.

De acuerdo con lo establecido, el carburo cementado puede constar de dos o tres fases y la selección, dependerá del campo de aplicación de que se trate, es decir del tipo material que se va a maquinarse y de las condiciones de corte, como se verá con detenimiento, más adelante.

1.2.3. Propiedades del carburo cementado recubierto.

Con el propósito de mejorar la resistencia al desgaste del carburo cementado, sin la correspondiente disminución de la tenacidad, se han desarrollado algunos grados de carburo cementado recubierto con pequeñas capas de material duro, como algunos carburos y nitruros de aproximadamente 6 μm de espesor

total.

Al metal duro se le denomina ahora sustrato y es el que proporciona la tenacidad y la resistencia al calor básicas, mientras que el recubrimiento proporciona la resistencia a distintos tipos de desgaste, como el desgaste por abrasión, por oxidación o por difusión.

Con los carburos cementados sin recubrimiento, el incremento de la resistencia al desgaste, significaba la reducción de la tenacidad, pero de ésta manera, el material se hacía frágil, reduciendo su área de aplicación. Ahora, con los grados recubiertos, se obtiene un nivel satisfactorio de tenacidad, junto con una alta resistencia al desgaste. Incrementando de ésta manera la vida útil de éste tipo de carburo cementado, de tres a cinco veces.

Hoy en día, más del 70% de insertos de carburo cementado producidos, son recubiertos.

Los principales tipos de recubrimiento producidos en la actualidad, son:

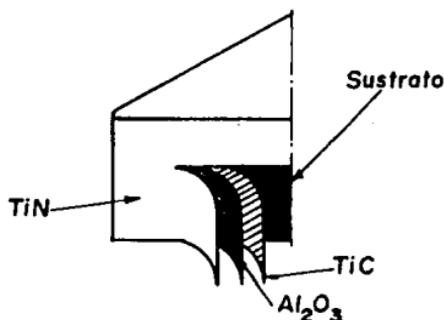
Recubrimiento único de carburo de titanio (TiC), designado como grados GC. GC corresponde a recubrimiento Gamma y (Gamma Coating).

Doble recubrimiento de carburo de titanio (TiC) y de óxido de aluminio (Al_2O_3), designado como grado GC 015*.

Triple recubrimiento, constituido por una capa inicial de carburo de titanio (TiC), una segunda capa de óxido de aluminio (Al_2O_3) y la tercera de nitruro de titanio (TiN), designada como grado GC 415*, ver figura 1.10.

-El carburo de titanio (TiC) aunque proporciona una alta resistencia al desgaste sólo a bajas velocidades y temperaturas, tiene una fuerte adherencia al sustrato, significando una excelente liga para las restantes capas.

-El óxido de aluminio (Al_2O_3) tiene una excelente estabilidad química, por lo que se evita que reaccione con el material de la pieza maquinada. También conserva su dureza a altas temperaturas, garantizando una excelente



f. 10. Metal duro recubierto.

*Las designaciones de éstos grados corresponden a la compañía Sandvik, líder mundial en producción, investigación de herramientas de corte de metal duro, cuyos trabajos se toman de referencia para algunos ejemplos, debido a que es la más representativa y es usualmente tomada como referencia por los demás fabricantes de carburo cementado.

resistencia al desgaste y una protección a la oxidación a velocidades de corte muy altas.

-El nitruro de titanio tiene un coeficiente de conductividad térmica superior que ayuda a difundir el calor crado en el filo de corte a través del inserto hacia la herramienta. Cuenta también con un bajo coeficiente de fricción que evita la fricción con la viruta, con el consiguiente aumento de temperatura y el riesgo de filo de aportación.

1.2.4. Propiedades de las cerámicas.

El término cerámicas engloba a todos los materiales formados por compuestos de elementos metálicos y no metálicos, como pueden ser las arcillas, el sílice, los vidrios, abrasivos, etc.

De este grupo, existen dos tipos de cerámicas que se han utilizado para el corte de metales debido a su extrema dureza, que son las de óxido de aluminio (Al_2O_3) y las de nitruro de silicio (Si_3N_4).

Pero, no obstante su dureza, su empleo fué muy limitado debido a su extrema fragilidad, sin embargo, en aquellas aplicaciones donde fué posible utilizarlo, significó un gran adelanto en la productividad del mecanizado del metal: de un 500% a 1 000%

En años recientes, como resultado de los avances en la ciencia de los materiales, se cuentan con materiales y compuestos de ellos, que han dado excelentes resultados. Estas

mejoras se han conseguido también, gracias a métodos de fabricación más avanzados, que han proporcionado materiales más densos por el cambio de estructura cristalina o finalmente por la adición de microfilamentos de carburo de silicio que proporcionan una mayor tenacidad, lo que ha ampliado grandemente el campo de aplicación para las cerámicas.

Por ejemplo, una plaquita de Oxido de Aluminio al 100%, es muy frágil, pero tiene una gran resistencia al desgaste y una alta estabilidad química. Para minimizar el efecto de sus características menos positivas, se le ha agregado óxido de zirconio (ZrO_2) para aumentar su tenacidad, o carburo de titanio (TiC) para mejorar su conductividad térmica.

Existen también, los insertos reforzados con filamentos de carburo de silicio, como ya se había mencionado, aumentando significativamente su tenacidad y mejorando también su conductividad térmica.

Las cerámicas a base de nitruro de silicio (Si_3N_4) tienen una mayor tenacidad que las de óxido de aluminio, comparables sólo con las reforzadas con filamentos; pero con menor resistencia al desgaste.

Como es sabido, la tenacidad fué y es una importante limitación, por ejemplo, cuando se trata de cortes intermitentes, pero también se deben tomar en cuenta otras propiedades que debe tener el inserto para su selección, que son: la resistencia a los choques térmicos, dureza en caliente (en caso de que en el corte de generen altas temperaturas) y la estabilidad térmica.

Entre los materiales recomendados para maquinarse con insertos cerámicos, se encuentran: las fundiciones, los materiales termoresistentes, los aceros endurecidos, y los aceros inoxidable, ya sea en operaciones de desbaste, como de acabado.

1.2.5. Propiedades de los cermets.

Los cermets son un material duro obtenido con partículas de carburo y nitruro de titanio (TiC/TiN) en un sustrato aglutinante metálico de cobalto y níquel.

Este tipo de materiales es conocido casi desde se empezó a trabajar el material duro, pero no se desarrolló tan intensamente debido a que no soportan las mismas fuerzas de corte que el metal duro; pero en cambio, tienen una alta estabilidad química y una excelente resistencia al desgaste, a la deformación plástica y al filo de aportación.

Los cermets tienen la ventaja de permenercer más agudos y sin deformarse durante un periodo más largo que el metal duro, lo que significa una mayor durabilidad del inserto, especialmente con altas velocidades de corte.

Por todas éstas características, los cermets se recomiendan para operaciones de acabado, con ligeras profundidades de corte y altas velocidades, llegando incluso a reemplazar algunas operaciones posteriores de rectificado, debido al excelente acabado superficial que proporcionan; siempre que se eviten cuando existan fluctuaciones de las fuerzas de corte durante el mecanizado de cascarilla de forja,

inclusiones en el material de la pieza, inestabilidad de la máquina y grandes o variables profundidades de corte y avance.

1.3. Proceso de fabricación.

El metal duro, como ya se había mencionado, es un material pulvimetalúrgico sinterizado. Es decir sus componentes inicialmente se encuentran en forma de polvo, tanto el carburo de tungsteno como el metal aglutinante, el cobalto.

La fabricación de los insertos de metal duro consta de varias etapas: primeramente la producción del polvo de carburo de tungsteno, después su mezcla con el material aglutinante y otros materiales; el prensado con diferentes geometrías, el sinterizado, rectificado, tratamiento de redondeo de filos, (ER) y finalmente el recubrimiento, en caso de requerirlo.

En la producción del polvo de WC, el mineral pasa por una serie de tratamientos químicos metalúrgicos y mecánicos, desde que es extraído de la mina, como lo son la molienda, el lavado, filtrado, hasta obtener el polvo de tungsteno con un contenido de impurezas menor al 0.0001%.

Todos los procesos son estrictamente controlados, existiendo verificaciones de los parámetros de calidad antes, y después de cada paso, ya que cualquier variación afecta las propiedades finales del metal duro.

El polvo de tungsteno se mezcla con polvo de carbón para carburizarse a aproximadamente 1 600°C, controlando el tamaño del grano, por medio del control de la temperatura a través de

todo el proceso. Finalmente en el WC resultante se analiza el tamaño del grano, contenido de carbono e impurezas.

Debido al alto costo del proceso, es necesario evitar al máximo materiales de desecho, pudiendo, en todos los casos reciclar dichos materiales.

Una vez obtenido el WC, se pesa y se vierte junto con el cobalto, también previamente pesado con determinada proporción, en un molino para, después de varias horas de molienda húmeda, obtener el tamaño de grano deseado y una mezcla uniforme.

Para cada grado de metal duro, se determinan:

- Qué materiales duros se deben incluir.
- Qué tamaño de grano debe tener cada material.
- Qué material aglutinante se va a usar.
- Qué cantidades de cada material se van a utilizar.

Posteriormente la "pulpa" se pasa a través de un enfriador, con lo que queda lista para el siguiente paso que es el prensado.

Para el prensado de los cuerpos de metal duro presinterizados, se han diseñado y fabricado los troqueles para las diferentes geometrías, tomando en cuenta que el metal duro se contrae linealmente después del sinterizado del 17%-20% y alrededor del 50% en volumen.

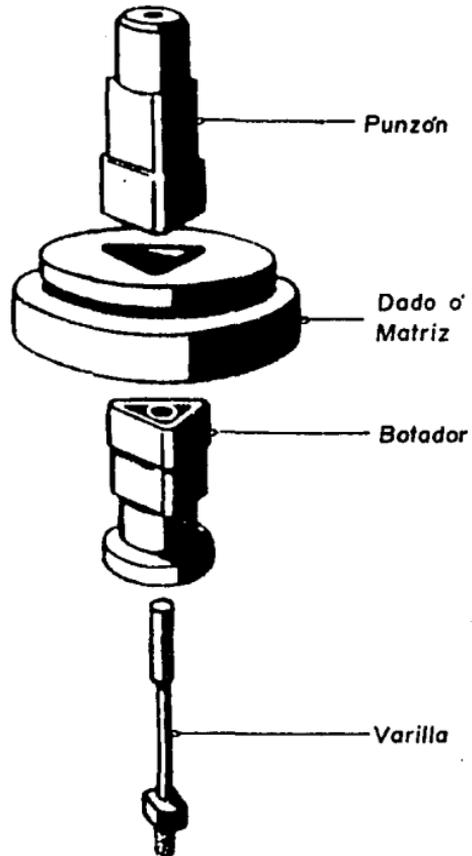
El troquel para el prensado de éstos cuerpos consta básicamente de un dado o matriz, un punzón y un botador, como se puede apreciar en la figura 1.11. La presión ejercida para el prensado, depende de la densidad requerida por el grado en

cuestión, pero varía de 50 a 150 MPa.

Después de prensados, los cuerpos son sumamente frágiles, teniendo la textura aproximadamente de un gis, pudiéndose romper con un manejo poco cuidadoso; ésto permite que cuando es necesario dar al inserto alguna forma especial, se pueda hacer en éste paso, y no después de sinterizado, cuando el metal duro adquiere toda su dureza.

El siguiente paso, el sinterizado, es un tratamiento térmico, a altas temperaturas (1 5 0 0 ° C ,

aproximadamente), en el cual, el cobalto contenido en el inserto es fundido y los poros desaparecen, contrayéndose el volumen del inserto. Todo



1.11. Ejemplo de un troquel para insertos.

el proceso, se hace en una atmósfera presurizada, de hidrógeno, ya que la presencia de oxígeno puede destruir la carga, e inclusive el horno. Cualquier cambio en las etapas de calentamiento o enfriamiento, puede alterar tanto las características del grano, como las dimensiones finales del cuerpo sinterizado. El ciclo completo de sinterizado dura un mínimo de 20 horas, dependiendo del tipo de carga.

Después de obtener los cuerpos (blanks) sinterizados, el siguiente paso es el rectificado, que depende a su vez de las especificaciones del producto terminado, que pueden incluir tolerancias muy cerradas o utilitarias. Consiste, de manera general, las siguientes operaciones:

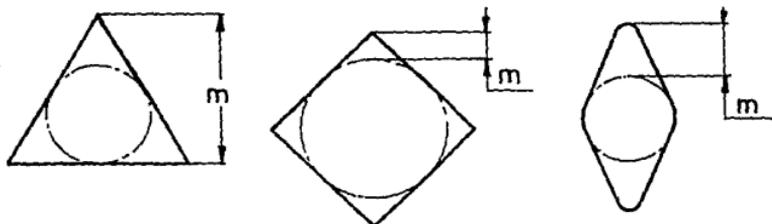
- Rectificado de superficies.Lapeado.
- Rectificado de los flancos y radios.
- Tratamiento de los filos.Honeado (Honning).Tratamiento ER.

-El rectificado de superficies o lapeado (lapping) tiene como objetivo conseguir el espesor especificado, las tolerancias también en el espesor, planitud (flatness) y paralelismo (parallelism) entre ambas caras del inserto.

En caso de rectificado, sólo una superficie es tratada, situando los insertos a rectificar en una charola, abajo de la rueda de diamante, en un proceso continuo.

En caso de lapeado, son tratadas las dos superficies a la vez; los insertos se posicionan en un disco especial situado entre dos discos giratorios de fundición de hierro, usando una mezcla de carburo de boro y aceite como abrasivo.

-El rectificado de los lados del inserto y los radios, se efectúan en la misma operación, y tiene como objetivo



1.12. Dimensión "m"

conseguir las tolerancias especificadas en el círculo inscrito, la dimensión "m", (ver figura 1.12), angulos de incidencia, simetría (symetry), rectitud (straightness) a lo largo de los fillos del inserto e inclinación (inclination) entre ellos y acabado de la superficie.

Esta operación es ejecutada en una rectificadora automática. Los insertos son posicionados uno por uno, y rectificados con una rueda para copiado, siguiendo un patrón, o un programa.

-El tratamiento del filo de corte, ER (edge Rounding), tiene como objetivo el redondeo del filo de corte, el cual resulta muy agudo, después de las operaciones anteriores.

Este tratamiento es sumamente importante, ya que la durabilidad del inserto depende de la magnitud de éste redondeado, ya que refuerza el filo de corte, protegiéndolo de

rupturas en el maquinado. A esto se deben, también, las altas exigencias de precisión y uniformidad a lo largo del filo de corte.

El tamaño de éste redondeo varía entre unas pocas centésimas de milímetro, dependiendo del grado y tamaño del inserto, así, un inserto para acabado tendrá menor ER, que un inserto para desbaste.

Existen varios métodos de lapeado (lapping), como el rectificado suave, tomboleo (tumbling), consistente en un proceso rotativo y/o vibratorio, en el cual el filo de los insertos es rebajado por la acción de partículas de carburo de silicio, u óxido de aluminio y aditivos, sobre él.

Como etapa final del proceso de fabricación, está el recubrimiento GC (Gamma Coating), que consiste en la aplicación de una o más capas de materiales duros, con el fin de incrementar sus propiedades.

Este proceso varía de fabricante a fabricante, pero, en general, las capas se depositan en la superficie del inserto, mediante la reacción química entre una serie de gases, llevada a cabo dentro de un horno, a temperaturas hasta de 1000°C, a baja presión, y con duraciones aproximadas de ocho horas por capa de recubrimiento más aproximadamente 10 horas en total para el calentamiento y enfriamiento del horno, controlando estrictamente la cantidad de cada uno de los reactivos, la temperatura y la presión.

1.4. Características del Metal Duro.

Como se ha visto en las secciones previas, el metal duro tiene ciertas propiedades que lo hacen superior a cualquier otro material de corte conocido hasta hoy dentro de muchas áreas de aplicación. También se mencionó que variando la composición del carburo cementado se pueden variar sus propiedades y ajustarlas a las demandas requeridas por una cierta área de mecanizado.

Con el objeto de efectuar una selección del grado del inserto óptimo, se deben considerar también cuales son las propiedades que tienen mayor influencia en el mecanizado y cuál es el comportamiento de éstas, con respecto al cambio en la composición del metal duro.

1.4.1. Resistencia al desgaste.

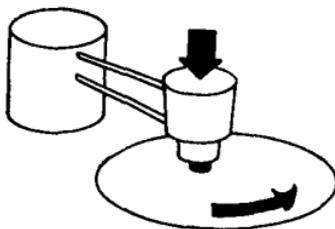
La resistencia al desgaste es la propiedad más importante y significativa del metal duro. Su alta resistencia al desgaste, es una de las propiedades que lo hacen ser el material óptimo para el mecanizado de metales, taladrado de roca y para partes contra desgaste.

La resistencia al desgaste se define como la oposición que presenta un material a la abrasión. No existe un método estandarizado para medir la resistencia al desgaste, no existiendo un criterio con validez de norma. Sin embargo, existen diversas formas de verificarla.

El método más común es mediante la determinación del

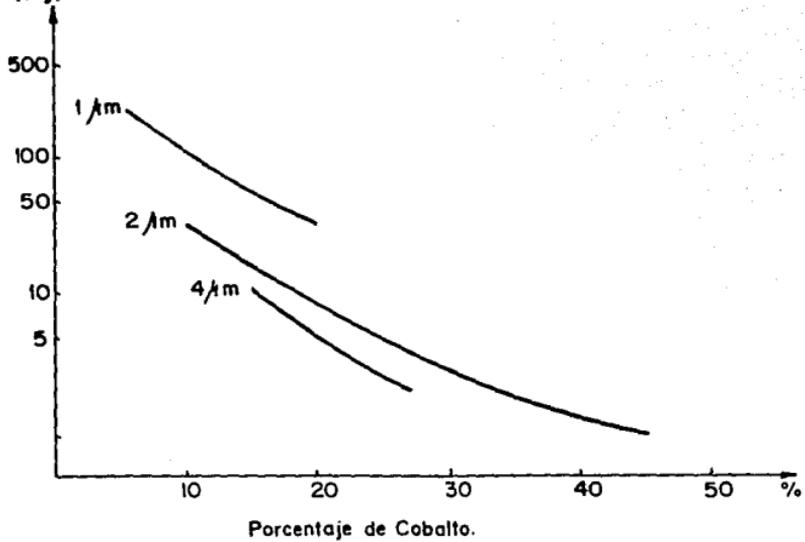
volumen que es removido por unidad de tiempo, de una probeta que es presionada contra un disco de material abrasivo giratorio, tomando como patrón la resistencia de un grado predeterminado (ver fig. 1.13).

Como se vió con anterioridad, la mayor resistencia al desgaste se obtiene en los grados con menor contenido de cobalto (fase- β) y con el tamaño de grano más pequeño. En la siguiente gráfica se puede apreciar la interconexión de éstos factores.



1.13. Equipo de prueba para determinar la resistencia al desgaste.

Vol. de material removido

 0.1mm^3
(log)

1.14. Resistencia al desgaste en función del contenido de Cobalto y tamaño de grano.

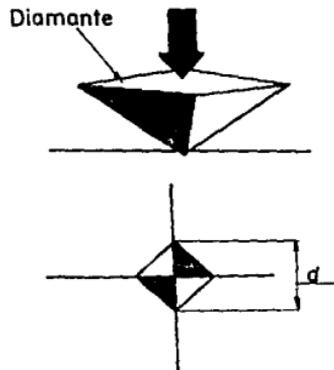
1.4.2.Dureza.

Otra propiedad importante del metal duro, es su alto grado de dureza, que impide la deformación del inserto durante el mecanizado.

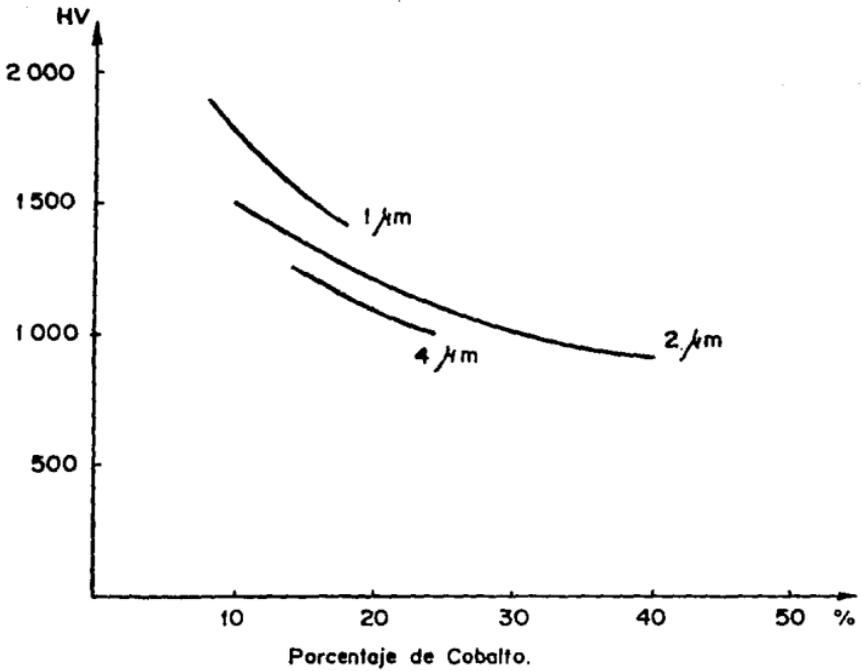
La dureza de un material se define como la habilidad para soportar la penetración local sin deformación permanente. Existen varios métodos para determinar la dureza, pero el más utilizado a escala industrial es el de la resistencia a la penetración local, en la cual una pirámide (Vickers, usado comúnmente en Europa) o un cono (Rockwell, usado en América) de diamante es presionada contra la superficie a ser probada con una carga cuidadosamente determinada. El tamaño de la indentación es medida y así determinada su dureza.

La dureza también varía con la composición del metal duro, teniendo mayor dureza, al igual que la resistencia al desgaste, los grados con menor contenido de fase- β y grano fino. En la siguiente

gráfica (1.16.) se puede apreciar dicha relación.



1.15.Determinación de la dureza Vickers



1.16. Dureza en función del contenido de Cobalto y tamaño de grano.

La principal propiedad que tiene el metal duro, además de una gran dureza, es su capacidad de retenerla a altas temperaturas, lo que no sucede con el acero rápido.

1.4.3. Resistencia.

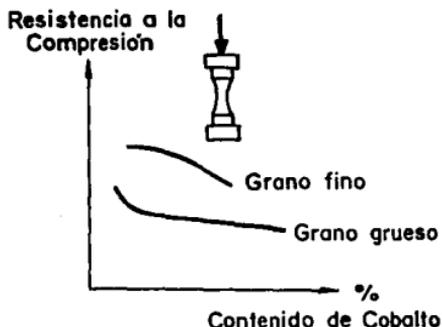
El proceso de mecanizado requiere también de una alta resistencia del metal duro para soportar las fuerzas que se generan en él, sin romperse.

Y precisamente, se define la resistencia de un material a su capacidad para soportar cargas sin romperse. Pero existen diversas modalidades de la resistencia de un material, las más importantes para éste tema son la resistencia a la compresión, a la fluencia y a la flexión.

La alta resistencia a la compresión es también una propiedad sobresaliente del carburo cementado, lo que lo hace capaz de soportar grandes presiones de corte.

Esta propiedad también varía con la composición del carburo, obteniendo la más alta resistencia con un bajo contenido de cobalto β , con granos finos, como se ilustra en la gráfica 1.17.

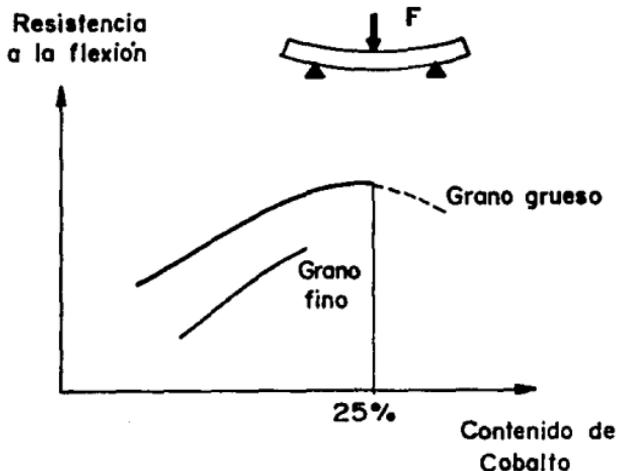
Por resistencia a la fluencia, se entiende la habilidad del material para soportar el máximo esfuerzo, sin cambios permanentes en su geometría, es decir, sin deformación plástica, siendo el punto más alto de la recta proporcional elástica del diagrama esfuerzo-deformación.



1.17. Resistencia a la compresión en función del contenido de Co y tamaño de grano.

Los materiales frágiles, como el metal duro, se caracterizan por el hecho de que la ruptura se presenta sin una deformación plástica apreciable, así, en el carburo cementado, el tamaño del intervalo de la deformación plástica depende del porcentaje de contenido de cobalto, siendo mayor éste intervalo, en proporción directa con el contenido de cobalto.

Ya que un inserto está sujeto a cargas de flexión debido a los mecanismos de sujeción a la herramienta y en el filo de corte; se efectúan pruebas de flexión, obteniendo los más bajos valores para bajos contenidos de cobalto, aumentando hasta el 25% y después decrecientando la resistencia, como se puede observar en el diagrama 1.18.

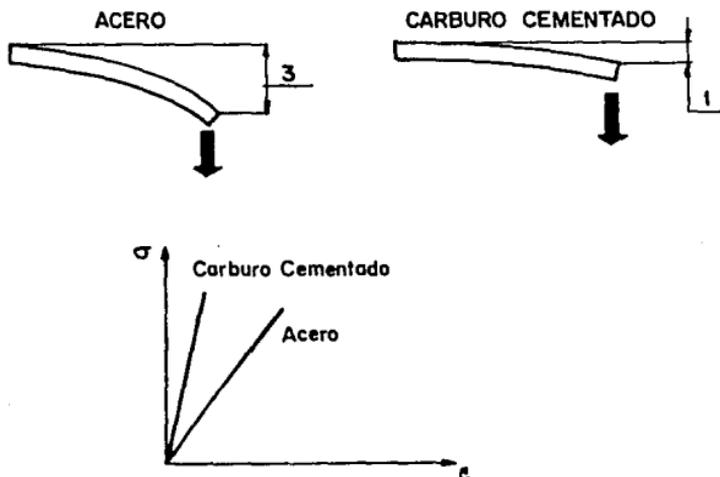


1.18. Resistencia a la flexión en función del contenido de Co y tamaño de grano.

1.4.4. Rigidez.

El carburo cementado presenta también un alto grado de rigidez, necesario para impedir la deformación elástica en el corte, sobre todo en casos donde las tolerancias finales de la pieza sean muy reducidas.

La rigidez es llamada técnicamente módulo de elasticidad y es la magnitud de la pendiente de la recta que representa la región elástica en el diagrama σ - ϵ .



1.19. Módulo de elasticidad, Comparación entre el acero y el carburo cementado.

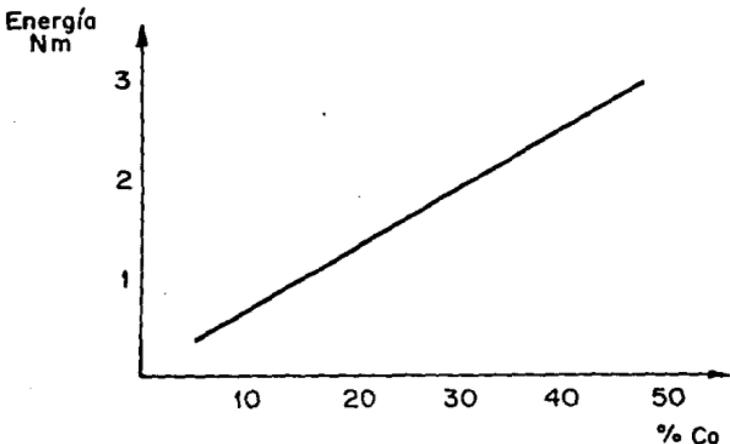
La rigidez varía también en relación al contenido de cobalto. Grados bajos en cobalto tienen mayor rigidez. El tamaño del grano tiene poca influencia en el módulo de elasticidad.

El metal duro tiene un módulo de elasticidad, aproximadamente tres veces mayor que el del acero, como se ilustra en la figura 1.19.

1.4.5. Tenacidad.

La tenacidad o resiliencia es la resistencia al choque, es una medida de la fragilidad de un material; representa la capacidad de un material de absorción de la energía del elemento de choque y evitar la ruptura.

Esta propiedad es muy importante, sobre todo cuando se presentan maquinados intermitentes.



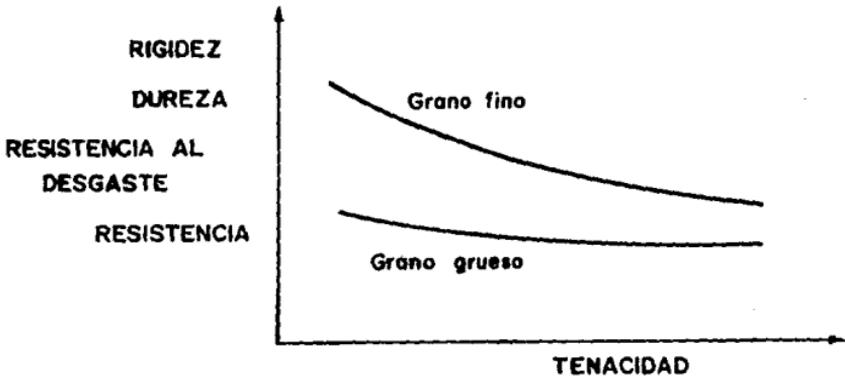
1.20. Relación de la Tenacidad con el contenido de Cobalto.

La tenacidad varía también con el contenido de cobalto y el tamaño de grano. Grados con alto contenido de cobalto y granos grandes, son más tenaces y grados con bajo contenido de cobalto y granos finos, son los menos tenaces.

1.4.6. Relaciones entre las propiedades mecánicas.

Como se ha visto, existe una estrecha relación entre la composición del carburo cementado y sus propiedades mecánicas.

Es de especial importancia la relación existente entre la tenacidad y las demás propiedades mecánicas.

**1.21. Relación entre las propiedades mecánicas.**

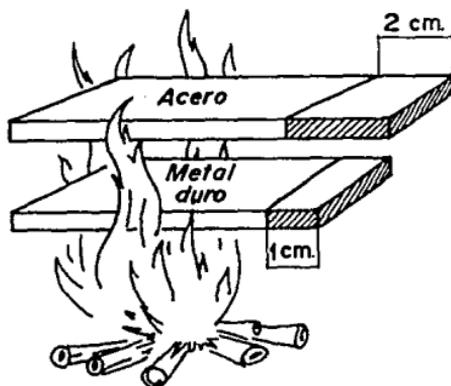
En general, si se incrementa la resistencia al desgaste, dureza, resistencia y rigidez a través de cambios en la composición del metal duro, al mismo tiempo se reduce su tenacidad y viceversa, ver diagrama 1.21.

La selección de un grado de carburo cementado, frecuentemente es un ajuste entre los requerimientos de tenacidad y de resistencia al desgaste de la operación de mecanizado

1.4.7. Propiedades térmicas.

El coeficiente de dilatación térmica del metal duro es sumamente bajo, es aproximadamente la mitad del valor del coeficiente del acero. Esta propiedad es importante, sobre todo cuando una pastilla de metal duro va a ser soldada a un zanco de acero.

El carburo cementado es un buen conductor del calor. Esta propiedad es muy importante, ya que el inserto tiene que disipar el calor generado en el corte através del inserto hacia la herramienta, evitando que se eleve la temperatura en el filo de corte que produzca fisuras,

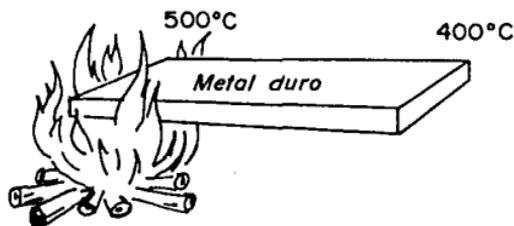


1.22. Coeficiente de expansión térmica. Comparación entre el acero y el metal duro.

deformación plástica, etc.

Esto es de gran importancia para un correcto funcionamiento del inserto y para el tiempo de vida útil.

En la mayoría de grados de metal duro, la conductividad térmica es ligeramente mayor que la del acero. La conductividad térmica es levemente influenciada por el contenido de cobalto, pero la adición de la fase γ , reduce fuertemente la conductividad térmica.



1.23. Coeficiente de conductividad térmica.

1.4.8. Propiedades eléctricas.

El carburo cementado conduce electricidad debido a la presencia de cobalto. Su conductividad eléctrica es aproximadamente la misma o mayor que la del acero.

En comparación con la conductividad del cobre (100%), la del carburo cementado es 2%-10%. Esto es importante cuando se trata con máquinas que contienen sensores eléctricos para la verificación de las dimensiones de la pieza.

CAPITULO II

CLASIFICACION ISO DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN
EN EL PROCESO DE CORTE.

Debido a la gran cantidad tanto de tipos de operaciones, como de tipos de material a mecanizar, de calidades de insertos, y de herramientas, que crece día a día, la Organización Internacional de Normas, ISO (International Standard Organization) ha clasificado y normalizado todos éstos factores, impidiendo confusiones tanto en los consumidores de herramientas de corte, como en los fabricantes de ellas.

2.1. Clasificación ISO de los Metales con respecto
a su Maquinabilidad.

El primer tipo de clasificación de ISO, es la referente a los materiales a mecanizar, en cuanto a su maquinabilidad, es decir, en cuanto al área de aplicación de los diversos grados de carburo cementado.

En general, se han definido tres grandes áreas de aplicación.

La primera es el área P, correspondiente al mecanizado de materiales de viruta larga, tales como acero, acero moldeado, acero inoxidable, fundición maleable etc.

La segunda área de aplicación es la M, que corresponde al mecanizado de numerosos materiales "difíciles de mecanizar",

como acero inoxidable austenítico, acero al manganeso, fundición aleada, aleaciones de titanio, aleaciones termoresistentes, etc.

La tercera área de aplicación es la correspondiente al mecanizado de materiales de viruta corta, tales como la fundición, el acero endurecido (por trabajo en frío) y materiales no férreos como el aluminio, el bronce, plásticos, madera, etc.

Cada uno de éstos campos se encuentran subdivididos en grupos desde el 01 al 50. El 01 corresponde a las operaciones de acabado con altas velocidades de corte con pequeños avances y una pequeña profundidad de corte. Avanzando la numeración para operaciones de semiacabado, semidesbaste y 50 que corresponde a operaciones de desbaste a bajas velocidades de corte pero con un arranque de virutas muy pesado.

Y como se vió en el capítulo anterior, la resistencia al desgaste del metal duro desciende al aumentar su tenacidad, éste sistema de clasificación ISO, indica también los requerimientos de cualquiera de éstas propiedades para cada subdivisión de dichas áreas P, M y K.

La siguiente tabla presenta las condiciones típicas de mecanizado:

Gama de Materiales		Operaciones Típicas de Mecanizado	Requisitos de calidad
P Acero, Acero fundido, acero inoxidable, fundición maleable de viruta larga.	01	Extremas exigencias de acabado superficial	Gran resistencia al desgaste.  Buena tenacidad y resistencia del filo.
	05		
	10	Acabado a alta velocidad de corte.	
	15		
	20	Operaciones de torneado de copia.	
	25		
	30	Torneado en desbaste y torneado con bajas velocidades de corte.	
35			
40	Desbaste pesado y mecanizado discontinuo.		
45			
50			
M Acero, acero fundido, acero al manganeso, fundición aleada, acero austenítico, fundiciones de acero, fundición maleable, acero de fácil mecanización	10	Acabado con altos datos de corte	Gran resistencia al desgaste.  Buena tenacidad y resistencia del filo.
	20	Acabado con bajos datos de corte	
	30		
	40	Desbaste pesado y mecanizado discontinuo.	
K Fundición, fundición en coquilla, fundición maleable de viruta corta, acero endurecido, metales no férreos, plásticos, madera.	01	Acabado, a alto acabado superficial.	Gran resistencia al desgaste.  Buena tenacidad y resistencia del filo.
	05		
	10	Semi-acabado a desbaste ligero.	
	15		
	20	Desbaste pesado y mecanizado discontinuo.	
	25		
30	Mecanizado con bajos datos de corte		

2.2. Clasificación ISO de los insertos de Metal Duro.

Anteriormente todos los fabricantes de insertos de metal duro, tenían su propia denominación de ellos, lo que daba como resultado, que existieran diferentes códigos o denominaciones por parte de cada fabricante para un mismo tipo de inserto.

De ésta manera ISO, los ha clasificado en un sistema, en el cual los insertos con la misma forma básica, tienen la misma denominación. Esto ha simplificado considerablemente las existencias de insertos, ya que los consumidores de herramientas de corte normalmente tienen más de un proveedor.

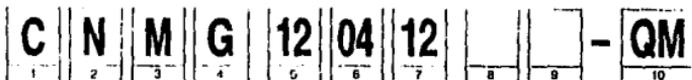
En esta clasificación, el código de un inserto consta de dos partes, la primera, constituida por cuatro letras, y la segunda parte por números.

La primera letra designa la forma del inserto (el ángulo de punta). La segunda el ángulo de incidencia del inserto. La tercera las tolerancias en el espesor y en el círculo inscrito y la cuarta el tipo, como se puede apreciar en la tabla anexa.

El primer número se refiere a la longitud de la arista de corte en milímetros para el SI, o a la magnitud del círculo inscrito en octavos de pulgada para el sistema inglés. El segundo número se refiere al espesor del inserto,

Clave de códigos

Plaquitas Intercambiables Sandvik Coromant



Extracto de ISO 1812-1995

1 Forma de la plaqueta y ángulo E

2 Ángulo de incidencia en filo de corte principal

O Descripción específica

3 Tolerancias ± en s y d

Tipo	s	d
G		±0,025
M	±0,13	±0,05 - ±0,15 ¹⁾
U		±0,08 - ±0,25 ¹⁾

¹⁾ Varía dependiendo del tamaño de d. Ver más abajo

Circulo inserto d mm	Tipo de tolerancia	
	M	U
3,97		
5,0		
5,56		
6,0		
6,35		
8,0		
9,525		
10,0		
12,0		
12,7	±0,06	±0,13
15,875		
16,0		
19,05	±0,10	±0,18
20,0		
25,0		
25,4	±0,13	±0,25
32,0	±0,16	±0,25

4 Tipo de plaqueta

5 Tamaño de plaqueta = longitud de arista de corte, l mm

	C	D	R	S	T	V	W
d mm							
3,97			06		06		
5,0			06		06		
5,56			06		06		
6,0			06		06		
6,35	16	07	06		11	11	
8,0			06		06		
9,525	103	11	09	07	10	10	
10,0			10		10		
12,0			12		12		
12,7	12	11	12	12	22		
15,875	18		15	15	27		
16,0			16		16		
19,05	19		19	19	33		
20,0			20		20		
25,0			25		25		
25,4	25		25	25			
32			32		32		08

Para plaquetas del tipo G (RNM, RFLM) sólo se indica la longitud teórica de la arista de corte

6 Espesor de la plaqueta, s mm

01	s = 1,59
11	s = 1,98
02	s = 2,36
03	s = 3,18
13	s = 3,97
04	s = 4,76
05	s = 5,56
06	s = 6,35
07	s = 7,94
09	s = 9,52

7 Radio de punta, r_c mm

00	r _c = 0
02	r _c = 0,2
04	r _c = 0,4
08	r _c = 0,8
12	r _c = 1,2
16	r _c = 1,6
24	r _c = 2,4
32	r _c = 3,2

Plaqueta redonda:
00 si el valor "d" es en milímetros.
00 si el valor "d" es en milímetros.

8 Tipo de arista de corte

F Arista de corte aguzada

T Faceta negativa

9 Tipo de herramienta

Dirección del avance

10 Opción del fabricante

El código ISO consiste en nueve códigos, de los cuales el 8 y el 9 se utilizan sólo cuando se requieren. Además, el fabricante puede añadir tres símbolos más, -QF = operaciones de acabado, -DM = operaciones de semirabado y -LH hasta ligero, -OR = operaciones de desbaste.

en milímetros para el SI y en 1/16 de pulgada para el sistema inglés. El tercer número corresponde al radio del inserto, en milímetros para el SI y en 1/64 de pulgada para el sistema inglés. Pudiendo existir otros tres códigos opcionales aludiendo al tipo de la arista de corte, dirección de avance y el último refiriendo al tipo de operación al que está destinado el inserto.

2.3. Clasificación ISO de las Herramientas de Torneado Exterior.

ISO creó también un sistema de clasificación para portainseros de torneado exterior, el cual fué ampliado posteriormente para unidades de corte BTS (Block Tool System), las cuales se estudiarán detenidamente en el capítulo dedicado a los sistemas de cambio rápido. El código ISO consta de 10 códigos fundamentales y uno más, opcional para el fabricante.

El primer código se refiere al tamaño del acoplamiento BTS, el segundo representa el sistema de fijación del inserto (ver clasificación ISO anexa). El tercero se refiere a la forma de la plaquita (ver tabla de clasificación ISO de insertos). El cuarto corresponde al tipo de mango (ángulo de ataque κ_R). El quinto código al ángulo de incidencia de la plaquita (ver tabla de clasificación de insertos). El sexto, al sentido de la herramienta. El séptimo, octavo y noveno se

Clave de códigos

Portaherramientas y unidades de corte BTS para exterior

P	S	K	N	R	20	20	K	12	-	
2	3	4	5	6	7	8	9	10		11

BT32	P	S	D	N	N	-	32	40	-	15
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10

Extracto de ISO 5608-1980

<p>1 Tamaño BTS</p> <p>BT = sistema BTS</p>  <p>b = Tamaño del acoplamiento</p>	<p>2 Sistema de sujeción</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="365 558 502 729"> <p>Fijación por cara superior</p>  <p>C</p> </td> <td data-bbox="507 558 644 729"> <p>Fijación por cara superior y por agujero</p>  <p>M</p> </td> <td data-bbox="649 558 786 729"> <p>Fijación por agujero</p>  <p>P</p> </td> <td data-bbox="791 558 927 729"> <p>Fijación por tornillo</p>  <p>S</p> </td> </tr> </table>	<p>Fijación por cara superior</p>  <p>C</p>	<p>Fijación por cara superior y por agujero</p>  <p>M</p>	<p>Fijación por agujero</p>  <p>P</p>	<p>Fijación por tornillo</p>  <p>S</p>																			
<p>Fijación por cara superior</p>  <p>C</p>	<p>Fijación por cara superior y por agujero</p>  <p>M</p>	<p>Fijación por agujero</p>  <p>P</p>	<p>Fijación por tornillo</p>  <p>S</p>																					
<p>3 Forma de plaquita y ángulo incluido E</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="106 796 222 846"> <p>C</p>  </td> <td data-bbox="227 796 342 846"> <p>D</p>  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="106 861 222 911"> <p>K</p>  </td> <td data-bbox="227 861 342 911"> <p>R</p>  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="106 918 222 968"> <p>S</p>  </td> <td data-bbox="227 918 342 968"> <p>T</p>  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="106 975 222 1011"> <p>V</p>  </td> <td data-bbox="227 975 342 1011"> <p>W</p>  </td> </tr> </table>	<p>C</p> 	<p>D</p> 	<p>K</p> 	<p>R</p> 	<p>S</p> 	<p>T</p> 	<p>V</p> 	<p>W</p> 	<p>4 Tipo de portaplaquetas</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="365 796 481 896"> <p>B</p>  </td> <td data-bbox="486 796 602 896"> <p>D</p>  </td> <td data-bbox="608 796 724 896"> <p>E</p>  </td> <td data-bbox="729 796 845 896"> <p>F</p>  </td> <td data-bbox="850 796 927 896"> <p>G</p>  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="365 903 481 1003"> <p>H</p>  </td> <td data-bbox="486 903 602 1003"> <p>J</p>  </td> <td data-bbox="608 903 724 1003"> <p>K</p>  </td> <td data-bbox="729 903 845 1003"> <p>L</p>  </td> <td data-bbox="850 903 927 1003"> <p>N</p>  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="365 1011 481 1110"> <p>Q</p>  </td> <td data-bbox="486 1011 602 1110"> <p>R</p>  </td> <td data-bbox="608 1011 724 1110"> <p>S</p>  </td> <td data-bbox="729 1011 845 1110"> <p>T</p>  </td> <td data-bbox="850 1011 927 1110"> <p>V</p>  </td> </tr> </table>	<p>B</p> 	<p>D</p> 	<p>E</p> 	<p>F</p> 	<p>G</p> 	<p>H</p> 	<p>J</p> 	<p>K</p> 	<p>L</p> 	<p>N</p> 	<p>Q</p> 	<p>R</p> 	<p>S</p> 	<p>T</p> 	<p>V</p> 
<p>C</p> 	<p>D</p> 																							
<p>K</p> 	<p>R</p> 																							
<p>S</p> 	<p>T</p> 																							
<p>V</p> 	<p>W</p> 																							
<p>B</p> 	<p>D</p> 	<p>E</p> 	<p>F</p> 	<p>G</p> 																				
<p>H</p> 	<p>J</p> 	<p>K</p> 	<p>L</p> 	<p>N</p> 																				
<p>Q</p> 	<p>R</p> 	<p>S</p> 	<p>T</p> 	<p>V</p> 																				

5 Angulo de incidencia en arista de corte principal

B C
N P

6 Sentido de la herramienta

R
L
N

7 Altura

Mango

BTS

* Los números de una sola cifra deben ir precedidos de 0, por ej. h = 8 indicado como 08

8 Anchura del mango

* Los números de una sola cifra deben ir precedidos de 0, por ej. b = 8 indicado como 08

9 Longitud de la herramienta, l, mm

Mango de portatq.

A = 32	H = 100	Q = 180
B = 40	J = 110	R = 200
C = 50	K = 125	S = 250
D = 60	L = 140	T = 300
E = 70	M = 150	U = 350
F = 80	N = 160	V = 400
G = 90	P = 170	W = 450
		X = 500
		Y = especial

Unidad de corte BTS

¡Nota!
La letra puede ser reemplazada por un guión para herramientas de longitud standard.

10 Longitud de arista de corte, l mm

11 Designación del fabricante

Quando se requiera puede añadirse un símbolo suplementario al código ISO separado por un guión que conste de un máximo de 3 letras, por ej. W para diseño de cuña.

refieren a las dimensiones del zanco de la herramienta, altura, ancho y longitud del zanco, respectivamente. El décimo se refiere a la longitud del filo de corte. Opcionalmente, se agrega el undécimo código.

2.4. Clasificación ISO de las herramientas de Torneado Interior.

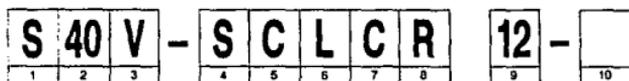
La clasificación ISO de la herramientas de torneado interior o mandrinado consiste en 9 códigos básicos y uno opcional, siendo ampliado recientemente a 12 códigos, para poder incluir a las unidades de corte BTS para mandrinado.

Los tres primeros códigos se refieren a las características del zanco de la barra; el primero al tipo de barra, el segundo a su diámetro, el tercero a su longitud. El cuarto código se refiere al tipo de sujeción del inserto. El quinto se refiere a la forma de la plaquita (ver tabla de insertos). El sexto al ángulo de ataque κ_R . El séptimo al ángulo de incidencia de la plaquita. El octavo al sentido de la barra. El noveno a la longitud del filo de corte, siendo opcional para el fabricante, el décimo código.

El undécimo código se refiere al tamaño del acoplamiento BTS y el duodécimo a sus dimensiones.

Clave de códigos

Barras para mandrinar y unidades de corte BTS para mecanizado interior



Extracto de ISO 6261-1984

<p>1 Tipo de barra</p> <p>A Barra de acero con suministro de refrigerante interno</p> <p>E Barra con mango de metal duro</p> <p>F Barra antivibratona</p> <p>S Barra de acero entena</p>	<p>2 Diámetro de barra</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>3 Longitud de la herramienta, l, mm</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <table style="font-size: 8px;"> <tr><td>F = 80</td><td>S = 250</td></tr> <tr><td>H = 100</td><td>T = 300</td></tr> <tr><td>K = 125</td><td>U = 350</td></tr> <tr><td>M = 150</td><td>V = 400</td></tr> <tr><td>P = 170</td><td>W = 450</td></tr> <tr><td>Q = 190</td><td>Y = 500</td></tr> <tr><td>R = 200</td><td>X = especial</td></tr> </table> </div>	F = 80	S = 250	H = 100	T = 300	K = 125	U = 350	M = 150	V = 400	P = 170	W = 450	Q = 190	Y = 500	R = 200	X = especial
F = 80	S = 250															
H = 100	T = 300															
K = 125	U = 350															
M = 150	V = 400															
P = 170	W = 450															
Q = 190	Y = 500															
R = 200	X = especial															
<p>4 Sistema de sujeción</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p> Sujec. por cara superior</p>  <p>C</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p> Sujec. por cara superior y por el agujero</p>  <p>M</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p> Fijación por el agujero</p>  <p>P</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p> Fijación por tornillo</p>  <p>S</p> </div> </div>	<p>5 Forma de plaquita y ángulo de punta E</p> <table style="width: 100%; text-align: center; font-size: 8px;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>C  90°</p> <p>K  55°</p> <p>S </p> <p>V  75°</p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>D  55°</p> <p>R </p> <p>T </p> <p>W  90°</p> </td> </tr> </table>	<p>C  90°</p> <p>K  55°</p> <p>S </p> <p>V  75°</p>	<p>D  55°</p> <p>R </p> <p>T </p> <p>W  90°</p>	<p>6 Forma de barra</p> <table style="width: 100%; text-align: center; font-size: 8px;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>F  90°</p> <p>J  93°</p> <p>K  75°</p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>L  95°</p> <p>Q  107.5°</p> <p>U  93°</p> </td> </tr> </table>	<p>F  90°</p> <p>J  93°</p> <p>K  75°</p>	<p>L  95°</p> <p>Q  107.5°</p> <p>U  93°</p>										
<p>C  90°</p> <p>K  55°</p> <p>S </p> <p>V  75°</p>	<p>D  55°</p> <p>R </p> <p>T </p> <p>W  90°</p>															
<p>F  90°</p> <p>J  93°</p> <p>K  75°</p>	<p>L  95°</p> <p>Q  107.5°</p> <p>U  93°</p>															

7 Angulo de incidencia en filo de corte principal

B C

N P

8 Sentido de la herramienta

R

L

9 Longitud de filo de corte, l mm

C,D,V

K

R

S

T

W

10 Opción del fabricante

Cuando se requiera un símbolo suplementario de un máximo de 3 letras, se debe añadir al código ISO, separado por un guión, por ej.:

D = dimensión l aumentada, + 1,0 mm
 E = dimensión l aumentada, + 2,0 mm
 R = mango redondo
 W = diseño de cuña
 X = mandrinado por tracción

11 Tamaño BTS

BT = Sistema BTS

b = Tamaño del acoplamiento

12 Tamaño de unidad de corte BTS

$d \times l_2$ precedido de una D (que indica unidades de corte para interior)

CAPITULO III

PRINCIPALES SISTEMAS DE SUJECION DE INSERTOS.

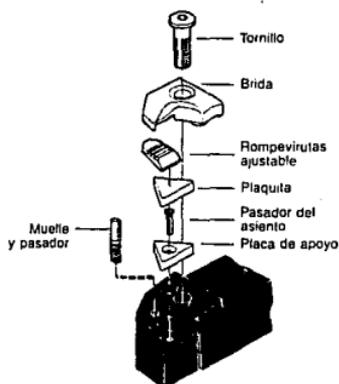
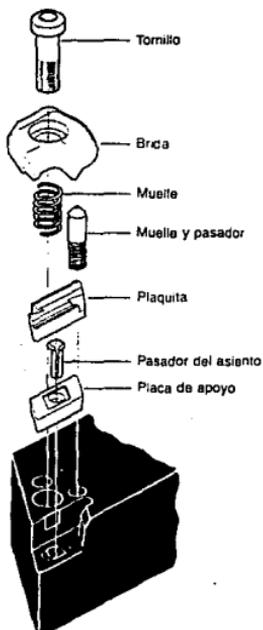
Ya hemos hablado de las propiedades de los insertos de metal duro y de cómo varían éstas, de acuerdo con su composición, de su historia y proceso de fabricación, de tal manera que ya se tiene una idea de sus alcances y limitaciones. Pero antes de empezar a estudiar la teoría de corte, tenemos que ver de manera general los principales sistemas de sujeción de los insertos en la herramienta.

De la misma manera que el material duro, no existe un tipo de sujeción ideal, que cubra todos los aspectos requeridos en los diferentes tipos de mecanizado: desbaste, semidesbaste, acabado, roscado; ranurado, tronzado, copiado, etc; proporcionando rigidez, pero no muy voluminoso que estorbe el paso de las virutas, o del mecanizado mismo.

El sistema de sujeción más antiguo es el de brida. La brida de una herramienta puede tener formas específicas, de acuerdo al área de aplicación de ésta. Existen herramientas para trabajo pesado con bridas robustas que trabajan con insertos negativos, otras como las usadas en mecanizado de copia; o las más pequeñas, utilizadas en herramientas con insertos muy positivos para operaciones ligeras (Aluminio), o de difícil acceso (ranurado e interiores).

El empleo de la brida permite también el uso de

rompevirutas, que montado sobre el inserto es sujetado a la

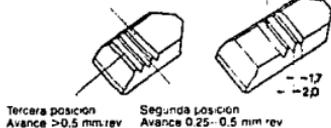


Fijado como standard

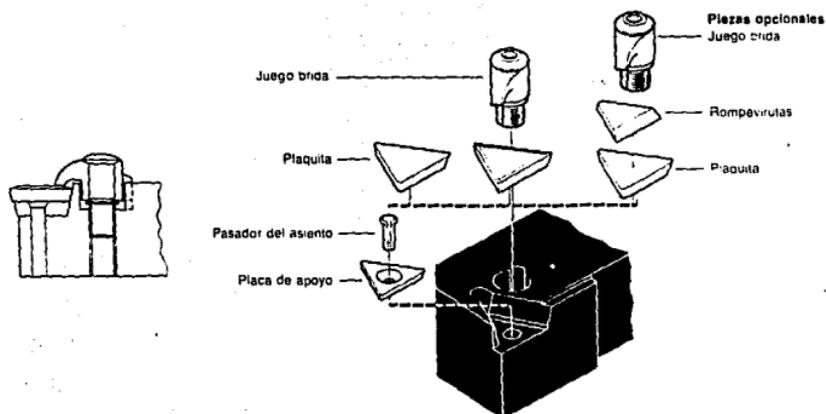
Primera posición
Avance < 0.25 mm rev

Se suministra por separado

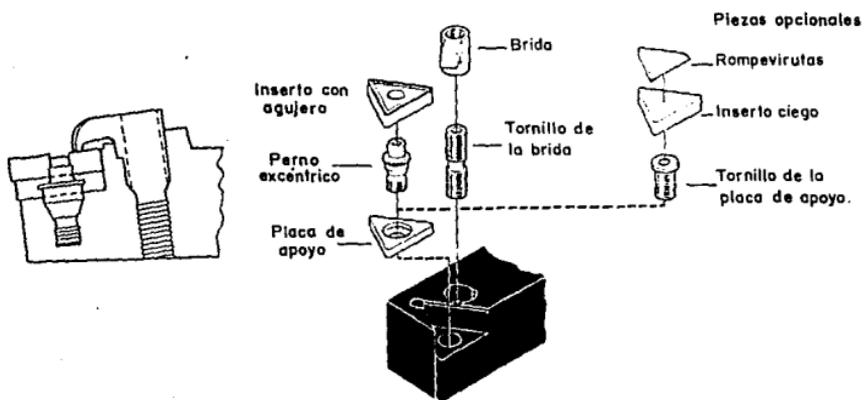
Avance < 0.20 mm rev



3. 1. Sistema T-MAX



3.2. Sistema T-Max S

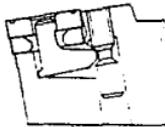


3.3. Sistema T-Max M

vez por la brida.

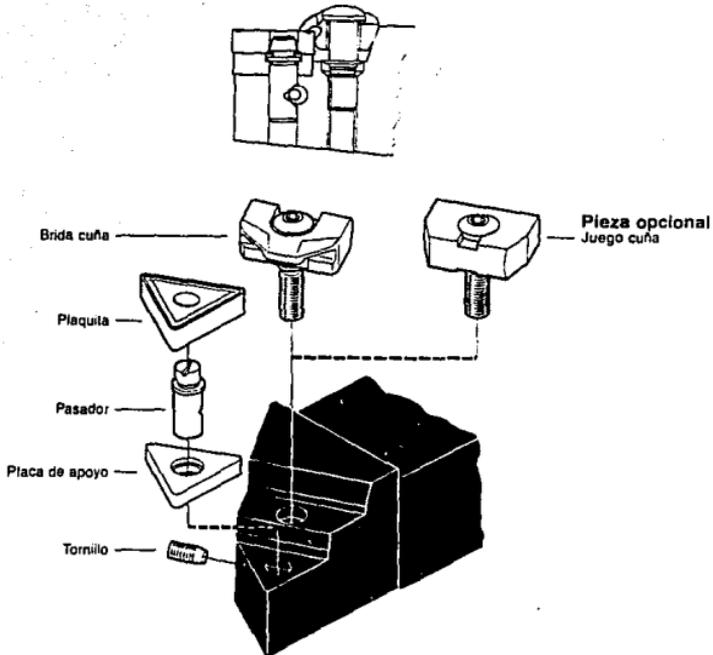
Pero el uso de herramientas con brida está limitado por operaciones de difícil acceso y porque puede obstruir el flujo de virutas. En las figs. 3.1, 3.2, y 3.3, se muestran algunos ejemplos de utilización de bridas (designaciones Sandvik).

El sistema más usado en torneado exterior, es del de palanca (T-MAX P, para Sandvik), en el cual el inserto es sujetado por el agujero, por medio de un perno o una leva. Este sistema utiliza insertos negativos, brindando una excelente estabilidad, por lo que puede usarse desde operaciones de desbaste hasta operaciones de acabado; no se recomienda para torneado interior, ya que ocupa más espacio que los demás sistemas lo cual no permita el mecanizado de diámetros pequeños. Otro factor a tomar en cuenta es el hecho de que trabaja con ángulos negativos, lo que hace que los



3.4. Sistema T-Max P





3.5. Sistema T-MAX P - Cuña

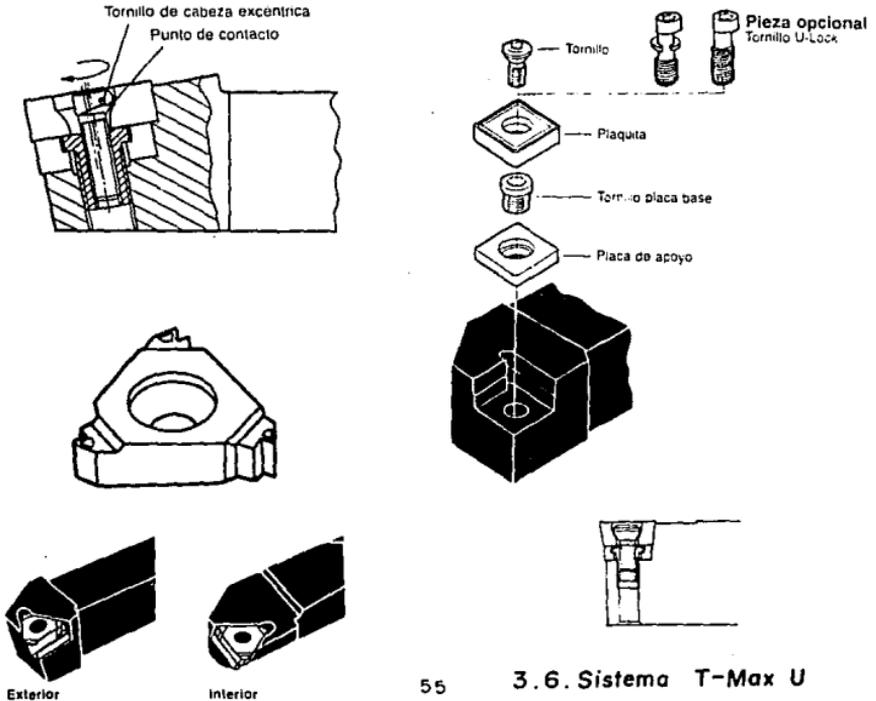
requerimientos de potencia de la máquina sean mayores.

Existen tres variaciones de éste sistema: diseño de palanca, brida-cuña y cuña, que se pueden observar en las figuras 3.4 y 3.5.

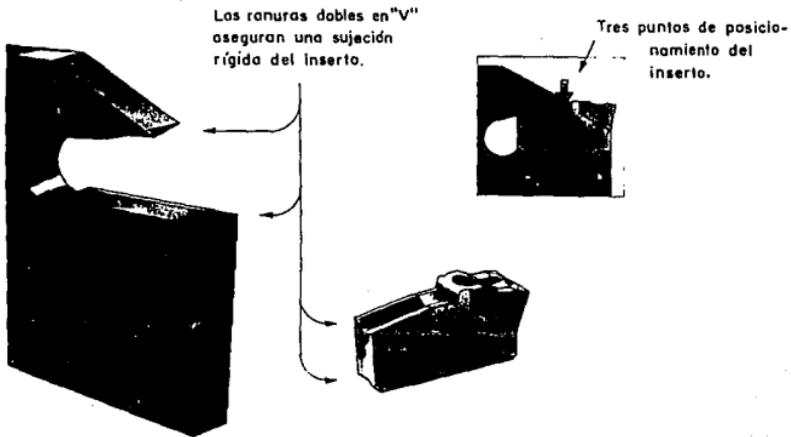
El sistema de sujeción por tornillo está diseñado para semiacabados y acabados, así como el torneado interior de

pequeños diámetros, ya que el tornillo no requiere de mucho espacio y no obstruye la salida de virutas; y debido a que trabaja con insertos positivos, las fuerzas de corte son menores, requiriendo de menor potencia para el maquinado y por otro lado soportando mayores voladizos que las herramientas con insertos negativos.(fig. 3.6).

También existen sistemas muy específicos para el trabajo que desarrollan, tal es el caso del sistema Q-Cut para ranurado y tronzado, el cual utiliza ranuras en v,



tanto en el inserto como en la herramienta que le dan una mayor rigidez. La sujeción de la plaquita se dá en la misma cavidad o por medio de una brida. A continuación se muestra el sistema y algunas aplicaciones.

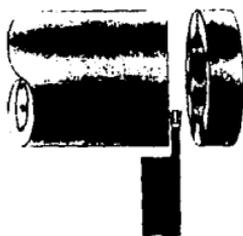


3. 7. Sistema T-Max Q-Cut.

Tronzado



Tronzado

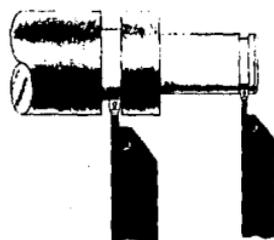


CAPITULO III

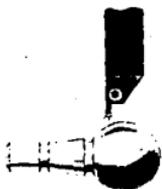
Ranurado frontal



Ranurado



Perfilado



Desahogos

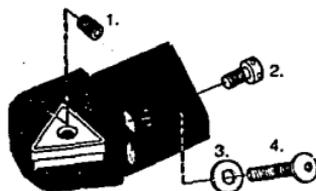


3. B. Q - CUT.

Otros componentes de las herramientas especiales.

La mayoría de fabricantes de herramientas de corte, ha desarrollado algunos otros componentes que incluyen a un inserto y un método para montarlos a las herramientas especiales de filos de corte múltiples. Estos componentes pueden tener algún tipo de ajuste, radial y/o axial lo que los hacen de mucha utilidad cuando se deben de controlar tolerancias muy estrechas en la pieza a maquinar.

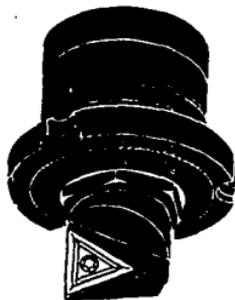
Estos componentes pueden ser cartuchos, normalizados también por ISO, unidades micrométricas, unidades de asiento, etc. En las figs. 3.9 y 3.10, podemos observar algunos ejemplos.



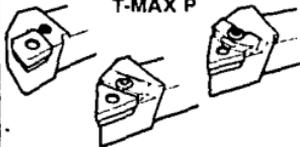
1. Tornillo de ajuste radial
2. Tornillo de ajuste axial
3. Arandela
4. Tornillo de montaje

3.9. Cartuchos normalizados a ISO.

3.10. Unidades Micrométricas



Y por último, algunas sugerencias para una selección adecuada del sistema de sujeción en relación con el tipo de trabajo que se va a desarrollar.

 <p style="text-align: center;">T-MAX P</p>	 <p style="text-align: center;">T-MAX U</p>	 <p style="text-align: center;">T-MAX S</p>	 <p style="text-align: center;">T-MAX</p>	 <p style="text-align: center;">Torneado de copia T-MAX</p>
<p>Palanca, cuña, brida-cuña</p> <ul style="list-style-type: none"> - Primera selección para torneado exterior - Para un portaplaquitas está disponible un gran número de geometrías, de una y dos caras - Tiempo de intercambio corto, especial para el diseño de palanca - Para mejor accesibilidad, utilice el sistema de sujeción de «brida cuña» para el torneado exterior, y el de «cuña» para el torneado interior 	<p>Tornillo brida</p> <ul style="list-style-type: none"> - Primera selección para torneado interior y torneado de copia fino - Pequeñas dimensiones del mango - Cambio rápido con el tornillo U-Lock 	<p>Brida-S</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pequeñas dimensiones del mango - Adecuado para torneado interior 	<p>Brida superior</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de larga duración para plaquitas intercambiables con rompevirutas ajustables - Buena alternativa para materiales inoxidables y resistentes al calor 	<p>Brida superior</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sujeción estable - Excelente para torneado de copia en desbaste medio a fuerte

3.11. Características de los principales sistemas de sujeción.

CAPITULO IV

FUERZAS DE CORTE EN EL TORNEADO.

Ya hemos visto las propiedades del metal duro, áreas de aplicación, y en el capítulo anterior, métodos de sujeción del inserto a la herramienta, por lo que ya podemos empezar con la teoría de corte de metales.

El proceso de conformado de los materiales mediante el arranque de viruta es el proceso en el cual se consiguen las dimensiones de semiacabado o acabado de una pieza, previamente conformada mediante otros métodos (forja, fundición, etc), en los cuales se procura que el proceso de arranque de virutas requerido, sea lo menor posible.

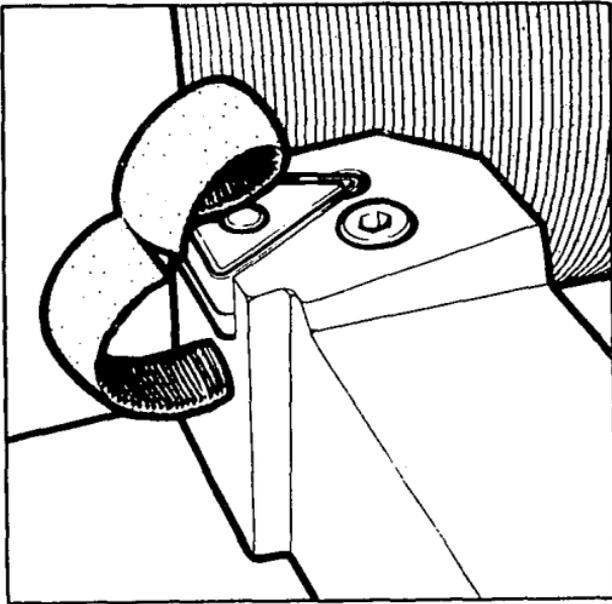
En el corte de metales un material con mayor dureza y geometría convenientemente aguda (herramienta), arranca pedazos de material de otro más suave (pieza), dándole la forma y acabado superficial deseado, mediante una interferencia entre pieza y herramienta, un movimiento relativo entre ambas y con la potencia suficiente en la máquina-herramienta para vencer la resistencia del material de la pieza.

Existen tres principales métodos de corte: torneado, fresado y taladrado.

El método más común es el del torneado. Cerca de una cuarta parte del mecanizado de metales es torneado. Es también el menos complejo de éstos métodos. El torneado es el arranque

de virutas de una pieza de trabajo para obtener un determinado perfil circular (de revolución), generalmente, mediante el uso de un sólo filo de corte.

En el torneado (salvo algunas excepciones), la pieza de trabajo gira, y la herramienta de corte es forzada en contra suya. El torneado consta de dos movimientos: el giro de la

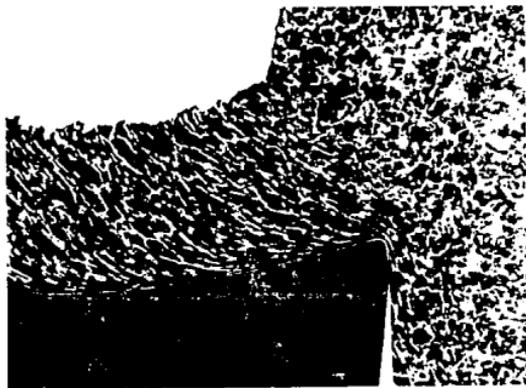


4.1

pieza de trabajo y el movimiento lineal de la herramienta longitudinal o radialmente sobre la pieza de trabajo. La pieza de trabajo gira con determinada velocidad (v), mientras que la herramienta tiene un determinado avance (s) a determinada profundidad (a).

4.1.El filo de corte.

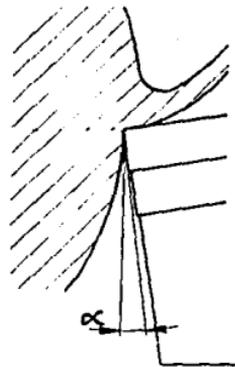
Cuando la herramienta es presionada hacia la pieza de trabajo, el material de la pieza es deformado elásticamente, pasando posteriormente por una deformación plástica por planos de deslizamiento, formando la viruta, hasta la separación de ésta porción, del resto de la pieza, como se muestra en la siguiente figura, 4.2.



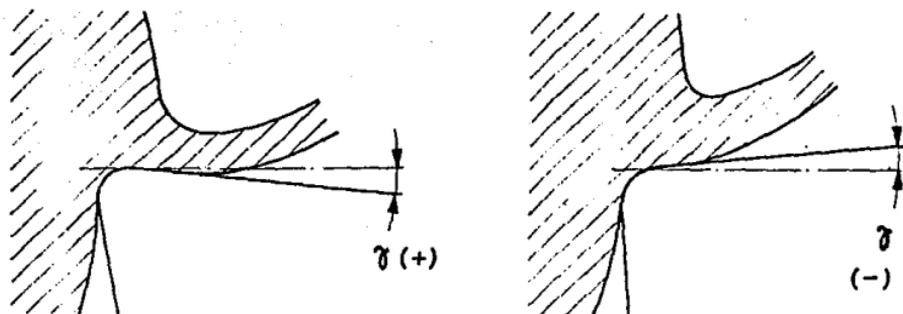
4.2.Formación y arranque de la viruta.

Es esencial para una buena eficiencia en el maquinado, el uso del filo de corte adecuado. La experiencia nos dice que un filo de corte muy agudo corta con mucha mayor facilidad que uno no agudo; pero sabemos que un filo muy agudo, es también muy débil. En el corte de metales ésta diferencia es muy importante.

En la figura 4.3 , se muestra una pieza de trabajo con la herramienta cortando. Primeramente se advierte que la herramienta debe tener cierto ángulo de incidencia. Este ángulo de incidencia α es el que impide el rozamiento entre herramienta y pieza, cuestión de suma importancia, ya que éste rozamiento altera las dimensiones, acabado superficial y crea esfuerzos adicionales en la herramienta, por lo que es conveniente reducirlo al mínimo. El ángulo de incidencia α , es necesario independientemente de que el filo de corte sea agudo o no. No varía mucho en las diferentes operaciones, ya que sólo se requiere asegurar la existencia de un claro para que no se produzca rozamiento lateral entre pieza y herramienta.



4.3. Ángulo de incidencia



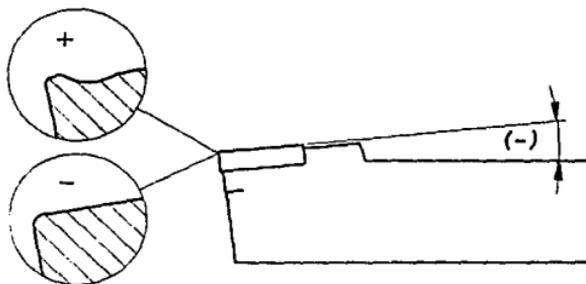
4.4. Diferentes Angulos de desprendimiento.

En la figura 4.4 a la izquierda muestra un filo de corte agudo, con un ángulo de desprendimiento positivo (positivo porque el ángulo de la sección transversal es menor de 90°). El filo de corte de la derecha es negativo, ya que el ángulo de la sección transversal es igual o mayor a 90° . La selección del ángulo está determinado por el material de la pieza y por la potencia de la máquina.

Aunque de hecho la posición negativa del inserto no implica que el ángulo de desprendimiento sea negativo, ya que la geometría de los insertos modernos se incluyen ángulos positivos ya sinterizados, como se muestra en la figura 4.5.

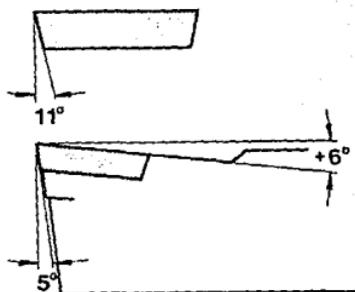
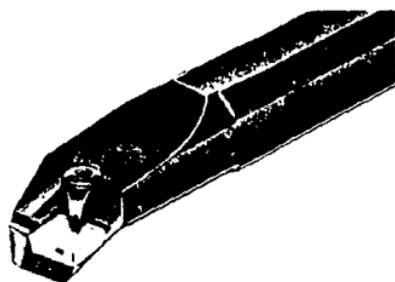
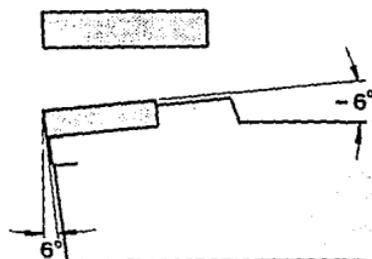
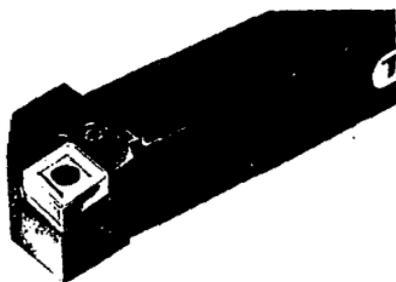
Pero tomando en cuenta la forma básica del inserto

negativo que es de 90° , o de 0° de incidencia, es necesario posicionarlo de manera negativa para que tenga incidencia. Cosa que no es necesario hacer en los insertos



4.5. La geometría del inserto puede compensar positivamente un inserto negativo.

positivos, los cuales pueden ser posicionados positivamente con la incidencia suficiente, como se muestra en la figura 4.6.



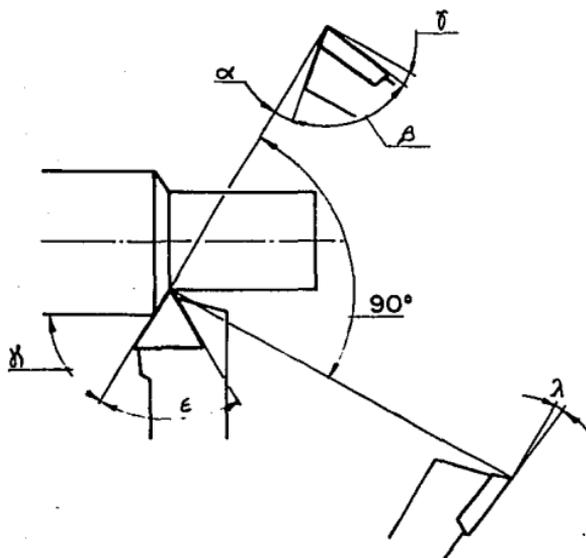
4.6. Posicionamiento de insertos positivos y negativos.

4.2. Geometría de la herramienta.

El conocimiento de los ángulos de la herramienta es muy importante para que se lleve a cabo un mecanizado eficiente, debido a sus efectos sobre el funcionamiento de la herramienta.

En el filo de corte, pueden ser analizados muchos ángulos, pero aquí se mencionarán sólo los que se usan

generalmente en la práctica, ilustrados en la figura 4.7.



4. 7. Principales Angulos de corte

γ : Ángulo de Desprendimiento.

α : Ángulo de Incidencia.

β : Ángulo de Corte.

λ : Ángulo de inclinación.

κ : Ángulo de Posición.

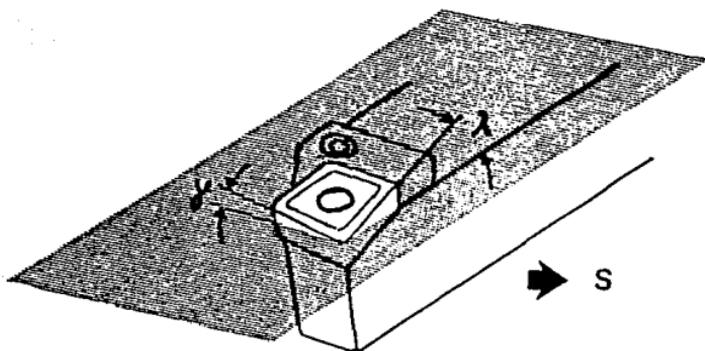
ϵ : Ángulo de punta.

El ángulo de desprendimiento γ es el ángulo de la cara del inserto que corta el material. Determina si la herramienta es positiva o negativa.

Un desprendimiento positivo reduce las fuerzas de corte reduciendo la tendencia a la vibración. Un ángulo de desprendimiento negativo es más resistente, pero requiere de una máquina más estable y potente. Se recomienda un ángulo de desprendimiento negativo para fundiciones, termoresistentes y materiales de difícil maquinado.

El ángulo de Incidencia α , como vimos, es el claro entre la pieza y herramienta que impide la fricción entre ambas; comúnmente el desgaste lateral, la incidencia, es lo que determina el momento de cambiar el filo de corte, que varía de acuerdo al tipo de operación y acabado superficial deseado: para operaciones de acabado, el desgaste lateral máximo es de 0.1 mm. y en operaciones de desbaste, puede ser hasta de 1.5 mm., ya que el acabado superficial no es de importancia.

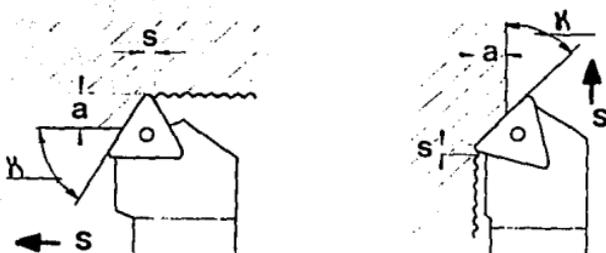
El ángulo de inclinación λ es el ángulo perpendicular al ángulo de posición, formado por la inclinación del inserto y la horizontal. Este ángulo protege la punta del filo de corte haciendo la entrada de la herramienta y el corte más suave (ver figura 4.8).



4.8. Angulo de desprendimiento γ
y de inclinación λ

El ángulo de posición κ es el ángulo formado por el filo de corte y la dirección del avance de la herramienta, ver figura 4.9.

El ángulo de posición determina el tipo de la herramienta. También afecta el espesor de la viruta y la magnitud y dirección de las fuerzas de corte, como veremos más adelante. En la figura 4.9, a la izquierda se muestra una herramienta para cilindrado y a la derecha, una herramienta para careado.



4.9. Angulo de posición κ (Kappa).

El ángulo de punta ϵ es el formado por las dos caras contiguas del inserto y está determinado por la accesibilidad de la operación.

4.3. Fuerzas de corte.

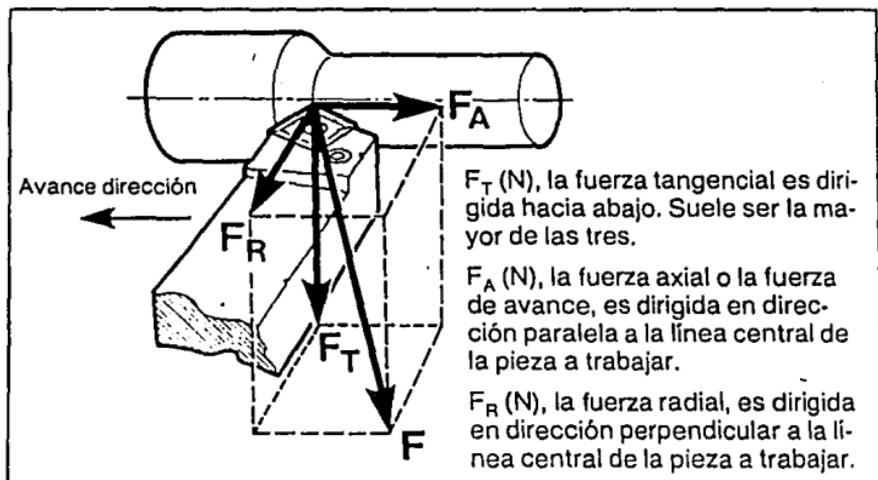
La fuerza principal de corte que debe de soportar la herramienta, y a través de ella, la máquina, está determinada por la geometría de la herramienta, el material de la pieza y las condiciones de corte.

La fuerza de corte se puede dividir en tres componentes:

La fuerza tangencial F_T es la fuerza de corte de mayor importancia, es la componente en dirección de la velocidad tangencial, siendo la componente de mayor magnitud. Esta fuerza causa la deflexión de la herramienta.

La fuerza axial F_A o fuerza de avance es la componente en dirección del eje de la pieza.

La fuerza radial F_R , llamada también fuerza de rechazo, es la componente en la dirección perpendicular al eje de la pieza y a la componente tangencial. La magnitud de ésta



4.10. Componentes de la fuerza de corte F .

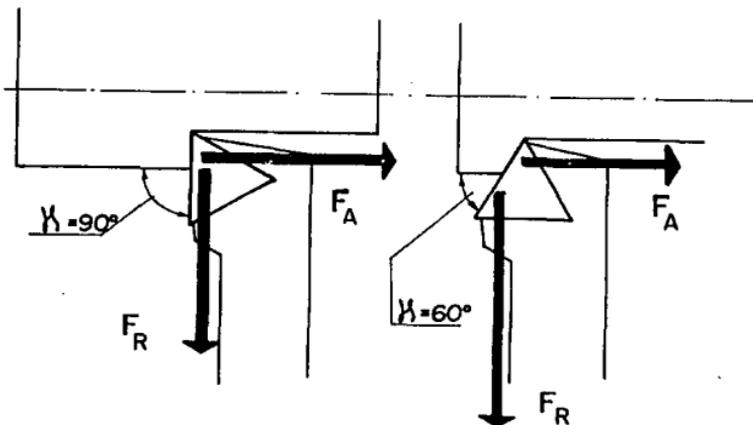
componente depende principalmente del ángulo de posición κ y el radio de punta de la herramienta.

La relación de magnitud de éstas tres componentes es aproximadamente la siguiente: $F_T:F_A:F_R=4:2:1$, aunque ésta

proporción varía con el ángulo de posición y el radio de la herramienta.

4.5. Influencia del ángulo de Posición κ en las fuerzas de corte.

El ángulo de posición κ que produce una magnitud menor de la fuerza radial o de rechazo, es el de 90° , como se muestra en la figura, siendo el más recomendado para operaciones con piezas delgadas o con grandes voladizos.

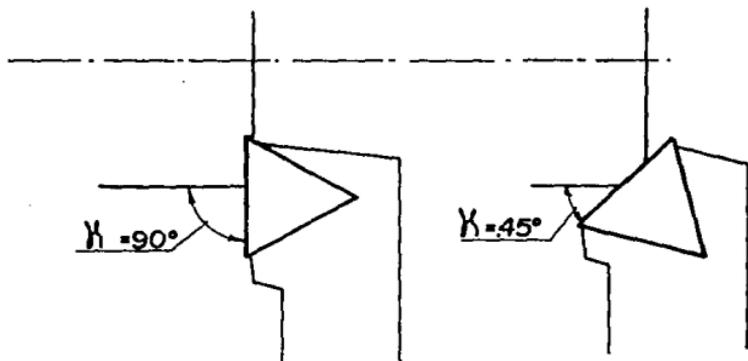


4.11. Relación entre el ángulo de posición κ y las componentes axial y radial de F .

Pero, a su vez, con un ángulo $\kappa=90^\circ$, como se ve en la

figura 4.12, el filo de corte registra la totalidad de la profundidad de corte, existiendo el riesgo de fracturas en el inserto, debido al choque inicial.

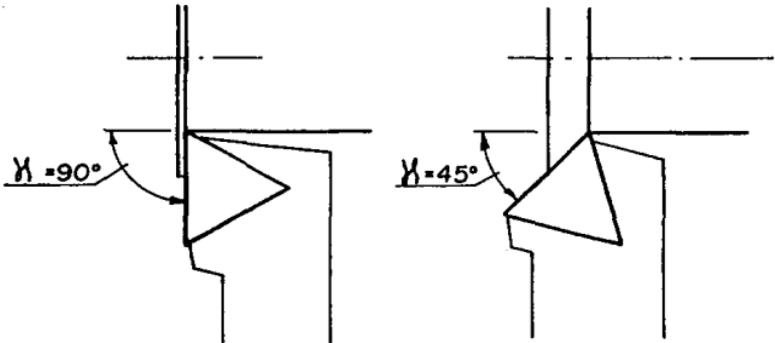
En cambio, con $\kappa=45^\circ$, el filo de corte penetra gradualmente, protegiéndose el filo de corte y distribuyendo las fuerzas a lo largo de éste, como se muestra en la fig. 4.12.



4.12. Comienzo de un maquinado con diferentes ángulos de posición.

En la siguiente figura, 4.13, se muestra otra desventaja del ángulo a 90° . Al terminar el corte, se forma un anillo, el cual, una vez terminada la operación y separarse súbitamente el inserto de la pieza, puede producir roturas.

Con $\kappa=45'$, el filo de corte se separa gradualmente, evitando cualquier riesgo de roturas.

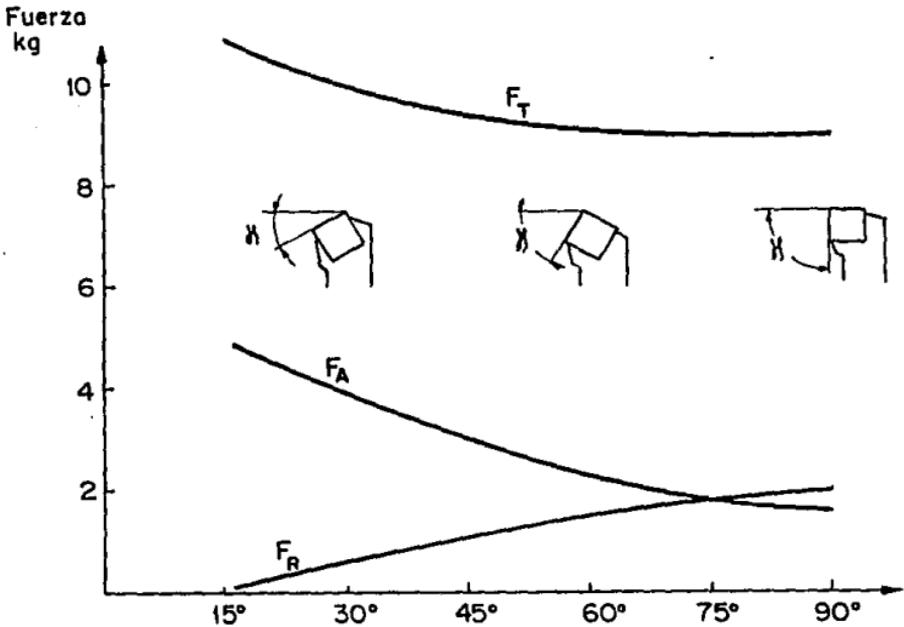


4.13. Terminación de un maquinado con diferentes ángulos de posición.

Resumiendo, el ángulo de posición depende de las necesidades de una determinada operación, teniendo ventajas y desventajas, por lo que no existe una recomendación única. En el siguiente diagrama observamos cómo varían las componentes de la fuerza de corte con respecto al ángulo de posición.

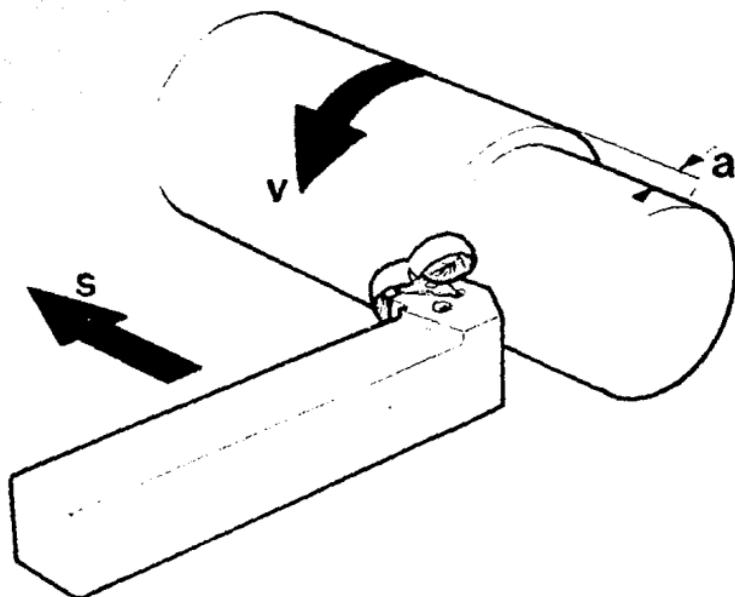
Un ángulo de $30'$, por ejemplo, produce fuerzas radiales y tangenciales muy altas en comparación con el de $90'$. Considerando que con el aumento de las fuerzas de corte,

aumenta también el consumo de potencia y el riesgo de vibración.



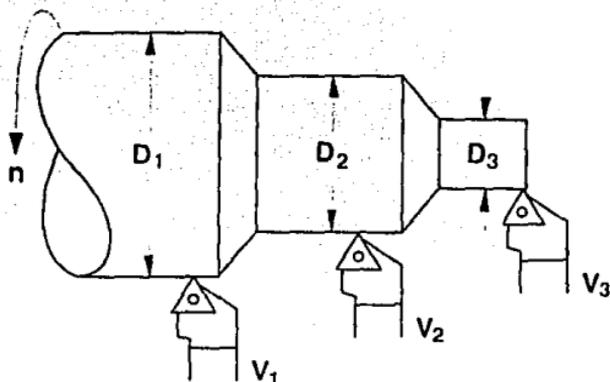
4.14. Influencia del ángulo de posición λ en las fuerzas de corte

4.15. Datos de Corte



4.5. Datos de corte.

Como ya se mencionó, la operación de torneado está compuesta por dos movimientos: la rotación de la pieza de trabajo y el movimiento lineal de la herramienta. Estos parámetros se expresan en la velocidad angular del husillo y el avance y profundidad de corte de la herramienta.



4.16. Diferentes velocidades periféricas para las mismas revoluciones de la pieza.

La velocidad angular n del husillo es el número de revoluciones que la máquina gira a la pieza de trabajo por minuto (rpm).

La velocidad de corte, simbolizada por la letra v , es la velocidad con que la periferia de la pieza de trabajo pasa por el filo de corte, siendo cortada por éste. Frecuentemente las piezas tienen más de un diámetro, por lo que hay que calcular ésta velocidad tangencial para cada diámetro, ya que este parámetro es el que sirve de base para la determinación de el tipo de inserto y de la herramienta adecuada, el monto de metal removido, vida de la herramienta, consumo de

potencia, etc. (ver figura 4.16)

La selección de la velocidad de corte se encuentra ya normalizada en catálogos de los fabricantes de metal duro en relación con el tipo de material de la pieza, acabado superficial, tipo de operación, etc., aunque algunas veces también depende de la experiencia del operador o de pruebas realizadas con anterioridad.

$$v \text{ para el sistema métrico} \quad v = \pi Dn / 1000$$

$$v \text{ para el sistema inglés} \quad v = \pi Dn / 12$$

En donde:

v = Velocidad de corte en m/min o en pies/min.

π = Constante circular.

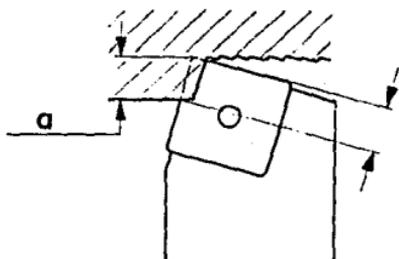
D = Diámetro de la pieza en mm. 6 en pulgadas.

n = Revoluciones por minuto.

El avance s , es el movimiento lineal de la herramienta por cada revolución. Comúnmente se expresa en mm/rev o pulg/rev.

La profundidad de corte a , es la penetración de la herramienta en la pieza, a través de su movimiento lineal. Es una medida

directa del material que es removido de la pieza. Se expresa



4.17. Profundidad de corte y longitud del inserto.

en mm. 6 en pulgadas.

Un punto importante a considerar es que la profundidad de corte no puede ser igual que la longitud del inserto, sino un máximo de dos terceras partes de la longitud del filo de corte, estando limitado también por el ángulo de posición κ , como se muestra en la figura 4.17.

4.6. Formación de la viruta.

Ya habíamos visto que la formación de la viruta se da por un un proceso de cizallamiento, en el cual ésta porción de material es separada del resto de la pieza por una deformación plástica por planos de deslizamiento, que, dependiendo de la fragilidad o ductilidad del material, se rompe, o continúa unida. En los materiales dúctiles, la formación de la viruta sin ruptura, provoca muchos inconvenientes, ya que tiende a enrollarse en la pieza, dificultando el corte, que incluso llega a hacer imposible su continuidad, teniendo que parar el mecanizado para quitar toda la viruta enrollada.

La rotura de la viruta en materiales frágiles se debe a que en ellos, prácticamente no existe deformación plástica previa a la ruptura del material, es por ésto que la deformación plástica ocurrida durante el corte es suficiente para que la viruta se fragmente.

En los materiales dúctiles, como los aceros, ésta deformación plástica no es suficiente para producir la ruptura

de la viruta, haciendo necesario otro medio que la presione y continúe ésta deformación hasta que se produzca la ruptura.

Este medio es el rompevirutas, el cual puede ser posicionado sobre el inserto, o puede estar incluido en la geometría del inserto, como en los insertos modernos.

Cuando el rompevirutas es una pieza suelta, puede ser posicionado sobre el inserto con determinados ángulos que dirigirán el flujo de virutas en determinada dirección, dependiendo del ángulo de posición κ y del material de la pieza. Aunque el más usado es el que se encuentra paralelo al filo de corte.

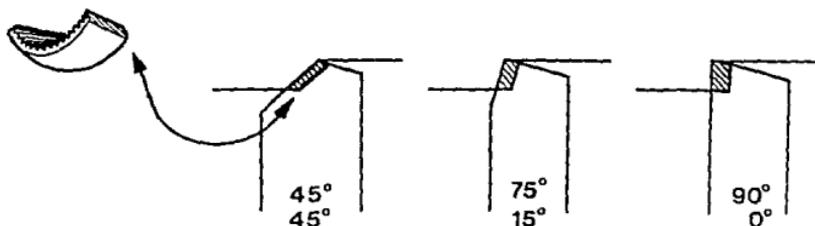
En el caso de que el rompevirutas esté incluido en la geometría de inserto, éste consta de varios escalones para controlar pequeños y grandes avances de la herramienta y se presenta con forma ondulada para un mayor control del flujo de la viruta.

La forma y el tamaño de las virutas dependen de los siguientes factores:

El ángulo de posición κ , el cual afecta el espesor y la dirección de las virutas. Ángulos pequeños como 45° producen viruta con un espesor menor que el que produce el de 90° , en el cual, el espesor de la viruta es prácticamente igual al del avance de la herramienta, como se puede apreciar en la figura 4.18.

El área de la sección transversal de la viruta es el

producto de la profundidad de corte a , y el avance por



4.18. El espesor de la viruta es afectado por el ángulo de posición.

revolución. Se incluye también un factor de ajuste debido a κ .

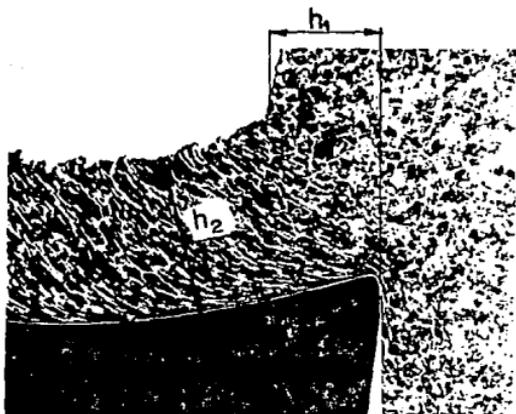
El espesor nominal de la viruta h_1 se obtiene como:

$$h_1 = s \cdot \text{sen} \kappa$$

Pero, debido a la deformación plástica, el espesor real de la viruta, es un poco mayor, como se puede apreciar en la figura 4.19.

Los datos de corte también influyen en la forma de la viruta, además del rompevirutas, la herramienta, y el tipo de material de la pieza.

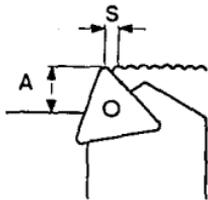
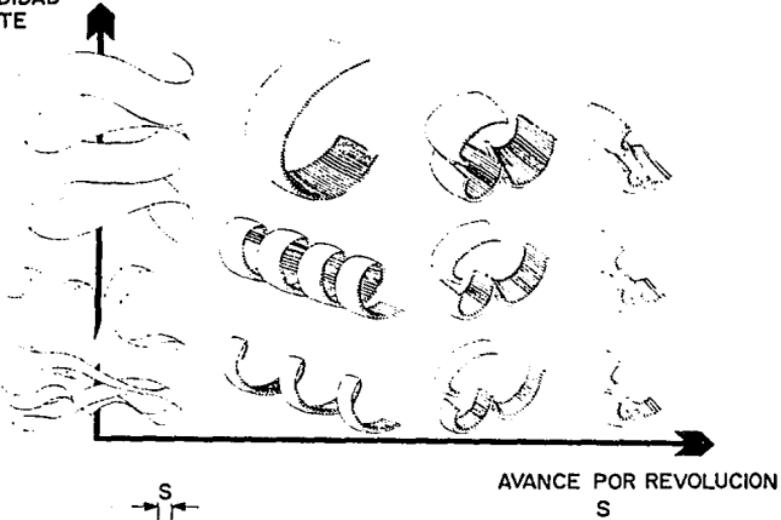
De los datos de corte, como vimos el avance s es el que determina el espesor de la viruta, como se puede apreciar en la siguiente gráfica, 4.20. Mejorando también el índice de ruptura de las virutas.



4.19. Espesor nominal (h_1) y real (h_2) de la viruta.

La profundidad de corte a , determina el ancho de la viruta. La velocidad de corte v no tiene una influencia apreciable en la forma de la viruta.

PROFUNDIDAD
DE CORTE
A



4. 20. Tamaño de la viruta en función de la profundidad de corte y del avance.

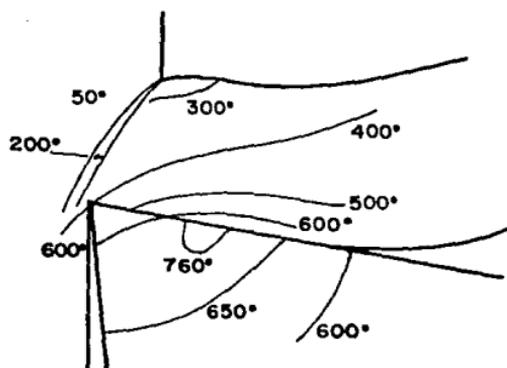
4.7. Potencia y calor.

La demanda de potencia del proceso de corte es consumida en:

- 1.-Deformar y separar material de la pieza de trabajo.
- 2.-Vencer la fuerza de fricción entre la pieza de trabajo y la herramienta.
- 3.-Vencer la fuerza de fricción entre la viruta y la herramienta.
- 4.-Otras pérdidas.

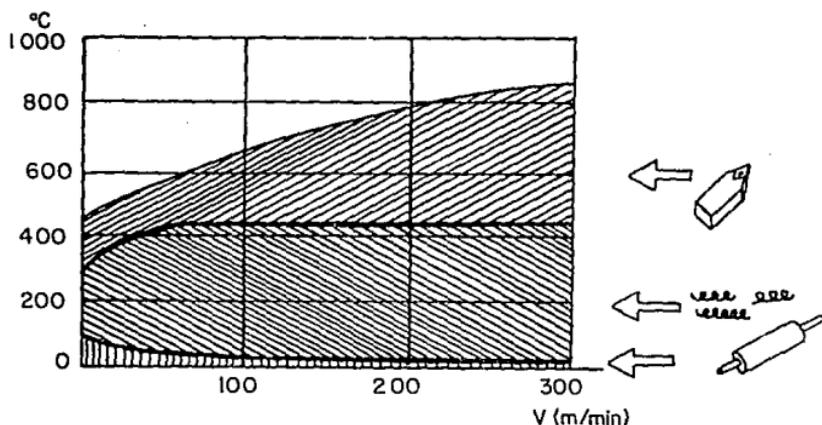
La mayor parte de la potencia es consumida en la deformación y separación de material. La potencia consumida en la deformación plástica del material removido, es transformada en calor, al igual que en la fricción entre pieza-herramienta y viruta-herramienta. Este calor generado, se produce en la zona de cizallamiento, en el flanco de la herramienta, y en la cara superior, en el ángulo de desprendimiento y.

La mayor parte del calor se genera por la deformación y separación del material removido y es precisamente en la viruta donde se disipa la mayor parte de él, sin embargo la temperatura de la viruta y la herramienta no son iguales, aunque se mantienen en contacto durante todo el proceso. A continuación, en la fig. 4.21, se muestran los isotermas de las temperaturas generadas en el proceso y su localización.



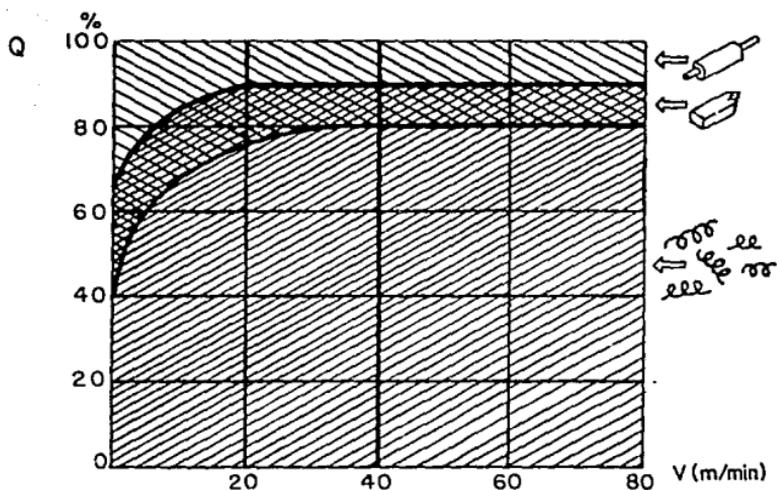
4.21. Distribución de temperaturas

Con el aumento de la velocidad de corte, aumentan los esfuerzos, el calor generado y la temperatura de la herramienta, ya que la temperatura de la viruta permanece prácticamente igual y curiosamente la temperatura de la pieza decrece, como podemos ver en el siguiente diagrama, 4.22.



4.22 Gráfica de la distribución de la temperatura de corte en la pieza, viruta y herramienta.

Si ahora estudiamos la cantidad de calor en cada uno de los factores del corte, observamos que la relación es diametralmente diferente; la mayor parte del calor generado, el 80% se encuentra en la viruta que es la parte que ha sido deformada y separada de la pieza.



4.23. Gráfica de la distribución del calor generado en el corte en la viruta, herramienta y pieza.

Un incremento en el espesor de la viruta, aumentará el calor generado, pero también el volumen de material removido, haciendo más rentable la operación.

A causa de las grandes temperaturas y presiones debidas a la deformación de la viruta contra la cara de la

herramienta, una porción del material removido se adhiere a la cara de desprendimiento, formando el llamado filo de aportación.

Este fenómeno se presenta:

- Al maquinar materiales muy dúctiles.
- Por una baja velocidad de corte.
- El ángulo de desprendimiento y es muy negativo para la operación en cuestión.
- Se requiere un ángulo de incidencia mayor.

Sus desventajas son:

- Afecta el acabado superficial y las dimensiones finales.
- Incrementa el desgaste de la herramienta.

La manera más común de evitar el filo de aportación es elevando la velocidad de corte; pero también se debe de considerar un ángulo de desprendimiento más positivo y un ángulo de incidencia adecuado.

4.8. PROBLEMAS COMUNES QUE SE PRESENTAN EN LOS INSERTOS.

Los problemas que se encuentran frecuentemente en los insertos son:

Craterización. -Se debe al desgaste por difusión debido a las temperaturas de corte muy elevadas para ése grado, en la cara de desprendimiento de la plaquita.

Solución. -Seleccionar una calidad recubierta. Seleccionar

una geometría positiva, reducir el avance y/o la velocidad de corte.

Desgaste lateral.-Se produce cuando la cara de incidencia del filo de corte fricciona contra la pieza. Un desgaste lateral muy rápido se produce debido a una velocidad de corte demasiado alta o un grado con resistencia al desgaste muy bajo.

Solución.-Reducir la velocidad de corte, seleccionar una calidad con mayor resistencia al desgaste y/o seleccionar un ángulo de posición mayor.

Astillado.-Se produce cuando el metal duro es demasiado frágil para la operación o cuando el filo se encuentra sujeto a variaciones térmicas severas o con vibraciones.

Solución.-Seleccionar una calidad más tenaz. Seleccionar una plaquita con un filo de corte más robusto. Aumentar la velocidad de corte.

Deformación plástica.-Es ocasionada por una elevada temperatura de corte así como de una alta presión.

Solución.-Seleccionar una calidad con mayor dureza. Reducir la velocidad de corte y/o reducir el avance.

4.9. Acabado Superficial (Ra).

En el mecanizado de metales, así como en otros procesos, existen imperfecciones que pueden ser de orden macrométrico (de primer orden), es decir las que están definidas dentro del ámbito de las tolerancias de posición, como: posición, paralelismo, simetría, perpendicularidad, coaxialidad, inclinación, salto (run out).

Existen, también las imperfecciones microgeométricas que definen su estado superficial, el cual es especificado de acuerdo con la función que desempeña dicha pieza.

Este estado superficial es a su vez producto de los procedimientos de fabricación empleados. Este tipo de defectos de segundo orden se caracterizan por una línea ondulada que pasa por la mayor parte de las salientes y que involucra a las tolerancias llamadas de forma, como son: rectitud, planicidad, circularidad, cilíndricidad y forma.

Los defectos de tercer y cuarto orden son los que caracterizan la rugosidad de la superficie; los defectos de tercer orden son los constituidos por surcos o estrías, y los de cuarto orden son defectos aperiódicos formados por arranques, muescas, etc.

El indicador que es usado en la industria para la determinación del acabado superficial es el Ra (roughness average), que es la desviación media aritmética con relación

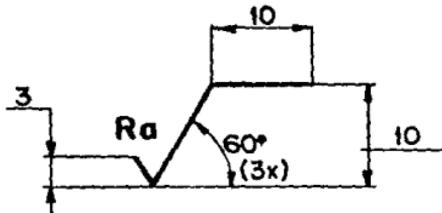
a la línea media, es decir:

$$R_a = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n}{n}$$

o

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |Y| dx \quad (2)$$

El acabado superficial según ISO, se indica con el siguiente símbolo (en mm.):



4.24. Símbolo de acabado superficial.

En la siguiente tabla, 4.25, se muestran los valores de R_a más comunmente usados, y su equivalente con el sistema inglés.

		SIGNOS DE MECANIZADO													
		▽ ▽ ▿													
R _a EN MICRAS		50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,20	0,10	0,05	0,025		
RUGOSIDADES OBTENIDAS POR MECANIZADO CON ARRANQUE DE VIRUTA	Mandrinado	con útil de acero													
		con útil carburado o diamantado													
		con mandril													
	Brochado														
	Punzonado														
	Electroerosión														
	Fresado	frontal													
		plano													
	Ranurado														
	Limado														
	Rectificado	a mano													
		con disco													
		electrolítico													
	Mortajado														
	Quicorte														
	Taladrado con broca														
	Bruñido	mecánico													
		electrolítico													
	Cepillado														
	Rectificado	cilíndrico													
		plano													
		con diamante													
	Esmerilado	con piedra													
		con utilaje													
	Acerrado														
	Superacabado														
	Tallado	con fresa de modelo													
		con fresa madre													
Torneado	herramienta de acero														
	herram. de carburo o diamante														

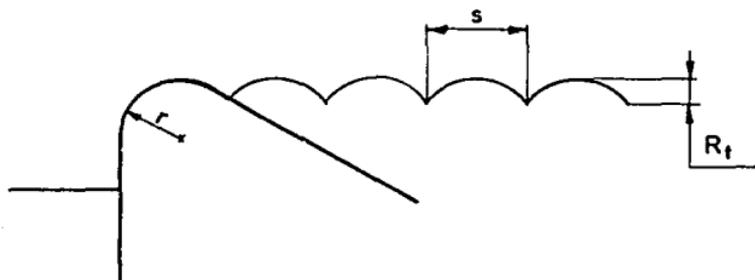
Valores corrientes
 Valores excepcionales

4.25. Tabla de rugosidades obtenidas por arranque de viruta, en el sistema inglés y en el ISO.

Radio de punta y avance.

Debido a que en el mecanizado de desbaste no existen severas exigencias de acabado superficial, se recomienda seleccionar un inserto con el mayor radio de punta posible con el fin de obtener un filo de corte robusto que permita grandes avances; siendo recomendados valores de avance máximos de $2/3$ del valor del radio de punta. En caso de vibraciones, se debe disminuir el radio.

En el mecanizado de acabado, las tolerancias y el R_a son afectados por la combinación del radio y el avance. También hay que tomar en cuenta que las calidades sin recubrimiento, generalmente producen un mejor acabado



4.26. Radio de punta, avance y profundidad total del perfil.

superficial que las calidades recubiertas. El valor teórico del acabado superficial se calcula con:

$$R_t = \frac{S^2}{8r} \times 1000 (\mu m)$$

en donde:

R_t = Profundidad total del perfil, en micras (μm).

r = Radio de punta, en mm.

s = Avance por revolución, mm/rev.

Para expresar el acabado superficial en términos de R_a , en relación con el radio de punta y el avance, vía experimental se determinó la siguiente tabla:

Acabado superficial		Radio de punta, mm				
R_a	R_t	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
μm	μm	Avance, mm/r				
0,6	1,6	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17
1,6	4	0,11	0,15	0,19	0,22	0,26
3,2	10	0,17	0,24	0,29	0,34	0,42
6,3	16	0,22	0,30	0,37	0,43	0,53
8	25	0,27	0,38	0,47	0,54	0,66
32	100				1,08	1,32

4.27. Tabla de acabados superficiales en función del radio de punta del inserto y del avance.

CAPITULO V

SISTEMAS DE CAMBIO RAPIDO.

De la misma manera que el desarrollo de nuevos materiales para las diferentes ramas de la industria han determinado el desarrollo de nuevos materiales de corte acordes a las nuevas exigencias; así mismo, el desarrollo del grado de automatización de las máquinas y del proceso productivo han determinado el desarrollo de herramientas y sistemas de herramientas versátiles y eficaces.

Hasta principios de los años ochenta, se había centrado la atención en cómo hacer más productivo el proceso de mecanizado. Pero con el desarrollo de modernas máquinas-herramienta con un alto grado de automatización y que representan una cuantiosa inversión, se empezó a estudiar la manera de utilizarlas el mayor tiempo posible mediante la reducción de tiempos muertos.

Los tiempos muertos, son los tiempos en que la máquina no "produce" piezas, como el utilizado en el cambio de herramienta, la calibración de ésta en la máquina, las piezas desperdiciadas en dicha calibración, etc., son actividades que ocupan, dependiendo del caso, aproximadamente de un tercio a dos tercios del tiempo total disponible de la máquina, empeorando con el cambio de modelo de la pieza a maquinar, en

el cual se consume hasta un turno o más.

Se hicieron muchos intentos para reducir ésta fase improductiva del mecanizado, pero la primera medida realmente efectiva, vino con con la llegada de los sistemas modulares.

Un sistema modular consta de una unidad de corte que es la que contiene a los insertos, la cual se acopla a una unidad de sujeción fijada de forma permanente a la máquina y que contiene un sistema que permite sujetarla y liberarla, utilizando un mínimo de tiempo.

Esto permite que el cambio de inserto y la calibración de unidad o cabeza de corte se lleve a cabo fuera de la máquina, transformando éste tiempo en productivo y ahorrando el desperdicio de piezas de prueba al mínimo.

Existen muchos tipos de sistemas modulares, pero analizaremos el más importante y de los primeros en aparecer: el BTS.

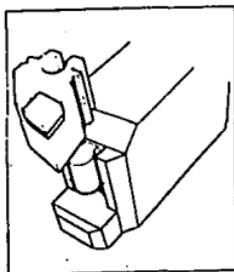
El Block Tool System (BTS) es el resultado de un proyecto que comenzó Sandvik en 1975, para suministrar los medios de minimizar los tiempos muertos del mecanizado.

Después de años en diseño y pruebas, el BTS fué presentado en 1980 y desde entonces ha sido el más importante dentro del mercado de herramientas modulares, abarcando actualmente cerca del 80% de dicho mercado.

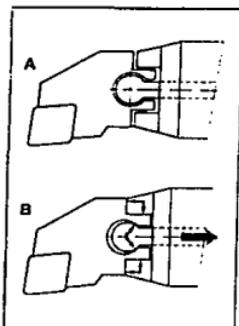
Este sistema modular, al igual que la mayoría, puede ser instalado tanto en tornos convencionales, como en modernos

tornos CNC o centros de maquinado, ya que cuenta con diferentes grados de automatización: manual, semiautomático y automático.

A continuación se muestra el acoplamiento BTS:



5.1. Unidad de corte y unidad de sujeción BTS.



5.2

**A. Posición de desembrido.
B. Posición de embrido.**

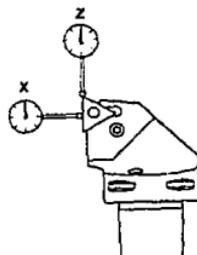
Existen otros sistemas modulares para operaciones de fresado y taladrado como el sistema varilock variant, etc., pero de uso no tan generalizado como el BTS.

El uso del BTS está restringido a operaciones de torneado, ya que no es una herramienta balanceada para utilizarse en operaciones de fresado y taladrado y por otro lado, aunque resiste pares de fuerza altos, el hecho de que en el acoplamiento existan entalladuras, se producen

concentraciones de esfuerzos como se puede apreciar en la figuras 5.1 y 5.2 , en los que el material falla.

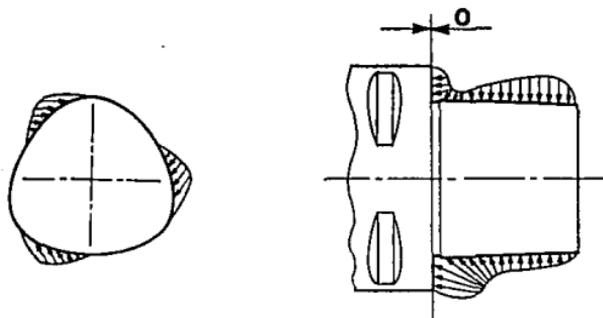
Posteriormente, a principios de los noventas apareció un sistema modular con un nuevo tipo de acoplamiento que le permite utilizarse en la mayoría de tipos de operación y tipos de máquina, llamado CAPTO, el cual cuenta también con diferentes grados de automatización.

El acoplamiento consiste en un triángulo redondeado y cónico lo cual le permite una distribución simétrica de las fuerzas, autocentrado y una amplia superficie de contacto entre las dos unidades, que le permite distribuir los esfuerzos a todo lo largo del cono, sin entalladuras o áreas de concentración de esfuerzos.



5.3. El acoplamiento Capto posee una excelente repetitividad

En ambos sistemas modulares pueden ser instalados fichas (chips) de codificación, que son portadores de datos de la herramienta: código de la herramienta, dimensiones, modelo que va a maquinarse, número de máquina, número de estación en el carrusel, e incluso código de almacenamiento



5.4. Distribución de fuerzas en el acoplamiento CAPTO.

(cuando se cuenta con un sistema de producción totalmente automatizado) , etc. Estos datos se pueden leer o en su caso escribir, por medio de una estación de lectura-escritura, una PC, una terminal inteligente o un controlador de la máquina.

Posteriormente se verá ésto con mayor detenimiento.

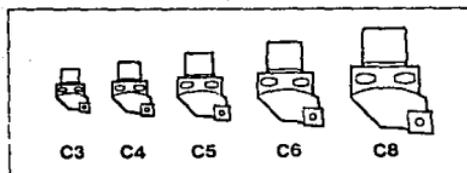
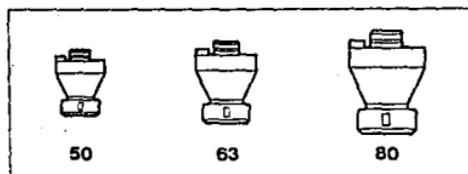
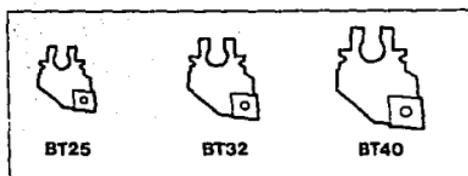


Tabla comparativa de los tamaños disponibles en BTS (parte superior), Varilock (parte media) y CAPTO (parte inferior).

CAPITULO VI

GESTION DE HERRAMIENTAS.

Dentro de la economía de una empresa, existe la tendencia a reducir los costos de producción para obtener una mayor competitividad en el mercado donde se enfrenta constantemente con los demás competidores que intentan hacer lo mismo para poder subsistir y en el mejor de los casos, adueñarse de éste.

Dentro de los factores que determinan los costos de producción, las herramientas de corte son con frecuencia consideradas como elementos de menor importancia.

Por el contrario, las máquinas-herramienta son objeto de una investigación y selección cuidadosa por implicar inversiones cuantiosas. Mientras que las herramientas de corte generalmente se eligen hasta que llega la máquina.

Esto pasa debido a que las herramientas son artículos relativamente pequeños y más asequibles en comparación con una máquina.

En la industria metalmecánica mundial, en promedio, los costos totales de producción, se dividen de la siguiente manera:

Herramientas de corte	2%	Mano de obra	33%
Otras herramientas	5%	Otros	20%
Máquinas	25%		
Materias primas	15%		

Pero aunque las herramientas de corte, representen una pequeña proporción de la producción total, la utilización correcta de herramientas modernas, permite lograr una reducción total de un 10%-20%. Autoridades en la materia han manifestado: "El perfeccionamiento de los materiales de la herramientas de corte, produce un efecto potencial más importante en la reducción de los costos de mecanizado que cualquier otra variable. La elección y aplicación óptimas de las herramientas modernas de corte, constituyen la clave para el logro de beneficios económicos máximos en lo que se refiere a la reducción de los costos de producción".

De ésto se puede concluir que lo importante no es reducir el gasto en herramientas, sino lograr, a través de las herramientas de corte, reducir los costos totales de la producción. Entre los beneficios de seleccionar una herramienta adecuada, se encuentran los siguientes:

Aumento de los datos de corte (velocidad de corte, avance y profundidad.

Reducción del número de operaciones.

Reducción de paros de máquina.

Reducción de los requerimientos de mano de obra en cuanto a cantidad y especialización.

Racionalización de abastos (stocks).

Reducción de costos de rutinas de adquisición y de manejo interno.

Las herramientas eficientes fabricadas en la actualidad, así como sus amplios campos de aplicación significan ahorros considerables. Un estudio debidamente planificado de las herramientas que dé lugar a un programa de herramientas racionalizado, permite reducir el número de variables requeridas para la producción, el stock de herramientas y por consiguiente el capital invertido en herramental.

Costo de Mecanizado.

El costo del mecanizado de una pieza, se divide en tres partes:

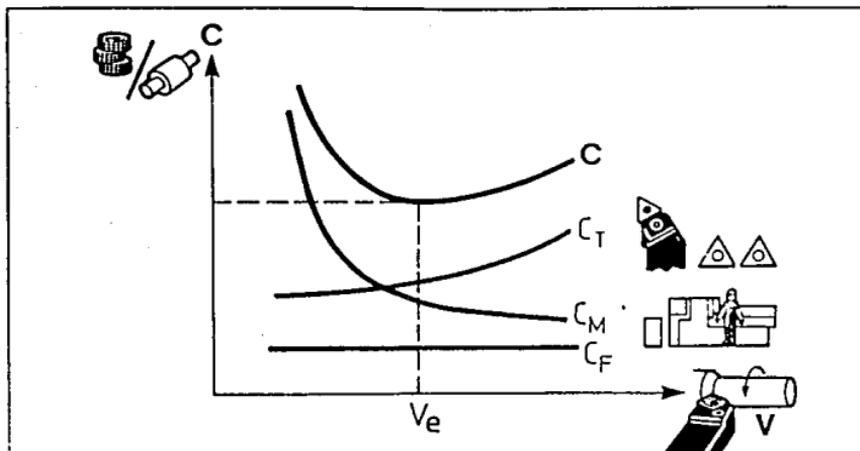
C_T , que es el costo herramienta por pieza.

C_M , que es el costo máquina por pieza.

C_F , que es el costo fijo por pieza, el cual no está relacionado con los datos de corte; cubre operaciones secundarias como la manipulación, la inspección, el mantenimiento, reparación, etc. El costo total de mecanizado es:

$$C = C_F + C_M + C_T$$

Debido a que la velocidad de corte es la que determina el índice de remoción de material y por lo tanto de la productividad, se realizaron las siguientes gráficas de costos en relación a la velocidad de corte:



6.1. Costos de maquinado en relación con la velocidad de corte

Como los costos fijos no dependen de la velocidad de corte, aparece como una constante, una línea horizontal con un determinado valor. Los costos de máquina incluyen la depreciación de la máquina, los costos de mano de obra, etc. y disminuyen cuando aumenta la velocidad de corte. El costo herramienta incluye la suma de los costos de compra y cambio de las herramientas, el cual tiende a subir con el incremento de la velocidad de corte ya que ésta influye en la disminución

de la vida de la herramienta, debido al mayor desgaste.

El punto más bajo de la curva C, que es el costo total, representa el costo de mecanizado mínimo a la velocidad de corte más económica " V_e ". Gracias al desarrollo de nuevas calidades de metal duro y de geometrías de insertos, se pueden incrementar las velocidades de corte, reduciendo el costo total por pieza.

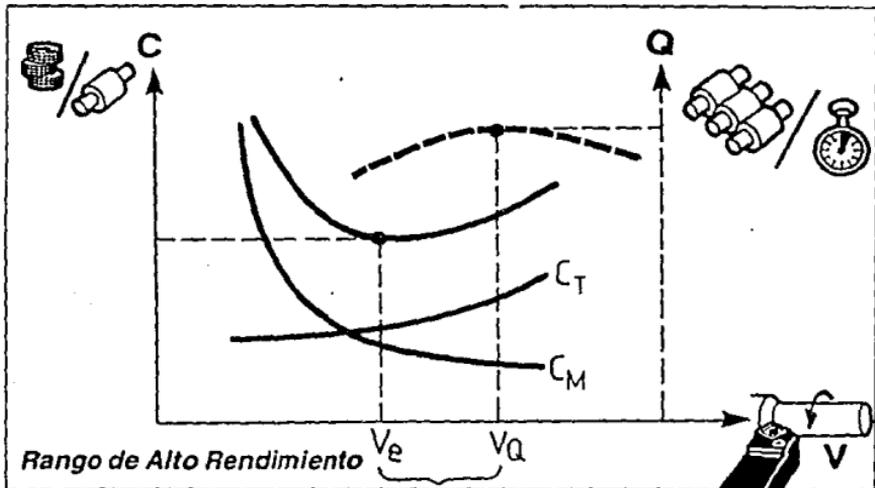
Mecanizado de máxima producción.

Aunque el costo mínimo se consigue con la velocidad de corte económica " V_e ", puede darse el caso de que resulte más económico exceder ésta velocidad cuando, por ejemplo, se requiera una mayor producción con mayores beneficios económicos o por algún compromiso de llegar a cierto volumen de producción en cierto lapso, etc. Representando el número de piezas por hora en el diagrama de los costos del mecanizado, se obtiene la producción máxima " Q ", con su velocidad de corte relativa " V_q ", la cual es superior a " V_e ". El valor situado entre los dos valores V_e y V_q representa el rango de máximo rendimiento para la operación en cuestión.

Por lo tanto, cuando se trabaja a una velocidad de corte de "máxima producción", no se toma en cuenta de manera predominante el costo del mecanizado, sino en la producción máxima de piezas por hora.

La velocidad " V_q " provoca un desgaste más rápido de la herramienta, incrementando los costos generados con " V_e "; pero

éste costo adicional queda justificado por el incremento de la tasa de producción. Esta solución debe compararse con alternativas como los costos de la compra de una maquina, de subcontratos y los pedidos pendientes de los clientes.



6.2. Costos de mecanizado contra velocidad de corte, incluyendo velocidad de máxima producción.

Gestión de herramientas.

La gestión de herramientas es un concepto nuevo sobre la administración de las herramientas en forma global, en cada paso, desde su adquisición hasta su reordenación.

El sistema de gestión de herramientas está compuesto por subsistemas que contribuyen a dar una mayor fluidez al suministro del inserto y la herramienta hasta la pieza a trabajar. Estos subsistemas están divididos en dos grandes áreas:

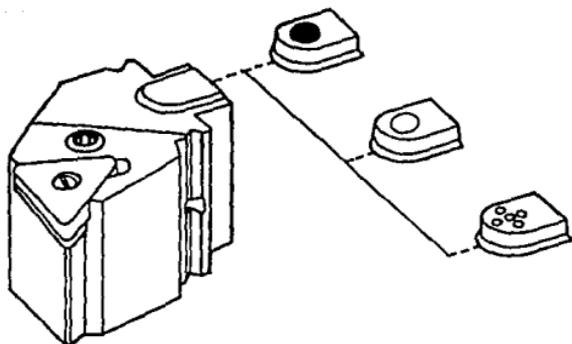
Sistemas de herramientas modulares (hardware).

Sistemas de transferencia de información (software).

Los sistemas de herramientas modulares incluyen los sistemas BTS y CAPTO que, asociados con otros equipos, permiten manipular automáticamente la herramienta y la unidad de sujeción.

Los sistemas de información incluyen a todos los tipos de codificación de las herramientas, el equipo de manipulación de datos, redes de computadoras y software para el manejo de cada etapa del recorrido de la herramienta.

Añadiendo una portadora de códigos al BTS o al CAPTO, ver figura 6.3, la herramienta puede llevar sus propios datos, que permite establecer un sistema integrado de control durante la duración de su ciclo de vida y permitiendo además su uso en los sistemas con diferentes grados de automatización como el



6.3. Unidad de corte con fichas electrónicas con información.

CIM (Computer Aid Manufacturing), sistemas de monitoreo para el control del maquinado y máquinas CNC.

Subsistemas de gestión de Herramientas.

Planificación.

Antes de que la empresa haga el pedido y reciba la herramienta, existe la fase de planificación, donde se determina la herramienta a utilizar en determinado proceso. Para ésta actividad, existe un software que incluye una base de datos, recomienda inserto y herramienta para dicha operación y tipo de material de la pieza y finalmente calcula los datos de corte.

Actividades en el Almacén de Herramientas.

Existe otro software para el manejo en el taller de herramientas que incluye el almacenamiento, preparación, toma de medidas y organización del transporte de las herramientas.

Almacén.

Las actividades de almacenamiento son asistidas por un software y un hardware especiales, concebidos para la organización y el control de los almacenes, desde los insertos, refacciones, hasta el montaje de las herramientas. Racks especiales para el almacenamiento de las herramientas dependiendo de su codificación, listas de stock, etc.

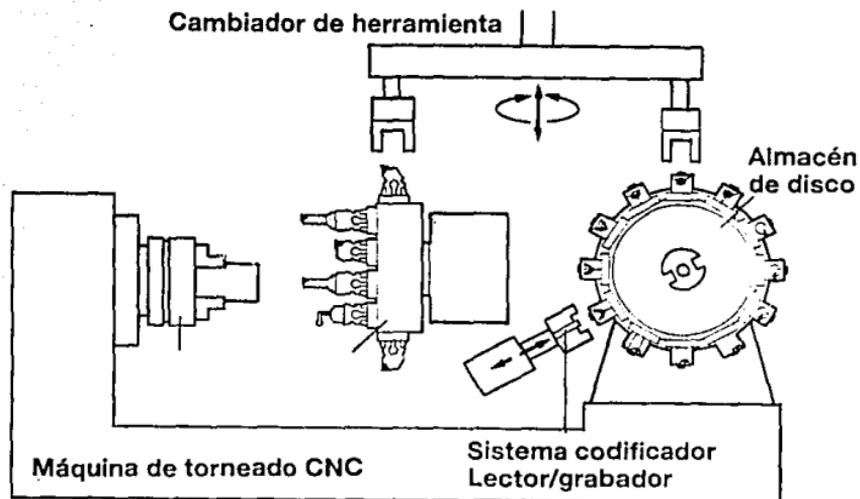
Transporte.

El transporte organizado de lotes de herramientas desde la zona de preparación de la herramienta hasta la máquina, puede hacerse manualmente, pero también se cuenta con la opción de una amplia gama de niveles de automatización: cassetes o estanterías.

El software para asistir el transporte de herramientas ofrece las ventajas de instrucciones para la carga sobre rack, o sobre el carrusel de la máquina.

El siguiente esquema, 6.4, ilustra la configuración típica de un torno CNC:

- Manipulación de las herramientas.
- Almacenamiento.
- Lectura-escritura de los datos de la herramienta.



6.4. Configuración típica de un torno CNC.

Control de la Herramienta en la máquina.

En general las máquinas CNC no poseen un monitoreo del proceso de corte, (salvo las muy modernas). De tal manera que si se produce una rotura, desgaste de la herramienta o inactividad, no existe retroalimentación a la red central para que se resuelva el problema y como: "no hay ninguna industria que pueda permitirse tener un operario mirando como se realiza una operación de mecanizado."*. Existen sistemas de monitoreo

que consisten en una unidad electrónica que recibe y controla señales desde varios tipos de sensores.

De esta manera, fijando valores límite para desgaste de la herramienta y para "accidentes", se puede lograr una producción continua, sin necesidad de operadores.

Esto es, en términos generales las etapas constitutivas de la gestión de herramientas, de las cuales prácticamente ninguna se ha puesto en marcha en nuestro país, por lo que nada más se presenta un esbozo de la magnitud de cambios y mejoras que representaría para una empresa.

*Revista:El mundo del mecanizado; artículo: "Pasos hacia la Gestión de Herramientas", pag. 13.No. 3, 1992.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

Hemos visto que las herramientas de metal duro, a pesar de haber sido un desarrollo reciente de la ingeniería de materiales, ocupan un puesto de gran importancia en la producción industrial actual.

Los insertos de metal duro son un producto pulvimetalúrgico con una alta dureza y resistencia al desgaste que lo hacen ser superior a cualquier otro material para el corte de metales. Sus propiedades varían en relación a su composición (cobalto vs material duro), pero también a su geometría.

Vimos también la relación que guardan el material de la pieza a maquinar, los datos de corte, el tipo de operación y la geometría de la herramienta. De cómo una buena selección de los datos de corte (velocidad, avance y profundidad) dá como resultado un mayor volumen de material removido por unidad de tiempo y por consiguiente un aumento en la productividad.

Pudimos observar que la velocidad de corte es el único parámetro que afecta la vida de corte, y que está determinada por la componente tangencial de la fuerza total de corte.

Vimos que en la mayoría de las operaciones de mecanizado, es posible el control de la viruta, mediante la selección de los datos de corte adecuados y de la geometría del inserto.

Referente al acabado superficial, podemos concluir que sólo es afectado por el radio del inserto y el avance por

revolución, seleccionando un pequeño avance, grandes revoluciones, un radio de punta pequeño y calidades sin recubrimiento para lograr un buen acabado superficial.

- Después vimos que además de prestar atención al proceso de corte en sí, en la máquina existen tiempos muertos, los cuales son disminuidos sustancialmente por la utilización de sistemas de herramientas modulares.

Por último, hemos analizado el papel tan importante que juegan las herramientas de corte modernas en la reducción de los costos de producción; los componentes del costo total de mecanizado y su relación con la velocidad de corte.

La gestión de herramientas, que consiste en subsistemas de hardware y software creados para el manejo eficiente de cada etapa del recorrido de la herramienta desde antes de su adquisición, hasta su reordenación.

Con todo esto se trató de dar una visión generalizada de los puntos de mayor importancia para la productividad de una empresa en la selección de herramientas y sistemas modernos de corte con insertos intercambiables de metal duro.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

- 1.-GERLING, Heinrich: "Alrededor de las Máquinas-Herramientas", Ed. Reverte, S.A, Barcelona, 1981.
- 2.-CHEVALIER, A: "Dibujo Industrial", Ed. Montaner y Simon, S.A., Barcelona, 1979.
- 3.-Catálogo SANDVIK: "Herramientas y Plaquitas para Tornear" C-1000:3-SPA, 1991, Sandvik AB, Sverige.
- 4.-Conferencia: "Convierta sus Operaciones de Mecanizado en Operaciones Competitivas", por Sandvik de Mexico en la serie de conferencias patrocinadas por la SAE, seccion Mexico, Sept, 20, 1989.
- 5.-BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON E. Russell: "Mecánica de Materiales", Ed. McGraw-Hill, Mexico, 1986.
- 6.-SINGER, Ferdinand L./PYTEL, Andrew: "Resistencia de Materiales"; 3ª Edicion, Ed. Harla, S.A., Mexico, 1982.
- 7.-"Manual de Maquinas-Herramientas", Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., Mexico, 1987.
- 8.-POLLACK, Herman W.: "Tool Design", Ed. Prentice-Hall, New Jersey, 1988.
- 9.-ROSSI, Mario: "Máquinas-Herramientas Modernas", Tomo II, Ed. Dossat, S.A., Madrid, 1980.
- 10.-FEIRER, John L.: "Maquinado de metales con Máquinas-Herramientas", Cia. Editorial Continental, S.A., México, 1984.
- 11.-Revista: "El mundo del mecanizado", Sandvik AB.