

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA UNIDAD
CULHUACAN**

SEMINARIO

**ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS
VIGENCIA: FNS5062005/11/2007**

TESINA

**MEJORA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE
(INSERTOS DE FORMA)**

**PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

INTRODUCCION

- I. MARCO REFERENCIAL**
- II. ESTUDIO DE MERCADO**
- III. PLANEACION DEL PROYECTO**
- IV. EVALUACION DE RESULTADOS**

CONCLUSIONES

ASESORES:

**ING. CARLOS GUILLERMO GARCÍA SPÍNOLA
L.A.E. DALILA VIVIANA HERNÁNDEZ VASCO
M. EN C. CESAR PLACIDO MORA COVARRUBIAS**

ASESOR

ASESOR

**M. en C. CESAR PLACIDO MORA
COVARRUBIAS**

**ING. CARLOS GUILLERMO GARCÍA
SPINOLA**

ASESORA

L. A. E. DALILA VIVIANA VASCO HERNÁNDEZ

**ING. RAMON AVILA ANAYA
JEFE DE LA CARRERA DE IM**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN**

TESINA

**MEJORA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE
(INSERTOS DE FORMA)**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

PRESENTAN

**DÁVALOS DÍAZ OSWALDO
GUERRERO CHAVEZ FERNANDO
ROMERO GARCIA VICTOR ANTONIO
VÁZQUEZ AZUARA GUILLERMO
XOLALPA JIMÉNEZ OMAR GEOVANI**

ASESORES

**M. EN C. CESAR PLACIDO MORA COVARRUBIAS
ING. CARLOS GUILLERMO GARCÍA SPÍNOLA
L.A.E. DALILA VIVIANA HERNÁNDEZ VASCO**

**DEDICADO CON MUCHO CARIÑO
PARA NUESTROS PADRES**

Por haber estado en los buenos y malos momentos con su apoyo incondicional, realmente se los agradecemos y les entregamos los resultados.

PARA EL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Por la formación brindada y en especial a nuestra querida “ESIME Culhuacán” por permitirnos ser parte de su comunidad estudiantil.

PARA TODAS AQUELLAS PERSONAS

Que pusieron todo su esfuerzo y nos brindaron su apoyo en nuestra formación académica.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	10
I. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	12
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
III. JUSTIFICACIÓN	13
IV. OBJETIVO GENERAL	15
V. OBJETIVO ESPECÍFICO	15
VI. ALCANCE	15
VII. METAS	16
VIII. MISIÓN	16
CAPITULO I: MARCO REFERENCIAL	17
1.1 HERRAMIENTAS DE CORTE	17
1.1.1 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ÚTILES DE CORTE	18
1.2 ACEROS AL CARBONO	20
1.2.1 ACEROS ALEADOS DE CORTE	20
1.2.2 ACEROS RÁPIDOS	21
1.2.3 METAL UNIVERSAL	21

1.2.4 VENTAJAS DE LOS RECUBRIMIENTOS DE BASE AICRN	22
1.2.5 CARBUROS METÁLICOS O METALES DUROS	23
1.3 NORMA ISO PARA HERRAMIENTAS	25
1.4 PLAQUITAS INTERCAMBIABLES O INSERTOS	28
1.4.1 AREA AZUL > P	31
1.4.2 AREA AMARILLA > M	32
1.4.3 AREA ROJA > K	32
1.4.4 METALES DUROS RECUBIERTOS	33
1.5 DESIGNACIÓN DE UN INSERTO	34
1.5.1 CERMETS – METAL DURO	35
1.5.2 CERÁMICAS	37
1.5.3 NITRURO CÚBICO DE BORO	39
1.5.4 DIAMANTE POLICRISTALINO	40
1.6 LOS PRIMEROS RECUBRIMIENTOS BALINIT	41
1.6.1 BALINIT A	42
1.6.2 BALINIT B	43
1.6.3 BALINIT D	45
 CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO	 47
 2.1 COTIZACIÓN	 48
2.2 COTIZACIÓN DE INSERTOS NUEVOS	50

CAPITULO III: PLANEACIÓN DEL PROYECTO	53
3.1 TIEMPOS	53
CAPITULO IV : EJECUCION Y CONTROL DEL PROYECTO	55
4.1 PROCESO DE RECUBRIMIENTO	55
4.2 SPUTTERING	60
4.2.1 EVAPORACIÓN POR ARCO	61
4.2.2 EVAPORACIÓN IÓNICA	63
4.3 SPUTTERING POTENCIADO	64
CAPITULO V: EVALUACIÓN DE RESULTADOS	66
5.1 INSERTOS NUEVOS	67
5.2 INSERTOS RECUBIERTOS	68
CONCLUSIONES	70
GLOSARIO	71
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	75

RESUMEN

Para realizar un recubrimiento en un inserto se selecciona un material al adecuar sus propiedades mecánicas a las condiciones de servicio requeridas para el componente.

El primer paso en el proceso de selección requiere que se analice a la aplicación, a fin de determinar las características más importantes que el material debe poseer.

Se deben de tomar aspectos y propiedades importantes antes de la selección de un material como lo es:

- Sí dicho material deberá ser resistente, rígido o dúctil.
- Estará sometido a la aplicación de una fuerza cíclica importante o a una fuerza súbita intensa; a un gran esfuerzo y temperatura elevada o a condiciones abrasivas.

Una vez conocidas las propiedades requeridas, se puede seleccionar el material apropiado, utilizando la información incluida en los manuales.

Se debe, sin embargo, conocer cómo se llega a las propiedades y lo que dichas propiedades significan y tomar en cuenta que las propiedades listadas se han obtenido a partir de ensayos y pruebas ideales que pudieran no ser exactamente aplicables a casos de ingeniería en la vida real.

Es así que para recubrir un material que ya ha sido procesado y manufacturado para un uso en común, se deben de tomar en cuenta el tipo de proceso de recubrimiento que se le va a aplicar y desde luego analizar su desempeño y rendimiento que dicho material va a tener al realizársele el recubrimiento.

Principalmente los recubrimientos más comunes están hechos de carburos y nitruros, y tales se forman por la introducción de nitrógeno o carbono, esto es durante el proceso de deposición catódica.

Ahora bien un material ya recubierto debe tener ciertas propiedades y características que lo hagan un material de calidad y eficiente y así se obtenga un material o producto de alto desempeño para utilizarlo.

En el caso de los insertos de forma ya con un recubrimiento en común y como una herramienta de corte deben poseer características primordiales como las que se mencionan a continuación:

- Altamente resistentes al desgaste.
- Conservación de filos a altas temperaturas.
- Buenas propiedades de tenacidad.
- Reducido coeficiente de fricción.
- Alta resistencia a los choques térmicos.

Cabe aclarar que hay designaciones para el tipo y uso de los insertos de forma que se basan mediante normas nacionales e internacionales y en los cuales se dan códigos que corresponden a las posiciones de referencia de los insertos como lo es:

- Forma del inserto.
- Angulo de incidencia del inserto.
- Tolerancias dimensionales del inserto.
- Tipo del inserto.
- Longitud del filo de corte.
- Espesor (grosor) del inserto.
- Filos secundarios del inserto y radio.
- Tipo de arista de corte.
- Dirección de avance del inserto.

Por lo tanto, los materiales recubiertos son compuestos metal-metal y estos materiales recubiertos tienen una buena resistencia a la corrosión o alta dureza para cubrir el objetivo de bajo costo o de más alta resistencia.

INTRODUCCIÓN

FEDERAL MOGUL

LA EMPRESA

El Grupo Federal-Mogul México está formado por ocho Plantas y por una comercializadora, en donde también se encuentran las oficinas corporativas. A continuación se muestra un pequeño panorama de cada una de estas empresas quienes constituyen nuestro Grupo.

RAIMSA, S.A. DE C.V.

Es una empresa ubicada en Barcelona, que desde 1941, se ha especializado en la representación y distribución de primeras marcas del mercado de vinos, champagne, licores, whiskies y cervezas de importación.

RAIMSA centra su ámbito de actuación en Barcelona y provincia.

Para aquellas áreas alejadas de su ámbito de actuación cuenta con una red de subdistribuidores.

A través de medios propios y con su equipo comercial RAIMSA ofrece a su cartera de clientes, formada por importantes empresas del sector de la hostelería y la distribución alimentaría, un servicio integral.

UBICACIÓN

Km. 18.5 de la carretera libre a Puebla S/N

C.P. 56400

Los Reyes la Paz. Edo. de México

Tel.: (011 52 55) 58 55 04 11

Fax: (011 52 55) 58 55 65 35



FIGURA 1. PLANO DE UBICACIÓN

REFERENCIA DE LA EMPRESA

Inicia sus actividades en enero de 1957 en la colonia Morelos del Distrito Federal, posteriormente en 1969 se cambia de domicilio a Los Reyes La Paz, Estado de México, lugar donde se ubica actualmente.

Esta es la tercera de las Plantas que se incorporó al Grupo Federal-Mogul en febrero de 1986 y se dedica a la fabricación de collarines, pernos de dirección, partes de suspensión y dirección.

I. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

La mejora en las herramientas de corte, en este caso insertos de forma, dentro de la industria sirve para ahorrar dinero, ya que estas herramientas de corte llegan a tener un costo unitario de hasta \$ 100 dólares o \$ 1100 pesos y el recubrimiento que se propone para mejorar y aumentar la vida útil de dichas herramientas tienen un costo máximo de \$ 5 dólares o \$ 55 pesos, además de que estas herramientas de corte cuando ya no sirven son desechadas y al recubrirlas se disminuye la cantidad de basura que produce la empresa y de esta forma se aumentaría la producción y habría un ahorro de capital.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática primordial de la empresa es que los insertos que utilizan para su producción tienen una vida útil aproximada de un mes o una tonelada de producto terminal y en cada cambio de inserto se detiene la producción y con esto aumenta tiempos muertos y disminuye la capacidad productiva.

III. JUSTIFICACIÓN

Los insertos de forma se utilizan para desbaste de la barra lo cual conlleva al desgaste progresivo del mismo, por lo tanto es demasiado caro estar cambiando cada uno de estos, ya que esto genera un alto costo en tiempo y dinero.

Con el recubrimiento de dichos insertos la empresa tiene un ahorro de capital considerable, además que disminuye los tiempos muertos entre cada cambio de inserto, ya que estos una vez recubiertos aumentan hasta 4 veces su vida útil y por lo tanto tiene un aumento en su producción.



FIGURA 2. IMAGEN DE UN INSERTO



FIGURA 3. IMAGEN DE INSERTO

IV. OBJETIVO GENERAL

Aumentar la producción, reducir costos de adquisición y optimizar tiempos y movimientos que genera el cambio de insertos en las maquinas que se ocupan dentro de esta empresa y en un futuro implementar el uso de estos insertos en otras empresas mexicanas.

V. OBJETIVO ESPECÍFICO

Recubrir insertos de forma para ofrecerlos en el mercado a un costo considerablemente bajo y de esta forma generar competitividad a nivel nacional y posteriormente internacional cubriendo los estándares de calidad que el mercado demanda.

VI. ALCANCE

Dentro de esta empresa se consumen aproximadamente 100 insertos por maquina en un mes de producción, además tomando en cuenta que esta empresa cuenta en su activo fijo con 5 maquinas; se utilizan de 300 a 500 insertos al mes

Cada mes se recubriría alrededor de 400 piezas ; ya que algunas quedan demasiado dañadas por el uso y seria imposible reutilizarlas, las demás con un buen proceso de afilado serian reutilizables al 100% de su capacidad.

VII. METAS

La meta es que en un futuro las empresas mexicanas implementen el uso de los insertos recubiertos que se proponen en este proyecto para que de esta forma al aumentar su producción puedan competir a nivel nacional e internacional sin afectar los estándares de calidad.

VIII. MISIÓN

Ser capaces de reutilizar los insertos mediante un recubrimiento químico y tratamientos térmicos a fin de ser sustentable al medio ambiente evitando el desecho de productos innecesarios que dañan el ecosistema y de esta forma fomentar el reciclaje dentro de las industrias.

Por lo tanto es este proyecto se pretende atender con eficiencia, eficacia y calidad al mejor precio posible a las empresas que se vean interesadas en adquirir el producto.

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 HERRAMIENTAS DE CORTE

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

Según la Norma ISO / DIS 3002, un útil monofilo comprende las siguientes partes :

CARA: Es la superficie o superficies sobre las cuales fluye la viruta (superficie de desprendimiento).

FLANCO: Es la superficie de la herramienta frente a la cual pasa la viruta generada en la pieza (superficie de incidencia).

FILO: Es la parte que realiza el corte. El filo principal es la parte del filo que ataca la superficie transitoria en la pieza. El filo secundario es la parte restante del filo de la herramienta.

PUNTA: Es la parte del filo donde se cortan los filos principales y secundarios; puede ser aguda o redondeada o puede ser intersección de esos filos.

1.1.1 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ÚTILES DE CORTE

Nombre	Temperatura	Observaciones
Acero al carbono	300° C	Prácticamente ya no se usa.
Acero alta velocidad	700° C	HSS-Acero rápido.
Stelita	900° C	Aleación. Prácticamente ya no se usa
Carburos Metálicos	1000° C	HM-Aglomerados y no aglomerados
Cermet	1300° C	Base de TiC, TiCN, TiN
Cerámicas	1500° C	Al ₂ O ₃ o Si ₃ N ₄
Cerámicas mezcladas	1500° C	Al ₂ O ₃ + ZrO ₃
CBN	2000° C	TiN/TaN/CBN (Nitruro cúbico de Boro)
Diamante	800° C PCD	Polycrystalline Diamond

TABLA 1. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ÚTILES DE CORTE

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES (ÚTILES DE CORTE)

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

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

PRODUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CORTE

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

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

1.2 ACEROS AL CARBONO

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

C = (0.65 a 1.35) %.

Mn = (0.15 a 0.40) %.

Si = (0.15 a 0.30) %.

S = (< 0.03) %.

P = (<0.03) %.

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

1.2.1 ACEROS ALEADOS DE CORTE

Estos aceros tienen una composición química aproximada a la siguiente:

C = (0.03 a 1.25) %.

Mn = (0.3 a 1.1) %.

Cr = (0.3 a 1.3) %.

W = (0.8 a 5.5) %.

Se usaron antes del año 1900.

1.2.2 ACEROS RÁPIDOS

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

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

1.2.3 METAL UNIVERSAL

Durante 25 años la nueva generación de recubrimientos PVD para el mecanizado de metal han contribuido a las mejoras decisivas sobre el rendimiento de la herramienta.

Los compuestos de Titanio (TiN, TiCN, TiAlN, AlTiN, etc.) han determinado, casi exclusivamente, la norma en la industria.

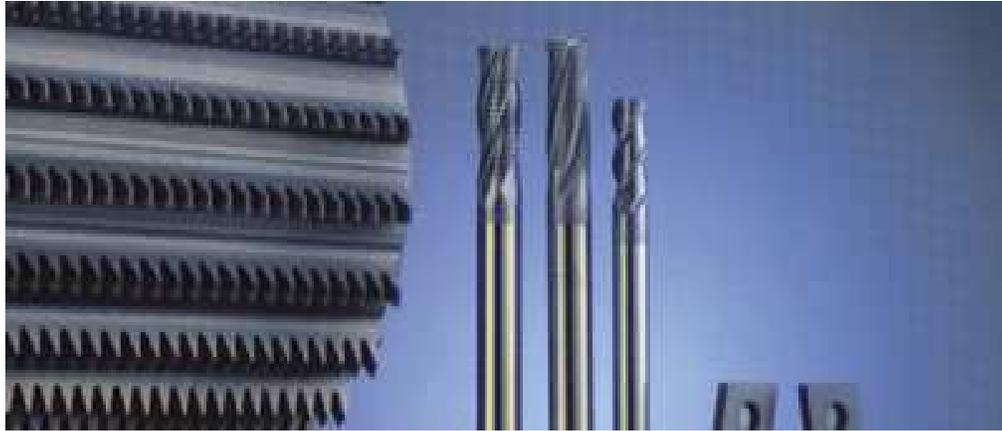


FIGURA 4. EJEMPLO DE HERRAMIENTAS QUE PUEDEN SER RECUBIERTAS

1.2.4 VENTAJAS DE LOS RECUBRIMIENTOS DE BASE AlCrN

El G6, la nueva generación de recubrimientos de base AlCrN, se caracteriza por su mejor resistencia al desgaste.

En series de pruebas sistemáticas se demostró que se consigue una vida útil de la herramienta más duradera en comparación con los recubrimientos actualmente disponibles.

Los recubrimientos de base AlCrN son más resistentes a la oxidación y tienen una mayor dureza en caliente que los recubrimientos convencionales.

Estos significan que son estables incluso bajo tensiones térmicas altas y en general rinden mejor.

1.2.5 CARBUROS METÁLICOS O METALES DUROS

También conocidos como METAL DURO (Hard Metal - HM), se desarrolló hacia 1920, con base en los Carburos de Tántalo (TaC), carburo de Titanio (TiC) y Carburo de Wolframio (WC), los cuales eran unidos por medio del Co y el Ni, previamente molidos (polvos metalúrgicos).

La cohesión se obtiene por el proceso de sinterizado o fritado (proceso de calentar y aplicar grandes presiones hasta el punto de fusión de los componentes, en hornos eléctricos).

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

MONOCARBUROS: Su composición es uno de los carburos descritos anteriormente, y su aglutinante es el Co.

Ejemplo: WC, es Carburo de Wolframio (carburo de tungsteno, comercialmente).

BICARBUROS: En su composición entran sólo dos clases de granos de carburos diferentes, el Co es el aglomerante básico.

Ejemplo: WC + TiC con liga de Co.

TRICARBUROS: En su composición entran las tres clases de granos de carburos: W, Ti, y Ta. El Co, o el Ni son los aglomerantes.

Ejemplo: WC + TiC + TaC; con liga de Co.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS

- El carburo metálico, es una aleación muy dura y frágil.
- El TiC aumenta su resistencia térmica y su resistencia al desgaste pero también aumenta su fragilidad.
- Los bicarburos poseen menor coeficiente de fricción que los monocarburos.
- Los monocarburos son menos frágiles que los bicarburos.
- El Cobalto, aumenta la ductilidad pero disminuye la dureza y la resistencia al desgaste.
- Se pueden alcanzar velocidades de más de 2500 m/min.
- Poseen una dureza de 82-92 HRA y una resistencia térmica de 900-1100° C.
- En el mecanizado se debe controlar lo mejor que se pueda la temperatura, pues, en el mecanizado de aceros corrientes la viruta se adhiere a los monocarburos a temperatura de 625-750° C. y en los bicarburos a una temperatura de 775-875° C. Esto implica buena refrigeración en el mecanizado.

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

1.3 NORMA ISO PARA HERRAMIENTAS

Descripción:

- 401** Herramienta de cilindrada recta.
- 402** Herramienta de cilindrar acodada.
- 403** Herramienta de refrentar en ángulo.
- 404** Herramienta de ranurar.
- 406** Herramienta de refrentar de costado.
- 407** Herramienta de tronzar.
- 408** Herramienta de cilindrar interiormente.
- 409** Herramienta de refrentar en ángulo interior.
- 451** Herramienta de corte en punta.
- 452** Herramienta de filetear.
- 453** Herramienta de filetear interiormente.
- 454** Herramienta de cajear interiormente.

Valores de los Ángulos de incidencia y Salida de viruta

En el afilado de las herramientas de corte simple o monofilo de acero al carbono (prácticamente ya no se usa en la industria metalmecánica) y de acero rápido (acero de alta velocidad, HSS high speed steel).

Es necesario controlar los ángulos de incidencia y de salida de viruta (desprendimiento), de acuerdo con el material que se vaya a mecanizar. Estos valores son recomendaciones de las casas fabricantes y cumplen una función orientada.

En la tabla siguiente se presentan algunos valores de herramientas, las cuales se clasifican como acero rápido y de metal duro, con el ánimo de diferenciar sus valores.

Material a Mecanizar	Material de la Herramienta.			
	ACERO RÁPIDO		METAL DURO	
	Incidencia	S de viruta	Incidencia	S de viruta
Acero al carbono R = 50Kg/mm ²	6°	25°	***	***
Acero al carbono R = 60 Kg./mm ²	6°	20°	5°	12°
Acero al carbono R = 70 Kg./mm ²	6°	15°	5°	10°
Acero al carbono R = 80 Kg./mm ²	6°	10°	5°	10°
Fundición gris 140 HB	8°	15°	7°	10°
Fundición gris 180 HB	6°	10°	6°	8°
Bronce duro, Latón agrio	8°	5°	7°	10°
Aluminio, Cobre	10°	30°	8°	15°
Latón en barra	8°	20°	7°	10°

TABLA 2. VALORES DE HERRAMIENTAS DE ACERO RÁPIDO Y DE METAL DURO

DESIGNACIÓN DE UNA HERRAMIENTA MONOFILO

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

TIPO DE LA HERRAMIENTA. Es el número de referencia ISO.

SENTIDO DE CORTE. L (left) a izquierdas, R (right) a derechas.

DIMENSIÓN DEL MANGO. Q sección cuadrada.

H SECCIÓN RECTANGULAR. Altura solamente

R SECCIÓN REDONDA.

CALIDAD

R1: Acero al carbono.

R2: Acero rápido ordinario.

R3: Acero rápido superior.

R4: Acero extra rápido.

ÁNGULO DE SALIDA DE VIRUTA: Valor en grados

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

401: Herramienta de cilindrar recta.

L: Corte a izquierdas.

30H: Sección rectangular. 30 mm de altura.

R3: Acero rápido superior.

15°: Angulo de salida de viruta positivo a 15°.

STELITAS

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

Su composición química es aproximadamente la siguiente:

C = 2 % Co = 47 % Cr = 29 %

W =16 % Si = 0.2 % Mn =0.6 %

Fe = 5.2 %.

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

1.4 PLAQUITAS INTERCAMBIABLES O INSERTOS

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

Los insertos pertenecen a la clase de herramientas de metal duro, por lo tanto en su fabricación se considera la tecnología de producto pulvimetalúrgico, a partir del WC (Carburo de Tungsteno), TiC (Carburo de Titanio), TaC (Carburo de Tántalo), NbC (Carburo de Niobio) y empleando como aglomerante al Co principalmente y al Ni. Inicialmente para mecanizar la fundición gris se trabajó con el WC, que es un metal duro de dos fases, donde la fase dura es la fase que corresponde al WC, y una fase que corresponde al aglomerante Co o Ni.

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

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

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

Se consideran tres áreas para la clasificación así:

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

ÁREA AZUL: Para el mecanizado de materiales de viruta larga como los aceros, aceros fundidos, aceros inoxidables ferríticos o martensíticos, y fundiciones maleables de viruta larga.

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

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

Cada área esta está dividida en campos de aplicación o calidades básicas que son números que van del 01 al 50 para el área azul, y del 01 al 40 para las áreas amarilla y roja.

A continuación se describen las operaciones de mecanizado y sus condiciones:

1.4.1 AREA AZUL > P

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

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

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

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

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

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

1.4.2 AREA AMARILLA > M

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

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

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

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

1.4.3 AREA ROJA > K

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

K10: Torneado, fresado, taladrado, mandrinado etc.

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

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

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

NOTAS

- En las herramientas de metal duro la resistencia al desgaste (dureza) y la tenacidad son inversas, es decir, a menor número mayor resistencia pero menor tenacidad y a mayor número menor resistencia pero mayor tenacidad.
- La Norma ISO es solamente para herramientas de metal duro, por lo tanto las cerámicas, los cermets y demás no están cobijados por ésta.

1.4.4 METALES DUROS RECUBIERTOS

A finales de los años 60, surgen los metales duros con el recubrimiento de una finísima capa de Carburo de Titanio (TiC) de menos de 10 micrones, con la cual se incremento:

- La vida útil de la herramienta.
- Las velocidades de corte.
- La resistencia a la craterización al trabajar los aceros.
- La tolerancia a mayores temperaturas.

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

1.5 DESIGNACIÓN DE UN INSERTO

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

- Forma del inserto o plaquita.
- Angulo de incidencia del inserto.
- Tolerancias dimensionales del inserto.
- Tipo del inserto.
- Longitud del filo de corte.
- Espesor (grosor) del inserto.
- Filos secundarios del inserto y radio (sólo radio para los insertos de torneado).
- Tipo de arista de corte.
- Dirección de avance del inserto.

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

¿POR QUÉ LOS RECUBRIMIENTOS MEJORAN EL DESEMPEÑO DE LA HERRAMIENTA?

- Por su baja conducción térmica.
- Por su bajo coeficiente de fricción.
- Tienen resistencia al desgaste.
- Tienen resistencia al ataque químico.

¿CÓMO SE CLASIFICAN LOS RECUBRIMIENTOS?

En tres subdivisiones:

- Recubrimientos extraduros.
- Recubrimientos de baja fricción.
- Recubrimientos para altas temperaturas.

1.5.1 CERMETS – METAL DURO

CERMET: Cerámica y metal (partículas de cerámica en un aglomerante metálico). Se denominan así las herramientas de metal duro en las cuales las partículas duras son Carburo de Titanio (TiC) o Carburo de Nitruro de Titanio (TiCN) o bien Nitruro de Titanio (TiN), en lugar del Carburo de Tungsteno (WC). En otras palabras los cermets son metales duros de origen en el titanio, en vez de Carburo de Tungsteno.

ALGUNAS PROPIEDADES DE LOS CERMETS SON

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

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

- Menor resistencia al desgaste a media nos y grandes avances.
- Menor tenacidad con cargas medias y grandes.
- Menor resistencia al desgaste por abrasión.
- Menor resistencia de la arista de corte a la melladura debido al desgaste mecánico.
- Menor resistencia a cargas intermitentes.
- Además no son adecuados para operaciones de perfilado.

1.5.2 CERÁMICAS

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

Existen dos tipos básicos de herramientas de cerámica:

- Basadas en el Óxido de Aluminio (Al_2O_3).
- Basadas en el Nitruro de Silicio (Si_3N_4).

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

CRITERIO A1

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

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

CRITERIO A2

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

CRITERIO A3

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

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

Las cerámicas de Nitruro de Silicio son de mejor calidad que las de Óxido de Aluminio en cuanto a la resistencia a los cambios térmicos y a la tenacidad.

1.5.3 NITRURO CÚBICO DE BORO

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

Su mayor aplicación es en el torneado de piezas duras que anteriormente se rectificaban como los aceros forjados, aceros y fundiciones endurecidas, piezas con superficies endurecidas, metales pulvimetalúrgicos con cobalto y hierro, rodillos de laminación de fundición perlítica y aleaciones de alta resistencia al calor, redondeando se emplea en materiales con una dureza superior a los 48 HRC, pues, si las piezas son blandas se genera un excesivo desgaste de la herramienta.

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

1.5.4 DIAMANTE POLICRISTALINO

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

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

Los puntos débiles del PCD son básicamente los siguientes:

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

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

1.6 LOS PRIMEROS RECUBRIMIENTOS BALINIT



FIGURA 5. PIEZA RECUBIERTA BALINIT

Dentro de la generación de recubrimientos G6, el desarrollo de los recubrimientos Balinit se dirige específicamente hacia aplicaciones que permitan el recubrimiento y re-recubrimiento tanto de herramientas de metal duro como de acero rápido.

1.6.1 BALINIT A

Propiedades del recubrimiento	
Material de recubrimiento	TiN
Micro dureza* (HV 0.05)	2.300
Coefficiente de fricción* contra acero (seco)	0,4
Temperatura máxima de servicio (°C)	600
Color del recubrimiento	oro-amarillo

El recubrimiento de nitruro de titanio BALINIT A fue el primer recubrimiento desarrollado por Oerlikon Balzers, y en la actualidad continúa siendo un excelente y versátil recubrimiento. Proporciona una protección eficaz contra el desgaste por abrasión y adhesión.

A menudo se utiliza por su efecto decorativo o como indicador de desgaste.

BALINIT A es apto para uso en la industria alimenticia.

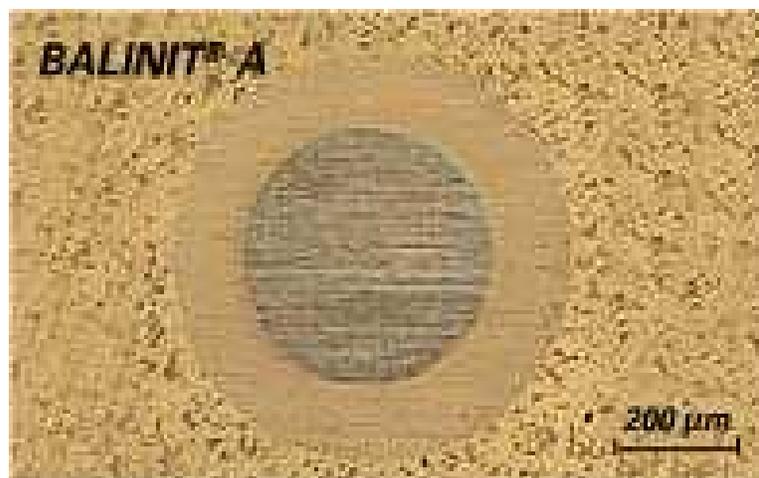


FIGURA 6. ESTRUCTURA DE RECUBRIMIENTO

1.6.2 BALINIT B

Resistencia al desgaste en las condiciones más duras

Propiedades del recubrimiento	
Material de recubrimiento	TiCN
Microdureza* (HV 0.05)	3.000
Coefficiente de fricción* contra acero (seco)	0,4
Temperatura máxima de servicio (°C)	400
Color del recubrimiento	azul-gris

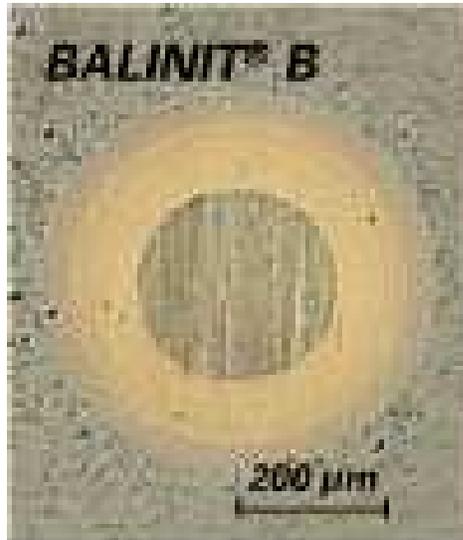


FIGURA 7. ESTRUCTURA DE RECUBRIMIENTO

BALINIT B se distingue por su extrema dureza y su enorme tenacidad.

Los útiles recubiertos presentan una elevada resistencia al desgaste.

El bajo coeficiente de fricción protege a los útiles contra la soldadura en frío.

APLICACIONES RECOMENDADAS:

- Fresado, punzonado y conformado con elevadas cargas mecánicas
- Corte interrumpido
- Punzonado y conformado de aceros férricos y austeníticos
- Inyección de plástico (mezcla con elementos abrasivos o alto contenido de fibra de vidrio)

1.6.3 BALINIT D

EXCELENTE SUSTITUTO DEL CROMADO DURO

Propiedades del recubrimiento	
Material de recubrimiento	CrN
Micro dureza* (HV 0.05)	1.750
Coefficiente de fricción* contra acero (seco)	0,5
Temperatura máxima de servicio (°C)	700
Color del recubrimiento	plata-gris

BALINIT D se distingue por su ventajosa combinación de resistencia al desgaste, corrosión y oxidación.

El buen comportamiento de deslizamiento del recubrimiento protege contra la soldadura en frío y el rayado en casos de bajo nivel de lubricación.

En comparación con el cromo duro, **BALINIT D** muestra una resistencia a la corrosión similar pero tiene una dureza mayor y una mejor adhesión del recubrimiento.

APLICACIONES RECOMENDADAS:

- Mecanizado del cobre
- Conformado semifrío de acero y latón
- Inyección de aluminio
- Inyección de plástico (plásticos que durante el procesado emiten cloro, flúor u otros elementos volátiles tóxicos)
- Ingeniería mecánica (carcasas, ejes)
- Componentes de titanio en deportes de motor y la industria aeronáutica

El recubrimiento **BALINIT D** también está disponible a baja temperatura como BALINIT D ARCTIC (temperatura de recubrimiento 200°C)



FIGURA 8. ESTRUCTURA DE RECUBRIMIENTO

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO

Se realizo un muestreo para obtener la cotización en la adquisición del tipo de insertos que esta empresa mandará a recubrir en base a lo propuesto en este proyecto. Así como otra cotización de la adquisición de insertos nuevos que esta empresa dejara de utilizar.

A continuación se muestra la cotización de insertos recubiertos

2.1 COTIZACIÓN

Cotización				
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Desc	Precio Total
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A 7257X-P2 Longitud diagonal mas grande 57	2	4.28	10.00 %	7.70
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21467 Longitud diagonal mas grande 56	5	4.28	10.00 %	19.26
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21246 Longitud diagonal mas grande 49	6	4.28	10.00 %	23.11
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21142 Longitud diagonal mas grande 54	5	4.28	10.00 %	19.26
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21805 Longitud diagonal mas grande 60	4	4.28	10.00 %	15.41
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado M TS-21462 Longitud diagonal mas grande 54	8	4.28	10.00 %	30.82
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado M TS-21479	2	4.28	10.00 %	7.70

Cotización

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Desc	Precio Total
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21152 Longitud diagonal mas grande 52	10	4.28	10.00 %	38.52
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21376 Longitud diagonal mas grande 48	6	4.28	10.00 %	23.11
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21644 Longitud diagonal mas grande 48	1	4.28	10.00 %	3.85
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21291 Longitud diagonal mas grande 46	16	4.28	10.00 %	61.63
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21387 Longitud diagonal mas grande 46	6	4.28	10.00 %	23.11
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21385 Longitud diagonal mas grande 48	5	4.28	10.00 %	19.26
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A 7257X-P2 Longitud diagonal mas grande 57	2	4.28	10.00 %	7.70
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21467 Longitud diagonal mas grande 56	5	4.28	10.00 %	19.26
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21142 Longitud diagonal mas grande 54	5	4.28	10.00 %	19.26
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21805 Longitud diagonal mas grande 60	4	4.28	10.00 %	15.41

2.2 COTIZACIÓN DE INSERTOS NUEVOS

MATERIAL	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	PRECIO NETO (USD)	POR PIEZA
AXM153T-0122	153T-0122 INSERTO PARA ZANCO	80.85	1
AXM153T-0124	153T-0124 INSERTO PARA ZANCO	80.85	1
AXM154T-0130	154T-0130 INSERTO PARA ZANCO	80.85	1
AXM154T-2117INSERTO	154T-2.117" INSERTO	64.69	1
AXM7257XP2INSERTO	7257X-P2 INSERTO	72.00	1
AXM7257XP4INSERTO	7257X-P4 INSERTO	54.00	1
AXM80213X-P1-D4	80213X-P1 COATED CARBIDE INSERTO	99.00	1
AXM80213X-P2-D4	80213X-P2 COATED CARBIDE INSERTO	84.00	1
AXM80213X-P3-D4	80213X-P4 COATED CARBIDE INSERTO	105.00	1
AXM80213X-P4-D4	80213X-P4 COATED CARBIDE INSERTO	109.00	1
AXMR151T-0030	INSERTO PARA BROCA 15/16"	149.97	1

AXMR152T-0104	INSERTO 152T-0104 (1.125")	95.13	1
AXMR152T-0107	152T-0107" INSERTO 1.188"	99.82	1
AXMR152T-0108	152T-0108 INSERTO 1.247"	120.82	1
AXMR152T-0109	INSERTO 152T-01109	128.01	1
AXMR152T-0110	152T-0110" INSERTO 1.313"	117.62	1
AXMR153T-0118	153T-0118 INSERTO 1.568"	140.08	1
AXMR153T-0122	153T-0122 INSERTO 1.688"	107.85	1
AXMR154T-19610	154T-1.9610 INSERTO 1.961"	105.48	1
AXMRI7257XP1	7257X-P1 INSERTO	122.00	1
AXMRQPV1000	INSERTO	130.00	1
AXMRQPV1000	INSERTO	128.00	1
AXMRTA132T	INSERTO TA 132T-25 (0.984"-25MM)	187.51	1
AXMRTS-21142	INSERTO DE FORMA 8887	80.00	1
AXMRTS-21152	INSERTO DE ACABADO 8887	91.00	1
AXMRTS-21156	INSERTO PARA RASURADOR 8887	94.00	1
AXMRTS-21299	TS-21299 INSERTO	98.00	1

AXMRTS-21374	INSERTO DE FORMA 1ST 7321	82.00	1
AXMRTS-21376	INSERTO DE FORMA 2ST 7321	74.00	1
AXMRTS-21378	INSERTO DE FORMA 3ST 7321	82.00	1
AXMRTS-21380	INSERTO RASURADOR 7321	92.00	1

TABLA 3. COTIZACIÓN DE INSERTOS NUEVOS

Haciendo una comparativa entre los insertos que la empresa mandará a recubrir y la adquisición de insertos nuevos, se tiene que con las cantidades de insertos nuevos, es decir, las piezas a recubrir y el precio neto de tales insertos nuevos que se recubrirán su factor de inversión-tiempo por piezas es el ideal para emplear.

Por lo cual se prevé que los gastos totales por pieza serán del alcance de la empresa, en particular por el costo de la inversión que conlleva el recubrirlos, y con esto desde luego que se optimizarán los tiempos y los movimientos de la utilización de los insertos y de que por supuesto tales insertos cumplirán las necesidades de la empresa.

CAPITULO III

PLANEACIÓN DEL PROYECTO

3.1 TIEMPOS

La cantidad de insertos a recubrir que se propone para esta empresa es de lotes de 400 piezas.



FIGURA 9. HERRAMIENTAS LISTAS PARA RECUBRIR

Para transportar estos lotes se utilizan camiones de esta misma empresa lo que implica gastos en casetas, gasolina, mantenimiento del vehiculo y viáticos.

Los recubrimientos se hacen en un establecimiento ubicado en Querétaro, lo cual implica un día para transportar los insertos al establecimiento.

Una vez teniendo el lote completo en el establecimiento se procede a limpiarlo por medio de un ataque químico y después se procede al afilado del inserto, lo cual tardaría hasta un día.

Después se procede a darle el recubrimiento y a hacerles las diferentes pruebas para comprobar la calidad del recubrimiento de los insertos, esto se lleva a cabo por medio de pruebas de dureza, esto tarda un día.

Posteriormente se empacan en el vehículo y se transportan de nuevo a la empresa, esto tarda un día.

Todo el procedimiento anterior desde la salida de la empresa como desecho hasta el retorno a la empresa como producto terminado (recubierto) tarda un tiempo neto de 5 días.



FIGURA 10. HERRAMIENTAS RECUBIERTAS

CAPITULO IV

EJECUCION Y CONTROL DEL PROYECTO

4.1 PROCESO DE RECUBRIMIENTO

Se emplean varios procesos para mejorar las superficies de las herramientas y los componentes de precisión y potenciar su rendimiento y buen desempeño.

Si se comparan las propiedades de los procesos de recubrimiento habitualmente usados con los de nuestros tratamientos superficiales, los procesos de PVD y PACVD empleados por Oerlikon Balzers Coating muestran claras ventajas.

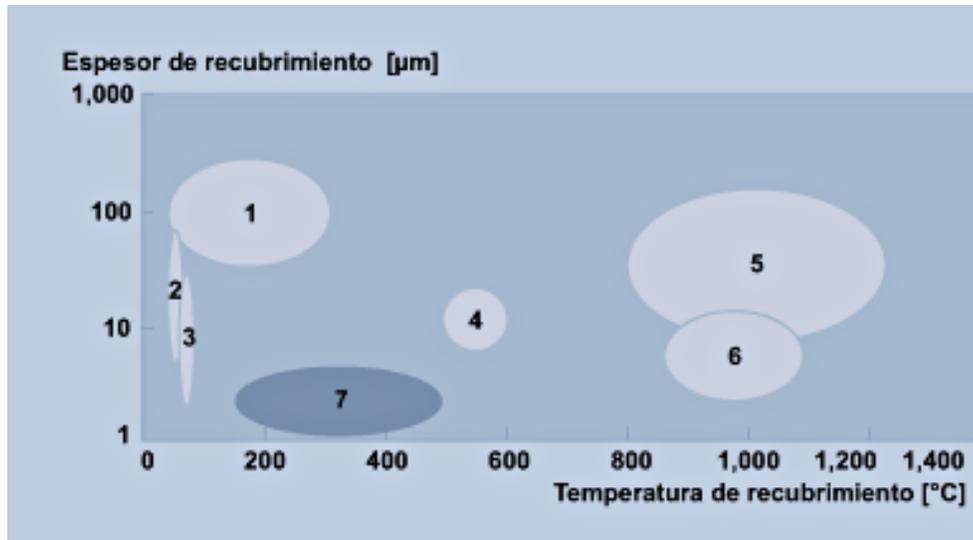


FIGURA 11. ESPESOR DE CAPA Y TEMPERATURAS DE DEPOSICIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.

DONDE:

1. Pulverización de plasma
2. Deposición electrolítica y química
3. Fosfatado
4. Nitruración (capa blanca)
5. Boronizado
6. CVD
7. PVD, PACVD

PVD = DEPOSICIÓN FÍSICA DE VAPOR

PACVD = DEPOSICIÓN QUÍMICA DE VAPOR ASISTIDA POR PLASMA

Para estos procesos, las herramientas o componentes se colocan en una cámara de procesamiento en la cual se crea el vacío. Únicamente en el vacío pueden depositarse con reproducibilidad recubrimientos de tan sólo pocas μm con componentes definidos y propiedades específicas.

Procesos para el tratamiento superficial de herramientas y componentes de precisión Recubrimiento galvanoplástico o químico (cromado duro, níquel químico).

VENTAJAS

- Buena resistencia contra la corrosión.
- Procesos a baja temperatura.
- Deposición en orificios, ranuras, etc.

DESVENTAJAS

- Selección limitada de materiales de recubrimiento.
- Recubrimientos relativamente blandos.
- Las sustancias del procesado son dañinas para el medioambiente y la salud (incluye cianuro, metales pesados, fluoruros, aceites y grasas).
- Las dimensiones originales de la pieza pueden alterarse.

Procesos de difusión (nitruración, nitro carburación, boronizado, fosfatado, etc.)

VENTAJAS

- Buena resistencia contra la corrosión.
- Buena reproducibilidad.

DESVENTAJAS

- Recubrimientos relativamente blandos.
- Selección limitada del material base (debe ser adecuado para la nitruración).
- Procesos largos.
- Las sustancias del procesado son dañinas para el medioambiente y la salud.
- Requiere post-tratamiento

CVD (deposición química de vapor).

VENTAJAS

- Alta resistencia al desgaste.
- Producción económica de recubrimientos gruesos.
- Adecuado para perforaciones, ranuras, etc.

DESVENTAJAS

- Altas temperaturas de proceso.
- No son posibles los recubrimientos con varios metales.
- Las aristas se redondean debido al espesor del recubrimiento.
- Utiliza cloruros metálicos, tóxicos y ecológicamente problemáticos.

PACVD (deposición química de vapor asistida por plasma):

VENTAJAS

- Es posible obtener temperaturas de proceso significativamente más bajas que para **CVD**.
- Recubrimientos de espesor preciso.
- Bajas temperaturas.

DESVENTAJAS

- Recubrimiento limitado de orificios, ranuras, etc.

PVD (deposición física de vapor)

VENTAJAS

- Sin materiales tóxicos, ni emisiones dañinas para el entorno.
- Gran variedad de recubrimientos.
- Para la mayoría de los aceros la temperatura de recubrimiento es menor que la temperatura de tratamiento térmico final.
- Espesor de recubrimiento fino y reproducible con precisión (las dimensiones originales de la pieza se mantienen intactas).
- Alta resistencia al desgaste.
- Coeficiente de fricción bajo.

DESVENTAJAS

- Los orificios, ranuras, etc. solo pueden recubrirse a una profundidad igual al diámetro o anchura de la apertura.
- Resistente a la corrosión sólo bajo ciertas condiciones.
- Las piezas a recubrir deben rotar durante el proceso de recubrimiento para lograr un espesor de recubrimiento uniforme.

4.2 SPUTTERING

Durante el proceso de Sputtering, en primer lugar las piezas a recubrir se calientan en la cámara de vacío. Posteriormente se decapan mediante bombardeo con iones de argón. De esta manera se consigue una superficie metálica pura y limpia, libre de contaminación atómica; una condición esencial para la adherencia del recubrimiento.

Posteriormente se aplica un alto voltaje negativo a las fuentes de Sputtering que contienen el material a evaporar. Dentro de la cámara existe un plasma del que se extraen iones positivos de argón.

Los iones de argón chocan contra las fuentes y arrancan material que reacciona con gases que se introducen en la cámara y que dan lugar a la capa que se condensa en las piezas a recubrir.

El resultado es la deposición en los sustratos de un recubrimiento fino y compacto con la estructura y composición deseada.

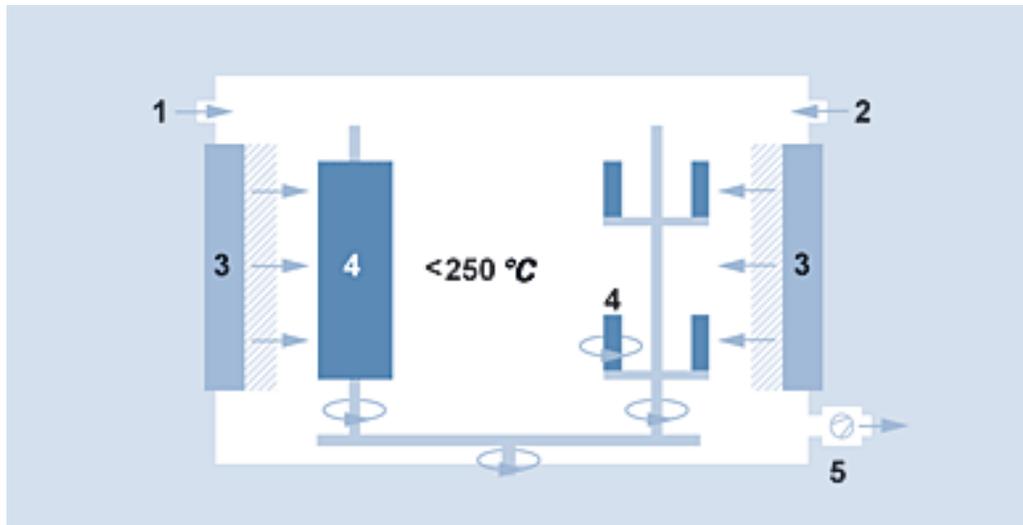


FIGURA 12. PROCESO DE SPUTTERING

DONDE

1. Argón
2. Gas reactivo
3. Fuente de evaporación (material de recubrimiento)
4. Componentes
5. Bomba de vacío

4.2.1 EVAPORACIÓN POR ARCO

En este proceso se aplica un arco eléctrico sobre las fuentes de evaporación (material de recubrimiento).

Debido a las altas intensidades y densidades de la potencia aplicada, el material evaporado se ioniza casi por completo y forma un plasma de alta energía.

Los iones metálicos se combinan con el gas reactivo que se introduce en la cámara y se condensa en las herramientas o componentes a recubrir.

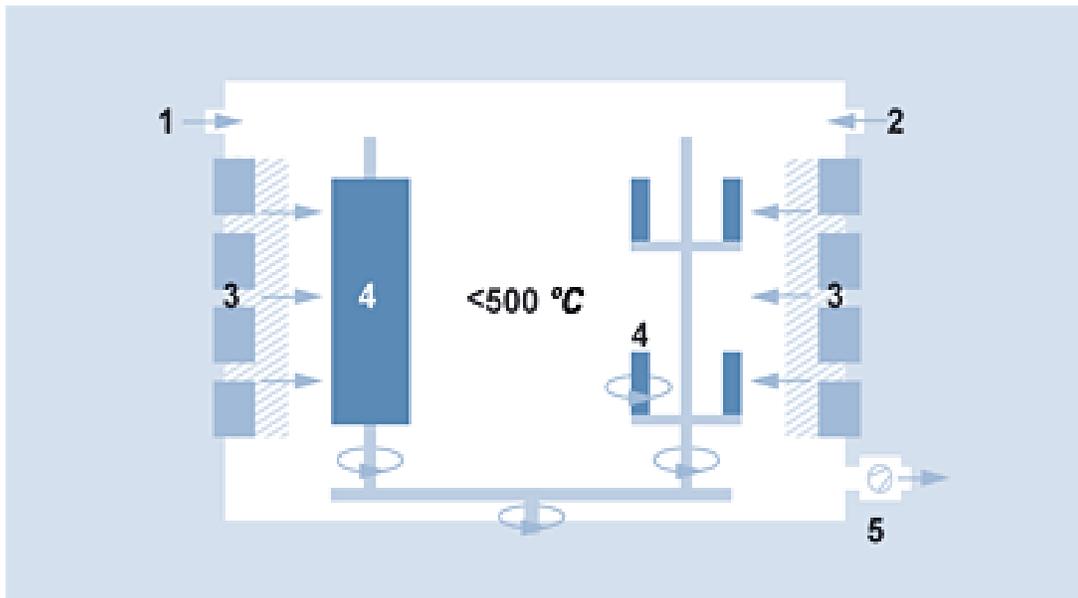


FIGURA 13. PROCESO DE EVAPORACIÓN POR ARCO

DONDE

1. Argón
2. Gas reactivo
3. Fuentes de arco (material de recubrimiento y chapa de refuerzo)
4. Componentes
5. Bomba de vacío

4.2.2 EVAPORACIÓN IÓNICA

La evaporación iónica es un proceso PVD que utiliza la evaporación por haz electrónico.

Mientras que el Sputtering emplea el bombardeo con iones de argón para extraer el material de recubrimiento, en la evaporación iónica, el material de recubrimiento (p. ej. titanio o cromo) se evapora mediante un arco de baja tensión.

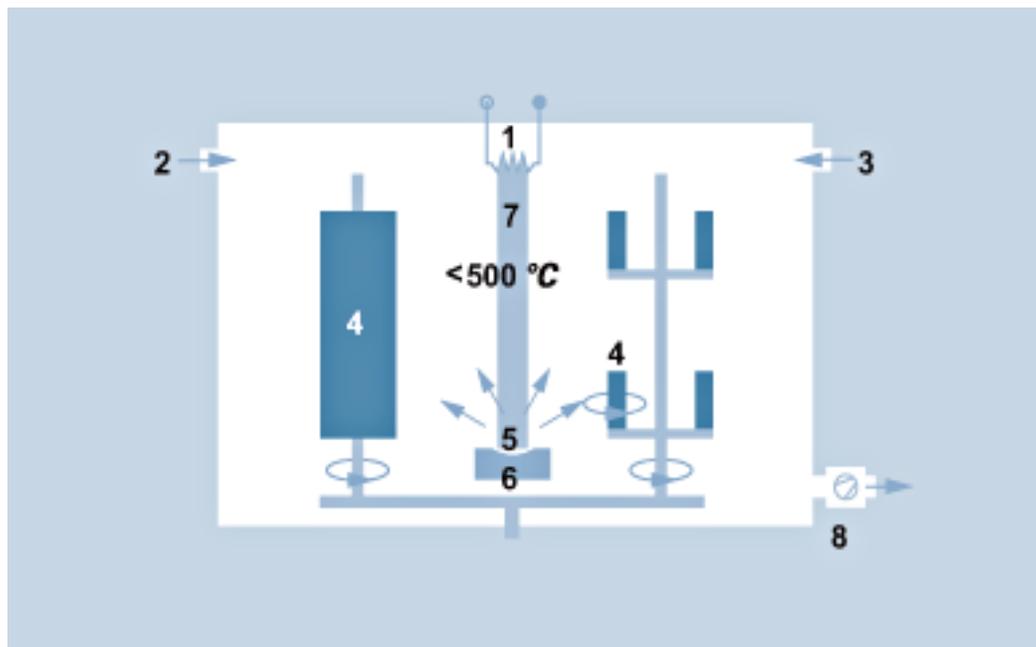


FIGURA 14. PROCESO DE EVAPORACIÓN IÓNICA

DONDE

1. Fuente del haz de electrones
2. Argón
3. Gas reactivo
4. Componentes
5. Material de recubrimiento
6. Crisol (ánodo)
7. Descarga de arco de bajo voltaje
8. Bomba de vacío

4.3 SPUTTERING POTENCIADO

Es un proceso similar al Sputtering. La diferencia estriba en una descarga de arco de bajo voltaje en el centro de la cámara. Esto aumenta varias veces la intensidad del plasma y el grado de ionización es mucho mayor.

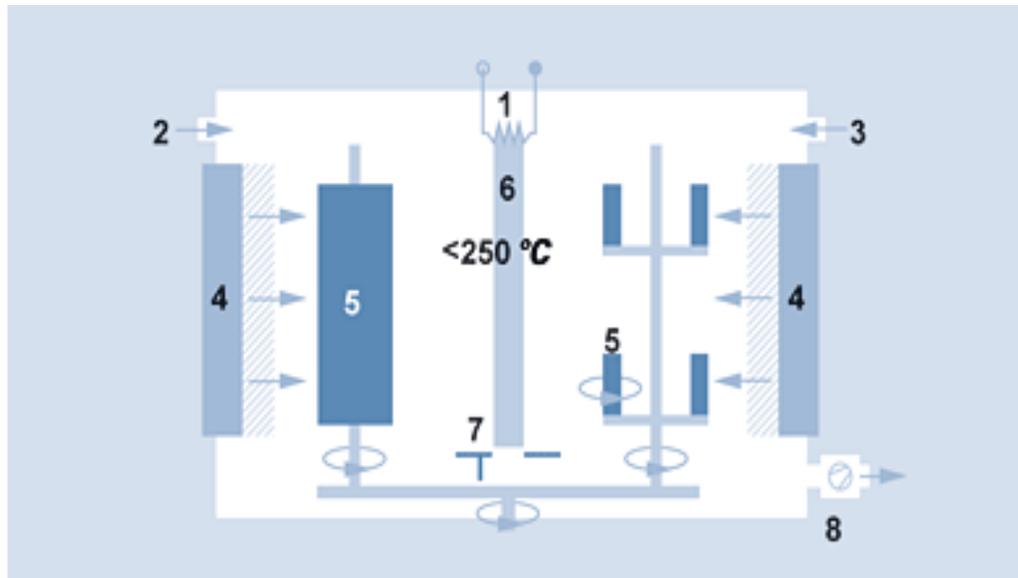


FIGURA 15. PROCESO DE SPUTTERING POTENCIADO

DONDE

1. Fuente del haz de electrones
2. Argón
3. Gas reactivo
4. Fuente evaporación (material de recubrimiento)
5. Componentes
6. Descarga de arco de bajo voltaje
7. Ánodo auxiliar
8. Bomba de vacío

Según el tipo de material y el tipo de uso que se le vaya a dar al inserto va a ser proporcionado el tipo de recubrimiento que mejor le quede y de esta forma el inserto no vaya a fallar cuando este en uso.

CAPITULO V

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En base a las siguientes tablas se esta comparando el costo de un inserto nuevo y uno recubierto y con esto se da a conocer a la empresa la cantidad de dinero que se va a ahorrar.

5.1 INSERTOS NUEVOS

MESES	CANTIDAD ADQUIRIDA POR MES (PIEZAS)	PRECIO PROMEDIO POR INSERTO (\$)	SUBTOTAL
Enero	100	\$130.00	\$13,000.00
Febrero	120	\$130.00	\$15,600.00
Marzo	115	\$130.00	\$14,950.00
Abril	108	\$130.00	\$14,040.00
Mayo	150	\$130.00	\$19,500.00
Junio	85	\$130.00	\$11,050.00
Julio	90	\$130.00	\$11,700.00
Agosto	100	\$130.00	\$13,000.00
Septiembre	114	\$130.00	\$14,820.00
Octubre	119	\$130.00	\$15,470.00
Noviembre	120	\$130.00	\$15,600.00
Diciembre	102	\$130.00	\$13,260.00
TOTAL ANUAL	1323		\$171,990.00

TABLA 4. COSTO DE INSERTOS NUEVOS

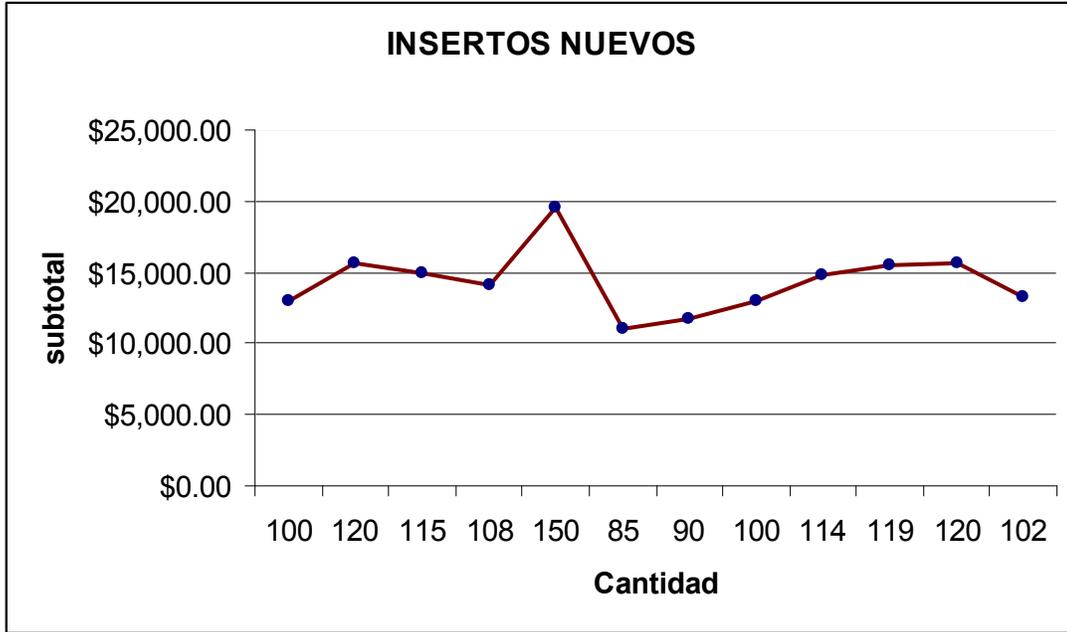
5.2 INSERTOS RECUBIERTOS

MESES	CANTIDAD ADQUIRIDA POR MES (PIEZAS)	PRECIO PROMEDIO POR INSERTO (\$)	SUBTOTAL
Enero	100	\$6.00	\$600.00
Febrero	120	\$6.00	\$720.00
Marzo	115	\$6.00	\$690.00
Abril	108	\$6.00	\$648.00
Mayo	150	\$6.00	\$900.00
Junio	85	\$6.00	\$510.00
Julio	90	\$6.00	\$540.00
Agosto	100	\$6.00	\$600.00
Septiembre	114	\$6.00	\$684.00
Octubre	119	\$6.00	\$714.00
Noviembre	120	\$6.00	\$720.00
Diciembre	102	\$6.00	\$612.00
TOTAL ANUAL	1323		\$7,938.00

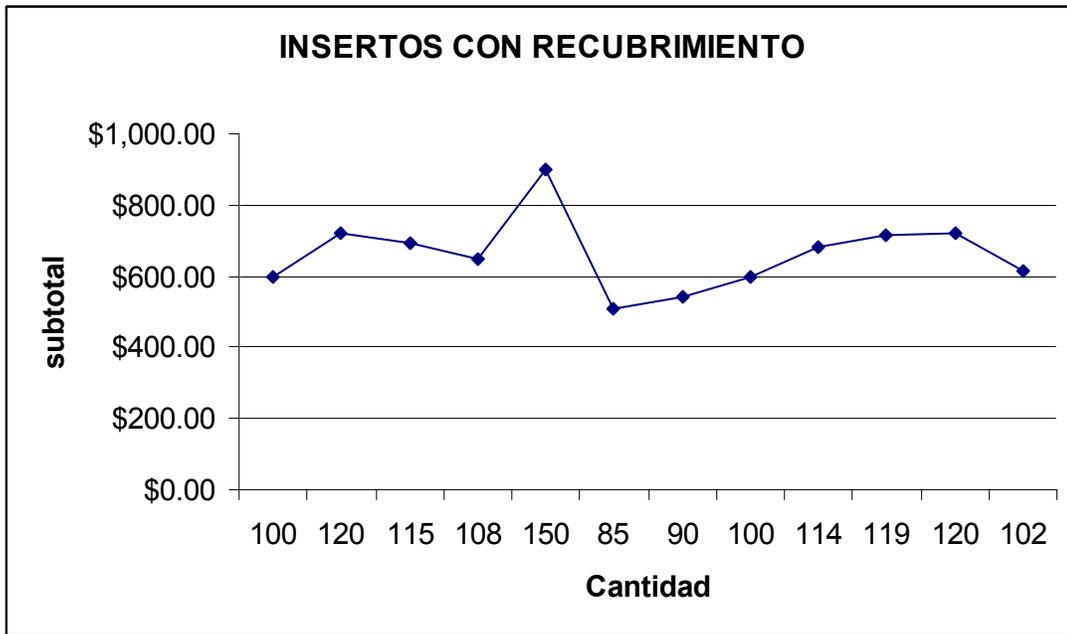
TABLA 5. COSTO DE INSERTOS RECUBIERTOS

Nota: Los precios promedios de las tablas 4 y 5 están dados en Dólares.

Teniendo como resultado de la comparativa de las tablas de gastos de inversión de la empresa en la compra de insertos se obtuvo un ahorro de \$163,962 dólares o \$1, 803,500 pesos.



GRÁFICA 1. CANTIDAD DE PIEZAS VS PRECIO PROMEDIO POR INSERTO



GRÁFICA 2. CANTIDAD DE PIEZAS VS PRECIO PROMEDIO POR INSERTO

CONCLUSIONES

Nosotros como ingenieros nos dimos cuenta con la elaboración de esta tesina, la importancia que tienen los conocimientos administrativos dentro de la ingeniería, así mismo que es importante que un ingeniero sepa y tenga que aplicar estos conocimientos para dar solución a cualquier problema real que se presente dentro de la industria.

Y este seminario nos dio como aprendizaje conocimientos acerca de la administración como: costos, tiempos y movimientos, producción, calidad, así como algunos principios básicos de legislación y derecho laboral que se deben tener presentes ahora que iniciamos una vida profesional.

GLOSARIO

ACERO: Es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados.

DUREZA: Dureza es la resistencia de la superficie de un material a la penetración por un objeto duro. La dureza se relaciona con la resistencia al desgaste.

FRICCIÓN: Se define como fuerza de *rozamiento* o fuerza de *fricción* entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (fuerza de fricción cinética) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática). Se genera debido a las imperfecciones, especialmente microscópicas, entre las superficies en contacto.

INSERTO: Herramienta cortante reemplazable y geométrica de múltiples superficies cortantes.

MÓDULO DE ELASTICIDAD: También llamado Módulo de Young, es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

RECUBRIMIENTO (REVESTIMIENTO METÁLICO): El recubrimiento es un proceso que consiste en la aplicación de un producto químico en estado líquido o una formulación compuesta, sobre un sustrato, directamente o por transferencia, a una o dos caras para obtener un material con propiedades específicas y funcionales. Con esto se obtiene un material con buena resistencia a la corrosión o alta dureza para cubrir el objetivo de bajo costo o de más alta resistencia.

TORNEADO: Este no solo se emplea en la industrial mecánica; su campo es el más vasto de cuantas máquinas se conocen hoy en día. Existiendo tornos para metales, maderas, vidrios y plásticos, así como tornos para moldear arcillas, barros, etc.

TORNOS PARALELOS: Son los más usados, pues permiten la elaboración de piezas de variada calidad y precisión. Reciben el nombre de paralelos por la forma de su bancada que consta de dos vías paralelas, para apoyo y guía del carro porta herramientas y la contrapunta.

TORNO SEMI AUTOMÁTICO: Más comúnmente conocido con el nombre de torno-revólver, se utiliza cuando es necesario hacer una `pieza pequeña, la cual requiera operaciones sucesivas con herramientas de formas diversas. Tiene además como el torno paralelo un carro porta herramientas seccionado por un tornillo, para el avance regulado y lento y por una palanca para obtener un avance más rápido.

TORNO AUTOMÁTICO: Esta es una máquina de funcionamiento completamente automático. Se utiliza para fabricar tornillos y piezas pequeñas de suma precisión. Su uso requiere una sola persona, únicamente para cargar la máquina y ponerla en marcha. Las Herramientas actúan accionadas por medio de un tambor con tornillo de paso senoidal, en el que se ajustan los topes para el movimiento.

HERRAMIENTAS: Las herramientas que podemos observar son las que podríamos llamar herramientas “normales” ya que poseen una forma “Standard”. Esto no quiere decir que si nosotros fabricamos una herramienta diferente a la indicada hayamos cometido un error; por el contrario, podría llegar a ser el caso de que este favoreciera la mano de obra en es pieza en particular. Herramientas Forjadas de Acero al Carbono. Son las más utilizadas en cualquier fabricación, excluyendo las realizadas en tornos de alta velocidades, puesto que como templen a una temperatura relativamente baja, imposibilitan su uso en los trabajos, que debido a la velocidad de la pieza a trabajar se produzca una temperatura superior a la que alcanza el temple de la cuchilla; pero con todo tienen la ventaja que absorben mejor el calor que las herramientas que se utilizan en los “porta” Standard. Se forjan a mano y casi siempre a una temperatura que no excede los 800° C. Este es conveniente forjarlo en su primer calentada, puesto que siempre y por más baja que sea la temperatura el acero pierde un cierto porcentaje de carbono bajando su permeabilidad al temple y disminuyendo su calidad. El temple de estos aceros se obtiene generalmente calentándolos a una temperatura que oscila entre los 800° y 1000° C, calentando únicamente la punta de corte y enfriándolos bruscamente en aceite mineral del tipo semipesado.

BIBLIOGRAFÍA

1.- Askeland, Donald R. "Ciencia e ingeniería de los materiales". Editorial Thomson, Tercera Edición. México. Año 1998.

2.- Gere, James M. "Mecánica de materiales". Editorial Thomson-Learning, Quinta Edición. Año 2002.

3.- Apraiz, José. "Tratamiento térmico de los aceros". Editorial Dossat. Sexta edición. México. Año 2002.

4.- Kalpakjian-Schmid. "Manufactura. Ingeniería y tecnología. Editorial Prentice Hall. Segunda edición. México. Año 2002.

5.- Diccionario enciclopédico Grijalbo. México. Año 1995.

6.- Diccionario enciclopédico Larousse. México. Año 2003.

7.- Referencia de Internet:

http://www.gprco-cpa.com/sp/industrias_serv/empresas_manufactura.html

8.- Empresa RAIMSA S.A. de C.V. de México. Dirección: Carretera federal Km. 18 México-Puebla. Colonia Los Reyes La Paz.

ANEXOS

ACEROS AL CARBONO

El principal producto siderúrgico es el acero, siendo aproximadamente el 90% de la producción acero al carbono y el 10%, acero aleado. Por lo tanto, el material metálico más importante para la industria es el acero al carbono.

El acero al carbono es una aleación de composición química compleja. Además de hierro, cuyo contenido puede oscilar entre 97,0-99,5%-, hay en él muchos elementos cuya presencia se debe a los procesos de su producción (manganeso y silicio), a la dificultad de excluirlos totalmente del metal (azufre, fósforo, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno) o a circunstancias casuales (cromo, níquel, cobre y otros). El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad. Los aceros se clasifican teniendo en cuenta sus propiedades y utilización, en tres grandes grupos: aceros de construcción, aceros de herramientas y aceros inoxidable.

ACEROS DE CONSTRUCCIÓN

Son los aceros que se utilizan para la fabricación de piezas, órganos o elementos de maquinas, motores, instalaciones, carriles, vehículos, etc.

-
1. Aceros al carbono que se usan en bruto de laminación para construcciones metálicas y para piezas de maquinaria en general.
 2. Aceros de baja aleación y alto límite elástico para grandes construcciones metálicas, puentes, torres etc.
 3. Aceros de fácil mecanización en tornos automáticos.

Los aceros de construcción generalmente se emplean para la fabricación de piezas, órganos o elementos de maquinas y de construcción de instalaciones. En ellos son fundamentales ciertas propiedades de orden mecánico, como la resistencia a la tracción, tenacidad, resistencia a la fatiga y alargamiento

Aceros ordinarios al carbono que se usan en bruto de forja o laminación se incluyen los aceros cuyas propiedades dependen principalmente del porcentaje de carbono que contienen. Se emplean en grandes cantidades para la construcción de estructuras metálicas de edificios, para elementos y piezas de maquinaria, motores, ferrocarriles, etc., y su contenido de carbono suele variar desde 0.03 a 0.70%. Además siempre contienen pequeñas cantidades de manganeso y silicio que se emplean como elementos auxiliares en los procesos de fabricación, fósforo y azufre que son impurezas perjudiciales que provienen de las materias primas (lingotes, chatarra, combustibles y minerales).

ACEROS DE BAJO CONTENIDO DE CARBONO

Estos aceros contienen menos del 0.25% C, no adquieren dureza sensible con un temple.

Con estos aceros de 0.06 a 0.25% de carbono, se fabrican los puentes de ferrocarril, las grandes estructuras de las estaciones, las columnas metálicas de las líneas eléctricas, los cascos de los buques, las estructuras de las casas, las carrocerías de los automóviles, los tubos de las bicicletas, los clavos, los alfileres, las cerraduras de las puertas, los asientos de las clases y muchos objetos más que utilizamos diariamente. En la mayoría de los casos se utiliza el acero tal como viene de las acerías, sin darle ningún tratamiento térmico especial.

ACEROS AL CARBONO PARA CEMENTACION

ACERO 1010

Acero muy tenaz, para piezas de pequeño tamaño y forma sencilla, en las cuales no sean necesarios altos valores de resistencia mecánica (bujes, pasadores, etc.). Se usa con temple directo en agua. En estado normalizado o como laminado sirve para piezas embutidas o estampadas en frío.

ACERO 1015

Para construcciones mecánicas de baja resistencia.

Tiene los mismos usos del 1010 pero se prefiere cuando se necesita un corazón más duro y tenaz.

ACERO 1022

Para partes de vehículos y maquinaria que no sean sometidas a grandes esfuerzos mecánicos.

Posee mejor resistencia en el núcleo que el 1015.

ACEROS AL CARBONO DE TEMPLE Y REVENIDO

ACERO 1020

Esta clase de acero puede ser empleado en piezas que no estén sometidas a fuertes esfuerzos mecánicos.

Considerando la escasa penetración de temple que tiene, generalmente se usa en estado normalizado.

Puede emplearse en estado templado y revenido para piezas de pequeño espesor.

Puede ser cementado cuando se requieren en el núcleo propiedades mecánicas más altas de las que pueden obtenerse con el tipo 1015 en cuyo caso se aplican las mismas normas de cementación que las especificadas para este acero.

ACERO 1030

Acero para temple y revenido para los más amplios usos, tales como ejes, árboles y todas aquellas piezas que no estén sometidas a fuertes esfuerzos mecánicos.

Como no tiene gran penetración de temple, este tipo de acero es aconsejable solamente para piezas templadas y revenidas de tamaño pequeño.

ACERO 1040

La templabilidad de este acero es mejor que la de los dos anteriores; se usa para piezas de máquinas de pequeño y mediano espesor y sirve para piezas que deban ser templadas a inducción, o con soplete.

DIAGRAMA HIERRO – CARBONO

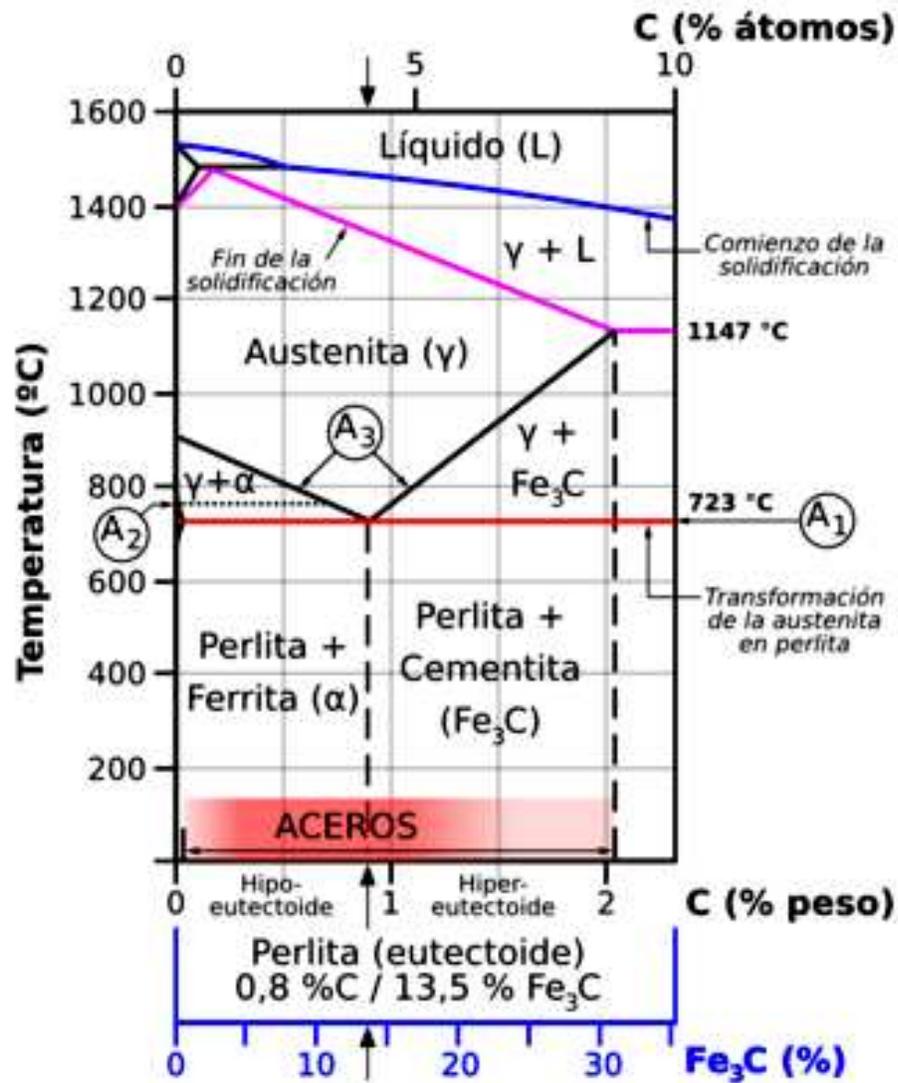


FIGURA 16. DIAGRAMA HIERRO – CARBONO

Una de las herramientas que nos permiten conocer de manera sencilla y rápida algunas de las características de las aleaciones son los diagramas de las aleaciones. Uno de los diagramas de aleaciones más conocido y utilizado del Hierro y el carbono. También conocido como diagrama hierro, hierro, carbono (HHC). Con este diagrama se pueden obtener las temperaturas de cambio de sus estructuras cristalinas; también se pueden conocer las temperaturas a las que se da el cambio de fase de un hierro. En función a la cantidad de carbón que contiene el metal se puede estimar la temperatura a la que se derretirá y a la que se volverá pastoso. En el eje horizontal del diagrama de hierro, hierro, carbono se ubica el porcentaje de carbono que puede estar diluido en el hierro y en el eje vertical se señalan las temperaturas a las que van sucediendo los cambios señalados en el cuerpo de la gráfica.

Al conocer la cantidad de carbono que tiene un hierro se pueden estimar la temperatura a la que se debe elevar para que se den los diferentes cambios de estructura o de estado. Por ejemplo si se tiene un hierro con 0.4% de carbón, se deberá elevar su temperatura hasta los 723° C para que el hierro alfa y la perlita empiecen a convertirse en austenita y ferrita. Aproximadamente a los 800° C ese mismo hierro cambiará su estructura a hierro gamma, en donde su componente principal es la austenita, a los 1480° C empieza a fundirse y arriba de los 1520° C se ha fundido todo.

A los hierros que están debajo de 0.8% de carbón se les llama hipoeutectoides y a aquellos que tienen más de 0.8% de carbón se llaman hipereutectoides. El punto eutéctico es aquel en el que se logra la máxima dilución de carbón posible en un hierro a la menor temperatura. En caso de los hierros con carbón el punto eutéctico se da con 0.8% de carbón y a 723° C.

Cada vez que se rebasa una zona en la gráfica de HHC, se está cambiando de estructura en el hierro que se está tratando.

COTIZACIONES

Cotización

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Desc	Precio Total
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21152 Longitud diagonal mas grande 52	10	4.28	10.00 %	38.52
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21376 Longitud diagonal mas grande 48	6	4.28	10.00 %	23.11
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21249 Longitud diagonal mas grande 48	5	4.28	10.00 %	19.26
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21251 Longitud diagonal mas grande 46	3	4.28	10.00 %	11.56
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21644 Longitud diagonal mas grande 48	1	4.28	10.00 %	3.85
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21291 Longitud diagonal mas grande 46	16	4.28	10.00 %	61.63
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21485	1	4.28	10.00 %	3.85

Cotización

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Desc	Precio Total
Longitud diagonal mas grande 56				
Balinit B	5	4.28	10.00 %	19.26
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21469				
Longitud diagonal mas grande 51				
Balinit B	6	4.28	10.00 %	23.11
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21387				
Longitud diagonal mas grande 46				
Balinit B	5	4.28	10.00 %	19.26
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21385				
Longitud diagonal mas grande 48				
Balinit B	4	4.28	10.00 %	15.41
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21378				
Longitud diagonal mas grande 46				
Balinit B	2	4.28	10.00 %	7.70
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21283				
Longitud diagonal mas grande 46				
Balinit B	2	4.28	10.00 %	7.70
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21487				
Longitud diagonal mas grande 51				

Cotización

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Desc	Precio Total
Longitud diagonal mas grande 54				
Balinit B	3	4.28	10.00 %	11.56
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado M TS-21646				
Longitud diagonal mas grande 48				
Balinit B	7	4.28	10.00 %	26.96
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21625				
Longitud diagonal mas grande 48				
Balinit B	4	4.28	10.00 %	15.41
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado M TS-21481				
Longitud diagonal mas grande 54				
Balinit B	2	2.68	10.00 %	4.82
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21374				
Longitud diagonal mas grande 29				
Balinit B	4	4.28	10.00 %	15.41
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21293				
Longitud diagonal mas grande 46				
Balinit B	9	4.28	10.00 %	34.67
Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21295				
Longitud diagonal mas grande 46				

Cotización

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Desc	Precio Total
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21383 Longitud diagonal mas grande 29	3	2.68	10.00 %	7.24
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21623 Longitud diagonal mas grande 46	2	4.28	10.00 %	7.70
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21460 Longitud diagonal mas grande 57	3	4.28	10.00 %	11.56
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21799 Longitud diagonal mas grande 54	2	4.28	10.00 %	7.70
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado A TS-21281 Longitud diagonal mas grande 48	1	4.28	10.00 %	3.85
Balinit B Inserto Sin Agujeros Recubierto 1 Lado M 42267-P2-D4 Longitud diagonal mas grande 32	1	3.55	10.00 %	3.19