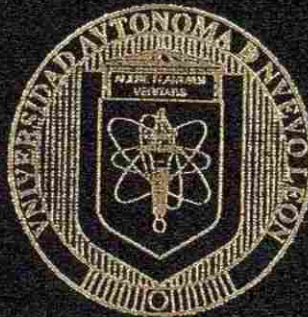


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



AHORRO EN COSTO DE MANUFACTURA POR LA UTILIZACION
DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES EN BROCAS PARA
OPERACIONES DE BARRENADO DE FUNDICION GRIS

POR

JESUS ALBERTO GONZALEZ OLIVA

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. NOVIEMBRE DEL 2002

2002

FIME
2002

TM
25853

AHORRO EN COSTO DE MANUFACTURA POR LA UTILIZACION

DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES EN BROCCAS PARA

OPERACIONES DE BARRENADO DE FUNDDICION GRIS

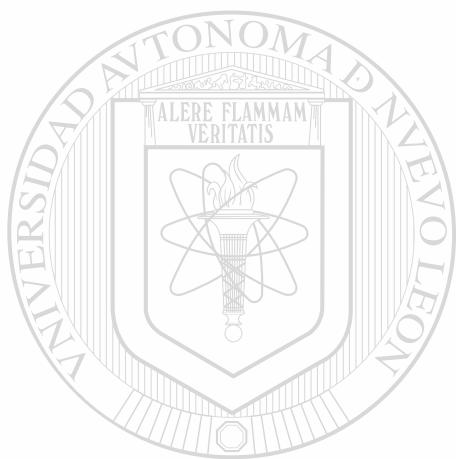
Y

A G

O



1020148549



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

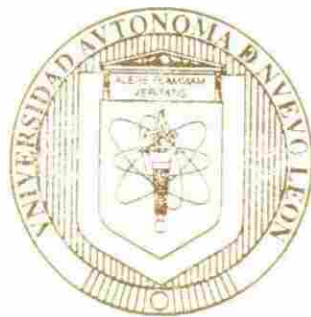


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



AHORRO EN COSTO DE MANUFACTURA POR LA UTILIZACION
DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES EN BROCAS PARA
OPERACIONES DE BARRENADO DE FUNDICION GRIS

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

POR
JESUS ALBERTO GONZALEZ OLIVA

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. NOVIEMBRE DEL 2002

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



AHORRO EN COSTO DE MANUFACTURA POR LA UTILIZACION
DE RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES EN BROCAS PARA
OPERACIONES DE BARRENADO DE FUNDICION GRIS

U.A.N.L.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
POR
JESUS ALBERTO GONZALEZ OLIVA[®]
DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

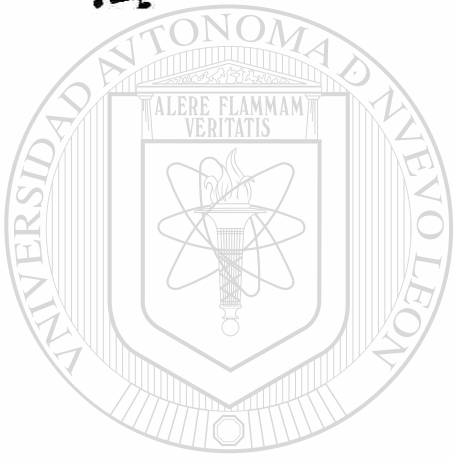
TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. NOVIEMBRE DEL 2002

974 522

TM
Z 5853
.M2
FIME
2002
.B1



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVOLEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "Ahorro en costo de manufactura por la utilización de recubrimientos superficiales en brocas para operaciones de barrenado de fundición gris" realizada por el alumno Jesús Alberto González Oliva, matrícula 1005393 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Finanzas.

El Comité de Tesis



Asesor

M. A. Matías A. Botello Treviño



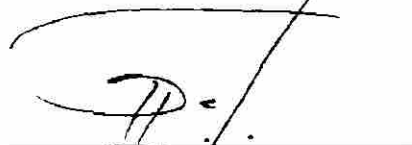
Coasesor

M. C. Roberto Villarreal Garza



Coasesor

M. C. Vicente García Díaz



Vo.Bo.

Dr. Guadalupe Alán Castillo Rodríguez
División de Estudios de Post-Grado

San Nicolás de los Garza, N. L. a Noviembre 22 del 2002

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis a todas aquellas personas de las que he aprendido algo que me haya ayudado a la realización de mis sueños.

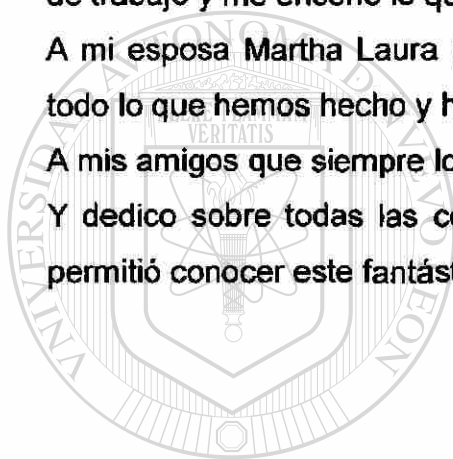
Dedico todo este esfuerzo que he hecho a través de la vida a todos los que me han ayudado y alentado a cumplir más y mejores retos.

A mi madre que se propuso como meta sacarnos adelante a mí y a mi hermano y lo logró. A la memoria de mi abuelo Jesús, que logró hacer de mí un hombre de trabajo y me enseñó lo que debía y lo que no debía hacer en la vida.

A mi esposa Martha Laura por su apoyo incondicional en todo momento y por todo lo que hemos hecho y haremos juntos.

A mis amigos que siempre los he tenido presentes en todo momento.

Y dedico sobre todas las cosas este trabajo que he realizado a Dios que me permitió conocer este fantástico mundo de las herramientas de corte.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Agradecimientos:

Agradezco grandemente a todas aquellas personas que me han ayudado para el desarrollo de este trabajo de tesis, en especial a mis jefes que confiaron y creyeron en mí para implementar mis estudios en este tema, al equipo de operadores, mecánicos, eléctricos y supervisores de las líneas productivas donde he trabajado, al equipo de ajustadores, inspectores, torneros, fresistas y mecánicos del Área Central de Servicios de DaimlerChrysler de México Planta Motores Saltillo que sin su ayuda no hubieran sido posibles estos estudios, han sido parte fundamental en mi desarrollo profesional y laboral.

A mis maestros y entrenadores que fueron parte fundamental en mi disciplina y consistencia, me enseñaron a luchar por lo que quería y a nunca darme por vencido. Gracias por crear en mí esa valiosa disciplina.

A mis compañeros de la mejor escuela que he tenido; el departamento de Ingeniería de Procesos de DaimlerChrysler. Los felicito, hemos logrado mucho como equipo y sé que seremos parte fundamental en el desarrollo de esta empresa en la que trabajamos. En especial a Reynaldo Bazaldua e Ignacio Martínez quienes me enseñaron tanto de los procesos de maquinado

A los proveedores de herramienta, que me enseñaron a trabajar con herramientas de corte y siempre me dieron su apoyo. En especial a Alejandro Villanueva, Fritz Hauser, Guillermo Huerta, Manuel Flores, Ignacio Flores, Isaú Estrada. A todos aquellos que lograron hacer de mí un verdadero Ingeniero.

A toda mi familia que siempre ha estado a mi lado y siempre me han apoyado.

A mis eternos amigos: Jorge Dávila, René del Rosal, Osiel García, Rodolfo Aguirre y Fernando Ramos que siempre me ayudaron y siempre pienso en ustedes. Gracias por su valiosa amistad.

A ti Martha Laura, te agradezco por todo lo que hemos logrado juntos y por todo lo que vendrá para los dos.

Le doy gracias a Dios por permitirme la oportunidad de aprender cada día más seguir cosechando triunfos en el camino de mi vida.

Prólogo

En el siempre dinámico campo de la administración de negocios, es obviamente básico el conocimiento del buen manejo de los costos. Sobre todo en el momento actual, en que la toma de decisiones adecuadas implica una gran responsabilidad para quien está encargado de controlar los costos de cualquier organización.

Actualmente muchas de las empresas de manufactura de clase mundial requieren de sistemas robustos que permitan la producción de artículos de calidad para satisfacer las necesidades de sus clientes. La calidad cuesta mucho dinero, es por eso que se requieren sistemas que permitan la reducción de costos de producción en cualquier tipo de proceso.

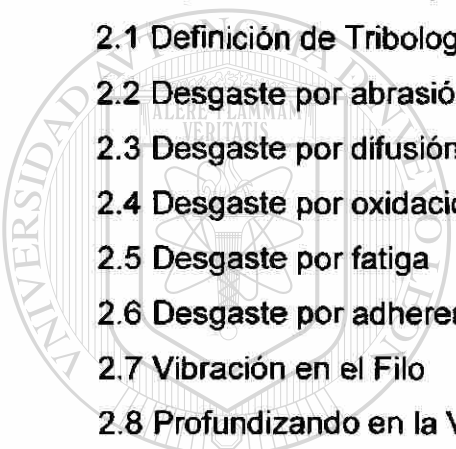
Desde hace tiempo me surgió el interés de incrementar la vida útil de las herramientas de corte problemáticas en las líneas de producción y fue así como empecé a aplicar la tecnología de recubrimientos de herramienta para algunas de las operaciones de maquinado de fundición gris; material con el que he trabajado los últimos 3 años de mi vida laboral.

A través de este trabajo de tesis expondré de manera amplia la forma en que la utilización de esta tecnología de recubrimientos es benéfica para la reducción de costos en operaciones de barrenado de fundición gris.

Así también presentaré distintos resultados de pruebas realizadas en distintos materiales metálicos y con distintos tipos de recubrimiento, haciendo notar las diferencias en costo y los beneficios que han representado.

Indice de Tesis

1. Descripción del proceso de barrenado	1
1.1 Herramientas utilizadas para el proceso de barrenado de metal	4
1.1.1 Brocas de acero de alta velocidad (HSS)	5
1.1.2 Brocas de Carburo Sólido	8
1.2 Procesos posteriores al barrenado	11
1.2.1 Proceso de Rimado	11
1.2.2 Proceso de Roscado	13
2. Principales fallas en el proceso de barrenado	15
2.1 Definición de Tribología y Desgaste	16
2.2 Desgaste por abrasión	17
2.3 Desgaste por difusión	17
2.4 Desgaste por oxidación	18
2.5 Desgaste por fatiga	19
2.6 Desgaste por adherencia	20
2.7 Vibración en el Filo	21
2.8 Profundizando en la Viruta	26
2.8.1 Formación de la Viruta	26
2.8.2 Manejo de la Viruta	27
2.8.3 Evacuación de la Viruta	27
3. Descripción del proceso de recubrimiento	30
3.1 El proceso CVD	31
3.2 Composiciones del recubrimiento	32
3.3 Enriquecimiento de cobalto	33
3.4 El proceso PVD	35
3.5 El proceso de decapado	38
4. Características del material a maquinar	39
4.1 Descripción general	39



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



4.2 Composición Química	40
4.3 Propiedades mecánicas	41
4.4 Microestructura	42
4.5 Condensado de características y producción de fundiciones	42
4.6 Recomendaciones para el maquinado de Fundición Gris	46
5. Descripción y características de los distintos tipos de recubrimiento	48
5.1 Nitruro de Titanio	48
5.2 Carbonitruro de Titanio	49
5.3 Nitruro de Titanio Aluminio	49
5.4 Nitruro de Cromo	49
5.5 Carburo de Tungsteno	50
5.6 Nitruro de Titanio Aluminio/Carburo de Tungsteno	50
5.7 Oxido de Vapor	51
6. Incremento de vida de herramienta recubierta	54
7. Reducción de inventario por uso de herramienta recubierta	64
8. Reducción en el costo de afilado de herramienta	68
9. Comprobación de Hipótesis, Análisis de Resultados,	73
<hr/>	
Recomendaciones y Conclusiones	

Bibliografía	77
--------------	----

Anexos

1. Estudio de Vida Normal de Herramienta
2. Estudio de Vida de Herramienta Recubierta
3. Tabla de Vida y Costo de Herramienta Recubierta
4. Estimación de Ahorros por Uso de Herramienta Recubierta
5. Diagrama de Flujo para Tratamiento de Herramientas
6. Proceso de Criogenizado
7. Tratamiento de Superficies de Herramienta

Indice de Tablas

Tabla 1: Aceros de alta velocidad al tungsteno	5
Tabla 2: Aceros de alta velocidad al molibdeno	6
Tabla 3: Aceros Ultra duros de alta velocidad al molibdeno	7
Tabla 4: Composición química de la fundición gris	40
Tabla 5: Propiedades mecánicas de la fundición gris	41
Tabla 6: Brocas espiral sin ductos para refrigerante	46
Tabla 7: Brocas espiral con ductos para refrigerante	46
Tabla 8: Tabla comparativa de recubrimientos	52
Tabla 9: Tabla con características de los recubrimientos	55
Tabla 10: Comparativa de Steam Oxide y TiAlN	62
Tabla 11: Tabla técnica comparativa de brocas	63
Tabla 12: Ahorro en abrasivos	72

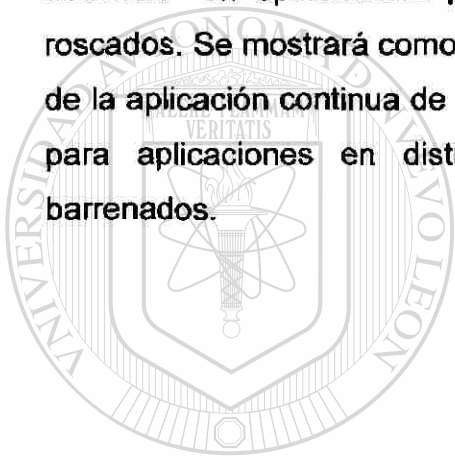
Indice de Imágenes

Figura 1: Brocas escalonadas de acero de alta velocidad	7
Figura 2: Brocas de carburo sólido	11
Figura 3: Rimas para fundición gris	12
Figura 4: Machuelos convencionales	13
Figura 5: Desgaste en el filo de broca	16
Figura 6: Fatiga del filo de la broca por calentamiento	19
Figura 7: Adherencia de material en el filo de una broca	20
Figura 8: Efecto de la vibración en un barreno	23
Figura 9: Alma de la broca	24
Figura 10: Destalonado del labio en el filo de la broca	25
Figura 11: Barreno Suavizado	25
Figura 12: Formación de la viruta en la flauta de la broca	26
Figura 13: Magnif. de la formación de viruta y manejo a través de la flauta	27
Figura 14: Operación de Barrenado vertical	28
Figura 15: Operación de Barrenado horizontal	28
Figura 16: Corte transversal de una barra recubierta	32

Figura 17: Superficie de broca con recubrimiento multicapa	33
Figura 18: Herramienta recubierta con PVD	37
Figura 19: Distintos recubrimientos en una sola broca	38
Figura 20: Microestructura de fundición gris	42
Figura 21. Monobloque de 8 cilindros	44
Figura 22: Monobloque de 4 cilindros	44
Figura 23: Cabeza de motor de 8 cilindros	45
Figura 24: Broca recta vs Broca espiral	46
Figura 25: Variedad de flautas en brocas espirales	47
Figura 26: Variedad de recubrimientos	51
Figura 27: Efecto de la viruta en una herramienta sin recubrimiento	56
Figura 28: Broca trabajando con recubrimiento	57
Figura 29: Barrenado con refrigerante externo	59
Figura 30: Refrigerante a través de la herramienta	60
Figura 31: Tablero de herramientas al lado de la máquina	65
Figura 32: Exceso de herramienta en un taller de afilado	66
Figura 33. Herramientas en un sistema	67
Figura 34: Abrasivos utilizados para el afilado de brocas	68
Figura 35: Máquina afiladora de control numérico	69
Figura 36: Afiladora especializada en brocas	70
Figura 37: Relación de Vida de Herramienta con otros factores	75

Síntesis

En este trabajo de tesis se muestra a través de sus capítulos la manera en la cuál la utilización de la tecnología de recubrimientos de herramienta para aplicaciones de barrenado de fundición gris ayuda a disminuir los costos de manufactura como son los costos de inventario, los costos de la broca en sí, los costos por paro de máquina causados por los cambios de brocas, los costos del proceso de afilado de las brocas y su preparación para un desempeño aceptable en la operación. Así también se mostraran algunos otros beneficios que se obtienen en operaciones posteriores al barrenado como son los rimados y roscados. Se mostrará como el costo de herramienta puede disminuirse a través de la aplicación continua de este tipo de tecnologías y como puede ser benéfico para aplicaciones en distintas areas de manufactura donde se utilicen barrenados.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

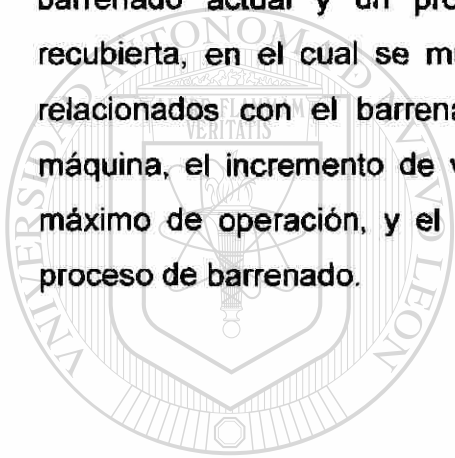


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Objetivo:

El objetivo de este trabajo de tesis es demostrar a través de resultados de prueba de herramienta de corte, los beneficios que se obtienen al utilizar la tecnología de recubrimientos de brocas utilizadas en el proceso de barrenado de fundición gris.

Así también se pretende hacer una comparación entre un proceso de barrenado actual y un proceso propuesto de barrenado con herramienta recubierta, en el cual se muestran las diferencias de costo en los procesos relacionados con el barrenado como los afilados de brocas, los paros de máquina, el incremento de velocidad de las máquinas para alcanzar un nivel máximo de operación, y el costo de inventario necesario para soportar a un proceso de barrenado.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Justificación:

En la actualidad uno de los costos más importantes en las operaciones de maquinado es el costo de la herramienta de corte. Para disminuir este costo se propone utilizar la tecnología de recubrimientos de herramienta para poder lograr un incremento considerable en la vida de las herramientas de corte. Así también se impactan algunos otros aspectos del proceso de manufactura como la disminución de los paros de máquina, la disminución de herramientas rotas, la disminución en el costo de afilado, la disminución en el costo de inventario y sobre todo el incremento en productividad que se puede generar mediante la aplicación de estas tecnologías.

Cada día surgen innovaciones en el área de las herramientas de corte y es por eso que los niveles de exigencia en los procesos de producción como es el barrenado se deben estar mejorando constantemente a través de nuevas aplicaciones de afilados, velocidades de corte, nuevas geometrías, nuevos materiales para las brocas, etc. Es así como la tecnología de los recubrimientos de herramienta ha llegado a la industria como algo nuevo que está creciendo y dejando atrás los tratamientos térmicos y superficiales utilizados anteriormente.

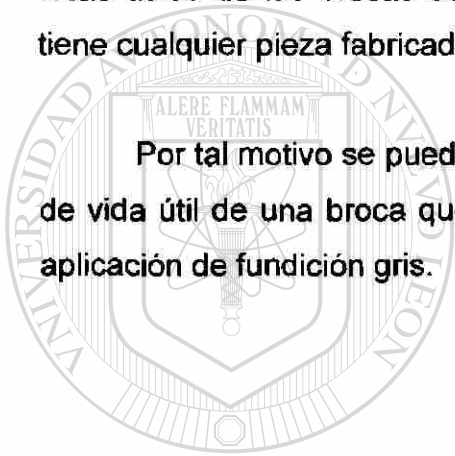
Es por eso que considero importante la realización de este trabajo de tesis, para que empresas que operan en el área metal mecánica puedan tomar ventaja de estos estudios y puedan utilizar tecnologías de vanguardia como lo son los recubrimientos de herramienta.

Planteamiento del problema

El costo de manufactura en cualquier componente maquinado se ha convertido en un tema muy delicado para cualquier tipo de empresa ya que es el costo que impacta de manera directa a la utilidad de una empresa.

La baja vida útil de una broca se puede considerar como un área de oportunidad muy grande para poder disminuir los costos de manufactura de un producto. Normalmente en las operaciones de barrenado de fundición gris las vidas útiles de las brocas son muy bajas debido al alto nivel de abrasión que tiene cualquier pieza fabricada con este tipo de material.

Por tal motivo se puede considerar como problema a resolver el bajo nivel de vida útil de una broca que realiza una operación de barrenado en cualquier aplicación de fundición gris.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Metodología:

La metodología a seguir para el desarrollo de esta tesis está basada en resultados de pruebas de evaluación de herramienta donde se mide el desempeño de la misma a través de un proceso productivo y afectando de manera positiva el desempeño de las líneas productivas.

A través de esta metodología se pretende explicar paso a paso en que aspectos del proceso de manufactura es benéfico el utilizar los recubrimientos de herramienta.

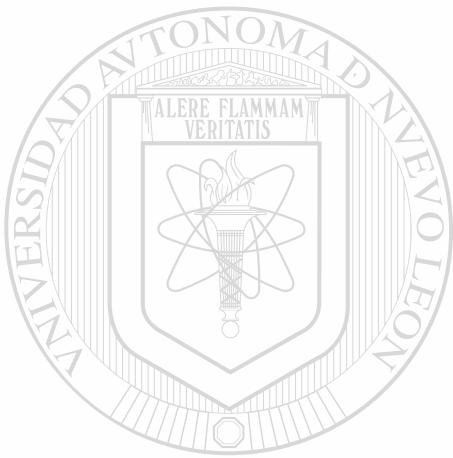
Haciendo un análisis de las variables que intervienen en el proceso de barrenado, podemos identificar los puntos clave en los cuales la tecnología de recubrimientos puede ser aplicada y como puede generar una cantidad considerable de ahorro en un proceso de manufactura.

Se considerará como muestra un lote de herramientas que trabaja en una estación de barrenado de un monobloque de motor. Considerando los costos de la herramienta utilizada en esta estación y utilizando los costos de los recubrimientos se harán las comparaciones de costo para ver así el beneficio de la aplicación de estas tecnologías.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Planteamiento de la Hipótesis Principal.

“La aplicación de recubrimientos superficiales en herramientas de corte utilizadas para el barrenado de fundición gris genera un ahorro en un proceso de manufactura disminuyendo así el costo de transformación de un producto”



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 1

Descripción del proceso de barrenado

Introducción:

Barrenado puede ser definido como el proceso en el que una herramienta rotativa que tiene uno o más filos de corte y tiene una o más flautas helicoidales o rectas para el pasaje de la rebaba y la admisión de un fluido refrigerante trabaja sobre un metal o algún material que necesite ser penetrado para el ensamblaje de partes.

El proceso de barrenado es sumamente importante en aplicaciones donde se pretende hacer un ensamble entre partes, por eso es importante realizarlo de una manera eficiente y económica para poder lograr obtener las características de calidad que el producto demanda.

Barrenado es un término que cubre los métodos de elaboración de barrenos o agujeros cilíndricos en una pieza de trabajo con herramientas de corte de viruta.

El barrenado es el proceso comúnmente relacionado con la generación de barrenos maquinados. Algunos otros procesos contribuyen a la producción de barrenos como el mandrinado, rimado, brochado y rectificado interno, pero el más comúnmente utilizado es el barrenado. Esto se debe a que el barrenado es un proceso simple, rápido y económico para la generación de barrenos. Los métodos antes mencionados son principalmente utilizados para barrenos más precisos, suavizados y grandes. Estos procesos son utilizados normalmente después de que un proceso de barrenado se ha efectuado.

El barrenado es uno de los más complicados procesos de maquinado. La principal característica que lo distingue de cualquier otro proceso es la combinación de corte y extracción de metal en la punta del cincel en el centro

de la broca. El metal bajo la punta del cincel es extraído por la fuerza generada por el movimiento de avance de la broca. Después tiende a salir debido a la acción de un ángulo negativo de ataque de la broca.

La velocidad de una broca es usualmente medida en términos de metros por minuto, esto es la relación en la cual corre la periferia de la broca en el material que se barrena.

En general, cuando se opera con una broca dentro del rango de velocidades para un material en particular, incrementar la velocidad tiene un resultado de menos barrenos antes de que la broca se tenga que afilar.

Por eso es necesario seleccionar las velocidades apropiadas para operar, para incrementar el nivel de producción antes de que la broca se desafilé y genere algún paro en la producción. La velocidad más eficiente para operar una broca va a depender de muchas variables, algunas se enlistan a continuación:

- Composición y dureza del material
- Profundidad del barreno
- Eficiencia del fluido de corte
- Tipo y condición de la maquinaria
- Calidad de los barrenos deseados
- Dificultad de preparación (Setup)

Existen algunas realidades sobre el barrenado de partes:

Realidad 1:

La elaboración de barrenos es la operación más común en el procesamiento de corte de metal. Por lo tanto, más tiempo está destinado a la elaboración de barrenos que a cualquier otra aplicación de procesamiento de metales.

Realidad 2:

Existen muchas maneras efectivas de desbastar y terminar los barrenos en un metal.

Realidad 3:

La demanda de barrenos de alta calidad en la actualidad es mayor que nunca y los estándares de eficiencia y productividad de las operaciones de barrenado nunca han sido tan demandantes como en la actualidad.

Dadas estas realidades sobre el barrenado, es obvio para cada taller o planta manufacturera que se deben tomar en cuenta mejores métodos para la elaboración de barrenos.

Ya que entre el 50 y 70 por ciento del tiempo es utilizado en la elaboración de barrenos, es visible que cualquier mejora en el proceso de barrenado desde la selección de la herramienta apropiada, la geometría de ataque y los métodos de afilado podrán hacer un proceso más efectivo y productivo, mejorando al igual la calidad de cualquier producto.

El barrenado tiene un efecto muy pequeño en las propiedades físicas de la pieza de trabajo. De todas formas existe una capa de metal duro en el diámetro que la broca generó, esta capa es removida en procesos de maquinado posteriores como el rimado y roscado. Si esta capa de material no se remueve, es susceptible a corroerse.

De acuerdo al tipo de metal que se maquina es el tipo de broca y afilado que se debe seleccionar para poder hacer de la operación de barrenado una operación optimizada, donde el costo por pieza sea el menor posible para así lograr un ahorro sustancial a largo plazo que le permita a cualquier compañía aplicar esos recursos ahorrados en otro tipo de inversión.

En este caso estaremos tratando con fundición gris, un material muy duro y abrasivo, que poco a poco deteriora los filos de las brocas y provoca que se cambien de una manera muy frecuente.

En particular vamos a tratar con fundición gris del tipo MS-10179 el cual se va a tratar en el capítulo 4.

1.1 Herramientas para el proceso de barrenado de metal

La operación de barrenado es principalmente realizada con brocas, estas brocas pueden tener distinta geometrías y materiales, esto es dependiendo del tipo de aplicación en la que vayan a trabajar y las velocidades de corte y de avance que maneje el proceso de manufactura de la pieza de trabajo.

Existe una gran variedad de brocas, en materiales, aplicaciones, geometrías, ángulos de ataque, etc. Pero la selección de la broca adecuada para el tipo de proceso va a ser un punto clave para el buen desempeño en la operación de corte.

1.1.1 Brocas de Acero de Alta Velocidad

Los aceros de alta velocidad se pueden dividir en tres grupos:

- Los aceros T*, los cuales están basados en la alta concentración de tungsteno.
- Los aceros M*, los cuales están basados en la alta concentración de Molibdeno.
- Un grupo de más alta aleación, el cual es capaz de alcanzar valores muy elevados de dureza.

El acero T1* fue uno de los aceros de alta velocidad originales, sin embargo, todos los aceros T* están limitados en sus aplicaciones por su alto costo y baja disponibilidad. Los más comunes son el T1* y el T15*, el segundo se utiliza en aplicaciones donde se requiere alta resistencia a la abrasión y al calor.

*Más adelante se muestran los tipos de aceros T y M.

Los aceros M contienen molibdeno como el principal elemento de aleación, además de tener altas cantidades de otros elementos como tungsteno y cobalto. Aquellos tipos que tienen altos contenidos de carbono y vanadio, son más resistentes al desgaste, pero con maquinabilidad muy pobre. Estos aceros son utilizados para aplicaciones donde se requiere alta velocidad de corte, en ocasiones, si la aplicación requiere alta tenacidad, estos aceros son endurecidos desde temperaturas relativamente bajas.

AISI	%C	%Cr	%V	%W	%Mo	%Co
T1	0.75	4.0	1.0	18.0	0	0
T2	0.80	4.0	2.0	18.0	0	0
T4	0.75	4.0	1.0	18.0	0	5.0
T5	0.80	4.0	2.0	18.0	0	8.0
T6	0.80	4.5	1.5	20.0	0	12.0
T8	0.75	4.0	2.0	14.0	0	5.0
T15	1.50	4.0	5.0	12.0	0	5.0

Tabla 1: Aceros de alta velocidad al tungsteno

Las brocas de aplicaciones industriales generales son fabricadas con acero de alta velocidad con una base de molibdeno: M1, M2, M7 y M10. Las brocas hechas con este tipo de materiales son efectivas en el proceso de barrenado de distintos materiales.

Para aplicaciones más difíciles en las cuales se incrementa el nivel de calor, la dureza necesita ser alta ya que es muy alto en nivel de calor que tiene que soportar la broca. Aceros de alta velocidad (HSS), que contienen cobalto, como los tipos M33, M35, M36, M42, y T15, son empleados para este tipo de aplicaciones. Las brocas fabricadas con acero con contenido de cobalto, permiten una operación más rápido que las de acero de alta velocidad común.

Las aplicaciones típicas para herramientas hechas de estos materiales incluyen, aleaciones de níquel, aleaciones de titanio y aceros con durezas mayores a 40 Rockwell.

AISI	%C	%Cr	%V	%W	%Mo	%Co
M1	0.80	4.0	1.0	1.5	8.0	0
M2	0.90	4.0	2.0	6.0	5.0	0
M3	1.20	4.0	3.0	6.0	5.0	0
M4	1.30	4.0	2.0	5.5	4.5	0
M6	0.80	4.0	2.0	4.0	5.0	12.0
M7	1.00	4.0	2.0	1.75	8.75	0
M10	0.90	4.0	2.0	0	8.0	0
M30	0.80	4.0	1.25	2.0	8.0	5.0
M33	0.90	4.0	1.15	1.50	9.5	8.0
M34	0.90	4.0	2.0	2.0	8.0	8.0
M36	0.80	4.0	2.0	6.0	5.0	8.0

Tabla 2: Aceros de alta velocidad al molibdeno

AISI	%C	%Cr	%V	%W	%Mo	%Co
M41	1.10	4.25	2.00	6.75	3.75	5.00
M42	1.10	3.75	1.15	1.50	9.50	8.00
M43	1.20	3.75	1.60	2.75	8.00	8.25
M44	1.15	4.25	2.00	5.25	6.25	12.00
M46	1.25	4.00	3.20	2.00	8.25	8.25
M47	1.10	3.75	1.25	1.50	9.50	5.00

Tabla 3: Aceros ultra duros de alta velocidad al molibdeno

Los aceros de alta velocidad que contienen cobalto son más caros. Como resultado, son utilizados cuando la productividad de la operación se puede mejorar o cuando se requiere una alta eficiencia de la operación de corte.

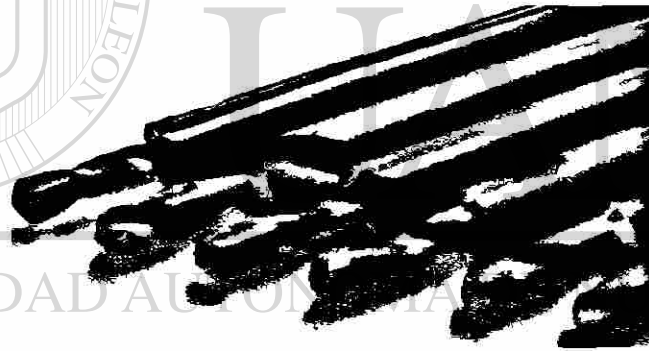


Figura 1: Brocas Escalonadas de Acero de Alta Velocidad

1.1.2 Brocas de Carburo Sólido

Las brocas de carburo cementado tienen algunas propiedades que las hacen superiores que las brocas fabricadas con acero de alta velocidad. La dureza es superior y la resistencia al desgaste por abrasión es mucho mejor. Como resultado, las brocas fabricadas con carburo son utilizadas para barrenar fundiciones grises, aluminio y algunos otros materiales no ferrosos, materiales altamente abrasivos como los plásticos reforzados y aceros con una dureza mayor a 48 Rockwell.

El barrenado de aceros con condiciones de tratamiento a base de calor no es recomendable que sea hecho con brocas de carburo, ya que la dureza del carburo es muy alta y la fragilidad es mucho mayor que el acero tratado, lo que puede ocasionar un daño permanente en la broca y en el material, generando así un desperdicio para la compañía.

Las ventajas de utilizar brocas de carburo, cuando es aplicable, incluyen: vida de herramienta más larga, hasta 10 veces mayor que las brocas fabricadas con acero de alta velocidad, velocidades de operación más altas, hasta 2.5 veces las velocidades utilizadas con las brocas de acero de alta velocidad, y más rápida velocidad de penetración, hasta en un 100% más rápido.

Las características que limitan a este tipo de brocas, son la fragilidad. Para que la fragilidad no afecte el desempeño de la broca es necesario contar con dispositivos de sujeción rígidos y robustos que no permitan flexión de la broca y de la pieza a ser procesada.

También se requiere de máquinas que puedan operar a velocidades altas para mejorar el desempeño de la broca. La localización es una condición muy crítica para estas operaciones, especialmente cuando de barrenan materiales muy duros.

Una consecuencia inevitable de barrenar a altas velocidades, es el desgaste en los filos de corte. Otra consecuencia es el incremento de calor en los filos de corte.

Por esto cualquier herramienta utilizada para el barrenado de alta velocidad debe ser seleccionada no solamente por su dureza - que determina la resistencia al desgaste - sino por la capacidad de mantener su dureza a altas temperaturas de corte. Estos dos requerimientos descalifican a las brocas de acero de alta velocidad. En vez de esto, la mayor parte de las aplicaciones de barrenado a alta velocidad demandan herramientas fabricadas de carburo de tungsteno con un grado que resista altas temperaturas.

La resistencia al calor de la herramienta se vuelve más importante cuando los barrenos son más profundos. Para barrenos poco profundos, algunas herramientas de acero de alta velocidad pueden trabajar sin ningún problema.

Para este tipo de barrenos es recomendable tener un afilado óptimo para evacuar la viruta lo más efectivo posible y evitar el incremento de calor en el filo de corte y generar así un desgaste por abrasión.

Existen muchos materiales para la fabricación de brocas de carburo sólido, el carburo de tungsteno directo como la clasificación C-1 y C-2 que han sido los que más se aplican para brocas.

Las brocas con punta de carburo soldado son utilizadas mayormente por la cuestión del costo. Una broca de carburo sólido es mucho más costosa que una broca con la punta de carburo.

Por cuestiones de simplificación, muchos estilos de brocas pueden ser clasificados en grupos de propósito general y de uso rudo.

Las herramientas de propósito general son las más comúnmente utilizadas en aplicaciones que no demandan mucha velocidad de corte. Algunas variaciones en los afilados y los ángulos de corte mejoran un poco el desempeño de la broca en determinadas condiciones de velocidad de corte y velocidad de avance.

Las herramientas de uso rudo son diseñadas para soportar grandes esfuerzos de torsión y rigidez. Tienen también un costo mucho mayor que las herramientas de carburo para uso convencional. Estas brocas son utilizadas para barrenar materiales de forja, fundiciones duras y aleaciones ferrosas con altos niveles de dureza. Los materiales antes mencionados tienen propiedades abrasivas mucho mayores que otros materiales, por eso es recomendable utilizar el tipo de brocas de carburo para uso rudo.

Las velocidades a las que puede maquinar este tipo de brocas son mucho más altas que las brocas tradicionales de acero de alta velocidad, por eso su costo es mucho más alto, ya que pueden hacer un proceso en menos tiempo que una herramienta de acero.

La selección de un grado de carburo de grado fino puede ser una solución para muchos de los problemas de vibración en el proceso de barrenado.

Muchas compañías fabricantes de brocas ofrecen brocas de carburo con un tamaño de grano muy pequeño, inclusive debajo de 0.5 Micras, comparadas con otros tipos de carburo de 2.5 o más micras. Los granos pequeños de carburo evitan el despostillamiento en los filos y también evitan la pérdida de dureza en el filo de corte. Por lo tanto, herramientas con granos de carburo más pequeño logran incrementar la resistencia al desgaste.



Figura 2: Brocas de Carburo Sólido

1.2 Procesos posteriores al barrenado

Los procesos que normalmente siguen al barrenado son los rimados, roscados y en algunos casos honeado. El proceso de barrenado es muy importante para estos procesos posteriores, ya que es el que pone la guía por donde las otras herramientas deben trabajar.

1.2.1 Proceso de Rimado

El proceso de rimado es un proceso de maquinado para agrandar, suavizar o dar diámetros finales precisos en barrenos previamente generados.

Una rima es una herramienta rotativa de corte, generalmente de forma cilíndrica o cónica, elaborada con el fin de agrandar y terminar barrenos a dimensiones precisas. Normalmente es equipada con dos o más canales periféricos o flautas que le permiten cortar de manera uniforme y tener un corte equilibrado en su periferia. Las flautas forman los dientes de corte y proveen canales para evacuar las pequeñas virutas generadas por el corte

El proceso de rimado se efectúa con herramientas especialmente diseñadas con una gran cantidad de filos. A este tipo de herramientas se les denomina rimas.

Cuando la rima o la pieza de trabajo rotan y avanzan una hacia la otra, las virutas se producen para remover relativamente una cantidad muy pequeña de material de las paredes del barreno. El proceso de rimado debe ser realizado en el mismo tipo de máquina que se utiliza para el proceso de barrenado.

La precisión del barreno y la calidad del acabado producido por el rimado depende primeramente de las condiciones del barreno piloto o barreno guía, la rigidez de la máquina y la rigidez del dispositivo de sujeción, velocidades y avances apropiados, así como también un fluido para corte apropiado y sobre todo una preparación óptima en los filos de la rima.

Ya que el material a remover es poco para una operación de rimado, la superficie debe ser uniforme. Los barrenos iniciales deben tener buenas condiciones de redondez, rectitud y acabado. Las rimas tienden a seguir la línea de centros de un barreno previamente elaborado. Con las condiciones apropiadas y los parámetros operativos correctos, el rimado puede generar tolerancias cerradas y superficies suaves.

Los barrenos rimados, son sumamente importantes en las operaciones de ensamble, ya que son puntos de referencia para pernos guía de ensamble entre pieza y pieza. Las tolerancias son cerradas y es difícil el control de la geometría y tolerancias si no se tienen correctos los parámetros de corte.

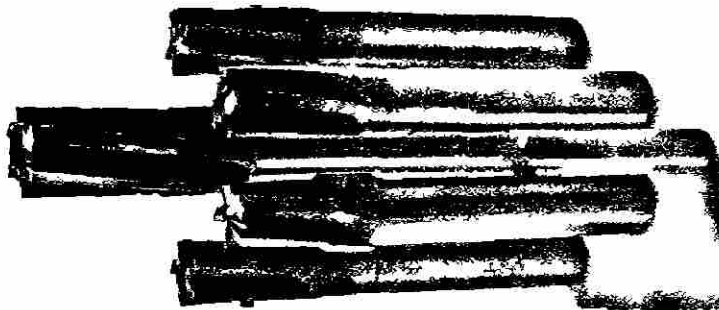


Figura 3: Rimado para fundición gris

1.2.2 Proceso de Roscado

El proceso de roscado normalmente se utiliza después de un barrenado para barrenos en los cuales van tornillos o birlos para ensamblar una parte con otra.

El proceso de roscado es muy complicado ya que requiere de una precisión muy cerrada para poder cumplir con el paso de la rosca y con los parámetros de localización para poder lograr un ensamble y un torque correcto.

El proceso de roscado es realizado con machuelos que forman las cuerdas de la rosca que van a permitir la entrada del birlo o tornillo y sujetar una parte con otra.

Los tipos de machuelos varían también para los tipos de materiales y los tipos de condiciones en que se va a realizar la operación.



Figura 4: Machuelos Convencionales

Al igual que el proceso de barrenado, se requiere de un análisis muy extenso de las condiciones de velocidad y avance que se manejen, ya que de esto depende un buen terminado y forma de la rosca.

Es sumamente importante para el proceso de roscado tener una condición de barreno lo más libre de material a remover ya que al tener una cantidad muy grande de material en el diámetro del barreno, es más el esfuerzo que tiene que realizar el machuelo y puede sufrir daños irreparables como la

pérdida del filo, el despostillamiento de dientes o la ruptura total del cuerpo del machuelo. Esto también implica un costo de reparación o desperdicio de la parte, ya que al dañar el machuelo también se daña severamente la pieza.

Por otro lado la localización del barreno tiene que ser lo más aproximado a la posición del centro de la punta del machuelo, ya que de no ser así es casi seguro que el machuelo se rompa y genere algún tipo de defecto en las partes maquinadas, causando así un desperdicio y una ruptura del machuelo.

Los recubrimientos también ayudan en las operaciones de roscado facilitando la evacuación de la rebaba y evitando un desgaste prematuro en los filos y dientes del machuelo.

La forma de la cuerda de la rosca va a depender de la calidad de preparación que tenga el barreno anterior al roscado. Por otro lado es también importante el líquido de enfriamiento que se utiliza para estas operaciones, ya que es este líquido el que va a ayudar al machuelo a extraer las virutas del interior del barreno con mayor facilidad. Es por eso que se deben considerar todas las variables que pueden afectar a un proceso de roscado.

En el siguiente capítulo se tratarán los distintos tipos de falla que puede presentar una broca en el proceso de barrenado. También se verá la importancia del manejo de la viruta y algunos términos tribológicos aplicables a las herramientas de corte.

Capítulo 2

Principales fallas en el proceso de barrenado.

Todas las herramientas de corte sufren un desgaste durante el proceso de maquinado y continúan desgastándose hasta que terminan con su vida útil. La vida de las herramientas es medida en minutos efectivos de operación. La vida de la herramienta es el tiempo productivo disponible durante el cual la herramienta va a maquinar componentes que sean aceptables en un rango de calidad.

En los tiempos antiguos del hombre y la herramienta, el parámetro de vida de herramienta era simplemente cuando ya no cortaba más. Hoy en día los parámetros más usuales son la textura de la superficie, precisión, patrón de desgaste de la herramienta, formación de la viruta y una confiable y creíble vida de herramienta. El criterio que se aplique va a depender del tipo de operación, acabados y desbastes, y muy usualmente la cantidad de supervisión que se aplique a la operación.

El filo de corte de una herramienta en una operación de acabado, es considerado deteriorado cuando no se deja la textura superficial que requiere el proceso.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La selección de la herramienta de corte correcta es crítica para obtener la máxima productividad durante la operación de maquinado. Especialmente la selección del material de la herramienta y las geometrías de corte son importantes en el diseño del proceso. De todas formas, si la selección de la herramienta es correcta y las condiciones de maquinado, estabilidad del dispositivo de sujeción y el husillo, la vida de la herramienta no se va a alcanzar. Las vibraciones y la falta de rigidez en los sujetadores de herramienta y los dispositivos de sujeción de la pieza van a disminuir grandemente la vida

de la herramienta, causando así un consumo excesivo de brocas que repercute directamente en el costo de herramienta en el proceso productivo.

Con todas las condiciones correctas para la operación, una cantidad considerable de productividad se puede ganar con la tonificación de detalles en el proceso de maquinado. La vida de la herramienta y el tiempo de maquinado pueden variar mucho ajustando los parámetros correctos para la economía y la producción. Todo esto basado en hacer las cosas bien en un ambiente caliente, químicamente activo bajo condiciones de presión extrema y velocidades muy altas de corte de material.

Como un resultado de los factores de carga en el filo de corte durante el proceso de maquinado se presentan distintos tipos de desgaste que pueden ocurrir en el filo de la herramienta que pueden afectar su desempeño y posiblemente causar daño permanente en la herramienta de corte.



Figura 5: Desgaste en filo broca

2.1 Definición de Tribología y Desgaste

La tribología proviene del latín “tribos” (fricción) y “logos” (estudio), involucra un entendimiento de lo que sucede cuando dos superficies están en movimiento en direcciones contrarias.

El desgaste es el deterioro no intencional resultante del empleo o del ambiente, puede considerarse esencialmente como un fenómeno de superficie.

2.2 Desgaste por abrasión

Sin duda es uno de los desgastes más importante por su alta frecuencia de ocurrencia en la vida real. El desgaste abrasivo ocurre cuando partículas duras se deslizan o ruedan bajo presión a través de una superficie, o cuando una superficie se frota a través de otra.

Este tipo de desgaste es causado principalmente por partículas duras de la pieza de trabajo. Esto es similar al proceso de afilado, donde las partículas duras pasan entre la superficie de la pieza de trabajo y la herramienta. La carga mecánica en el filo de la broca tiende a gastarse en el cinkel.

La habilidad del borde o filo para resistir el desgaste por abrasión está relacionada con la dureza de la broca. Un material de herramienta con altos contenidos de partículas duras va a soportar con facilidad el desgaste por abrasión, pero el sólo hecho de contar con partículas duras no protege a la herramienta de otros factores en el proceso de maquinado.

2.3 Desgaste por difusión

Ese tipo de desgaste se presenta por la carga química durante el proceso de corte. Las propiedades químicas del material de la broca y la afinidad del material de la broca con el material de la pieza de trabajo determinan el desarrollo del mecanismo del desgaste por difusión.

La dureza del material de la herramienta no afecta el proceso de desgaste por difusión. La relación metalúrgica entre los materiales determina el alcance del mecanismo del proceso de difusión. Algunos materiales para herramienta de corte son inertes al material de la pieza de trabajo, mientras otros materiales tienen afinidades.

El carburo de tungsteno y el acero tienen una afinidad de uno al otro que crea un mecanismo de difusión. Este desgaste forma un crater en el filo de la herramienta. Ya que este mecanismo depende directamente de la temperatura, aparece con mayor frecuencia en operaciones que trabajan a condiciones de velocidad de corte muy altas. El intercambio atómico ocurre con una transferencia en dos vías de ferrita del acero a la herramienta, de la misma forma se difunde el carbono en la viruta.

2.4 Desgaste por Oxidación

Es de considerable importancia cuando la intensidad o velocidad de formación de óxidos en la superficie en contacto es mayor que la intensidad de destrucción del material entre las superficies por desgaste abrasivo. Es muy importante el control de este tipo de desgaste en ambientes saturados de agentes químicos oxidantes. En las superficies ferrosas es muy común la formación de óxidos de fierro. Como remedio, existen aleaciones o tratamientos para crear capas antioxidantes que hacen posible disminuir y controlar este tipo de desgaste.

Con la presencia de aire y altas temperatura se crea este tipo de desgaste. El tungsteno y cobalto forman una superficie de poros que son más fácilmente removidos por la viruta. Algunos óxidos como el óxido de aluminio son mucho más fuertes y más duros. Algunos materiales para herramienta de corte son más propensos al desgaste por oxidación que otros. Especialmente en la interfase de la profundidad de corte, el aire tiene acceso al proceso de corte. La oxidación crea muescas en el filo de corte. Debido a los últimos desarrollo en los procesos de maquinado, este fenómeno se ha disminuido en los procesos de maquinado actuales.

2.5 Desgaste por Fatiga

El desgaste por fatiga del material se encuentra presente en todos los mecanismos que están sometidos a cargas cíclicas independientemente del tipo de fricción. El material de dichos elementos puede sufrir dos tipos de fatiga, la superficial y la volumétrica. La primera se origina por contactos puntuales y lineales, mientras que la segunda es por macro deformaciones elásticas en todo el volumen de la pieza.

Es una combinación termo-mecánica. Las fluctuaciones de temperatura y la carga y descarga generada por las fuerzas de corte pueden crear un agrietamiento o ruptura del filo de corte de la herramienta.

La acción del corte intermitente tiende a crear variaciones en la temperatura de la herramienta. Algunos materiales para herramienta de corte son más sensibles que otros al mecanismo de desgaste por fatiga.



Figura 6: Fatiga del filo de la broca por calentamiento

La fatiga mecánica puede ocurrir cuando las fuerzas de corte son muy altas para que el filo de corte las pueda soportar. Esto puede ocurrir cuando se tiene un material de la pieza de trabajo muy duro, existen muy altas velocidades

de avance o cuando el material de la herramienta no es lo suficiente mente duro para aguantar estas condiciones. De todas formas. La deformación plástica predomina en estos casos.

2.6 Desgaste por Adherencia

Es la forma más común de desgaste. Pequeñas partes de material se desprenden de uno para quedarse unidos a otro. La tendencia de los materiales a adherirse nace de las fuerzas de atracción que existen entre los átomos de las dos superficies.

Este tipo de desgaste ocurre principalmente a temperaturas bajas de maquinado, en el filo de la herramienta. Puede aparecer en proceso de corte de viruta larga o viruta corta, como ejemplo se puede poner alguna pieza de aluminio o de fundición gris. El mecanismo de desgaste por adhesión tiende a formar un bulto de material en el filo de la herramienta (build up). Es una estructura dinámica, con capas sucesivas de viruta que poco a poco se van soldando con el calor al filo de la herramienta y se convierten en parte del filo; filo que se puede deformar y crea algún problema de calidad en el barreno.



Figura 7: Adherencia de material en el filo de una broca

El área donde se forma este bulto de material puede ser tratado periódicamente para evitar este tipo de formaciones, pero este proceso va a ser repetitivo hasta que se tome algún otro tipo de remedio para evitar la adherencia del material en el filo de la herramienta.

Algunos materiales de corte y algunos materiales de trabajo, como los aceros dúctiles, son más propensos a sufrir este fenómeno.

Cuando se presentan altas temperaturas de corte, las condiciones para que se presente este tipo de fenómeno desaparecen.

En un cierto rango de temperaturas entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo y la presión aplicada por las fuerzas de corte crean el mecanismo de desgaste por adhesión. Cuando se maquinan materiales como el acero inoxidable austenítico, el mecanismo tiende a crear un desgaste rápido en el límite de la profundidad de corte.

La lista de propiedades de los materiales para herramienta de corte que se muestra a continuación se puede decir que son algunas de las más importantes para poder evitar que se presenten los mecanismos de desgaste de las herramientas.

- Dureza
- Tenacidad
- Estabilidad Química
- Conductividad térmica
- Expansión térmica
- Superficie Inerte
- Adherencia del recubrimiento

2.7 Vibración en el filo

La vibración es la fuente de una gran cantidad de problemas en el mecanizado de orificios.

De los tres procesos fundamentales del arranque de viruta –fresado, torneado y taladrado- uno de ellos es diferente. En el fresado y el torneado el corte se realiza a la vista, lo que permite aprender mucho sobre el comportamiento del corte por simple observación. Pero en el taladrado –y en todos los procesos para la elaboración de barrenos- la acción es oculta. Nadie

puede ver lo que ocurre en el corte y ningún ojo es capaz de ver la superficie mecanizada hasta que el barreno ya está terminado. Esta falta de visibilidad, tanto como cualquier otro factor, probablemente explique por qué la elaboración de barrenos ha sido entendida tan poco.

En la elaboración de barrenos se ha aplicado menos ciencia y más intuición. Algunas operaciones de elaboración de barrenos se comportan de una manera excelente y otras son ineficientes, pero las razones del triunfo o fracaso muchas veces son desconocidas.

Muchos productos en la actualidad llevan demasiados barrenos que se tienen que elaborar de la manera más eficiente posible para reducir los costos de operación. Además mecanizar estos barrenos más redondo, rectos y suaves implica un mayor costo del producto. Y un mejor conocimiento de la vibración en la elaboración de barrenos puede ser la clave para alcanzar objetivos de reducción de costos.

La vibración en el proceso de barrenado es el resultado del efecto torsional-axial, un mecanismo inherente a la herramienta. En la medida que la broca corta se torsiona en reacción a la carga sobre sus filos de corte. La carga es torsional pero la distorsión de la broca tiene también una contraparte axial. La torsión hace que la broca se “desenrolle”. La broca quiere alargarse. Sin embargo, esta extensión es disminuida por el empuje sobre la broca y por su propia rigidez axial, Como resultado, hay dos fuerzas diferentes en competencia en el hueco: la fuerza torsional que trata de alargar la broca y la fuerza de oposición que lucha contra esta extensión, La broca se deforma en ambos labios debido a estas fuerzas opuestas. El movimiento resultante puede ser visualizado como un picoteado de la broca pero con desplazamientos microscópicos y con una frecuencia de 20 a 30 veces por cada revolución de la herramienta.

El ondulado de la superficie producido por un corte de este tipo, toma la forma de un patrón de rayos de sol desplegado en el fondo del barreno. La vibración ocurre a cualquier velocidad en la cual el movimiento dentro y fuera de la broca interfiere con el ondulado dejado en la superficie por la revolución previa a la broca. La broca al rotar y oscilar, colisiona con estas ondas haciendo que el ondulado y la oscilación sean más acentuados.

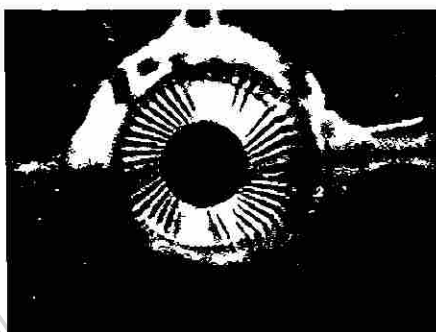


Figura 8: Efecto de la vibración en un barreno

Este efecto es el responsable del silbido típico del taladrado. Durante la vibración de la herramienta, el husillo y el resto del sistema resuenan en una frecuencia cercana a alguna de las frecuencias naturales del sistema.

El efecto más nocivo de la vibración es el desgaste de la herramienta, resultado de los efectos de martilleo que se presenta. Cuando la vibración resulta muy intensa es posible que se produzca la rotura de la herramienta. La vibración puede ser particularmente destructiva en las herramientas de carburo en comparación con las de acero de alta velocidad porque, aunque las de carburo tienen una mayor resistencia al desgaste, su resistencia al choque es menor.

Las herramientas de carburo son, por tanto, más susceptibles al despostillamiento o a la formación de grietas como resultado de los golpes repetidos y constantes.

Pero hay otros efectos dañinos. La vibración puede acelerar el desgaste de los componentes de la máquina generando así un costo de reparación extraordinario en algunos casos cuando no se prevé un mantenimiento a los componentes de la maquinaria.

El mejor recurso para la eliminación y control de la vibración estriba en la buena selección de la velocidad del husillo, partiendo de este punto se pueden controlar muchas de las variables que intervienen en la generación de vibración. No necesariamente la mejor velocidad para barrenar debe ser la mayor velocidad. La mejor velocidad para el barrenado es aquella en la cual la velocidad en la que gira la herramienta (revoluciones por segundo) divide en número par a la frecuencia de vibración torsional-axial de la broca.

Cuando estas dos frecuencias son divisibles de manera par, significa que la broca está siguiendo perfectamente el patrón de ondulación de la superficie. El resultado es un corte suave con una carga de viruta constante y restringida.

Algunas soluciones para disminuir la vibración en el barrenado son:

Aumentar el espesor del alma de la broca: El alma es la sección central de la broca entre las flautas o estrías. En lugar de utilizar una broca con espesor de alma igual a 20% ó 30% del diámetro, se debe utilizar una broca con el espesor de 30% a 40%. La herramienta con alma más ancha es más rígida y tiende a vibrar menos.

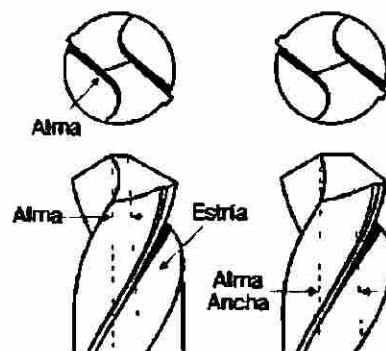


Figura 9: Alma de la Broca

Disminuir al destalonado del labio: Una broca con menos destalonado de labio tiende a friccionar más en el fondo del barreno. Esta fricción tiene un efecto amortiguador que puede reducir la vibración. El fenómeno es, esencialmente, el mismo tipo de amortiguamiento que hace que las herramientas tipo espiral presenten menos vibración.

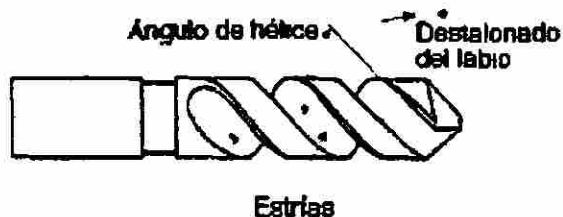


Figura 10: Destalonado del labio en el filo de la broca

Aumentar la velocidad de avance: El aumento de la velocidad de penetración con respecto a la velocidad de giro es otra forma de aumentar la fricción.

Con esto se incrementa el contacto de la broca con la superficie, haciendo desaparecer la vibración y generando un mejor acabado superficial en la geometría del barreno. Queda claro que aumentar la velocidad de avance requiere que la herramienta tenga la tenacidad suficiente para aguantar la fricción en el filo de corte.

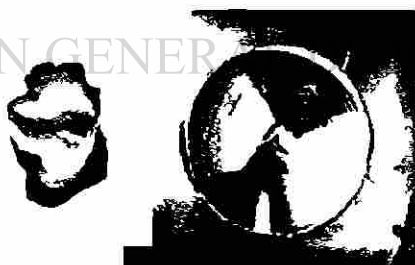


Figura 11: Barreno suavizado

2.8 Profundizando en la viruta

Todos los mecanismos de falla tienen que ver con muchas variables como son: la velocidad de corte, el material que se maquina, la velocidad de avance, el afilado de la herramienta, el material de la herramienta, los ángulos de ataque y la geometría de las flautas para la evacuación de la viruta, etc.

Esta última, es la principal causante de muchas de las fallas de la herramienta de corte.

Cuando se maquinan barrenos profundos con alguna broca con refrigerante central, es muy importante recordar los principios básicos para la elaboración exitosa de barrenos profundos. Estos principios caen dentro de tres categorías:

- Formación de la Viruta
- Manejo de la Viruta
- Evacuación de la Viruta

2.8.1 Formación de la Viruta

La formación de la viruta es extremadamente importante cuando se perforan barrenos profundos. Debido al espacio limitado en las flautas de la broca, es preferible tener una viruta quebrada en pedazos pequeños.

Resortes largos y virutas apelmazadas tienden a acumularse en las flautas y pueden causar la ruptura de la broca.

Hay dos factores que afectan la formación de la viruta:

- La ductilidad del material que se maquina
- El avance por revolución de la broca

Formación de viruta

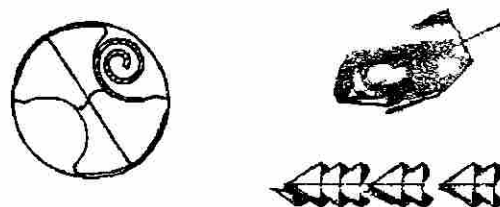


Figura 12: Formación de la viruta en la flauta de una broca

2.8.2 Manejo de la Viruta

Los materiales dúctiles tienden a apelmazarse durante el barrenado. El apelmazamiento puede ser controlado cambiando el ángulo de ataque o utilizando rompedores de viruta en el filo de la broca.



Figura 13: Magnificación de Formación de Viruta y el manejo a través de la flauta

Probablemente el método más común del control de la viruta es el cambio de ángulo de ataque en los filos de corte. Con una reducción en el ángulo, la viruta se dobla más fácil. Esto provoca que la viruta se rompa en vez de enroscarse y amontonarse en las flautas de la broca.

El otro método del manejo de la viruta es agregar ranuras rompe virutas en los filos de corte. Cualquiera de estos métodos requiere de un extremo cuidado. Estas modificaciones al filo de la broca pueden causar que la vida de la broca pueda disminuirse, pero aunados a otros métodos de barrenado pueden lograrse beneficios en la operación.

2.8.3 Evacuación de la Viruta

La evacuación de la viruta depende directamente del tipo de aplicación; vertical o horizontal. En conjunción con esto, se debe considerar la presión disponible de refrigerante directo a la aplicación. La combinación de estos elementos -aplicaciones verticales u horizontales y la presión de refrigerante - van a influenciar en la selección del ángulo de hélice apropiado para la aplicación.

Operaciones Verticales: cuando se barrena en una operación vertical con baja presión de refrigerante, un ángulo más alto es requerido para ayudar a la evacuación de la viruta. Cuando hay una presión de refrigerante alta, el ángulo de la hélice pasa a un segundo plano. Esto es porque el refrigerante a alta presión tiende a mandar la viruta hacia fuera a través de las flautas de la broca.

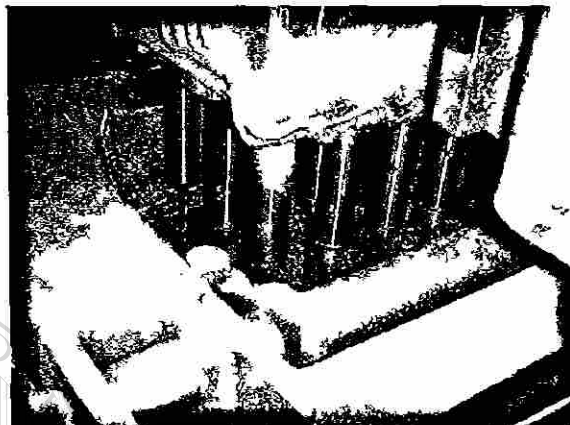


Figura 14: Operación de Barrenado Vertical

Operaciones Horizontales: cuando se barrena en una aplicación horizontal y la presión del refrigerante es baja, es mejor utilizar un ángulo de hélice menor. Las brocas de ángulo bajo proveen un patrón más recto para la evacuación de la viruta. Otra vez, cuando el refrigerante trabaja a alta presión, el ángulo de la hélice pasa igual a un segundo plano.

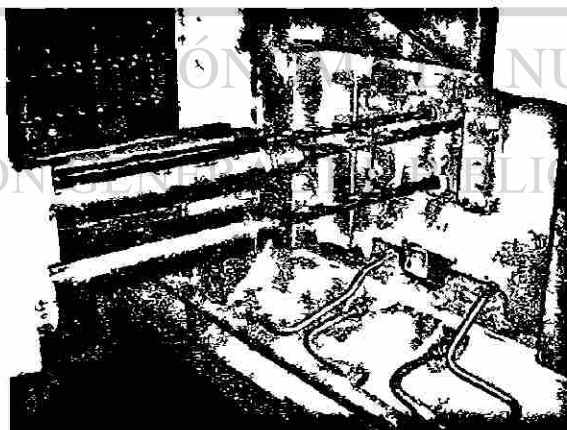
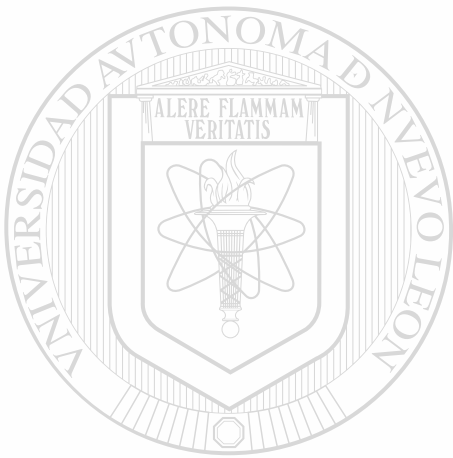


Figura 15: Operación de Barrenado Horizontal

En ambas aplicaciones, vertical u horizontal, es mejor tener una presión alta de refrigerante. La presión del refrigerante no solamente ayuda en la

remoción de viruta, también mantiene fría la punta de la broca. Esto tiene un efecto directo en el incremento de vida de la broca.

En el siguiente capítulo se tratará el proceso de recubrimiento, sus variedades y como se aplican a través de los procesos de PVD y CVD.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Capítulo 3

Descripción del proceso de recubrimiento

Introducción: dentro de los procesos para la mejora de herramienta y sobre todo para el desempeño y la vida de la misma se han desarrollado procesos como el PVD (Depósito de vapor físico) que permiten depositar capas que protegen la herramienta. En este capítulo se menciona el proceso PVD como parte de las mejoras que se le pueden hacer a las herramientas de corte.

Una premisa de la investigación en recubrimientos, es la idea de que realmente el recubrimiento es el que corta la pieza y no el cuerpo de la broca. Entre algunos factores que afectan el desempeño y la vida de las herramientas de corte, los recubrimientos son probablemente el factor más importante. La composición del recubrimiento y sus cualidades de adherencia son potentes promotores de la productividad en el corte de material.

Unos importantes estudios recientes aplicados a distintos tipos de herramientas como insertos intercambiables, machuelos y brocas han demostrado que con la aplicación de recubrimientos las herramientas pueden incrementar el nivel de remoción de metal hasta en un 20% sin sacrificar la calidad del acabado superficial. Las herramientas recubiertas presentan un filo más duro y más resistente al desgaste que le permite tener un mejor desempeño en el corte de metal.

El propósito de recubrir una herramienta es mejorar la productividad permitiendo mayores velocidades de corte o velocidades de avance. Los recubrimientos ayudan a extender la vida de las herramientas, este no es su principal propósito. La razón principal de los recubrimientos, es identificar factores que puedan causar fallas en las herramientas y desarrollar atributos de los recubrimientos que ayuden a corregir este tipo de fallas que pueden dañar la superficie de las herramientas y dañar posteriormente las características de calidad de un producto determinado.

3.1 El Proceso CVD

Este proceso consiste en calentar las herramientas en un reactor sellado con hidrógeno gaseoso a presión atmosférica o más baja presión; compuestos volátiles son añadidos al hidrógeno para proveer los constituyentes metálicos y no metálicos del recubrimiento.

Por ejemplo, los recubrimientos de TiC son producto de la reacción de vapores de $TiCl_4$ con metano e hidrógeno a una temperatura de 900 a 1100 grados centígrados. Durante el el proceso de depósito, una reacción secundaria ocurre normalmente en la cual el carbono es extraído del sustrato de carburo cementado. La reacción genera una superficie quebradiza en la interfase del recubrimiento y la pieza y esto puede generar fallas en la herramienta debido al excesivo despostillamiento y la poca fuerza en los filos. Estos problemas prevalecen en operaciones que involucran cortes interrumpidos.

Las inconsistencias en rendimiento y desempeño han sido eliminadas a través de una gran innovación en los procesos metalúrgicos. Esto incluye mejoras en el proceso de CVD, lo que ha resultado en recubrimientos de uniformidad de espesores, más adherencia y una morfología consistente y una microestructura con menos porosidad.

Para la utilización de un proceso CVD, es necesario elevar la temperatura a rango entre 700° a 1000° C. Esta operación de tratamiento térmico reduce la dureza de los aceros para herramienta. Por lo tanto, después de este tratamiento es necesario aplicar un proceso de endurecido a través de un proceso de templado.

El proceso de CVD no es recomendado para herramientas de corte como brocas, machuelos o rimas de acero de alta velocidad, ya que por las altas temperaturas que se manejan en este proceso, las geometrías son deformadas.

Para este tipo de herramientas es más recomendable utilizar el proceso PVD que se mencionará en puntos posteriores a este.

Las herramientas de corte que pueden ser pasadas por este proceso son sobre todo las herramientas para ranurado, herramientas para careado o para torneado de forma y para herramientas para la manufactura de engranes.

Con herramientas recubiertas por este proceso se pueden incrementar las vidas de herramientas desde 2 hasta 10 veces dependiendo el tipo de aplicación en el que trabaje la herramienta.

El principio del proceso CVD es como sigue:

El recubrimiento se forma a partir de una reacción química de una mezcla de gases en la superficie de la herramienta que se va a recubrir a una temperatura por arriba de los 500 grados centígrados. Para temperaturas menores de 500 grados centígrados es mejor utilizar la tecnología del proceso de PVD que se mencionará en próximos temas.

3.2 Composiciones del recubrimiento

Los tipos de recubrimientos han evolucionado desde los recubrimientos de capa sencilla y de aplicaciones limitadas hasta los recubrimientos multicapa que permiten un rango más amplio de aplicaciones.

Los recubrimientos multicapa utilizan varias combinaciones de TiC, TiCN, TiN, Al₂O₃.

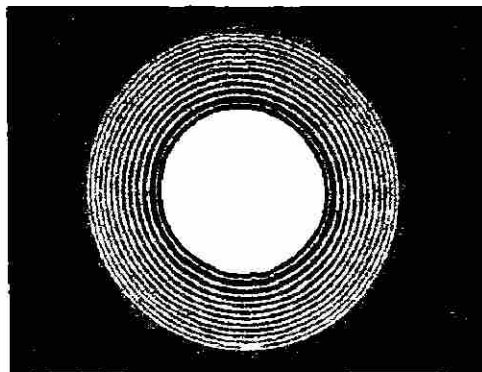


Figura 16: Corte Transversal de una Barra Recubierta

Los recubrimientos multicapa se utilizan para eliminar cráteres y disminuir el desgaste de los costados de las herramientas.

En la actualidad existe una tendencia al uso de recubrimientos multicapa para producir herramientas con un más fino tamaño de grano para minimizar los despostillamientos en los filos de las herramientas. Estas mejoras incrementan la vida de la herramienta y extiende el rango de aplicaciones en que se pueden usar los recubrimientos.



Figura 17: Superficie de broca con recubrimiento multicapa

3.3 Enriquecimiento de Cobalto

Ya que las herramientas recubiertas tuvieron un buen desempeño en las operaciones de corte de metal, empezaron a verse problemas catastróficos cuando se les aplicaban altas velocidades de avance para cortar material o en condiciones de corte interrumpido. Una solución a este tipo de problemas en herramientas recubiertas que sufrían fracturas, fué incrementar la tenacidad a la fractura añadiendo cantidades determinadas de cobalto.

Desgraciadamente esta solución resultó en decrecer la resistencia a la deformación, lo que causa que la herramienta pierda su filo.

Un punto clave sucedió en 1970 cuando se trataba de arreglar este conflicto entre la tenacidad a la fractura y la resistencia a la deformación. Una herramienta recubierta con TiC / TiCN / TiN fué desarrollada con una zona periférica enriquecida con cobalto, que proveía una fuerza superior en los filos mientras se mantenía la resistencia al desgaste de las capas de recubrimiento.

La zona enriquecida con cobalto contenía esencialmente una composición WC-Co con casi tres veces el nivel de cobalto normal. La pieza estaba formada por una solución cúbica de carburo con menos cobalto dando así más resistencia a la deformación. Así una herramienta combinaba resistencia a la fractura de una aleación alta en cobalto con la resistencia a la deformación de una aleación de bajo cobalto.

El desarrollo de la zona enriquecida en cobalto permite ser usada en aplicaciones de corte interrumpido como las forjas y las fundiciones. De todas formas la optimización de estas herramientas se obtuvo a bajas velocidades de corte.

En estudios posteriores en el enriquecimiento de cobalto se lograron obtener mayores velocidades de corte. Las velocidades de corte para herramientas de este tipo pueden estar en el rango de 60 a 300 m/min, con avances de corte desde 0.005 a 0.05 pulg/rev. Estas capacidades son rentables para la mayoría de las aplicaciones de remoción de material.

3.4 El proceso PVD

El proceso PVD ha surgido recientemente como un proceso comercial para depositar capas de nitruro de titanio y algunos otros recubrimientos duros en las herramientas de corte de acero de alta velocidad.

PVD es entre otros tratamientos superficiales aplicados a herramientas y elementos de máquinas uno de los métodos más utilizados en la industria para mejorar aspectos de fricción, corrosión y propiedades de desgaste.

En las áreas de maquinado y herramientas, los recubrimientos PVD son ampliamente usados para incrementar la vida de las herramientas y herramientas de producción.

A través del proceso PVD una capa muy delgada de recubrimiento (1-5 Micras) es depositada en la superficie de la herramienta. Esta capa delgada provee a la herramienta protección contra el desgaste y la abrasión del material que se maquina.

La deposición física de vapor emplea temperaturas más bajas que un proceso de deposición química. Por lo tanto el proceso PVD es atractivo para usar en herramientas de acero de alta velocidad y en herramientas de carburo sólido.

Este proceso provee un refinamiento de grano en los carburos de la herramienta que le permiten afinar la superficie y se protegen a través de la capa de recubrimiento.

Ha sido demostrado a través de pruebas de deformación de barras de metal que con el proceso CVD el esfuerzo de ruptura se reduce hasta en un 30% debido a la presencia de esfuerzos residuales generados por el recubrimiento.

Por otro lado los recubrimientos aplicados a través del proceso PVD no reducen el esfuerzo a la ruptura. El proceso PVD induce esfuerzos residuales de compresión, dependiendo de la técnica de deposición. Por lo tanto, los recubrimientos PVD no degradan el esfuerzo transversal de ruptura de las barras de acero de alta velocidad o de carburo.



Figura 18: Herramienta Recubierta por PVD

Otra ventaja del proceso de PVD es la habilidad de recubrir de manera uniforme sobre los filos de corte de la herramienta. El filo de corte en una herramienta es deseable ya que evita el incremento de las fuerzas de corte y disminuye los esfuerzos de tensión en la herramienta, disminuyendo así el riesgo de la ruptura de la herramienta. El filo reduce la temperatura en las puntas de corte y genera una mejor superficie de acabado. El proceso de recubrimiento a través del proceso de PVD ofrece el beneficio de resistencia al desgaste por abrasión de la capa de recubrimiento sin debilitar o degradar la fuerza de los filos de corte.

Las ventajas del proceso de recubrimiento por PVD son especialmente benéficas en operaciones como los fresados de metal. Las operaciones de fresado pueden producir daños severos en las superficies de las herramientas por agrietamiento térmico o mecánico. Esto puede generar despostillamientos en la herramienta y generar rupturas. El proceso CVD agravan esta situación incrementando los esfuerzos en las herramientas y generando grietas causadas

por el calor que utiliza el proceso para aplicar el recubrimiento. Estas grietas pueden ser corregidas a través del proceso de recubrimiento por PVD.

Como un resultado de investigaciones y aplicaciones se practican muchas aplicaciones de fresado que utilizan pastillas intercambiables pasadas a través del proceso de PVD. Esto ha generado que el proceso PVD se utilice de manera comercial para la producción de pastillas intercambiables para los procesos de fresado en distintas aplicaciones y materiales.

Existen evidencias de que la aplicación de PVD a las herramientas de corte como brocas, rimas y machuelos pueden lograr mejorar la vida de las herramientas. Las velocidades de corte y otros parámetros de producción pueden ser sustancialmente mejoradas, logrando así una mejor productividad y ahorro en los procesos.

Debe hacerse notar que el proceso de PVD no sustituye al proceso de CVD ya que algunos recubrimientos como el Al_2O_3 no pueden ser aplicados por el proceso de PVD, solamente por CVD.

Ventajas del Proceso PVD

- Bajas temperaturas de deposición (Menor a 500 grados centígrados)
- Recubrimientos suaves – menos calor por fricción en el maquinado.
- Los esfuerzos residuales se comprimen
- Se pueden recubrir filos agudos – herramientas con filos agudos necesitan minimizar las fuerzas de corte, reducir las temperaturas en el filo y generar un mejor acabado superficial en el producto.

3.5 El proceso de Decapado

El proceso de decapado es aquel que se utiliza para remover los recubrimientos anteriores a otro proceso de recubrimiento.

Los recubrimientos previamente aplicados a la superficie de la broca deben ser removidos con la finalidad de que el diámetro de la broca no sea afectado, ya que la capa de recubrimiento tiene un espesor de 2 a 3 micras en la superficie de la broca y al acumularse poco a poco pueden crear una deformación en el diámetro y posteriormente se generará un defecto en la pieza maquinada.

Cada vez que la broca sea afilada, es necesario volver a dar la preparación en el filo y el cuerpo de la broca para que pueda aceptar el proceso de recubrimiento. El filo después de una cantidad determinada de piezas pierde el recubrimiento, pero el diámetro de la broca se incrementa, es por eso que el proceso de decapado es necesario para mantener las dimensiones originales de la broca y no caer en la posibilidad de crear problemas de calidad en el producto barrenado.



Figura 19: Distintos recubrimientos en una sola broca

Todos estos recubrimientos pueden ser aplicados a una misma broca después del proceso de decapado. Por eso es muy importante que el proceso de decapado sea realizado a la broca después de que sea afilada su punta de corte.

En el próximo capítulo trataremos sobre las características del material en tema. También se mencionarán algunas recomendaciones para maquinar este tipo de material.

Capítulo 4

Características del Material a Maquinar

Introducción:

Entre los distintos materiales que se utilizan para la producción de partes automotrices se encuentra el estandar MS-10179. Este material en sus distintas composiciones tiene distintas aplicaciones. Me voy a enfocar principalmente al tipo C, que se utiliza para la producción de partes automotrices para motores.

4.1 Descripción General

El término de hierro gris designa a la familia de metales con una amplia variedad de propiedades. Es un término genérico como el acero que también es designado a un grupo de metales. Los aceros y los hierros grises son primeramente aceros con carbono como el principal elemento de aleación.

Los aceros contienen menos del 2% de carbono, mientras que los hierros grises contienen más del 2% de contenido de carbono.

En adición al carbono, los hierros grises deben tener una cantidad considerable de silicio, normalmente de 1-3%, y por lo tanto son aleaciones basadas en hierro, carbono y silicio. El alto contenido de carbono y el silicio los hacen excelentes hierros para fundición.

Las temperaturas de fusión son relativamente menores a las del acero. El hierro fundido es más líquido que el acero fundido y menos reactivo con elementos agregados para su preparación.

El tipo de material que se maquina en este tipo de operaciones pertenece al estandar MS-10179, anteriormente cubierto por el estandar MS-3958. Este tipo de material es utilizado en distintas aplicaciones automotrices. El grado A es utilizado solamente en la producción de tambores para frenos y rotores. Los

grados B y C son utilizados en la producción de monoblocks de motor, cabezas de motor, rotores y algunas otras aplicaciones.

Este estándar de material cubre con la composición química, las propiedades mecánicas, las propiedades físicas, la microestructura y tratamiento térmico que requiere este tipo de material.

4.2 Composición Química.

Composición Química			
Elemento	Grado A	Grado B	Grado C
Carbono Total	3.35 a 3.90%	3.10 a 3.60%	3.10 a 3.60%
Silica	2.10 a 2.90%	1.80 a 2.50%	1.80 a 2.50%
CE (C+1/3 Si)	4.30 Mínimo	-	3.85 a 4.30%
Manganeso (Nota 1)	0.50 a 0.90%	0.50 a 0.90%	0.50 a 0.90%
Fósforo	0.15% Max.	0.15% Max	0.15% Max
Sulfuro	0.15% Max.	0.15% Max	0.15% Max
Cromo	(Nota 2)	-	0.40% Max
Nitruro de Titanio	(Nota 2)	-	(Nota 2, 3)
Cobre	(Nota 2)	-	(Nota 2)
Niquel	(Nota 2)	-	(Nota 2)

Tabla 4: Composición Química de Fundición Gris

Notas:

- (1) Se requiere mantener un mínimo de Manganeso de $(1.7 \times \%S) + 0.3\%$
- (2) Este tipo de Hierro Gris puede ser fabricado usando algún elemento estabilizador de perlita como el cobre, cromo, niquel o Nitruro de Titanio para mantener la microestructura especificada y el rango de dureza del material.
- (3) Para monoblock de motor el contenido de nitruro de titanio debe estar en el rango de 0.03 a 0.12% (Opcional)

4.3 Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas como se muestran en la siguiente tabla, están basadas en resultados obtenidos de barras de Grado A, Grado B y Grado C.

Propiedades Mecánicas			
Propiedad	Grado A	Grado B	Grado C
Esfuerzo a la Tensión (Mpa)	120	170	205
Dureza Brinell	145 a 201 HB	170 a 229 HB	187 a 241 HB

Tabla 5: Propiedades Mecánicas de la Fundición Gris

La forma del grafito presente en la aleación afecta las propiedades mecánicas del material. Las hojuelas de grafito actúan como un severo elevador de stress mientras que los grafitos esferoidales no lo hace así. Un clásico ejemplo de este efecto es la diferencia entre el Hierro gris y el hierro dúctil.

Los materiales de grano fino normalmente tienen mayor fuerza y son más dúctiles que los materiales de grano grande. Además, la falta de segregación y/o segundas fases también contribuyen a incrementar la fuerza y ductilidad de los materiales.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Por lo tanto un hierro gris con silicio de grano fino con grafito esferoidal debe tener mejores propiedades mecánicas que un hierro con grafito en forma de hojuelas. Hay muchas referencias para mostrar estos casos, pero de todas formas es un material frágil y quebradizo al alto impacto.

4.4 Microestructura

La microestructura de los grados B y C, especialmente en aquellas áreas de la fundición que demandan buenas propiedades al desgaste, debe estar formada por hojuelas de grafito en una matriz perlítica. Algunos puntos de ferrita deben estar dispersos no excediendo el 5% para ser aceptable.



Figura 20: Microestructura de Fundición Gris

4.5 Condensado de características y producción de las fundiciones

La fundición gris es la más común. La solidificación de este compuesto produce hojuelas entrelazadas de grafito unidas en un solo lugar. La fundición gris contiene muchos de estos aglomeramientos, o celdas eutécticas, de hojuelas de grafito; cada celda representa un punto de nucleación. La inoculación o las velocidades altas de enfriamiento ayudan a producir hojuelas más finas de grafito con un tamaño menor de la celda eutéctica, mejorando así la resistencia.

Las hojuelas de grafito, que parecen pequeñas grietas dentro de la estructura de hierro fundido, concentran los esfuerzos de modo que la fundición gris posee una baja resistencia a la tensión y se comporta de una manera frágil, con una elongación de solo 1 % ó menos.

Las fundiciones grises suelen especificarse mediante un número de clasificación que indica la resistencia nominal a la tensión del hierro. Una fundición gris del tipo 20 tiene una resistencia nominal a la tensión de 20000

psi. Sin embargo, en piezas fundidas gruesas, las grandes hojuelas de grafito y una matriz ferrítica producen resistencias a la tensión tan bajas como 12000 psi. Para fundiciones muy delgadas, el fino grafito y la perlita proporcionan resistencias a la tensión cercanas a 40000 psi. Si el enfriamiento es demasiado rápido, puede formarse cementita. Con bajos valores de equivalentes en carbono, la resistencia nominal a la tensión del hierro fundido es mayor, puesto que se forma una menor cantidad de grafito durante la solidificación. Pueden obtenerse resistencias aún mayores mediante la aleación o el tratamiento térmico.

A pesar de su baja resistencia a la tensión y su baja ductilidad, la fundición gris tiene muchas propiedades interesantes. Las hojuelas no actúan como intensificadores de esfuerzos bajo cargas de compresión, de manera que una fundición gris puede soportar grandes cargas si está apropiadamente diseñada.

La maquinabilidad de la fundición gris es excelente, puesto que las hojuelas de grafito actúan como rompedoras de viruta. La resistencia al desgaste por deslizamiento es buena; las hojuelas de grafito poroso absorben y retienen lubricante, y debido a que el grafito es blando y resbaloso, puede incluso auto lubricarse.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La presencia de las hojuelas de grafito permiten una mejor formación de la viruta, al igual que una lubricidad durante la operación de maquinado. Aparte de su buena respuesta a la operación de maquinado, existen situaciones en las que la maquinabilidad de una fundición a otra pueden variar considerablemente. Esta variación en la fundición se refleja en la vida de la herramienta, los requerimientos de energía mayores, volumen de material removido antes de la falla de la herramienta, acabado superficial y precisión, o incluso un cambio en el número de piezas maquinadas por la herramienta. Algunas veces estas variaciones en la maquinabilidad del hierro gris ocurren sin

mayores cambios en la microestructura del material. Este es un dilema para las plantas de fundición que tratan de producir microestructuras uniformes de vaciada tras vaciada.

Las características de absorción de vibraciones del hierro gris son excepcionales, particularmente cuando las hojuelas son gruesas. Debido a esta característica, la fundición gris se usa para los monobloques de motores y bases de maquinaria para producción. Eliminando así vibraciones en vehículos y maquinaria que pueden dañar otros componentes mecánicos.

Algunos ejemplos de partes fabricadas con este tipo de materiales son las que se muestran a continuación en las imágenes:

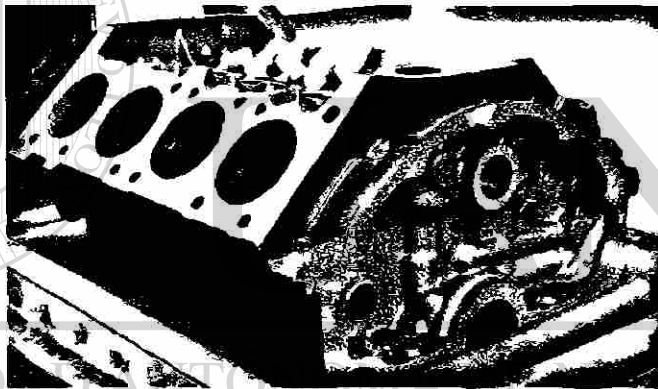


Figura 21: Monobloque de 8 cilindros

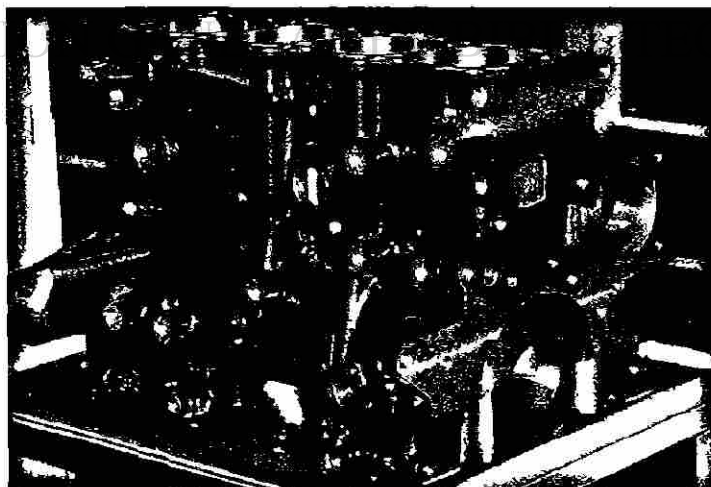


Figura 22: Monobloque de 4 Cilindros

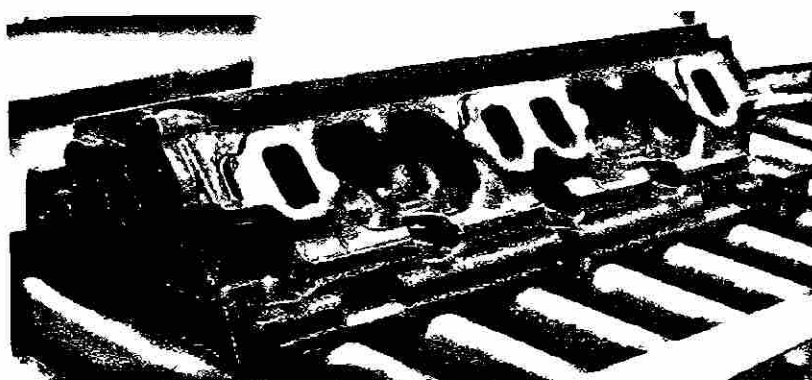
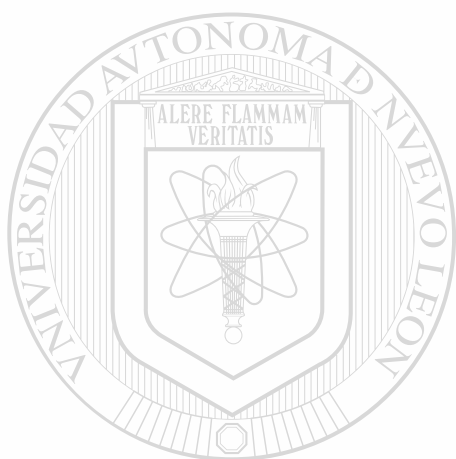


Figura 23: Cabeza de motor 8 Cilindros



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

4.6 Recomendaciones para el maquinado de Fundición Gris

Para materiales de viruta corta como el hierro gris, las brocas de cero grados o brocas rectas son más recomendables. La línea recta en la broca es la vía más corta para la evacuación de la viruta. La única restricción para utilizar este tipo de brocas es alta presión de refrigerante a través de la herramienta.

No todas las máquinas tienen la capacidad de proveer refrigerante al filo de corte de la herramienta. En estos casos es recomendable utilizar brocas en espiral para que funcionen como tornillo para poder extraer la viruta a través de sus flautas con la ayuda de refrigerante externo.



Figura 24: Broca Recta vs Broca Espiral

Tabla 6: Brocas Espiral (Sin ductos para refrigerante)

118 x 45grados doble ángulo	Ambos ángulos con desahogos. Para Fundición gris y materiales abrasivos	Reduce el desgaste de las esquinas en la punta. Evita las virutas pegadas en intersección de barrenos
135 x 45 grados doble ángulo		

Tabla 7: Brocas Espiral (Con ductos para refrigerante)

125 x 45 grados Doble ángulo Filo de Cuatro facetas	Filo con desahogo plano. Autocentrable	Reduce el desgaste en las esquinas del filo. Evita la viruta en intersección de barrenos
---	---	--

135 x 45 grados doble ángulo Punto Split	Ambos ángulos con desahogos. Excelente filo por médula delgada	Reduce el desgaste en las esquinas del filo. Evita la viruta en intersección de barrenos
--	---	--

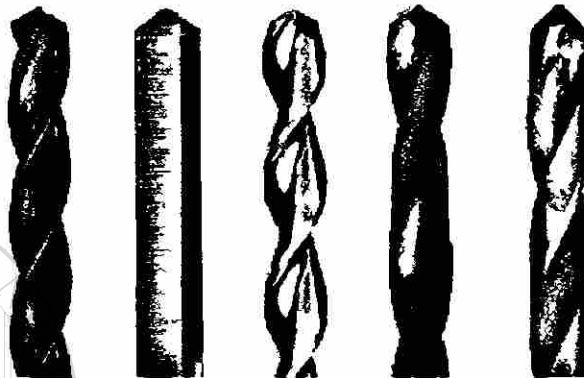


Figura 25: Variedad de Flautas en Brocas Espirales

Todas las brocas que se muestran en la gráfica anterior, son destinadas a procesos diferentes, cada una de las geometrías de estas brocas trabaja bajo ciertas condiciones de avance y velocidad de corte. Dependiendo del tipo de material a maquinar y de las capacidades de la maquinaria, se debe seleccionar la broca adecuada para la operación.

En el próximo capítulo se tratará el tema de las distintas variedades y características de los recubrimientos más comunes en las herramientas de corte.

Capítulo 5

Descripción y características de los distintos tipos de recubrimiento.

Introducción:

Es importante conocer que tipo de recubrimiento se debe aplicar a cada operación en particular, es por eso que hago mención de los distintos tipos de recubrimientos que se pueden aplicar a un proceso de barrenado. Cada uno de los recubrimientos tiene una gama de características que lo hacen especial para cada una de las aplicaciones que se pueden presentar. A continuación se da una pequeña descripción de los distintos tipos de recubrimientos disponibles en el mercado.

5.1 Nitruro de Titanio

Es un buen recubrimiento para fines generales en maquinado, protégé las herramientas del desgaste. El nitruro de titanio es muy bueno para operar en materiales basados en hierro, moldeo de plásticos y para componentes que requieren resistencia a la abrasión y al desgaste por abrasión.

Este recubrimiento dorado cuenta con una excelente combinación de propiedades tribológicas como resistencia al desgaste y fricción reducida. Además es el más versátil debido a sus propiedades físicas, inercia química y atractiva apariencia.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El nitruro de titanio es un recubrimiento de uso general para una gran variedad de herramientas y partes que pueden sufrir desgaste.

El TiN es una buena elección para el maquinado de componentes basados en materiales de hierro, piezas para moldeo de plásticos y sobre todo para componentes que requieren resistencia al desgaste por abrasión o adherencia.

5.2 Carbonitruro de Titanio

Es un recubrimiento recomendado altamente para operaciones de fresado, formado y herramientas de golpe que maquinan partes con alto nivel de stress mecánico de corte y donde altos niveles de velocidad y avance son requeridos.

Este recubrimiento de color rosa grisáceo es más duro y resistente al impacto que el nitruro de titanio. Sin embargo debido a su baja estabilidad térmica se recomienda que sea utilizado en ambientes suficientemente lubricados.

5.3 Nitruro de Titanio Aluminio

Es un recubrimiento multicapa diseñado para una amplia variedad de carburo, cemet y acero de alta velocidad. Excelente para el maquinado de fundición gris, acero inoxidable, fundiciones en base a níquel, fundiciones con agregados de titanio y piezas de acero endurecidas. Tiene una excelente resistencia a la oxidación que le permite trabajar con altas velocidades de corte en operaciones semi-secas o secas.

Este recubrimiento de color café, protegé a la herramienta a través de su baja conductividad del calor contra el daño térmico en los filos de corte. Su alta estabilidad térmica y resistencia a la oxidación permiten que la herramienta trabaje más rápido con menor cantidad de lubricante. Este tipo de recubrimiento es particularmente recomendado para herramientas con base en acero.

5.4 Nitruro de Cromo

Es el mejor recubrimiento para corazones y moldes usados en la producción de dados de fundición. Las propiedades únicas de resistencia a la oxidación a altas temperaturas proveen a los corazones y cavidades de

protección a las grietas y al calor, haciéndolos más duraderos y extendiendo su vida útil.

Este recubrimiento plateado ofrece una alta estabilidad térmica en operaciones en fundición de aluminio y embutido profundo. También reduce la acumulación de material en los filos de la herramienta, efecto asociado al maquinado de aleaciones de titanio. Puede trabajar en condiciones de alta velocidad y en operaciones en seco.

Es un recubrimiento especial que resiste el desgaste por adherencia, corrosión y oxidación. Es recomendado para operaciones de maquinado de materiales con base de cobre y operaciones de formado. Es considerado más duro que el cromado convencional y que el proceso de recubrimiento PVD.

5.5 Carburo de Tungsteno

Compuesto principalmente por partículas de carburo de tungsteno en una matriz amorfa de carbono. Esto resulta en un recubrimiento con bajo coeficiente de fricción. Ideal para componentes de alta precisión. Las aplicaciones clave para este tipo de recubrimiento son los sistemas de inyección de combustible, transmisiones y engranajes, componentes de motores, bombas hidráulicas y compresores. Este tipo de recubrimiento también ayuda a herramientas de corte y herramientas de moldeo que experimentan desgaste por adherencia ya que es un recubrimiento con coeficiente de baja fricción.

5.6 Nitruro de Titanio Aluminio / Carburo de Tungsteno

Este recubrimiento principalmente es utilizado en operaciones que tienen mucha demanda de fricción y control de temperatura. Este tipo de recubrimiento ayuda a las herramientas de corte en la evacuación de la rebaba ya que la capa de carburo de tungsteno en la superficie de la herramienta ayuda a que la

rebaba se deslice sobre la superficie de la herramienta y evite que se incremente la temperatura ya que evita la fricción del material que remueve.

Este recubrimiento de color gris púrpura está diseñado específicamente para el maquinado de materiales difíciles, tales como aceros endurecidos o de alta aleación, y aleaciones de aluminio con alto contenido de silicio.

Debido a su elevada estabilidad térmica, es una excelente opción para maquinado a alta velocidad y para utilización en operaciones de trabajo en seco.

5.7 Oxido de Vapor

Es una superficie oscura que se produce a causa de la exposición de la herramienta en un horno. Es un recubrimiento poroso que ayuda a retener los fluidos que ayudan en una operación de corte. Este recubrimiento puede trabajar en seco o con fluido refrigerante.

Es el recubrimiento más común utilizado en las operaciones de barrenado poco profundo. Se utiliza principalmente por su bajo costo y como una protección a la oxidación.

Este tratamiento puede ser removido para después aplicar algún otro tipo de tratamiento superficial que sea un poco más rentable que el óxido de vapor.



Figura 26: Variedad de Recubrimientos

Tabla 8: Comparación de Recubrimientos

	Nitruro de Titanio	Carbonitruro De Titanio	Carburo de Cromo	Nitruro de Titanio Aluminio
Material del Recubrimiento	TiN	TiCN	CrC	TiAlN
Microdureza HV (HV 0.05)	2300	3000	1850	3000
Espesor del Recubrimiento (Micras)	1-4	1-4	1-6	1-5
Temperatura Máxima de Trabajo (C)	600	400	700	800
Color del recubrimiento	Dorado	Azul Grisáceo	Azul Plateado	Violeta grisáceo
Características Clave	Para uso de propósito general	Alta dureza, buena resistencia al desgaste, alta dureza	Buena adherencia, buena resistencia a la corrosión y oxidación	Excelente resistencia a la oxidación
Aplicaciones principales	Maquinado de materiales a base de hierro	Para filos de corte expuestos a stress mecánico y maquinado a alta velocidad	Para fundiciones de magnesio y aluminio	Diseñado para una amplia gama de herramientas de carburo, cermet y acero, excelente para el maquinado de fundición gris a altas temperaturas

El 80% de las aplicaciones en la actualidad se realiza con Nitruro de Titanio, pero recientemente ha surgido una nueva capa que trabaja aún mejor. El Nitruro de Titanio Aluminio ha surgido como el mejor recubrimiento PVD para trabajar a altas velocidades. El TiAlN puede superar 4 a 1 el desempeño del TiN.

El TiAlN es resistente en cortes interrumpidos y operaciones de gran stress térmico.

TiAlN es más duro que el TiN en temperaturas de corte altas y es el recubrimiento más estable térmicamente y químicamente más resistente al desgaste. Su dureza es de 3000 Vickers y su temperatura de trabajo puede ser tan alta como 800 grados centígrados. Los especialistas en materiales sospechan que estas propiedades se atribuyen a la película amorfa de óxido de aluminio que se forma en la interfase de la herramienta y la viruta cuando algo de aluminio se oxida a altas temperaturas.

En el siguiente capítulo trataremos sobre el incremento en la vida útil de la herramienta por la utilización de los recubrimientos superficiales de herramienta de corte.

Capítulo 6

Incremento de la vida de herramienta por la utilización de herramienta recubierta.

Introducción:

La vida de herramienta es un aspecto muy importante que se considera en los procesos productivos. Entre más larga sea la vida de la herramienta, más rentable y económico es el proceso. El tener una vida corta de herramienta representa muchos problemas en las líneas de producción ya que pueden generarse distintos defectos en el proceso productivo causados por daños por ruptura de herramienta que generar una posible reparación.

En un proceso común de maquinado, existe la remoción de material de la pieza de trabajo a través de la herramienta de corte. Al remover material, las brocas que desempeñan el papel principal en el proceso de barrenado sufren un desgaste por las fuerzas de fricción que se generan en la orilla del cincel y los labios de corte que efectúan el trabajo remover el material a través de las canales de la broca y sacar el material hacia el exterior de la pieza de trabajo y del dispositivo de trabajo de la máquina.

Es aquí donde entra el papel importante de la tecnología de recubrimientos. Al aplicar un recubrimiento en una herramienta de corte, se aplica una película multicapa que protege a la herramienta de distintos efectos como se muestra en la siguiente tabla:

Características	Beneficios	Ventajas
Alta Dureza	Reducción del desgaste por abrasión de la broca	Incremento en vida de herramienta
Fricción Reducida	Reducción del calor en el punto de contacto de la herramienta. Reducción en las fuerzas de compresión y corte en la viruta.	Incremento en la velocidad de corte obtenible. La velocidad de alimentación puede ser más alta
Químicamente Inerte	Reduce el desgaste por adherencia en el filo de la herramienta	Mayor vida de la herramienta. Mejor acabado por pieza maquinada.

Tabla 9: Características de Recubrimientos

Al aplicar algún recubrimiento superficial a la herramienta de corte se incrementa la dureza de la superficie lo que permite que el desgaste del filo sea menor. También se le da una protección a la superficie de la herramienta la cual ayuda en el proceso de desalojo de la rebaba que pasa por los canales de la broca y evitan que sufra deterioro en los canales de la misma.

La dureza de la superficie le permite a la broca disminuir el desgaste por abrasión en la punta y por lo tanto el incremento la vida de la broca se incrementa en gran porcentaje.

Al reducir la fricción en el punto de contacto de la broca (Cinzel) permite a la herramienta avanzar de una manera más libre en el material, permitiendo así incrementar las velocidades de avance de la broca y poder incrementar la productividad de la operación generando así una mayor producción de piezas y aprovechando de una mejor forma los recursos con los que se cuenta.

Con el recubrimiento se reducen las fuerzas de compresión lo cual permite que la viruta sea más fácilmente removida de la pieza de trabajo y así se logra también el incremento en las velocidades de avance de la broca.

Los recubrimientos ayudan de igual manera a que el desgaste por adherencia de material en el filo de la broca se reduzca ya que debido al bajo coeficiente de fricción del recubrimiento, permite que la rebaba corra de manera libre sobre las canales de la broca y se evacúe de una manera más fácil, evitando así el acumulamiento de material adherido en el filo y evitando que se generen barrenos con un acabado superficial malo que puede causar problemas en operaciones posteriores como el roscado.



Figura 27: Efecto de la viruta en una Herramienta sin recubrimiento

Al evitar tener un mal acabado superficial se evita que en operaciones de ensamble donde tienen que pasar tornillos a través de los barrenos y sujetarse sobre otra pieza se causen interferencias que generen problemas en la operación de ensamble.

El incremento en la vida de la herramienta va a depender de las velocidades de corte que se manejen, de la cantidad de material a remover, de la profundidad del barreno y del diámetro de la broca.

El recubrimiento es sobre todo recomendado para aplicaciones donde la profundidad del barreno es 5 veces mayor al diámetro de la broca. En algunas aplicaciones puede ser que se note más el incremento en la vida de la herramienta, ya que si es un barreno poco profundo, es más fácil para la herramienta mantener la temperatura de corte mediante aceite soluble. Cuando la profundidad se aproxima a 5 veces el diámetro es más difícil que el aceite soluble entre al barreno y disminuya la temperatura. Para estas aplicaciones es recomendable usar algún tipo de recubrimiento que funcione como un aislante térmico y le permita a la broca trabajar sin que su superficie se vea afectada.

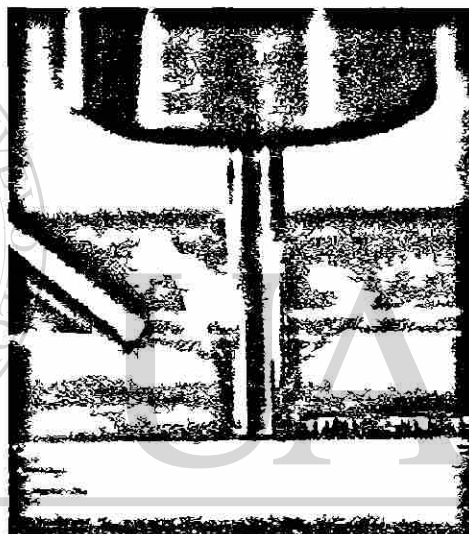


Figura 28. Broca trabajando con recubrimiento

El incremento en la vida de las herramientas de barrenado va ligado con el incremento de refrigerante cuando no se utilizan recubrimientos, ya que se tiene que disminuir la temperatura en la región de corte.

Con la utilización de los recubrimientos se puede llegar al proceso de barrenado en seco.

Los refrigerantes reducen la fricción entre la herramienta y la pieza de trabajo y por lo tanto disminuyen la carga térmica; también ayudan en la evacuación de la viruta de metal. Los costos del refrigerante exceden en muchos casos al costo de la herramienta. En algunas aplicaciones de

barrenado los costos de la herramienta llegan a ser del 2% a 4% del costo de fabricación, mientras que el costo del refrigerante llega a ser hasta de 16%.

Gracias al manejo y la disposición de los líquidos refrigerantes, el costo de un maquinado con refrigerante se incrementa.

Donde el maquinado sin refrigerante puede ser considerado, es posible invertir un poco más en las herramientas en vez de gastar dinero en el refrigerante.

Esa es la filosofía detrás del desarrollo de las herramientas capaces de maquinar en seco. Un recubrimiento compuesto para el maquinado a altas temperaturas que combina dos recubrimientos en la misma herramienta. La combinación de recubrimientos se necesita porque el maquinado a altas temperaturas genera dos tratos distintos a las herramientas. Uno es el acelerado desgaste de la herramienta. El otro es el peligro de que una viruta se suelde al filo de la broca creando una adherencia en el filo. En el barrenado en seco, estos dos problemas se incrementan. El calor y la viruta se atora en el barreno. Y típicamente, el refrigerante es el mecanismo por medio del cual estos dos riesgos pueden ser eliminados.

Pero el refrigerante no tiene por que ser la única opción. Un recubrimiento compuesto que ofrece un sustituto al refrigerante, particularmente en el barrenado es el Nitruro de Titanio Aluminio (TiAlN) y el Carburo de Tungsteno Carbón (WC/C).

El TiAlN es resistente al desgaste. Este recubrimiento aumenta su resistencia cuando aumenta la temperatura de trabajo. En la actualidad muchos talleres y pequeñas plantas han empezado a reemplazar el TiN por el TiAlN ya que opera a mucha mayor velocidad de corte que el TiN e incrementa la vida de la herramienta.

WC/C agrega un bajo coeficiente de fricción. Partículas de carburo de tungsteno en una matriz de carbono hacen a este recubrimiento que funcione como un lubricante. WC/C hace más difícil que una viruta caliente se adhiera al filo de la herramienta.

El maquinado en húmedo puede ser una vía para mantener una vida de herramienta aceptable o la calidad de corte. De todas formas en una gran cantidad de aplicaciones es posible lograr resultados comparables maquinando en seco, solamente cambiando algunos aspectos en la herramienta.

Por lo tanto el proceso de barrenado en seco significa una gran oportunidad para reducir los costos de fabricación. El cambio al mecanizado en seco, permite obtener unas ventajas económicas y permite cumplir mejor los requerimientos del medio ambiente y los estándares de salud, ya que no se utilizan líquidos que después se tengan que verter en depósitos naturales externos a la empresa.



Figura 29: Barrenado con Refrigerante Externo

La transición al barrenado en seco, no es el simple hecho de cerrar la válvula del refrigerante. Este método conlleva un mayor calentamiento por fricción, un incremento en la carga térmica en la broca y en la pieza a barrenar y también afecta al flujo de evacuación de la viruta metálica.

Muchas empresas en el mundo están empezando a hacer los maquinados de alta velocidad con una mínima cantidad de refrigerante, poco a poco se reduce la cantidad de refrigerante que se aplica en el barrenado.

La craterización en el filo de la herramienta es más severa y la superficie de la pieza barrenada sufre deterioro. Las herramientas diseñadas para trabajar en barrenados con refrigeración no pueden soportar las nuevas condiciones de trabajo en seco.

En muchas compañías se tiene la capacidad de proveer refrigerante a través de la herramienta directamente al filo de corte para así extender la vida de la broca a casi cualquier velocidad de corte. En la mayor parte de las aplicaciones de barrenado a alta velocidad es necesario llevar refrigerante al filo de corte para evacuar la viruta que puede ser dañina a la herramienta si esta se satura. Pero en un futuro, esto va a cambiar a través de la tecnología de recubrimientos.



Figura 30: Refrigerante a través de la herramienta

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Se necesitan cambios en la herramienta que permitan minimizar la transmisión de calor a la herramienta y a la pieza a maquinar. Esto implica el seleccionar un material de la herramienta apropiado, el sujetador de la herramienta, las condiciones de la máquina, configurar la geometría del filo de la herramienta para reducir los esfuerzos de corte y mejorar el flujo de la viruta metálica, y modificar la velocidad de corte y el avance de corte. Sin embargo, a veces el cambiar todos estos parámetros no es suficiente para que la herramienta trabaje apropiadamente.

Las herramientas solamente son capaces de trabajar en condiciones de maquinado en seco si están recubiertas. Por su estabilidad térmica y su dureza superficial y su relativa baja conductividad térmica, la capa de recubrimiento TiNAl es el más recomendado para dar una solución apropiada para el barrenado en seco de fundición gris.

En el tiempo presente, la efectividad del maquinado en seco varía de material en material. El metal más apropiado para el maquinado en seco parece ser la fundición gris. Para este tipo de maquinado en seco, las herramientas de carburo sólido con recubrimiento son una muy buena opción. Una broca de carburo puede ser recubierta con TiAlN para darle un mejor aislamiento al calor. La selección de una broca de carburo no solamente es apropiada para el maquinado de fundición gris, sino también para acero y aluminio.

Uno de los mayores impedimentos para el maquinado en seco, es el conocimiento que se tiene de que en aplicaciones de corte de metal es necesario la utilización de fluidos de corte para dar un buen acabado e incrementar la vida de la herramienta.

Los fluidos de corte son necesarios en algunas aplicaciones, pero en la actualidad, con los materiales de las herramientas de corte y los recubrimientos, el número de aplicaciones con refrigerante ha disminuido. De hecho, algunas herramientas de carburo sólido que trabajan a altas velocidades y altas temperaturas trabajan mejor con el filo de corte caliente.

La utilización de los recubrimientos como ya se mencionó anteriormente es sumamente benéfica para el incremento en vida de una herramienta.

En estudios en el campo han demostrado que el uso de distintos recubrimientos ha favorecido en gran escala a un proceso productivo.

(Ver Anexo 3)

Las brocas recubiertas pueden duplicar el efecto de lubricidad, reduciendo así los esfuerzos de corte los efectos de desgaste del filo.

Para mostrar algunos ejemplos se muestran las tablas comparativas entre una herramienta convencional con un tratamiento superficial de óxido de vapor y una herramienta con recubrimiento de Nitruro de Titanio Aluminio. En la siguiente tabla se puede ver una diferencia de rendimiento mayor hasta en 245.28 % de una broca con tratamiento steam oxide contra una recubierta con TiAlN. Realmente hay una mejora sustancial en esta aplicación.

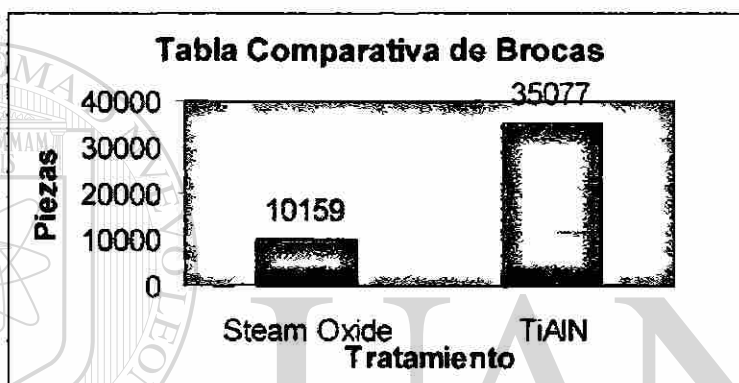


Tabla 10: comparativa entre Steam Oxide y Tinal.

Por otro lado, el incremento en vida ayuda directamente a que la máquina que opera con este tipo de herramienta, no tiene la necesidad tan frecuente del cambio de herramienta, impactando directamente los niveles de producción de las líneas y disminuyendo la cantidad de paros de máquina necesarios para el cambio y ajuste de la broca.

Los paros en una línea de producción son evitables si se tienen todas las necesidades de la máquina cubiertas.

Entre las necesidades de una máquina está el mantenimiento, que ayuda a que el equipo esté trabajando a sus condiciones óptimas en todos sus mecanismos.

Los materiales que son el punto principal de la producción; si no hay materiales para producir la máquina va a estar detenida sin poder transformar el

producto y por último las herramientas con las que la máquina va a transformar el producto y le va a dar valor agregado al producto.

Al utilizar los recubrimientos de herramienta también se puede incrementar la velocidad en la que la máquina opera.

Se puede incrementar la velocidad de corte de las brocas y el avance para poder producir una cantidad mayor de piezas por hora con el simple hecho de utilizar un tratamiento en la broca.

	Broca Actual	Broca Propuesta	Mejora
Diámetro	14 mm	14 mm	N/A
Vel. Corte	30 m/min	40 m/min	33 %
Vel. Avance	2 mm/seg	2.6 mm/seg	33 %
RPM	682 rpm	910 rpm	25 %
Longitud Corte	50.8 mm	50.8 mm	N/A
Tiempo	25.4 seg	19.5 seg	22 %

Tabla 11: Tabla Técnica Comparativa de Brocas

En una operación de barrenado se puede aplicar muy fácilmente este tipo de sistemas y lograr incrementar la producción de la máquina, disminuir los paros causados por el montaje, cambio y ajuste de herramienta.

Estos puntos anteriores son muy importantes para cualquier proceso de manufactura donde existan aplicaciones de barrenado.

(Ver Anexo 1 y Anexo 2).

En el siguiente capítulo trataremos la reducción del nivel de inventario como resultados de la utilización de los recubrimientos superficiales de herramienta de corte.

Capítulo 7

Reducción de inventario por el uso de herramienta recubierta.

Introducción:

El inventario es parte del costo total en un proceso de manufactura. Es material que realmente no está añadiendo valor agregado al producto. Sin embargo es necesario contar con inventario de herramientas para poder abastecer a las líneas productivas y mantenerlas operando. En este capítulo mencionaré como se puede reducir el inventario a través de la aplicación de la tecnología de recubrimientos en las herramientas de corte.

Al utilizar recubrimientos de herramienta se evita que ésta tenga un desgaste prematuro y que la broca se tenga que afilar otra vez para poder volver a utilizarla.

Si en un proceso donde normalmente la broca tiene una vida útil de 1000 piezas se utilizan los recubrimientos en las brocas se puede lograr que esta cantidad se pueda incrementar hasta 5000.

Esto quiere decir que se podría llegar a lograr incrementos de hasta 500 % en la vida de la herramienta. Al lograr un incremento de vida de herramienta de esta magnitud, se puede reducir el inventario de herramienta hasta en un 500 %, quiere decir que si alguna operación es realizada 1000 veces al mes, al lograr 5000 podemos reducir el inventario de piezas en almacén hasta en 5 veces y evitar manejar este costo por un período de tiempo 5 veces más largo que el común.

Esto implica una reducción en costo muy considerable ya que no se requiere tener una cantidad alta de brocas almacenadas para cubrir cierta cantidad de material mínimo almacenado.

En un almacén está mucha herramienta almacenada y realmente no es utilizada al cien por ciento, muchas de esas brocas pueden ser retiradas del almacén y cambiar los parámetros de consumo para que sean cada vez menos e impactar al costo de almacenamiento en un porcentaje considerable dependiendo el incremento en el rendimiento de las brocas donde se apliquen los recubrimientos.

En un proceso normal de maquinado se requieren 6 juegos de herramienta. Tres de ellos están almacenados en un depósito central donde se lleva el control del consumo y abastecimiento de herramienta, uno de ellos está siendo preparado en el taller de afilado, otro está funcionando en la máquina y el último se encuentra ajustado a un lado de la máquina al alcance de los operadores listo para utilizarse cuando se presente un cambio de herramienta.

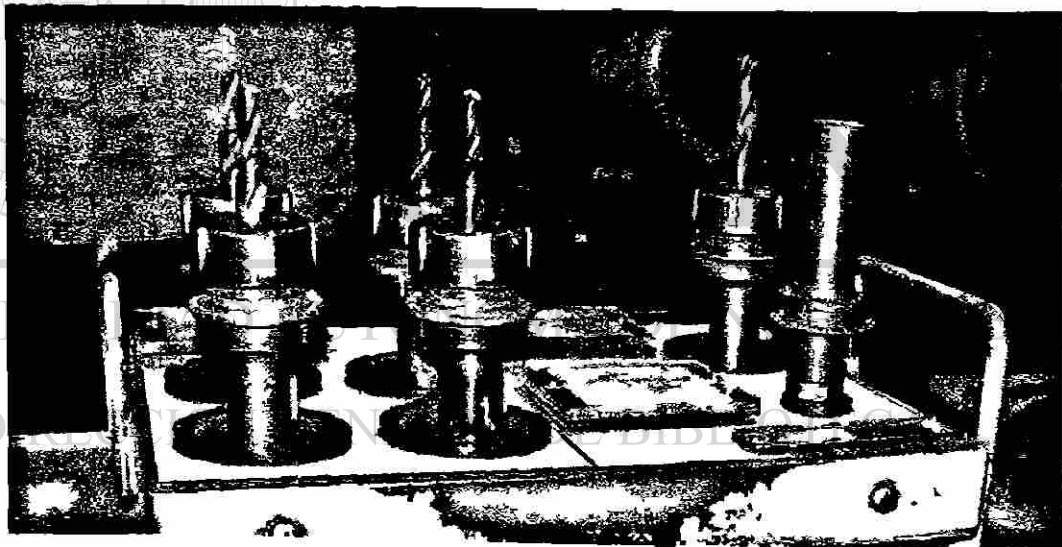


Figura 31: Tablero de Herramientas al lado de una Máquina

Normalmente los talleres de afilado manejan una cantidad muy alta de herramienta en el proceso de afilado. Al igual los centros de control de herramienta manejan una cantidad muy alta de herramienta que a veces es innecesaria.

(Ver anexo)

Con la utilización de recubrimientos en las brocas para barrenado de fundición gris se puede lograr que el número de brocas que se manejen en este sistema de afilado, almacenamiento y servicio puedan reducirse hasta 4 juegos de herramienta y en algunos casos hasta 3 juegos.



Figura 32: Exceso de Herramienta en un Taller de Afilado

Uno en el centro de control de herramienta acomodado en sus respectivos casilleros, esperando a ser ajustado y utilizado en alguna operación. Otro en el proceso de afilado, poniéndolo en condiciones óptimas para aceptar el proceso de recubrimiento en el horno (Cabe mencionar que el proceso de afilado es uno de los procesos más importantes para el proceso de barrenado, ya que es el proceso que le dá preparación al filo de corte de la herramienta. Esté tema se tocará en capítulos posteriores). Otro de los juegos en tránsito al cual se le está aplicando el proceso de recubrimiento y el último juego es el que estaría trabajando en la máquina que produce las piezas barrenadas.

De esta manera, los consumos y cargos por consumo de herramienta disminuyen de acuerdo a la cantidad de piezas que la herramienta produzca en un período de tiempo determinado y al nivel de producción que demande el cliente. (Ver Anexo 4)

Dependiendo de la cantidad de brocas que utilice la máquina van a ser la cantidad de herramientas que circulen en estos procesos.

Existen operaciones en las que se utilizan cabezales múltiples para las operaciones de barrenado en una pieza por lo tanto se requiere de distintos tipos de brocas para distintas estaciones de trabajo.

Entre más compleja sea la operación, más brocas serán las que se deberán tener en el inventario de brocas listas para utilizarse.

Mediante la aplicación de los recubrimientos se puede reducir como se mencionó anteriormente.

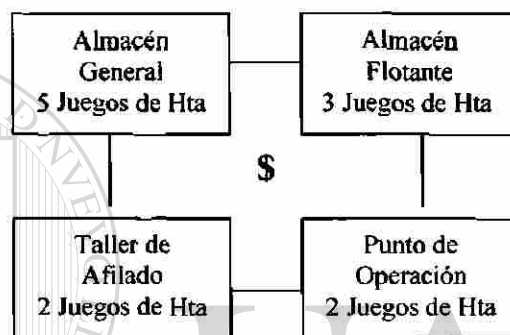


Figura 33: Herramientas en un Sistema

En el siguiente capítulo se tratará la forma en la cual los recubrimientos de herramienta ayudan a la reducción del costo de afilado de herramientas de corte.

Capítulo 8

Reducción en el costo de afilado de herramienta

Cuando las brocas se reciben de un proveedor de herramienta, estas vienen afiladas de manera muy precisa. Esto asegura una carga de viruta efectiva, esto resulta en un óptimo desempeño de la broca. Estas brocas son utilizadas como nuevas solamente una vez. La porción más larga de la vida de la herramienta es cuando es reacondicionada.

Un gran porcentaje de las fallas en la broca es atribuido a un mal afilado y preparación del filo de corte. Por lo tanto es muy importante que se tenga extremo cuidado en el reacondicionado de los filos de las brocas.

El proceso de reafileado es muy importante para que cualquier broca pueda tener un desempeño aceptable en la estación de trabajo.

El afilado de una broca se realiza con discos abrasivos que tienen un costo muy alto en el mercado. Estos abrasivos tienen propiedades que permiten trabajar la herramienta de tal forma que las pueden dejar otra vez como funcionales después de un trabajo de barrenado.



Figura 34: Abrasivos utilizados para el afilado de brocas

Cada vez que una broca se retira de la estación de trabajo por cumplir la cantidad de ciclos programada en la máquina debe ser llevada a un taller de afilado para darle otra vez la preparación adecuada en el filo de acuerdo a los dibujos y estándares de ingeniería que se manejen en la empresa.

Para esto, es necesario que la broca pase por un proceso de limpieza general para remover suciedad de sus márgenes y evitar que se genere algún problema en el dispositivo de sujeción de la broca. Después de este proceso, es necesario dar una operación de desbaste con un abrasivo de grano grande para remover las partes del filo que sufrieron algún deterioro o desgaste en la operación de barrenado.

Después de que la broca ha pasado por el proceso de limpieza y desbaste de filos es transportada a una máquina más precisa para poder dar el acabado a los filos y los ángulos de ataque de la broca.



Figura 35: Máquina Afiladora de Control Numérico

Estas máquinas de preferencia deben ser de control numérico para poder dar los ángulos de ataque correctos y poder garantizar un mejor funcionamiento de la broca en su operación.

La preparación de los ángulos de ataque es muy importante ya que dependiendo la dureza del material y la velocidad a la que trabaje la broca será la facilidad de penetración en el material.



Figura 36: Afiladora Especializada en Brocas

También el afilado en algunas aplicaciones es importante ya que dependiendo el tipo de afilado y el tipo de barreno que se genere será el nivel de desempeño de la broca.

Aquí juega un papel muy importante el material del cuál está fabricada la broca. Como lo mencioné en el capítulo uno, algunas brocas son fabricadas de acero de alta velocidad que son fabricadas para ciertas aplicaciones y otras son fabricadas de carburo sólido que son utilizadas para operaciones más rudas y que demandan más del trabajo de una broca.

Dependiendo del tipo de broca, si es de carburo sólido o de acero de alta velocidad va a seleccionarse el tipo de abrasivo adecuado para el desbaste de filos y el terminado y preparación fina del afilado.

Para las herramientas de acero de alta velocidad, el disco abrasivo adecuado es un disco de borasón que tiene un costo aproximado de \$160.00 USD.

Para las herramientas de carburo sólido, como son de una material más duro y resistente, se utiliza un disco o rueda abrasiva elaborada con diamante con un costo aproximado de \$240.00 USD

La situación actual nos indica que se consumen anualmente una cantidad aproximada de 20 ruedas abrasivas de borasón y 40 ruedas abrasivas de diamante, esto genera un total de costo de \$12,800 USD. Esta cantidad es una cantidad considerable para cualquier empresa, pero para reducir estos costos, un método puede ser la utilización de los recubrimientos

Con la utilización de recubrimientos en las brocas se puede lograr una disminución considerable en el costo de afilado de éstas.

El costo del afilado es inversamente proporcional a la vida de las brocas. Mientras más alta sea la vida útil de las brocas, menos cantidad de ruedas abrasivas se consumirán en un sistema de afilado de herramienta.

Por lo tanto si una broca dura 10,000 piezas trabajando y se afila cada vez que completa esta cantidad de piezas se consumirá una cantidad de abrasivo.

Si se incrementa la vida útil de las brocas de 10,000 piezas a 30,000 piezas se puede decir que el nivel de consumo de abrasivo debe decrecer en 200% ya que se están produciendo 20,000 piezas más con la misma broca y se está dejando de consumir el material abrasivo.

También se genera una reducción en la utilización de la maquinaria para afilado ya que se disminuye la cantidad de brocas que se tienen que afilar diariamente.

Diariamente en un taller de afilado se maneja una cantidad aproximada de 120 brocas. Cada broca tiene que ser desmontada de su adaptador y llevada a limpieza para remover todo la suciedad de su superficie. Todo este proceso lleva aproximadamente 8 minutos por broca.

El tiempo total para el afilado de 120 broca es aproximadamente 16 horas. El costo de la hora de afilado es de \$15.00 USD. Este total es de \$240.00 USD diarios.

Considerando un mes con 20 días hábiles de producción normal, la cantidad de dinero que se gasta es de \$4,800 USD por mes. Esto genera un total anual de \$57,600 USD anuales.

Con la utilización de recubrimientos se puede disminuir en un 66% el costo de afilado y el costo del material abrasivo.

La utilización de los recubrimientos genera un ahorro aproximado anual de \$47,000 USD solamente en el área de afilado por la disminución de consumo de piedras abrasivas para afilado.

Consumo Discos Actual

	Costo	
40Diamante	\$240.0usd	\$9,600.0
20Borasón	\$160.0usd	\$3,200.0
		\$12,800.0

Consumo Discos Propuesto

	Costo	
13.2Diamante	\$240.0usd	\$3,168.0
6.6Borasón	\$160.0usd	\$1,056.0
		\$4,224.0
Ahorro		\$8,576.0

Tabla 12: Ahorro en Abrasivos

Así sucesivamente si se aplica el sistema de recubrimientos a un lote considerable de brocas se puede reducir en gran cantidad de dinero el costo de afilado y preparación de estas brocas.

Esta es una de las formas en las que el recubrimiento de herramienta es benéfico para un proceso de manufactura de componentes elaborados con fundición gris y procesados en estaciones de barrenado como parte de su transformación.

En el siguiente capítulo se manejarán las conclusiones de la investigación, la comprobación de la hipótesis y la tabla de beneficios por la aplicación de este proceso.

Capítulo 9

Comprobación de Hipótesis, Análisis de Resultados, Recomendaciones y Conclusiones

A través de los distintos capítulos que se han tratado durante el desarrollo de esta investigación, podemos observar los distintos beneficios y ventajas que tiene el uso de recubrimientos superficiales en operaciones de barrenado de fundición gris.

Las hojas de prueba nos muestran un incremento de vida de herramienta considerable, que impacta en distintos aspectos en el proceso de manufactura de componentes.

Dentro de los principales beneficios se encuentran:

- Incremento de vida de la herramienta
 - Reducción de inventarios de Herramienta
 - Disminución de costos de reparación y Afilado
 - Disminución de tiempo de preparación de herramienta
 - Disminución de paros de máquina
 - Incremento de capacidad de máquina
 - Incremento de niveles de producción
-
- Reducción del desecho
 - Reducción de Contaminación en el Ambiente

Como resumen de todos los puntos anteriormente mencionados se puede generar la siguiente tabla en la cual se muestran todos los beneficios monetarios de este proceso:

Reducción de Inventario	\$11,925.00
Costo Afilado	\$57,600.00
Costo Abrasivo	\$8,575.00
Costo Herramienta	\$17,280.00
Total	\$95,380.00

Incremento vida de Herramienta	231.77%	(+)
Reducción Tiempo de Corte	22.00%	(-)
Tiempo ajuste Herramienta	231.77%	(-)
Paros de máquina	231.77%	(-)
Incremento de capacidad de Maq.	22.00%	(+)

Conclusiones de la Investigación

Debido a los datos obtenidos a través de las distintas pruebas que se realizaron con las herramientas se puede llegar a la conclusión de que la hipótesis planteada al inicio de esta investigación la cual dice:

“La aplicación de recubrimientos superficiales en herramientas de corte utilizadas para el barrenado de fundición gris genera un ahorro en un proceso de manufactura disminuyendo así el costo de transformación de un producto”.

Es verdadera basándonos en la información obtenida a través de esta investigación y los ahorros generados por estas tecnologías de corte.

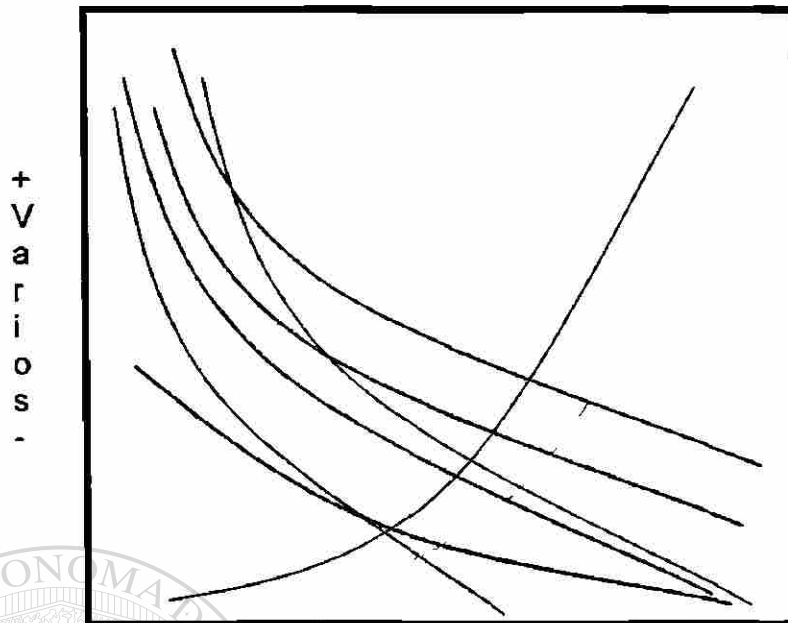
Todo esto está fundamentado en los distintos beneficios que se mencionan anteriormente como el incremento en vida útil de la herramienta el cual se mejora en un porcentaje considerable al utilizar los recubrimientos.

El costo de inventario es inversamente proporcional a la vida de herramienta, ya que cuanto más dure la herramienta, menos será la cantidad de brocas requeridas para mantener el inventario en planta.

Entre más alta es la vida de las herramientas de corte, menos será la cantidad de dinero empleada para las reparaciones de herramienta, es también inversamente proporcional.

Si se toma la iniciativa de implementar este tipo de sistemas de recubrimientos de herramienta en cualquier industria manufacturera (metalmecánica) se pueden lograr grandes beneficios como los mencionados anteriormente.

En la siguiente gráfica podremos ver como se relacionan todos los factores antes mencionados en base a la vida de herramienta.



- Vida de Herramienta de Corte

Figura 37: Relación de vida de herramienta con otros factores

- Afilado y Reparaciones de Herramienta
- Costo de Herramienta
- Inventario de Herramienta
- Paros de Máquina
- Desperdicio
- Contaminación
- Capacidad de máquina

Además de lo mencionado anteriormente se pueden tomar como recomendación el uso de distintos procesos mediante los cuales se pueden hacer también algunas mejoras a la vida útil de las herramientas de corte. Uno de estos procesos es el conocido como tratamiento criogénico, mediante el cual se puede incrementar la dureza de los aceros de herramienta hasta en 2 ó 3 grados de dureza HRC. Este tratamiento consiste en un enfriamiento de las brocas a temperaturas muy bajas y después un tipo de revenido mediante el cual, la austenita retenida de los aceros al carbono pasan a formar martencita.

Este fenómeno genera un cambio en la micro estructura del material haciéndolo más resistente al desgaste de la herramienta. (Ver Anexo 6)

Otro tratamiento recomendado para el incremento de vida de los aceros de herramienta, es la preparación superficial a través de resinas. Mediante este proceso, se perfecciona la superficie de la broca. Este proceso es utilizado para eliminar las imperfecciones microscópicas en la superficie de la broca. Al utilizar este tipo de proceso se reducen las imperfecciones generando así mayor lubricidad y disminuyendo las asperezas en la superficie de la broca. Esto ayuda a disminuir la fricción en la superficie de la broca. Mediante el uso de este tratamiento las dimensiones de la broca no son afectadas. (Ver Anexo 7)

Para aplicar estos tratamientos, al igual que los recubrimientos se recomienda seguir el diagrama del anexo 5, mediante el cual se sigue una secuencia que permite a la compañía poder aprovechar al máximo sus recursos de corte y de herramienta. De esta manera pueden incrementarse aún más los beneficios de la utilización de todas estas tecnologías.

(Ver Anexo 5)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Bibliografía

1. Modern Machine Shop Magazine www.mmsonline.com
2. Revista Metalmecánica www.metalmecanica.com
3. Engine Technology International Magazine
4. Modern Application News Magazine www.manmagazine.com
5. Cutting Tool Engineering Magazine www.cuttingtoolengineering.com
6. Tooling and Production Magazine www.toolingandproduction.com
7. Drilling, Reaming and Related Processes
8. Guhring Inc. Home Page www.guhring.com
9. Balzers Inc. Home Page www.balzers.com
10. Morse Cutting Tools Home Page
11. Metlfix Online
12. Precision Twist Drill Inc. Home Page
13. Revista Manufactura www.manufacturaweb.com
14. Principles of Tungsten Carbide Engineering, CmfgE George Scheider Jr.
Society of Carbide and Tool Engineers
15. La Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Donald R. Askeland.
16. Modern Metal Cutting, Sandvik Coromant
17. Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Thomas Drozda CmfgE,
Charles Wick, CmfgE.



Anexo 1

Estudio de Vida Normal de Herramienta

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ANÁLISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 1

PRUEBA N° B010604-01
FECHA: 06/04/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2053
 NOMBRE Broca 14.0 mm LINEA: BLOCK TERMINADO
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 14 LH
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (1/4)
Seguimiento a comportamiento normal de broca
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
06/04/01	1	447		447
06/04/01	2	750		1197
06/05/01	1	429		1626
06/05/01	2	860		2486
06/06/01	1	935		3421
06/06/01	2	921		4342
06/07/01	1	695		5037
06/07/01	2	925		5962
06/08/01	1	895		6857
06/08/01	2	822		7679
06/11/01	1	671		8350
06/11/01	2	251		8601
06/12/01	1	324		8925
06/12/01	2	747		9672
06/13/01	1	487	Se bajó broca por desgaste	10159
			total 10159 piezas	
			vida normal de herramienta	

ING. DE PROCESOS _____

**ANÁLISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS**

HOJA 1 / 1

PRUEBA Nº B019604-02
FECHA: 06/04/01

HERRAMIENTAS N° 4621441-T-2054
 NOMBRE Broca 13.9 mm LINEA: BLOCK TERMINADO
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 16 LH
 DESCRIPCIÓN DE LA OPERACION Barrenado #310 (2/4)
Seguimiento a comportamiento normal de broca
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
06/04/01	1	447		447
06/04/01	2	750		1197
06/05/01	1	429		1626
06/05/01	2	860		2486
06/06/01	1	935		3421
06/06/01	2	921		4342
06/07/01	1	695		5037
06/07/01	2	925		5962
06/08/01	1	895		6857
06/08/01	2	822		7679
06/11/01	1	671		8350
06/11/01	2	251		8601
06/12/01	1	324		8925
06/12/01	2	747		9672
06/13/01	1	487		10159
06/13/01	2	989	Se bajó broca por desgaste	11148
			total 11148 pzas	

ING. DE PROCESOS _____

**ANÁLISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS**

HOJA 1/1

PRUEBA N° B010604-03
FECHA: 06/04/01

HERRAMIENTAS N° 4621441-T-2055
 NOMBRE Broca 14.0 mm LINEA: BLOCK TERMINADO
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 18 LH
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Seguimiento a comportamiento normal de broca
Barrenado #310 (3/4)
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
06/04/01	1	447		447
06/04/01	2	750		1197
06/05/01	1	429		1626
06/05/01	2	860		2486
06/06/01	1	935		3421
06/06/01	2	921		4342
06/07/01	1	695		5037
06/07/01	2	925		5962
06/08/01	1	895		6857
06/08/01	2	822		7679
06/11/01	1	671		8350
06/11/01	2	251		8601
06/12/01	1	324		8925
06/12/01	2	747	Se bajó broca por desgaste	9672
			total 9672 piezas	

ING. DE PROCESOS _____

ANALISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 1

PRUEBA N° B010604-04
FECHA: 06/04/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2056
 NOMBRE Broca 13.7 mm LINEA: BLOCK TERMINADO
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 20 LH
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (4/4)
Seguimiento a comportamiento normal de broca

PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
06/04/01	1	447		447
06/04/01	2	750		1197
06/05/01	1	429		1626
06/05/01	2	860		2486
06/06/01	1	935		3421
06/06/01	2	921		4342
06/07/01	1	695		5037
06/07/01	2	925		5962
06/08/01	1	895		6857
06/08/01	2	822		7679
06/11/01	1	671		8350
06/11/01	2	251		8601
06/12/01	1	324		8925
06/12/01	2	747		9672
06/13/01	1	487		10159
06/13/01	2	989	Se bajó broca por desgaste	11148
			total 11148 pzas	

ING. DE PROCESOS _____



Anexo 2

Estudio de Vida de Herramienta Recubierta

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**ANALISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS**

HOJA 1 / 2

PRUEBA N° B010614-01
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2053
 NOMBRE Broca 14.0 mm LINEA: BLOCK TERMINADO
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 14 LH
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (1/4)
Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento Hard Lube (TAIN)
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
06/14/01	1	1324		1324
06/14/01	2	1127		2451
06/15/01	1	678		3129
06/15/01	2	987		4116
06/18/01	1	721		4837
06/18/01	2	567		5404
06/19/01	1	567		5971
06/19/01	2	765		6736
06/20/01	1	980		7716
06/20/01	2	789		8505
06/21/01	1	989		9494
06/21/01	2	876		10370
06/22/01	1	576		10946
06/22/01	2	785		11731
06/25/01	1	987		12718
06/25/01	2	690		13408
06/26/01	1	897		14305
06/26/01	2	900		15205
06/27/01	1	785		15990
06/27/01	2	798		16788
06/28/01	1	890		17678
06/28/01	2	867		18545
06/29/01	1	567		19112
06/29/01	2	490		19602

ING. DE PROCESOS _____

ANÁLISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 2 / 2

PRUEBA N° B010614-01
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2053

NOMBRE Broca 14.0 mm LINEA: BLOCK TERMINADO

PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 14 LH

DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (1/4)

Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAlN)

PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
07/02/01	1	690		20292
07/02/01	2	957		21249
07/03/01	1	1134		22383
07/03/01	2	987		23370
07/04/01	1	670		24040
07/04/01	2	459		24499
07/05/01	1	1018		25517
07/05/01	2	789		26306
07/06/01	1	579		26885
07/06/01	2	791		27676
07/09/01	1	694		28370
07/09/01	2	651		29021
07/10/01	1	899		29920
07/10/01	2	578		30498
07/11/01	1	961		31459
07/11/01	2	562		32021
07/12/01	1	798		32819
07/12/01	2	621	Se bajó Broca por desgaste natural. Se mandó a	33440
07/13/01	1	1023	refilar para volver a preparar.	34463
07/13/01	2	614	TOTAL 35077 PZAS	35077

ING. DE PROCESOS _____

ANÁLISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 2

PRUEBA N° B010614-02
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2054

NOMBRE Broca 13.9 mm LINEA: BLOCK TERMINADO

PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 16 L.H

DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (2/4)

Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAlN)

PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
06/14/01	1	1324		1324
06/14/01	2	1127		2451
06/15/01	1	678		3129
06/15/01	2	987		4116
06/18/01	1	721		4837
06/18/01	2	567		5404
06/19/01	1	567		5971
06/19/01	2	765		6736
06/20/01	1	980		7716
06/20/01	2	789		8505
06/21/01	1	989		9494
06/21/01	2	876		10370
06/22/01	1	576		10946
06/22/01	2	785		11731
06/25/01	1	987		12718
06/25/01	2	690		13408
06/26/01	1	897		14305
06/26/01	2	900		15205
06/27/01	1	785		15990
06/27/01	2	798		16788
06/28/01	1	890		17678
06/28/01	2	867		18545
06/29/01	1	567		19112
06/29/01	2	490		19602

ING. DE PROCESOS _____

ANÁLISIS VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 2 / 2

PRUEBA N° B010614-02
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N° 4621441-T-2054
 NOMBRE Broca 13.9 mm LINEA: BLOCK TERMINADO
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 16 LH
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (2/4)
Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAIN)
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
07/02/01	1	690		20292
07/02/01	2	957		21249
07/03/01	1	1134		22383
07/03/01	2	987		23370
07/04/01	1	670		24040
07/04/01	2	459		24499
07/05/01	1	1018		25517
07/05/01	2	789		26306
07/06/01	1	579		26885
07/06/01	2	791		27676
07/09/01	1	694		28370
07/09/01	2	651		29021
07/10/01	1	899		29920
07/10/01	2	578		30498
07/11/01	1	961		31459
07/11/01	2	562		32021
07/12/01	1	798		32819
07/12/01	2	621		33440
07/13/01	1	1023		34463
07/13/01	2	614	Se bajó Broca por desgaste natural. Se mandó a	35077
07/14/01	1	678	refilar para volver a preparar.	35755
07/14/01	2	535	TOTAL 36290 PZAS	36290

ING. DE PROCESOS _____

ANALISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 2

PRUEBA N° B010614-03
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2055

NOMBRE Broca 13.8 mm LINEA: BLOCK TERMINADO

PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 18 LH

DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (3/4)

Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAlN)

PROVEEDOR ACTUAL

ELMEC

PROVEEDOR A PRUEBA

ELMEC / BALZERS

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
06/14/01	1	1324		1324
06/14/01	2	1127		2451
06/15/01	1	678		3129
06/15/01	2	987		4116
06/18/01	1	721		4837
06/18/01	2	567		5404
06/19/01	1	567		5971
06/19/01	2	765		6736
06/20/01	1	980		7716
06/20/01	2	789		8505
06/21/01	1	989		9494
06/21/01	2	876		10370
06/22/01	1	576		10946
06/22/01	2	785		11731
06/25/01	1	987		12718
06/25/01	2	690		13408
06/26/01	1	897		14305
06/26/01	2	900		15205
06/27/01	1	785		15990
06/27/01	2	798		16788
06/28/01	1	890		17678
06/28/01	2	867		18545
06/29/01	1	567		19112
06/29/01	2	490		19602

ANALISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 2 / 2

PRUEBA Nº B010614-03
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N° 4621441-T-2055
 NOMBRE Broca 13.8 mm LINEA: BLOCK TERMINADO
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 18 LH
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (3/4)
Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAIN)
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC / BALZERS

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
07/02/01	1	690		20292
07/02/01	2	957		21249
07/03/01	1	1134		22383
07/03/01	2	987		23370
07/04/01	1	670		24040
07/04/01	2	459		24499
07/05/01	1	1018		25517
07/05/01	2	789		26306
07/06/01	1	579		26885
07/06/01	2	791		27676
07/09/01	1	694		28370
07/09/01	2	651		29021
07/10/01	1	899		29920
07/10/01	2	578		30498
07/11/01	1	961		31459
07/11/01	2	562		32021
07/12/01	1	798		32819
07/12/01	2	621	Se bajó Broca por desgaste natural. Se mandó a	33440
07/13/01	1	1023	refilar para volver a preparar.	34463
			TOTAL 34463 PZAS	

ING. DE PROCESOS _____

ANALISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS

HOJA 1 / 2

PRUEBA N° B010614-04
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N 4621441-T-2056

NOMBRE Broca 13.7 mm LINEA: BLOCK TERMINADO

PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 20 LH

DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (4/4)

Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAlN)

PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC/ BALZERS

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
06/14/01	1	1324		1324
06/14/01	2	1127		2451
06/15/01	1	678		3129
06/15/01	2	987		4116
06/18/01	1	721		4837
06/18/01	2	567		5404
06/19/01	1	567		5971
06/19/01	2	765		6736
06/20/01	1	980		7716
06/20/01	2	789		8505
06/21/01	1	989		9494
06/21/01	2	876		10370
06/22/01	1	576		10946
06/22/01	2	785		11731
06/25/01	1	987		12718
06/25/01	2	690		13408
06/26/01	1	897		14305
06/26/01	2	900		15205
06/27/01	1	785		15990
06/27/01	2	798		16788
06/28/01	1	890		17678
06/28/01	2	867		18545
06/29/01	1	567		19112
06/29/01	2	490		19602

ING. DE PROCESOS _____

ANALISIS
VIDA DE HERRAMIENTAS

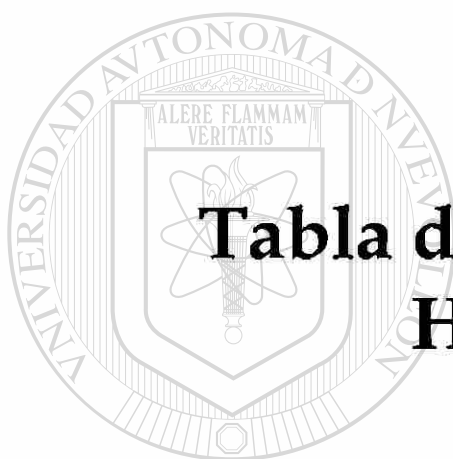
HOJA 2 / 2

PRUEBA Nº B010614-04
FECHA: 06/14/01

HERRAMIENTAS N° 4621441-T-2056
 NOMBRE Broca 13,7 mm LINEA: BLOCK TERMINADO
 PARTE N° 4621441 OP. No 44-20-2 ESTACION No. 20 LH
 DESCRIPCION DE LA OPERACION Barrenado #310 (4/4)
Seguimiento a vida de herramienta con recubrimiento HardLube (TiAIN)
 PROVEEDOR ACTUAL ELMEC PROVEEDOR A PRUEBA ELMEC/BALZERS

FECHA	TURNO	CANTIDAD PRODUCIDA	OBSERVACIONES	TOTAL ACUMULADO
07/02/01	1	690		20292
07/02/01	2	957		21249
07/03/01	1	1134		22383
07/03/01	2	987		23370
07/04/01	1	670		24040
07/04/01	2	459		24499
07/05/01	1	1018		25517
07/05/01	2	789		26306
07/06/01	1	579		26885
07/06/01	2	791		27676
07/09/01	1	694		28370
07/09/01	2	651		29021
07/10/01	1	899		29920
07/10/01	2	578		30498
07/11/01	1	961		31459
07/11/01	2	562		32021
07/12/01	1	798	Se bajó Brocas por desgaste natural. Se mandó a	32819
07/12/01	2	621	realilar para volver a preparar.	33440
			TOTAL 33440 PZAS	

ING. DE PROCESOS _____



Anexo 3

Tabla de Vida y Costo de Herramienta

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

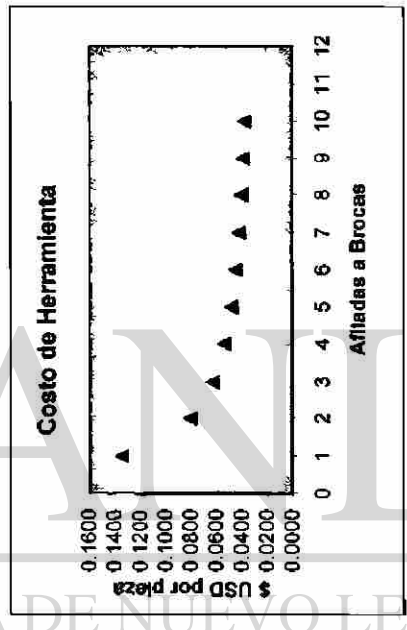


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brocas	Precio Uni. Rec	Costo Rec. Bro	Cant. Afiliadas	Vida Normal Hda	200% Incremento Vida Esperada	Costo Unil. Herramienta	Costo Sal. Hda	Costo Sal. Recubrimiento	Costo Pieza
4556679-T-2002	3	6.38	19.13	1	8000	24000	25.5	76.50	19.13	0.0040
4556679-T-2015	2	7.44	14.88	1	8000	24000	29.75	59.50	14.88	0.0031
4556679-T-2004	4	5.88	23.80	1	8000	24000	23.9	95.60	23.80	0.0050
4556679-T-2006	3	11.08	33.17	1	11000	33000	44.22	132.66	33.17	0.0050
4556679-T-2023	1	5.60	5.60	1	8000	24000	22.38	22.38	5.60	0.0012
4556679-T-2008	2	5.31	10.63	1	8000	24000	21.25	42.50	10.63	0.0022
4556679-T-2020	1	14.86	14.86	1	8000	24000	58.84	58.84	14.86	0.0031
4556679-T-3000	1	48.03	48.03	1	8000	24000	192.1	192.10	48.03	0.0100
4556679-T-3002	3	7.88	23.80	1	8000	24000	31.45	251.60	62.90	0.0131
4556679-T-3001	4	13.57	54.27	1	8000	24000	54.27	217.08	54.27	0.0113
4821441-T-2051	2	5.80	11.80	1	8000	24000	23.59	47.18	11.80	0.0025
4821441-T-2052	4	6.89	26.76	1	8000	24000	26.76	107.04	26.76	0.0058
4821441-T-2053	1	38.47	38.47	1	8000	24000	153.68	153.68	38.47	0.0080
4821441-T-2054	1	33.51	33.51	1	6000	18000	134.02	134.02	33.51	0.0093
4821441-T-2055	1	39.44	39.44	1	8000	18000	157.75	157.75	39.44	0.0110
4821441-T-2056	1	13.16	13.16	1	8000	18000	52.63	52.63	13.16	0.0037
4821441-T-2050	1	10.60	10.60	1	10000	30000	42.41	42.41	10.60	0.0018
4821441-T-3050	1	26.64	26.64	1	8000	24000	115.36	115.36	26.64	0.0060
4821441-T-3051	1	8.56	8.56	1	15000	45000	26.25	26.25	8.56	0.0007
4821441-T-3052	7	8.91	62.39	1	8000	18000	35.85	249.55	62.39	0.0173
4821441-T-3053	1	11.58	11.58	1	8000	18000	46.33	46.33	11.58	0.0032
4821441-T-3054	2	12.87	25.74	1	8000	18000	51.48	102.86	25.74	0.0072
Promedio				8000						0.1342

Volumen de Producción Mensual
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado
\$ 4,293.22

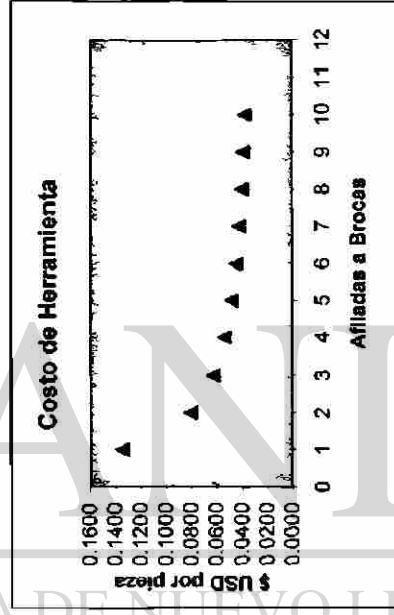


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brocas	Precio Uni. Rec	Costo Rac. Set	Cant. Afiladas	Vida Normal/Hra	200% Incremento Vida. Eparada	Costo Unif. Herramienta	Costo Set Hra	Costo Set Recubrimiento	Costo p/pza
4556679-T-2002	3	6.38	19.13	2	8000	48000	25.5	76.50	38.25	0.0024
4556679-T-2015	2	7.44	14.88	2	8000	48000	29.75	59.50	29.75	0.0019
4556679-T-2004	4	5.98	23.90	2	8000	48000	23.9	95.60	47.80	0.0030
4556679-T-2006	3	11.06	33.17	2	11000	66000	44.22	132.66	66.33	0.0030
4556679-T-2023	1	5.80	5.80	2	8000	48000	22.38	22.38	11.19	0.0007
4556679-T-2008	2	5.31	10.63	2	8000	48000	21.25	42.50	21.25	0.0013
4556679-T-2020	1	14.98	14.98	2	8000	48000	59.84	59.84	29.92	0.0019
4556679-T-3000	1	48.03	48.03	2	8000	48000	192.1	192.10	96.05	0.0060
4556679-T-3002	8	7.86	62.90	2	8000	48000	31.45	251.60	125.80	0.0079
4556679-T-3001	4	13.57	54.27	2	8000	48000	54.27	217.08	108.54	0.0068
4621441-T-2051	2	5.90	11.80	2	8000	48000	23.59	47.18	23.59	0.0015
4621441-T-2052	4	6.69	26.76	2	8000	48000	26.76	107.04	53.52	0.0033
4621441-T-2053	1	38.47	38.47	2	8000	48000	153.86	153.86	76.93	0.0048
4621441-T-2054	1	33.51	33.51	2	6000	36000	134.02	134.02	67.01	0.0056
4621441-T-2055	1	39.44	39.44	2	8000	36000	157.75	157.75	78.88	0.0066
4621441-T-2056	1	13.18	13.18	2	6000	36000	52.63	52.63	26.32	0.0022
4621441-T-2050	1	10.80	10.80	2	10000	60000	42.41	42.41	21.21	0.0011
4621441-T-3050	1	28.84	28.84	2	8000	48000	115.38	115.38	57.68	0.0038
4621441-T-3051	1	6.56	6.56	2	15000	90000	26.25	26.25	13.13	0.0004
4621441-T-3052	7	8.91	62.39	2	8000	36000	35.85	249.55	124.78	0.0104
4621441-T-3053	1	11.58	11.58	2	8000	36000	48.33	48.33	23.17	0.0019
4621441-T-3054	2	12.87	25.74	2	6000	36000	51.48	102.96	51.48	0.0043
				Promedio	8000					0.0806

Volumen de Producción Mensual
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado
\$ 2,576.83

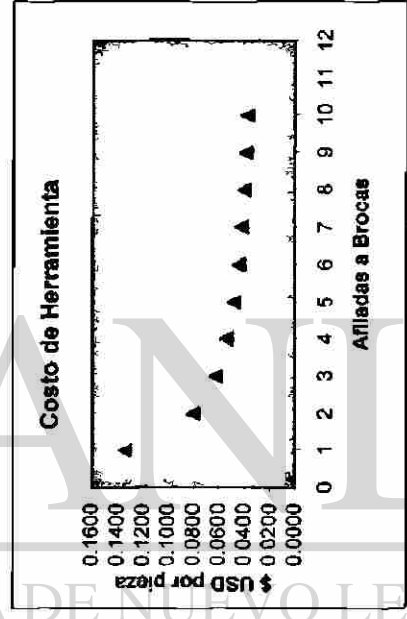


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brocas	Precio Uni. Rec	Costo Rec. Set	Cant. Afiladas	Vida Normal Hta.	200% Incremento Vida Esperada	Costo Unil. Herramienta	Costo Set Hta.	Costo Set Recubrimiento	Costo pieza
456679-T-2002	3	6.38	19.13	3	8000	72000	25.5	76.50	57.38	0.0019
456678-T-2015	2	7.44	14.88	3	8000	72000	29.75	59.50	44.63	0.0014
456678-T-2004	4	5.98	23.90	3	8000	72000	23.9	95.60	71.70	0.0023
456678-T-2008	3	11.06	33.17	3	11000	99000	44.22	132.66	99.50	0.0023
456679-T-2023	1	5.60	5.60	3	8000	72000	22.38	22.38	16.78	0.0005
456679-T-2009	2	5.31	10.63	3	8000	72000	21.25	42.50	31.68	0.0010
456679-T-2020	1	14.98	14.98	3	8000	72000	59.84	59.84	44.88	0.0015
456679-T-3000	1	48.03	48.03	3	8000	72000	182.1	182.10	144.08	0.0047
456679-T-3002	8	7.88	62.90	3	8000	72000	31.45	251.60	188.70	0.0081
456678-T-3001	4	13.57	54.27	3	8000	72000	54.27	217.08	162.81	0.0053
4621441-T-2051	2	5.90	11.80	3	8000	72000	23.59	47.18	35.39	0.0011
4621441-T-2052	4	6.68	26.76	3	8000	72000	26.76	107.04	80.28	0.0026
4621441-T-2053	1	38.47	38.47	3	8000	72000	153.96	153.96	115.40	0.0037
4621441-T-2054	1	33.51	33.51	3	8000	54000	134.02	134.02	100.52	0.0043
4621441-T-2055	1	39.44	39.44	3	6000	54000	157.75	157.75	118.31	0.0051
4621441-T-2056	1	13.16	13.16	3	6000	54000	52.63	52.63	39.47	0.0017
4621441-T-2050	1	10.60	10.60	3	10000	90000	42.41	42.41	31.81	0.0008
4621441-T-3050	1	28.84	28.84	3	8000	72000	115.36	115.36	86.52	0.0028
4621441-T-3051	1	6.56	6.56	3	15000	135000	28.25	26.25	19.68	0.0003
4621441-T-3052	7	8.91	62.39	3	6000	54000	35.85	249.55	187.16	0.0081
4621441-T-3053	1	11.58	11.58	3	6000	54000	46.33	46.33	34.75	0.0015
4621441-T-3054	2	12.87	25.74	3	6000	54000	51.48	102.96	77.22	0.0033
Promedio	8000	de Vida	Plazas							0.0626

Volumen de Producción Mensual
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado
\$ 2,003.50

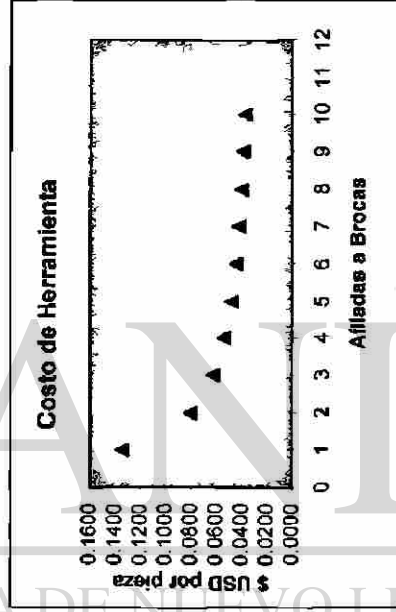


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brocas	Precio Unl. Rac	Costo Rec. Est	Cant. Adifidas	Vida Normal Hrs	200% Incremento Vida Esperada	Costo Unli. Herramienta	Costo Set Recubrimiento	Costo pieza
4556678-T-2002	3	6.38	19.13	4	8000	96000	25.5	76.50	0.0018
4556678-T-2015	2	7.44	14.88	4	8000	96000	28.75	59.50	0.0012
4556678-T-2004	4	5.98	23.90	4	8000	96000	23.9	95.60	0.0020
4556678-T-2008	3	11.06	33.17	4	11000	132000	44.22	132.66	0.0020
4556678-T-2023	1	5.60	5.60	4	8000	96000	22.38	22.38	0.0005
4556678-T-2008	2	5.31	10.63	4	8000	96000	21.25	42.50	0.0009
4556678-T-2020	1	14.96	14.96	4	8000	96000	59.84	59.84	0.0012
4556678-T-3000	1	48.03	48.03	4	8000	96000	192.1	192.10	0.0040
4556678-T-3002	8	7.86	62.90	4	8000	96000	31.45	251.80	0.0052
4556678-T-3001	4	13.57	54.27	4	8000	96000	54.27	217.08	0.0045
4621441-T-2051	2	5.90	11.80	4	8000	96000	23.59	47.18	0.0010
4621441-T-2052	4	6.69	26.76	4	8000	96000	26.76	107.04	0.0022
4621441-T-2053	1	38.47	38.47	4	8000	96000	153.86	153.86	0.0032
4621441-T-2054	1	33.51	33.51	4	8000	72000	134.02	134.02	0.0037
4621441-T-2055	1	39.44	39.44	4	6000	72000	157.75	157.75	0.0044
4621441-T-2056	1	13.18	13.16	4	6000	72000	52.63	52.63	0.0015
4621441-T-2050	1	10.60	10.60	4	10000	120000	42.41	42.41	0.0007
4621441-T-3050	1	28.84	28.84	4	8000	96000	115.36	115.36	0.0024
4621441-T-3051	1	6.56	6.56	4	15000	180000	26.25	26.25	0.0003
4621441-T-3052	7	8.91	62.39	4	6000	72000	35.65	249.55	0.0069
4621441-T-3053	1	11.58	11.58	4	6000	72000	46.33	46.33	0.0013
4621441-T-3054	2	12.87	25.74	4	8000	72000	51.48	102.96	0.0029
Promedio					8000				0.0637

Volumen de Producción Mensual
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado
\$ 1,717.29

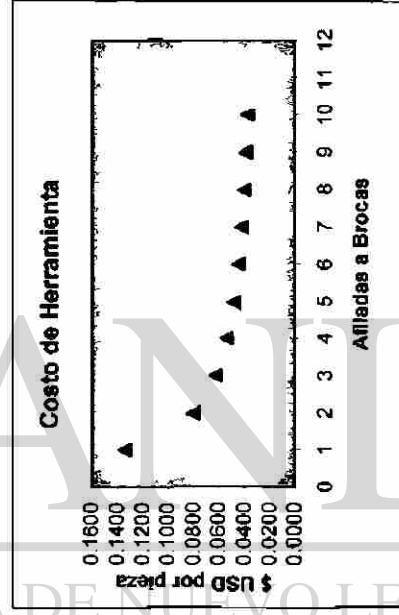


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brocas	Precio Uni. Rec	Costo Rec. Set	Cant. Afiladas	Vida Normal Hta	200% Incremento Vida Esperada	Costo Unit. Herramienta	Costo Set Recubrimiento	Costo pieza
4556679-T-2002	3	6.38	19.13	5	8000	120000	25.5	95.63	0.0014
4556679-T-2015	2	7.44	14.88	5	8000	120000	29.75	74.38	0.0011
4556679-T-2004	4	5.98	23.90	5	8000	120000	23.9	119.50	0.0016
4556679-T-2006	3	11.06	33.17	5	11000	185000	44.22	165.83	0.0018
4556679-T-2023	1	5.60	5.60	5	8000	120000	22.38	27.98	0.0004
4556679-T-2008	2	5.31	10.63	5	8000	120000	21.25	53.13	0.0008
4556679-T-2020	1	14.98	14.98	5	8000	120000	59.84	74.80	0.0011
4556679-T-3000	1	48.03	48.03	5	8000	120000	192.1	240.13	0.0036
4556679-T-3002	8	7.86	62.90	5	8000	120000	31.45	314.50	0.0047
4556679-T-3001	4	13.57	54.27	5	8000	120000	54.27	271.35	0.0041
4621441-T-2051	2	5.90	11.80	5	8000	120000	23.59	58.98	0.0009
4621441-T-2052	4	6.69	26.76	5	8000	120000	26.76	133.80	0.0020
4621441-T-2053	1	38.47	38.47	5	8000	120000	153.88	192.33	0.0029
4621441-T-2054	1	33.51	33.51	5	6000	90000	134.02	167.53	0.0034
4621441-T-2055	1	39.44	39.44	5	6000	90000	157.75	197.19	0.0039
4621441-T-2056	1	13.16	13.16	5	6000	90000	52.63	65.78	0.0013
4621441-T-2050	1	10.60	10.60	5	10600	150000	42.41	53.01	0.0006
4621441-T-3050	1	28.84	28.84	5	8000	120000	115.36	144.20	0.0022
4621441-T-3051	1	6.58	6.58	5	15000	225000	26.25	32.81	0.0003
4621441-T-3052	7	8.81	62.39	5	6000	90000	35.65	311.94	0.0062
4621441-T-3053	1	11.58	11.58	5	6000	90000	46.33	57.91	0.0012
4621441-T-3054	2	12.87	25.74	5	6000	90000	51.48	128.70	0.0028
Promedio					8000				0.0483

Volumen de Producción Manual
32000 Motoras

Costo Herramienta Estimado
\$ 1,546.56

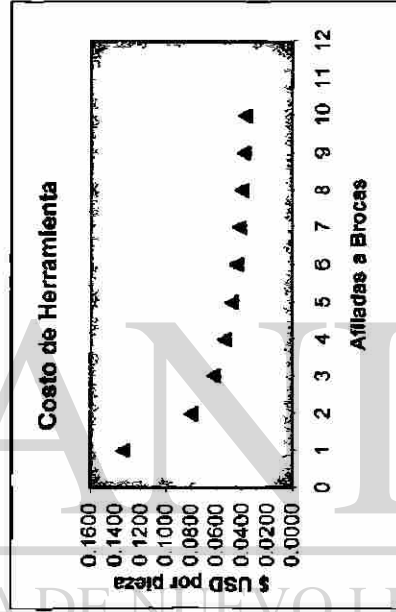


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brozas	Precio Uni. Rec.	Costo Rec. Set	Cant. Afiliadas	Vida Normal /Ita	300% Incremento Vida Esperada	Costo Unit. Herramienta	Costo Set Recubrimiento	Costo Set	Costo p/za
4556878-T-2002	3	6.38	19.13	6	8000	144000	25.5	76.50	114.75	0.0013
4556878-T-2015	2	7.44	14.88	6	8000	144000	28.75	59.50	89.25	0.0010
4556878-T-2004	4	5.98	23.90	6	8000	144000	23.9	95.60	143.40	0.0017
4556878-T-2006	3	11.06	33.17	6	11000	198000	44.22	132.66	198.99	0.0017
4556878-T-2023	1	5.60	5.60	6	8000	144000	22.38	22.38	33.57	0.0004
4556878-T-2008	2	5.31	10.63	6	8000	144000	21.25	42.50	63.75	0.0007
4556878-T-2020	1	14.96	14.96	6	8000	144000	59.84	59.84	89.76	0.0010
4556878-T-3000	1	48.03	48.03	6	8000	144000	182.1	182.10	288.15	0.0033
4556878-T-3002	8	7.86	62.90	6	8000	144000	31.45	251.80	377.40	0.0044
4556878-T-3001	4	13.57	54.27	6	8000	144000	54.27	217.08	325.62	0.0038
4821441-T-2051	2	5.80	11.80	6	8000	144000	23.59	47.18	70.77	0.0008
4821441-T-2052	4	6.89	26.76	6	8000	144000	26.76	107.04	160.56	0.0019
4821441-T-2053	1	38.47	38.47	6	8000	144000	153.86	230.79	300.27	0.0027
4821441-T-2054	1	33.51	33.51	6	6000	108000	134.02	134.02	201.03	0.0031
4821441-T-2055	1	39.44	39.44	6	6000	108000	157.75	157.75	238.63	0.0037
4821441-T-2056	1	13.16	13.16	6	6000	108000	52.63	52.63	78.95	0.0012
4821441-T-2050	1	10.60	10.60	6	10000	180000	42.41	42.41	63.62	0.0006
4821441-T-3050	1	28.84	28.84	6	8000	144000	115.38	115.38	173.04	0.0020
4821441-T-3051	1	6.58	6.58	6	15000	270000	26.25	26.25	39.38	0.0002
4821441-T-3052	7	8.91	62.38	6	6000	108000	35.65	249.55	374.33	0.0058
4821441-T-3053	1	11.58	11.58	6	6000	108000	46.33	46.33	69.50	0.0011
4821441-T-3054	2	12.87	25.74	6	6000	108000	51.48	102.96	154.44	0.0024
Promedio										
de Vida 8000 Piezas										

Volumen de Producción Mensual
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado
\$ 1,431.07

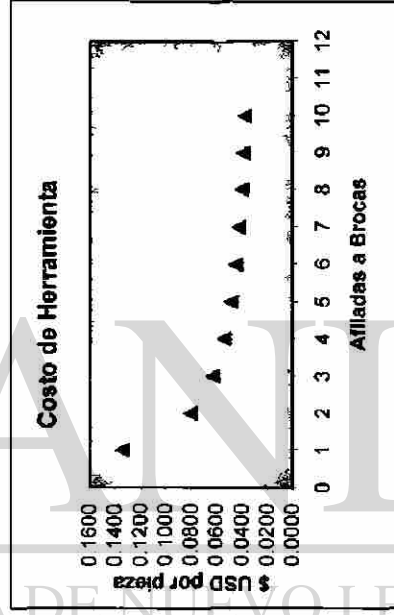


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brocas	Precio Uni. Rec. Set	Costo Rec. Set	Excl. Afiliadas	Vida Normal Hrs	200% Incremento Vida Esperad.	Costo Umt. Herramienta	Costo Set Recubrimiento	Costo Piza	
4556879-T-2002	3	6.38	19.13	7	8000	166000	25.5	133.88	0.0013	
4556879-T-2015	2	7.44	14.88	7	8000	168000	29.75	104.13	0.0010	
4556878-T-2004	4	5.98	23.90	7	8000	168000	23.9	167.30	0.0015	
4556879-T-2006	3	11.08	33.17	7	11000	231000	44.22	232.16	0.0018	
4556879-T-2023	1	5.60	5.60	7	8000	168000	22.38	38.17	0.0004	
4556879-T-2008	2	5.31	10.63	7	8000	168000	21.25	74.38	0.0007	
4556879-T-2020	1	14.96	14.98	7	8000	168000	59.84	104.72	0.0010	
4556878-T-3000	1	48.03	48.03	7	8000	168000	192.1	336.18	0.0031	
4556879-T-3002	8	7.88	62.80	7	6000	168000	31.45	440.30	0.0041	
4556879-T-3001	4	13.57	54.27	7	8000	168000	54.27	379.89	0.0036	
4821441-T-2051	2	5.90	11.80	7	8000	168000	23.59	82.57	0.0008	
4821441-T-2052	4	6.89	26.78	7	8000	168000	26.78	187.32	0.0018	
4821441-T-2053	1	38.47	38.47	7	8000	168000	158.88	289.28	0.0025	
4821441-T-2054	1	33.51	33.51	7	6000	126000	134.02	234.54	0.0028	
4821441-T-2055	1	39.44	39.44	7	6000	126000	157.75	276.06	0.0034	
4821441-T-2058	1	13.16	13.16	7	6000	126000	52.63	92.10	0.0011	
4821441-T-2050	1	10.60	10.60	7	10000	210000	42.41	74.22	0.0008	
4821441-T-3050	1	28.84	28.84	7	8000	168000	115.38	201.88	0.0019	
4821441-T-3051	1	6.56	6.56	7	15000	315000	28.25	45.84	0.0002	
4821441-T-3052	7	8.91	62.38	7	6000	126000	35.65	436.71	0.0054	
4821441-T-3053	1	11.58	11.58	7	6000	126000	46.33	81.08	0.0010	
4821441-T-3054	2	12.87	25.74	7	6000	126000	51.48	180.18	0.0022	
Promedio					8000					0.0422

Volumen de Producción Mensual
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado
\$ 1,349.30

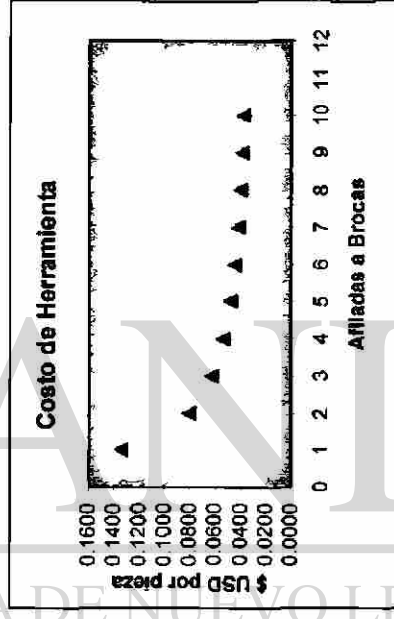


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brocas	Precio Un. Rec	Costo Rec. Sal	Cant. Anilladas	Vida Normal Hrs	200% Incremento Vida Esperada	Costo Unit. Herramienta	Costo Sal Hrs	Costo Sal Recubrimiento	Costo Sal Piezas	
4556878-T-2002	3	6.38	19.13	8	8000	192000	25.5	76.50	153.00	0.0012	
4556878-T-2015	2	7.44	14.88	8	8000	192000	28.75	58.50	119.00	0.0009	
4556878-T-2004	4	5.98	23.90	8	8000	192000	23.9	95.60	191.20	0.0015	
4556878-T-2006	3	11.06	33.17	8	11000	264000	44.22	132.66	265.32	0.0015	
4556878-T-2023	1	5.80	5.80	8	8000	192000	22.38	44.76	89.52	0.0003	
4556878-T-2008	2	5.31	10.63	8	8000	192000	21.25	42.50	85.00	0.0007	
4556878-T-2020	1	14.96	14.96	8	8000	192000	59.84	59.84	119.68	0.0009	
4556878-T-3000	1	48.03	48.03	8	8000	192000	192.1	192.10	384.20	0.0030	
4556878-T-3002	8	7.86	62.90	8	8000	192000	31.45	251.60	503.20	0.0038	
4556878-T-3001	4	13.57	54.27	8	8000	192000	54.27	217.08	434.16	0.0034	
4621441-T-2051	2	5.80	11.60	8	8000	192000	23.59	47.18	94.36	0.0007	
4621441-T-2052	4	6.89	27.56	8	8000	192000	28.76	107.04	214.08	0.0017	
4621441-T-2053	1	36.47	36.47	8	8000	192000	153.86	307.72	615.44	0.0024	
4621441-T-2054	1	33.51	33.51	8	6000	144000	134.02	134.02	268.04	0.0028	
4621441-T-2055	1	38.44	38.44	8	6000	144000	157.75	157.75	315.50	0.0033	
4621441-T-2056	1	13.16	13.16	8	6000	144000	52.63	52.63	105.26	0.0011	
4621441-T-2050	1	10.80	10.80	8	10000	240000	42.41	42.41	84.82	0.0005	
4621441-T-3050	1	28.84	28.84	8	8000	192000	115.36	115.36	230.72	0.0018	
4621441-T-3051	1	6.56	6.56	8	15000	360000	26.25	26.25	52.50	0.0002	
4621441-T-3052	7	8.91	62.39	8	8000	144000	35.65	249.55	499.10	0.0052	
4621441-T-3053	1	11.58	11.58	8	8000	144000	46.33	46.33	92.66	0.0010	
4621441-T-3054	2	12.87	25.74	8	6000	144000	51.48	102.96	205.92	0.0021	
				Promedio	8000						0.0402
				de Vida	Piezas						

Volumen de Producción Mensual
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado
\$ 1,287.97

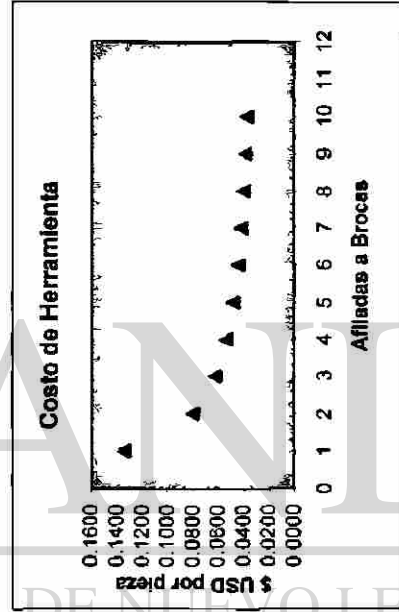


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brocas	Precio Unl. Rec.	Costo Rec. Est.	Cant. Afiliadas	Vida Normal Hrs	300% Incremento Vida Esperada	Costo Unl. Herramienta	Costo Set Recubrimiento	Costo Set Brocas
4556878-T-2002	3	6.38	19.13	9	8000	218000	25.5	76.50	172.13
4556878-T-2015	2	7.44	14.88	9	8000	218000	28.75	59.50	133.88
4556878-T-2004	4	5.96	23.90	9	8000	218000	23.9	95.60	215.10
4556878-T-2006	3	11.06	33.17	9	11000	287000	44.22	132.66	288.49
4556878-T-2023	1	5.60	5.60	9	8000	218000	22.38	22.38	50.36
4556878-T-2008	2	5.31	10.63	9	8000	218000	21.25	42.50	95.63
4556878-T-2020	1	14.96	14.96	9	8000	218000	59.64	59.64	134.84
4556878-T-3000	1	48.03	48.03	9	8000	218000	182.1	182.10	432.23
4556878-T-3002	8	7.86	62.90	9	8000	218000	31.45	251.60	566.10
4556878-T-3001	4	13.57	54.27	9	8000	218000	54.27	217.08	488.43
4821441-T-2051	2	5.80	11.80	9	8000	216000	23.59	47.16	106.18
4821441-T-2052	4	6.69	26.76	9	8000	216000	26.76	107.04	240.84
4821441-T-2053	1	38.47	38.47	9	8000	216000	153.88	153.88	348.19
4821441-T-2054	1	33.51	33.51	9	6000	182000	134.02	134.02	301.55
4821441-T-2055	1	39.44	39.44	9	6000	182000	157.75	157.75	354.94
4821441-T-2056	1	13.16	13.16	9	6000	182000	52.63	52.63	118.42
4821441-T-2050	1	10.60	10.60	9	10000	270000	42.41	42.41	95.42
4821441-T-3050	1	28.84	28.84	9	8000	216000	115.36	115.36	259.56
4821441-T-3051	1	6.56	6.56	9	15000	405000	26.25	26.25	59.06
4821441-T-3052	7	8.91	62.39	9	6000	182000	35.65	249.55	561.49
4821441-T-3053	1	11.58	11.58	9	6000	182000	46.33	46.33	104.24
4821441-T-3054	2	12.67	25.74	9	6000	182000	51.48	102.96	231.86
Promedio				8000					
de Vida				Piezas					

Volumen de Producción Mensual
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado
\$ 1,240.26

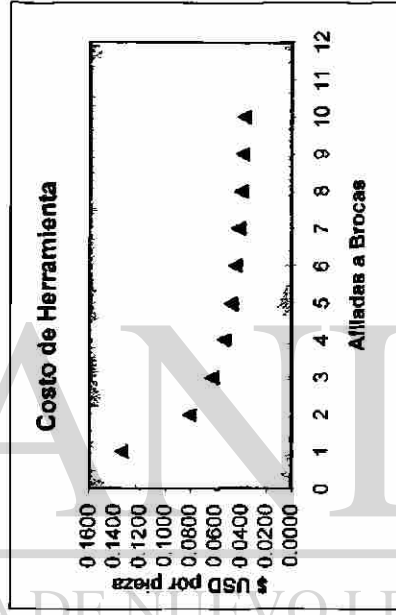


Herramientas con Recubrimiento Hardlube

Número de Herramienta	Cant. Brocas	Precio Uni. Rec	Costo Rec. Tot.	Cant. Afiliadas	Vida Normal/Hr	200% Incremento Vida Esperada	Costo Unit. Herramienta	Costo Sat. Hr	Costo Sat. Recubrimiento	Costo Pieza
4556879-T-2002	3	6.38	19.13	10	8000	240000	25.5	78.50	191.25	0.0011
4556879-T-2015	2	7.44	14.88	10	8000	240000	29.75	59.50	148.75	0.0009
4556879-T-2004	4	5.98	23.90	10	8000	240000	23.9	95.60	239.00	0.0014
4556879-T-2006	3	11.06	33.17	10	11000	330000	44.22	132.66	331.65	0.0014
4556879-T-2023	1	5.80	5.80	10	8000	240000	22.38	22.38	55.95	0.0003
4556879-T-2008	2	5.31	10.63	10	8000	240000	21.25	42.50	106.25	0.0006
4556879-T-2020	1	14.88	14.88	10	8000	240000	59.84	59.84	149.60	0.0008
4556879-T-3000	1	48.03	48.03	10	8000	240000	192.1	192.10	480.25	0.0028
4556879-T-3002	8	7.86	62.90	10	8000	240000	31.45	251.60	629.00	0.0037
4556879-T-3001	4	13.57	54.27	10	8000	240000	54.27	217.08	542.70	0.0032
4821441-T-2051	2	5.90	11.80	10	8000	240000	23.59	47.18	117.95	0.0007
4821441-T-2052	4	8.68	26.76	10	8000	240000	26.76	107.04	267.60	0.0018
4821441-T-2053	1	38.47	38.47	10	8000	240000	153.86	153.86	384.65	0.0022
4821441-T-2054	1	33.51	33.51	10	8000	180000	134.02	134.02	335.05	0.0026
4821441-T-2055	1	38.44	38.44	10	8000	180000	157.75	157.75	384.36	0.0031
4821441-T-2056	1	13.16	13.16	10	8000	180000	52.83	52.83	131.58	0.0010
4821441-T-2050	1	10.60	10.60	10	10000	300000	42.41	42.41	108.03	0.0005
4821441-T-3050	1	28.84	28.84	10	8000	240000	115.36	115.36	288.40	0.0017
4821441-T-3051	1	6.56	6.56	10	15000	450000	26.25	26.25	65.63	0.0002
4821441-T-3052	7	8.91	62.38	10	8000	180000	35.65	249.55	623.88	0.0048
4821441-T-3053	1	11.58	11.58	10	8000	180000	46.33	46.33	115.83	0.0008
4821441-T-3054	2	12.87	25.74	10	6000	180000	51.48	102.86	257.40	0.0020
Promedio de Vida Piezas 8000										

Volumen de Producción Mensual
32000 Motores

Costo Herramienta Estimado
\$ 1,202.10





Anexo 4

Estimación de Ahorros de Herramienta Recubierta

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Consumo de Herramientas en Monoblock Terminado

Número de Herramienta	Precio USD	Consumo Anual	Costo Anual
4556679-T-2002	25.5	26	\$ 663.00
4556679-T-2015	29.75	68	\$ 2,023.00
4556679-T-2004	23.9	29	\$ 693.10
4556679-T-2006	44.22	31	\$ 1,370.82
4556679-T-2023	22.38	17	\$ 380.46
4556679-T-2008	21.25	15	\$ 318.75
4556679-T-2020	59.84	21	\$ 1,256.64
4556679-T-3000	192.1	14	\$ 2,689.40
4556679-T-3002	31.45	20	\$ 629.00
4556679-T-3001	54.27	13	\$ 705.51
4621441-T-2051	23.59	19	\$ 448.21
4621441-T-2052	26.76	18	\$ 481.68
4621441-T-2053	153.86	19	\$ 2,923.34
4621441-T-2054	134.02	16	\$ 2,144.32
4621441-T-2055	157.75	18	\$ 2,839.50
4621441-T-2056	52.63	14	\$ 736.82
4621441-T-2050	42.41	23	\$ 975.43
4621441-T-3050	115.36	11	\$ 1,268.96
4621441-T-3051	26.25	27	\$ 708.75
4621441-T-3052	35.65	16	\$ 570.40
4621441-T-3053	46.33	18	\$ 833.94
4621441-T-3054	51.48	22	\$ 1,132.56
			\$ 25,793.69

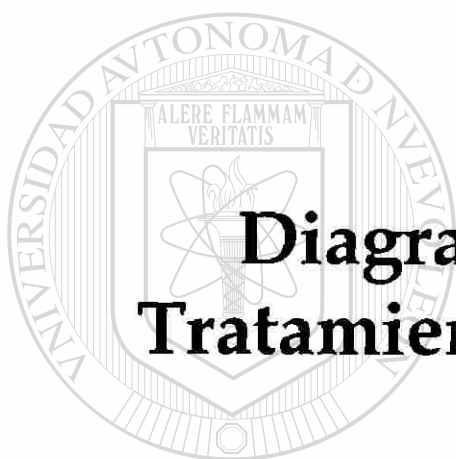
Tabla Basada en consumos reales y precios del sistema de DaimlerChrysler de México
Planta Motores Saitillo

Ahorro Estimado
\$ 17,281.71

Consumo de Herramientas en Monoblock Terminado Utilizando Recubrimientos de Herramienta

Número de Herramienta	Precio USD	Consumo Anual	Costo Anual
4556679-T-2002	25.5	8.58	\$ 218.79
4556679-T-2015	29.75	22.44	\$ 667.59
4556679-T-2004	23.9	9.57	\$ 228.72
4556679-T-2006	44.22	10.23	\$ 452.37
4556679-T-2023	22.38	5.61	\$ 125.55
4556679-T-2008	21.25	4.95	\$ 105.19
4556679-T-2020	59.84	6.93	\$ 414.69
4556679-T-3000	192.1	4.62	\$ 887.50
4556679-T-3002	31.45	6.6	\$ 207.57
4556679-T-3001	54.27	4.29	\$ 232.82
4621441-T-2051	23.59	6.27	\$ 147.91
4621441-T-2052	26.76	5.94	\$ 158.95
4621441-T-2053	153.86	6.27	\$ 964.70
4621441-T-2054	134.02	5.28	\$ 707.63
4621441-T-2055	157.75	5.94	\$ 937.04
4621441-T-2056	52.63	4.62	\$ 243.15
4621441-T-2050	42.41	7.59	\$ 321.89
4621441-T-3050	115.36	3.63	\$ 418.76
4621441-T-3051	26.25	8.91	\$ 233.89
4621441-T-3052	35.65	5.28	\$ 188.23
4621441-T-3053	46.33	5.94	\$ 275.20
4621441-T-3054	51.48	7.28	\$ 373.74
			\$ 8,511.88

Estimación de de Ahorros de Herramienta Recubierta



Anexo 5

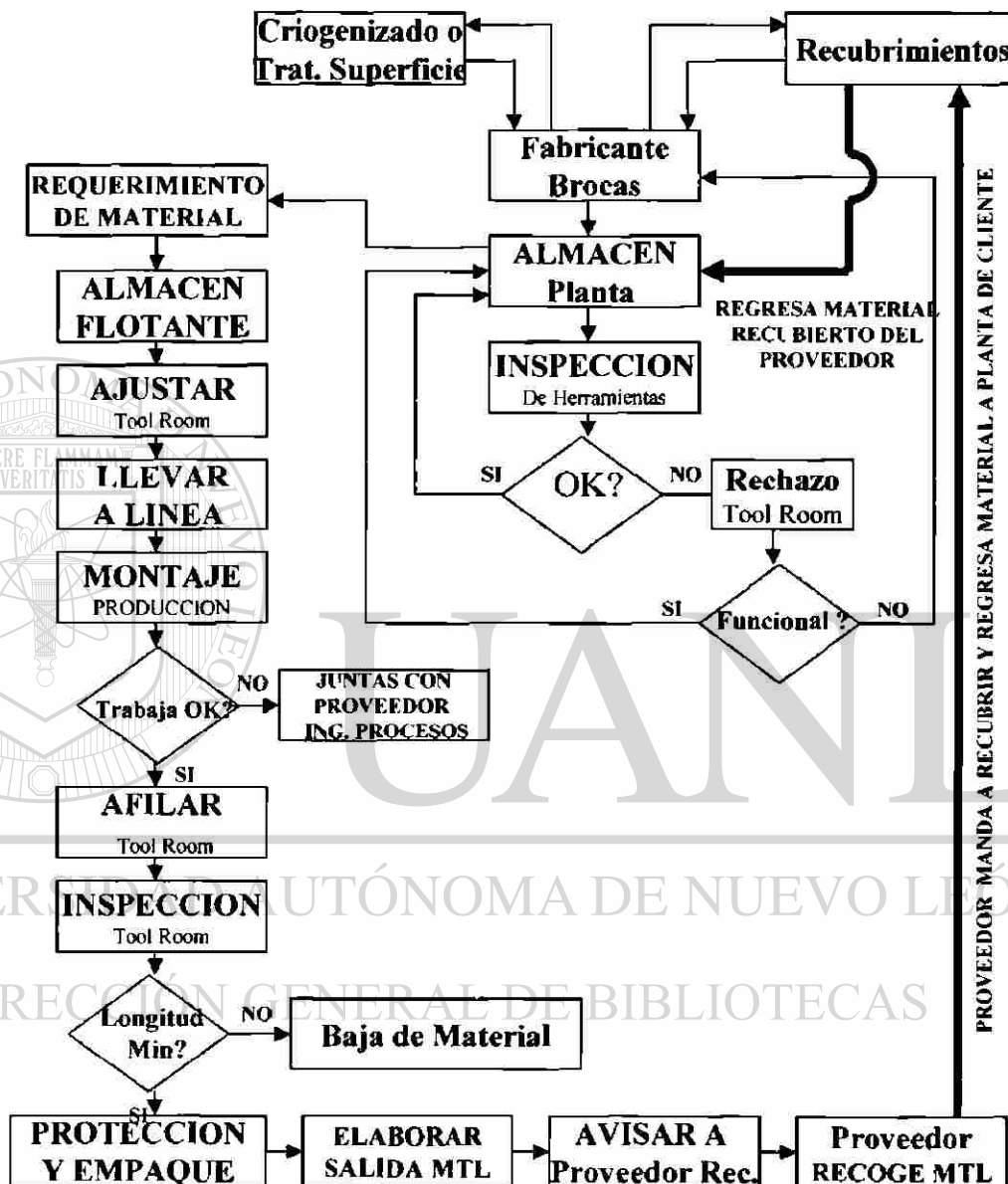
Diagrama de Flujo para Tratamiento de Herramientas

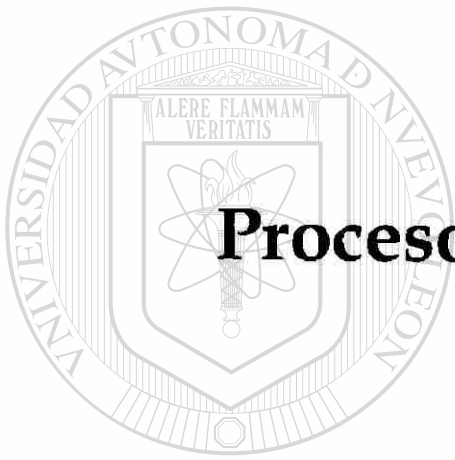
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



DIAGRAMA DE FLUJO PARA TRATAMIENTOS DE HERRAMIENTA





Anexo 6

Proceso de Criogenizado

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



APPLIED CRYOGENICS, INC.

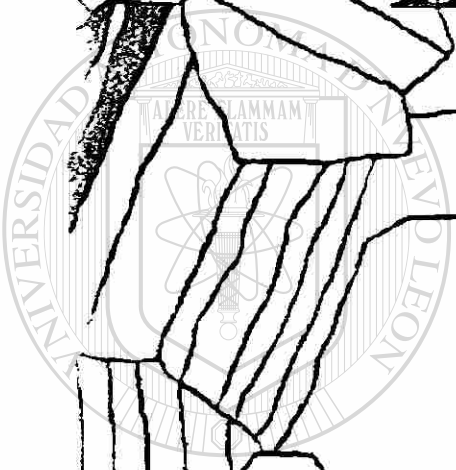
Extended
Life

for

Tooling

&

Wear Parts



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

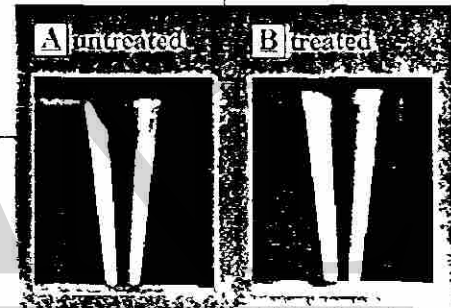
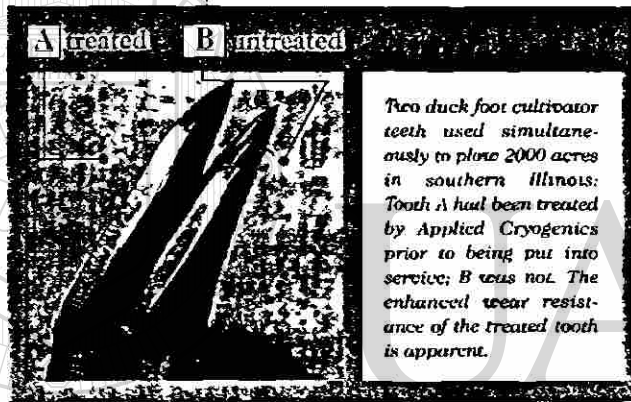
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cryogenic Processing

AN INTRODUCTION

By extending the standard heat and quench cycles of conventional metallurgical practice to the cryogenic reaches of the temperature scale, certain desirable structural changes are induced in alloys commonly used in industrial applications. Controlled thermal cycling between +300 °F and -300 °F markedly improves the wear life of steel and cemented carbide tooling and wear parts. Cryogenic processing, performed after conventional heat treating, enhances tool life by three known mechanisms:

- The conversion of significant amounts of retained austenite to martensite.¹
- The formation of fine carbide particles.¹
- The relief of residual stresses.²



References

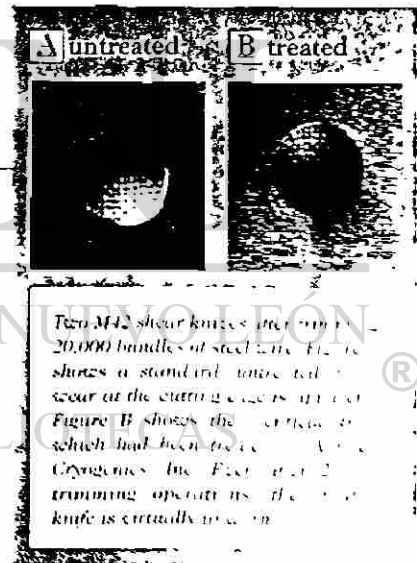
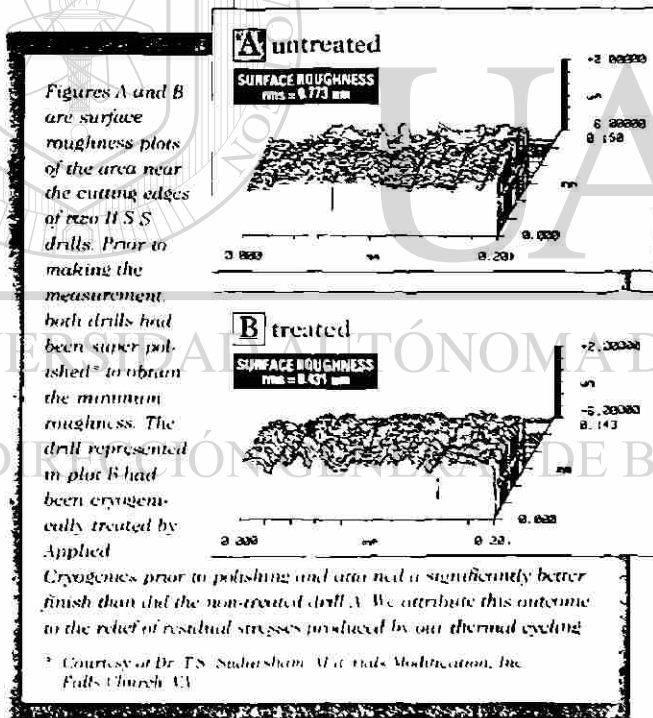
- 1) Barron, Dr. R.F., "Yes, Cryogenic Treatment Can Save You Money! Here's Why..." TAPM Journal, Vol 57, No 5, May 1974
- 2) Gilmore, V.E., "Frozen Tools," Popular Science, June 1967, p.64

Two identical TN-coated grade WC/20 carbide rough mill inserts used to surface mill sand cast iron. Figure A shows a standard untreated insert after machining 1500 pieces. Figure B shows a treated insert used in the same application after machining 1500 pieces. The reduction in wear resulting from cryogenic treatment is dramatic. The customer was able to more than double the service life of his inserts and now treats all carbide tooling.

Cryogenic Processing

APPLICATIONS

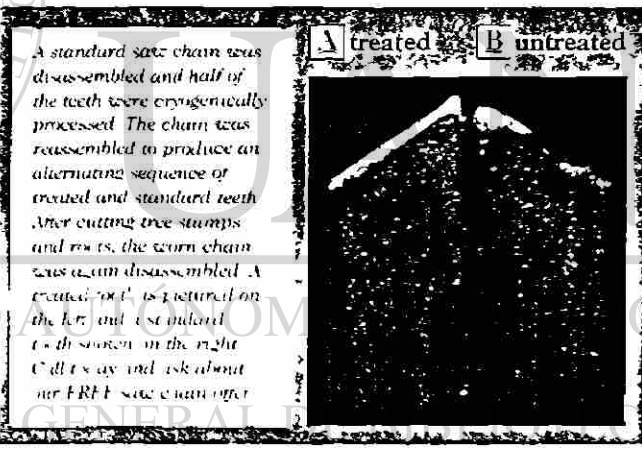
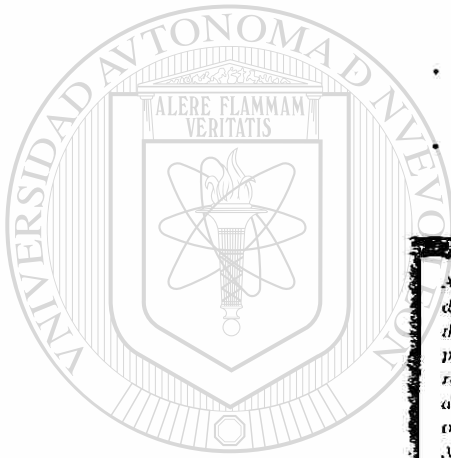
- Steel cutting tools, cobalt- and non cobalt-bearing HSS uncoated or TiN or chrome coated
Drills — End Mills — Hobs — Broaches — Reamers
Taps — Chasers — Form Tools — Saws — Routers
Piercing Tools — Slitters — Knives — etc
- Cemented carbide tools, coated or uncoated
Inserts — Solid Carbide Drills, End Mills, Reamers
Piercing Tools — Carbide Tipped Cutters and Saws — etc
- Copper alloy resistance welding electrodes
- Wear parts and forming tools:
Cams — Bearings — Hobs — Thread Rolls
Tableting Punches — Molds
- Stress relieve ferrous and non-ferrous castings and forgings for enhanced dimensional stability and surface finish upon final machining



Cryogenic Processing

THE BENEFITS

- Dramatically reduce consumption of perishable tooling. Treated tools typically yield two to five times the production of non-treated tool before regrinding is required.
- Cryogenic treatment will result in the permanent volumetric enhancement of metal properties. Treated components may be ground after treatment and the benefits of treatment are retained.
- Reduce the frequency and cost of tool regrinding. Worn treated tools require less material removal to restore a uniform cutting edge. Hence, treated tools may be reground more times before falling below minimum acceptable dimensions. This represents yet an additional cost savings.
- Substantially reduce machine downtime attributable to tool replacement.
- Reduce the scrap rate for machined forgings and castings by cryogenically treating prior to final machining for better stability and surface finish.



A standard saw chain was disassembled and half of the teeth were cryogenically processed. The chain was reassembled to produce an alternating sequence of treated and standard teeth. After cutting tree stumps and roots, the worn chain was again disassembled. A treated tooth is returned on the left and a standard tooth shown on the right. Call today and ask about our FREE saw chain offer.

APPLIED CRYOGENICS, INC.

11 Wall Street • Waltham, MA 02154
 Phone 781-642-7800

Cryogenic treatment moves from 'snake oil' to a surprising, yet proven, performance enhancer

By Dr. Jeff Levine
President,
Applied Cryogenics, Inc.
Waltham, Mass.

"Cryogenic treatment is ineffective on properly heat treated components."

"No solid state transformations occur below the martensite finish temperature."

"Non-ferrous materials are not affected by cryogenic treatment because they contain no retained austenite for transformation to martensite."

Oh, well. Once upon a time, everyone thought the earth was flat and the sun and stars rotated around us.

Fortunately, I was unaware of the conventional wisdoms concerning cryogenic processing when I was first introduced to it 18 years ago.

My background had been in physics, specifically non-linear spectroscopy and quantum electronics. A high school course in metallurgy in the '60s provided the basis for my understanding of metals. And, consequently, I didn't realize that cryogenic treatment was essentially "snake oil."

I had only the observations made by reasonable people who had availed themselves of treatment services, that remarkable improvements in performance could result from cryogenic processing.

Based on this admittedly non-scientific study, I undertook a radical career change with a partner, Bruce Norian. We formed Applied Cryogenics, Inc. to offer cryogenic treatment services and eventually, to design, manufacture, and sell cryoprocessing equipment.

Having come from a sheltered academic background, I was ill prepared for the response of some prospective customers, even after we had demonstrated the technical capabilities and cost effectiveness of the process. A particular encounter, now nearly two decades old, remains vivid in my memory.

We had successfully treated a guilloché blade for a major manufacturer. The engineer who supervised the test reported three times more production from the treated blade, compared with an untreated blade.

When asked if he'd like to treat a meaningful quantity of tooling, the engineer replied, "If cryogenic treatment was so good, then we would have been doing it years ago." Period. End of sales call.

This otherwise rational individual was telling me that he was not about to believe his own eyes. He hadn't learned about cryogenic treatment in school — his superiors (at a large multinational company) hadn't either — and he wasn't going to fall into a trap set by some crafty snake oil salesman!

Years have passed since this sobering encounter, and along the way there have been additional rebuffs, but there have also been many instances of courageous acceptance of this very cost-effective technology. Scores of new service providers have entered the market in the past few years, spreading the message and helping to educate the manufacturing community.

In the early days, the responses to my sales calls ranged from restrained skepticism to outright dismay. We had trouble giving

it away. The situation less improved dramatically, due to the collective effort of many "pioneers" in the word art. We now routinely receive unsolicited requests for treatment services and for processing equipment.

This increased activity has produced a wealth of feedback attesting to the validity of cryogenic treatment as a productivity enhancer. Novel and unexpected applications are discovered on a regular basis.

- Silver and brass instruments and instrument strings have their acoustic properties altered slightly during treatment — and musicians like the change!
- Compact disks and vacuum tubes become less microphonic and hence do their thing a little better when treated.
- High performance internal combustion engines yield somewhat higher performance.
- Guns shoot straighter and vegetable seeds germinate sooner.
- Figure skaters glide easier, sur-



Dr. Jeff Levine

geons cut cleaner, and baseball players and golfers hit the ball greater distances.

If this is snake oil, then someone ought to bottle the stuff!

Over 2,000 years ago, Eratosthenes demonstrated that the earth is spherical. By using simple instruments, a protractor and measuring stick, he was able to accurately estimate its diameter. Copernicus suggested that the earth is not the center of the universe, and Johannes Ke-

pler proved it by painstakingly constructing a mathematical model that accurately reproduced the best observations of the day.

In doing so, these remarkable men gave us the foundation of celestial mechanics and ushered in a new, rational way of understanding nature, displacing mythology and astrology.

Prior to their work, the concepts they promulgated were denuded as snake oil by the great authorities: Aristotle, Plato, Ptolemy, and others. Careful observation, followed by rational thought and mathematical modeling, is the essence of the scientific method that enables us to understand the world, turn nature to our benefit, and improve our lives.

This is what distinguishes us

from all the other species on earth.

The benefits of cryogenic processing are established; the observation phase has proceeded for the past 40 years. It's time to move on to a better understanding of its underlying mechanisms by applying the methodology of science.

In so doing, we gain intellectually, we hopefully refine the technology, and most importantly, we help to dispel the skepticism that impedes widespread acceptance of a process that can help make better products available at reduced costs to everyone.

Some day, hopefully soon, cryogenic treatment will be a routinely specified manufacturing process that will benefit us all.

cryosa

Tratamiento Criogénico

Una empresa de
Servicios Industriales
especializada en
Tratamiento Criogénico.

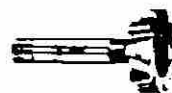


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



¿Quiénes somos?

CRYOSA es una empresa de servicios industriales especializada en "tratamiento criogénico". Nuestro objetivo principal es disminuir a nuestros clientes sus costos relacionados con compras y mantenimiento de herramientas o piezas expuestas a desgaste. El tratamiento criogénico aumenta la resistencia al desgaste abrasivo y corrosivo de los materiales, los resultados obtenidos son de un 25% a un 400% en el aumento de vida útil del material.

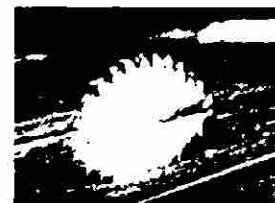


Tratamiento Criogénico

El tratamiento criogénico enfocado a disminuir el desgaste en los materiales, es una aplicación relativamente nueva, que fue desarrollada por la industria aeroespacial, y comercializada en la industria de transformación durante las dos décadas pasadas. Hay dos tipos de tratamiento criogénico, el profundo, que se realiza a -196°C con nitrógeno líquido; y el no profundo o sub-zero que se enfria solo a -78°C con hielo seco. El tratamiento que cryosa ofrece, es el profundo, con el cual se obtienen mejores resultados.

El objetivo de este tratamiento es aumentar el tiempo de vida de los materiales, para así disminuir costos ocasionados por compra de nuevas herramientas, paros en la producción, costos relacionados con procesos de rectificado, entre otros. Los resultados obtenidos en el aumento del tiempo de vida útil son hasta 400%. El proceso criogénico es completamente ecológico, ya que su fuente principal de energía es nitrógeno líquido, elemento que constituye el 78% del aire que respiramos.

El tratamiento criogénico de cryosa, modifica el 100% del material, por lo que es necesario aplicarlo solamente una vez. Debido a esto, los resultados obtenidos con el tratamiento se obtienen antes y después de cada uno de los rectificados.



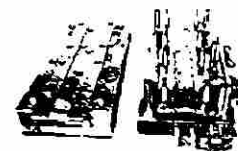
El proceso de cryosa.

El proceso de cryosa, está basado en un ciclo térmico predeterminado que consiste en enfriar las herramientas/piezas en una cámara criogénica completamente controlada. El material se enfria lentamente ($-1^{\circ}\text{C}/\text{min}$) hasta a alcanzar -196°C y se mantiene a esta temperatura entre 20 y 40 horas, luego se regresa a temperatura ambiente sin añadir ninguna fuente externa de calor más que la convección natural. Este proceso, evita cualquier posibilidad de choque o esfuerzos térmicos ocasionados por cambios bruscos de temperatura. El ciclo del tratamiento criogénico dura aproximadamente 72 horas.

El proceso criogénico no es un sustituto de otros tratamientos térmicos, sino una extensión del ciclo de temple y revenido (para aceros). En el caso de aceros, el ciclo criogénico también requiere de un bajo revenido a 150°C .



Estas dos cuchillas fueron usadas para cultivar 3600 acres. Visiblemente se puede notar como la cuchilla tratada criogénicamente, se desgastó mucho menos.



Beneficios y Resultados

Aumenta la resistencia al desgaste abrasivo.

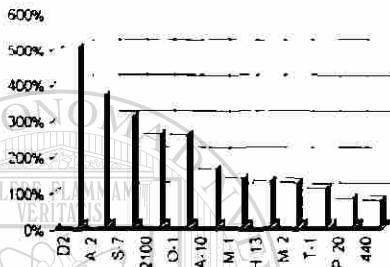
Transforma casi el 100% de la austenita retenida en martensita revenida.

Cambia toda la microestructura.

Cambia toda la microestructura, no solo las superficies, por lo que:

- Solo requiere un tratamiento permanente.
- Los beneficios continúan aún después de rectificadas o afiladas.

Incrementos en el tiempo de vida



- **Aumenta el tiempo de vida entre 25 y 400%.**
- Crea una estructura molecular más densa, con la cual se reduce la microrugosidad, y por ende se disminuye la fricción, calentamiento y desgaste.
- Disminuye esfuerzos residuales.
- Disminuye la fragilidad, aumenta la tenacidad.
- Aumenta la resistencia ténsil.
- Aumenta la estabilidad dimensional.
- No afecta propiedades de maquinado.

Cryosa ofrece el tratamiento con dos etapas:

- **seca**
(de temperatura ambiente a -160°C) con nitrógeno gas
- **húmeda**
(de -150°C a -196°C) con nitrógeno líquido, para eliminar choque térmico y así alcanzar la temperatura de ebullición del nitrógeno (-196°C). Temperatura que los procesadores del tipo 100% secos no pueden alcanzar.

Cambios microestructurales: El porqué de las mejoras

Dos cambios microestructurales principales ocurren a través del tratamiento criogénico de cryosa:

Primero, la austenita retenida (estructura suave no deseada, presente siempre después de un tratamiento térmico) es convertida en una estructura más dura y de mayor vida ante el desgaste llamada martensita. La cantidad de austenita residual después del templado, puede variar entre 50% y 3% según la habilidad del operador y la precisión del equipo con que fue templado. Después del tratamiento criogénico, la cantidad de austenita residual solamente es de 0.1 a 0.01%. Además, la martensita se refina después del tratamiento, como se muestra en la figura. Estos cambios incrementan la dureza entre 1 y 3 puntos HRC y la resistencia al desgaste.

Segundo, se forman unos pequeños eta-carburos dentro de toda la matriz, los tipos de carburos dependen de los elementos de aleación con que cuente el material (carburos de tungsteno, carburos de cromo, etc.). Estas partículas finas llenan la matriz haciéndola una estructura más densa y homogénea, ya que los carburos ya presentes se acomodan de manera proporcional.

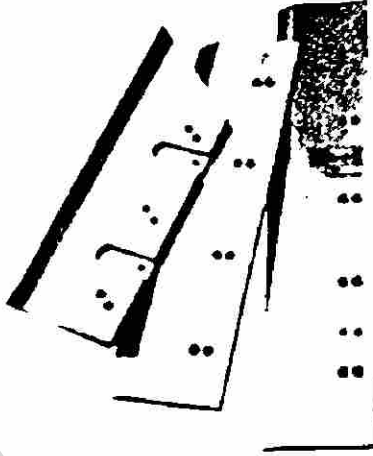
Aún si la herramienta o pieza, no es de acero, el aumento en su vida se da después del tratamiento criogénico, ya que a tan bajas temperaturas, los defectos moleculares conocidos como vacancias, traslapos, dislocaciones, etc., se eliminan y se forma una estructura molecular homogénea y sin defectos que muestra mejores propiedades contra el desgaste.



Refinamiento de la martensita después del tratamiento criogénico

Materiales a los que se puede dar tratamiento criogénico

Todos los tipos de acero
 Aleaciones no ferrosas
 Carburos de Titanio
 Plásticos
 Cobre
 Nylon
 Aluminio
 Bronce
 Vidrio
 y otros.



Aplicaciones

"Todo lo que esté sujeto a desgaste"

Industria Metal Mecánica

Brocas
 Punzones
 Insertos
 Cuchillas
 Buriles
 Moldes
 Dados
 Rodillos
 Engranajes

Industria Maderera y Papelera

Discos de corte
 Sierras
 Cuchillas
 Dados
 Punzones
 Perforadoras
 Navajas

Motores y autopartes

Camisas del motor
 Engranajes de transmisión
 Arbol de levas
 Sinfín de dirección
 Pistones
 Caja diferencial
 Cigüeñales

Industria Cementera, Minera, Petroquímica

Cuchillas
 Trituradoras
 Perforadoras

Todo tipo de dientes

Industria Agrícola

Discos
 Cuchillas
 Zapatas
 Aspas

Todo tipo de implementos .



cryosa

Tels: (8) 335 44 56, (044) (8) 171 19 39

Tel/Fax: (8) 335 04 56

e-mail: irias@prodigy.net.mx

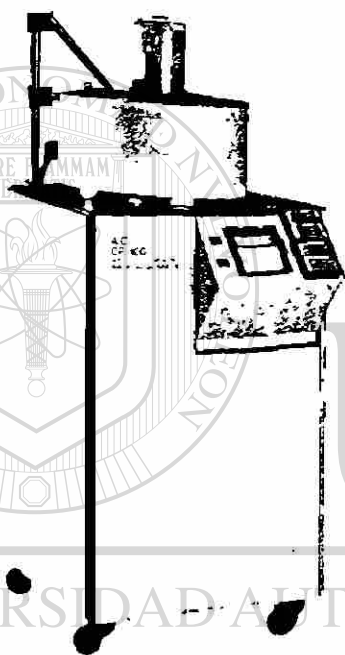
www.cryosa.com

Oficina

Monte Aventino #316 / Col. Fuentes del Valle / C.P 66220
 Garza Garcia, N.L.

Now

CRYOGENIC PROCESSING



In Your Own Facility...

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

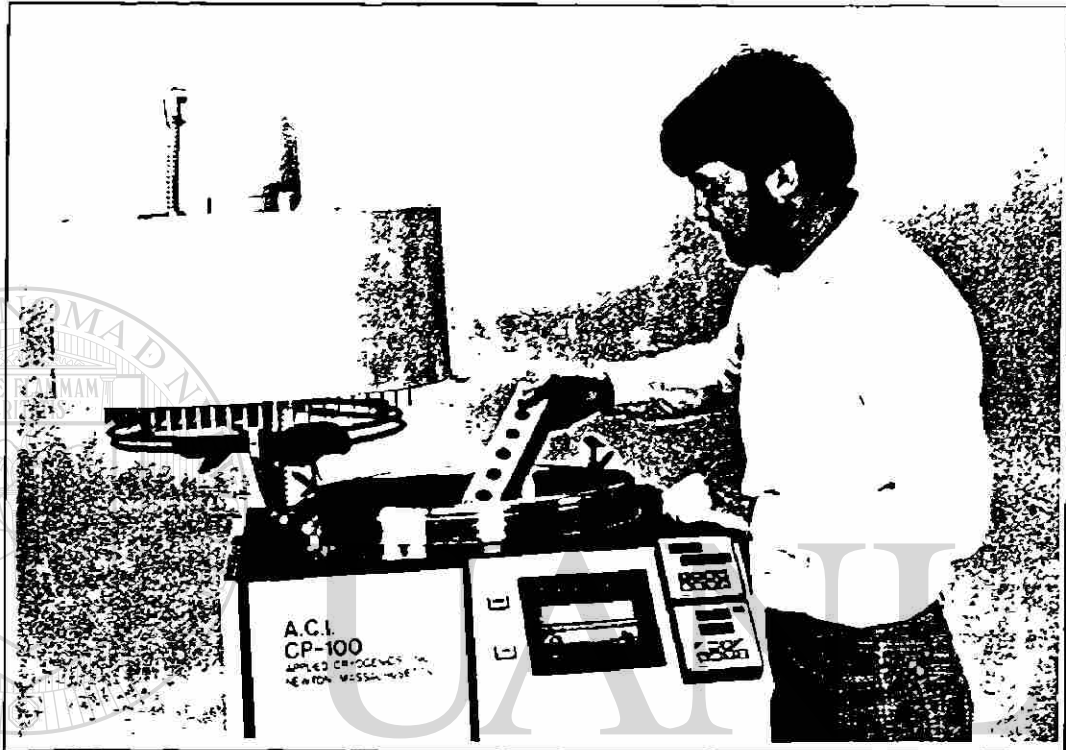
APPLIED CRYOGENICS, INC.

THE CP-100 CRYOPROCESSOR

from

APPLIED CRYOGENICS, INC.

A computer controlled, vacuum insulated environmental chamber capable of executing complex time-temperature prescriptions in the temperature range of -320°F to $+300^{\circ}\text{F}$ gives you the capability to:



- Perform cryogenic processing, enhancing the wear resistance of steel and cemented carbide, chromium or TiN coated tools and wear parts, and copper resistance welding electrodes;
- Dimensionally stabilize metal optics and precision ground parts prior to final polishing/grinding to produce a superior surface finish;
- Stress relieve forgings and castings to ensure dimensional stability during final machining;
- Dimensionally stabilize nylon components;
- Stress relieve metals for tear-free drawing.

CP-100 Specifications

USABLE INTERIOR DIMENSIONS: Vacuum insulated stainless steel chamber
17"(dia) x 30"(deep)

MAXIMUM PAYLOAD: 500 pounds

EXTERIOR DIMENSIONS: 27"(w) x 27"(d) x 70"(h)

TEMPERATURE RANGE:

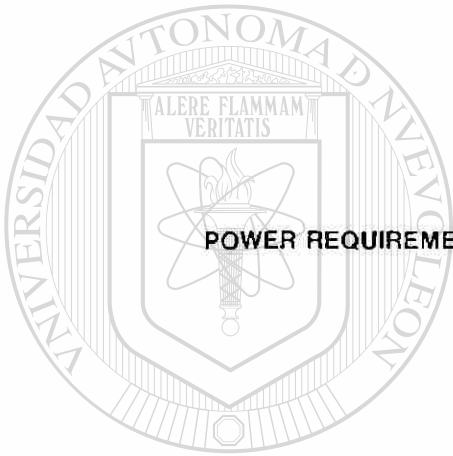
- -320 degrees F to +300 degrees F
- Convective cooling
- Convective heating
- Cooling rate 0 degrees F/minute to 7 degrees F/minute
- Heating rate 0 degrees F/minute to 15 degrees F/minute

CONTROLS:

- Digital Programmable
- Up to 99 ramp/soak segments
- Up to 9 programs
- Up to 99.9 hours/segment
- "Guaranteed soak" for user selected segments
- LED display of set point, chamber temperature, program and segment identification, time remaining in current segment
- Chart recorder

POWER REQUIREMENTS:

- 120 VAC, 30 Amperes
- Liquid Nitrogen supply required (approx. 200 liters LN₂ processes 400 lbs. steel)



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FOR FURTHER INFORMATION CONTACT:
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

APPLIED CRYOGENICS, INC.

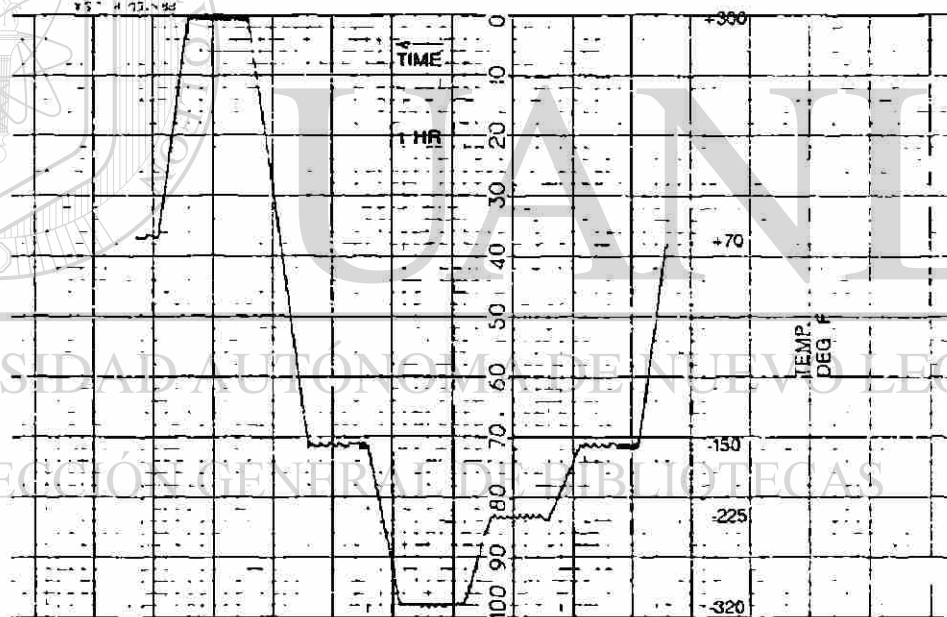
1191 Chestnut Street
Newton, MA 02464
617-552-6400

Principles of Operation

The CP-100 cryoprocessor is capable of automatically cycling payloads between the temperatures of -320°F and $+300^{\circ}\text{F}$. Payload temperature is reduced by cooling an internal heat exchanger with a controlled flow of liquid nitrogen while a fan circulates dry gaseous nitrogen between the payload and the heat exchanger. Cooling is via gas kinetics, the payload is never in contact with the cryogenic liquid. Electric resistance heat is provided to increase the payload temperature. The circulator fan provides convective heat exchange to minimize temperature gradients.

A digital computer is provided for the programming and storage of complex time-temperature prescriptions. An integral temperature sensor and controller form a servo system to meter liquid nitrogen or electric heat to ensure compliance with the program. The system is capable of unattended operation for periods of days. A chart recorder provides a permanent record of the thermal history of the payload.

An Actual Time-Temperature Trace



APPLIED CRYOGENICS, INC.

The CP-500vi Cryoprocessor

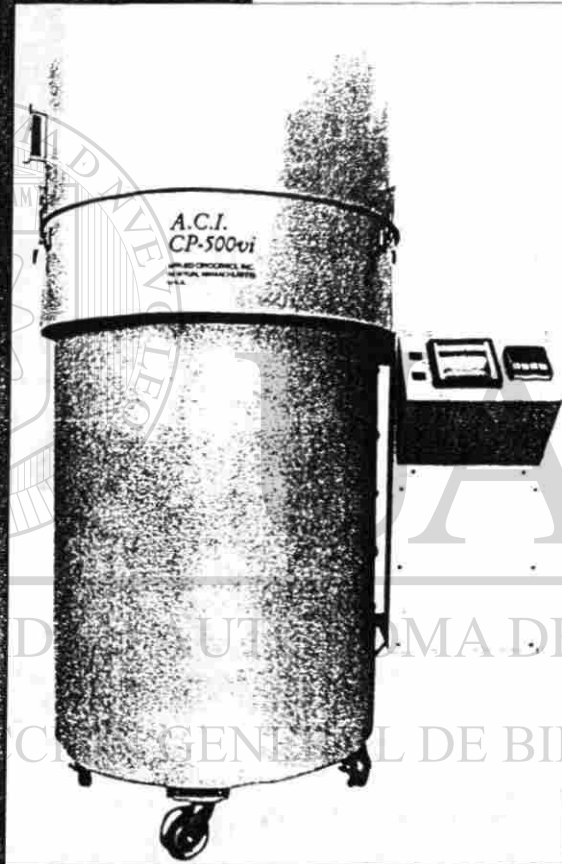
A computer controlled, vacuum insulated environmental chamber capable of executing complex time-temperature prescriptions in the temperature range of -300 °F to

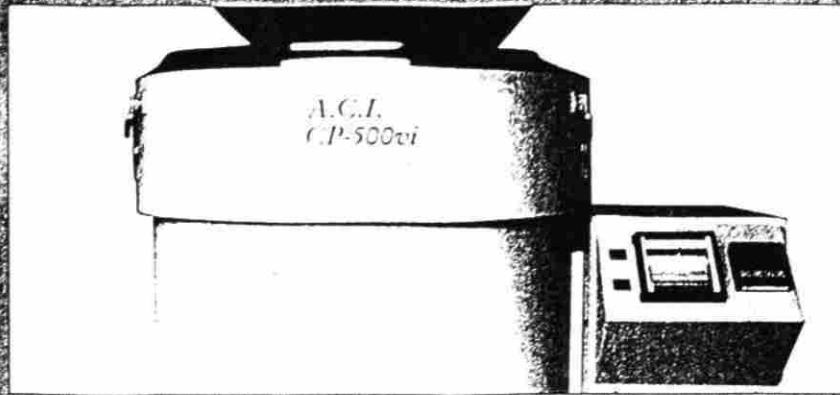
+300 °F, provide the capability to:

- Perform cryogenic processing to enhance the wear resistance of steel and cemented carbide, chromium or TiN coated tools and wear parts, and copper resistance welding electrodes;

- Dimensionally stabilize metal optics and precision ground parts prior to final polishing/grinding to produce a superior surface finish;

- Stress relieve metals for tear-free drawing and enhanced acoustic characteristics.





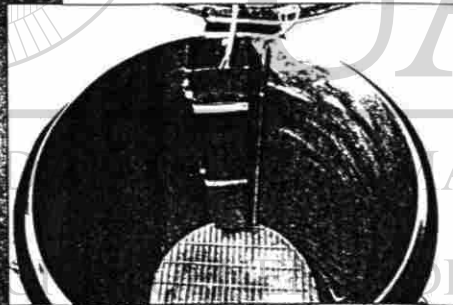
Principles of Operation

The CP-500vi cryoprocessor is capable of automatically cycling payloads between the temperature limits of -300 °F and +300 °F. Payload temperature is reduced by cooling an internal heat exchanger with a controlled flow of liquid nitrogen while a blower circulates dry gaseous nitrogen between the payload and the heat exchanger to minimize temperature gradients.

A digital computer is provided for the programming and storage of complex time-temperature prescriptions. An integral temperature sensor and controller form a servo system to meter liquid nitrogen or electric heat to ensure compliance with the program. The system is capable of unattended operation for periods of days. A chart recorder provides a permanent record of the thermal history of the payload.

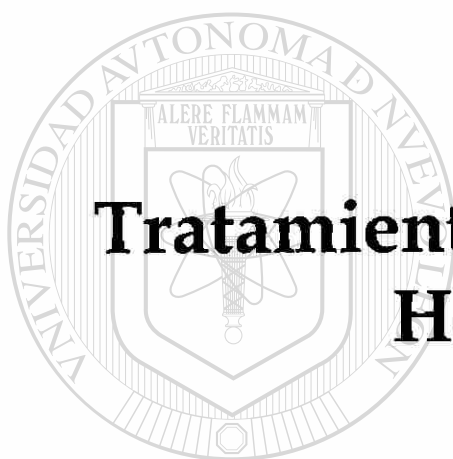
SPECIFICATIONS

- Internal dimensions: 31" (Dia) x 46" (H)
- Overall external dimensions: 70" (H) x 46" (W) x 49" (D)
- Overall height (lid open): 92"
- Controls: Digital programmable with 6 ramp/soak segments per program, up to 8 programs; expandable
- Power requirements: 120VAC, 30 AMP, 60 Hz. or 240 VAC, 20 AMP, 50 Hz. Low pressure liquid nitrogen required.



APPLIED CRYOGENICS, INC.

1191 Chestnut Street • Newton, MA 02459
 Phone: 617-969-6490 • Fax: 617-969-6266
 E-mail: NSEngine@aol.com



Anexo 7

Tratamientos de Superficie de Herramienta

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MSI METAL TREATMENT

the PROCESS

If a tool is placed under a microscope, imperfections are revealed on both new and reground tools. The MSI process begins with placing the imperfect tools in the heating reservoir of a MSI 2000 treatment machine and raising the temperature of the tools to 140 degrees Fahrenheit. The surface asperities (imperfections) of the tools expand. Then the tools are transferred to the tool treatment reservoir. As the tools cool, MSI's CVR particles are trapped in the surface asperities creating a smoother tool surface and increasing lubricity without modifying the physical tool dimensions.



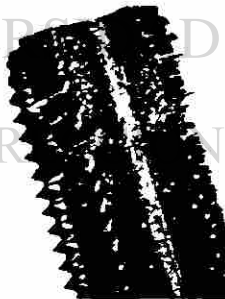
The view of a tool surface under a microscope reveals a field of peaks and valleys. These surface asperities expand when heated in the MSI 2000 heating reservoir and trap the MSI resins as the surface cools in the treatment reservoir.

FIELD RESULTS

Tool	Life-Untreated	Life-Treated
1.32 mm HSS drills/deep drilling	3 hours	9 hours
Carbide keyway cutter/8620 steel	22,000	29,248
Broaching operation/caps	42,000	64,000
HSS oxide coated drills/crankshaft	2,000	4,200
Carbide tipped drills/Fe lifter bodies	4,800	24,000
HSS step drills/cast block	5,400	12,300
Carbide tipped saw blades/1 1/2" A-2	630 square inches	2500 square inches
10mm HSS drills/6061 Al.	500 holes	2000 holes
Oil galley drills/cast block	14000 holes	28000 holes

Untreated Tap
HSS Steam Oxide

MSI Treated Tap
HSS Steam Oxide



400 holes tapped
Crankshaft Flange



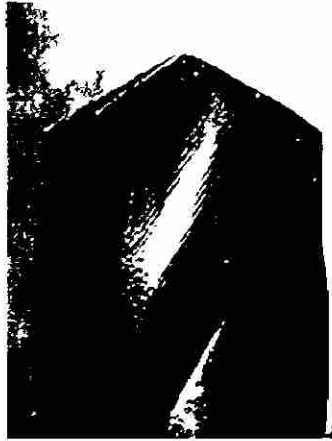
1929 holes tapped
Crankshaft Flange

MSI Customers report similar results to those stated above in stainless steel, exotic metals, aluminum, magnesium, cast iron, plastics and wood.

**INDEPENDENT LABORATORY PROVES
MSI 2000 TOOL TREATMENT PROCESS
REDUCES FRICTION AND WEAR!**

Untreated HSS Twist Drill

MSI Treated HSS Twist Drill



The laboratory photographs, at left, prove the life extension of MSI Tool Treatment.

3600 holes total failure
gray cast iron test plates
drill blind holes - dry

3600 holes avg. margin wear .011"
gray cast iron test plates
drill blind holes - dry

**INDEPENDENT LABORATORY PROVES
MSI 2000 TOOL TREATMENT PROCESS
IMPROVES PARTS QUALITY AND TOOL PERFORMANCE!**

Untreated Drill

MSI Treated Drill

The laboratory photographs, at right, prove the reduced margin wear of the MSI treated drill when using a 10% soluble oil flood coolant.



1200 Holes

Margin wear unevenly distributed at .0098" and .026". The non-uniform and high rate of wear led to decreased part quality and tool performance.

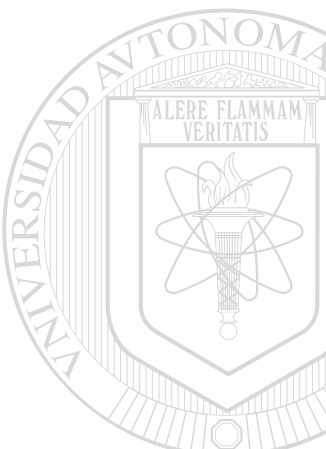
1200 Holes

Margin wear evenly distributed at .0060". The uniformly reduced wear led to improved parts quality and tool performance.

MACRO SPECIALTY INDUSTRIES INC. CUTTING EDGE TECHNOLOGY

THE MSI TOOL TREATMENT PROCESS PATENT ISSUED SEPTEMBER 16, 1997 IS ONE OF SEVERAL PATENTS ISSUED TO MACRO SPECIALTY INDUSTRIES INVOLVING ITS PROPRIETARY RESIN TECHNOLOGY.

MACRO SPECIALTY INDUSTRIES IS PROUD TO PRESENT THE TOOL TREATMENT PROCESS TO YOUR COMPANY. IN 30 MINUTES AND FOR LESS THAN 40¢ PER TOOL, THIS PROVEN NEW TECHNOLOGY WILL REDUCE YOUR COST OF TOOLING, WASTE, AND ENERGY CONSUMPTION WHILE INCREASING PRODUCTIVITY AND QUALITY CONTROL.



Overall Dimensions	32.5" L x 24" W x 16" H
Working Height	Table Top
Weight (Empty)	125 lbs.
Basket Dimensions	12.5" L x 8.5"W x 6" H
Basket & Cabinet Construction	Stainless Steel
Power Source	110 Volts/1 Phase
Heating Reservoir	2.5 gallons (20 lbs.)
Treatment Reservoir	2.5 gallons (15 lbs.)
Manufacturer	Macro Specialty Industries, Inc.
Warranty	Limited 1 Year

Available Options

- ◆ Machines customized to fit the size and shape of your tools
- ◆ Stands
- ◆ Timers

FOR MORE INFORMATION OR A FREE TEST

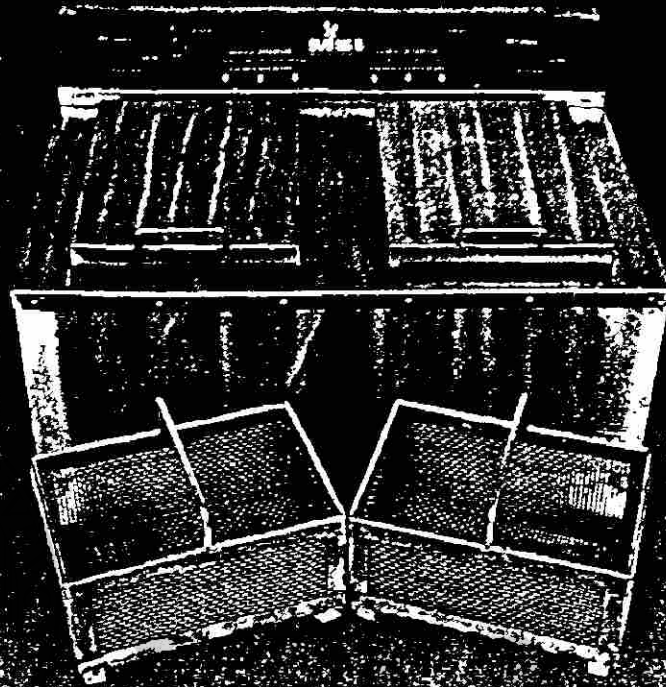
CALL MACRO SPECIALTY INDUSTRIES OR YOUR LOCAL DISTRIBUTOR!

A patented process of:
Macro Specialty Industries, Inc.
12-457, Road P-3 / P.O. Box 107
Napoleon, Ohio 43545
Phone: 419.599.7010
Fax: 419.599.7020
E-mail: MSI@Bright.net

Distributed by:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MACRO SPECIALTY INDUSTRIES, INC.



MSI 2000 TOOL TREATMENT MACHINE

Give your tools the treatment!

- Extends cutting tool life
- Improves performance of HSS, carbide and coated tools
- Adds lubricity and smooths tool surface
- Does not alter metal substrate or tool geometry
- Tools can be treated after being reground
- Reduces down time and tool inventory
- Tools may be treated on location

