





Valle

INFORMADOR TÉCNICO

Edición 66 2 003

ISSN: 0122-056X

ESPERANZA ADRIANA RAMOS RODRÍGUEZ
Directora Regional

AURA ELVIRA NARVÁEZ AGUDELO
Jefa(E) CDT - ASTIN

EDITOR

GERMÁN CIFUENTES CEBALLOS
Técnico Especialista en Información
y Divulgación Tecnológica

COLABORADORES

ILSE KÖNIG DE LAVERDE
IBER JAMES QUIÑONES
JOSÉ RAMIRO RÚA
WILLIAM MANTILLA
SANDRA RUBI GUTIÉRREZ
HARRY FAMIT LOBOA
EDWIN PEREA RAYO
MAURICIO CAMPO
CLAUDIA ANDREA MUÑOZ
WALBER ALBERTO MUÑOZ C.

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
WALBER ALBERTO MUÑOZ C.
GERMÁN CIFUENTES C.

REVISIÓN DE TEXTO
FLAVIO PEÑA

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 Metalmeccánica para su actualización tecnológica.

Dirección: Calle 52 No. 2Bis-15
Tels.: (092) 447 1075 - 446 7182 - 431 5855
Fax: (092) 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

Estabilizante orgánico para PVC. Alternativa eficiente para tubos de PVC <i>R. Pfendner; W. Wehner; Lampertheim, Porsgrunn / Norwegen, und A. Rynningen; J.U.Stoffelsma, Dedemsvaart / Niederlande</i>	2
Visión artificial: Nuevas vías para el reciclaje <i>Estibaliz Garrote; José A. Gutiérrez; Juan J. Andueza; Javier García-Tejedor. ROBOTIKER</i>	6
Proceso de mecanizado por electroerosión <i>José Ramiro Rúa SENA-ASTIN</i>	10
Plásticos y desechos <i>FIPMA. Fundación de la Industria Plástica para la Preservación del Medio Ambiente</i>	21
Tecnología para el secado de resinas y plásticos <i>FERRAG & STIPSITS GES.M.B.H.</i>	23
Fresado de alta velocidad de moldes y matrices <i>A. Gómez. Projectes RDI. ASCAMM Centre Technologic</i>	29
Ecología industrial <i>Timothy Considine</i>	37
Sistema SCADA <i>Gorka Arina Oyaga; Miguel Ilzarbe Izquierdo; Miguel Ángel Montecelo Fuentesfría</i>	42
La simulación reológica en el diseño de piezas y moldes de inyección <i>Gerau Carné i Carbonell</i>	50
BORSI. Bolsa Nacional de Residuos y Subproductos Industriales	56
BIBLIOGRAFÍA ESPECIALIZADA: Nuevas Adquisiciones en el Servicio de Información y Documentación Tecnológica SIDT ASTIN	57



766702013467

ESTABILIZANTE ORGÁNICO PARA PVC. ALTERNATIVA EFICIENTE PARA TUBOS DE PVC

50030

Por: R. Pfaendner, W. Wehner, Lampertheim, Porsgrunn /
Noruega, und A. Rynningen, J.U.Stoffelsma, Dedemsvaart /
Niederlande

Una nueva generación de estabilizantes con base orgánica constituye una alternativa muy eficiente de los estabilizantes convencionales de plomo en la fabricación de tubos de PVC. Bajos valores de migración y datos favorables de toxicidad son ventajas adicionales de este sistema.

La transformación de PVC sólo es posible con la ayuda de deslizantes y estabilizadores, éstos últimos por lo general contienen metales. Casi el 60% de las aplicaciones del PVC (tubos, perfiles y cables) son fabricados con estabilizantes de plomo hoy en día en Europa Occidental.

Sin embargo, consideraciones ambientales y la correspondiente presión política exigen el reemplazo del plomo por alternativas menos contaminantes. En este aspecto, los países escandinavos se encuentran a la vanguardia. El proyecto de ley del Ministerio del Medio Ambiente Danés prevé la sustitución de los estabilizantes de plomo, en un plazo de 1 a 5 años, dependiendo del producto. Para tubos de PVC este plazo es de 5 años a partir de la vigencia del decreto, es decir, hasta el año 2003 debería haberse logrado el cambio total a alternativas más

compatibles con el medio ambiente [1]. El "Chemicals Policy Committee" (Comité de Políticas sobre Químicos) del Ministerio del Medio Ambiente de Suecia recomienda al Gobierno abandonar el uso de estabilizantes de plomo por completo hasta el año 2007 [2]. Noruega tomará un camino muy similar. Incluso en Alemania [3,4]) y en Holanda [5] existen recomendaciones para salirse de la estabilización del PVC con plomo.

En estos momentos se dispone de alternativas técnicamente aceptables, con base en Ca/Zn y estaño, para



Al usar sistemas estabilizantes con base orgánica, es posible fabricar tubos de diámetros hasta de 600 mm.

perfiles (6). Asimismo, en aplicaciones para cables es posible sustituir los estabilizantes de plomo por combinaciones sinérgicas de epóxidos difuncionales y compuestos de zinc (por ejemplo, del tipo Irgastab EZ712, productor: Vinyl Additives GmbH, Lampertheim) con bajos contenidos de metal [6].

Pero las exigencias del mercado escandinavo van un paso más allá: se considera como la mejor solución para el futuro del PVC un sistema completamente libre de metales pesados. El esfuerzo conjunto del productor de PVC Norsk Hydro / Porsgrunn, Noruega, el productor de tubos Wavin / Dedemsvaart, Holanda y la Vinyl Additives GmbH / Lampertheim, Alemania, logró cumplir con esta tarea. Ahora, el sistema de estabilizantes con base orgánica, ofrece a los fabricantes de tubo una alternativa eficiente.

La composición química

Se entiende por sistemas de estabilizantes con bases orgánicas las combinaciones de compuestos químicos y co-estabilizantes sinérgicos, donde los componentes orgánicos clave responden por el color inicial y su estabilidad. Una estructura heterocíclica (anillo de pirimidinadion, Figura 1) es decisiva para este efecto,

mientras que los parámetros de los sustituyentes R_1 a R_3 inciden en el perfil de la reacción y su actividad. La selección de los sustituyentes R_1 , R_2 y R_3 es determinante para poder intervenir en una etapa muy temprana en el mecanismo de degradación del PVC; al mismo tiempo, existen indicios de que en esta reacción el estabilizante es integrado en la cadena del PVC. Este nuevo comportamiento permite explicar las propiedades particulares de los estabilizantes con bases orgánicas y sus ventajas frente a los (estabilizantes) tradicionales.

Los co-estabilizantes se utilizan principalmente para obtener estabilidad a largo plazo. Para ello, se puede aplicar una amplia gama de productos, incluyendo componentes comerciales, tales como hidrotalcitos y metales saponificados. En este caso, es la relación de cada componente lo que determina su acción sinérgica con los compuestos de básicos.

En comparación con los estabilizantes de Ca/Zn o de plomo, el sistema con base orgánica posee un efecto deslizante propio limitado. Por eso, es indispensable agregar y optimizar deslizantes, por ejemplo con base en ceras polietilénicas, parafinas y/o estearatos, según las especificaciones pertinentes.

Modo de acción y reciclaje

Un criterio importante para la eficiencia de un estabilizante es la estabilidad que alcanza un compuesto de PVC en el ensayo de calor. Los valores obtenidos en el ensayo de deshidrocloración muestran la gran eficiencia del estabilizante con base orgánica. La relación directa entre la estabilidad y la concentración es muy similar a la que conocemos de las composiciones de plomo, mientras que es claramente superior a la acción de un estabilizante comercial de Ca/Zn (Figura 2). Según experiencias

de los fabricantes de tubos, es posible producir tubos con diámetros hasta de 600 mm, usando estabilizantes orgánicos con esta formulación.

Una condición importante para que un producto plástico sea aceptado en el mercado es su reciclabilidad. Así, por ejemplo, en Alemania, Escandinavia y los Países Bajos se están recolectando los tubos de PVC desechados para transformarlos en tubos nuevos [8]. Necesariamente, también la nueva generación de tubos de PVC, elaborados con estabilizantes orgánicos, debe ser reciclable, lo cual fue simulado en el laboratorio sometiendo el material a repetidas [5] extrusiones.

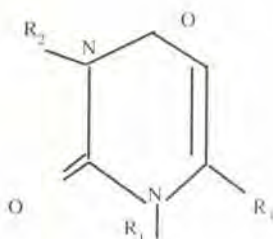


Figura 1. Estructura química de componentes clave

La pérdida de la estabilidad térmica que se produjo en este experimento fue extremadamente baja (menor que el 5% en el ensayo de deshidrocloración).

También se experimentó con mezclas de materiales de PVC, compuestos por productos con estabilización orgánica y tradicional (plomo, estaño, o Ca/Zn). Se pudo demostrar que estas mezclas son reciclables, sin afectar la estabilidad térmica. Fenómenos que se conocen de otras mezclas de estabilizantes como, por ejemplo, la decoloración, no se presentan en mezclas con estabilizantes orgánicos. De ello deriva que el reciclaje de PVC con

estabilización orgánica, no causará ningún problema.

Ensayos con el moldeo por extrusión

Experimentos piloto en diferentes líneas de extrusión mostraron otras ventajas del sistema de estabilización orgánica. El comportamiento durante la transformación se parece mucho al de materiales con estabilizantes de plomo. El espectro de procesos muestra una sorprendente amplitud, de manera que no se necesitan medidas especiales o adaptaciones en la maquinaria. Incluso, altas tasas de producción con las elevadas cargas térmicas correspondientes, son posibles.

Tubos en condiciones de uso

Las propiedades mecánicas de tubos con diámetro de 110 mm (tipo PN 10), tales como resistencia al impacto, tenacidad de rotura, estabilidad dimensional al calor y temperatura Vicat son perfectamente comparables con las de tubos estabilizados por plomo y cumplen con las especificaciones de las normas europeas (Tabla 1).

Así mismo prometedores parecen ser los ensayos de almacenamiento bajo presión. Los resultados obtenidos hasta ahora permiten inferir que los tubos estabilizados orgánicamente cumplirán con las normas futuras (Figura 3) y pueden ser extrapolados a una vida útil de mínimo 50 años.

Perspectivas

Los experimentos y pruebas realizados hasta ahora comprueban que es posible fabricar tubos de PVC estabilizados por sistemas con bases orgánicas, de forma eficiente y con el perfil de propiedades que exigen las normas. Los valores de migración disponibles actualmente, y los datos

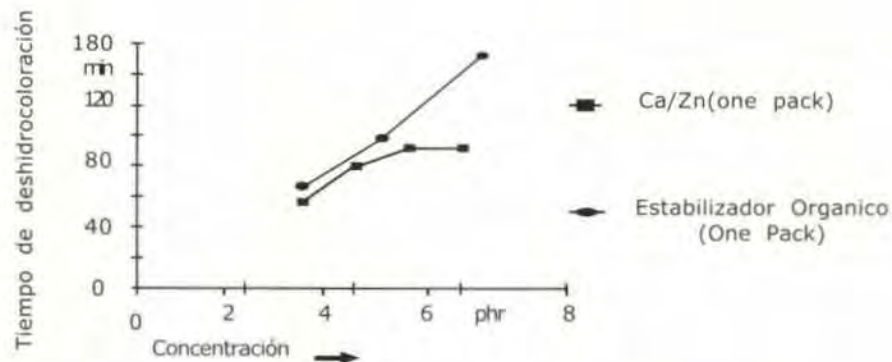


Figura 2. Estabilidad térmica de PVC con estabilización orgánica, según DIN 53381-PVC-B



Figura 3. Presión de reventamiento en tubos con diámetro de 110 mm, según ISO 1167

favorables de toxicidad permiten pronosticar otras ventajas de la estabilización orgánica. Está previsto introducir al mercado primero tubos de desagüe sin presión. Otras aplicaciones para tubería accesorios, uniones, tubos ondulados y tubería de coextrusión aún se encuentran en estudio. Debido a las diferentes recomendaciones de admisión en los países europeos, pasarán 2 a 3 años

hasta que todos los componentes de sistemas completos de tubería estén disponibles, con estabilizantes orgánicos.

El trabajo de desarrollo se está realizando en estrecha cooperación con los fabricantes de tubo y sus asociaciones. Al mismo tiempo, se investiga sobre la aplicación de los

estabilizantes orgánicos en otros campos, como por ejemplo perfiles de PVC. Ya, en este estado de la técnica se puede afirmar que los nuevos mecanismos de acción de estos sistemas estabilizantes no sólo inciden en la estabilización del PVC, sino que la pueden modificar en forma fundamental sus mecanismos de acción.

PROPIEDADES	NORMA	ESTABILIZANTE DE PLOMO	ESTABILIZANTE ORGÁNICO
Tenacidad a la rotura Kc	BS 3505	4,2 MPa	4,2 MPa
Temperatura Vicat	EN 727	83 - 84°C	84°C
Temperatura de distorsión por calor	PrEN 20075	74 °C	73°C
Tenacidad al choque B50; 4 Kg (0°C)	ISO 11173	222cm	213 cm

Tabla 1. Propiedades mecánicas de tubos (Ø 110 mm) con estabilización orgánica

BIBLIOGRAFÍA

1. Udkast til Bekendtgørelsens, Bekendtgørelse om forbud mod import, salg og fremstilling af bly og produkter der indeholder bly. Danisches Umweltministerium vom 2. September 1997
2. Report SOU 1997: 84 Des The Chemicals Policy Committee Des Schwedischen Umweltministerium, Juni 1997.
3. Blau: Auswirkungen auf die Umwelt bei der Herstellung, Verwendung, Entsorgung und Substitution von PVC; Bund/Länder Ausschuss Umweltchemikalien (1992)
4. Pohle, H.: PVC und Umwelt, eine Bestandsaufnahme. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1997)
5. N.N.: Dutch call for PVC recycling and lead phase out, European Chemical News, 7 December 1997, s. 30
6. Kaufhold, J.: Influence of Stabilizers on long term performance of PVC window frame profiles. Vortrag profiles 96, Neuss 12/1996.
7. Pfaendner, R. U.a.: The 21st Century Stabiliser Systems for Lead Replacement in PVC. Vortrag World Vinyl Forum, Acron/Ohio, September 97.
8. Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V.: Stand des PVC-Recycling. April 97.

R. Pfaendner, W. Wehner, A. Rynningen und J. U. Stoffelsma: PVC-Stabilisator auf Organischer Basis. Leistungsfähige Alternative zur Stabilisierung von PVC-Rohren Carl Hanser, München Kunststoffe 5/1998 p. 704 – 706.



VISIÓN ARTIFICIAL: Nuevas vías para el reciclaje

50033

Estibáliz Garrote; José A. Gutiérrez; Juan J. Andueza; Javier García-Tejedor
ROBOTIKER

© Reproducido con autorización expresa del editor

INTRODUCCIÓN

Se entiende por visión artificial (machine vision), a la adquisición automática de imágenes sin contacto y su análisis (también automático) con el fin de extraer la información necesaria para controlar un proceso o una actividad como:

- Control de calidad.
- Ordenación por calidades (grading)
- Manipulación de materiales.
- Test y calibración de aparatos

Existe un interés generalizado en los procesos de reciclaje, tanto por motivos ecológicos como económicos originado por una sensibilización creciente por parte de la sociedad sobre un crecimiento sostenible que implica aprovechar al máximo los residuos de los procesos, contaminar menos y en definitiva, ser más eficaces en el aprovechamiento de los recursos. Desde el punto de vista económico también se ha producido una transformación importante, puesto que a partir de los años 80 la obtención de ciertos materiales, en especial los metalúrgicos, ha pasado a ser más económica si se lleva a cabo a partir de elementos reciclados, tanto por la optimización de los procesos como por ayudas públicas al reciclado.

En el sector de reciclado metalúrgico, este fenómeno se ha comenzado a denominar "Nueva Minería".

El sistema aquí descrito es un nuevo método de abordar las optimizaciones necesarias para obtener un mayor beneficio de los procesos de reciclaje.

En síntesis, en el reciclaje de cobre a partir de cables eléctricos y telefónicos (resultado de la sustitución de líneas telefónicas convencionales), la variable fundamental en el precio que se obtiene del material resultante es la pureza; la presencia o no de elementos como el Plomo, Aluminio, Estaño, determinan el uso (y el precio) del producto resultante.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En las empresas recicladoras de cables, tras diversos procesos sobre éstos (eliminación de carcasa, triturado, cribado, y separación por densidad), se obtiene una mezcla de metales granulados compuesta predominantemente por cobre (>99%) y el resto formado por impurezas conteniendo plomo, estaño, aluminio, etc. La granulometría del conjunto es variada, aunque habitualmente presentan formas cilíndricas de dimensiones 8 - 15 mm largo, 3 - 1 mm ancho y 1 mm de alto.

Con una calidad > 99% el cobre puede ser usado para piezas de fontanería y en otros usos, pero no alcanza la calidad necesaria para aplicaciones eléctricas. Para ello la pureza debe ser muy elevada, superior al 99,9%.

Es laborioso alcanzar estos niveles de pureza por métodos mecánicos (gravimétricos, cribados, etc.) o físicos (campos eléctricos, etc.) y procedimientos como el fundido son altamente contaminantes. Sin embargo, los contaminantes son fácilmente identificables por su color a simple vista (Figura 1.)



Figura 1. Muestra de cobre y plomo granulado.

En cualquier caso, una vez identificadas las partículas contaminantes, existe el problema, no trivial, de separarlas. La dificultad radica, entre otras causas, en su pequeño tamaño.

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN QUE SE APORTA

Se planteó aplicar un método patentado por la firma *Robotiker*, orientado a la separación de residuos por visión artificial "Sistema de separación de partículas por métodos ópticos" (Solicitud de patente nº 200101565).

Este sistema consta de dos módulos principales:

- Módulo de captación: Consta de

un sensor lineal de color de alta resolución, que capta una imagen de la cinta de transporte que arrastra el material previamente acondicionado, repartido uniformemente en capa fina sobre la cinta.

La imagen captada por una tarjeta de adquisición montada en una plataforma PC según el material, avanza por la cinta que es procesada por una aplicación a medida, desarrollada por *Robotiker*, que analiza la información del color de la imagen, ubicando aquellas partículas de color diferente a las de cobre. Esta información de posición se comunica al módulo de extracción.

- Módulo de extracción: Se evaluaron distintos métodos de

extracción (trampillas, sopladors, etc.) resultando la aspiración el método más efectivo. El sistema consta de una batería de aspiradores, accionados por electroválvulas. Estas electroválvulas están gobernadas por un PLC que recibe y gestiona la información de posición de los elementos a aspirar. Evidentemente, se extrae cobre con el plomo, con un máximo de 10 partes de cobre por una de plomo. En cualquier caso, este material puede volver a pasarse por la máquina o venderse.

Ambos sistemas, módulo de captación y módulo de extracción, deben estar convenientemente sincronizados.



Figura 2. Imágenes del prototipo de pruebas del sistema

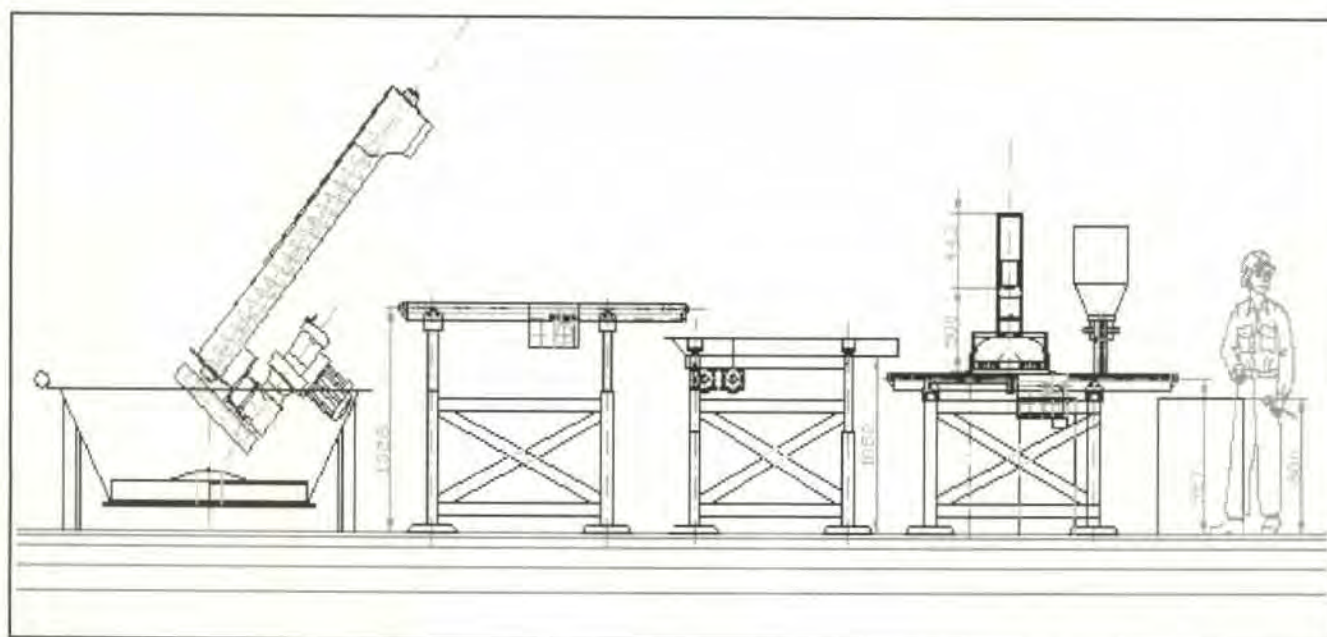


Figura 3. Esquema de máquina

El prototipo consta de dos zonas diferenciadas:

- Zona de acondicionamiento: En ella se preparan los materiales para su inspección. Para ello, se transportan inicialmente hasta una criba, que separa partículas indeseadas. Además esta criba lleva a cabo una primera uniformización del material y desemboca en una mesa vibrante especial, que reparte uniformemente el material en la cinta de inspección.
- Zona de inspección/separación: Esta zona es el resultado final del sistema descrito en el párrafo anterior y consta de una cinta de transporte de características especiales, que simplifican el procesamiento de la imagen, el sistema de captación de imágenes y un sistema de aspiración optimizado respecto al de la Figura 2.

La máquina está montada en una estructura de contenedor, que facilita cualquier operación de traslado e instalación, siendo suficiente alimentar la tensión y el aire comprimido y habilitar una zona de entrada de material y tres zonas de salida (cobre resultado, plomo y cobre aspirado y gruesos separados por la criba). Esta estructura filtra el aire interior para proteger los equipos electrónicos del polvo conductor del cobre.

Este método se desarrolló en un proyecto INTEK financiado parcialmente por la SPRI del Gobierno Vasco a lo largo de dos años, con los socios:

- Botrade S.L. Usuario y líder del proyecto
- Indumetal Recycling S.A. Usuario.
- Robotiker. Red Vasca de Tecnología. I+D
- Lainig Industrial. Ingeniería.

RESULTADOS

Aunque es pronto para hablar de resultados "en planta", ya que la máquina ha sido instalada recientemente, sí se pueden mencionar algunos resultados:

Se alcanzan caudales aproximados de 1000 Kg/h, consiguiendo reducciones de plomo de un orden de magnitud de 10 a 1.

Se han conseguido resultados satisfactorios, incluso con material con mucha más contaminación que la prevista inicialmente (hasta 20.000 ppm).

CONCLUSIONES

La aplicación de sistemas de alta tecnología como la visión artificial, puede implicar una auténtica innovación en el mundo del reciclaje, separando materiales por colores, formas, etc.

FRASES A DESTACAR

"La obtención de determinados materiales, en especial los metalúrgicos, ha pasado a ser más económica si se lleva a cabo a partir de elementos reciclados"

"La imagen captada es procesada por una aplicación a medida desarrollada

por *Robotiker* que analiza la información de color de la imagen, ubicando aquellas partículas de color diferente al cobre"

"La máquina está montada en una estructura de contenedor, que facilita cualquier operación de traslado e instalación, siendo suficiente alimentar la tensión y el aire comprimido"

BIBLIOGRAFÍA

Reproducido de la Revista Robotiker, No. 8 de marzo de 2002

Fuente: revista.robotiker.com/vision-artificial-nuevas-vias-para-el-reciclado.htm



Figura 4. Gráfica de la máquina con algunos paneles y elementos retirados.

PROCESO DE MECANIZADO POR ELECTROEROSIÓN

50038

Por: José Ramiro Rúa
Técnico SENA CDT-ASTIN

INTRODUCCIÓN

La electroerosión es un proceso que permite el mecanizado de piezas, que bajo sistemas convencionales de maquinado no se logra realizar.

Se puede emplear para dar formas sencillas o complejas, desprendiendo virutas muy finas, mediante una herramienta llamada electrodo, el cual se acerca a la pieza sin tocarla, originándose entre ellos una serie sucesiva de descargas eléctricas.

Con este proceso se logra trabajar materiales como aceros, que pueden estar endurecidos, el metal duro aluminio, bronce y todos aquellos que presentan como características una buena conductividad.

LA ELECTROEROSIÓN

DEFINICIÓN

Este proceso lo podemos definir como un método de arranque de viruta, sin que exista contacto entre la pieza y la herramienta (electrodo), en donde se presentan una serie de chispas (descargas eléctricas), que saltan entre dos polos, con un tiempo de separación determinado, retirando, poco a poco, material de las superficies.

Para lograr un aumento de la potencialidad de las descargas eléctricas, se sumerge la pieza y el electrodo en un líquido aislante (dieléctrico), que, a la vez, se utiliza para dar limpieza a la zona de trabajo.

PROPIEDADES FUNDAMENTALES

Podemos mencionar dos características fundamentales:

- Su cualidad para mecanizar metales o aleaciones duras (aceros endurecidos, metal duro etc).
- Su utilización para construir figuras complejas bien definidas.

TIPOS DE ELECTROEROSIÓN

Electroerosión por penetración.

En este caso se presenta entre el electrodo y la pieza, un movimiento relativo vertical, manteniéndose generalmente fija la pieza y desplazándose de esta forma el electrodo (Figura 1).

Electroerosión por hilo

Existe un movimiento relativo pieza-electrodo, animado en los tres ejes

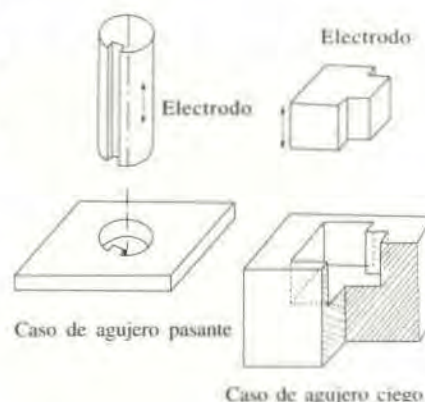


Figura 1. Electroerosión por penetración

del espacio; se pueden efectuar operaciones de corte y formas muy complicadas, que con el sistema de electroerosión por penetración no sería factible realizar (Figura 2).

FORMACIÓN DE ARCO ELÉCTRICO

Se origina por la tensión creada entre el electrodo y la pieza. Lo podemos representar en las siguientes fases:

FASE 1

Se forma un campo eléctrico en la totalidad del espacio intermedio, concentrándose en un dieléctrico, partículas conductoras suspendidas

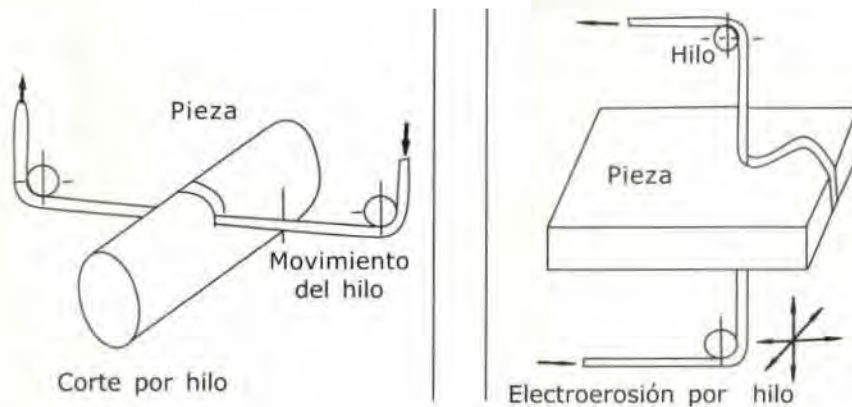


Figura 2. Electroerosión por hilo

en el lugar de mayor fuerza de campo, generándose un puente entre la pieza y el electrodo. Se produce una ionización por choque, creándose, así, partículas de carga positiva y negativa (Figura 3).

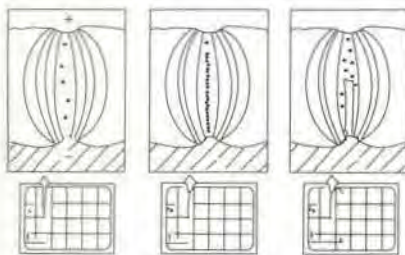


Figura 3. Fase 1

FASE 2

Se genera un flujo de corriente eléctrica, aumentando la temperatura y la presión en la zona, apareciendo también una burbuja de vapor (Figura 4).

FASE 3

Se produce un flujo de calor y, en forma simultánea, se reduce la cantidad de partículas cargadas eléctricamente, disminuyendo la presión y, con ella, el arco eléctrico (canal de descarga). Esto eleva la temperatura, en donde la superficie

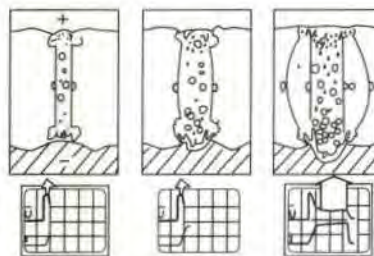


Figura 4. Fase 2

sobrecalentada se evapora de forma explosiva y arranca material fundido, arrojando como resultado finísimas partículas metálicas y productos desintegrados del dieléctrico (Figura 5).

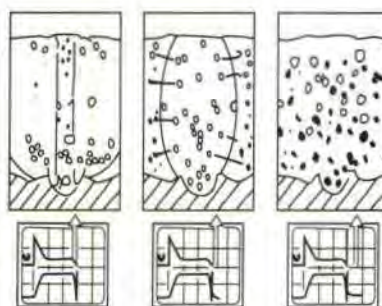


Figura 5. Fase 3

RUGOSIDAD

Se puede definir como las desigualdades que presenta una superficie. En electroerosión, las chispas o descargas eléctricas dejan sobre la superficie ciertas asperezas sobre el área trabajada, que nos puede generar un acabado tosco o un acabado fino.

Se puede aclarar que al aplicar elevadas descargas de energía, se obtiene mayor rugosidad, lo que equivale a decir "a mayor velocidad de erosión, mayor rugosidad y viceversa".

Los valores de distribución generalmente se llaman:

- Rugosidad máxima: nos indica la máxima profundidad, o sea, la mayor distancia tomada desde la cima hasta un valle.
- Rugosidad a R_a : que nos da el valor medio aritmético de la medida (Figura 6).

COMPONENTES DE UNA EROSIONADORA

La erosionadora como toda máquina de herramienta consta de tres (3) elementos fundamentales que son:

Estructura metálica

1. Bastidor
2. Columna
3. Regla de coordenadas (mecánicas y electrónicas, tambores, nonius)
4. Servo cabezal móvil
5. Regulador de profundidad
6. Portaelectrodo
7. Tope de seguridad
8. Bombas para sistemas hidráulicos

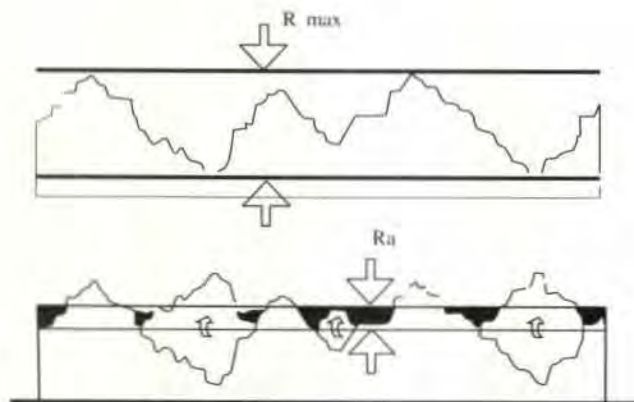


Figura 6. Rugosidad

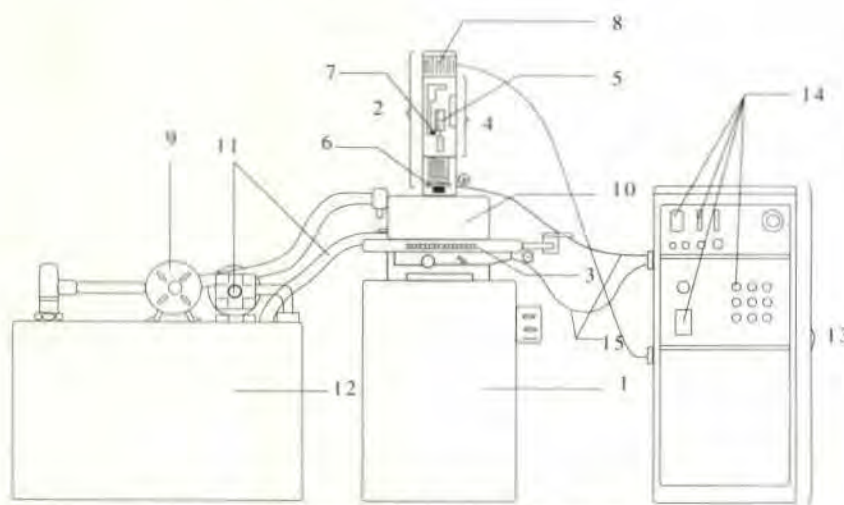


Figura 7. Componentes de una electroerosionadora

Instalación de filtraje

- 9. Bomba de sistema dieléctrico
- 10. Recipiente de mesa
- 11. Sistema de recuperación y filtrado del dieléctrico
- 12. Depósito del líquido dieléctrico

Estructura eléctrica

- 13. Generador conmutador
- 14. Panel de mandos
- 15. Cables de polaridad
- 16. Instalación eléctrica en general (Figura 7).

TERMINOLOGÍA DE LA ELECTROEROSIÓN

Terminología general

ARCO: Sucesión de descargas eléctricas que se sitúan localizada-mente en un punto. Tienen efecto destructor.

ASPIRACIÓN: Succión del líquido dieléctrico a través de la pieza o electrodo.

CORTOCIRCUITO: Situación dada cuando existe contacto directo entre los dos electrodos (electrodo y pieza). Tiene efecto destructor.

CRÁTER: Cavidad realizada por cada uno de los impulsos sobre la superficie que se está mecanizando (Figura 8).

- a. Material arrancado
- b. Material fundido o en fusión
- c. Material sobrecalentado

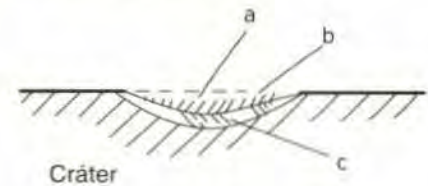


Figura 8. Cráter

DESGASTE: Se denomina desgaste volumétrico relativo (Q_v) a la relación de volumen de material arrancado del electrodo con el volumen arrancado de la pieza. Se mide tanto por 100.

$$Q_v = \frac{\text{Volumen arrancado del electrodo}}{\text{Volumen arrancado de la pieza}} \times 100$$

Se puede medir también el desgaste frontal, que es la zona desgastada del electrodo (Figura 9).

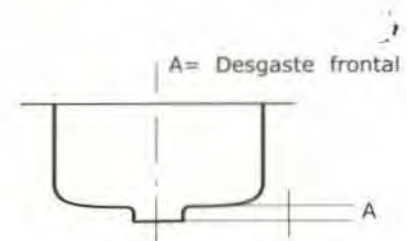


Figura 9. Desgaste

DESIONIZACIÓN: Retorno después de cada descarga eléctrica a la situación normal no conductora de líquido dieléctrico.

DIELÉCTRICO: (líquido). Líquido no conductor de electricidad que se utiliza en electroerosión. En él se sumerge la pieza y el electrodo.

ELECTRODO: Es la herramienta de trabajo que se utiliza en electroerosión.

ESTABILIDAD DE FUNCIONAMIENTO: Una máquina de electroerosión trabaja de forma estable cuando hay ausencia de cortocircuitos y de arcos; además, el amperímetro no oscila y el reloj comparador de medida de profundidad sigue una marcha uniforme.

ESTADO DE SUPERFICIE: El estado superficial de electroerosión no es direccional como en otros procesos, sino multidireccional. Dicho estado superficial se relaciona con la rugosidad media (R_a) por medio del número de rugosidad (N_r), VDI 3400. Se cumple la relación:

$N_r: 20 \lg_{10} R_a$
 R_a expresado en μm .

GAP: Espacio entre electrodo y pieza en el cual se dan las descargas. Se puede distinguir:

- **GAP FRONTAL:** Cuando dicho espacio no es paralelo a la dirección del eje de penetración. Figura 10
- **GAP LATERAL:** GAP paralelo al eje de penetración. Es mayor el GAP en este caso (Figura 10).

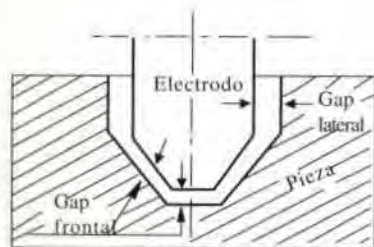


Figura 10. Gap frontal y lateral

INYECCIÓN DE DIELECTRICO (limpieza por): Introducción de dieléctrico en el GPA por inyección a una presión dada.

IONIZACIÓN: Período anterior al paso de la descarga eléctrica durante el cual el líquido dieléctrico se convierte en conductor en zona dada. Para ello se ha de aplicar tensión eléctrica a ambos polos.

LAVADO: Limpieza de dieléctrico que se encuentra polucionado dentro del GAP, sustituyéndolo por otro limpio.

MEDIDA MENOR POR LADO: Medida lateral de seguridad empleada en el cálculo de los electrodos de desbaste, para tener en cuenta eventuales errores en el centrado del electrodo.

PIEZA: Pieza que se mecaniza con el electrodo.

POLUCIÓN: Grado de suciedad del dieléctrico del GAP. Éste contiene restos del craking del dieléctrico y del material erosionado.

PRESIÓN DEL DIELECTRICO: Unidades: Fuerza por unidad de superficie que actúa sobre las paredes por las que circula el dieléctrico; sus unidades son:

Kg/cm^2 y bar. $1 \text{ bar} = 1 \text{ Decanewton} / 1 \text{ cm}^2 = 1 \text{ daN} / 1 \text{ cm}^2$.
 $1 \text{ kg} / \text{cm}^2 = 0.981 \text{ bar} (1)$.

RENDIMIENTO: Se define como la conjunción entre una buena velocidad de arranque de material y un desgaste lo más bajo posible. Para un buen rendimiento, la primera condición es una buena estabilidad en el trabajo.

RIGIDEZ DIELECTRICA: Se define "rigidez dieléctrica de un dieléctrico", al campo eléctrico que es capaz de aguantar dicho dieléctrico sin perforarse, o sin volverse conductor. Se mide en kilovatios /cm.

VISCOSIDAD: La viscosidad de un fluido corresponde a la resistencia de rozamiento que ejerce el

desplazamiento relativo de sus moléculas cuando se halla el fluido en movimiento.

La viscosidad dinámica de un fluido es la fuerza por unidad de superficie que hay que aplicar a una superficie plana sólida, que está en contacto con el fluido para desplazarla en su plano, manteniendo la superficie plana considerada y un plano paralelo a esta superficie, tomado en el fluido a una distancia de la superficie igual a la unidad.

La viscosidad cinética de un fluido es igual a su viscosidad dinámica dividida por la masa. Unidad: Stoke (s), sentistike (cts).

Terminología eléctrica

DESCARGA: Paso de corriente a través de algún punto del GAP, debido a un impulso de tensión.

DESCARGA ISOENERGÉTICA: Caso en el que se cumple que todas las descargas tienen la misma energía.

DESCARGA ISOFRECUENCIAL: Caso en el que se cumple que la frecuencia de descargas es constante.

FRECUENCIA DE IMPULSO (f_p): Número de impulsos que se dan en un segundo.

PERÍODO (t_p): Tiempo que pasa desde el comienzo de un impulso hasta el comienzo del impulso siguiente.

RELACIÓN DE IMPULSO (τ): Relación que existe entre el tiempo de impulso y el período, medida en tantos por 100.

$$\tau = \frac{t_i}{T_p} \cdot 100$$

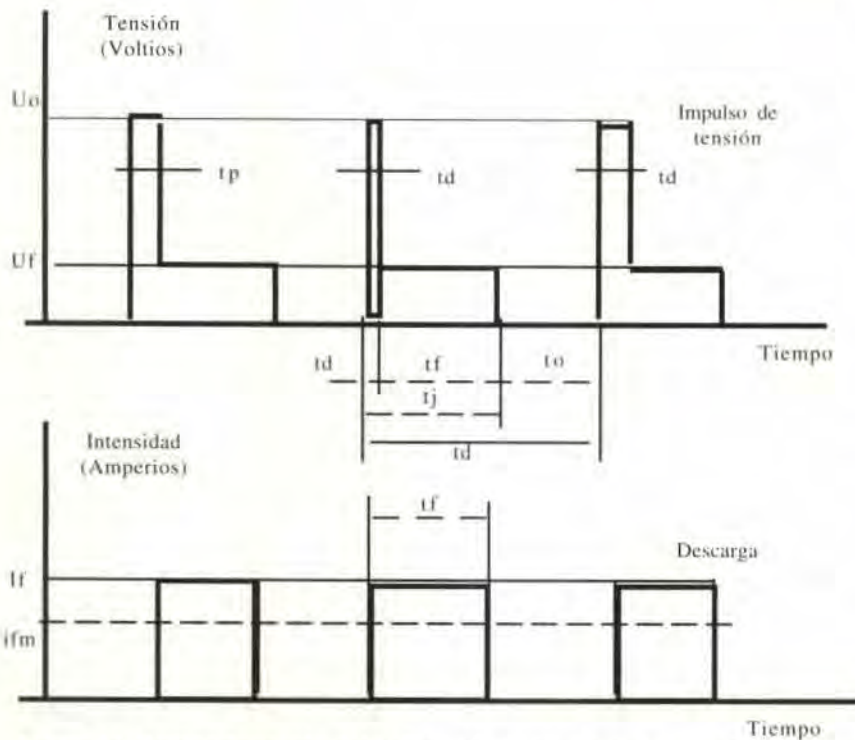


Figura 11. Comportamiento del voltaje y la corriente con respecto al tiempo

TENSIÓN DE DESCARGA (U_f): Tensión entre electrodo y pieza, después de creada la descarga.

TENSIÓN EN VACÍO (U_o): Idem antes de creada la descarga, o tensión entre electrodos si no hay descarga (Figura 11).

IMPULSO DE TENSIÓN: Tensión aplicada a ambos electrodos durante un tiempo muy corto.

INTENSIDAD MEDIA DE CORRIENTE (I_{fm}): Valor medio de la corriente que circula por el GAP durante todo el mecanizado. Es el valor leído en el amperímetro (Figura 11).

INTENSIDAD DE IMPULSO (I_f): Intensidad que circula por el GAP durante una descarga (Figura 11).

TIEMPO DE DESCARGA (t_f): Tiempo durante el cual pasa la descarga hasta que eléctricamente se corta la corriente (Figura 11).

TIEMPO DE IMPULSO (t_i): Tiempo que dura el impulso de erosión entre ambos electrodos (Figura 11).

TIEMPO DE PAUSA (t_o): Intervalo de tiempo que transcurre entre el final de un impulso y el comienzo del siguiente. Se verifica que $t_p = t_i + t_o$ (Figura 11).

TIEMPO DE RETRASO O DE DESCARGA (t_d): Tiempo que transcurre entre la aplicación de impulso de tensión y el comienzo de descarga. Suele ser muy pequeño, de 0,5 a 2 s.

Se cumple que: $t_i = t_d + t_f$ (Figura 11).

LIMPIEZA, RIEGO O LAVADO

Es la circulación de dieléctrico entre el electrodo y la pieza, para evacuar las finas partículas producidas por las chispas (descargas eléctricas), durante el erosionado.

Las ventajas del riego o lavado las podemos enumerar así:

- Ayuda a mejorar el rendimiento del mecanismo
- Evita los cortos circuitos producidos por suciedades acumuladas en el GAP.
- Se evita el excesivo desgaste del electrodo.

Las impurezas se acumulan en el GAP; son el resultado de las disociaciones que sufre el dieléctrico, produciendo gases particulares que provienen del craking del dieléctrico y las virutas resultantes del electrodo y la pieza.

Influencia de la contaminación del GAP en el proceso de electroerosión

Al iniciarse el proceso de electroerosión, el GAP se encuentra libre de impurezas, el dieléctrico se puede considerar puro, viene de ser filtrado y todavía no se presentan partículas en él; por lo tanto, la resistencia de éste al paso de la corriente eléctrica es mayor a la que presenta cuando se encuentra cargado de impurezas, por lo que se requiere un tiempo para romper esta resistencia e iniciar la primera descarga.

Cuando el dieléctrico se encuentra polucionado, permite que las descargas se produzcan más fácilmente; sin embargo, si la contaminación es muy grande, puede presentar los siguientes fenómenos:

- Se pierde rendimiento en el mecanizado al deformarse el canal de descarga, por la excesiva presencia de gases en el GAP.
- Las chispas se pueden dar entre el electrodo y las partículas, disminuyendo el rendimiento.

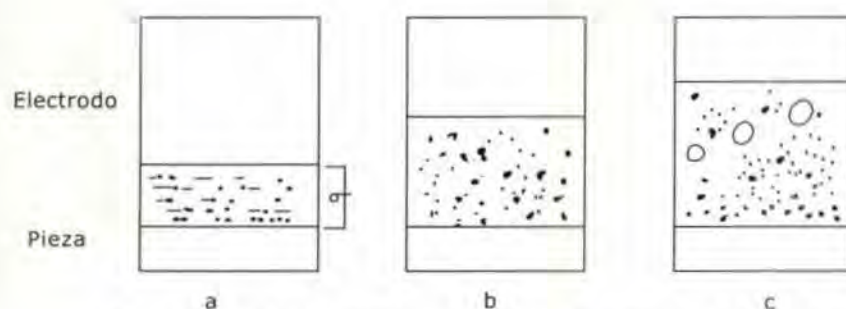


Figura 12. Grado de contaminación y dimensión del GAP

Puede formarse cortos circuitos que deterioran tanto el electrodo como la pieza. Por estas razones, es importante que el lavado retire de la zona (GAP) partículas y gases a través del dieléctrico, aunque el riesgo no debe ser ni muy fuerte ni muy débil, ya que para obtener un buen rendimiento es preciso que el GAP esté un poco contaminado (Figura 12).

Métodos de limpieza

Las máquinas generalmente vienen equipadas para realizar la limpieza por distintos procedimientos, aunque la selección de uno u otro depende del tipo de trabajo a realizar. Podemos indicar las siguiente formas:

Limpieza por presión o inyección

En este caso, se inyecta el dieléctrico a presión, bien sea a través de la pieza o del electrodo (Figura 13).

Este tipo de lavado nos deja una ligera conicidad en la pieza, debido a que en la salida de las partículas por el GAP lateral se generan descargas que actúan sobre la pieza y el electrodo gastándolos.

Limpieza por aspiración

Cuando se emplea este método, se succiona el dieléctrico a través de la pieza, utilizando el vaso soporte o por el electrodo. Con este sistema, se evita el chispeo lateral, obteniéndose, así, paredes prácticamente verticales,

permitiendo también elevadas velocidades de mecanizado.

La depresión de aspiración no puede llegar a valores más elevados de 0,8 kg/cm² (Figura 14).

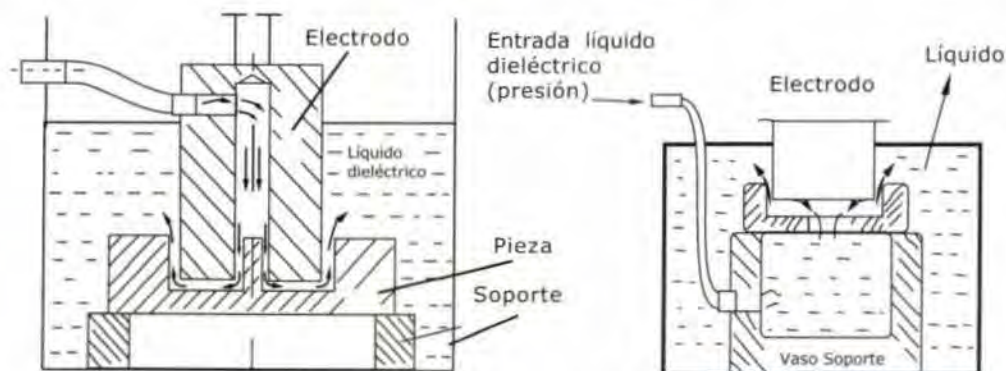
Limpieza por lanza lateral (externo)

Este tipo de lavado es utilizado cuando la pieza o el electrodo no permite la construcción de agujeros para facilitar los riegos.

Para realizar este tipo de riegos, se hace necesario el empleo de coquillas o rampas de inyección, que se orientan cuidadosamente, para asegurar el desalojo total de partículas cuando el electrodo se levante temporalmente. Para dar entrada al dieléctrico limpio en el GAP, nunca debe introducirse por los lados opuestos de la herramienta porque se anularían ambas corrientes (Figura 15).

Limpieza de remoción

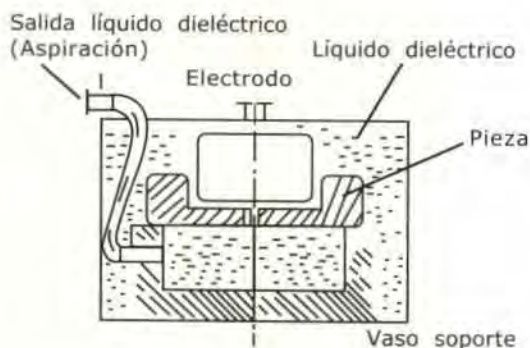
Este modo de lavado se obtiene por medio del movimiento de pulsación del electrodo, el cual al retirarse de la zona, aumenta el volumen, entrando en dieléctrico limpio, que se combina con el contaminado. Cuando la herramienta baja, las partículas son evacuadas al ser arrastradas por el líquido.



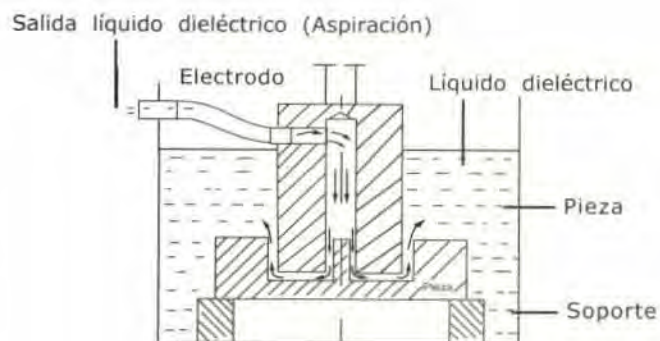
Limpieza por presión a través del electrodo

Limpieza por aspersión a través de la pieza

Figura 13. Limpieza por presión



Limpieza por aspiración a través de la pieza



Limpieza por aspiración a través del electrodo

Figura 14. Limpieza por aspiración

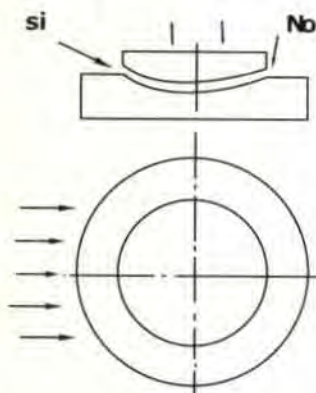


Figura 15. Limpieza por lanza lateral

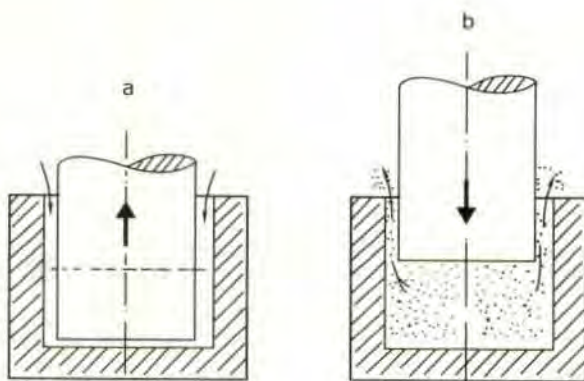


Figura 16. Limpieza por remoción

Este sistema es interesante, ya que permite la realización de orificios profundos sin circulación forzada de dieléctrico (Figura 16).

Limpieza por temporizador

En el erosionado, el temporizador es un instrumento que controla el tiempo de mecanizado con el objeto de retirar brevemente el electrodo de la zona de trabajo, aumentando, así, el volumen del GAP para facilitar la evacuación de las partículas (Figura 17).

Limpieza con presión intermitente

Consiste en una alimentación no continua de fluido dieléctrico, hacia el GAP. Con ello se obtienen desgastes menores en zonas críticas, como son las salidas y entradas del líquido en orificios y en cambios bruscos de sección.

Este tipo de lavado, evita desgaste excesivo en el electrodo (Figura 18).

LÍQUIDOS DIELECTRICOS

El dieléctrico es un aislante que, en el proceso de erosión, permite que se forme el arco eléctrico o canal de descarga donde se presenta el flujo de partículas.

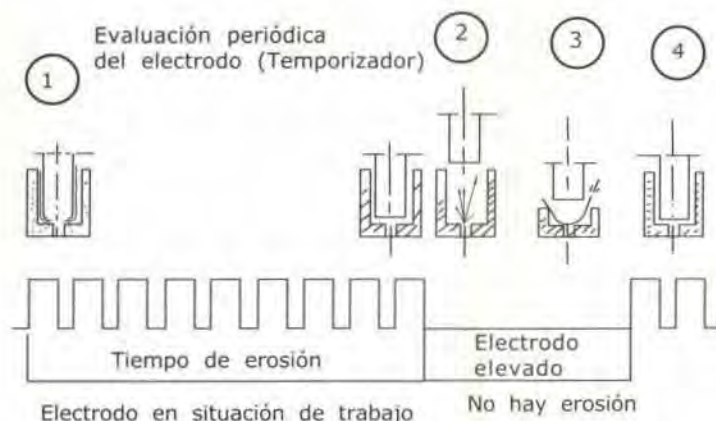


Figura 17. Limpieza por temporizador

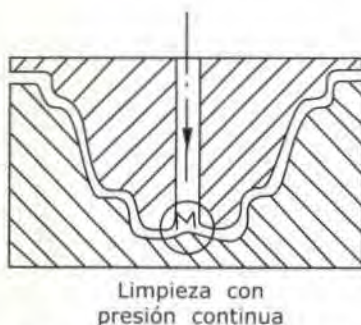
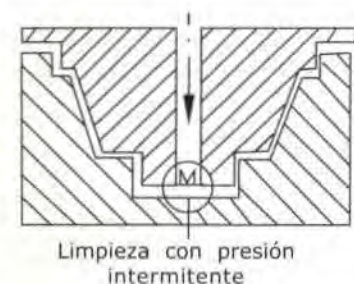


Figura 18. Limpieza con presión continua e intermitente

Funciones

Concentrar en un punto la descarga, para lograr una mayor capacidad de erosión, superior a la que se daría si entre el electrodo y la pieza hubiese un gas o aire.

- Actuar como aislante entre el electrodo y la pieza. Durante el erosionado, al ir aumentando la

tensión entre el electrodo y la pieza, se produce la ionización del líquido, que, poco a poco, permite el paso de una pequeña corriente eléctrica, que, a su vez, hace aumentar la ionización, bajando la resistencia del líquido dieléctrico. Esto provoca una avalancha que caracteriza las descargas erosivas.

- Arrastrar las partículas de la zona de trabajo, mediante un procedimiento de limpieza adecuada para lograr dar al proceso estabilidad y rendimiento.

- Refrigerar el electrodo y la pieza que, debido al efecto térmico de las descargas, tienen la tendencia a calentarse durante el mecanizado.

Características del dieléctrico

Básicamente debe presentar las siguientes características :

- Tener rigidez dieléctrica para soportar los campos eléctricos que se forman por la tensión entre ambos electrodos y que permita el paso de corriente en forma de descarga para que haya erosión.
- Presentar baja viscosidad y baja tensión, para que entre con facilidad en el GAP y constituir las condiciones de aislamiento.
- Químicamente deben ser neutros

para que no ataquen al electrodo, a la pieza o partes de la máquina que entren en contacto con él.

- Baja volatilidad para evitar pérdidas.
- Deben tener puntos de inflamación elevados, para evitar los riesgos de incendios.
- No deben desprender vapores nocivos, que originen irritaciones en la piel, ni olores desagradables.
- Conservar sus propiedades en todas las condiciones de mecanizado.

Tipos de dieléctricos

Podemos identificar dos familias de dieléctricos: el agua y los hidrocarburos.

- El agua es utilizado como dieléctrico para los micromecanizados, y para máquinas de corte por hilo, debe estar totalmente desmineralizada.
- Los hidrocarburos son los líquidos que mejor cumplen estas características. Los podemos mencionar así:

MATERIALES PARA ELECTRODOS

Los materiales empleados para la fabricación de electrodos deben presentar las siguientes características:

- Elevado punto de fusión; considerando que este proceso es de tipo térmico, se alcanzan altas temperaturas que funden pequeñas partículas tanto de la pieza como del electrodo, de tal manera que entre mayor sea la temperatura de fusión de éste, menor será su desgaste.
- Buena conductividad térmica y eléctrica; considerando que el calor se da localizado en tiempos muy cortos, es indispensable que éste se difunda rápidamente por el resto del electrodo.

LÍQUIDOS DIELECTRICOS RECOMENDADOS.

MARCA	VISCOSIDAD cst	A 20°C Eº	PUNTO DE INFLAMACIÓN °C
BP dieléctrico 250	6	1,48	120
Castrol honilo 409	6,4	1,52	135
Chevron EDM fluid 71	5,7	1,46	116
Esso MENTOR 28/ SOMENTOR 43	7,4	1,6	124
Esso Lector 40	6,8	1,55	132
Esso Univolt 64	20	2,9	156
Fuch Ratak FE	5,6	1,46	115
Gulf Mineral Seal Oil	5,8	1,48	132
Mobil Oil Velocite	9	1,75	118
Mobil Oil Velocite	19,1	2,8	158

- Propiedades mecánicas que permitan su fácil maquinado. Deben poseer un Coeficiente de Dilatación pequeño, de tal forma que conserven sus medidas durante el trabajo, tener bajo peso específico para que su peso no sobrepase los límites admitidos por la máquina, y también debe conservar buena estabilidad dimensional, para que durante el mecanizado no cambien sus dimensiones.

Podemos clasificar los materiales para electrodos en dos grupos: Metálicos y no metálicos. Entre los metálicos podemos mencionar los siguientes:

- Cobre electrolítico
- Cobre al tungsteno
- Latón
- Acero
- Aleaciones de aluminio
- Tungsteno puro (principalmente bajo forma de hilo)
- Tungsteno plata

En los materiales No-metálicos, se considera el grafito, bajo todas sus variedades. Los más empleados para fabricar los electrodos son: el cobre, el electrolítico y el grafito.

Cobre electrolítico

Se puede considerar como el más empleado par construir electrodos; sus propiedades físicas son:

- Temperatura de fusión : 1083 °C
- Resistividad eléctrica: 0,017mm²/m

Podemos mencionar que en cuanto a sus propiedades mecánicas, no se máquina con facilidad; posee un coeficiente de dilatación aceptable para el trabajo de electroerosión; tiene un alto peso específico 8,9 gm/ cm³, lo cual limita su uso en electrodos voluminosos.

Métodos de fabricación

Se puede subdividir en:

Mecanizados convencionales

Como lo son el torneado y fresado, en donde se deben emplear abundante refrigeración para evitar la adherencia de las virutas en la herramienta. Los electrodos se pueden rectificar utilizando piezas de carburo de silicio, con grano de 46 a 80 según el acabado requerido, una dureza H-K, con porosidad 13-15 y empleando una velocidad tangencial de 30 m/seg. En

este caso, también, se hace necesaria una buena refrigeración.

Fabricación por extrusión

Se emplea este método especialmente para elaborar electrodos con perfiles constantes y para ser producidos en grandes cantidades.

Deformación en frío o en caliente

En estos casos se requiere de moldes apropiados para realizar las operaciones, aunque como desventaja podemos resaltar las tensiones internas que le quedan al electrodo después del proceso.

Fundición de cobre electrolítico

Se pueden obtener electrodos, utilizando moldes para vaciar en ellos la colada, y crear el electrodo como desventaja. Presentan impurezas o poros que, en el momento del erosionado, pueden ocasionar cortos circuitos, que disminuyen el rendimiento del mecanizado.

Podemos mencionar otros métodos de fabricación, que comúnmente no son muy usados en nuestro medio, como son: Reducción por medio de ácidos, por procedimientos de galvanoplastia.

Comportamiento del cobre en la electroerosión

De experiencias adquiridas podemos concluir lo siguiente:

- Empleando condiciones normales de trabajo logran desgastes volumétricos de 0,5 por 100 en operaciones con intensidad menores de 80 A.

- Para intensidades de unos 18 A, se logran desgastes inferiores a 0,5 por 100, pero, al mismo tiempo, se disminuye la capacidad erosiva. Cuando se pretende lograr mejores acabados, se presentan mayores desgastes, aproximadamente de 1 a 5 por 100.

Si se compara la eficiencia en el desbaste, no es tan alta como la obtenida con el grafito, pero la rugosidad dejada en la superficie es menor.

Grafito

Es uno de los materiales más empleados en la construcción de electrodos. Existen muchos tipos de grafito que se utilizan en la fabricación de estas herramientas.

Características mecánicas y eléctricas

- Temperatura de sublimación: 3600 -3700°C
- Resistividad eléctrica: 8 a 15 mm³/ m
- Peso específico 1.6 – g/cm³
- Carga a la rotura: 200–700 kg/cm²
- Grano: 0,01 a 0,045 m

El grafito es fácil de mecanizar y tiene gran estabilidad dimensional. La gran diferencia con el cobre es que sólo se pueden obtener por métodos de mecanizado.

Comportamiento del grafito en el mecanizado

Considerando que el grafito es un material muy frágil, se debe tener mucho cuidado con la sujeción entre las máquinas; se debe procurar que la presión quede repartida.

El grafito se puede mecanizar con tolerancias muy estrechas, utilizando herramientas de acero rápido, por lo general en seco y con elevadas velocidades, aunque resulta, en muchos casos, beneficioso lubricarlos con el mismo dieléctrico que se emplea en el proceso.

La viruta de grafito es polvo, por lo que es necesario emplear dispositivos de aspiración; éste es muy abrasivo, lo que hace indispensable limpiar muy bien las guías y partes de las máquinas que entran en contacto con él.

En el torneado, se utilizan herramientas de acero rápido, carburo de tungsteno o, también, herramientas diamantadas. Cuando de producir grandes cantidades se trata, los fabricantes recomiendan: (Cuadro 1)

Considerando que el grafito es muy abrasivo, se hace necesario afilar muy a menudo las herramientas. En el rectificado, se recomienda utilizar muelas con las siguientes características:

Abrasivo: Carborundium verde
Aglomerante: Vitrificado
Grano: 60 para acabado, 35 para desbaste
Dureza: J
Estructura: 5

En el fresado, se emplean velocidades de corte elevadas (100-200 m/min) y avances de 100-200 mm/min, tiempos de 5 a 10 veces inferiores a los que se utilizarían cuando se mecaniza el cobre; además, se pulen fácilmente con lija.

Comportamiento del grafito en la electroerosión.

- Cuando se requiere mecanizar el carburo de tungsteno, resulta difícil lograrlo utilizando electrodos de este material, ya que se generan descargas anormales que son

	ACERO RÁPIDO	CARBURO	HERRAMIENTAS DIAMANTADAS
Ángulo de incidencia	8 - 10°	8 - 10°	10 - 20°
Ángulo de ataque	16 - 20°	16 - 20°	- 10°
Velocidad de corte	80 m/min	150 m/min	250 - 400 m/min

Cuadro 1. Parámetros de mecanizado

mayores a las que se presentan cuando se utilizan electrodos metálicos.

- Cuando tenemos formas complejas y aristas vivas en el electrodo, resulta importante utilizar grafitos densos, los cuales presentan mayor resistencia al desgaste.

- El grafito por su bajo peso específico

se puede emplear en la fabricación de electrodos voluminosos, ya que su peso es mucho menor, si lo comparamos con el que tendría la herramienta si la fabricamos en material metálico.

- Los electrodos en grafito conservan sus propiedades mecánicas a

elevadas temperaturas, siendo sus deformaciones prácticamente nulas. Cuando se requiera obtener superficies muy finas al elaborar el mecanizado con grafito, sólo se consiguen del orden Nr 27-30 (Nr: Número de rugosidad), que son acabados muy rugosos si los comparamos con los obtenidos con los electrodos fabricados en cobre.



PLÁSTICOS Y DESECHOS

500%

Por: FIPMA

"Fundación de la Industria Plástica para la Preservación del Medio Ambiente"



¿CUÁNTOS DESECHOS PLÁSTICOS SE GENERAN ANUALMENTE?

Según el CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad de Estado), en la ciudad de Buenos Aires se recogen al año 60.000 toneladas de residuos plásticos provenientes de la recolección domiciliar. No existen en la Argentina estadísticas que permitan conocer la cantidad de desechos totales. Por otra parte, la composición de la basura presenta grandes variaciones según las distintas regiones o localidades, lo cual no permite proyectar los

porcentajes de Buenos Aires al resto del país, ni tampoco utilizar datos provenientes de países desarrollados. Como ejemplo, podemos mencionar que en un estudio efectuado por la Fundación Senda en la ciudad de Buenos Aires, el componente orgánico es del 56%, mientras que en Europa, del 33%, y en EE.UU., del 30%.

Según la Figura 1, en Alemania para el año 1993 se sumaron 3 millones de toneladas de desechos plásticos, provenientes de todos los circuitos de recolección de desechos. El mayor porcentaje corresponde a los envases plásticos, con el 46,7%. El resto proviene del sector automotriz (6,0%),

de la industria eléctrica / electrónica (13,3%), de la construcción (6,0%), de la transformación de materiales plásticos (21,0%) y de otros rubros (7,0%).

En relación con la totalidad de residuos domésticos o industriales de tipo doméstico, los desechos plásticos representan un 8,0% del peso, lo cual corresponde a un 20,0% del volumen.

¿QUÉ SUCEDE CON LOS DESECHOS PLÁSTICOS?

De los 3 millones de toneladas de desechos plásticos que se generaron en Alemania en el año 1993, algo más de 1,3 millones fueron depositadas en vertederos y cerca de 570.000 se aprovecharon térmicamente en plantas de tratamiento de residuos.

Los desechos plásticos reutilizados provienen en un 60% de desechos de la producción o procesamiento y en un 40% de productos usados.

La recolección de desechos plásticos en Europa, por ejemplo, ha sido encarada por los países a través de diferentes sistemas: Alemania: (DSD) Sistema Dual; Francia: Eco-Emballages; Holanda: SUM (Foundation); Bélgica: Fost-Plus; Italia: Replastic; España: EcoEmbalages. En estos países el plástico reciclado se comercializa en

**Circuitos de
desechos plásticos
en Alemania 1993
(en miles de toneladas)**

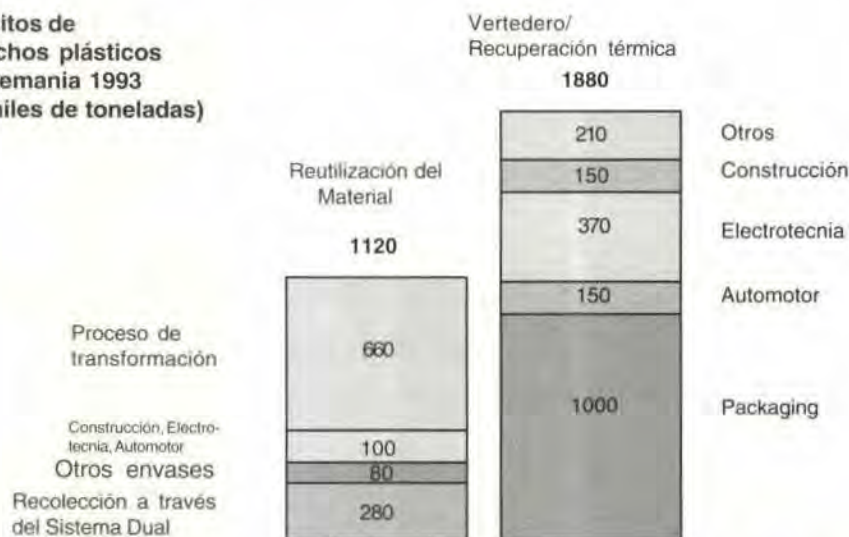


Figura 1. Circuitos de desechos plásticos en Alemania

los más diversos tipos de productos: en forma de películas, tubos, caños, elementos para la construcción, materiales para packaging, como también en bienes domésticos, económicos y de uso.

**¿LOS PLÁSTICOS FOMENTAN LA
COSTUMBRE DEL DESCARTE DE
NUESTRA SOCIEDAD?**

La costumbre de descarte de nuestra sociedad es un problema que no se reduce a un material determinado; es una forma de expresión de la industrialización actual. A pesar de los elevados costos laborales, la total automatización y mecanización de los procesos de producción permiten abastecer a la población con productos muy económicos. Ésto no sería posible sin el uso de plásticos.

Si dichos productos están muy sucios o defectuosos, no resulta económico lavarlos o reacondicionarlos; de manera que es más conveniente desecharlos.

¿Cuáles son, entonces, las alternativas posibles? Podemos

renunciar a productos económicos o adaptarnos a artículos caros e, incluso, reacondicionarlos. Sin embargo, en última instancia, ésta es una decisión del consumidor.

Según información de la APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe) es necesario saber, que en la actualidad el 50% de todos los plásticos se utilizan para fines a largo plazo (caños, ventanas, etc). Si a ellos se suman los plásticos utilizados para una duración media de hasta 8 años (automóviles, electrodomésticos), resulta que el 65% de la totalidad de plásticos se aprovechan a mediano y largo plazo.

El restante 35% de todos los plásticos, con un aprovechamiento de hasta un año, corresponde, en términos generales, a materiales de envase y embalaje.

Los críticos que responsabilizan al uso de plásticos para "packaging" de nuestra costumbre de descarte (montañas de residuos) se olvidan de que los envases de otros materiales, también, se suelen tirar luego de utilizados, y que los plásticos permiten desarrollar envases y

embalajes muy livianos y económicos. De esa manera, se contribuye a reducir la cantidad de residuos y a proteger valiosos recursos.

Además, el aumento de plásticos reciclados, es decir, la implementación de sistemas de recuperación, favorece la reducción de la cantidad de desechos.

BIBLIOGRAFÍA

Artículo reproducido de la publicación FIPMA, "Fundación de la Industria Plástica para la Preservación del Medio Ambiente". Buenos Aires, Argentina. 1997, páginas 14 - 15.



TECNOLOGÍA PARA EL SECADO DE RESINAS Y PLÁSTICOS

500A7

Por: FERRAG &
STIPSITS GES.M.B.H.

La mayoría de las resinas (ABS, PA, PC, PET, PUR) son materiales higroscópicos, es decir, son materiales que absorben humedad del medio ambiente. La cantidad de vapor de agua absorbida depende de la humedad relativa del lugar en el que se encuentren. Al igual como sucede con la madera, el contenido de humedad de las materias primas tiende a igualar el contenido de humedad del medio. En lugares con humedades relativas altas, las resinas higroscópicas absorben humedad, mientras que a humedades relativas bajas emiten humedad al aire ambiente.

Un contenido de humedad alto en las materias primas ocasiona muchos problemas durante el proceso de fabricación y, en ocasiones, se obtienen productos de baja calidad. Como muestra de ello, muchas resinas no pueden procesarse a humedades que excedan el 0.02%.

Algunos materiales como el polietileno, el polipropileno y el estireno no son higroscópicos y, por tanto, no requieren operaciones de secado antes del proceso de fabricación. Sin embargo, en algunos casos, estos materiales pueden adquirir humedad superficial generando problemas similares a los de las resinas higroscópicas. La remoción de la humedad superficial, no obstante, se

realiza con facilidad y más rápido que en el secado de los materiales higroscópicos.

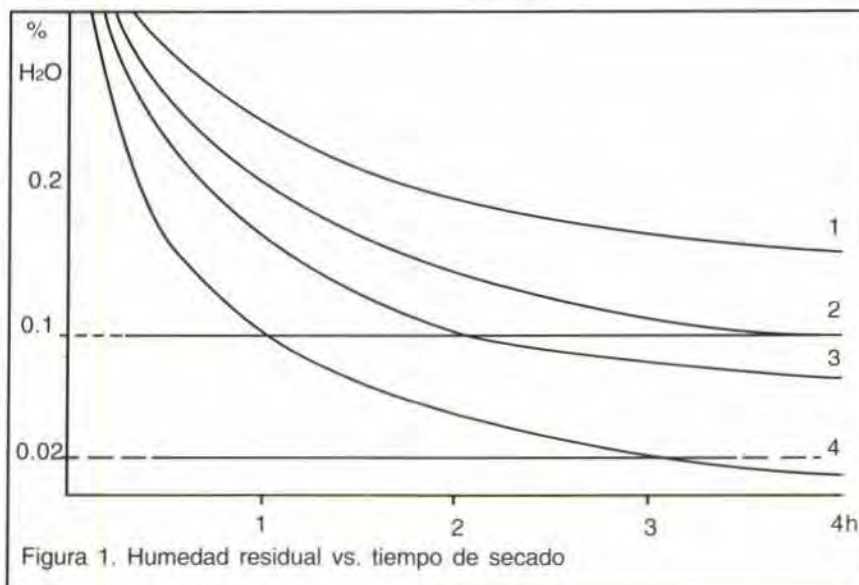
Mientras más alta sea la temperatura del aire (o más baja la humedad relativa del medio), más rápido es el secado, aunque el contenido de humedad del material no depende sólo de este parámetro; también es de gran importancia el tiempo de procesamiento de la resina en un ambiente determinado.

El secado de plásticos granulados y en polvo, por lo general, se lleva a cabo en un contenedor con humedad relativa muy baja. El material libera su humedad al aire de secado que se

recircula de continuo, y después de cierto tiempo la resina se seca (el tiempo depende de la humedad relativa del lugar de trabajo y de la humedad inicial del material).

Como ya se mencionó, la temperatura es un factor importante; si se tiene en cuenta éste, muchas materias primas se podrían secar a una temperatura mucho más baja.

Materiales como el nylon (o el PA) se oxidan a temperaturas cercanas a los 80°C; por ello, se debe mantener la temperatura del aire de proceso (rico en oxígeno) por debajo de este valor cuando se secan poliamidas, requiriendo elevados tiempos de secado.



El uso de gases inertes, como el nitrógeno, para el secado de las poliamidas disminuye el tiempo de secado cuando se trabaja a altas temperaturas, pero a estas condiciones se incrementarían los costos.

Es posible realizar el secado de materiales al vacío, pero el proceso no puede hacerse de manera continua. Otra posibilidad es el calentamiento del material por microondas; sin embargo, sus desventajas son los peligros para la salud y la distribución de calor poco homogénea.

Tal vez el método más factible desde todo punto de vista es el secado con aire seco y/o caliente. La relación entre la humedad de un material y el tiempo de secado puede explicarse mediante la gráfica en la que se presentan varias condiciones climáticas (Figura 1).

Curva 1: Verano (20°C y 80% de humedad relativa). Después de 4 horas de secado, se alcanza una humedad residual del 0.15%.

Curva 2: Primavera (15°C y 70% de humedad relativa). Luego de 4 horas de secado, la humedad del material se reduce al 0.1%.

Curva 3: Invierno (0°C y 70% de humedad relativa). Se alcanza una humedad residual del 0.1% después de tan sólo 2 horas, y una humedad del 0,07%, después de 4 horas.

En la Figura 1, los niveles de humedad relativa son similares para el aire ambiente, pero la humedad absoluta y los puntos de rocío varían entre sí, trayendo como consecuencia variaciones en la temperatura y en los tiempos de secado dependiendo del estado del tiempo. Los puntos de rocío del aire para los tres casos son 15°C, 9°C y -4°C, respectivamente.

Curva 4: Corresponde al aire de pre-secado, con independencia del estado del tiempo, con una temperatura de rocío de -30°C. Luego de una hora, se alcanza el 0.1% de humedad residual, y el 0.02%, después de 3 horas.

EL SECADOR ECONÓMICO DE RESINAS (ERD)

FASTI, una compañía australiana, ha desarrollado un nuevo sistema que abre las puertas en el área del secado de resinas. El sistema, llamado Secador Económico de Resinas (ERD, por sus siglas en inglés), es una nueva tecnología que le proporciona importantes beneficios a la industria:

- Ahorros de energía hasta del 60% comparados con los secadores atmosféricos convencionales.
- No requiere agua de enfriamiento, inclusive a temperaturas de secado altas.
- Ocurren pocos cambios en la temperatura de rocío del proceso.
- Tiempos de secado cortos (el punto de rocío del aire de proceso

se alcanza a los -60°C)

- Ofrece seguridad en la operación debido a que posee pocos componentes.
- Posee un secador de aire de larga duración.
- Es de fácil mantenimiento, de bajo peso y de pequeñas dimensiones.

El sistema ERD puede utilizarse de manera central o individual para todos los procesos de secado. Posee un amplio rango de capacidades, desde 100 g/h para el sistema ERD pequeño hasta 1000 Kg/h para el ERD grande.

El sistema ERD está diseñado para calentar y secar materias primas en dos etapas dentro de una tolva: en un circuito abierto, usando aire seco, y en un circuito cerrado, utilizando una corriente de aire adicional.

DISEÑO Y PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DEL SECADOR DE RESINA ERD (Figura 2)

El transportador (1) alimenta de forma constante la tolva (2) con la materia prima a secar. El compresor de aire (3) comprime el aire atmosférico (4) hasta una presión de 8 bares a una

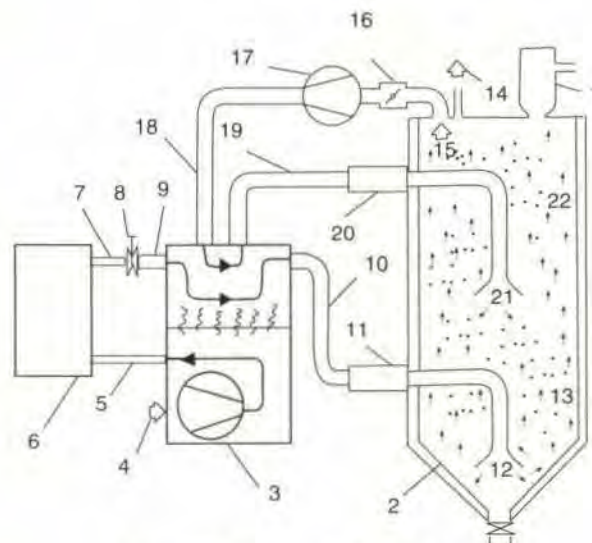


Figura 2. Esquema del secador ERD

temperatura de 35°C, y por medio de una tubería (5) lo lleva hasta un secador de aire comprimido (6).

El aire comprimido seco a un punto de rocío de -40°C y a una temperatura de 40°C sale del secador a través de la tubería (7) y, luego, pasa por la válvula de estrangulamiento (8), donde se expande hasta la presión atmosférica, disminuyendo el punto de rocío a -60°C. Mediante la tubería aislada (9), el aire es llevado al primer intercambiador de calor del compresor, donde se calienta hasta 95°C para ser llevado a la parte inferior de la tolva a través de una tubería aislada (10).

En el caso del secado de materiales a temperaturas más altas, se podría instalar un calentador eléctrico opcional (11) para llevar la temperatura del aire de proceso al valor deseado. El aire de proceso sale del ducto de descarga (12), entra a la parte inferior de la tolva, atraviesa el material (13) removiendo su humedad y sale por la parte superior (14) (Sistema sin reciclo).

Los flujos de aire de proceso, por lo general, son muy adecuados para secar el material; sin embargo, es necesaria la instalación de una corriente adicional de aire caliente en la parte superior de la tolva (22), cuando se requiera el material a mayor temperatura a la salida.

Para el sistema con reciclo, el aire que sale de la tolva se recircula al sistema (15), pasando por la válvula de estrangulamiento (16) y el soplador (17); luego, a través de la tubería (18), pasa por el segundo intercambiador de calor del compresor donde se calienta, y regresa a la tolva por la tubería aislada (19) a 95°C; para alcanzar esta temperatura, puede instalarse un segundo calentador eléctrico (20). Por último el aire sale del ducto (21) e ingresa a la parte

media de la tolva, donde asciende a través del material y se recircula de nuevo, completando el ciclo.

Esta corriente de aire se mezcla, entonces, con el aire que fluye desde la parte inferior de la tolva, obteniéndose, al final, una corriente de aire más seca y de mayor temperatura, proporcionándole un mayor secado al material.

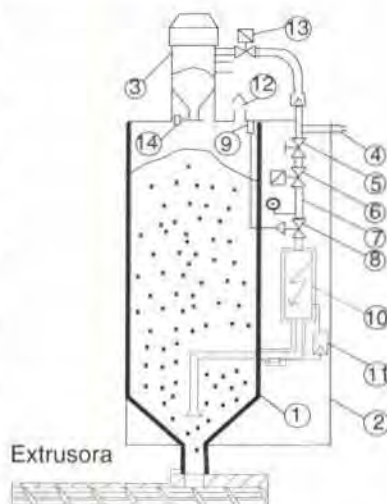


Figura 3. Secador de resina ERD modelo pequeño

DISEÑO Y PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DEL SECADOR DE RESINA ERD MODELO PEQUEÑO. (CAPACIDAD: 60 L)

Los secadores ERD (Figura 3) se encuentran contruidos de una tolva aislada hecha en acero (1), una cubierta de aluminio (2) y, si se desea, de una unidad con autolimpieza para la carga de la tolva. Pueden incorporarse agujeros de cualquier diseño en la tapa del secador para tener entradas adicionales, siendo innecesarios para los secadores que trabajan con cargas pequeñas. En el sistema se encuentran incorporados todos los equipos necesarios para un secado efectivo, a excepción del secador de aire. El secador puede encenderse

después de su instalación en la extrusora o en las operaciones previas al secado, y después de la conexión al aire comprimido y al sistema eléctrico (220V). Una vez encendido el interruptor principal, la válvula solenoide se abre (6) y el aire comprimido comienza a fluir a través de la tubería del sistema (4) a una presión de 6 a 8 bares con un punto de rocío de -40°C; luego, pasa a través de un regulador de aire (5). La válvula de expansión (7) despresuriza el aire comprimido hasta la presión atmosférica, disminuyendo el punto de rocío del aire de proceso a -60°C.

El termostato (8) se controla, siempre por un sensor de temperatura (9), y permite ajustar el flujo de aire de proceso necesario para secar la resina. De esta manera, se asegura que sólo entra al sistema la cantidad de aire necesaria durante el inicio y el secado, al igual que durante los instantes en que el secador se encuentra fuera de operación.

El calentador (10), que lleva la temperatura del aire de proceso hasta un valor prefijado, es controlado por el regulador de temperatura (11). Una vez alcanzada la temperatura deseada, el aire de proceso entra a la tolva por el distribuidor de aire de forma cónica. El aire de proceso atraviesa, entonces, el material higroscópico, extrayendo la humedad y abandona el sistema de secado por la salida (12).

El aire de proceso que entra al sistema por la tubería (4) puede secarse desde una estación central que lo distribuya a todas las unidades de secado de la fábrica, o secarse de manera individual como se muestra en el diagrama.

Ventajas

Comparado con los sistemas de secado convencionales, se pueden considerar las siguientes ventajas del sistema ERD:

- Ahorros de energía de más del 60%.
- Un punto de rocío bajo y constante de -60°C , con dificultad alcanzado con los sistemas convencionales y que asegura alta calidad en el secado en muy poco tiempo.
- Desecadores de pequeñas dimensiones, debido a que el sistema requiere poca cantidad de aire para el proceso.
- El sistema de regeneración de los desecadores no requiere enfriamiento para las cámaras de secado; tan sólo son necesarias 2 cámaras para realizar el proceso sin que haya cambios en la temperatura o en el punto de rocío y sin pérdidas de energía.
- Presenta mínimas posibilidades de contaminación del desecador con polvo de resina proveniente de la tolva, eliminándose, así, los filtros de aire.
- De igual manera, no se presenta contaminación química en el desecador por humos provenientes del aire de proceso, incrementando la duración del desecador.
- No se requieren intercambiadores de calor para el aire recirculado y, por tanto, no se necesitan instalaciones ni suministro de energía para el agua de enfriamiento.
- La tolva es de fácil acceso y remoción para una limpieza rápida.
- No se necesitan filtros como en los procesos convencionales de secado, por llevarse a cabo la operación en un sistema abierto.
- Se presentan mínimas pérdidas de energía, inclusive a las temperaturas más altas, por el aislamiento hecho en acero de la tolva.
- Todos los componentes de los secadores de la serie ERD presentan bajo peso, facilitando

su mantenimiento y transporte.

- Un adecuado montaje del secador no requiere espacio extra, y proporciona acceso libre al área de producción.
- Un diseño sencillo, pero bien estructurado del secador proporciona la mayor seguridad durante la operación; todas sus partes móviles son componentes disponibles comercialmente e intercambiables con modelos de la misma serie.
- El panel de control se encuentra protegido por una cubierta, evitando, así, posibles cambios en los parámetros de secado.

APLICACIONES PRÁCTICAS DEL SECADOR DE RESINA ERD MODELO PEQUEÑO

Los secadores ERD del modelo pequeño pueden utilizarse en todas las operaciones de secado y han demostrado en un sinnúmero de pruebas una gran flexibilidad. El caso más sencillo es el uso del secador acoplado a cualquiera de las máquinas de producción, y puede alimentarse y conectarse antes o después de la operación en un área diferente.

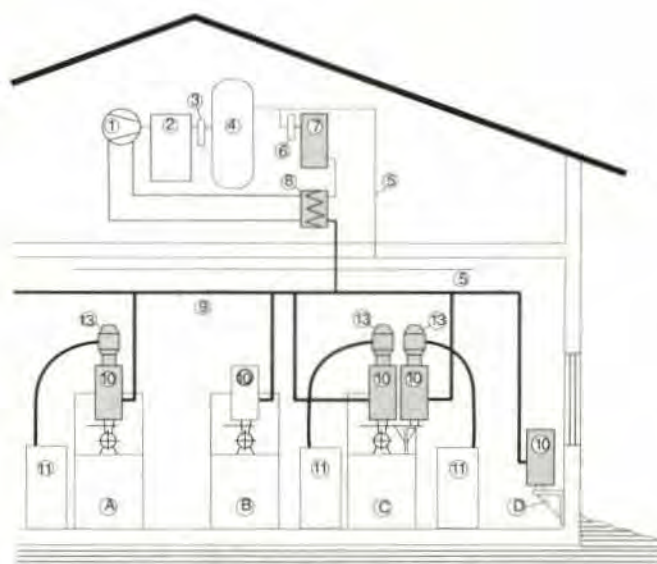


Figura 4. Instalación de un proceso de secado

Después de fijar los parámetros de secado, se debe iniciar la operación con anticipación para garantizar que haya material en la tolva durante los cambios en la producción. Una vez finalizado el proceso de secado, el secador se desinstala del aire comprimido, se desconecta y se lleva a las máquinas de producción, donde puede montarse sobre las bridas de la extrusora y conectarse de nuevo al aire y al suministro eléctrico.

Por último, para completar la instalación del secador, puede adaptarse un cargador para la tolva para tener una alimentación automática.

En la Figura 4, se muestra una instalación típica de un proceso de secado que utiliza la tecnología de los secadores ERD.

El compresor (1) comprime el aire atmosférico a una presión aproximada de 8 bares. En muchos casos, se instala un secador después del compresor (2) para secar el aire comprimido, donde el punto de rocío se encuentra alrededor de los 5°C ; en este punto, el aceite que podría contener el aire se remueve por un

dispositivo (3), y el aire comprimido y limpio se almacena en un tanque (4), donde se distribuye para toda la planta a través de la tubería (5).

Una gran parte de la energía eléctrica requerida para comprimir el aire puede reutilizarse (por ejemplo, el calor del compresor podría emplearse en calentar agua); de esta manera, cerca del 50% de la energía consumida por el compresor puede reutilizarse en forma de calor en el transcurso de un año.

El aire comprimido pasa por un filtro de carbón activado (6) antes de su entrada al secador (7), y sale con un punto de rocío de -40°C . En el intercambiador de calor (8), el aire se calienta hasta 90°C y, luego, se distribuye a los secadores individuales (10) a través de la tubería aislada (9), utilizando diversas configuraciones:

Caso A:

Se utiliza cuando la producción excede la capacidad del secador. El secador ERD se instala de forma directa en las bridas de la extrusora, y la tolva (13) alimenta el secador con la cantidad necesaria almacenada en el contenedor (11).

Caso B:

La producción es ligeramente menor a la capacidad del secador y, por tanto, no se requiere de la tolva. La tapa se cierra una vez el secador se ha llenado, y el material a secar en la siguiente tanda se somete a una operación de secado previo para ahorrar tiempo (D).

Caso C:

Esta configuración es similar al caso A, utiliza las mismas tolvas y los mismos contenedores, pero al cabo de poco tiempo (1 ó 2 horas) debe cambiarse el material del secador, removiendo el secador de las bridas e instalando uno nuevo en su lugar en una operación inmediata.

EL SECADOR ECONÓMICO Y EL CALENTAMIENTO DE MATERIALES PLÁSTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE RECIPIENTES MOLDEADOS POR SOPLADO

El sistema ERD es un sistema de secado independiente que tiene grandes aplicaciones en la industria.

Algunos procesos industriales como el moldeo por soplado requieren de aire seco comprimido para su proceso principal, además de un secador para las materias primas o para los productos finales. En estos procesos, el aire comprimido se libera como aire de escape, y se requiere de un secador convencional adicional, incrementándose, así, la potencia.

No sólo deben secarse los materiales higroscópicos; inclusive, los materiales que se consideran no higroscópicos deben secarse, porque pueden transportar humedad superficial. La potencia adicional para el calentamiento y para el secado de las materias primas podría no necesitarse con la aplicación de la tecnología ERD.

La Figura 5 ilustra el proceso de moldeo por soplado, en el cual la materia prima se funde en la extrusora y el material derretido toma una forma elástica (parisón) en el cabezal de extrusión. A través de un pasador de seguridad (pin de soplado), el aire comprimido presiona el material contra la superficie interna del molde y lo enfría. El parisón enfriado puede retirarse del molde como una forma rígida y acabada y, después, el aire comprimido se libera a la atmósfera como aire de escape.

El método de soplado continuo, en el cual el aire comprimido es recirculado de continuo dentro del parisón expandido y liberado como aire de escape durante el proceso de refrigeración, permite reducir el tiempo de enfriamiento y remover gran cantidad de calor fuera del parisón (refrigeración interior) por medio del aire de escape. Las ventajas de este método son la alta producción y la obtención de productos de mejor calidad a bajo precio.

Si se emplea el sistema ERD, el aire de escape (caliente y seco) puede

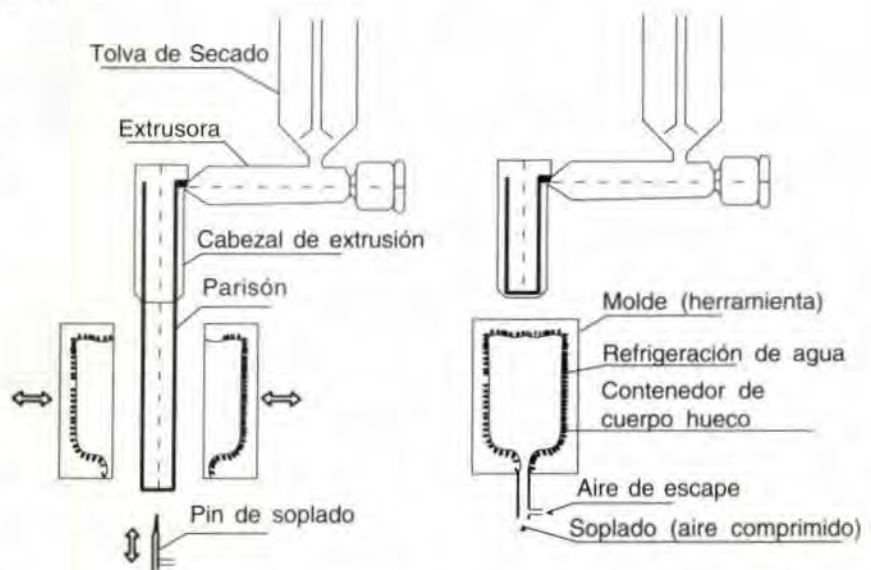


Figura 5. Proceso de moldeo por soplado

reutilizarse para secar la materia prima. También se podrían reemplazar los calentadores eléctricos de los secadores convencionales, si se aprovecha el calor de la línea de salida del compresor.

Los secadores con refrigeración comunes, utilizados para secar el aire comprimido para el soplado, alcanzan un punto de rocío de 3°C a una presión de 8 bares, dando como resultado aire de salida con una temperatura de rocío de -20°C, el cual es suficiente para secar materiales considerados como no higroscópicos. Si se requiere un punto de rocío más bajo, el secador con refrigeración podría reemplazarse por un secador deshidratante.

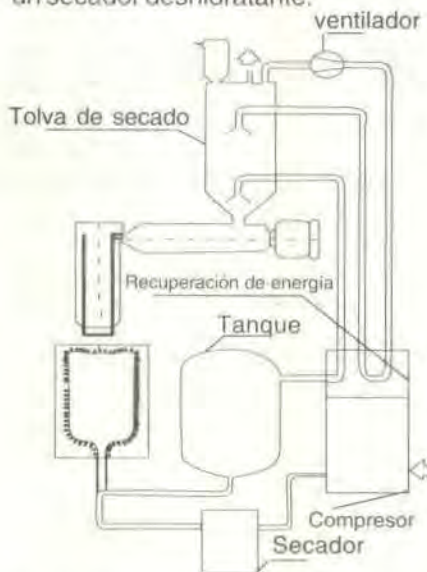


Figura 6. Adaptación del secador ERD al proceso de moldeo por soplado.

El tanque mostrado en la Figura 6 no es necesario, si se utiliza el sistema ERD en las máquinas de moldeo por soplado, que contienen más de una sección de enfriamiento y en las máquinas de moldeo que operan a gran velocidad.

Un proceso similar al anterior es el moldeo por estirado y soplado, el cual

Tabla 1. Datos técnicos de los secadores de resinas

MODELO	UNIDADES	FASTI ERD900	XXXXX	YYYYY
Caudal aire de proceso	Nm ³ /h	170	900	1.200
Caudal aire adicional	Nm ³ /h	750	-	-
Carga total conectada	Kw	50	63	113,5
Consumo de potencia	Kw	45	54	70
Carga enfriamiento	Kw	-	28	37
Temperatura agua enfriamiento	°C	-	6	<14
Caudal agua enfriamiento	m ³ /h	-	4	5.3
Caudal de aire comprimido	Nm ³ /h	Incl.	1	2
Presión del aire	Bar	7,5	6	7-10
Consumo de potencia específico	W/Kg	100	135	175

emplea aire comprimido a alta presión (normalmente 35 bares). En estos procesos, se puede ahorrar gran cantidad de energía en forma de calor a la salida del intercambiador cuando se trabaja a las temperaturas más altas.

Los secadores de aire comprimido que utilizan la refrigeración convencional para secar el aire hasta un punto de rocío de 3°C, no tienen que reemplazarse por secadores deshidratantes; la temperatura de rocío del aire de salida en este caso es de -38°C.

COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS CONVENCIONALES DE SECADO Y EL SISTEMA DE SECADO ECONÓMICO ERD

Para realizar esta comparación, se considerará el secado de los gránulos de PET que alimentan a la extrusora de las máquinas de moldeo por inyección para la obtención de las preformas necesarias para el proceso

de producción de botellas para bebidas.

La materia prima, con un flujo de 450 Kg/h, debe secarse a una temperatura de 160-180°C; el contenido de humedad de los gránulos en la parte superior de la tolva debe ser mayor al 0,2%, y en la entrada de la extrusora deben contener menos del 0,01% de humedad.

Los fabricantes de las máquinas de inyección recomendaron a sus clientes el uso de tres tipos de secadores de resinas y dieron a conocer los datos técnicos de los secadores después de muchas pruebas. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

*Traducido y adaptado por:
Iber James Quiñones
Ingeniero Químico
Analista de Información
SIDT ASTIN*

FRESADO DE ALTA VELOCIDAD DE MOLDES Y MATRICES

50051

A. Gómez
Proyectos RDI

ASCAMM Centre Tecnologic - España

INTRODUCCIÓN

La técnica de mecanizado de alta velocidad dentro del sector de moldes y matrices se puede clasificar en dos aplicaciones bien diferenciadas: fresado sobre aceros endurecidos y fresado sobre materiales blandos.

Los procesos de fabricación de esta forma divididos, se caracterizan por fenómenos distintos dentro de lo que es el mecanizado, y la aplicación del MAV (*Mecanizado de Alta Velocidad*) en cada uno de ellos es, aunque conceptualmente similar, de puesta en práctica muy distinta.

APLICACIONES DEL MAV DENTRO DEL SECTOR DE MOLDES Y MATRICES

Fresado de alta velocidad sobre aceros endurecidos

Al dejar de lado por un instante la ventaja en cuanto a la reducción de tiempo que puede suponer la aplicación del MAV si se compara con el fresado convencional, existe un hecho que no es comparable con ninguna otra tecnología de arranque de viruta por corte; la capacidad que proporciona el MAV de fresar templados hasta durezas de 65 HRC o superiores.

Por este motivo, si se desea cuantificar la eficacia del MAV en este tipo de aplicación sobre todo en la fase de

acabado de la figura, es necesario compararlo con la tecnología de electroerosión por penetración, la cual cuenta como principal característica la de mecanizar materiales con independencia de su dureza, a la vez que es capaz de reproducir geometrías muy complejas, en muchos casos imposible de obtener por fresado.

En la fase de acabado de una figura componente de un molde o una matriz, es, como se ha comentado en el párrafo anterior, donde aparentemente el MAV entra en competencia con la tecnología EDM (*Electrical Machining Technology = Tecnología de Mecanizado por Descargas Eléctricas*)

En la mayoría de los casos, no es trivial la elección de la tecnología a emplear para fabricar una determinada pieza. Lo que sí está claro es la superioridad del rendimiento del MAV frente al de EDM, entendiendo como rendimiento, en este caso, la cantidad de superficie acabada por unidad de tiempo (cm^2/min), aun a sabiendas de que, en muchos casos, la única solución es la aplicación del EDM. Ambas tecnologías son, por lo tanto, complementarias.

A continuación, se describen, de una manera breve, las tareas a realizar en un proceso de acabado sobre acero templado, tras un previo desbaste y semiacabado en el hipotético caso de que el MAV fuera aplicable al 100% (Tabla 1)

Como se pone de manifiesto en esta comparación, siempre que sea posible aplicar el MAV en la fase de acabado, se pueden reducir bastante los tiempos de fabricación del molde o de la matriz.

Existe una tendencia generalizada de comparar y enfrentar la técnica de Mecanizado de Alta Velocidad con la tecnología EDM para poder determinar cuánto más es de eficaz una frente a la otra, pero como se ha comentado, en el sector de Moldes y Matrices, donde las geometrías son tan variadas y de elevada complejidad, estas dos tecnologías de fabricación se complementan.

En pocos casos la geometría de la figura permite terminarla, ya, por fresado, ya que existen multitud de radios demasiado pequeños que obligan a utilizar herramientas muy pequeñas a unas profundidades cuyo voladizo de herramienta hace inviable la aplicación del MAV, así como aristas interiores sin radio generadas por planos inclinados, las cuales no se pueden obtener por un fresado de tres ejes.

Este hecho implica que la mayoría de piezas de este sector se pueden acabar entre un 80 y 90% con la Técnica MAV, y realizar el acabado final de las zonas mencionadas con tecnología EDM, con el consecuente ahorro; por una parte, de tiempo; por otra, de material y tiempo de

MAV	EDM
Diseño CAD 3D figura	Diseño CAD 3D figura
Generación programas CAM (MAV)	Diseño CAD 3D electrodo
Ejecución programas CNC	Generación programas CAM (electrodo)
Pulido figura	Ejecución de programas CNC (electrodo)
	Pulido electrodo
	Ejecución EDM
	Pulido figura

Tabla 1. Proceso de acabado sobre acero templado

mecanizado de electrodos, ya que, en este caso, no tienen que reproducir la totalidad de la superficie de la figura, sino sólo aquellas zonas donde no ha podido entrar la herramienta de corte.

Un ejemplo práctico donde se ponen de manifiesto las ventajas de aplicar las dos tecnologías mencionadas para acabar una figura, se muestra a continuación:



Figura 1. Ejemplo de aplicación de MAV y EDM en la fase de acabado.

Otra aplicación importante del MAV aparece cuando se plantea la fabricación de placas de figura de

moldes en las que la cantidad de material excedente es poco. En estos casos, es muy interesante partir de la placa ya tratada, con las características de dureza y resistencia especificadas para su funcionamiento final, y realizar el desbaste, semiacabado y acabado aplicando la técnica MAV y de una sola estacada de la pieza en la máquina (Figura 2).

Este tipo de moldes es donde la aplicación del MAV ofrece la ventaja adicional de poder enlazar las diferentes fases de fabricación a que se somete una placa de figura, como lo son el desbaste, y el semiacabado, sin tener que cambiar la pieza de máquina una vez realizado el tratamiento térmico al inicio.

En este tipo de aplicación de la técnica de MAV, no es oro todo lo que reluce; para hacer viable el proceso de desbaste es necesaria una correcta generación de los programas de CNC, mediante sistemas de CAM, hasta que la programación de estas estrategias sea muy laboriosa y delicada.

En nuestra opinión, la inversión de tiempo de programación en CAM necesaria para realizar desbastes sobre aceros endurecidos, con la finalidad de tener garantías de estabilidad térmica a lo largo de todo el mecanizado, no es justificable en todos los casos, teniéndose que valorar para cada aplicación en particular el nivel de garantías alcanzado y cómo afectará a la vida de la herramienta.



Figura 2. Molde multicavidad indicado para realizar todas las fases con MAV

Fresado de alta velocidad de materiales blandos

Electrodos

Comentada, ya, la complicidad necesaria que debe existir entre MAV y EDM, más aún se manifiesta cuando se trata de aplicar la técnica del MAV sobre materiales blandos o de fácil mecanización.

Las ventajas que conlleva el fresado de alta velocidad para la fabricación de electrodos frente -esta vez, sí- al fresado convencional con CNC, son bien conocidas, ya que el caudal de viruta que se puede extraer con una fresadora de altas prestaciones es

muy superior al extraído con una fresadora convencional, al igual que el acabado superficial y precisión obtenidos en la pieza (Figura 3).

Cuando se mecanizan materiales para la fabricación de electrodos -con cobres electrolíticos y grafitos- el rendimiento del proceso viene limitado por las prestaciones de la máquina, y tanto más tiempo se ahorrará como mayores sean las prestaciones de la fresadora. No así cuando se mecanizan aceros tratados, ya que en estos casos el límite en el proceso viene marcado por la vida de la herramienta.

Mecanizado de aleaciones no férricas

El mecanizado de moldes prototipo en metales no férricos, en especial, aleaciones de aluminio, continúa siendo habitual para las empresas del sector.

La aplicación del mecanizado de alta velocidad en la fabricación de las figuras con este tipo de materiales se basa, como ya se ha comentado, en las prestaciones de la máquina. Cabe

decir que esta aplicación no es tan delicada como el fresado de aceros endurecidos, ya que, por una parte, si las trayectorias programadas de la herramienta no son las más óptimas en todo momento, las consecuencias sobre su vida no son tan severas y, por tanto, el rendimiento del proceso se mantiene en un nivel aceptable, y por otra, en la fase de acabado las marcas que puedan quedar en las superficies debidas a los cambios de herramienta o a la generación de estrategias de acabado poco adecuadas, son mucho menos costosas de eliminar en la fase de pulido manual (Figura 4).

El efecto de la profundidad de pasada axial (a_p) es despreciable en lo que respecta a la vida de la herramienta. Si a_p es mayor o menor a nivel diferencial, se puede aplicar el estudio bidimensional aquí expuesto con lo que se desvincula toda dependencia con dicha variable. Por una parte, esto supone que se considera que la producción de calor es constante a lo largo de toda la arista de contacto de la herramienta, y por otra, aquellas

partes donde se produzca una mayor concentración de flujo de calor y, por lo tanto, mayor gradiente de temperaturas, el desgaste que se producirá será más acusado. Esta hipótesis es corroborable con facilidad con la experiencia, ya que la zona de mayor desgaste suele estar localizada en las puntas de filo donde se produce la irregularidad del flujo de calor descrita.



Figura 4. Ejemplo de molde prototipo mecanizado en aluminio



Figura 3. Diferentes electrodos para emplear en EDM

La correcta determinación de los parámetros de corte, junto con una estrategia de mecanizado adecuada, son los factores claves para aplicar con éxito el mecanizado de alta velocidad.

¿Según qué desviaciones de los valores óptimos que pueden parecer no significativos o conservadores, aun siguiendo un criterio razonable en mecanizado convencional, pueden dar como resultado un desgaste prematuro, vibraciones o, incluso, en el peor de los casos, una destrucción completa del filo de la herramienta?

Los subapartados que siguen exponen, de una forma ordenada y sistemática, el procedimiento de determinación de dichas condiciones.

Velocidad de corte V_c

Los elevados valores utilizados de V_c

es la característica inherente del mecanizado de alta velocidad. No obstante, hablar de altos valores V_c sin mencionar el material que se está trabajando, no es significativo, ya que una V_c que sea propia de trabajo bajo la técnica MAV no tiene por qué ser la misma para otro material.

En primer lugar, dado un material y un tiempo de vida de la herramienta deseado, hay que recurrir a la información procedente de análisis experimental e interpretarla de una forma adecuada para saber cuál es la velocidad de corte y el avance por diente recomendado.

Si no es posible obtener dicha información a partir de otros resultados prácticos, habrá que utilizar alguna estimación de dichos valores.

Para obtener un primer valor posible de V_c , se puede recurrir a la siguiente expresión:

$$V_c = 3 \cdot 10^5 \text{ HV}^{-1.48}$$

donde HV es la dureza en Vickers del material en cuestión.

Esta expresión se ha deducido por estadística en función de la documentación disponible y hay que insistir que sólo ofrece los valores orientativos razonables para el mecanizado de acero; son un primer punto de partida y siempre deben verificarse en la práctica.

PARÁMETROS DE CORTE QUE DEFINEN EL PROCESO DE FRESADO

En este apartado, se expone el efecto de la variación de las condiciones de corte sobre la temperatura del proceso de fresado y, lo que es más importante, sobre la vida útil de la herramienta de corte. De esta manera, se comprenderá mejor la necesidad existente de diseñar estrategias de mecanizado específicas para la generación de las sendas de mecanizado aplicando la técnica MAV (Figura 5).



Figura 5. Zonas de intercambio de calor en la herramienta durante el proceso de fresado

Los parámetros de corte que definen un proceso de fresado son los siguientes:

- Velocidad de corte V_c (m/min)
- Pasada radial A_e (mm)
- Avance por diente (mm)
- Pasada por axial A_p (mm).

Cualitativamente se podría decir que al aumentar V_c , sólo aumenta la pendiente de la recta de calentamiento (Figura 6). En un extremo, si la velocidad tendiese a infinito, la pendiente de la recta sería vertical, lo que implicaría que el punto de T_{max} , tras la producción de una viruta, también se situaría en un valor elevadísimo. Por otra parte, si aumentamos a_e , estaremos actuando al mismo tiempo sobre la potencia de corte implicada y sobre el tiempo de contacto. No obstante, para pequeñas variaciones, es más importante la variación de t_c , ya que condicionará el enfriamiento y, por lo tanto, el punto T_{max} , por cuanto la herramienta tendrá más o menos tiempo para evacuar la misma cantidad de calor (Figura 6).

La extrapolación de este primer resultado a otros materiales no férricos debe ser cautelosa y, al igual que antes, también es necesario una comprobación práctica.

Pasada radial A_e

Tal como se indicaba, la variable que domina la relación del tiempo de

contacto relativo de la herramienta con la pieza es la pasada radial.

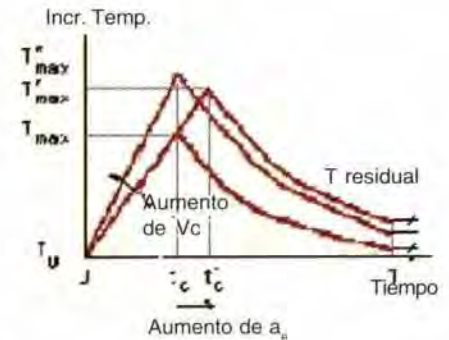


Figura 6. Efecto de V_c y A_e sobre el incremento de la temperatura de la herramienta

Al igual que en el caso anterior, es preferible disponer de algún tipo de dato experimental que proporcione información sobre la magnitud de este parámetro en condiciones óptimas similares y el resultado obtenido.

De no ser así y como primera referencia se suele adoptar entre un 2,5 y un 10% del diámetro de la herramienta. Hay que prestar especial atención en la determinación de este parámetro, ya que las sollicitaciones térmicas son muy sensibles con la pasada radial; las excesivas deteriorarán la herramienta con rapidez.

En ocasiones, sobre todo cuando se realizan desbastes, es inevitable tener que utilizar, incluso, el 100% del diámetro de la herramienta. Cuando no se pueda evitar esta situación y, en especial, en materiales de mecanizado difícil, habrá que procurar ajustar el resto de parámetros de acuerdo con los criterios especificados.

Es aconsejable que la pasada radial se mantenga lo más constante posible a lo largo de todo mecanizado, en aras de conseguir un acabado óptimo y un desgaste regular de la herramienta.

Avance por diente Az

Fijada la pasada radial, el avance por diente influirá en el grosor medio de la viruta (h_m) que se desea obtener.

Al igual que antes, es preferible tener información sobre una realización práctica experimental que, a lo sumo, nos garantizará una determinada vida de herramienta. Si esto no es posible, habrá que intentar estimar este parámetro. Los valores medios óptimos de la viruta dependerán de cada material en cuestión.

Valores por debajo implican que cualquier pequeño desgaste o redondeo del filo de corte implicará un aumento en la dificultad para obtener la viruta, ya que la herramienta tenderá a empujar el material y no a cortarlo. Por otra parte, valores por encima suponen unos grandes esfuerzos sobre el filo de corte que podrían ocasionar la rotura de éste y/o disminuirían la calidad superficial obtenida.

Pasada axial Ap

El efecto de la profundidad axial es el menos importante en lo que respecta a la vida de la herramienta.

No obstante a_p tiene un papel muy importante en el acabado superficial y en la integridad de la herramienta. Cuanto mayor sea a_p , mayor será la flecha de la herramienta respecto al eje de la máquina debido a flexión.

En el fresado, al tratarse de un mecanizado por corte interrumpido, la flexión del mango de la herramienta dará lugar a irregularidades sobre la superficie mecanizada (bajará la calidad superficial). Se recomienda no utilizar valores por encima del 50% del diámetro de la herramienta.

Por último, también, hay que recordar que valores muy pequeños de a_p pueden ocasionar láminas de viruta demasiado delgadas que, según con qué potencias, darían lugar a la aparición de viruta incandescente con

las consecuencias comentadas en el apartado anterior.

EJEMPLOS DE LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA MAV EN EL SECTOR DE MOLDES Y MATRICES

Pieza 1. Placa de figura de doble cavidad para inyección de termoplástico

Características de la pieza

- Material : acero 1.2419 (ARNE)
- Dureza: 60 hrC
- Dimensiones de la placa: 180 x 80 x 30 mm
- Funcionalidad: Cavidad de molde para inyección de termoplástico
- Especificaciones de acabado: Pulido
- Herramienta mínima exigida por la geometría: $R = 0$ mm
- Herramienta mínima utilizada: $R = 1$ mm (Figura 7)



Figura 7. Modelo CAD 3D de la figura

La fabricación de esta pieza se ha realizado en un 95% de su totalidad con la técnica de mecanizado de alta velocidad; el 5 % restante es indispensable realizarla mediante la tecnología EDM, ya que existe una arista viva interior generada por planos inclinados.

Las cavidades son lo suficientemente pequeñas para que sea rentable el fresado de alta velocidad en todas sus fases; desbaste, semiacabado y

acabado con el material endurecido. Las estrategias de mecanizado deben estar diseñadas de manera que los parámetros de corte fijados en un principio en función tanto del material de la pieza, como de la herramienta y geometría se mantengan constantes a lo largo de todo el proceso.

Mediante la combinación de la técnica de MAV y la tecnología EDM se ha conseguido reducir, en este caso, el electrodo a una simple plaquita para clavar el escalón de la zona indicada en la figura anterior.

Características del proceso

1 - Desbaste Offsets a Z constante

- Herramienta: Esférica de $\phi 8$, 4 labios (HM + TiAlN)
- A_p : 1 mm
- V_c : 200 m/min
- $A_e = 0.2$ mm
- F_z : 0.1 mm/min
- Sobreespesor : 0.3 mm (Figuras 8 y 9)

2- Semiacabado: Copiado en Raster a 30°

- Herramienta esférica de $\phi 6,2$ labios (HM + TiAlN)
- V_c : 200 m/min
- $A_e = 0.15$ mm
- F_z : 0.1 mm/min
- Sobreespesor: 0.1 mm (Figura 10)

3 - Acabado copiado en Raster a 30°

- Herramienta : $\phi 4$ esférica 2 labios (HM + TiAlN)
- V_c : 250 m/min
- F : 3200 mm/min
- Sobreespesor: 0 mm (Figura 11)

Tiempo real de fresado de una cavidad: 170 min

Tiempo total de fresado de una cavidad: 170 min.

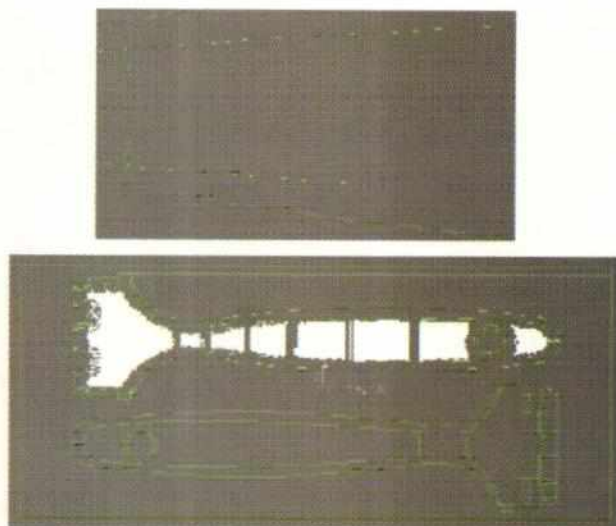


Figura 8. diferentes offsets realizados para desbastar las dos cavidades



Figura 9. Desbaste de una de las cavidades por offsets



Figura 11. Cavidades terminadas; el acabado superficial es muy bueno

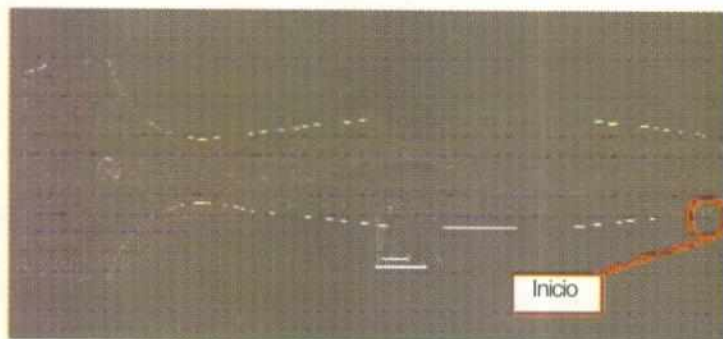


Figura 10. Estrategia de raster a 30° para la realización del semiacabado y del acabado

Pieza 2. Electrodo de cobre electrolítico para mecanizado por EDM

Características de la pieza

- Material : cobre electrolítico
- Dureza : —————
- Dimensiones del bloque: $\varnothing$ 120 x 60 mm
- Funcionalidad: electrodo para proceso EDM
- Especificaciones de acabado: Pulido
- Herramienta mínima exigida por la geometría: $\varnothing$ 4 mm. La principal dificultad para fresar esta pieza viene dada por la esbeltez

de las agujas que la conforman, ya que por el efecto de las vibraciones que se generan en la propia pieza, se pueden doblar con mucha facilidad. La reducción del tiempo de mecanizado era el objetivo principal del ensayo (Figura 12)

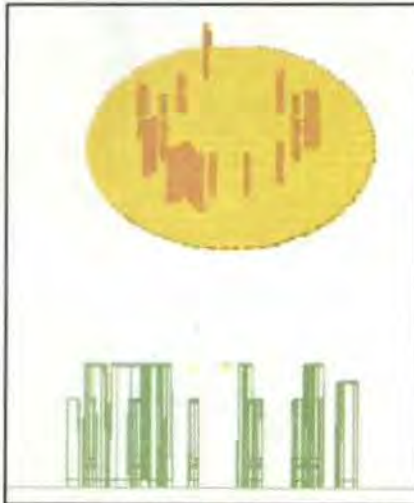


Figura 12. Máxima esbeltez de las agujas: 1.4 x 4 x 24 mm



Figura 13. Electrodo terminado; el acabado superficial ha sido bueno

Características del proceso

Estrategias de mecanizado

1-Desbaste: Raster lineal por capas

- Herramienta: $\varnothing 12$ plana 4 labios (HM + CrN)

- A_p : 6 mm
- V_c : 250 m/min
- A_e : 2 mm
- f : 1500 mm/min
- Sobreespesor: Vectores X-Y: 1mm
- Vector Z: 0 mm

Estrategia de desbaste en pasadas axiales de 6 mm

2- Acabado: contorneado aguja por aguja

- Herramienta: $\varnothing 4$ mm 2 labios (HM+CrN)
- A_p : 0.06 mm
- V_c : 200 m/min
- f : 3000mm/min
- Sobreespesor: 0 mm

(Figura 13)

El tiempo total de fresado de esta pieza ha sido de 150 min.

Placa figura punzón para molde de inyección de plástico

Característica de la pieza

Material: Acero 1.2344

Dureza: 54 HRx

Dimensiones del bloque: 245 x 196 x 70mm

Funcionalidad: Figura punzón molde

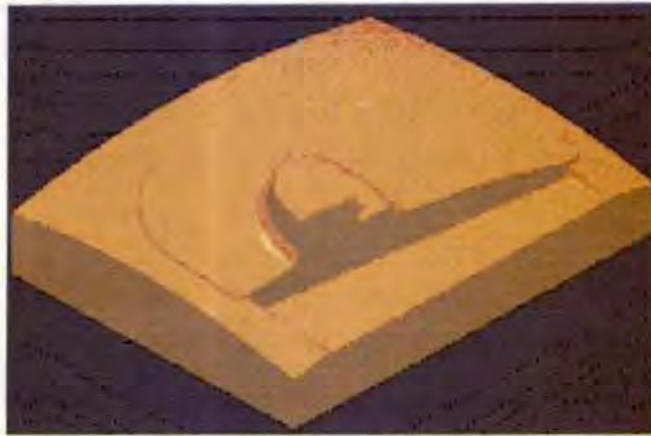


Figura 14. Geometría CAD 3D de la pieza

Especificaciones de acabado:

Pulido

Herramienta mínima exigida por la geometría: $\varnothing 6$ mm. (Figura 14)

Características del proceso

Estrategias de mecanizado

1- Desbaste Raster lineal por capas y por cuadrantes

Se mantendrá, siempre, el mismo sentido de giro de la herramienta respecto al sentido de la velocidad de avance; éste es material a la derecha de la herramienta, igual que en el caso de la cavidad.

Se divide la pieza en cuatro cuadrantes creados; a partir de ahí, se mecanizan de modo individual para controlar, en todo momento, la cantidad de material que está arrancando de la herramienta y, así, evitar las zonas más conflictivas a lo largo de todo el mecanizado, como son los rincones, en los cuales la herramienta mecaniza con un tanto por ciento de su diámetro demasiado elevado para la velocidad de corte programada.

- Herramienta: $\varnothing 12$ tórica r 1 6 labios (HM + TiAlN)

- A_p : 5 mm
 - V_c : 180 m/min
 - $A_e = 0.3$ mm
 - F : 2500 mm/min
 - Sobreespesor: 0.5 mm
- (Figura 15)

2 – Semiacabado: offsets en 3D

- Herramienta: $\phi 12$ tórica r 1
6 labios (HM + TiAlN)
- A_p : 5 mm
- V_c : 180 m/min
- $A_e = 0.3$ mm
- f : 2500 mm/min
- Sobreespesor: 0.2 mm

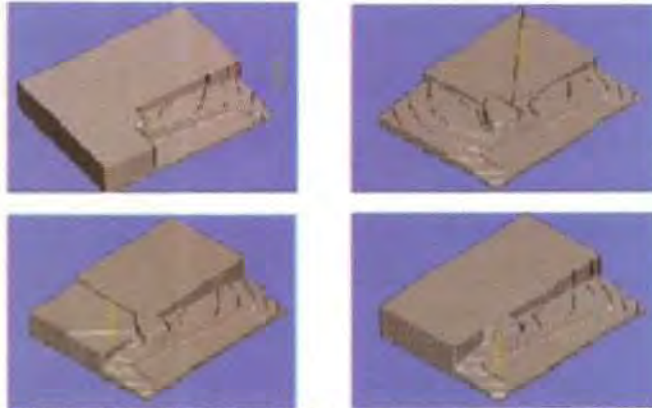


Figura 15. Muestra de las cuatro etapas en las que se ha dividido la fase de desbaste

La estrategia diseñada para realizar el semidesbaste es un mecanizado por "offsets" desde el exterior hacia el centro de la pieza. Con esta estrategia, se eliminan los movimientos en vacío, que son los que originan el bajo rendimiento en el mecanizado de una pieza (Figura 16).

3- Acabado: Copiado por raster

La fase de acabado de toda la superficie de la pieza se realiza con una herramienta esférica de diámetro 12, practicando una pasada lateral de 0.15 mm. El acabado de los rincones se perfecciona con una herramienta esférica de diámetro 6, y el perfilado de las aristas, con una tórica de diámetro 8 y radio de punta de 0.5 mm.

- Herramienta: $\phi 12$ esférica
2 labios (HM + TiAlN)
 - V_c : 250 m/min
 - $A_e = 0.15$ mm
 - f : 1800 mm/min
- (Figura 17)

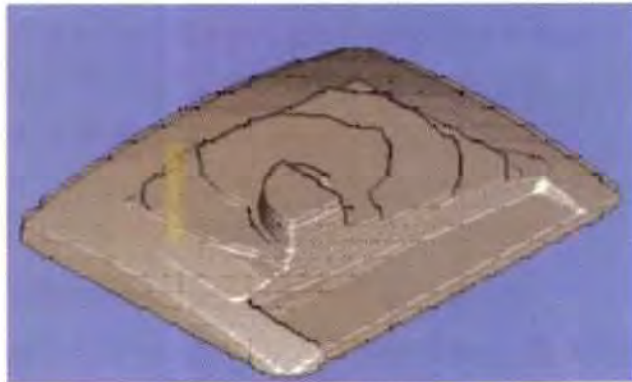


Figura 16. Fase de semiacabado. Los offsets se realizan del exterior hacia el interior



Figura 17. Pieza terminada en la mordaza de la máquina

BIBLIOGRAFÍA

Memorias VI Seminario Internacional
"Soluciones Automatizadas para
Empresas Industriales."

Santiago de Cali- Colombia, Octubre
21 al 25 de 2002



ECOLOGÍA INDUSTRIAL

50057

Timothy Considine
Universidad del Estado de Pennsylvania
Estados Unidos de América

INTRODUCCIÓN

Muchas organizaciones en Estados Unidos y en Europa están viendo hacia el futuro y buscando estrategias de desarrollo para lograr el desarrollo sostenible. Es así como en años recientes se han desarrollado varias técnicas en busca de la sostenibilidad. Tal es el caso de la ecoeficiencia y la ecoauditoría, técnicas que ayudan a rastrear y analizar el desempeño de los sistemas industriales.

Este tipo de sistemas se están utilizando por diferentes razones. Algunas empresas los ven como una forma de ahorrar dinero, en especial costos energéticos y costos materiales. Otras los adoptan para ser «los buenos de la película» y, de esta manera, aumentar la buena voluntad de parte de sus clientes. Otras más los incorporan para anticiparse a regulaciones futuras, asumiendo un comportamiento proactivo. Éste es el contexto en el que se sitúa el concepto de "Ecología Industrial".

¿QUÉ ES ECOLOGÍA INDUSTRIAL?

La "Ecología Industrial" plantea una metáfora con sistemas ecológicos naturales. Al igual que en un biológico, en un ecosistema industrial cada proceso y cadena de procesos debe ser vista como una parte dependiente e interrelacionada de un todo mayor.

El concepto de Ecología Industrial es un producto de la evolución de los paradigmas sobre manejo ambiental y de la integración de nociones de sostenibilidad en los sistemas económicos y ambientales, en los cuales los procesos productivos son concebidos como parte integral del ecosistema. El concepto surge de la percepción de que la actividad humana está causando cambios inaceptables en los sistemas básicos de soporte ambiental.

Un elemento fundamental de esta concepción es la consideración de las interrelaciones entre productores y consumidores, pues son estas interacciones las que determinan qué es utilizable y qué es desecho. La Ecología Industrial explora reconfiguraciones de la actividad industrial en respuesta al conocimiento de sus implicaciones ambientales, promoviendo el desarrollo de métodos de producción más orientados hacia los sistemas. Un concepto importante en ese contexto es el de simbiosis industrial, que se refiere al intercambio de materiales y de energía entre firmas individuales localizadas con mucha proximidad unas de otras.

Los visionarios de la Ecología Industrial han previsto que, tal vez, algún día se pueda llegar a un balance entre la actividad humana y el resto de la

naturaleza. Existe suficiente motivación para llegar a ello, pues, dada la situación que enfrentamos, es imperativo desarrollar métodos que permitan llegar a niveles sostenibles en las actividades humanas.

FUNCIONES DE UN SISTEMA SOSTENIBLE

Hay un par de funciones claves que debe desempeñar un sistema industrial sostenible. La primera de ellas es desarrollar y trabajar en el ciclo de las existencias de los materiales, punto fundamental del sistema. Este ciclo opera igual que la cadena alimenticia del reino animal (el animal grande se come al pequeño y éste se come a uno todavía más pequeño, y así sucesivamente). La segunda función es la promoción de la eficiencia energética, mediante la utilización de la energía en procesos de cascada.

Para ilustrar estos conceptos se presentan, a continuación, dos casos. El rediseño de las computadoras personales por parte de IBM y el Parque Industrial de Kalundborg en Dinamarca.

Computadoras amigables con el ambiente: El caso IBM

En los Estados Unidos, hoy por hoy, se venden más computadoras personales que televisores. Como

resultado del crecimiento de la demanda en los últimos 15 años y de la rápida obsolescencia producto del avance tecnológico, hay millones de computadoras personales listas para ser desechadas.

Al reconocer la importancia de esos problemas, IBM empieza a tomar diferentes acciones al respecto. Por ejemplo, está trabajando con las procesadoras de materiales para utilizar plásticos reciclables en sus productos. Asimismo, está revisando su sistema de manufactura para eliminar todas las partes mecánicas de la computadora; en la actualidad todas las partes de las computadoras IBM están unidas, no hay tornillos, ni pines ni arandelas de metal.

También tienen códigos de barras en cada una de las partes plásticas para que los encargados del reciclaje de desechos las puedan identificar y las manipulen de manera apropiada. Asimismo, se tiene mucho cuidado con sus sistemas de manufactura.

Aprovechamiento de energía en cascada: El caso del Parque Industrial de Kalundborg

En el sistema de Ecología Industrial, se busca la interacción entre cuatro actores diferentes: las empresas manufactureras; los procesadores de materiales; el generador de desechos o aquel relacionado con las actividades de reciclaje de desechos, y el consumidor final.

Existen ejemplos históricos de este tipo de interconexiones. Los complejos petroquímicos modernos intercambian desechos entre la refinería de los productos de petróleo y la fabricación de plásticos. Por ejemplo, muchas plantas de plásticos están ubicadas cerca de una refinería de petróleo, conectadas con tuberías para intercambiar el vapor de los procesos. Los procesadores de acero

son también otro ejemplo; tienen un sistema muy bien desarrollado para el intercambio de energía y materiales.



Para ilustrar estas interdependencias se presenta el caso del Parque Industrial de la ciudad industrial costera de Kalundborg, en Dinamarca. Los principales actores del sistema son cuatro grandes empresas:

- Asnaes Power Station; Una central eléctrica, con base en la incineración de carbón, que produce cerca de 1.500 MW por año.
- Statoil; una refinería de petróleo.
- Novo Nordisk, una empresa farmacéutica líder en la producción de insulina, penicilina y enzimas. Y
- Gyproc, una empresa manufacturera de cartón de yeso (gypsum).

Existen, en total, once encadenamientos físicos que vinculan dichas empresas entre sí y con una red de usuarios dentro del Municipio.

El corazón del sistema es la central eléctrica (Asnaes Power Station), la más grande de Dinamarca. Esta empresa distribuye el calor que produce su planta a la comunidad mediante un sistema de ductos, con lo cual se ha eliminado el uso de 3500 calentadores domésticos de aceite. La colaboración y comunicación entre la empresa y la comunidad permitió reducir en un 80% los desechos energéticos que produce la empresa y, a la vez, proveer calefacción a un bajo costo a la comunidad.

Por otra parte, la empresa eléctrica (Asnaes Power Station) le distribuye vapor a la refinería (Statoil) y a la empresa farmacéutica (Novo Nordisk), que éstas utilizan en sus procesos productivos. La refinadora supe, de esta manera, un 40% de sus requerimientos de vapor y la empresa farmacéutica la totalidad de los suyos. Este intercambio ha permitido reducir la contaminación térmica que resultaría al descargar agua caliente de manera directa al mar, lo que podría tener consecuencias adversas para la vida marina. A la vez, se provee una alternativa más barata que la de hervir grandes cantidades de agua para obtener el vapor, con lo cual se ahorra también agua dulce, cuyo suministro es limitado.

La escasez de agua potable también ha motivado la implementación de esquemas de reuso del agua. Por ejemplo, la refinadora de petróleo envía agua de enfriamiento hacia la Central Eléctrica, donde es purificada y utilizada para la alimentación de calderas; la refinadora, también envía aguas de desecho tratadas a la Central Eléctrica, donde se usa para propósitos de limpieza. Este tipo de vínculos simbióticos han reducido la demanda de agua en alrededor de un 25%.

La empresa productora de Gypsum (Gyproc) también se beneficia de los desechos de la Central Eléctrica. En este caso, el utilizado es dióxido sulfúrico, a partir del cual se obtiene sulfato de calcio, la principal materia prima empleada en la elaboración del Gypsum. De tal proceso, Gyproc obtiene dos terceras partes del sulfato de calcio que requiere; antes éste se obtenía de minas españolas a cielo abierto. Las cenizas y otros desechos resultantes del proceso de quemado del carbón, también, son vendidas por la Central Eléctrica para la construcción de carreteras y la producción de cemento. Además, la empresa productora de Gypsum recibe gas liviano de la refinería, que lo utiliza para encender los hornos de secado; de esta manera, se evita la práctica de quemar los gases de desecho.

En lo que respecta a la empresa farmacéutica, ésta reparte, sin costo, entre los productores cercanos, el barro de desecho que funcionó como sustrato para la fermentación y generación de sus productos, el cual, una vez calentado para eliminar microorganismos, es rico en nutrientes y puede ser manejado como un fertilizante de bajo costo. En este caso, además del beneficio para cerca de 1000 productores agrícolas, se evita el lanzamiento de dichos barros al mar.

Es importante destacar que la construcción de estas relaciones no fue fácil y tomó tiempo. Son el resultado de procesos de negociación e investigación y del interés de los empresarios por aumentar su competitividad.

EL DISEÑO Y LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL

Vistos los ejemplos anteriores, surgen varias preguntas: ¿Cómo diseñar un sistema desde la óptica de la Ecología Industrial?; ¿Cómo puede transferirse

el conocimiento a otras industrias y/o empresas?. Existen algunos pasos críticos y esenciales que deben tomarse en cuenta.



Mejorar las conexiones entre los procesos industriales y los materiales utilizados

Uno de los puntos a seguir para el diseño de un Sistema Ecológico Industrial es mejorar las conexiones entre los procesos industriales y los materiales utilizados. En muchos casos, estas conexiones son transacciones entre las diferentes partes independientes. Por ejemplo, la comunicación entre las partes permite determinar cómo los desechos de una empresa pueden ser utilizados como insumos por otra y, por lo tanto, determinar cuál es el valor económico de dichos desechos. Crear este tipo de «ecosistemas industriales» es un elemento central de la Ecología Industrial.

Otra estrategia es desmaterializar los desechos industriales, mediante la reducción en el contenido de empaque de su producto. Se cuenta con un ejemplo fantástico desarrollado en Costa Rica por la empresa SC Johnson. Esta compañía logró reducir el volumen de sus materiales de empaque, lo que se tradujo en ahorros

sustanciales en el costo; además, tuvo beneficios positivos para la sociedad, reduciendo la carga en materia de disposición de desechos.

Sistematizar los patrones de uso energético

Otro elemento importante es la sistematización de patrones en el uso energético, cerrando las brechas en cuanto a flujo energético. Existen dos esquemas básicos para cerrarlas: Primero, con base en el producto. Cuando se enfoca su ciclo de vida, se pueden adoptar estrategias para reutilizarlos. Por ejemplo, en vez de botar las botellas de vidrio, se tiene un sistema en el cual se reutilizan, se lavan, se rellenan y se vuelven a enviar.

Otra estrategia es por el lado de la manufactura: tomar productos orientados al consumidor que han sido utilizados, rehabilitarlos y revenderlos. Xerox está muy interesado en hacer esto, tomando las fotocopadoras viejas, para retroalimentarlas y venderlas. Esto es bastante rentable para las empresas porque los ahorros en términos de costos energéticos y de material son bastantes elevados; y en el sistema se termina evitando la refabricación de plásticos nuevos y la

disposición de estos productos en los rellenos sanitarios.

El segundo esquema para cerrar brechas es el basado en los materiales. Puede realizarse enfocándolo hacia la estructura de la industria. Por ejemplo, el 40% del acero de los Estados Unidos se produce con acero reciclado; hay un buen mercado bien desarrollado a nivel mundial para el acero y para el aluminio. Sin embargo, en otros casos la situación no es tan favorable; por ejemplo, la diversidad y lo heterogéneos que son el vidrio y el plástico, son factores que no favorecen un buen mercado de chatarra para estos productos.

Otro elemento que debe ser considerado en los patrones de uso energético es la recuperación y el uso de subproductos como combustibles. Un ejemplo clásico sería capturar cualquier tipo de vapor o calor que se crea en un proceso industrial para generar energía eléctrica y enviarlo a otra parte de la planta.

Simbiosis industrial

Otro elemento muy importante es el llamado "simbiosis industrial" o "parques industriales". Esto se ilustra con el caso del Parque Industrial de Kalundborg, presentado en la sección anterior.

Un aspecto importante del desarrollo de Kalundborg radica en que no se basó en un Plan Maestro. Más bien, cada una de las conexiones se dio en un período de más de 25 años y cada unión se realizó como una transacción bilateral normal. Entre las preocupaciones para realizar estas conexiones estuvieron el suministro de agua, la contaminación del mar y los ahorros energéticos. Las transacciones iniciales en este período de 25 años fueron ventas de subproductos sin ningún tipo de tratamiento; fueron transacciones fáciles. Las

transacciones subsecuentes, a menudo, involucraban contaminantes que salían de los aparatos de control; aquí era un poco más complejo porque los materiales eran más heterogéneos. Por ejemplo, en la Central Eléctrica negociaron mucho tiempo para poder tener las especificaciones correctas sobre los materiales y poder coordinar sus programas de producción. Este ejemplo tan simple sugiere que, quizás, con una simbiosis industrial o una estrategia de tipo ecología industrial, se puede tener un crecimiento económico más alto y hasta eliminar los impactos ambientales lineales; incluso, sería posible esperar que éstos comenzaran a reducirse conforme nos hacemos más sofisticados en el reciclaje de nuestra energía y nuestros materiales.

Podemos aprender ciertas lecciones del ejemplo danés.

Primero, el principal impedimento para el desarrollo de este tipo de relaciones en otros países son los altos costos de transacción. Cabe decir que en los Estados Unidos muchos materiales como la ceniza se consideran desechos peligrosos y el obtener los permisos para enviar estas cenizas a una planta en particular es un proceso complicado. Existen costos legales (contratación de abogados, trámites, etc.) importantes en el proceso. En Kalundborg, esos costos de transacción no se dan; de hecho, muy poca regulación gubernamental se da en este caso. Por eso puede decirse que, en general, las metas se alcanzan porque no tienen procesos regulatorios tan complicados como, sí, existen en otras naciones.

Segundo. Otra barrera para el desarrollo de Parques Industriales es la incompatibilidad técnica entre los productos o los procesos de producción y los riesgos de

dependencia. Cualquier empresa, a menudo, tiene algún tipo de elemento de riesgo con el proveedor: ¿será el proveedor confiable o tratará de tomar acciones para sacar ventaja de la situación?. Así, la Central Eléctrica puede decidir duplicar el precio del sulfato de calcio al cliente y éste tendría, entonces, que detener su producción, por lo que no le queda otra alternativa que pagar el precio más alto. Este tipo de riesgo se puede trabajar con un contrato de largo plazo; incluso, con un tipo de integración vertical, aunque esto es difícil en algunos casos, en especial en industrias muy diferentes.

Tercero. Las fallas en cuestión de conocimientos son otro impedimento en el esquema. Existen empresas que ven los desechos sólo como desechos, y no están conscientes de la tecnología que existe para su aprovechamiento.

Cuarto. A menudo las compañías ven su empresa en términos muy propios; tienden a analizar su información como algo privado. En el ejemplo descrito, subsiste una cultura un poco diferente. Tal vez por lo pequeño de la ciudad, es probable que todos los gerentes de las diferentes plantas se conocen en el ámbito personal y, entonces, predomina un elemento de confianza que podría tener bastante peso en el esquema operativo.

Quinto. Las brechas de información, que se traducen en beneficios y costos no reconocidos. Puesto que muchas compañías, a veces, no saben cuál es el tipo de desechos que otras empresas generan, se están desarrollando redes de información sobre desechos; incluso, hasta elaboración de catálogos sobre cuál compañía está generando qué desechos. Este es un elemento importante en cuanto a flujo de información. Muchos de estos costos



de transacción se pueden reducir a través de la estructura industrial, entendiendo como tal el mercado puro.

Sexto. Los contratos y las alianzas son un elemento clave. Eso fue lo más importante en Kalundborg, donde muchas de las relaciones bilaterales se han codificado en contratos a largo plazo. La integración vertical es otra posibilidad, aunque a menudo se hace en industrias que tienen pasos de producción similares, como por ejemplo, una mina de hierro y una procesadora de acero. Sin embargo, hay casos, como en Australia, donde una fundidora de aluminio compró una Planta Eléctrica de Poder para que le diera energía sólo a su planta. La integración vertical y los contratos son una forma de reducir el riesgo que ambas partes podrían enfrentar al intercambiar los desechos o combustibles.

IMPLEMENTACIÓN DE SIMBIOSIS INDUSTRIALES

Varios elementos deben ser considerados para implementar el Sistema de Simbiosis Industrial.

Éste puede ser puesto en marcha cuando existe un buen tejido entre una industria y otra. Algunos consideran que la clave de muchos parques industriales es tener una planta bastante sustancial como una refinería de petróleo o una Central Eléctrica, que sirva como núcleo del sistema. Luego, debe considerarse la proximidad geográfica; éste es un punto esencial, pues es otro elemento de los costos de transacción. Los productos se pueden enviar tan lejos como lo permitan los costos de transporte.

Asimismo, es necesario algún tipo de inteligencia de sistemas. Eso quiere decir que se requiere de un tipo de «distancia mental corta» entre los diferentes sectores; ellos tienen que poder comunicarse unos con otros. En el caso estudiado, influyó mucho su cultura más abierta y su mayor aceptación. También, la comunidad local debe estar involucrada en algunos de los casos. En el caso danés estaban muy involucrados, porque la Central Eléctrica estaba enviando el calor al sistema de calefacción de toda la ciudad.

Este es sólo un vistazo general a lo que es la ecología industrial y una ilustración de cómo puede implementarse. El caso de Kalundborg es un buen modelo de un conjunto de interconexiones entre diferentes empresas y, en realidad, se podría traducir con facilidad a otras situaciones. El ejemplo ilustra muy bien que la interacción entre las empresas para que intercambien calor, desechos y mejorar el ambiente, es un proceso que debe realizarse de forma delicada, debe nutrirse y no se puede sólo planear y ¡basta!

Es preciso darles incentivos adecuados a los actores para que se puedan comprometer en estas transacciones mutuas, que desarrollen el mercado. Aquí, puede residir el éxito de estos sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

Artículo tomado Internet:
<http://www.mideplan.go.cr/sinades/PUBLICACIONES/sector-productivo/index-3.htm>



SISTEMA SCADA

5005B

*Gorka Arina Oyaga; Miguel Ilzarbe Izquierdo; Miguel Ángel Montecelo Fuentes
San Sebastián, marzo de 2000*

INTRODUCCIÓN

Este trabajo explica cómo está constituido un Sistema de Control de Adquisición de Datos (SCADA). Se observan diferentes formas de realizar un control de procesos mediante SCADA, ya sea comercial o diseñado mediante lenguajes de programación de alto nivel, su estructura, interfaz gráfica de operador, etc.

APLICACIONES PARA LA SUPERVISIÓN Y EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

El objetivo principal de la automatización industrial consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin intervención continua del operador humano.

En procesos de fabricación rígidos, de poca variación en el tiempo o de carácter autónomo, sin interdependencias con otros tratamientos anteriores o posteriores de los productos, este objetivo se cumple programando sobre los controles locales de planta las secuencias de control deseadas y cerrando los lazos de regulación necesarios para mantener los valores de variables en los rangos fijados por las consignas.

Por desgracia, la mayor parte de los procesos industriales no cumplen aquellas condiciones, sino, más bien, las contrarias: han de ser flexibles, para adaptar la fabricación a la demanda de forma continua, y están muy interrelacionados entre sí, por exigencias de factores no sólo específicos de la producción, como la coordinación de las acciones o la continuidad del suministro en fabricación en serie, sino, también, por otros hasta hace poco ajenos a la producción, como la minimización de costos, de stocks, la calidad integral del producto y el impacto sobre el medio ambiente.

Estas necesidades obligan a disponer de sistemas automatizados de control de procesos industriales con un alto grado de complejidad y autonomía de funcionamiento, y funciones adicionales a las básicas de ejecución de tareas y monitorización del proceso. Aspectos como la toma automatizada de decisiones, la gestión de menús de producción, la generación de históricos, gestión de alarmas, etc., así como los ya discutidos referentes al control de calidad y mantenimiento, quedan cubiertos en los niveles de control de producción y supervisión de planta del modelo jerárquico de automatización (Figura 1).

Los sistemas de interfaz entre usuario y planta basados en paneles de control repletos de indicadores luminosos, instrumentos de medida y pulsadores e interruptores cableados de forma rígida y con elevados costos de instalación y mantenimiento, que cubrían en forma tradicional estas necesidades, están siendo sustituidos por sistemas digitales que utilizan la Informática Industrial para implementar el panel sobre la pantalla de un ordenador. Con una supervisión inteligente, que permite al operario interactuar con el proceso de forma dinámica, apoyándose en factores como la capacidad de almacenamiento y proceso del ordenador y su facilidad de comunicación con los controladores de planta, el operador conoce, de inmediato, cualquier variación significativa del proceso, mientras observa su evolución a lo largo del tiempo y sus probables tendencias (Figura 2).

En un sistema típico, el control directo de planta es realizado, entonces, por los controladores autónomos digitales y/o autómatas programables, mientras que el ordenador, conectado con ellos, realiza las funciones de diálogo con el operario, tratamiento de la información del proceso y control de producción. En esta estructura, el

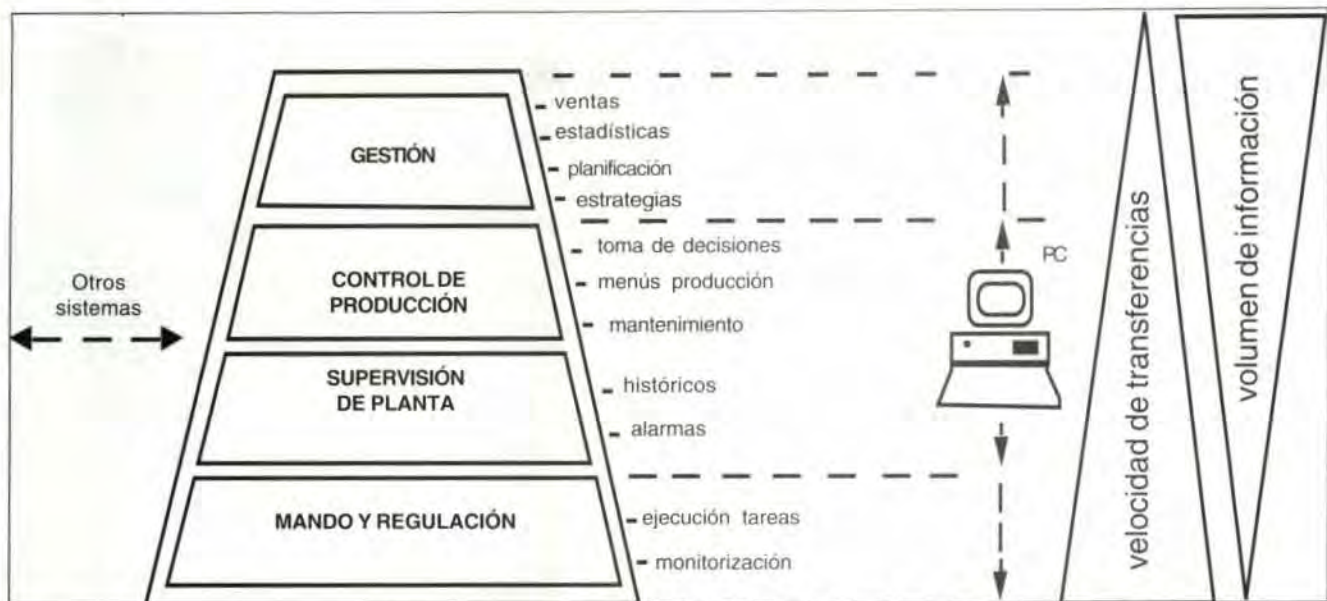


Figura 1. Modelo jerárquico de automatización.

ordenador no actúa en directo sobre la planta, sino que se limita a la supervisión y control de los elementos de regulación locales instalados en ella, además de procesar y presentar la información. En algunos eventos, podría, también, ejercer acciones directas de control (lectura de sensores, activación / desactivación de actuadores) por medio de un hardware adicional conectado a sus buses internos, aunque no es ésta la opción más frecuente.

El ordenador u ordenadores se apoyan en la estructura de dispositivos locales, uniéndose a ellos mediante líneas de interconexión digital (buses de campo, redes locales) por donde recoge información sobre la evolución del proceso (adquisición de datos), y envía las órdenes o comandos para el gobierno del mismo (control de producción): arranque, parada, cambios de producción, etc.

Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que necesiten, se denominan, en general, Sistemas "SCADA" (Supervisory Control And Data Adquisition).

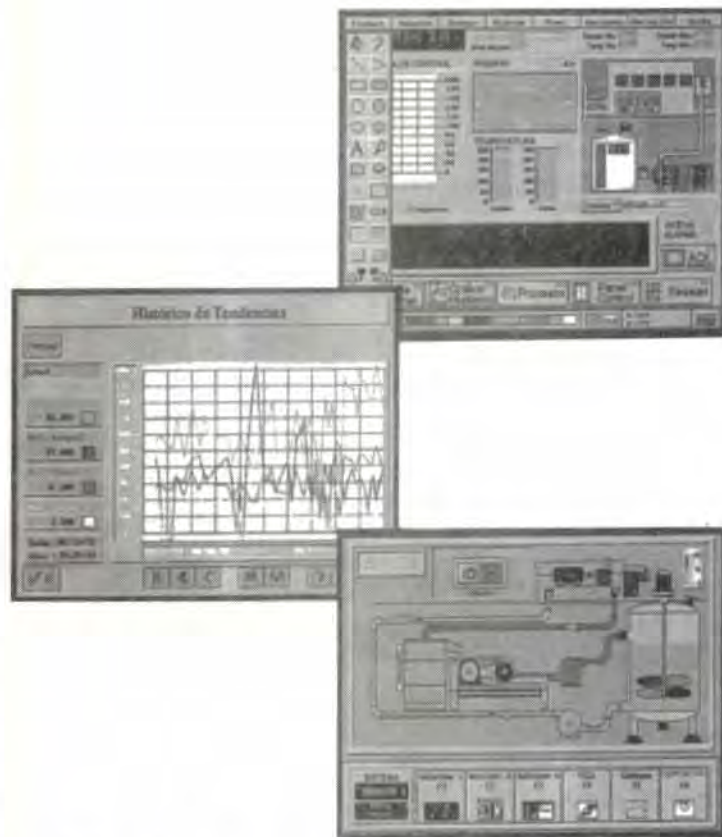


Figura 2. Pantallas de ordenador representando sinópticos de planta y análisis de tendencias.

Estos paquetes ya están en disposición de ofrecer unas prestaciones impensables desde hace una década:

- Adquisición de datos, generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo y, luego, evaluados para mejorar las condiciones de funcionamiento o aumentar el tiempo entre paradas.
- Supervisión y control, ejecución de programas que modifican la ley de control o, incluso, el programa total del autómatas o controlador bajo ciertas condiciones.
- Gestión de alarmas, creación de paneles de alarma que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Control de calidad.
- Mantenimiento predictivo.
- Creación de informes, avisos y documentación en general.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador, y no sobre la del autómatas, menos especializado, etc.

Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones basadas en el PC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco o impresora, control de actuadores, etc.

Los paquetes SCADA suelen estar formados por dos programas: Editor y Ejecutor (Run Time). Con el primero, se generan las aplicaciones descritas, aprovechando los editores, macros, lenguajes y ayudas disponibles, y con el segundo, se compilan para obtener el fichero EXE de ejecución continua tras la puesta en tensión o arranque.

SCADA

Un sistema SCADA puede definirse como una aplicación de software diseñada, en especial, para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante comunicación digital con los reguladores locales básicos, e interfaz con usuario a través de interfaces gráficas de alto nivel: pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos, etc.

El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada con facilidad. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como otros superiores dentro de la empresa. La aplicación constituye, por sí misma, una excelente herramienta de integración entre los diferentes departamentos involucrados en la fabricación, desde producción a gestión, pasando por calidad, mantenimiento, I+D, etc.

Un SCADA debe cumplir varios objetivos para que su instalación sea aprovechada a satisfacción:

- Deben ser sistemas de arquitecturas abiertas, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente para el usuario con el equipo de planta (drivers de comunicación con API, PID, CN, etc.) y con el resto de la empresa (acceso a redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware y fáciles

de utilizar, con interfaces amigables al usuario (sonidos, imágenes, pantallas táctiles,...).

Se utilizan ordenadores convencionales como soporte hardware de los programas SCADA. Aunque pueden emplearse arquitecturas basadas en ordenador PC con sistema operativo Dos / Windows y paquetes de software que incluyen funcionalidades (interrupciones, comunicación en red, etc.) para mejorar sus prestaciones, la disponibilidad de máquinas con sistemas operativos más completos (VAX/VMS, UNIX, Windows NT,...) y arquitecturas cliente/servidor que comparten recursos informáticos (aplicaciones y datos), permite ofertar programas que atienden varios servicios a la vez. Así, un operador puede estar monitoreando la situación en planta desde un terminal PC; otro, viendo informes de incidencias desde un ordenador industrial con sistema operativo UNIX, etc. Para muy grandes aplicaciones, se utilizan arquitecturas cliente/servidor para distribuir los datos procesados entre diferentes ordenadores y así, reducir la carga de cada uno de ellos.

En la elección del sistema, un factor clave a considerar es la capacidad del sistema operativo sobre el que corre la aplicación para soportar multitarea y/o multiusuario. Con la función multitarea, el sistema ha de ser capaz de atender al operador, a la vez que, por ejemplo, monitorea las variables del proceso, permitiendo un control más cercano al tiempo real. La capacidad multiusuario es de utilidad en aplicaciones complejas, cuando se desea disponer de puntos separados con funciones específicas en cada uno de ellos. Estos sistemas se articulan, por lo general, a través de redes de área local.

En la actualidad, sigue siendo mayoritario el empleo de equipos basados en ordenadores personales IBM PC o compatibles para aplicaciones de media y baja complejidad, con una CPU tanto más potente cuanto más críticos sean los tiempos de respuesta necesarios, y configuraciones tanto más robustas cuanto más duras sean las condiciones ambientales de aplicación.

Pese a sus problemas para manejar distintos niveles de prioridad en las interrupciones, en la atención de alarmas y en el control en tiempo real cuando intervienen, con simultaneidad, las comunicaciones, Windows se mantiene como el sistema operativo soporte, con un paquete software SCADA que corre sobre él en multitarea y monousuario. Windows aprovecha las ventajas que ofrece un entorno familiar multitarea, con intercambio de datos entre aplicaciones muy sencillo (DDE, OLE), potente interfaz de usuario (GUI) y otras características de sistema abierto que le permiten ir incorporando con facilidad los nuevos desarrollos en software de interfaz audiovisual o multimedia.

La comunicación con los elementos de campo se lleva a cabo mediante interfaces serie estándar, tipo RS-232, RS-422 o RS-485, utilizando los protocolos adecuados, incluidos en el propio SCADA.

Otro dato importante a considerar es la cantidad de sinópticos (pantallas gráficas de representación) que el sistema puede soportar, así como el número máximo de variables que manipula. Estos datos dan una idea de la información máxima que puede incluirse en una aplicación.

También son importantes a considerar la capacidad de intercambio de datos con otros programas o entornos, como Lotus 123, dBase, Access y

superiores, para integrar las funciones de éstos dentro de la aplicación y la posibilidad de programación de funciones complejas mediante la inclusión, en el SCADA, de rutinas y ficheros escritos en lenguajes de uso general como C o Pascal y lenguajes orientados a objetos.

Estructura de un paquete SCADA

Como en la mayor parte de aplicaciones informáticas, en la selección de un paquete SCADA cabe distinguir dos posibilidades:

- Desarrollo de un software sólo orientado a una aplicación específica.
- Empleo de un paquete comercial que el usuario debe sólo parametrizar para su aplicación.

Por sus ventajas de escalabilidad, modularidad y autonomía, esta última solución resulta mucho más frecuente en aplicaciones de media y baja complejidad.

En general, el sistema SCADA cumplirá tres funciones:

- Adquisición de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables del proceso.
- Control, para modificar la evolución del proceso, actuando, bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.), o sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

Los módulos o bloques software que permiten estas actividades de adquisición, supervisión y control se discuten a continuación:

Configuración

Permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se quiera desarrollar.

Dentro del módulo de configuración, el usuario define las pantallas gráficas o de texto que va a utilizar, importándolas desde otra aplicación o generándolas desde el propio SCADA. Para ello, incorpora un editor gráfico que permite dibujar a nivel de píxel o utilizar elementos estándar disponibles (Figura 3).



Figura 3. Caja de herramientas para edición gráfica de Intellution FIX.

Dibujadas o seleccionadas las pantallas, se definen las relaciones entre ellas, que determinarán el orden de aparición y el enlace o engarzado entre unas y otras, su accesibilidad a operarios generales o particulares, etc. El mantenimiento de las pantallas resulta tarea sencilla, dado que cada una lleva asociadas sus propiedades configurables.

También, durante la configuración se seleccionan los drivers de comunicación que permitirán el enlace con los elementos de campo y la conexión o no en red de estos últimos, se selecciona el puerto de comunicación sobre el ordenador y los parámetros de la misma.

En algunos sistemas, es, también, en la configuración donde se indican las variables que, después, se van a

visualizar, procesar o controlar en forma de lista o tabla, donde pueden definirse etiquetas o nombres para referirse a ellas y facilitar la programación posterior.

Interfaz gráfico de operador

Proporciona al operador las funciones de control supervisor de la planta, mediante una ventana abierta a la misma desde el teclado-monitor del ordenador.

El proceso a supervisar se representa mediante gráficos sinópticos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde cualquier otro de uso general (Paintbrush, DrawPerfect, AutoCAD, etc.) durante la configuración del paquete. Sobre el gráfico se pueden definir distintas zonas dinámicas que varían a lo largo del tiempo, según los cambios que se van produciendo en la planta.

Los sinópticos están formados por un fondo fijo y varias zonas activas que cambian de modo dinámico a diferentes formas y colores, según los valores leídos en la planta o en respuesta a las acciones del operador (Figura 4).

Consideraciones generales de ayuda al diseño:

- Las pantallas deben tener apariencia consistente, con zonas diferenciadas para mostrar la planta (sinópticos), las botoneras y entradas de mando (control) y las salidas de mensajes del sistema (estados, alarmas).
- Representación del proceso mediante sinópticos que se desarrollan de izquierda a derecha.
- La información presentada aparecerá sobre el elemento gráfico que la genera o soporta, y las señales de control estarán



Figura 4. Sinóptico de planta generado en el SCADA Intellution Fix.

agrupadas por funciones.

- La clasificación por colores ayuda a la comprensión rápida de la información, pero un número excesivo de ellos puede ocultarla o difuminarla.
- Los colores serán usados de forma consistente en toda la aplicación.
- Previniendo dificultades en la observación del color, debe añadirse alguna forma de redundancia, sobre todo en los mensajes de alarma y atención: textos adicionales, símbolos gráficos dinámicos, intermitencias, etc., ayudarán a ello.
- Si se utiliza alguna forma de intermitencia, debe limitarse a una parte del sinóptico o símbolo gráfico empleado, sin incluir el mensaje propiamente dicho para facilitar su lectura.

En procesos complejos pueden definirse distintas pantallas dentro de la misma aplicación, cada una con sus propios sinópticos, zonas activas y variables asociadas que representan distintas secuencias o estados del proceso productivo global. El paso de una pantalla a otra se produce por activación / desactivación de variables, de forma automática, según,

evolución del proceso u ordenada por el operador.

El operador puede actuar sobre variables intermedias en el ordenador o autómatas, o variables directas de planta (salidas de autómatas), posicionándose con el ratón, cursores o en directo sobre la pantalla táctil, y modificando el estado lógico o valor numérico de la variable definida sobre ella. En ocasiones, el acceso está restringido a operarios singulares, que deben activar un código de acceso previo antes de modificar la variable.

Módulo de proceso

Ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.

Sobre cada pantalla o zonas sensibles de pantalla pueden programarse relaciones entre variables del ordenador o del autómatas que se ejecutan de continuo mientras la pantalla esté activa (Figura 5). La programación se realiza por medio de bloques de programa en alto nivel (Visual Basic, C, etc.), o parametrizando fichas guiadas o macroinstrucciones proporcionadas por el fabricante. Los

programas resultantes pueden llevar asociada una plantilla de tiempos que defina la frecuencia (scan) de ejecución de los mismos.

Es muy frecuente que el sistema SCADA confíe a los dispositivos de campo, en especial autómatas, el trabajo de control directo de la planta, reservándose para sí las operaciones propias de la supervisión, como el control del proceso, análisis de tendencias, generación de históricos, etc.

Las relaciones entre variables que constituyen el programa de mando que el SCADA ejecuta de forma automática pueden ser, entonces, de los tipos siguientes:

- Acciones de mando automáticas, preprogramadas dependiendo de valores de señales de entrada, salida o combinaciones de éstas.
- Maniobras o secuencias de acciones de mando.
- Animación de figuras y dibujos, asociando su forma, color, tamaño, etc., al valor actual de las variables.
- Procedimientos para el arranque o parada de la instalación (en frío, en caliente, condicionado, etc.)
- Gestión de recetas, que modifican

los parámetros de producción (consignas de tiempo, de conteo, estados de variables, etc.) de forma preprogramada en el tiempo o dinámicamente según la evolución de planta.

De entre estas acciones son muy importantes las maniobras y secuencias de mando (comandos), ya que implementan la comunicación hombre-máquina que permite al usuario el control del proceso.

En general, la entrada de comandos deberá tener en cuenta ciertas consideraciones globales:

- Antes de introducir un valor o cambiar un estado, el usuario debe poder observar el valor o estado anterior de la máquina, junto a un texto explicativo de la función a ordenar.
- Si el rango numérico o alfanumérico de entrada a un comando está limitado, puede ser conveniente indicar estos rangos en el propio texto explicativo del comando; ejemplo: Introduzca valor tiempo (1-10s):__
- Si el texto explicado es demasiado largo, puede elegirse alguna de estas alternativas:
 - Abrir una ventana específica

para el comando,

- Generar mensajes giratorios (poco recomendable).
- Utilizar acrónimos y abreviaturas...
- La planta debe devolver al usuario el valor o estado modificado, a efectos de comprobación (feedback).
- Cuando entre las alternativas posibles en un comando exista una de uso frecuente, debe aparecer por defecto; al llamar al comando, el usuario podrá o no modificarla.
- Los comandos de elevada incidencia en el proceso (detención total, cambios de producción) pueden necesitar un código de confirmación (password) antes de ser aceptados.
- Las paradas de alarma o seguridad deben aparecer claramente identificadas, ser de gran tamaño (preferentemente, un símbolo gráfico) y estar, siempre, al alcance del usuario, desde cualquier pantalla.

Un tipo particular de relaciones programadas en el Módulo de Proceso lo constituye la gestión de alarmas.

Pueden definirse márgenes de

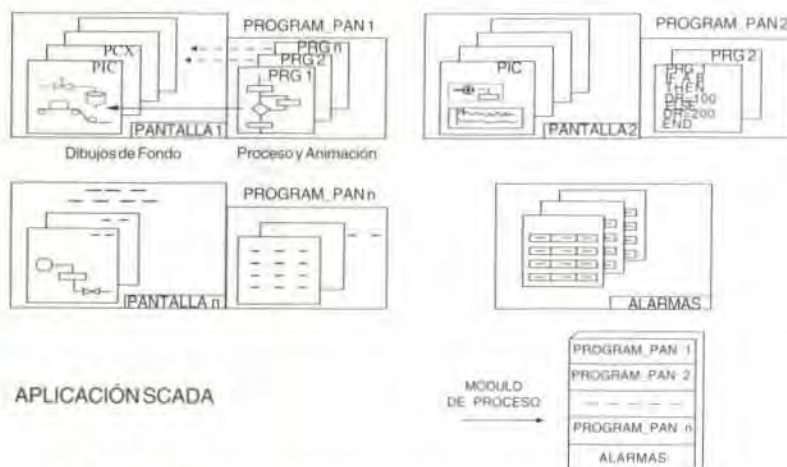


Figura 5. Módulo de proceso en la aplicación SCADA.

variación sobre las variables que dan lugar a condiciones de alarma (cambios de estado en variables lógicas o rangos en variables numéricas), y las prioridades de atención si aparecen varias al mismo tiempo. Cuando se produce una alarma, el sistema reacciona en la forma preprogramada y advierte al operador con un mensaje parpadeante o cambios de color o texto sobre la pantalla actual, reforzados o no con señales acústicas adicionales. El operador puede sólo darse por enterado, modificar alguna variable del proceso o saltar a una pantalla auxiliar para iniciar un proceso específico de tratamiento de alarmas.

El sistema mantiene un registro de las alarmas ocurridas con el estado actual de las mismas, que puede venir codificado por las siguientes opciones:

- Alarma activa no reconocida: Está ocurriendo una condición de alarma y el operador no ha reaccionado.
- Alarma activa reconocida: La alarma está activa, pero el operador ya se ha dado por enterado.
- Alarma inactiva: Las condiciones que provocaban la alarma han sido corregidas, y ésta ha desaparecido.

Dentro de este registro general, aparecen datos como los instantes de activación y desactivación, el reconocimiento o no por el operador mientras estuvo activa, etc.

Gestión y archivo de datos

Este bloque del SCADA se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, según formatos inteligibles para periféricos hardware (impresoras, registradores) o software (bases de datos, hojas de cálculo) del sistema.



Figura 6. Histórico y diagrama de barras generado en simultánea.

Pueden seleccionarse datos de planta para ser capturados a intervalos periódicos y almacenados con un cierto formato para su salida posterior por periféricos gráficos o alfanuméricos como un registro histórico de actividad, o para ser procesados inmediatamente por alguna aplicación software para representaciones estadísticas, análisis de calidad o mantenimiento. Esto último se consigue con un intercambio de datos dinámico entre el SCADA y el resto de aplicaciones que corren bajo el mismo sistema operativo.

Por ejemplo, el protocolo DDE de Windows permite el intercambio de datos en tiempo real con las limitaciones propias de este sistema operativo. Para ello, es SCADA quien actúa como un servidor DDE que carga variables de planta y las deja en memoria para su uso por otras aplicaciones Windows, o las lee en memoria para su propio uso, después de haber sido escritas por estas otras aplicaciones.

Una vez procesados, los datos se presentan en forma de gráficas analógicas, histogramas, representación tridimensional, etc., formando histó-

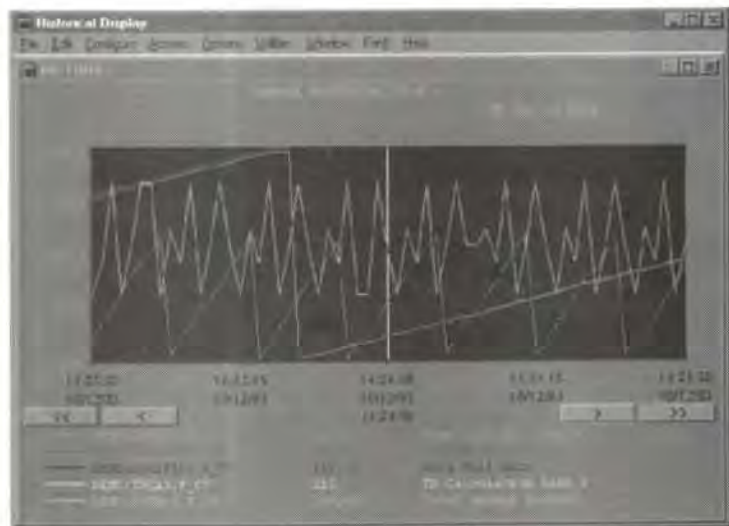


Figura 7. Histórico generado por el SCADA

ricos o resúmenes que permiten, después, analizar la evolución global del proceso, y conocer los elementos que influyen sobre él y la intensidad con que lo hacen (Figura 6).

También, los datos procesados por el Módulo de Control pueden ser ordenados por él mismo mientras se van generando, y exportados a ficheros auxiliares desde donde pueden ser llamados para su proceso posterior por estos módulos de tratamiento de la información (Figura 7).

Comunicaciones

Se encargan de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

El Módulo de Comunicaciones contiene los drivers de conexión con el resto de elementos digitales conectados, entendiendo el driver como un programa que se encarga de la iniciación del enlace, aplicación de los formatos, ordenación de las transfe-

rencias, etc.; en definitiva, de la gestión del protocolo de comunicación. Estos protocolos pueden ser abiertos (ModBus, FielBus, Map, etc.), o propios del fabricante. En ocasiones, estos últimos pueden necesitar una licencia específica del fabricante antes de ser incluidos en la aplicación. El protocolo y los parámetros de la aplicación (puertos, velocidad,...) se activan de forma automática durante la configuración, cuando el usuario elige el fabricante y el modelo de dispositivo E/S de campo: autómatas, reguladores PID, lectores de barras, analizadores, terminales remotos, etc.

Además, en los SCADA distribuidos en arquitecturas cliente/servidor, los Módulos de Comunicaciones son también los responsables del enlace entre los diferentes ordenadores de proceso que soportan la aplicación, enlace establecido sobre una red local DECnet, TCP/IP, MAP/TOP, Novel, etc.

Bajo Windows, los módulos NetDDE incorporan todas las ventajas de los protocolos DDE al mundo de las redes.

Soportados por diferentes sistemas operativos y sin necesidad de servidores, establecen conexiones punto a punto, que permiten la conectividad del software entre aplicaciones que corren sobre diferentes plataformas estándar de mercado (Figura 8).

Nota:

El título original del documento es "Sistemas Informáticos en Tiempo Real, ejemplos prácticos". En esta entrega, sólo se ha incluido lo correspondiente a cómo está compuesto un Sistema SCADA para el control de procesos industriales. El lector puede consultar el artículo completo en el Servicio de Información y Documentación del Centro ASTIN.

BIBLIOGRAFÍA

Información tomada de Internet de : www.esi.unav.es/sitr/Trabajos/Grupo6/Trabajo10/treal.html

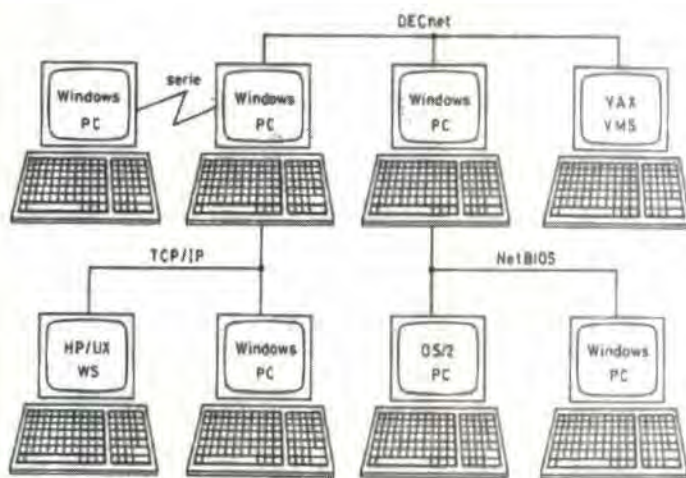


Figura 8. Arquitectura de enlaces multipunto con protocolos NetDDE.

Correos de Colombia

ADPOSTAL

Llegamos a todo el mundo

Llámenos gratis a nuestras nuevas líneas de atención al cliente

018000-915525
018000-915503

Visite nuestra página web
www.adpostal.gov.co

LA SIMULACIÓN REOLÓGICA EN EL DISEÑO DE PIEZAS Y MOLDES DE INYECCIÓN

50064

Guerau Carné i Carbonell
Departamento de Ingeniería del Centro
Tecnológico de ASCAMM

INTRODUCCIÓN

El diseño de piezas de plástico y de moldes de inyección se ha basado, en forma tradicional, en dos aspectos: la experiencia del diseñador y el ciclo prueba-error de los diseños.

A partir de la aparición de los ordenadores y gracias a su rápida evolución, en los últimos años han surgido una serie de técnicas de Ingeniería Asistida por Ordenador (CAE) que, unidas a los conocimientos necesarios del diseñador, permiten reducir los ciclos prueba-error de las piezas y los moldes.

Los sistemas CAE son, en general, un conjunto de programas que permiten la simulación del comportamiento de una pieza, mecanismo o producto ante un fenómeno físico determinado. La gran ventaja de estos sistemas estriba en que no se debe disponer de la pieza o producto, ni se debe producir, en forma física, el fenómeno para saber cuál va a ser su comportamiento. En el caso de los análisis reológicos, permiten simular el comportamiento del plástico y del molde durante el proceso de inyección.

El ámbito de aplicación de los sistemas CAE es muy amplio y aumenta día a día; sin embargo, entre los más utilizados se podrían

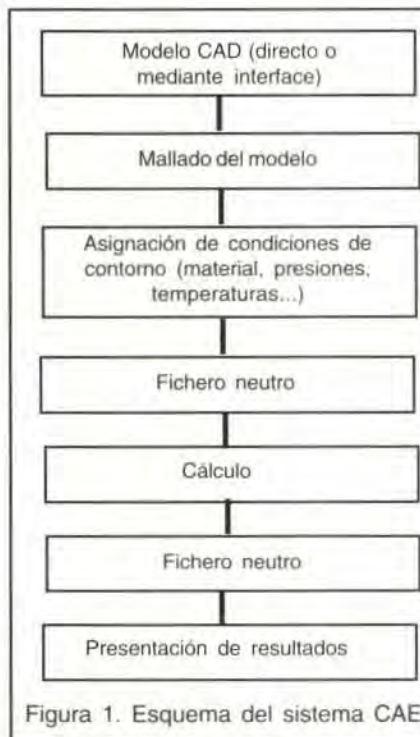


Figura 1. Esquema del sistema CAE

mencionar los siguientes:

- Cálculo estructural (lineal y no lineal).
- Transferencia de calor (régimen estacionario y transitorio).
- Cinemática y dinámica de mecanismos.
- Electromagnetismo
- Vibroacústica
- Fluidodinámica
- Reología de materiales termoplásticos.

En este artículo, se tratará sólo la simulación del proceso de moldeo por inyección de piezas de termoplástico.

EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

La mayoría de los sistemas CAE utilizan la Técnica del Moldeo y Análisis por Elementos Finitos (FEM/FEA). Esta técnica es anterior a los sistemas CAD/CAM y nació a principios de la década de los 50 como una necesidad de la industria aeronáutica (Figura 1).

El concepto del que parte este método es muy sencillo. Aunque no es posible predecir, de modo exacto, la respuesta de un sistema complejo ante un fenómeno físico, sí se puede predecir el comportamiento de una pequeña parte del sistema frente a un fenómeno sencillo. Para centrarnos en el caso de la Inyección de Termoplásticos, no es posible calcular, de manera directa, la temperatura a la que llega el material al final de su recorrido, pero sí se puede predecir con exactitud el calentamiento o enfriamiento del plástico al pasar por un pequeño canal recto a una velocidad determinada.

La idea es dividir el sistema en partes lo suficiente pequeñas (elementos finitos) como para que puedan ser tratadas de modo individual con base en fenómenos conocidos. Una vez discretizado el modelo en dichos



Figura 2. Malla del conjunto de elementos finitos

elementos y sumando el comportamiento individual de cada uno de ellos, se obtiene una aproximación al comportamiento global del sistema.

Volviendo al ejemplo de la temperatura del termoplástico, se divide el recorrido complejo del plástico en pequeños tramos rectos. Entonces, conociendo la velocidad y la temperatura del material en la entrada, se puede calcular el aumento de temperatura en cada uno de los pequeños tramos rectos finitos. Conocida la temperatura de entrada se puede calcular la temperatura a la salida del primer tramo finito. Ésta será la temperatura de entrada al segundo tramo. Ahora, es posible calcular la temperatura de salida del segundo tramo, que será la de entrada del tercero, y así sucesivamente, hasta llegar al final de la pieza, con lo que tendremos la temperatura del material al pasar por cada punto de la cavidad del molde.

Se ve con claridad que el primer paso para utilizar este sistema será la discretización del modelo en elementos finitos. El conjunto de elementos finitos forma una malla del modelo original (Figura 2).

Una vez obtenido el modelo mallado, se asignan una serie de condiciones de contorno que definen el proceso físico que se desea simular. En el caso de la Inyección de Termoplásticos, puede ser la temperatura de entrada del material, la velocidad de inyección, la disposición del molde, los canales de refrigeración, etc.

Con estos datos, se efectúa el cálculo de todos los resultados necesarios siguiendo el esquema comentado. Obtenidos los resultados, éstos se visualizan para que los diseñadores puedan analizarlos y, en caso necesario, variar alguno de los parámetros para volver a efectuar los cálculos hasta obtener los resultados deseados (Figura 3).



Figura 3. Presentación de resultados

LA APLICACIÓN DEL FEM/FEA EN LOS ANÁLISIS REOLÓGICOS

Para el caso concreto de los análisis reológicos de piezas de inyección de termoplásticos, se parte del modelo en CAD 3D de la pieza, de las coladas en caso que ya estén definidas y del diseño del molde.

El diagrama de flujo utilizado para estos análisis es el que se muestra en la Figura 4.

Los sistemas de análisis reológicos trabajan sobre mallas planas bidimensionales de elementos triangulares. Es decir, cada elemento de la malla es un triángulo unido por sus lados con los triángulos adyacentes. Estos triángulos no tienen espesor como tal, sino que el espesor está asignado al elemento como un parámetro. Los modelos CAD en 3D, para cada pared de la pieza, tienen la superficie situada en el centro de las dos superficies que forman las paredes de la pieza. Es lo que se ha dado en llamar la *fibra neutra*.

En el caso de que la información de partida sean planos 2D, se modela en directo la fibra neutra, pero en el caso de disponer del modelo en CAD 3D, éste debe, primero, simplificarse para obtener la fibra neutra de la pieza. Modelada la fibra neutra, ya puede procederse a su mallado.

Para simular la inyección, es fundamental tener caracterizado el termoplástico que se utiliza. Los datos necesarios incluyen: temperatura de fusión, viscosidad en función de la temperatura y la velocidad de cizalla, densidad, calor específico, diagrama de presión-volumen-temperatura, etc.

La mayoría de programas comerciales de simulación incorporan una librería interna de materiales donde se encuentran caracterizados los más

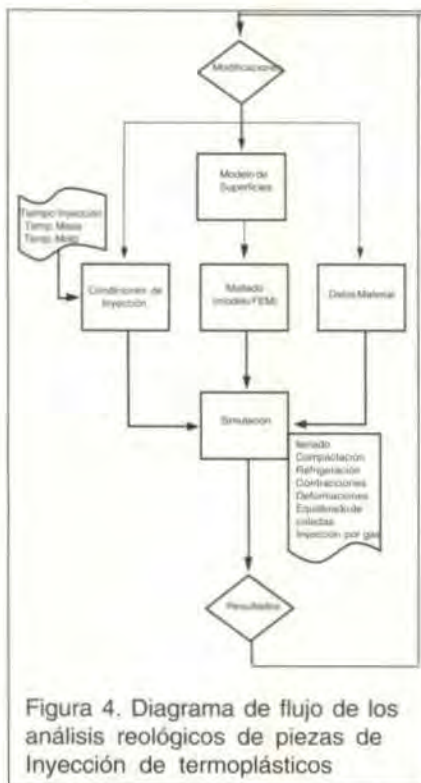


Figura 4. Diagrama de flujo de los análisis reológicos de piezas de Inyección de termoplásticos

utilizados. Estos datos suelen ser proporcionados por los fabricantes de materia prima. Es obvio que cuanto más se acerquen los datos al comportamiento real del material, más fiables podrán ser los resultados de la simulación.

Además de la pieza y del material, es necesario dar al programa las condiciones de contorno del análisis. Estas condiciones varían en función del tipo de análisis que se vaya a efectuar. Por ejemplo, para un análisis de llenado de la pieza, las condiciones de contorno incluyen: el punto de inyección, la temperatura de la masa, la temperatura del molde y el tiempo de inyección. Con todos estos datos, el ordenador simula el comportamiento del material termoplástico en el interior del molde y escribe unos archivos de resultados.

Una vez obtenidos estos resultados, viene la fase importante del estudio que es la de interpretar y analizar los

mismos para efectuar las modificaciones necesarias, ya sea en el diseño de la pieza, en el molde o en los parámetros de inyección. Con estas modificaciones, vuelve a iniciarse el análisis para comprobar si se ha producido el efecto deseado y así sucesivamente.

En este sentido, es fundamental que los resultados y las diversas alternativas posibles sean analizados y discutidos con el moldista y el transformador, con el fin de llegar a una solución lo más optimizada posible.

APLICACIONES DE LA SIMULACIÓN POR ORDENADOR DE LOS ANÁLISIS REOLÓGICOS

Los análisis que se pueden realizar con los distintos software son diversos, siendo los más usuales:

- Análisis del llenado de la pieza.
- Dimensionado y equilibrado de las coladas.
- Análisis de refrigeración
- Simulación de la fase de compactación.
- Análisis de contracciones.
- Análisis de deformaciones.
- Análisis de tensiones.

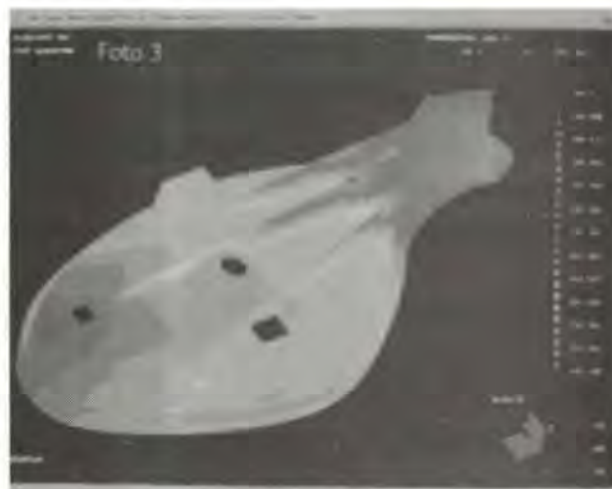


Figura 5. Velocidad de cizalla del material

Es preciso destacar que estos análisis son correlativos, es decir, que para realizar uno hace falta que se hayan hecho los anteriores (excepto el Equilibrado de Coladas que se hace sólo para moldes multicavidad).

A continuación, se detallan todos los datos que proporciona cada uno de estos análisis, así como la utilidad que tienen para el correcto diseño del molde y de la pieza.

Análisis de llenado de la pieza

Esta fase de análisis simula el comportamiento del plástico durante el llenado de la cavidad, es decir, durante la fase primera presión.

Los datos más relevantes que proporcionan estos análisis son:

- Temperatura del frente de avance en cada punto de la cavidad.
- Temperatura de cada punto de la pieza en el momento final de la fase de llenado.
- Tensión de cizalla durante la inyección de la pieza en el momento final de la fase de llenado.
- Tensión de cizalla durante la inyección en cada punto.



Figura 6. Equilibrado de coladas

- Distribución de presiones en la cavidad durante el llenado.
- Recorrido del frente de avance a lo largo de la pieza.
- Localización de los atrapamientos de aire.
- Localización de las líneas de unión.
- Tiempo aproximado de enfriamiento a temperatura del molde constante.
- Velocidad de cizalla del material al pasar por cada punto (Figura 5).

Todos estos datos obtenidos del análisis del llenado permiten:

Establecer el número, la forma y la localización óptima de los puntos de inyección en función del llenado para solucionar problemas de líneas de unión, atrapamientos de aire, temperaturas, etc.

Establecer las condiciones óptimas de inyección:

- Tiempo de inyección.
- Temperatura del termoplástico
- Temperatura del molde.
- Presión de inyección necesaria.
- Determinar la fuerza de cierre necesaria y, por tanto, la

máquina a utilizar.

- Localizar las zonas críticas de refrigeración.

Dimensionado y equilibrado de las coladas

En el caso de moldes multicavidad, proporciona las dimensiones de los canales de distribución para que todas las cavidades se llenen al mismo tiempo, con las ventajas de compactación igual para todas las cavidades y control de las medidas finales de la pieza.

Si el molde está equilibrado, todas las piezas tienen las mismas dimensiones y, por tanto, es más fácil controlar la calidad final de las piezas. (Figura 6).

Análisis de la refrigeración

En este caso, además del modelo de elementos finitos de la pieza, es necesario un modelo de los canales de refrigeración del molde para poder simular el intercambio de calor entre la pieza y el molde.

Los resultados que se derivan de este análisis son:

- Tiempo de refrigeración.
- Temperatura de las dos caras

del molde durante la refrigeración.

- Caída de presión aproximada en los circuitos de refrigeración.
- Temperatura máxima en la sección de la pieza en cada punto al final del tiempo de enfriamiento.
- Grosor de la pieza solidificada al final del tiempo de enfriamiento, así como la diferencia entre la capa solidificada de las dos caras de la pieza.
- Número de Reynolds de refrigerante en cada punto del circuito de refrigeración (Figura 7).

Estos datos permiten comprobar la eficacia de los circuitos de refrigeración, así como sugerir modificaciones para mejorar las condiciones de enfriamiento.

Con este análisis se puede determinar el circuito de refrigeración óptimo y el ciclo de inyección, incluyendo el tiempo de inyección y refrigeración.

Simulación de la fase de compactación

Esta simulación permite afinar el perfil de segunda presión y es muy útil en aquellas piezas que necesiten una compactación muy precisa para compensar contracciones y conseguir elevadas precisiones dimensionales.

Los resultados que se obtienen de este análisis incluyen:

- Contracción volumétrica en cada punto.
- Presión efectiva a la que se compacta cada punto de la cavidad.
- Momento en el que se ha conseguido la presión máxima de compactación.
- Densidad aparente del material en cada punto.

- Situación y profundidad aproximadas de los rechupados.
- Contracción en los tres ejes de cada punto.
- Diagrama de temperaturas durante el tiempo de compactación.

Los resultados permiten encontrar cuál es el perfil de presión de compactación que consigue una contracción más uniforme en toda la pieza.

- Deformación de cada punto en las tres direcciones (x,y,z).
- Deformación total de la pieza para cada punto.
- Direcciones principales de tensión de la pieza.
- Tensiones en las dos direcciones principales del material.
- Orientación del material.
- Contracción: paralela y perpendicular a la dirección del flujo.
- Contracción volumétrica (Figura 8).

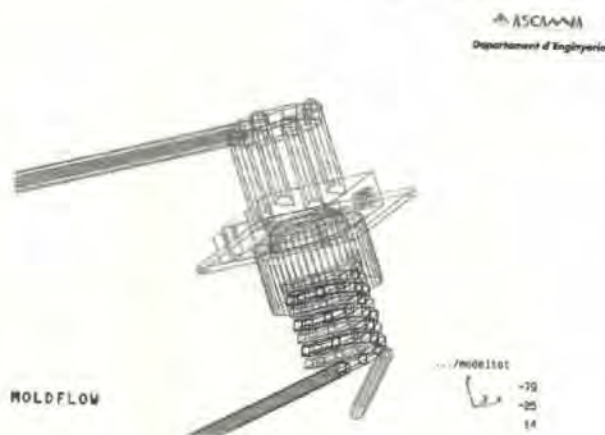


Figura 7. Canales de refrigeración

Análisis de contracciones

El Análisis de Contracciones permite estimar la contracción de cada punto de la pieza en cualquier dirección. Además, se obtiene la corrección para la contracción que debe darse en el molde para que la pieza final consiga las tolerancias indicadas. Analiza, también, si unas cotas determinadas cumplirán una tolerancia indicada.

Análisis de deformaciones

El Análisis de Deformaciones tiene en cuenta las tensiones internas acumuladas durante la inyección para dar los siguientes datos.

Las deformaciones obtenidas del programa de simulación pueden cuantificarse según el factor que las provoca:

- Diferencias en la refrigeración
- Diferencias en la orientación
- Diferencias en la contracción

Este análisis permite predecir la deformación final de la pieza y, además, a qué es debida la deformación. Esto permite variar la geometría de la pieza, el material o las condiciones de inyección, compactación o refrigeración, para conseguir minimizar las deformaciones.

Análisis de tensiones

Este análisis permite predecir las tensiones que se crean en la pieza, debidas a tensiones internas, así como a cargas externas.

Hay que añadir, entonces, al modelo, la localización y magnitud de las cargas externas.

Los resultados que nos da la simulación son:

- Deformación en los tres ejes en cada punto.
- Tensiones máximas.
- Deformación total.
- Tensiones en las direcciones principales del material.
- Tensiones residuales principales (direcciones y magnitudes).
- Deformación relativa.

Las tensiones y deformaciones que se producen en una pieza de plástico durante su uso, dependen tanto de las tensiones internas derivadas del proceso de fabricación como de las cargas externas que se le apliquen. Este Módulo tiene en cuenta ambos componentes.

Esta simulación es útil cuando se conocen con exactitud las cargas externas a la que es sometida la pieza a la que, ya, se le se ha hecho el Análisis de las Deformaciones.

CONCLUSIONES

La Simulación por Ordenador del proceso de Inyección de Termoplásticos (análisis reológicos), es una herramienta de probada utilidad y aplicabilidad en el diseño y fabricación de piezas de plástico, que incide tanto en el diseño de la pieza y el molde como en la optimización del proceso de inyección.

Diseño de la Pieza: Diseñar para fabricar. La simulación permite predecir problemas tales como deformaciones, rechupes, líneas de

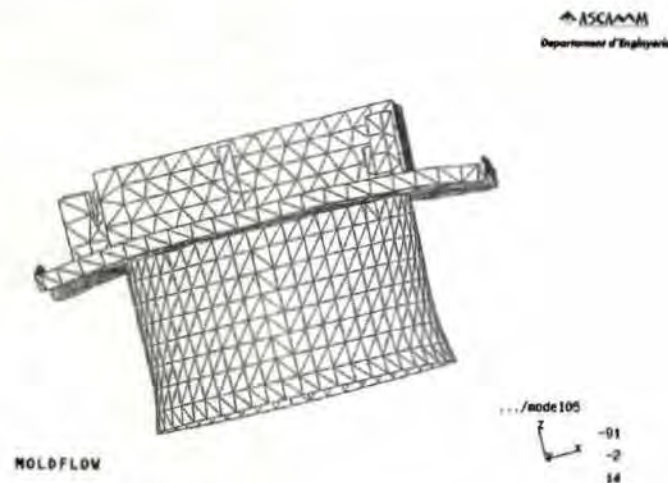


Figura 8.. Análisis de Deformaciones

unión, atrapamientos de gases, etc., con lo cual es posible, ya, en la fase de diseño de la pieza, hacer las modificaciones necesarias con tal de eliminar o minimizar dichos problemas.

Diseño del Molde: Garantizar la calidad del diseño del molde. Es posible optimizar el diseño del molde en aspectos como determinación del punto o puntos de inyección, diseño de coladas, diseño de los canales de refrigeración, equilibrado de moldes multicavidad, etc.

Proceso de Inyección: Productividad y calidad de pieza inyectada. Permite optimizar parámetros de transformación, como tiempos de ciclo, temperaturas del molde y del plástico, fuerza de cierre, velocidad

de inyección, perfil de compactación, etc.

El nivel de utilización de este tipo de sistemas como herramienta cotidiana durante las fases de diseño y fabricación de moldes y piezas es todavía incipiente. No obstante, se observa un crecimiento no espectacular, pero, sí, constante en su aplicación dentro de las industrias transformadoras y fabricantes de moldes.

Tras más de dos años de utilización de estos sistemas en el Centro Tecnológico de ASCAMM, hemos observado que las empresas que empiezan a usarlos no dejan de hacerlo. La rentabilidad económica, aunque demostrada con creces en la

mayoría de los casos, no es el factor principal a tener en cuenta. Desde nuestro punto de vista, lo fundamental es el nivel de calidad del producto, tanto del molde como de la pieza inyectada, que es posible alcanzar con la ayuda de estos sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

Reproducido de la Revista FETRAPLAST No. 17 julio, agosto, septiembre de 1996, páginas 48-52, con la autorización expresa del Editor



BORSI. Bolsa Nacional de Residuos y Subproductos Industriales

El Centro ASTIN, consciente de los problemas ambientales que se desprenden de los residuos industriales y los inconvenientes que su disposición le genera a la industria, viene participando de manera activa en diversos proyectos que propenden por la reutilización de los subproductos que se pueden obtener de éstos.

En el entorno de alianzas y convenios del CDTASTIN, en fecha reciente, fue invitado a formar parte de la Junta Directiva del Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales, CNPMLTA, corporación sin ánimo de lucro, de derecho privado, que ofrece una gestión integral de diferentes servicios y temáticas relacionadas con Ecoeficiencia, Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales.

El CNPMLTA creó la Bolsa Nacional de Residuos y Subproductos Industriales, BORSI, Centro de Información sin ánimo de lucro, cuyo propósito es fomentar la transacción y permitir la valorización de los residuos industriales y comerciales, que son aprovechados por aquellas empresas que los requieren como materia prima o insumos.

BORSI promueve las actividades mencionadas, una fórmula generada desde lo ambiental para fomentar el desarrollo de nuevas actividades

económicas, la generación de empleo y la reducción de impactos sobre el medio.

De lo anterior se desprenden, entre otras, las siguientes ventajas:

- Fomento de la reducción, el reuso y el reciclaje
- Reducción de los costos de tratamiento y disposición final de residuos
- Ahorro en los costos de producción
- Valorización económica de los residuos.

En www.borsi.org, se presenta información más detallada sobre BORSI, las entidades que lo lideran y apoyan, los procedimientos para ingresar y consultar demandas y ofertas, y artículos técnicos que presentan alternativas de valorización de los residuos y subproductos industriales. Así mismo, dispone de servicios vía fax y correo normal, con el fin de realizar trámites con el personal que no dispone de Internet. Cabe resaltar que todos los servicios disponibles en BORSI son gratuitos. No obstante, BORSI, los socios, las entidades de apoyo y los gestores no son responsables de los contenidos publicados como tampoco del estado de los residuos o de los problemas que, en materia de normatividad legal vigente, puedan ocurrir.

De otro lado, mediante BORSI se programan jornadas técnicas enfocadas al estudio de casos de comercialización y valoración de residuos, se promueven proyectos de investigación y desarrollo tecnológico para la recuperación, el reciclaje y la reintroducción de materiales y, así mismo, se realizan encuestas especiales que permiten establecer inventarios, estadísticas e indicadores relativos a las situaciones coyunturales de cierto residuo o subproducto industrial.

Por ello, las empresas industriales obtienen rendimientos económicos derivados de las transacciones y aprovechamientos derivados de la correcta disposición de sus residuos y, de esta manera, se minimiza el riesgo ambiental y legal originado por un incorrecto manejo de éstos.

Mayor información:
 Centro Regional de Producción más Limpia
 Bolsa Nacional de Residuos y Subproductos Industriales, BORSI
 Nodo Cali
 Directora del Nodo: Dra. Ana Dorly Jaramillo
 e-mail: jaramillosa@cvc.gov.co
 Coordinador Regional: Ing. Álvaro Mosquera
 e-mail: alvama98@hotmail.com
 Carrera 56 No. 11-36 Tercer Piso de la CVC
 Teléfono: (572) 339 66 34
 Fax: (572) 339 33 93
 Cali, Colombia
www.borsi.org

BIBLIOGRAFÍA ESPECIALIZADA

Nuevas adquisiciones en el Servicio de Información y Documentación Tecnológica SIDT ASTIN

Invitamos a los usuarios del Centro de Desarrollo Tecnológico CDT ASTIN del SENA, Regional Valle, a consultar la bibliografía especializada que, a diario, adquirimos y procesamos para facilitar el acceso a la información técnica más relevante. En esta oportunidad, les presentamos una extensa bibliografía sobre el estado del arte de algunas de las tecnologías objeto de investigación en el Centro ASTIN.

688

SHARMA, D. K.

— Take a state-of-the art look at relief valves' worst fault = Un vistazo general de las fallas más graves que ocurren en las válvulas.

POWER (New York), v.136, n.7, jul. 1992, p. 53-55.

Las fugas en las válvulas tienen valores permisibles; pero existen unas pautas basadas en el servicio de mantenimiento para ayudar a las plantas a controlarlas. Estándares permitidos de fugas.

/ESTADO DEL ARTE/ /VÁLVULAS/ DETECCIÓN DE FUGAS/

6306

SCHULZ, Ekkehard.

— State of the art and development potential of the currently applied metallurgical production processes = Estado de la técnica y potencial de desarrollo de los procesos metalúrgicos de producción aplicados corrientemente.

METALLURGICAL PLANT AND TECHNOLOGY (Duesseldorf), v.13, n.05, sep.-oct. 1990, p. 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48-49.

Describe los recientes avances en los procesos más comunes utilizados en la fabricación de aceros.

/ESTADO DEL ARTE/ /DESARROLLO TECNOLÓGICO/ /PROCESOS DE FABRICACIÓN/ /OBTENCIÓN DE ACEROS/ /FUNDICIÓN DE ACERO/ /ACEROS/

9858

SARMIENTO ÁVILA, Luis Guillermo.

— Una guía para el manejo de materiales de empaque y envase destinados a la conservación de alimentos.

TECNOLOGÍA (Santafé de Bogotá), v.24, n.146, nov.-dic. 1983, p. 31-42.

Muestra el estado del arte de la Tecnología del Empaque, destinado a la conservación de alimentos, en Colombia.

/ESTADO DEL ARTE/ /MANEJO DE MATERIALES/ /CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS/ /TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS/ /EMPAQUES/ /COLOMBIA/ /INDUSTRIA ALIMENTARIA/ /ENVASES PARA ALIMENTOS/ /ENVASES PLÁSTICOS/ /PELÍCULAS PLÁSTICAS/ /PROPIEDADES MECÁNICAS/ MATERIALES PARA EMPAQUES/

10319

VELÁSQUEZ M, Carlos M; MONSALVE, Juan F. SIMESA.

— Estado del arte de los tratamientos térmicos en línea con laminación.— En: SEGUNDO ENCUENTRO NACIONAL SOBRE TRATAMIENTOS

TÉRMICOS, MEDELLÍN, JUNIO 2-3, b1994. —PONENCIAS. — Medellín: SIMEDUA, jun.1994. 52 p.

Memorias contenidas en dos volúmenes.

Trata sobre el comportamiento metalúrgico causado por el enfriamiento con agua después del proceso de laminación de los aceros.

/ESTADO DEL ARTE/ /TRATAMIENTO TÉRMICO/ /LAMINADO EN CALIENTE/ /SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO/ /FLEJES/ /ACEROS LAMINADOS/

11341

MAZUR, Z.; CRISTALINAS, V.; SOSA, N.

— Extensión de la vida útil de los álabes de turbinas de gas mediante procesos de soldadura. Estado del arte.

REVISTA DE SOLDADURA (Madrid), v.24, n.01, ene.-mar. 1994, p. 3-13.

Menciona algunos métodos para la reparación de álabes de turbinas de gas, tales como la soldadura fuerte de recargue y la unión por difusión y las causas de desgaste de los álabes.

/ESTADO DEL ARTE/ /ÁLABES DE TURBINAS/ /TURBINAS DE GAS/ /ENSAYOS DE DESGASTE/ /CORROSIÓN EN CALIENTE/ /EROSIÓN/ /DESGASTE MECÁNICO/ /FISURACIÓN EN CALIENTE/ /SOLDADURA DE PIEZAS/

REPARACIÓN DE ÁLABES/ /SOLDADURA POR FUSIÓN/ /SOLDADURA EN FRÍO/ /SOLDADURA POR PLASMA/ /SOLDADURA POR ARCO/ /SOLDADURA POR GASES INERTES/ /SOLDADURA POR HAZ DE ELECTRONES/

12772

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

— Seminario Internacional, organizaciones que aprenden usando estratégicamente Tecnología Informática. — Cartagena de Indias: nov.1995. 30 p.il.

Plantea una visión multidisciplinaria y multifacética del estado del arte del conocimiento de investigadores, consultores y empresarios colombianos e internacionales sobre los temas de enfoque sistémico, cambio organizacional, aprendizaje y tecnología informática.

/ESTADO DEL ARTE/ /INFORMÁTICA/ SEMINARIOS/ /APRENDIZAJE/ /CAMBIO ORGANIZACIONAL/ /ADMINISTRACIÓN/ /AMÉRICA LATINA/ /TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN/ /PLANEACIÓN ESTRATÉGICA/ /METODOLOGÍAS/ /COMPETITIVIDAD/ /EQUILIBRIO ORGANIZACIONAL/ /GESTIÓN GERENCIAL/ /REINGENIERÍA/ /TEORÍA DE RESTRICCIONES/ /TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA/ /MODELOS MENTALES/ /MRPII/ /DESARROLLO TECNOLÓGICO/ /PROCESO DE PLANEACIÓN/ /EDI/ /INTERCAMBIO ELECTRÓNICO DE DOCUMENTOS/

12982

UNIVERSIDAD DEL VALLE; COLCIENCIAS; DEA; CNPQ BRASIL; EMBAJADA.

— Seminario Internacional: Procesos de transferencia tecnológica Universidad - Industria en el Área de la Microelectrónica. — Santiago de Cali: Universidad del Valle, 1994. 371 p. il.

Informa a los industriales, los docentes y estudiantes afines al Área de la Electrónica y la Microelectrónica el estado del arte en el ámbito mundial, como también las diferentes alternativas relacionadas con los procesos de la transferencia tecnológica en los

institutos o centros de investigación de países como Brasil, Estados Unidos y Francia.

/ESTADO DEL ARTE/ /MICROELECTRÓNICA/ /DESARROLLO TECNOLÓGICO/ /TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA/ /CENTROS DE INVESTIGACIÓN/ /BRASIL/ /ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA/ /FRANCIA/

13499

GUTIÉRREZ DE SÁIZ-SOLABARRÍA, Santiago; SAN JUAN NÚÑEZ, J. M.

— Situación actual de la tecnología en los aceros inoxidables dúplex y superdúplex. Parte I.

DEFORMACIÓN METÁLICA (Barcelona), v.22, n.226, feb. 1996, p. 77-78, 81-87.

Comenta la situación actual de la tecnología de los aceros inoxidables austenoferríticos conocidos familiarmente como dúplex y superdúplex, tanto desde el punto de vista de propiedades como de proceso y comportamiento en servicio. Se intenta hacer un breve recorrido por su conocimiento, así como situar el estado del arte de estos materiales que, cada vez, son más demandados por un mundo industrial cambiante y exigente para, así, satisfacer sus nuevos retos tecnológicos.

/ESTADO DEL ARTE/ /ACEROS INOXIDABLES/ /ACEROS DÚPLEX/ /ACEROS SUPERDÚPLEX/ /ACEROS AUSTENOFERRÍTICOS/ /PROPIEDADES DE LOS ACEROS/

13782

GABRIELE, Michael C.

— Blow mold machines meet diverse production needs = Las máquinas de moldeo por soplado satisfacen diversas necesidades de producción.

MODERN PLASTICS INTERNATIONAL (New Jersey), v.26, n.06, jun. 1996, p. 50-55.

Proporciona una visión acerca del estado del arte del Moldeo por Soplado de Envases. Sector industrial de grandes avances y logros técnicos.

/ESTADO DEL ARTE/ /ENVASES PLÁSTICOS/ /MOLDEO POR SOPLADO/

13974

GASPARI, John De.

— Better bonds: Plastics welding gets smarter, faster, stronger = Mejores uniones: La soldadura de plásticos se vuelve más inteligente, más rápida y más fuerte.

PLASTICS TECHNOLOGY (New York), v.42, n.01, ene. 1996, p. 42-45.

Explica el estado del arte de los procesos tecnológicos de soldadura de partes plásticas. Los últimos desarrollos de esta tecnología.

/ESTADO DEL ARTE/ /SOLDADURA DE PLÁSTICOS/ /PROCESOS DE SOLDADURA/ /PARTES PLÁSTICAS/

14144

DE SOUZA, Francisco

— Control de espesor de parison y su efecto en la rentabilidad. Estado del arte de la maquinaria de soplado en Brasil.

— Santafé de Bogotá: ICIPC/Grupo Cauchero Colombiano, 1996. 11 p. il.

III Jornada Latinoamericana e Iberoamericana de Tecnología del Caucho.

Describe algunos ejemplos de soluciones tecnológicas que buscan atender las necesidades del mercado en la automatización de procesos, reducción de los tiempos de preparación de las máquinas, precisión y repetitibilidad en el control de los procesos y reducción en el consumo de energía.

/ESTADO DEL ARTE/ /SOPLADORAS DE PLÁSTICOS/ /BRASIL/ /CONTROL DE ESPESORES/ /ESPESOR DE PARED/ /AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS/ /CONTROL DE PROCESOS/ /AHORRO DE ENERGÍA/

14147

TATE, Dennis

— Inyección soplado: Estado del arte. — Santafé de Bogotá: ICIPC/Grupo Cauchero Colombiano, 1996. 50 p. il.

Explica varios métodos utilizados para el proceso de Moldeo por Inyección

ESPECIALES/ MÁQUINAS DE SOPLADO ESTIRADO/ MÁQUINAS DE INYECCIÓN SOPLADO ESTIRADO/ MÁQUINAS DE EXTRUSIÓN SOPLADO/

20239

SENA; MESA SECTORIAL DE MERCADEO.

— Caracterización ocupacional del Sector de Mercadeo. — Santafé de Bogotá: Precolombi, 1998. 211 p. il. Anexos.

Presenta de una manera sintetizada el estado del arte a nivel mundial de la Gestión de Mercadeo. Se incluye la conceptualización básica, el contexto macroeconómico en que se desenvuelve, las tendencias observadas. Expone los principales aspectos macro de nuestra economía, el impacto de la apertura, y algunos aspectos que indican la creciente importancia dada a las actividades de mercadeo.

/ESTADO DEL ARTE/ /MESAS SECTORIALES/ /MERCADEO/ /COLOMBIA/ APERTURA ECONÓMICA/ /GESTIÓN DE MERCADEO/ /SECTOR INDUSTRIAL/ /SECTOR COMERCIAL/ /SECTOR DE SERVICIOS GENERALES/ /SECTOR DE SERVICIOS SOCIALES/ /SECTOR DE SERVICIOS DE TRANSPORTE/ /SECTOR DE SERVICIOS FINANCIEROS/ /SECTOR DE SERVICIOS PERSONALES/ /SECTOR DE SERVICIOS DE COMUNICACIÓN/ /SECTOR AGROPECUARIO/ /MERCADEO DE TRABAJO/ /DIAGNÓSTICOS SECTORIALES/

21158

AMELING, Dieter; BAER, Hartmut; BERTLING, Heribert; BODO LUNGEN, Hans.

— Cokemaking technology 2000 state of the art and new structures = Tecnología del 2000 para la producción de coque - estado del arte y nuevas estructuras. **METALLURGICAL PLANT AND TECHNOLOGY (Dusseldorf)**, v.22, n.05, oct. 1998, p. 46-48, 50, 52, 54, 56.

Da un vistazo a las plantas de producción de coque en Alemania y analiza el estado del arte a los nuevos métodos de producción como el diseño de sistemas

de cámara múltiple y el sistema de monocámara.

/ESTADO DEL ARTE/ /PLANTAS DE PRODUCCIÓN/ /COQUE/ /ALEMANIA/ PRODUCCIÓN DE COQUE/ /SISTEMAS MONOCÁMARA/ /SISTEMAS DE CÁMARA MÚLTIPLE/

21551

DANIELI & C.S.P.A.

— State of the art in rolling temperature control in wire rod production = Estado del arte en el control de la temperatura de laminado en la producción de alambra.

METALLURGICAL PLANT AND TECHNOLOGY (Dusseldorf), v.17, n.05, oct. 1994, p. 68-71.

Analiza los problemas que se presentan debido a la variación de temperatura durante el laminado en caliente del Alambra y explica cómo mantener su temperatura dentro de su rango óptimo.

/ESTADO DEL ARTE/ /CONTROL DE TEMPERATURA/ /LAMINADO EN CALIENTE/ /ALAMBRA/

21563

Anónimo.

— The state of the art of high performance hydrogen batch annealing of steel coils = Estado del arte en el recocido de rollos o bobinas de acero en baños de hidrógeno.

METALLURGICAL PLANT AND TECHNOLOGY (Dusseldorf), v.16, n.04, ago.1993, p. 140-142, 144, 146, 148, 150.

Ilustra y describe las características técnicas de los hornos de recocido, tipo campana, operados por hidrógeno para el tratamiento térmico de los rollos o bobinas de acero.

/HORNOS DE RECOCIDO/ /HORNOS DE TRATAMIENTO TÉRMICO/ /HIDRÓGENO/ /BOBINAS DE ACERO/ /RECOCIDO CON HIDRÓGENO/ /TRATAMIENTO TÉRMICO/

21587

FAURE, Henri Antonie.

— Development, state of the art and future aspects of steel making = Desarrollo, estado del arte y futuro de la producción de acero.

METALLURGICAL PLANT AND TECHNOLOGY (Dusseldorf), v.16, n.03, jun. 1993, p. 32-34, 36, 38, 40-41.

Hace un análisis del desarrollo, el nivel tecnológico y el futuro de la producción de acero a nivel mundial.

/ESTADO DEL ARTE/ /PRODUCCIÓN DE ACERO/ /INDUSTRIA SIDÉRURGICA/ /RESEÑA HISTÓRICA/

24368

ARAMENDIS, Rafael H.

— Materia viva, derechos de propiedad intelectual y comercio.

COLOMBIA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA (Santafé de Bogotá), v.16, n.03, jul.-sep. 1998, p. 4-10.

Analiza algunos de los elementos centrales de discusión en torno a la relación entre materia viva, apropiación del conocimiento y comercio y presenta una reflexión particular acerca del estado del arte en el país.

/ESTADO DEL ARTE/ /PROPIEDAD INTELECTUAL/ /COLOMBIA/ /MATERIAL BIOLÓGICO/ /COMERCIALIZACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS/ /BIOTECNOLOGÍA/

24528

AMELING, Dieter.

— New developments in integrated steelmaking in europe = Nuevos desarrollos en la producción integrada de acero en Europa.

METALLURGICAL PLANT AND TECHNOLOGY INTERNATIONAL (Dusseldorf), v.23, n.06, dic. 2000, p. 36-38, 40-42.

Analiza la producción de acero en Europa y el estado del arte de las plantas de sinterizado, los altos hornos y los convertidores de oxígeno.

/ESTADO DEL ARTE/ /PRODUCCIÓN DE ACERO/ /EUROPA/ /COQUE/

PLANTAS DE SINTERIZADO/ /ALTOS HORNOS/ /CONVERTIDORES DE OXÍGENO/

25481

DANTZIG, J. A.

— Solidification modeling: status and outlook = Modelado de la solidificación: Estado actual y perspectivas.

JOURNAL OF MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY (Warrendale), v.52, n.12, dic. 2000, p. 18-21.

Examina el estado del arte del Modelado de la Solidificación, incluyendo los fenómenos físicos de la solidificación como la extracción de calor y los cambios dimensionales de la pieza fundida y el molde durante la solidificación. Examina, además, los esfuerzos actuales para modelar este fenómeno y las fortalezas y debilidades de estos esfuerzos.

/ESTADO DEL ARTE/ /MODELADO DE LA SOLIDIFICACIÓN/ /FENÓMENOS FÍSICOS/ /EXTRACCIÓN DE CALOR/ /PIEZAS FUNDIDAS/ /MOLDES DE FUNDICIÓN/ /SOLIDIFICACIÓN/ /CAMBIO DIMENSIONAL/ /FUNDICIÓN/ /MODELADO DE PROCESOS/

25483

MAZUMDER, Jyoti.

— A crystal ball view of direct-metal deposition = Un vistazo a la deposición directa de metales.

JOURNAL OF MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY (Warrendale), v.52, n.12, dic. 2000, p. 28-29.

Examina el estado del arte del proceso de deposición directa de metales; los materiales empleados y los logros alcanzados en el diseño y manufactura integrados.

/ESTADO DEL ARTE/ /DEPOSICIÓN DIRECTA DE METALES/ /DISEÑO MECÁNICO/ /CAD CAM/

25484

VAIDYANATHAN, K. Ranji.

— Functional metal, ceramic and composite prototypes by solid free form fabrication = Prototipos funcionales de

metal, cerámica y compuestos mediante la fabricación de sólidos de forma libre.

JOURNAL OF MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY (Warrendale), v.52, n.12, dic. 2000, p. 30.

Analiza el estado del arte del proceso de fabricación de sólidos de forma libre - tecnología SFF -, sus aplicaciones y ventajas.

/ESTADO DEL ARTE/ /FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS EN 3D/ /PROTOTIPADO RÁPIDO/ /FABRICACIÓN DE SÓLIDOS DE FORMA LIBRE/

25494

B&P PROCESS EQUIPMENT & SYSTEMS.

— Extrusion in review = Extrusión en repaso.

PLASTICS ENGINEERING (Brookfield), v.56, n.12, dic. 2000, p. 26-31.

Analiza el estado del arte en la fabricación de productos extruidos a partir de la extrusión en línea de compuestos de madera y plástico, las ventajas del proceso y las características de las extrusoras utilizadas.

/ESTADO DEL ARTE/ /EXTRUSIÓN EN LÍNEA/ /EXTRUSIÓN DE COMPUESTOS/ /EXTRUSORAS DE COMPUESTOS/ /EXTRUSORAS DE PLÁSTICOS/ /MATERIALES COMPUESTOS/ /COMPUESTOS DE MADERA Y PLÁSTICO/

25531

VERKHOLANSTEV, Vladimir.

— Self-stratifying coatings = Recubrimientos autoestratificables.

EUROPEAN COATINGS JOURNAL (Hannover), n.12, dic. 2000, p. 24, 26, 28, 30-31, 33.

Explica el concepto de recubrimientos autoestratificables, la estratificación en los recubrimientos, el mecanismo de los procesos de autoestratificación y el estado del arte de los recubrimientos autoestratificables basados en mezclas de polímeros incompatibles, sus aplicaciones y ventajas.

/ESTADO DEL ARTE/ /MEZCLAS DE POLÍMEROS/ /RECUBRIMIENTOS

AUTOESTRATIFICABLES/ /AUTOESTRATIFICACIÓN EN RECUBRIMIENTOS/ /RECUBRIMIENTOS COMPUESTOS DE POLÍMEROS INCOMPATIBLES/ /INCOMPATIBLES/ ESTRATIFICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS/

25576

SALGADO, Juan José.

— Software de Simulación y Cálculo en Ingeniería.

MUNDO ELECTRÓNICO (Barcelona), n.315, dic. 2000, p. 86, 88-90.

Analiza el estado del arte y el desarrollo alcanzado por los software de Simulación y Cálculo en Ingeniería, y su aplicación tanto en la enseñanza como en la investigación.

/ESTADO DEL ARTE/ /SOFTWARE DE SIMULACIÓN/ /SOFTWARE DE CÁLCULO/ /ENSEÑANZA/ /INVESTIGACIÓN/

25884

GIESE, Ted.

— Water jetting to higher production = Mayor producción del chorro de agua.

TOOLING & PRODUCTION (Northbrook), v.63, n.09, dic. 1997, p. 48, 50, 52, 54.

Analiza el estado del arte del Corte por Chorro de Agua, una tecnología que ha estado disponible comercialmente por más de una década y que permite el corte de placas de acero inoxidable hasta de 4 pulgadas.

/ESTADO DEL ARTE/ /CORTE POR CHORRO DE AGUA/ /CHORRO DE AGUA ROBOTIZADO/ /TECNOLOGÍA DE CORTE/

25926

SANDVICK COROMANT.

— Turn stainless steel with state of art inserts = Torné el acero inoxidable con insertos de última generación.

TOOLING & PRODUCTION (Northbrook), v.63, n.12, mar. 1998, p. 31, 36.

Explica las variables que se deben tener en cuenta durante el Torneado de Acero

Inoxidable y las ventajas que ofrecen los nuevos insertos de corte fabricados por la empresa Sandvick Coromant con este fin.

/ESTADO DEL ARTE/ /TORNEADO DE ACERO INOXIDABLE/ /INSERTOS DE CORTE/ /ACEROS INOXIDABLES/ /TORNEADO/

25966

MARVIN, Robert.

— Superabrasive bore finishing = Acabado Superabrasivo de diámetros interiores.

TOOLING & PRODUCTION (Northbrook), v.64, n.03, jun. 1998, p. 93-94.

Explica el estado del arte alcanzado por el proceso de Acabado Superabrasivo de diámetros interiores, describe el proceso y sus aplicaciones.

/ESTADO DEL ARTE/ /ACABADO SUPERABRASIVO DE DIÁMETROS INTERIORES/ /DIÁMETROS INTERIORES/

26381

DUNN, Joseph.

— New ideas reshape solid modeling = Nuevas ideas dan forma al Modelado de Sólidos.

MACHINE DESIGN (Cleveland), v.73, n.03, feb. 2001, p. 76-78, 80, 82, 84.

Hace un análisis sobre el desarrollo tecnológico y el estado del arte alcanzado por los software de Modelado de Sólidos.

/ESTADO DEL ARTE/ /DESARROLLO TECNOLÓGICO/ /SOFTWARE DE MODELADO DE SÓLIDOS/ /CAD CAM/ /MODELADO DE SÓLIDOS/

26567

SENA; CORPOEDUCACIÓN.

— Estado del arte de las competencias básicas o esenciales. — Santafé de Bogotá. SENA, 2001. 68 p. Anexos.

Presenta una descripción del estado actual de la investigación sobre las competencias básicas. Nos permite (entre otros) conocer aspectos tales

como la delimitación de la telemática, los enfoques teóricos y metodológicos del entorno laboral y un acercamiento al concepto de "competencia laboral". La investigación se centra en el estudio de las competencias consideradas básicas o esenciales para el proceso de Formación Profesional Integral que ofrece y ejecuta el SENA. Termina con un ensayo de priorización de las mismas, tanto a nivel nacional como internacional.

/ESTADO DEL ARTE/ /COMPETENCIAS LABORALES/ /FORMACIÓN PROFESIONAL INTEGRAL/ /SENA/ /EDUCACIÓN/ /TRABAJO/ /COMPETENCIAS BÁSICAS/ /SISTEMAS EDUCATIVOS/

26967

LANG, Steve.

— High speed milling = Fresado de alta velocidad.

TOOLING & PRODUCTION (Cleveland), v.63, n.10, ene. 1998, p. 52-53, 55-56, 58.

Analiza el estado del arte y el desarrollo tecnológico alcanzado por el proceso de Fresado a Alta velocidad, estudiando en particular, el potencial que éste ofrece en el Acabado de Moldes de Inyección.

/ESTADO DEL ARTE/ /FRESADO DE ALTA VELOCIDAD/ /ACABADO DE MOLDES/ /MOLDES DE INYECCIÓN/

27284

EDIL DA COSTA, César; VELASCO LÓPEZ, Francisco; TORRALBA, José Manuel.

— Materiales compuestos de matriz metálica. Parte I. Tipos, propiedades, aplicaciones.

REVISTA DE METALURGIA (Madrid), v.36, n.03, jun. 2001, p. 179-192.

Hace un repaso acerca del estado del arte de los materiales compuestos de matriz metálica de uso común en la industria aeronáutica y automotriz, analizando sus propiedades mecánicas y térmicas, y describiendo sus principales aplicaciones.

/ESTADO DEL ARTE/ /MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ METÁLICA/

/MATRIZ METÁLICA/ /PROPIEDADES MECÁNICAS/ /PROPIEDADES TÉRMICAS/

27475

Anónimo.

— Flight and light. Sixty years after it started the jet age, the gas turbine's biggest gains are in generating electric power around the world = Vuelo y luz. Sesenta años después del inicio de la era de los jets, los más grandes beneficios de las Turbinas de Gas son la generación de energía eléctrica alrededor del mundo.

MECHANICAL ENGINEERING POWER (New York), mayo 2000, p. 10-13.

Hace una breve reseña histórica sobre la invención de las Turbinas de Gas y su relación con los equipos de aviación, los problemas que éstos enfrentan para satisfacer las estrictas regulaciones ambientales y el estado del arte de los mismos en la actualidad.

/ESTADO DEL ARTE/ /TURBINAS DE GAS/ /AVIACIÓN/ /GENERACIÓN DE ENERGÍA/ /INDUSTRIA AERONÁUTICA/

27517

BLATTER, Karsten; STRID, Maria; THIELE, Olaf; ZIMMERMANN, Frank.

— Radiation curing: High speed for powder coatings = Curado por Radiación: Alta velocidad para recubrimientos en polvo.

EUROPEAN COATINGS JOURNAL (Hannover), n.10, oct. 2000, p. 26, 28, 30, 32, 34.

Describe los mecanismos de curado, el estado del arte y las primeras aplicaciones comerciales de la Tecnología de Curado por Radiación UV y de curado por radiación cercana al infrarrojo o curado por radiación NIR.

/ESTADO DEL ARTE/ /RECUBRIMIENTOS EN POLVO UV/ /CURADO POR NIR/ /RECUBRIMIENTOS EN POLVO NIR/ /CURADO POR ULTRAVIOLETA/

27535

KVANDE, Halvor; HAUPIN, Warren.

— Cell voltage in aluminum electrolysis: A practical approach = Voltaje de celdas en la Electrólisis de Aluminio: Una aproximación práctica.

JOURNAL OF MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY (Warrendale), v.52, n.02, feb. 2000, p. 31-37.

Da un repaso al estado del arte con respecto al Voltaje de Celdas y discute su importancia en las celdas de reducción, el diseño de celdas, las consecuencias operacionales del alto y bajo voltaje, y los efectos del voltaje de celda sobre el espesor de la capa protectora de la celda.

/ESTADO DEL ARTE/ /VOLTAGE DE CELDAS/ /ELECTRÓLISIS DE ALUMINIO/ /CELDAS DE REDUCCIÓN/ /DISEÑO DE CELDAS/ /ALTO VOLTAGE/ /BAJO VOLTAGE/

27898

BRYSKIN, Boris D.

— Rhenium'97: Landmarks, state of the art, and outlook = Rhenium'97: puntos de referencia, estado del arte y perspectivas.

JOURNAL OF MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY (Warrendale), v.49, n.09, sep. 1997, p. 14-15.

Presenta un resumen del Simposio Internacional sobre Renio y aleaciones de Renio, sus propiedades, aplicaciones y ventajas.

/ESTADO DEL ARTE/ /ALEACIONES DE RENIO/ /SUPERALEACIONES/ /RENIO/

27901

EDMUND, Jhon; LAGALY, Jeffrey.

— Developing nitride-based blue LEDs on SiC substrates = Desarrollo de LEDs azules basados en nitruros sobre sustratos de carburo de silicio.

JOURNAL OF MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY (Warrendale), v.49, n.09, sep. 1997, p. 24-26.

Analiza la creciente evolución y el estado del arte de los diodos emisores de luz azul o LEDs, sus aplicaciones y ventajas. Describe, además, el proceso de fabricación de LEDs azules (basados

en nitruros de galio y aluminio) sobre sustratos de carburo de silicio.

/ESTADO DEL ARTE/ /LEDs/ /DÍODOS LÁSER/ /LEDs AZULES/ /CARBURO DE SILICIO/ /APLICACIONES DEL LÁSER/ /FABRICACIÓN DE LEDs/

28373

PHAIR, Kenneth.

— Getting the most out of geothermal power = Aprovechando al máximo la energía geotérmica.

MECHANICAL ENGINEERING (New York), v.116, n.09, sep. 1994, p. 76-80.

Analiza el estado del arte alcanzado en la generación de energía a partir de recursos naturales geotérmicos, describe los componentes y el funcionamiento de una planta de energía geotérmica y analiza cuál es el futuro de la energía geotérmica.

/ESTADO DEL ARTE/ /FUENTES DE ENERGÍA/ /PLANTAS GEOTÉRMICAS/ /FUENTES GEOTÉRMICAS/ /GENERACIÓN DE ENERGÍA/ /ENERGÍA GEOTÉRMICA/

28608

ZUBIA, Joseba.

— La fibra óptica de plástico: Una tecnología eficiente y barata.

MUNDO ELECTRÓNICO (Barcelona), n.324, oct. 2001, p. 96, 98-102, 104-108.

Introduce en los rasgos más significativos de la Fibra Óptica de Plástico, su evolución histórica, sus propiedades de propagación, su estado del arte, sus aplicaciones presentes y sus previsible aplicaciones y desarrollos futuros.

/ESTADO DEL ARTE/ /FIBRA ÓPTICA DE PLÁSTICO/ /TELECOMUNICACIONES/

28647

BURG, Karen J. L.; PORTER, Scott; KELLAM, James F.

— Biomaterial developments for bone tissue engineering = Desarrollo de biomateriales para la Ingeniería de Tejidos de Huesos. — s.l.: Elsevier, 2000. 13 p.

Analiza el estado del arte en el desarrollo de biomateriales para la regeneración e ingeniería de los tejidos de los huesos, así como el empleo de biocerámicas y biopolímeros absorbibles. Presenta, además, algunas sugerencias sobre las características de diseño deseables para que un dispositivo sea clínicamente efectivo.

/ESTADO DEL ARTE/ /BIOMATERIALES/ /INGENIERÍA DE TEJIDOS/ /HUESOS/ /MATERIALES CERÁMICOS/ /BIOPOLÍMEROS/ /PROTEÍNA MORFOGENÉTICA DEL HUESO/

28707

VERA MONDRAGÓN, Bairo; VIDARTE MAYOR, Diego

SENA; REGIONAL VALLE; CDT ASTIN. — Tecnologías informáticas aplicadas en el Diseño y Fabricación de Moldes y Troqueles. — Santiago de Cali: SENA/ CDT ASTIN, 2002. 83 p. il.

Describe en forma general los sistemas informáticos (Hard/soft) utilizados para el Diseño y la Fabricación de Moldes y Troqueles, así como el estado del arte de las tecnologías CAD CAM CAE, la digitalización, los formatos de intercambio y el prototipado rápido, realizados con el objeto de seleccionar y decidir cuáles son los sistemas más adecuados o de mejor aplicación para ser utilizados por el área de diseño del CDT ASTIN.

/TECNOLOGÍAS INFORMÁTICAS/ /DISEÑO DE MOLDES/ /DISEÑO DE TROQUELES/ /CONSTRUCCIÓN DE MOLDES/ /CONSTRUCCIÓN DE TROQUELES/ /CAD/ /CAM/ /CAE/ /DIGITALIZACIÓN/ /PROTOTIPADO RÁPIDO/





**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