

PLANTA PILOTO DE RECUBRIMIENTOS DUROS DEL CDT-ASTIN AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA





Valle

INFORMADOR TÉCNICO

Edición 67 - 2 003

ISSN: 0122-056X

ESPERANZA ADRIANA RAMOS RODRIGUEZ
Directora Regional

AURA ELVIRA NARVÁEZ AGUDELO
Jefa (e) CDT - ASTIN

EDITOR

EDWIN PEREA RAYO

COLABORADORES

ANA MILENA LÓPEZ PRADA
BAUDÍN SETH ESCOBAR
CLAUDIA ANDREA MUÑOZ
EDWIN PEREA RAYO
FLAVIO PEÑA
GILBERTO BEJARANO GAITÁN
HÉCTOR FABIO MUÑOZ
IBER JAMES QUIÑONEZ
JOSÉ ORTÍZ BARBERA
MAURICIO CAMPO SALAZAR
MIRYAM GAVIRIA CÁRDENAS

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
MAURICIO CAMPO SALAZAR

IMPRESIÓN

Publicaciones SENA - Cali

El INFORMADOR TÉCNICO es una publicación del Centro de Desarrollo Tecnológico y Asistencia Técnica a la Industria CDT-ASTIN, dirigida a las empresas del subsector de plásticos y metalmecánica para su actualización tecnológica.

Dirección: Calle 52 No. 2Bis-15
Tels.: (2) 447 1075 - 446 7182 - 431 5855
Fax: (2) 431 5853 - 431 5854
Apartado Aéreo 8053 Cali - Colombia
E-mail: astin@sena.edu.co
senastin@colombianet.net
http://www.sena-astin.edu.co

Tarifa Postal Reducida 1568
Vence diciembre / 2004

CONTENIDO

La importancia de la refrigeración del molde en el proceso de inyección de material plástico <i>Fundación ASCAMM</i>	2
Los plásticos y el medio ambiente <i>FIPMA - Fundación de la Industria Plástica para la Preservación del Medio Ambiente</i>	9
Técnicas de Caracterización de los Recubrimientos <i>Gilberto Bejarano Gaitán</i>	13
A mis zapatos <i>Lluís Lahoz Jubert</i>	20
Importancia estratégica de los nuevos materiales en el desarrollo sostenible y como alternativa de competitividad <i>Wilken Rodríguez Escobar; Hernán Bejarano Barrera; Hernando Villazón Amarís</i>	21
Balance de la Mesa Sectorial de Hidrocarburos, Petroquímica, Plásticos, Caucho y Fibras El SENA le cumplió a las empresas de la Cadena <i>Miryam Gaviria Cárdenas</i>	28
Optimización de los Parámetros de Deposición del TiN sobre Aceros Tipo Herramienta obtenidos por la Tecnología del Magnetron Sputtering <i>Gilberto Bejarano Gaitán, Baudín Seth, Alfonso Devia C., Pedro Arango A., José Manuel Roque C., Germán Montealegre</i>	31
Del residuo de plástico a la reutilización	37
Modelo de desarrollo empresarial para el PRODES metalúrgico y metalmecánico en el Valle del Cauca <i>Héctor Fabio Muñoz</i>	41
Equipos y tecnologías para corte de chapa Aspectos analíticos y tecnológicos del proceso de punzonado de chapa (1ª parte) <i>Mateos, S.; Rico, J.C.; Cuesta, E.; Valiño, G.</i>	49
BIBLIOGRAFÍA ESPECIALIZADA: Nuevas adquisiciones en el Servicio de Información, Documentación, Divulgación y Vigilancia Tecnológica SIDT del Centro ASTIN	57



La importancia de la refrigeración del molde en el proceso de inyección de material plástico

FUNDACIÓN ASCAMM

Reproducido con autorización expresa del editor ©

1. Criterios generales

Frecuentemente, el diseño de la refrigeración de un molde de inyección, es una fase que queda en segundo plano para el proyectista y suele supeditarse al espacio que haya quedado libre una vez se han definido los alojamientos para la tornillería, el sistema de expulsión o cualquier otro elemento.

Este hábito durante el proyecto de molde, no da óptimos resultados, ya que no tiene en cuenta que la inyección de plásticos es un proceso térmico, y como tal tiene dos funciones prioritarias:

- Moldear el material inyectado
- Eliminar el calor aportado por el material fundido para que este solidifique.

El molde, además de moldear, enfría el material procedente del plastificador de la máquina de inyección, actuando de intercambiador térmico, de cuya eficacia depende el tiempo de ciclo de fabricación de la pieza y como consecuencia, el costo de ésta.

Vista la importancia de la eficacia del circuito de refrigeración, el diseño de la refrigeración del molde debe pasar a un primer plano y debe realizarse de forma que permita un enfriamiento óptimo de la pieza, definiendo los sistemas necesarios y mecanismos de expulsión adecuados que permitan mantener una circulación de refrigerante que garantice la máxima calidad de la pieza en el menor ciclo de inyección posible.

2. Introducción al proceso de inyección

La inyección de plásticos es un proceso cíclico y productivo.

Para que dicho proceso sea realmente productivo es necesario que el número de piezas inyectadas por unidad de tiempo sea lo más elevada posible, sin mermar su calidad.

El parámetro que más directamente influye en el ciclo de inyección es el tiempo de enfriamiento de la pieza, que varía de forma proporcional al cuadrado del espesor de pared de la pieza y depende directamente de la eficacia del circuito de refrigeración.

2.1. Teoría de la inyección

Ciclo de inyección: etapas del proceso

El proceso de inyección, consta de las siguientes etapas:

1. Cierre del molde
2. Avance del carro del grupo plastificador
3. Inyección: 1ª fase de llenado, 2ª fase de mantenimiento de la presión
4. Tiempo de enfriamiento
5. Dosificación o carga de material a inyectar
6. Retroceso del carro del grupo plastificador
7. Apertura del molde
8. Expulsión de la pieza.

Una vez expulsada la pieza o piezas del molde, se repite el ciclo.

Determinación del tiempo de ciclo de inyección

Puede obtenerse el ciclo de inyección como la suma de los tiempos implicados en el proceso (Figura 1).

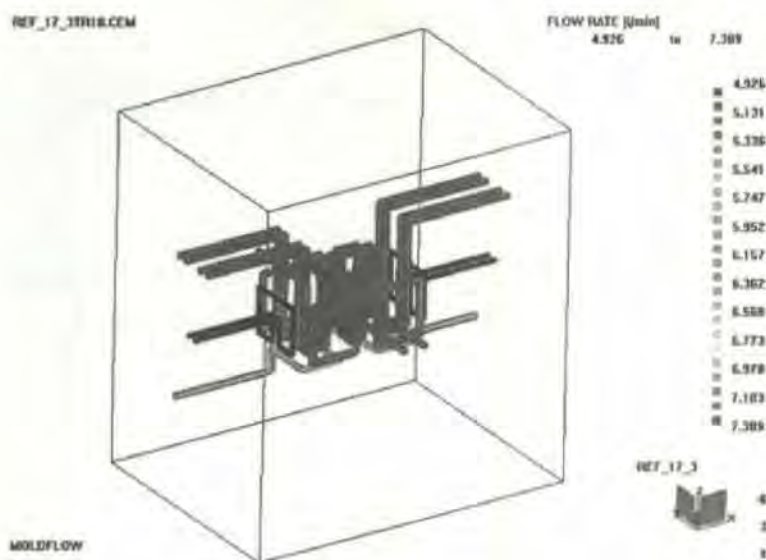


Figura 1. Distribución de los circuitos

- Equilibrado térmico de los circuitos
- Dimensionado adecuado en función del tamaño y del espesor de la pieza.

Un paso previo a la descripción de las distintas pautas es la correcta comprensión de los conceptos termodinámicos en que se basan cada una de ellas.

4. Introducción a la termodinámica

Para facilitar la comprensión de las pautas definidas que se explicarán a continuación, es necesario hacer una breve introducción a los conceptos termodinámicos básicos ya que ayudará a entender el motivo de su utilización.

Definiendo el calor como la energía acumulada por un material cuando éste aumenta de temperatura o bien como la energía liberada por un material cuando éste disminuye de temperatura.

Vemos pues que el calor puede ser absorbido o liberado. En nuestro caso, el calor es absorbido por el material plástico en la cámara de plastificación y el husillo, donde es calentado por las resistencias de calefacción y por fricción.

El calor es liberado al molde durante la refrigeración. Este calor liberado debe ser absorbido mediante el circuito de refrigeración ya que en caso contrario, el molde incrementaría su temperatura a cada ciclo y no conseguiríamos un proceso estable.

La capacidad calorífica se define como la cantidad de calor acumulado o cedido por una masa determinada de material.

La capacidad calorífica es, pues, proporcional a la masa, al calor específico y a la variación de temperatura del material.

$$Q = m c_e (t_{final} - t_{inicial})$$

Donde:

Se ha introducido un nuevo concepto: **calor específico**, que es la cantidad de calor que puede ceder o acumular un material por unidad de peso y grado.

Veremos que el calor específico de los tres elementos implicados en el molde plástico – metal – fluido refrigerante es muy distinto y como influyen en el proceso cada uno de ellos.

El calor puede transmitirse mediante tres mecanismos distintos:

- **Conducción:** Conducción es el paso de calor a través de un cuerpo, de molécula a molécula, sin desplazamiento visible de sus partículas
- **Convección:** Se conoce con este nombre el paso del calor en el interior de un gas o líquido, por mezcla de las porciones a distintas temperaturas
- **Radiación:** El calor transmitido de este modo no necesita de un medio material como vehículo. Un cuerpo caliente emite calor en todas direcciones, en forma de energía radiante.

En nuestro caso, consideraremos que la transmisión de calor se realiza por conducción.

Ecuación general de conducción

Según la ecuación básica de Fourier, la intensidad de paso del calor es proporcional a dos factores: al área A de sección normal al flujo y al gradiente de temperaturas con un factor de proporcionalidad que denominaremos conductividad calorífica definido como la cantidad

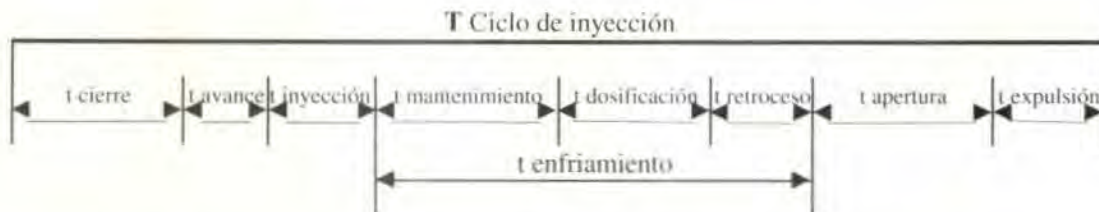


Figura1. Gráfico de desglose de los diferentes tiempos parciales que constituyen el tiempo de ciclo

$$T = t_{\text{cierre}} + t_{\text{avance de carro}} + t_{\text{inyección 1ª fase llenado}} + t_{\text{inyección 2ª fase mantenimiento}} + t_{\text{enfriamiento}} + t_{\text{retroceso de carro}} + t_{\text{apertura}} + t_{\text{expulsión}}$$

Descripción:

- t_{cierre} : tiempo de cierre del molde
- t_{avance} : tiempo de avance del carro porta plastificador
- $t_{\text{inyección}}$: tiempo de inyección del material (1ª fase o llenado del molde)
- $t_{\text{mantenimiento}}$: tiempo de mantenimiento de la presión sobre el plástico o de segunda fase de inyección (para compensar la pérdida de volumen del material al enfriarse)
- $t_{\text{enfriamiento}}$: tiempo de enfriamiento de la pieza definido o necesario
- $t_{\text{dosificación}}$: tiempo de dosificación (nueva carga de material por rotación del husillo)
- $t_{\text{retroceso}}$: tiempo de retroceso del carro porta plastificador
- t_{apertura} : tiempo de apertura
- $t_{\text{expulsión}}$: tiempo de extracción de la pieza del molde y recuperación de los expulsores a su posición original.

La mayor o menor eficacia del circuito de refrigeración incrementa o disminuye el tiempo con un valor mayor y como consecuencia con un mayor efecto en el tiempo total del ciclo.

3. Criterios de diseño en función de la geometría de la pieza

En general, las prioridades a la hora de diseñar un molde son:

- Definición de la línea de partición
- Localización de las zonas que necesitan elementos móviles
- Definición del circuito de refrigeración
- Definición de la geometría de las partes móviles
- Diseño de los mecanismos de expulsión de la pieza.

Definición de la línea de partición

La salida de la pieza en un molde ha de estar diseñada de tal forma que su mecanismo sea lo más sencillo posible. Una vez conocida la geometría de la pieza, se debe definir la situación de la misma en el molde de forma que las zonas con negativos sean las mínimas posibles con el fin de reducir al máximo la necesidad de partes móviles en el molde.

Localización de las zonas que necesitan elementos móviles

Definida la colocación de la pieza en el molde y su partición, podemos observar en muchos casos, que partes de la geometría no tienen salida natural, es decir, están en negativo.

Para poder desmoldear estas zonas se necesitan elementos móviles que mediante un mecanismo (patín,

elevador, corredera hidráulica, corredera mecánica, etc.) separen la parte metálica que conforma la geometría generando un espacio suficiente para que la pieza pueda ser expulsada.

3.1 Definición del circuito de refrigeración

La definición del circuito de refrigeración se realiza siguiendo las pautas que se detallan a continuación:

- Circuitos ajustados a la geometría de la pieza
- La misma superficie de refrigeración en cavidad que en punzón
- División de circuitos en las zonas donde se prevean problemas de llenado, líneas de unión, etc.

de calor que permite pasar a su través un material por unidad de longitud, tiempo y grado y es específica de cada material.

A fin de simplificar conceptos y facilitar su comprensión supondremos que el sistema plástico – metal – fluido refrigerante se encuentra en estado estacionario por lo que la ecuación que lo regirá será:

$$Q = -kA (t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}) / x$$

Donde:

Q = Cantidad de calor transmitido por conducción

k = Conductividad calorífica

A = Área de transmisión de calor

t = Temperatura

x = Espesor del material

Es importante resaltar que a mayor superficie de intercambio y menor espesor, mayor transmisión de calor.

Hasta ahora se han introducido los conceptos y ecuaciones que definen lo que ocurre entre el plástico y el molde:

Calentamiento del material plástico y transmisión de este calor al molde por conducción

Un molde actúa como intercambiador de calor para permitir la eliminación del calor transmitido por el plástico al molde mediante el circuito de refrigeración y el refrigerante.

Un intercambiador de calor se define como todo dispositivo empleado para el calentamiento o enfriamiento.

El concepto fundamental que regula el intercambio de calor es el balance energético donde se define que el calor ganado por el fluido que enfría es igual al calor perdido por el material que se enfría.

Al actuar el circuito de refrigeración como intercambiador, la finalidad del mismo es:

Mantener la temperatura del molde constante.

En resumen:

- La cantidad de calor a eliminar del molde dependerá del tamaño, grueso y del material de la pieza
- Para conseguir un mejor rendimiento térmico, los circuitos de refrigeración deben situarse lo más cerca posible de la superficie de la pieza y generando la mayor superficie de intercambio posible
- El circuito de refrigeración debe permitir el paso de suficiente fluido refrigerante con el fin de que la temperatura del molde sea estable.

4.1. Ajuste a la superficie de la pieza

La transmisión de calor entre el material plástico y el molde se realiza básicamente por conducción.

En el apartado anterior la ecuación de la conducción nos definía que el paso de calor es inversamente proporcional a la distancia de separación entre la superficie de la pieza y el canal de refrigeración; como consecuencia, en el momento de definir la situación de los canales de refrigeración, éstos deben situarse lo más cerca posible de la superficie de figura.

En general, existe una distancia mínima entre el canal de refrigeración y la superficie de la pieza, que dependerá de dos factores:

- Medio de mecanizado utilizado
- Espesor de la pieza.

Medio de mecanizado

No es lo mismo mecanizar una refrigeración mediante taladros que mediante electroerosión, la diferencia estriba en la precisión del sistema de mecanización elegido.

Se han mencionado de forma intencionada los dos sistemas de mecanización con menor y mayor precisión respectivamente.

Aparentemente la mejor manera de mecanizar una refrigeración puede parecer la electroerosión, pero su economía en costo y tiempo hace que solo pueda ser utilizada en los casos en que no es viable la utilización de otro sistema.

La distancia entre los distintos canales de refrigeración debe ser la misma que entre el canal y la superficie de la pieza.

4.2. Igual superficie de refrigeración en cavidad que en punzón

La transmisión de calor pieza – molde es, básicamente, por conducción y esta, tal y como se ha expuesto anteriormente, es proporcional a la superficie de transmisión.

La transmisión de calor molde – refrigerante podemos simplificarla y asimilarla a básicamente por conducción y también es proporcional a la superficie de transmisión, como consecuencia, si la superficie de intercambio molde – refrigerante no es la misma en cavidad y punzón, la velocidad de refrigeración de la pieza no será la misma en toda su masa, provocando tensiones debidas a diferencias de contracción del material y deformaciones motivadas por estas tensiones.

Las tensiones generadas son debidas a que el material plástico cristaliza más (contrae más) cuanto más

tiempo permanezca a temperatura elevada.

No debe confundirse con que el molde esté a temperatura elevada, la cantidad de calor no es función de la temperatura, sino de la diferencia de temperaturas.

En algunos casos puede ser oportuno modificar la velocidad de transmisión de calor con el fin de generar tensiones que compensen las deformaciones en una pieza, con un circuito de refrigeración que tenga la misma superficie de intercambio en cavidad y punzón; esto es posible regulando el caudal de fluido refrigerante.

Equilibrar la transmisión de calor con superficies distintas no es tarea fácil sobre todo si no se conoce la relación entre las mismas.

Una herramienta predictiva que resulta muy útil para calcular y verificar el correcto equilibrado del circuito de refrigeración de un molde, es la simulación por sistemas reológicos C.A.E. (Computer Aided Engineering)

La simulación reológica de refrigeraciones es un análisis del intercambio de calor entre el fluido refrigerante o atemperante (usualmente agua), el molde y la pieza de plástico durante la fase de refrigeración del ciclo de inyección.

Tipos de análisis:

- Manual: Cálculo de temperaturas finales
- Automático: Cálculo del tiempo de refrigeración.

Resultados a obtener:

Los resultados básicos que se obtienen del análisis de refrigeraciones son:

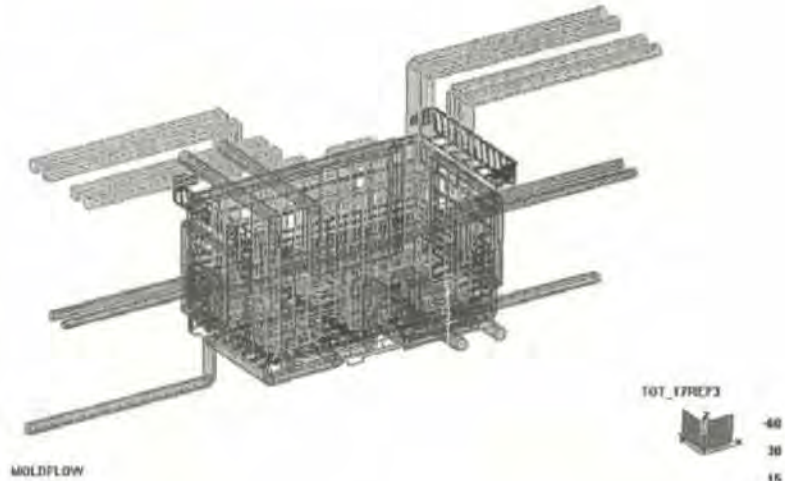


Figura 3. Cavidad y sistema de refrigeración del molde

- Temperaturas de la pieza y el molde
- Tiempo de enfriamiento (análisis automático)
- Grosor de la capa solidificada de plástico
- Número de Reynolds y caudal de la refrigeración
- Caída de presión en los circuitos de refrigeración.

Utilidad del análisis:

El análisis de refrigeraciones es una herramienta para el diseño y validación de los canales de refrigeración del molde. Permite calcular las temperaturas de la pieza y estimar el tiempo de enfriamiento necesario para expulsar la pieza.

Permite comprobar la efectividad y homogeneidad de un sistema de refrigeración. Es muy útil en consonancia con el análisis de deformaciones.

Datos necesarios para el análisis:

- Modelo mallado de la cavidad
- Modelo mallado de los canales de refrigeración y de las paredes exteriores del molde
- Datos del material
- Condiciones de contorno:
 - Material del molde y del atemperante
 - Temperatura del atemperante
 - Número de Reynolds o caudal
- Tiempo de apertura de cierre
- Tiempo de enfriamiento (análisis manual)
- Tiempo de compactación
- Porcentaje de plástico solidificado para la expulsión (automático)
- Temperatura de expulsión del material (opcional).

4.3. División de circuitos

En piezas de espesor variable, es necesario dividir los circuitos en tantas zonas como espesores tenga la pieza, ya que mediante la regulación de la temperatura de los mismos, se puede facilitar o dificultar el llenado optimizando el proceso de inyección.

En zonas donde se pueda producir líneas de unión, u otros problemas de inyección, la utilización de circuitos independientes permitirá garantizar el óptimo llenado de la pieza.

4.4. Equilibrado térmico

Se ha definido que la capacidad de disipación del refrigerante es proporcional a la masa de refrigerante, que se regula al variar el caudal, el calor específico del mismo (que se puede considerar constante), y la diferencia de temperatura. Así mismo se ha enunciado que la transmisión de calor por conducción es mayor cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre una cara, en nuestro caso la superficie de la cavidad y la otra que será la superficie del canal de refrigeración, es decir la diferencia de temperatura entre plástico y refrigerante debe ser la mayor posible, pero a la vez debe ser constante en toda la cavidad.

Este objetivo es difícil de cumplir si solo tenemos un circuito de refrigeración ya que el refrigerante se va calentando a medida que circula por el interior del circuito con lo cual la diferencia de temperatura disminuye y también la eficacia de la refrigeración. Para evitar que la diferencia de temperatura provoque contracciones diferentes en la pieza y como consecuencia, deformaciones en la misma, la mejor solución es dividir el circuito en varios sectores de forma que el incremento de temperatura en cada uno sea el mínimo necesario.

La utilización de un circuito único provoca que el molde esté a temperatura distinta en función del punto del circuito que le afecte, lo que también influirá en el llenado de la pieza debido a que el material fluirá mejor en las zonas más calientes y menos en las más frías generando tensiones de cizalla distintas que provocarán deformaciones en la pieza.

En el caso de moldes de varias cavidades también llamados multicavidad, éste fenómeno tiene gran importancia.

Generalmente al diseñar la colada en un molde de varias cavidades, ésta se diseña de forma que todas las cavidades llenen por un igual (equilibrado natural) y así evitar deformaciones por tensión, rebabas, etc.

Durante el desarrollo de un proyecto, se supone que todo el molde se encontrará a las mismas temperaturas cuando trabaje, pero esta pauta no se cumplirá si no se han calculado correctamente los circuitos de refrigeración de forma independiente para cada cavidad, ya que en caso contrario las cavidades más próximas a la salida del circuito estarán más calientes y el material plástico fluirá más, desequilibrando el llenado.

4.5. Tamaño del circuito en función de la geometría y tamaño de la pieza

El dimensionado del circuito de refrigeración debe ser el suficiente para garantizar la evacuación del calor aportado por el material plástico en el tiempo de enfriamiento definido como consecuencia del ciclo de inyección que debe cumplir el molde para ser homologado por el transformador. Para poder dimensionar el circuito primero se debe evaluar cual será la cantidad de calor aportado al sistema.

La cantidad de calor aportado será la masa de material plástico, que aproximaremos a su peso en gramos, por su calor específico que supondremos constante en todo el intervalo de temperatura y multiplicado por la diferencia de temperatura del material al entrar en la cavidad y la que tendrá la pieza en el momento de ser expulsada, de donde:

$$Q = m c_e (t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}})$$

Siendo Q la cantidad de calor aportado al sistema.

Esta cantidad de calor debe ser eliminado por el fluido refrigerante y se transmite por conducción hasta la superficie del circuito por donde circula.

Para calcular la superficie del circuito, debemos aplicar la fórmula de la conducción de calor una vez definido el tiempo de enfriamiento del que disponemos para garantizar el ciclo de producción.

En general el cálculo debe realizarse como si el tiempo disponible fuera el 75% del necesario ya que de esta forma aseguramos el cumplimiento de nuestro objetivo.

La ecuación que regula la transmisión de calor por conducción es:

$$Q = -kA (t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}) / x$$

Donde k es el coeficiente de transmisión de calor por unidad de tiempo que depende del material utilizado para la construcción del molde.

La temperatura inicial será la temperatura a que se encuentre la cavidad del molde que podemos considerar constante y función del material a inyectar.

La *temperatura final* será la temperatura que se considera que debe tener el refrigerante durante el proceso de inyección como media.

La *x* es la distancia de separación entre la superficie de la cavidad y la superficie del circuito de refrigeración en el centro de su sección.

Q es la cantidad de calor a evacuar por unidad de tiempo por lo que debemos dividir el calor calculado anteriormente por el tiempo de refrigeración en segundos.

Despejando el área necesaria *A* de la ecuación obtendremos la superficie necesaria para garantizar la refrigeración en el tiempo previsto de la pieza.

Hay que tener en cuenta que solo la mitad de la superficie del canal de refrigeración es realmente eficaz si está debajo (o encima) de la superficie de la pieza. En cambio, si el canal está rodeado por pieza, la superficie de transmisión será su totalidad.

Despejando el área o superficie *A*:

$$A = (Q * x) / (T_{\text{ciclo}} (-k (t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}})))$$

Una vez definida el área mínima necesaria para garantizar el ciclo, se procede a dimensionar el circuito de refrigeración.

El caudal necesario para garantizar la refrigeración de la pieza en el tiempo previsto, se calcula en función de la masa de fluido refrigerante que debe circular por unidad de tiempo con la misma fórmula que se ha utilizado para calcular la aportación de calor por parte del material.

Debido a que desconocemos la temperatura de salida del fluido refrigerante, una buena opción es suponer un caudal de 20 litros por minuto y comprobar a que temperatura saldrá el refrigerante. Si la diferencia de temperatura es superior a un grado centígrado, debemos rehacer el cálculo con un caudal mayor.

Este cálculo debe realizarse para cada sección del circuito de refrigeración.

Es evidente que realizar el cálculo de un circuito de refrigeración no es simple por lo que en general se suele recurrir a medios comparativos utilizando circuitos de piezas similares en que los moldes han funcionado de forma correcta.

En caso de no disponer de históricos suficientes, la mejor solución es, sin duda, utilizar la técnica C.A.E de simulación por ordenador mediante un programa reológico adecuado.

Área de Innovación y Desarrollo Tecnológico

Fundación ASCAMM
Parc Tecnològic del Vallès
Av. Universitat Autònoma, 23 E-08290
Cerdanyola del Vallès (Barcelona) – España
Tel. +(34) 93 594 47 00 Fax +(34) 93 580 11 02 E-mail: inf@ascamm.es
Web: www.ascamm.es

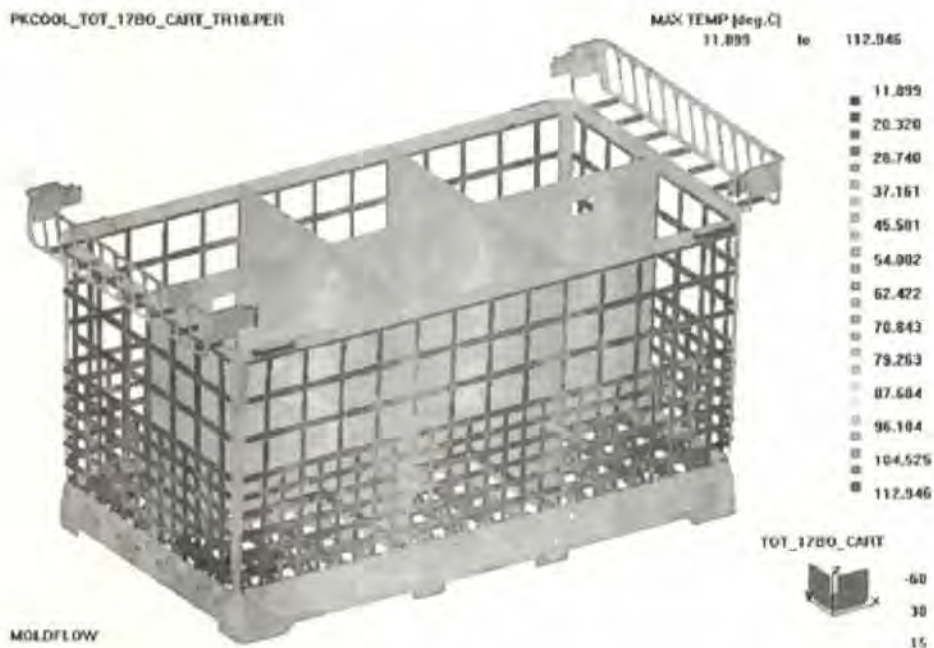


Figura 4. Distribución de temperaturas

Los plásticos y el medio ambiente

FIPMA - Fundación de la Industria Plástica para la
Preservación del Medio Ambiente



Medición de la radiación térmica de una pared sin aislación (izquierda) y con aislación (derecha) con una cámara infrarroja

¿Se derrochan materias primas con la producción de plásticos?

No, los plásticos contribuyen al ahorro de materias primas. El 8% del consumo de petróleo crudo que se utiliza para la producción petroquímica representa una de las formas de mayor valor agregado para este recurso natural no renovable. El plástico como producto del petróleo puede ser aprovechado por un tiempo más prolongado comparado con la

combustión directa del crudo (fuel oil, gasolina)

El plástico permite producir materiales a medida con un mínimo de consumo energético, y que a su vez son económicos en su aplicación. Los próximos tres ejemplos del sector de la construcción, de la industria automotriz y de la industria de bienes de transporte lo confirman.

En el sector de la construcción se

logran buenos resultados de aislación térmica utilizando espumas sintéticas y ventanas de materiales plásticos. Por otra parte una capa aislante de plástico colocada en las paredes exteriores de una casa contribuye a ahorrar en calefacción en dos temporadas invernales la misma cantidad de crudo utilizada para la fabricación de la capa aislante. A partir del tercer período de calefacción la capa de aislación térmica contribuye a reducir el consumo de combustible por debajo del promedio.

En la industria automotriz se fabrican paragolpes, tanques de combustible y tableros de plástico debido entre otras cosas a la gran variedad de formas posibles y a la reducción del peso. Los estudios efectuados en la industria automotriz arrojan como resultado que por cada 100 Kg. menos de peso el consumo de combustible se reduce de 0,4 a 0,6 litros por cada 100 kilómetros.

En la industria del transporte de bienes los embalajes de plástico reducen el peso de los mismos a un mínimo, lo cual deriva en un ahorro de combustible en el transporte. Con envases y embalajes de plástico un camión cargado a su máxima capacidad transporta un 95% de mercadería y un 5% de material de embalaje.



Incluso en la incineración, los productos plásticos contribuyen a proteger los recursos naturales. Se aprovecha así el elevado potencial energético de los plásticos para generar vapor, calor o energía eléctrica (1kg. de plástico posee aproximadamente el mismo poder calórico que 1kg. de petróleo)

¿Los plásticos generan problemas en la incineración de residuos o en su disposición en vertederos?

Las plantas de tratamiento térmico de residuos no se pueden eliminar como último eslabón en el circuito cerrado de material de un sistema de tratamiento de residuos. Tal como fuera comprobado por la Cámara Federal de Médicos de Alemania, el funcionamiento de dichas plantas genera riesgos mínimos y por ende despreciable para la salud de la población. En varios países (Alemania, Japón, Austria, Suiza, etc.) las plantas aprovechan el calor generado en la combustión para producir vapor y energía eléctrica.

Varios programas de investigación demostraron que los desechos plásticos pueden ser quemados junto con el resto de los residuos municipales, sin producir riesgos adicionales para el medio ambiente, incluyendo el PVC. Incluso con el aumento del contenido de PVC dentro del sistema de tratamiento de

residuos las concentraciones de dioxina se mantienen constantes.

Los vertederos (basurales) y rellenos sanitarios no son, propiamente, una alternativa de valorización de los plásticos, pero esta modalidad de tratamientos de nuestras basuras se seguirán usando, mientras se desarrolla la recuperación o la valoración energética. Allí los plásticos no se descomponen y presentan un comportamiento absolutamente neutro. Es decir que no aumentan la contaminación de las napas de aguas, ni contribuyen a desarrollar gases de vertedero.

¿Para qué son necesarios los aditivos?

Al igual que otros materiales, también los plásticos requieren aditivos específicos para muchas aplicaciones. En función de las múltiples exigencias existe una gran cantidad de sustancias activas de este tipo, que se van incorporando al material en diferentes momentos del proceso.

Por ejemplo, existen los agentes fotoprotectores, los antioxidantes, los estabilizadores, fluidificantes, lubricantes, las cargas, agentes reforzadores, sustancias ignífugas, protectores antiestáticos, colorantes, etc. El tipo y cantidad de aditivos incorporados al material tienen un efecto decisivo en la producción y

propiedades de los plásticos.

Los antioxidantes se agregan para retardar el proceso de envejecimiento, los estabilizadores sirven para mejorar la estabilidad térmica y la fotosensibilidad. Ambos aditivos no sólo mejoran las características en el uso (larga vida útil, resistencia a la intemperie, etc.) sino que contribuyen en forma simultánea a facilitar el procesamiento. El uso de sustancias ignífugas retarda o incluso inhibe incendios, ampliando las posibilidades de aplicación de los plásticos en el rubro de electricidad y electrónica, como también en la construcción y el transporte. Los fluidificantes se agregan al plástico para aumentar su flexibilidad, procesabilidad y elongación. De esa manera los plásticos alcanzan un máximo de aprovechamiento en campos de aplicación muy específicos, como en la aislación de cables, el packaging y la medicina.

A medida que avanza la tecnología y aumentan las exigencias a los materiales, los aditivos van cobrando cada vez mayor importancia. Quizá contribuyan de manera determinante al proceso de innovación en los plásticos.

Aditivos y medio ambiente

Las investigaciones más recientes y las elevadas exigencias en cuanto al comportamiento toxicológico y ecológico hacen necesaria la permanente verificación y desarrollo de los aditivos. En este sentido la cantidad de aditivos utilizados, ya sea que sólo se incorporen mínimas cantidades o bien una parte considerable del producto, no se rigen tan sólo por las necesidades técnicas, sino en gran medida por los posibles riesgos para la salud, la seguridad y el medio ambiente. De manera que cabe aclarar este factor, contemplando toda la vida del aditivo,

desde su producción hasta su eliminación final.

Para proteger tanto al ser humano como al medio ambiente de sustancias peligrosas se han sancionado numerosas disposiciones legales. Estas también incluyen básicamente a los aditivos.

En caso de querer introducir sustancias nuevas, la legislación en el mundo requiere de una autorización previa, para lo cual deben presentarse informes toxicológicos, físico-químicos, etc.

En principio siempre existe la posibilidad que un material emane pequeñas cantidades de sus componentes al aire (migración). Lo mismo ocurre con materiales convencionales como las cerámicas, los esmaltes y caños de cobre.

Dado que el plástico es un material relativamente joven, desde un comienzo existió la posibilidad de estudiar este tema, para determinar qué sustancias y en qué cantidades pueden ser probablemente tóxicas, para evitar de manera preventiva estos riesgos eventuales.

Seguramente uno de los motivos por los cuales los plásticos se encuentran entre los materiales más analizados. Para una migración

técnicamente inevitable debe realizarse una exhaustiva evaluación de riesgos y rendimiento.

La legislación alimentaria prohíbe la fabricación de envases para sustancias alimenticias que debido a su composición química pueden dañar la salud al ingerir los alimentos. Es decir, que del envase solamente pueden migrar al alimento o a su superficie sustancias inocuas para la salud, el olor y sabor en la medida en que sea técnicamente inevitable. De esa manera la ley incorpora el hecho de que al contacto de dos sustancias se produce el intercambio de partículas, por lo que no se puede prohibir la migración de sustancias en general.

Al difundirse los nuevos riesgos originados por los aditivos se produce tanto la reacción de la industria como de la ley. Cuando hacia fines de 1986 creció la sospecha que los plásticos protegidos contra llamas con difeniléteres polibromados al carbonizarse podrían generar dioxinas polibromadas y furanos, los productores de plásticos determinaron no continuar utilizando dichos productos ignífugos. En 1994 muchos fabricantes de hidrocarburos clorofluorados descontinuaron la producción de CFC totalmente halogenados, cumpliendo así con un compromiso de discontinuación

anticipada. Actualmente no se utilizan los estabilizadores con contenido de cadmio, y en cuanto a los estabilizadores a base de plomo se están haciendo grandes esfuerzos por reemplazarlos por sistemas estabilizadores novedosos (por ejemplo, estabilizadores de calcio y cinc)

¿Los plásticos son especialmente peligrosos en caso de incendio?

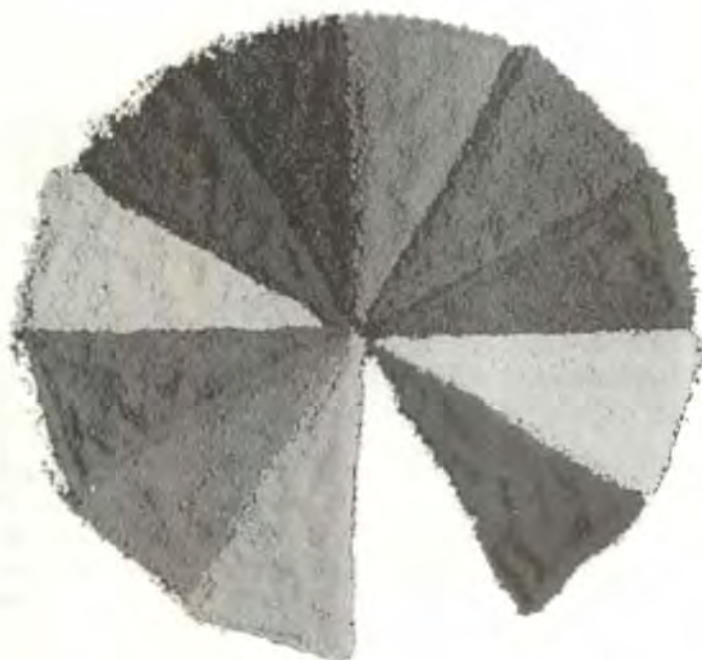
Los plásticos y los materiales naturales se componen de cadenas con carbono. Pueden quemarse. Quemarse significa que con un suministro suficiente de energía y de oxígeno cualquier material con contenido de carbono se quemará. Durante ese proceso el carbono extrae oxígeno del aire transformándose primero en muchos productos intermedios con contenido de oxígeno ("combustión incompleta") para llegar a adoptar forma de dióxido de carbono como producto final ("combustión completa").

En todos los incendios se producen gases tóxicos. Los gases de combustión de plástico no se diferencian en cuanto al peligro tóxico. La toxicidad aguda de los gases de combustión se debe al monóxido de carbono que se genera en cualquier incendio.

Una vez apagado el fuego y al enfriarse el material quemado las sustancias orgánicas tóxicas remanentes (principalmente hidrocarburos policíclicos aromáticos) se adhieren por absorción a los sólidos (hollín, restos quemados). La posibilidad de transmisión de sustancias tóxicas a personas, así como la disponibilidad biológica de esas sustancias en el cuerpo es mínima. Cuando se originan incendios en presencia de materiales clorados (madera, aglomerado, PVC, y otros) hay que prever la formación de



Mínimo peso del embalaje gracias a los plásticos



Gránulos de plásticos

dioxinas cloradas y furanos. También en estos casos, la intensidad de formación de dioxina dependerá directamente de las condiciones específicas del incendio, provocando una fuerte unión de las dioxinas al hollín.

Los plásticos no constituyen un peligro especial en caso de incendio. El riesgo depende de la totalidad de factores que confluyen en el incendio (entrada de aire, material incendiado, ubicación en el ambiente, densidad de material).

La limpieza del lugar del incendio y la eliminación de los restos quemados debe responder al estado actual de la técnica y a las disposiciones legales o recomendaciones. Bajo tales condiciones no cabe esperar ningún peligro para la salud o el medio ambiente.

¿El PVC juega un papel especial en caso de incendio?

El PVC se enciende bajo condiciones extremas, arde produciendo poco calor y prácticamente no contribuye a la expansión del incendio. El cloruro de hidrógeno que se genera a partir del PVC en caso de incendios descontrolados es despreciable, comparado con el peligro que representa el monóxido de carbono como causa de intoxicaciones por

gases de combustión. El saneamiento de zonas incendiadas con presencia de PVC, utilizado normalmente como material de construcción, no genera mayores complicaciones.

El Colegio de Aseguradores de Bienes de Alemania menciona que incluso en grandes incendios de PVC, de dimensiones espectaculares, en ningún momento se agudiza el peligro por dioxinas. Dado el efecto corrosivo del cloruro de hidrógeno, sin embargo, pueden originarse daños por corrosión en elementos metálicos, al igual que en instalaciones electrónicas y eléctricas.

De reemplazarse íntegramente el PVC podrían surgir desventajas en cuanto al grado de protección contra incendios y a los costos mayores de los materiales alternativos.

Bibliografía

Artículo tomado de la publicación FIPMA Fundación de la Industria Plástica para la Preservación del Medio Ambiente, Buenos Aires, Argentina, año 1997, páginas 22 - 25.



Técnicas de Caracterización de los Recubrimientos

Gilberto Bejarano Gaitán

Profesional Laboratorio de Recubrimientos Duros

Centro de Desarrollo Tecnológico y Asistencia Técnica a la Industria CDT - ASTIN

Los Recubrimientos Duros y Películas Delgadas poseen espesores que van desde los nanómetros hasta las 15 micras, por lo tanto su caracterización requiere de tecnologías de punta y con alto grado de complejidad tecnológica. A continuación se describen algunos de los métodos más importantes para la caracterización de tales recubrimientos:

- 1 La prueba Calotest
- 2 La prueba de rayado
- 3 La prueba de adherencia por el método Rockwell C
- 4 Microscopia de Fuerza Atómica (AFM)
- 5 Microscopia Electrónica de Barrido (SEM)
- 6 Nanoindentación
- 7 Ensayos de corrosión
- 8 Medición de tensiones superficiales.

1. La Prueba del Calote (Calotest)

Este método para medir espesores de película entre 1 y 20 micras, está contemplado en la norma DIN 1071 y es de amplia utilización a nivel de laboratorio. Una representación esquemática de la técnica se observa

en la Figura 1.

En este ensayo se coloca la probeta sobre un soporte plano y sobre ella se hace girar una bola de acero eutectoide, la cual ha sido previamente impregnada con una solución de alcohol y con pasta de diamante con un tamaño de grano menor o igual a 1 micra. La bola impregnada provoca un desgaste abrasivo sobre la superficie de la probeta y origina un cráter tal como se aprecia en la Figura 1. El espesor h del recubrimiento se calcula aplicando la siguiente ecuación derivada de las relaciones geométricas de la huella⁽¹⁾:

$$h = (D^2 - d^2) / 4\phi \quad (\text{Ec. 1})$$

D y d son los diámetros externo e interno de la huella respectivamente, y ϕ es el diámetro de la bola utilizada. Esta prueba se realiza en el Centro ASTIN, con un equipo diseñado y fabricado por funcionarios del Centro.

2. La Prueba de Rayado

Es uno de los métodos más utilizados para caracterizar la adherencia de películas delgadas. Aquí se aplica una fuerza normal y creciente sobre la superficie del material, a través de un indentador de diamante, tal como el que se emplea para medir la dureza Rockwell C. La fuerza aplicada oscila entre 1 μN y los 100 N, mientras que el indentador mismo se mueve a lo largo sobre la

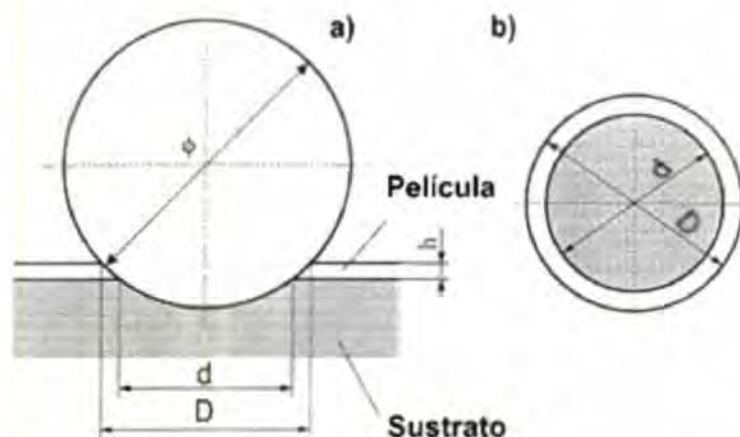


Figura 1. Esquema de la prueba Calotest para medición de espesores⁽¹⁾



Figura 2. Prueba de Rayado (Scrach Test) ⁽¹⁾

superficie de la muestra. Durante el ensayo se registran la fuerza aplicada, el desplazamiento y la penetración del indentador en dicha superficie. La carga específica, es decir, la fuerza que produce el desprendimiento del recubrimiento, bajo la cual aparece la primera delaminación, se denomina carga crítica y es la base para determinar cualitativamente la adherencia de la película o del recubrimiento sobre el sustrato. La Figura 2 muestra una representación de esta prueba ⁽¹⁾.

El inicio de la delaminación puede apreciarse bajo el microscopio o, en su defecto, puede ser detectada electrónicamente mediante una señal auditiva en los equipos modernos.

3. Prueba de Adherencia por el Método de Rockwell C

Este método de determinación de la adhesión de los recubrimientos duros fue desarrollado y patentado por la firma Daimler Benz bajo la norma No. 81, y se lleva a cabo aplicando el método de Rockwell C. En este caso particular, se aplica una carga de 150 Kg sobre la superficie recubierta con un indentador cónico de diamante de 120° de apertura y una punta redondeada con un radio de 0,2 mm. Esta carga aplicada origina, sobre la

superficie de la muestra, una impresión con grandes tensiones inducidas de tracción y compresión alrededor de ésta. El valor de las tensiones puede superar la energía responsable de la adhesión en la interfase sustrato-recubrimiento, causando el desprendimiento de este último en algunas zonas. Para llevar a cabo el ensayo se necesitan los siguientes materiales:

- Un equipo para medición de dureza Rockwell C
- Un microscopio con un aumento mínimo de 50.
- Cartas o tarjetas de comparación de Daimler Benz para los diferentes tipos de impresiones Rockwell existentes para cada sistema sustrato-recubrimiento.

La Figura 3 muestra un ejemplo de medición de la adhesión de un recubrimiento de TiN sobre acero rápido y la respectiva carta de comparación⁽²⁾.

4. Microscopio de Fuerza Atómica (AFM)

El Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) es un instrumento mecano-

óptico que detecta fuerzas a nivel atómico (del orden de nN) a través de la medición óptica del movimiento de un cantilever sobre la superficie de la muestra. El cantilever tiene una longitud de 200 micras y termina en una punta piramidal muy aguda de 100 Å de diámetro, fabricada en material duro y de una enorme sensibilidad ⁽³⁾.

La muestra es movida en el barrido en las tres direcciones, mientras el cantilever palpa y traza en detalle la superficie de la muestra. Todos los movimientos son controlados por computadora. La fuerza atómica, evidente cuando el cantilever está próximo a la superficie de la pieza, se detecta a través de la torsión que experimenta aquél. La dirección del haz láser reflejado por la parte posterior del cantilever cambia con la torsión del mismo. La detección del

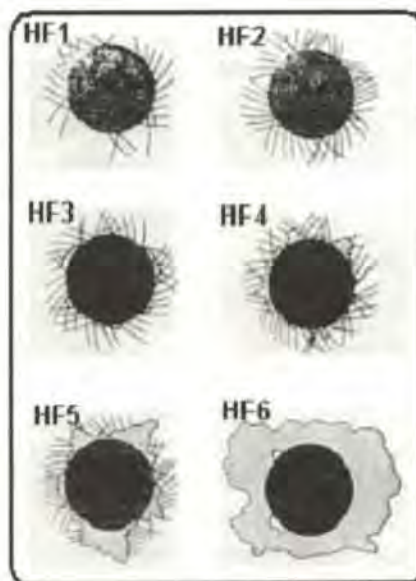


Figura 3. Carta de comparación para la determinación de la adhesión de un recubrimiento por el método de Rockwell C. El comportamiento HF5 y HF6 no son admisibles ⁽²⁾



Figura 4. Esquema de un Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) ⁽³⁾

haz es transformada en señales eléctricas cuyo procesamiento permite construir una imagen real de la superficie igual a la resultante de un barrido de ésta. La resolución del instrumento es de menos de 1nm, y la pantalla de visualización permite distinguir detalles en la superficie de la muestra con una amplificación de varios millones. Las técnicas utilizadas en este método van desde el tipo de no contacto hasta el de contacto y el de contacto intermitente. Un esquema de las partes básicas del microscopio de fuerza atómica se puede apreciar en la Figura 4.

5. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Se basa en la detección y visualización de los electrones secundarios y retrodispersados procedentes de la interacción del haz de electrones sobre la superficie de la muestra que se va a analizar.

En un microscopio electrónico de barrido, el haz de electrones tiene una potencia variable entre 1 y 50 keV, y se realiza un vacío del orden de 10^{-7}

atmósferas en la cámara de la muestra. El haz de electrones se focaliza sobre la superficie de una muestra masiva, barriendo la superficie de la misma. Los electrones secundarios y retrodispersados son captados por un detector, llevándose la señal a un

tubo de rayos catódicos, donde es representada. En este tubo la señal realiza un barrido de la pantalla de manera sincronizada con el movimiento del haz electrónico sobre la muestra formando una imagen aumentada de la superficie. La Figura 5 muestra una representación esquemática de un SEM ⁽⁴⁾.

6. Nanoindentación

La medición de la dureza de películas delgadas con espesores del orden de nanómetros representa un enorme problema, pues según Bückle, la penetración máxima permisible del indentador en el recubrimiento debe ser de 1/10 de su espesor, para no involucrar la dureza del sustrato en la medición. Esto requiere de fuerzas extremadamente pequeñas y la medición de huellas impresas diminutas en la superficie, lo cual solo es posible alcanzar con las tecnologías modernas de medición. La nanoindentación permite aplicar cargas del orden de nN hasta los 70N, con lo cual se pueden medir

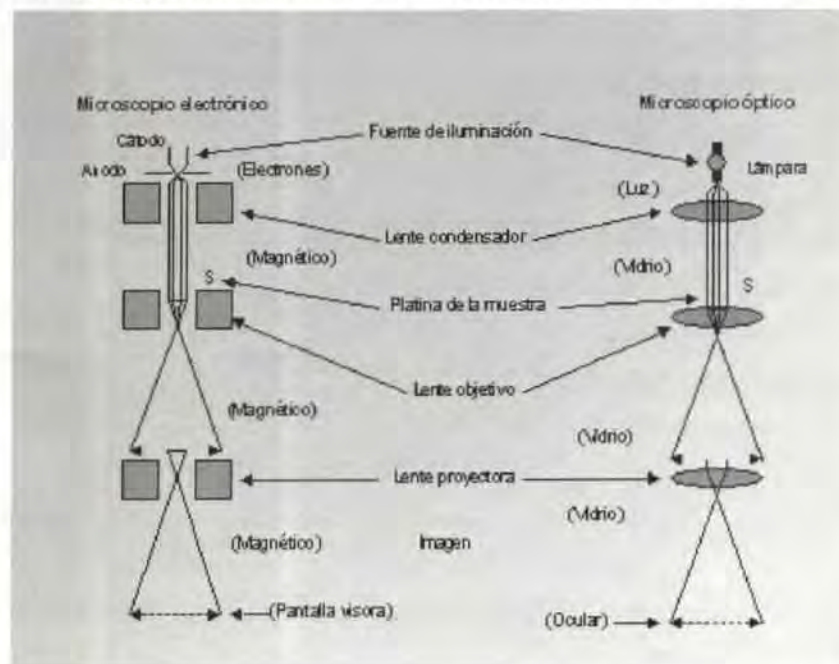


Figura 5. Representación esquemática del funcionamiento de un Microscopio Electrónico de Barrido ⁽⁴⁾

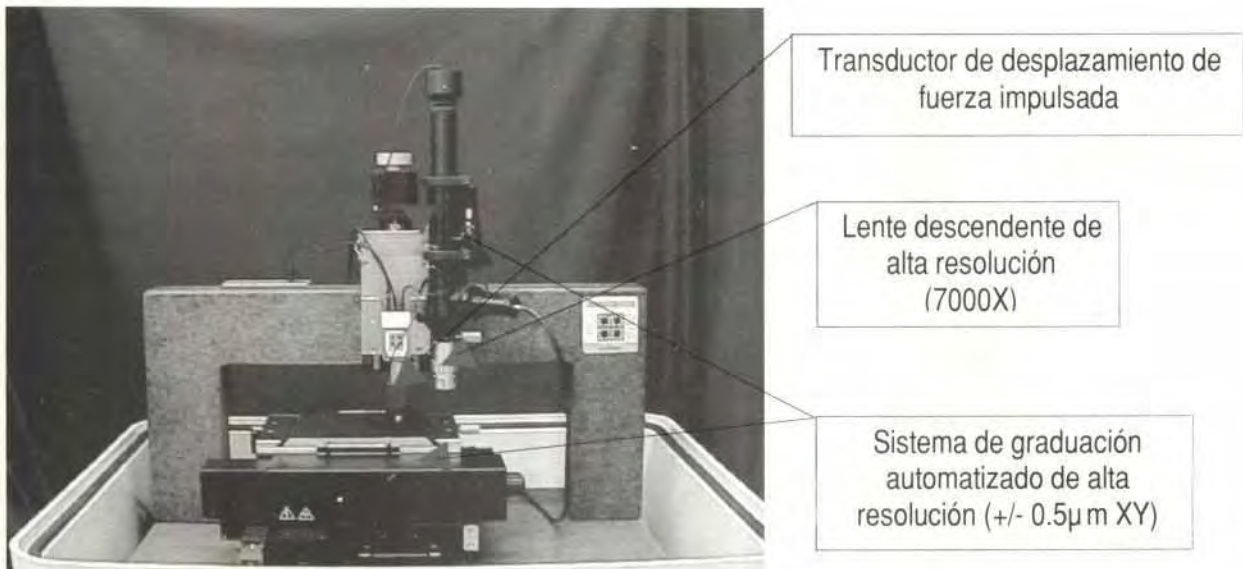


Figura 6. Equipo nanoindentador⁽⁵⁾.

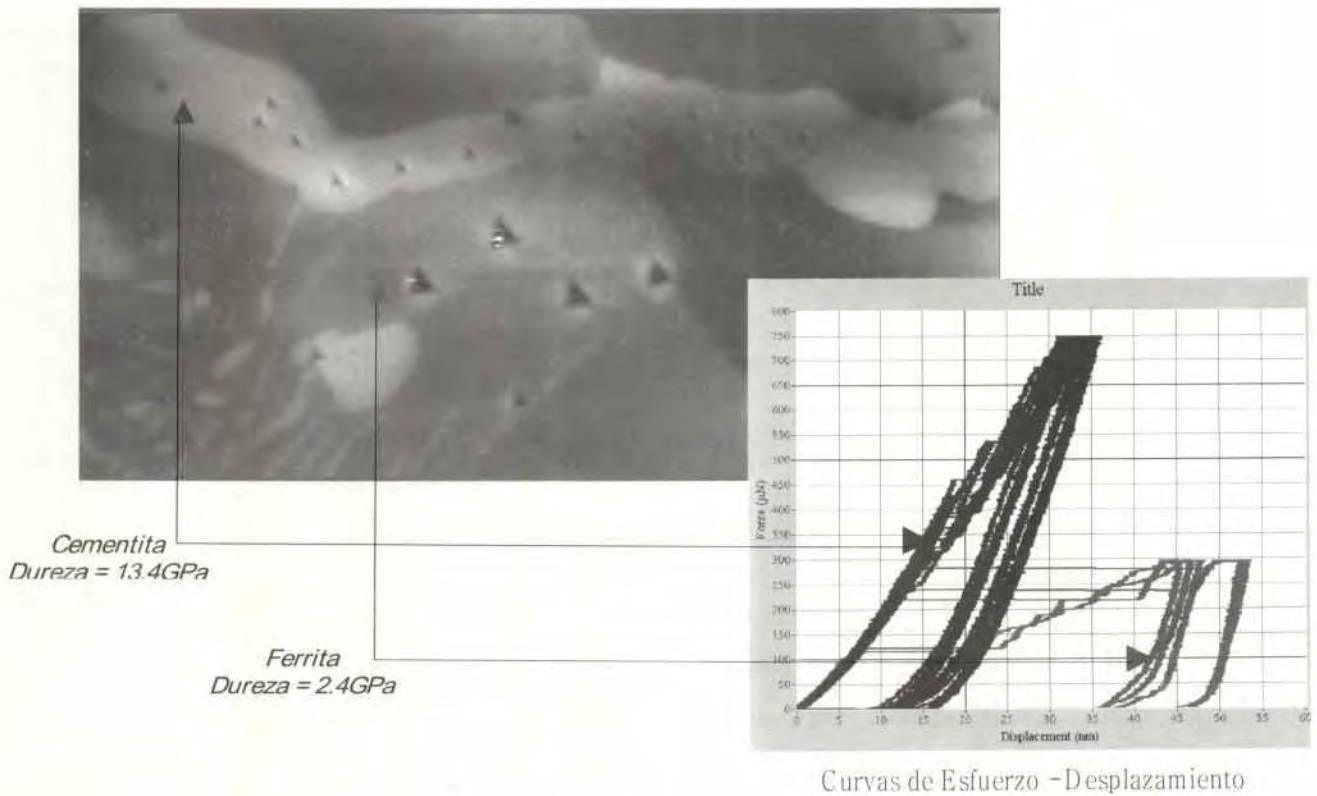


Figura 7. Materiales multifase-Acero Revenido

durezas de recubrimientos y películas delgadas de cualquier espesor. A través del registro de las curvas carga-profundidad de penetración y carga-desplazamiento lineal del indentador, se puede determinar el Módulo de Young, la adhesión del recubrimiento y su resistencia al desgaste.

En la Figura 6 se muestra un equipo nanoindentador; en la Figura 7 se presentan las aplicaciones del mismo, y en la Figura 8 se muestra una curva de carga-descarga-desplazamiento con los parámetros más importantes ^(5,6).

Durante la nanoindentación se aplica una carga continua y creciente hasta un valor máximo determinado, se sostiene por algún tiempo y luego se libera la carga con la misma velocidad con la que se aplicó. La dureza H y el módulo de Young reducido E_r pueden calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$E_r = S \cdot \pi^{1/2} / (2A^{1/2}) \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde S es la rigidez medida a la pendiente en el punto de carga máxima y A es el área de contacto indentador/superficie. El módulo de elasticidad reducido se relaciona con el módulo de elasticidad E a través de la relación:

$$\frac{1}{E_r} = \frac{(1-\nu_1^2)}{E_1} + \frac{(1-\nu_2^2)}{E_2} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

E_1 = Módulo de elasticidad del indentador.

E_2 = Módulo de elasticidad del recubrimiento.

ν = Relación de Poisson.

Para un indentador de forma piramidal con base triangular, el área de contacto en función de h_c se expresa:

$$A = 24.5h_c^2$$

donde:

$$h_c = h_{max} - \epsilon P_{max} / S \quad (\text{Ec. 4})$$

ϵ toma valores entre 0.72 y 1. Para un indentador de diamante, $E_1 = 1140$ Gpa, $\nu = 0.07$ y ϵ vale 0.72, por lo tanto, del área de contacto A se puede determinar la dureza de la película a partir de la definición normal:

$$H = \frac{P_{max}}{A} \quad (\text{Ec. 5})$$

7. Ensayos de Corrosión

Con excepción de los aceros inoxidables, todos los aceros en general poseen una baja resistencia a la corrosión, sobre todo cuando operan en ambientes salinos o industriales. Con el fin de mejorar su comportamiento frente a los fenómenos de oxidación y corrosión

se han desarrollado algunos tipos de recubrimientos como los nitruros de titanio, de cromo, de niobio y de vanadio, entre otros. Estas aleaciones son mucho más nobles que el hierro y el acero y presentan un mejor comportamiento frente a la corrosión. Sin embargo, la resistencia a la corrosión de estos materiales se puede ver afectada por uno o varios de los siguientes factores ^(7,8):

- Composición química del material
- Microestructura (tamaño, forma y distribución del grano y de las fases existentes)
- Cantidad, tamaño y tipo de defectos cristalinos (vacancias, inclusiones, segregaciones, etc.)
- Densidad del recubrimiento (porosidad, permeabilidad)
- Espesor del recubrimiento
- Acabado superficial, entre otros.

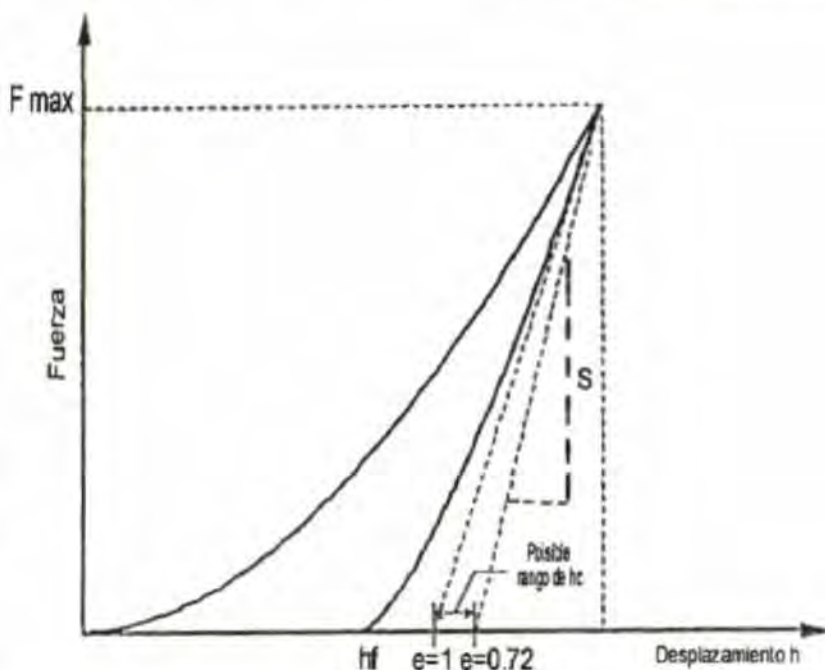


Figura 8. Curva esfuerzo-desplazamiento ^(5,6)

Con base en lo anterior se puede deducir que es absolutamente necesario disponer de técnicas para evaluar la resistencia a la corrosión de los recubrimientos en función de los parámetros anteriores, y de esa manera optimizar el proceso de deposición y la calidad de los recubrimientos. La técnica de las mediciones de polarización anódica potencio-dinámicas para evaluar el comportamiento frente a los procesos de corrosión de muchos materiales se muestra esquemáticamente en la Figura 9 ⁽⁹⁾.

Mediante esta disposición de los electrodos se realiza un barrido entre -250 mV por debajo del potencial de corrosión hasta 1,2 V aplicando un voltaje que oscila entre 6 y 12 mV y se mide la correspondiente densidad de corriente (Norma ASTM G5). El potencial de corrosión se determina en circuito abierto hasta lograr el equilibrio electroquímico en la celda. La parte catódica de la curva se obtiene aplicando una corriente negativa hasta alcanzar el potencial de corrosión; la parte anódica de la

curva se alcanza de igual manera, pero suministrando en este caso una corriente positiva.

El punto de intersección de las pendientes de Tafel trazadas en el tramo lineal de ambas curvas, tanto en la parte catódica como en la anódica, corresponde a la corriente de corrosión. Por debajo del potencial de corrosión el material en cuestión no sufre corrosión alguna, mientras que por encima de éste empieza a corroerse y a disolverse en el medio acuoso. En el transcurso de este proceso muchos materiales forman una capa óxida que origina cierto grado de pasividad y puede llegar a tal punto que el proceso de corrosión se detiene y el material se pasiva totalmente ⁽⁹⁾.

8. Ensayo de medición de Tensiones Superficiales

De igual manera y para lograr una buena adherencia del recubrimiento al sustrato y una alta densidad (baja porosidad y permeabilidad) del mismo, es necesario bombardear el

recubrimiento durante su nucleación y crecimiento. Esto genera tensiones compresivas en la película que pueden terminar en una fractura o desprendimiento de la misma. El valor de dichas tensiones depende ante todo de los siguientes parámetros:

- Masa, energía y dosis de los iones utilizados para el bombardeo
- Espesor del recubrimiento
- Potencia del magnetrón
- Bias y temperatura del sustrato
- Presión de trabajo, entre otros.

Nuevamente es indispensable determinar aquí el nivel de tensiones inducidas para optimizar los parámetros de deposición y con ello el espesor del recubrimiento. Por lo tanto, a continuación se describe la técnica sensorial MOSS (Multi Beam Optical Stress Sensor), ampliamente utilizada por diferentes investigadores para cuantificar las tensiones superficiales inducidas en recubrimientos y películas delgadas. Una representación esquemática del equipo se muestra en la Figura 10.

En este caso la muestra recubierta, una oblea de silicio (100) de 10-20 mm de diámetro y 300 micras de espesor, sufre una deformación cóncava a causa de las tensiones inducidas en la película. La probeta se coloca sobre un plano de referencia y sobre ella se dirigen dos haces paralelos de rayos láser. Estos sufren una primera reflexión sobre la superficie de la muestra y una segunda sobre un espejo ubicado en el plano superior del aparato. La distancia Z entre los puntos de esta última reflexión se mide en el plano de referencia inferior, el cual posee una escala milimétrica. Mediante relaciones geométricas y aplicando la

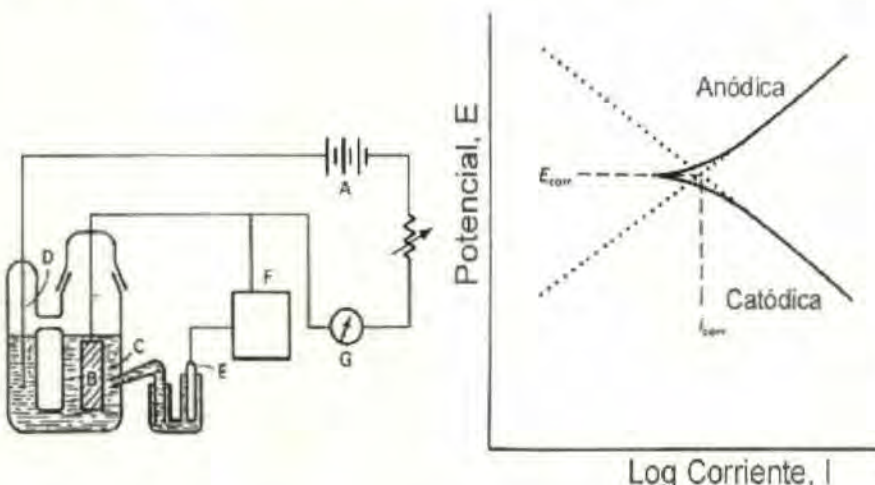


Figura 9. Celda electro-química para ensayos de corrosión. A la derecha se observa esquemáticamente una curva de polarización. A: Fuente de poder. B: Electrodo de trabajo. C: Electrolito. D: Contra electrodo. E: Electrodo Calomel de referencia. F: voltímetro. G: Amperímetro.

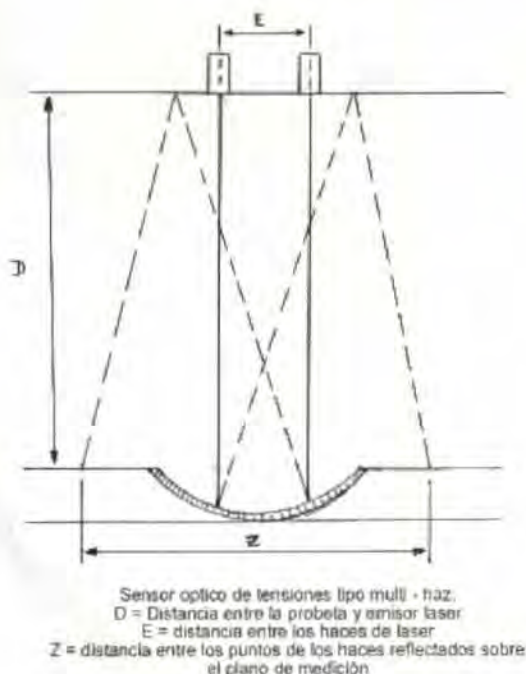


Figura 10. Esquema del equipo MOSS para medir tensiones superficiales en recubrimientos⁽¹⁰⁾

ley de Hooke, Stoney⁽¹⁰⁾ derivó las siguientes ecuaciones matemáticas para calcular el radio de curvatura de la muestra de silicio y el valor de la tensión inducida en el recubrimiento:

$$R = 2 \cdot D \cdot E / (E - Z) \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\sigma = \frac{-E_s \cdot W_s^2}{6(1-\nu_s)W_c} \times \left[\frac{1-R_u}{1-R_b} \right] \quad (\text{Ec. 6})$$

E: Distancia entre los haces de rayos láser.

D: Distancia entre el espejo superior y el plano de referencia inferior.

Z: Distancia entre puntos reflejados sobre el plano inferior de referencia y posee un valor negativo para curvatura cóncava.

W_s : Espesor del sustrato.

W_c : Espesor del recubrimiento.

ν_s : Relación de Poisson del sustrato.

E_s : Módulo de elasticidad del sustrato.

R_a y R_b : Radios de curvatura de la muestra antes y después de ser recubierta.

REFERENCIAS

1) Losbichler, P. "Recubrimientos Ultraduros de Ti-B-N obtenidos por PVD". Tesis doctoral en Ciencia de los Materiales. Facultad de Metalurgia, Universidad de Montana. Leoben, Austria. Junio de 1998.

2) Mitterer, C.; Mayrhofer, P.H.; Beschliesser, M.; Losbichler, P. "Microestructure and Properties of Nanocomposite Ti-B-N and Ti-B-C coatings". Surface and Coatings Technology, 120-121 (1991) 405-411.

3) Jenck, Shimadzu. "Teoría del Microscopio de Fuerza Atómica". www.jenck.com/shim-spm9500-t.htm

4) Amigo, Vicente. "Microscopia Electrónica de Barrido y sus aplicaciones". Instituto de Ciencia de los materiales de la Universidad Politécnica de Valencia, España. 1999.

5) Wyrobek, Thomas. "Sample Analysis Report". Hysitron Inc. 5251 W. 73rd St., Minneapolis, Minnesota 55439, USA 27.03.2002.

6) Antunes, J.M.; Cavaleiro, A.; Menezes, L.F.; Simoes, M.I.; Fernández, J.V. "Ultra-microhardness testing procedure with Vickers indenter". Surface and Coatings Technology. No. 149, 2002. pp. 27-35.

7) Schrey, Albert. "Recubrimientos Duros Anticorrosivos". Tesis de grado de la Universidad Técnica de Renania Westfalia Aachen, Alemania. Diciembre de 1993.

8) Liu, C.; Leyland, A.; Bi, Q., Matthews A. "Corrosion resistance of multi-layered plasma-assisted physical vapour deposition TiN and CrN coatings". Surface and Coatings Technology, 141 (2001). pp. 164-173.

9) Anna C., Fraker. "Corrosion of Metallic Implants and Prosthetic Devices". ASM Handbook. Vol. 13 (1998), pp. 1324 - 1335.

10) Kelesoglu, Ergün. "Influencia del bombardeo iónico sobre la estructura, propiedades mecánicas y comportamiento frente a la corrosión del TiN, ZrN, TiB2 y ZrB2". Trabajo de doctorado, Facultad de Metalurgia de la Universidad Técnica de Montana. Leoben-Austria. 1998.



A mis zapatos

Lluís Lahoz Jubert

Director revista Equipos Productos Industriales

De camino al trabajo suelo pasar por una esquina donde veo a través de los cristales de su establecimiento a un zapatero remendón siempre con zapatos entre manos. Es un hombre mayor al que se ve casi siempre acompañado de una mujer que intuyo su esposa y de un grueso gato atigrado. Dejando aparte su edad, hoy me ha dado en pensar en la multitud de oficios y menesteres que como el de este vecino están en vías de extinción.

A menudo oímos hablar de fracaso escolar, pero no es corriente que se piense en actividades humildes como la del remendón para dar salida a las dificultades ante el aprendizaje reglado. Aunque poner unas suelas a un zapato nos cueste tres mil pesetas, a nadie se le ocurre sugerir a un muchacho joven que aprenda ese oficio para ganarse el sustento. Claro está que unos zapatos que pueden soportar unas suelas nuevas son cada vez menos corrientes y que se puede obtener un par de nuevos por poco más dinero que lo que cuesta reparar unos viejos.

La gran mayoría de las actividades

que emprendemos los humanos están vinculadas a lo que entendemos como un provecho, ya sea propio o de los demás e incluso de cuantos más sea posible. La especialización iniciada en las sociedades primitivas no ha cesado hasta el momento. La industria produce unos bienes y unos servicios cuyos beneficios se encargan de ponderar los que pretenden sacar unas ganancias aún mayores que las que generan.

Piezas cada vez más pequeñas de engranajes cada vez mayores, las decisiones que los que pueden toman por nosotros sólo se ven matizadas por el riesgo de que provoquen una respuesta destemplada y generalizada que les perjudique. En pleno auge de la comunicación - el trasiego de personas e información -, parece que el auténtico conocimiento motor, aquél que debería ser capaz de cambiar nuestra visión de lo que más nos afecta, pierde potencia.

Ese conocimiento acumulado por la especie humana durante generaciones parece evaporarse en desplazamientos y en comunicaciones que deberían propalarlo. Los depositarios de ese saber que se les

había transmitido rudimentariamente no lo encuentran útil para desenvolverse en las nuevas condiciones que a cada momento les toca vivir. Acuciados por necesidades nuevas, apenas tenemos tiempo para pensar en resolverlas ni para transmitir la sabiduría que atesoran.

De poco nos sirve saber, por ejemplo, que en verano se regaba para que la evaporación refrescara el ambiente, si no tenemos aire acondicionado en el despacho nuevo. O conocer que el correo electrónico e Internet son herramientas idóneas para nuestra labor, si la compañía prestadora del servicio no atina a resolver cómo ni cuándo nos los hará llegar. Desazonado, he bajado a tomar un café. Pero en realidad lo que quería era comprobar que el Rápido Paz seguía en su esquina entre zapatos. Me he fijado en su ventilador. Al único que no he visto ha sido al gato.

Tomado de la revista Equipos Productos Industriales. V. 10, No. 9, Septiembre de 2000.

Reproducido con permiso expreso del autor



Importancia estratégica de los nuevos materiales en el desarrollo sostenible y como alternativa de competitividad

Wilken Rodríguez Escobar ⁽¹⁾; Hernán Bejarano Barrera ⁽²⁾; Hernando Villazón Amarís ⁽³⁾

⁽¹⁾ Licenciado en física Universidad Distrital

⁽²⁾ Estadístico Universidad Nacional de Colombia

⁽³⁾ Ingeniero Químico Universidad Nacional de Colombia



Figura 1. Transbordador espacial - Tomado de www.spacesciencegroup.nsula.edu

Resumen

Los nuevos materiales tienen una creciente importancia en el desarrollo nacional, y la mayoría de los países industrializados están invirtiendo grandes sumas en el desarrollo de éstos, debido a su gran papel

estratégico en la interacción económica global. El presente artículo pretende dar una visión general de la participación de estos materiales en la economía mundial como factor alternativo de competitividad, teniendo en cuenta primordialmente la conservación del

medio ambiente y la búsqueda permanente de la calidad total.

2. Razón de nuevos materiales y tecnologías

Los nuevos materiales se obtienen a partir de distintas combinaciones de

elementos químicos o aleaciones, obteniendo nuevas propiedades según los procesos a los que han sido sometidos. Dentro de las razones que los países industrializados han tenido para desarrollarlos, se puede mencionar la preservación y protección del medio ambiente, la reducción del consumo de materias primas estratégicas (obtenidas de los recursos renovables escasos y de los no renovables), el incremento de la competitividad en el mercado mundial, las mejoras en la productividad industrial (al reducir costos o hacer los procesos más controlables y con mayor grado de automatización), la caída de los precios de las materias primas, entre otras.

3. Los nuevos materiales

Los programas de investigación de nuevos materiales se dirigen en dos vías principales, que son:

- Materiales estructurales (construcción) como los metales y sus aleaciones, materiales cerámicos, vidrios (de naturaleza inorgánica).

- Materiales estructurales y funcionales como polímeros (orgánico-químico).

Los nuevos materiales deben ofrecer propiedades superiores a los materiales tradicionales, obteniendo así mejor resistencia al desgaste, resistencia a altas temperaturas y presiones, gran dureza, gran resistencia mecánica, posibilidad de combinarse con otros materiales, alta resistencia a la corrosión, bajo peso y costo mínimo.

Las principales investigaciones en el campo de los materiales y de sus innovaciones, se centran en las siguientes áreas:

- Cerámicas avanzadas
- Polímeros
- Materiales compuestos
- Materiales superconductores
- Materiales metálicos

Cada uno de estos materiales presenta ciertas características y desarrollos que se describen a continuación.

3.1 Cerámicas avanzadas

Son materiales basados en compuestos inorgánicos no metálicos, producidos a altas temperaturas y usados en componentes que soportan esfuerzos moderados, altas temperaturas y ambientes agresivos.

Sus desarrollos están destinados a motores de combustión interna, válvulas, elementos de control, purificación de gases etc. Es posible que sustituyan al cobalto, al níquel y a otros materiales utilizados en la fabricación de muchos componentes.

El campo de los cerámicos requiere todavía de intensa investigación para solucionar problemas de carácter estructural, tales como el estudio de las características de los polvos cerámicos en función de la calidad, la productividad y la fiabilidad de los componentes, el diseño y automatización de los procesos de producción en serie para las cerámicas de alta calidad, la generación de nuevos métodos de aglomeración de polvos cerámicos, el mejorar al máximo la compleja relación polvo/presión/temperatura, resistencia mecánica, densidad, el estudio de la superficie de contacto metal/cerámico (cermet), incluidos, dilatación, adhesivos, producción en serie, etc.

Es igualmente importante el estudio de las cerámicas compuestas con fibras o microfibras, empleadas como refuerzo para aplicaciones industriales y el sector textil donde existe un gran potencial, así como el estudio del comportamiento de los materiales cerámicos para su uso a elevadas temperaturas.



Dirigible elaborado con materiales compuestos.
Tomado de www.airvision.ch

3.1.1 Estado del desarrollo en cerámicas

Una de las aplicaciones más importantes se da en el sector automotriz, cuya estructura de costos de producción tiene la siguiente relación: Materia prima: 53%. Producción: 30%. Desarrollo: 17%.

Los nuevos materiales cerámicos podrían reducir el peso (a la mitad, por ejemplo) con un incremento en el costo de desarrollo al 30% y disminución de costos de producción cerca de un 15%.

La producción y desarrollo de cerámicas con base en óxidos de Al-Mg-Zr, está concentrada hoy así:

a. **Japón:** 65% mercado mundial (200 patentes/ año, 28% con base en SiNi, 19% SiC 12%ZrO₂), con aproximadamente 2000 investigadores. En 1981 el Ministerio de Industria y Comercio del Japón (MITI) comenzó programas de desarrollo. En 1991 invirtió Japón, cerca de US\$ 350 millones en investigación y desarrollo de materiales, de los cuales US\$ 200 millones, corresponden a cerámicas. La industria automotriz (Toyota, Isuzu Motores, etc.), ha reducido los costos del "motor cerámico", en cerca de 50% y el mercado de herramientas de corte llega en Japón hoy a US\$ 500 millones.

b. **Estados Unidos** tiene el 25% del mercado mundial (120 patentes/ año), en cerámicas similares a las Japonesas. Los Estados Unidos invierten cerca de US\$ 1000 millones/ año (30% en investigación básica, 70% en tecnología). El departamento de energía (DOE) invierte US\$ 340

millones/ año en investigación de materiales. Cerca de US\$ 100 millones corresponden a cerámicas. El mercado de herramientas de corte cerámicas llegaría a unos US\$ 400 millones de la industria automotriz (General Motors), se concentra en el motor monolítico-cerámicos son todavía 1.5 veces más costosos que los bloques metálicos.

Las principales compañías y organizaciones en cerámicas en Estados Unidos, son: Departamento de Energía (DOE), Departamento de Defensa (DOD), Departamento de Comercio (DOC), NASA, Structural Ceramics Mv., Carborundum Co., CTE/Sylvania, 3M Corp. Min., Westinghouse Electric Corp., General Motors, Ford Co., W.R., Grace, Garret Turbine engine Co., Allison Gas Turbine Div., National Science Foundation, General Electric Co., Duramic Products Inc., Norton/TRW ceramics, Oak Ridge Nat. Laboratory (CTAHE), Bureau of Mines, Union Carbide Corp., Norton Industries, National Bureau F. Standards, MIT, Battelle Memor. Inst., Pennsylvania State Univ., University Illinois., University of Virginia.

c. **La República Federal de Alemania y Francia** se encuentran en tercer puesto, después de Japón y Estados Unidos, en el desarrollo de cerámicos. Las bases principales de investigación son: Óxido de Al, Mg, Zr, Si-Ni, Si-C, Al-Ni, etc. El desarrollo europeo está atrasado entre 5 y 6 años respecto a Japón y Estados Unidos. La producción de cerámicas avanzadas en Europa alcanzó en 1987 un valor de US\$ 280 millones.

La República Federal de Alemania invirtió en materiales para el período

1985-1988: 940 millones de marcos alemanes (DM) y para el período 1989-1994: DM 700 millones.

Algunos centros de investigación y organizaciones en la República Federal Alemana son: BMFT (Ministerio de Investigación y Tecnología), Instituto Max Planck (DM60 millones/ año), Fraunhofer-Gesellschaft (con la universidad técnica de Berlín) (DM45 millones/ año), BAM - Berlín (DM45 millones/ año), KFA, KFK, DFVL, GKSS, HMI (DM85 millones/ año), BMVg (Ministerio de Defensa) (DM105 millones/ año).

Las compañías con programas de investigación más avanzados son: Audi, AEG, BASF, Bayer/PK, Brown Boveri, Daimler Benz en unión de la Universidad Tecnológica de Karlsruhe y Degussa, Hoechst-Ceramtec, Feldmühle AG, Kraftwerk Union (Siemens), Krupp., Porsche, Volkswagen.

Gran Bretaña tiene programas similares a la República Federal Alemana, pero con más interés en la industria aeronáutica (rolls Royce, Change Pilkington, Atomic Lac., Harwell, Universidad Londres, Carborundum Co., GEC Ceramics Ltd., Norton Refractories Ltd.).

3.1.2 Futuro de las cerámicas avanzadas

El potencial de aplicación de las cerámicas avanzadas es grande, sin embargo, el espectro comercial es reducido debido a problemas técnicos en su producción. Además, la estructura química, que imparte propiedades térmicas y mecánicas superiores a las cerámicas avanzadas, no es apropiada bajo ciertas condiciones de trabajo y conlleva a problemas de seguridad, altos costos de producción y mano de obra especializada.

3.2 Polímeros

Los polímeros son en general, materiales orgánicos constituidos por grandes moléculas, basados en moléculas discretas unidas de manera repetitiva. Dentro de los principales polímeros se encuentran las fibras, el caucho, el PVC, el polietileno, el polipropileno, etc. Por lo general, los polímeros poseen una alta resistencia a la corrosión y al ataque químico, al igual que escasa resistencia a las temperaturas elevadas.

Los polímeros presentan aplicaciones en diversos campos, tales como en la construcción, la electrónica, la industria química, automotriz, los empaques, etc. Las metas de desarrollo para este tipo de materiales, se enfocan hacia polímeros con nuevas estructuras moleculares, logrando así mejores propiedades térmicas, mecánicas, químicas, al igual que hacia polímeros funcionales con propiedades ópticas, magnéticas, electrónicas, etc.

3.2.1 Nuevos desarrollos de los materiales poliméricos

Las diversas aplicaciones de los polímeros, son muestra de su alto potencial de innovación, existiendo muchas opciones de investigación y desarrollo en torno a los polímeros de extrema resistencia (altas temperaturas), polímeros compuestos, copolímeros reordenados, polímeros portadores de información, polímeros con propiedades eléctricas, electrónicas, magnéticas y ópticas, polímeros portadores de información, polímeros dotados de memoria.

3.2.2 El mercado de los polímeros

Los nuevos polímeros tienden a reemplazar diferentes metales y otros materiales con aplicaciones

estructurales (utilizados en la industria automotriz y de la construcción). Las principales organizaciones de investigación en el campo de los polímeros, están en Japón, Alemania, Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Francia, Brasil, Suiza, etc.

3.3 Los materiales compuestos

Estos materiales se caracterizan por estar hechos de varios materiales discretos, por ejemplo: fibra y lámina compuestas. Resultan de la dispersión de partículas o fibras de una sustancia en una matriz o aglutinante que depende del nivel de temperatura a que trabaja el compuesto.

Elementos como el carbono, aluminio, silicio, nitrógeno, oxígeno, etc., forman compuestos en los cuales los átomos están sólidamente unidos y son resistentes al calor y a las reacciones químicas; sin embargo, la estructura de tales compuestos es frágil. A través de la combinación de los compuestos en forma de fibras o los llamados Whikers (diminutas agujas de carburo de silicio y óxido de aluminio), se llega a materiales compuestos, tales como: fibras artificiales de matriz polimérica, combinaciones laminares con láminas artificiales, fibras metálicas reforzadas, fibras cerámicas reforzadas.

3.3.1 Aplicaciones de los materiales compuestos

El uso de compuestos de matriz carbono-carbono se concentra actualmente en Francia, Inglaterra y Estados Unidos en los campos de la industria espacial militar, militar y aeronáutica. Los costos de producción son altos y para minimizarlos, las investigaciones buscan reducir los tiempos de producción.

3.3.2 Materiales Compuestos de Matriz Metálica

Las principales matrices metálicas son: matriz de aluminio, de magnesio, de carbono-carbono. Las investigaciones giran en torno a problemas de calidad / precio; densidad / resistencia; temperatura de operación, resistencia al calor, a la corrosión y otras más. Es igualmente importante el estudio de los biomateriales, empleados en la fabricación de prótesis para reemplazar partes humanas, dada su compatibilidad con los tejidos naturales y especialmente con el sistema óseo.

3.4 Materiales superconductores

Con estos materiales se busca conducir la corriente eléctrica con la menor resistencia posible. Los electrones de valencia, encargados de conducir la corriente, colisionan entre sí y con los átomos del material, perdiendo una parte de su energía en calor. Como resultado, se pierde energía eléctrica y el conductor se calienta. En el caso de bajas temperaturas, los electrones "vuelan" sin colisiones y en zig-zag a través de los cristales del átomo sin perder energía. De esta manera, el material se convierte en superconductor y las pérdidas energéticas desaparecen.

Los investigadores A. Muller y G. Bednorz (IBM, Zurich) usaron en 1986 un óxido cerámico en vez de metales, a una temperatura crítica de 35°K, entre tanto, se ha llegado a 150°K y 100°K mediante enfriamiento con Helio o Nitrógeno Líquido, pero resulta demasiado costoso.

Si bien a comienzos de 1988 Japón había logrado 2000 patentes relacionadas con superconductores, no existe aún una teoría que explique las propiedades electromagnéticas de los superconductores de óxidos

cerámicos ($Ba_2 YCu_3 O_{7-x}$, 93K). Tampoco se sabe con claridad, el comportamiento de los compuestos: cobre, oxígeno, o flúor, Ytrio, Bario y otros elementos.

3.4.1 Desarrollos en marcha

Actualmente existen cuatro rangos principales de temperaturas de transición para superconductores de óxido de cobre: 40, 93, 80-110, 80-120 (grados Kelvin).

El material superconductor se prepara en muchas formas: polvo policristalino, cristales sencillos, cerámicas, compuestos, alambres y películas finas. En general, los superconductores actuales son frágiles y químicamente inestables (perovskites) y reaccionan con la humedad y el gas carbónico perdiendo sus propiedades.

3.4.2 Posibles aplicaciones y su mercado

Un estudio Japonés (Nippon Kezai Schimbun), estima que el mercado potencial de materiales superconductores al año 2000 puede ser de US\$ 20.000 a US\$ 34.000 millones. Otro estudio americano (Hightech Alert), predice solo US\$ 1.800 millones de dólares. El caso es que su aplicación demandaría muchos millones de toneladas de Bario o Ytrio (actualmente se producen unos miles de toneladas) y su mercado podría llegar a US\$ 1.000 millones.

Las compañías US-Montafirma MolyCorp y la francesa Rhone Poulenc se reparten la producción mundial Ytrio que es de 600 toneladas, con aplicación en tubos de T.V. y en vidrios especiales. Un gramo de Ytrio cuesta aproximadamente US\$ 1.50. El mercado para 1990 se estima así:



Figura 3. Naríz de monorriel - Tomado de www.aarcorp.com

Medicina	US\$ 350 millones
Energía	US\$ 10 millones
Transporte	US\$ 10 millones
Electrónica	US\$ 150 millones
Nuevos materiales	US\$ 100 millones
Alta energía	US\$ 300 millones
TOTAL	US\$ 900 millones

Japón ha avanzado en investigación de superconductores, con una nueva inversión de US\$ 100 millones / año en investigación básica, igual que Estados Unidos, y 900 investigadores (mientras en Estados Unidos hay 625 investigadores en este campo).

Las principales aplicaciones de los superconductores, son: "Levitation Kits" para trabajos de laboratorio, Cavidades de radio frecuencia (rf) en aceleradores de alta energía (mesones, etc.), Computadores, chips, magnetos, almacenamiento de energía, magnetoóptica, transporte magnético, Motores eléctricos y conducción eléctrica, generadores, transformadores, redes de distribución, fusión nuclear, magnetohidrodinámica, computadores

(sistemas memorización), encefalografía magnética, sistemas de interferencia cuántica (SQUID's), Armas (SDI, detectores infrarrojos, láser, etc.)

Algunos grupos industriales y de investigación avanzados son: **Estados Unidos** (IBM, General Electric, Sracon-Ca, Argonne Nat., Lab. Bellcore, Du Pont, ATT-Bell Laboratories, Brookhaven Nat. Lab., Battelle Inst., Univ. Houston, US-Montan MolyCorp), **Japón** (Nippon Telegraph & Tel. Corp., Asahi, Nippon Steel Corp., Osaka Univ., Tokio Univ., Association Future Electronics), **Inglaterra** (Univ. Cambridge, Univ. Warwick (Coventry), Oxford Instrum, Rutherford Appleton Laboratory), **Alemania** (Max Planck Institut, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Siemens Keybold-Degussa, Daimler Benz, Philips-Aache, MAN, VAC), **India** (Council of Scientific & Ind. Research., National Physical Laboratory (New Delhi)), **Francia** (Rhone-Phoulenc, C.E.A., CGE., Marcoussis, CNRS), **Unión Soviética** (Lebedev Institute, institute

Physical studies (FIAN), Landulnst., Inst. Of Solide State Physics, Univ. Moscow), **China, Corea del Sur, Canadá, Brasil, México** (Universidad Nacional Autónoma).

3.5 Materiales metálicos

Estos materiales han sido y continuarán siendo importantes. Sus propiedades son bien conocidas; su utilización, reciclaje y disposición final son manejables. Muchos de los materiales metálicos son únicos y ofrecen un gran potencial de mejoramiento y nuevos usos a mediano plazo. Uno de los programas más interesante es el de la Comunidad Económica y Europa (EURAM).

Este programa se desarrolla en dos etapas: EURAM-I (1986-1989), que cubre las tecnologías de acabado y maquinaria con tecnología láser (215 proyectos) y EURAM-II (1989-1992), que cubre materiales metálicos, cerámicos, compuestos, etc., (85 proyectos). A continuación se presenta el resumen del programa de materiales metálicos EURAM.

3.5.1 Aleaciones de aluminio

El aluminio y sus aleaciones, pese a que son materiales bastante conocidos, presenta todavía un importante potencial de desarrollo en sectores como los transportes (aeronáutica, industria automovilística), en los que la relación propiedades mecánicas/peso específico desempeña un importante papel.

Desarrollo de las aleaciones de aluminio

En este tipo de aleaciones, lo que se pretende es mejorar las características mecánicas como la resistencia a la fatiga, a la rotura, a la abrasión y a la capacidad de ser

soldadas al igual que la resistencia a la corrosión mediante tratamientos de la superficie.

3.5.2 Aleaciones de magnesio

Se trata, principalmente, de mejorar la resistencia mecánica y química (corrosión) de las aleaciones Mg. Además, habría que incrementar el límite de deformación de los metales hasta 200°C, buscar la adaptación de las nuevas aleaciones de Mg a las modernas técnicas de vaciado (rheocasting o thixo-casting).

Se han realizado avances en revestimientos de superficie y mejoras de los procesos de tratamiento de superficies y automatización de los equipos; al igual que estudios sobre el deterioro de las aleaciones de Magnesio por solidificación rápida (RSR), mejoras en los procedimientos de configuración: prensado, vaciado, extrusión, e incremento del límite térmico de empleo de los componentes de Mg.

3.5.3 Aleaciones del Titanio

Alrededor de este tipo de aleaciones, se han estudiado los diferentes métodos de producción, solucionando los problemas de ingeniería para la configuración de polvos de aleación (comprensión, sinterización, extrusión, laminado, etc.) y logrando reducción de los costos.

Los métodos de producción de componentes de Ti, con bajo costo, se basan en la metalurgia de polvos y en nuevas composiciones de aleaciones Ti de alto rendimiento. Las nuevas aleaciones de Ti, más económicas, con dispersantes de óxidos para mejorar sus características ("dispersion hardening"), busca el desarrollo de los procedimientos de solidificación rápida para la producción de polvo de aleaciones de Ti y entender la

formación de aleaciones superplásticas de Ti, para producir componentes ("near net shape").

El programa EURAM-I, cuesta 60 millones ECU (aproximadamente US\$ 80 millones), la mitad se financia por la Comunidad Económica Europea. El programa EURAM-II cuesta 500 millones ECU, en cuatro años (US\$ 600 millones).

Una comparación de inversiones en nuevos materiales a fines de 1986, mostró las siguientes inversiones:

PAÍS	INVERSIÓN*
Estados Unidos	1.100 ECU
Europa-12	500-600 ECU
Japón	300 ECU
Francia	230 ECU
Alemania Federal	190 ECU
	(450 ECU, 1998)
Inglaterra	72 ECU
Total	2.492 ECU**

* En millones

** US\$ 2.990 millones

El programa japonés de metales estuvo en etapa de estructuración (1985-1992) bajo la coordinación del "Research and Development Center for Metals-JRCM" con la participación de 15 grandes acerías.

Otras áreas de investigación y desarrollo son: aleaciones de aluminio-litio para aplicaciones aeroespaciales, aplicación de metales raros, superconductores, partículas ultrafinas, desarrollo de metales semisólidos, etc.

4. Impacto de los nuevos materiales

El desarrollo actual y futuro de los nuevos materiales, así como el perfeccionamiento de los actuales, conducen a innovaciones tecnológicas importantes, capaces de desplazar industrias tradicionales,

reducir la dependencia en materias primas estratégicas y monopolizar sectores industriales completos. Esto implica aspectos económicos importantes, especialmente con respecto a la financiación y a la deuda externa. Muchos países han invertido grandes sumas en industrialización ligera y mediana, las cuales pueden ser impactadas a mediano plazo en menor grado.

El desarrollo de los nuevos materiales se encuentra en las etapas de investigación, experimentación y fabricación; se trata de materiales costosos, con requerimientos de un amplio mercado y grandes inversiones de desarrollo, así como el manejo de varios problemas inherentes a su uso (por ejemplo, producción en ambientes especiales debido a su carácter tóxico (en algunas cerámicas), nuevas pruebas de control de calidad, disposición de los materiales de desecho, su posible reutilización). La participación internacional aumenta continuamente (Estados Unidos, Japón, Hong Kong, Singapur, Corea, Taiwan, China, Europa Occidental, la Unión Soviética, los países de Europa Oriental, etc.). El reto más importante es entre Japón y Estados Unidos, en segundo lugar, entre Europa y el Japón.

El impacto más relevante se da en las materias primas convencionales y estratégicas: cobre, níquel, bauxita, hierro, plomo, platino, molibdeno, vanadio, cobalto, samario, petróleo, gas, etc.

Uno de los impactos mayores se da en el sector automotriz (carrocerías, motores, partes), electrónica y microelectrónica, en textiles (materiales compuestos, polímeros), en química (polímeros, superplásticos), metalmecánica (aleaciones metálicas nuevas y procesos de producción competitivos,

solidificación, herramientas de cortes, maquinaria, vaciado de paredes delgadas, etc.), industria eléctrica (turbinas, compresores, motores, componentes varios), industria agrícola (tractores, arados combinados, herramientas, sistemas de riego, etc.), industria petrolera (innovación y reducción de costos en diferentes procesos). Simultáneamente, los nuevos materiales aumentan el potencial y desarrollo de nuevas tecnologías tales como la micro y optoelectrónica, láseres, medicina electrónica, construcción compuesta, etc.

Bibliografía

ASKELAND, Donald R. "La Ciencia e Ingeniería de los materiales". 3ª Edición, Editorial Educativa, 1998. México, D.F., 790 p.

KITAZAWA, K. "Superconductivity: Materials Research Society International Symposium Proceedings Iman. T. Ishiguri Editores. Agosto 28 al 31 de 1988, Nagoya. 234 p.

NORTON, F. H. "Refractarios", Blume Editores, 6ª Edición, 1994. Editorial McGraw Hill. New York, 1297 p.

COLCIENCIAS. "Previsión del desarrollo e impactos mundiales de los nuevos materiales y estrategias para Colombia, Bogotá". Septiembre de 1989.

www.biomateriales.com

www.geocities.com/bellezaintegra/biopolim.htm

Reproducido con autorización expresa del editor

Correos de Colombia



ADPOSTAL
Llegamos a todo el mundo!



Llame gratis a nuestras nuevas líneas de atención al cliente

018000-915525
018000-915503

Visite nuestra página web
www.adpostal.gov.co

Balance de la Mesa Sectorial de Hidrocarburos, Petroquímica, Plásticos, Caucho y Fibras

El SENA le cumplió a las empresas de la Cadena

Miryam Gaviria Cárdenas ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Metodóloga Mesa Sectorial Hidrocarburos-Petroquímica-Plástico-Caucho-Fibras Sintéticas
Centro de Desarrollo Tecnológico y Asistencia Técnica a la Industria CDT-ASTIN



En cumplimiento de las metas propuestas por la Mesa Sectorial de la Cadena Productiva Hidrocarburos, Petroquímica, Plásticos, Caucho y Fibras para el año 2003, y con el fin de aprobar las Normas de Competencia Laboral, necesarias para la elaboración de programas de formación "a la medida" de las necesidades de los empresarios de la Cadena, el SENA, en cabeza de los doctores Juan Bayona Ferreira, Director del Sistema Nacional de Formación Profesional y Esperanza Adriana Ramos Rodríguez, Directora de la Regional del Valle, presentó en la Reunión programada para el día 18 de Noviembre, el Balance de la misma, presidida por el Ingeniero Jorge Antonio Noguera, y con los buenos oficios de la Ingeniera Aura Elvira Narváez, Jefa (E) del Centro ASTIN, Secretaría Técnica de la Mesa.

29 Normas o Estándares de Competencia Laboral

La Mesa, con el concurso de los empresarios, comunidad académica y trabajadores expertos de cada uno de los subsectores ha diseñado y aprobado para el país 29 normas de Competencia Laboral, que sirven

como parámetro para la evaluación del desempeño de Trabajadores de la Cadena.

Las Normas de Competencia elaboradas están distribuidas por eslabón así:

PLÁSTICOS

Planificación de la Producción

(Cuatro (4) Normas de Competencia Laboral)

- Elaborar el Plan de General de Producción según Plan de Ventas, niveles de inventario y capacidad de producción
- Programar la producción según producto a fabricar
- Retroalimentar los procesos de la empresa a partir de los resultados de producción obtenidos
- Coordinar proyectos de acuerdo con los planes y programas de la empresa.

Fabricación de Productos Plásticos

(Cinco (5) Normas de Competencia laboral)

- Preparar materiales y herramental para la fabricación de productos plásticos
- Alistar máquinas, herramental y equipos periféricos según orden de producción
- Mantener en operación el proceso de fabricación según orden de producción
- Cumplir con los requerimientos de seguridad y salud ocupacional, que le correspondan según normatividad vigente
- Ejecutar el mantenimiento preventivo de las máquinas, equipos periféricos y herramental según programa establecido.

Diseño de Moldes para Transformación de Materiales Plásticos

(Cinco (5) Normas de Competencia)

- Definir las alternativas de solución del producto según necesidades del cliente y condiciones de la empresa.
- Dimensionar el producto según requerimientos acordados con el cliente



- Elaborar la información técnica requerida según el producto a fabricar
- Homologar el producto según las condiciones de la empresa
- Coordinar proyectos de acuerdo con los planes y programas de la empresa

Acabado de Productos Plásticos

(Cinco (5) Normas de Competencia Laboral)

- Alistar máquina e insumos según proceso de acabado programado
- Controlar el proceso de acabado según especificaciones dadas
- Preparar el lote del producto según normas de la empresa
- Cumplir con los requerimientos de seguridad y salud ocupacional, que le correspondan según normatividad vigente

- Ejecutar el mantenimiento preventivo de las máquinas, equipos periféricos y herramental. Según programa establecido por la empresa.

PETROQUÍMICA

Obtención de Materiales Poliméricos

(Cinco (5) Normas de Competencia)

- Preparar materiales según formulación del producto
- Controlar el proceso según formulación del producto
- Entregar los productos terminados a bodega según requerimientos del cliente y características del mismo
- Cumplir con los requerimientos de seguridad y salud ocupacional, que le correspondan según normatividad vigente
- Ejecutar mantenimiento preventivo de las máquinas y equipos según programas establecidos por la empresa

CAUCHO

Fabricación de Productos de Caucho

(Cinco (5) Normas de Competencia)

- Obtener compuestos de caucho de acuerdo con la formulación dada
- Mantener en operación el proceso según especificaciones dadas
- Preparar el lote del producto según normas de la empresa
- Ejecutar el mantenimiento preventivo a máquinas, herramental y equipos periféricos según programa establecido por la empresa
- Cumplir con los requerimientos de seguridad y salud ocupacional, según reglamento de la empresa

Nuevos Programas de Formación para la Cadena en el 2003 y 2004

El SENA con el liderazgo del Centro de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN), diseñó cinco (5) nuevos Programas de Formación bajo el enfoque de Competencias Laborales para la Formación de los Trabajadores de la Cadena.

Estos Programas son:

- Fabricación de Productos Plásticos
- Fabricación de Productos de Caucho
- Diseño de Moldes
- Diseño de Troqueles (Las Normas elaboradas por la Mesa Metalmecánica)
- Obtención de Materiales Poliméricos (diseñado con apoyo del Centro Industrial de Cartagena y expertos de las empresas)

En la actualidad el Centro ASTIN está ofreciendo dos (2) de estos nuevos programas con base en competencias: Fabricación de Productos de Caucho y Fabricación de Productos Plásticos. Así mismo, a partir del año 2004, la Formación para Diseñadores de Moldes con base en las Competencias elaboradas. Igualmente, entre el 4 y el 6 de Noviembre se realizó la Transferencia





de los Programas de Formación diseñados, a 10 Centros de Formación del SENA para que puedan ofrecerlos a partir de Enero de 2004.

¿Qué son las Mesas Sectoriales?

Son un espacio de concertación, en el que se definen las competencias laborales que debe reunir un trabajador para su desempeño con calidad y eficiencia en el mundo del trabajo. En estas Mesas, **convocadas por el SENA**, participan empresarios, gremios, trabajadores, instituciones educativas, centros de desarrollo tecnológico, organismos gubernamentales y centros de investigación.

Formación "a la medida"

En la formación por Competencias Laborales, los trabajadores adquieren los conocimientos y desarrollan las habilidades, aptitudes, destrezas, actitudes y valores requeridos para desempeñarse efectiva y competi-

vamente, en una(s) ocupación(es) determinada(s).

El modelo de Competencias Laborales tiene tres aspectos básicos: la **Normalización**, en la que se identifica y estandariza lo que debe hacer un trabajador para desempeñarse eficientemente en una(s) ocupación(es); la **Formación**, en la que el estudiante recibe capacitación para el trabajo con programas elaborados "a la medida" de las necesidades del sector productivo; y la **Certificación del Desempeño Laboral**, en la que se acredita que el trabajador es competente y reúne las condiciones necesarias para desempeñarse en una(s) ocupación(es).

Metas para el 2004

El **SENA**, a través del Centro ASTIN, ofrecerá un nuevo servicio a las empresas y trabajadores de la Cadena a partir del 2004:

la Evaluación y Certificación de Competencias de los Trabajadores.

Para mayor información, remítase a:

CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y ASISTENCIA TÉCNICA A LA INDUSTRIA CDT - ASTIN

SENA Regional Valle
Calle 52 2Bis-15
Apartado Aéreo 8053
Teléfono: (572) 4315848-4315855
Fax: (572) 4471075-4315853
astin@sena.edu.co
senastin@colombianet.net
www.sena-astin.edu.co
Cali, Colombia

*"Transferencia de tecnología
para el progreso"*



Optimización de los Parámetros de Deposición del TiN sobre Aceros Tipo Herramienta obtenidos por la Tecnología del Magnetron Sputtering

Gilberto Bejarano Gaitán⁽¹⁾, Baudin Seth⁽¹⁾, Alfonso Devia C.⁽²⁾, Pedro Arango A.⁽²⁾, José Manuel Roque C.⁽³⁾, Germán Montealegre⁽³⁾

⁽¹⁾ Centro de Desarrollo Tecnológico y Asistencia Técnica a la Industria CDT ASTIN, SENA Regional Valle.

⁽²⁾ Laboratorio de Física del Plasma, Manizales.

⁽³⁾ Laboratorio de Películas Delgadas, Universidad del Valle, Cali.

RESUMEN

El CDT-ASTIN formuló este proyecto, el cual incorpora una tecnología de punta y la única planta piloto del país para su transferencia al sector productivo y su incorporación a la Formación Profesional que imparte el SENA. Con el objetivo de incrementar la eficiencia y vida útil de las herramientas utilizadas en los diferentes procesos de manufactura de las empresas participantes del proyecto, se fabricaron, mediante un estudio experimental, recubrimientos de nitruro de titanio (TiN) sobre probetas de acero tipo herramienta. Para ello se seleccionaron aceros de las casas fabricantes más relevantes en el medio industrial colombiano, específicamente el acero Thyrodur T-2510 de la firma Thyssen, el acero K-460 de Böhler y el acero RUS 3 de la firma Röchling. Posteriormente se efectuaron recubrimientos del mismo material sobre los aceros AISI D3, H13, P20, 420 y M2.

Las probetas recubiertas fueron sometidas a diferentes ensayos de caracterización, donde se determinaron propiedades importantes como la dureza, la adherencia, la composición, la morfología y el espesor. Para tal fin se utilizaron técnicas de caracterización tales como la prueba Calote, la prueba de Rayado, el método de Rockwell C, la Perfilometría, la Difracción de Rayos X, la Microscopía Electrónica de Barrido y

la Microscopía de Fuerza Atómica. Estas pruebas se realizaron en alianza y colaboración con los laboratorios de Física del Plasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, el Laboratorio de Recubrimientos Duros del Departamento de Física de la Universidad del Valle y el Laboratorio de Metalografía del CDT-ASTIN. Una vez optimizados los parámetros de deposición del TiN se recubrieron las herramientas aportadas por las empresas (207 piezas) y se sometieron a las respectivas pruebas de campo, lográndose un incremento de su vida útil que osciló entre 50 y un 600% con una reducción de los costos de producción de más del 40%.

PALABRAS CLAVES: Recubrimientos Duros, Nitruro de Titanio, Pulverización Catódica, Deposición Física de Vapor, Magnetron Sputtering.

INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera del país utiliza herramientas que se desgastan rápidamente originando altos costos de fabricación del producto final. A través de los recubrimientos duros aplicados en las herramientas, es posible incrementar su dureza, disminuir el coeficiente de fricción, aumentar la resistencia al desgaste, a la fatiga y a la corrosión, con lo cual se logra un incremento en la vida útil

de éstas hasta de un 800%, lo que puede significar un aumento de la productividad de la empresa de hasta un 60%^(1,2).

Con base en lo anterior se desarrolló este proyecto con un costo total de \$1.297'708.683 (\$717'088.683 aportados por el SENA y \$580'620.000 aportados por las empresas Sidelva Ltda., Agraf S.A., Alúmina S.A., Bonlam Andina Ltda., Industrias Lehner S.A., Industrias de Envases S.A., Colcadenas Ltda. y Roy Alpha S.A.). El proyecto comprendió tres fases, el estudio del estado del arte, la fase experimental, recubrimientos de las herramientas y pruebas de campo y la fase de la transferencia tecnológica.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Con el fin de obtener recubrimientos duros de nitruro de titanio con buenas propiedades físico-mecánicas, se llevó a cabo un estudio experimental con probetas de acero tipo herramienta. Se seleccionaron aceros de las casas fabricantes más relevantes en el medio industrial colombiano, específicamente el acero Thyrodur T-2510 de la firma Thyssen, el K-460 de Böhler y el acero RUS 3 de la firma Röchling. Posteriormente se efectuaron recubrimientos del mismo material sobre los aceros AISI D3, H13, P20, 420 y M2.

Las probetas con un diámetro de 12 mm y un espesor de 3 mm se sometieron a un proceso de desbaste y pulido al espejo y posteriormente a una minuciosa limpieza, que terminó con un bombardeo iónico en el interior de la cámara de deposición. Los recubrimientos se fabricaron en un equipo de Pulverización Catódica asistida por un Campo Magnético marca INTERCOVAMEX, modelo V4, el cual posee cuatro magnetrones de 4 pulgadas de diámetro y una capacidad para piezas de 16 cm de diámetro y 32 cm de altura ^(3,4).

A las probetas recubiertas se les caracterizó su dureza, adherencia, espesor, composición y morfología. Para tal fin se utilizaron diferentes técnicas de caracterización tales como la prueba Calote, la prueba de Rayado, el método de Rockwell C, la Perfilometría, la difracción de Rayos X, la Microscopía Electrónica de Barrido y la Microscopía de Fuerza Atómica⁽⁴⁻⁸⁾. Las pruebas de caracterización se realizaron en alianza y colaboración con el Laboratorio de Física del Plasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales y el Laboratorio de

Recubrimientos Duros del Departamento de Física de la Universidad del Valle.

Con base en el estudio del estado del arte y en la documentación recopilada respecto a los parámetros de limpieza del sustrato, limpieza del blanco y presión base, se determinaron los siguientes parámetros para estos procesos y para todas las probetas ensayadas:

Presión base: $\approx 5.4 \times 10^{-6}$ mBar.

Dureza: 520 Vickers para los aceros AISI P20 y AISI 420, 650 Vickers para los aceros AISI O1, D3 y H13 y de 700 Vickers para el acero AISI M2.

LIMPIEZA DEL BLANCO

Presión: 20.0 mTorr.

Atmósfera: Argón (Ar), flujo 20 sccm.

Tiempo de limpieza: 10 minutos.

Potencia: 90 vatios RF.

LIMPIEZA DE PROBETAS

Presión: 50.0 mTorr.

Atmósfera: Argón (Ar), flujo 20 sccm.

Tiempo de limpieza: 15 minutos.

Voltaje: -850 voltios DC.

Para las probetas 1M, 2M, 3M, 4M y 5M se varió únicamente la relación de la mezcla de gases, los demás parámetros del proceso se mantuvieron constantes y con los siguientes valores:

- **Presión de trabajo:** 7×10^{-3} mBar = 3.5 mTorr, flujo de argón: 20 sccm.
- **Temperatura del sustrato:** 200°C, Potencia del magnetron: 250 W (RF).
- **Tensión Bias aplicada al sustrato:** -100 V, DC.

Del anterior análisis se deduce que el nitruro de titanio estequiométrico (color dorado) se obtuvo para una relación de flujo Ar:N₂ de 20/2. De igual manera puede observarse que tanto la dureza como la adherencia del recubrimiento poseen valores menores para bajas y elevadas estequiometrias del nitruro de titanio.

Flujo N ₂ (sccm)	1 Probeta 1M	1,5 Probeta 2M	1,8 Probeta 3M	2,0 Probeta 4M	2,3 Probeta 5M
Variable respuesta					
Dureza (HV _{0,10})	1600 ⁽¹⁾	1650 ⁽¹⁾	1700 ⁽¹⁾	1800 ⁽¹⁾	1780 ⁽¹⁾
	1700 ⁽²⁾	1600 ⁽²⁾	1680 ⁽²⁾	1780 ⁽²⁾	1750 ⁽²⁾
	1650 ⁽³⁾	1650 ⁽³⁾	1700 ⁽³⁾	1780 ⁽³⁾	1800 ⁽³⁾
Adherencia Carga crítica (N)	30 ⁽¹⁾	32 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	48 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾
	32 ⁽²⁾	33 ⁽²⁾	37 ⁽²⁾	43 ⁽²⁾	33 ⁽²⁾
	30 ⁽³⁾	34 ⁽³⁾	35 ⁽³⁾	45 ⁽³⁾	34 ⁽³⁾
Espesor (µm)	0.8	1.2	1.0	0.9	1.1
Color	gris	plata	amarillo	dorado	violeta

Tabla 1. Dureza, adherencia, espesor y color del TiN en función de la relación Ar/N₂ en la mezcla del gas

Notas: (1) Acero Thyrodur T-2510, de la firma Thyssen, (2) acero K-460 de Böhler y (3) acero RUS 3 de la firma Röchling.

Bias (V) Variable respuesta	0 Probeta 6M	-50 Probeta 7M	-100 Probeta 8M	-150 Probeta 9M	-200 Probeta 10M
Dureza (HV _{0,10})	1745 ⁽¹⁾ 1710 ⁽²⁾ 1720 ⁽³⁾	1790 ⁽¹⁾ 1810 ⁽²⁾ 1820 ⁽³⁾	1825 ⁽¹⁾ 1860 ⁽²⁾ 1830 ⁽³⁾	1930 ⁽¹⁾ 1820 ⁽²⁾ 1830 ⁽³⁾	1930 ⁽¹⁾ 1860 ⁽²⁾ 1930 ⁽³⁾
Adherencia Carga crítica (N)	25 ⁽¹⁾ 26 ⁽²⁾ 28 ⁽³⁾	30 ⁽¹⁾ 32 ⁽²⁾ 35 ⁽³⁾	45 ⁽¹⁾ 40 ⁽²⁾ 47 ⁽³⁾	47 ⁽¹⁾ 43 ⁽²⁾ 48 ⁽³⁾	48 ⁽¹⁾ 49 ⁽²⁾ 45 ⁽³⁾
Espesor promedio (μm)	0.8 gris	1.2 plata	1.0 amarillo	0.9 dorado	1.1 violeta

Tabla 2. Dureza, adherencia y espesor del TiN en función de la tensión Bias aplicada a la probeta de acero

Con base en estos resultados se seleccionó la relación de mezcla 20/2 para analizar la dependencia de la dureza, la adhesión y la velocidad de deposición en función de la tensión Bias aplicada al sustrato. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 2.

Para las probetas 6M, 7M, 8M, 9M y 10M se varió la tensión Bias aplicada al sustrato; los demás parámetros del proceso se mantuvieron constantes y con los siguientes valores:

- *Presión de trabajo:* 7×10^{-3} mBar $\approx$ 3.5 mTorr, flujo de argón: 20 sccm, flujo de nitrógeno: 2.0 sccm.

- *Temperatura del sustrato:* 200°C, potencia del magnetron: 250W RF, tiempo de deposición: 2h.

Como puede verse, los niveles más altos de dureza y adherencia se lograron con una tensión Bias del sustrato de -150V y -200V respectivamente. Sin embargo el espesor del recubrimiento empieza a disminuir con un Bias superior a -100V debido a los fenómenos de resputtering, por lo cual se eligió este valor como el óptimo del proceso. Para las probetas 11M, 12M, 13M, 14M y 15M, se varió la potencia RF aplicada al magnetron y se analizó la variación del espesor del recubrimiento. Los valores de dureza, adherencia y espesor se presentan

en la tabla 3. Los demás parámetros del proceso se mantuvieron constantes:

- *Presión de trabajo:* 7×10^{-3} mBar $\approx$ 3.5 mTorr, flujo de argón: 20 sccm, flujo de nitrógeno: 2.0 sccm.
- *Temperatura del sustrato:* 200°C, Tensión Bias aplicada al sustrato: -100V DC, tiempo de deposición: 2 horas.

Se puede apreciar que tanto la dureza como la adherencia presentan un ligero incremento con el aumento de la potencia del magnetron, lo cual se debe ante todo al mayor nivel energético de los iones, átomos y demás partículas que llegan a la

Potencia (w) Variable respuesta	50 Probeta 11M	100 Probeta 12M	150 Probeta 13M	200 Probeta 14M	250 Probeta 15M	300 Probeta 16M	350 Probeta 17M	400 Probeta 18M	450 Probeta 19M	500 Probeta 20M
Dureza (HV _{0,10})	1765	1765	1770	1780	1800	1820	1825	1835	1840	1850
Adherencia Carga crítica (N)	43	45	44	45	48	48	50	53	52	53
Espesor promedio (μm)	0.8	1.0	1.5	2.0	3.3	4.2	5.8	6.5	7.8	9.5

Tabla 3. Dureza, adherencia y espesor del TiN sobre el acero Ttyrodur T-2510 en función de la potencia RF aplicada al magnetron

Flujo N ₂ (sccm)	Acero D3 Probeta 21M	Acero H13 Probeta 22M	Acero P20 Probeta 23M	Acero 420 probeta 24M	Acero M2 Probeta 25M
Variable respuesta					
Dureza (HV0,10)	1810	1800	1700	1720	1830
Adherencia	47	49	45	48	45
Carga crítica (N)					
Espesor (μm)	5.5	5.8	5.4	5.3	5.5
Color	dorado	dorado	dorado	dorado	dorado

Tabla 4. Dureza, adherencia, espesor y color del TiN en función del tipo de acero

superficie del sustrato, los cuales originan una mayor densidad del recubrimiento. En particular, el espesor del recubrimiento aumenta considerablemente con la potencia del magnetrón a causa del mayor grado de ionización de los átomos de argón que se logra, con el consecuente incremento de la velocidad de deposición del TiN. Con el fin de no sobrecargar las fuentes de poder RF y de DC, sobre todo con el recubrimiento de probetas, se determinó una potencia del magnetrón de 350 W.

Para las probetas 21M, 22M, 23M, 24M y 25M se varió el tipo de acero, los demás parámetros de proceso se mantuvieron constantes y con los siguientes valores:

- *Presión de trabajo:* 7×10^{-3} mBar = 3.5 mTorr, flujo de argón: 20 sccm, flujo de nitrógeno: 2 sccm.
- *Temperatura del sustrato:* 200°C, potencia del magnetrón: 350W RF.
- *Tensión Bias aplicada al sustrato:* -100 V, DC, tiempo de deposición: 1 hora, con 2 fuentes.

Del anterior análisis podemos concluir que las propiedades físico-mecánicas tienen muy poca variabilidad para este importante grupo de aceros tipo herramienta. Queda la inquietud de investigar como variarían dichas propiedades en función de la temperatura del sustrato, ya que los aceros tratados aquí poseen diferentes temperaturas de revenido. Así, por ejemplo los

aceros AISI H13 y M2 permiten un proceso de deposición de hasta 600°C, mientras que el acero AISI D3 solamente hasta 200°C.

Las Figuras 1 hasta la 9 muestran algunas de las caracterizaciones realizadas a diferentes probetas. Las Figuras 1 y 2 muestran una superficie muy homogénea y compacta del TiN, fabricada con los parámetros optimizados del proceso de deposición, mientras que en la Figura 3 se aprecia una superficie poco densa y porosa por la falta de un Bias del sustrato, lo que origina una baja movilidad de los átomos que se depositan.

Esta carencia energética de las partículas formadoras del recubrimiento conllevan también a una

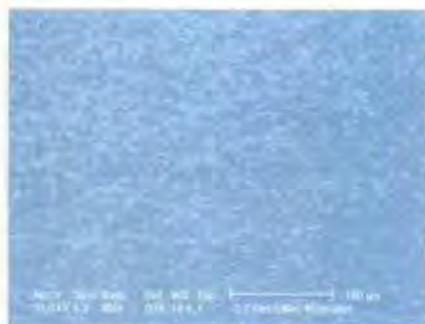


Figura 1. Imagen SEM del TiN de la probeta 8M (-100 V Bias, 20 sccm Ar y 2 sccm N₂)

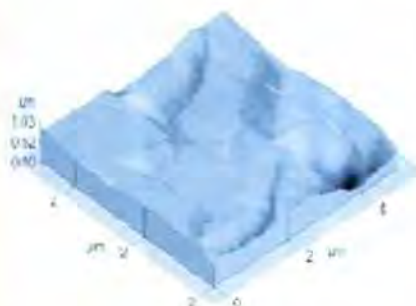


Figura 2. Imagen AFM del TiN de la probeta 9M (-150 V Bias, 20 sccm Ar y 2 sccm N₂)

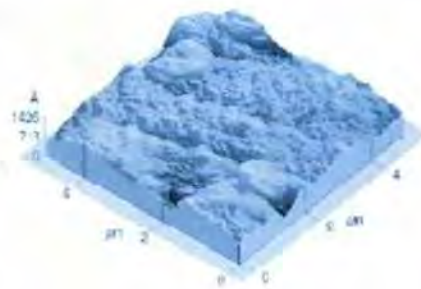


Figura 3. Imagen SEM del TiN de la probeta 6M (0 Bias, 20 sccm Ar y 2 sccm N₂)

baja dureza y adherencia del mismo, lo que no permite una aplicación industrial de éstos.

En la Figura 4 se observa el espectro del titanio y del nitrógeno de la probeta 8M medidos por la microsonda de un microscopio electrónico de barrido.

Estos dos elementos forman la fase del TiN, lo cual se pudo verificar mediante un análisis de difracción de rayos X (Figura 5).

La adherencia del recubrimiento de TiN de las probetas 6M y 8M se determinó mediante la prueba de

rayado efectuada con un microdurómetro y aplicando cargas que oscilaron entre 0.5 y 5 Kgf a través de un indentador Vickers.

De igual manera se correlacionaron los resultados obtenidos en dicha medición con una medición cualitativa de la adherencia de los dos recubrimientos de TiN mediante el método de Rockwell C.

La Figura 6 muestra las huellas dejadas por el rayado del recubrimiento de TiN de la probeta 8M con cargas de 1, 2 y 4 Kgf, las cuales no presentan desprendimiento de la película, mientras que en la figura 7 se puede observar gran desprendimiento del recubrimiento de la probeta 6M por su baja adherencia.

Un comportamiento similar de la adherencia de estos dos recubrimientos se observa mediante el ensayo Rockwell C (Figuras 8 y 9).

Para la medición in situ del espesor de los recubrimientos se utilizó un oscilador de cuarzo, el cual oscila con una frecuencia de 5.6 MHz. Para la calibración del oscilador y la verificación de los espesores medidos, se llevaron a cabo otras mediciones mediante técnicas de microscopía electrónica de barrido, perfilometría y Calotest (ver Figura 10). En el último caso se pone a rotar un balín de una pulgada de diámetro, que ha sido previamente humedecido con una solución de pasta de diamante, sobre la superficie de la muestra.

El espesor "h" del recubrimiento se calcula a partir del diámetro del balín "φ" utilizado y de los diámetros externo "D" e interno "d" de la huella mediante la fórmula:

$$h = (D^2 - d^2) / 4\phi$$

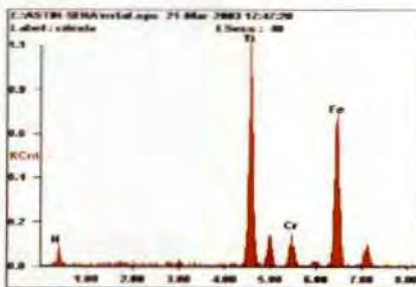


Figura 4. Espectro del Ti y del N obtenidos por SEM

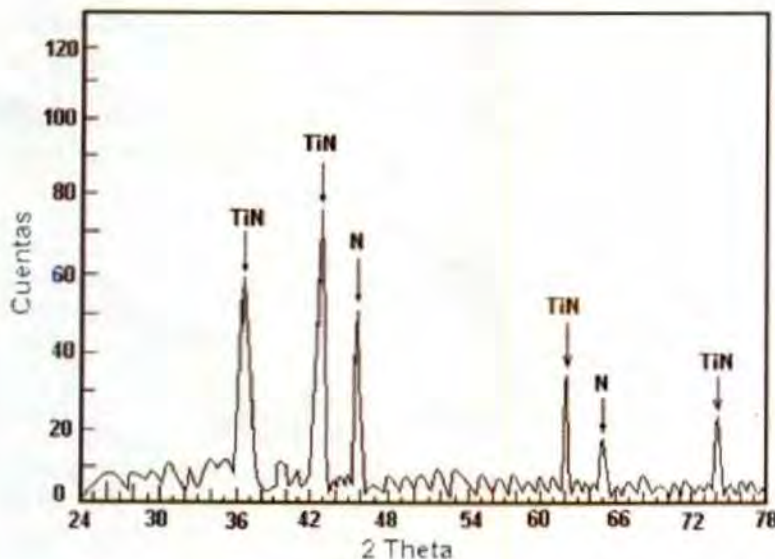


Figura 5. Espectro del TiN obtenido por Difracción de rayos X de la probeta 8M



Figura 6. Prueba de rayado de la probeta 8M con 1, 2 y 4 Kgf (x100)



Figura 7. Prueba de rayado del TiN de la probeta 6M con cargas de 0.8 y 4 Kgf (x100)



Figura 8. Adherencia del TiN de la probeta 8M mediante el método de Rockwell C (x50)

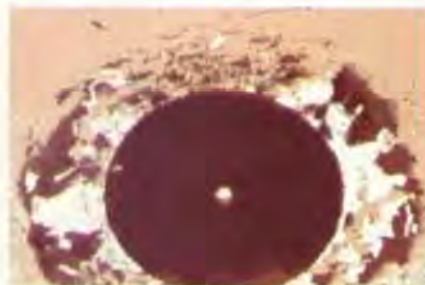


Figura 9. Adherencia del TiN de la probeta 8M mediante el método de Rockwell C (x50)

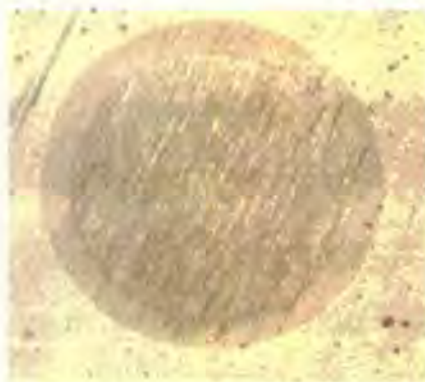


Figura 10. Calotest efectuado a un recubrimiento de TiN (x50)

CONCLUSIONES

La optimización de los parámetros de deposición del nitruro de titanio posibilitó su aplicación sobre herramientas de conformación y mecanizado de 10 diferentes participantes de este proyecto.

Los resultados de las pruebas de campo, que serán publicados en una próxima edición, demostraron el impacto económico que la tecnología de los Recubrimientos Duros tiene sobre los procesos productivos de las empresas manufactureras.

Queda por implementar otro tipo de recubrimientos como el nitruro de titanio aluminio (TiAlN), el nitruro de zirconio (ZrN), el carbo-nitruro de titanio (TiCN) y el nitruro de cromo (CrN), entre otros, los cuales permiten ampliar la gama de aplicaciones industriales de estos materiales.

RECONOCIMIENTOS

Queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a la Dirección General del SENA y la Secretaría Técnica, quienes aprobaron y financiaron en su totalidad este proyecto; al Ex-director del CDT-ASTIN, doctor Mariano A. Benavides y a la actual Directora, ingeniera Aura Elvira Narváez, por todo el apoyo brindado para sacar adelante este proyecto.

Agradecemos de manera especial al doctor Pedro Prieto por el acompañamiento y asesoría durante el tiempo de ejecución de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

[1] Documento del Programa Nacional de Apoyo a la Competitividad, Innovación y Desarrollo Tecnológico

de la Industria Colombiana de herramientas, repuestos, piezas, maquinaria y equipo, 1997.

[2] Rudiger, Peter. "Recubrimientos Duros de las herramientas para la conformación masiva obtenidos por la Deposición Física de Vapor PVD", Tesis doctoral de la Universidad Técnica de Renania Westfalia de Aquisgran, Alemania, 13 de Diciembre de 1991.

[3] Kiyotaka, W. y Hayakawa, S. "Handbook of Sputter Deposition Technology". Noyes Publications, NY, USA. 1992.

[4] Kelesoglu, Ergün. "Influencia del bombardeo iónico sobre la estructura, propiedades mecánicas y comportamiento frente a la corrosión del TiN, ZrN, TiB₂ y ZrB₂". Trabajo de doctorado, Facultad de Metalurgia de la Universidad Técnica de Montaña, Leoben-Austria. 1998.

[5] Esser, E. "Un nuevo concepto de equipos PVD para aplicaciones industriales". Informe técnico de la firma Cemecon GmbH, Aachen, Alemania. 1995.

[6] Antunes, J.M., Cavaleiro, A., Menezes, L.F., Simoes, M.I., Fernández, J.V. "Ultra-microhardness testing procedure with Vickers indenter". Surface and Coatings Technology. 2002.

[7] Jenck, Shimadzu. "Teoría del Microscopio de Fuerza Atómica". www.jenck.com/shim-spm9500-t.htm

[8] Amigo, Vicente. "Microscopía Electrónica de Barrido y sus Aplicaciones". Instituto de Ciencia de los materiales de la Universidad Politécnica de Valencia, España. 1999.



Del residuo de plástico a la reutilización



De viejo a nuevo: carcasa de teléfono a partir de regranulado

¿Se pueden reutilizar los plásticos?

La reutilización de plásticos es técnicamente posible. Según el grado de pureza del plástico, la suciedad o tamaño de los desechos plásticos a reutilizar, se diferencian las siguientes formas de reutilización.

1. Reutilización de material

La reutilización del material es factible cuando los desechos son de un solo

tipo, como sucede en la producción y el procesamiento de plásticos ("scrap" o desperdicios en el proceso de fabricación). En el caso de los termoplásticos el reciclado del material significa transformar los plásticos usados en gránulos y luego en piezas moldeadas nuevas. Dado que el proceso de transformación conlleva a una reducción en la calidad del material, esta forma de reutilización es conveniente para plásticos usados limpios, puros y de gran tamaño o bien para restos de la producción. En

el caso de los termorrígidos se entiende por reutilización el reciclaje de partículas. Los termorrígidos se trituran y agregan como carga al material virgen.

2. Reutilización de la materia prima

La reutilización de la materia prima se minimizan los costos para la selección y lavado de plásticos usados. Estos se degradan en su estructura macromolecular transfor-

mándose en productos de bajo peso molecular, que se aprovechan en los circuitos de materia prima de refinerías o plantas químicas. En la actualidad se utilizan las siguientes tecnologías de aprovechamiento:

a) Hidratación

La hidratación consiste en la escisión de plásticos usados bajo el efecto de hidrógeno a temperaturas de 300 a 500° C y a 100 – 400 bar de presión. De este proceso se desprenden aceites y gases que pueden ser procesados en refinerías o plantas químicas.

b) Pirólisis/ termólisis

La pirólisis/termólisis son procesos térmicos de disgregación (craqueo), que producen hidro-

carburos gaseosos, líquidos y cerosos a partir de productos macromoleculares expuestos a temperaturas de 500 a 900 °C en ausencia de aire. Dichos hidrocarburos pueden continuar su procesamiento en refinerías o plantas químicas.

c) Producción de gas de síntesis

Al producir gas de síntesis los plásticos usados se transforman en gas de síntesis o gas pobre o de agua, por efecto del oxígeno. Este gas se utiliza para generar energía o en la producción de metanol, amoníaco u otros productos.

d) Solvólisis

Por medio de la solvólisis (hidrólisis, alcoholisis, glicólisis)

los plásticos producidos por policondensación se separan en sus monómeros originales.

e) Proceso de altos hornos

Los plásticos usados se pueden utilizar en altos hornos para la reducción de mineral de hierro a hierro. De esta manera se reemplaza el aceite pesado utilizado en los altos hornos para ahorrar coque. Los plásticos usados se gasifican inmediatamente a temperaturas de aproximadas de 2000°C actuando en un 60% como elemento de reducción. El resto sirve como combustible.

3. Reutilización energética

Cuando los desechos son muy difíciles de reciclar, como en el caso





Comparación del valor calórico de diferentes materiales

de productos reticulados, con cargas, o contaminados con otras sustancias, la reutilización energética resulta la alternativa más razonable. En este caso se queman los plásticos usados y se aprovecha su contenido energético (valor calórico) para generar energía, vapor y electricidad.

Para lograr la reutilización óptima de los plásticos le cabe a cada uno de los métodos de reutilización la misma responsabilidad de hacer su aporte a la valorización de los mismos.

¿Cuánto nos cuesta la reutilización de los plásticos?

Los productos están supeditados a las leyes del mercado, es decir que la oferta y demanda determinan sus precios. Esto también rige para los productos reciclados.



Recolección de desechos plásticos

Para el reciclaje de material esto significa, que el precio del plástico virgen le impone un límite al precio de material reciclado. A ello se suman las reducciones del precio por menor calidad (por ejemplo color, olor, otras características generales).

En el caso de la reutilización de la materia prima hay que considerar los precios de los derivados del petróleo (por ejemplo, la nafta) u otros productos terminados (por ejemplo, Metanol).

En cuanto a la reutilización energética es importante tener en cuenta el precio de las fuentes energéticas alternativas. La reutilización de desechos plásticos actualmente se realiza en todos aquellos lugares en los que los costos del tratamiento más los costos de la recolección y transporte superen el precio que el mercado ofrece por materiales reciclados.

Esto se da en el caso de los desechos puros y relativamente limpios, como los que se producen durante el procesamiento de plásticos, pero también en el packaging industrializado (películas termocontraíbles, bobinas de gran tamaño, etc.).

En el caso de la recolección de envases y embalajes plásticos

pequeños y livianos de tipo domésticos, los costos mismos de la recolección superan el precio de mercado para los productos reciclados. A ello se agregan los costos para la separación y tratamiento, de manera que el reciclaje costaría dos a tres veces más que el valor del material nuevo.

Por este motivo, la implementación del reciclaje en este ámbito implicaría el pago de aranceles por tratamiento de residuos, que se podrían cobrar de diferentes formas. En el entorno del consumidor la recaudación de los recursos necesarios se efectúa a través de diferentes sistemas u organizaciones industriales⁽¹⁾, cuyos costos se trasladan al consumidor en forma de aumento de precios. En el sector industrial del packaging se han ido desarrollando diferentes formas de financiación.



Selección de desechos plásticos

Los costos para el tratamiento o la eliminación de un material naturalmente inciden en su competitividad. Por ejemplo, los aranceles elevados del Sistema Dual de Alemania representan una verdadera carga económica para los envases y embalajes de plástico. En primera instancia, dichos costos tan altos, tuvieron el efecto de reducir el peso de los envases. En la actualidad los envases plásticos para packaging, en el mundo, son más livianos que antes, con lo cual se ahorra material. Si los consumidores y las envasadoras reemplazarán los envases plásticos por otros materiales debido a los elevados aranceles de tratamiento, la consecuencia sería un mayor peso y volumen de residuos, un mayor consumo de energía y un aumento de los costos para el tratamiento. Es decir, que una evolución ecológica razonable se revertiría por completo.

¿Los plásticos son adecuados para sistemas de productos retornables?

Desde hace mucho tiempo que los plásticos se utilizan con éxito

en sistemas de retorno de productos. Ello se debe no sólo a sus propiedades mecánicas buenas, sino también a su reducido peso y por ende al ahorro energético en su transporte.

En los sistemas de retorno se reutilizan tanto los productos plásticos enteros sin alterar su forma, como también sus partes, o bien se los somete a un proceso de lavado y reacondicionamiento para luego volver a utilizarlos.

El sistema de transporte retornable de plástico más antiguo es el cajón de botellas de PE, que al ser introducido al mercado hace aproximadamente 30 años desplazó de manera rápida a su competencia de madera. Los cajones de botellas son por lo general irrompibles y pueden ser reciclados sin problema, incluso después de 10 o más años de uso.

En la actualidad se utilizan muchos sistemas de transporte retornables en especial de PE y PP para el transporte de bienes

industriales y mercaderías. A título de ejemplo cabe mencionar los palets de plástico, cajas de transporte, tambores y bobinas para cables.

Otro ejemplo de aplicación de plásticos en sistemas de retorno son las botellas retornables livianas de PET y PC, que se vuelven a comercializar una vez lavadas y envasadas nuevamente.

(*) En Alemania: el DSD (Sistema Dual), en Francia: el Eco-emballages, en Holanda: el sum (Foundation), en Bélgica: el Fost-plus, en España: el Eco-Embalajes, en Italia: Replastic, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Artículo tomado de la publicación FIPMA Fundación de la Industria Plástica para la Preservación del Medio Ambiente, Buenos Aires, Argentina, año 1997, páginas 16 - 19



Botellas de PET



Recipientes de transporte



Cajones de PE

Modelo de desarrollo empresarial para el PRODES* metalúrgico y metalmecánico en el Valle del Cauca

Héctor Fabio Muñoz

Coordinador General PRODES - ACOPI, Valle del Cauca



ANTECEDENTES

El mercado en la actualidad se identifica claramente por dos conceptos fundamentales: Productividad y Competitividad. Por un lado como maximizar resultados minimizando el uso de los recursos cada vez más escasos y por el otro como destacarse entre los que están disputando un mismo mercado.

En este mismo plano se encuentran tanto proveedores como clientes, pero se observa que el comportamiento es cada uno jalar para su lado, sin tener en cuenta la cantidad de recursos desperdiciados y/o subutilizados, las oportunidades desaprovechadas y la posición cada vez más retardadora del mercado.

Los proveedores por su lado le apuntan a un sinnúmero de productos

con el ánimo de atender una demanda desconocida, trayendo como consecuencia problemas en:

- La planeación de sus procesos
- La adquisición y aprovechamiento de la tecnología
- El control a los costos de producción
- El aprovechamiento de la capacidad instalada
- La calidad y el servicio posventa
- La planeación y distribución de los recursos
- La gestión comercial
- El direccionamiento de las empresas

- El desarrollo del nivel de competencia del recurso humano
- La consecución de recursos
- El abastecimiento de materias primas.

Mientras los clientes centran su esfuerzo en la atención del mercado y el mejoramiento de sus procesos, desconociendo la situación de sus proveedores, lo que ha traído como consecuencia:

- Importación de productos representada en materias primas, equipos, repuestos y servicios de ingeniería
- El desaprovechamiento de recursos por desconocimiento de la capacidad disponible en el medio

*PRODES: "Programa de Desarrollo Empresarial Sectorial"

- El desbalance entre el desarrollo del mercado y la gran industria (cliente), frente a los proveedores, quienes por falta de oportunidad se ven cada vez mas relegados
- El atraso tecnológico de los proveedores
- La pérdida de oportunidades para desarrollar proveedores nacionales competentes, capaces de generar ventajas competitivas en los clientes
- Desigualdad en la distribución del ingreso y en la generación de oportunidades
- La pérdida de oportunidades para la generación de empleo.

La gran industria definida en este modelo como cliente, en asocio con sus proveedores, son determinantes en el desarrollo de la región y el país.

Situaciones como las anteriormente mencionadas han impulsado al PRODES a formular este modelo que permita crear un marco donde se circunscriban, los términos de las relaciones de cooperación que deben existir entre proveedores y clientes, en función de alcanzar unos mejores estándares de competitividad.

Esta situación la ha identificado ECOPETROL, para lo cual ha decidido impulsar el programa "Compre Nacional". Algunas de las acciones adelantadas son:

- Incentivar la asociatividad al interior de sus proveedores
- Adelantar un estudio de demanda al interior de la empresa con el fin de dimensionarla y definir los sectores sobre los cuales se centrará la oferta
- Elaborar una caracterización

técnica de cada uno de los productos a ofertar

- Definir el perfil empresarial que debe tener el proveedor, que le permita cumplir con los requerimientos
- Desarrollar una herramienta de diagnóstico, para aplicarla a los proveedores y poder identificar su mapa de competitividad.

Este es un modelo importado de Brasil, específicamente de la petrolera PETROBRÁS.

Las experiencias aunque aún no concluidas, como la del Prodes de Barrancabermeja, muestran que el modelo es completamente viable.

Otra situación favorable al modelo está en las oportunidades que por razón de las exigencias del mercado y el mejor manejo de los costos están presionando a la gran industria a abastecerse de la empresa nacional, para mejorar sus condiciones de competitividad.

En este modelo definimos como premisas:

- Los principios de asociatividad y cooperación son fundamentales para crear sinergia y a través de ésta poder cubrir un mayor espectro de la demanda
- La gran industria debe abrir espacios para que la MIPYME pueda insertarse en sus procesos productivos y a través de ello apropie conocimiento, actualice su tecnología y pueda aumentar su demanda
- El SENA debe constituirse en facilitador para la transferencia del conocimiento y la tecnología entre clientes y proveedores. A su vez participar en los procesos de

investigación y desarrollo para crear innovación

- El SENA debe poner a disposición su infraestructura de laboratorios para desarrollar proyectos de investigación y contribuir al mejoramiento de la calidad de los productos y procesos

Las instituciones educativas como las universidades deben:

- Apoyar el fortalecimiento administrativo de las empresas
- Abrir espacios para la investigación y transferir el conocimiento al sector empresarial, a costos razonables.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El distanciamiento, la falta de apoyo y atención de la gran industria (cliente) hacia sus proveedores del sector metalúrgico - metalmecánico, acompañado de la falta de agresividad de este empresario en su gestión comercial y el poco contacto de la academia con el medio productivo, han generado una condición de subdesarrollo que tiene estancado al sector, considerado uno de los más representativos dentro del modelo de desarrollo de el país.

OBJETIVO GENERAL

Construir un modelo de desarrollo empresarial dirigido al sector de la MIPYMES, basado en los principios de Asociatividad y Cooperación, con orientación hacia la demanda de la gran industria nacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar esquema de Desarrollo Empresarial basado en los conceptos de Productividad y Competitividad.

- Establecer el modelo de Cooperación entre el PRODES (Mipymes proveedores), las entidades de educación (Centros de Desarrollo Tecnológico, universidades, etc.), clientes (la gran industria nacional) y el Gremio (ACOPI), que facilite el intercambio de conocimiento, tecnología e información.
- Definir el direccionamiento que deben seguir las empresas del PRODES para alcanzar el grado de competencia, que permita atender por lo menos el 70% de la demanda de la gran industria regional y el 10% de la nacional, con proyección internacional, en cuanto a productos y servicios relacionados con el sector de la Metalmecánica, al finalizar el año 2005.

CARACTERIZACIÓN DEL MODELO

EL MERCADO: Segmentación

Está segmentado en tres niveles así:

Nivel I: nivel de competitividad alto

Producto:

- Relacionado con equipos, máquinas, repuestos y servicios de alta tecnología y rendimiento, cuyos costos son altos (adquisición, mantenimiento, montaje, asistencia técnica, etc) y están ubicados en proceso críticos y/o manejan variables críticas
- Sus costos no permiten mantener inventarios para reposición
- Los equipos, máquinas, repuestos y servicios están diseñados bajo normas internacionales, las cuales no pueden ser modificadas o adaptadas
- Requieren de asistencia técnica especializada, generalmente del fabricante. En caso contrario una empresa representante que tenga la autorización

- Para el manejo del producto se requiere del uso de patentes.

Empresas:

- Las empresas ubicadas en este nivel se caracterizan por tener procesos de I+D para desarrollo de nuevos productos, mejoras o reconversión
- La capacidad tecnológica, administrativa y económica de las empresas en este nivel, les permite realizar alianzas con compañías multinacionales y casas matrices
- Tienen la capacidad de exportar y compartir clientes con grandes compañías
- Sus procesos están asegurados bajo normas internacionales y poseen toda la normatividad requerida para garantizar la calidad de los productos y procesos.



Mercado:

- El producto no es sensible al precio
- La demanda es importante
- La competencia no es densa (no hay un número grande de empresas compitiendo en este mercado)
- Las barreras de entrada son altas
- Es un mercado altamente especializado.

Nivel II: Competitividad media

Producto:

- Relacionado con equipos, máquinas, repuestos y servicios de tecnología media, cuyos costos son relativamente más bajos que el anterior (adquisición, mantenimiento, montaje, asistencia técnica, etc.) y están ubicados en procesos de criticidad media o baja y/o manejan variables de criticidad media o baja
- Los equipos, máquinas, repuestos y servicios, están diseñados bajo normas internacionales, pero pueden ser modificadas o adaptadas a las normas nacionales
- Requieren de asistencia técnica especializada, no necesariamente del fabricante. La información de estos equipos está al alcance de un proveedor no fabricante
- Para el manejo del producto no se requiere del uso de las patentes. Su desarrollo está basado en tecnología convencional.

Empresas:

- Las empresas ubicadas en este

nivel, si bien su característica no es poseer procesos I+D, disponen de departamentos de ingeniería que permiten caracterizar productos y hacer o proponer mejoras o reconversión

- La capacidad tecnológica, administrativa y económica de las empresas en este nivel, les permite sobresalir dentro del mercado nacional, con capacidad de exportar algunos productos y servicios
- Sus procesos están asegurados bajo normas nacionales.

Mercado:

- El producto es relativamente sensible al precio. Las condiciones están dadas por la reglas del mercado (oferta y demanda)
- La demanda es importante
- Hay un mayor número de empresas que participan de este mercado, esto hace que la competencia sea más agresiva y que su diferenciación esté dada por el servicio posventa, la asistencia técnica y entrega oportuna
- Las barreras de entrada son medianas
- Es un mercado medianamente especializado.

Nivel III: Nivel de Competitividad general

Producto:

- Relacionado con equipos, máquinas, repuestos y servicios de tecnología baja, cuyos costos son relativamente más bajos (adquisición, mantenimiento,

montaje, asistencia técnica, etc) y están ubicados en procesos auxiliares o de apoyo

- Su costo permite mantener inventarios para reposición
- Los equipos, máquinas, repuestos y servicios, son de tecnología convencional, deben ser modificados o adaptados según los requerimientos de la empresa
- Requieren de asistencia técnica no especializada. La información de estos equipos está al alcance de un proveedor no fabricante
- Para el manejo del producto no se requiere del uso de las patentes. Su desarrollo está basado en tecnología convencional.

Empresas:

- Las empresas ubicadas en este nivel no poseen procesos I+D, no disponen de departamentos de ingeniería. Trabajan con muestras o con diseños predefinidos no complejos
- La capacidad tecnológica, administrativa y económica de las empresas en este nivel, les permite mantenerse dentro del mercado nacional
- Su capacidad de exportación es limitada, casi nula
- Sus procesos no requieren estar certificados, pero deben cumplir con normas de aseguramiento de la calidad.

Mercado:

- Son productos altamente sensibles al precio. Las condiciones están dadas por la reglas del mercado (oferta y demanda)

- La demanda es importante, pero se requiere de volúmenes altos para mejorar los ingresos
- Hay un número grande de empresas que participan de este mercado, esto hace que la competencia sea altamente agresiva y su diferenciación está dada por el precio, la calidad y la entrega
- Las barreras de entrada son bajas
- Es un mercado no especializado donde la experiencia es el calificativo más alto.

PRODUCTOS OFERTADOS POR EL PRODES

- Bienes de capital representados en equipos, repuestos y accesorios
- Servicios de mantenimiento
- Servicios de ingeniería
- Servicios de producción intermedia (maquila)
- Materias primas elaboradas (materiales metálicos no ferrosos reciclados como el plomo), con especificaciones técnicas
- Productos semielaborados (barras en bronce y materiales ferrosos), para la elaboración de piezas
- Los productos son obtenidos a través de procesos de fundición y mecanizado.

EL MERCADO OBJETIVO

El mercado objetivo está representado en la gran industria de los subsectores:

- Azucarero
- Papelero
- Autopartes
- Hidrocarburos (ECOPETROL)
- Minero (CERREJON).

COMPONENTES DEL MODELO

- PROVEEDORES
- CLIENTES
- ENTIDADES EDUCATIVAS
- SENA (CDT-ASTIN)
- ENTIDADES EDUCATIVAS.

PROVEEDORES:

Introducción

Se denomina Proveedor en este modelo a las empresas MIPYMES, que pertenecen al Prodes Metalúrgico – Metalmecánico y que suministran sus productos, repuestos y servicios a la Gran Industria.

A través de Acopi y su programa Prodes, se conformó un grupo de 34 empresas, quienes iniciaron sus actividades hace aproximadamente 15 meses, durante este tiempo se ha trabajado arduamente en el fortalecimiento de los principios de Asociatividad y Cooperación. Hoy el grupo ha desarrollado su plan estratégico y ha empezado a explorar el mercado en la Gran Industria, donde se destacan empresas como ECOPETROL y Cerrejón, dos empresas estatales de gran reconocimiento.

Características Principales

- Empresas MIPYMES. (5 micros, 25 pequeñas y 4 medianas)

- Empleos directos (1100)
- Nivel de certificación de las empresas 20%
- Nivel de implementación del sistema de Calidad 50%
- Aprovechamiento de la capacidad instalada, 45%
- 80% de las empresas utilizan tecnología convencional, el 18% tecnología media y el 2% tecnología de última generación
- El 20% tienen Sistemas de Gestión Metrológica implementado, a través del sistema de Calidad ISO 9001: 2000. Ninguna de las empresas posee sistemas con normas internacionales
- Ninguna de las empresas tienen Departamento de Diseño e Investigación
- El nivel de competencia del personal frente a los requerimientos de la gran industria está en un 45% aproximadamente
- El 20% tiene software para el levantamiento y almacenamiento de planos
- El 5% de las empresas poseen página web, el contacto con el cliente se hace en forma personalizada, por teléfono o fax. Aún el empresario no se ha sensibilizado lo suficiente para explotar el uso de la Internet
- En cada uno de los mapas de competitividad de cada empresa se puede observar otros detalles.

Definición del rol

Dentro del modelo, el proveedor es quien asume por iniciativa propia el

compromiso de iniciar un proceso de mejoramiento en todos los aspectos que se muestran en el mapa de competitividad, con base en el comportamiento actual de la demanda, con base en una valoración realizada en los clientes potenciales, con el apoyo de las entidades educativas (SENA-ASTIN).

El proveedor dentro del modelo es un receptor de conocimiento, el cual lo transforma en un producto o servicio con calidad y un agregado de ingeniería.

El proveedor es un elemento activo que establece una relación de alianza inter-activa con el cliente y desarrolla y/o ajusta sus procesos de acuerdo a los requerimientos de éste.

El proveedor establece una relación simbiótica con la institución educativa, permitiendo los espacios que faciliten la asimilación del conocimiento y sean implementados en todos sus procesos (administrativos, producción, etc). Parte de este conocimiento se convierte en know-how y entra a formar parte de la ventaja competitiva.

El proveedor debe interactuar con el entorno de donde recoge variables exógenas tales como normas de control ambiental, legislación fiscal, comportamiento de la economía, tendencias del mercado, legislación de apoyo a la MIPYME, etc. A su vez él también incide en el entorno, generando empleo, impacto ambiental, cambios en el comportamiento del mercado, la economía, etc. Con el propósito de combinar de manera óptima cada una de estas variables e insertarlas a su proceso de desarrollo.

CLIENTES:

Introducción

Se denomina clientes en este modelo

a la gran industria nacional, los cuales están ubicados en los subsectores Azucarero, Papelero, Hidrocarburos, Autopartes y Minero, en quienes el PRODES M&M ha visualizado su mercado.

El PRODES M&M ha iniciado el proceso de identificación de los clientes y la caracterización de la demanda, para ello se está haciendo:

- Estudio de demanda en los subsectores Azucarero y Papelero
- Presentación de oferta al Cerrejón, quienes identificaron una lista de productos susceptibles de fabricación nacional. Esto permitirá dar comienzo a un proceso para la caracterización de cada uno de los productos ofertados, así como de iniciar la identificación de la demanda real y la potencial
- ECOPETROL ha adelantado un trabajo importante en su interior, en donde ha identificado la demanda de 6 líneas de productos y con la respectiva caracterización de los productos. El Prodes M&M ha iniciado contactos con el cliente adelantando una labor de mercadeo, con el propósito de participar del proceso de selección de proveedores.

En el subsector de Autopartes aún no se ha iniciado gestión.

Como se puede ver, las condiciones a nivel del cliente se vienen dando, lo que facilitará la aplicación del presente modelo.

Características principales

- Los clientes son empresas que usan tecnologías avanzadas, diseñadas con altos estándares de calidad y protegidas en buena parte por patentes.

- La gran industria demanda grandes volúmenes de productos de procedencia metalmecánica o metalúrgica (2.100 millones de dólares), de los cuales 300 millones provienen de la industria estatal

- La gran industria aún no está lo suficientemente preparada para aceptar el reto de comprar sus productos en el mercado nacional

- La gran industria tiene en sus procesos de producción la tecnología de más alto nivel del país, esto indica que son quienes deben generar oportunidades para que la MIPYME pueda asimilarla y así participar de esta demanda

- Las condiciones del mercado a obligado a la gran industria a replantear sus procesos y a revisar sus costos, en una dinámica tal que hace indispensable tener en cuenta a la industria nacional en especial a la MIPYME, quienes con su flexibilidad pueden dar respuestas más oportunas y de bajo costo. Pero la Mipyme debe prepararse, bajo la tutela de la gran industria para enfrentar estos retos, apoyándose en instituciones como el SENA y las universidades, así como de diferentes centros de capacitación y asesoría.

Definición del rol

Dentro del modelo el cliente es quien asume el compromiso de iniciar el proceso de acercamiento hacia su proveedor en busca de mejorar todas las características requeridas para obtener los óptimos resultados. Tanto el cliente como el proveedor asumen una posición activa frente al proceso.

El cliente establece los parámetros sobre los cuales se debe dar el

proceso, mientras que el SENA facilita el puente de comunicación entre ambos.

El cliente en el modelo es un dador y/o facilitador para que el conocimiento y el know-how incorporado en su tecnología se transferido a través del SENA al proveedor.

El cliente establece un convenio con el SENA para levantar e interpretar la información que sobre la tecnología, los procesos y la demanda es obtenida a través de un proceso de investigación entre ambas partes, para luego de ser procesada sea transferida al proveedor en términos de conocimiento, identificación, caracterización de productos y procesos y definición de costos y a su vez se determinen los parámetros que requieren para la concertación de precios.

El cliente al evaluar el entorno determina el perfil de sus proveedores

y las condiciones que éstas deben cumplir, tal es el caso de la legislación fiscal, control ambiental, relaciones con la comunidad, etc.

EL SENA ASTIN

Introducción

Ésta es la entidad educativa por excelencia, que cumple con las características para asumir el rol de facilitador. Entre ellas se puede destacar:

- La calidad y competencia del Recurso Humano
- El nivel tecnológico que posee el Centro
- Las relaciones que posee con los empresarios tanto de la Gran Industria como de las MIPYMES
- La experiencia de trabajo con equipos de trabajo equivalentes

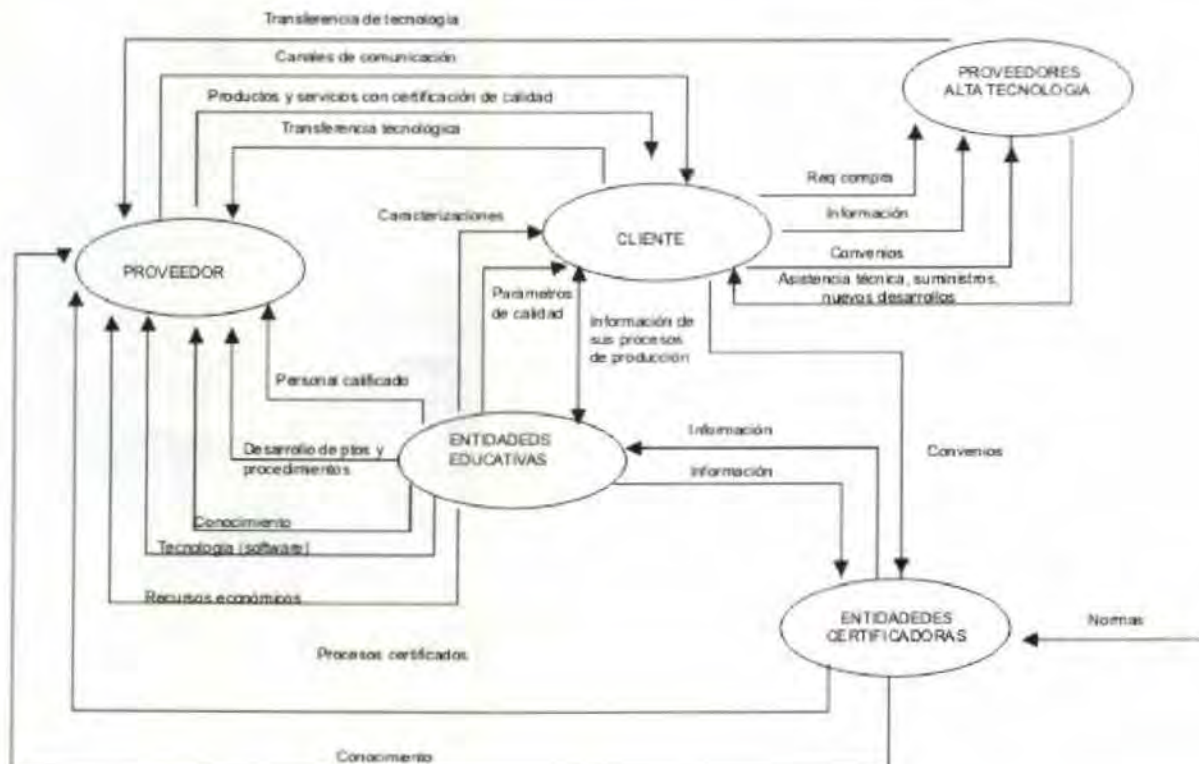
• El apoyo que el Gobierno viene dando a los Centros de Desarrollo Tecnológico, con el propósito de fortalecer a la pequeña empresa

• La manifiesta alianza con Ecopetrol, lo cual le permite no solo acceder a recursos económicos, también a tecnología para dotación de laboratorios y conocimiento

• La infraestructura de laboratorios,

Características Principales

- El CDT ASTIN es un centro dedicado a la industria del plástico y la metalmecánica, con énfasis en la eficiencia de los procesos de producción, en la investigación de materiales y el desarrollo de productos
- Realiza procesos de investigación y desarrollo tanto para la gran Industria como para la pequeña



- Posee personal altamente calificado, con una vasta experiencia para atender las solicitudes de sus contratantes
- Posee una infraestructura de laboratorios apropiados para el objeto que compete al modelo
- Ha logrado ganar una identidad frente al empresariado
- Ecopetrol lo ha escogido como su punta de lanza para dirigir y coordinar sus programas de desarrollo empresarial que se van a realizar con empresarios de Orito – Putumayo y el Valle del Cauca.

cada uno y la utiliza para potenciar los beneficios de ambos. Su posición neutral le permite interactuar con otros, que pueden ser igualmente beneficiarios o aportantes.

Todo lo anterior permite concluir que el SENA debe asumir el papel de líder, pues es el único que puede moverse en todos los escenarios, sin generar incompatibilidad. De allí que tanto el proveedor como el cliente deben desarrollar sus respectivos planes teniendo en cuenta las estrategias planteadas por el SENA - ASTIN.

Para mayor información remítase a:

ACOPI - Programa PRODES

Calle 14 No. 39-04 Yumbo

Urb. Industrial Acopi

Tel.: (572) 664 55 80

Fax: (572) 664 44 19

hefamu1@telesat.com.co

Definición del Rol

Dentro del Modelo, el SENA - ASTIN actúa como facilitador entre el Proveedor y el Cliente. Es quien interactúa directamente con el cliente con el propósito de capturar toda la información necesaria para documentar los procesos y los productos objeto del estudio.

Procesa la información, documenta los procesos y/o productos en la fuente que es el cliente y los transforma en competencias a modo de planes y programas de capacitación para ser difundidos a los proveedores y a su vez formar al personal del cliente.

Por otro lado esta información se puede transformar en nuevos desarrollos o mejoras en los procesos tanto del cliente como del proveedor.

Toda la información igualmente puede ser aprovechada por el SENA para la formación de nueva mano de obra calificada, que labore en cualquiera de los dos bandos.

El SENA juega el papel de un ente neutral, que conoce la actividad de



Equipos y tecnologías para corte de chapa

Aspectos analíticos y tecnológicos del proceso de punzonado de chapa (1ª parte)

Mateos, S.; Rico, J.C.; Cuesta, E.; Valiño, G.

Departamento de Ingeniería de Fabricación. Universidad de Oviedo

INTRODUCCIÓN

Los procesos de conformado de chapa en general, y en particular el proceso de punzonado, suelen asociarse con procesos mecánicos relativamente simples de reducida aportación tecnológica y escaso valor añadido. Sin embargo, la realidad es muy diferente ya que estos procesos, al igual que otros procesos de tipo mecánico están fuertemente influenciados por factores muy diversos relacionados con la máquina, las herramientas, el material y las características geométricas de la pieza o el propio entorno del proceso (Tabla 1).

El punzonado es una operación de corte de chapas o láminas, generalmente en frío, mediante un dispositivo mecánico formado por dos herramientas: el punzón y la matriz. La aplicación de una fuerza de compresión sobre el punzón obliga a éste a penetrar en la chapa, creando

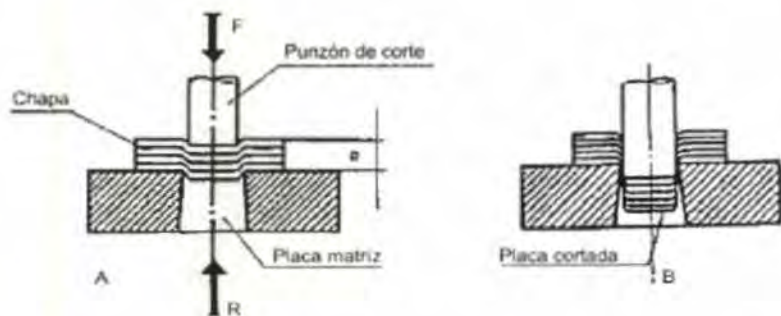


Figura 1. Esquema del punzonado (A) Penetración del punzón en la pieza. B) Extracción del recorte

una deformación inicial en régimen elastoplástico seguida de un cizallamiento y rotura del material por propagación rápida de fisuras entre las aristas de corte del punzón y de la matriz. El proceso termina con la expulsión de la pieza cortada (Figura 1).

En general, la mayoría de los estudios efectuados sobre la mecánica del proceso de deformación

plástica y corte tienen como finalidad analizar los defectos que se presentan en el borde de las piezas punzonadas. Los primeros resultados de los estudios sobre los mecanismos de corte en punzonado se producen a comienzos de la década de los cincuenta, en Alemania (Keller) y en Japón (Fukui y Maeda) simultáneamente. Hoy en día, los estudios se centran en la obtención de modelos matemáticos

MAQUINA	HERRAMIENTA	MATERIAL	PIEZA	ENTORNO
Potencia	Geometría	Características del material	Geometría	Organización del proceso
Características estructurales	Tipo de material	Tratamiento superficial	Espesor	Organización de la producción
Accionamiento Regulación	Tratamiento superficial		Calidad	

Tabla 1. Distintos factores que intervienen en el punzonado.

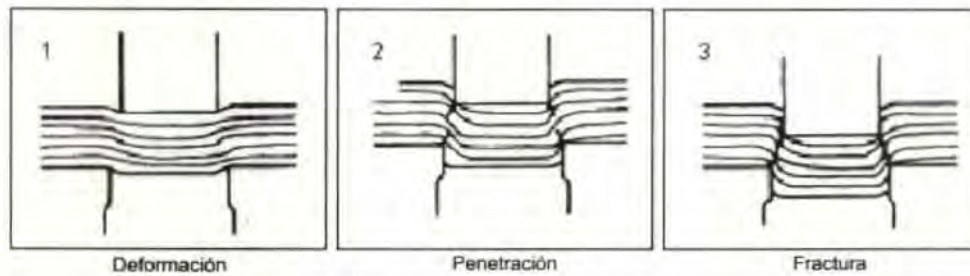


Figura 2. Etapas del punzonado

que, junto con el método de los elementos finitos permitan el cálculo de las fuerzas, determinar calidad del borde de la pieza y la simulación del proceso.

ANÁLISIS DEL PROCESO DE PUNZONADO

1. Mecánica del corte

En el proceso de punzonado se pueden considerar tres etapas (Figura 2):

Deformación: Los esfuerzos del punzón sobre la chapa metálica originan en ésta una deformación, inicialmente elástica y después plástica, alrededor de los bordes del punzón y matriz.

Penetración: los filos de corte del punzón y matriz penetran dentro del material, produciéndose grietas en el material debido a la concentración de tensiones a lo largo de los filos de corte.

Fractura: las grietas originadas a uno y otro lado de la chapa se encuentran, originando la separación del material. Asimismo, el punzón continúa su descenso para expulsar el recorte. El juego de corte J , permite la penetración del punzón en la matriz (Figura 3) y la expulsión del material cortado.

El juego de corte J tiene un efecto importante en el proceso de corte y se define como la distancia lateral entre el filo del punzón y el filo de la matriz. En general, el valor del juego de corte suele expresarse de dos maneras, bien como porcentaje respecto al espesor de la chapa e (juego de corte relativo) o dando el valor de la distancia entre los filos. En el caso de punzones de sección circular, el juego de corte será la mitad de la diferencia de diámetros de la matriz y el punzón, aunque es frecuente encontrar datos de fabricantes que se refieren a la diferencia de diámetros de la matriz y punzón ($2J$).

El corte por punzonado produce varias características en los bordes de la chapa y del material cortado. Estas características son (figura 3):

- Deformación plástica caracterizada por un pequeño radio R .
- Zona bruñida de aspecto brillante caracterizada por el ancho D .
- Fractura angular, con aspecto mate, definida por la penetración P .
- Rebaba caracterizada por su altura H .

Todas estas características del borde cortado dependen del tipo, dureza y espesor del material, juego entre punzón y matriz, estado de los filos de corte, sujeción del material y tamaño del punzón en relación al espesor de la chapa. Las dimensiones de la zona 2 (figura 3) las determina el punzón, en el caso de la chapa, o la matriz, en el caso del material cortado.

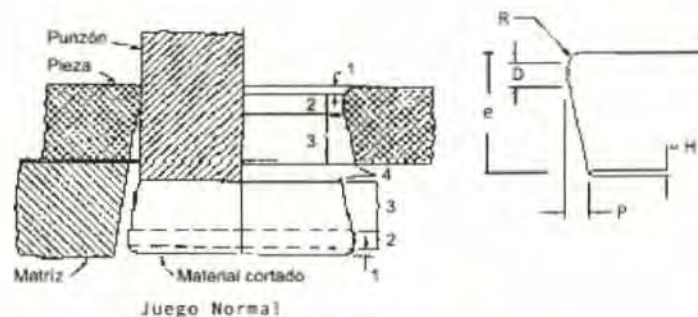


Figura 3. Características del borde de corte con juego normal



Figura 4. Posición relativa de las grietas según el juego

La extensión de la zona 1 deformada plásticamente junto con la zona 2 bruñida, se representan como porcentaje del espesor del material y definen la distancia recorrida por el punzón antes de la fractura del material. El porcentaje de la penetración del punzón varía con el tipo y dureza del material. Así, a medida que aumenta la dureza del material, el porcentaje de penetración del punzón decrece. Por otro lado, la penetración del punzón aumenta cuando el tamaño del punzón es menor que 1,5 veces el espesor de la chapa, debido al alto esfuerzo de compresión a que está sometido el material en la zona de corte.

La fractura angular y la calidad del corte dependen del juego entre matriz y punzón. Con un juego insuficiente entre punzón y matriz, se produce un corte secundario. Las grietas iniciales correspondientes al punzón y matriz no están alineadas, y por tanto, no

llegan a encontrarse (Figura 4). El descenso continuado del punzón produce la prolongación de las grietas y la superficie no cortada entre ellas se romperá en una fractura secundaria. En la parte inferior de la carrera del punzón, se produce un corte secundario y una segunda zona bruñida (Figura 5b). La disminución del juego, por debajo de los valores normales, provoca la disminución de todos los defectos de forma, mejorando por lo tanto, la precisión de los bordes obtenidos.

Cuando el juego empleado es demasiado bajo empiezan a aparecer cortes secundarios que perjudican la calidad de los bordes. Hay que destacar, que al disminuir el juego de corte se produce una mejora en la precisión de la pieza, sin embargo, otros factores como el desgaste de las herramientas o la energía consumida se ven afectados negativamente. En el caso de tener un juego de corte excesivo (Figura 5a) aparece una deformación plástica excesiva, una parte bruñida menor y una altura de rebaba mayor. Por otro lado, hay que resaltar que, al aumentar el juego de corte por encima de los valores normales, se consigue aumentar la vida de la herramienta en detrimento de la precisión obtenida en los bordes. Así, el juego de corte apropiado será aquel que no cause un corte secundario y

tenga una deformación plástica y altura de rebaba pequeñas.

Desde el punto de vista de la mecánica de la fractura del material, puede considerarse que el funcionamiento del proceso es óptimo cuando las grietas iniciadas desde el punzón y matriz se encuentran alineadas. Puesto que el juego de corte es el parámetro que afecta más directamente a la mecánica de la fractura del material, el juego de corte óptimo deberá ser capaz de proporcionar esta alineación.

2. Fuerzas en el punzonado

La fuerza de corte varía en función del juego manteniendo los demás parámetros constantes. En la Figura 6, se representa la fuerza ejercida por un punzón de 10 mm de diámetro y su desplazamiento al cortar una chapa de acero de 2.8 mm de espesor, con diferentes juegos de corte. En general, las curvas pueden ser descompuestas en dos partes claramente diferenciadas: una primera en la que la fuerza aumenta desde cero hasta su valor máximo, punto éste correspondiente al inicio de la fractura, y una segunda en la que las grietas crecen y se completa el corte del material. La primera zona presenta un aspecto muy similar en todas las curvas, sin embargo, desde el momento en que se inicia la fractura, se desarrollan fluctuaciones importantes para los distintos juegos.

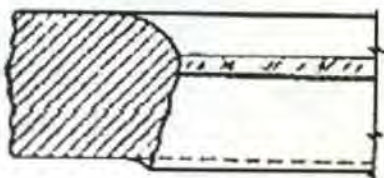


Figura 5a. Características del borde con juego excesivo



Figura 5b. Características del borde con juego insuficiente

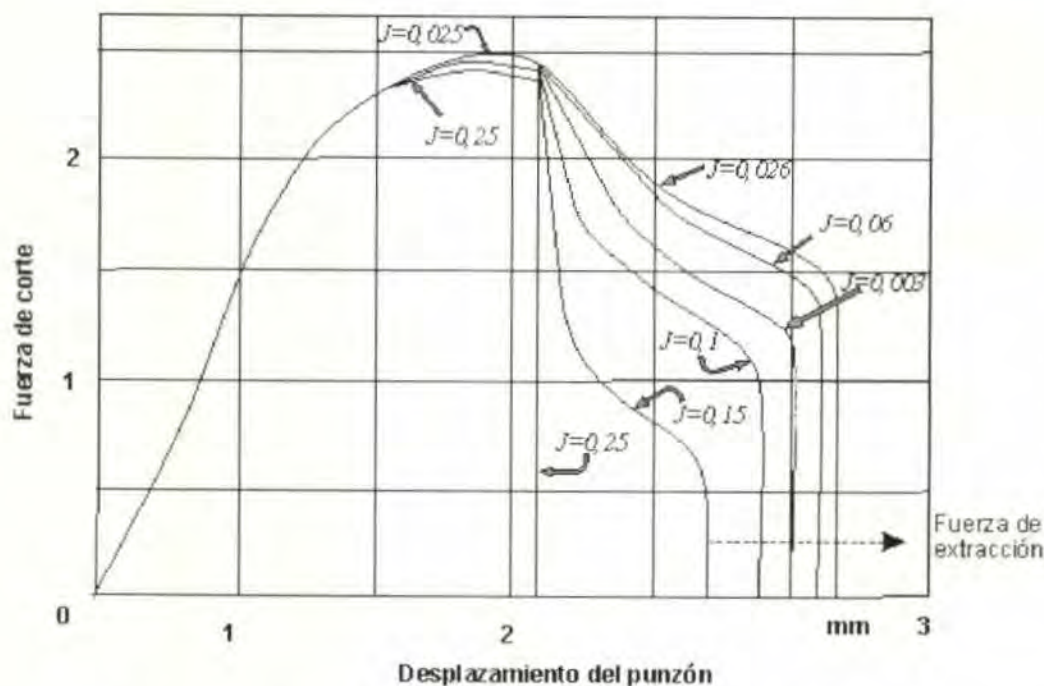


Figura 6. Influencia del juego de corte J sobre la fuerza de corte

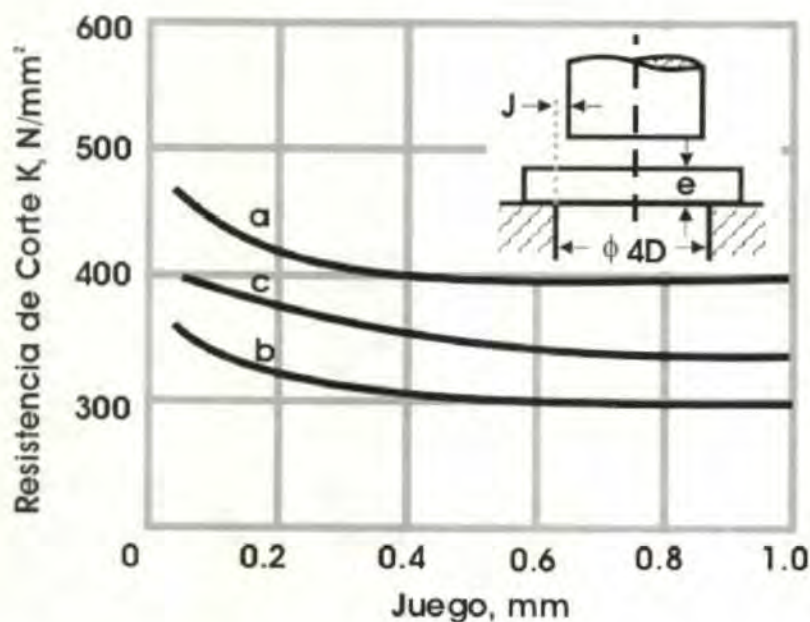


Figura 7. Resistencia de corte por punzonado según el juego

- a) $s_r = 630 N/mm^2$, $e = 5 mm$;
- b) $s_r = 450 N/mm^2$, $e = 5 mm$;
- c) $s_r = 460 N/mm^2$, $e = 10 mm$

La formación de la grieta puede asociarse a los descensos repentinos que se aprecian en los diagramas. Cuando las grietas originadas no se encuentran alineadas, las fuertes pendientes de descenso tienden a suavizarse, llegando en algunas ocasiones a la horizontalidad. En estos casos, suele producirse nuevamente disminuciones importantes de la fuerza debido a la formación de cortes secundarios. Como consecuencia de las fluctuaciones producidas en la disminución de la fuerza, se produce un aumento del área encerrada por el diagrama, y por tanto, de la energía consumida en el proceso. Por esta razón, cuando en el corte de la chapa las grietas presentan la misma alineación, la energía consumida por el proceso resulta mínima.

La resistencia de corte por punzonado k_s será, a partir de la máxima fuerza de corte $F_{s\text{ máx}}$:

$$k_s = \frac{F_{s\text{ máx}}}{A_s}$$

donde A_s es el área calculada a partir del espesor de la chapa e y el perímetro l_p de corte:

$$A_s = e \cdot l_p$$

y k_s incluye los efectos del juego de corte, desgaste de la herramienta y la influencia de otros parámetros, como las propiedades del material, espesor y forma del contorno del punzón.

La resistencia al corte por punzonado k_s decrece con el aumento del juego de corte, siendo su variación de aproximadamente un 14% en el rango de $J = 0.01, 0.1e$. En la Figura 7 se puede observar este efecto, utilizando tres materiales distintos y punzones perfectamente afilados. Conforme se realizan punzonados, el punzón sufre un desgaste que tiene como consecuencia un incremento de k_s de hasta 1.6 veces. Por otro lado, la resistencia de corte se ve afectada

por el diámetro del agujero punzonado, así el valor de la resistencia de corte decrece con el aumento del diámetro del punzón si se mantienen las demás condiciones constantes (Figura 8). Otro factor de influencia es la forma de la sección del punzón. En las zonas de gran curvatura existe una concentración de tensiones, motivo por el cual es más frecuente la rotura del punzón en las esquinas angulosas.

En la práctica, en la industria se estima el valor de k_s mediante la tensión máxima de cizallamiento τ_B y la fuerza máxima de corte mediante:

$$F_{s\text{ máx}} = l_p \cdot e \cdot \tau_B$$

El valor de τ_B se obtiene de tablas o a partir de la resistencia a la rotura σ_r . Por lo general, se toma como resistencia de cizallamiento τ_B un valor igual al 80% de la resistencia de rotura, sin embargo, esta proporción varía con el tipo y espesor del material.

Según estudios realizados por Oehler, existe una dependencia lineal entre la resistencia a la cizalladura y el logaritmo de la relación dp/e . Según estos estudios:

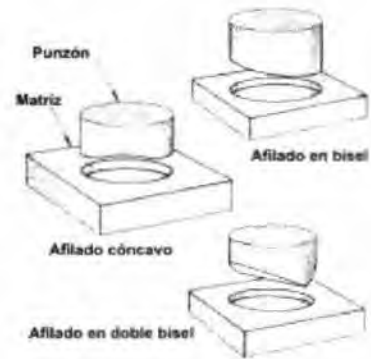


Figura 9. Afilados especiales del punzón

$$\frac{dp}{e} \geq 2 \Rightarrow \tau_B = 0.8\sigma_r$$

$$\frac{dp}{e} \leq 1 \Rightarrow \tau_B > \sigma_r$$

$$\frac{dp}{e} = 1 \Rightarrow \tau_B = \sigma_r$$

Una vez cortado el material, debe ser expulsado a través de la matriz, que en general tiene forma cónica para facilitar la extracción y dificultar el retroceso del punzón. La fuerza necesaria debe vencer el rozamiento y compresión radial entre el punzón y la chapa y entre la pieza cortada y la matriz. Parte de estas fuerzas también están presentes durante el retroceso del punzón debido al rozamiento de la chapa con el punzón. Esta fuerza de extracción suele expresarse como porcentaje de la fuerza necesaria para el punzonado y depende del material y del juego de corte.

Otro factor a tener en cuenta es el estado del punzón. Así por ejemplo, el progresivo embotamiento sufrido por éste origina un aumento de la fuerza de corte, y al mismo tiempo una disminución de la fuerza de retroceso.

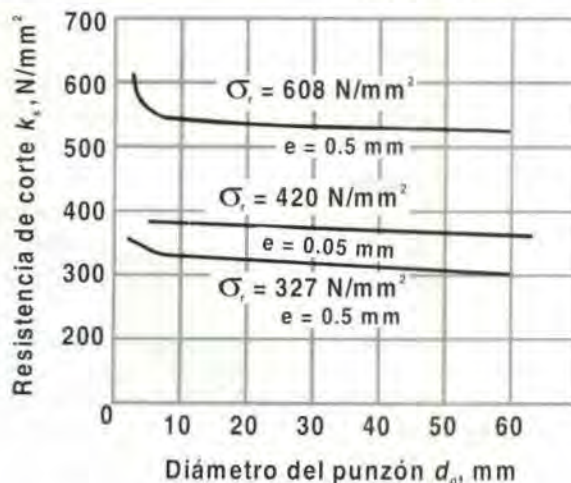


Figura 8. Efecto del diámetro del punzón en la resistencia al punzonado

También la velocidad de corte tiene influencia sobre la fuerza de corte. Así, al aumentar dicha velocidad, disminuye la fuerza necesaria, debido fundamentalmente a la elevación de la temperatura del material que se origina con el aumento de la velocidad de deformación.

Cuando las fuerzas de corte son demasiado elevadas, éstas pueden ser reducidas considerablemente mediante un punzonado por corte progresivo, esto es, inclinando el corte del punzón (Figura 9). Sin embargo, la variación de la fuerza no supone una variación de la potencia consumida en el proceso.

3. Desgaste de la herramienta

La herramienta, durante su trabajo, está sujeta a una serie de acciones mecánicas, térmicas y químicas, que ejercen un efecto de desgaste, y por tanto, es de gran interés conocer los factores que afectan a éste. Entre estos factores, se pueden citar el material de trabajo, el número de punzonados, el material de la herramienta, el diámetro del punzón, el juego de corte y la lubricación.

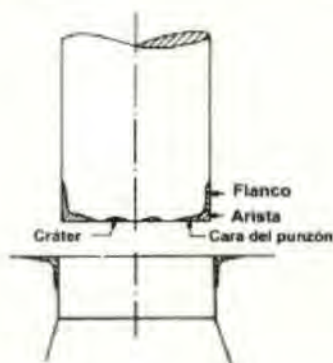


Figura 10. Desgaste del punzón y matriz

Todos los mecanismos de desgaste (adhesión, abrasión, etc.) pueden presentarse cuando se realizan

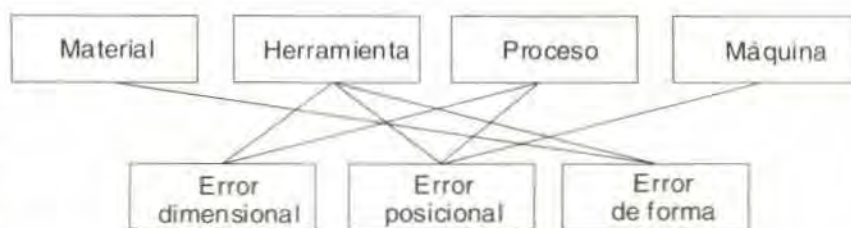


Figura 11. Factores que afectan los defectos geométricos de las piezas punzonadas

operaciones de punzonado, tanto en los punzones como en la matriz sustentadora de la chapa a punzonar. El desgaste se produce en tres zonas: caras, flancos y bordes del punzón y de la matriz (Figura 10).

Los flancos y bordes del punzón y matriz están expuestos a la acción de las superficies generadas en el proceso de corte, y el deslizamiento relativo provoca fenómenos de adhesión en los flancos y bordes.

La pieza punzonada sufre un endurecimiento al deformarse plásticamente, produciendo un crecimiento de las presiones locales y provocando la aparición de partículas más abrasivas. También la alta velocidad de producción da como consecuencia un alto número de impactos, favoreciendo la adhesión de partículas y fatiga de los filos de corte. Simultáneamente, aumenta la temperatura de la matriz, del punzón y de la pieza, por lo que se incrementa la adhesión y se favorece la oxidación.

La deformación elástica de la pieza produce un movimiento relativo a lo largo de la cara del punzón, inicialmente hacia el exterior y posteriormente, una vez iniciada la fractura, hacia el interior. Este hecho produce un desgaste abrasivo en la cara frontal del punzón. El pisador limita esta deformación elástica del material, con lo cual se reduce el desgaste del punzón. Por otro lado, la recuperación elástica de la chapa

produce un desgaste del flanco del punzón en el movimiento de retracción.

En la superficie lateral del punzón y de la matriz, el desgaste es debido fundamentalmente al mecanismo de adhesión. Otra zona que sufre desgaste, es el borde de corte, que presenta ambos mecanismos de desgaste, no siendo reseñable la influencia del tipo de material de la herramienta sobre el mismo.

Los criterios de inutilidad de la herramienta comúnmente utilizados son los siguientes:

- Consumo energético y fuerza máxima necesaria en el proceso
- Altura máxima tolerable de la rebaba generada en el corte
- Medición del desgaste de las caras, flancos y bordes en el punzón y matriz
- Medida del aumento del juego de corte como consecuencia del desgaste.

Parece lógico establecer modelos de ecuaciones de vida, al igual que en las operaciones de mecanizado por arranque de viruta, que permitan saber con antelación el número de punzonados que es capaz de realizar un conjunto punzón-matriz, antes de ser rechazado. Estos modelos permiten establecer la duración de la

Marca	Modelo	Incremento mínimo programable	Desviación de la posición (mm)	Dispersión media de posición (mm)
Trumpf	Trumatic 2000 rotation	0,01	±0,1	±0,03
LVD	Modelos Delta	0,01	±0,1	±0,05
Amada	Vipros-255	0,01	±0,05	—
Amada	Vipros 358-368	0,01	±0,1	—
Goiti	Modelos PGA—	0,01	±0,12	—
Omes	Omatic 130	0,01	±0,1	±0,05

Tabla 2. Datos de la precisión de diversos modelos de punzonadoras CN según catalogo

herramienta antes de llegar a un valor de desgaste determinado, el cual será función del criterio de optimización elegido (mínimo coste, máxima producción, máxima calidad, etc.). Los estudios realizados sobre este tema son relativamente escasos, sobre todo por la complejidad del mecanismo de desgaste, íntimamente ligado con la vida de la herramienta.

Por tanto, resulta difícil establecer modelos sobre una gran base de datos experimentales.

4. Precisión de las piezas punzonadas

En el punzado, como en cualquier otro proceso de fabricación, es

necesario establecer las especificaciones de precisión necesarias para satisfacer las necesidades del usuario. Por tanto, resulta interesante hacer un estudio de la precisión, con el fin de poder definir dichas especificaciones de la forma más acertada posible.

La precisión de las piezas punzonadas puede ser caracterizada por los siguientes defectos: dimensionales, posicionales y de forma. Los factores que afectan a estos defectos son principalmente el material, las herramientas, las variaciones del proceso y la máquina. En la Figura 11 aparecen representados los diferentes factores que afectan a cada uno de estos defectos.

Los diámetros del recorte y del agujero, medidos sobre la superficie pulida, deben coincidir en teoría con los del punzón y matriz respectivamente. Estas dimensiones teóricas pueden sufrir alteraciones, debido a la influencia de algunos factores, tales como la inexactitud en las dimensiones de las herramientas, las deformaciones elásticas de éstas o las tensiones elástico-plásticas producidas en el material.

En lo que respecta a los defectos posicionales, éstos comprenden dos tipos de imprecisiones geométricas: irregularidades en el contorno del recorte e inexactitudes de los agujeros de las piezas perforadas.

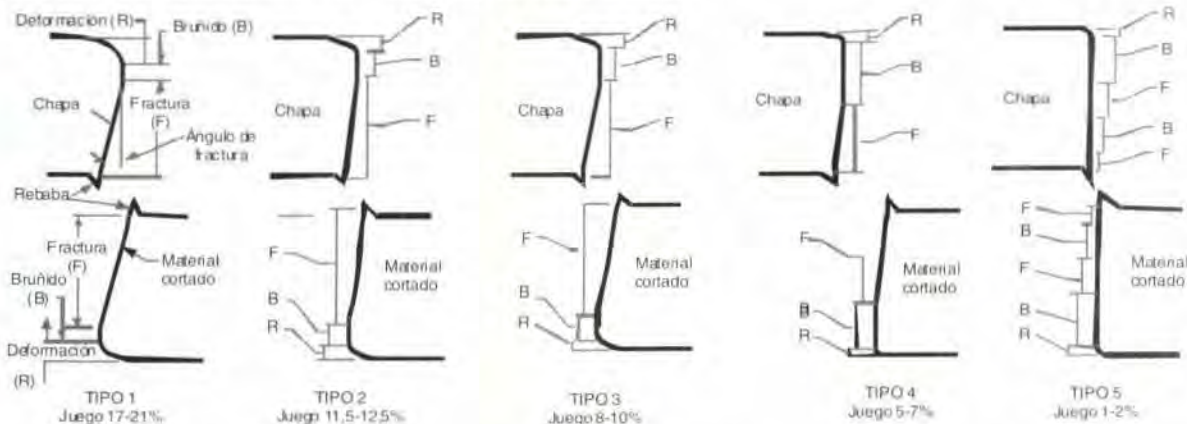


Figura 12. Distintos tipos de borde según el juego. Material acero de bajo contenido en carbono

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Angulo fractura	14° ÷ 16°	8° ÷ 11°	7° ÷ 11°	6° ÷ 11°	—
Deformación	10 ÷ 20 % e	8 ÷ 10 % e	6 ÷ 8 % e	4 ÷ 7 % e	2 ÷ 5 % e
Bruído	10 ÷ 20 % e	15 ÷ 25 % e	25 ÷ 40 % e	35 ÷ 45 % e	50 ÷ 70 % e
Fractura	70 ÷ 80 % e	60 ÷ 75 % e	50 ÷ 60 % e	35 ÷ 50 % e	25 ÷ 45 % e
Rebaba	larga	normal	normal	media	larga

Tabla 3. Rango aproximado de los valores de los distintos bordes de la figura 12

Las primeras son debidas normalmente a la falta de coaxialidad entre punzón y matriz, a defectos en las guías o a la inexactitud de forma de las herramientas. En cuanto a la inexactitud de posición de los agujeros, depende de la precisión del sistema de movimiento de la chapa (Tabla 2).

Los defectos de forma son aquellos que se presentan en los bordes de la pieza y dependen de las herramientas y del material. Los factores de las herramientas que más afectan a estas imprecisiones geométricas son el juego de corte, la forma del punzón

y el estado de desgaste del filo, mientras que los del material son la calidad, la resistencia y el espesor de la chapa.

Los defectos de forma pueden ser controlados mediante el ajuste del juego de corte. Así, según el juego de corte, se pueden obtener cinco tipos de bordes en la chapa punzonada. En la Figura 12 pueden observarse de manera esquemática para el punzonado de acero de bajo contenido en carbono. Las características de cada uno de estos tipos de bordes pueden verse en la Tabla 3.

En lo que respecta a las dimensiones del agujero, se ven afectadas por el cambio del juego de corte. Cuando se utilizan juegos de corte que producen bordes como el tipo 4 (Figura 13), el diámetro del agujero es alrededor de 0.01 mm menor que el diámetro del punzón. Sin embargo, si se obtiene un borde del tipo 2, el diámetro del agujero es 0.01 mm mayor que el diámetro del punzón.

El valor de la altura de rebaba (H) viene condicionado, en el caso del recorte, por el estado de desgaste del punzón, mientras que en el agujero, éste depende del grado de desgaste de la matriz. Por lo tanto, la altura de la rebaba depende de los mismos factores que el desgaste de las herramientas. La Figura 13 muestra la altura de la rebaba en función del número de punzonados efectuados.

Tomado de la Revista MetalUnivers No. 5, Marzo de 2002 y su sitio web www.metalunivers.com



Figura 13. Variación de la altura de la rebaba con el número de golpes

Bibliografía especializada

Nuevas adquisiciones en el Servicio de Información, Documentación, Divulgación y Vigilancia Tecnológica SIDT del Centro ASTIN

PLÁSTICOS

31921

GRUPO EDITORIAL REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS.

-- La última tecnología en líneas de termoconformado monoestación.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 562, Abr. 2003, p. 355-357.

Describe una máquina termoconformadora recientemente introducida en el mercado, que ha demostrado un óptimo rendimiento en la producción mecánica y electromecánica. Con dos paneles de calefacción se reduce el mantenimiento y los tiempos de puesta en marcha de la monoestación.

/TERMOCONFORMADO MONOESTACIÓN//
TERMOFORMADORAS/

31896

HORCAJADA, David.

-- Envasado y embalado con poliestireno expandido.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 561, Mar. 2003, p. 206, 208, 210-212, 214, 215, 216, 218, 220-222, 224.

Expone el gran uso del poliestireno expandido (icopor) en el embalado y envasado de productos. Describe el proceso de fabricación, las propiedades, los tipos, las propiedades

mecánicas y la interacción entre el poliestireno expandido y el medio ambiente.

/EPS/ /POLIESTIRENO EXPANDIDO/ /ICOPOR/ /APLICACIONES DEL POLIESTIRENO/ /PROPIEDADES MECÁNICAS/ /MEDIO AMBIENTE/ /EMBALAJES PLÁSTICOS/ /ENVASES DE POLIESTIRENO/ /MATERIALES PARA ENVASES/ /MATERIALES PARA EMPAQUES/ /AISLAMIENTO TÉRMICO/

31904

LAGARON, J.M.; GIMÉNEZ, E.; POWELL, A.K.; LÓPEZ-RUBIO, A.M.; CABEDO, L.; GAVARA, R.

-- Últimos desarrollos en alta barrera para envases. Policetonas alifáticas.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 561, Mar. 2003, p. 240-246.

Las policetonas alifáticas son una familia nueva de materiales semicristalinos que se obtienen a partir de la polimerización de alfa-olefinas y monóxidos de carbono con catalizadores de centro activo único de paladio. Se presentan las propiedades generales más importantes y algunos resultados de caracterización estructural en función de la composición.

/POLICETONAS ALIFÁTICAS/ /MATERIALES POLIMÉRICOS/ /PROPIEDADES BARRERA/ /ENVASES PLÁSTICOS/ /CARACTERIZACIÓN DE POLÍMEROS/ /POLÍMEROS SEMICRISTALINOS/

31907

GRUPO EDITORIAL REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS.

-- Los nuevos y fiables envases alimentarios utilizan innovadoras láminas de PET expandido.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 561, Mar. 2003, p. 255.

Describe la utilización de la nueva capa de unión adhesiva DuPont Bynel por parte de la firma Neoplástica, productora de láminas de PET para envases de productos alimenticios y no alimenticios. Neoplástica ha creado una línea de productos, con lámina de PET expandido multicapa, económica y termosellable, con excelentes propiedades barrera y de apertura fácil.

/PET/ /TEREFTALATO DE POLIETILENO/ /PROPIEDADES BARRERA/ /ENVASES DE PET/ /ENVASES PARA ALIMENTOS/ /ENVASES PARA PRODUCTOS QUÍMICOS/ /LÁMINAS DE PET/

31901

LÓPEZ-RUBIO, María D.; LAGARON, J.; CATALA, Ramón; GAVARA, Rafael.

-- Plásticos activos para envases alimentarios.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 561, Mar. 2003, p. 226-235.

Presenta las características de los productos plásticos destinados al envasado y almacenamiento de productos alimenticios, conocidos como plásticos activos.

/DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS/ /
ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS/ /
MATERIALES POLIMÉRICOS/ /
ELABORACIÓN DE POLÍMEROS/ /
IMPACTO AMBIENTAL/ /ENVASES PARA
ALIMENTOS/ /PLÁSTICOS ACTIVOS/
/ABSORBEDORES DE CO₂/ /ADSORBEDORES
DE ETILENO/ /ADSORBEDORES
DE HUMEDAD/ /ENVASES
ACTIVOS/ /ADITIVOS PARA PLÁSTICOS/
/PELÍCULAS ANTIOXIDANTES/
/ENVASES ANTIMICROBIANOS/

31911

GRUPO EDITORIAL REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS.

-- Botellas para llenado en caliente.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 561,
Mar. 2003, p. 280-283.

Describe la utilización del proceso HR, el cual es una tecnología avanzada que considera una gran cantidad de variables: el líquido a envasar, capacidad del envase, su peso, la temperatura de llenado, la velocidad de soplado y si el llenado es en línea o fuera de línea. Algunas de las bebidas como zumos de frutas, bebidas frescas o congeladas, isotónicas y té se envasan mientras están calientes, para eliminar microorganismos que amenazan tanto la calidad del producto como al consumidor.

/PROCESO HR/ /ENVASADO DE
BEBIDAS/ /BOTELLAS PET/ /
LLENADO EN CALIENTE/

31906

**SACRISTÁN, J.; REINECKE, H.;
MIJANGOS, C.**

-- Modificación superficial de

polímeros. 4. Modificación y caracterización por microscopia Raman confocal de filmes de PS y PCMS.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 561,
Mar. 2003, p. 247-254.

Estudia la modificación química de películas poliméricas delgadas de poliestireno y policloro-metilestireno (PCMS). Presenta un estudio comparativo de la reacción de nitración de películas de PS y de la reacción de sustitución nucleófila de los átomos de cloro del PCMS por el grupo ciano, en mezcla de un buen disolvente y un no disolvente.

/PELÍCULAS POLIMÉRICAS/ /
POLIESTIRENO/ /POLICLOROMETIL-
ESTIRENO/ /REACCIONES DE
SUSTITUCIÓN DE COMPUESTOS/ /
ESPECTROSCOPIA RAMAN/ /MAPPING/
/SUSTITUCIÓN NUCLEOFÍLICA/ /
MODIFICACIÓN SUPERFICIAL DE
POLÍMEROS/ /CARACTERIZACIÓN DE
POLÍMEROS/ /MICROSCOPIA RAMAN
CONFOCAL/ /PELÍCULAS DE
POLIESTIRENO/ /PCMS/

31917

**LOCATI, Giancarlo; BALDI,
Francesco.**

-- Reómetro bi-capilar para la caracterización de los polímeros en estado de fusión.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 562,
Abr. 2003, p. 346-348.

Describe las propiedades del reómetro bi-capilar, instrumento adecuado para la caracterización de los polímeros en estado de fusión. También se discuten las correcciones de Rabinowitsch y de Bagley, errores encontrados en la medición con capilares.

/REOLOGÍA CAPILAR/ /CORRECCIÓN
DE RABINOWITSCH/ /CORRECCIÓN DE
BAGLEY/ /REÓMETROS CAPILARES/ /
CARACTERIZACIÓN DE POLÍMEROS/

31912

GRUPO EDITORIAL REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS.

-- Porógenos (agentes expansivos) para la producción de espumas extruídas. Bombas dosificadoras de precisión.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 562,
Abr. 2003, p. 334-335.

Describe las ventajas de los equipos de dosificación de espumantes LEWA en los equipos de extrusión empleados en la fabricación de espumas. Estos sistemas se componen de la bomba dosificadora regulable, un caudalímetro conectado en serie o conectado con señal continua y un regulador conectado por una señal-guía externa.

/FABRICACIÓN DE ESPUMAS/ /
BOMBAS DOSIFICADORAS/ /SISTEMAS
DE DOSIFICACIÓN/ /ESPUMANTES/ /
EXTRUSIÓN DE ESPUMAS/

31922

FRANGNELL, Andrew.

-- Extrusión de hoja espumada: Estructura uniforme de espuma y producción eficaz mediante el filtrado del fundido.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 562,
Abr. 2003, p. 358-365.

Describe los tres procesos básicos utilizados en la fabricación de hojas espumadas. Este proceso consiste en la introducción de burbujas de gas en una hoja de plástico, para así crear una estructura celular en el producto. También se presentan los sistemas de filtrado de fundido de Gneub, muy exitosos en este campo.

/HOJAS ESPUMADAS/ /AGENTES
ESPUMANTES/ /EXTRUSORAS DE
HOJAS ESPUMADAS/ /SISTEMAS DE
FILTRADO/ /EXTRUSIÓN DE LAMI-
NAS/ /ESPUMADO DE PLÁSTICOS/

31902

PEREA G., J. M.; RODRÍGUEZ J., S.

-- Espumas de polipropileno.
REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 561, Mar. 2003, p. 236-239.

Describe la utilización de los polímeros de polipropileno en la elaboración de materiales espumados para diversas aplicaciones, debido a su baja densidad, elevada resistencia al impacto y elevado potencial de reciclado. Asimismo, se presentan las características de los agentes de espumado, de los aditivos utilizados, y se describe el pre-acondicionamiento de los materiales de partida según la aplicación.

/POLIPROPILENO/ /ESPUMAS DE POLIPROPILENO/ /RESISTENCIA AL IMPACTO/ /RECICLABILIDAD/ /PROCESOS DE ESPUMADO/ /ADITIVOS PARA PLÁSTICOS/ /AGENTES DE ESPUMADO/ /POLIPROPILENO EXPANDIDO/ /EXTRUSIÓN DE ESPUMAS/

31919

GRUPO EDITORIAL REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS.

-- Más fácil, más rápido, más económico. El espumado físico con Ergocell ahorra material, tiempo de ciclo y coste.
REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 562, Abr. 2003, p. 350-352.

Presenta la tecnología Ergocell, diseñada para el proceso de incorporación directa de gas en la masa fundida de materiales termoplásticos. Se describen los componentes principales del módulo Ergocell, su funcionamiento y sus ventajas y limitaciones.

/SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN/ /AERONÁUTICA/ /HUMECTACIÓN/

ESPUMADO FÍSICO/ /PLASTIFICACIÓN/ /REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE CICLO/ /MOLDEO POR INYECCIÓN/ /PROCESO ERGOCELL/

31926

VILLARREAL B., Norky; GOBERNADO M., Isabel; MERINO S., Juan C.; SOTO L., Pablo.

-- Desarrollo de materiales termoplásticos reforzados con fibras agro-vegetales para la obtención de componentes de automoción.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 564, Jun. 2003, p. 552-560.

La utilización de refuerzos en forma de fibra en matrices poliméricas permite obtener materiales compuestos con resistencias y módulos muy superiores a los de la propia matriz. Se describen las fibras agro-vegetales utilizadas para la obtención de componentes de automoción.

/FIBRAS NATURALES/ /FIBRAS DE REFUERZO/ /MATERIALES TERMOPLÁSTICOS/ /PARTES PARA AUTOMÓVILES/ /POLIPROPILENO/ /FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS/

31927

PROLONGO, M. G.; SALOM, C.; MASEGOSA, R. M.

-- Fibras de refuerzo de materiales compuestos en la industria aeronáutica.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 564, Jun. 2003, p. 561-579.

Describe la estructura y propiedades de las fibras más utilizadas en la fabricación de materiales compuestos empleados en aeronáutica. Las fibras actúan como refuerzos para mejorar la rigidez y la resistencia de los materiales poliméricos.

FIBRAS DE CARBONO/ /FIBRAS DE POLIAMIDAS/ /FIBRAS DE KEVLAR/ /FIBRAS DE VIDRIO/ /FIBRAS DE REFUERZO/ /NOMEX/ /FIBRAS DE BORO/ /WHISKERS/ /MATERIALES COMPUESTOS/

31929

LOZANO, Angel E.; DE LA CAMPA, José G.; DE ABAJO, Javier.

-- Fibras de alto módulo y alta resistencia.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 564, Jun. 2003, p. 580-593.

Describe las fibras de alto módulo, las cuales incluyen las fibras poliméricas como las basadas en poliolefinas, poliamidas y poliimidas aromáticas y polímeros heterocíclicos, al igual que las fibras híbridas (orgánicas-inorgánicas).

/FIBRAS DE ALTO MÓDULO/ /POLIAMIDAS AROMÁTICAS/ /POLIIMIDAS AROMÁTICAS/ /POLIBENZOAZOLES/ /POLIETILENO/ /FIBRAS DE CARBONO/ /NANOTUBOS DE CARBONO/ /FIBRAS DE BORO/ /FIBRAS DE SILICIO/ /FIBRAS DE ALTA RESISTENCIA/ /POLIOLEFINAS/

31930

LOPEZ M., M. A.; ARROYO, M.

-- Fibras naturales como refuerzos de matrices poliméricas.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS (Madrid), Vol. 85, No. 564, Jun. 2003, p. 594-600.

Presenta una descripción de las fibras naturales, su origen, clasificación, estructura, composición química y propiedades fundamentales. También se describen los tratamientos físicos y químicos que se aplican para mejorar su compatibilidad con los polímeros.

/FIBRAS NATURALES/ /FIBRAS DE
REFUERZO/ /CELULOSA/ /
HEMICELULOSA/ /LIGNINA/ /
TRIAZINAS/ /ORGANOSILANOS/ /
MATRICES POLIMÉRICAS/

31914

**GRUPO EDITORIAL REVISTA DE
PLÁSTICOS MODERNOS.**

-- Alimentación gravimétrica.
REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 562,
Abr. 2003, p. 336,338.

Presenta una serie de
soluciones técnicas en el campo
de la alimentación gravi-
métrica, desarrolladas por la
compañía Moretto que, junto con
la utilización de componentes
más sofisticados y fiables,
convierten a estas unidades en
el punto de referencia para la
competencia.

/ALIMENTADORES GRAVIMÉTRICOS/ /
SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN/ /
SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN
GRAVIMÉTRICA/

31915

**GRUPO EDITORIAL REVISTA DE
PLÁSTICOS MODERNOS.**

-- Sistemas de reciclaje para
el mercado del futuro.
REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 562,
Abr. 2003, p. 340,342,344.

Describe algunas tecnologías
para el reciclaje de materia-
les: la nueva definición del
dimensionado de los compacta-
dores, el cambiador de filtros
de fusión con reflujo
automático, las placas de
soporte de los filtros, los
nuevos sistemas de corte en
caliente, la peletización
automática, entre otras.

/RECICLAJE DE MATERIALES/ /
PLACAS SOPORTE/ /PELETIZADO DE
PLÁSTICOS/ /CUCHILLAS PARA
CORTE DE PLÁSTICOS/ /EQUIPOS
AUXILIARES PARA PLÁSTICOS/ /

**MAQUINAS PARA RECICLAJE DE
PLÁSTICOS/**

31920

**GRUPO EDITORIAL REVISTA DE
PLÁSTICOS MODERNOS.**

-- Mezcladores estáticos para
aplicaciones de extrusión e
inyección.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 562,
Abr. 2003, p. 353-354.

Describe las ventajas de los
mezcladores estáticos SULZER,
con los cuales es posible
obtener piezas de alta calidad
con una masa perfectamente
homogénea. Otras ventajas son
la reducción en el consumo de
colorante y su gran aplicación
en la extrusión.

/MEZCLADORES ESTÁTICOS/ /MOLDEO
POR INYECCIÓN/ /HOMOGENE-
IZACIÓN/ /MOLDEO POR INYECCIÓN/
/EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS/ /
MEZCLADO DE PLÁSTICOS/

31923

HANNEMAN, Axel.

-- Calidad constante de láminas
y cintas plásticas para una
filtración completamente
automática.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 562,
Abr. 2003, p. 366-368.

Describe los sistemas de
filtración utilizados para la
producción de láminas de alta
calidad, destacando las
ventajas del sistema RSFgenius.
Esta tecnología no solo es
aplicable a la producción de
cintas, sino también a la
producción de todos los tipos
de lámina.

/SISTEMAS DE FILTRADO/ /
FABRICACIÓN DE LÁMINAS
PLÁSTICAS/ /CINTAS PLÁSTICAS/ /
LÁMINAS PLÁSTICAS/

31924

CERRADA G., Maria L.

-- Conferencia de prensa
internacional de Bayer
Polymers.

REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS
(Madrid), Vol. 85, No. 564,
Jun. 2003, p. 518,520-521.

Destaca la importancia del
grupo Bayer Polymers dentro de
la organización Bayer, de
Alemania. Esta reestructuración
dejó como resultado una
institución con una unidad
organizativa mundial para la
producción y con unidades de
mercado y ventas de carácter
regional.

/BAYER POLYMERS/ /BAYER/ /
REESTRUCTURACIÓN DE EMPRESAS/ /
POLÍMEROS/ /INDUSTRIA DE LOS
PLÁSTICOS/

MOLDES

31966

MOLDFLOW.

-- Cambiando la forma de
diseñar moldes para la
fabricación de piezas de
plástico.

MOLDES (Madrid), No. 62, Jun.
2003, p. 40-41.

Muestra como el software Mold
Adviser les ofrece a los
diseñadores de moldes una
manera fácil y precisa de
optimizar sus diseños. Así se
puede proyectar y analizar la
distribución de las cavidades,
el equilibrio de las coladas,
el sistema de inyección y
calcular la duración del ciclo,
la presión y la cantidad de
material inyectado.

/DISEÑO DE MOLDES/ /FABRICACIÓN
DE PIEZAS MOLDEADAS/ /SOFTWARE
CAD/ /DISEÑO ASISTIDO POR
COMPUTADORA/

31964

DEL MOLINO, Rafael.

-- Rhinoceros y RhinoMold, utilidades para el diseño de moldes.

MOLDES (Madrid), No. 62, Jun. 2003, p. 36-38.

Describe las ventajas del software Rhino 3, una herramienta que puede crear, editar, analizar y traducir curvas NURBS, superficies y sólidos en Windows independientemente de la forma, tamaño o grado de complejidad.

/DISEÑO DE MOLDES/ /DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA/ /SOFTWARE CAD/ /RHINOCEROS/

31969

KENCI, S.A.

-- Software CAM de alta velocidad de NC Graphics (2a parte).

MOLDES (Madrid), No. 62, Jun. 2003, p. 56-62.

Presenta las ventajas del software Machining Strategist, destinado a la protección contra las colisiones tanto de la herramienta como del portaherramientas en las operaciones de mecanizado.

/SOFTWARE CAM/ /PORTAHERRAMIENTAS/ /PROCESOS DE MECANIZADO/ /MECANIZADO DE ACABADO/

SOLDADURA, ACEROS, ENSAYOS

31973

BOWEN, Jack.

-- Fastener testing = Ensayos con pernos.

ADVANCED MATERIALS PROCESSES (Ohio), Vol. 160, No. 8, Ago. 2002, p. 67-68.

Describe brevemente las

especificaciones para pruebas y ensayos mecánicos para pernos según la ASTM, SAE y otras organizaciones. La máquina mas utilizada es la máquina universal de ensayos (UTM: Universal Testing Machine), las cuales soportan carga en cualquier dirección, diferentes tipos de pruebas, esfuerzos y cortes. Las UTM están diseñadas con mecanismos de accionamiento electromecánico e hidráulicos, siendo las hidráulicas las que tienen mayor capacidad de carga.

/ENSAYOS DESTRUCTIVOS/ /MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS/ /ASTM/ /PERNOS/ /EXTENSÓMETROS/ /ENSAYOS DE TENSIÓN/

31933

RAMIREZ, Félix. FAGOR ARRASATE, S. COOP.

-- Aplanado de aceros de alto límite elástico.

DEFORMACIÓN METALICA (Barcelona), Vol. 28, No. 265, Jul-Ago. 2002, p. 48-52.

Describe los defectos mas comúnmente encontrados en las estructuras de las chapas, y presenta los mecanismos mas adecuados para la corrección de tales defectos con el uso de máquinas aplanadoras.

/APLANADO DE ACEROS/ /DEFECTOS DE PLANITUD/ /APLANADORAS/ /DEFECTOS EN CHAPAS/ /CHAPAS DE ACERO/ /ACEROS DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO/

31936

MARTÍNEZ M., Isidoro; DEL RÍO A., Fernando I.; BERMÚDEZ O., M. Dolores. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.

-- Caracterización de uniones soldadas de aceros de alto límite elástico.

DEFORMACIÓN METALICA (Barcelona), Vol. 28, No. 265, Jul-Ago. 2002, p. 60-63.

Analiza los problemas relacionados con la soldadura de aceros de alta resistencia y alto límite elástico. Se estudió la relación microestructura-propiedades en una unión de un acero cuyo elevado carbono podría dificultar su soldabilidad.

/UNIONES SOLDADAS/ /ACEROS DE ALTA RESISTENCIA/ /ACEROS DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO/ /SOLDADURA DE ACEROS/ /SOLDABILIDAD DE ACEROS/

31978

ELMER, Jhon W.; PALMER, Todd A.; BABU, Sudarsanam S.

-- Synchrotron radiation analyzes steel welds = La radiación sincrotrónica analiza soldaduras en acero.

ADVANCED MATERIALS & PROCESSES (Ohio), Vol. 160, No. 11, Nov. 2002, p. 23-26.

Describe la utilización de la radiación sincrotrónica en los análisis de la evolución dinámica de las microestructuras en el acero durante la soldadura. La radiación sincrotrónica es más poderosa que los convencionales rayos X, debido a que expande el espectro electromagnético de rayos infrarrojos.

/RADIACIÓN SINCROTRÓN/ /ANÁLISIS DE SOLDADURA/ /RAYOS X/ /RAYOS INFRARROJOS/ /DIFRACCIÓN DE RAYOS X/ /ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURAS/

31983

NOECKER, Rick.

-- Cracking susceptibility of steel-copper alloys = Susceptibilidad a la rotura de aleaciones acero-cobre.

ADVANCED MATERIALS & PROCESSES (Ohio), Vol. 161, No. 2, Feb. 2003, p. 22-25.

Describe los problemas y fallas presentes en las aleaciones acero-cobre, debido a las diferencias en la conductividad térmica de los dos materiales, además de que el cobre generalmente es considerado contaminante en el acero. Las aleaciones acero-cobre están siendo utilizadas para mejorar la conductividad térmica en los moldes para fundición y así mejorar la velocidad de enfriamiento de ciclo y aumentar la productividad. El proceso LENS es utilizado para realizar la deposición del cobre sobre un sustrato metálico.

/ALEACIONES DE COBRE/ /MOLDES PARA FUNDICIÓN/ /CONDUCTIVIDAD TÉRMICA/ /VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO/ /CICLOS DE MOLDEO/ /ACERO AISI H-13/ /ALEACIONES DE ACERO/ /DEPOSICIÓN DE COBRE/ /PROCESO LENS/ /ACEROS PARA HERRAMIENTAS/ /ANÁLISIS METALOGRAFICO/

31984

DE, Amar K.; SPEER, Jhon G.; MATLOCK, David K.

-- Color tint-etching for multiphase steels = Ataque con tinta de color para aceros multifase.

ADVANCED MATERIALS & PROCESSES (Ohio), Vol. 161, No. 2, Feb. 2003, p. 27-30.

Describe la utilización de la metalografía en color para una mejor identificación de las microestructuras presentes en los aceros de alta resistencia utilizados en la industria. Es un simple procedimiento de ataque con color con la ayuda de un microscopio óptico.

/METALOGRAFÍA EN COLOR/ /IDENTIFICACIÓN DE FASES/ /MICROESTRUCTURA DE METALES/ /ACEROS DE ALTA RESISTENCIA/ /ACEROS DE BAJA ALEACIÓN/ /ATAQUE COLOREADO/ /SOLUCIONES DE ATAQUE QUÍMICO/

31934

BAILE, M. T.; FORN, A.; POLO, J. L.; CANO, E.; BASTIDAS, J. M.

-- Corrosión localizada de la aleación de aluminio A357 en solución de cloruro de sodio.

DEFORMACIÓN METÁLICA (Barcelona), Vol. 28, No. 265, Jul-Ago. 2002, p. 54-58.

Presenta un estudio sobre la corrosión localizada de la aleación de aluminio A357 obtenida por un proceso en estado semisólido. Según los resultados, el tratamiento térmico T6 mejora las propiedades mecánicas y aumenta la resistencia a la corrosión.

/ALEACIONES DE ALUMINIO/ /ALEACIÓN DE ALUMINIO A357/ /TRATAMIENTOS TÉRMICOS/ /CORROSIÓN LOCALIZADA/ /PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN/

31982

CRIBB, W. Raymond; RATKA, Jhon O.

-- Copper spinodal alloys = Aleaciones espinodales de cobre.

ADVANCED MATERIALS & PROCESSES (Ohio), Vol. 160, No. 11, Nov. 2002, p. 27-30.

Presenta una nueva tecnología que permite la producción de una gran variedad de partes en aleaciones de cobre con una estructura espinodal resistente. Además de su maleabilidad combinada con su alta resistencia, los productos presentan una gran resistencia a la corrosión, sin embargo, comercialmente se encuentran en secciones delgadas y con limitadas opciones para el temple.

/ESTRUCTURAS ESPINODALES/ /ALEACIONES ESPINODALES/ /ALEACIONES DE COBRE/ /RESISTENCIA A LA CORROSIÓN/

TEMPLE/ /PROPIEDADES TRIBOLÓGICAS/ /DESCOMPOSICIÓN ESPINODAL/

31979

CZERWINSKI, Frank.

-- Injection molding magnesium alloys = Moldeo por inyección de aleaciones de magnesio.

ADVANCED MATERIALS PROCESSES (Ohio), v.160, n.11, Nov. 2002, p. 31-33.

Expone la utilización de técnicas de moldeo por inyección de aleaciones de magnesio basadas en rutas de líquido y semi-sólidos evaluadas por una máquina prototipo que permite un completo control de los parámetros del proceso, como son las vías de flujo, procedimientos de fundición y tiempos de ciclo.

/INYECCIÓN DE METALES/ /ALEACIONES DE MAGNESIO/ /CONTROL DE PROCESOS/ /TÉCNICAS DE MOLDEO/

31977

VALENCIA, Juan J.; TIMS, Michael L.; NASTAC, Laurentiu.

-- Bronze/TiC composites for friction drums = Compuestos de bronce/TiC para tambores de fricción.

ADVANCED MATERIALS & PROCESSES (Ohio), Vol. 160, No. 11, Nov. 2002, p. 39-41.

Explica la utilización de compuestos de bronce-carburo de titanio para los tambores de la maquinilla utilizados en la industria naval. Estos compuestos son tratados térmicamente a 650°C para disminuir los esfuerzos internos del material y permitir una homogeneidad del mismo.

/BRONCE/ /CARBURO DE TITANIO/ /ALEACIONES DE BRONCE/ /TAMBORES CENTRÍFUGOS/

31986

DANIELSON, Paul; WILSON, Rick; ALMAN, David.

-- Microstructure of titanium welds = Microestructura de las soldaduras de titanio.

ADVANCED MATERIALS & PROCESSES (Ohio), Vol. 161, No. 2, Feb. 2003, p. 39-42.

Presenta un estudio sobre los cambios microestructurales causados por las soldaduras en el titanio y en sus aleaciones. Debido a las altas temperaturas ocurren cambios en las fases del metal y además se presenta contaminación por impurezas ambientales que contienen oxígeno y nitrógeno.

/MICROESTRUCTURA DE METALES/ /METALOGRAFÍA/ /TITANIO/ /CAMBIOS MICROESTRUCTURALES/ /ALEACIONES DE TITANIO/ /SOLDADURA DE TITANIO/ /PREPARACIÓN DE MUESTRAS METALOGRAFICAS/

31975

DORFMAN, Mitchell R.

-- Thermal spray processes = Procesos por termo pulverizado. ADVANCED MATERIALS & PROCESSES (Ohio), Vol. 160, No. 8, Ago. 2002, p. 47-49.

Describe los procesos de termo rociado de materiales fundidos y semifundidos como cerámicas, plásticos, cermetes y metales. El termo rociado es un método industrial utilizado para el recubrimiento de superficies metálicas; sus beneficios son el bajo costo del proceso, el mejoramiento del desempeño y el incremento en la vida del componente.

/ROCIADO TÉRMICO/ /TERMO-ROCIADO/ /RECUBRIMIENTO DE METALES/ /CERÁMICAS/ /PLÁSTICOS/ /CERMETS/ /RESISTENCIA A LA CORROSIÓN/ /PROCESOS DE DEPOSICIÓN/ /ARCO ELÉCTRICO/ /PISTOLAS DE PULVERIZACIÓN/

31985

PIASKOWSKI, Jerzy.

-- Ductile iron containing -3.9% silicon = El hierro dúctil que contiene -3.9% de silicio.

ADVANCED MATERIALS & PROCESSES (Ohio), Vol. 161, No. 2, Feb. 2003, p. 35-37.

Describe las propiedades físicas y mecánicas de los hierros dúctiles, que contienen aproximadamente 3.9% de silicio capaces reemplazar el hierro dúctil 500-7 utilizado en la fabricación de autopartes. Muestra las propiedades mecánicas del hierro dúctil 600-10 después de los tratamientos térmicos.

/HIERRO DÚCTIL/ /SILICIO/ /PROPIEDADES MECÁNICAS/ /PROPIEDADES FÍSICAS/ /MICROESTRUCTURAS DE METALES/ /METALOGRAFÍA/ /IDENTIFICACIÓN DE FASES/ /CAMBIOS MICROESTRUCTURALES/ /PIEZAS FUNDIDAS DE HIERRO DÚCTIL/ /TRATAMIENTOS TÉRMICOS/ /PIEZAS PARA AUTOMÓVILES/ /HIERRO DÚCTIL 600-10/

31662

CONFEMETAL.

-- Tipos de residuos peligrosos que generan las empresas. MOLDES (Madrid), n.61, Abr. 2003, p. 34-35.

Describe brevemente los tipos de residuos peligrosos que generan las empresas. Se entiende por residuo peligroso aquella sustancia que representa un riesgo para la salud humana, los recursos naturales o el medio ambiente, se incluyen aceites minerales, baterías, productos químicos, lámparas fluorescentes y lodos, entre otros.

/RESIDUOS PELIGROSOS/ /GENERACIÓN DE RESIDUOS/ /BATERÍAS/ /ACEITES MINERALES/ /PRODUCTOS QUÍMICOS/ /LÁMPARAS FLUORESCENTES/

31706

GONZALEZ, Bartolome.

-- La verificación dimensional de modelos 3D.

PLÁSTICOS UNIVERSALES (Barcelona), n.82, Ene. 2003, p. 86-87.

Se presentan algunos aspectos básicos sobre metrología dimensional, con la cual es posible resolver los problemas de inspección y verificación de los diseños tridimensionales de los moldes de las industrias transformadoras de plásticos.

/METROLOGÍA/ /DISEÑO TRIDIMENSIONAL/ /MEDICIÓN POR COORDENADAS/

31955

GRUPO EDITORIAL REVISTA MOLDES.

-- Herramientas rápidas MCP. MOLDES (Madrid), n.62, Jun. 2003, p. 22-23.

Ilustra y describe brevemente las tecnologías de última generación para la fabricación de moldes y prototipos: colado al vacío, proyección metálica para moldes de poliuretano, colado de metal MCP y Realiser MCP.

/HERRAMIENTAS MCP/ /COLADO BAJO VACÍO/ /FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS/ /FABRICACIÓN DE MOLDES/

30591

PEÑA, José Ricardo.

-- Moldes en aleación de aluminio: Una opción para la industria. TECNOLOGÍA DEL PLÁSTICO (Cali), n.126, Jun.2002, p. 24-25.

Analiza el importante papel de las aleaciones de aluminio en la fabricación de moldes e insertos para el proceso de inyección de termoplásticos. Describe las diferencias entre los moldes de acero y los de aleaciones de Al. Ofrece datos sobre proveedores de aleaciones de Al. en América Latina.

/ALEACIONES DE ALUMINIO/ /
CONSTRUCCIÓN DE MOLDES/ /MOLDES
DE ALUMINIO/ /INSERTOS/ /MOLDEO
POR INYECCIÓN DE TERMOPLÁSTICOS/
/AMÉRICA LATINA/

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

31990

HERRING, Daniel H.

-- Heat treating P/M parts =
Tratamiento térmico de partes
pulvimetalúrgicas.

**HEAT TREATING PROGRESS (Ohio),
Vol. 2, No. 4, Jun. 2002, p. 27-
30.**

Expone la utilización de
tratamientos térmicos después
del sinterizado de piezas para
aumentar las propiedades físicas
y mecánicas, como dureza y
resistencia mecánica.
Aproximadamente un 60% de las
partes de acero pulvimetalúrgico
son tratados térmicamente.

/TRATAMIENTOS TÉRMICOS/ /PIEZAS
SINTERIZADAS CON POLVO/ /
PROPIEDADES FÍSICAS/ /PROPIEDADES
MECÁNICAS/ /METALURGIA DE POLVOS/
/POLVOS METÁLICOS/ /MATERIALES
PULVIMETALÚRGICOS/ /ACEROS
PULVIMETALÚRGICOS/

31992

TENSI, Hans M.; TOTTEN, George E.

-- Temperature measurement accu-
racy in cooling curve analysis =
Precisión en la medición de
temperatura en el análisis de
curvas de enfriamiento.

**HEAT TREATING PROGRESS (Ohio),
Vol. 2, No. 4, Jun. 2002, p. 45-
49.**

Describe un estudio en el que se
determinaron los tiempos de
respuesta de una termocupla
mediante la medición de temperatura
por sonda/sensor de un acero
enfriado rápidamente. El estudio

se centró en los efectos del
aislamiento térmico/eléctrico y
la masa, la calidad del contacto
entre el material de la sonda y la
termocupla, y dimensiones de la
misma. Los sistemas de medida para
el análisis de curvas de
enfriamiento deben medir
exactamente la temperatura con
respecto al tiempo. La combinación
requerida de sensibilidad máxima
de la termocupla y el retraso
mínimo de temperatura pueden
obtenerse tan cercanamente como
sea posible de las propiedades
térmicas de la sonda y del
material de la termocupla.

/ANÁLISIS DE CURVAS DE
ENFRIAMIENTO/ /TRATAMIENTOS
TÉRMICOS/ /COEFICIENTE DE
TRANSMISIÓN TÉRMICA/ /CURVAS DE
ENFRIAMIENTO/ /MEDICIÓN DE
TEMPERATURA/ /SONDAS DE
TEMPERATURA/ /TERMOCUPLAS/ /
PROPIEDADES TÉRMICAS/

31993

**OTTO, Frederick J.; HERRING, Daniel
H.**

-- Gear heat treatment. Part I =
Tratamiento térmico para
engranajes. Parte I.

**HEAT TREATING PROGRESS (Ohio),
Vol. 2, No. 4, Jun. 2002, p. 55-
59.**

Menciona los tratamientos térmicos
para engranajes, diferenciándolos
entre los transmisores de
movimiento y los transmisores de
potencia. El estudio se centra en
estos últimos, los cuales son
fabricados con aleaciones
ferrosas.

/ENGRANAJES/ /TRATAMIENTOS
TÉRMICOS/ /PROPIEDADES FÍSICAS/
/PROPIEDADES MECÁNICAS/ /
ALEACIONES FERROSAS/

31994

**MOYER, Kenneth H.; JONES, William
R.**

-- Vacuum sinter hardening =
Endurecimiento por sinterizado

al vacío.

**HEAT TREATING PROGRESS (Ohio),
Vol. 2, No. 4, Jun. 2002, p. 65-69.**

Expone la combinación de dos
tratamientos térmicos: sinterizado
y endurecimiento en un mismo
ciclo, con la ayuda de un horno al
vacío para regular la atmósfera en
el proceso, controles de
temperatura y una velocidad de
enfriamiento suficiente para
permitir la formación de martensita
o bainita. Explica el ejemplo con
el acero de baja aleación FL-4605.

/SINTERIZADO/ /ENDURECIMIENTO DE
MATERIALES/ /TRATAMIENTOS
TÉRMICOS/ /TRATAMIENTOS
SUPERFICIALES/ /HORNOS DE VACÍO/
/PROPIEDADES MECÁNICAS/ /
PROPIEDADES FÍSICAS/ /METALURGIA
DE POLVOS/ /ACEROS DE BAJA
ALEACIÓN/ /ALEACIÓN FL-4605/

31995

**GRUPO EDITORIAL REVISTA HEAT
TREATING PROGRESS.**

-- Heat treating H13 tool steel =
Tratamiento térmico del acero
para herramientas H13.

**HEAT TREATING PROGRESS (Ohio),
Vol. 2, No. 4, Jun. 2002, p. 74-
76.**

Presenta algunos tratamientos
térmicos empleados para el acero
AISI H13 tales como el revenido y
la austenización. Describe además
el modelado de los procesos de
tratamiento térmico y las
especificaciones técnicas para
los mismos.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/ /
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES/ /
PROPIEDADES MECÁNICAS/ /
PROPIEDADES FÍSICAS/ /INDUSTRIA
DEL ACERO/ /MODELADO DE PROCESOS/
/ESPECIFICACIONES TÉCNICAS/





REGIONAL VALLE

**CDT
ASTIN**

**Centro de Desarrollo Tecnológico
y Asistencia Técnica a la Industria**

Calle 52 2Bis - 15 Apartado Aéreo 8053
Tels: (2) 447 10 75 - 431 58 55 Fax: (2) 431 58 53 - 431 58 54
e-mail: astin@sena.edu.co - senastin@colombianet.net
www.sena-astin.edu.co

SANTIAGO DE CALI - COLOMBIA