



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

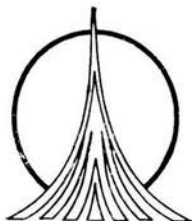
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

"FABRICACION DE UN MACETERO POR MEDIO DE
INYECCION A PARTIR DE P.E.T. RECICLADO COMO
EJEMPLO SUSTENTABLE PARA LA F.E.S. ZARAGOZA".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
OSCAR RODRIGUEZ PEÑA

DIRECTOR: I.Q. EDUARDO LOYO ARNAUD



SEPTIEMBRE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/028/04

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: RODRÍGUEZ PEÑA OSCAR

P r e s e n t e .

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	I.Q. Eduardo Loyo Arnaud
Vocal:	Quím. Francisco Silva Flores
Secretario:	I.Q. Raúl Ramón Mora Hernández
Suplente:	I.Q. Dominga Ortiz Bautista
Suplente:	I.Q. Zula Genny Sandoval Villanueva

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

México, D. F., 31 de Mayo de 2004

EL JEFE DE LA CARRERA

M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA

✚

DEDICATORIAS

Con cariño y admiración para mis padres:

Ma. Guadalupe Peña R. Y Rafael Rodríguez R.

A mis hermanos con cariño

Edna, Nancy y Rafael

Al IQ. Eduardo Loyo Arnaud

por el apoyo y la confianza para la realización de este trabajo

Al laboratorio de desarrollo de procesos

A mis amigos Octavio, German, Eduardo por los buenos momentos y el apoyo brindado a lo largo de toda la carrera.

CONTENIDO

INTRODUCCION	4
OBJETIVOS	6
HIPÒTESIS	7
CAPITULO I RECICLADO DE P.E.T.	
1.1 ¿Qué es el reciclado?	8
1.2 Reciclado mecánico	10
1.3 Reciclado químico	11
1.4 Reciclado energético	12
1.5 Recomendaciones para reciclado de P.E.T	12
1.5.1 Etiquetas	13
1.5.2 Recolección	14
1.5.3 Posibilidades financieras del reciclado	15
1.6 Efecto de los contaminantes en el procesamiento del PET	16
1.6.1 Procesamiento del PET	17
CAPITULO II PROPIEDADES FISICAS Y MECÀNICAS	
2.1 Resistencia al impacto	21
2.2 Propiedades comparadas del PET 100% reciclado con materiales de uso común y de ingeniería sin uso previo	21
2.3 Requerimientos claves e implicaciones prácticas acerca del secado del PET	22
2.3.1 Principales problemas que deben ser considerados	23
2.4 Absorción de humedad	25

CAPITULO III DATOS ESTADÍSTICOS

3.1 PET y su situación actual en el D.F.	27
3.2 Consumo de productos envasados en PET	28
3.3 Manejo de residuos sólidos en el D.F.	29
3.4 Datos estadísticos	30

CAPITULO IV DATOS TÉCNICOS

4.1 Descripción del proceso en preforma	32
4.1.1 Retención de la viscosidad intrínseca	33
4.1.2 Transparencia máxima en la preforma	34
4.2 Fabricación de envases en sistema de dos etapas	35
4.2.1 Ventajas del proceso en dos etapas	35
4.2.2 ventajas del proceso en una etapa	36
4.3 Uso de pigmentos	36
4.3.1 color	37
4.3.2 tamaño del chip	37
4.3.3 Secado	38
4.3.4 Viscosidad intrínseca	38
4.3.5 Características de transmisión de luz	38

CAPITULO V DESCRIPCIÓN PROCESO DE INYECCIÓN

5.1 Definiciones básicas	39
5.2 Descripción del proceso	40
5.3 Variables a regular en una inyectora	44
5.4 Influencia de los parámetros de la máquina sobre la pieza moldeada	47
5.5 Factores que influyen en el proceso de moldeo	50
5.5.1 Temperatura	50
5.5.2 Contracción de piezas moldeadas	52
5.6 Viscosidad y fluidez de los materiales plásticos en estado fundido	55

5.7 Descripción general de maquinaria	58
5.8 Componentes de una inyectora	59
5.8.1 Unidad de cierre	60
5.8.2 Especificaciones de la unidad de cierre	61
5.8.3 Unidad de inyección	62
5.8.4 Especificaciones de la unidad de inyección	62
5.8.5 Husillo y cilindro	65
5.9 constitución y función de un molde	66
5.9.1 Función del molde	67
5.9.2 Materiales para construcción de moldes	74
5.9.3 Boquilla	75
5.9.4 Determinación de la fuerza de cierre	76
5.9.5 Asignación de la maquinaria existente a nuevos moldes	77
5.9.6 Montaje del molde y ajuste de la unidad de cierre	79
5.9.6.1 Montaje del molde	79
5.9.6.2 Regulación de la fuerza de cierre	80
5.10 Reporte de datos	81
5.11 Tratamiento previo de los materiales para el moldeo	83
5.12 Inyección de termofijos y elastómeros	84
5.13 Mantenimiento preventivo para las inyectoras	85
5.13.1 Moldes	85
5.13.2 Sistema de inyección	86
5.13.3 Sistema hidráulico	86
5.13.4 Sistema eléctrico	86
5.13.5 Sistema de enfriamiento	87
5.14 Equipo auxiliar en el proceso de moldeo	87
5.14.1 Pigmentadores	87
5.14.2 Secadores	88
5.14.3 torres de enfriamiento	89

5.15 Encendido y apagado del equipo	89
5.16 descripción del proceso	90
CAPITULO VI EVALUACIÓN FINANCIERA	
6.1 Costos de producción	94
6.2 Costos fijos	95
6.3 Costos variables	96
6.4 Valor Presente Neto	101
6.5 Tasa Interna de Retorno	102
ANÁLISIS DE RESULTADOS	105
CONCLUSIONES	107
ANEXO I	108
BIBLIOGRAFIA	111

INTRODUCCION

Esta resina se obtiene a partir de dos materias primas derivadas del petróleo; etileno y paraxileno, presentándose en forma de pequeños cilindros o chips, los cuales, una vez secos se funden e inyectan a presión en máquinas de cavidades múltiples de las que salen las preformas, recipientes similares a tubos de ensayo pero con rosca para un tapón. Estas son sometidas a un proceso de calentamiento controlado y gradual y a un moldeado donde son estirados por medio de una varilla hasta el tamaño definitivo del envase. Por último son "soplados" inflados con aire a presión limpio hasta que toman la forma del molde.

Desde luego caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales como por ejemplo, el PVC. Presenta una demanda creciente en todo el mundo, lo cual se aprecia, por ejemplo, en los 450 millones de toneladas de PET empleados anualmente en Europa, casi 300 toneladas en envases.

Si bien los primeros años de desarrollo del plástico no contemplaron las posibilidades de reutilización o de reciclaje, con el paso de los años y gracias a los avances tecnológicos ha sido posible resolver muchas de las características que hacían que la sociedad mirara con recelo los verdaderos beneficios del plástico. Uno de los principales factores a resolver fue, sin duda el de la reutilización de los materiales que constituyen al plástico, ya que en la práctica resultaba casi imposible pensar en su biodegradación, y en muchos casos hasta su reciclaje.

Hace apenas diez o quince años, existían muy pocos recuperadores de PET, obteniendo una producción muy pequeña, principalmente a partir del material recuperado en plantas de reciclaje.

El reciclaje del material después de su utilización se está volviendo cada vez más importante, principalmente para ser transformado en materia secundaria para la producción de nuevos envases. La necesidad de reciclar es un tema que lleva a adoptar soluciones sobre materiales. Uno de los puntos importantes para facilitar el reciclaje es la compatibilización química y física de los polímeros y a sea p para productos compuestos, laminados o coextrudados. El PET es fácilmente reciclable; los envases molidos son reutilizados sobre todo en fibras textiles, para fabricación de alfombras, acolchados etc.

El reciclaje del plástico es sencillo; en capítulos posteriores se explicará con mas detalles los pasos así como requerimientos y características del proceso En 1946 se inició la producción de PET, y a partir del año 1950 comenzó la comercialización por primera vez a cargo de la ICI (Imperial Chemical Industries) en Inglaterra con la fibra uniaxial Terylene (Trevira). Sus primeros usos de gran aceptación fueron películas pero principalmente productos textiles.

OBJETIVO GENERAL

- Fabricación de maceteros a partir de PET reciclado por medio de inyección de plástico

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer proceso y encontrar condiciones de operación para inyectar P.E.T.
- Establecer criterios de operación en el lavado de P.E.T.
- Realizar análisis económico
- Realizar costos de inversión en el desarrollo del proyecto
- Comercializar producción de maceteros a precio competitivo

HIPÓTESIS

Aplicando las operaciones unitarias: molienda, lavado, secado e inyección se pretende establecer un proceso para reciclar botellas post-consumo; si se encuentran las condiciones adecuadas de operación tales como:

- Molienda
 - Tamaño de partícula
- Lavado
 - Solventes
- Secado
 - Temperatura
 - Absorción de chip
- Inyección
 - Temperatura y tiempo de deshidratación
 - Temperaturas de inyección
 - Presiones de operación
 - Temperatura del molde
 - Ajuste del molde

Se obtendrá una reducción en los costos de operación obteniendo maceteros a un precio competitivo.

CAPITULO I
RECICLADO DE PET

2. Polietileno de alta densidad (PEAD)

- Películas de alta resistencia para bolsas y sacos.
- Botellas no sanitarias
- Juguetes
- Cubetas y gran cantidad de artículos para el hogar.

3. Policloruro de vinilo (PVC)

- Tuberías para irrigación
- Molduras de ventanas
- Discos
- Botellas no sanitarias
- Accesorios para automóviles

4. Polietileno de baja densidad (PEBD)

- Bolsas, sacos y películas flexibles
- Botellas no sanitarias por soplado moldeo
- Aislamiento de cables eléctricos y de teléfono.

5. Polipropileno

- Sillas y diversos muebles
- Cajas para batería y otros accesorios de automóvil.
- Tuberías y conexiones
- Cuerdas, hilos, cintas y rafia para costales
- Conos, canillas y otros accesorios para la industria textil.

6. Poliestireno

- Material de envase para los productos no alimenticios
- Accesorios de oficina
- Peines, escobas, piezas de equipaje

Recordemos que el plástico ofrece una opción muy buena para envasar alimentos, bebidas y medicamentos, se trata de las cualidades antisépticas que pueden obtenerse en su fabricación. En este rubro, el reciclaje no queda exento de aplicación. Los primeros envases de plástico sanitario reutilizable fueron las botellas del PET.

Actualmente existen en el mercado una gran diversidad de envases de plástico cuya reutilización permite hacer otros productos.

La industria que recupera los residuos de plásticos se divide de manera general en los procesadores de PVC y procesadores de otros plásticos, puesto que el PVC requiere de equipos especiales. Al recatar los plásticos para efectos de recuperación, hay que estar atentos a que los residuos de plástico no se encuentren mezclados con PVC, ya que este material se degrada en la maquinaria, durante el proceso, arruina el producto final, afecta los equipos y produce emisiones contaminantes a la atmósfera.

Ahora bien, cuando se tienen mezclas de distintos materiales plásticos cuya separación es difícil y costosa se reciclan por métodos especiales para obtener barras, placas y diversos productos moldeados.

1.2. RECICLADO MECANICO

Es el proceso de reciclado más utilizado, el cual consiste en varias etapas de separación, limpieza y molido como se muestra a continuación:



Fig.1.2 Reciclado mecánico

1.3 RECICLADO QUÍMICO

Para el reciclado químico, se han desarrollado distintos procesos. Dos de ellos, la metanólisis y la glicólisis, se llevan a cabo a escala industrial. El PET se deshace o depolimeriza: se separan las moléculas que lo componen y estas se emplean para fabricar otra vez PET. Dependiendo de su pureza, este material puede usarse, incluso, para el envasado de alimentos.



Fig 1.3 Reciclado pro medio metanólisis

A continuación, se muestra una comparación entre el reciclado mecánico y químico:

	RECICLADO MECANICO	RECICLADO QUIMICO	
		GLICOLISIS	METANOLISIS
Calidad del desperdicio	Alta	Moderada	Amplia
Costo de operación	Bajo	Moderado	Alto
Calidad de producción	Moderada	Alta	"Virgen"
Mercado	Reducido	Muchos	Todos

Tabla 1.1 comparación de reciclaje mecánico y químico

1.4 RECICLADO ENERGÉTICO

En cuanto al uso del PET como combustible alternativo, los envases pueden emplearse para generar energía ya que este material tiene un poder calorífico de 6.3 Kcal/Kg, y puede realizar una combustión eficiente. Esto es posible ya que durante su fabricación no se emplean aditivos ni modificadores, lo cual permite que las emisiones de la combustión no sean tóxicas, obteniéndose tan sólo bióxido de carbono y vapor de agua.

1.5 RECOMENDACIONES PARA EL RECICLADO DEL PET

La tapa, el anillo de seguridad y su empaque (liner o sello):



Fig. 1.4 Separación de tapa y liner

Se recomienda que el anillo de seguridad se desprenda del cuello del envase y el empaque de la tapa (liner) se quede en la tapa a la hora de abrir el envase. También se recomienda que la tapa, en anillo de seguridad y el liner sean de:

- Polipropileno (PP)
- Polietileno de alta densidad (HDPE)

Estos materiales son preferibles al aluminio y a otros materiales. El PVC no es recomendable porque una pequeña cantidad de PVC puede contaminar grandes cantidades de PET dispuesto para su reciclado por su diferente temperatura de fusión o ablandamiento.

1.5.1 Etiquetas

Es preferible usar etiquetas de algunos de los siguientes materiales:

- Polipropileno
- Polietileno orientado (OPP)
- Polietileno de alta, media o baja densidad (HDPE, MDPE, LDPE)
- Papel

Las etiquetas metalizadas dificultan el reciclado de cualquier plástico, pues al contener metales lo contaminan. Las etiquetas deben poder desprenderse en el proceso de lavado del reciclador, por lo que es importante seleccionar un adhesivo conveniente y evaluar las etiquetas termoajustables o a presión. Los sistemas de impresión serigráfica provocan que el PET reciclado y granulado tenga color, disminuyendo sus posibilidades de uso, mercados y precio. Se recomienda evitar pigmentos de metales pesados.

➤ *EL Color.*

La botella de PET transparente sin pigmentos tiene mejor valor y mayor variedad de usos; sin embargo, con una separación adecuada, el PET pigmentado tendrá ciertos usos.

➤ *Las multicapas o recubrimientos:*

Las capas que no son de PET en los envases multicapa, así como los recubrimientos de otros materiales, reducen la reciclabilidad del PET. Es necesario separar esta clase de envases de los de PET simple.

➤ *Las bandas de seguridad (mangas) y sellos:*

Estos son generalmente incluidos en el diseño del producto envasado en PET, cuando se consideran necesarios, pero contaminan el PET para reciclar si no son removidos del envase desde la selección y separación del mismo. Se recomienda NO USAR PVC para fabricar estos elementos.

➤ *El diseño:*

Actualmente, los diseñadores tienen la oportunidad y la responsabilidad de entender el ciclo de vida y el impacto de los productos de PET.

1.5.2 Recolección

Está deberá ser lo mas rápida de implementar y con un bajo costo de recolección, buscando obtener un material poco contaminado y sin degradación de rayos ultravioleta. Las alternativas analizadas para el proceso de selección son: valor de depósito en la compra de el producto, recolección selectiva o pepena.

Valor de Depósito en la Compra de el Producto: Consiste en darle un valor al recipiente que contiene al producto, recuperado al regresar este al comerciante, intentando forzar al consumidor a devolver el envase, evitando así su deposición y la generación de desperdicios. El comerciante distribuirá el desperdicio a la industria recicladora, entregando un desperdicio poco contaminado y sin degradar provocada por los rayos ultravioleta del sol. Es sin duda, un sistema difícil de implementar debido al rechazo por parte de los consumidores y al gran número de puntos comerciales.

Recolección Selectiva: Se basa en la separación de los materiales reciclables por parte del generador de desperdicios, facilitando su recolección y logrando menor contaminación en estos materiales. Los residuos plásticos deberán separarse por el reciclado de acuerdo a su aplicación original, generando una gran disminución de volumen desperdicios y de obtención de diferentes materiales reciclables.

Pepena: Es la separación manual de botellas, en los tiraderos de basura urbana, por un grupo de recolectores a los que se les pide un tipo de desperdicio en particular. De esta forma se obtiene un material a reciclar altamente contaminado y que ha sido expuesto a los rayos ultravioleta del sol.

Este sistema de recolección trae consigo la insanidad de los individuos dedicados a la pepena, promueve el caciquismo de recolectores y los problemas sociales de los tiraderos de basura. Analizando nuestras posibilidades de recolección se eliminan las alternativas de aumentar el valor al producto para la devolución de la botella y la deposición selectiva, ya que se requiere de mucho tiempo e inversión para la implementación de cualquiera de estas dos alternativas. Como única alternativa viable está la pepena, la cual tiene algunas desventajas de menor importancia que nos impide el uso de las otras alternativas.

1.5.3 Posibilidades financieras de reciclado

Al estudiar las posibilidades económicas del reciclado de plástico se deben tener en cuenta dos factores fundamentales:

- Costos directos de producción e ingresos en estrecha relación con la tecnología necesaria para llevar acabo el reciclado.
- Limitaciones tanto técnicas como institucionales

La viabilidad del reciclado de plásticos se basa en el balance directo de los costos de la operación, capital necesario, mano de obra, materiales y costos energéticos y los ingresos directos estimados, obteniéndolos en la venta del producto reciclado. Los procesos del reciclado se consideran viables económicamente cuando los ingresos directos estimados superen los costos.

Existen una serie de procesos y técnicas que permiten un reciclado rentable de los plásticos y que utilizan mezclas de estos como material de partida. Algunos de ellos pueden trabajar incluso con un 50% de materiales no termoplásticos en la mezcla:

- Los desperdicios plásticos se pueden obtener a bajo costo
- Los artículos fabricados del desperdicio plástico pueden venderse a precios competitivos con productos similares fabricados con otros materiales.

Dado el relativo éxito de estos procesos, el interés por ellos está creciendo, especialmente para su uso con determinados desperdicios de termoplásticos relativamente limpios.

Por lo tanto se puede deducir;

Que el reciclado de residuos plásticos relativamente limpios, mediante cualquiera de los tipos de reciclaje, tiene costos netos por debajo de la deposición y en muchos casos puede obtener beneficios.

- El reciclado de desperdicios municipales en lo que a los plásticos se refiere se encuentra en poca proporción, es más caro que la deposición.

Sin embargo puede ser viable y económico en algunas zonas urbanas

1.6 EFECTO DE LOS CONTAMINANTES EN EL PROCESAMIENTO DE PET

Lo que más concierne durante el procesamiento de PET es remover todos los contaminantes que pueden catalizar una hidrólisis del PET. También se deben evitar añadir algunos agentes limpiadores como sosa caustica o detergente alcalino. Estos compuestos son a veces usados para remover etiquetas; ya que ayudan a disolver o dispersar los adhesivos usados con las etiquetas y los soportes de PEAD que están como bases en algunas botellas de PET. Aunque los recicladores pueden subsecuentemente lavar PET con agua caliente, los compuestos alcalinos son frecuentemente atrapados en los granulos de PET. Consecuentemente, el reciclador puede producir PET limpio con un mínimo de degradación de la cadena del polímero, pero cuando luego es extruido, el PET seco puede degradarse sustancialmente en su peso molecular debido a la presencia de un catalizador.

El mayor problema de contaminantes presentes en las botellas de PET son los adhesivos usados para las etiquetas. Los sistemas comerciales más usados para recobrar el plástico inevitablemente dejan trazas de adhesivos.

Frecuentemente, los residuos de adhesivos son atrapados en los granulos de PET y permanecen después de lavado. Estos son típicamente Adhesivos que funden en caliente y contiene resinas ácidas, ésteres y algún elastómero. Desafortunadamente, las resinas ácidas y el ácido acético de la hidrólisis del EVA pueden también catalizar la hidrólisis del plástico. Además, estos adhesivos tratados a la temperatura de extrusión del PET lo oscurecen y lo opacan.

1.6.1 Reprocesamiento de pet

Proceso de flotación o hidrociclón

- Selección de botellas
- Trituración
- Granulación
- Lavado/flotación
- Escurrido/secado
- Almacén

Finalmente hojuelas de PET limpias y secas



Fig. 1.1 PET reciclado, limpio y seco

Es un polímero lineal con buena resistencia a los disolventes. Soluble en nitrobenzeno, funde entre 250° y 260°C se emplea en la fabricación de películas o fibras, láminas, botellas, etc.

- El PET tiene para un termoplástico, una gran dureza, resistencia excepcional y rigidez
- Buena tenacidad aún en frío
- Bajo coeficiente de rozamiento, alta resistencia a la abrasión
- Muy buena estabilidad dimensional
- Temperatura de uso -40° y 100°C
- Color natural blanco, tipos semicristalinos
- Color natural transparente, tipos amorfos
- Buenas propiedades de aislamiento eléctrica
- Alta resistencia a las corrientes de fuga
- Baja absorción de agua
- Es resistente al agua a temperatura ambiente, ácidos diluidos, sales neutras y ácidas, alcoholes, éter, aceites, grasas, hidrocarburos perclorados, aromáticos y alifáticos
- No es resistente contra álcalis, vapores sobrecalentados, cetonas, fenoles.
- No se cuartea
- Es resistente a los agentes climáticos y al aire caliente
- Combustible, con llama con desprendimiento de hollín (huele suavemente aromático)
- En los tipos amorfos, la dureza, rigidez y temperatura de deformación son algo menores a los semicristalinos;

Para aumentar la resistencia, modulo de elasticidad (E) y resistencia de esfuerzos prolongados se dispone de tipos semicristalinos reforzados con fibra de vidrio.

Propiedades	Unidad	Norma DIN	PET Amorfo (*)	PET 30% FV
Densidad	g/cm ³	53479	1.33	1.49
Tensión en el límite elástico	N/mm ²	53455	55	---
Resistencia al impacto a + 23°C	Kj/mm ²	53453	n.r.	18
Resistencia al impacto a -40°C	Kj/mm ²	53453	---	---
Resistencia al impacto con entalladura a +23°C	Kj/mm ²	53453	4-5	8
Resistencia al impacto con entalladura a -40°C	Kj/mm ²	53453	---	---
Modulo E en la tracción	N/mm ²	53457	2400	6000
Coefficiente de dilatación térmica lineal	1/K	---	8*10 ⁻⁵	4*10 ⁻⁵
Temperatura de ablandamiento	°C	53460	80	200
Índice de conductividad térmica	W/m K	---	0.24	0.28

(*) Densidad del PET; semicristalino 1.37g/cm³, amorfo 1.33g/cm³

Tabla 2.1 propiedades físicas del PET

El poliéster termoplástico, en presencia de humedad a las altas temperaturas de procesamiento, tiende a la descomposición por hidrólisis. Se perjudican las propiedades mecánicas de las piezas. Por lo dicho es absolutamente necesario un pre-secado del granulado antes del procesamiento.

El PET se procesa principalmente por inyección. Por extrusión se obtienen semiacabados y por sobre todo láminas transparentes (láminas poliéster) con excelentes propiedades de resistencia mecánica y que son de difícil descomposición y resistentes a las bacterias y hongos.

Por medio del hilado por fusión y estirado final de hasta 6 veces su largo, se obtienen fibras y filamentos de PET continuos de alta resistencia

CAPITULO II
PROPIEDADES FISICAS Y
QUIMICAS

2.1 RESISTENCIA AL IMPACTO:

Norma Utilizada: ISO 179

Temperatura de ensayo: 23°C +/- 2°C

Humedad ambiente: 50 % +/- 5%

Tipo de ensayo: Ensayo de impacto Charpy sin entalla.

PET virgen	No rompe
PET preforma	No rompe
PET Flake	No rompe

Grafico tipo barras 2.1 Resistencia al impacto

2.2 PROPIEDADES COMPARADAS DEL PET 100% RECICLADO CON MATERIALES DE USO COMUN Y DE INGENIERIA SIN USO PREVIO

Resistencia al impacto:

PET flake 100% reciclable:	No rompe
Policloruro de vinilo:	Rompe
Polipropileno:	No rompe
Poliestireno:	Rompe
Polietileno alta densidad:	No Rompe
Policarbonato:	No rompe
Nylon con 30% fibra de vidrio:	Rompe

Grafico tipo barras 2.2 comparación PET reciclado con otros plásticos virgen

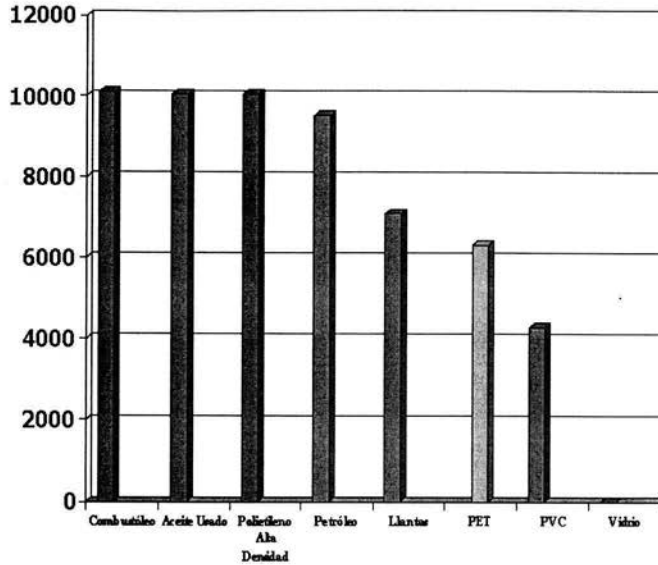


Tabla 2.2 Comparativo de capacidad calorífica de diversos residuos utilizados como combustible alternativo

2.3 REQUERIMIENTOS CLAVES E IMPLICACIONES PRACTICAS ACERCA DEL SECADO DEL PET

1. Temperatura correcta de secado.
 - La temperatura del chip deberá estar entre 150°C y 160°C.
2. Temperatura correcta del aire de secado
 - Este no debe exceder de 180°C, medido a la entrada del aire del secador.
3. Punto de rocío correcto del aire de secado.
 - Este no deberá ser mayor de -30°C., siendo recomendable en la práctica valores menores o iguales a -40°C., medido a la entrada del secador.

4. Adecuado flujo de aire de secado a través del chip.

- Muchos secadores operan con flujos de aire de $1 \text{ pie}^3/\text{min}$. Para 1 lb/hr . De chip inyectado como requerimiento mínimo. Obviamente el flujo de aire debe tener la temperatura y punto de rocío adecuados.

5. Tiempo de residencia del chip (tiempo de secado).

- Se recomienda que el tiempo de residencia para la Resina PET no sea menor a 4 horas, siendo común trabajar entre 6 y 8 horas. El tiempo de secado teórico, puede ser calculado dividiendo la capacidad del secador (Kg) entre la productividad de la máquina (Kg/hr).

2.3.1 Principales problemas que deben ser considerados

En una operación eficiente, con un buen cumplimiento de los requerimientos básicos del secado, los problemas deben ser mínimos. Sin embargo, los siguientes puntos deben ser considerados:

1. Filtro del aire

- Los filtros protegen al desecante del polvo y su limpieza en forma rutinaria es esencial. Se debe tener mucho cuidado para no dañarlos ya que disminuirá su eficiencia en el secado.

2. Mal funcionamiento

- Si ocurre algún bloqueo o falla mecánica del enfriador del aire, se provoca una pérdida de la eficiencia en la capacidad de regeneración del desecante, incrementándose el punto de rocío y disminuyendo su capacidad de captación de humedad.

3. Fallas del calentador.

- Las fallas en el calentador de aire pueden presentarse debido a:
 - Incapacidad para alcanzar la temperatura correcta de secado.
 - Incapacidad para alcanzar la temperatura adecuada para la regeneración del desecante.

4. Ingreso del aire ambiental.

- Este se aplica particularmente a sistemas que emplean succión para transportar el chip. El aire del ambiente siempre estará húmedo comparado con el gas de secado. Si alguna cantidad de este aire es introducido en el sistema, se producirá una variación en el punto de rocío y por lo tanto en la eficiencia del secado. Bajo estas circunstancias, en el caso de remover un componente del secador, se debe tener cuidado al reensamblar la parte, colocando empaques adecuados y probando el sistema contra fugas.

5. Transporte del chip seco.

- Si el secador no está colocado encima del inyector, es esencial que los granulados de PET sean transportados con aire seco con una temperatura y punto de rocío equivalente al gas de secado. De no hacerlo así se puede provocar la humidificación del granulado con los subsecuentes efectos negativos sobre su procesamiento, claridad del producto y degradación hidrolítica.

Otros parámetros que influyen en la velocidad de secado son la humedad y temperatura del gas utilizado, como se indica en la Fig. 2.1, donde se observa un incremento en la velocidad a temperaturas elevadas. Este resultado, sin embargo, no es suficiente para asumir que se tienen las mejores condiciones de operación en el secado del material.

La influencia de la humedad y temperatura del gas de secado es mucho más complejo teniendo efectos significativos sobre la estructura química y propiedades finales de la resina debido a una degradación potencial del material por los procesos térmicos y de hidrólisis.



Fig.2.1 Efectos de la temperatura de secado

2.4 ABSORCIÓN DE HUMEDAD

Como ya se indicó, existe absorción de humedad del ambiente tan pronto como el granulado de PET sale del proceso final de su elaboración. La velocidad de absorción depende de cuatro factores para un tamaño específico de recorte. Estos son: tiempo, temperatura, humedad atmosférica (punto de rocío) y la cristalinidad del chip. EL PET amorfo absorbe humedad más rápidamente que el PET cristalino. En este sentido, la alta cristalinidad natural (> 50%) confiere una reducción en la velocidad de absorción de humedad, bajo ciertas condiciones, como se indica en la Fig. 2.3

FIG. 2 ABSORCION DE HUMEDAD DEL PET

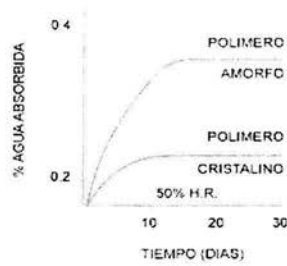


Fig. 2.2 absorción de la humedad

La siguiente figura ilustra la influencia de la temperatura y humedad del ambiente sobre la humedad absorbida así como la necesidad de tener cuidado con el almacenaje, el cual de preferencia debe ser bajo cubierta.

FIG.3 INFLUENCIA DE TEMPERATURA SOBRE LA HUMEDAD ABSORBIDA

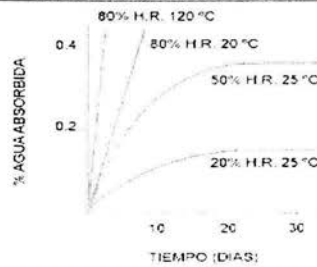


Fig. 2.3 Influencia de la temperatura sobre la humedad absorbida

CAPITULO III
DATOS ESTADISTICOS

3.1 EL PET Y SU SITUACIÓN ACTUAL EN EL DISTRITO FEDERAL

La creciente demanda por parte de los consumidores ha impulsado de manera importante el desarrollo de nuevas tecnologías para el empaque y embalaje de diversos productos de consumo diario. La industria del empaque y embalaje es una de las más importantes en nuestro país, de hecho, se ha identificado que participa con el 1.16 por ciento del PIB y el 10.3 por ciento del PIB manufacturero. Los materiales comúnmente utilizados para el empaque y embalaje a nivel nacional y de exportación son el vidrio, el metal, el papel, el cartón y el plástico, y de éstos, el plástico ocupa un lugar importante dentro de la industria (844 mil toneladas anuales, 8.9 Kg/persona (*datos mostrados dentro de la justificación para la iniciativa de Ley Federal de Empaques y Embalajes, a cargo del Grupo Parlamentario del PVEM*), ya que posee características muy particulares que favorecen el manejo y distribución de productos, además de alta resistencia a pesar de ser un material liviano, estas características entre otras, han favorecido el desarrollo de esta industria, la mayor diversificación de estos productos y por supuesto, su consumo.

La Dirección General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal, reporta una disposición final de plásticos de 761.9 ton/día, dentro de éstas, 14.1 toneladas pertenecen a envases hechos de PET ocupando espacios innecesarios en las celdas de confinamiento del relleno sanitario de Bordo Poniente y con un tiempo de vida media muy largo. Según datos manejados por el PNUMA en 1996, una botella de PET tarda en degradarse 500 años dentro de un tiradero.

3.2 CONSUMO DE PRODUCTOS ENVASADOS EN PET

El PET es uno de los materiales más utilizados para el empaque y embalaje de diversos productos. Por las características de este plástico, los envases son ligeros, transparentes, brillantes y con alta resistencia a impactos, tienen cierre hermético, no alteran las propiedades del contenido y no son tóxicos. Es por ello que el PET ha desplazado a otros materiales y tiene una demanda creciente en todo el mundo.

En México, actualmente existen 5 plantas productivas que elaboran polímero en gránulo (chip) de PET. Durante el 2000 se produjeron en las plantas mexicanas 502,100 toneladas de PET, de las cuales se exportaron 75,000 toneladas, además se importaron 40,000 toneladas de este material. Se estima que para el año 2000 el consumo de PET a escala nacional fue de 467,100 toneladas. El crecimiento anual de la demanda de este material es de 13.1% (APREPET, Agosto 2001). La composición del mercado de resina de PET en el año 2000 a escala nacional fue constituida de la siguiente manera.

SEGMENTOS DE MERCADO DE RESINA PET, 2000

Segmento	Porcentaje de mercado (2000)
Refrescos	52.8%
Agua purificada	14.9%
Aceite	14.5%
Alimentos	7.0%
Cuidado Personal	2.2%
Agroquímicos	1.4%
Licores	0.3%
Otros envases	1.5%
Otras aplicaciones	2.4%
Preforma exportada	5.0%
TOTAL	100%

Tabla 3.1 Usos de PET en el mercado

3.3 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO FEDERAL

Actualmente el Gobierno del Distrito Federal, cuenta con un sistema de manejo de residuos sólidos que tiene una cobertura del 100% de la población. Para el óptimo desarrollo de este sistema, se encuentran articuladas en la operación, la Secretaría de Obras y Servicios a través de la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU) y las delegaciones políticas, e incluyen:

- ✓ La recolección domiciliaria y barrido de calles y vialidades
- ✓ El transporte de los residuos a estaciones de transferencia
- ✓ Transporte de los residuos de las estaciones de transferencia hacia cualquiera de las tres plantas de selección y recuperación de residuos
- ✓ Disposición en el relleno sanitario de los residuos de las estaciones de transferencia y de las plantas de selección y recuperación de residuos

subproductos	BORDO PONIENTE	SAN JUAN DE ARAGON	SANTA CATARINA	PORCENTAJE	TOTAL
Papel	3,086.841	12,094.850	13,087.750	16.45	28,269.44
Cartón	1,926.186	7,658.130	12,520.050	12.86	22,104.37
Plásticos	9,237.030	11,831.470	24,760.490	26.66	45,828.99
Vidrio	8,643.257	9,527.720	26,249.290	25.84	44,420.27
Metal ferroso	3,750.061	4,240.570	14,951.650	13.35	22,942.29
Metal ferroso	no 90,753.00	104,020.00	0.00	0.012	194.77
Otros	2,882.410	931.560	4,324.290	4.73	8,138.26
TOTAL	29,616.538	46,388.320	95,893.520	100	171,898.38

Tabla 3.2 Toneladas de subproductos recuperados en las plantas de selección

Los residuos sólidos una vez que se encuentran en las plantas de selección, son separados en subproductos. Dentro de los subproductos, el plástico es uno de los materiales con mayores porcentajes de recuperación en estos sitios.

La Dirección General de Servicios Urbanos ha identificado a los plásticos dentro de la composición de la basura que es llevada para su disposición en el relleno sanitario de Bordo Poniente y los muestreos permiten distinguir que diariamente del total de los residuos (11,850 toneladas/día), 761.9 toneladas corresponden a materiales plásticos y dentro de este volumen, 14.1 toneladas corresponden a envases de PET, que equivalen a 587,500 botellas de 600 ml; considerando un peso aproximado de 24 gramos cada envase.

Las características de estabilidad física y química del PET que son de gran utilidad para los productos y de las cuales se hace alusión en el apartado de Aspectos Generales; hacen que su degradación sea sumamente difícil (hasta 500 años) cuando se convierten en residuos, además de los grandes volúmenes que ocupan dentro de las celdas de disposición final.

3.4 DATOS ESTADÍSTICOS SOBRE EL PET

En la siguiente tabla se resumen algunos datos estadísticos del PET para el año 2000.

DISTRITO FEDERAL	
Demanda de PET	55,800 t/año
Envases de PET recuperados	20,500 t/año
Porcentaje recuperado para reciclaje	36.7%
ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO	
Demanda de PET	124,000 t/año
Envases de PET recuperados	48,000 t/año
Porcentaje recuperado para reciclaje	38.7%
A NIVEL NACIONAL	
Demanda de PET	413,000 t/año
Envases de PET recuperados	71,300 t/año
Porcentaje recuperado para reciclaje	17.3%

Tabla 3.3 Datos estadísticos PET (continuación)

Considerando que de las 55,800 toneladas anuales de PET, consumidas por el Distrito Federal, se recuperan alrededor de 20,500 toneladas/año (APREPET, A.C.) (tasa de recuperación del 36.7%) y que se registran en el Relleno Sanitario de Bordo Poniente 5,146.5 toneladas/año. Puede decirse que aproximadamente un 54% del PET se encuentra:

- ✓ En almacén para su distribución o venta, o
- ✓ Dispuesto inadecuadamente en cauces, calles o tiraderos clandestinos.

CAPITULO IV
DATOS TÉCNICOS

El polímero de PET puede ser transformado en botella mediante un proceso llamado biorientación de preformas, las cuales son moldeadas en equipos de inyección. El moldeo de las preformas consiste en la inyección del polímero fundido en la cavidad del molde hasta llenarlo. Una vez lleno, la resina del polímero fundido es enfriada rápidamente para obtener así una pieza con excelente transparencia, libre de deformaciones y una magnífica exactitud dimensional lo cual es esencial para obtener botellas de excelente calidad.

El objetivo de esta sección es presentar con detalles algunos de los aspectos técnicos más importantes sobre el moldeo por inyección de la preforma fabricada con resina.

4.1 DESCRIPCIÓN PROCESO DE LA PREFORMA

El proceso de inyección puede ser dividido en las siguientes fases:

- Secado del granulado hasta lograr que el contenido de humedad sea menor a 40 ppm.
- Fusión del polímero en un equipo de inyección, utilizando de preferencia el husillo que esté diseñado especialmente para PET, aunque un husillo convencional, de longitud 20:D y una relación de compresión de 3:1, puede ser de utilidad.
- Inyección del material dentro de las cavidades del molde, que normalmente es de colada caliente, aunque los de colada convencional también pueden encontrar alguna aplicación.
- Enfriado rápido del material dentro del molde para obtener piezas amorfas (transparentes).
- Apertura del molde y expulsión de las preformas.

Durante el moldeo por inyección de la preforma, se deben controlar perfectamente los siguientes aspectos ya que las ventajas principales inherentes del PET pueden quedar destruidas durante la inyección de la preforma si no se tiene una óptima operación.

4.1.1 Retención de viscosidad intrínseca.

La Viscosidad Intrínseca (V.I.) es una medida indirecta del peso molecular, o sea, del tamaño promedio de moléculas que definen al polímero. La Viscosidad Intrínseca de uso general es de 0.8 ± 0.02 dl/g, que corresponde aproximadamente a 125 unidades repetidas por molécula y un peso aproximado de 24,000 g/mol. Cualquier disminución en la viscosidad del polímero en su paso de granulado a preforma, significará una reducción del peso molecular.

Bajo condiciones controladas de secado y moldeo, la pérdida de viscosidad no deberá ser mayor de 0.03 dl/g.

Cualquier pérdida superior a este nivel trae como consecuencia un detrimento en la transparencia de la preforma debido a un incremento en la velocidad de cristalización, acarreado la pérdida de las propiedades mecánicas del envase, particularmente la resistencia al impacto y la carga en la tapa.

La pérdida de la viscosidad se debe básicamente a una degradación hidrolítica ocurrida durante el estado de fusión que es donde el agua a niveles superiores de 40 ppm tiene una acción destructiva del polímero.

Una segunda causa de la caída de V.I. es la degradación térmica durante la fusión del polímero para inyectarlo. De ahí que se debe emplear un perfil de temperaturas de modelo y velocidades de corte lo más suave posible que permitan la obtención de preformas claras, transparentes y libres de distorsión.

4.1.2 Transparencia máxima de la preforma

La transparencia de la preforma está relacionada directamente con el grado de cristalinidad del polímero (el PET es transparente cuando tiene una estructura molecular amorfa y será opaco cuando esté cristalizado). Cuando el PET se encuentra a una temperatura entre los 85°C y los 250°C, las moléculas tienden a alinearse para formar una estructura cristalina.

La velocidad de cristalización es muy lenta en ambos extremos de este rango y es más rápida en el centro, o sea entre 140°C y 180°C. En el punto más alto de la curva de cristalización, alrededor de 175°C, el PET alcanza un grado visible de cristalinidad en menos de un minuto, de tal manera que el polímero debe ser enfriado dentro de la cavidad del molde lo más rápido posible.

Debido a que la conductividad térmica del PET es relativamente baja, el contenido de calor en el centro de la pared de la preforma es el principal contribuyente para tener una determinada cristalinidad en la pieza.

La tecnología actual del moldeo por inyección está limitada a un espesor máximo de 4 mm aproximadamente.

La temperatura de la masa durante el moldeo por inyección tiene un efecto significativo en la transparencia de la preforma. Mientras más elevada sea la temperatura se tendrá una mayor cantidad de cristalitos fundidos. Sin embargo, no se puede elevar la temperatura en forma indiscriminada ya que se corre el riesgo de generar una cantidad indeseable de acetaldehído.

Algo similar ocurre con la viscosidad intrínseca, ya que entre mayor sea el peso molecular del polímero existe una menor tendencia a la cristalización pero debido a que se requiere una mayor temperatura de fusión se ve incrementada la generación de acetaldehído.

4.2 FABRICACIÓN DE ENVASES EN SISTEMA DE DOS ETAPAS

En este sistema, la primera etapa consiste en inyectar una preforma en un equipo de inyección el cual deberá tener ciertas características especiales para que pueda procesar la resina y obtener de él un rendimiento óptimo en cuanto a sus propiedades físicas y de transparencia. Sin embargo, en los equipos convencionales de inyección también puede ser procesado el material mediante un ligero acondicionamiento del equipo obteniendo preformas de calidad.

Los moldes deben ser de colada caliente cuando se trata de elevados niveles de producción y deberán tener un sistema de refrigeración muy eficiente. Estos moldes suelen tener desde 16 hasta 96 cavidades.

Una vez que las preformas están lo suficientemente frías para que no se deformen o se peguen entre sí, son expulsadas y posteriormente enviadas a donde se localice el equipo de soplado, el cual puede estar en la misma planta o cualquier otro lugar.

La segunda etapa del proceso consiste en calentar las preformas hasta una temperatura tal que puedan ser estiradas y sopladas, en un equipo de soplado de alta productividad que normalmente se encuentra localizado en las plantas embotelladoras.

4.2.1 Ventajas del proceso en dos etapas:

1. Adecuado para grandes producciones (más de 30 mil millones de envases al año).
2. Permite centralizar la producción de preformas para suministrarlas posteriormente a las plantas de soplado.
3. Las máquinas para el soplado de envases pueden ser adquiridas por separado, lo que permite:
 - Adquisición de preformas, evitando así las dificultades técnicas de la fase de producción de las mismas.
 - Menor monto de inversión inicial antes de adquirir la instalación para la producción de preformas.

-
-
- Ideal para la producción múltiple en las plantas empleando un centro productor de preformas.

4.2.2 Ventajas del proceso en una etapa:

1. Menor inversión inicial.
2. Dado que la capacidad es inferior, permite un aumento escalonado de la producción e inversión.
3. Adecuado para varios tipos de productos o para capacidades de producción bajas, con diseños de envases más complejos, bocas anchas y multicapas.

4.3 USO DE PIGMENTOS

Una de las técnicas para producir envases de PET con color, es utilizando "Master Batch", el cual consiste en pellets de PET con alta concentración de pigmento previamente incorporado, existe también pigmento líquido y en microesferas, básicamente las microesferas son burbujas de un polímero que funde alrededor de 80°C y que contiene en su interior una cierta cantidad de pigmento en polvo, que por contacto directo con la resina que baja del secador rompe la burbuja, permitiendo que el pigmento se libere y se mezcle en la garganta del extrusor con el PET.

Los concentrados de color se encuentran en el mercado en una amplia gama de colores y son adicionados al PET natural en una relación establecida por el fabricante, que determina la intensidad del concentrado e indica la cantidad de Kg. de resina natural que deben ser mezclados con el concentrado para alcanzar el color deseado. La unión del material se puede efectuar en 2 formas:

Preparando la mezcla mecánicamente por agitación en algún recipiente giratorio o algún otro sistema y vertiendo posteriormente la mezcla a la tolva de secado, integrada al equipo para PET que utilice el cliente. Esta unión se utiliza únicamente en el caso del Master Batch:.

1. Otra forma de colorear la resina es introduciendo una cantidad constante de concentrado de color (Master Batch), microesferas o pigmento líquido a la garganta del cilindro de la unidad de inyección, uniéndose al flujo principal de resina natural, efectuándose la mezcla antes de la inyección dentro del cilindro.

La mezcla opera en forma continua, aunque para poder controlar el flujo de pigmento adicionado se emplean dosificadores para el Master Batch y microesferas y una bomba dosificadora para el pigmento líquido. Estos equipos se encuentran sincronizados con el husillo de inyección.

Los equipos pueden ser regulados para dar una cantidad constante de pigmento en la relación de la mezcla deseada.

Cambios en el color se pueden obtener rápidamente, removiendo los dosificadores de la tolva de secado.

La principal ventaja de estos sistemas es el fácil manejo del material.

4.3.1. Color

Además del verde y ámbar, se pueden producir una gran variedad de colores como: azul, amarillo, naranja, negro, en presentación transparente, translúcida y opaca

4.3.2. Tamaño del chip

El tamaño del chip del Master Batch y microesferas siempre son uniformes, asegurando un color estándar y sin variación en los productos elaborados.

4.3.3 Secado

El secado del Master Batch asegura que no ocurra degradación del material por humedad durante el proceso de inyección. Las condiciones de secado son iguales a las de la resina natural, obteniéndose así envases que cumplan con las especificaciones requeridas solo en el caso "A".

4.3.4 Viscosidad Intrínseca

La Viscosidad Intrínseca (V.I.) del Master Batch es constante y lo más cercana posible a la resina natural, con el objeto de eliminar cualquier problema de caída de viscosidad durante el proceso.

4.3.5 Características de transmisión de luz

Uno de los factores más importantes que debe ser considerado en los envases que son utilizados para el manejo de alimentos, cosméticos o productos farmacéuticos es la transmisión de la luz a través de la paredes del recipiente, debido a que se pueden ver afectadas por la radiación de los rayos ultravioleta, cuyo intervalo de longitudes de onda se encuentran entre 300 nm y 450 nm, los valores críticos que deben ser evitados.

CAPITULO V
PROCESO DE INYECCION

5.1 DEFINICIONES BÁSICAS

Presión de inyección (P_1):

Es la presión que ejerce el husillo sobre la masa durante la inyección, desde el cilindro de plastificación hasta el molde.

Presión de sostenimiento (P_2):

Es la presión que se ejerce sobre el material después de la inyección, con objeto de compactar al plástico compensando las contracciones de la pieza debidas al enfriamiento. Esta presión es generalmente menor a la de inyección.

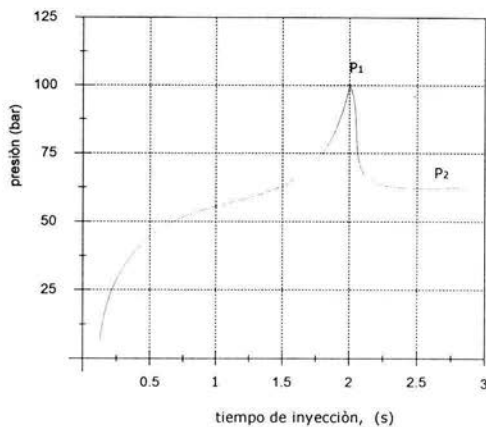


Figura 5.1 diagrama de presión de inyección en relación al tiempo en una máquina con dos presiones regulables independientes: P_1, P_2

Tiempo de inyección:

Es el tiempo que tarda el husillo en llenar las cavidades del molde y durante el cual actúa la presión de inyección.

Tiempo de sostenimiento:

Es el tiempo durante el cual actúa la presión de sostenimiento

Dosificación:

Es el transporte, plastificación y homogenización de la cantidad de material necesario para un llenado de las cavidades del molde, esto es, llevarlo a la punta del cilindro para ser inyectado.

Tiempo de enfriamiento:

Este tiempo es el que se puede ajustar en la máquina y que comprende, desde que desaparece la presión de sostenimiento hasta que el molde abre para expulsar la pieza.

Pausa: Es el tiempo que transcurre entre el final de la apertura del molde y el inicio del movimiento de cierre del molde para iniciar el siguiente ciclo.

Ciclo: Comprende todos los pasos necesarios para la obtención del producto, o sea, inyección del material, compactación del mismo, enfriamiento de la pieza, expulsión de la misma y los movimientos necesarios del molde.

Tiempo de ciclo: Es el tiempo que tarda un ciclo en completarse totalmente.

Plastificación: Es la fusión de un material hasta llevarlo a un estado líquido viscoso (plástico)

Homogenización: Es el mezclado del material para obtener características iguales en todo el volumen que comprende (en este caso en específico la temperatura)

5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de inyección se lleva a cabo en los siguientes pasos ya que se haya realizado el montaje del molde y su ajuste. Mas adelante se vera mas a detalle:

1. El material se coloca en la tolva lista para ser moldeado (seco, pigmentado, mezclado, etc, según sea el caso.)

-
-
2. El molde se cierra en varias etapas:
 - a alta velocidad y baja presión hasta antes de que se toquen las platinas del molde.
 - A baja velocidad y baja presión hasta que las platinas hacen contacto total.
 - A alta presión para generar la fuerza necesaria para evitar que el molde se abra durante la inyección.
 3. El material es plastificado (fundido) por la acción de las bandas calefactoras y por el calor debido a la fricción que genera la rotación del husillo (de las moléculas entre sí y de las moléculas contra las paredes del husillo y el cilindro).
 4. El husillo sigue girando hasta que acciona un microswitch, que determina la cantidad de material que ha de ser alimentado a la punta del cilindro. Para evitar que el material plastificado que se encuentra en la punta del cilindro, empuje al husillo hacia atrás, se le aplica a este alguna presión en sentido contrario (contrapresión).
 5. Al finalizar la dosificación, el husillo retrocede ligeramente para evitar que el material fluya hacia fuera de la boquilla, antes de ser inyectado dentro del molde. A esto se le llama descompresión.
 6. Por medio de un sistema hidráulico se empuja al husillo para que actúe como pistón, inyectando al material dentro de las cavidades del molde a determinada velocidad y presión de inyección. Terminada la inyección, se ejerce una presión sobre el material por medio del husillo (de sostenimiento), que generalmente es menor a la de inyección y sirve para contrarrestar las contracciones del material debidas a la solidificación.

-
-
7. Poco a poco el material solidifica y por lo tanto la presión de sostenimiento ya no tiene ningún efecto, por lo que se elimina. El tiempo de sostenimiento es necesario hasta que el material ha solidificado, después no tiene ya ningún efecto. Un tiempo de sostenimiento corto lleva a una descarga del molde, provocando transporte del material hacia el cilindro y por lo tanto, formación de rechupes. Un tiempo excesivo de sostenimiento provoca un desperdicio de energía. En esta misma fase de sostenimiento se pueden variar la presión y temperatura del molde, con lo que se pueden influir sobre las dimensiones, peso, contracción, formación de rebaba, cristalización, orientación y formación de tensiones internas dentro de la pieza.
 8. El calor que desprende la pieza se transmite al molde y éste a su vez, es disipado por un refrigerante (generalmente agua), que corre a través de los canales de enfriamiento del molde. Una vez que ha transcurrido el tiempo de enfriamiento ajustado en la máquina el molde se abre.
 9. El mecanismo de expulsión saca al producto del molde y la máquina puede iniciar el siguiente ciclo.

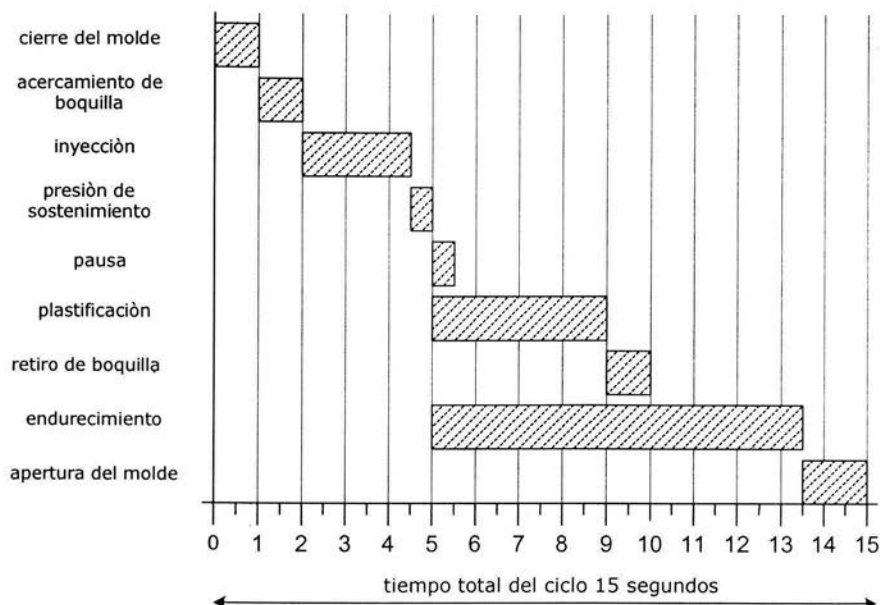


Fig. 5.2 Diagrama de las fases de operación y sus tiempos para una máquina de moldeo por inyección

El ciclo descrito es una forma base a partir de la cual, se hacen variaciones, dependiendo del sistema de moldeo utilizado. Por ejemplo, si se utilizan los sistemas de moldeo con coladas caliente o aislada, la unidad de inyección permanece siempre unida al molde, ó bien, cuando el tiempo de plastificación es muy largo, la pieza puede ser enfriada dentro del molde durante mas tiempo para aprovechar el alargamiento del ciclo.

Otra fase que puede ser utilizada cuando la capacidad de inyección de la máquina es ligeramente menor a los requerimientos del molde, es la intrusión. La intrusión es la inyección del material dentro del molde mediante movimiento rotacional del husillo, en esta fase la inyectora trabaja, de cierta manera como una extrusora durante un tiempo determinado, para posteriormente realizar el ciclo normal.

La intrusión se puede utilizar con piezas de paredes anchas que no impidan la entrada del material a las cavidades, pues durante la intrusión el plástico es solamente expulsado al molde, más no inyectado a presión.

5.3 VARIABLES A REGULAR EN LA INYECTORA.

En una máquina de moldeo por inyección todos los parámetros del ciclo de trabajo son variables con objeto de poder adaptarse a las exigencias de calidad y precisión de las piezas que se producen, a las características del molde y del material termoplástico que se usa. Moldeando por ejemplo, piezas que tienen el mismo peso, con el mismo material pero con forma y características diversas, se tendrán condiciones del ciclo de producción y por lo tanto diferente regulación en los parámetros del mismo ciclo:

- Altura del molde y carrera de la platina móvil
- Tipo y número de sistemas de expulsión a utilizar
- Carrera del expulsor mecánico
- Programa de velocidades de apertura y cierre del molde
- Carrera y velocidad del extractor hidráulico (si se requiere)
- Fuerza del extractor neumático.
- Desplazamiento de la unidad de inyección
- Velocidad de inyección
- Presión de inyección
- Presión de sostenimiento
- Contrapresión sobre el husillo
- Tiempo de inyección
- Tiempo de sostenimiento

-
-
- Tiempo de enfriamiento
 - Tiempo del ciclo
 - Tiempo de pausa
 - Temperaturas en las diferentes zonas del cilindro de plastificación
 - Temperatura de la boquilla
 - Temperatura del molde
 - Dosificación
 - Velocidad de rotación del husillo.

Algunos de estos parámetros requieren de regulación predeterminada fácil de ajustar, otras en cambio son confiadas a la habilidad del operador que efectúa el ajuste de la máquina. De éstos últimos los parámetros críticos son: velocidad de inyección, tiempo de inyección, presión de sostenimiento, velocidad de rotación del husillo, tiempo del ciclo.

Eliminación del defecto por:	Especie de defecto
eleva temperatura/cilindro	rebaba extern/pza inyect.
reducir temperatura/cilindro	rebaba cerca bebed-pieza
eleva temperatura boquilla	burbujas de vacuo.cavi.
reducir temperatura/boquilla	depressiones superficiales
retardar desprend/boquilla	costuras de union
limpiar boquilla	pieza,quemada y sucia
apretar boquilla	form/rayas y estrias
ampliar apert/boquilla(ajustar)	deformaciones
eleva revoluciones/husillo	estrias de desmoldeo
reducir revoluciones/husillo	superficie opaca
levantar presión de inyección	superficie ondulada
bajar presión/inyección	mazarota rompe
aumentar tiempo y pres/post.	no se llena la pieza
reducir tiempo y pres/post	no se desmolda la pza.
aumentar presión de cierre	expulsor perfora
eleva la contrapresión	decoloración en mazarota
reducir la contra presión	plastificación desapareja
inyectar mas despacio	husillo no retorna
inyectar mas rapido	sal.mat.entre boq y mango
inyectar mas tarde	sube temp. en cil./husillo.
pulir los bebederos	
retocar y pulir/molde	
mejorar ventilación del molde	
agrandar bebederos	
limpiar o eventualmente pulir molde	
eleva temperatura molde	
reducir temperatura molde	
presecar el material	
emplear material de primera calidad	
limpiar cilindro del husillo	
controlar alimentación de material	
achicar la dosificación	
aumenta la dosificación	
usar agente de desmoldeo	
desmoldear c/aire comprimido	
prolongar tiempo de enfriar	
reducir tiempo de enfriar	
mantener ciclo uniforme	
controlar enfriamiento/equipo husillo	
bajar/temp. en zona/alim.cilindro	
desmoldear mas despacio	
colocar o agrandar radios/bebederos	

Fig. 5.3 Defectos correspondientes a la técnica de inyección y su eliminación

5.4 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE LA MÁQUINA SOBRE LAS PIEZAS MOLDEADAS.

Los parámetros ajustables de la inyectora afectarán a la pieza moldeada, dependiendo de la fase de trabajo en la que actúen.

Los factores que influyen en la precisión de las piezas moldeadas pueden atribuirse a tres factores fundamentales:

- El molde
- La materia prima
- La máquina (parámetros a controlar)

Si estos tres factores no son bien combinados entre sí, entonces no podemos hablar de precisión y tampoco de calidad; aún la mejor máquina con la mayor precisión no podrá proporcionar los resultados esperados, si el molde no es adecuado y si la materia prima tiene diferentes características de un lote a otro. Los cinco parámetros más importantes a controlar en un ciclo de inyección, los cuales se deben de mantener constantemente bajo control y a continuación se listan:

- Tiempo del ciclo
- Tiempo de inyección
- Tiempo de plastificación
- Medida del colchón de amortiguamiento
- Presión hidráulica máxima.

El primer parámetro que debe verificarse es el tiempo total del ciclo, lo cual nos permite comprobar que todas las demás fases se están llevando a cabo de manera repetitiva.

El tiempo de inyección y de plastificación, el colchón de amortiguamiento y la presión hidráulica se refieren al proceso de inyección, que es una fase con influencia determinante sobre las características finales de la pieza moldeada.

Durante la fase de inyección se pueden ajustar velocidad de inyección, temperatura de la masa (a través de la temperatura del cilindro y de la velocidad de giro del husillo), presión de inyección y temperatura del moldeo para influir sobre propiedades tales como: dureza, resistencia a la tensión, resistencia al choque, calidad de la superficie y marcas de flujo. Cuando se habla de la velocidad de inyección, antes mencionada se hace referencia al avance o carrera axial del husillo en la fase de inyección. En general, las velocidades de inyección elevadas facilitan el llenado de moldes con recorrido de flujo largo, sobre todo cuando se moldean piezas de paredes delgadas. En otras palabras, cuando la inyección se realiza en un tiempo breve, se alcanza a llenar el molde antes de que se empiece a solidificar el puerto de entrada y por lo tanto se interrumpe el flujo. Las altas velocidades de inyección disminuyen también las caídas de presión (o pérdidas de carga) que se presentan cerca de los puertos de entrada a la cavidad del molde.

En la etapa plastificación, el material fundido se acumula entre el espacio de la punta del husillo y la boquilla. El material plastificado es llevado hacia delante en tanto que el husillo girando va hacia atrás. La contrapresión sobre el husillo que gira, tiene la función de impedir el retorno de éste, mejorando la acción de la mezcla del material. Al mismo tiempo aumenta el calor generado por la fricción al grado de correr el riesgo de sobrecalentar los materiales plásticos sensibles al calor.

Para tener bajo control los efectos de la contrapresión es necesario verificar que la temperatura del cilindro de plastificación (la temperatura de la masa fundida) no supere los límites preestablecidos para evitar la degradación térmica del material.

Por esta razón, es preciso verificar que la preparación del material se realice con constancia, cerciorándose de que el tiempo de plastificación sea repetitivo, lo que de hecho significa uniformidad en la plastificación del propio material. A continuación debe verificarse el tiempo de inyección (utilizado para transferir el material del cilindro al molde) para comprobar si es constante o no y además si el material se está compactando en el molde en forma repetitiva mediante la verificación del pico hidráulico (la magnitud máxima de la presión hidráulica en el cilindro durante la inyección). Al comprobar el tamaño del colchón de amortiguación podemos comprobar si se introduce o no repetidamente la misma cantidad de material.

En la tabla 5.2 control de calidad se monitorean los cinco parámetros antes mencionados. Cada renglón corresponde a un ciclo diferente.

Es importante (si se requiere) contar con los documentos necesarios para certificar la calidad de las piezas, es decir, en que condiciones se han moldeado, estos son valores reales de los parámetros, ciclo tras ciclo, la fecha y el tiempo. Estos valores no son otra cosa que las condiciones de moldeo

CONTROL DE CALIDAD

CICLO No.	TIEMPO CICLO (S)	TIEMPO INYECCIÓN (S)	TIEMPO PLASTIFICACIÓN (S)	MEDIDA COLCHON (mm)	PICO HIDRAULICO (bar)	FECHA	HORA
1	28.1	2.4	11.0	12.8	68		
2	28.1	2.4	11.0	12.8	65		
3	28.0	2.5	11.0	12.6	69		
4	28.0	2.5	11.0	12.8	68		
5	27.9	2.5	11.0	12.8	69		

Tabla 5.1 Control de calidad

5.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE MOLDEO.

5.5.1 temperaturas

Las variaciones de temperatura del polímero fundido se traducen en variaciones de la viscosidad. Por esta razón es posible facilitar el llenado de un molde complejo, reduciendo la viscosidad del polímetro con un pequeño aumento de temperatura en el cilindro de plastificación o en el molde.

La fusión de los materiales termoplásticos se realiza gradualmente en el cilindro de plastificación, bajo condiciones controladas. Al calentamiento externo proporcionado por el cilindro de plastificación, se suma el calor generado por la fricción del husillo que gira y mezcla el material. La forma del husillo (tornillo), la variación de su velocidad de rotación y de los valores de contrapresión (que actúa sobre el husillo durante la plastificación), producen variaciones de la cantidad de calor generado por fricción dentro del cilindro.

El *control de la temperatura* en las diferentes zonas del cilindro de plastificación se realiza mediante termopares insertados en diversos puntos a lo largo de la trayectoria del material, desde la tolva hasta la boquilla.

Los termopares están conectados a instrumentos de control automáticos, que mantienen la temperatura de cada zona en un nivel prefijado. Sin embargo la temperatura real de la masa fundida que esta por ser inyectada en el molde, puede ser diferente a la registrada por los termopares ya sea del cilindro en la boquilla. Por tal motivo es aconsejable medir directamente la temperatura del material haciendo salir un poco de material por la boquilla sobre una placa aislante y ahí mismo hacer la medición con la sonda de un pirómetro o de un termómetro de respuesta instantánea.

Las lecturas frecuentes, es la mejor manera de controlar las variaciones entre la temperatura leída por los instrumentos y la temperatura real de la masa fundida apenas salida de la boquilla. Así el operario podrá tomar en cuenta las condiciones cuando ajuste el cuadro de control.

Las *variaciones de temperatura* en el molde pueden producir piezas con calidad variable y dimensiones diferentes. Cada separación de la temperatura de régimen se traduce en un enfriamiento más veloz o más lento de la masa fundida inyectada en la cavidad del molde.

Si la temperatura del molde se baja, la pieza moldeada se enfría más rápidamente y esto puede crear una marcada orientación en la estructura, elevadas tensiones internas, propiedades mecánicas y aspecto superficial de mala calidad.

Cuando se moldean materiales con estructura semicristalina (PP, PE, poliésteres), deben trabajarse con moldes calientes (60-120°C).

El enfriamiento lento produce en las piezas moldeadas una cristalización uniforme en casi toda la sección (tanto en lo interno como en la superficie). De esta manera, se mejoran las características mecánicas y la estabilidad dimensional de las piezas producidas. Esto ocasiona, inevitablemente, ciclos de moldeo más largos y mayores costos de producción.

5.5.2. Contracción de piezas moldeadas

El conocimiento de los fenómenos de contracción en el moldeo y la contracción posterior al moldeo, nos permite prever con relativa aproximación las variaciones dimensionales de las piezas moldeadas con un determinado material plástico durante la contracción inicial que ocurre en la cavidad del molde (paso del material fundido al estado sólido). Después del moldeo, las piezas pueden todavía sufrir una sucesiva contracción debida al alivio de esfuerzos internos. Otras variaciones dimensionales en sentido opuesto pueden ser provocadas por la natural absorción de humedad de las piezas después del moldeo.

En general, los materiales plásticos termofijos y los plásticos amorfos tienen contracciones de moldeo inferiores al 1% y no están sujetos a contracciones posteriores apreciables.

Es claro que la contracción por moldeo no solo depende de la propiedad intrínseca del material plástico sino que además existen otras variables:

- Forma y espesor del producto moldeado
- Tipo de molde, localización y sección transversal del puerto de inyección, longitud y sección de los canales de alimentación, temperatura del molde.
- Proceso de moldeo
- Variaciones de temperatura de la masa fundida, variaciones de las presiones, de la velocidad y del tiempo de moldeo

En esta gran variedad de factores que tienen mayor o menor influencia sobre la contracción de piezas moldeadas, el fabricante de moldes debe tener el acierto de prever con buena aproximación la contracción por moldeo de una determinada pieza, evitando grandes errores de estimación que se traducirán en costosas reparaciones o modificaciones al molde.

Los problemas de la contracción son complicados por el hecho de que una determinada pieza moldeada, jamás tiene una contracción porcentual uniforme. Presenta valores diferentes si es medido en la dirección del flujo o en el sentido transversal a Este. Generalmente los porcentajes de contracción resultan mayores cuanto mas lejana es la medida con respecto al puerto de entrada del material fundido en la cavidad del molde.

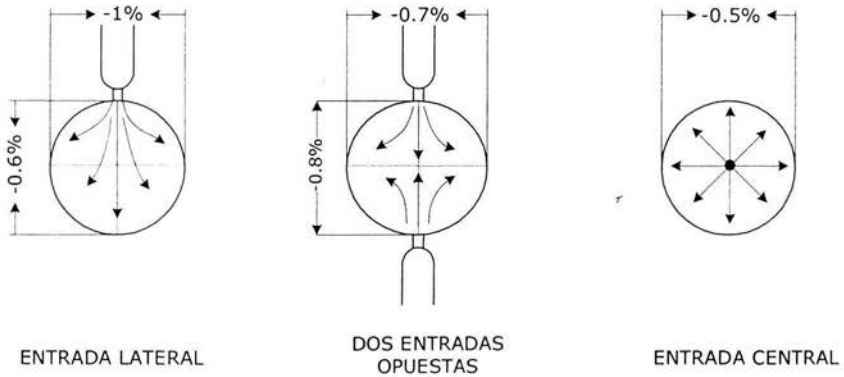


Fig.5.4 Posición de los puertos o entradas de inyección y la correspondiente variación de la contracción

En estado fundido los termoplásticos pueden ser considerados líquidos compresibles. Su volumen específico (el volumen ocupado por un gramo de material) varía en función de la temperatura y de la presión

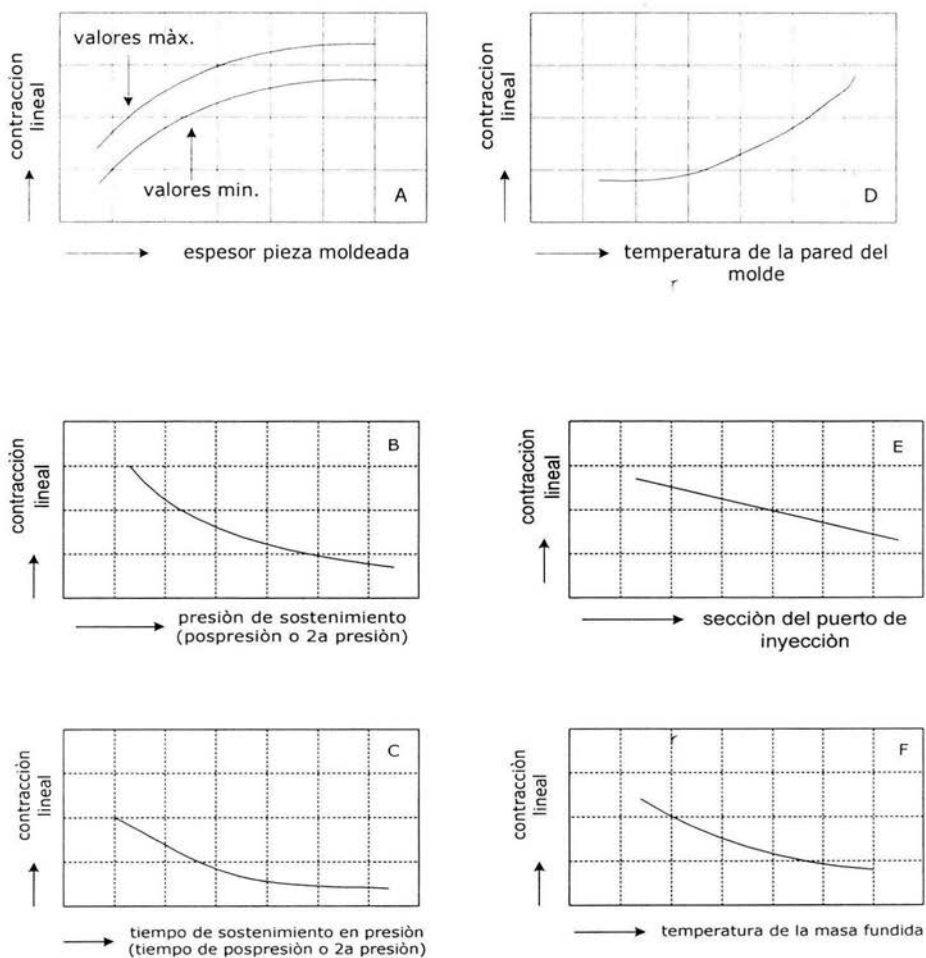


Fig. 5.5 Variaciones de la contracción lineal de los materiales termoplásticos referidas al espesor de la pieza inyectada y las variables en el proceso de moldeo

En las graficas anteriores se ve por ejemplo, que la contracción aumenta si crece el espesor de la pieza moldeada y si aumenta la temperatura del molde (curva A y curva D.). La contracción por el contrario, disminuye cuando aumentan los valores de los otros factores, (curva B, C, E y F)

5.6 VISCOSIDAD Y FLUIDEZ DE LOS MATERIALES PLASTICOS EN ESTADO FUNDIDO

El moldeo de materiales plásticos, practicado por muchos años en forma hasta cierto punto empírica.

La Fig. 5.6 muestra en forma gráfica la disminución de la viscosidad en función del tiempo, de un polímero termoplástico, que con la aportación de calor, pasa del estado sólido al estado fluido. Una vez alcanzado, después de cierto tiempo, el punto de fusión, si la temperatura no cambia, también la viscosidad de la masa fundida permanece constante por determinado tiempo (10 o 20 minutos) después del cual puede iniciarse la degradación térmica del material.

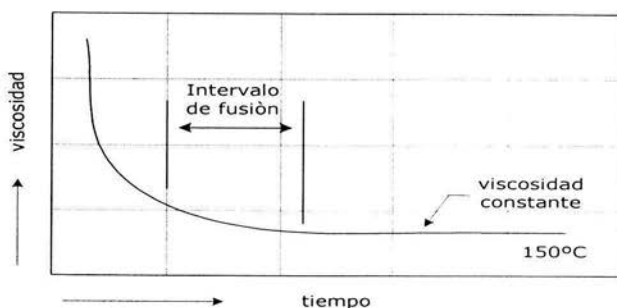


Fig.5.6 Diagrama viscosidad-tiempo a temperatura constante de un polímero termoplástico

El polímero termoplástico en estado fundido tiene el valor mas bajo de viscosidad (y por consiguiente la mas alta fluidez) y es capaz de permanecer en esta condición por varios minutos. Esta característica, permite que el material pueda inyectarse, extruirse o procesarse de cualquier otra manera.

La viscosidad de un polímero termoplástico en estado fundido, es una característica ligada a su peso molecular; los materiales con alto peso molecular, por consiguiente con alta viscosidad, serán mas apropiados para el proceso de extrusión o soplado.

Durante el proceso de moldeo por inyección de los termoplásticos, la viscosidad de la masa fundida disminuye, aún cuando se aumente la temperatura en la cual ocurre la fusión, porque también depende de la viscosidad con que el material fluye por los ductos (boquillas, canales de alimentación, pasaje a las cavidades del molde). Tan pronto como la masa fundida ha llenado el molde, se inicia la fase de enfriamiento por transferencia de calor. La viscosidad del polímero aumenta nuevamente hasta alcanzar la solidificación.

La viscosidad en los líquidos "newtonianos" tienen valores característicos para cada tipo de fluido y disminuye linealmente con el aumento de la temperatura. En los polímeros fundidos (considerados como fluidos "no newtonianos") la viscosidad disminuye cuando se aumentan, tanto la temperatura del polímero, como la velocidad de flujo (o velocidad de corte, entendida como diferencia de velocidad entre dos extractos adyacentes de fluido).



Fig. 5.7 PET en estado fundido 260°C, al momento de purgar el cañón. La fig muestra la (nariz), pieza por la cual sale el material fundido y la que se une al molde (boquilla-nariz)

Es oportuno recordar que la velocidad del fluido no es constante en cada punto de la sección del mismo. Así por ejemplo, en un tubo cilíndrico el fluido que esta en contacto con las paredes, esta siempre inmóvil (velocidad cero), mientras que hacia dentro del tubo, la velocidad crece gradualmente hasta alcanzar el máximo valor (flujo laminar). Entonces se pueden hacer dos consideraciones:

- Resulta inútil pulir a espejo los canales de alimentación del molde debido a que esto no facilita el flujo del material fundido (según el principio de la velocidad cero cuando está en contacto con las paredes)
- Sobre las paredes de los canales y de las cavidades del molde, en el mismo instante en que llega la inyección, se solidifica una delgada capa de material plástico en tanto que una "vena fluida" al centro de la sección, permite el flujo del material fundido hasta llenar completamente el molde.

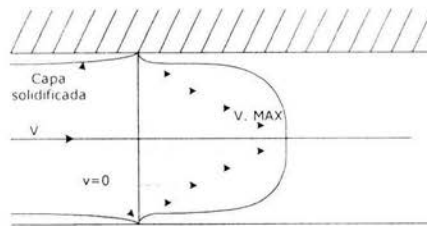


Fig.5.8 Perfil de velocidad del flujo de un polímero termoplástico fundido, dentro de un molde. Mientras el polímero fundido avanza, forzado por la presión de inyección, una delgada capa de material se solidifica al contacto con la pared del molde. La "vena fluida" al centro de la sección fluye prácticamente dentro de una camisa o cubierta de material ya solidificado.

Por estas dos razones, se puede evitar el pulido a espejo de los canales de alimentación de los moldes para el proceso de inyección.

El índice de fluidez (MFI) se determina midiendo la cantidad (en gramos) de polímero fundido que sale en 10 minutos de un recipiente cilíndrico, provisto de un barreno (boquilla) calibrado, en determinadas condiciones de temperatura y de presión.

Una forma más empírica de medir la fluidez de un material plástico, también se puede obtener con un molde de cavidad en forma de espiral instalado en una máquina de inyección pequeña que debe operar con valores determinados de presión y temperatura.

Se inyecta el material fundido en el canal con forma de espiral plano de un molde construido expresamente para esta prueba. La longitud de la espiral así obtenida, corresponde al grado de fluidez del polímero fundido que, empujado por la presión, fluye en la espiral del molde hasta que la solidificación frena el flujo.

Este método de prueba no está todavía unificado y por lo tanto los resultados, que dependen de las condiciones de moldeo, de la sección del canal a espiral y del tipo del molde, tienen valor solo como comparación de la fluidez de materiales plásticos diversos, moldeados en determinadas condiciones, utilizando siempre el mismo molde y la misma máquina.

5.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MAQUINARIA

Cada fabricante ofrece una serie de inyectoras que presentan una gran similitud tanto de ensamble como de manejo, aumentan paulatinamente de tamaño para cubrir un amplio rango de producción de artículos.

Para explicar cómo se lleva a cabo la operación de las inyectoras, tomaremos como ejemplo la serie NB de Negri Bossi, indicando en forma general las actividades a realizar para la operación de una inyectora cualquiera, y en especial una Negri Bossi. Esta marca tiene algunas características, como son:

-
-
- a. Utilizan sistema mecánico de rodillera para el cierre.
 - b. Para cada tamaño de inyectora se pueden elegir entre tres unidades de inyección, dependiendo de la presión de inyección que se requiera.
 - c. Pueden ser controladas electromecánicamente ó electrónicamente según las necesidades del usuario. Solo la máquina más pequeña (NB 40), posee de fabrica un control electrónico integrado.
 - d. Presentan un sistema de lubricación automático para el sistema de rodillera.
 - e. Poseen dispositivos de seguridad mecánico, hidráulico y eléctrico.
 - f. Se dispone de unidades de inyección especiales para el procesamiento de termofijos, elastómeros y también para el procesamiento de materiales higroscópicos mediante unidades de inyección venteadas para evitar el presecado.
 - g. Se puede utilizar intrusión (bajo pedido)

Es importante analizar la información que proporcionan los fabricantes de maquinaria, para poder seleccionar el equipo adecuado.

5.8 COMPONENTES DE UNA INYECTORA

Las máquinas de inyección constan básicamente de tres partes:

- Base
- Unidad de cierre
- Unidad de inyección

La bancada tiene como única función la de sostener a las unidades de inyección y cierre, así como a los tanques de aceite y al sistema hidráulico.

Además de las partes básicas que forman a la inyectora, ésta tiene también una unidad de potencia que transforma y suministra la fuerza motriz necesaria a las unidades de inyección y cierre, además de una unidad de control en donde se regulan y ajustan las variables del proceso.

5.8.1 Unidad de cierre

Las funciones de la unidad de cierre son:

1. Abrir y cerrar las mitades del molde, de tal forma que las proteja, haciendo que antes de que se toquen al cierre y antes de abrirse actúe el sistema a baja presión y baja velocidad.
2. Ejercer la fuerza de cierre necesaria durante la inyección y el sostenimiento, para evitar que el molde se abra.
3. Expulsar mecánicamente la pieza una vez que se ha solidificado.

Existen varios sistemas para el funcionamiento de la unidad de cierre, entre ellos el sistema hidráulico puro y el sistema mecánico articulado ó de rodillera, que será de quien nos ocuparemos.

El sistema de cierre por rodillera es uno de los más utilizados en las máquinas de inyección. La rodillera puede ser sencilla o doble, aunque la primera sólo puede ser utilizada en máquinas pequeñas. El sistema de doble rodillera proporciona grandes fuerzas de cierre y soporta los esfuerzos no equilibrados.

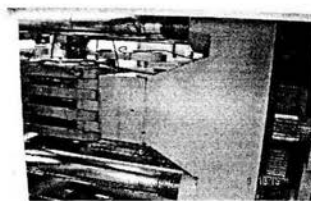


Fig. 5.9 Unidad de cierre de maquina de inyección Enaiviv

5.8.2 Especificaciones de la unidad de cierre de moldes

- Fuerza de cierre del molde (Kn o toneladas). Es la máxima fuerza con la cual puede cerrar el molde.
- Carrera de la platina móvil (mm). Es la carrera máxima de la platina móvil. Corresponde a la carrera de apertura del molde.
- Distancia entre columnas (mm). Es la máxima distancia entre las columnas de deslizamiento de la platina móvil. Sirve para definir el máximo ancho del molde.
- Dimensiones de las platinas (mm). Son las dimensiones externas de las platinas porta moldes. Sirve para definir las dimensiones máximas del molde.

- Mínimo y máximo espesor (altura) del molde (mm). Indica el espesor mínimo y máximo del molde que puede montarse en las platinas de la máquina.

5.8.3 Unidad de inyección

Las funciones de la unidad de inyección son:

1. Plastificar y homogeneizar al material, es decir, fundirlo hasta que tenga la fluidez (viscosidad) necesaria para poder inyectarlo en el molde y hacerlo de manera que la temperatura en todo el material sea la misma (homogénea)
2. Inyectar al material fundido dentro del molde a alta velocidad y presión, por medio de un movimiento axial del husillo y sostener presión sobre el material para compactarlo.
3. Dosificar la cantidad necesaria de material para un ciclo de trabajo, por medio de la rotación del husillo.

La unidad de inyección es la parte más importante de la máquina en ella se encuentran la mayor parte de los factores que afectan a la eficiencia del proceso.

5.8.4 Especificaciones de la unidad de inyección

- Diámetro del husillo (mm). Es el diámetro externo del husillo que plastifica e inyecta el material en el molde.
- Relación L/D del husillo. Es la relación entre la longitud (útil) del husillo (L) y su diámetro externo (D).
- Máxima presión de inyección (bar o Kgf/cm^2). Es la máxima presión específica que se aplica sobre el material termoplástico para ser inyectado en el molde.
- Volumen teórico de inyección (cm^3). Es el volumen generado por el husillo durante su traslación en la fase de inyección.
- Volumen efectivo de inyección (cm^3). Es la cantidad real de material termoplástico que la máquina puede inyectar en el molde.

-
-
- Capacidad efectiva de inyección en peso.
 - Capacidad de inyección (cm^3/s). Es el volumen de material que la máquina puede transferir al molde en un segundo, a la máxima velocidad de inyección. Este dato sirve para calcular el tiempo que la máquina emplea para inyectar en un molde un volumen prefijado de material.
 - Velocidad máxima de rotación del husillo (rpm). Es la máxima velocidad de rotación que el husillo puede alcanzar durante de plastificación.
 - Potencia instalada de calentamiento en el cilindro de plastificación (kw). Es la potencia máxima de las resistencias instaladas sobre el cilindro de plastificación.
 - Potencia del motor hidráulico (o eléctrico) que acciona el husillo (HP o Kw). Es la potencia disponible para hacer girar el husillo en la fase de plastificación.
 - Par máximo del husillo (Nm o Kgf-m). Es el momento de torsión máximo disponible en el husillo durante la rotación en la fase de plastificación.
 - Fuerza de contacto de la boquilla sobre el molde (kN o Kgf). Es la fuerza que empuja la boquilla contra el molde durante la fase de inyección.
 - Número de zonas de calentamiento del cilindro. Es el número de zonas sobre el cilindro de plastificación con control, independiente de temperatura.

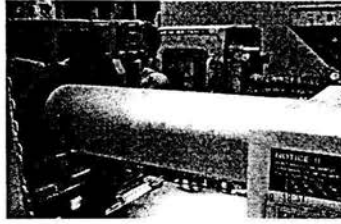


Fig 5.10, Cañon de plastificación (husillo)

Parámetros	Unidades	Especificaciones Maquinas Inyectoras			
		MÁQ. # 1 Fama FS 150	MÁQ. # 2 Engel S 150	MÁQ. # 3 Engel S 150	MÁQ. # 4 Fama FS 150
Dimensiones del husillo	mm	42	45	45	64
L/D del husillo	-	15 : 3	20 : 1	20 : 1	17 : 1
Volumen teórico de Inyección	cm ³ / iny.	226	327.54	327.54	515
Medida del Disparo	grs.	235.04	327.54	327.54	530.45
Capacidad de plastificación	Kg. / Hr	52	111.5	111.5	117
Dimensiones de la platinas	mm	560 X 510	440 X 450	440 X 450	770 X 670
Distancia entre barras	mm	360 X 310	420 X 420	420 X 420	515 X 415
Espesor mínimos del molde	mm	202	140	140	210
Espesor máximo del molde	mm	407	395	395	410
Anillo centrador	mm / Inch.	101.52 / 3.997	101.52 / 3.997	101.52 / 3.997	101.52 / 3.997

Tabla 5.3 Especificaciones máquinas inyectoras

5.8.5 Husillo y Cilindro.

Las funciones del husillo y el cilindro son las de la unidad de inyección, pues son ellos quienes la realizan.

El cambio de materiales y colores es muy usual en el moldeo por inyección, por esto se utiliza prácticamente un solo tipo de husillo, el de tres zonas. Este tipo de husillo presenta tres zonas, como su nombre lo indica, ; distinguibles entre si porque la cámara del husillo disminuye de tamaño y comprime con mayor fuerza al material. La primera es la zona de alimentación que presenta el mayor tamaño de

la cámara del husillo pues recibe el material en forma de pelet en estado sólido. La segunda es la zona de compresión en donde se compacta al material extrayendo el aire que se atrapa en la zona de alimentación. La tercera es la zona de homogeneización en donde el material es amasado fuertemente para homogeneizarlo. En esta zona el tamaño de la cámara del husillo es el mínimo.

Existe una válvula denominada de no retorno, que puede ó no ser colocada en la punta del husillo y que evita el retorno del material hacia la parte posterior del mismo durante la inyección. Esta válvula puede ser utilizada solamente con materiales que no se degraden fácilmente.

Para minimizar el desgaste que sufren husillo y cilindro por rozamiento (sobre todo con materiales abrasivos), se les aplica un tratamiento térmico (nitrurado) para endurecer la superficie. En el caso de que los materiales al moldearse provoquen corrosión es conveniente utilizar elementos cromados

5.9 CONSTITUCION Y FUNCION DE UN MOLDE

El molde consta de dos mitades que, por lo general, se fijan directamente sobre los platos portamolde de la máquina de inyección. Estos dos elementos básicos, la mitad del molde lado inyector y la mitad lado extractor, aparecen en todo molde, independientemente, de su forma de construcción.

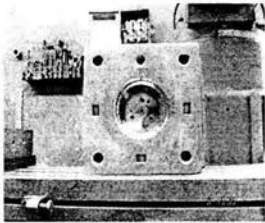


Fig. 5.11 Mitad del molde inyector
(molde fijo)

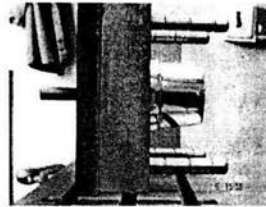


Fig. 5.12 Mitad del molde extractor
(molde móvil)

Tras el proceso de llenado y solidificación el molde se abre por el plano de partición, quedando generalmente la pieza y la mazarota adheridas a la mitad del molde lado extractor. Al continuar el proceso de apertura, la parte posterior entra en contacto con un perno fijo de la máquina, iniciándose en seguida el proceso de desmoldeo. El tope del extractor acciona el mecanismo de expulsión, el cual desplaza la pieza y la mazarota, separándolas del elemento posterior de moldeo. Solo al efectuarse el movimiento de cierre se produce la recuperación del mecanismo extractor, bien mediante las llamadas espigas de retroceso o recuperadores. Finalizado el movimiento de cierre, es decir, al estar el molde cerrado, el mecanismo de extractor se encuentra en su posición final. Mediante una boquilla situada junto a la cavidad del molde se establece una conexión entre éste y el cilindro de inyección, con lo que puede empezar de nuevo el proceso de llenado.

Según el tipo de máquina, un husillo, o un pistón impulsan a elevada presión la masa plastificada hacia la cavidad del molde. Finalizado el proceso de llenado, se mantiene todavía, durante un cierto tiempo, una presión residual, la cual sirve para compensar la contracción en volumen mediante una nueva aportación de material. Con el inicio del llenado del molde empieza la fase de refrigeración, que termina cuando el material se ha solidificado para formar una pieza de forma estable. El periodo de refrigeración termina al efectuar el desmoldeo.

5.9.1 Funciones del molde

En el proceso de inyección tiene lugar una fusión por el calor (plastificación) de la masa del moldeo; esta se conduce hacia el molde, a través de los canales de conexión, bajo la acción de una fuerza de extrusión (presión), generalmente muy elevada, que actúa desde el cilindro de plastificación. La cavidad del molde tiene la forma del objeto a fabricar; en ella se produce el moldeo y el enfriamiento de la masa, hasta que ésta alcanza un estado suficientemente estable e indeformable para poder desmoldearla. Las funciones del molde consisten, pues:

1. Recibir la masa plástica.
2. Distribuirla
3. Darle forma
4. Enfriarla y pasarla al estado sólido
5. Extraer la pieza.

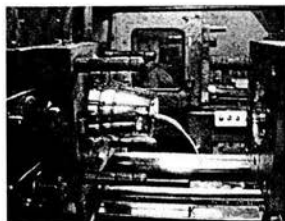


Fig. 5.13 Apertura del molde
(parte móvil)

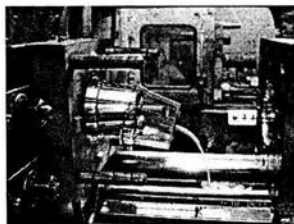


Fig. 5.14 Extracción de la pieza
(parte móvil)

Como se pudo ver anteriormente en el funcionamiento del molde; es necesario la selección del tipo del molde para la producción de una pieza determinada en plástico, ya que es necesario una cuidadosa evaluación de los elementos y datos disponibles para llegar a la solución más conveniente del problema. Para una buena opción y obtener lo más adecuado, es muy útil el intercambio de información entre el técnico que diseña la pieza moldeada y el diseñador del molde. Las consideraciones preliminares deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- La pieza para moldear: forma, dimensiones, tolerancias, peso, material plástico que se usara, contracción prevista. Las dimensiones y las tolerancias preestablecidas y el material plástico por utilizar pueden causar ligeras dificultades o excesivos costos de producción.
- Cantidad de piezas para producir en unidad de tiempo, pues es un aspecto fundamental en la determinación del aspecto económico. En un tiempo determinado provoca que los clientes ordenen o hagan construir moldes de cavidades múltiples con sistemas de alimentación de "colada caliente", para evitar pérdidas debido al material que solidifica en el molde; de hecho, la recuperación de este desperdicio de material termoplástico granulado en molinos, siempre trae problemas.
- Selección del sistema de moldeo y costo de producción del producto. En los moldes de cavidades múltiples, el material fundido que entra por la zona central del molde debe hacer un recorrido por los canales de diferentes secciones y longitudes para llegar a las cavidades dispuestas a su alrededor. Estos moldes llamados "moldes de colada caliente" son redituables y pueden operar de manera automática, pero sus costos de fabricación resultan un poco mas elevados

-
-
- Selección de la máquina adecuada: tipo y características; especificaciones de la máquina (capacidad de inyección, frecuencia de los ciclos de trabajo, fuerza de cierre del molde, superficie de moldeo proyectada, etc);
 - Costo por hora de la máquina que tiene una dependencia recíproca con el costo de producción del producto, (rentabilidad, consumo de energía, mantenimiento y costos de operación, salarios y otros gastos directos.)

Para hacer un cálculo correcto e preciso e evaluar diversas posibilidades. Es obvio que la productividad de un molde de cavidades múltiples siempre será mayor que la de un molde de una sola cavidad. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que un molde de cavidades múltiples tiene un costo muy elevado y deberá usarse una máquina con mayor capacidad, desde luego con un costo mayor por hora. En algunos casos, un molde de cavidades múltiples no garantiza la producción de piezas sin defectos, (cuando se tienen tolerancias muy cerradas).

Todas estas consideraciones pueden influir en la elección que permita una buena solución tanto técnica como económica.

Para asegurar una producción en masa de grandes cantidades de piezas moldeadas, si se toma en cuenta el riesgo de interrupciones por fallas del molde o en la máquina, es necesario considerar qué es lo más conveniente: usar un molde grande (con muchas cavidades) montado en una máquina, o dos moldes pequeños (con menos cavidades) que operen en dos máquinas.

Los aspectos descritos son básicos ya que de ellos puede depender el éxito del diseño y la rentabilidad del molde. Sin embargo, no debemos olvidar que durante el desarrollo del diseño se presentarán ajustes, cambios y decisiones también importantes.

La garantía del buen funcionamiento y duración del molde serán consecuencia de decisiones que se tomen entre el diseñador, el fabricante del molde y el supervisor del proceso de moldeo.

Las experiencias de éxitos y fracasos anteriores pueden ayudar a la buena realización de un molde, que debe ser fabricado con mucho cuidado.

La fase de prueba del molde es la última pero no la menos importante. Para la prueba final de un molde más o menos complejo, del cual no se conozca bien el sistema de alimentación del material o la extracción automática de la pieza moldeada, será necesario la presencia del diseñador y el fabricante.

En realidad, considerando que el molde es "una pieza costosa y complicada del equipo", construido como ejemplar único (igual que un prototipo), esta prueba es una oportunidad muy importante para los interesados. Es el momento en el cual la "información que se obtiene" (retroalimentación), deberá discutirse en equipo a fin de tomar decisiones sobre ajustes o eventuales modificaciones al nuevo molde que está a punto de entrar a producción. Otras alternativas que también deben decidirse y que en algunos casos están ligadas a las consideraciones preliminares:

1. Sistemas de *alimentación del material* a las cavidades del molde que son diversas y dependen tanto del material por usar como de la forma y el número de cavidades;
2. Sistemas de *expulsión de las piezas moldeadas* y de las coladas después de la solidificación por enfriamiento (en el caso de termoplásticos) o bien después del calentamiento que provoca la reacción química de endurecimiento;

-
-
3. Sistemas de *enfriamiento del molde* para termo-plásticos donde es necesario disipar la cantidad de calor que en cada moldeada el material fundido inyectado cede al molde. La expresión "enfriamiento del molde" significa: necesidad de circular un líquido alrededor de las cavidades de un molde a fin de asegurar la disipación del calor asegurado por la masa fundida inyectada en el molde en cada ciclo de trabajo. También se le puede llamar "termorregulación" o control de temperatura de acuerdo a las necesidades y según las circunstancias, considerando líquidos "fríos" (0°C a 10°C) o líquidos calientes (50° a más de 100°C) los que son circulados bajo presión en los moldes para termoplásticos. Para una efectiva disipación de calor en las diferentes zonas del molde, es necesario distribuir circuitos de enfriamiento separados o independientes. En general, para los moldes mas sencillos se utilizan circuitos separados para dos medios moldes: el medio molde montado en el lado de inyección de la máquina (sobre la platina fija) y el medio molde montado en el lado de extracción (platina móvil). Sin embargo, para moldes grandes o complicados, no son suficientes dos circuitos de enfriamiento. Durante la producción, después de realizar una serie de ciclos de moldeo y el molde alcanza una "condición de temperatura estable", pueden presentarse grandes diferencias de temperatura en zonas específicas o partes del molde (por ejemplo: corazones o mordazas móviles, partes internas de las cavidades, pistones, etc.) donde el intercambio de calor no es muy efectivo.

Es oportuno señalar que el diseñador y el fabricante, a falta de datos sobre conductividad térmica de la masa fundida del acero con que esta construido el molde y de la cantidad de calor que es necesario disipar en un tiempo determinado, conozca y se guíe por algunas reglas empíricas sobre la localización y dimensiones de los conductos de enfriamiento en relación con las cavidades del molde, por ejemplo:

- El diámetro y el número de los barrenos por donde circula el líquido debe ser lo más grande posible (compatible con la estructura y el tamaño del molde).
- Los barrenos deberán estar lo mas cerca posible a la superficie de la cavidad.

Cuando se barrenan los conductos de enfriamiento a través de los componentes de un molde, deben tenerse presentes los siguientes factores:

- Recorrido de los conductos de enfriamiento alrededor de las cavidades del molde y las divisiones del sistema en diferentes circuitos independientes.
- Facilitar la necesidad de desincrustar los conductos de enfriamiento para eliminarlos depósitos de sarro (generalmente carbonatos de calcio y magnesio) que se presentan cuando el agua que se usa no ha recibido ningún tratamiento para quitar los minerales.

Mantener estable la temperatura del molde es uno de los factores que asegura la dimensión constante (o al menos una mínima variación en la contracción) de las partes moldeadas. Además una temperatura uniforme entre los dos medios moldes garantiza la misma velocidad de enfriamiento en las dos caras de la pieza moldeada.

Así se evitan las deformaciones y torcimientos de las piezas moldeadas (por ejemplo: piezas planas medianas o grandes, moldeadas con materiales plásticos con estructura semicristalina), causado por la diferencia de temperatura entre las dos partes del molde.

4. *Selección de los materiales para la fabricación de los moldes.* Los moldes para los materiales plásticos son fabricados empleando aleaciones de aceros especiales al carbón oportunamente tratados térmicamente. Como los costos de fabricación de los moldes resulta siempre fundamental en los costos de producción, es conveniente seleccionar los aceros mas idóneos para las diversas partes del molde, con el fin de asegurar la eficiencia, duración y precisión para las condiciones previstas de empleo.

Solo en el caso que se deban moldear partes experimentales, prototipos o pequeñas cantidades de piezas, se podrán utilizar para la construcción de las cavidades, materiales suaves, mas maquinables que el acero por ejemplo:

- Aleaciones de cobre (latón, bronce)
- Aleaciones de zinc
- Aleaciones de aluminio
- Aleaciones de níquel.

Los moldes fabricados con estos materiales no pueden otorgar la misma resistencia que los construidos en acero y por lo tanto, deben usarse bajo adecuadas precauciones o para producciones limitadas.

La elección de los materiales para la fabricación de los moldes requiere de una cuidadosa evaluación de varios factores.

-
-
1. calidad del material plástico y dimensiones de la pieza moldeada;
 2. cantidad de las piezas para producir y duración prevista del molde;
 3. método elegido para la fabricación de las cavidades (maquinado convencionalmente, electro-erosión, estampado en frío etc.)

Sobre la base de estas consideraciones preliminares se planea y diseña el molde, que en el caso de producciones repetitivas (series de medianas o grandes cantidades de piezas) deberá ser construido con diversas calidades de aceros, oportunamente seleccionadas, tomando en cuenta la función y forma de cada componente y los niveles de servicio requerido.

5.9.2 Materiales para la construcción de moldes

Para la elaboración de un alto número de unidades y un uso continuo por el proceso de inyección, son indispensables moldes de gran calidad, con una elaboración muy precisa y que deben presentar una elevada duración. Estos moldes se fabrican actualmente en acero, metales no férricos. El tipo de molde a elegir para una pieza que se haya de fabricar viene determinado esencialmente por consideraciones de rentabilidad, que dependen de las exigencias impuestas a la pieza fabricada, de los costes de fabricación del molde, del tiempo de ciclo y del número de piezas a fabricar con el molde, es decir, de su duración.

Tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas se tomó la decisión de realizar el molde en material Zamak, el cual es una aleación de AlCuNi.

5.9.3 Boquilla

Las funciones de la boquilla son:

1. Unir el cilindro de plastificación con el molde y servir como pieza de ajuste entre ellos para evitar fugas de material durante la inyección.
2. Reducir el canal por donde pasa el material, desde el diámetro del cilindro (generalmente 20 y 150mm), hasta el diámetro de la entrada al molde (entre 3 y 5 mm).
3. Transformar la presión a que está sometido el material del cilindro a velocidad, para evitar que el plástico solidifique en el camino a las cavidades del molde.

Las boquillas pueden ser abiertas o cerradas. Las boquillas abiertas permiten el paso libre del material al no existir ninguna válvula entre el cilindro y el molde.

Las boquillas cerradas poseen una válvula, normalmente cerrada, entre el cilindro y el molde que se abre durante la inyección por medio de la presión del material o de algún mecanismo externo, permitiendo el paso del material. Cuando finaliza la inyección la válvula se cierra evitando que el material gotee, son utilizadas principalmente con materiales de baja viscosidad.

Cada productor de maquinaria ofrece varios tipos de boquillas para cubrir las necesidades de los moldeadores.

Tipo A: Boquilla cerrada que se abre cuando la unidad de inyección se recarga en el molde. Se utiliza para moldear materiales comunes que no presenten problemas para ser moldeados (PE, PP, PS, ABS, etc). Para que funcione correctamente, debe alejarse del molde por lo menos 10mm, para que la válvula cierre por la presión del material.

Tipo B: Boquilla cerrada de aguja. Se utiliza principalmente para el moldeo de poliamida. La aguja es empujada hacia atrás mediante la presión que ejerce el material durante la inyección y el sostenimiento, una vez que la presión desaparece, la aguja es impulsada hacia delante por el resorte. Esta boquilla tiene una resistencia con un termopar conectado a un pirómetro (se encuentra termoregulado).

Tipo C: Boquilla abierta. Se utiliza para moldear materiales que no fluyen fácilmente ó que presentan gran tendencia a la degradación (el PVC debe moldearse siempre con boquilla abierta). La dosificación debe realizarse con la boquilla recargada sobre el molde para evitar escurrimiento del material hacia fuera.

Tipo D: Boquilla abierta. Se utiliza básicamente para el moldeo de poliacetales. El diseño alargado que presenta tiene la finalidad de minimizar el goteo de material. Presenta termorregulación.

Tipo F: Boquilla abierta. Se utiliza para el moldeo de poliamidas cuando no se quiere utilizar boquilla cerrada. La dosificación debe hacerse con la unidad de inyección recargada en el molde y posteriormente utilizar descompresión antes de que la unidad de inyección se separe del molde, para evitar escurrimiento de material.

Boquilla cerrada controlada hidráulicamente: Esta boquilla se controla mediante un sistema hidráulico, el cual la abre y cierra. Se puede utilizar con prácticamente todos los materiales excepto el PVC.

5.9.4 Determinación de la fuerza de cierre.

Antes de que un molde sea asignado a alguna máquina, debe hacerse una determinación previa de la fuerza de cierre necesaria para evitar que el molde se abra durante la inyección. Para determinar la fuerza de cierre se necesita:

-
-
1. Calcular el área proyectada (superficie frontal) de la pieza y los canales de distribución, que es el área en donde actúa la fuerza que tiende a abrir el molde.
 2. Estimar la presión que se genera dentro del molde, pues aunque las presiones de inyección llegan a ser hasta de 1500 Kg/cm^2 debido a que la transmisión de presión en el plástico no es de 100% a la viscosidad del material y a la conmutación a presión de sostenimiento entre; se utilizan valores entre 250 Kg/cm^2 y 400 Kg/cm^2 para finalidad de cálculo. Empíricamente se ha encontrado que se pueden utilizar los siguientes valores:

PE	}	250 kg/cm^2
PP		
PS		
PVC		
PMMA		

Estos valores aumentarán dependiendo del diseño de la pieza, espesores de pared, cargas en el material, recorrido del plástico dentro del molde, condiciones de la máquina, calidad del molde, etc.

5.9.5 Asignación de la maquinaria existente a nuevos moldes.

Además de la fuerza de cierre, existen otros datos técnicos importantes acerca de las inyectoras, que determinan el hecho de que un molde pueda ó no ser montado en ellas. Esta información siempre es proporcionada por los fabricantes de maquinaria.

-
-
- a. *Máxima superficie frontal moldeable.*- Este dato se proporciona en base a la relación que existe entre la fuerza de cierre y la presión de inyección; como un valor contra el que se puede comparar el área del nuevo producto que se quiera moldear. Siempre debe estar especificado el valor de presión de inyección utilizado para calcular el área moldeable.
 - b. *Dimensiones de las platinas.*- Además de las dimensiones generales de las platinas es importante conocer las dimensiones libres entre barras para determinar el tamaño máximo del molde. Así como el número, dimensiones, localización, distribución, y tipo de cuerda de los barrenos a sujeción.
 - c. *Espesores máximo y mínimo del molde.*- El espesor del molde que puede colocarse, depende de la distancia que queda entre las platinas fijas y móvil, cuando la rodillera está totalmente extendida; para esto los fabricantes proporcionan una altura mínima y una máxima del molde.
 - d. *Carrera de apertura.*- Es la distancia que recorre la planta móvil durante los movimientos de apertura y de cierre. Establece la longitud máxima (paralela al eje de la máquina) del producto a moldear. Normalmente el largo de la pieza que se puede obtener es menor que la mitad de la carrera de apertura.
 - e. *Capacidad de inyección.*- Es una indicación del peso máximo de la pieza que se puede obtener, incluyendo la colada y los canales de distribución. Se utiliza al poliestireno como material de referencia. Es muy frecuente que además se proporcione el peso posible por inyección y el volumen máximo que puede ser moldeado.

-
-
- f. *Capacidad de plastificación.*- Es la cantidad de material que pueda procesar la máquina en un cierto tiempo; generalmente se da en Kg/hr. También se utiliza al poliestireno como material de referencia.

5.9.6. Montaje del molde y ajuste de la unidad de cierre

A cada montaje de molde corresponden una serie de ajustes relativos al funcionamiento de la unidad de cierre, que deben ser realizados en una determinada secuencia y bajo determinadas condiciones para evitar daños tanto al operario, como a la máquina y al molde.

5.9.6.1 Montaje del molde

Es de gran importancia que durante el tiempo que se trabaje entre las platinas, el motor eléctrico principal se encuentre apagado.

La secuencia a seguir para el montaje del molde es la siguiente:

1. Ajustar la altura del molde.
2. Verificar que las dimensiones del anillo centrador y del molde sean las adecuadas.
3. Limpiar las superficies que van a entrar en contacto tanto de las platinas como del molde y aplicar una capa delgada de aceite.
4. Apoyar el molde del lado de la platina fija y sujetarlo en forma segura.
5. Arrancar el motor eléctrico, efectuar la fase de cierre, sin sobrecargar al molde y apagar nuevamente el motor.
6. Sujetar al molde del lado de la platina móvil.

-
-
7. Abrir cuidadosamente el molde y asegurarse de que el recorrido del expulsor mecánico no sea superior al requerido por el molde, o bien, ajustar la carrera y velocidad del expulsor hidráulico. Todo esto una vez que se halla arrancado el motor eléctrico.
 8. abrir y cerrar suavemente el molde para asegurarse que la alineación y la altura sea la correcta.
 9. Seleccionar programa de apertura del molde y ajustar carreras y velocidades adecuadas.
 10. Ajustar la fuerza de cierre.
 11. Ajustar seguro mecánico.
 12. Apagar el motor y conectar el enfriamiento del molde.

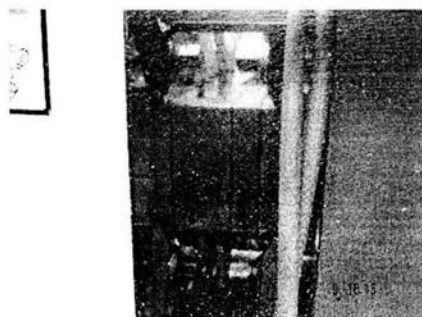


Fig. 6.15 Molde cerrado, ajustado y con refrigeración

5.9.6.2 Regulación de la fuerza de cierre

La regulación de la fuerza de cierre se realiza con la finalidad de ahorrar energía y evitar un desgaste excesivo en la máquina y en el molde. La regulación de la fuerza en el cierre es importante ya que debe ser la necesaria para que las piezas se obtengan sin rebaba.

El procedimiento a seguir, en forma general:

1. Aflojar el mecanismo que impide el movimiento del molde.
2. Encender el motor y asegurarse de que el programa de apertura y cierre de molde sea correcto y se encuentre ajustado.
3. Efectuar el cierre del molde.
4. Desplazar al molde hasta que las dos mitades del molde se encuentren en total contacto.
5. Efectuar la apertura del molde y desplazar nuevamente el molde a la derecha dando dos o tres vueltas al mecanismo de traslación.
6. Efectuar cierre del molde y repetir este punto y el anterior hasta que la máquina no efectúe el bloqueo del molde, lo cual puede verse cuando el manómetro marque solo el valor de baja presión de cierre.

5.10 REPORTE DE DATOS

Una vez que se han ajustado los parámetros de la máquina, de tal forma que el producto obtenido posee todas las características que le son exigidas, es importante que se anoten en algún formato de valores de las variables con los que dicho artículo fue obtenido. También deben anotarse los problemas que presenta la manufactura de producto y las recomendaciones que se relacionen con la solución encontrada.

Artículo	Peso	Material y Color	Observaciones
Pieza	Golpe		
Máquina: Enaiviv AMB 110		Molde:	
Tiempo inyección		Temperaturas	
Tiempo sostenimiento		De la boquilla	
Tiempo de enfriamiento		Zona de plastf.	
Pausa		Zona de homog	
Boquilla adelante		Zona de alim.	
Vel. Inyección	Del molde		
Vel. Giro de husillo	RPM	Del Aceite	
Fuerza de cierre		Presecado de material	
Presión de inyección			
Presión de sostenimiento		No Si	
Contrapresión		Termorregulador de aceite	
Dosificación		No Si °C	

Tabla 5.3 Reporte de datos

Al llevar un control de las variables del proceso se ahorra tiempo cuando se vuelve a montar el mismo molde, ó bien, se pueden solucionar problemas que presenten nuevos productos, mediante una analogía con artículos ya producidos con anterioridad.

Al llevar un control de las variables del proceso se ahorra tiempo cuando se vuelve a montar el mismo molde, ó bien, se pueden solucionar problemas que presenten nuevos productos, mediante una analogía con artículos ya producidos con anterioridad.

5.11 TRATAMIENTO PREVIO DE LOS MATERIALES PARA EL MOLDEO.

Dependiendo del producto a moldear y el material a utilizar, existen una serie de procesos necesarios ó no, anteriores al moldeo.

Procesos tales como pigmentado, molido, secado, preparado, etc, deben ser llevados a cabo antes de que el material entre a la tolva de la máquina; aunque en el caso del pigmentado hay ocasiones en que el propio proveedor de la materia prima entrega el material con el color requerido, ó bien, se utilizan pequeñas cantidades de colores concentrados (master batch) que se mezclan con el material durante el moldeo.

La preparación de materiales se lleva a cabo con la finalidad de mejorar las características del plástico, de acuerdo a algún uso en específico ó de abatir su costo.

La humedad absorbida en diferente medida por los plásticos durante el transporte ó almacenamiento, causa problemas en las piezas moldeadas, que se manifiestan como disminución de la resistencia mecánica, variación en la contracción ó marcas superficiales (manchas burbujas, grumos etc).

5.12 INYECCIÓN DE TERMOFIJOS Y ELASTÓMEROS.

La diferencia básica de procesamiento entre termoplásticos y termofijos se debe a la diferencia de comportamiento de la viscosidad ante la temperatura de dichos materiales.

En el caso de los termoplásticos, durante el procesamiento, con el aumento de la temperatura disminuye la viscosidad y permanece aproximadamente constante durante cierto tiempo; mientras que en el caso de los termofijos, con el aumento de temperatura durante el proceso, inicialmente disminuye la viscosidad, pero llega a un nivel mínimo, después del cual aumenta rápidamente como resultado del entrecruzamiento molecular

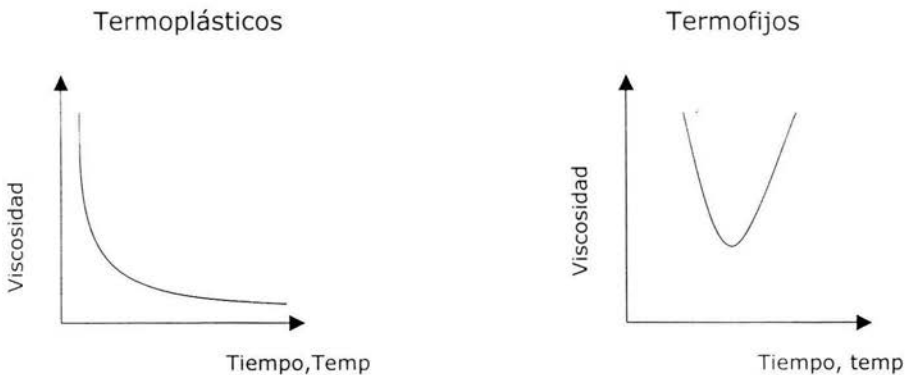


Fig 5.16 Comportamiento de materiales termoplásticos vs termofijos

Las inyectoras para termofijos varían muy poco de las utilizadas para la transformación de termoplásticos, el cambio más importante se lleva a cabo en la unidad de inyección, por lo que la mayoría de los productores pueden ofrecer el equipo necesario para el procesamiento de los termofijos.

Los cilindros para termofijos tienen algunas modificaciones en la zona de la boquilla, para permitir que en pocos segundos ésta sea desatornillada, en el caso de que una parte del material se endureciera dentro del cilindro, pudiendo desalojar rápidamente dicho material mediante rotación del husillo. El calentamiento del cilindro se lleva a cabo mediante fluidos que circulan alrededor del cilindro a través de unas chaquetas metálicas, la calefacción se divide en varias zonas. Las temperaturas de proceso para los termofijos se encuentran generalmente entre los 60° y 130°C.

Durante el proceso debe regularse la dosificación para que se lleve a cabo de tal forma que inmediatamente terminada ésta, se inicie la fase de inyección. Con esto se trata de disminuir al máximo el tiempo de permanencia del material dentro del cilindro. La dosificación se realiza con la boquilla pegada al molde.

5.13 MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS INYECTORAS

5.13.1 Moldes

Lo más importante que se debe procurar para este grupo es limpieza, pues el polvo que se deposita en las bielas, columnas, cabezas, etc; forma con el aceite de lubricación una pasta que ocasionalmente llega a bloquear los conductos de lubricación.

Cuando el bloqueo del sistema de lubricación sucede, no se forma la película de protección entre el buje y el perno, ocasionando desgaste. El desgaste entre los bujes y pernos se refleja como falta de paralelismo entre las patinas.

5.13.2 Sistema de inyección

Es importante la limpieza de las barras guía de la cabeza de inyección, así como la revisión del estado del cilindro de plastificación, husillo (principalmente de la punta), válvula de no retorno. Se recomienda limpiar y engrasar periódicamente la boquilla con grasa de molibdeno para evitar la oxidación.

5.13.3 Sistema hidráulico

Se debe revisar periódicamente que el nivel de aceite del tanque se encuentre por encima del nivel marcado en la mirilla y que la presión del sistema no rebase el nivel máximo correspondiente. Se recomienda cada 1000 horas de trabajo, sacar y limpiar los filtros de retorno y succión con algún solvente apropiado (petróleo etc) y después con aire y presión. Es recomendable cambiar cada 5000 horas de trabajo la carga completa de aceite en el tanque, limpiando tanto el tanque como los filtros antes de ser llenado de nuevo. No se debe mezclar el aceite existente con otro de diferentes especificaciones. La temperatura de trabajo del aceite es de aproximadamente 40°C.

5.13.4 Sistema eléctrico

Se deben revisar y apretar las conexiones del sistema para evitar falsos contactos, también deben revisarse que las bobinas direccionales estén bien colocadas.

Se recomienda limpiar periódicamente los platinos de los contactores del panel automático y principalmente los de calefacción, ya que el trabajo intermitente controlando corrientes, en promedio, de 10 amperes, les produce desgaste en la superficie.

5.13.5 Sistema de enfriamiento

La parte más importante del sistema de enfriamiento es el intercambiador de calor, que regula la temperatura de trabajo del aceite del sistema hidráulico. Debido a la sedimentación de partículas diversas, dependiendo de la dureza del agua que se utilice en las paredes del intercambiador, éste puede obstruirse ocasionando que se caliente el aceite.

Se recomienda limpiar el sistema de enfriamiento y en especial el intercambiador de calor cada seis meses, utilizando varillas de aluminio para evitar dañar los tubos de circulación de agua y contaminar así toda la carga del aceite.

5.14 EQUIPO AUXILIAR EN EL PROCESO DE MOLDEO

La transformación de plásticos en general requiere además de la máquina que procesa al material convirtiéndolo en producto terminado, una serie de equipos auxiliares, que sirven tanto para preparar al material para el moldeo, como para ayudar al proceso mismo.

5.14.1 Pigmentadores

Funcionan haciendo girar el material y el pigmento dentro de unos tambores, para que las finas partículas del pigmento se adhieran a la superficie de los granos. Los pigmentadores están constituidos por un chasis estable que soporta al tambor (ó tambores), un motor, un reductor y tambores con tapas.

Cuando se cambia de color, los tambores deben ser limpiados cuidadosamente para evitar contaminantes.

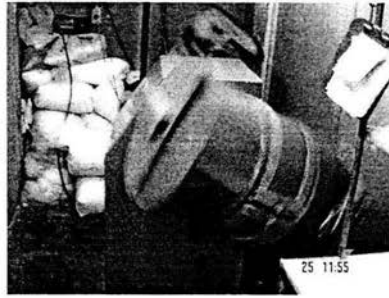


Fig. 5.17 Pigmentadora en funcionamiento

5.14.2 Secadores

Son equipos diseñados para eliminar la humedad que retienen los plásticos, tanto por adhesión superficial (materiales no higroscópicos) como por absorción (materiales higroscópicos). Los secadores toman aire del ambiente, lo calientan y lo hacen pasar a través del material. Están constituidos por un turboventilador, una cámara de calentamiento, filtros para el aire y una tolva, además de un termómetro que controla la temperatura del aire de entrada.

Los deshumidificadores funcionan bajo el mismo principio que los secadores, solo que estos eliminan la humedad que presenta el aire, que se hará pasar a través del material. Este equipo cuenta con un sistema, normalmente de mallas, que sirve para atrapar la humedad que contiene el aire del ambiente.

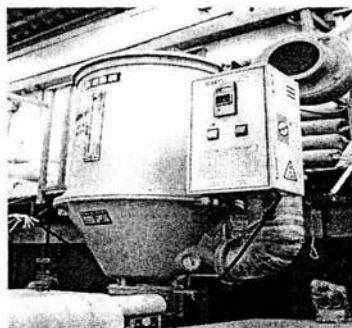


Fig. 5.18 tolva-secador para deshidratar PET de una maquina de inyección Enaiviv

5.14.3 Torres de enfriamiento

La regulación de la temperatura del moldeo determina en forma decisiva la calidad y el tiempo de ciclo de las piezas moldeadas. Bajas temperaturas en el molde llevan a bajos tiempos de ciclo y, por consiguiente, a altos niveles de producción, pero al mismo tiempo se obtienen niveles más bajos de calidad en las piezas. Es por esto, que la producción de un artículo se realiza como un compromiso entre el costo y el nivel de calidad requerido en dicho artículo.

La regulación y el control adecuados de la temperatura del molde llevan a una disminución en la contracción de las piezas, a una elevación de las propiedades mecánicas y a la obtención de un nivel uniforme de calidad en la producción.

Las torres de refrigeración se encargan de recoger el agua que sale del sistema de enfriamiento del molde para hacerla pasar por un sistema de condensación, disminuyendo así la temperatura hasta un valor fijo.

5.15 ENCENDIDO Y APAGADO DEL EQUIPO

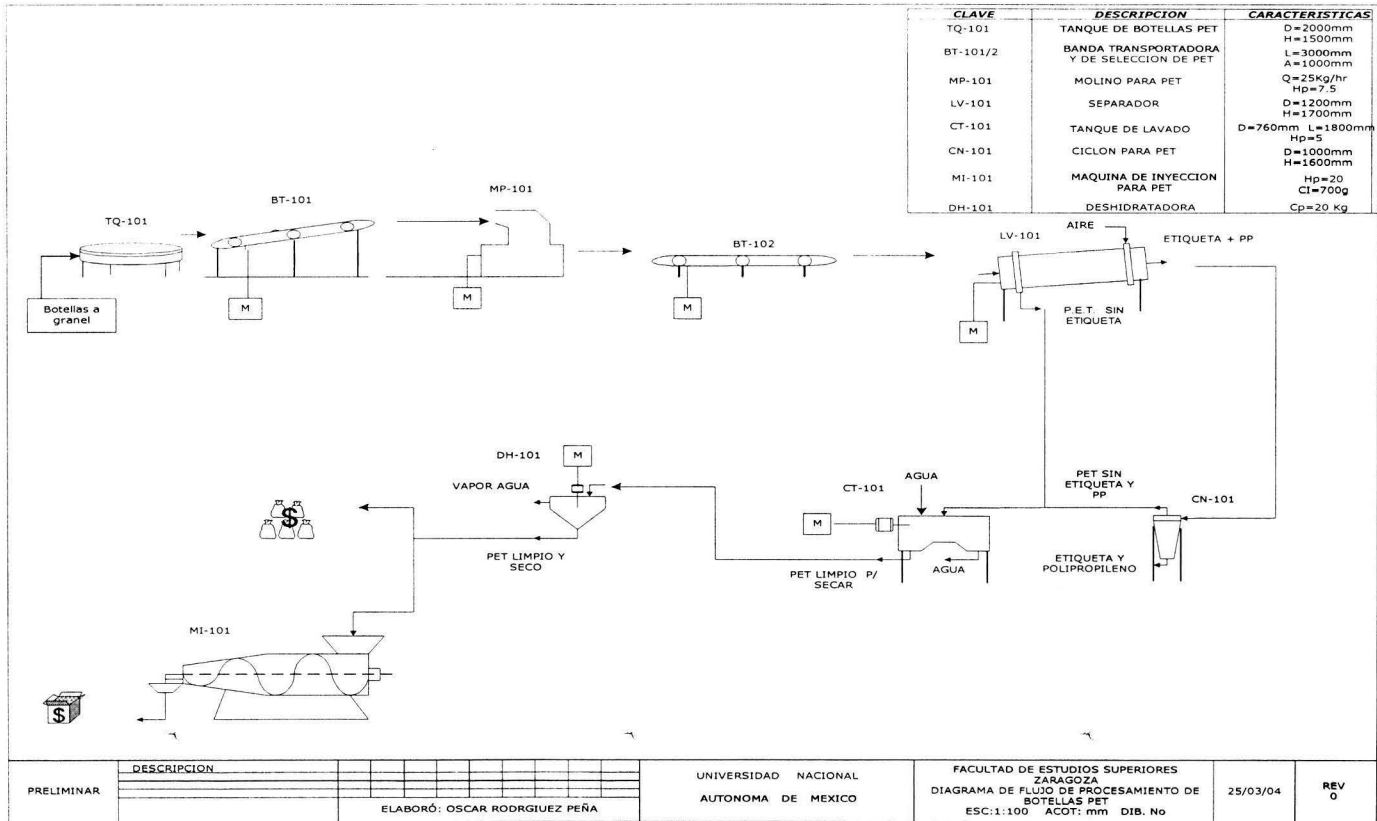
En el caso que sea necesario deshidratar el plástico, éste se tendrá que poner a secar con anticipación según sea el caso (si es necesario se pigmenta el plástico) el tiempo dependerá del plástico a trabajar. Para nuestro caso se pone a secar 1 hora antes de prender el equipo. Transcurrido 1 hora se prenden los pirómetros, se dejan calentando las resistencias 40 minutos, transcurrido este tiempo se prende el motor y se empieza a purgar la máquina para sacar del cañón todo el plástico que estuvo sin movimiento durante el calentamiento. Posteriormente el equipo se pone en automático para operar el mismo.

Cuando se necesite apagar el equipo, el ciclo ya debió de haber terminado, no es muy recomendable interrumpir el ciclo.

5.16 DESCRIPCION DEL PROCESO

El material se encuentra en cintas de cargamento que se llevan al tanque de botellas para PET (TQ-101) .Las botellas son transportadas mediante una banda (BT-101) en la cual se separan las tapas, el anillo y las etiquetas que se puedan quitar posteriormente entra al molino de cuchillas (MP-101); el plástico sale del molino y pasa en forma de hojuelas con etiquetas y un poco de polipropileno (tapa) que no se pudieron quitar a una segunda banda transportadora (BT-102). A continuación se transporta el material hacia el equipo separador (LV-101) el cual por medio de un ciclon (CN-101) se quitará la etiqueta y la poca cantidad de polipropileno que haya, aprovechando la diferencia de peso que existe con el PET; ya libre de etiqueta y polipropileno pasan a un tanque de lavado (CT-101) para quitar todas las impurezas que tengan las hojuelas, posteriormente ya limpio el material se pasa a un secador-deshidratador (DH-101) el cual después de un tiempo se obtiene las hojuelas de PET limpio y seco. Finalmente el material es empacado en costales de para su venta en forma de hojuelas.

El plástico que irá a la máquina de inyección (MI-101) deberá secarse aproximadamente de 1 a 2 horas a una temperatura de 130°C para eliminar la humedad y así poder fabricar diversos productos.



Si no han existido contratiempos, se sabrá hasta ese punto que existe un mercado potencial atractivo. Sin embargo, a pesar de conocer incluso las utilidades probables del proyecto durante los primeros cinco años de operación, aun no se habrá demostrado que la inversión propuesta será económicamente rentable.

Los recursos y las técnicas se combinan para producir bienes o servicios que nos plantean problemas financieros básicos como son el determinar, cuanto producir, como producir y para quien producir, con las respuestas a las preguntas anteriores tenemos la opción de escoger entre múltiples posibilidades de producción la que más beneficie.

La exigencia primordial de este estudio es obtener las bases que permitan conocer cuales son los recursos tanto materiales como humanos que serán empleados para generar un producto y los beneficios financieros obtenidos al utilizarlos.

En la siguiente tabla se indica cuanto es la inversión total del proyecto; posteriormente se muestra el desarrollo de los resultados que se muestran en la tabla 7.1.

Activos Fijos	176100
Activos Diferidos	10358
Capital de trabajo	20717
INVERSIÓN TOTAL	207175

Tabla 6.1 Inversión total

Equipo proceso	Monto	Tiempo de vida media
Molino 5Hp	58000	
Maquina de inyección 15Hp	85000	
Bomba 1Hp	800	
Molde	12000	10
Equipo Oficina		
Escritorio	6200	
Sillas	1500	
Archiveros	900	
Computadoras	9000	
Impresora	1200	
Teléfono	1500	10

Tabla 6.2 Activos fijos

Gastos preoperativos	Total	Años
Instalación maquinaria		
Transporte maquinaria		
Prueba y arranque	10000	10

Tabla 6.3 Activos diferidos

Ingresos

El primer año de producción se inicia con un 50% de capacidad, aumentando gradualmente para los siguientes años hasta alcanzar el 100% de la capacidad.

CAPITULO VI
EVALUACION
FINANCIERA

Año	Capacidad Utilizada (%)	Kg/hr	Producción Anual	Kg mensual	Kg Anual	Ventas
1	50	10	414720	1600	19200	414720
2	80	16	663552	2560	30720	663552
3	100	20	829440	3200	38400	829440
4	100	20	829440	3200	38400	829440
5	100	20	829440	3200	38400	829440

Tabla 6.4 Producción de hojuelas e ingresos

6.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN.

Los costos se definen como los recursos sacrificados o perdidos para alcanzar un objetivo específico. La producción es la transformación de materiales en otros bienes mediante el uso de mano de obra en una instalación industrial.

La empresa debe establecer su estructura productiva de acuerdo a sus propias condiciones y así obtener las máximas ganancias.

Para obtener estos resultados se deben establecer los costos de producción en la obtención del producto final, como son; materias primas, mano de obra directa e indirecta, materiales indirectos, costos de mantenimiento.

Los costos variables y fijos se definen en términos del cambio del costo total en función a las variaciones (o volumen) en la actividad de un objetivo de costos seleccionado.

6.2 COSTOS FIJOS

Es aquel que permanece sin cambios en su total durante un determinado periodo, a pesar de cambios importantes en la actividad o volumen total relacionados.

Equipo proceso	Cantidad	Monto	Tiempo de Depreciación vida media	
Molino 5Hp	1	58000		
Maquina de inyección 15Hp	1	85000		
Bomba 1Hp	1	800		
Molde	1	12000	10	
Subtotal		155800		15580
Equipo Oficina				
Escritorio	2	6200		
Sillas	3	1500		
Archiveros	1	900		
Computadoras	1	9000		
Impresora	1	1200		
Telefono	1	1500	10	
Subtotal		20300		2030
Total Depreciación				17610

Tabla 6.5 Depreciación

Gastos preoperativos	Total	Años
Instalación maquinaria		
Transporte maquinaria		
Prueba y arranque	10000	10
Total Amortización		1000

Tabla 6.6 Amortización

	Mensual	Anual	Total
Renta	1500	18000	18000
Mantenimiento preventivo	700	8100	8100

Tabla 6.7 Otros

Total Costos Fijos	45010
---------------------------	--------------

6.3 COSTOS VARIABLES

El costo variable generalmente cambia en proporción directa a los cambios en la actividad o el volumen total relacionado

Mano de Obra Directa	Sueldo Mensual	Sueldo Anual
Técnico	5000	60000
Obrero	1800	21600
Obrero	1800	21600
Total		103200

Tabla 6.8 Mano de Obra Directa.

	Consumo mensual m ³	Consumo Anual (m ³)	Costo Mensual	Costo Anual
Agua (m ³)	250	3000	925	11100
Energía	(Kw-hr)	(Kw-hr)		
Molino	1059.12	12709.40	692.13	8305.62
Maquina inyección	3177.36	38128.32	2076.40	24916.86
Bomba	211.32	661.12	138.42	1085.54
Total Servicios				45408.02

Tabla 6.9 Servicios

	Costo mensual	Costo Anual
Materia Prima	6400	76800
Mantenimiento correctivo	1000	12000
Total		88800

Tabla 6.10 Otros

Subtotal Costos Variables	273408
5% Costos Variables	11870
Total Costos Variables	249278

Concepto	Años	1	2	3	4	5
% Capacidad		50	80	100	100	100
Ventas		414720	663552	829440	829440	829440
Costos totales		207751	269108	294288	294288	294288
Costos Variables		162741	224098	249278	249278	249278
• Materias primas		38400	61440	76800	76800	76800
• Servicios		22991	36786	45408	45408	45408
• Mano de Obra Directa		81600	103200	103200	103200	103200
• Mantenimiento Correctivo		12000	12000	12000	12000	12000
• Otros 5% del subtotal		7749	10671	11870	11870	11870
Costos fijos		45010	45010	45010	45010	45010
• Depreciación		17610	17610	17610	17610	17610
• Amortización		1000	1000	1000	1000	1000
• Rentas		18000	18000	18000	18000	18000
• Mantenimiento preventivo.		8400	8400	8400	8400	8400
Utilidad Bruta		206969	394444	535152	535152	535152
Gastos de operación		54552	54552	54552	54552	54552
Utilidad Gravable		152417	339892	480600	480600	480600
I.S.R (35%)		53346	118962	168210	168210	168210
R.U.T (10%)		15241	33989	48060	48060	48060
UTILIDAD NETA		83830	186941	264330	264330	264330

Tabla 6.11 Estado de resultados

Concepto	Años	6	7	8	9	10
% Capacidad		100	100	100	100	100
Ventas		829440	829440	829440	829440	829440
Costos totales		294288	294288	294288	294288	294288
Costos Variables		249278	249278	249278	249278	249278
• Materias primas		76800	76800	76800	76800	76800
• Servicios		45408	45408	45408	45408	45408
• Mano de Obra Directa		103200	103200	103200	103200	103200
• Mantenimiento		12000	12000	12000	12000	12000
• Correctivo		11870	11870	11870	11870	11870
• Otros 5% del subtotal						
Costos fijos		45010	45010	45010	45010	45010
• Depreciación		17610	17610	17610	17610	17610
• Amortización		1000	1000	1000	1000	1000
• Rentas		18000	18000	18000	18000	18000
• Mantenimiento preventivo.		8400	8400	8400	8400	8400
Utilidad Bruta		535152	535152	535152	535152	535152
Gastos de operación		54552	54552	54552	54552	54552
Utilidad Gravable		480600	480600	480600	480600	480600
S.R (35%)		168210	168210	168210	168210	168210
R.U.T (10%)		48060	48060	48060	48060	48060
UTILIDAD NETA		264330	264330	264330	264330	264330

Tabla 6.11 Estado de Resultados (continuación)

ESTADO FLUJO DE EFECTIVO.

Concepto Año	Periodo preoperativo	1	2	3	4	5
Entradas		102440	205551	282940	282940	282940
• Utilidad neta		83830	186941	264330	264330	264330
• Depreciación		17610	17610	17610	17610	17610
• Amortización		1000	1000	1000	1000	1000
• Venta equipo obsoleto						
Salidas	207175					
• Pago Capital						
• Inversión total	207175					
FLUJO DE EFECTIVO.	-(207175)	102440	205551	282940	282940	282940

Concepto Año	6	7	8	9	10
Entradas	282940	282940	282940	282940	335770
• Utilidad neta	264330	264330	264330	264330	264330
• Depreciación	17610	17610	17610	17610	17610
• Amortización	1000	1000	1000	1000	1000
• Venta equipo obsoleto					52830
Salidas					
• Pago Capital					
• Inversión total					
FLUJO DE EFECTIVO.	282940	282940	282940	282940	335770

Tabla 6.12 Estado flujo de efectivo (continuación)

6.4 VALOR PRESENTE NETO: V.P.N

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Es claro que para aceptar un proyecto las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por resultado que el VPN sea mayor que cero.

$$VPN = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5} \dots\dots\dots (7.4)$$

Año	Flujo de efectivo	Flujo de efectivo descontado
Preoperativo	(-) 207175	(-) 207175
1	102440	97318
2	205551	185509
3	282940	242587
4	282940	230458
5	282940	218936
6	282940	207990
7	282940	197591
8	282940	187712
9	282940	178327
10	335770	201041
	V.P.N =	2154644

Tabla 6.13 Valor Presente Neto

6.5 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Se llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generado en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión.

$$P = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5} \dots\dots\dots(7.5)$$

Año	Flujo de efectivo	Flujo de efectivo descontado	Flujo de efectivo descontado y acumulado
Preoperativo	(-) 207175	(-) 207175	(-)207175
1	102440	97318	(-)109858
2	205551	185509	75651
3	282940	242587	318238
4	282940	230458	548696
5	282940	218936	767632
6	282940	207990	975622
7	282940	197591	1173213
8	282940	187712	1360925
9	282940	178327	1539252
10	335770	201041	1740293
		V.P.N = 1799102	

Tabla 6.14

Teniendo el V.P.N ahora podemos sustituir en la ecuación 6.4 para poder sacar i (T.I.R.) obteniéndose:

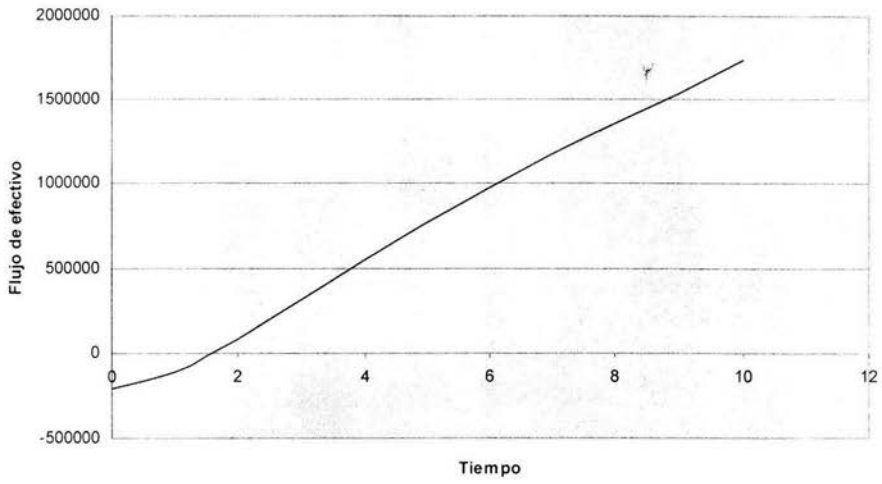
$$\text{T.I.R.} = 4.8\%$$

Si graficamos, como se muestra a continuación en la gráfica 6.1 flujo de efectivo vs tiempo podremos observar el tiempo que tarda en recuperarse el capital inicial es de 1.8 años.

Otra tasa por la cual se puede decidir si es factible el proyecto es la TREMA (tasa de recuperación mínima atractiva), la cual si la $\text{TIR} > \text{TREMA}$ se acepta el proyecto. Al no tener datos para este tipo de proyectos se tomo la decisión de elegir una tasa de 4% tomando en consideración un promedio de las tasas bancarias.

La relación beneficio-costo es otra referencia si esta es mayor a 1 se dice que conviene el proyecto. Para este caso la relación beneficio costo es mayor a 1

Tiempo recuperación de capital



6.1 Tiempo recuperación de capital

*ANALISIS DE
RESULTADOS*

En la primera etapa se desarrollaron diversos planteamientos que permitirían favorecer las condiciones de operación como son: Establecer un criterio de selección de material, factibilidad de uso de solventes, temperaturas de operación, secado de chips así como su manejo.

Uno de los puntos a considerar es separar la taparosca de la botella ya que son de diferentes propiedades. En el caso de que no se separara en su totalidad, se contaminaría y afectaría en la resistencia de la pieza.

Se tuvo también desventajas, ya que el pegamento adherido a la botella fue uno de los problemas importantes a resolver, donde solo se consideró quitar las etiquetas ya que el pegamento se degrada al inyectar el P.E.T. donde el resultado es favorable aún con el pegamento. Se pudo haber tomado la decisión de eliminar en su totalidad el pegamento utilizando disolventes; esto a consecuencia aumentaría los costos de operación y disminuiría las propiedades mecánicas del P.E.T. que es una característica importante, por estas razones se decidió inyectar en estas condiciones.

Otros aspectos importantes que no se deben pasar por alto y que se tocan mas a detalle en el anexo I son las condiciones de operación en la inyección del macetero tales como: temperaturas, presión de inyección, tiempo de inyección, velocidad de rotación del husillo, temperatura del molde (fijo y móvil), ajuste del molde, solo por mencionar algunos. Si estas condiciones son las adecuadas se obtendrán beneficios tales como: mayor número de piezas por minuto, esto tendrá como consecuencia un menor costo en la pieza y calidad en la misma.

Las condiciones que se muestran en el reporte de datos (anexo I), son las mas apropiadas de acuerdo al tipo de material, máquina y producto (diseño del molde) tratando, como se dijo anteriormente de sacar el mayor número de piezas por minuto; de acuerdo a nuestro análisis de producción, se fabrican 4 piezas por minuto, la cantidad de horas que se decidió trabajar a un 100% es de 12 horas al día, esto es en función de la demanda del producto, a un 80% se trabaja alrededor de 9.5 horas al día.

Algunas de las fallas que se presentaron tanto en la limpieza del material como en la fabricación son:

- Polietileno o polipropileno no separados al final del proceso de lavado.
- Material quemado en las resistencias por temperaturas altas
- Pieza caliente y deforme por falta de refrigeración y tiempo de enfriamiento
- Colada atorada en la boquilla y a consecuencia pieza atorada en el molde fijo.
- Pieza rayada.

CONCLUSIONES

Al llegar a las condiciones adecuadas de las operaciones unitarias mencionadas con anterioridad (molienda, lavado, secado e inyección) se pueden evitar los tiempos muertos, favoreciendo así al análisis financiero llevando al proyecto que sea rentable. De lo contrario si no se hubiesen alcanzado las condiciones adecuadas los costos de producción serían elevados y poca rentabilidad del proyecto.

Por otro lado un aspecto importante es la comercialización de las piezas, a un precio que regularmente lo establece el mercado y que en ocasiones suele ser muy castigado de aquí la importancia de cuidar al máximo los costos.

Cuando surge el interés por el adecuado tratamiento de la basura, en este caso envase de PET, sufre un auge muy importante en su recuperación, se generan varias opciones de reciclaje, con el fin de abatir el problema de la basura desarrollando nuevas tecnologías y abriendo fuentes de empleo, esto solo se puede llevar a cabo con el apoyo de la comunidad y de las autoridades

Cabe señalar que el PET no está siendo explotado en nuestro país, ya que la mayoría de este plástico lo exportamos y posteriormente lo importamos en diferentes productos; esto que se realizó es solo un ejemplo de lo que podemos hacer aplicando algunas operaciones unitarias.

Por otro lado los aspectos importantes en la toma de decisiones del proyecto para llevarlo a cabo fueron:

- T.I.R
- V.P.N
- Tiempo de recuperación de capital (gráfico)

Las cuales se muestran en la tabla 6.10, 6.11, gráfico 6.1, con resultados alentadores.

ANEXO I

Artículo	Peso	43 gr	Material y Color	Observaciones
	Pieza	Golpe		
Maceta	2500	15 seg	PET, Natural	

Máquina: Enaiviv AMB 110

Molde: Macetero

Tiempo inyección
2.5 seg

Temperaturas

Tiempo sostenimiento 0.5 seg

De la boquilla 270°C

Tiempo de enfriamiento 4 seg

Zona de plastf. 255°C

Pausa 0.5 seg

Zona de homog 250°C

Boquilla adelante
1 seg

Zona de alim. 245°C

Vel. Inyección 80 %

Del molde 22°C

Vel. Giro de husillo
200 RPM

Del Aceite 40°C

Fuerza de cierre 75 Kg/cm²

Presecado de material

Presión de inyección 95Kg/cm²

2.5 hr

Presión de sostenimiento 35 Kg/cm²

No Si x 100°C

Contrapresión 25 Kg/cm²

Termorregulador de aceite

Dosificación 43 gr

No x Si °C

Reporte de datos

Denominación	Peso específico (g/cm ³)	Punto de fusión (°C)	Contracción (%)	Dilatación térmica (10 ⁻⁶ /°C)	Resistencia al a tracción (Kp/mm ²)
Zamak	6.7	390	1.1	27	22-24

Aleación compuesta por AlCuNi para molde de inyección

Proceso	PET semicristalino
Extrusión	
Temperatura de la masa (°C)	260 a 280
Temperatura de la matriz (°C)	260 a 270

Condiciones de procesamiento de PET

Abreviaturas para polímeros

ABS	Estireno-Acrilonitrilo-Butadieno
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PE-HD	Polietileno de alta densidad
PE-LD	Polietileno de baja densidad
PET	Polietilentereftalato de etileno
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloruro de vinilo
PS-HI	Poliestireno alto impacto

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Baca Urbina Gabriel. "Evaluación de Proyectos". 3ª Edición Ed McGraw-Hill. México D.F. 1995.
- Cheremisinoff P Nicholas. "Product Design and Testing of Polymeric materials." 2ª Edición Ed. Marcer Dekker. E.U.A. 2000
- Crawford J. R. "Plastics Engineering" 3ª edition Ed. BH. 110p
- Dean A. John. "Manual del Ingeniero Químico". Tomo I 1995. Ed. McGraw-Hill. 188p
- Gianni Godini & Cachi Dessani Franco. "Moldes y Maquinas de Inyección para la Transformación de Plásticos". Ed. McGraw-Hill 1993
- Krauss-Maffei "Manual de Operación Krauss-Maffei munchen". Maquinaria de moldeo por inyección de husillo. 2ª Edición, Alemania 1985. 180p
- Moreno Carlos. "Empaque Performance Panorama Plástico". 2ª Edición, Ed. Impresora Apolo. México D.F. 1998. 90p
- Moreno Carlos. "Especial de Ingeniería Plástica" 3ª Edición Impreso en Rosgal, Montevideo – Uruguay. 1997. 95p.
- Moreno Fernando. "Moldeo por Inyección de Plásticos". 3ª Edición, Ed. Impresora Apolo. México D.F. 1998. 90p.
- Olmest A. Bernie & Davis E. Martin. "Practical Injection Molding". 4ª Edición, Ed. Marcel Dekker. E.U.A. 2001. 211p.
- Perry H. Robert. Perry "Manual del Ingeniero Químico". Tomo II- VI 3ª Edición en español, Ed. McGraw – Hill. México D.F. 1994.
- Peters S. Max & Timmerhaus D. Klaus. "Plant Design and Economics for Chemical Engineering" 3ª Edition Ed. McGraw – Hill. 1998. 550 p

-
-
- Rosato V. Donald & Rosato V. Dominick. "Injection Molding Handbook". 2ª edition Ed. ITP. 1998. E.U.A. 1030 p.
 - Schawarz Otto. "Ciencia de los plásticos". 1ª Edición español, Editorial costa Nogal. Montevideo Uruguay. 2002. 292p
 - W.Mink. "El plástico en la industria, tratado practico". Ediciones G. Gili S.A. de C.V. México D.F. 1998.

FUENTES ELECTRÓNICAS

- Bancomext, página Web. Disponible HTML. <http://www.bancomext.com>
- Basf Company, página web. Disponible HTML. <http://www.basf.com/méxico>.
- Ciqa, (Jun. 26, 2004), página web. Disponible en Flash placer. <http://www.ciqa.gob.mx>
- G.E. Company, página Web. Disponible en HTML <http://www.geplastics.com>
- Husky Injection Molding System, página web. Disponible en HTML. <http://www.husky.ca.com>
- INEGI, (Jun. 25, 2004), página Web. Disponible en HTML <http://www.inegi.gob.mx>
- Sidel de México. Disponible en PDF y HTML. <http://www.mexsidel.com.mx>