



REGIONAL VALLE

INFORMADOR TECNICO

CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

CDT
ASTIN

SERVICIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN TECNOLÓGICA EDICIÓN 61 - 2000 ISSN 0122-56X

Los polímeros en la medicina



Tarifa Postal Reducida 1568 de Adpostal



INFORMADOR TÉCNICO
Edición 61 - 2 000
ISSN: 0122-056X

ESPERANZA ADRIANA RAMOS RODRÍGUEZ
Directora Regional

MARIANO ANTONIO BENAVIDES CUÉLLAR
Jefe CDT - ASTIN

EDITOR
GERMÁN CIFUENTES CEBALLOS
Técnico Especialista en Información
y Divulgación Tecnológica

COLABORADORES
ILSE KÖNIG DE LAVERDE
LUIS ALVARO JARAMILLO
JAIR E. NIETO SALDARRIAGA
MARIANO ANTONIO BENAVIDES CUÉLLAR
GILBERTO BEJARANO GAITÁN

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
ALEJANDRA SUÁREZ R.
GERMÁN CIFUENTES C.

IMPRESIÓN
Publicaciones SENA - Cali

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

Dirección: Calle 52 No. 2Bis-15
Tels.: (092) 431 5855 - 431 5852
Fax: (092) 431 5853 - 431 5854
Apartado Aéreo 8053 Cali - Colombia
E-mail: astin@galileo.senavalle.edu.co
senastin@andinet.com
http://www.sena-astin.edu.co
www.senavalle.edu.co/astin

Tarifa Postal Reducida 1568 de Adpostal -
Vence diciembre / 2000

CONTENIDO

Determinación del tiempo de permanencia en el moldeado por inyección de termoplásticos de ingeniería Por: Robert Steinbüchel	2
La gestión de la I + D en una PYME industrial Por: Enrique J. Dede	8
Proyecto de investigación aplicada: Recubrimiento duro de las herramientas de producción en serie mediante la Deposición Física de Vapor "PVD" Por: Ing. Gilberto Bejarano Gaitán	15
Cuando las exigencias crecen: Recubrimientos para moldes reducen los costos en el moldeado por inyección Por: Rainer Sauer	17
Bibliografía especializada: Nuevas adquisiciones en el Servicio de Información y Documentación Tecnológica	22
Principales materiales plásticos para la manufactura de envases y embalajes Por: Neil Robson	25
Proyecto de investigación aplicada: Aplicaciones de los polímeros en la medicina Por: Ing. Mariano Antonio Benavides cuéllar	40
La metalización galvánica de los plásticos Por: MAC DERMID ESPAÑOLA, S.A.	48
Tornillos barrera especiales aumentan la homogeneidad del fundido	55

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL MOLDEO POR INYECCIÓN DE TERMOPLÁSTICOS DE INGENIERÍA

Por: Robert Steinbüchel

Bestimmung der Verweilzeit beim Spritzgießen technischer Thermoplaste

Uno de los parámetros fundamentales para evaluar los esfuerzos que se ejercen sobre el material durante la transformación de termoplásticos, es su tiempo de permanencia en la unidad de plastificación. Para garantizar que el plástico alcance su nivel característico de propiedades, los tiempos de permanencia deben mantenerse dentro de límites admisibles, en función de la temperatura del material fundido.

Definición del concepto "tiempo de permanencia" en el moldeo por inyección

Por "tiempo de permanencia" se entiende como el lapso de tiempo que se requiere para transportar una partícula plástica individual desde su entrada al sistema de plastificación hasta su salida por la boquilla o el canal caliente.

Determinación del tiempo de permanencia

El tiempo de permanencia se puede determinar de dos formas:

1. Empíricamente mediante el ensayo de coloración o

2. mediante cálculo.

En todo caso hay que tener en cuenta las siguientes condiciones:

1. Las partículas de material que entran al tornillo en determinado momento, no permanecen en el cilindro por tiempo igual y no salen por la boquilla o el canal caliente al mismo tiempo, esto significa que se produce un espectro de tiempos de permanencia. La distribución

de estos tiempos puede tener una curva de base estrecha (caudal casi en bloque, poco efecto de mezcla longitudinal) o de base ancha (gran efecto de mezcla longitudinal, geometría reológica desfavorable de la boquilla o del canal caliente). Su representación esquemática se presenta en la figura 1.

Por lo general, el máximo de esta curva es usado como tiempo de

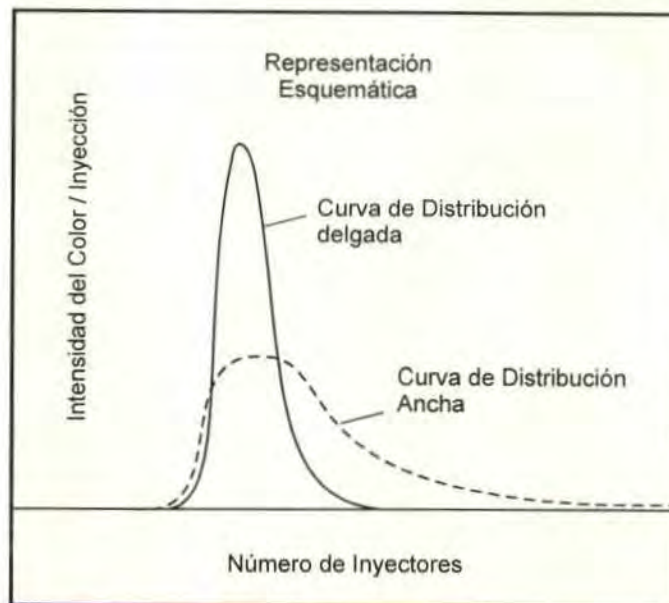


Figura 1. – Distribución del tiempo de permanencia (método de coloración)

permanencia medio representativo.

Cuando se conoce su distribución cuantitativa, es posible establecer los porcentajes de material en la pieza moldeada con sus diferentes tiempos de permanencia. Por ejemplo la figura 2 muestra los tiempos de permanencia y los correspondientes porcentajes de material para un volumen de inyección de aproximadamente el 40% del volumen máximo de carrera de la unidad plastificadora. Con este grado de utilización, el 93,5 % del volumen de la pieza inyectada (superficies II y III) salió del sistema después de 3 – 4 ciclos. El tiempo medio de permanencia (máximo de la curva) era de 3 ciclos; esto significa que la variación para la mayor parte del material en la pieza moldeada era de un ciclo. Con grados inferiores de utilización, se generan variaciones del tiempo de permanencia mucho más pronunciadas (por ejemplo 8 ciclos para una utilización del 10%).

2. Cuando el tiempo de permanencia es determinado experimentalmente (por ejemplo con el método de coloración), hay que tener en cuenta para la evaluación el grado de utilización de la unidad plastificadora. Se ha encontrado que:

- con altos grados de utilización (> 40%) la primera aparición del color en la pieza coincide con el tiempo máximo representativo de permanencia en la curva de distribución;
- con menores grados de utilización (< 40%) es necesario evaluar la mayor intensidad del color. Según el comportamiento de transporte puede haber una diferencia de varias inyecciones entre la primera aparición del color y su máxima intensidad.

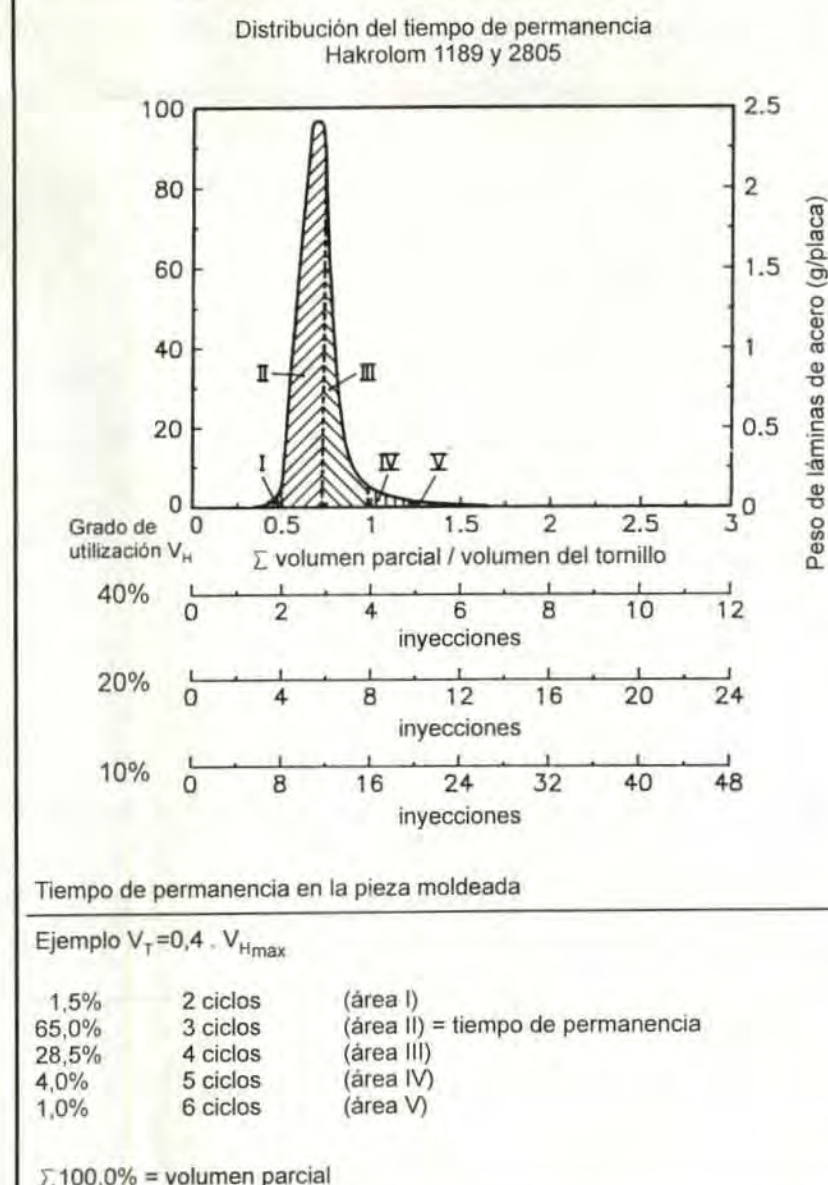


Figura 2. Distribución del tiempo de permanencia (tornillo estándar con diámetro de 40 mm; bebedero de canal frío)

3. Estudios (realizados en tornillos con diámetros de 32 a 100 mm) demostraron que factores como la viscosidad del material fundido, la velocidad del tornillo y la contrapresión tienen una influencia poco significativa sobre la distribución del tiempo de permanencia y pueden ser descuidados.

Determinación empírica del tiempo de permanencia (Procedimientos)

Se introduce una pequeña cantidad de un indicador apropiado (como por ejemplo un colorante concentrado) por la abertura de alimentación y se vierte sobre el tornillo, después de la dosificación. Se cuenta a partir de la inyección siguiente. Después se sigue

inyectando hasta que el indicador aparece en la pieza moldeada. En las piezas que siguen se mide la máxima intensidad del color y se determina el tiempo medio de permanencia, multiplicando el número de inyecciones con el tiempo de ciclo.

Tiempo medio de permanencia t_v

$$t_v = \text{número de inyecciones}^{1)} \times \text{tiempo de ciclo}$$

1) con color de máxima intensidad

Cálculo del tiempo de permanencia para unidades de plastificación conocidas

Las ecuaciones que siguen a continuación se refieren al tiempo medio de permanencia. Los parámetros requeridos son:

- el volumen del canal del tornillo V_s
- el volumen de inyección V_T
- el tiempo de ciclo t_z

Tiempo de permanencia $t_v =$

$$0,8 \times \frac{\text{volumen del canal del tornillo } V_s}{\text{volumen de inyección } V_T} \times \text{tiempo de ciclo}$$

Volumen del canal del tornillo por zonas (paso = diámetro)

a. En forma exacta (para una geometría dada)

$$V_s = h \times (D-e) \times [((D-h) \times p)^2 + (D-e)^2]^{1/2} \times x$$

con:

h = profundidad del canal (para la zona de compresión profundidad media del canal)

D = diámetro exterior

e = ancho del filete

x = número de pasos / canales (longitud de zonas)

b. Con buen grado de aproximación

$$V_s = 0,9 \times h \times D \times \pi \times (D-h) \times x$$

Estimaciones con base en el volumen máximo de carrera (V_H) para carreras

de 4D (geometría conocida, longitud del tornillo 20D)

$$V_s = 1,1 \quad \text{hasta} \quad 1,5 \times V_H$$

tornillo plano tornillo profundo
(tornillo estándar)

material semicristalino material amorfo

$$V_H = \frac{D^2 \times \pi}{4} \times 4D$$

$$V_H = \pi \times D^3$$

Cálculo factorial del tiempo de permanencia para el diseño de la unidad de plastificación

Los diagramas que siguen a continuación permiten determinar previamente, a partir del caudal de plastificación nominal, el tamaño de la máquina que se debe utilizar y el tiempo de permanencia esperado.

La figura 3 presenta en forma resumida los pasos básicos del procedimiento. Los diagramas 4 – 7 ofrecen los nomogramas detallados para la evaluación.

Instrucciones de uso

1. Se supone un volumen de flujo mínimo de la inyectora (en g/s)

Caudal de plastificación =

$$= \frac{\text{peso de la pieza moldeada}}{\text{tiempo de dosificación}} \quad [\text{g/s}]$$

En función de la velocidad periférica del tornillo es posible determinar su correspondiente diámetro.

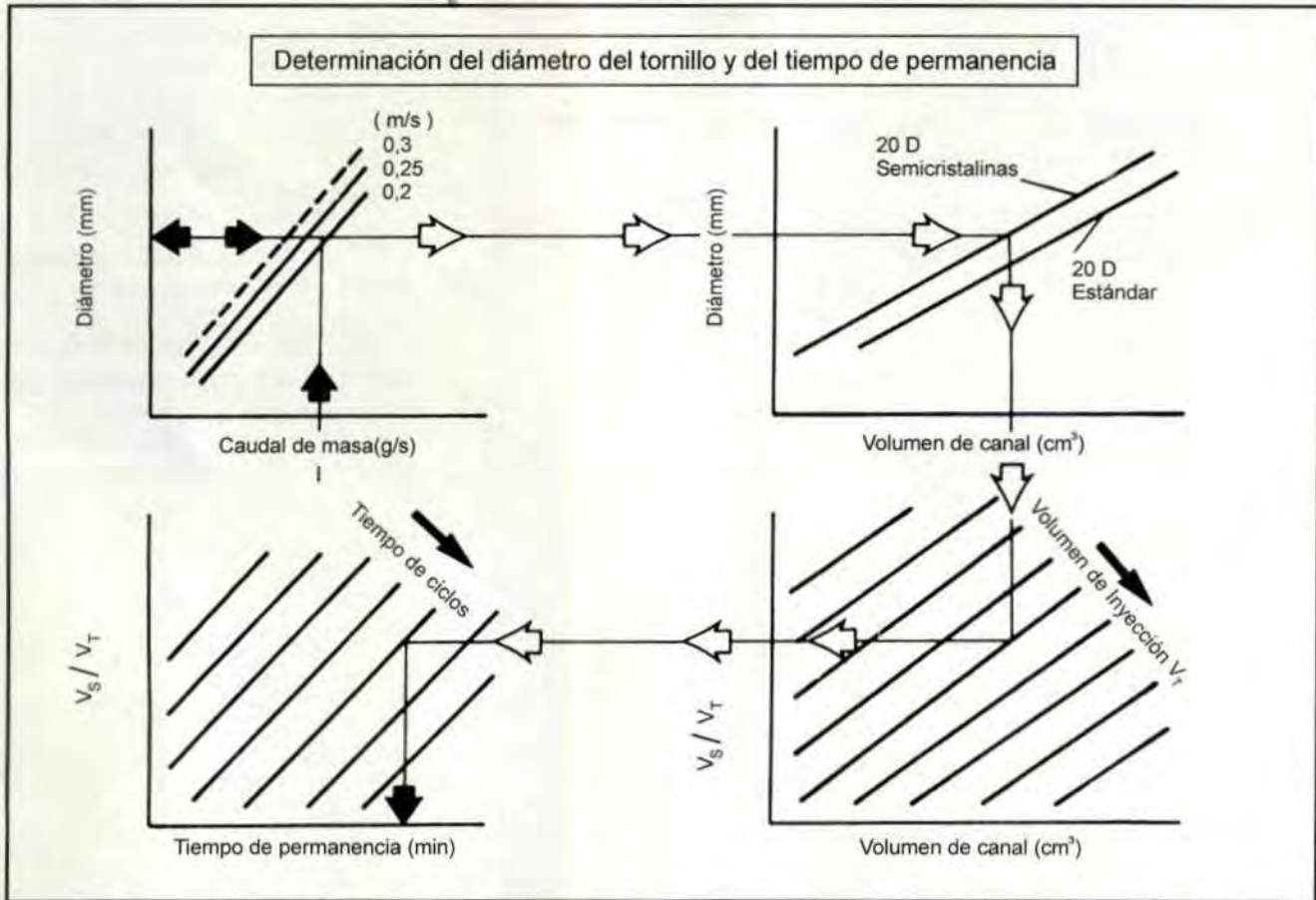


Figura 3. Sinopsis de los nomogramas para establecer el diámetro del tornillo y el tiempo de permanencia.

Por experiencia, la velocidad periférica no debe ser mayor que 0,30 m/s (cizallado, homogeneidad). De ello se deriva una velocidad de giro

$$n_s = \frac{V_u}{D \times \pi} \times 60.000 [\text{min}^{-1}]$$

con:

V_u = velocidad periférica del tornillo en m/s

D = diámetro del tornillo en mm

- Se relaciona el volumen del canal, obtenido mediante la figura 5, con el diámetro del tornillo.

- En función del volumen de la pieza moldeada se calcula el cociente del volumen del tornillo y el volumen parcial (figura 6).

- La correlación entre V_s / V_T y el tiempo de ciclo deseado permite establecer el tiempo medio de permanencia (figura 7).

Las áreas 1, 2 y 3 en la figura 7 representan los rangos aproximados (o de orientación) del tiempo de permanencia admisible para determinados termoplásticos, a temperaturas de proceso recomendadas por la Bayer AG.

Área 1 Mezclas de (ABS+PC), (ASA+PC) y (PBT+PC) así como tipos de FR

Área 2 ABS, PC, PPS, PAR, PET y PBT

Área 3 PA

El tiempo máximo de permanencia es por cierto un factor que influye ampliamente en la calidad de piezas moldeadas (peligro de degradación), pero también lo puede ser el tiempo mínimo de permanencia. Experiencias han demostrado que, en condiciones de proceso que conducen a tiempos de permanencia inferiores a 4 minutos, la preparación del fundido puede resultar deficiente.

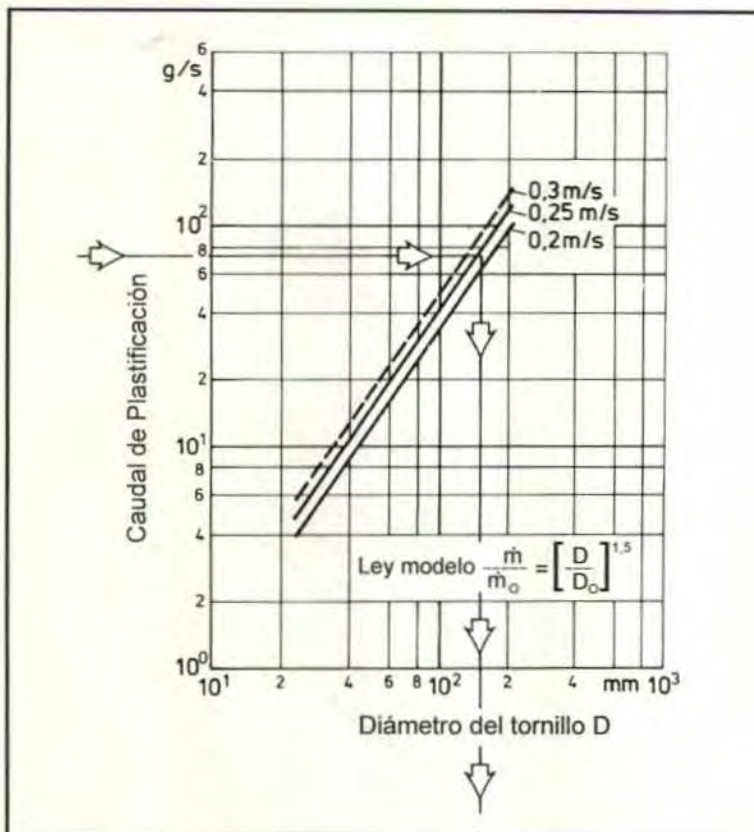


Figura 4. Determinación del diámetro del tornillo D

Traducido y adaptado para el informador Técnico por Ilse Koenig de Laverde, instructora CDT ASTIN

Tomado de:

STEINBÜCHEL, Robert; BAYER, "Bestimmung der Verweilzeit beim spritzgießen technischer thermoplaste = Determinación del tiempo de permanencia en el moldeo por inyección de termoplásticos de ingeniería", Bayer: Alemania, 1988, 5p.

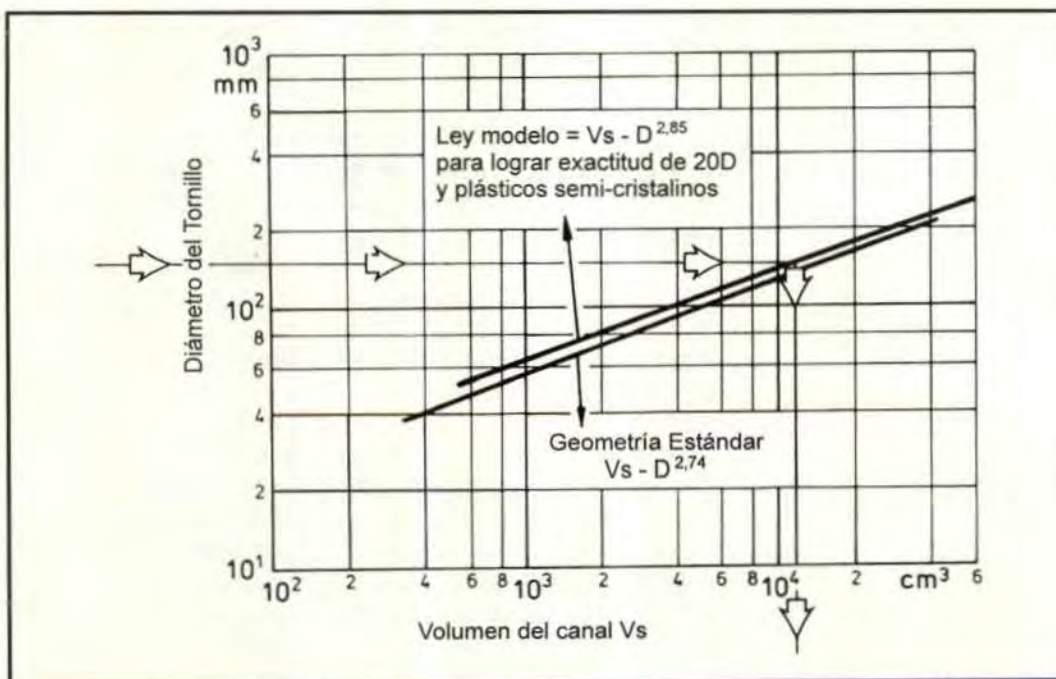


Figura 5. Determinación del volumen del canal V_s

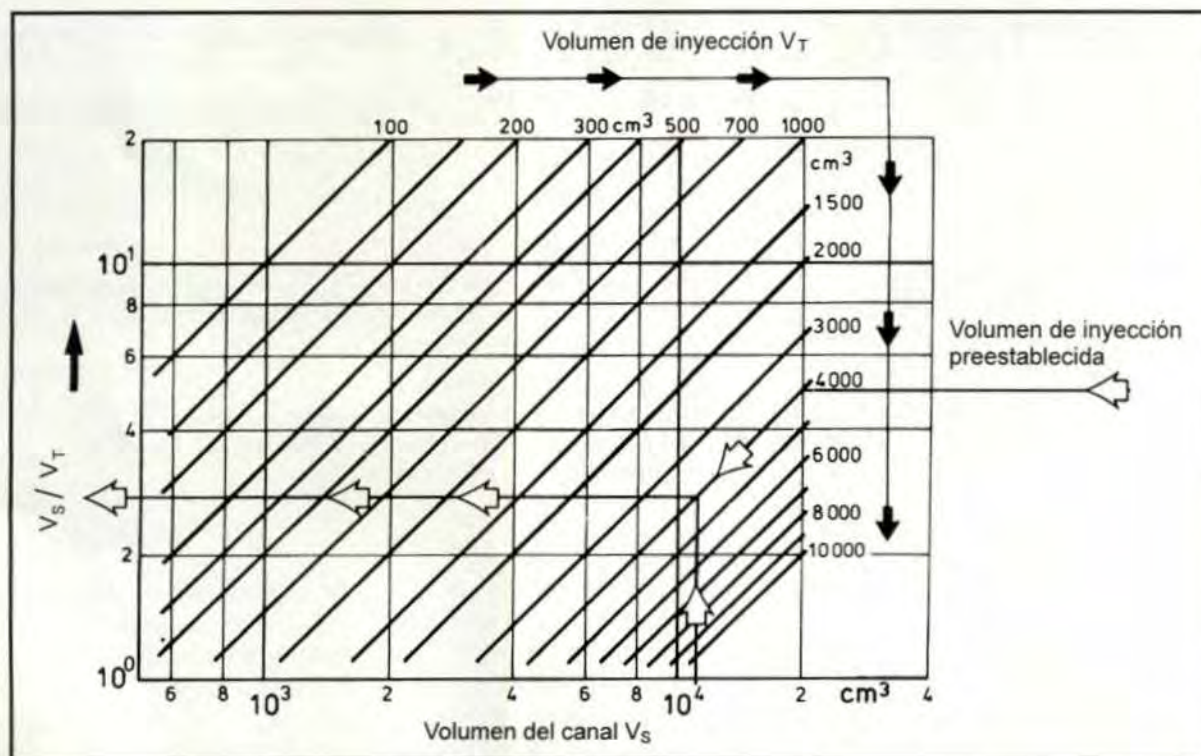


Figura 6. Determinación del cociente V_s / V_T

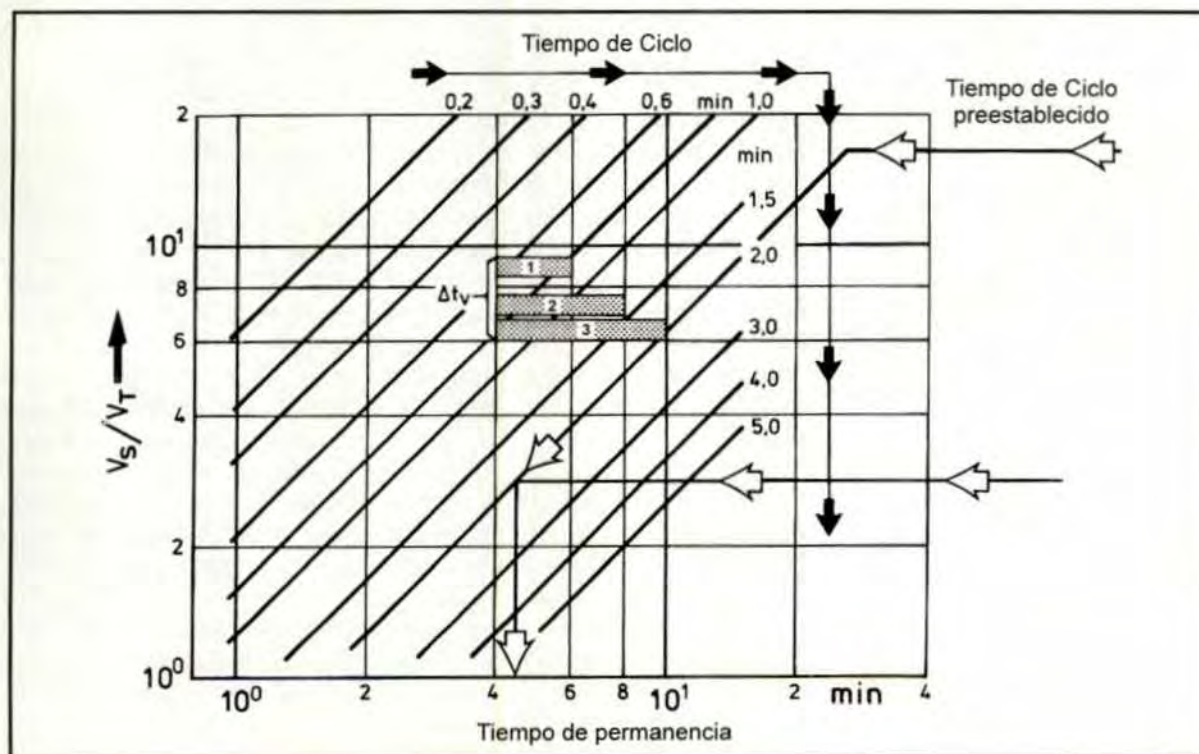


Figura 7. Determinación del tiempo de permanencia



LA GESTIÓN DE LA I+D EN UNA PYME INDUSTRIAL

Por: Enrique J. Dede

Catedrático de Tecnología Electrónica en la Universidad de Valencia (España) y

Director de I+D en la empresa GH-Electrotermia, S.A.

® Reproducido con la autorización expresa del editor

INTRODUCCIÓN

El presente artículo pretende reflejar experiencias de gestión en un departamento de I+D de una empresa del sector industrial, siendo en consecuencia las opiniones que se expresan subjetivas y derivadas en cualquier caso de una serie de experiencias emanadas de una actividad en el terreno de la Investigación y el Desarrollo.

La primera pregunta que uno se hace al escribir un artículo como el presente es acerca de la necesidad de una política de I+D en una empresa y en este caso concreto de una empresa industrial fabricante de bienes de equipo.

Tal vez el departamento de I+D y en opinión del autor, sea uno de los más importantes en el ámbito estratégico de una empresa. Tradicionalmente este departamento ha sido considerado un departamento no productivo y de gasto, y por ello no se ha introducido en nuestro país con la fuerza que lo ha hecho en otros países industrializados del entorno que nos rodea.

El pensamiento simplista de que "inventen otros y nosotros aprovecharemos la tecnología por otros desarrollada" cae totalmente por su peso. Evidentemente fabricar bajo licencia es generalmente más barato y con menos riesgos que producir tecnología propia dado que no hay que amortizar los costes asociados a una infraestructura de I+D y sólo hay que satisfacer los royalties derivados de la licencia. Sin embargo, cuando una empresa no posee tecnología propia y fabrica bajo licencia no es tecnológicamente independiente, lo que equivale a decir que está limitada en sus mercados y que los mercados con gran volumen de negocio son evidentemente propiedad del licenciatario y sólo quedan los mercados locales o de bajo nivel de penetración para el fabricante que no posee tecnología propia.

Porello, una empresa con aspiraciones expansionistas no puede bajo ningún concepto aprisionarse ella misma y es totalmente necesario para su crecimiento y, en consecuencia, para la expansión global del país, desarrollar tecnología propia con la que, en franca competencia con otras empresas de su sector y de todos los países del mundo, competir en un mercado abierto.

No es pues de extrañar que cada día más medianas y grandes empresas fundamentalmente estén dotadas, en su estructura funcional, de un departamento de Investigación y Desarrollo para la obtención de nuevos productos competitivos con los que abordar mercados en todo el mundo. Empresas que no pueden ofrecer sus productos propios o su propia tecnología están condenadas al fracaso a no muy largo plazo.

Por otra parte, un aspecto fundamental de un departamento de I+D es estar, por una parte a la vanguardia no solamente de la tecnología actual sino de la que será realidad a corto plazo, y ello implica que debe ser por una parte creativo y por otra parte debe de ser totalmente realista para que los desarrollos sean productos industriales competitivos y novedosos en un próximo futuro. Así pues, son vitales en un departamento de I+D ambas cualidades a veces difícilmente compaginables: idealismo y realismo.

Asimismo, para que un departamento de I+D sea eficaz, no solamente la calidad técnica es importante, también lo es su gestión, cumplimiento de objetivos, control de costes, seguimiento de los proyectos, etc. En los párrafos siguientes me referiré

fundamentalmente a la organización y gestión de un departamento de I + D de una mediana empresa industrial, exponiendo como se ha indicado anteriormente, consideraciones basadas fundamentalmente en experiencias personales.

OBJETIVOS DE UN DEPARTAMENTO DE I + D DE UNA MEDIANA EMPRESA

Evidentemente la misión de un departamento de I + D es generar tecnología dentro de una empresa para que ésta pueda competir en un mercado abierto y sin ningún tipo de restricciones o condicionantes. Ello conlleva a que dicho departamento debe generar productos novedosos con los que competir en un mercado abierto. Por tanto, un departamento de I + D nunca puede perder la meta de que los productos que desarrolle han de ser introducidos en el mercado con unos niveles de tecnología y calidad iguales o superiores a los de la competencia, por una parte, y por otra, con unos costes que permitan que el producto derivado del desarrollo pueda ser vendido en el libre mercado.

En consecuencia, el primer objetivo de un departamento de I+D es producir tecnología de calidad con unos costes tales que el producto o los productos que se deriven de esa tecnología sean vendibles.

Para ello es necesario conocer dos aspectos fundamentales: por una parte, y desde el punto de vista técnico exclusivamente, saber cuál es la tecnología actual y cuál será la previsible en un próximo futuro, así como tendencias; y por otra parte, saber el precio que el mercado está dispuesto a pagar por el producto que se desarrolla, para así determinar los costes máximos del producto a desarrollar.



Los dos parámetros anteriormente citados son pues totalmente importantes y necesarios antes de abordar un proyecto si queremos que éste tenga viabilidad tanto técnica como comercial.

Fases del desarrollo de un proyecto industrial de innovación. Plan estratégico de I + D

La innovación no requiere el desarrollo de un nuevo producto; el término es mucho más amplio. Una empresa que quiera innovar requiere una política clara de innovación de largo alcance y por ello es totalmente necesario tener planes, que pueden ser trianuales, cuatrianuales, etc., de innovación. La innovación puntual de un producto no puede considerarse como una política de innovación dentro de una empresa.

Para que la política de innovación de una empresa sea efectiva es necesario que los planes a largo plazo de I + D sean realistas y a la vez innovadores. De ello puede depender la supervivencia o no de una empresa, por lo que deben ser estudiados en profundidad y consensuados por la alta dirección de la misma.

El procedimiento habitual para el establecimiento de la política de innovación de la empresa consiste normalmente en una o varias reuniones al más alto nivel, en las que se analiza, teniendo en cuenta las exigencias detectadas por el departamento comercial, así como tendencias técnicas detectadas por los departamentos técnicos de la fábrica, las directrices maestras de innovación tecnológica. Tras definir anualmente las líneas maestras, éstas son plasmadas en proyectos concretos en los que se debe analizar, con datos del departamento de marketing, una primera apreciación sobre la conveniencia o no del desarrollo, su impacto económico. Se debe incluir además datos de ejecución del proyecto, como el coste máximo del proyecto y los plazos según se detalla a continuación:

Análisis de viabilidad

Una vez detectada la necesidad de un nuevo producto, bien sea a través del Departamento Comercial o de Marketing, ó a través de Ingeniería ó I + D, y según se ha descrito

anteriormente, el primer paso, antes de abordar la realización del proyecto, es hacer un detallado análisis de viabilidad del mismo en el que se determinará la conveniencia y capacidad para acometer el proyecto. Para ello es importante, con la finalidad de conseguir tanto un éxito técnico como comercial del producto objeto del proyecto, cuantificar **el máximo coste permitido del producto** con base al máximo precio de venta admitido por el mercado para ese producto.

Asimismo es importante determinar, a efectos de retorno de la inversión y oportunidad del desarrollo, **el máximo tiempo permitido** para la realización del mencionado proyecto. Este dato es sumamente importante a efectos de una correcta planificación del proyecto.

Por otra parte, al hacer un análisis de viabilidad es importante cuantificar **el coste máximo permitido para el desarrollo** del proyecto a efectos de poder cuantificar la conveniencia o no de la realización del mismo, así como para poder planificar la temporalidad de los gastos que deberá conocer y asumir el departamento financiero para planificar los medios financieros necesarios para el desarrollo del mismo.

Planificación del proyecto

Tras la decisión de acometer un determinado proyecto, debido a su evaluación positiva en el análisis de viabilidad, es fundamental que el proyecto quede totalmente especificado para evitar los frecuentes malos entendidos que se traducen en retrasos y sobrecostes del mismo.

Por ello, una vez fijada la conveniencia de realizar un determinado proyecto es importante una esmerada planificación del mismo. Planificaciones

con objetivos demasiado ambiguos conducen generalmente al fracaso del proyecto. Por otra parte, planificaciones con tiempos no ajustados, tanto por escasez del tiempo programado como por tiempos demasiado largos para realizar una cierta actividad, son contraproducentes y desmotivadores. En consecuencia, -y tal vez ésta sea la fase más dificultosa de una planificación-, es la del **establecimiento de unos objetivos medibles y alcanzables**.

Para ello, la primera y fundamental fase es el **desglose del proyecto en tareas elementales, fácilmente objetivables, medibles y cuantificables razonadamente en tiempo y en el coste** con la consiguiente asignación de tiempos y de costes. Ésta quizás es la fase más complicada de una planificación puesto que los tiempos o costes estimados de una forma no realista conducen a una desmotivación para cumplir los objetivos debido a la imposibilidad de conseguir los objetivos propuestos. Así pues, si se realiza una planificación es para que los objetivos se cumplan. Otro tipo de planificación es desmotivadora y en consecuencia es preferible una planificación genérica de grandes objetivos que una mala planificación.

Una vez establecida la estructura desglosada de tareas, la planificación ya es meramente un proceso mecánico, normalmente soportado por procedimientos informáticos, como son diagramas de barras o de GANTT o grafos como las redes procedentes o las redes de acontecimientos.

El cuaderno de ejecución y responsabilidades

Tras la planificación de un proyecto, es importante que todos los aspectos del desarrollo del proyecto queden

claramente descritos en un documento escrito para evitar malos entendidos. Para ello es habitual redactar en un documento la información fundamental del proyecto. El documento es en cuestión **el cuaderno de ejecución y responsabilidades**, y refleja todos los aspectos tanto técnicos como organizativos del mismo.

En el **aspecto técnico** deben especificarse los objetivos genéricos del proyecto, especificaciones funcionales del producto a desarrollar, normativas específicas o de ámbito general a satisfacer, métodos de medida, posibles soluciones técnicas, etc.

En el **aspecto organizativo** es importante que quede reflejado el coste máximo del producto a desarrollar, el coste máximo del proyecto, así como el plazo de finalización del mismo.

El documento también debe contener el nombre del jefe del proyecto, el equipo investigador, las diferentes tareas a realizar en el proyecto y responsable correspondiente, plazos y costes de las diferentes tareas de acuerdo con la planificación efectuada.

Asimismo es importante que se refleje el equipo de revisores del proyecto, calendario de revisiones y demás aspectos organizativos que sean considerados importantes para la ejecución del desarrollo o que estén plasmadas en el manual de calidad de la empresa y que en consecuencia sea de obligado cumplimiento.

Control del proyecto

Para que un proyecto sea exitoso es bien sabido que se deben verificar tres condiciones: Por una parte **se deben satisfacer todas las especificaciones técnicas exigidas**; por otra, **se debe satisfacer los costes**

y por último el plazo de ejecución debe ser asimismo cumplido. Cuando los tres condicionantes se cumplen, se puede decir que la ejecución del proyecto ha sido exitosa. Cuando no se cumple uno de los condicionantes el proyecto no ha sido exitoso, lo que tampoco significa que haya sido un desastre.

Una buena planificación es necesaria para que un proyecto acabe exitosamente pero no es en absoluto suficiente. Para llevar a buen puerto un proyecto, es absolutamente necesario el seguimiento y eventual toma de medidas de corrección del mismo a fin de cumplir los objetivos propuestos.

En mi experiencia ninguna planificación se cumple como estaba inicialmente programada pero en la práctica sí se cumplen con suficiente aproximación los grandes objetivos del proyecto. **Para ello es necesario que el proyecto sea seguido de cerca para que tan pronto sean detectadas variaciones con relación a lo inicialmente planificado, se tomen acciones correctoras para encauzar nuevamente el proyecto.** Sin esa realimentación me atrevería a afirmar, que es prácticamente imposible conseguir los objetivos propuestos en el proyecto, y en consecuencia poder afirmar al finalizar el proyecto que haya sido exitoso.

En la práctica ello se consigue **haciendo frecuentes y planificadas reuniones de seguimiento del proyecto** en las que se analiza el desarrollo técnico y las dificultades encontradas, y dando o discutiendo posibles soluciones o métodos de trabajo a seguir para «acorrallar» el problema. Es así mismo importante el seguimiento de los costes actualizados de la ejecución del proyecto, también es necesario seguir



y actualizar la hoja de costes del producto que se está desarrollando para no llevarse sorpresas al final, una vez el desarrollo ha sido concluido, al detectar que el producto desarrollado tiene unos costes de producción superiores a los inicialmente establecidos.

En resumen, para el desarrollo exitoso de un proyecto, son fundamentales dos aspectos; por una parte una planificación realista con objetivos alcanzables y medibles; y por otra, una realimentación del desarrollo del proyecto o control del mismo para poder tomar a tiempo acciones correctoras cuando aparecen desviaciones frente a lo planificado, lo cual es lo habitual.

ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE UN DEPARTAMENTO DE I+D

Para que una empresa tenga una política real de innovación es totalmente necesario que disponga de la infraestructura necesaria, tanto humana como material, para acometer dicha política de innovación. Proyectos aislados de innovación, en los que se hace temporalmente uso de los medios requeridos de otros departamentos por ejemplo, no pueden ser considerados como innovación continuada en la empresa.

Así pues, el primer punto para que una empresa realice continuamente tareas de I + D es la disposición de medios humanos y materiales permanentes para este fin y fundamentalmente desvinculados del

proceso productivo de la compañía.

Sin embargo, esto no es eficaz si no va acompañado de una correcta organización y gestión del Departamento de I + D.

Generalmente un Departamento de I + D es un departamento más en la estructura funcional de la compañía y en consecuencia las tareas de dirección son asumidas por el director del Departamento. Punto importante de un director de I + D es su estilo de liderazgo. Son bien conocidas las teorías del "dictador" o teoría X, la teoría del "diplomático" o teoría Y y la teoría intermedia o teoría Z. Estadísticamente, los directores de producción tienen un perfil cercano al correspondiente a la teoría X, mientras que directores de I + D tienen perfiles según lo descrito en la teoría Y. Es importante que un director de I + D convenga con su autoridad moral y mediante argumentaciones ya que lo que se trata obtener, al fin y al cabo, no es sino la capacidad imaginativa y creadora de su equipo.

Por lo general, son misiones del director de I + D discutir y proponer a la alta dirección de la empresa las líneas maestras de la política de I + D, proponer el desarrollo de proyectos concretos de I + D, establecer las líneas maestras de cada proyecto de desarrollo, planificar y supervisar la realización de los proyectos mediante reuniones periódicas, designar a los directores de proyecto en base a las características de los mismos, estudiar soluciones avanzadas y colaborar muy activamente en la fase de diseño con el equipo investigador, establecer y desarrollar una política de colaboración con centros públicos de investigación, y establecer la política de formación de su departamento.

Por otra parte, para el desarrollo del proyecto es importante organiza-

tivamente definir al director del proyecto, que actúa en calidad de Gerente, y es por tanto el máximo responsable de la correcta ejecución del mismo. Tiene toda la autoridad sobre el proyecto y en consecuencia planifica el mismo, con la correspondiente aprobación del director de I + D, que supervisa si los grandes objetivos del proyecto son satisfechos con la planificación propuesta y lidera el equipo investigador que desarrolla el proyecto. Es importante, en este punto, no ser conservador y solamente dar esta responsabilidad únicamente a los miembros del equipo investigador con más experiencia. Es fundamental que los jóvenes miembros del equipo investigador participen en primer lugar liderando proyectos más simples para conforme vayan ganando experiencia, asignarles cada vez proyectos más complejos.

OTROS ASPECTOS IMPORTANTES EN LA GESTIÓN DE UN DEPARTAMENTO DE I + D.

Política de colaboración con los proveedores

Dentro de las actividades de I + D es importante una política muy activa de colaboración con los proveedores planteándoles nuevas exigencias de los productos por ellos desarrollados, colaboraciones para optimizar ciertos dispositivos, etc. En general, y según mi propia experiencia, todos los proveedores, por grandes que sean, llámense Siemens, EUPEC, ABB, etc., son muy receptivos a las inquietudes del usuario de su producto ya que les sirve de realimentación para mejorar sus fabricados, obtener prestaciones diferentes, etc. Es pues tremendamente importante, desde mi punto de vista ir a los laboratorios donde se desarrolla el producto y estar en permanente contacto con los técnicos para conocer las novedades

y tendencias de nuevos componentes que podrían ser incorporados en los fabricados de la compañía, así como plantearles nuevos retos en cuanto a las prestaciones de los dispositivos. Como he dicho anteriormente, por grande que sea la compañía siempre hay una recepción favorable que en general repercute positivamente para ambas partes.

Política de colaboración entre organismos públicos de investigación y empresa

Es asimismo de gran importancia tener una política clara de colaboración entre centros públicos de investigación (CPI) y la empresa. Hay varias razones de peso para ello. En primer lugar descartaría que la colaboración con un centro público de investigación, mediante por ejemplo la ejecución de parte del proyecto por éste, conduce en la práctica a soluciones avanzadas, las cuales por lo general, sea por falta de tiempo en la empresa, o bien por encasillamiento en unas líneas determinadas, no habrían sido posibles.

Otro aspecto fundamental es la creación de una conciencia de colaboración entre CPI y empresa. En este sentido ambas partes deberían hacer un esfuerzo mayor del que actualmente se está haciendo. Una empresa no puede pretender, sin haber fomentado la cultura de colaboración, encontrar CPI que resuelva su problema de innovación. Cuando la cultura de colaboración existe, la empresa sabe a quien recurrir, con quien hablar, etc., para solventar su problema. Por otra parte, las CPI deben hacer un esfuerzo para hablar el mismo lenguaje que la empresa, que en el caso que nos ocupa y en términos contractuales ha de ser considerada como el cliente. Es importante dar confianza a la empresa y para ello los proyectos deben concluirse técnicamente

satisfaciendo las especificaciones requeridas y en el tiempo pactado.

Para una fructífera relación es necesario, según mi experiencia en este ámbito, un seguimiento continuado, mediante reuniones periódicas entre el equipo investigador del CPI y de la empresa, en las que conjuntamente se analizan los avances y dificultades del proyecto, se discuten soluciones conjuntamente y se toman acuerdos, reflejados en un acta, de cómo debe proseguir el proyecto.

Proyectos en los que esa relación, como ocurre en casi todas las parcelas de las actividades, son los comienzos. Una vez vencida esa primera etapa y habiendo una confianza entre las partes, la relación es, según mi experiencia, totalmente fructífera para ambas partes, así como profesionalmente extraordinariamente gratificante.

Política de ayudas oficiales

Otra de las misiones dentro de un departamento de I + D es tener una clara política de aprovechamiento de las oportunidades que ofrecen tanto las Comunidades Autónomas, el Estado, así como la Comunidad Económica Europea para la realización de proyectos.

En mi opinión, las ayudas deben ser aprovechadas para disponer de mayores recursos puntualmente para la realización de cierto o ciertos proyectos y así acelerar el desarrollo que lógicamente en una empresa está condicionado por los recursos económicos puestos a disposición dentro de la empresa y que lógicamente son limitados.

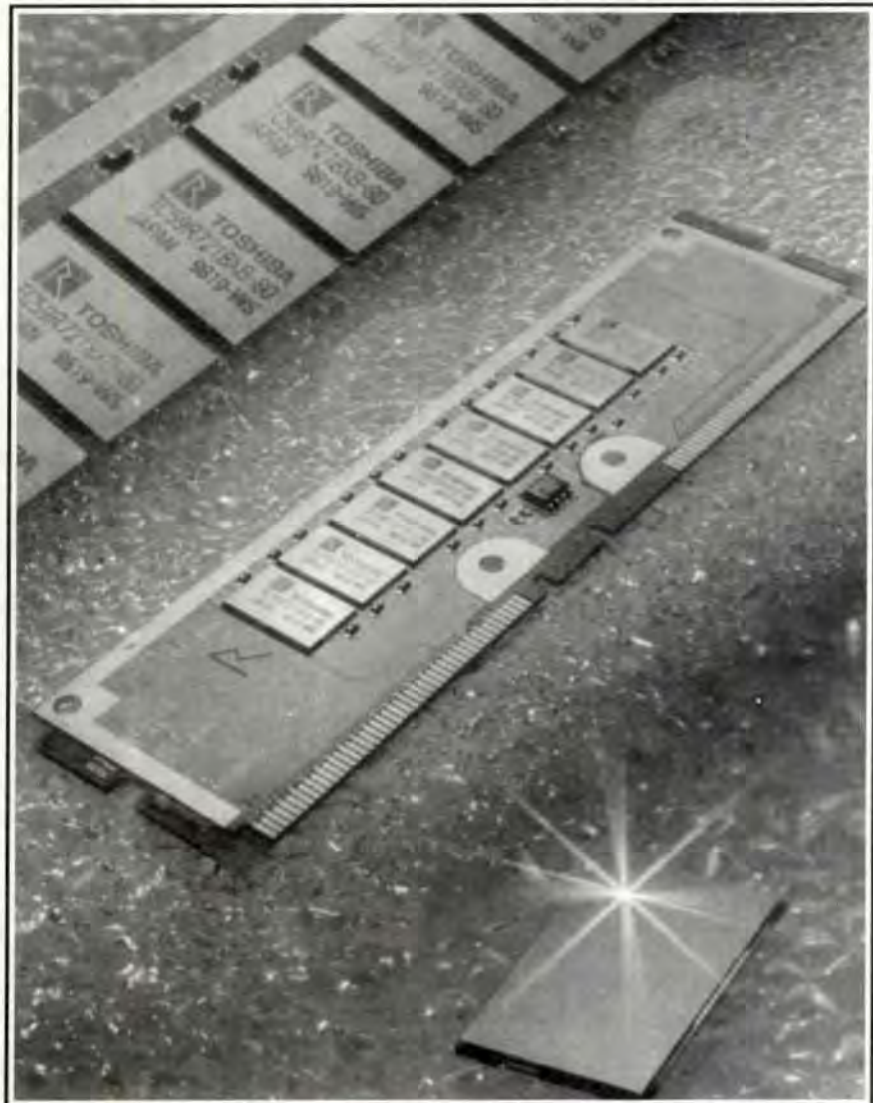
Gracias a las ayudas oficiales los proyectos pueden ser dinamizados y en consecuencia concluidos

anticipadamente aprovechándose consecuentemente de la oportunidad de su introducción prematura en el mercado.

En mi opinión, un proyecto debe siempre ser acometido por una empresa por su valor estratégico dentro de la política de innovación de la empresa y jamás pensando en la posible concesión de una subvención para el desarrollo del mismo.

Asimismo es muy interesante la participación en proyectos europeos, tanto desde el punto de vista técnico como comercial. Desde el punto de

vista técnico se intercambian conocimientos, metodologías de plantearse y resolver los problemas, conocimiento de normativas aplicables en otros países, etc. Desde el punto de vista comercial es asimismo interesante la participación en proyectos internacionales básicamente debido a la estructura que normalmente tiene un proyecto de este tipo. Por lo general el consorcio suele estar formado por socios fabricantes de subsistemas, de sistemas, usuarios finales y centros públicos de investigación. Ello hace que el fabricante de equipos o subsistemas amplíe contactos con



usuarios finales que pueden enriquecer su mercado o ponerle en contacto con otros usuarios de sus productos.

Política de formación continuada en un departamento de I + D

Un departamento de I + D debe estar a la vanguardia tecnológica dentro y fuera de la empresa si se quiere que sea eficaz y los productos que desarrolle sean competitivos a nivel de un mercado globalizado mundial.

Por ello es sumamente importante la formación continuada de los miembros del equipo investigador. Es sabido que el trabajo en una empresa superespecializada con lo que, si no se adquieren externamente conocimientos actualizados del estado del arte de la técnica en su sector, se va perdiendo terreno y al

final globalmente el departamento de I + D se queda obsoleto.

Es pues extremadamente importante la vanguardia tecnológica del departamento y ello consigue en general varias formas diferentes y complementarias. Por una parte, mediante la incorporación de jóvenes ingenieros que puedan aportar lo que han aprendido durante sus estudios aportando nuevas soluciones a ciertos problemas que tal vez un investigador senior no hiciese debido a desconocimiento de nuevas tecnologías, encasillamiento en técnicas normalmente por él utilizadas, etc.

Otra forma de mantener una vanguardia tecnológica es la del desarrollo conjunto de proyectos entre empresa y centros públicos de investigación, así como la participación

en proyectos de carácter internacional.

Finalmente, la tercera vía para mantenerse en la vanguardia tecnológica es la formación continuada, bien impartida por centros oficiales, bien acudiendo a conferencias de la especialidad, así como la asistencia a cursos avanzados, bien sean impartidos en nuestro país o bien fuera de nuestras fronteras. A pesar de que este tipo de cursos tiene un coste generalmente alto, a no muy largo plazo es amortizado en el desarrollo de nuevos productos.

Tomado de
Enrique J. Dede, "La gestión de la I+D en una PYME industrial", Mundo Electrónico, (300), jul. 1999, p.98-103



BASE DE DATOS INFOR Y CATAL EN INTERNET

Consulte la literatura especializada que usted necesita en

<http://www.sena-astin.edu.co/infor.htm>

ó

<http://www.sena-astin.edu.co/catal.htm>

El CDT - ASTIN por medio de su Servicio de Información y Documentación Tecnológica SIDT, facilita a los usuarios la consulta bibliográfica en Internet de sus bases de datos INFOR y CATAL, especializadas en la tecnología de los plásticos y su transformación y la metalmecánica.

	INFOR	CATAL
Contenido	Artículos de revistas técnicas especializadas, libros, monografías, directorios industriales y anuarios nacionales y extranjeros	Catálogos técnicos de máquinas, equipos, herramientas, materias primas y servicios técnicos
Número de registros	21844	4980
Período de actualización	Semanal	Mensual

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA: Recubrimiento duro de las herramientas de producción en serie mediante la Deposición Física de Vapor "PVD"

Por: Ingeniero Gilberto Bejarano Gaitán
Profesional CDT ASTIN

OBJETIVO GENERAL

Incrementar la eficiencia y vida útil de las herramientas utilizadas en la transformación metalmecánica y de los plásticos, mediante la aplicación de los Recubrimientos Duros obtenidos por la tecnología de la Deposición Física de Vapor "PVD" asistida por Plasma.

DURACIÓN DEL PROYECTO

2 años. Distribuidos en dos fases:

FASE 1: Ejecutada en 1999. Investigación y estudio

del estado del arte de la tecnología de la DPV asistida por Plasma como medio para la fabricación de los Recubrimientos Duros.

FASE 2: Experimentación y aplicación de los Recubrimientos Duros sobre herramientas prototipo aportadas por las empresas que participan en el proyecto; análisis y evaluación de su comportamiento en condiciones de trabajo.

HERRAMIENTAS PROTOTIPO

11 moldes, 13 troqueles, 95 brocas/fresas, 70 cuchillas y 132 punzones

EMPRESAS PARTICIPANTES

PROPAL S.A., FANALCA S.A., SIDELVA LTDA., PROYECTOS INDUSTRIALES LTDA., ALUMINA S.A., ROY ALPHA S.A., NACIONAL DE ENVASES S.A. y LLOREDA S.A.

CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS DUROS

1. Herramientas de corte por arranque de viruta (fresas, brocas, mandriles, escariadores).
2. Herramientas que se utilizan en la conformación metalmecánica y de los plásticos (moldes, troqueles, punzones, matrices de extrusión, cuchillas, husillos).
3. Componentes de la industria del automóvil y ferroviaria sometidas a desgaste como frenos, cajas de cambio, ejes, cilindros, pistones y otros.
4. Elementos de Máquinas (piñonería, ejes, cojinetes, rodamientos, válvulas).
5. Partes de bombas, generadores y turbinas.
6. En forma de película delgada en aplicaciones ópticas, electrónicas, decorativas, barreras de difusión y térmicas, implantes médicos.



BENEFICIOS DEL PROYECTO

- Disponibilidad en Colombia de la tecnología del PVD mediante el ofrecimiento de los servicios tecnológicos, capacitación especializada del personal y la realización de proyectos bajo contrato.
- Soporte técnico en el uso de los recubrimientos duros tanto en las empresas de la industria metalme-cánica y del plástico, como en las de los subsectores azucarero, minero, petroquímico, textil, automotriz, cementero, papelerero y de artes gráficas, entre otras.
- Desarrollo de nuevos recubrimientos, aleaciones y materiales de tipo cerámico, plástico, metálico o compuesto para optimizar el diseño, los procesos de fabricación y disminuir los costos de mantenimiento y de producción.
- Promover el desarrollo científico-tecnológico del país mediante la Formación Profesional Especializada, la Investigación Aplicada,

la Divulgación Tecnológica y ponencias en congresos sobre esta tecnología, como también la realización de proyectos bajo contrato a nivel nacional e internacional.

- Aplicación de una tecnología totalmente limpia para el tratamiento de superficies, contribuyendo con ello, a la protección del medio ambiente.
- Incentivo a la creación de nuevas empresas que ofrezcan el servicio de los recubrimientos duros como un nuevo negocio generador de empleo y competitividad.

INDICADORES DE GESTIÓN

E1. Documento: Estado del Arte de la Deposición Física de Vapor asistida por plasma a nivel mundial. Este documento contiene además criterios para la selección de la tecnología que mejor se ajusta a los objetivos del presente proyecto, y ejemplos de sus aplicaciones tecnológicas.

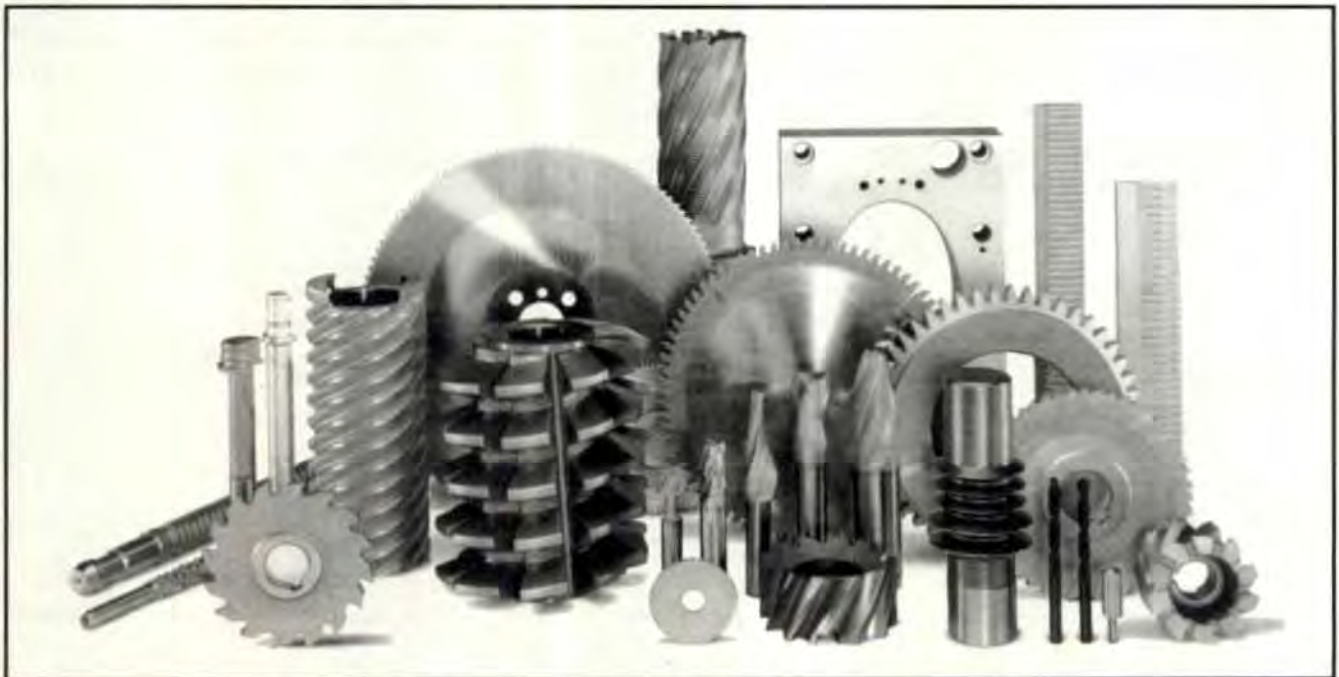
E2. Documento: Propiedades, características y comportamiento en operación de las herramientas fabricadas con aceros especiales y utilizadas en la conformación metálica y del plástico.

E3. Documento: Parámetros que rigen el proceso de deposición y la forma como influyen en las propiedades y la calidad de los recubrimientos.

E4. Documento: Principales técnicas utilizadas como métodos de prueba y ensayo para la caracterización de los recubrimientos duros.

Los documentos ya están disponibles para consulta.

*Para mayor información contactar:
ingeniero Gilberto Bejarano Gaitán
Teléfono: (2) 4471075, 4467182
Fax: (2) 4476166 de Cali,
E-mail:
gbejaran@galileo.senavalle.edu.co*



Aplicaciones de los recubrimientos duros

CUANDO LAS EXIGENCIAS CRECEN: Recubrimientos para moldes reducen los costos en el moldeo por inyección

Por: Rainer Sauer

RECUBRIMIENTOS PARA MOLDES DE INYECCIÓN

En el acto de comprar, decide ante todo el ojo. El diseño y la superficie son aspectos cada vez más importantes, no solamente en los artículos de consumo. Una posición clave, en cuanto a calidad superficial y costo total de fabricación, ocupa el molde. Para poder cumplir por igual con las exigencias de producción económica, óptima calidad, altos requerimientos, complejas geometrías con estrechas tolerancias, para el funcionamiento sin lubricación y con materiales difíciles, se tiene un aliado: los recubrimientos, siempre que se los elija correctamente.

Abrasión y corrosión: El molde sometido a presión

A temperaturas y presiones elevadas, los materiales y medios agresivos tienen un efecto abrasivo y corrosivo sobre casi todos los componentes de un molde, lo cual no sólo afecta la superficie, parte decisiva para la calidad del producto final, sino igualmente a piezas funcionales como por ejemplo correderas/pasadores y expulsores.



Figura 1. 4 millones de tapas roscadas más, en un año: núcleos giratorios con superficies de rozamiento recubiertas de WC/C aumentan la productividad y la calidad

Los gases calientes como el aire y los productos de disociación del polímero atacan aquellas áreas desprotegidas del molde que entran en contacto con el fundido (plástico). En superficies de rozamiento, las partículas desprendidas por abrasión y corrosión causan herrumbre de contacto. Finalmente, cuando la lubricación falla completamente, corroen los expulsores y las correderas. En algunas aplicaciones, es necesario cambiar los componentes no protegidos al cabo de pocos días, lo

cual significa interrupción de la producción y costos adicionales.

Las primeras en sufrir deterioro son, por su naturaleza, las estructuras finas. Donde superficies estructuradas se cubren con sedimentos y las texturas se desgastan, aparecen áreas brillantes en los productos terminados, afectando su calidad. Hasta la fecha, había que someter tales moldes a un dispendioso trabajo de recuperación y eliminar los artículos defectuosos.

Componente	Material de fabricación	Requerimientos especiales	Recubrimiento
Expulsores Correderas Placas de extracción Núcleos giratorios Guías	Acero, aleaciones de Cu-Be	Deslizante Autolubricante Anticorrosivo Resistente al desgaste	WC/C
Cavidades Núcleos del molde	Polímeros, Plásticos reforzados (con fibra de vidrio) no anti-inflamables	Máxima resistencia al desgaste	TiCN
	Polímeros, Plásticos reforzados (con fibra de vidrio) anti-inflamables	Elevada resistencia al desgaste, Formación mínima de depósitos / sedimentación	TiN
	Polímeros anti-inflamables	Elevada resistencia a la corrosión y al desgaste, Formación reducida de depósitos, Poca tendencia a la adhesión	CrN
	Polímeros no anti-inflamables	Bajos esfuerzos de desmoldeo	Pulido, TiN, CrN, WC/C

Tabla 1. Recubrimientos PVD aumentan la productividad en la fabricación de moldes / en el taller de matricería

Sondeo del conocimiento

En la búsqueda del recubrimiento más idóneo, un hecho se hace evidente casi de inmediato: los recubrimientos estándar no están en capacidad de cumplir cabalmente con las muy diversas exigencias de los materiales y procesos. Según la aplicación, se necesitan diferentes sistemas de recubrimiento para solucionar problemas específicos.

Los recubrimientos son elementos constructivos. Ya antes de empezar con el diseño de un molde, debe analizarse las posibilidades que ofrecerían las diferentes capas protectoras, para incluir los resultados luego en el diseño. El primer paso

para la selección de un recubrimiento es siempre una descripción detallada de los parámetros de producción, de los polímeros a procesar y de los componentes de carga y refuerzo (fibra de vidrio). (Tabla 1)

Con base en las experiencias adquiridas hasta el momento, se puede establecer la siguiente correlación (entre recubrimiento y problema):

- Los recubrimientos PVD (Physical-Vapour-Deposition = deposición física de vapor) en principio son muy idóneos para la construcción de moldes, porque reproducen con gran exactitud la estructura y geometría de las superficies.

- Óptimos para superficies deslizantes son los recubrimientos WC/C (carburo de wolframio / carbono) que, con su estructura laminar, combinan capacidad de deslizamiento y dureza.
- El recubrimiento de superficies en contacto con el plástico fundido depende de las propiedades químicas y físicas del material a procesar.
- Un recubrimiento adecuado y su pulido pueden reducir considerablemente los esfuerzos de desmoldeo, independientemente del tipo de material.

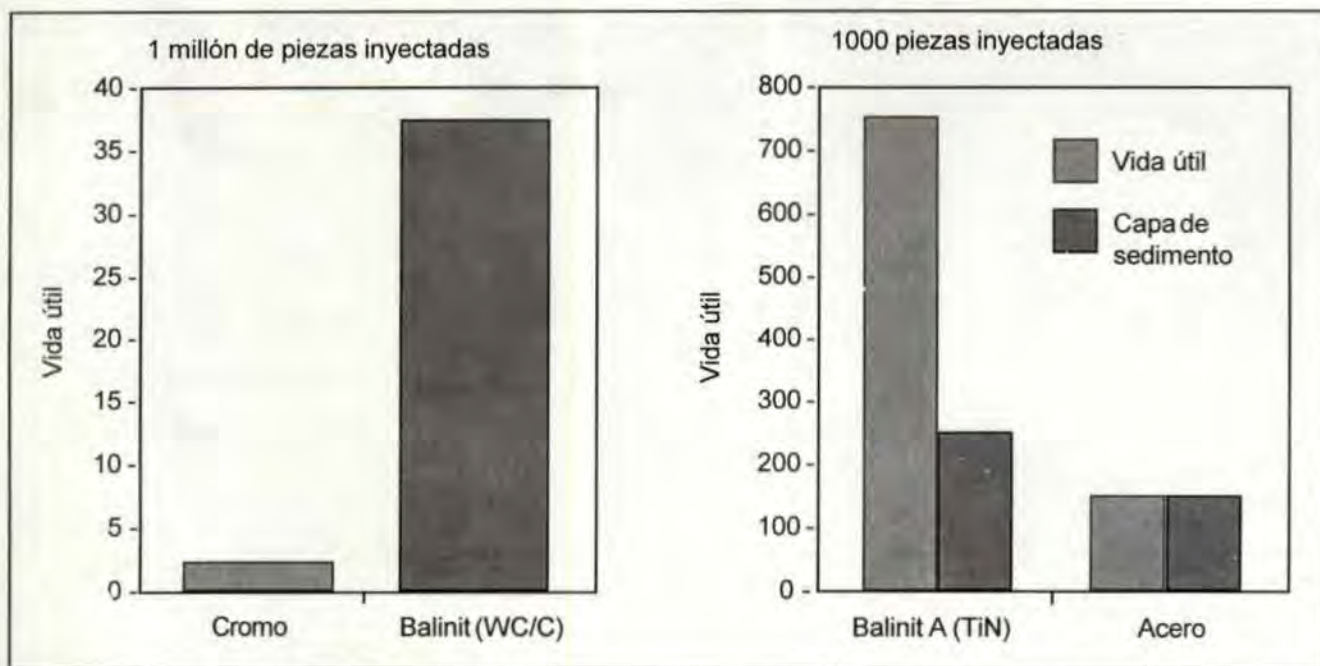


Figura 2. Drástico aumento de la productividad mediante recubrimiento con WC/C (izquierda) de las superficies de deslizamiento, en el moldeo por inyección de tapas roscadas de PP y PE, y mediante recubrimiento con TiN (derecha) en el moldeo por inyección de carcasas de teléfono de ABS, ABS/PC y ASA/PC.

Los procesos PVD facilitan exactitud

Una de las ventajas más importantes /destacadas de los recubrimientos PVD (deposición física de vapor) es la exactitud que se logra en la reproducción de las superficies. No se presentan cantos redondeados. Superficies estructuradas por electroerosión, fotograbado o pulido "conservan" la capa durante un elevado número de emboladas /inyecciones.

En la actualidad se aplican principalmente tres procedimientos PVD:

- Atomización por bombardeo iónico
- Evaporación por rayo electrónico y
- Evaporación por arco (voltáico).

Los procesos de atomización y evaporación por rayo electrónico son aptos incondicionalmente para la obtención de superficies pulidas y

estructuradas, sin necesidad de mecanizados posteriores. El procedimiento con arco en cambio produce capas relativamente rugosas y no es adecuado para superficies de brillo intenso.

Las temperaturas para el recubrimiento dependen de la aleación de la capa, así:

- 450°C para nitruro de titanio (TiN), carbonitruro de titanio (TiCN), nitruro de cromo (CrN), y
- hasta los 250°C para carburo de wolframio / carbono (WC/C).

Deslizamiento sin lubricación: WC/C

Los recubrimientos de WC/C aumentan la productividad de los moldes de inyección, facilitando bajos coeficientes de fricción, además de alta dureza y buenas propiedades

anticorrosivas. Se reducen los tiempos de parada y se acortan los ciclos. El recubrimiento de superficies de rozamiento con WC/C elimina la lubricación con grasas o aceites. Así es posible fabricar también piezas de elevadas exigencias ópticas y de higiene, tales como boquillas de proyección para propósitos alimentarios y farmacéuticos, recipientes de pared delgada o envolturas para CDs, de alta calidad.

Un ejemplo nos puede ilustrar en forma convincente las ventajas de este procedimiento: un molde de 30 cavidades para la fabricación de tapas roscadas de PP por lo general debía ser desmontado cada dos días, a causa de corrosión en uno o varios de los núcleos giratorios; en cambio, provisto de componentes recubiertos de WC/C, trabajaba sin problemas durante aproximadamente un año. La productividad aumentó por 4 millones de piezas moldeadas adicionales, en este período de tiempo (figura 1 y 2).

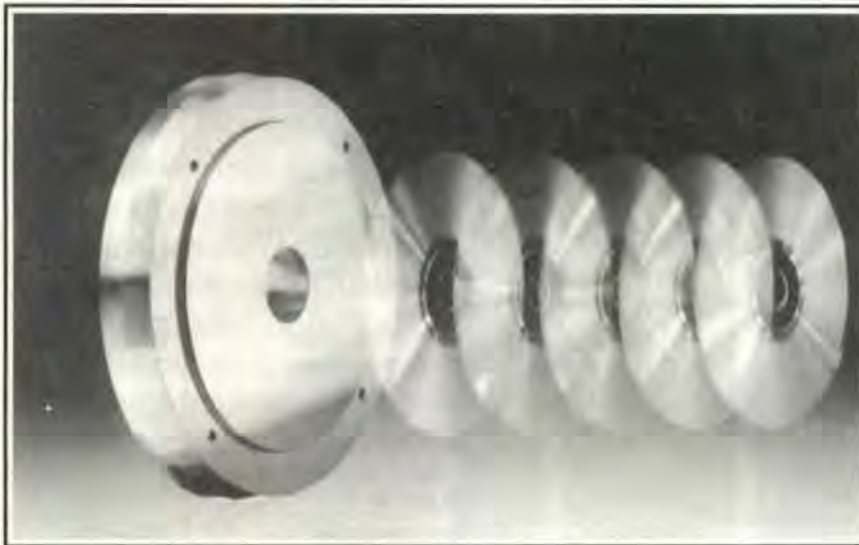


Figura 3. El recubrimiento con TiN prolonga la vida útil y reduce la formación de depósitos /sedimentos (Fotos: Balzers, Bingen.)

En caso de corrosión, desgaste y formación de capas de sedimentos: TiCN, TiN, CrN

Al recubrir superficies moldeantes, es necesario establecer claras prioridades. Las diferentes propiedades adhesivas y corrosivas de los plásticos y los plásticos reforzados con fibra de vidrio, en determinada aplicación, definen cuál será el recubrimiento más apropiado. Por ejemplo si una poliamida produce problemas de corrosión, se debe utilizar un recubrimiento de CrN. En casos donde predomina el desgaste por abrasión, se prefiere por lo general el TiN o el TiCN.

Los recubrimientos de TiN presentan características universales y son recomendados en la transformación de aquellos plásticos, que someten la superficie del molde por igual al desgaste químico, adhesivo y abrasivo. Plásticos de esta naturaleza son por ejemplo los reforzados con fibra de vidrio y los sin acondicionamiento anti-inflamable. Las superficies recubiertas por TiN muestran una protección significativa contra el

desgaste por abrasión y contra la formación de capas de sedimentos (figuras 2 y 3).

En el moldeo por inyección de plásticos no inflamables pueden generarse productos de disociación corrosivos con fuerte tendencia adhesiva. En este caso se debe recurrir a recubrimientos de CrN, ya que no sólo protegen contra la corrosión, sino también contra la formación de capas, gracias a su acción antiadhesiva.

Mejor desmoldeo mediante recubrimiento y pulido

Las crecientes exigencias de calidad y la transformación de nuevos materiales plásticos, en su mayoría reforzados o cargados, crean condiciones cada vez más extremas en el moldeo por inyección. Las crecientes exigencias, además de aumentar el desgaste del molde y favorecer la formación de capas, dificultan también el desmoldeo.

Para determinar el aporte de los recubrimientos en la solución de estos problemas, se experimentó con diferentes plásticos, variando los siguientes parámetros:

- Recubrimiento
- Rugosidad de la superficie
- Ángulo de desmoldeo
- Temperatura del molde y
- Compuesto de moldeo.

A continuación se presenta los primeros resultados, sin que los estudios hayan concluido:

- Para todos los materiales plásticos, el esfuerzo de desmoldeo es directamente proporcional a la rugosidad de la superficie. El esfuerzo mínimo está dado a una profundidad rugosa media de $R_z = 2\text{mm}$ y vuelve a ascender a partir de este valor (figura 4), lo cual se puede atribuir a efectos adhesivos.
- La temperatura del molde ejerce la mayor influencia sobre el esfuerzo de desmoldeo, lo cual en el ensayo se debía a fuerzas de contracción durante el enfriamiento.
- El efecto de los recubrimientos del molde también es variado y depende del polímero que se procesa. Además, los recubrimientos mejoran el llenado del molde, lo cual dificulta su evaluación. En todo caso, es muy ventajoso un pulido de acabado en dirección del desmoldeo o un pulido al brillo intenso: los recubrimientos abrigantados producen un resultado mucho mejor que los recubrimientos duros, sin brillo.

Material de fabricación y recubrimiento deben adaptarse

Con el propósito de optimizar los productos, aparecen en el mercado continuamente nuevos materiales plásticos con propiedades de procesamiento diversos. La búsqueda de recubrimientos que se ajusten a estos plásticos, requiere de un amplio know-how, si se desea lograr además la óptima rentabilidad en el proceso de inyección.

Con base en proyectos realizados, la firma Balzers Verschleiss-Schutz GmbH en Bingen, Alemania construyó un banco de datos, que está en constante crecimiento. Además existen estudios científicos que analizan una serie de aspectos funcionales de los recubrimientos en la fabricación de moldes.

Muchas veces, la mejor economía se obtiene mediante la combinación en un molde de diferentes recubrimientos – por ejemplo de TiN para las superficies moldeantes, y de WC/C

para las partes móviles. Sin embargo, para descubrir la combinación ideal en un caso especial de aplicación se necesita una intensa asesoría apoyada en amplias experiencias industriales.

Traducido y adaptado para el Informador Técnico por: Ilse Koenig de Laverde, instructora CDT ASTIN.

Tomado de:
SAUNER, Rainer, "Wenn die ansprüche wachsen: beschichtungen senken die kosten beim spritzgießen = Cuando las exigencias crecen: Recubrimientos para moldes reducen los costos en el moldeo por inyección", Kunststoffe, Munich, 88(02), feb. 1998. p. 190-192.

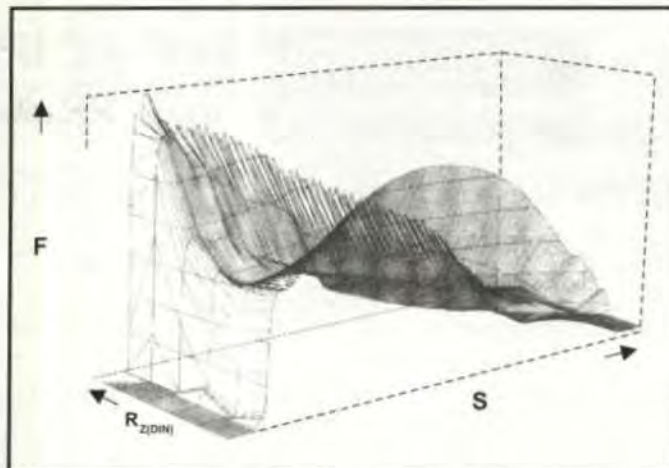
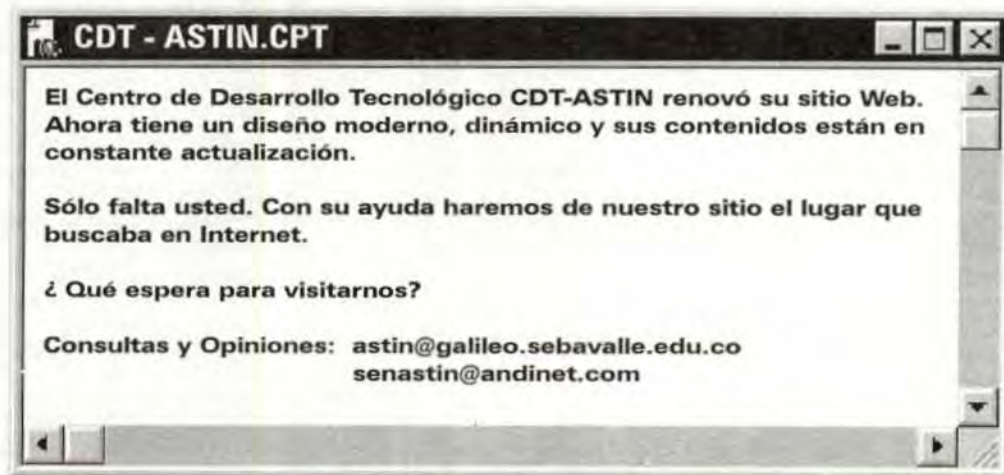


Figura 4. Esfuerzos mínimos de desmoldeo con una rugosidad de 2 mm, mostrados en un ABS (Gráfico IfkFF de la Universidad Stuttgart).



http://www.sena-astin.edu.co



BIBLIOGRAFÍA ESPECIALIZADA

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

Invitamos al personal de la industria, a consultar literatura especializada que diariamente adquirimos y procesamos para facilitar el acceso a la información técnica más relevante. Relacionamos en esta edición las más importantes revistas técnicas de nuestra hemeroteca. Se trata de suscripciones nuevas que sirven de soporte a nuestros proyectos de investigación y algunos títulos que complementan el listado de revistas que ofrecimos en la edición número 57 del Informador Técnico.

REVISTAS TÉCNICAS

ALGOR

Presenta soluciones de prototipado virtual para ingenieros mecánicos
www.algor.com

AMERICAN EXPORT PRODUCTS

Contiene información sobre catálogos, folletos y boletines relacionados con servicios y productos de la Industria norteamericana.
www.aernet.com

ARTES GRÁFICAS

Revista mensual para la Industria Gráfica en América Latina.
www.artesgraficas.com

ASIA PACIFIC PLASTICS

Especializada en máquinas y equipos para la industria de los plásticos
www.taiwan-machinery.com

ASME NEWS

Presenta noticias y temas de interés relacionados con el campo de la ingeniería mecánica y la normalización internacional.
www.asmenews.org

AUTOMÁTICA E INSTRUMENTACIÓN

Informa sobre noticias e innovaciones y artículos técnicos sobre automatización e instrumentación industrial.
www.cetibol.es

AUTOMATION VIEW

Publicación de la National Instruments sobre automatización industrial.
www.ni.com

AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO, GESTIÓN Y PRODUCCIÓN

Presenta novedades y artículos técnicos sobre automatización de procesos industriales

AUTOMATIZACIÓN INTEGRADA

Publicación sobre robótica, integración de sistemas, informática industrial, montaje y manipulación, control y automatización de procesos.

AUTOMOTIVE MANUFACTURING & PRODUCTION

Publicación especializada en el diseño, construcción, producción y gestión en la industria automotriz

BEFA MITTEILUNGEN

Artículos sobre la tecnología de soldadura

BOLETIN TECNICO DO SENAC

Publicación del SENAC de Brasil, sobre la educación y la formación profesional
www.senac.br

CAD-CAM

Publicación especializada en informar los últimos desarrollos en sistemas CAD, CAM, software, productos, perfiles de la industria, tendencias etc.
www.cadcam-magazine.co.uk

CAD MAGAZINE

Revista técnica de Media Productions BV para usuarios del AUTOCAD, CAD CAM, e informa sobre desarrollos, aplicaciones y novedades de este software
www.cadplaza.nl

CADALYST

Revista especializada en hardware, software, noticias y artículos sobre sistemas CAD.
www.cadonline.com

CARDS INTERNATIONAL

Publicación especializada en la industria de tarjetas plásticas.
www.lafferty.com

CARTA DE COLCIENCIAS

Publicación informativa de COLCIENCIAS con temas sobre ciencia, tecnología y cultura.

CLEANER PRODUCTION PNUMA

Boletín dedicado a promover la producción limpia, estrategias de gestión ambiental aplicada a productos, procesos y servicios.

COLOMBIA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Publicación de Colciencias sobre la actividad científica y tecnológica de Colombia.
www.colciencias.gov.co

COMERCIO EXTERIOR

Revista especializada en economía, editada por el Banco Nacional de Comercio Exterior de México.
www.bancomext.gob.mx

COMPUTER GRAPHICS WORLD

Especializada en información sobre software, hardware y artículos técnicos relacionados con el diseño gráfico por computadora.
www.cgw.com

COMPUTER WORLD

Publicación colombiana bajo licencia de IDG Communications Inc, con información sobre el mundo de la informática

www.computerworld.com.co

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Publicación del Centro de Investigaciones para el desarrollo integral CIDI de la Universidad Pontificia Bolivariana con temas sobre contaminación y protección ambiental.

CONVERSIÓN DE PELÍCULAS, FOIL, PAPEL Y CARTÓN

Revista técnica para los convertidores y productores de empaques en América Latina.
www.laconversion.com

CORDIS FOCUS

Boletín oficial de divulgación del Servicio Nacional de Aprendizaje Comercial (SENAC) en Brasil.
www.senac.br

CT&F CIENCIA TECNOLOGÍA Y FUTURO

Revista de ECOPETROL con artículos técnicos sobre la explotación petrolífera y procesos relacionados.
www.icp.ecp.com

DAVIS STANDARD

Boletín técnico informativo sobre los principales desarrollos en las máquinas de transformación de plásticos de la firma David Standard.

DIÁLOGO CIENTÍFICO

Revista semestral de investigaciones alemanas sobre sociedad, derecho y economía.

DINERO

Publicación especializada en los temas económicos y financieros de los países de América Latina.
www.dinero.com

ENERGÍA Y COMPUTACIÓN

Revista científica y tecnológica de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle.
www.icfes.gov.co/revistas
200.25.61.1/revistas/enercom

EQUIPOS, PRODUCTOS INDUSTRIALES

Información sobre gran variedad de equipos, dispositivos e instrumentos relacionados con los procesos de producción.

EURO ABSTRACTS

Publicación de la Comunidad Europea con temas variados y dirigidos a las pequeñas y medianas empresas.
www.cordis.lu/euroabstracts/en/home.html

FINANZAS Y DESARROLLO

Publicación trimestral del Fondo Monetario Internacional y del Banco Mundial, sobre

salud, desarrollo y economía mundial.

FLUID POWER JOURNAL

Publicación oficial de la Sociedad de Potencia de los Fluidos, con temas sobre hidráulica, neumática, tecnología de vacío y control electrónico.
www.fluidpowerjournal.com

FORM + WERKZEUG

Fabricación de herramientas para la industria metalmeccánica y la industria de los plásticos.

FORUM DE COMERCIO INTERNACIONAL

Revista del Centro de Comercio Internacional, para la promoción comercial, el desarrollo de las exportaciones y los métodos de importación, componentes del programa de cooperación técnica del CCI con los países en desarrollo.
www.intracen.org

FUNDIDORES

Publicación española sobre fundiciones férricas y no férricas, en arena, coquilla y fundición a presión.
www.metalspain.com

GAS TURBINE WORLD

Publicación sobre plantas de generación de energía con turbinas de gas.

GATE

Revista internacional sobre las tecnologías apropiadas y la protección ambiental

GERENTE

Revista colombiana que resalta los hechos más sobresalientes de los negocios en el país

INDICADORES DE COMPETITIVIDAD DE LA ECONOMÍA COLOMBIANA

Publicación de la Unidad de Monitoreo Sectorial del Ministerio de Desarrollo Económico, orientada hacia los principales sectores de la actividad económica nacional.

INDUSTRY AND ENVIRONMENT

Publicación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, División de Tecnología, Industria y Economía.

IIE SOLUTIONS

Publicación especializada en temas de ingeniería industrial.
www.solutions.iinet.org

INFORMATION TECHNOLOGY

La revista completa de tecnología de información.

INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN

Publicación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia y presenta algunos de los trabajos que realizan los

profesores de ese Departamento.

INJECTION MOULDING INTERNATIONAL

Revista especializada en todo lo relacionado con el proceso de moldeo por inyección de plásticos.

INNOVACIÓN Y CIENCIA

Publicación de los resultados de investigación de los científicos, con el fin de proporcionar al lector una visión global del estado de la ciencia y la tecnología en un área determinada.

INNOVATION AND TECHNOLOGY TRANSFER

Revista publicada por el programa de innovación SME, de la Comunidad Europea, el cual promueve la innovación de la pequeña y mediana empresa.
www.cordis.lu/itt-en/home.html

JOURNAL OF INJECTION MOLDING TECHNOLOGY

Publicación de la Sociedad de Ingenieros Plásticos sobre tecnologías del moldeo por inyección.

JOURNAL OF METALS

Revista especializada en minerales, metales y materiales.

JOURNAL OF THE MINERALS, METALS AND MATERIALS SOCIETY

Revista especializada en temas relacionados con los minerales, metales y materiales.
www.tms.org

LASER FOCUS WORLD

Publicación sobre los avances en tecnología láser.
www.lfw.com

MEASUREMENTS AND TESTING NEWSLETTER

Boletín de información de la actividad genérica de la Comisión Europea de «Medición y Pruebas».
www.cordis.lu/smt/src/newslet.htm

MECÁNICA POPULAR

Presenta los últimos avances tecnológicos en diferentes campos.
www.popularmechanics.com

METALL HANDWERKE

Revista alemana sobre tecnologías y maquinaria para el mecanizado de metales, y da detallados comentarios sobre equipos y herramientas útiles en el mecanizado.

MOLDING SYSTEMS

Ofrece información sobre procesos de transformación de plásticos por inyección, diseño, construcción de moldes, ingeniería mecánica. Antes se denominaba Plastics

World Modelling.

MUNDO ELECTRÓNICO

Empresas, mercados y tecnologías del sector electrónico.

NOVEDADES ELECTRÓNICAS

Publicación mensual especializada en nuevas tecnologías y productos para el mercado electrónico español, latinoamericano y portugués.

www.alcion.es

O + P

El anuario de O + P ofrece un detallado catálogo de componentes hidráulicos y neumáticos para el ingeniero de diseño y de planta. Presenta además artículos sobre la selección de sistemas y elementos.

PESQUISA

Boletín de Cinset sobre información comercial, económica y medio ambiente enfocada a las micro, pequeñas y medianas empresas.

PC FÁCIL

Publicación dedicada al estudio teórico - práctico del software y hardware.

PC MAGAZINE

Revista especializada en software y hardware.

PC WORLD

Revista líder mundial de los servicios de información sobre tecnología y computación.

www.pcwla.com

PERSONAL

Revista mensual alemana sobre selección, contratación, integración, promoción y capacitación del personal de empresas. Analiza valores y competencias y establece políticas para el manejo del recurso humano.

PINTURAS Y ACABADOS INDUSTRIALES

Publicación sobre recubrimientos orgánicos y metálicos.

PLANEACIÓN Y DESARROLLO

Publicación elaborada por el Departamento Nacional de Planeación. Presenta diferentes estudios macroeconómicos.

PLANT ENGINEERING

Publicada para el manejo industrial de la fábrica (empresa)

PLASTICS COMPUNGING

Publicación especializada en la producción, formulación y mezclado de resinas.

PLASTICS DESIGN FORUM

Publicación que ofrece las últimas noticias sobre diseños plásticos, materiales y

procesos.

PLASTICS NEWS

Periódico internacional para la industria de plásticos.

PLASTICS RECYCLING UPDATE

Mercados, legislaciones, investigaciones, tecnologías sobre el reciclado de plásticos.

PLÁSTICOS DE INGENIERÍA

Órgano de información de la dirección de especialidades de RHODIAS S.A.

POWER

La revista de la generación de energía eléctrica.

www.powermag.com

POWER/BULK SOLIDS

La revista para los procesos de secado y tecnología de manejo de los sólidos a granel.

www.powerbulkmag.com

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Boletín informativo de la Red Pnuma IMA, dedicado al fomento de la producción más limpia, la estrategia de gestión ambiental preventiva aplicada a productos, procesos de producción y servicios.

www.unepie.org

PRODUCTRÓNICA

Información sobre productos electrónicos.

www.cetibol.es

PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

Revista del Consejo Colombiano de Seguridad, con temas sobre seguridad industria y salud ocupacional.

www.ccseguri.com

QUÍMICA LATINOAMERICANA

Revista sobre la industria química en América Latina

www.reedchemicals.com

REVISTA ESPAÑOLA DE ELECTRÓNICA

Noticias, empresas, informes y novedades sobre electrónica.

www.redeweb.com

REVISTA UNIVERSIDAD EAFIT

Publicación sobre los resultados de las investigaciones que se adelantan en EAFIT y que buscan aportar a la solución de la problemática nacional.

www.eafit.edu.co/revista/index.html

ROBÓTICA

Revista internacional de información, educación e investigación en robótica e inteligencia artificial.

www.cup.cam.uk

www.cup.org

SABER ELECTRÓNICA

Novedades del mundo de la electrónica

SEGURIDAD Y TRABAJO

Periódico publicado por el Consejo Colombiano de Seguridad, que trata aspectos de seguridad en la industria, salud ocupacional.

TECHNICA

Revista dedicada a productos y aplicaciones de la electrónica e informática industrial. Trae como suplemento «Tecnologías de la Soldadura» órgano oficial de la Sociedad Suiza de Soldadura.

TECHNISCHE MITTELUNGEN KRUPP

Es una publicación periódica del grupo Krupp AG - Hoesch que trae artículos y ponencias sobre los materiales metálicos de altas prestaciones que este grupo alemán produce.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Revista especializada en tratamientos térmicos de los aceros.

www.metalspain.com

WIRE AND CABLE TECHNOLOGY

Revista para productores, proveedores y usuarios de cables y alambres.

ZIEGELINDUSTRIE INTERNATIONAL

Publicación internacional sobre la industria del ladrillo y la baldosa.

LIBROS

BELLO CAMACHO, Isabel; RIVEROS PINZÓN, Rafael E.

REPÚBLICA DE COLOMBIA; DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA; DIRECCIÓN GENERAL DEL TALENTO HUMANO ESTATAL. «Guía para la concertación y evaluación de los objetivos del desempeño laboral», Santafé de Bogotá: Departamento Administrativo de la Función Pública, 2000. 79 p.

CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/GATT. «¿Cómo iniciarse en la exportación?: manual de capacitación para las PYME», Ginebra: CCIA, 1995. 108p.

CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/GATT. «Análisis de las necesidades y capacidad de formación: un instrumento para la formulación de estrategias: directrices metodológicas», Ginebra: CCI, 1997. 66 p.

SENA; DIRECCIÓN GENERAL. «Informe de actividades 1999», Santafé de Bogotá: SENA, 2000. 111 p. il. Anexos



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA: Aplicaciones de los polímeros en la medicina

Por: Ingeniero Mariano Antonio Benavides Cuéllar
Jefe CDT ASTIN
SENA - Valle

INTRODUCCIÓN

En el lenguaje cotidiano, los polímeros son más conocidos como "materiales plásticos", término ampliamente aceptado tanto por la industria que los transforma como por el hombre común que utiliza los productos, tal vez porque expresa de forma más evidente su gran versatilidad y su enorme espectro de aplicaciones, que va desde los empaques, textiles, muebles, útiles y enseres del hogar, pasando por las piezas técnicas en la industria de la construcción, la automotriz, la farmacéutica y la electrónica, hasta los elementos de altísimas exigencias que se usan en la industria aeronáutica.

Sin embargo, no es exacto usar de manera absoluta el término "plástico" para clasificar o denominar un material polimérico, puesto que otros materiales como los metales también tienen un comportamiento plástico bajo ciertas condiciones de temperatura, deformación.

Desde el punto de vista químico, un polímero es una sustancia constituida por la unión entre sí de moléculas sencillas, que conforman largas cadenas llamadas



Figura 1. Material para envase y aplicación de productos biomédicos. Nuevas aplicaciones de poliolefinas flexibles, de gran resistencia y permeabilidad controlada

"macromoléculas", cuyas propiedades varían según sus componentes o por la adición o eliminación de una o algunas de sus unidades estructurales.

La clasificación de los polímeros es supremamente extensa. Analizando sus orígenes y principios de obtención, podemos distinguir entre polímeros naturales y polímeros contruidos mediante síntesis química. Estos últimos que constituyen la mayor parte de las aplicaciones industriales y comerciales son, por lo general, estables, o dicho de otra manera, no son biodegradables. Esta propiedad, que es especialmente preocupante en productos desechables, ha motivado a los investigadores a buscar nuevos materiales; y efectivamente, desde hace algún tiempo, se cuenta ya con materiales sintéticos biodegradables, que además exhiben excelentes propiedades por ejemplo para aplicaciones en el campo de la medicina.

Los polímeros naturales pueden ser en su mayoría **semi-estables y biodegradables**. Son producidos por la naturaleza y pueden encontrarse en algunas plantas o

sus subproductos, en animales y en el mismo cuerpo humano. Gran parte de los tejidos conjuntivos que conforman la masa de apoyo del cuerpo son polímeros, así como el sulfato de condroitina, el ácido hialurónico, el colágeno, la reticulina, la elastina y otros más que pertenecen a la familia de los polisacáridos. También son polímeros algunas proteínas sanguíneas, las albúminas y algunos componentes del sistema óptico. El daño de estos polímeros o su degeneración conlleva a enfermedades y trastornos corporales, como se explicará más adelante.

Las anteriores consideraciones hacen necesario diferenciar los "materiales plásticos" de la gran familia de los polímeros, que conforman un universo más amplio con características y propiedades más diversas.

En el presente artículo se prefiere entonces la expresión "polímeros", que además tiene una mayor afinidad con los términos químicos y técnicos que se utilizarán para una mejor comprensión.

Por mucho tiempo desde su descubrimiento a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, no se visualizó las posibles aplicaciones de los polímeros. Su potencial sólo se comprendió, cuando el químico H. Staudinger (Premio Nobel 1953) demostró, que muchos productos naturales y sintéticos están constituidos por una multitud de unidades estructurales sencillas llamadas "monómeros" formando macromoléculas que, a menudo, constan de más de 1000 unidades estructurales, dispuestas una tras otra como perlas en un collar, los cuales denominó "polímeros".

Este descubrimiento impulsó a la industria química a concentrar sus esfuerzos en la búsqueda de nuevos

materiales que superaran los convencionales y reemplazarán muchos naturales como los minerales, la madera y el caucho.

En efecto, en un tiempo relativamente corto se logró reemplazar una amplia gama de piezas mecánicas, especialmente en la industria automotriz. Hoy en día, un vehículo fácilmente puede contener un 80% de partes fabricadas en materiales polímeros, compuestos sintéticos o de matriz cerámica.

Asimismo, la tecnología médica no



Figura 2. Materiales compuestos cargados de derivados de plata liberan iones Ag^+ , proporcionando un efecto antibacteriano de larga duración, con actividad frente a bacterias Gram (-) y Gram (+).

ha estado alejada de las investigaciones en la búsqueda de materiales con mejores prestaciones y propiedades. Los polímeros de "grado médico" se caracterizan por altos niveles de asepsia, resistencia química y radiológica, y muchas otras propiedades no alcanzables por los polímeros convencionales. Se aplican a instrumentos y accesorios médicos reutilizables o de un solo uso, a material quirúrgico y a prótesis y transplantes.

Según su aplicación, deben cumplir con las más variadas exigencias: alta resistencia mecánica para soportar esfuerzos en una prótesis; relativa flexibilidad, tratándose de una articulación; alta tenacidad, resis-

tencia al desgaste y a la fatiga en implantes permanentes o ser absorbibles por el organismo como en el caso de sutura o liberadores de fármacos.

Cualquiera que sea su uso, los polímeros "grado médico" se distinguen por un alto valor agregado, razón por la cual en su gran mayoría no se fabrican todavía en Colombia.

En la feria del plástico K'98 en Düsseldorf / Alemania, una de las más grandes a nivel internacional, científicos del mundo entero trataron durante tres días los últimos adelantos en la tecnología de los polímeros aplicados a la medicina. Un aspecto que llama la atención, aparte de los logros científicos, es la participación de estos productos en el mercado: alcanzaron ventas por 9,5 billones de dólares en cuatro años, con un crecimiento anual previsible del 6,7% con respecto a 1997, donde Alemania participó con un 25%; Francia con un 18%; Italia con un 11,5%; Inglaterra con un 8,7% y España con un 5,6%.

El rápido desarrollo y la alta calidad de los productos hospitalarios y quirúrgicos así como los nuevos medicamentos con base polimérica han incrementado la demanda más allá de todo pronóstico, que actualmente representa en la Comunidad Económica Europea un mercado de 34,6 billones de dólares. Se calcula que para el año 2002 este mercado llega a 48 billones de dólares.

En este artículo se presenta una descripción general de los polímeros de uso médico, su clasificación, sus aplicaciones y sus ventajas o desventajas, haciendo énfasis en los aspectos de ingeniería. En una segunda entrega se tratará los polímeros biodegradables y sus aplicaciones médicas, con especial atención a la quitina y la quitosana, dos polímeros naturales que

MATERIALES POLIMÉRICOS

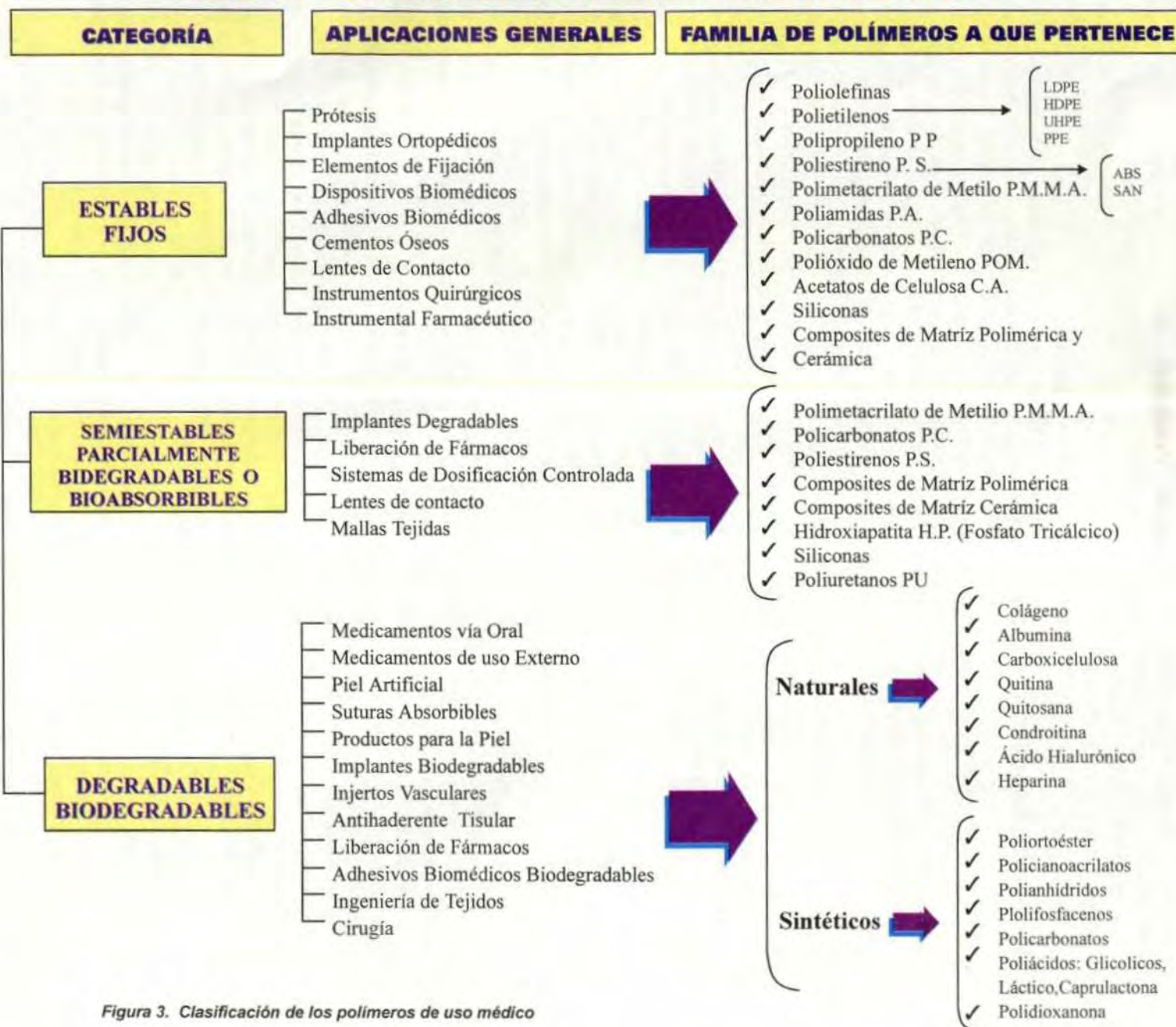


Figura 3. Clasificación de los polímeros de uso médico

actualmente son objeto de estudio en el Centro ASTIN, en el marco de un proyecto de investigación aplicada, para la obtención de película y otros productos biodegradables de gran importancia en el ámbito de la salud.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Al clasificar los polímeros de mayor uso en la medicina (figura 3), se diferencia entre materiales "**estables**" o fijos, "**semi-estables**" o parcialmente bio-degradables y "**biodegradables**".

Esta clasificación no es caprichosa. Ha sido diseñada por el autor para explicar de manera más sencilla la naturaleza de estos polímeros, describir los más representativos con sus aplicaciones médicas y establecer criterios técnicos para su selección.

Hay que recordar que los materiales "**estables**" por lo general son de origen sintético, tal como se explicó en la introducción, y no son biodegradables. Esta propiedad es aprovechada para confeccionar productos que, además de su estabilidad, presenten buenas propiedades físico-mecánicas y químicas que garanticen larga duración aún en medios agresivos, según la función que deben cumplir como instrumentos quirúrgicos y farmacéuticos, dispositivos biomédicos o implantes ortopédicos. Sin embargo, ya se pueden elaborar compuestos con estos materiales que les dan cierto grado de bio-degradabilidad.

Los materiales "**semi-estables**" y parcialmente biodegradables pueden ser de origen natural o sintético. Se diseñan para cumplir determinada función temporalmente; luego se biodegradan o son absorbidos por el organismo. La semi-estabilidad, una propiedad aparentemente desventajosa, tiene para la medicina vital importancia, porque le permite utilizar estos polímeros en infinidad de

aplicaciones temporales, como por ejemplo los implantes degradables que sirven de fijación o soporte mientras que se regeneran los tejidos propios del cuerpo humano.

Los materiales "**biodegradables**" también son conocidos como **polímeros naturales**, indicando con ello su procedencia. Sin embargo, muchos de estos polímeros ya son fabricados en laboratorios, para que cumplan con la propiedad de ser completamente absorbidos por el organismo o degradados con el tiempo, en aplicaciones como las suturas o hilo quirúrgico absorbible, los injertos vasculares o los dispositivos de liberación de fármacos en algunos medicamentos de uso oral o externo.

Es conveniente aclarar aquí algunos conceptos, íntimamente relacionados con la "**estabilidad**" o "**degradabilidad**" de un polímero, que a menudo causan confusión por el uso indiscriminado que se hace de ellos en la literatura técnica.

Cuando se dice que un polímero estable se "**degrada**", se refiere a la descomposición o destrucción de los enlaces macromoleculares. Este tipo de "**degradación**", sea por acción de elevadas temperaturas, soluciones ácidas o alcalinas, luz ultravioleta u otros factores ambientales, provoca el rompimiento de las cadenas del polímero, lo cual lo hace inservible, y además contaminante cuando se utiliza de manera indiscriminada como combustible.

En la medicina humana es más adecuado hablar de "**biointegración**", puesto que un polímero, implantado en un tejido del cuerpo, se encuentra bajo la acción de un sistema biológico, y su degradación obedece a una descomposición orgánica sin causar daños, contaminación ni infección. En aplicaciones temporales se

convierten en elementos de fijación o andamiajes óseos que sirven de soporte hasta que el tejido natural se haya recuperado, lo cual implica la transferencia gradual de las funciones del implante al órgano afectado.

Otro concepto relacionado, parecido pero no igual, es la "**absorción**", que significa la eliminación del polímero por acción enzimática o por actividad celular. Ejemplo de ella son la absorción de medicamentos de matriz polimérica administrados por vía oral o endérmica, o bien la piel artificial y las suturas absorbibles usadas en las intervenciones quirúrgicas, que no necesitan ser retiradas posteriormente.

Los conceptos de "**biodegradación**" y "**absorción**" se explican mejor mediante el concepto genérico de la "**solubilidad**", porque los fluidos son los agentes que hacen presencia en la mayoría de los procesos de degradación. En la tabla 1 que reúne algunos criterios de identificación de los polímeros, se muestran los materiales estables y los medios, en los cuales éstos se solubilizan, alcanzando por consecuencia su descomposición.

Para los polímeros que se usan en la medicina, las condiciones y exigencias son completamente distintas, puesto que el medio fisiológico, en el cual actúan, constituye un ambiente cualitativamente diferente, donde el material o sus componentes pueden diluirse en la sangre, en el plasma o por acción enzimática de los jugos gástricos, o bien degradarse en presencia del agua u otro tipo de fluido constitutivo del organismo.

Aquí intervienen dos conceptos más, que definen en gran medida la biodegradabilidad de un polímero en aplicaciones médicas: su carácter "**hidrofóbico**" o "**hidrofílico**",

Plástico	Solubilidad en			Comportamiento de fusión	Reacción de los vapores	Resistencia a la llama	Olor de los humos (jabaniqueo suave!)
	MC	EA	AC				
PE	i-r	i-r	i-r	I	n	IIb	a parafina
PP	i-r	i-r	i	I-II	n	IIb	como PE, afrutado (a ruibarbo)
PS	s	s	s	I-II, IV	n	IIa+	dulzón, a gas de alumbrado
S/B	s	s	r	III	n	IIa+	como PS, a goma
SAN	r-s	s	s	II-III	a	IIa+	como PS y afrutado intenso
ABS	r-s	s	s	II-III	n (a,s)	IIb+	como SAN
PVC rígido	r	r	r	III	ss	I	vapores muy ácidos
PVC plastificado	r	r	r	III	ss	I-II	no realizar ensayo de olor
PTFE	i	i	i	V	ss	0	los vapores son muy corrosivos y nocivos para la salud
PMMA	s	s	s	IV	n	IIa (b)	muy afrutado
PC	s	r	r	I-II	n (s)	I x	a fenol
PET, PBT	r	r	i	II*	s	IIb+	liger. afrutado, a quemado
CA	r	s-i	s	II	s	IIb	penetrante, a papel quemado
CAB	s	s	s	II	s	IIb	rancio, a papel quemado
POM	i	i	i	II	n	IIa (b)	realizar ensayo de goteo con reactivo de Schiff
PPO, modif	s	r	i	II-III	n (a)	IIa+	fuertemente penetrante
PA	i	i	i	II	a	IIbx	a fenol, a benceno
PUR (TPE-U) ¹⁾	r	i	r	II	s	IIb	a cuerno quemado
PSU	s	r	r	II	ss	I	asfixiante, penetrante
PF	i	i	i	III	a (n)	0-II	a fenol
UF	i	i	i	III	a	0-I	a fenol, dulzón, penetrante
MF	i	i	i	III	a	0-I	penetrante, nauseabundo a pescado
UP, UP-GF	r	r	r	II-III	n (a, s)	IIa+	a leche quemada, penetrante
EP	r	r	r	II-III	a (n)	IIa + x	dulzón, repugnante, afrutado
							afrutado, a pescado, a cuerno quemado, a fenol

i: insoluble I: funde sin descomponerse a: alcalina 0: no se enciende
 r: hinchamiento, reblandecimiento o agrietamiento II: funde con descomposición n: neutra I: arde sólo con la llama
 s: soluble III: descompone sin fundir s: ácida IIa: sigue ardiendo, no gotea
 IV: descompone evaporándose ss: muy ácida IIb: sigue ardiendo, gotea
 V: casi sin cambios +: humo denso
 *: fuerte sublimación x: difícil de encender

MC: cloruro de metileno EA: acetato de etilo AC: acetato

Ninguno de estos materiales es soluble en agua y sólo algunos como el PA y PC presentan características higroscópicas.

Tabla 1. Materiales estables y los medios, en los cuales estos se solubilizan

términos que describen la manera cómo un material rechaza o absorbe el agua, empezando por un proceso de hinchamiento para luego descom-

ponerse parcial o totalmente. Polímeros naturales como la quitina y en especial la quitosana requieren de un tratamiento previo con soluciones

ácidas para volverse solubles en agua.

Por lo general, los polímeros estables que pertenecen a la familia de los

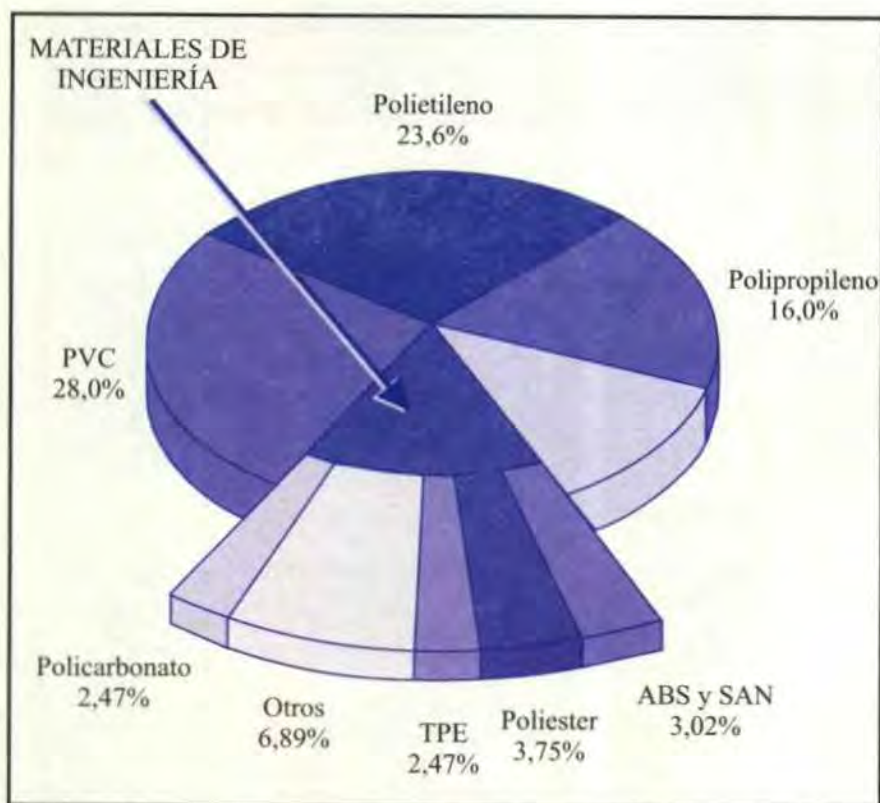


Figura 4. Distribución porcentual de los polímeros en aplicaciones médicas

termoplásticos, termoestables y elastómeros, no son solubles en agua, pero algunos como las poliamidas y los policarbonatos, la absorben bajo ciertas condiciones, sufriendo deformación, pero sin descomponerse. Esta característica los califica como materiales "higroscópicos", con lo cual se introduce otro concepto completamente diferente a los que ya estudiamos.

MATERIALES POLIMÉRICOS ESTABLES

Los polímeros estables pertenecen a las grandes familias de los termoplásticos, termoestables y elastómeros, que generalmente son obtenidos por síntesis química. Gracias a desarrollos recientes, han ganado un enorme campo de aplicación en aparatos e instrumentos quirúrgicos

y en la construcción de prótesis, reemplazando muchas veces materiales convencionales como los aceros inoxidables y el titanio. La figura 4 muestra la distribución porcentual de estos polímeros en aplicaciones médicas.

Su denominación no muy precisa como materiales fijos, obedece a su relativa estabilidad, característica indispensable para las exigencias de permanencia en infinidad de aplicaciones hospitalarias o farmacéuticas, que se pueden observar en las figuras 5 y 6.

El uso de estos materiales en el campo médico se debe a la gran variedad de propiedades que ofrecen, además de la estabilidad, pues algunos son duros y rígidos, otros elásticos; los hay cristalinos, opacos e inertes, dotados de poca o ninguna

conductividad térmica y eléctrica.

Para ser aplicables al entorno de la medicina, deben cumplir además con propiedades especiales: deben ser atóxicos y libres de aditivos. Sin embargo, la mayoría de los productos comerciales no cumple totalmente con esta exigencia, puesto que el uso médico requiere que el producto sea inerte, antiviral, anticancerígeno, antibacterial y libre de elementos que lo hagan incompatible con el organismo humano.

Aquí entran dos nuevos conceptos de gran importancia en la medicina: los "biomateriales" y la "biocompatibilidad" que se refieren a materiales inertes que no reaccionan con los ácidos del sistema fisiológico y no se biointegran en contacto con sustancias del cuerpo.

Estas exigencias son absolutamente necesarias y avaladas por la Food and Drug Administration de los Estados Unidos, portanto, cualquier fabricante de estos productos debe someterse a las condiciones de la GMP (Good Manufacturing Practice) que rigen en la mayoría de los países del mundo.

Existen sin embargo productos que por sus funciones hacen necesaria una cierta capacidad de absorción. Para estos casos, se diseñan materiales combinados con polímeros biodegradables. Un buen ejemplo es la adición de heparina a las superficies de materiales fijos, dada su gran capacidad anticoagulante. Este procedimiento se usa en los anillos de las válvulas cardíacas, para disminuir la formación de coágulos en la zona del implante. También es posible unir productos estables con otros polímeros biodegradables como enzimas, proteínas y colágenos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



Figura 5. Productos hospitalarios

Y EXIGENCIAS DE BIOCOMPATIBILIDAD DE LOS POLÍMEROS EN LA MEDICINA

Además de las características ya estudiadas, los polímeros estables aplicados a la medicina deben reunir las siguientes cualidades que los hace especiales en comparación con los productos industriales y comerciales:

- a- Resistencia y estabilidad físico-mecánica.
- b- Resistencia y estabilidad a los agentes químicos.
- c- Excelente comportamiento en contacto con sustancias biológicas.
- d- Resistencia al calor hasta los niveles de esterilización.
- e- Comportamiento hidrofóbico o

hidrofílico, según sea necesario.

- f- Inercia para contrarrestar infecciones, inflamaciones o tumores.

Resistencia y estabilidad físico-mecánica

Tanto los productos farmacéuticos como los hospitalarios y los que se utilizan en cirugía requieren de esta importante propiedad, que tradicionalmente ha sido asumida por los aceros inoxidables, el titanio, el vidrio y otros materiales. Pero el hecho que los implantes de acero y titanio tienen una resistencia mecánica diez veces mayor que el hueso original, produce inconvenientes, pues precisamente por su alta dureza, pueden dañar los elementos adyacentes o aflojarse con el tiempo, generando inflamación y dolor que obliga a retirar el implante y reemplazarlo por otro.

Se ha tratado de solucionar estos

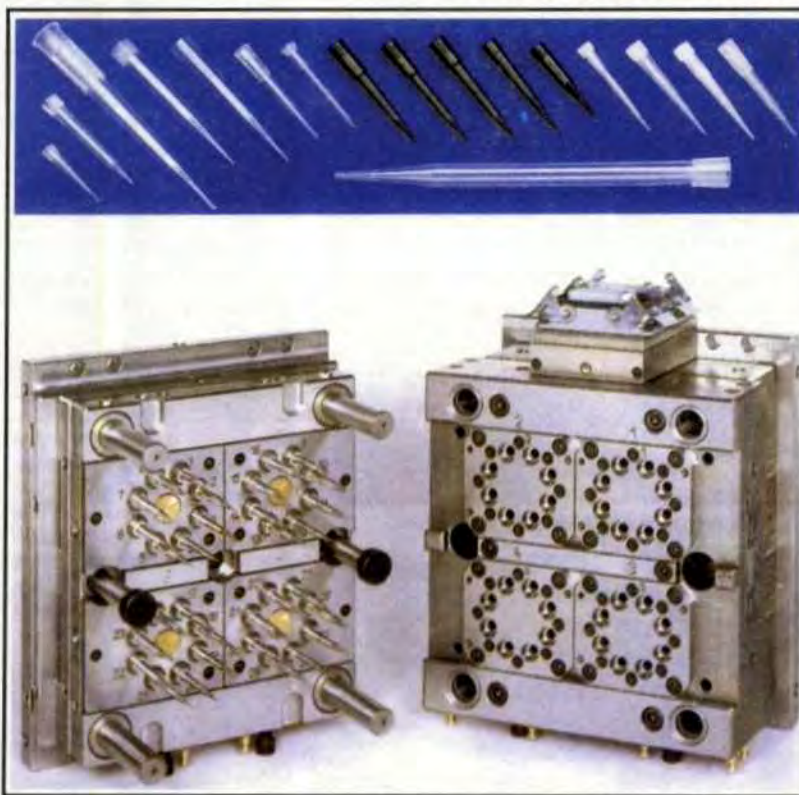


Figura 6. Molde de inyección para fabricar productos médicos

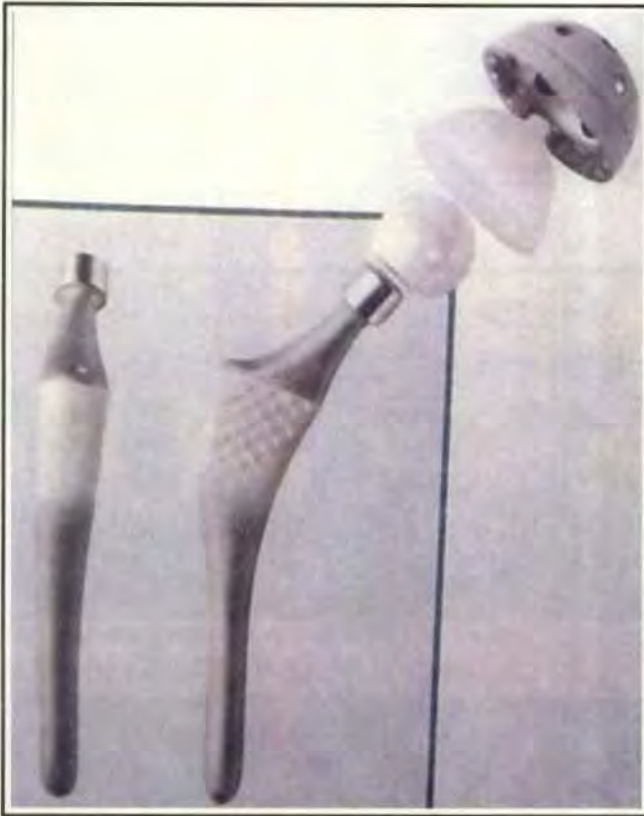


Figura 7a. Componentes acetabular y femoral de una prótesis integral de articulación de cadera de última generación. Vástago femoral de titanio recubierto con hidroxiapatita, cabeza rotante de bola de Al_2O_3 de alta densidad, copa o cotilo de UHMWPE y cubierta de titanio poroso.



Figura 7b. Componentes de una prótesis total de rodilla. El plato tibial y la rótula se diseñan en UHMWPE por sus propiedades mecánicas en servicio y su comportamiento en fricción, desgaste y fatiga.

problemas mediante la combinación de varios materiales, por ejemplo en el caso de la prótesis integral de articulación de la cadera de última generación que muestra la figura 7a, donde se puede observar el vástago femoral de titanio, recubierto de hidroxiapatita, cementante compatible con el hueso, que evita el aflojamiento del vástago en el interior del hueso. Se ve también la bola o cabeza rotativa construida en óxido de aluminio Al_2O_3 , la copa o cotilo fabricada en polietileno de ultra alto peso molecular, y la cubierta de titanio poroso. Este diseño y la combinación de materiales, han logrado una mayor resistencia de la prótesis al desgaste, a los esfuerzos de aplastamiento y a la fatiga. En la

figura 7b se pueden apreciar las partes de una prótesis de rodilla, con un diseño de materiales similar.

Resistencia y estabilidad a los agentes químicos

Los productos hospitalarios, farmacéuticos y quirúrgicos no sólo están expuestos a sustancias químicas que pueden producir su disolución y deterioro, sino también a agentes fisiológicos de origen animal, que en ocasiones son agresivos y atacan químicamente los materiales implantados, con los cuales entran en contacto, manifestando su incompatibilidad.

La hidrólisis es la reacción favorita de

estas sustancias para atacar y con ello degradar y deteriorar el cuerpo extraño implantado. Por eso, la absorción de agua está íntimamente asociada a la variación de la resistencia, la durabilidad y otras propiedades de los polímeros usados en la medicina.

En la figura 8 se muestra en porcentaje, la capacidad de absorción y la duración de algunos polímeros usados en los implantes.

Comportamiento en contacto con sustancias biológicas

Los fenómenos de reacción que producen los tejidos humanos, en especial el sistema celular e

inmunológico, son, además de variados, complejos. Generalmente se manifiestan en forma de intolerancia al cuerpo extraño implantado, que llamamos "rechazo".

No es objeto de este artículo hablar extensamente sobre el fenómeno del rechazo, pero por su importancia para comprender el comportamiento de los polímeros en los implantes es necesario saber, que este fenómeno se presenta en los trasplantes de órganos humanos, porque las células asociadas no reconocen las nuevas que se alojan. Por tanto, se desata toda una batalla en contra del nuevo órgano o tejido. Si no contáramos con inmunosupresores, diseñados para engañar el sistema inmunológico, éste se encargaría de atacar y eliminar el cuerpo extraño y con ello muchas veces al paciente.

En el caso de los implantes poliméricos, por lo general prótesis, el rechazo se manifiesta mediante malformaciones, inflamaciones, infecciones, dolor, fiebre, tumores y otras reacciones ya conocidas por los médicos, que obligan al retiro de la prótesis. Estas reacciones de rechazo no son exclusivas frente a los polímeros, también se han observado frente a materiales como los aceros y cerámicos.

Otro aspecto importante de los polímeros estables en la medicina, es su "**hemocompatibilidad**", es decir la compatibilidad del elemento implantado con la sangre, sin contaminarla y sin deteriorar el implante.

Por la química de la sangre y los elementos del sistema inmunológico, encargado de destruir los cuerpos extraños, las propiedades de atoxicidad e inercia de los polímeros juegan un papel significativo e igualmente importante es su conocimiento y su adecuada

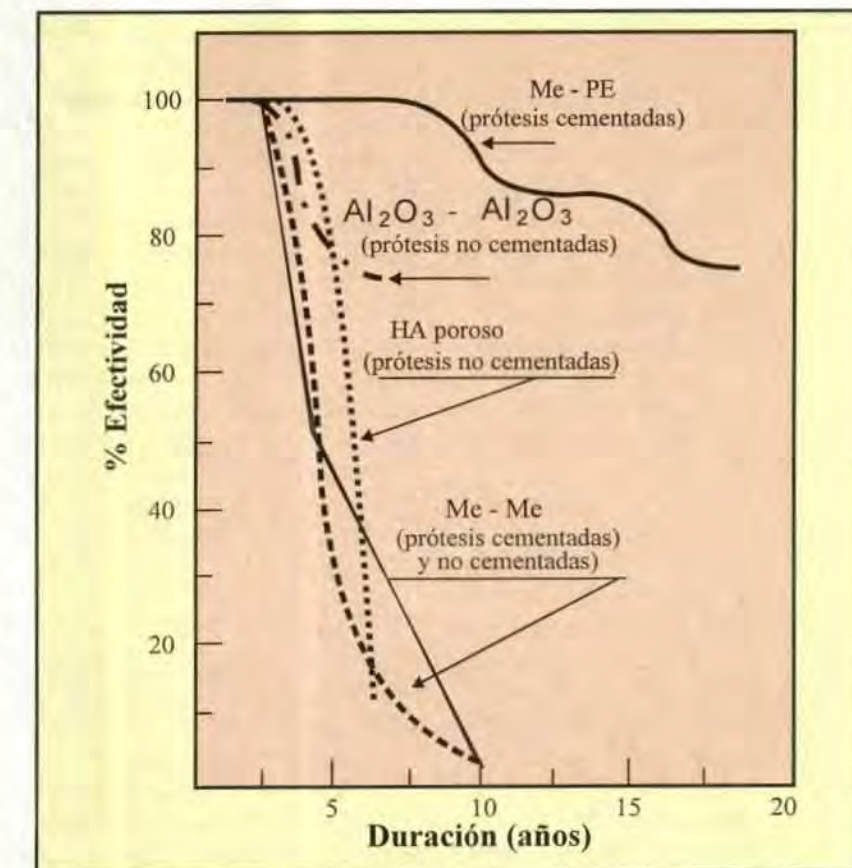


Figura 8. Capacidad de absorción en porcentaje y duración de algunos polímeros usados en los implantes

selección.

Otras propiedades de los polímeros relacionadas con su degradación biológica y su extraordinaria compatibilidad con la sangre están descritas en el capítulo sobre los polímeros biodegradables.

Resistencia al calor

Algunos productos hospitalarios, farmacéuticos y quirúrgicos deben ser esterilizados mediante calor, rayos gamma de cobalto o ciclos de óxido de etileno. Para estas exigencias, los polímeros deben reunir una serie de propiedades para evitar su deformación, deterioro o descomposición. Generalmente las temperaturas de esterilización, están en el orden de

los 140°C y muchos polímeros pueden fallar a esas temperaturas. El material favorito de muchos fabricantes de productos hospitalarios es el policarbonato, no sólo por su gran resistencia y estabilidad a esas temperaturas, sino por su excelente transparencia, que lo hace atractivo para muchos objetos médicos. Se usa también el teflón y otros materiales de buen comportamiento al calor

Comportamiento hidrofóbico e hidrofílico

Los polímeros "estables" aplicados al campo de la medicina, por lo general deben ser hidrofóbicos, es decir deben rechazar el agua, no absorberla y mucho menos deformarse o descomponerse en presencia del agua

o cualquier otra sustancia del cuerpo. Este comportamiento no solamente se exige de los productos hospitalarios, sino con mayor razón de los implantes permanentes.

Todas estas propiedades y requerimientos han llevado a los grupos de investigación a diseñar aparatos o dispositivos tan complejos como el corazón artificial, el cual existe desde los años 50, pero sin gran éxito, debido a las características particulares y únicas que posee este órgano.

A pesar de todos los conocimientos que produce y acumula a diario la medicina moderna, y a pesar de toda la ingeniería y tecnología incorporada en este campo, sólo se ha logrado con cierto éxito y limitada eficiencia, diseñar y fabricar una parte del corazón artificial (véase figura 9a-c), que sustituye, hasta cierto punto, el trabajo del ventrículo izquierdo durante aproximadamente tres años, hasta tanto se consiga un donante para practicar el trasplante de un corazón vivo. Los corazones artificiales completos no han dado los resultados esperados por las razones que a continuación se describen.

Si bien se ha logrado escoger los mejores materiales, en su mayoría polímeros, e imitar en gran parte las funciones hidráulicas y mecánicas del corazón vivo, hasta el momento no se ha podido reemplazar en su totalidad las funciones especiales y únicas que lo caracterizan: la capacidad de latir más de dos mil millones de veces, entre 70 y 90 ciclos por minuto, durante un promedio de vida de 70 a 80 años calculados para el ser humano.

A pesar de disponer de materiales de alta resistencia para algunas partes del dispositivo, y de contar con materiales elastómeros para reproducir la flexibilidad y la capacidad

de contracción propia del corazón, estos mismos materiales no son capaces de imitar ni la humedad, la suavidad o la capacidad contractil, ni la autonomía de aumentar o disminuir las pulsaciones y la presión sanguínea, en forma automática, según la actividad o el reposo, en que se encuentre el cuerpo en un determinado momento. Esto sucede porque no existe la conexión con el cerebro, por eso no obedece otras órdenes distintas a la energía de la batería. En la figura 9a-c se observa un corazón artificial, fabricado en su gran mayoría con polímeros de alta calidad, y que debe funcionar con baterías.

En estas circunstancias poco alentadoras, algunos investigadores en este campo han expresado, que se sentirían felices si logran construir un corazón artificial capaz de un total de 175 millones de latidos o una duración equivalente de 5 años, teniendo en cuenta que no existe ninguna máquina construida por el hombre que dure más de 50 años sin mantenimiento.

De todos modos, vale destacar que los polímeros siguen ocupando el primer lugar entre los materiales con altas prestaciones usados para estos fines.

MATERIALES POLIMÉRICOS SEMI-ESTABLES

En su aplicación como biomateriales, los polímeros semi-estables reemplazan actualmente una gran variedad de materiales convencionales, incluso algunos más resistentes que ellos, por su funcionalidad, su biocompatibilidad, su sorprendente similitud con los tejidos del organismo humano y, no por último, su economía.

El grupo de materiales que se trata en este capítulo, está relacionado con

aplicaciones médicas temporales. Es decir, los polímeros diseñados y confeccionados con los últimos adelantos tecnológicos, tienen el poder de sustituir temporalmente las funciones de órganos afectados y de biodegradarse con el tiempo o ser absorbidos por el sistema fisiológico o por su entorno, sin producir efectos secundarios, ni reacciones de rechazo.

La figura 3 presenta algunos materiales y compuestos semi-estables en aplicaciones temporales importantes.

Para entender la naturaleza de estos polímeros, debemos partir de los conceptos de "biodegradabilidad" que estudiamos anteriormente y establecer la diferencia entre los mecanismos de "biodegradación" y "absorción" que experimentan los implantes semi-estables en el organismo.

La biodegradación total o parcial de un implante obedece a la destrucción total o parcial de los enlaces que componen la macromolécula del polímero, dando lugar a la formación de fragmentos que se desplazan a otras partes del cuerpo o son eliminados por el sistema fisiológico.

En cambio, el proceso de absorción se debe a la solubilización parcial de un implante en el ambiente fisiológico activo, dando lugar a la formación de pequeños compuestos solubles que son absorbidos por el organismo o eliminados por acción metabólica.

Cualquiera de los procesos que actúe sobre el implante, y dada la semi-estabilidad del material, debe sostener las funciones biológicas y físico-mecánicas durante su biodegradación o bioabsorción, para permitir que sus funciones y resistencia mecánica sean transferidas paulatinamente al tejido en proceso de regeneración. He aquí algunas razones que explican

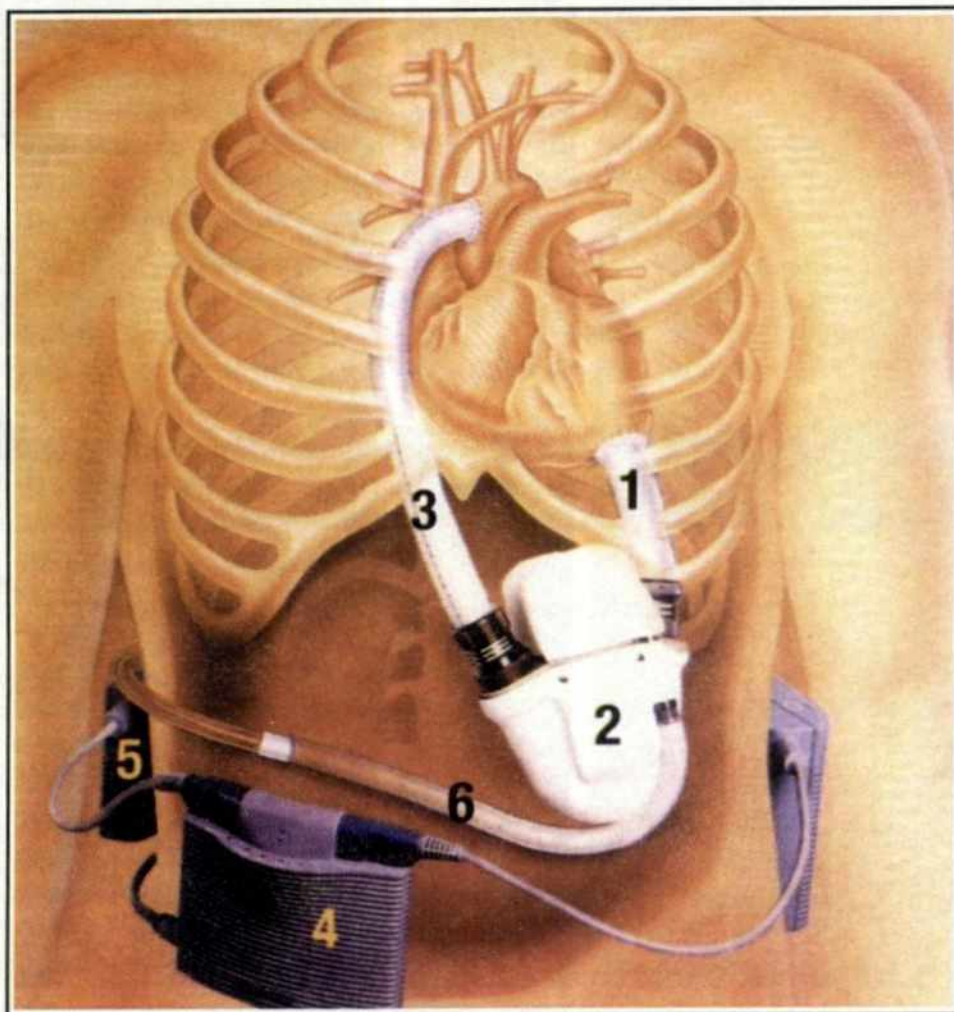


Figura 9a. Corazón artificial



Figura 9b. Despiece del corazón artificial



Figura 9c. Despiece del corazón artificial

Figura 9. Corazón artificial

el gran interés que la medicina tiene en los polímeros semi-estables como implantes temporales:

a. El implante sirve de soporte, manteniendo los tejidos lesionados unidos, durante el periodo de curación o cicatrización. En una segunda fase, el implante y su entorno se incorporan gradualmente en un tejido común. Finalmente, los

esfuerzos y funciones son transferidos al tejido reparado.

b. Los implantes semi-estables, diseñados convenientemente con los materiales correctos, no requieren de una segunda operación como los implantes metálicos, pues no presentan problemas de aflojamiento ni de rechazo.

c. Los implantes poliméricos, a pesar

de tener toda una ingeniería incorporada, son relativamente económicos, una vez se dominan los criterios para la selección de los materiales, su proceso de fabricación y las técnicas de cirugía.

Los constantes desarrollos en el terreno de los materiales para implantes permitirán en corto tiempo disponer de nuevas y mejores

POLÍMEROS	UTILIZACIÓN	POLÍMEROS	UTILIZACIÓN
POLIOLEFINAS: Polietileno Polipropileno Polibutileno Poli (metil 4 penteno 1) Copolietileno (acetato de vinilo)	Hilos de sutura, embalajes, cirugía plástica, vendas, etc.	POLÍMEROS NATURALES Polisacáridos Polipectidos Ácidos polilácticos	Sustitutos de la sangre
POLIVINILICOS Policloruro de vinilo Polialcohol vinílico Polifloruro de vinilo Polivinilpirrolidonas	Tubos, catéteres, embalajes, sacos de transfusiones Agentes mojantes	ELASTÓMEROS Cauchos naturales, siliconas	Ventrículos artificiales, tubos sanguíneos, lentillas de contacto, cirugía plástica, válvulas de líquidos cefálicos, encapsulación de estimuladores cardíacos, quemaduras, cirugía plástica
POLÍMEROS FLUORADOS Teflón Copolietileno / propileno perfluorado Policloruro de trifluor etileno	Anclajes vasculares, huesos Implantes estéticos Válvulas	POLIÉSTERES Saturados Insaturados POLICARBONATOS POLIÁLICOS	Fijación de válvulas ortosis Componentes de válvulas Protección de ojos, lentillas oftálmicas
POLIACRÍLICOS Metacrilato de metilo Cianocrilato Poliacrilonitrilo Poliacrilato de hidroxietileno	Material operatorio, odontología, hilo de sutura, vidrios, plásticos, soportes de medicamentos	CELULÓSICOS Acetato de celulosa Acatobutirato de celulosa	Membranas Montura gafas
POLIAMIDAS PA 6 PA 6.6 PA 11	Recubrimientos de prótesis Embalajes membranas permeables	EPÓXIDOS Poliuretanos	Montura gafas, estimuladores cardíacos, material de asistencia cardíaca
		POLIÉSTERES Polióxido de metileno Polióxido de fenileno	Válvulas cardíacas

Tabla 2. Materiales poliméricos de mayor utilización como biomateriales

alternativas, que evitarán definitivamente el retiro de implantes y prótesis por fallas físico-mecánicas o infecciones, que hoy se presentan por lo general después de algún tiempo. Los materiales de mayor uso se pueden apreciar en la tabla 2.

En este contexto vale considerar el tiempo promedio de absorción o biodegradación del implante, o sea el tiempo que transcurre entre la implantación y la reabsorción por el organismo, que varía según el caso y el material implantado, y puede ser de días, meses o años.

Experiencias de varios facultativos, entre ellos el español Antonio Navarro Quilis, experto en implante total de caderas, indican que la duración media de una prótesis de cadera es de 20 años para una persona mayor de edad y de 12 años en una persona

joven. En deportistas y personas que hacen muchos esfuerzos físicos, su duración puede ser menor.

Por eso es importante la combinación de materiales que garantice su resistencia al desgaste y a la fatiga, tal como ya comentamos antes. Pero no sólo es importante el factor desgaste, sino la cualidad del "cemento" que se deposite entre el vástago de titanio y el hueso. Este requiere de cierto grado de biocompatibilidad para evitar excesiva rigidez que atrofiaría el hueso, impidiendo la regeneración del tejido óseo. Pero tampoco debe ser demasiado elástico, para evitar el aflojamiento del implante, que causaría daños en la misma prótesis y en las zonas adyacentes. Vale resaltar el gran aporte de los polímeros semi-estables al desarrollo de la cirugía en el mundo, en aplicaciones

como adhesivos y cementos óseos.

Otro aspecto interesante son las técnicas de implantación, donde no sólo debe considerarse las propiedades de los materiales, sino en primer lugar problemas de ingeniería de la prótesis. Me refiero al análisis de esfuerzos mecánicos y la construcción de la componente electrónica, cuando se trata de implantes con características dinámicas que hacen todavía más complejo su diseño.

Las figuras 10 a y b se muestra a manera de ejemplo una prótesis de cadera, a la cual podemos aplicar el siguiente análisis:

En la figura 10a vemos un esquema de la cadera completa. Asumiendo que el peso del tronco más la carga admisible que la persona esté

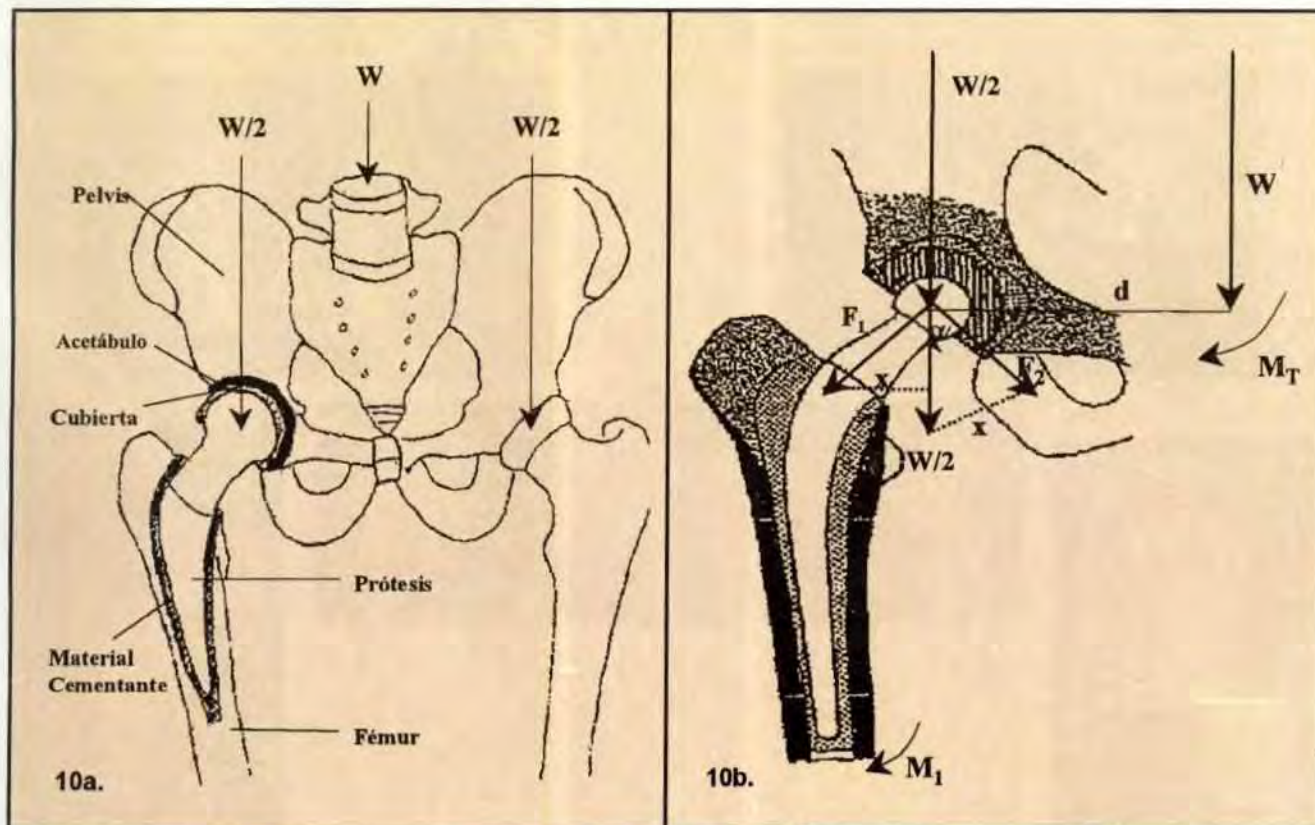


Figura 10a-b. Prótesis de cadera

soportando o transportando en un momento dado, sea W , la carga completa está distribuida en $W/2$ sobre los acetábulos. La figura 10b presenta el sistema de fuerzas actuando sobre un solo lado de la cadera. Como se observa, el peso total W , genera un momento igual a:

$W/2 \times d$, que tiende a separar las piernas o, en el caso real, a flexionarlas como se muestra en 10a.

La fuerza $W/2$ que actúa sobre el acetábulo genera un sistema de fuerzas como el que muestra la figura 10b, del cual se derivan las siguientes relaciones:

$$\text{Sen } \alpha = F_1 / W/2 \quad F_1 = W/2 \times \text{Sen } \alpha;$$

$$\text{Cos } \alpha = F_2 / W/2 \quad F_2 = W/2 \times \text{Cos } \alpha;$$

$$\text{y } M_1 = F_2 \times X;$$

Como se puede observar, F_1 y F_2

generan a su vez dos reacciones R_1 y R_2 , fuerzas que lesionan o desgastan el muñón y la cuna, sobre la cual presiona y gira el sistema articulado.

El momento M_1 generado por la fuerza F_2 actúa en carga distribuida sobre el material cementante, aflojando la prótesis en su alojamiento y agrietándola con el tiempo.

Este simple sistema de esfuerzos fácil de analizar debe ser tenido en cuenta tanto para el diseño y selección de los materiales de la prótesis y sus partes como para la selección y manejo del material cementante.

Uno de los "cementos" de mayor uso en la implantación de prótesis son los acrílicos, especialmente el polimetacrilato de metilo PMMA el cual, mezclado con su monómero metacrilato de metilo MMA, en

estado líquido, forma un compuesto viscoso que, por reacción exotérmica a temperaturas de 90°C o más, se vuelve pastoso. En un proceso posterior de curado se endurece en 5 a 15 minutos, tomando la forma del molde donde se haya alojado. Es utilizado en las más diversas aplicaciones que van desde la ortodoncia hasta las prótesis de cadera, rodilla y otras.

Sus mayores ventajas son su excelente poder adhesivo primario entre la prótesis y el hueso, la rápida recuperación del paciente y una técnica sencilla de aplicación, pues el cemento puede ser elaborado en el momento y lugar de la operación, mezclando el PMMA y el MMA. Además, puede ser moldeado y adaptado a las geometrías más complejas, logrando una buena adherencia mecánica, como lo muestra la figura 11.

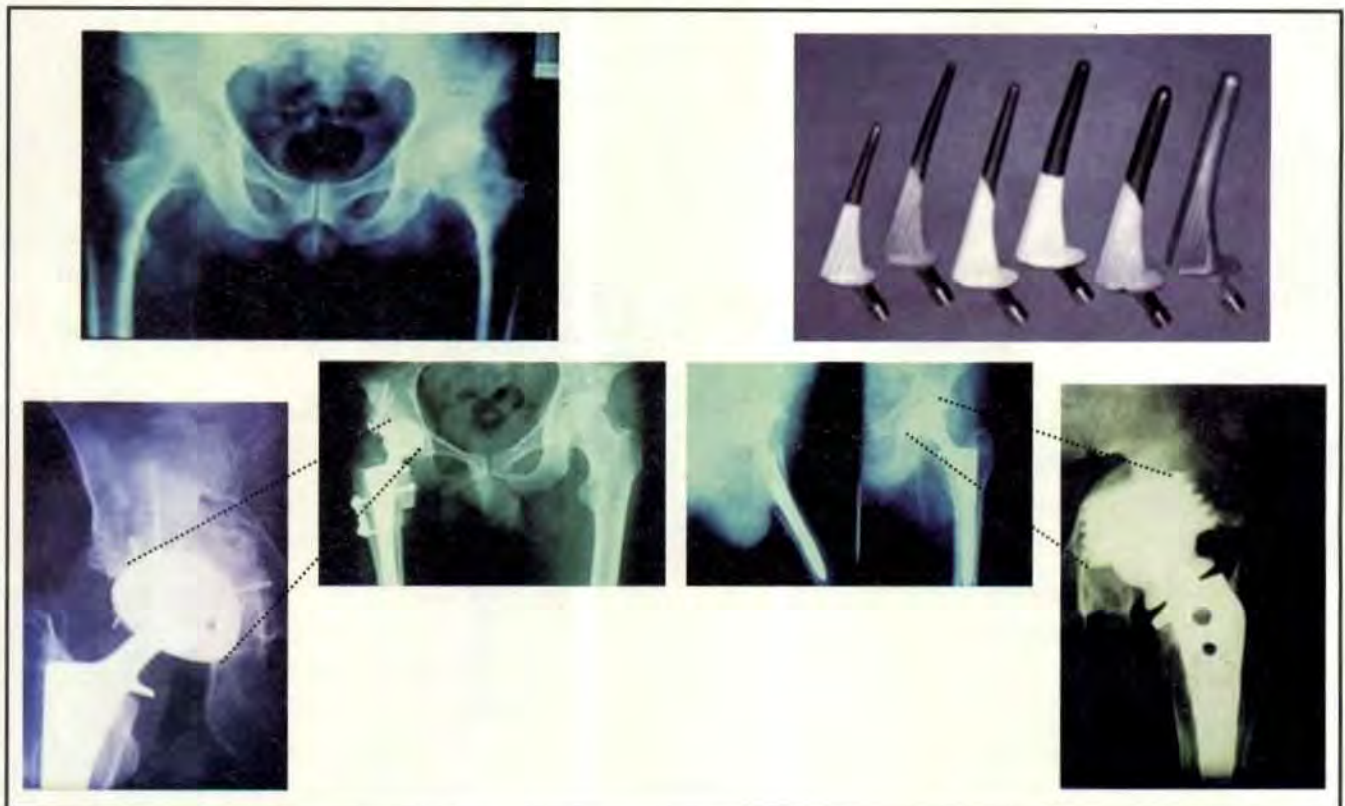


Figura 11. Radiografías de prótesis total de cadera

Sin embargo, ante ciertas exigencias, sus propiedades mecánicas no son las mejores, en comparación con otros materiales que se utilizan en los implantes.

Evidentemente, los materiales acrílicos poseen un bajo módulo de elasticidad y baja resistencia a la tracción, pero se caracterizan por un buen comportamiento en condiciones de compresión, lo cual explica su idoneidad como "cementos" en ambientes fisiológicos.

Algunas veces, el aflojamiento de las prótesis se atribuye a fallas del cemento acrílico. Se señalan ante todo las técnicas de mezclado y aplicación, pues tratándose de un proceso exotérmico, temperaturas demasiado altas de vaciado a la cavidad pueden producir necrosis celular, o sea la muerte de las células del hueso en la zona adyacente al depósito, que atrofia el hueso e inhibe la formación de nuevo tejido óseo en su entorno.

Otros análisis de fallas culpan además los tipos de monómero y polímero que se están usando, la proporción entre la parte sólida y líquida (proporción recomendada: 2,7 a 1), la temperatura, el medio ambiente, en el cual se prepara la mezcla, la limpieza / asepsia del medio, los líquidos corporales que estén presentes en el proceso, y por último el retraso en el vaciado de la mezcla a la cavidad. Todos estos factores afectan el curado de la mezcla y pueden influir en la fuerza adhesiva, a largo plazo. Otro aspecto importante es el espesor de la capa cementante, que no debe ser mayor de 3 mm, pues capas más gruesas tienden al agrietamiento.

En la búsqueda de una mayor duración de la prótesis implantada, se viene trabajando en nuevas mezclas y aditivos que mejoren el

comportamiento mecánico, incorporando fibras sintéticas de alta resistencia y compuestos cerámicos, sintéticos y naturales como la hidroxiapatita que, si bien proporcionan al cemento una cierta porosidad que puede afectar su resistencia, promueven el crecimiento de células óseas y con ello la formación de tejido nuevo, lo cual garantiza una unión más duradera entre la prótesis y el medio vivo que la rodea.

En los últimos años, los cementos óseos han tenido una importante evolución. Por eso me parece justo mencionar por lo menos algunas de las mezclas más novedosas.

La cirugía ortopédica y la ortodoncia maxilar, donde se debe llenar cavidades de huesos defectuosos, enfrenta problemas que siguen siendo objeto de estudio e investigación. Se ha encontrado que los polímeros de origen acrílico y materiales biodegradables como el colágeno, la quitina y la quitosana junto con materiales cerámicos dan buenos resultados como implantes óseos, usando la tecnología del plasma para recubrimientos duros. En la figura 7a se muestra un vástago de titanio con depósito de hidroxiapatita, el cual hace innecesario el uso de cementos. El Centro ASTIN está adquiriendo una planta de recubrimiento duro que se aplicará a herramientas y elementos de máquinas industriales para mejorar su resistencia al desgaste, pero también puede ser utilizada en estas aplicaciones.

La hidroxiapatita natural se extrae de los corales del mar y debe su éxito en la medicina a su gran afinidad química con los minerales del hueso. Pertenece a los fosfatos cálcicos $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$ que, sin ser un polímero, se deja moldear y mezclar con polímeros, formando compuestos de matriz polimérica de alta biocom-

patibilidad y excelente biointegración con las células óseas del huésped y estableciendo enlaces químicos entre la superficie del implante y el hueso de relación tan estrecha y rígida que sus límites no son perceptibles ni siquiera bajo el microscopio.

El capítulo sobre los materiales biodegradables, un amplio y apasionante campo de investigación e ingeniería, en el cual también incursionó el Centro ASTIN, será publicado en la próxima edición del Informador Técnico.

BIBLIOGRAFÍA

GNAUCK, Bernhard; FRUNDT, Peter. "Iniciación a la química de los plásticos", Munich: Carl Hanser, 1989

Revista de Plásticos Modernos, 77(511), ene.1999

MUZZARELLI, Ricardo A., "Chitosan per os. Fron dietaty supplement to drug carriere

Revista Mundo Científico, 23, jul.-ago.1999

MUZZARELLI, Ricardo A.; MARTIN G., Peter. "Chitin handbook", European Chitin Society

DEBRUNNER, Hans U. "Orthopädisches diagnosticum"

MOLINA, Javier. "Reumatología", Corporación para investigaciones biológicas

www.newtonsigloXXI.com
www.discoverychannel/health
www.traumaweb.net
www.aap.de
www.fondotema.org
www.redhucyt.oas.or
www.brs.sld.cu



PRINCIPALES MATERIALES PLÁSTICOS PARA LA MANUFACTURA DE ENVASES Y EMBALAJES

Por: Neil Robson

Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC

INTRODUCCIÓN

Los plásticos representan en la actualidad uno de los principales materiales para envase y embalaje, utilizados principalmente en forma de sobres, bolsas, botellas, frascos, tubos y cajas. Los plásticos tienen también otras aplicaciones en materia de envase y embalaje de transporte, donde han sustituido al acero, la madera y el vidrio. Además, se utilizan para el flejado de las cargas peletizadas, haciéndolas más

seguras, mediante películas retráctiles y estirables.

Los plásticos son productos sintéticos hechos a partir del petróleo, carbón o gas natural. A pesar de las fluctuaciones en el precio del petróleo y, consecuentemente en las materias primas hechas a base de éste, que sirven como base en la conversión de plásticos, existirán otras aperturas a futuro, en cuestión de envasado y embalado. Gracias a su flexibilidad, plegabilidad, adaptabilidad y facilidad

de manejo, los plásticos continuarán expandiéndose en el mercado en contra de la competencia de otros materiales como fibras naturales, el vidrio y el metal.

No hay duda que continuarán desarrollándose nuevos materiales plásticos, así como nuevas combinaciones de materiales naturales y sintéticos, en forma de productos para envase y embalaje, copolimerizados, estratificados o coextruidos, a fin de responder a

Sigla	Descripción	Sigla	Descripción
PE*	Polietileno	PA*	Poliamida (nylon)
LDPE*	Polietileno de baja densidad	PVC*	Poli cloruro de vinilo
MDPE*	Polietileno de densidad media	PVDC*	Poli cloruro de vinilideno ("Saran")
HDPE*	Polietileno de alta densidad	PVA	Poli acetato de vinilo (también denominado PVAC)
Poliéster*	Poliéster	PVAL	Poli alcohol vinílico
PP*	Polipropileno	CMS	Carboxi metal celulosa
PPO*	Polipropileno orientado	AC*	Acetato de celulosa
PS*	Poliestireno	EVA	Acetato de etileno y vinilo
PSO*	Poliestireno orientado	TPX	Poli penteno
PSE	Poliestireno expandido	CAB	Butinato de celulosa y acetato
SAN	Copolímero estireno acrilonitrilo	EC	Celulosa etílica
ABS	Copolímero acrilonitrilo butadieno estireno	PET	Politereftalato de etileno

* Sustancias descritas brevemente en este artículo

Tabla 1. Abreviaturas de plásticos

todas las necesidades del mercado.

DENOMINACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

Se han desarrollado abreviaturas estandarizadas para los diferentes tipos de plásticos, que se utilizan universalmente para simplificar la designación de esos materiales. Las abreviaturas más comunes son las descritas en la tabla 1.

PRINCIPALES MATERIALES PLÁSTICOS PARA ENVASE Y EMBALAJE

Polietileno (PE)

El polietileno, polímero de etileno, es el plástico más importante usado en envase y embalajes. Se clasifica en tres grupos principales:

- LDPE (polietileno de baja densidad): 0,910 a 0,925 g/cm³
- MDPE (polietileno de densidad media): 0,926 a 0,940 g/cm³
- HDPE (polietileno de alta densidad): 0,941 a 0,965 g/cm³

El polietileno de baja densidad (LDPE)

es el tipo de PE más utilizado en el envasado, en forma de películas, sobre todo para la producción de bolsas. El LDPE admite fácilmente el termosellado y representa el grado de PE más económico. La gama de los LDPE está formada por diversos materiales que contienen agentes resbalantes o antiresbalantes, según las exigencias que requiera el embalaje de acuerdo a la estabilidad en la estiba. Las bolsas para el embalaje de productos perecederos, que contienen agentes deslizantes, representan otra aplicación del LDPE. En síntesis, el LDPE es un material para envasado resistente y flexible, con usos múltiples.

El polietileno de densidad media (MDPE), a diferencia del LDPE, es un material utilizado en aplicaciones que requieren mayor rigidez o un punto mayor de ablandamiento. Sin embargo, el MDPE es algo más caro que el LDPE.

El polietileno de alta densidad (HDPE) es un material más rígido que los dos anteriores. Puede someterse a temperaturas que alcanzan los 120°C, lo que permite utilizarlo como embalaje esterilizable por vapor. El HDPE, en forma de cintas, puede servir para la fabricación de sacos tejidos. Sin

embargo, para esta última aplicación, es más común el polipropileno.

Los PE, en todas sus formas, debido a sus propiedades, resultan plenamente adecuados para utilidades en envase y embalaje. Ante todo, ofrecen una buena protección contra la humedad y el agua (dependiendo de la densidad utilizada). El PE es fácil de sellar en caliente y conserva su flexibilidad a temperaturas muy bajas. Puede emplearse en congelación profunda, a temperaturas inferiores a -50°C. Además, su curva de viscosidad presenta un aspecto uniforme en distintas temperaturas; ello permite manejarlo y transformarlo fácilmente. Desde el punto de vista del impacto fisiológico, durante su disposición final, los únicos productos de la combustión del PE son el bióxido de carbono y el agua.

Sin embargo, el PE, especialmente LDPE, es muy permeable al oxígeno y presenta muy baja resistencia a las grasas. Si este material está mal convertido libera un olor desagradable cuando la temperatura de extrusión es muy alta. Además, el LDPE es difícil de manejar en la maquinaria de envasado, sobre todo debido a su baja rigidez.

Tipo de PE	Humedad, índice de transmisión *	Transmisión de gases **		Resistencia a la ruptura ***
		O ₂	CO ₂	
LDPE	1,4	500	1.350	1.700
MDPE	0,6	225	500	2.500
HDPE	0,3	125	350	4.000
Unidades: * g/100 pulgadas cuadradas/24h/1 mil ** cc/100 pulgadas cuadradas/24h/1 mil *** lb/pulgada cuadrada/1 mil				

Tabla 2. Propiedades según la clase de PE

El PE transparente, con una estructura cristalina, puede obtenerse por enfriamiento rápido después de la extrusión; de lo contrario su apariencia es blancuzca y translúcida. La mayor parte de los PE se utilizan como películas extruidas, en la manufactura de envolturas, sobres y bolsas. También el PE es extruido como revestimiento de papeles y cartones sólidos y es el material más utilizado en el proceso de soplado para la fabricación de botellas y frascos, tubos flexibles, cajas, jaulas, barriles, etc. Otra función importante del PE es la fabricación de diferentes tipos de cierres, en donde su inercia química representa una ventaja. Las películas de PE orientadas y preestiradas, tienen una amplia utilización en las operaciones de envoltura.

Las propiedades del PE varían de un fabricante a otro. Estas propiedades también varían con la clase del PE, según lo indica la tabla 2.

Polipropileno (PP)

El polipropileno es otro tipo de plástico olefínico. Más rígido que el PE, ofrece mayor resistencia a la ruptura. También es más transparente y menos permeable que el PE. La temperatura de ablandamiento del PP, en especial debido a su alta cristalinidad, puede alcanzar, los 150°C, lo que permite utilizaciones farmacéuticas que requieren la esterilización en autoclave. El PP también se utiliza para el envase de bocalillos que pueden calentarse o incluso hervirse, dentro del mismo. Por último, el PP se utiliza en la fabricación de cierres por inyección-moldeado.

La densidad del PP puede alcanzar 0,90 g/m³, y compite fuertemente con el PE en utilizaciones especiales, debido que puede hacerse muy delgado. También ha sustituido al celofán, por ejemplo, en el envase de

paquetes de cigarrillos. Sin embargo, el PP puede romperse a temperaturas muy bajas, aunque resiste a esas condiciones cuando está copolimerizado con etileno.

El PP, principalmente utilizado como película, ofrece una variedad de aplicaciones más o menos análogas a las del celofán, sobre todo debido a su excelente transparencia. La película de PP suele estar orientada (PPO) mediante estiramiento en una o dos direcciones, lo que la hace más estable y resistente.

La película de PPO puede manejarse con facilidad por numerosas máquinas de envasado, gracias a su estabilidad. Es perfectamente transparente e impermeable a la humedad y a la mayoría de los aromas. Sin embargo, es difícil de termosellar, a menos que esté coextruido con PE.

El PP tiene amplia utilización como material para cierres de bisagra en envases rígidos y se desempeña con éxito en situaciones en donde factores externos hacen al PE insatisfactorio. La aplicación más común del PP es en sacos y costales tejidos (tipografía).

Poliestireno (PS)

El poliestireno es un plástico a base de petróleo, producido por polimerización del estireno. Este material, perfectamente transparente, es muy permeable al vapor de agua y a los gases. Debido a su baja resistencia al impacto, este plástico rígido es con frecuencia recubierto con caucho sintético o butadieno para darle mayor resistencia. El añadido de butadieno elimina, sin embargo, la transparencia del PS y le da un aspecto blancuzco.

El PS permite fácil conversión para aplicaciones de envase y embalaje. Se presta para el soplado, la inyección, la extrusión, el termoformado,

etc., pero sus aplicaciones son limitadas, sobre todo por su baja densidad. Se utiliza generalmente para charolas y botes, usados por ejemplo para legumbres y carnes frescas, yogur y otros productos lácteos. El PS sirve también como película para envolver frutas y legumbres como los tomates y las lechugas. La orientación biaxial del PS le otorga mayor resistencia, recibiendo entonces la denominación de película de poliestireno orientado (PSO).

El poliestireno expandido (PSE) se produce mediante un tratamiento calorífico, especial sobre gránulos de PS. El vapor caliente causa que el pentano presente en el material se expanda y forme una estructura celular. El PSE sirve como material de relleno en el interior de los embalajes que contienen objetos delicados; el PSE se moldea alrededor del producto, para ajustarlo dentro del embalaje. También se usa ampliamente para la manufactura de charolas para fruta, carne fresca, pescado húmedo, pasteles, galletas, huevos, etc.

Poliésteres

Los poliésteres, o plásticos de ésteres lineales, se fabrican por condensación, igual que los poliamidas. En muchos casos se extruyen para formar películas biaxialmente orientadas. El poliéster tiene gran resistencia mecánica y soporta temperaturas que pueden alcanzar los 300°C. La película de poliéster es una buena barrera contra el vapor de agua y es resistente a los solventes orgánicos, pero es difícil de sellar, por lo que a menudo es coextruido o laminado con polietileno.

La película de poliéster puede revestirse de PVDC para reducir su permeabilidad a los gases y los olores. En combinación con aluminio y PE, ofrece un excelente material para el



envasado al vacío de café o de productos cárnicos, etc. A veces se utiliza para productos que pueden hervirse con su envase (bolsa), sobre todo por su resistencia a las altas temperaturas. Las películas de poliéster son termoformables. Existen también versiones retráctiles de estas películas.

Una de las aplicaciones más recientes del poliéster es en forma de politereftalato de etileno (PET), destinado a botellas de bebidas carbonatadas. El PET se obtiene por la reacción del ácido tereftálico o el dimetiltereftalato con el etilenglicol.

Para obtener un material utilizable en procesos de extrusión o inyección, con propiedades mecánicas adecuadas y una correcta posibilidad de maquinado, es preciso aumentar la densidad del material mediante postcondensación en estado sólido.

La extensión de la cadena molecular está relacionada con el grado de polimerización del producto y explica la diferencia de las propiedades de una forma del material al otro. Esto afecta la viscosidad del fundido, que se mide como su viscosidad intrínseca en solución. Durante su conversión, el PET puede degradarse en presencia de vapor de agua, por excesivo calentamiento y por «corte»

del material fundido.

El PET tiene la misma transparencia y brillo del vidrio, es resistente a los aceites y las grasas, baja permeabilidad a los gases, buena resistencia a los impactos y a la presión interna, e inercia total al contacto con la mayoría de los comestibles. Se utiliza para botellas de bebidas carbonatadas, aceites, vinagre y charolas para comidas precocinadas. Cuando se combina con capas de otros materiales barrera, es también utilizado para cerveza y bebidas vitaminadas.

Existen otras formas de PET - completamente cristalizado (CPET) y amorfo (APET). Estos productos, derivados de la misma molécula básica, son modificados por aditivos que retardan o aceleran la cristalización del producto o modifican su comportamiento bajo ciertas condiciones, como la resistencia al impacto a baja temperatura.

El CPET es resistente a la abrasión, a los impactos, puede soportar temperaturas comprendidas entre -25°C y $+220^{\circ}\text{C}$. Es un material recomendado para alimentos congelados o refrigerados.

El APET es muy rígido; resistente a la abrasión, los impactos, la intemperie,

el rasgado y las repetidas flexiones. Es un material recomendado para cartón plástico (cajas plegables), charolas transparentes, tapas embisagradas, envases tipo ampolla, cajas-charola para exhibir pasteles y galletas, etc.

Poliamida (PA)

La poliamida, de la cual el nylon es una versión registrada, tiene excelente resistencia mecánica y resistencia al calor. Existen varios tipos de poliamidas, algunas con puntos de fusión que pueden alcanzar los 250°C . La PA se utiliza en algunos envases multi-capas, especialmente en aquellos para envasado al vacío, para cortes de carnes frescas o quesos, en máquinas de termoformado alimentadas por bobinas. La poliamida, con frecuencia es coextruida con diferentes películas de PE, de distintos espesores, por lo cual, puede ser sellado a calor. La PA se utiliza ampliamente para el envasado de artículos esterilizados para los hospitales.

Poli cloruro de vinilo (PVC)

Existen dos clases de poli cloruro de vinilo: el PVC rígido y el PVC plastificado. El primero es impermeable al vapor de agua y a los gases y es resistente a las grasas. Se utiliza para envases termoformados para

mantequilla y margarina. Su transparencia le permite ser usado en la fabricación de botellas para aguas minerales o aceites de mesa y jugos de frutas, así como contenedores para cosméticos. Algunas variedades son resistentes a la presión de los gases y se han usado para el envasado de cervezas y bebidas carbonatadas.

El PVC plastificado se utiliza para el empaqueo de carnes y pescados frescos, frutas y legumbres y otros productos frescos. Igualmente puede utilizarse para el flejado de cargas paletizadas. También existen otras películas de PVC plastificado que sirven para el empaqueo de discos, por ejemplo, o de otros productos que requieren películas resistentes a la perforación.

Por otra parte, el PVC, presenta una baja estabilidad térmica. Para su extrusión conviene añadirle estabilizantes especiales. Sin embargo, el uso de estos estabilizadores, está prohibido en algunos países, especialmente al contacto con comestibles, y también existen reglamentaciones que limitan la cantidad máxima de residuos de monómeros de vinilo en el producto terminado. En algunos países se ha prohibido el uso del PVC para embotellar agua.

Poli cloruro de vinilideno (PVDC)

El PVDC copolimerizado, normalmente con cloruro de vinilo, se le conoce en general, con el nombre de la marca registrada «Saran». El PVDC, tiene excelentes propiedades de barrera a gases, vapor de agua, oxígeno y anhídrido carbónico. También resiste a las grasas y los productos químicos. El procedimiento de fabricación es mediante extrusión en un baño de agua y el tubo que así se obtiene es soplado por aire hasta un diámetro muy grande, generándose doble orientación. A continuación, la

película se aplanan, se corta longitudinalmente y se enrolla.

El PVDC es muy utilizado en laminados con papel y cartón. En esos casos, es preciso recurrir a varias capas para alcanzar buenos resultados.

Sus aplicaciones principales son el envasado de productos que requieren materiales impermeables, como quesos y carne de aves, que a menudo se envasan al vacío en películas estirables. El PVDC puede sellarse al calor mediante equipos de alta frecuencia o impulsos eléctricos.

Gracias a sus buenas propiedades de protección - que son de las mejores entre todas las películas plásticas que actualmente existen en el mercado - el PVDC es un material de amplia utilización para productos que requieren una fuerte protección, en especial los productos a los que perjudica la humedad, como los bizcochos. En este caso, el celofán que se utiliza para su envasado, se recubre con PVDC. También se fabrica en coextrusión con otros materiales plásticos, para formar materiales laminados sofisticados, como el complejo PE/PVDC/PE.

Celulosa regenerada

La celulosa regenerada (celofán), conserva el liderazgo, entre los productos de materiales celulósicos utilizados con fines de envasado. El celofán fue, durante mucho tiempo, la película más usada para envase, explotada comercialmente en grandes cantidades. Después cedió terreno, en gran medida a las poliolefinas, y en especial al polipropileno. Sin embargo, sigue constituyendo un importante material de envase para ciertos usos.

El celofán se produce a partir de una pulpa química muy pura, de origen vegetal, mezclada con solventes para

lograr una mayor consistencia. La pulpa viscosa que así se obtiene se proyecta, a través de un orificio largo y estrecho, en un baño regenerante, en donde se forma una película. El nombre de «celofán» fue en su origen una marca registrada que más tarde se convirtió en denominación genérica. Existen diversas formas de celofán con diferentes usos.

El tipo más utilizado es la clase MSAT. Este designa una calidad de celofán resistente al vapor de agua, termosellable, transparente y permite la aplicación de tintas. El celofán suele recubrirse de nitrocelulosa o de PVDC. Estos recubrimientos otorgan al celofán una buena resistencia al vapor de agua y facilidad para el sellado, además de sus calidades de protección contra los gases y los olores. El celofán tiene amplia utilización en la industria textil y de la confección, por su transparencia y rigidez, y en particular por sus buenas propiedades de manejo, en máquinas operadas a gran velocidad. Recubierto en una de sus caras con un material de barrera, se utiliza a veces para carnes frescas y productos cárnicos.

A diferencia de otros tipos de películas plásticas, el celofán recubierto con PVDC plantea un problema en cuanto al sellado, el cual pierde adherencia con la laca de PVDC en la superficie recubierta. Este material se desgarran con facilidad, lo que algunas veces constituye una ventaja cuando se trata, por ejemplo, de envasado de dulces. El celofán es un material sobre el que es fácil imprimir con cualquiera de los métodos utilizados.

La flexibilidad del celofán se relaciona directamente con su índice de humedad; en estado seco, el celofán se desgarran con facilidad. Es absolutamente indispensable escoger el tipo de celofán adecuado cuando se trata de utilizarlo a bajas temperaturas.

El celofán se utiliza principalmente para envasar productos comestibles, tabaco, textiles y productos de confitería. Para el envase de estos últimos, se emplean bolsitas laminadas o bolsas de celofán-cera-celofán, o de celofán-pegamento-celofán. En ambos casos la parte impresa se coloca dentro de la superficie de una de las capas de celofán. Otras utilizaciones importantes del celofán laminado se refieren al embalaje al vacío de productos como las carnes y sus derivados, los quesos, el pescado, las legumbres conservadas en vinagre, la mostaza, etc.

Acetato de celulosa (AC)

Debido a su brillo y transparencia, el AC se usa para poner ventanas en los envases opacos, así como para cajas para regalo. El acetato de celulosa puede ser de suma utilidad en los envases termoformados o envases-ampolla («blister»). El AC, sumamente estable en diversas condiciones de humedad, sustituye al celofán en la fabricación de ciertos materiales complejos, como los utilizados para portadas de libros, fundas de discos, folletos, etc.



PROPIEDADES GENERALES DE LOS PLÁSTICOS

Las propiedades más importantes de los plásticos usados para envase y embalaje, son las siguientes:

- Resistencia a la tensión
- Resistencia al rasgado
- Resistencia al impacto
- Rigidez
- Estabilidad térmica
- Resistencia a la humedad

- Barrera contra los gases.

Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión expresa la fuerza necesaria para la ruptura de un material al estirar una sección transversal dada del mismo. Las películas de poliéster o PPO tienen una resistencia a la tensión muy elevada, que normalmente excede los 400 kp/cm²; el celofán puede alcanzar valores de más de 600 kp/cm², mientras que el LDPE ofrece una resistencia que oscila entre 100 kp/cm² y 200 kp/cm².

Resistencia al rasgado

La resistencia al rasgado constituye un factor importante, que determina directamente la utilización final de numerosas películas de plástico para envase y embalaje. Ésta indica la facilidad de manejo de las películas en operaciones automáticas de máquina. Una baja resistencia al rasgado, algunas veces, resulta necesaria para ciertos embalajes, como las bolsas de papas fritas. El PE ofrece una buena resistencia al rasgado, mientras que el acetato de celulosa y las películas de poliéster tienen una resistencia muy baja.

Resistencia al impacto

La resistencia al impacto es una propiedad cuya determinación resulta útil, sobre todo en la fabricación de embalajes para productos pesado o de grandes contenedores que están sujetos a sufrir golpes durante las operaciones de transporte. El método de medición consiste en dejar caer un peso de una altura determinada sobre la película plástica y registrar la fuerza relativa necesaria para atravesar o rasgar el material.

Rigidez

La rigidez es una propiedad significativa cuando se trata de películas plásticas que son manejadas en máquinas automáticas. También es importante en botellas y cualquier otro contenedor que requiera máxima resistencia a la compresión con un espesor mínimo de sus paredes. La rigidez se determina aplicando un peso a la película estirada y midiendo la tasa de deformación.

Estabilidad térmica

Una serie de factores están involucrados en la estabilidad térmica de los plásticos:

- El punto de ablandamiento, el cual corresponde a la temperatura a la que la estructura rígida de los termoplásticos empieza a romperse. Esto se determina por una pequeña pieza de prueba, sometida a un calentamiento controlado, seguido por la medición de la temperatura a la cual, una aguja de un determinado peso, penetra en dicha pieza a la profundidad de un milímetro. Este procedimiento se denomina punto de ablandamiento de Vicat.
- Índice de fusión, es una expresión utilizada para indicar el índice de fluidez de los termoplásticos, a

determinada temperatura y presión, a través de un orificio durante determinado tiempo. Expresa la cantidad (en gramos) de plástico que pasa por el orificio, en un período de diez minutos.

- La resistencia del termosellado, es la medida de la fuerza necesaria para separar dos superficies de plástico termoselladas. El PE presenta una resistencia de sellado muy elevada, mientras que la del celofán es baja. Una buena resistencia, sin embargo, no resulta siempre necesaria, sobre todo cuando se trata de envases para dulces, caramelos y botanas del tipo de las papas (patatas) fritas.

Lo quebradizo de los plásticos a temperaturas muy bajas, constituye otro factor que debe tomarse en consideración. Es importante para los alimentos congelados, en que el PE resulta mejor que el celofán. El material debe también ser físicamente estable y capaz de resistir temperaturas elevadas, si se usan para envases que se calientan junto con su contenido. La estabilidad física implica que la película conserva sus propiedades cuando es expuesta a cambios ambientales.

Resistencia a la humedad

La resistencia a la humedad es un factor de gran importancia en la elección del tipo de plástico que ha de utilizarse para el embalaje de numerosos productos. Algunos exigen una protección contra la humedad del aire, mientras que otros requieren envases y embalajes que impidan la evaporación de la humedad que contienen. Se utilizan varios métodos para calcular esta resistencia. El más sencillo consiste en extender un trozo de plástico sobre un recipiente que contiene agua, y colocarlo en una cámara con un agente deshidratante,

que absorba el agua transmitida a través de la película plástica. El agua del recipiente se pesa antes y después del período normalizado de la prueba y el índice de permeabilidad al vapor de agua o de permeabilidad a la humedad se expresa en gramos de agua por metro cuadrado de película en 24 horas.

Barrera contra gases

El índice de transmisión de gases específicos, como el nitrógeno, el anhídrido carbónico o el oxígeno a través de un plástico, es medido para determinar las propiedades de barrera contra gases. El café, por ejemplo, libera dióxido de carbono, que el envase debe dejar salir para evitar que se hinche, como consecuencia de la presión interna. Por otra parte, ese mismo envase debe prevenir cualquier influencia del oxígeno, ya que podría deteriorar el producto. Por lo tanto, para el envasado de café fresco, es preciso utilizar un material de ligera permeabilidad al oxígeno y que sea muy permeable al dióxido de carbono. Estos requerimientos son lo contrario para el envasado de carnes frescas, que exigen la presencia de oxígeno para conservar su color rojo brillante.

El procedimiento de medición de la permeabilidad a los gases es, en principio, idéntico al método de medición del índice de permeabilidad al vapor de agua; se trata de determinar la cantidad de un gas determinado que se transmite a través del material durante cierto período. Los valores así obtenidos se expresan en centímetros cúbicos de gas por metro cuadrado en 24 horas.

Elongación

Elongación es la cantidad que puede estirarse de un material plástico sin que se fracture. Cuanto mayor sea el estiramiento del material antes de fallar, mayor será su absorción de

impactos y menor la posibilidad de ruptura ante esfuerzos de tensión. Esta propiedad tiene importancia para numerosas aplicaciones, como por ejemplo en bolsas y sacos de gran contenido.

El alargamiento se expresa en porcentajes de la longitud original del material. El PP y el PVC registran valores muy elevados, que pueden alcanzar 450% y más, mientras que el poliéster y el PS acusan valores muy bajos.

Dureza

La dureza del material plástico se mide, por ejemplo, por el aparato de pruebas de Rockwell, que dispone de una bola de acero de determinado diámetro cuyo peso se acentúa por diversas cargas. Se mide la profundidad de la marca que se forma en el material. Cuanto mayor es el valor de Rockwell, más duro es el material ensayado.

Elasticidad

La elasticidad es un factor importante en la elección de qué material plástico usar. Esta propiedad expresa la facultad de un material de recuperar su forma original, después de haber sido sometido a un esfuerzo. Esto se llama «memoria plástica». El límite de elasticidad es el grado de estiramiento en el que más allá de ese valor, el plástico estirado no vuelve a recuperar su forma. Este punto puede verse como el «límite de memoria». La elasticidad se expresa en función del módulo de elasticidad del material. El PVC plastificado presenta un bajo módulo de elasticidad y se estira muy bien. Otros materiales, como el PS, tienen una elasticidad elevada y se estiran con dificultad.

Estabilidad dimensional

La estabilidad dimensional es una propiedad que depende en gran medida de los cambios de la humedad relativa. Bajo el efecto de estos cambios, los envases y embalajes de material plástico pueden alargarse, retraerse o no reaccionar en forma alguna, dependiendo de su estabilidad dimensional.

Deslizamiento

El deslizamiento de la película plástica es el frotamiento que resulta de su contacto con la superficie de otro plástico o con las superficies que toca en la máquina de envasado. El deslizamiento puede medirse por la utilización de un plano inclinado y se determina la resistencia al deslizamiento. La utilización de aditivos en la película puede mejorar esta propiedad, o atenuarla. Existen tres categorías principales de deslizamiento de las películas de PE:

- Deslizamiento elevado (coeficiente de fricción: 0,1 a 0,3);
- Deslizamiento medio (coeficiente de fricción: 0,3 a 0,5);
- Deslizamiento bajo (coeficiente de fricción: superior a 0,5).

Permeabilidad al aceite y la grasa

La permeabilidad al aceite y la grasa es importante cuando el producto envasado contiene materias grasas. La apariencia del envase se deteriora por el paso de materias grasas a la superficie exterior del material.

El procedimiento que permite medir la permeabilidad consiste en distribuir una delgada capa de arena mezclada con determinada cantidad de aceite o

trementina en la superficie de la película, colocada sobre un papel absorbente. Se calcula a continuación el tiempo necesario para que el aceite atraviese la película y se manifieste en el papel. En el tiempo que toma que el aceite pase a través de la película y aparezca en el papel, queda determinada la medición.

Opacidad y brillo de la superficie

La opacidad y el brillo son dos propiedades de suma importancia en los envases de plástico. Muchos usuarios exigen materiales transparentes y de aspecto brillante. La opacidad da lugar a un aspecto blancuzco de la película reduciendo su transparencia. Ello puede determinarse midiendo la cantidad de luz que difunde o que atraviesa la película. El brillo, por su parte, se mide por la cantidad de luz reflejada por la muestra. Se proyecta un rayo de luz sobre la superficie de la película con un ángulo fijo y se calcula la cantidad de luz reflejada mediante un medidor de intensidad luminosa.

Inflamabilidad

La inflamabilidad, o facilidad de ignición, puede ser una propiedad de gran importancia para ciertos empleos del plástico. Algunas películas arden con facilidad, como el celofán. Otras, como los ionómeros, arden lentamente, pero se funden mientras arden y forman gotas flameantes. El PVDC se apaga por sí solo; y el PVC rígido, en cambio, es muy difícil de encender.

Tomado de:

CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL CCI; *Envase y embalaje de alimentos: manual para instructores*, Ginebra: CCI, 1999, p.55-64



LA METALIZACIÓN GALVÁNICA DE LOS PLÁSTICOS

Por: *Mac Dermid Española, S.A.*

® Reproducido con autorización expresa del editor

Es generalizado el conocimiento de que ciertos plásticos se pueden metalizar galvánicamente, es decir, recubrir electrolíticamente con metales como el cobre, latón, níquel, cromo, etc. No obstante, en más de una ocasión nos encontramos con personas que no distinguen el recubrimiento galvánico del metalizado al vacío, y no vamos a hablar del metalizado al vacío, sino únicamente a establecer que son dos procesos muy distintos, tanto en su aspecto como, sobre todo, en sus prestaciones, máxime si tiene en cuenta que el metalizado galvánico mejora sensiblemente en función del recubrimiento y espesor aplicados, las características mecánicas y físicas de la pieza recubierta, tales como: la rigidez, la dureza superficial, la resistencia a la temperatura y a la llama, a los rayos ultravioletas y a los solventes, lo cual no se produce por igual con un metalizado al vacío.

Una pieza metalizada galvánicamente, si no fuera por la diferencia de peso, no se distinguiría de la misma pieza metálica.

Se repasa aquí algunas de las posibles ventajas más generales y destacadas:

1) Los plásticos son más ligeros que

los metales. Esto puede suponer ventajas en términos de costes de transporte y manipulación. También en reducir el peso de la máquina en el que vayan montados: automóviles, equipo aeronaval, electrodomésticos, etc.

2) Los plásticos son más económicos por unidad de volumen, y, consecuentemente, por pieza, aún considerando que en ciertos casos se requieren secciones más gruesas para alcanzar las mismas prestaciones mecánicas que con la pieza totalmente de metal.

3) Los plásticos ofrecen más posibilidades de diseño que los metales porque son más fáciles de moldear. En ocasiones, puede hacerse en plástico con un solo molde piezas que en metal requerirían la descomposición en más de un molde.

4) Con los plásticos se consigue una calidad superficial que exime del engorroso proceso de pulido, hecho habitual tratándose de metales.

5) Los plásticos son, en general, dieléctricos, es decir, no conductores de la electricidad y

como es perfectamente posible el metalizado parcial o selectivo de la pieza, eso nos lleva a que se pueda producir piezas con zonas sin metalizar y, consecuentemente, no conductores en ese punto, cosa imposible en piezas de base metálica.

6) Los plásticos como material de base son químicamente inertes en comparación con los metales y, consecuentemente, el material de base en sí, no contribuye a contaminar los baños de recubrimiento electrolítico, como ocurre al recubrir piezas de base metálica y, evidentemente, también estará en mejores condiciones de ofrecer una más efectiva protección anticorrosiva ambiental.

7) La condición expuesta en el punto anterior, de mayor inercia química de los plásticos junto con la posibilidad también expuesta anteriormente del metalizado selectivo, hace que se puedan producir partes de conducciones, grifos, válvulas, etc., con un acabado decorativo externo, en níquel-cromo, latón y, sin embargo, dejar en plástico desnudo, las partes en contacto con soluciones

y fluidos agresivos para los metales.

- 8) Además de que con plásticos se puede mejorar, en muchos casos, las prestaciones mecánicas de piezas anteriormente metálicas; se destaca como punto final que el coste total de producir una pieza en plástico con metalizado galvánico, es sensiblemente menor en la mayoría de los casos que el de la misma pieza con base metálica.



A continuación se enumeran los plásticos para los que hay un proceso industrial de metalización:

- 1) ABS (polímero de Acrilo Nitrilo-Butadieno-Estireno)
- 2) Polipropileno, tanto en su forma de homopolímero como de copolímero
- 3) ABS/Policarbonatos (55/45%)
- 4) Policarbonatos
- 5) Polisulfonas
- 6) ABS/Polisulfona (Mindel A-670)
- 7) Poliamida 6 o Nylon 6
- 8) Poliacetales
- 9) Óxido de polifenileno modificado
- 10) Poliéster.

De todos los plásticos metalizables citados, el ABS es el que acapara probablemente alrededor del 90% de la producción mundial, pero todos ellos, salvo el polipropileno, tienen un coste superior al del ABS, y los respectivos ciclos de metalizado difieren poco del ciclo para el ABS, que se puede ver a continuación:

CICLO GENERAL RECOMENDADO PARA EL ABS

- 1) Mordentado crómico/sulfúrico
- 2) Enjuagues
- 3) Neutralizado del Cr6
- 4) Enjuagues
- 5) Solución de ácido clorhídrico
- 6) Activado
- 7) Enjuagues
- 8) Acelerado
- 9) Enjuagues
- 10) Niquelado químico o cobreado químico
- 11) Enjuagues
- 12) Deposición electrolítica.

Se presenta a continuación algunos comentarios sobre los distintos pasos del proceso para metalizado del ABS, que por extensión son aplicables a los plásticos que, en todo o en parte, utilizan para su metalización dicho proceso.

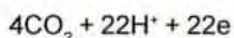
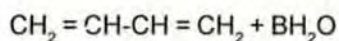
El proceso químico lo podemos dividir

en cuatro fases fundamentales:

- 1) Ataque o mordentado
- 2) Neutralización
- 3) Activado o Catalizado
- 4) Deposición química.

ATAQUE DEL ABS

El ataque del ABS, que también tiene otras denominaciones tales como: mordentado, acondicionado, etc., se consigue por medio del ácido crómico. El cromo está en estado hexavalente, reduciéndose a trivalente, lo cual produce la oxidación del butadieno, según las reacciones:



Esta reacción se realiza con la ayuda del ácido sulfúrico, esta crea el medio ácido preciso para que la reacción tenga lugar y, por otra parte, actúa sobre el ABS, creando una fisuración de éste, facilitando el acceso del ácido crómico sobre parte del butadieno que, en un principio, pudiera quedar aislado de la superficie en

contacto con el baño.

Independientemente de los contenidos de ácido crómico y sulfúrico, existen otros parámetros importantes a la hora de escoger un tipo de ataque determinado:

- Velocidad de ataque sobre el ABS a tratar
- Regularidad de ataque sobre cada tipo de pieza
- Tiempo óptimo de tratamiento.

No obstante, otros muchos factores entran también en juego, tales como el proceso de inyección, del que más tarde se analiza la posible presencia de tensiones, humedad, etc., y, en el mordentado propiamente dicho, cuenta el contenido en cromo trivalente, la tensión superficial, la temperatura, el tipo de ABS empleado, etc.

Con relación al cromo trivalente y gracias al desarrollo del proceso Long Life de MacDermid, se ha conseguido trabajar a niveles de 60-80 gr/lit de cromo trivalente, y sin embargo, consiguiendo índices de adherencia óptimos, sin necesidad de alteraciones de tiempo ni temperatura en el tratamiento, manteniendo la tensión superficial a 40-50 dinas/cm.

Antes de pasar al neutralizado se analizará brevemente el moldeo, dada su importancia para el mordentado.

La implantación y estricto mantenimiento de las correctas condiciones de moldeo es uno de los pasos más importantes para asegurar la satisfactoria metalización galvánica de los componentes plásticos.

Secado

El ABS esta particularmente sujeto a

la absorción de agua inexcusablemente debe ser secado durante dos o más horas a 80-90°C antes de pasar a la máquina de moldeo.

Selección de la máquina de moldeo

Solamente pueden utilizarse máquinas con preplastificación, como las de tipo helicoidal, con el inyector de hélice simple suelen dar excelentes resultados.

La capacidad total de la máquina en peso de material por molde no debe ser superior a 3 veces el peso del material (con reguera, canales, etc.) del molde que se está produciendo y la relación óptima de capacidad total de máquina respecto al molde es de 1,5 a 1.

Temperatura de fusión

La adherencia entre un depósito metalizado y el sustrato de ABS aumenta con el incremento de la temperatura de fusión.

Cuando la temperatura de fusión en el área de inyección está entre 255°C y 270°C, se producen los moldeos de más baja tensión residual y consecuentemente superior acabado metalizado.

Velocidad de inyección

Cuanto más lenta sea la velocidad de inyección, mejor será la adherencia y el acabado, en general, del depósito metálico.

Tiempos reales de inyección de cinco (5) segundos para pequeñas piezas y hasta 25 segundos para piezas mayores dan los mejores resultados.

Presión de Inyección

Debe utilizarse la más baja presión de inyección que permita el llenado del molde sin producir faltas, como «falta

de peso», «contracción», «líneas de soldadura», etc.

Aunque la presión de inyección y presión secundaria no tienen un efecto tan pronunciado como la temperatura de fusión y tiempo de llenado, ambas deben mantenerse tan bajas como sea posible para minimizar las tensiones superficiales en el moldeo.

Temperatura de molde

Para obtener resultados consistentes, es necesario el control de la temperatura del utillaje de moldeo. Esta debe mantenerse entre 60-85°C, dependiendo del grosor de las paredes de la pieza y su magnitud.

Inter-relación de los parámetros de moldeo

Si un parámetro de moldeo, como por ejemplo la velocidad de inyección, se varía, entonces habrá un cambio directo o indirecto en todos los demás parámetros, ya que cada uno de ellos está relacionado de algún modo con los otros.

Es importante por tanto, establecer un conjunto empírico de condiciones para cada pieza en particular y atenerse estrictamente a estas condiciones para cada ciclo de producción: de otro modo podrán producirse cambios sustanciales en el acabado metálico entre partida y partida.

Cuidado del utillaje de moldeo

Los moldeos deben mantenerse con un alto grado de pulido para conseguir el mejor acabado decorativo. Un niquelado químico de estos contribuirá eficazmente a una conservación en perfectas condiciones de uso, al par que reducirá extraordinariamente el desgaste por fricción.

Evitar las aleaciones de cobre-berilio para ejecución del molde.

Los agentes de desmoldeo, especialmente los de tipo silicona, no deben usarse, ya que estos amenudo causan defectos de metalizado.

NEUTRALIZACIÓN

El cromo hexavalente de arrastre es perjudicial en todos los baños posteriores del proceso, independientemente que su presencia ya sea por goteo u otra causa, sobre zonas de la pieza provocaría falta de metalización. Normalmente la serie de enjuagues posteriores al baño de ataque ya lo hace desaparecer casi totalmente, no obstante para poder completar la acción de los enjuagues es indispensable una inmersión en solución ácida reductora. De esta forma cualquier cromo hexavalente residual es reducido a trivalente, con lo que su acción queda eliminada.

CATALIZACIÓN

Muchos han sido los estudios y avances realizados en esta fase del proceso, fundamentalmente en favor de la calidad y costo del proceso operativo.

De todos los estudios se desprende que el proceso de catálisis debe ser capaz de dar las siguientes características a la pieza:

- A) Un número de puntos de inseminación o «islas catalíticas» suficientes para crear una concentración de paladio superficial capaz de catalizar la deposición de níquel
- B) Una sólida unión entre el paladio y la superficie del ABS

- C) Que todo el paladio esté en forma de paladio metal.

En las distintas etapas que ha atravesado la metalización del ABS se han desarrollado nuevas técnicas de catalización de la superficie que, por su importancia o aplicación, las podemos dividir en:

- a) Sensibilización con solución de cloruro estañoso y activación con plata amoniacal o cloruro de paladio. Este método es antiguo y prácticamente desechado
- b) Activación con solución de paladio coloidal y aceleración.

Este método es la base de la producción actual del mercado, aporta la ventaja de no ser necesario el cambio de bastidor y por otra parte el consumo de metal noble es inferior, ya que en este proceso la aportación de metal se realiza principalmente en forma reducida, y se elimina el efecto Re-dox del anterior, ya que en muchos casos, debido a una gran absorción del cloruro estañoso produciría la reducción de excesivos iones paladio, que no se aprovechan totalmente.

En este proceso la absorción de paladio se realiza sobre las piezas y se lleva a cabo únicamente debido al carácter hidrófilo del ABS, no permitiendo éste la pérdida de paladio durante las secuencias de enjuague. No existe aquí tampoco el problema conocido por «star



dusting» o «polvo de estrellas», puesto que las micelas de paladio coloidal son de unas dimensiones tales que no alteran la finura o rugosidad de la pieza. La solución de paladio coloidal tiene los iones paladio en equilibrio con el coloide de protección, pese a esto es un baño muy resistente a la contaminación metálica, excepto a la del hierro, que produce rápidamente la descomposición de la solución.

Después de la activación con paladio coloidal es necesario tratar las piezas con un acelerante o reductor, el cual debe cumplir las tres funciones siguientes:

- Acelera la activación metálica en el baño de níquel químico, al eliminar el coloide protector del paladio de la superficie de la pieza
- Actúa regulando el exceso de catalizador que puede llevar la pieza, protegiendo de esta forma al baño de deposición química de una posible descomposición y también evitando la posible deposición sobre los bastidores
- Previene la deposición pulverulenta del níquel químico.

DEPOSICIÓN QUÍMICA

El baño de níquel químico es el que, en realidad, hace conductora la pieza y, portanto, el que da carácter metálico al ABS al recubrirlo con una delgada película que, en la mayoría de los casos, no alcanza el espesor de una micra.

La solución está constituida fundamentalmente por una sal de níquel, estabilizadores y un reductor en solución acuosa:

El mecanismo de la deposición del níquel se basa en la descomposición catalítica del reductor en la superficie activa del plástico, el cual deja libre un ión hidruro, capaz de reducir el níquel. Durante el período de inducción actúa como catalizador el paladio y una vez recubierto éste, es el propio níquel depositado el que hace de catalizador. Por este motivo, se llama reducción autocatalítica, ya que el propio níquel cataliza su reducción.

Las reacciones de generación del ión hidruro que tienen lugar en el caso del hipofosfito son:



El resto del hipofosfito sódico es consumido en su descomposición por hidrólisis, según la siguiente reacción:



Como es de suponer, la descomposición del hipofosfito será dependiente del pH del baño, temperatura, concentración de sales, etc., y, por tanto, el rendimiento de la reacción variará de unas condiciones a otras.

Si la velocidad de deposición es demasiado alta, el depósito obtenido será esponjoso y pulvulento, pudiéndose separar durante la deposición gérmenes de níquel reducido, los cuales actúan como focos catalíticos dispersos en toda la solución. Cuando esto ocurre la reducción del baño va yendo cada vez a más y, en poco tiempo provocaría una descomposición o precipitación del propio níquel.

Para evitar este defecto, normalmente al baño de níquel químico se le adicionan una serie de compuestos orgánicos e inorgánicos que aseguran la estabilidad de la solución, velocidad de deposición y calidad del depósito.

El paso siguiente es la deposición o recubrimiento electrolítico con el acabado requerido.

No obstante, si deseamos eludir el recubrimiento electrolítico de níquel, podemos recurrir a otros níqueles químicos y además brillantes para depositar a espesor, como son los níqueles químicos sobre metales, que en este caso se depositarían directamente sobre la capa de paladio que ya se ha mencionado con anterioridad en sustitución del níquel químico propio del proceso de metalizado de plástico. Es decir, después de la deposición de paladio coloidal y de su aceleración o reducción.

Se describe a continuación la diferencia que hay entre estos níqueles brillantes de tipo ácido sobre metales y el níquel alcalino, mencionado anteriormente, de uso exclusivo para el plástico.

La base de las reacciones y funcionamiento es la misma que la del níquel alcalino y las mayores diferencias se hallan en sus formulaciones, que se reflejan en el depósito con las características descritas en la siguiente tabla.

Es también importante señalar que con estos procesos de niquelado ácido se puede metalizar cómodamente el

plástico en mesa (es decir a bombo). Otra posibilidad del metalizado sobre plásticos que esta ahora abriéndose camino en U.S.A es el cobreado y/o niquelado químico, sin ningún recubrimiento electrolítico subsiguiente para evitar el creciente problema de las interferencias electromagnéticas. Lo que en inglés se llama EMI (Electro-Magnetic-Interference) y ERFI (Electro Radio Frequency Interference). Con la finalidad de evitar emisiones o recepciones molestas de ondas electromagnéticas basta metalizar una sola cara de las cajas que contienen los equipos a proteger. Basta un delgado recubrimiento de cobre o níquel químico, o de ambos, en capas alternadas según el nivel de la cobertura en decibelios deseado.

Este proceso MacDermid llamado MacuShield es posible aplicarlo en forma selectiva, o sea metalizando una sola cara de la pieza o caja o la parte de esta que convenga mediante sustitución de parte del proceso básico antes descrito por un acondicionador y una laca conductora, aplicada esta última sobre la cara o parte a metalizar.

Se hace referencia, antes de finalizar, al coste del metalizado del plástico, tomando como referencia varias plantas galvanicas para el metalizado a terceros y dado en porcentajes.

• Espesor:	Desde 6 a 20 micras o superior
• Brillo:	Semibrillante a brillo total
• Deposición con P:	Desde 2-4% a 10-12% P
• Propiedades magnéticas:	Desde ligeramente magnético a no magnético
• Dureza:	45-50 RC

Datos tomados de plantas en producción entre junio y Diciembre 1989 que, no obstante, en su imputación porcentual deben tomarse como puramente orientativos por cuanto pueden variar de una planta de producción a otra.

• Superficie por carga:	200-250 dm ² y 300-350 dm ²
• N° de cargas por hora:	12
• Tiempo total del ciclo o tiempo teórico que tarda en salir la primera carga:	80 minutos
• N° promedio real de cargas por jornada (*):	60
• Días laborables al año:	210
• Total promedio cargas/año:	12.600

(*) Descontando los tiempos de paro por averías de máquina y causas varias, así como el hecho de que los bastidores no van siempre llenos a tope y, basándonos a este respecto en datos reales de tres plantas, a lo largo de un año de producción se ha llegado al equivalente del promedio de cargas por jornada que se indica, del que resulta la producción total real anual subsiguiente:

Los gastos de carga se subdividen en:

• Productos químicos:	45,0%
• Mano de obra directa:	20,8%
• Mano de obra indirecta (jefe de planta, verificación, mantenimiento de planta)	7,8%
• Administración:	7,9%
• Comercial (ventas, etc.):	2,3%
• Gastos mantenimiento general y amortización inmueble:	2,4%
• Amortización instalación y equipo:	5,5%
• Energía eléctrica y agua:	5,4%
• Gastos estructuras:	2,9%
Total	100%

Como punto final, se puede repasar los campos de aplicación del plástico metalizado:

- Automóvil - por su diseño, peso, etc.
- Accesorios para la construcción - grifería, accesorios del hogar, etc.
- Botones para sastrería, insignias, etc.
- Juguetería, peines, peinetas, bisutería, etc.
- Bolígrafos y artículos de oficina
- Figuras o piezas decorativas, trofeos deportivos, marcos de cuadro
- Partes de lámparas.

Algo a tener muy en cuenta en el metalizado de los plásticos es el diseño de los bastidores que deben soportar las piezas a su paso por las soluciones químicas de preparación y electrolíticas de deposición galvánica.

Estos bastidores deben ser del tipo plastisolado con los contactos desnudos en acero inoxidable 18/8 CrNi y diseñados para no ejercer presiones excesivas que pudieran deformar el plástico, sobre todo al pasar por soluciones calientes como las del ataque sulfocrómico para el ABS que operan a 65-72°C, o las del propileno a 85°C.

También el número de los contactos debe ser sensiblemente mayor que para una pieza metálica, la de plástico al entrar en el primer baño de deposición electrolítica sólo tiene metálico y conductor un espesor de 0,5 micras de níquel y una excesiva densidad de corriente a través de pocos contactos para una pieza de gran superficie, actuando sobre las

zonas de contacto como haría con un fusible eléctrico, fundiría el níquel químico de estas zonas de contacto, aislando eléctricamente la pieza, que consecuentemente no llegaría a cubrirse galvánicamente.

En líneas generales esperamos haber hecho una exposición conceptual suficiente para tener una idea del metalizado de los plásticos.

De hecho es, en suma, una tecnología perfectamente dominada, aunque por muchas firmas, en la que, hoy por hoy, MacDermid es líder mundial indiscutible, con una gran experiencia práctica acumulada al respecto en muy diversos países.

Se finaliza este artículo señalando que en España la metalización del plástico tiene su implantación a través de MacDermid desde 1968, metalizándose hoy en día (1990) en nuestro país alrededor de 600.000 m²/año.

MacDermid ofrece otros tantos procesos para cada uno de los plásticos dados como metalizables, en los que prácticamente la única diferencia entre sí, está en la parte del ciclo a que se refiere el subtítulo (Ataque químico selectivo del plástico). Una vez el plástico se ha colocado en situación receptiva para acoger el depósito coloide, el proceso es único para todos los plásticos.

Tomado de:

MACDERMID ESPAÑOLA, S.A., "La metalización galvánica de los plásticos", MacDermid: España, 12p.

Agradecimientos:

Al señor Joan Gaspa, Jefe de Ventas de la firma Mac Dermid, Española, S.A., por permitirnos reproducir el documento Metalización Galvánica de los Plásticos.

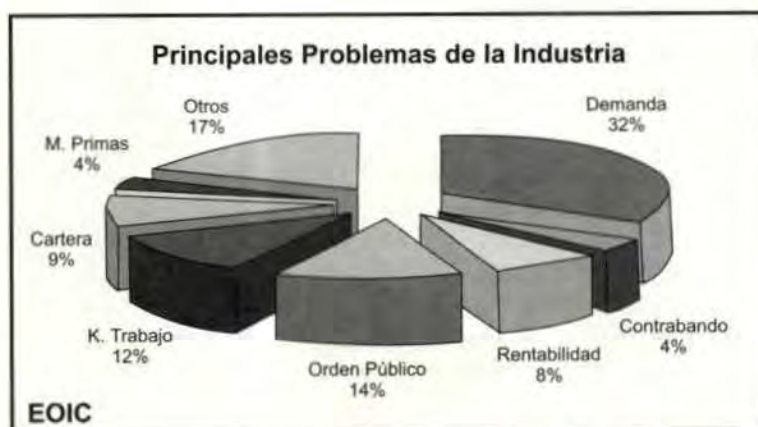


SECTOR INDUSTRIAL COLOMBIANO Y SUS PRINCIPALES PROBLEMAS

Según los resultados de la Encuesta de Opinión Industrial Conjunta, en los primeros cinco meses del año la producción real aumentó 8.9% y las ventas 7.2% frente a igual período de 1999. Todos los sectores, a excepción de minerales no metálicos y calzado, muestran un comportamiento positivo en su producción.

Los principales problemas que continúan aquejando a los empresarios son: la demanda, el orden público, el capital de trabajo y la rentabilidad.

A continuación se presenta un gráfico que resume estos problemas.



Fuente: Ministerio de Desarrollo Económico; Unidad de Monitoreo Sectorial, "LENTE: Monitor Quincenal de Competitividad", de Julio 16 al 31 del año 2000

TORNILLOS BARRERA ESPECIALES AUMENTAN LA HOMOGENEIDAD DEL FUNDIDO

Por: J. Wortberg, M. Mahlke y N. Effen
BAYER Leverkusen Anwendungstechnische Information

Cuando se busca optimizar el desempeño de la unidad de plastificación en una inyectora, se intenta lograr por lo general un mayor rendimiento de paso y una mejor calidad del fundido. Ante estos dos propósitos tan difíciles de conciliar, todo mejoramiento que se obtenga en uno de ellos sin afectar al otro, representa un progreso tecnológico. Tal progreso se ha podido alcanzar con un tornillo recién desarrollado, que posee un elemento helicoidal de cizallado y un elemento rómbico de mezcla.

La unidad de plastificación es de vital importancia en el proceso de inyección; ya que de ella depende la homogeneidad del plástico fundido, y con ello la calidad, es decir las propiedades mecánicas y ópticas, de las piezas moldeadas. En la perspectiva de la ingeniería del proceso, la unidad de plastificación debe

- permitir un alto rendimiento de paso, sin afectar la homogeneidad
- mostrar un comportamiento

favorable al tiempo de permanencia junto con un alto grado de reproducibilidad,

- mantener el fundido a una temperatura óptima dentro de estrechos límites,
- consumir poca energía
- y presentar buena resistencia al desgaste.

No es posible cumplir con todas estas exigencias, usando para todos los

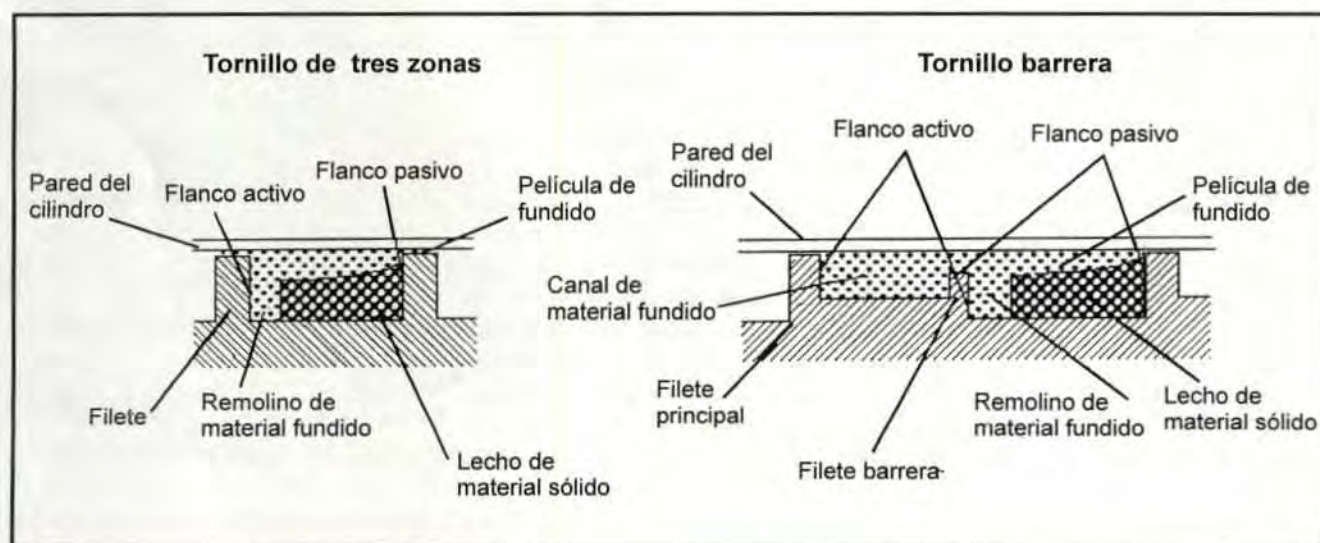
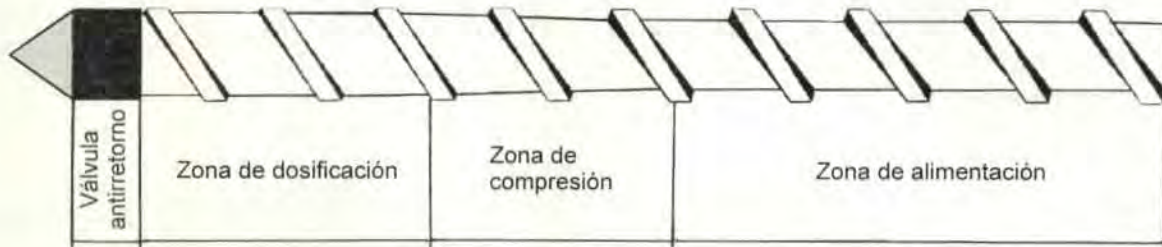


Figura 1. Sección de la zona de fusión de un tornillo de tres zonas y de un tornillo barrera.

Tornillo de tres zonas y un solo filete



Tornillo barrera con elementos de cizallado y mezcla

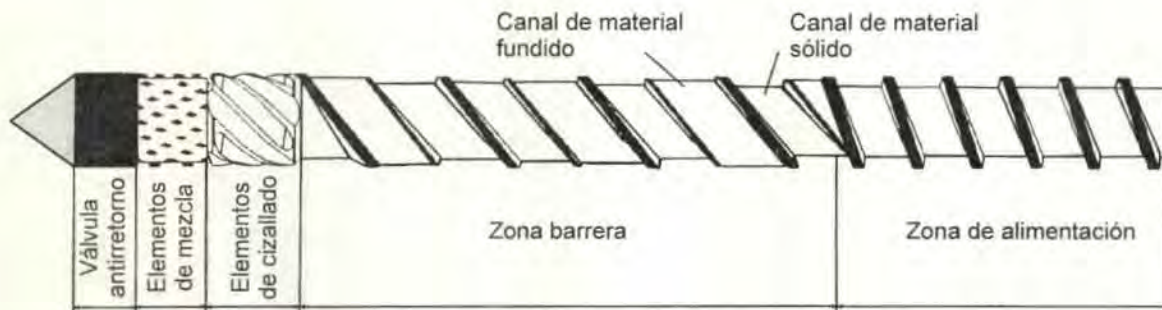


Figura 2. Representación esquemática de los tornillos en estudio (RSP: válvula anti-retorno).

materiales, un mismo tornillo universal con su geometría única. Las diferentes metas cuantitativas y cualitativas pueden ser contradictorias, al tiempo que factores financieros o tecnológicos como por ejemplo el tamaño de la máquina o su potencia pueden dificultar adicionalmente la optimización del proceso. Soluciones demasiado sofisticadas y por ende muy costosas muchas veces deben ser descartadas, aún cuando presenten ventajas tecnológicas.

Hoy en día, se usan en la inyección casi exclusivamente tornillos estándar de tres zonas, los así llamados "tornillos universales". Estos tornillos no siempre pueden cumplir con las exigencias de rendimientos más altos, mayores carreras de dosificación y la capacidad de transformar materiales nuevos. Esta es la razón porqué se

busca modificar la geometría de los tornillos, y equiparlos con elementos de cizallado y mezcla.

Concepto de tornillo barrera

Lo característico de un tornillo barrera es un segundo filete en el canal del tornillo que en la zona de fusión separa el fundido del lecho de material sólido (figura 1). La holgura entre el filete de barrera y el cilindro, permite el paso al fundido, pero no a las partículas sólidas. Cuando el canal del sólido es utilizado de forma óptima, puede presentarse material sólido hasta el final de la zona barrera. Siguiendo esta idea básica de Maillefer [1], se ha desarrollado un gran número de geometrías adicionales, que Rauwendaal nos presenta en un cuadro sinóptico. [2]

En la última década, se ha observado un creciente interés por el uso de tornillos barrera en procesos de inyección [6, 7], sin duda debido a los buenos resultados que han dado en la extrusión [3 – 5]. Sin embargo, esta aplicación aun no está muy difundida en Europa.

Con su perfil de presión neutro a lo largo del tornillo, los tornillos barrera alcanzan en la extrusión altos niveles de fusión y rendimiento, junto con un excelente control de la temperatura del fundido. El favorable perfil de presión reduce el desgaste y la pérdida de energía y provee un espectro más amplio de procesamiento. [3]

El proceso de mezclado y dispersión, tan importante para la obtención de una masa fundida homogénea, sólo puede hacerse plenamente eficaz a

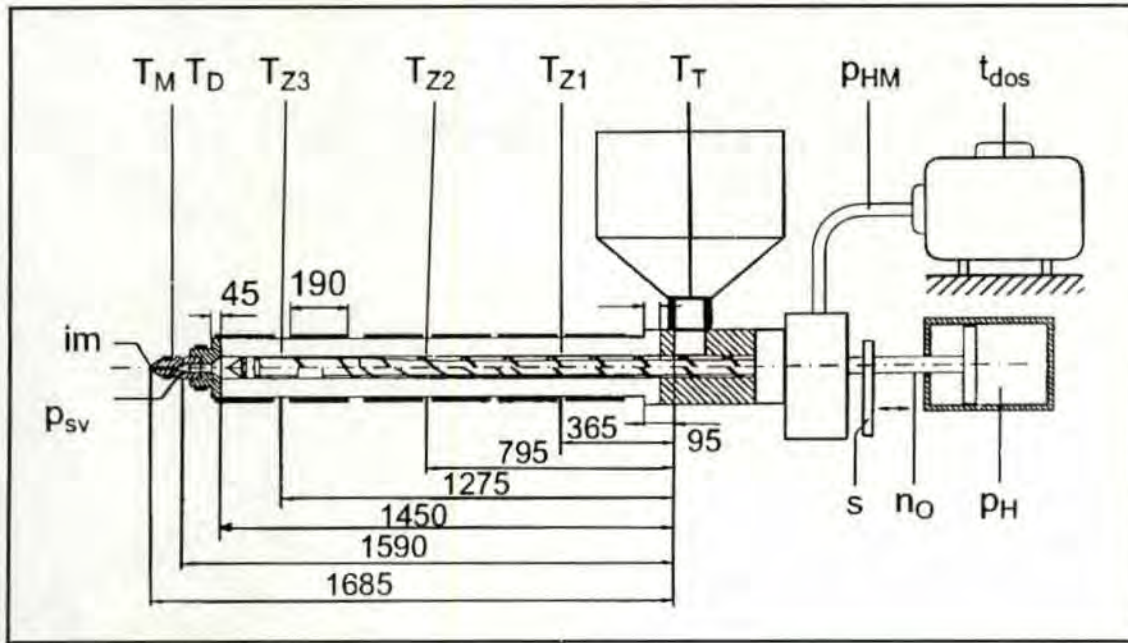


Figura 3. Unidad de plastificación con sensores para la medición de temperaturas (T) y presiones (p).

partir del final de la zona barrera. Es por eso que los tornillos barrera necesitan elementos adicionales, especialmente cuando el flujo del fundido es alto. Los elementos de cizallado y mezcla deberían ser dimensionados en lo posible neutrales a la presión, para sostener el rendimiento de paso, minimizar el desgaste y mantener estable la temperatura del fundido. [8]

El tornillo barrera en el moldeo por inyección

Cuando se usan tornillos barrera en procesos de inyección, deben conservar las ventajas que conocemos de la extrusión en condiciones básicas distintas (operación discontinua, longitud de tornillo reducida en función de la carrera de dosificación, fase de tornillo inactivo, etc.). Por eso se realizó un estudio comparativo de un tornillo estándar (de tres zonas sin elementos de cizallado o mezcla) y un tornillo barrera (tornillo de Day-Lawrence modificado [9]) con una sección de cizallado espiral y una

sección de pines romboidales (Rauten) para mezcla (figura 2).

En un tornillo con longitud total preestablecida, los elementos de cizallado y mezcla reducen el tramo disponible para la fusión del material plástico. Los dos tornillos estaban provistos de la misma válvula anti-retorno y la misma punta, para evitar efectos generados por estos dispositivos. Los parámetros de mayor interés para la comparación de los tornillos fueron el rendimiento y la homogeneidad de las piezas moldeadas.

La inyectora que se usó para los ensayos posee un cilindro plastificador con un diámetro de 70 mm. La longitud efectiva del tornillo (a partir del borde anterior de la tolva) es de $19,4 \times D$. En la figura 3 se pueden observar los equipos de medición en la unidad plastificadora y los parámetros establecidos para la evaluación del proceso de plastificación. [10]. A fin de determinar la presión delante del tornillo, se coloca un sensor en la boquilla frente a la punta, donde puede

medirse también la temperatura del fundido.

Como materiales se utilizaron en el estudio un policarbonato amorfo (PC), altamente viscoso del tipo Makrolon 2805 y un polibutilentereftalato semicristalino (PBT) de baja viscosidad del tipo Pocan B 1505. Estos materiales fueron seleccionados con el fin de cubrir el más amplio rango de propiedades posible en materias primas poliméricas.

Antes de su procesamiento, los dos materiales fueron pre-secados en un secador con circulación de aire, según las prescripciones del fabricante. Para estudiar el comportamiento mezclador del tornillo, se agregó a los materiales 0,5% de un concentrado de colorante (PC + 0,5% por peso de negro de carbono). Las curvas de viscosidad para los dos materiales y el concentrado de colorante pueden apreciarse en la figura 4. El PC utilizado en el concentrado de colorante es altamente viscoso, para hacer el proceso de mezclado más difícil.

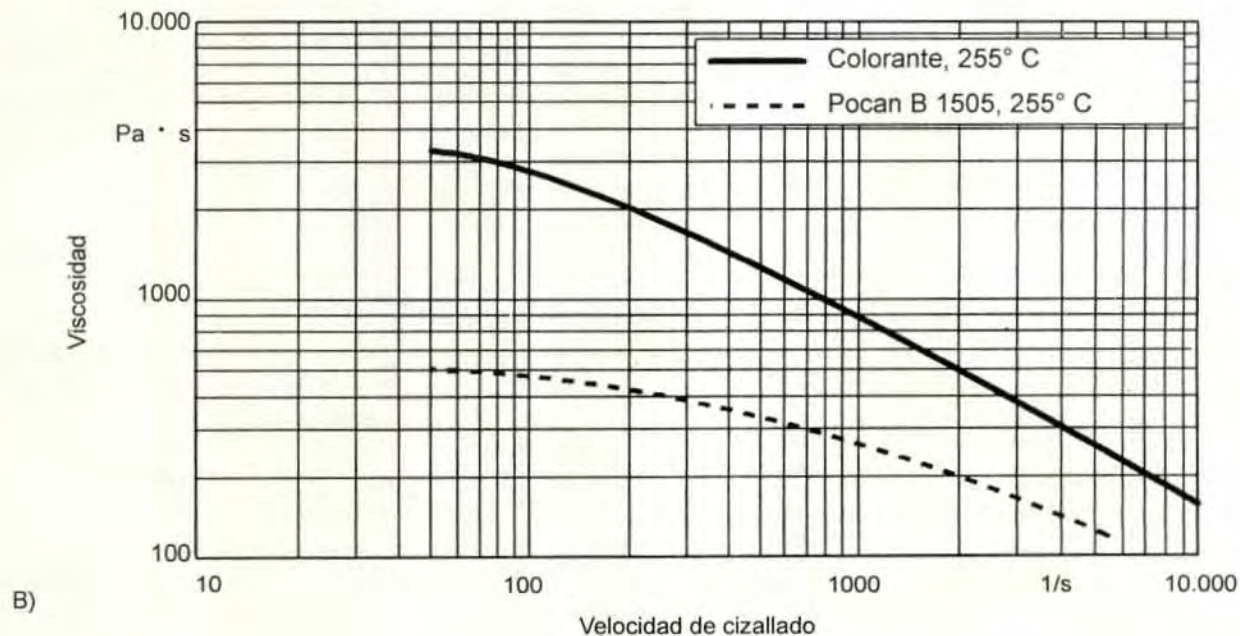
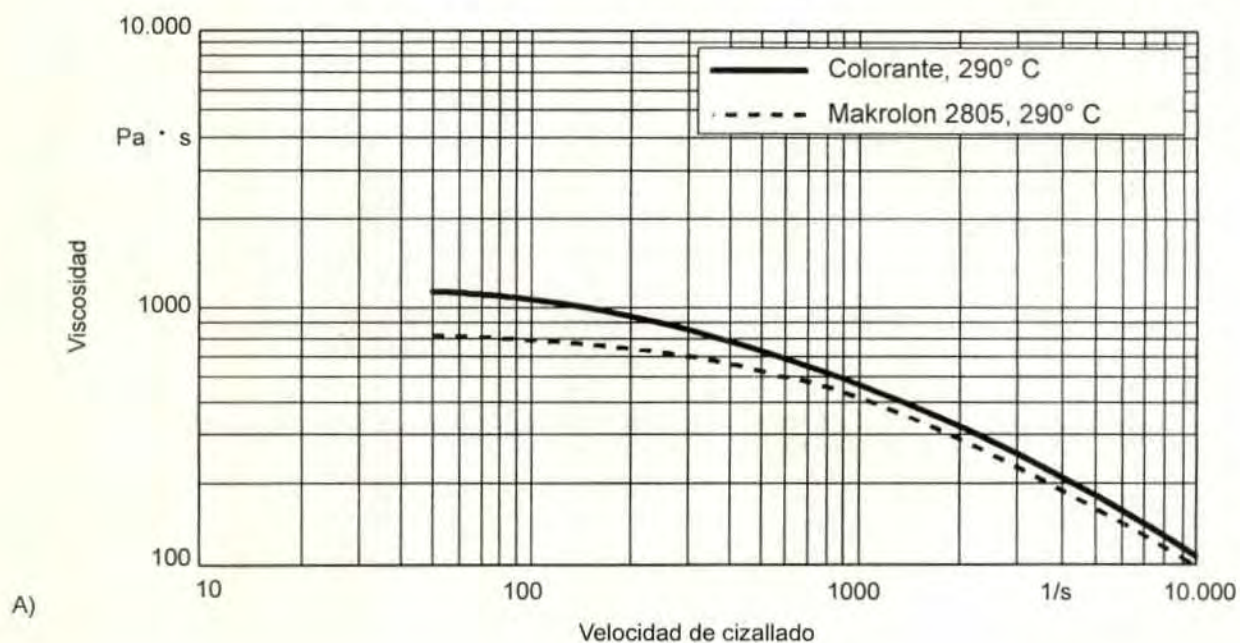


Figura 4. Viscosidad del material y del colorante a la temperatura del proceso. A: Policarbonato - B: PBT.

Con el fin de obtener una evaluación significativa del tornillo barrera, los puntos de operación fueron escogidos de tal manera que permitieran una comparación directa con el tornillo de tres zonas con que venía equipada esta inyectora. Los parámetros a variar fueron los siguientes: la velocidad del tornillo, la carrera de dosificación y la contrapresión. Se midió además la presión delante del tornillo resultado de la contrapresión establecida en la unidad hidráulica.

Los perfiles de temperatura seleccionadas para PC y PBT en la zona de calefacción, pueden observarse en la tabla 1. En cada ensayo se esperó hasta que la máquina alcanzará un estado operacional estable; sólo entonces se realizaron las mediciones.

Para poder variar la carrera de dosificación, se trabajó con diferentes moldes. Con la carrera corta se moldeó una taza (1,31 x D; diámetro del tazón: 280 mm; espesor de pared: 3 mm). Los ensayos restantes se hicieron con un molde para la inyección de placas rectangulares (250 mm x 400 mm), que permitía variar el espesor de las placas entre 1,5 mm y 10 mm.

Resultados de los ensayos de procesamiento

Uno de los parámetros clave para el dimensionamiento y selección de la unidad de plastificación es el rendimiento de producción, que influye

en la rentabilidad del proceso, especialmente donde el tiempo de dosificación determina el tiempo del ciclo, como es el caso del moldeo de piezas de gran volumen y pared delgada. Pero además hay que producir un fundido homogéneo, aún en condiciones de alto rendimiento y trabajando con materiales sensibles al cizallado y al tiempo de residencia.

Rendimiento de paso

La figura 5 muestra los niveles de rendimiento, medidos en 20 ciclos por cada punto de operación, en función de la velocidad de giro (del tornillo). Se puede observar perfectamente, que para PC el tornillo barrera produce un mayor rendimiento, con carreras dosificadoras de 1,31 x D y 2,86 x D. En cambio para PBT, el tornillo de tres zonas logra mayores rendimientos, en particular cuando la carrera de dosificación es de 2,86 x D.

La figura 6 muestra el rendimiento en función de la carrera de dosificación. Con el tornillo barrera, el rendimiento disminuye significativamente para ambos materiales, en la medida que aumenta la carrera de dosificación. Hay que tener en cuenta sin embargo, que para un tornillo con longitud efectiva de 19,4 x D, una carrera de dosificación de 3 x D constituye el límite máximo, sobre todo para piezas exigentes y materiales sensibles [11, 12].

Es posible que una carrera larga de dosificación genere una zona de

alimentación demasiado corta, impidiendo que la laguna del fundido se produzca antes de la zona barrera (como sería ideal) y causando el estrangulamiento del tornillo. Tal idea está apoyada también por la mayor entalpía de fusión del PBT, porque para PC el tornillo barrera produce mayores rendimientos que el tornillo de tres zonas, incluso con largas carreras de dosificación.

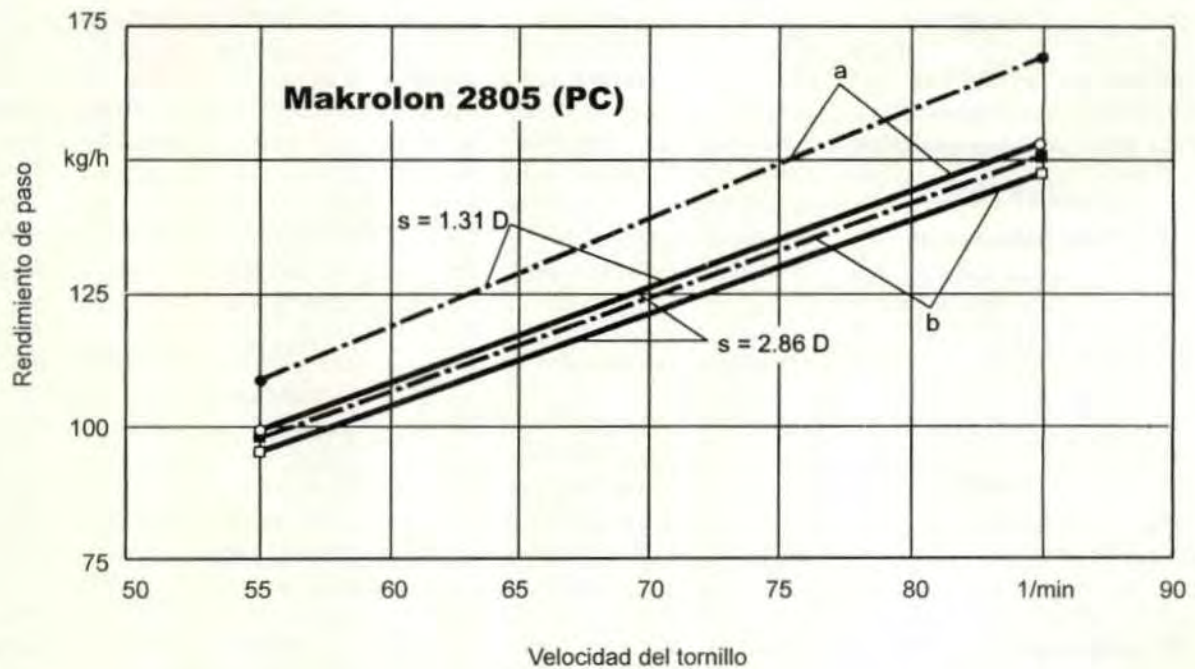
De la figura 7 se deduce que, en el plastificado de PBT mediante tornillo barrera, la presión de contrapresión influye poco en el rendimiento. En ambos materiales el tornillo barrera produce una muy buena homogeneidad aún sin presión de contrapresión. Por eso puede lograrse un mayor rendimiento con el tornillo barrera (con elementos de cizallado y mezcla), porque un tornillo de tres zonas (sin elementos de cizallado y mezcla) necesita presión de contrapresión para producir un fundido bien homogeneizado. Sin embargo, es indispensable que el tornillo barrera muestre buena capacidad de fusión, porque el rendimiento bajará, una vez que el canal de material sólido al final de la zona barrera se cierre.

Estabilidad de la temperatura del fundido

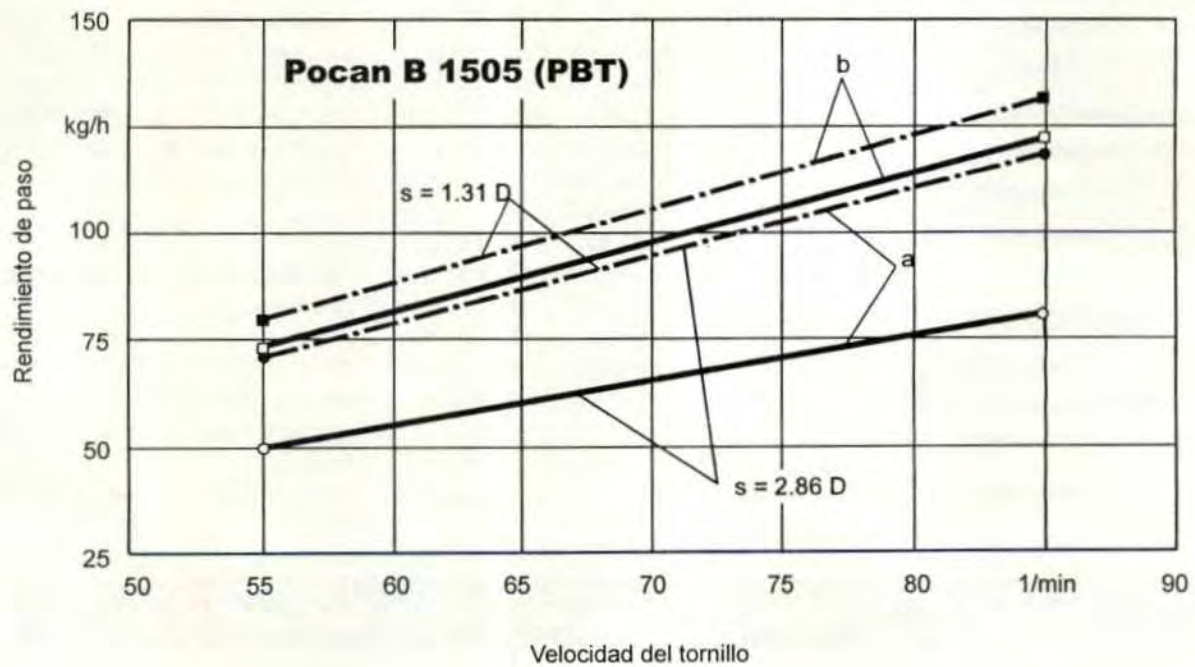
Alcanzar y sostener la temperatura establecida de la masa es de gran importancia en los procesos de inyección. En las mediciones del estudio no se presentaron diferencias

Material	T canal caliente	T boquilla	T zona 3	T zona 2	T zona 1
Makrolon 2805 (PC)	290 °C	290 °C	275 °C	270 °C	250 °C
Pocan B1505 (PBT)	260 °C	260 °C	245 °C	240 °C	230 °C

Tabla 1. Temperaturas seleccionadas para las zonas de calefacción y para el canal caliente (HK).

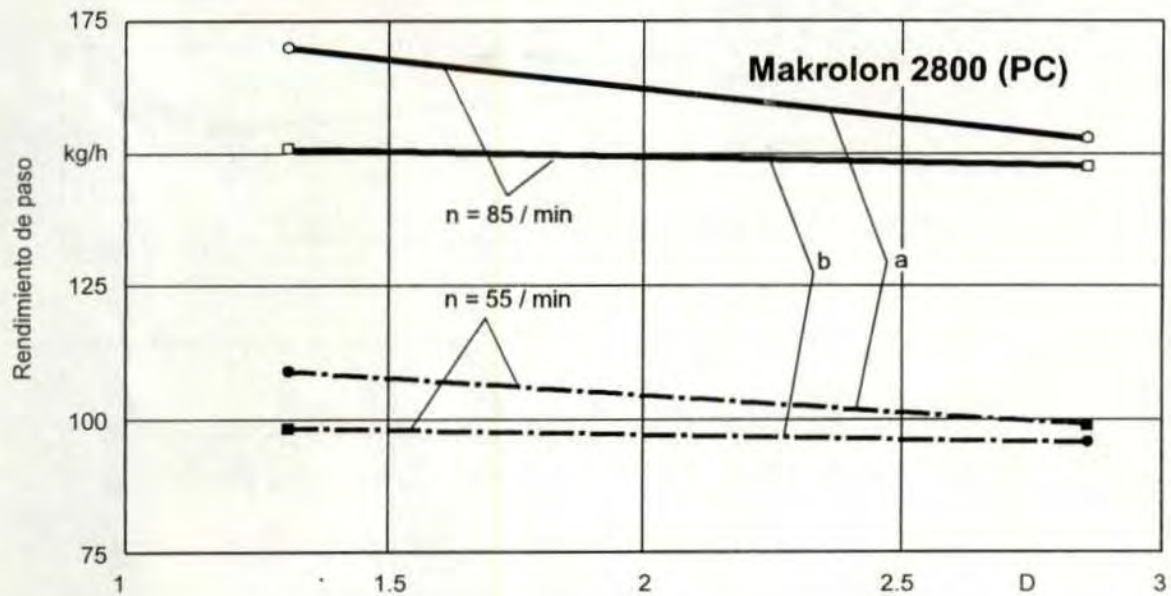


A)

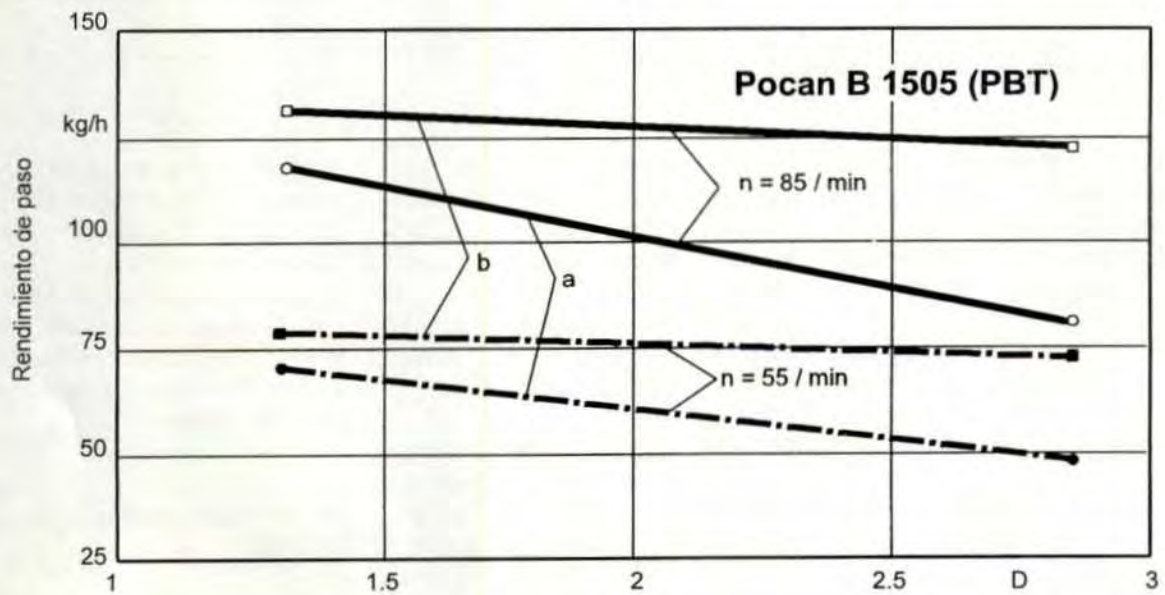


B)

Figura 5. El rendimiento de paso como función de la velocidad de rotación del tornillo barrera (a) y del tornillo estándar (b), con diferentes carreras de dosificación (s) A: Policarbonato; B: PBT



A)



B)

Figura 6. El rendimiento de paso en función de la carrera de dosificación, para el tornillo barrera (a) y el tornillo estándar (b), a diferentes velocidades de rotación n . A: Policarbonato; B: PBT

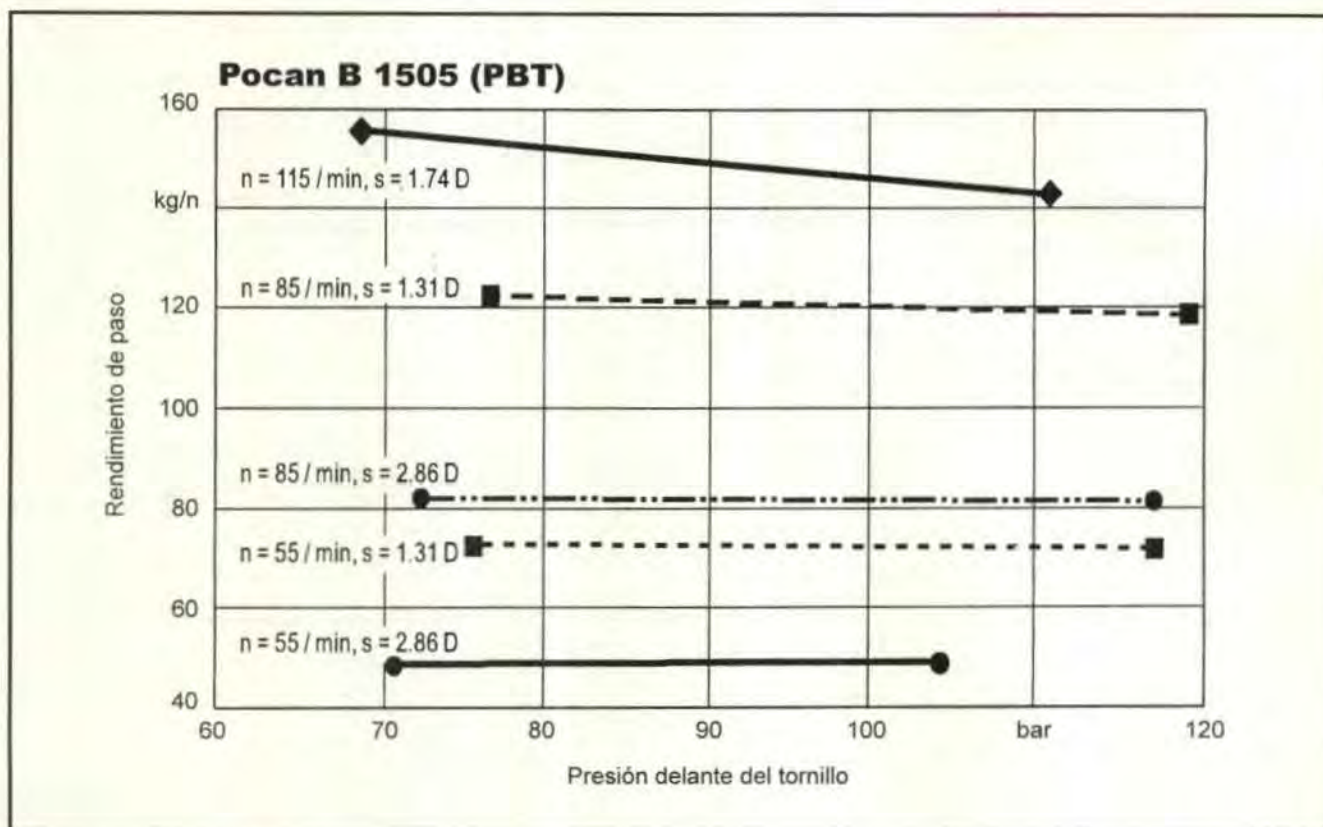


Figura 7. Rendimiento de paso de PBT en función de la contra-presión, con determinados valores de velocidad de giro y carreras de dosificación (s) preestablecidas.

significativas de temperatura; éstas se situaron para los dos materiales y todos los puntos de operación entre 15 y 25 K por encima de la temperatura nominal de la boquilla.

El tornillo barrera provee una mejor homogeneidad

La homogeneidad del fundido es determinada por procesos térmicos y mecánico-reológicos, así como mecanismos compensatorios y de mezcla del material en la unidad de plastificación. Esta homogeneidad influye en forma decisiva en la calidad de la pieza moldeada. El rendimiento máximo sólo puede ser aprovechado racionalmente, hasta donde permita una homogeneización satisfactoria.

Para evaluar el efecto mezclador, se

agregó a los materiales básicos un concentrado altamente viscoso. Puesto que la capacidad mezcladora es muy distinta en tornillos estándar y tornillos barrera, fue posible juzgar la calidad de mezclado mediante inspección visual de las piezas moldeadas (tazón y placa).

En la figura 8 se pueden observar claramente las diferencias de homogeneidad, para el mismo punto de operación, y con ello la capacidad mezcladora de tornillos de tres zonas y tornillos barrera. El material que fue procesado con el tornillo de tres zonas contenía partículas del concentrado de colorante no dispersadas y sólo parcialmente fundidas.

Según evaluación visual, el efecto homogeneizador del tornillo barrera con elementos de cizallado y mezcla

es mucho mejor. No hay evidencia de variaciones de color en ninguna de las superficies. Resultados similares fueron establecidos en todos los puntos de operación. El tornillo barrera con elemento de cizallado y mezcla homogeniza el fundido perfectamente, sin importar la carrera de dosificación ni la velocidad de giro.

No existen limitaciones en la práctica

Con respecto al accionamiento del tornillo y la calefacción del cilindro y sus especificaciones, no hay ninguna diferencia entre tornillos universales y tornillos barrera. Aún cuando el tornillo barrera incorpora elementos de cizallado y mezcla, se pueden realizar cambios de material y de color tan impecablemente como el tornillo

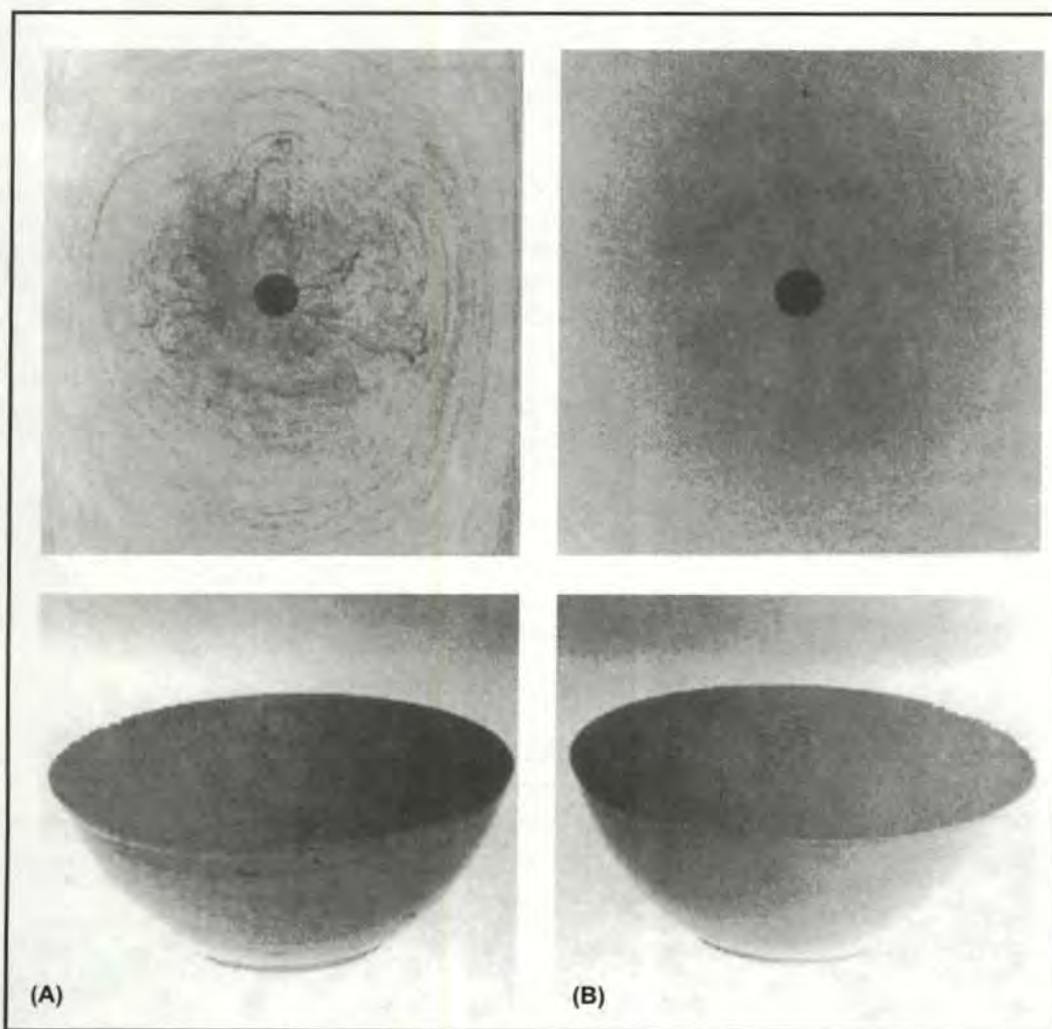


Figura 8. La uniformidad del color indica la capacidad homogeneizadora del tornillo de tres zonas (A) y del tornillo barrera (B). Arriba: Sección de una placa de policarbonato; B: Taza de PBT.

universal. Por eso se puede reemplazar un tornillo de tres zonas en cualquier momento por un tornillo barrera.

Conclusiones y prospectivas

La comparación demuestra que los tornillos barrera y los de tres zonas no se distinguen mucho en cuanto a criterios como temperatura de masa y rendimiento. Solamente cuando se procesa PBT, el rendimiento que se obtiene con el tornillo barrera es

ligeramente inferior y depende en mayor grado de la carrera de dosificación. Sin embargo, los resultados pueden ser considerados como completamente satisfactorios, ya que en la inyección de materiales técnicos el rendimiento volumétrico rara vez constituye un factor limitante.

En cambio respecto a la homogeneidad del fundido, la diferencia es marcada: el tornillo barrera con sus elementos de cizallado y mezcla es muy superior al tornillo de tres zonas. Con su buena acción

homogeneizadora, el tornillo barrera además abre el camino para nuevos métodos de procesamiento, que integran el mezclado de diferentes componentes directamente al moldeo por inyección. Podría pensarse por ejemplo en obviar la elaboración de compuestos en el marco del reciclaje material de polímeros, para mezclar material virgen con reciclados. El efecto homogeneizador necesario se puede obtener con el tornillo barrera en la inyectora [13]. Este método ahorraría un paso en el proceso y con ello también la carga térmica sobre el

material involucrada en él.

Para los ensayos se estableció una longitud de tornillo de 19,4 x D, es decir en el límite inferior. Faltan pruebas con tornillos más largos para explorar rendimientos mayores y carreras más extensas de dosificación. Además se recomienda una selección más amplia de materiales, para comprobar la versatilidad del tornillo barrera.

En comparaciones futuras el tornillo de tres zonas debería ser provisto de los mismos elementos de cizallado y mezcla, a fin de poder estudiar también el efecto de la geometría de los tornillos en la homogeneidad del fundido, y de paso la influencia de los elementos de cizallado y mezcla sobre el rendimiento volumétrico.

Un tornillo barrera con sus elementos de cizallado y mezcla se aproxima más a un tornillo universal, que ofrece un mayor grado de libertad en comparación con un tornillo estándar. Se debería diseñar de acuerdo a la materia prima con el mayor rendimiento volumétrico y la más alta entalpía de fusión. Esta combinación representa la condición menos favorable para el diseño del tornillo, y garantiza su idoneidad para otros materiales.

BIBLIOGRAFÍA

1. CH-PS. 3.63.149 MAILLEFER, Ch.
2. RAUWENDAAL, C. Extruder Screws with Barrier Sections. Polym. Eng. Sci. 26 (1986) 18, p. 1245-1253.
3. STENZEL, H. Grundlagen zur verfahrenstechnischen Auslegung von Barrierschnecken in Glattrohr und Nutbuchsenextrudern. Diss. Universität-GH-Paderborn, 1992.
4. LIMPER, A. Der Einschnecken-

extruder im Extrusionsprozess – Barrierschnecken für die Hochleistungsextrusion. VDI-Verlag, Düsseldorf 1989, p. 107–125

5. WORTBERG, J. Zylinder glatt oder genutet – Alternative Extruderkonzepte zum Optimieren der Qualität. Maschinenmarkt 95 (1989) 95, p. 40-43
6. VERBRAAK, C. P. M. / MEIJER, H. E. H. Screw Design in Injection Moulding. Polym. Eng. Sci. 29 (1989) 7, p. 479-487
7. ROTHE, J. Spritzgießen – Maschinen und verfahrenstechnische Entwicklungen. Kunststoffe 80 (1990) 2, p. 217-226
8. WORTBERG, J. Schmelzequalität – Auswahlkriterien für Extruder zum Optimieren der Verarbeitungsparameter. Maschinenmarkt 96 (1990) 96, p. 38-42
9. US-PS 3.650.652. Dry, R.F. / Lawrence, D. L.
10. HENDRIKSON, F. Bewertung eines Barrierschneckenkonzepts beim Spritzgießen. Diplomarbeit, Universität-GH-Paderborn 1992
11. JOHANNABER, F. Dosierweg bei Spritzgießmaschinen – eine Entwicklung in die falsche Richtung. Kunststoffe 79 (1989) 1, p. 25-28
12. POTENTE, H. Entwicklung bei Plastifizierschnecken. In: Handbuch zur Fachtagung Spritzgießtechnologie 2000. Engel, Linz 1991
13. HÄHNSEN, H. / JOHANNABER, F. / ORTH, P. Recycling spritzgegossener Formteile aus der Sicht der kunststofffer-

zeugenden Industrie. In: VDI-K (Hrsg.) Recycling im Spritzgießbetrieb. VDI-Verlag, Düsseldorf 1993.

Traducido y adaptado para el Informador Técnico por Ilse Koenig de Laverde, instructora CDT ASTIN.

Tomado de:

WORTBERG, J.; MAHLKE, M.; EFFEN, N.; "Barrierschnecken steigern die Homogenität der schmelze = Los tornillos barrera aumentan la homogeneidad del fundido", :BAYER Leverkusen, 1994, 12p.



Adpostal



Llegamos a todo el mundo

CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR
A COLOMBIA Y AL MUNDO

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

VENTA DE PRODUCTOS POR CORREO
SERVICIO DE CORREO NORMAL
CORREO INTERNACIONAL
CORREO PROMOCIONAL
CORREO CERTIFICADO
RESPUESTA PAGADA
POST EXPRESS
ENCOMIENDAS
FILATELIA
CORRA
FAX

LE ATENDEMOS EN LOS TELÉFONOS
8813265 - 8810165 - 8811281
Com. 8812288
Calli



Centro de Desarrollo Tecnológico
y Asistencia Técnica a la
Industria

Calle 52 No. 2Bis-15 Apartado Aéreo 8053
Tels. (2) 446 71 82 - 431 5852 - 431 5855 Fax: (2) 431 5853 - 431 5854
CALI - COLOMBIA

E-Mail: astin@galileo.senavalle.edu.co
senastin@andinet.com
<http://www.sena-astin.edu.co>



...Piensa siempre en el Cliente como su razón de ser.

Afiches - Volantes - Folletos - Banderines
Etiquetas - Boletines - Libros - Revistas
Plegadizas - Papelerías Comerciales
Portafolios Empresariales

Calle 47 No. 5N-124 Tel.: 4391963
Fax: 682 2524 Cali - Colombia
e-mail: efegraf@telesat.com.co

Una Impresión Diferente