



CENTRO NACIONAL DE ACTUALIZACIÓN DOCENTE

**BACHILLERATO TECNOLÓGICO
EN TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS**

CONTENIDO DE CURSO

MÓDULO III:

**MOLDEA PLÁSTICOS MEDIANTE
EL PROCESO DE INYECCIÓN**

29 DE JUNIO 2012

REVISIÓN: 11 DE JUNIO 2014

Dirección General de Educación Tecnológica Industrial
Centro Nacional de Actualización Docente

Manual del Docente

Para la impartición del
Bachillerato Tecnológico en Transformación de Plásticos

Módulo III

“Moldea plásticos mediante el proceso de inyección”



Ing. Salvador Téllez Salero
Plásticos CNAD 2014

CONTENIDO

Antecedente e Introducción	1
Objetivo general	1
Objetivos particulares:	2
Contenido del módulo III	3
Consideraciones Generales	5
 Submódulo 1 – Prepara maquinaria y equipo para el proceso de inyección	7
Tema 1: Los procesos Industriales	7
1.1.- Objetivo de aprendizaje	7
1.2.- Introducción al tema	7
1.3.- Desarrollo	7
1.4.- Conclusión	9
1.5.- Evaluación del aprendizaje	9
 Tema 2: Introducción al proceso de inyección de plásticos	11
2.1.- Objetivo de aprendizaje	11
2.2.- Introducción al tema	11
2.3.- Desarrollo	12
2.4.- Conclusión	19
2.5.- Evaluación del aprendizaje	19
 Tema 3: Materiales en la inyección de plásticos	20
3.1.- Objetivo de aprendizaje	20
3.2.- Introducción al tema	20
3.3.- Desarrollo	20
3.4.- Conclusión	29
3.5.- Evaluación del aprendizaje	29
 Tema 4: Máquina de inyección de plásticos y periféricos	29
4.1.- Objetivo de aprendizaje	29
4.2.- Introducción al tema	29
4.3.- Desarrollo	30
4.4.- Conclusión	38
4.5.- Evaluación del aprendizaje	38

Tema 5: Función de los Moldes en el proceso de inyección de plásticos.....	39
5.1.- Objetivo de aprendizaje	39
5.2.- Introducción al tema.....	39
5.3.- Desarrollo.....	39
5.4.- Conclusión	46
5.5.- Evaluación del aprendizaje	46
Submódulo 2 – Elabora piezas por el proceso de inyección	52
TEMA 6: Seguridad en el proceso de inyección	52
6.1.- Objetivo de aprendizaje	52
6.2.- Introducción al tema.....	52
6.3.- Desarrollo.....	52
6.4.- Conclusión	55
6.5.- Evaluación del aprendizaje	55
Tema 7: Principios del proceso de inyección.....	55
7.1.- Objetivo de aprendizaje	55
7.2.- Introducción al tema.....	55
7.3.- Desarrollo.....	56
7.4.- Conclusión	64
7.5.- Evaluación del aprendizaje	65
Tema 8: Calidad en el producto.....	65
8.1.- Objetivo de aprendizaje	65
8.2.- Introducción al tema.....	65
8.3.- Desarrollo.....	65
8.4.- Conclusión	69
8.5.- Evaluación del aprendizaje	69
Conclusión del manual	70
Bibliografía.....	70

Antecedente e Introducción

El proyecto “Formación de Recursos Humanos en Tecnología de Transformación de Plásticos” que se desarrolla en el Centro Nacional de Actualización Docente (CNAD) de noviembre de 2010 a la fecha, busca contribuir para que los bachilleratos tecnológicos oferten mano de obra calificada a la industria del plástico en México. En septiembre de 2011, como resultado del proyecto se inicia en tres planteles de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGETI) , el Bachillerato Tecnológico en Transformación de Plásticos (BTTP) . Los tres planteles son Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios (CETIS) No. 6 del Distrito Federal, el Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios (CBTIS) No. 237 de Tijuana, B.C. y No. 271 de Cd. Victoria, Tamaulipas.

La capacitación que se realiza es mediante “Sistema-Cascada” y se desarrolla de tal forma que la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA por sus siglas en inglés) a través de los expertos japoneses realizan la transferencia técnica a instructores del CNAD, en las áreas de materiales, proceso de inyección y moldes para inyección de plásticos; instructores del CNAD a su vez capacitan a los docentes de los planteles pilotos, en mismos y otros temas de transformación de plásticos, que complementan el programa de estudios del BTTP. Los docentes de los planteles son quienes directamente preparan a los alumnos, que al concluir pueden ingresar al nivel superior o insertar a las PyMES mexicanas, de esta forma se fortalece al sector de transformación de plásticos y a todos los sectores vinculados al mismo, mediante la obtención de Recurso Humano preparado.

Por lo anterior y en este sentido de cooperación, es que se presenta el “Manual del Docente para la impartición del Módulo III “Moldea plásticos por el proceso de Inyección” del Bachillerato Tecnológico en Transformación de Plásticos, como una herramienta que facilite y permita guiar a los docentes a generar sus clases y transferencia de conocimientos a los alumnos de los planteles que cuenten con el BTTP.

Objetivo general

Ayudar al docente de los planteles del BTTP a planear y preparar las clases del módulo III, a través de un manual que les permita reafirmar la teoría obtenida en los diplomados, cursos cortos, de capacitación y actualización que recibieron en el CNAD.

Objetivos particulares:

- Reafirmar conceptos relacionados con el proceso de inyección de plásticos.
- Proponer los temas mínimos necesarios para el logro de las competencias y contenidos a desarrollar en el módulo III del BTTP.
- Sugerir una forma sencilla de transferir los conocimientos a los alumnos del BTTP.
- Proponer prácticas para que los alumnos reafirmen la teoría aprendida en clase.
- Proporcionar ejemplos que relacionen los conocimientos adquiridos con los procesos de transformación de plásticos.
- A través del CNAD, mejorar las versiones del manual con la cooperación e intercambio de experiencias entre los docentes que impartan el módulo III del BTTP.

CONTENIDO DEL MÓDULO III

MÓDULO III	
Información General	
MOLDEA PLÁSTICOS POR EL PROCESO DE INYECCIÓN	// SUBMÓDULO 1 Prepara maquinaria y equipo para el proceso de inyección 128 horas
	// SUBMÓDULO 2 Elabora piezas por el proceso de Inyección 144 horas
272 horas	
OCUPACIONES DE ACUERDO A LA CLASIFICACIÓN MEXICANA DE OCUPACIONES (CMO)	
5383	Operador de maquinaria de procesos de plástico
SITIOS DE INSERCIÓN DE ACUERDO AL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN INDUSTRIAL DE AMÉRICA DEL NORTE (SCIAN-2007)	
326160	Fabricación de botellas de plástico
326191	Fabricación de artículos de plástico para el hogar

MÓDULO III	
MOLDEA PLÁSTICOS POR EL PROCESO DE INYECCIÓN	
RESULTADO DE APRENDIZAJE Al finalizar el módulo el estudiante será capaz de: - Moldear plásticos por el proceso de inyección - Preparar maquinaria y equipo para el proceso de inyección - Elaborar piezas por el proceso de inyección	
COMPETENCIAS / CONTENIDOS POR DESARROLLAR	
No.	PROFESIONALES
1	Ajusta parámetros de operación de la máquina de inyección
2	Obtiene producto
3	Inspecciona calidad de producto terminado
	SUBMÓDULO 1, 2 1, 2 1, 2
	SITUACIONES Prepara maquinaria y equipo periférico De acuerdo al producto De acuerdo al material polimérico a procesar Control de perfil de temperaturas Fuerza de cierre Presión de inyección Velocidad de inyección Tiempo de presión de sostenimiento Contrapresión Tiempos del ciclo de inyección Control de temperatura de molde Para la corrección de defectos de producto. Detectando inconsistencias o errores en el producto, en el proceso o en los insumos Promoviendo la mejora del proceso para incrementar la competitividad de la empresa De acuerdo a especificaciones técnicas y estándares de calidad requeridos Detectar inconsistencias o errores en el producto, en el proceso o en los insumos Promover la mejora del proceso para incrementar la competitividad de la empresa Realizando actividades dirigidas al cumplimiento de la producción planeada Manteniendo informados a sus colaboradores de los avances en el proceso de producción De acuerdo a estándares de calidad requeridos. Teniendo claros los estándares de calidad del producto así como su importancia en el proceso de producción. Utilizando la comunicación para identificar las necesidades de su cliente o del siguiente proceso.

MOLDEA PLÁSTICOS POR EL PROCESO DE INYECCIÓN

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

La evaluación se realiza con el propósito de evidenciar, en la formación del estudiante, el desarrollo de las competencias profesionales y genéricas de manera integral mediante un proceso continuo y dinámico, creando las condiciones en las que se aplican y articulan ambas competencias en distintos espacios de aprendizaje y desempeño profesional. En el contexto de la evaluación por competencias es necesario recuperar las evidencias de desempeño con diversos instrumentos de evaluación, como la guía de observación, bitácoras y registros anecdóticos, entre otros. Las evidencias por producto, con carpetas de trabajos, reportes, bitácoras y listas de cotejo, entre otras. Y las evidencias de conocimientos, con cuestionarios, resúmenes, mapas mentales y cuadros sinópticos, entre otras. Para lo cual se aplicará una serie de prácticas integradoras que ampe las evidencias y la presentación del portafolio.

No.	COMPETENCIAS PROFESIONALES	SUBMÓDULO	SITUACIONES	PRODUCTO	DESEMPEÑO
1	Ajusta parámetros de operación de la máquina de inyección	1, 2	Prepara maquinaria y equipo periférico De acuerdo al producto De acuerdo al material polimérico a procesar. Control de perfil de temperaturas Fuerza de cierre Presión de inyección Velocidad de inyección Tiempo de presión de sostenimiento Contrapresión Tiempos del ciclo de inyección Control de temperatura de molde Para la corrección de defectos de producto Detectando inconsistencias o errores en el producto, en el proceso o en los insumos. Promoviendo la mejora del proceso para incrementar la competitividad de la empresa		El ajuste de los parámetros de la máquina de inyección

MOLDEA PLÁSTICOS POR EL PROCESO DE INYECCIÓN

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

No.	COMPETENCIAS PROFESIONALES	SUBMÓDULO	SITUACIONES	PRODUCTO	DESEMPEÑO
2	Obtiene producto	1, 2	De acuerdo a especificaciones técnicas y estándares de calidad requeridos. Detectar inconsistencias o errores en el producto, en el proceso o en los insumos. Promover la mejora del proceso para incrementar la competitividad de la empresa. Realizando actividades dirigidas al cumplimiento de la producción planeada. Manteniendo informados a sus colaboradores de los avances en el proceso de producción.	El producto obtenido	
3	Inspecciona calidad de producto terminado	1, 2	De acuerdo a estándares de calidad requeridos. Teniendo claros los estándares de calidad del producto así como su importancia en el proceso de producción. Utilizando la comunicación para identificar las necesidades de su cliente o del siguiente proceso.	La calidad del producto inspeccionado	La inspección de la calidad del producto terminado

Consideraciones Generales

El presente manual ha sido elaborado para que se facilite su lectura y comprensión. Dentro de él localizará una serie de símbolos que le ayudarán a reforzar su aprendizaje mediante la propuesta de actividades sugeridas. El significado de dicha simbología se detalla a continuación:

	Tema		Conclusión
	Subtema		Evaluación del aprendizaje
	Introducción al Tema		
	Desarrollo		

Se invita a todos los docentes que imparten el módulo I del BTTP a mejorar la versión de este manual del docente, compartiendo sus ideas, experiencias, conocimientos y habilidades didácticas que hayan adquirido en la impartición del módulo como en su trayectoria profesional, el medio será a través de la coordinación del CNAD que estará representado por sus docentes o instructor asignado a este módulo. Así mismo a respetar el trabajo, ideas, información, derechos de autor, etc., que se utilicen y mencionen en el manual.

Propuesta de contenido de acuerdo a los Submódulos del BTTP

Submódulo 1 – Prepara maquinaria y equipo para el proceso de inyección

Tema 1: Los procesos Industriales

- 1.1.- Objetivo de aprendizaje
- 1.2.- Introducción al tema
- 1.3.- Desarrollo
- 1.4.- Conclusión
- 1.5.- Evaluación del aprendizaje

Tema 2: Introducción al proceso de inyección de plásticos

- 2.1.- Objetivo de aprendizaje
- 2.2.- Introducción al tema
- 2.3.- Desarrollo
- 2.4.- Conclusión
- 2.5.- Evaluación del aprendizaje

Tema 3: Materiales en la inyección de plásticos

- 3.1.- Objetivo de aprendizaje

- 3.2.- Introducción al tema
- 3.3.- Desarrollo
- 3.4.- Conclusión
- 3.5.- Evaluación del aprendizaje

Tema 4: Máquina de inyección de plásticos y periféricos

- 4.1.- Objetivo de aprendizaje
- 4.2.- Introducción al tema
- 4.3.- Desarrollo
- 4.4.- Conclusión
- 4.5.- Evaluación del aprendizaje

Tema 5: Función de los Moldes en el proceso de inyección de plásticos

- 5.1.- Objetivo de aprendizaje
- 5.2.- Introducción al tema
- 5.3.- Desarrollo
- 5.4.- Conclusión
- 5.5.- Evaluación del aprendizaje

Submódulo 2 – Elabora piezas por el proceso de inyección

TEMA 6: Seguridad en el proceso de inyección

- 6.1.- Objetivo de aprendizaje
- 6.2.- Introducción al tema
- 6.3.- Desarrollo
- 6.4.- Conclusión
- 6.5.- Evaluación del aprendizaje

Tema 7: Principios del proceso de inyección

- 7.1.- Objetivo de aprendizaje
- 7.2.- Introducción al tema
- 7.3.- Desarrollo
- 7.4.- Conclusión
- 7.5.- Evaluación del aprendizaje

Tema 8: Calidad en el producto

- 8.1.- Objetivo de aprendizaje
- 8.2.- Introducción al tema
- 8.3.- Desarrollo
- 8.4.- Conclusión
- 8.5.- Evaluación del aprendizaje

Submódulo 1 – Prepara maquinaria y equipo para el proceso de inyección



TEMA 1: LOS PROCESOS INDUSTRIALES

1.1.- OBJETIVO DE APRENDIZAJE

En equipos los participantes expresarán con sus propias palabras una definición de proceso industrial y ejemplificará su aplicación en la vida cotidiana



1.2.- INTRODUCCIÓN AL TEMA

El primer tema de este curso son **LOS PROCESOS INDUSTRIALES** cuyo **objetivo primordial** es el que logres expresar con tus propias palabras su definición y llevarlo a la un ejemplo en tu vida. Sin embargo no debemos olvidar que en la lectura de revistas, periódicos, artículos científicos que podremos encontrar impresos y en la Web, están los avances más significativos de cada área por lo que sin duda es necesario consultarlos, para enriquecer nuestra definición.

Los beneficios del aprendizaje que se obtendrán con dicho tema por parte del participante será precisamente el no necesitar una bibliografía más que para hacer referencia a ella para poder explicar las definiciones de **proceso** y **proceso industrial**, subtemas de esta unidad precisamente, lo que te convertirá en una persona con un sentido crítico constructivo.



1.3.- DESARROLLO

Desde los tiempos de la producción artesanal, relativamente sencilla, hasta la época actual de compleja tecnología, los sistemas de fabricación y prestación de servicios han incrementado su complejidad. Actualmente, debemos interpretar la realidad industrial como un sistema inter- fábricas, como un pilar fundamental para el desarrollo económico de las naciones.

La Ingeniería Industrial es una rama de la ingeniería que trata del diseño, análisis, medición, control, adecuación y mejoramiento de los diversos procesos que componen un sistema productivo o de operaciones para producir bienes o servicios de manera que éstos satisfagan las expectativas del consumidor final.

La **PRODUCCIÓN**, es el medio por el cual el trabajo humano crea riqueza.

La **INDUSTRIA** es el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados. Existen diferentes tipos de industrias, según sean los productos que fabrican.

El **proceso de producción industrial** precisa de ciertos elementos como la materia prima, la mano de obra calificada y una cierta tecnología más o menos compleja. El resultado del proceso de producción será el **producto**, eje entorno al cual gira todo el proceso de producción. Dicho producto ostentará una serie de características, de entre ellas, una es fundamental desde el punto de vista de la gestión y el control de la producción: **La calidad**. Todo proceso de producción industrial precisará una estructura donde realizar la actividad necesaria para la producción y se dará en un entorno que modificarán la propia actividad industrial (demanda, disposición de materia prima y mano de obra calificada, climatología, medios de comunicación).

La **PRODUCCIÓN INDUSTRIAL** es el proceso por medio del cual se crean los bienes y servicios económicos. Es la actividad principal de cualquier sistema económico que está organizado precisamente para producir, distribuir y consumir los bienes y servicios necesarios para la satisfacción de las necesidades humanas. Todo proceso a través del cual un objeto, ya sea natural o con algún grado de elaboración, se transforma en un producto útil para el consumo o para iniciar otro proceso productivo y satisfacer las necesidades de la población.

El **COSTO** de un producto depende de las inversiones o gastos que se generan en cuanto al consumo de materias primas, máquinas, energía, mano de obra, ventas almacenamiento y otros gastos generales. El costo por los conceptos energía, maquinaria y mano de obra son costos interdependientes y conjuntamente con el gasto para materias primas vienen a constituir los costos principales de la producción.

El desarrollo de las máquinas de alta producción viene acompañado con el concepto de calidad en las manufacturas.

La calidad y la precisión en las operaciones de manufactura demandan la existencia permanente de un control geométrico. En el caso de la producción masiva cualquier pieza debe encajar en un conjunto dado.

Respecto a los problemas que entraña la producción, tanto los productores privados como el sector público deben tener en cuenta diversas leyes económicas, datos sobre los precios y recursos disponibles. Los materiales o recursos utilizados en el proceso de producción se denominan factores de producción.

Generalmente existen varios caminos que se pueden tomar para producir un producto, ya sea este un bien o un servicio. Pero la selección cuidadosa de cada uno de sus pasos y la secuencia de ellos nos ayudarán a lograr los principales objetivos de producción.

1. Costos (eficiencia)
2. Calidad
3. Confiabilidad
4. Flexibilidad

Una decisión apresurada al respecto nos puede llevar al “caos” productivo o a la ineficiencia.



1.4.- CONCLUSIÓN

Cualquiera que sea el tamaño de una empresa e independientemente del tipo de actividad o rama de la industria dentro de la cual opere, casi todas las empresas de manufactura realizan actividades o tiene servicios administrativos relacionados, que se llevan acabo mediante procesos y procedimientos. En este tema vimos de manera introductoria los **conceptos de producción, industria, y producción industrial**. Conceptos que servirán de plataforma para comprender puntualmente al proceso de inyección de plásticos.



1.5.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿Que entiendes por producción artesanal?
- 2.- ¿Cómo se relaciona la producción con la sociedad?
- 3.- ¿Crees que la ingeniería industrial es la única rama de la ingeniería que tiene que ver con la producción?, ¿por qué?
- 4.- Escribe por lo menos tres procesos que conozcas
- 5.- ¿de qué depende el costo de un producto?



1.5. DEFINICIÓN DE PROCESO

Objetivo de aprendizaje

De manera individual los participantes expresaran una definición de proceso



INTRODUCCIÓN AL TEMA

Los participantes han iniciado con el conocimiento de los conceptos de producción, industria, y producción industrial y con ello sentaron mejor las bases para continuar con el avance de nuestro curso.

Los beneficios del aprendizaje se basan en diferenciar cada uno de estos conceptos y hacer inferencias en diversas ramas industriales y sobre todo en tu vida cotidiana.

Esperamos de Ti una participación oportuna y asertiva que te permita crecer en tu conocimiento.



DESARROLLO

El concepto de proceso: Del latín procesus o procedere, proceso es el conjunto de fases sucesivas de un fenómeno en un lapso de tiempo determinado.

Es la marcha hacia un fin determinado.

Etimológicamente, proceder significa “continuar realizando cierta acción que requiere un orden”; procedimiento, “sucesión. Serie de cosas que siguen una a otra” y proceso “marcha hacia delante (progreso) . Desarrollo o marcha de alguna cosa”. Así pues, al hablar de análisis del proceso, nos estamos refiriendo a las diferentes etapas que componen de una manera ordenada -escalonada- la realización de alguna cosa. El proceso de producción estará constituido por las fases consecutivas en la elaboración de un producto.

Los productos y servicios se obtienen mediante la interacción de numerosos entes aportantes de elementos, partes, piezas, conjuntos, maquinarias, equipos e instalaciones que, en su caso, contribuyen para formar un proceso, generador de bienes o servicios.

Una operación que transforma los aportes de material, energía e información en productos, como parte de un sistema de producción industrial.

Desde una perspectiva tecnológica, el proceso está relacionado ampliamente con la maquinaria, equipos, tecnología, ingeniería y técnica. La ingeniería por lo general se define en función de lo que un ingeniero hace, y la técnica de cómo se hace. La ingeniería y la técnica son métodos, enfoques, estado de la mente y cuerpo para la solución de problemas.



CONCLUSIÓN

Los procesos se presentan en cualquier ámbito profesional y en campos diversos de nuestra vida diaria, en esta actividad lograste reafirmar el significado del concepto proceso y tienes mejores bases para entender como la producción de bienes y servicios mejoran nuestra economía.



EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿Que entiendes por proceso?
- 2.- ¿Cómo se relaciona los procesos en tu vida?
- 3.- Explica el proceso de enseñanza-aprendizaje



TEMA 2: INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

2.1.- OBJETIVO DE APRENDIZAJE

De manera individual el participante describirá mediante diagramas de flujo las características particulares del proceso de Inyección de plásticos, para la obtención de piezas.



2.2.- INTRODUCCIÓN AL TEMA

En este tema el **objetivo primordial** es el que logres que los participantes describan en diagramas de flujo el proceso de inyección y con ello entender su relación con el sector de los plásticos, en general.

Los beneficios del aprendizaje que se obtendrán con dicho tema por parte del participante es que serás capaz de desarrollar prácticas en el campo de aplicación de este proceso o mejorará tu habilidad si ya te encuentras trabajando.

La inyección de plásticos es uno de los procesos de mayor demanda, debido a la gran diversidad de artículos que se pueden moldear. No obstante el número de variables implicadas los hacen uno de los procesos de mayor dificultad. Regularmente se utiliza para la obtención de productos con alto grado de complejidad por su forma y precisión. Con este proceso se pueden moldear desde platos y vasos hasta complicadas partes para equipos electrónicos, médicos, accesorios para autos, entre

otras aplicaciones. Pueden producirse piezas tan pequeñas que pesen fracciones de gramo hasta piezas de más de 2 kg.

Tendencias mundiales predicen que el moldeo por inyección crecerá 2 % cada año, en términos de consumo de materia prima. En México la industria de la inyección de plásticos constituye casi el 60% del sector de transformación de plásticos, que abastecen productos del hogar, maquila, industria automotriz y eléctrico-electrónica, principalmente.



2.3.- DESARROLLO

El desarrollo del proceso de inyección de plásticos fue influido necesariamente por el desarrollo de materiales termoplásticos y fue acompañado desde sus primeros tiempos por la exigencia de adaptar la tecnología y la técnica a las particularidades de elaboración de los nuevos plásticos que aparecieron y siguen apareciendo en el mercado.

Mientras que los problemas técnicos de los métodos de elaboración clásicos de diversas piezas, en los factores de fabricación con o sin arranque de viruta, se pueden sustraer en determinación por cálculo bien definidos y generales, en el proceso de inyección de plásticos hay que reconocer que, debido a la particularidad del procedimiento y las variantes en cada caso, es muy complicado desarrollar cálculos que puedan aplicarse de manera general en todos los casos.

La industria del plástico ha aceptado esta circunstancia en forma digna y sus departamentos técnicos desarrollan las soluciones de varias formas y métodos particulares, existen excelentes publicaciones que informan periódicamente sobre el estado de los nuevos descubrimientos técnicos; pro el valor informativo propio de estas publicaciones se juzga en forma diversa desde el punto de vista del elaborador de piezas plásticas, que no están habituados a la utilización de los métodos y formulaciones matemáticas empleados en estos artículos para la determinación de valores desconocidos.

Las principales ventajas del proceso de inyección de plásticos residen en el ahorro del material, de energía, espacio de fabricación y tiempo de producción. A pesar de los altos costos de maquinaria y equipo, moldes y estabilización del proceso, este proceso ofrece considerables ventajas económicas para volúmenes de alta producción.

El proceso ofrece entre otras cosas:

- Máxima exactitud de forma y dimensiones de las piezas inyectadas.
- Posibilidades de formación de orificios, refuerzos, ajustes y marcas, así como de inserción de elementos de otros materiales.
- Superficies limpias y con acabados especiales según sea el caso.
- Buenas propiedades de resistencia mecánica a un espesor de pared delgada.
- Múltiples posibilidades de acabados y decorados de las piezas en procesos secundarios
- Rápida producción de grandes cantidades de piezas en moldes con periodos de vida prolongada.
- Reciclamiento de material defectuoso.

Desde el punto de vista tecnológico, hay que valorar como máxima ventaja en la inyección de plásticos el hecho de que la pieza inyectada queda determinada por el molde en todas sus superficies, en cuanto a forma y dimensiones.

Este es un proceso discontinuo, y es efectuado totalmente por una sola máquina llamada inyectora con su correspondiente equipo auxiliar o periférico.

El proceso de inyección de plásticos consiste básicamente en:

- A) plastificar y homogenizar con ayuda de calor y fricción el material plástico que ha sido alimentado en la tolva y el cual entrará por la garganta del cilindro.
- B) Inyectar el material fundido por medio de presión en las cavidades del molde, del cual tomará la forma o figura que tenga dicho molde.
- C) En el tiempo en el que el plástico se enfría dentro del molde se está llevando a cabo el paso "a" (la plastificación) , posteriormente se abre el molde y expulsa la pieza ya moldeada.

Describiremos en una forma más detallada lo que ocurre en los pasos del proceso de moldeo por inyección.

El plástico se coloca en la tolva, normalmente es gránulo (pellet) en forma de esfera o cubo. En algunos casos el termoplástico tiene que ser secado o deshumificado antes de utilizarlo. El aceite entra en el cilindro hidráulico empujando a la platina móvil hacia delante, cerrando el molde.

Esto se lleva en dos pasos. Primero un cierre a alta velocidad y momentos antes de que las mitades del molde hagan contacto se reduce la velocidad cerrando lentamente y a baja presión hasta que el molde se encuentra cerrado completamente. Esto se hace con el fin de proteger el molde. Después de cerrado el molde, se eleva la presión del aceite, en el cilindro hidráulico generando la fuerza de cierre para mantener cerrado el molde durante la inyección.

Si la fuerza de cierre es menor a la fuerza generada por la presión de inyección dentro del molde, éste se abrirá, teniendo como consecuencia que la pieza salga con exceso de plástico o comúnmente llamada rebaba o flash, a la cual habrá que darle un acabado o ser molida para procesarla nuevamente.

El material es plastificado principalmente por la rotación del husillo, convirtiendo la energía mecánica en calor por la fricción del material, también absorbe calor de las bandas calefactores del cilindro, conocidas también como resistencias. Mientras el material es plastificado y homogenizado, se le transporta hacia delante a la punta del husillo por el movimiento rotacional del husillo siempre en contra de las manecillas del reloj. La presión generada por el husillo sobre el material fuerza el desplazamiento del sistema motriz, el pistón hidráulico de inyección y del mismo husillo hacia atrás, dejando una reserva de material plastificado en la parte delantera del husillo. A este paso se le conoce como dosificación o carga del cilindro. El husillo sigue girando hasta que se envía una señal de límite que retiene la rotación. Esta señal varía según las características del producto y es ajustable y su posición determina la cantidad de material que queda delante del husillo.

El husillo al correrse hacia atrás fuerza la salida del aceite del pistón hidráulico de inyección. Esta salida de aceite puede ser directa al tanque o depósito por medio de una válvula para generar una cierta presión en el material que está siendo plastificado y homogenizado por el husillo. A esta presión se le conoce como contrapresión. Al finalizar la dosificación, se retrocede el husillo ligeramente para despresurizar el material y evitar que fluya hacia fuera de la boquilla cuando la unidad de inyección se separe del molde. A esto se le conoce con el nombre de descompresión y es controlado generalmente por un regulador de tiempo.

Ahora actúan los cilindros hidráulicos de inyección empujando el husillo hacia delante (en este momento el husillo no puede girar) , utilizándolo como pistón al inyectar el material en las cavidades del molde, con una predeterminada presión y velocidad de inyección, después de la inyección, la presión es mantenida un cierto tiempo, a esta se le conoce con el nombre de presión de sostenimiento y normalmente es menor a la presión de inyección.

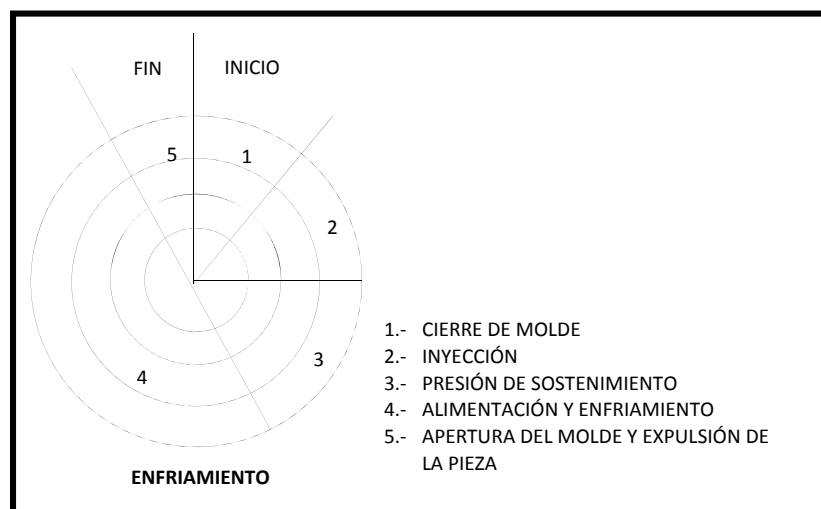
Normalmente se tiene en la punta del husillo una válvula de no retorno que impide que el material fluya hacia atrás en el momento de la inyección. Esta válvula se abre al dosificar y se cierra al inyectar, mientras el material se enfría, se vuelve más viscoso y solidifica hasta que el punto en la presión de sostenimiento no tiene efecto alguno.

El calor de la pieza transmitido al molde durante el enfriamiento es disipado por un refrigerante, normalmente agua, que corre a través de los orificios hechos en el molde (circuitos o canales de refrigeración o enfriamiento) . El tiempo de cierre necesario para enfriar la pieza se ajusta en un regulador de tiempo, Cuando este termina se abre el molde, un mecanismo de expulsión separa el artículo del molde y la máquina se encuentra lista para iniciar el próximo ciclo.

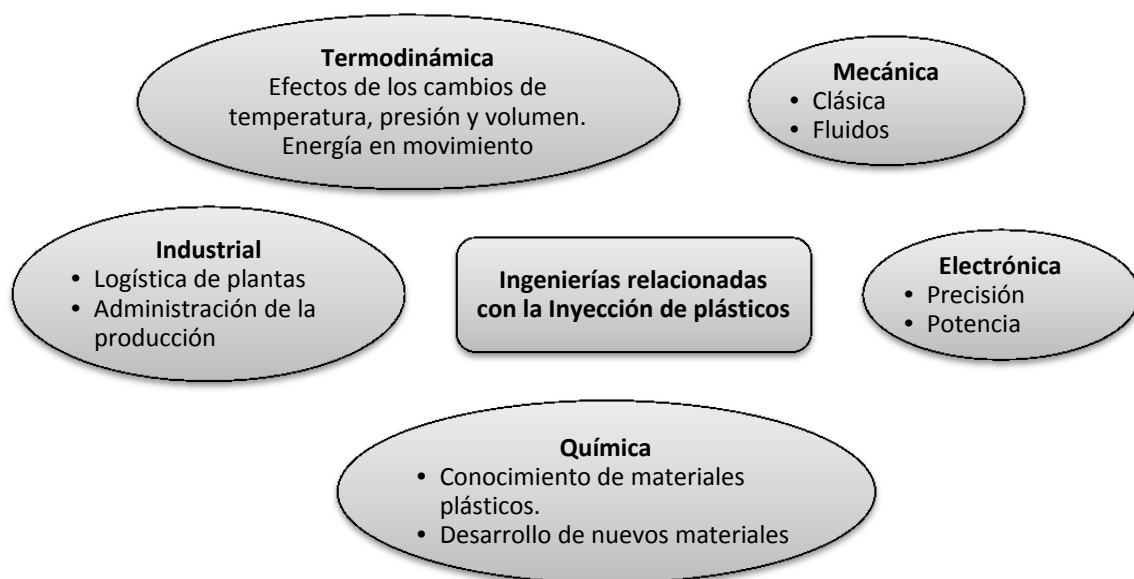
Esto ocurre durante el proceso de inyección del material al molde para obtener la pieza que se quiere hacer, moldear o fabricar.

Resumiendo puede subdividirse el proceso de inyección en varias operaciones aisladas como sigue:

- Dosificación de una cantidad de granulado, correspondiente al volumen del número de cavidades del molde.
- Fusión del material en el sistema de plastificación hasta alcanzar una consistencia viscoelástica apta para la efectuar la inyección.
- Inyección del material termoplástico en el molde cerrado relativamente frío.
- Enfriamiento del material inyectado hasta la solidificación que permite el desmoldeo de la pieza.
- Desmoldeo de la pieza con el molde abierto.



El comportamiento de fluidez de los materiales termoplásticos es muy diverso, análogamente a las diferencias de viscosidad-elasticidad propias de los mismos. Sobre la constitución de las piezas en el curso del proceso de llenado existen a menudo ideas erróneas. Estas ideas se apoyan, entre otras cosas, en el fundamento del proceso de fundición de metales, o bien parten de estos. En este proceso se aplican correctamente las leyes de hidrodinámicas con una correcta valoración del flujo del metal fundido, caracterizado por un curso laminar y en los polímeros estas leyes no se aplican ya que las condiciones de flujo de los polímeros no son tan simples como en los metales y esta diferencia se multiplica al tomar las consideraciones de detalle para la obtención de piezas de plástico inyectadas.



Conceptos técnicos fundamentales

- Presión - Temperatura - Proceso exotérmico - Proceso endotérmico	- Velocidad lineal - Velocidad angular - Flujo - Viscosidad

Se denomina **presión** a la magnitud que mide la deformación o efecto de una fuerza sobre una superficie.

La unidad de presión en el sistema internacional es el pascal (Pa) que es la presión ejercida por una fuerza de un Newton que actúa sobre un área de un metro cuadrado.

$$P = F/A ; N/ m^2$$

$$1 \text{ MPa} = 100 \text{ N/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa} = 10.2 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ KN} = 0.102 \text{ tonf} = 102 \text{ Kgf}$$

Como el Pascal es una unidad muy pequeña se utilizan múltiplos como el bar y el milibar

1 bar = 100,000 Pa

1mbar = 100 Pa

La **temperatura** es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos es su movimiento medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño.

Los átomos y moléculas en una sustancia no siempre se mueven a la misma velocidad. Esto significa que hay un rango de energía (energía de movimiento) en las moléculas.

Hay un límite a la temperatura mínima que un objeto puede tener. La escala Kelvin está diseñada de forma que este límite es la temperatura 0.

La relación entre las diferentes escalas de temperatura es la siguiente:

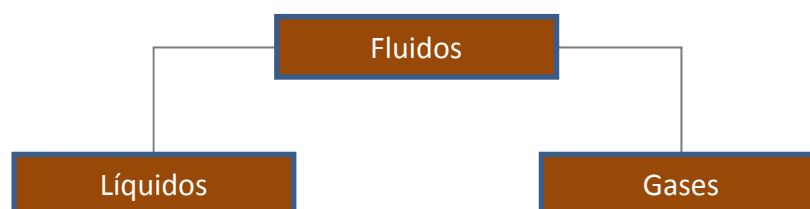
$$^{\circ}\text{K} = 273.15 + ^{\circ}\text{C} \quad ^{\circ}\text{C} = (5/9) (^{\circ}\text{F} - 32) \quad ^{\circ}\text{F} = (9/5) (^{\circ}\text{C} + 32)$$

El universo está hecho de materia y energía. La materia está compuesta de átomos y moléculas (que son grupos de átomos) y la energía hace que los átomos y las moléculas estén en constante movimiento - rotando alrededor de sí mismas, vibrando o chocándose unas con otras.

El movimiento de los átomos y moléculas crea una forma de energía llamada **calor o energía térmica**, que está presente en todo tipo de materia. Incluso en los vacíos más fríos del espacio hay materia que posee calor, muy pequeño pero medible.

La energía térmica puede ser transferida de unos objetos a otros haciendo que se calienten.

El **flujo** es la acción y resultado del movimiento (fluir) de los líquidos, gases y polímeros.



Se conoce como fluido a las sustancias que pueden fluir, es decir que pueden pasar por pequeños orificios, estos carecen de forma y por tanto toman la del recipiente que los contiene.

Se deforman al ser sometidos a un esfuerzo cortante, por pequeño que este sea.

Los líquidos son incompresibles, los gases si se comprimen.

Fluido newtoniano

Se ha definido un fluido como una sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de un esfuerzo cortante. En ausencia de éste, no existe deformación.

Los fluidos se pueden clasificar en forma general, según la relación que existe entre el esfuerzo cortante aplicado y la rapidez de deformación resultante. *Aquellos fluidos donde el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la rapidez de deformación se denominan fluidos newtonianos.*

La mayor parte de los fluidos comunes como el agua, el aire, y la gasolina son prácticamente newtonianos bajo condiciones normales.

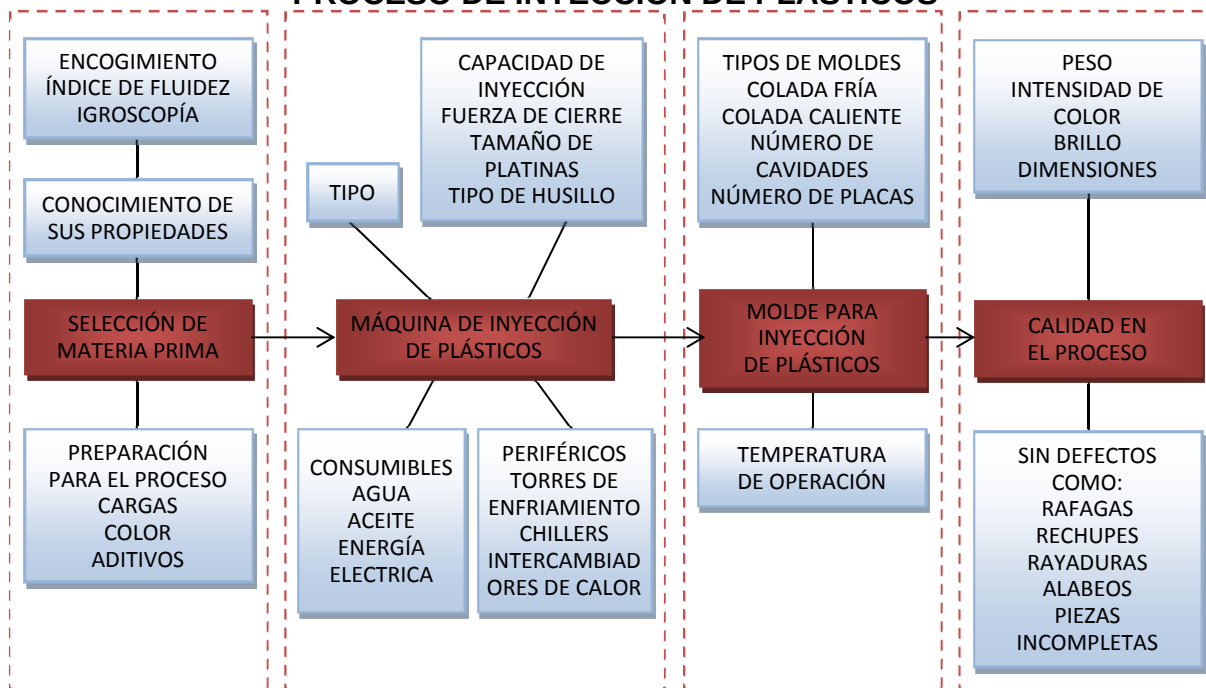
El término *no newtoniano* se utiliza para clasificar todos los fluidos donde el esfuerzo cortante no es directamente proporcional a la rapidez de deformación.

Flujos laminares y turbulentos

Los flujos viscosos se pueden clasificar en laminares o turbulentos teniendo en cuenta la estructura interna del flujo. En un régimen laminar, la estructura del flujo se caracteriza por el movimiento de láminas o capas. La estructura del flujo en un régimen turbulento por otro lado, se caracteriza por los movimientos tridimensionales, aleatorios, de las partículas de fluido, superpuestos al movimiento promedio.

El que un flujo sea laminar o turbulento depende de las propiedades del caso. Así, por ejemplo, la naturaleza del flujo (laminar o turbulento) a través de un tubo se puede establecer teniendo en cuenta el valor de un parámetro adimensional, el número de Reynolds. $Re = \rho V D / \mu$, donde: ρ es la densidad del fluido, V la velocidad promedio, D el diámetro del tubo y μ la viscosidad.

PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS



2.4.- CONCLUSIÓN

El proceso de inyección es uno de los procesos más complicados por la cantidad de variables que intervienen en este, ahora ya sabes que elementos se deben tomar en cuenta para obtener productos con calidad y poder ser competitivos en el gran mercado global. En los siguientes temas estudiaremos con más detalle los materiales, la máquina, los equipos periféricos y las variables del proceso.



2.5.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿En qué consiste el proceso de inyección de plásticos?
- 2.- ¿Por qué se dice que la inyección de plásticos es un proceso intermitente?
- 3.- ¿Qué productos conoces que sean obtenidos por este proceso y que utilices diariamente?
- 4.- ¿Cuáles son los pasos del ciclo de inyección de plásticos?
- 5.- ¿Qué ingenierías intervienen en el proceso de inyección de plásticos?



TEMA 3: MATERIALES EN LA INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

3.1.- OBJETIVO DE APRENDIZAJE

De manera individual el participante describe las características principales de, los materiales que se pueden ser inyectados.



3.2.- INTRODUCCIÓN AL TEMA

En este tema el **objetivo primordial** es comprender la relación directa que existe entre los materiales poliméricos y el proceso de inyección, ya que mientras más se conozca el material podremos controlar mejor las variables para lograr su transformación en productos con características deseadas y controladas.

Los beneficios del aprendizaje que se obtendrán con dicho tema por parte del participante es que serás capaz de desarrollar prácticas en el campo de aplicación de este proceso o mejorará tu habilidad si ya te encuentras trabajando.

Cuando hablamos de materiales plásticos inmediatamente se relacionan con el conocimiento de la química por ser materiales sintéticos y por esta razón podemos obtener características que no pueden darnos otros materiales naturales como la madera el vidrio, papel, entre otros. Y si bien es cierto que la Química juega un papel fundamental para su obtención, en materia de transformación nos enfocamos al conocimiento de estos materiales desde una perspectiva más física es decir que no hace falta tener profundos conocimientos en química para realizar su transformación, sin embargo si necesitamos conocimientos básicos de química orgánica para entender sus propiedades y características particulares.



3.3.- DESARROLLO

La palabra “plástico” proviene de la palabra griega, “plastikos”. Su significado es “materia que tiene plasticidad”.

La temperatura de calentamiento del acero es de más de 1,000 grados centígrados, mientras que la temperatura para ablandar los plásticos (temperatura de ablandamiento) es en su mayoría de 100 a 250 grados centígrados. La razón por la que se considera fácil trabajar con plásticos es su “temperatura fácil para trabajar”.

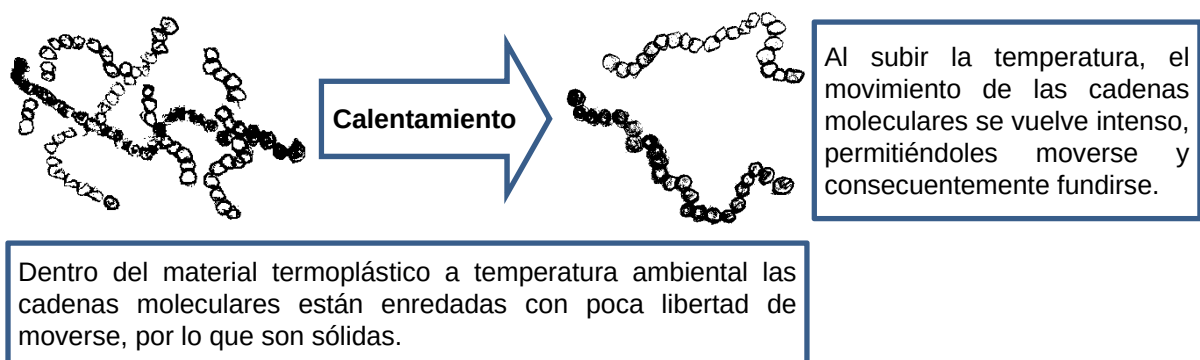
El plástico tiene la flexibilidad para fabricar productos con mucha libertad mediante el proceso de fundición o ablandamiento, poner el material en moldes y posteriormente enfriarlo para solidificarlo.

¿Qué es el plástico?

Es una combinación de macromoléculas (polímeros) que cuenta con más de 10,000 de masa molecular, lo cual fue formado por la repetición de enlaces químicos de los compuestos, y tiene plasticidad y elasticidad al mismo tiempo.

Macromoléculas: Se refiere a las grandes combinaciones cuya masa molecular normal es mayor a 10,000. Por la repetición de enlaces químicos de combinaciones se incrementa la masa molecular.

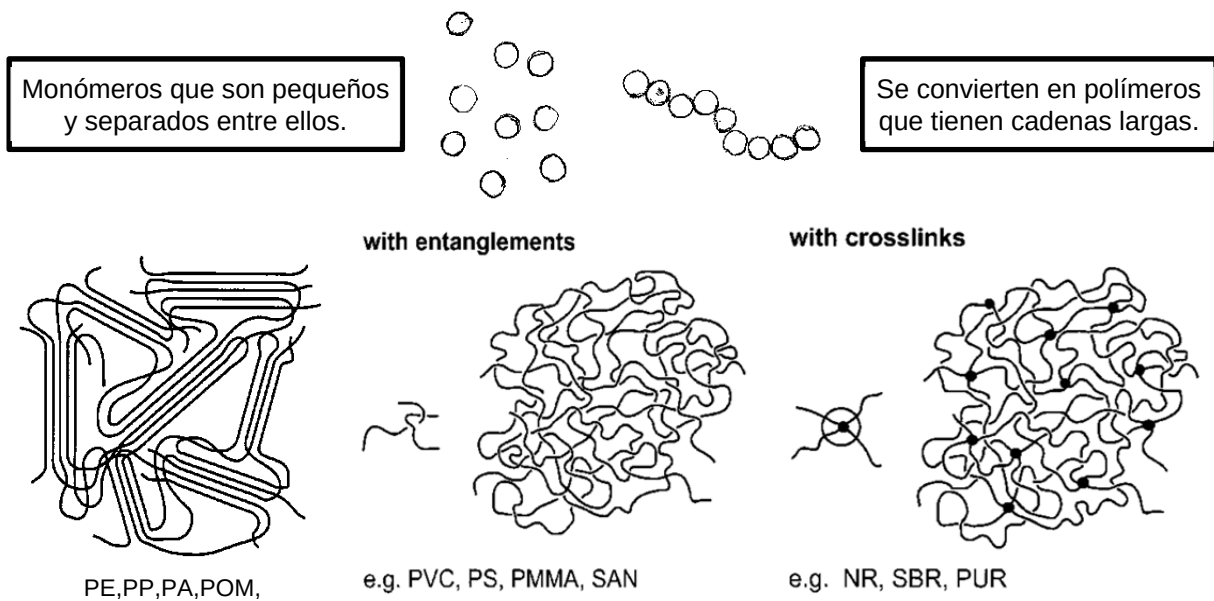
Convirtiéndose en material de macromoléculas. Hay 2 clases de macromoléculas; macromoléculas naturales y sintéticas. El hule, plásticos, fibras y papel son materiales de macromoléculas.



¿Qué es una macromolécula?

Se refiere a las grandes combinaciones cuya masa molecular mayor a 10,000, formadas por la repetición de enlaces químicos de monómeros de masa molecular pequeña.

- (1) **Peso molecular:** Es la masa de una molécula, tomando como base, la masa de 12, la del átomo de carbón. Según el material la masa varía. En el material de las macromoléculas quedan mezcladas las macromoléculas de diferentes masas moleculares.
- (2) **Monómero:** Es la unidad mínima que forma un polímero a través de la reacción de adición y polimerización.
- (3) **Polímero:** Es una combinación de macromoléculas formada por cadenas de monómeros que tienen una estructura sencilla.



Plasticidad:

La plasticidad es la característica de ser deformado en forma permanente cuando el objeto recibe una fuerza exterior. Es la característica que se presenta cuando se deforma por una fuerza que rebasa el límite de elasticidad, y la deformación permanece a un cuando se quite dicha fuerza exterior. La termoplasticidad es la característica presentada al aplicarse calor.

Viscosidad y elasticidad de los plásticos

- (1) El plástico tiene viscosidad y elasticidad al mismo tiempo, en otras palabras, es viscoelástico con respecto a la fuerza aplicada y a la deformación.
- (2) La viscosidad es la característica de deformarse con una velocidad correspondiente a la fuerza aplicada como se observa con la arcilla.
A un cuando se retire la fuerza, la forma se mantendrá sin recuperar la forma original. Tiene características de líquido.
- (3) La elasticidad es la característica de deformarse de acuerdo con la cantidad de fuerza recibida como en el caso de un resorte. Cuando se retira la fuerza, recupera la forma original. Tiene características de sustancia sólida.
- (4) El plástico es viscoelástico, por lo que se requiere cierto tiempo para que los polímeros fundidos puestos dentro de un molde en proceso de copiar la forma del molde, se deforme casi exactamente igual a la forma del mismo (Tiempo de orientación)

La viscosidad es una propiedad básica de los plásticos.

Viscosidad (η) = (Esfuerzo cortante τ) / (Velocidad de deformación $\dot{\gamma}$)

$\tau = \eta \times \dot{\gamma}$ donde:

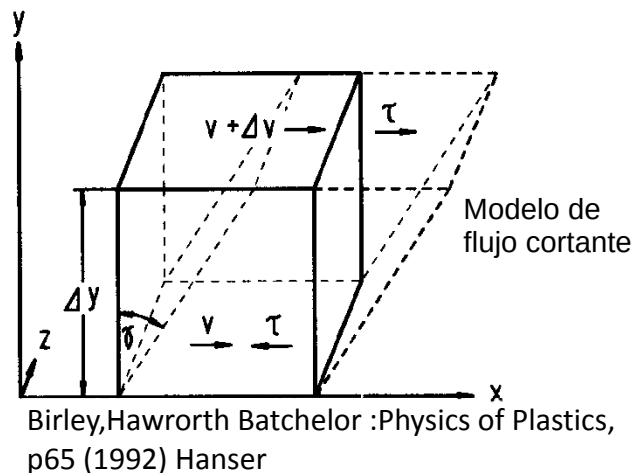
η es denominado como “viscosidad cortante”.

Viscosidad de materiales ejemplares: [unidad: Nsm^{-2}]

Agua: 10^{-3}

Glicerina: 10^0

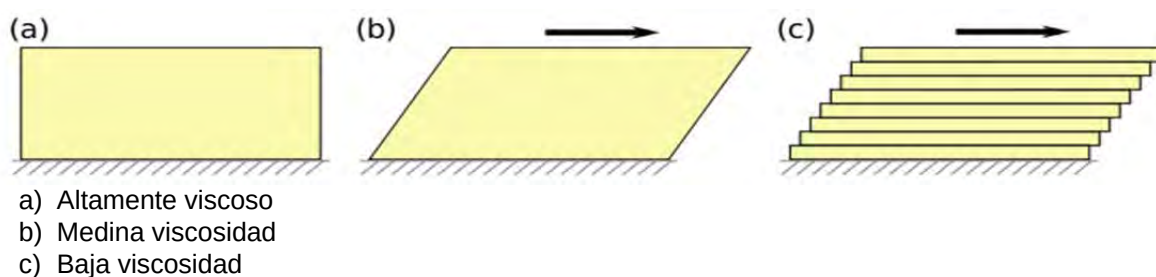
Polímero fundido: $10^2 - 10^7$



Cambio de estado y viscosidad de fusión

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal, en realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones.

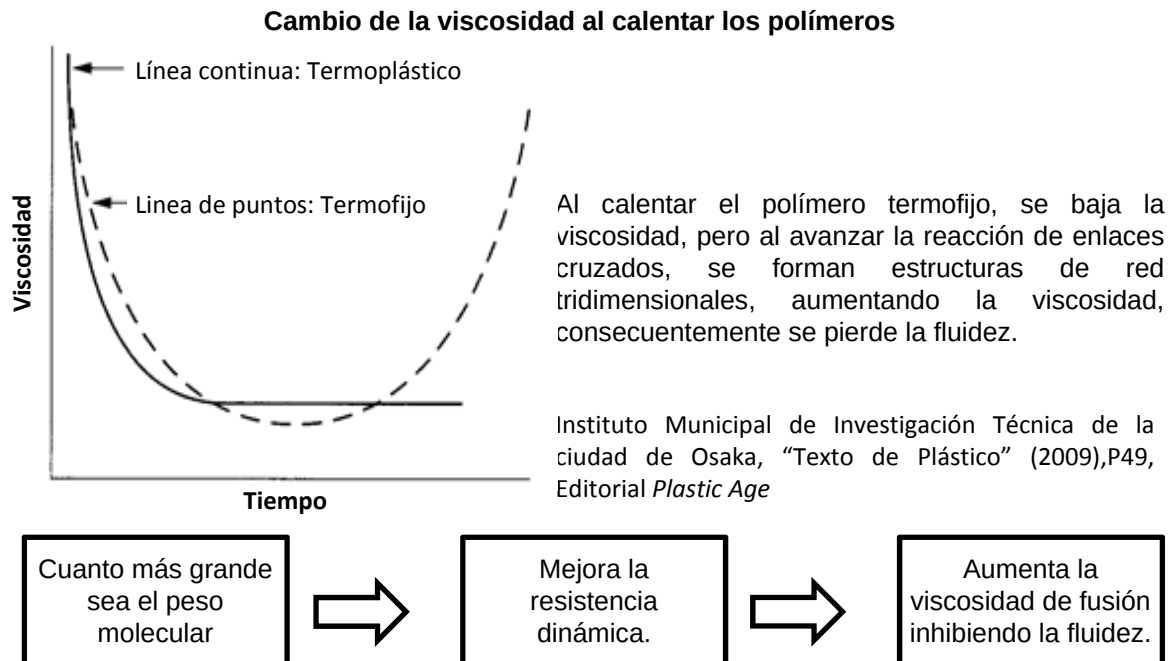
La viscosidad de un fluido puede medirse por un parámetro dependiente de la temperatura llamado *coeficiente de viscosidad*.



Hay diferencias en la forma de movimiento, entre el tiempo de calor y el de frío, la “miel de abeja” y el “almíbar de fécula” en vaso, cuando los agitan con cuchara.

Cuando se quiere mover el líquido que está en un recipiente, a veces se lo inclina, o cuando se quiere agitar el líquido, se aplica una fuerza exterior, y en ese momento se genera una resistencia dentro del líquido para ir contra esa fuerza que viene del exterior. La resistencia del interior del líquido con esa temperatura es la viscosidad de fusión de esa temperatura.

La viscosidad del polímero termoplástico baja al calentarlo. Al enfriarlo, la viscosidad sube y pierde la fluidez.



Peso molecular y fluidez

El **Índice de fluidez** es una prueba reológica básica que se realiza a un material polimérico para conocer su capacidad de fluir. Se mide g/min.

Se define como la cantidad de material (medido en gramos) que fluye a través del orificio de un dado capilar en 10 minutos, manteniendo constantes presión y temperatura estándares.

La medición del índice de fluidez se realiza por medio de un reómetro capilar, también en ocasiones llamado viscosímetro, el cual opera con una presión constante, ejercida por una fuerza constante debida a un peso conocido en un tubo capilar cuya área permanece constante.

La norma ASTM-D1238 es comúnmente utilizada para realizar esta operación.

El índice de fluidez consiste en tomar una cantidad de polímero a una temperatura conocida arriba de su T_g y obligarlo con la fuerza de gravedad de un peso dado a través de un orificio por un tiempo determinado.

La fluidez del polímero es función de:

- Presión utilizada (peso del émbolo)
- Diámetro del orificio

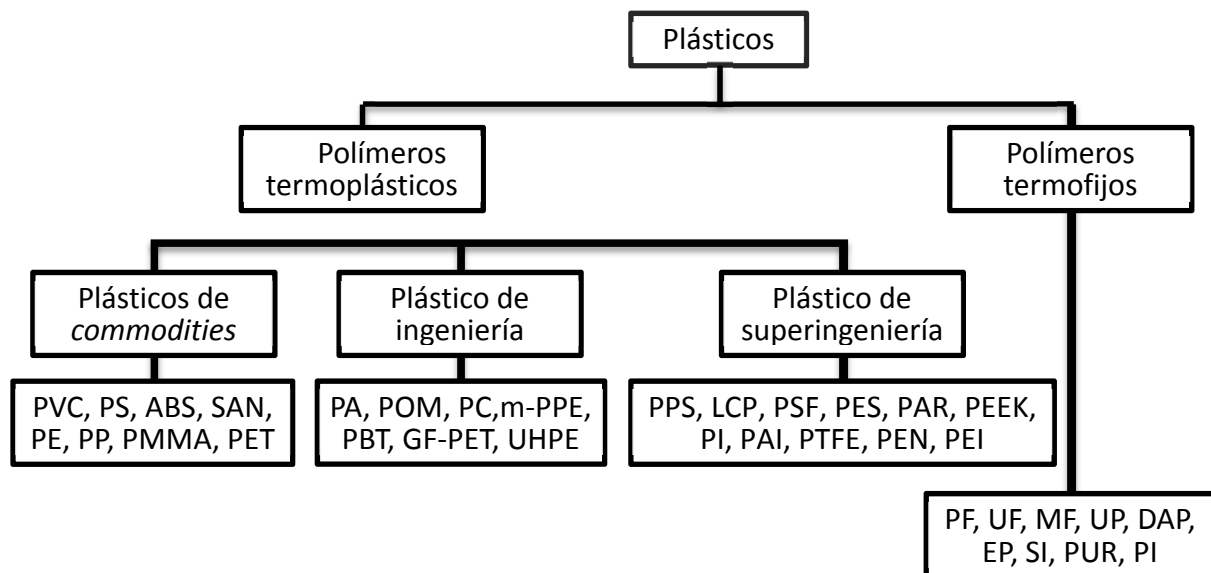
- Viscosidad del material

Este índice es de vital importancia para quienes hacen moldeo por inyección, extrusión rotomoldeo u otro proceso que implique el confeccionamiento de una pieza termoplástica.

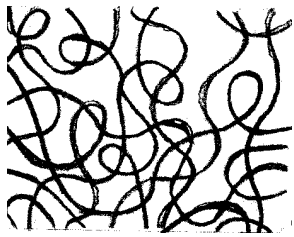
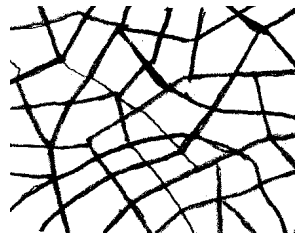
Un índice de fluidez bajo indica viscosidad elevada, ideal para el proceso de extrusión

Un índice de fluidez alto indica viscosidad baja, adecuado para el proceso de inyección

Clasificación de los plásticos

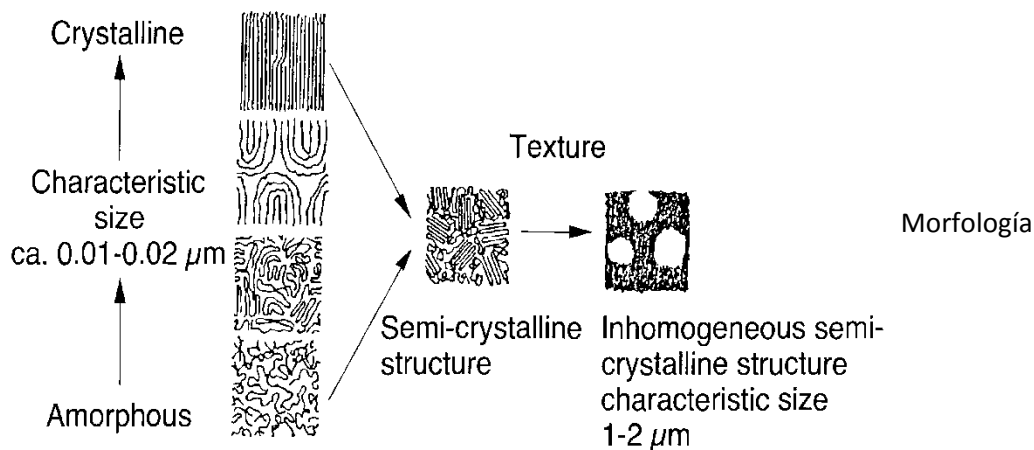


Termoplásticos y Termofijos

Polímeros termoplásticos (Estructura macromolecular lineal)		Polímeros termofijos (Estructura macromolecular tipo red tridimensional)
Estructura cristalina	Estructura amorfa	Estructura de puentes
		
Parte cristalina	Parte amorfa	Las cadenas están enredadas.
		Solidificación por calentamiento Por lo anterior, es difícil de volver a fundirse aun con calor posterior, evitando el cambio en la estructura.

Los polímeros amorfos tienen cadenas macromoleculares en forma desordenada (polímeros sin forma) , mientras los **polímeros cristalinos** tienen una estructura cristalina en la que una parte de las cadenas largas están direccionadas en forma ordenada.

Sin embargo, no siempre tienen una estructura cristalina los polímeros cristalinos. El nivel de cristalización es un 70 a 80% para HD-PE, y 35 a 45% para PA y 70 a 80% para POM.



Tim A. Osswald / Georg Menges, : Materials Science of Polymers for Engineers, (2003),325 ,Hanser Publishers

Polímeros cristalinos:

Ventajas: (1) Opaco, (2) Alta termorresistencia, (3) Excelente resistencia a los solventes, (4) Buena fluidez que permite moldear productos , (5) Buena resistencia a la fricción y al desgaste, buena propiedad tribológica, (6) Alta rigidez, (7) Alta dureza.

Desventajas: (1) Frágil, (2) Fácil de quebrarse, (3) Fácil de tener pandeo, (4) **Gran tasa de contracción de moldeo.**

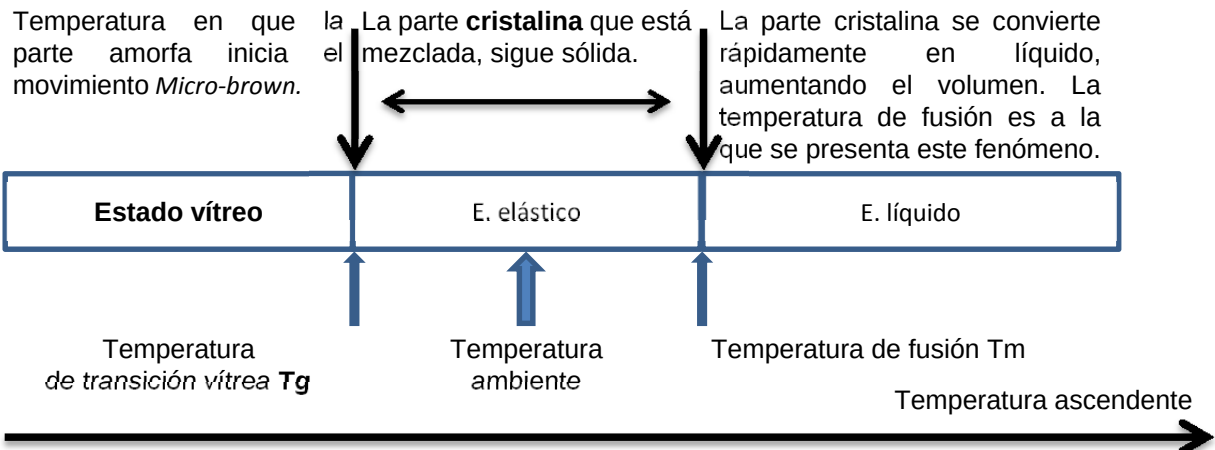
PTFE, PP, PE, POM, PA, PVA, PBT, PET, PPS, LCP, PEEK, resina de flúor.

Polímeros amorfos:

Ventajas (1) Transparente, (2) menos resistente a fármacos, (3) fácil coloración, (4) baja fluidez, (5) fácil desgaste y baja propiedad tribológica, (6) flexible y resistente, (7) difícil de romper, (8) menos pandeo, (9) **baja tasa de contracción de moldeo.**

- Los polímeros representativos son PMMA y PVAC.
- Los que están en medio entre los polímeros amorfos y los cristalinos son GPPS, PC, PVC, etc.
- mPPE. PSU, PESU, PAR, PAI, PEI, PI.

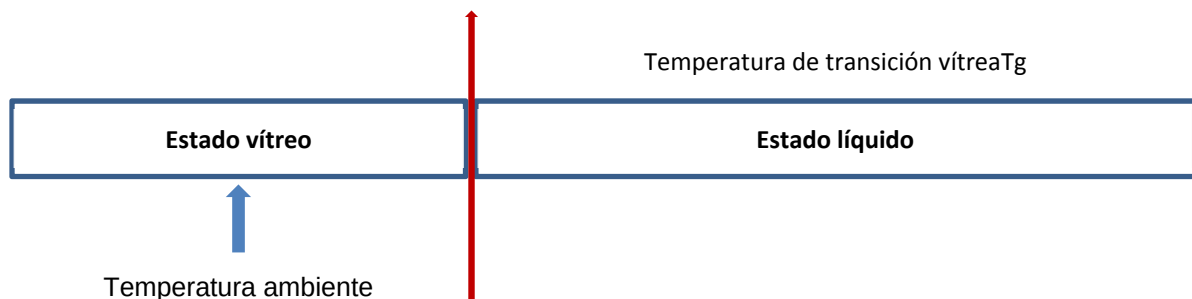
Comportamiento térmico de los polímeros cristalinos



El **polímero cristalino**, al rebasar la temperatura de fusión de cristales, hace una rápida transición a la sustancia fundida en un rango cerrado de temperatura

Comportamiento térmico de los polímeros amorfos

El ablandamiento del polímero amorfo se desarrolla en un rango amplio de temperatura, pero la fuerza intermolecular de un lado amaina y la distancia entre las cadenas principales se hace más amplia, por lo que la transición del estado de vidrio al de hule es rápida.

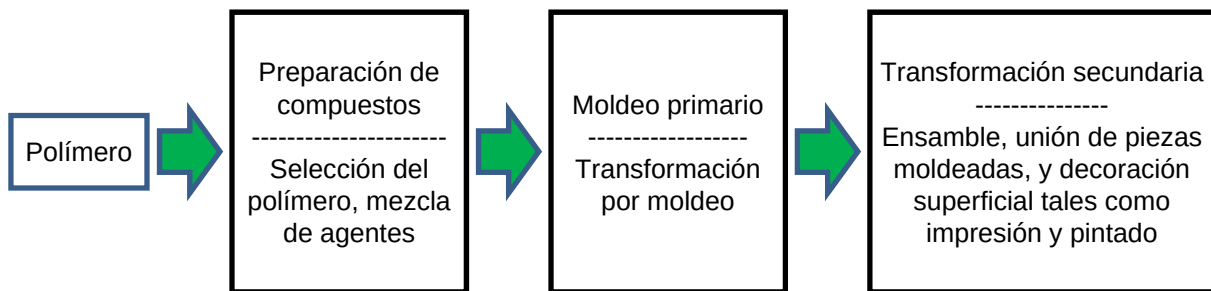


El movimiento de las cadenas principales que estaban congeladas empieza a tener de repente un movimiento de *Micro-brown* al llegar a "cierta temperatura".

El movimiento de *Micro-brown* de las cadenas laterales expande a toda la molécula, empezando el deslizamiento mutuo de las macromoléculas vecinales, y consecuentemente llegan a ablandarse y a ser un fluido total.

Clasificación	Cristalinos	Amorfos
Plásticos de <i>commodities</i> Temperatura de termorresistencia a largo plazo: menos de 100C°	PE, PP, PET	PS, PVC, ABS, SAN, PMMA
Plásticos de ingeniería Temperatura de termorresistencia a largo plazo: mayor de 100C° Resistencia a tensión: más de 49MPa	PA, POM, PBT, UH-PE, GF-PET	PC, m-PPE
Plásticos de superingeniería Temperatura de termorresistencia a largo plazo: mayor de 150C°	PPS, PEEK, PTFE, PEN, LCP	PAR, PSF, PEI, PES, PI, PAI

Áreas de transformación de los plásticos



Preparación de compuestos (*compounding*)

Es el proceso en el que se mezclan agentes al polímero antes de moldear los productos plásticos, es denominado **“preparación de compuestos (*compounding*)”**.

Esta mezcla se denomina “material para moldeo de plástico”.

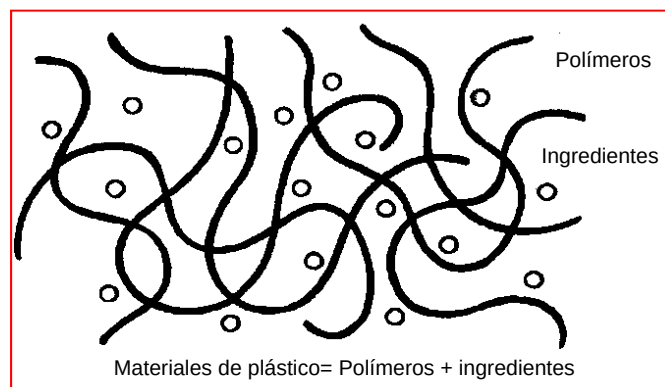
Los ingredientes para los compuestos son aditivos, colorantes, llenadores entre otros, y sirven para mejorar diferentes cualidades.

Los aditivos permiten aumentar la formabilidad, mejorar las propiedades de la superficie, alargar la vida útil del producto moldeado.

Algunos llenadores sirven como agentes reforzantes para aumentar la resistencia y la rigidez del plástico. También sirven para mejorar las propiedades dimensionales.

Hay que prepararlos hasta obtener características y dimensiones manejables para la máquina de moldeo.

También hay que seleccionar las formas apropiadas para la máquina ya sea *pellet* o partículas.





3.4.- CONCLUSIÓN

El mundo de los materiales plásticos es basto y amplio y las investigaciones sobre la combinación de materiales día con día avanza encontrando con esto nuevas aplicaciones de polímeros para trabajos específicos sustituyendo a otros materiales y cada nueva combinación nos trae diferentes condiciones de operación para su transformación, de ahí la necesidad de conocerlas y dominarlas desde la perspectiva de su transformadores.



3.5.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿Qué es un plástico?
- 2.- ¿Qué es el movimiento de *Micro-brown*?
- 3.- ¿Cómo se clasifican los plásticos?
- 4.- Escribe tres diferencias significativas entre los termofijos y los termoplásticos
- 5.- Escribe tres diferencias significativas entre los plásticos amorfos y los cristalinos
- 6.- ¿Qué es la temperatura de transición vítrea en los polímeros?
- 7.- ¿Qué es la temperatura de fusión en los polímeros?
- 8.- ¿Cuál es la función de las cargas y aditivos en los polímeros?



TEMA 4: MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS Y PERIFÉRICOS

4.1.- OBJETIVO DE APRENDIZAJE

De manera individual los participantes describirán las características y funcionamiento de las máquinas para la inyección de plástico y de sus periféricos relacionando dichas partes con el proceso.



4.2.- INTRODUCCIÓN AL TEMA

Para la producción se requiere de herramientas y máquinas que puedan proporcionarnos productos económicos y con la precisión requerida. La economía depende en gran medida de la selección adecuada de maquinaria y equipo. La selección se ve influida principalmente por la cantidad de piezas a ser producidas y por la complejidad de estas. En el proceso de inyección existe un gran mercado de máquinas y conocer sus elementos principales nos da más armas para su mejor uso.

Los beneficios del aprendizaje para ti en este subtema serán que comprenderás el funcionamiento de y las partes de una máquina y de sus periféricos, así como sus características particulares.



4.3.- DESARROLLO

Las máquinas de inyección de plásticos derivan de la máquina de fundición a presión para metales, según algunas referencias, la primera máquina de moldeo fue patentada en 1872 para la inyección de nitrato de celulosa, pero debido a su inflamabilidad y peligrosidad, el proceso no floreció.

En 1920 se construyó en Alemania una máquina para la producción de piezas de materiales termoplásticos, mediante el proceso de inyección, dicha máquina era totalmente manual, posteriormente, en 1927 y en el mismo país, se desarrolló una máquina para inyección de plásticos accionada por cilindros neumáticos, pero no tuvo mucho éxito debido a que se requería de máquinas con presiones superiores.

El verdadero auge de este proceso, sucedió entre los años 1930 a 1940 con las aplicaciones para los recién descubiertos poliestireno y acrílico, se observó que el proceso permitía la fabricación rápida y económica de artículos útiles. A las máquinas manuales siguieron máquinas accionadas hidráulicamente, cuya construcción alcanzó su verdadero desarrollo hasta el término de la segunda guerra mundial. Eran equipos que no requerían complicados y costosos sistema hidráulicos para operar, por su sencillez se podían instalara en pequeños locales. A partir de ese momento, el desarrollo y la evolución técnica fueron sorprendentes. Actualmente, se cuenta con máquinas totalmente automáticas que no requieren de la intervención del operador más que para supervisar.

Con la máquina de inyección, se puede realizar una producción manual y semi-automática (extracción manual de productos hechos) . Para la estabilidad de la calidad, se requiere una producción bajo un ciclo determinado. Utilizan diferentes equipos accesorios con la finalidad de ahorrar el trabajo, mejorar y establecer la calidad y la productividad.

Las partes que forman a una máquina de inyección son:

- (1) Unidad de cierre:** también es conocida como unidad de cierre del molde y es el componente de la máquina que sostiene el molde, efectúa el cierre y la apertura, genera la fuerza para mantenerlo cerrado durante la fase de inyección y cuando el molde se abre, expulsa la pieza moldeada.

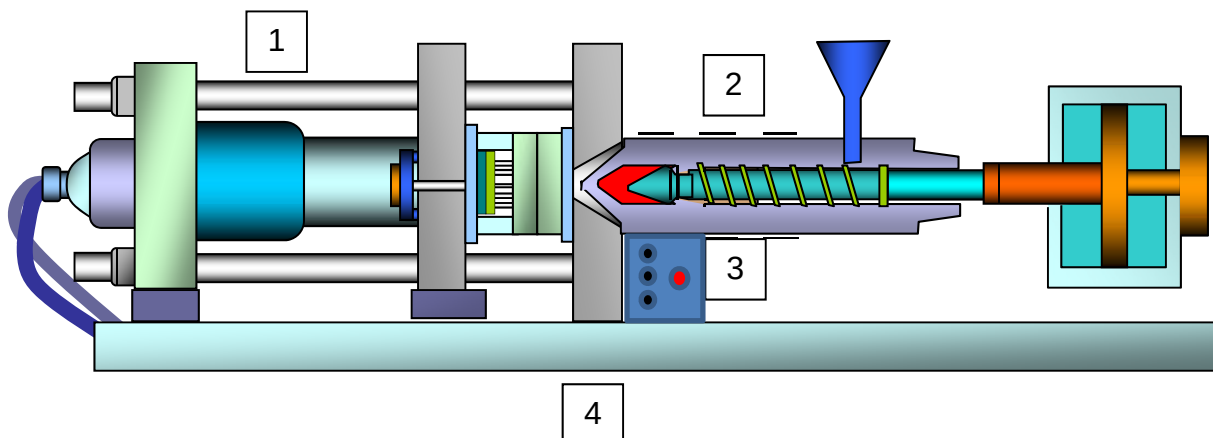
En la actualidad se han creado muchos sistemas de cierre, pero los más conocidos y utilizados son: **cierre por rodillera** (simple o doble) , **Cierre por pistón** (también conocido como cierre directo) y **cierre hidromecánico** o **pistón bloqueado**.

(2) **Unidad de inyección:** la unidad de inyección es la parte de la máquina que efectúa la alimentación, la plastificación y la inyección al molde del material plástico, el cual entra en esta unidad de inyección en forma de pellet o grano.

(3) **Controles:** Es el tablero eléctrico y/o electrónico que contiene los parámetros a controlar en la máquina de inyección.

(4) **Bancada:** es la base de la máquina de inyección que sostiene la unidad de cierre, a unidad de plastificación o inyección, los controles y el sistema hidráulico de la máquina.

Todas las máquinas de inyección poseen las mismas partes, sin embargo, existen algunos arreglos especiales, entre ellas se distinguen dos tipos, estos arreglos pueden ser los siguientes: **Inyección horizontal o Inyección vertical**



Unidad de inyección

La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para lograr esto se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desea fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección debe considerar tres condiciones termodinámicas.

1. La temperatura de procesamiento del polímero.
2. La capacidad calorífica del polímero C_p [cal/g °C].
3. El calor latente de fusión, si el polímero es semicristalino.

El proceso de fusión involucra un incremento en el calor del polímero, que resulta del aumento de temperatura y de la fricción entre el barril y el husillo. La fricción y esfuerzos cortantes son básicos para una fusión eficiente, dado que los polímeros no

son buenos conductores de calor. Un incremento en temperatura disminuye la viscosidad del polímero fundido; lo mismo sucede al incrementar la velocidad de corte. Por ello ambos parámetros deben ser ajustados durante el proceso. Existen, además, metales estándares para cada polímero con el fin de evitar la corrosión o degradación. Con algunas excepciones —como el PVC—, la mayoría de los plásticos pueden utilizarse en las mismas máquinas.

La unidad de inyección es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, teniendo el barril calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante. La profundidad entre el canal y el husillo disminuye de forma gradual (o drástica, en aplicaciones especiales) desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación. De esta manera, la presión en el barril aumenta gradualmente. El esfuerzo mecánico, de corte y la compresión añaden calor al sistema y funden el polímero más eficientemente que si hubiera únicamente calor, siendo ésta la razón fundamental por la cual se utiliza un husillo.

Una diferencia sustancial con respecto al proceso de extrusión es la existencia de una parte extra llamada cámara de reserva. Es allí donde se acumula el polímero fundido para ser inyectado. Esta cámara actúa como la de un pistón; toda la unidad se comporta como el émbolo que empuja el material. Debido a esto, una parte del husillo termina por subutilizarse, por lo que se recomiendan cañones largos para procesos de mezclado eficiente. Tanto en inyección como en extrusión se deben tomar en cuenta las relaciones de PvT (Presión, volumen, temperatura) , que ayudan a entender cómo se comporta un polímero al fundir.

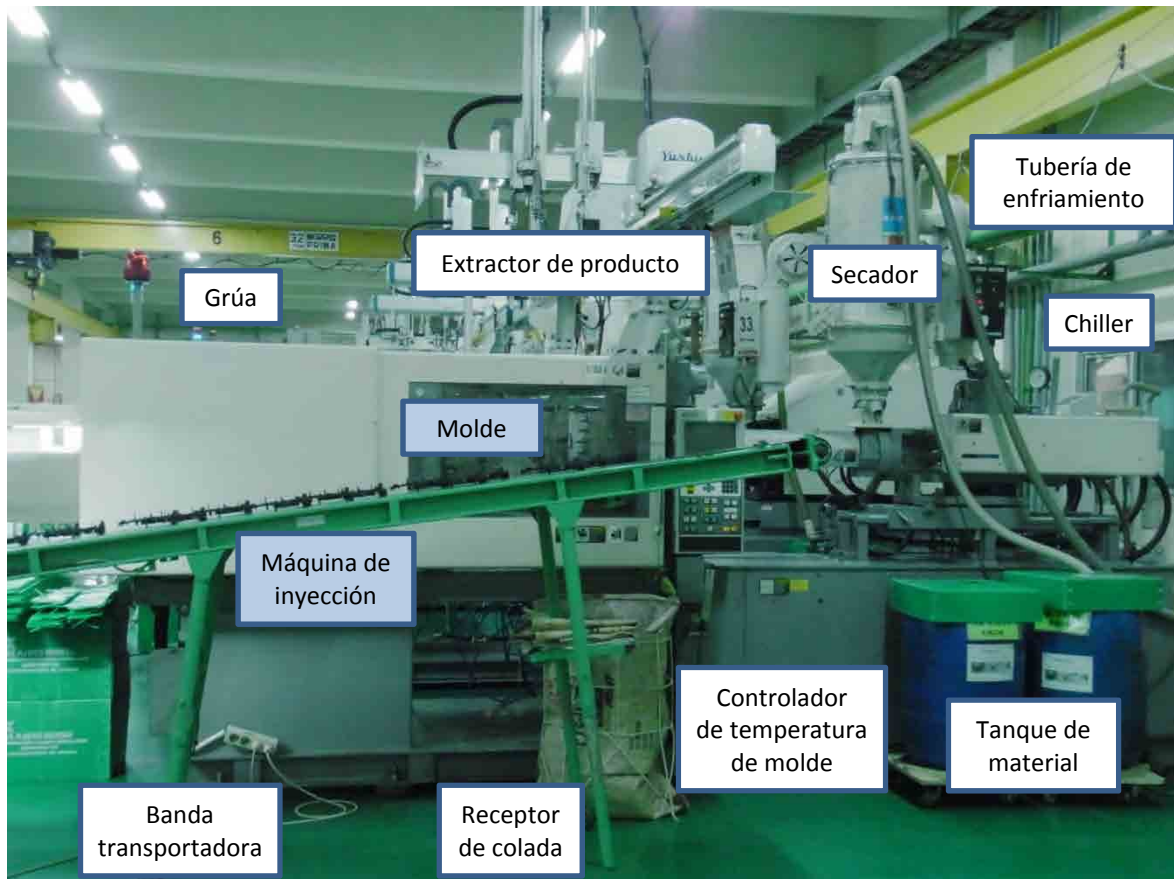
Unidad de cierre

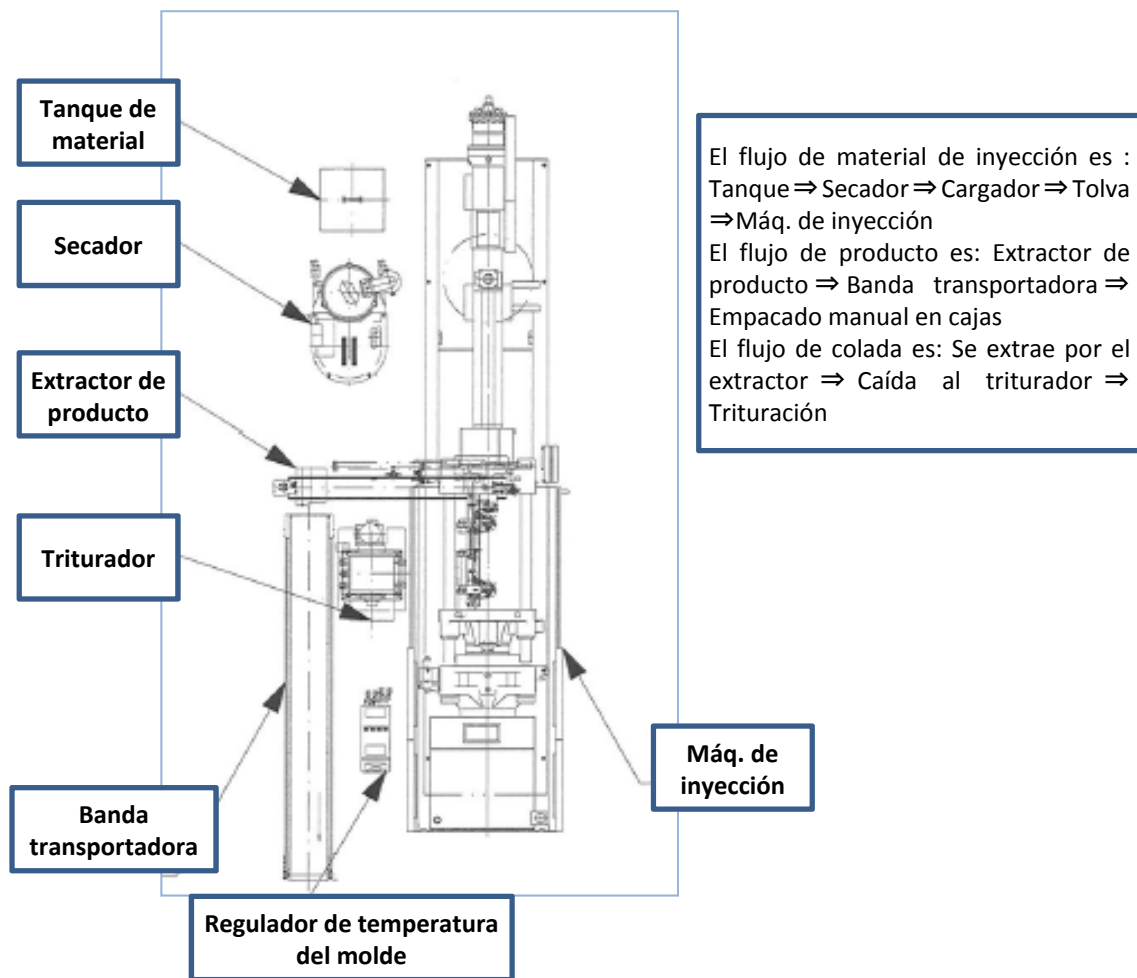
Es una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre bastante grande que contrarresta la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Las fuerzas localizadas pueden generar presiones del orden de cientos de Mpa, que sólo se encuentran en el planeta de forma natural únicamente en los puntos más profundos del océano.

Si la fuerza de cierre es insuficiente, el material escapará por la unión del molde, causando así que el molde se tienda a abrirse. Es común utilizar el área proyectada de una pieza (área que representa perpendicularmente a la unidad de cierre el total de la cavidad) para determinar la fuerza de cierre requerida, excluyendo posibles huecos o agujeros de la pieza.

Tablero de control

Es el cerebro de la máquina donde se realizan las programaciones y de condiciones de operación de producción así como los monitoreo del proceso en todas sus fases, existen de diversos tipos y cada compañía presenta sus propios diseños y utilerías a un que el proceso es el mismo hay particularidades en cada marca.





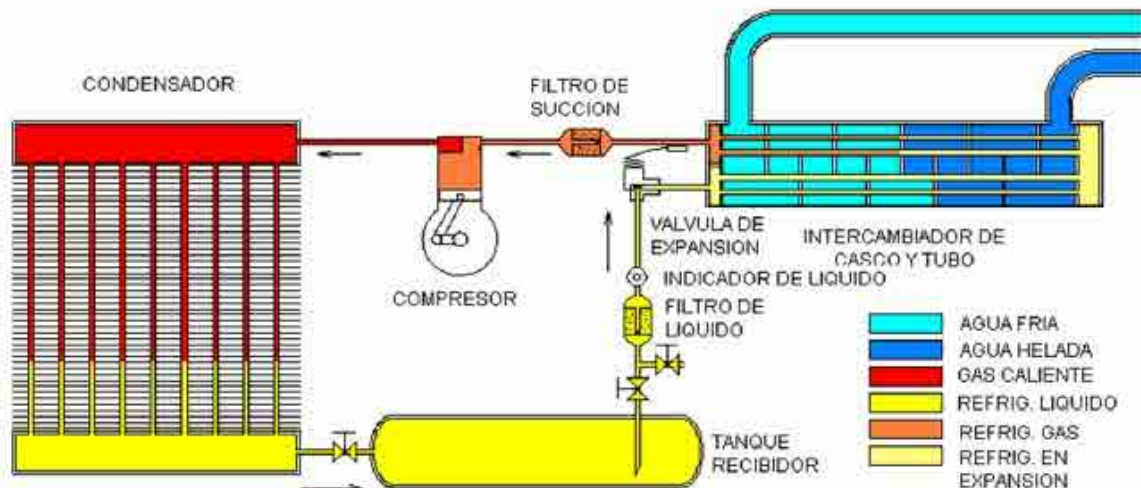
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PERIFÉRICOS

Los periféricos son todos aquellos equipos que aportan algo directamente al proceso, ya sea para volverlo más eficiente desde la perspectiva del operador o de la máquina, siempre estarán separados de la máquina y podemos cambiarlos de una a otra máquina fácilmente y no están controlados por la máquina.

Estos son: Chiller, Termoreguladores, secadores de materia prima, molinos, mezcladores, robots

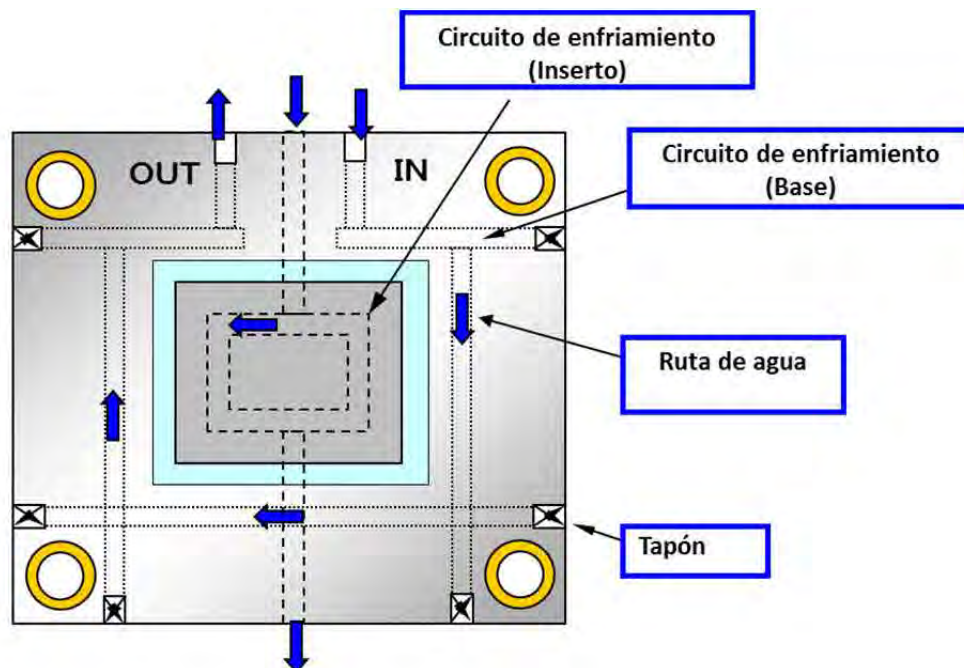
Controladores de temperatura

Chiller: Enfriadores de agua que nos permiten bajar la temperatura del agua a niveles muy cercanos al congelamiento lo que no es recomendable, de hecho funcionan muy parecidamente a los congeladores comunes, los chillers normalmente se programan con un rango de temperatura que asegura el funcionamiento del sistema de inyección en óptimas condiciones.



<http://es.scribd.com/doc/27569443/Como-Funciona-Un-CHILLER>

Regulador de temperatura del molde: Son aparatos que nos permiten regular la temperatura del molde mediante un fluido que circula en su interior, regularmente es agua pero puede ser también aceite. Estas temperaturas son superiores a la temperatura ambiente.



Secadores de materia prima: Permiten retirar la humedad que adquieren las materias primas mientras están empacadas o al aire libre por la propiedad de las mismas conocida como “**higroscopia**” y para su procesamiento es indispensable retirar esta humedad para obtener productos con los estándares de calidad requeridos, existen de diversos tipos y tecnologías, sin embargo el objetivo final es el mismo.



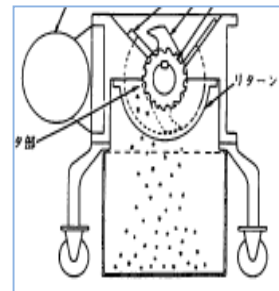
Secador de caja

Fuente: Información técnica de MATUI

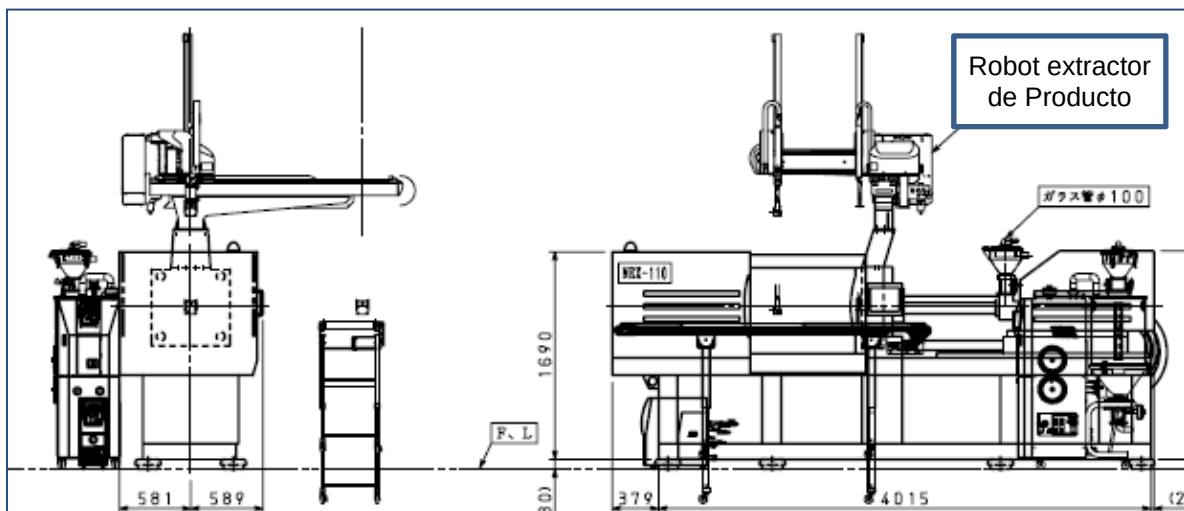
Molinos o trituradores: Son máquinas utilizadas para granular las piezas defectuosas así como las coladas para volverlas a procesar funcionan con sistemas mecánicos comunes por cuchillas y cribas que separan el material con el tamaño adecuado



Fuente: Información técnica de HARMO

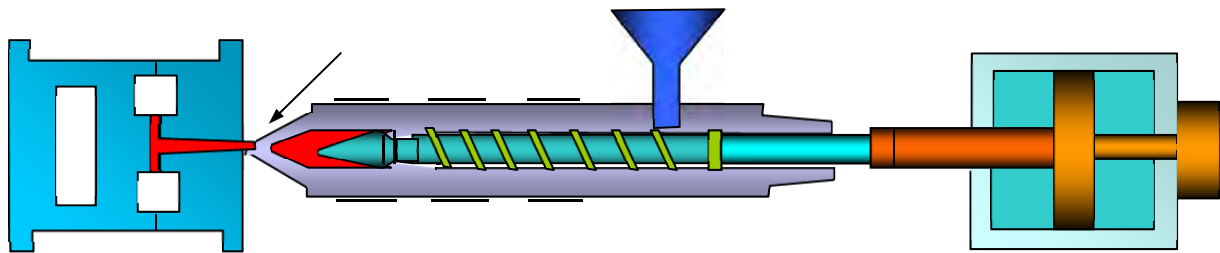


Robots: Son elementos para manipular las piezas inyectadas en el caso de plantas de inyección automatizadas y los existen de diversos tipos y grados de libertad.



Especificación de la máquina de moldeo

1. Fuerza para cerrar los moldes = Fuerza de cierre
2. Espacio para montar los moldes = Espesor mínimo y máximo y tamaño de los moldes
3. Cantidad de resina = Capacidad máxima de inyección
4. Presión de inyección = Presión máxima de inyección



Se selecciona el modelo de máquina dependiendo del tamaño del producto (tamaño del molde) : máquinas pequeñas para productos pequeños y máquinas grandes para productos grandes.

Fuerza de cierre de los moldes $\geq$ Presión de resina en el interior de los moldes x Área proyectada

$$F_c \geq P_m \times A \times 1.25$$



Clasificación de las máquinas de inyección de plásticos

1	Tipo de fuerza motriz	Hidráulica	Eléctrica	Híbrida
2	Tipo de cierre del molde	<i>Toggle</i>	Presión directa	<i>Toggle</i> + Presión directa
3	Equipo de inyección	Émbolo	Husillo en línea	Pre-plastificado
4	Mecanismo	Horizontal	Vertical	Especial

Eléctrica

- (1) Es el sistema en que la fuerza motriz de cada parte proviene del servomotor en lugar del sistema hidráulico. El mecanismo básico es casi lo mismo que el de la máquina de inyección hidráulica.
- (2) Se puede enlistar las siguientes características:
 - 1) En general, este sistema funciona con 4 o más motores independientes que permiten hacer; apertura/cierre del molde, inyección, expulsión, dosificación. Esto permite realizar paralelamente varios procesos de moldeo y a su consecuencia se reduce el ciclo de moldeo.
 - 2) El consumo de la energía eléctrica es considerablemente menor comparándolo con el de la máquina de inyección hidráulica (tipo estándar). (En general, 30%~45% menos.)
 - 3) El ambiente del proceso de moldeo es limpio, ya que no utiliza el aceite y es conveniente para el moldeo de recipientes para alimentos o productos médicos.
 - 4) La gran mayoría del equipo del cierre del molde es del tipo *Toggle*.



4.4.- CONCLUSIÓN

El conocimiento de la máquina para inyectar, así como su funcionamiento forman parte de la comprensión del proceso de inyección en general.



4.5.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿Cuáles son elementos principales de una máquina de inyección y sus funciones?
- 2.- ¿Que hace la unidad de inyección?
- 3.- ¿Para qué sirven las unidades de enfriamiento?
- 4.- ¿Cuántos tipos de máquinas de inyección de plásticos conoces?
- 5.- ¿Qué equipo periférico se ocupa en el proceso de inyección de plásticos?



TEMA 5: FUNCIÓN DE LOS MOLDES EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

5.1.- OBJETIVO DE APRENDIZAJE

De manera individual los participantes describirán los elementos de los moldes para la inyección de plásticos.



5.2.- INTRODUCCIÓN AL TEMA

Ningún proceso de transformación de plásticos se puede concebir sin los moldes, los moldes juegan un papel fundamental y en cada proceso se utiliza un molde con características particulares, no es igual un molde para inyección que uno para rotomoldeo o termofomado o cualquier otro proceso.

Siendo este elemento tan importante merecen un estudio muy particular, en ningún otro proceso los moldes son tan diversos y complejos como en la inyección de plásticos y proporcionalmente a su complejidad es su costo económico existen moldes para inyección que tienen mayor costo que la misma máquina. En el campo del control de proceso de inyección se toman en cuenta tres “M” como prioridad Máquina (1) , Material (2) y Molde (3) y para entender esta última debemos observar que hay dos campos diferentes e importantes uno de ellas es el **diseño** que lo efectúan ingenieros y técnicos especializados y otro es el **mantenimiento y manejo en el proceso**, siendo el segundo del que nos ocuparemos en este capítulo.



5.3.- DESARROLLO

Un **molde** es un conjunto de piezas acopladas para desarrollar una función específica, en un sistema mecánico complejo siempre diseñado para dejar en su interior huecos o cavidades que serán ocupadas por materia fundida o plástica que cuando se solidifica adquiere la forma de dicha cavidad generando así un producto con formas especiales.

El molde tiene, como principio, la función de alojar el plástico fundido que le manda la máquina de inyección a alta presión y temperatura, para enfriarlo mediante intercambio de calor con un líquido en circulación por su interior y a su vez darle la forma para expulsar el producto una vez solidificado.

Los moldes de fabricación de piezas de termoplásticos, son útiles y de alto valor, realizados exclusivamente para la fabricación de un modelo de pieza. Los materiales

que se emplean, son de hierro y aceros de diferentes características. El material utilizado en cada una de las partes que componen el molde dependerá de la función que tenga que desempeñar.

El alto costo del molde, viene dado principalmente por la cantidad de horas de trabajo de personal y maquinaria para su fabricación. Los materiales empleados aunque suele ser de alta calidad, no supera el 20% del costo total. Otro 20% del valor vendría dado por concepción, diseño y revisiones de la oficina técnica. El resto, 60% serían los trabajos de taller. Estos datos son orientativos y el valor real dependerá de la complejidad del molde.

El tiempo que se tarda desde el diseño hasta que el molde está aceptado, depende de la complejidad del mismo y de factores como infraestructura, tecnología y conocimiento.

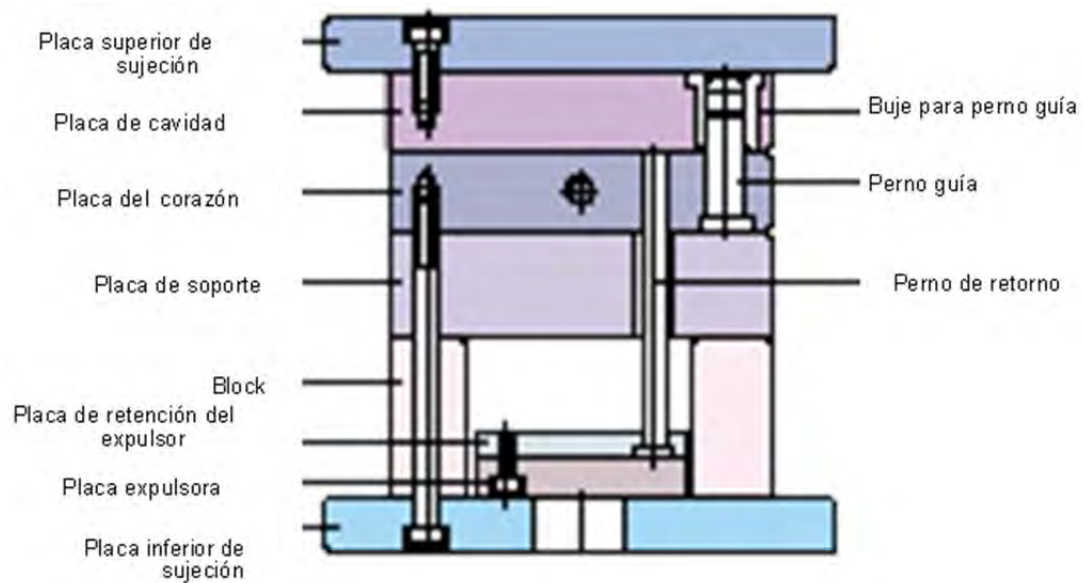
Los trabajos que normalmente se realizan en la construcción de un molde son:

- Concepción del funcionamiento del molde
- Creación de planos y despieces
- Trabajos de fresado
- Trabajos de erosión
- Trabajos de rectificadores
- Trabajos de torno y taladro
- Trabajos de ajuste manual y montaje
- Trabajos de pulido

Una vez que se ha fabricado el molde, se programan las pruebas en la máquina de inyección, las cuales dictaminarán que retoques hay que realizar, para que el molde funcione correctamente y la pieza cumpla con los requerimientos de calidad necesarios.



Partes de un molde para inyección de plásticos



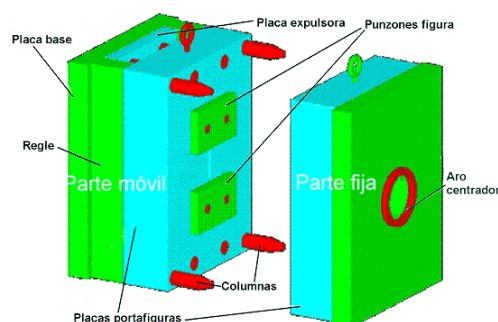
Requerimientos necesarios para un molde de inyección

Los principales requerimientos que debe cubrir un molde son la exactitud dimensional (dentro de las tolerancias permitidas) y la apariencia final (acabado) .

El principal problema que influye en la precisión del molde es el encogimiento del material plástico. Son muchos los diferentes factores que afectan las dimensiones debidas a la contracción del producto moldeado (temperatura, presión, tiempo de enfriamiento, entre otros) .

Los plásticos con una baja contracción (menos de 0,6%) usualmente no presentan problema, y las dimensiones del molde pueden ser fácilmente calculadas para dar la exactitud final de las dimensiones del producto. Con plásticos con una alta contracción (más del 0,6%) deben ser tomadas otras consideraciones importantes para el diseño del molde.

Los moldes están formados por dos mitades llamadas: Parte **fija o de inyección** y parte **móvil o de expulsión**.

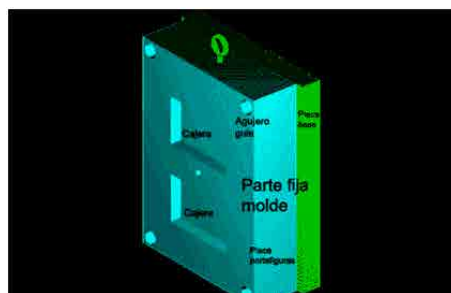


Parte fija o de lado inyección, llamada así porque es la parte del molde que no se mueve cuando la máquina de inyectar realiza todos sus movimientos. Está sujeta al plato de la máquina fijo, y es donde hace contacto la unidad de **inyección** de la máquina, para introducir en el molde el plástico fundido.

Parte móvil o de expulsión, llamada así porque es la parte que está sujeta al plato móvil de la máquina y solidariamente con esta, se mueve. También es donde está normalmente ubicado el sistema de expulsión de la pieza cuando está terminada.

A su vez cada una de estas partes está formada por los elementos siguientes:

Parte fija del molde:



Placa base. Placa de dimensiones (ancho y alto) adecuadas para que según el tamaño de pieza a inyectar, queden espacios libres por donde se podrá sujetar mediante bridas o tronillos al plato fijo de la máquina. El grueso de esta placa será lo suficiente, para evitar deformaciones y dependerá del peso total del molde (20-50 mm) .

Placa porta figuras. Existen en ambas mitades. Son las placas donde se realizan las figuras de la pieza, bien sea como postizos ajustados en la misma, o directamente realizados sobre ella. Estos postizos o figuras, uno será hembra y otro macho. La hembra llamada **cavidad** suele realizarse siempre que sea posible en la parte fija del molde. Y el macho llamado **corazón** suele realizarse en la parte móvil.

Anillo centrador. El centrador como su nombre indica sirve para centrar el molde en la máquina. Suele ser redondo y sobresale de la placa base., lo que sobresale de la placa base entra ajustadamente en el plato fijo de la máquina. Así una vez centrado el molde la unidad de inyección de la máquina coincide con el orificio por donde tiene que entrar el plástico fundido en el molde.

Bebedero, ramales de distribución, y entradas. Son huecos creados en el molde, que sirven para que el plástico fundido que viene del cilindro de inyección de la máquina, pueda llegar a través de ellos hasta los huecos que tienen la forma de la pieza. Podemos distinguir el **sprue**, como primer tramo, donde la boquilla de la máquina

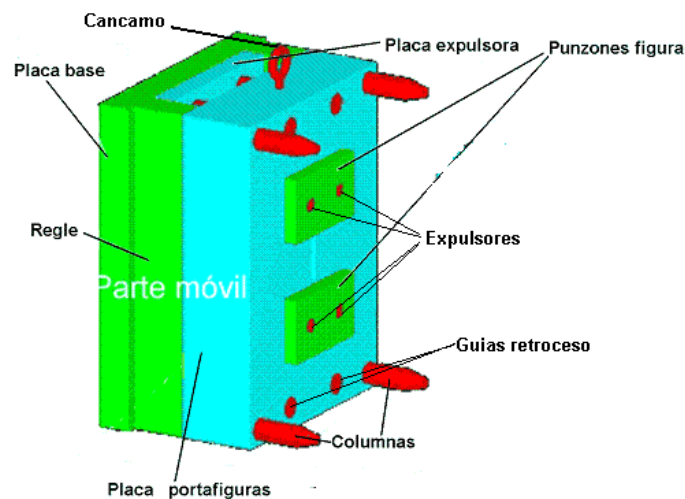
apoya ajustándose al molde. Después se encuentran los ramales de **distribución primarios**, y pueden existir otros ramales que derivan de estos llamados **secundarios**., y finalmente están **los bebederos y entradas a pieza o gate.**, estas entradas tienen diferentes formas según su utilización y materiales empleados. Estos conductos que se llenan de plástico y que no forman parte de la pieza, cuando el plástico se enfría constituyen una merma del material empleado, llamada **coladas**, que tiene que ser minimizada con un estudio minucioso de las mismas.

También es posible mantener estos conductos a una temperatura lo suficientemente alta, mediante resistencias integradas en el molde, que mantenga el plástico fundido, si llegar a degradarse. Con ello evitaremos la merma de las **coladas**, estaríamos hablando de **moldes con cámaras calientes**.

Circuitos de refrigeración. Ambas partes del molde (fija y móvil) , tiene una serie de circuitos, tanto en el interior de la placa porta figuras o /y en los postizos que tienen las figuras de la pieza, por donde pasa el líquido refrigerante. Con este sistema, a una temperatura dada del líquido refrigerante y trabajando la máquina de forma continuada a un ciclo dado, se establecerá un equilibrio entre la cantidad de calor que suministramos al molde con el plástico fundido, y la cantidad de calor que le quitamos al molde con el líquido refrigerante. El ciclo tiene que ser el menor posible que mantenga las piezas con la calidad requerida.

Guías o columnas del molde. Ambas partes del molde tienen un sistema de **guías** en una parte y de **agujeros guía** en la otra, de alto nivel de ajuste, que aseguran un perfecto acoplamiento de las partes, evitando movimientos de una parte respecto a la otra cuando recibe la presión del plástico fundido que llega a las cavidades. Permite también el poder realizar los ajustes finos de ambas partes, en las fases de construcción o reparación del molde. El número de guías y agujeros guía y su situación en los moldes depende del tamaño del mismo, suelen ser 4 para tamaños pequeños o medianos, y su situación suele estar en las 4 esquinas del molde, para moldes de forma rectangular, que son los más frecuentes.

Parte móvil del molde:



Placa base. Al igual que para la parte móvil, sirve para su sujeción mediante bridas u otros elementos de fijación al plato móvil de la maquina de inyectar. A diferencia de la anterior, esta placa normalmente no lleva centrador, pero lleva un orificio en su parte central que permite la entrada del vástago expulsor de la máquina, hasta la placa expulsora del molde.

Placa expulsora. Es un placa doble que lleva los expulsores y recuperadores. Va flotante y guiada en un determinado espacio dentro de esta mitad de molde y cuya misión consiste en extraer la pieza con los expulsores que aloja cuando el vástago de expulsión de la maquina hace presión sobre la misma. Mediante los recuperadores lleva la placa expulsora a la posición de inicio en el momento del cierre de ambas mitades.

Barras paralelas. Son gruesos de hierro, puestos a ambos lados del molde, sujetos a la placa base y placa porta figuras mediante tornillos, creando un hueco central entre la placa base y la placa porta figuras, por donde se deslizará mediante guías la placa expulsora.

Expulsores. Pueden tener diferentes formas, según la pieza aunque lo común es que sean de forma cilíndrica o laminar. Su situación en un extremo a la placa expulsora y el otro formando parte de la superficie de molde en contacto con el plástico, hace de trasmisor directo, en la extracción de la pieza de la cavidad del molde donde se aloja.

Recuperadores. Son varillas cilíndricas de mayor tamaño que los expulsores, ubicadas fuera de la superficie del molde que hace pieza y cuya misión es evitar que los expulsores dañen el molde cuando se cierran ambas mitades. Asegura así, una recuperación de la placa expulsora y expulsores hasta su posición inicial.

Ajuste de cavidad y corazón. Zona alrededor de las figuras donde ambas partes del molde se tocan, creando el límite de llenado de la cavidad. El ajuste tiene que ser perfecto para evitar que existan sobrantes de material en la pieza. Normalmente para ver el ajuste en estas zonas se suele pintar una de las partes con pintura azul (pintura al óleo) en forma de fina capa, se presionan ambas partes y el azul tiene que aparecer repartido sobre la zona de la parte no pintada inicialmente. A esta operación se denomina **comprobación del ajuste** del molde.

Salida de gases. Son pequeños desajustes creados de forma precisa en el molde, están situados principalmente en las terminaciones del llenado de las piezas y permiten que el aire que hay en los huecos de la cavidad a llenar, junto con los gases que se generan en la inyección, tenga huecos en el ajuste para salir. Estas salidas son de tal tamaño (aproximadamente 0.02 mm) que permiten que salgan los gases pero no el plástico líquido.

Agujeros roscados y cáncamos. El molde posee en sus placas principales agujeros roscados de orificio suficiente para el enroscado de los cáncamos, que serán utilizados en el manejo en el taller (polipastos o puente grúa) para montar y desmontar el molde en la máquina de inyección.

Función de los moldes en el proceso

Nº	Función	Principios (cuáles deben ser)
1	Función de dar forma	1) La cavidad y el corazón deben tener dimensiones y formas determinadas (Precisión inicial) . 2) La ubicación de cavidades y corazón debe ser apropiada sin que se desplacen en cada disparo (Precisión en repetición) . 3) El molde debe tener suficiente fuerza y rigidez (Resistencia a presión y rigidez) . 4) Debe mantener la forma y dimensiones determinadas durante el plazo necesario (Vida útil) .
2	Función de intercambio térmico	1) El enfriamiento debe ser uniforme (Precisión posterior a la contracción térmica) . 2) Se debe enfriar rápidamente el producto moldeado (Costo) .
3	Función de formar la ruta de flujo del material	1) La ruta de flujo del material debe tener dimensión y forma apropiadas (Calidad / costo) .
4	Función de desmoldeo	1) La resistencia al desmoldeo debe ser suficientemente pequeña (Calidad / costo) . 2) El mecanismo de desmoldeo deben tener suficiente fuerza y resistencia (Precisión en repetición) .
5	Función de venteo	1) El aire existente en la cavidad debe ser venteado inmediatamente en el momento de la inyección (Calidad) .
6	Otros	1) La cavidad y corazón deben estar siempre limpios (Calidad) .



5.4.- CONCLUSIÓN

Identificar las características de los moldes nos llevará también a conocer mas mejor el proceso de transformación en el que es usado. La importancia de saber y conocer todos los puntos para la elección de la construcción de un molde para plásticos es indispensable si es que no se quiere invertir dinero en balde. En le mercado ya existen piezas del molde como son los eyectores, columnas y manguitos de guía, placas de fijación, placas intermedias, placas para acoger a los materiales de moldeo, expulsores, placas distanciadoras, bridas de centrado, entre muchas otros que pueden adquirirse actualmente ya terminados, la producción de estas piezas es masiva por lo que los costos son menores y por consiguiente el costo del molde también baja.

El mundo de los moldes y el mundo de los plásticos, cuando se unen forman un universo en el que es fácil perderse, es por eso que necesitamos estudiar y estar mejor informados.



5.5.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿Cuáles son los requerimientos necesarios que debe cubrir un molde de inyección?
- 2.- ¿Cuáles son los materiales para fabricar un molde de inyección?
- 3.- ¿Que entiendes por molde?
- 4.- ¿Para qué sirven los moldes en un proceso?
- 5.- ¿Cómo utilizas los moldes en ti vida cotidiana?
- 6.- ¿Cuáles son las partes fundamentales de un molde?
- 7.- ¿Qué molde necesita más precisión, un molde para inyección o un molde para velas de cera?



TEMA 5.1: TIPOS DE MOLDES EN LA INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

Objetivo de aprendizaje

De manera individual los participantes describen las características particulares de los diferentes molde utilizados en la inyección de plásticos así como sus sistemas de colada y estructura de placas.



INTRODUCCIÓN AL TEMA

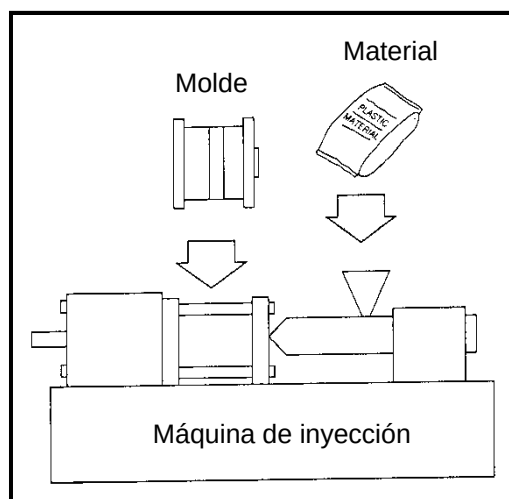
Hemos visto que existen diversos tipos de moldes según el proceso de transformación y dentro del campo de la inyección de plásticos también hay clasificación de moldes. En la práctica hay que fabricar un molde para cada nueva producción y los casos en que puedan emplearse los ya existentes con pocas modificaciones son relativamente raros.



DESARROLLO

Existen una gran cantidad de materiales que se utilizan para fabricar moldes, sin embargo la mayoría de los moldes para la industria del plástico se obtienen mediante procesos de maquinado, maquinado convencional o mediante maquinado de control numérico, tomando en cuenta los esfuerzos a soportar, los materiales para los moldes deben presentar buena resistencia a la ruptura, a la abrasión, a la corrosión, deben ser fáciles de maquinar, buena capacidad de endurecimiento superficial y buena conductibilidad térmica, entre otras características particulares a los productos a obtener.

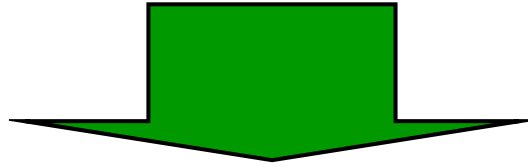
Por la diversidad y complejidad de las piezas que se obtienen por el proceso de inyección ha sido necesario el desarrollo de diseños de moldes con diferencias significativas que en este capítulo se estudiarán de manera general.



Elementos productivos del
moldeo por inyección

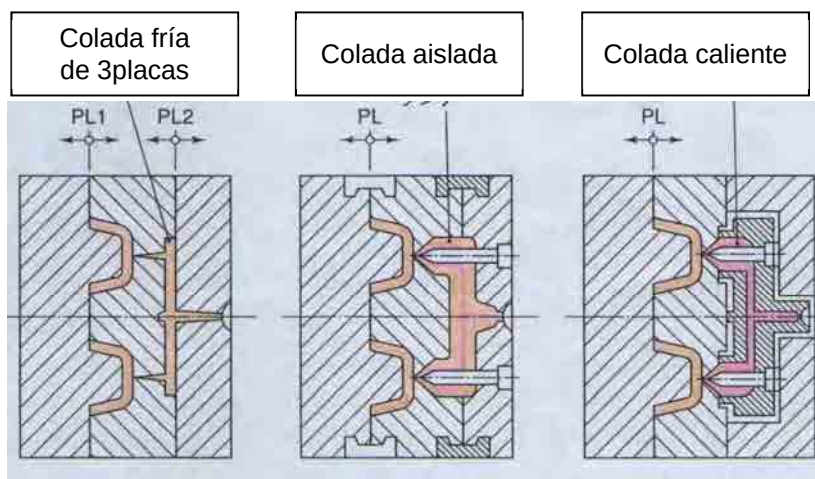
Importancia del molde para el moldeo por inyección

El molde es un elemento productivo indispensable para moldear el producto.
(El protagonista es producto moldeado.)



Clasificación de moldes para inyección de plásticos

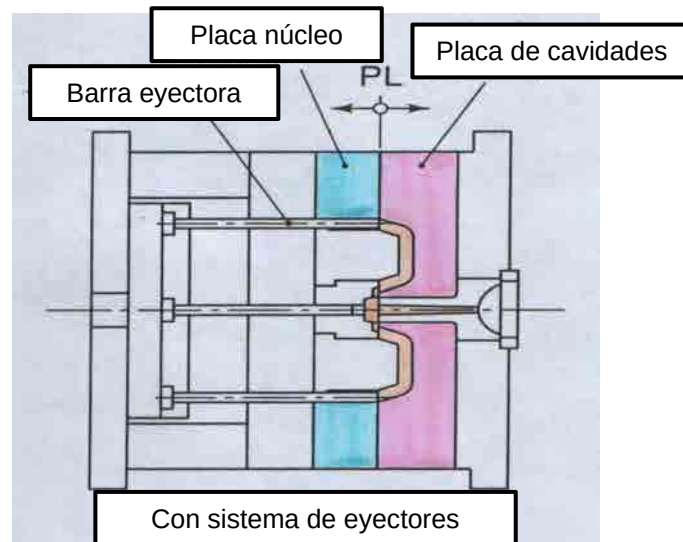
Molde de inyección
(Sistema de colada) { Molde de colada fría
Molde de colada caliente



Molde de colada fría
(Estructura de placas) { Estructura de 2 placas
Estructura de 3 placas

Molde de colada fría de 2 placas Estructura y sus características

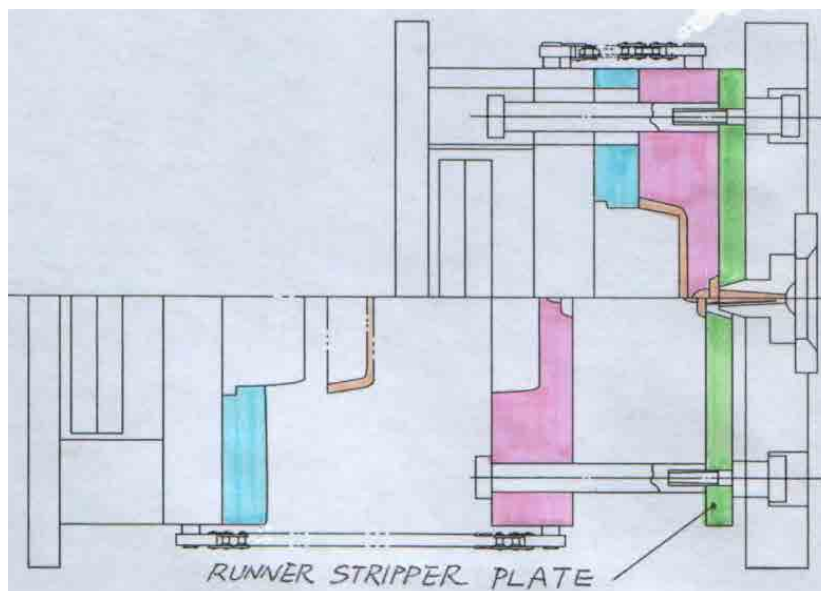
- El molde de 2 placas está formado por 2 placas principales; placa de cavidad y placa de núcleo.
- Todos los moldes con el sistema de entrada de material tienen la estructura de 2 placas, con excepción del molde con *Pin Point Gate*.
- En general el molde de 2 placas es menos costoso que el molde de 3 placas y el ciclo de moldeo es más corto.

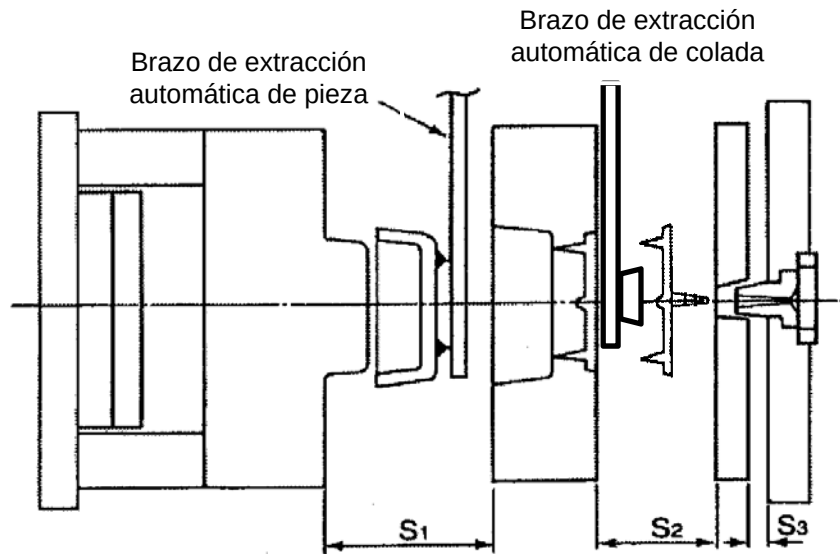


Molde de colada fría de 3 placas Estructura y características

El molde con *Pin point gate* es considerado como molde de 3 placas.

- Tiene la característica de que la pieza moldeada y la colada son expulsados por diferentes lados.
- El costo del molde y el de moldeo son más costosos que el molde de 2 placas.





Se definen las dimensiones necesarias de S1, S2 y S3 al diseñar el molde.

Comparación de características de las coladas

Conceptos	Colada fría	Colada caliente
Rendimiento	Se moldea la parte innecesaria de colada, consecuentemente el rendimiento de material es bajo.	Se moldea solamente la parte necesaria de la pieza, por lo que el rendimiento de material es bueno.
Ciclo de moldeo	Sobre todo el molde de 3 placas tiene ciclo de moldeo largo, por lo que la productividad es baja.	El ciclo de moldeo es mínimo necesario, por lo que la productividad es alta.
Energía	Se necesita energía aun para moldear la parte innecesaria de colada y reciclarla.	Se utiliza la energía solamente para moldear la parte necesaria de la pieza, por lo que la eficiencia de energía es buena.
Calidad de pieza moldeada	Es fácil generar defectos debido a la falta de presión o la falta de uniformidad de presión.	Es fácil generar "quemado" o "ráfagas" debido al problema de temperatura de material fundido.
Material para la pieza moldeada	No hay restricciones del material para moldear la pieza.	El material sensible a la temperatura y el que tiene alta la temperatura de fundición son difíciles para esta técnica.
Mantenimiento	Es más fácil técnicamente en comparación con la colada caliente, y el mantenimiento es fácil.	Se requiere una técnica especial, por lo tanto se necesita una precaución en la producción en los países en vía de desarrollo.
Costo y tiempo de entrega	En general es menos costoso que la colada caliente y el tiempo de entrega también es más corto.	En general es más costoso que la colada fría y el tiempo de entrega es más largo.

Comparación de características de la estructura del molde de colada fría

Conceptos	2 Placas	3 placas
Rendimiento de material	La colada es pequeña por lo que el rendimiento del material es bueno.	La colada es grande por lo que el rendimiento del material es bajo.
Ciclo de moldeo	El ciclo de moldeo es relativamente corto, por lo tanto la productividad es alta.	El ciclo de moldeo en el proceso de inyección y en el de apertura y cierre de molde son largos, por lo tanto la productividad es baja.
Forma de la pieza moldeada	Según la forma de la pieza moldeada, es difícil el diseño de colada y entrada de material.	Es alta la adaptabilidad a la forma de la pieza a moldear.
Tamaño de la pieza moldeada	No se puede moldear algunas piezas grandes.	Es alta la adaptabilidad al tamaño de la pieza, permitiendo moldear desde una pieza pequeña hasta una grande.
Trabajo posterior	Es necesario cortar la entrada de material con excepción del molde con ciertos tipos de entrada como <i>Submarine gate</i> .	En principio se usa el pin point gate, que hace corte automático de entrada, por lo tanto no se necesita cortar la entrada.
Costo y tiempo de entrega	En general es menos costoso que el molde de 3 placas y el tiempo de entrega es más corto.	En general es más costoso que el molde de 2 placas y el tiempo de entrega es más largo.



CONCLUSIÓN

El mundo de los moldes y el mundo de los plásticos, cuando se unen forman un universo en el que es fácil perderse, es por eso que necesitamos estudiar y estar mejor informados, conocer a fondo las diferencias entre los moldes es fundamental para proporcionar la calidad exigida por el cliente y para ofrecer mejores costos respetando dicha calidad



EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿Qué tipos de moldes para inyección conoces?
- 2.- ¿cuándo usaremos un molde de dos placas?
- 3.- ¿para qué sirve la colada caliente en un molde de inyección de plásticos?
- 4.- ¿Qué factor determinara si el molde es de dos o tres placas?
- 5.- ¿Qué productos se obtiene con molde de tres placas?

Submódulo 2 – Elabora piezas por el proceso de inyección



TEMA 6: SEGURIDAD EN EL PROCESO DE INYECCIÓN

6.1.- OBJETIVO DE APRENDIZAJE

Comprender la importancia que tiene el observar y guardar las normas de conducta al trabajar en el proceso de inyección de plásticos para evitar riesgos y accidentes de trabajo.



6.2.- INTRODUCCIÓN AL TEMA

La seguridad en el taller de inyección es una tarea de todos los que la componen, hay que conocer los riesgos potenciales que existen y como puedo ayudar a minimizarlos.



6.3.- DESARROLLO

Seguridad es estar libre de riesgos inaceptables (*Freedom from unacceptable risk*) La “Seguridad” se define a través del “Riesgo”.

Riesgo (*Risk*) : Es la combinación de la probabilidad de generación de daños (o lesiones) y el grado de dichos daños.

Daño (*Harm*) : Es el daño físico generado al cuerpo humano o daño a la salud humana , daño físico generado al cuerpo humano ⇒ lesiones de brazos/cuerpo entero, etc. (heridas, lesiones, amputación, quemaduras)

Impedimento de la salud ⇒ intoxicación, asfixia, etc.

Fuentes de peligro (Hazard) : fuente latente que puede generar riesgos

Fuente mecánica de peligros ⇒ machucamiento, amputación, etc.

Fuente eléctrica de peligro ⇒ quemaduras, electrocución por contacto.

Fuente térmica de peligro ⇒ quemaduras, lesiones por calor

Seguridad en la máquina inyectora normas de seguridad internacional

1. Principio de la seguridad — Si no hay fuente de riesgo, es seguro.

Fuente de riesgo — Es la fuente que genera la lesión o impedimento de un adecuado estado de la salud.

Calor (transformación por calor) ,

Presión -fuerza (Presión de inyección, fuerza de cierre del molde · · ·) , peso, dispositivo de tracción o fuerza motriz

2. Principio del paro — La máquina parada es segura.

Durante la operación de inyección se cierran y se abren los moldes, movimientos de expulsión y de avance para la inyección etc.

Todos estos movimientos se detienen al parar el motor. Desactivado el motor (OFF) en el momento de la operación.

3. Principio de aislamiento — Si la persona no está cerca, es seguro.

Al cambiar moldes y al inicio para el ajuste, se requiere la intervención de la persona (operador) .

Cuando es totalmente automático, no se requiere del operador (en caso de que sea robotizado)

Cuando es semiautomático o manual, debe intervenir el operador.

Existe el riesgo de que alguien se acerque al robot en operación (Es necesario establecer medidas de seguridad)

Las normas de seguridad difieren según el país, fabricante de la máquina y el país que la utiliza.

Se debe poner atención al hecho de que no todo es igual, puede haber diferencias.

México importa muchas máquinas inyectoras.

ANSI (USA)

Norma EN (Marca CE)

Norma JIS (Japón)

Norma GB (China)

Norma KS (Korea)

Otras

Moldeo por inyección:

1. Es necesario una gran fuerza de cierre del molde para que éste no se abra durante el proceso de inyección.
2. Es necesario una presión grande para inyectar la resina hacia el molde.
3. Es necesario una fuerza grande para eyectar productos del molde
4. Alta temperatura de la resina 180°C~320°C

Contacto con la resina expulsada; con la cubierta del cilindro calentador; con el calentador

5. Alta temperatura del molde 80°C~120°C

Contacto con el molde; con medios de calor (agua caliente, aceite caliente)

(Para cambiar el molde, antes de realizar la actividad, primeramente se deberá enfriar el molde los medios de calor)

1. Antes de comenzar a trabajar, se deben verificar los equipos para levantar cargas como el polipasto, cadena, ganchos, carros para el transporte, etc.
2. Los equipos para levantar cargas como polipastos, cadena y carros, se deberán indicar claramente el peso máximo de carga para que al utilizarlos no excedan dicha indicación.
3. Al enganchar la carga al polipasto, se debe calcular el centro de gravedad o equilibrio de modo que se debe asegurar que el molde levantado no se vaya de lado.

Equipo de seguridad

El equipo de protección que se emplea en las fábricas de moldeo, consiste en: gorra (casco) de seguridad, zapatos de seguridad, gafas protectoras, mascarilla entre otras cosas. Para usarlos eficazmente, se requiere lo siguiente:

1. Seleccionar el equipo de protección adecuado para el trabajo.
2. Instruir a los trabajadores en el uso correcto del mismo, y hacer que lo lleven a la práctica estrictamente.
3. Ponerlo siempre en disponibilidad en cantidades necesarias para el trabajo.
4. Cuidarlo y mantenerlo en buen estado.





6.4.- CONCLUSIÓN

En este tema pudimos darnos cuenta del porque de las fallas mas representativas en el proceso de inyección y sus posibles soluciones, sin duda siempre se presentaran muchos más problemas que solo podremos resolver con conocimiento de causa.



6.5.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿Qué es el proceso de inyección?
- 2.- ¿Qué variable hay que controlar para su ejecución?
- 3.- ¿Cuáles son las fallas más comunes?
- 4.- ¿Cómo se relacionan las variables en el proceso de inyección de plásticos?
- 5.- ¿A qué riesgos se enfrenta un operario al operar la máquina de inyección?



TEMA 7: PRINCIPIOS DEL PROCESO DE INYECCIÓN

7.1.- OBJETIVO DE APRENDIZAJE

Comprender a fondo la relación y correlación de variable que intervienen en el proceso de inyección de plásticos.



7.2.- INTRODUCCIÓN AL TEMA

Definición. La inyección de termoplásticos es un proceso físico y reversible e intermitente, en el que se funde una materia prima llamada **termoplástico**, por el efecto del calor y la fricción, en una maquina llamada **inyectora**. Esta máquina con el termoplástico en estado fundido, lo inyecta, dentro de las cavidades huecas de un **molde**, con una determinada presión, velocidad y temperatura. Transcurrido un cierto tiempo, el plástico fundido en el molde, va perdiendo su calor y volviéndose sólido, copiando las formas de las partes huecas del molde donde ha estado alojado. El resultado es un producto con las formas y dimensiones similares a las partes huecas del molde. A este termoplástico solidificado le llamamos **inyectada**.

Los beneficios del aprendizaje que te dejará este subtema es que podrás imaginar y ver por tu cuenta lo que es el principio de inyección, lo que sucede dentro de la máquina desde que se alimenta el material hasta que se inyecta.



7.3.- DESARROLLO

El moldeo por inyección es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más famosas, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar componentes con formas geométricas de alta complejidad.

Los polímeros conservan su forma tridimensional cuando son enfriados por debajo de su T_g —y, por tanto, también de su temperatura de fusión para polímeros semicristalinos. Los polímeros amorfos, cuya temperatura útil es inferior a su T_g , se encuentran en un estado termodinámico de pseudoequilibrio. En ese estado, los movimientos de rotación y de relajación (desenredo de las cadenas) del polímero están altamente impedidos. Es por esta causa que, en ausencia de esfuerzos, se retiene la forma tridimensional. Los polímeros semicristalinos poseen, además, la característica de formar cristales. Estos cristales proporcionan estabilidad dimensional a la molécula, la cual también es en la región cristalina termodinámicamente estable. La entropía de las moléculas del plástico disminuye drásticamente debido al orden de las moléculas en los cristales.

Es un proceso físico irreversible, porque no existe variación en la composición química del termoplástico, en todo el proceso. **Reversible**, porque el termoplástico después del proceso tiene las mismas características que al principio. O sea, podríamos triturar la pieza y repetir el proceso con ese material.

En la realidad cada vez que realizamos el proceso, el material termoplástico sufre una pequeña degradación, su cuantía dependerá de las condiciones de transformación (temperatura, velocidad, tiempo, presión) y de la forma del molde por donde fluye. Si es pequeña la degradación, la pieza inyectada a partir de material de piezas inyectadas anteriormente, reúne casi al 100% las cualidades iniciales.

Otro tema interesante, es el estudio de variaciones de calor que va sufriendo el termoplástico a lo largo del proceso de inyección. **En la máquina de inyectar, va absorbiendo calor** hasta su fusión, y **en el molde va perdiendo el calor** hasta su solidificación.

Hemos visto pues que existen varios elementos que son esenciales para realizar el proceso de inyección. **El material termoplástico, el Molde, La Máquina de inyección.**

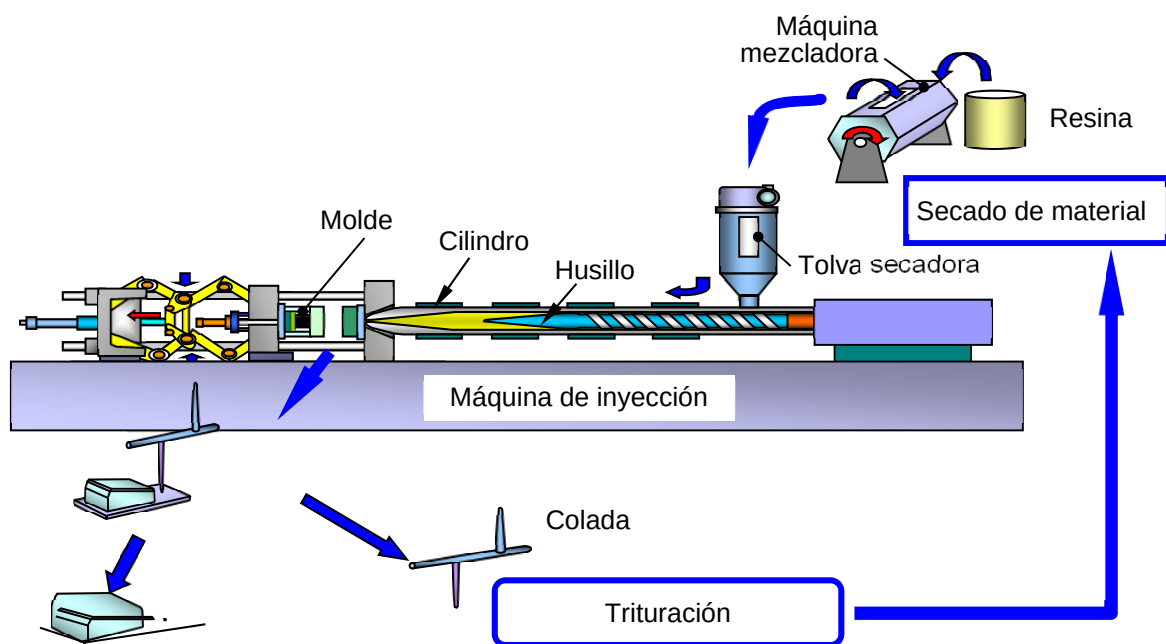
Pueden existir una serie de elementos añadidos al proceso de inyección, que pueden ser también muy importantes, estos son los **periféricos**. Entendemos por periféricos cualquier elementos añadido al proceso de inyección que puede repercutir sobre el

funcionamiento en continuo del proceso, o sobre la calidad de las piezas. Dentro de los periféricos están: **Los secadores y deshumidificadores** del material termoplástico, el regulador de temperatura del aceite hidráulico de la máquina **Chiller**, El **termocontrolador del molde**, el **robot o manipulador** de extracción de piezas, el **molino** y el **mezclador**.

El ciclo de inyección podríamos definirlo como el conjunto de pausas y movimientos que realiza la máquina para la obtención de la pieza, partiendo de un molde y de un material termoplástico en grano.

Estas pausas y movimientos están gobernadas por el microprocesador o computadora con arreglo a un programa de funcionamiento y unas variables prefijadas por nosotros.

Todas las máquinas de inyectar mantienen las mismas secuencias de los ciclos de inyección, sea cual sea su fabricante, los movimientos básicos y su secuencia son los mismos.



Variables que intervienen en el proceso de inyección

Los parámetros a controlar en el proceso de inyección dependen del material a trabajar, del diseño del molde y la pieza. Cada caso es particular, las variables a controlar son: **temperaturas; velocidades, presiones; volumen y tiempos**.

TEMPERATURAS

Las temperaturas pueden ser del cilindro de plastificación, de la boquilla y del molde.

La temperatura del cilindro de plastificación y de la boquilla, esta dada por el tipo de material a trabajar, estas temperaturas se ajustan de acuerdo a la temperatura de la masa fundida, la temperatura de la masa fundida determina las propiedades estructurales de una pieza moldeada, por lo que debe ser constante y uniforme ya que controla la densidad y contracción. El proceso de plastificación de una resina cristalina es muy estrecho y requiere más energía.

De igual manera la temperatura el molde esta en función o es determinada por el material plástico a trabajar. Y el acabado de la pieza.

La temperatura del aceite de la máquina se controla mediante un sistema de refrigeración. La temperatura del aceite de la máquina debe ser de 40°C y no rebasar los 50°C.

VELOCIDADES

Velocidad de cierre de molde: es la distancia que recorre la platina móvil hasta hacer contacto con la platina fija del molde (es importante mencionar que la unidad de cierre se forma de parte móvil y parte fija) en un tiempo determinado, la velocidad de cierre del molde se realiza en varias etapas: **Alta velocidad, media velocidad y baja velocidad**, esto con el fin de evitar aceleraciones y frenados bruscos durante la fase de cerrado del plato móvil, también dependerá de la pieza a moldear.

Velocidad de apertura de molde: es la distancia que recorre la platina móvil del molde hasta separarse de la platina fija y dejar el espacio suficiente para la expulsión de las piezas en un tiempo determinado. La velocidad de apertura del molde se realiza al contrario de la fase de cierre de molde: **baja velocidad, media velocidad y alta velocidad**, también esto dependerá de la pieza a moldear.

Velocidad de plastificación: la velocidad de plastificación se controla por las revoluciones por minuto o giros por minuto del husillo o tornillo en el momento de la plastificación.

Velocidad de inyección: La velocidad de inyección dependerá de los siguientes factores

- A) La viscosidad del polímero.
- B) Condiciones del molde.
- C) Tamaño y número de puntos de entrada de material.
- D) Tamaño de los canales o venas de alimentación del material.
- E) Salidas de aire en el molde.
- F) Temperatura de la masa fundida

- G) Temperatura del molde.
- H) Acabado de la pieza.

Cuando se moldean piezas de secciones delgadas se requieren generalmente velocidades de inyección altas con objeto de llenar la pieza antes de que se solidifique. El uso de una velocidad de inyección alta mejorara el aspecto y brillo superficial de la pieza, ya que la cavidad del molde se llena completamente antes de que la resina comience su solidificación, variando la velocidad de inyección adecuadamente se pueden reducir los defectos superficiales en la pieza, tales como las ráfagas y manchas en la zona del punto de inyección.

Velocidad de expulsión: Es la distancia que recorren los expulsores en un tiempo determinado para expulsar la pieza moldeada.

PRESIONES

Primera presión de inyección: es la presión requerida para vencer las resistencias que el material fundido produce a lo largo de su trayectoria, desde el cilindro de plastificación hasta el molde, esta presión corresponde a la fase de llenado del molde, con esta pretendemos llenar la cavidad en un 90 ó 95%, para después terminar de llenar la pieza con la segunda presión y velocidades.

Segunda presión de inyección: también es conocida como de sostenimiento o recalque, tiene como objeto el mantener bajo presión el material fundido que se solidifica y se contrae en la cavidad del molde, la función de esta segunda presión, es la de completar el llenado y así compensar la contracción, introduciendo un poco más de material fundido en el molde. Es importante mencionar que si se excede en aplicar esta presión puede producir rebaba (flash) o una compactación tal que originara que las piezas se peguen en el lado fijo.

Contrapresión: En el momento de la plastificación el material es llevado hacia delante en tanto que el husillo va girando hacia atrás, la contrapresión se aplica sobre el husillo que gira y tiene como función el impedir el retorno de éste, mejorando la acción de la mezcla del material. Dicho en otras palabras, esto ayuda a que se logre una buena homogenización del plástico, otra definición es la oposición a que el husillo se mueva libremente hacia atrás mientras esta cargando.

Descompresión: Es la distancia que el husillo se hace para atrás con la finalidad de liberar la presión ejercida sobre el plástico de tal manera que no escurra el material al momento que abra el molde. Existe la posibilidad de hacerlo antes o después de la dosificación, también es valido de que si no se puede usar este recurso, se debe

jugar con la temperatura de la nariz, bajando poco a poco la temperatura hasta un punto en que nos permita inyectar y se vea que no escurre material.

Presión de expulsión: Una vez terminada la apertura del molde, la pieza se debe separar del molde, y esto se logra a través de un mecanismo de expulsión, que requiere de una presión de botado que esta activada durante toda la fase de expulsión.

Presión de retorno expulsión: es la presión que estará presente una vez que los botadores han expulsado la pieza en la fase de expulsión.

DISTANCIAS

Distancia de dosificación (inyección) y espesor del colchón: Son los milímetros de material inyectado en función del volumen (cm^3) y la unidad de plastificación. Otra definición, es la cantidad de plástico necesaria para llenar todas las cavidades y la colada.

El espesor del colchón son los milímetros de material que deben permanecer constantes en la punta del husillo, para garantizar una repetitividad en el proceso, otra definición, es la distancia que el husillo reserva para terminar de introducir material al interior del molde, de acerado a venciás este debe ser el 10% de la capacidad de la capacidad del barril.

Distancia de conmutación a segunda presión: son los milímetros necesarios para hacer el cambio por distancia, de primera presión de inyección a segunda presión de inyección o de sostenimiento.

Distancia de apertura de molde: es la distancia que deseamos que abra la parte móvil del molde para que pueda expulsarse la pieza.

Distancia de expulsión: son los milímetros recorridos por el sistema de expulsión de la pieza Inyectada, para que pueda desmoldear del molde.

TIEMPOS

Tiempo de inyección: es el tiempo en el que se lleva a cabo el llenado de las cavidades del molde por su puesto está directamente relacionado con la velocidad.

Tiempo de postpresión: es el tiempo en que permanece activa la postpresión, o segunda presión.

Tiempo de plastificación: es el tiempo requerido para llevarse a cabo la fusión del material, hasta llevarlo a un estado líquido viscoso.

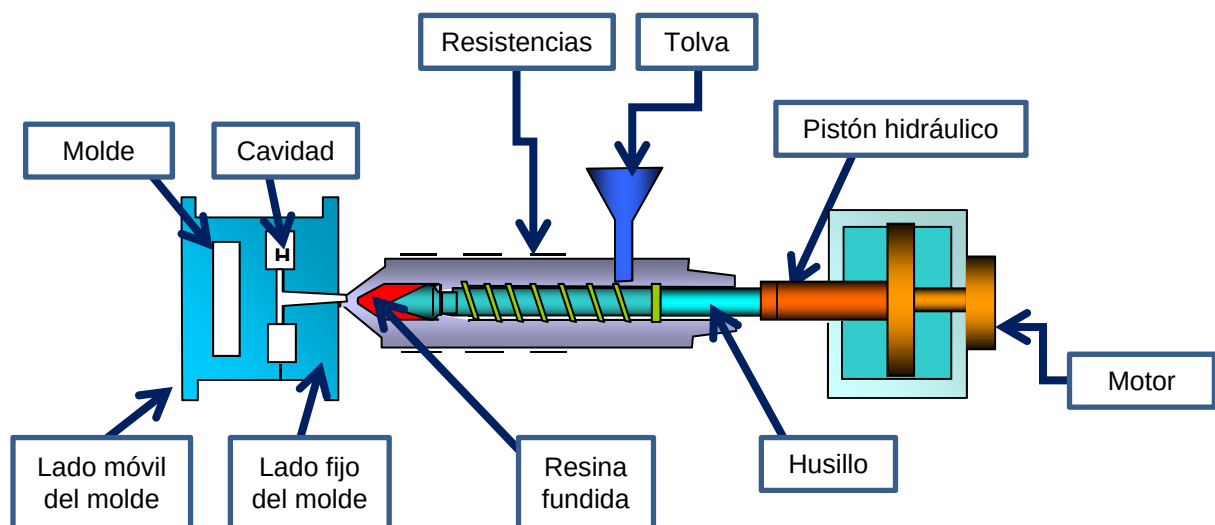
Tiempo de enfriamiento: es el tiempo para acabar de solidificar la pieza, y este empieza después de que termina el tiempo de postpresión y acaba cuando el molde se abre para expulsar la pieza.

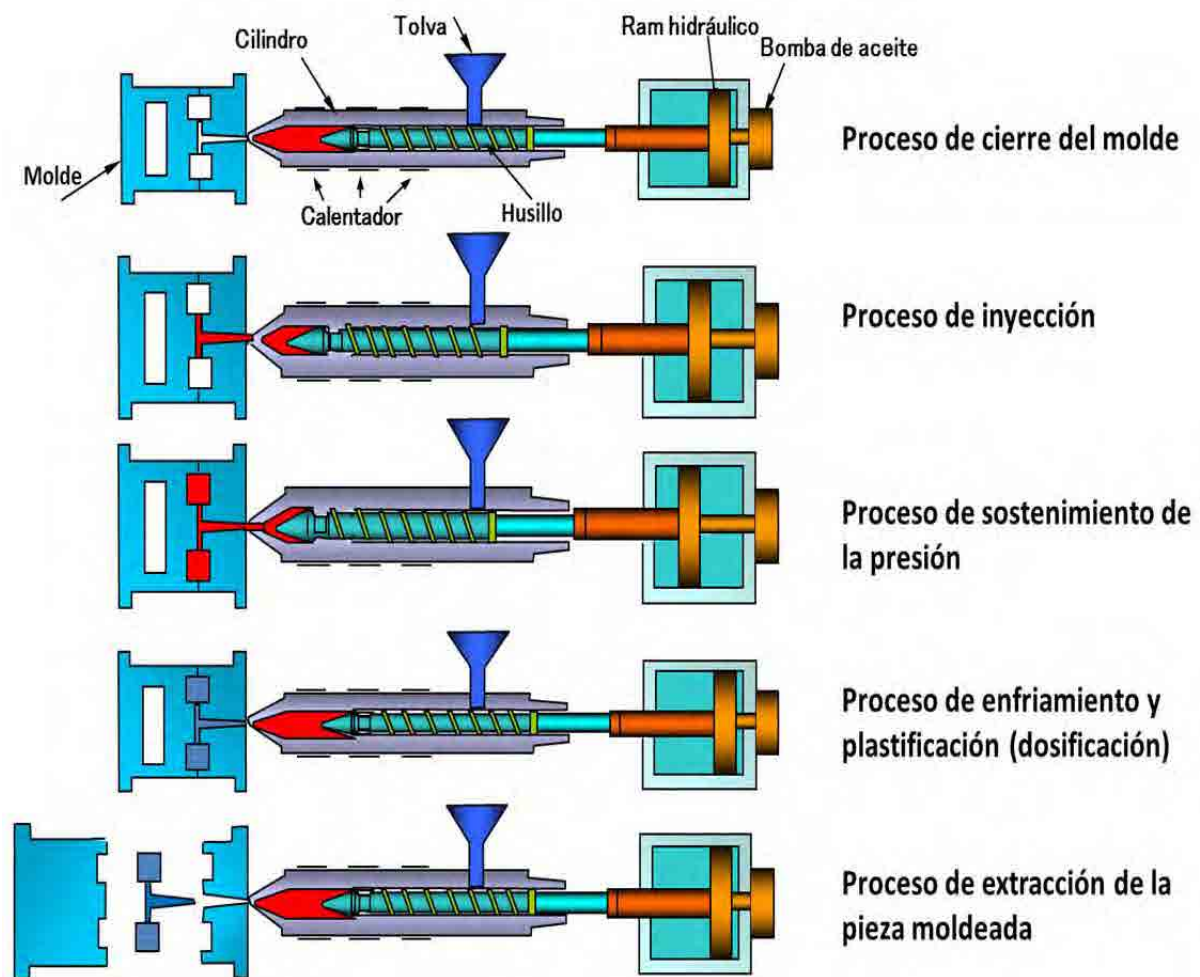
Tiempo de ciclo: es el tiempo en el que se llevan a cabo las etapas del proceso de inyección: tiempo cierre+tiempo inyección+tiempo postpresión+tiempo de enfriamiento que incluye el tiempo plastificación+tiempo de apertura y expulsión.

Otros términos empleados son:

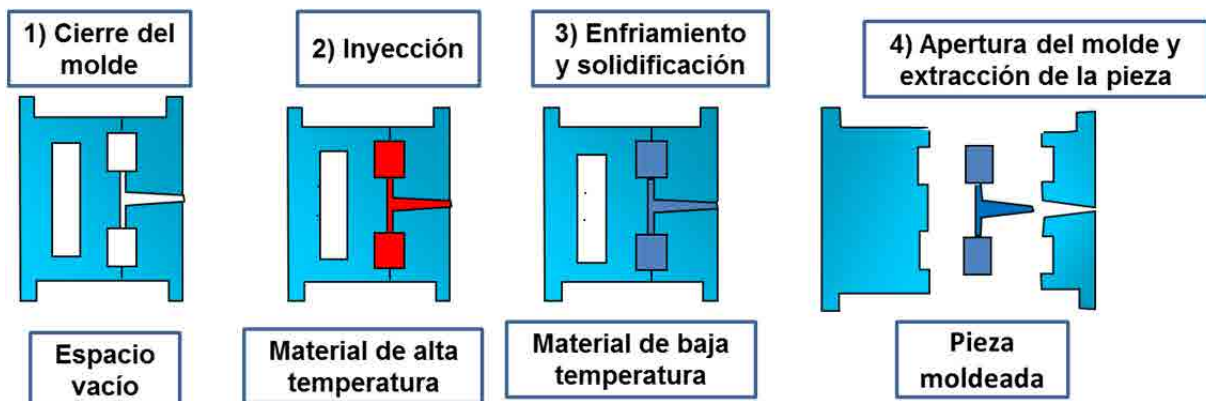
Fuerza de cierre: es la fuerza ejercida sobre el molde antes de inyectar. La fuerza de cierre es producida por la unidad de cierre después de la formación de la presión.

Presión de cierre: cuando empieza el proceso de llenado del molde con la masa plástica, se produce una fuerza de empuje ascendente que produce un efecto adicional sobre el sistema de cierre junto con la fuerza de cierre, también es conocida como alta presión.

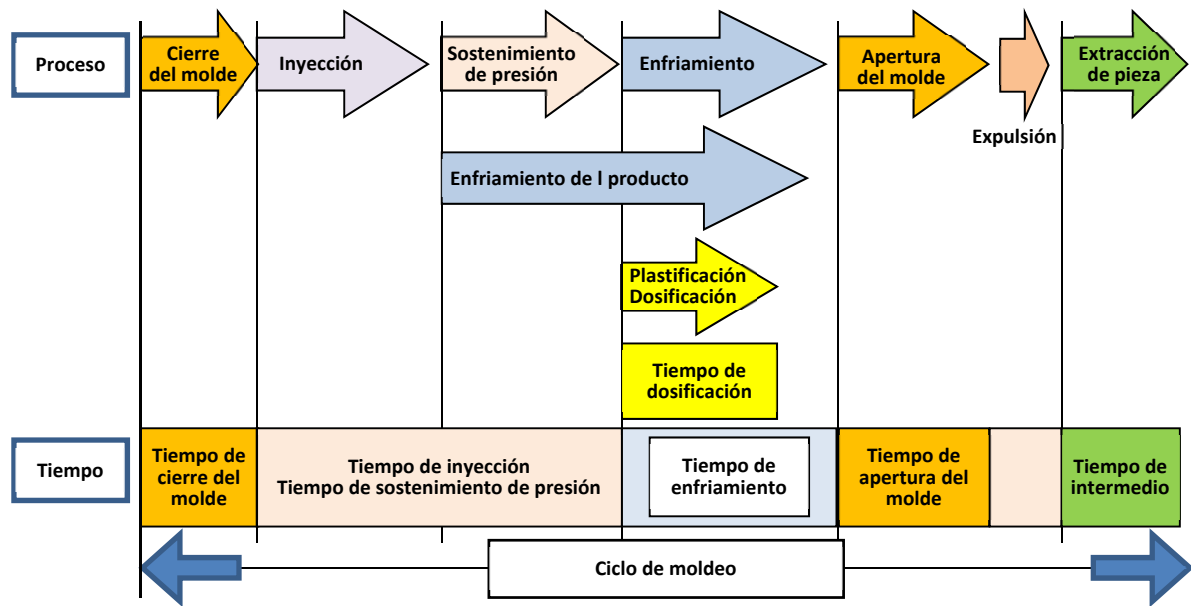




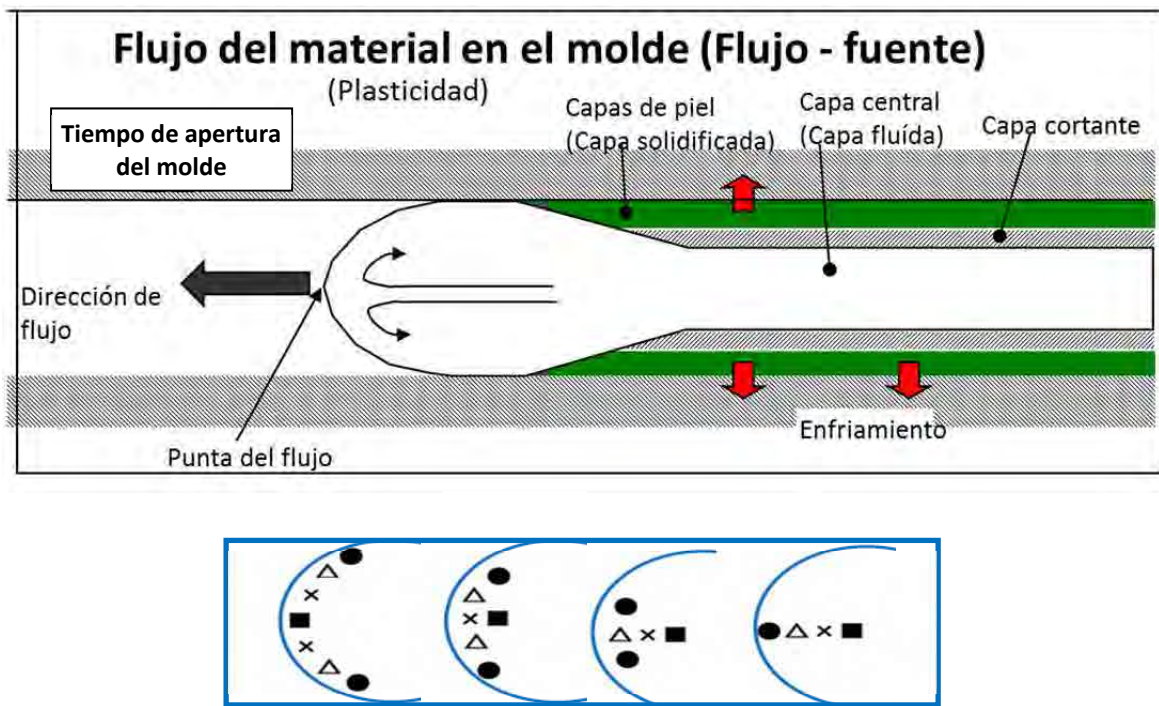
- 1) Molde cerrado
- 2) Se inyecta el material caliente y fundido (plastificado) a presión (inyección y formación) .
- 3) Se enfría y después de solidificarse (solidificación)
- 4) Se abre el molde para sacar la pieza moldeada.



Control de variables en el proceso de inyección



Flujo del material en el molde



Cristalización y deformación de la pieza al enfriarse (contracción)

Debe tenerse en cuenta que la razón de este fenómeno se debe al cambio de densidad del material, que sigue un propio comportamiento fisicoquímico, particular para cada polímero, y que puede ser isótropo o anisótropo.

De acuerdo con las relaciones de P,V,T anteriores, se infiere que la parte moldeada sufrirá una contracción, presentando cada polímero diferentes tipos de contracción; sin embargo, puede decirse que, en general, siguen las mismas ecuaciones para contracción isotropa:

Los polímeros semicristalinos modificarán más su tamaño dependiendo de la temperatura en la cual se les permita cristalizar. Las cadenas que forman esferulitas y lamelas ocupan menos espacio (mayor densidad) que las cadenas en estado amorfo. Por ello, el grado de cristalinidad afecta directamente a la densidad final de la pieza. La temperatura del molde y el enfriamiento deben ser los adecuados para obtener partes de calidad.

A continuación se enumeran algunos valores comunes de contracción en polímeros para inyección (para diseño de moldes es conveniente solicitar una hoja de parámetros técnicos del proveedor de polímeros para obtener un rango específico) .

Termoplástico	Contracción (%)	Abreviatura
Acrilonitrilo butadieno estireno	0,4 – 0,8	ABS
Poliacetal	1.0 – 2,3	POM
Polimetilmetacrilato	0,2 – 0,7	PMMA
Acetato de celulosa	0,5	CA
Nylon 66	1,4 – 1,6	PA
Policarbonato	0,6	PC
Polietileno de baja densidad	2,0 – 4,5	PE
Polipropileno	1,3 – 1,6	PP
Poliestireno	0,4 – 0,7	PS
PVC RIGIDO	0,6 – 1,2	PVC
PVC plastificado	1,0 – 4,5	PVC



7.4.- CONCLUSIÓN

El proceso de la inyección de plásticos es para la mayoría de las personas un proceso aparentemente complicado, que se realiza en una máquina con un control muy sofisticado, con muchas opciones por llenar, sin embargo al comprender la lógica de la relación entre variables y verla reflejada en las gráficas en la pantalla ya no parece tan difícil.

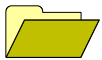


7.5.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿Qué es el proceso de inyección?
- 2.- ¿Cuál es la relación entre las variables de presión y velocidad?
- 3.- ¿Qué es la presión de sostenimiento?
- 4.- ¿Cómo se plastifica la resina en la unidad de inyección de plásticos?
- 5.- ¿De qué pasos se compone el ciclo de la inyección de plásticos?



TEMA 8: CALIDAD EN EL PRODUCTO

8.1.- OBJETIVO DE APRENDIZAJE

Comprender la relación del control de las variables del proceso para obtener piezas inyectadas con los estándares de calidad requeridos.



8.2.- INTRODUCCIÓN AL TEMA

Calidad significa “El conjunto de características de una entidad que le otorgan la capacidad de satisfacer necesidades expresas e implícitas.” es deseable determinar expresamente aquellas necesidades implícitas, una entidad” significa productos, servicios, procesos, organizaciones entre otras. La calidad se define como “conformidad a los requerimientos”.

La Gestión de Calidad ostenta controlar la calidad de productos que se fabrican de tal manera que dicha calidad se aproxime a la calidad en diseño (requerimientos) . No es necesario exceder la calidad requerida.

Un sistema de calidad es la mejorar continuamente la efectividad del sistema de administración de calidad a través de la política de calidad, objetivo de calidad, resultados de auditoría, análisis de datos, medidas correctivas, medidas preventivas así como revisión gerencial.



8.3.- DESARROLLO

Existen diferentes sistemas para realizar el control de la calidad en los productos inyectados de los cuales los más comúnmente usados para este proceso son:



Otro factor muy importante en el proceso de la inyección de plásticos es el concepto de productividad.

Productividad es la proporción de Salida (productos generados) contra Entrada (insumos aportados) . Existen diversos indicadores de productividad.

$$\text{Productividad} = \text{Salida (Output)} / \text{Entrada (Input)}$$

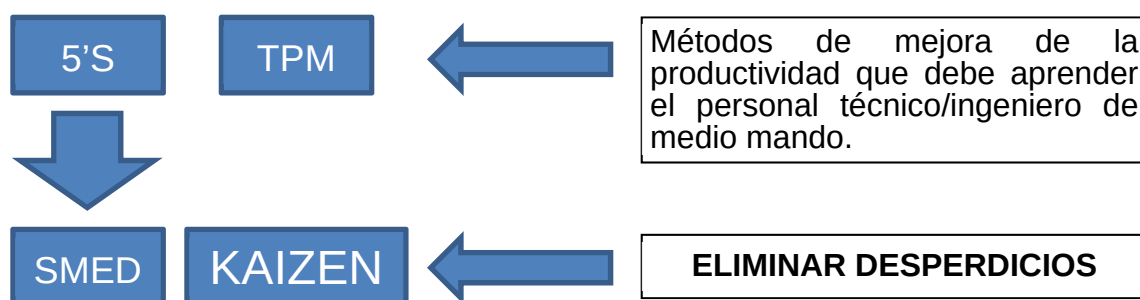
Se clasifica la productividad en los siguientes grupos a grandes rasgos:

- (1) Productividad en valores = Valor agregado (ventas) / Número de personas (tiempo)
- (2) Productividad en cantidad=Bienes (Cantidad o volumen de producción) / Tiempo (número de personas)

Dentro de la productividad en valores, lo más importante es la “productividad en valor agregado (valor agregado per capita) ” en la que la Salida es el valor agregado y la Entrada es el número de personas que hayan generado dicho valor.

Métodos y actividades de mejora de la productividad efectivos para empresas de inyección de plásticos

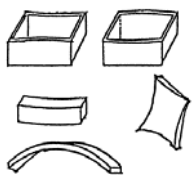
(Métodos de mejora de la productividad que debe aprender el personal técnico/ingeniero de mando medio)

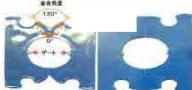
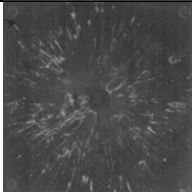
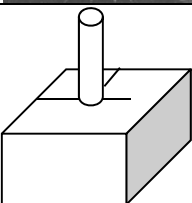


Fallas comunes en el proceso de inyección

La inyección es un proceso muy complejo en el cual la calidad de la pieza se ve afectada de aplicación en aplicación por diversos factores. La causa de los fallos en la calidad pueden encontrarse en parámetros de la máquina o procesos programados de forma errónea, ¿Qué hacer en caso de fallo? Es una pregunta que sin duda para responder es necesario un conocimiento de tallado de este proceso.

Si la fuerza de cierre es menor a la fuerza generada por la presión de inyección dentro del molde, éste se abrirá, teniendo como consecuencia que la pieza salga con exceso de plástico o comúnmente llamada rebaba o flash, a la cual habrá que darle un acabado o ser molida para procesarla nuevamente.

Defecto	Causas posibles	Defecto	Probables soluciones
Enchuecamiento	Enfriamiento demasiado intensivo. Diseño inadecuado de la pieza. Tiempo de enfriamiento muy corto. Sistema de extracción inapropiado. Esfuerzos en el material.		Incrementar el tiempo de enfriamiento dentro del molde. Utilizar un polímero reforzado.
Rebaba	Presión de cierre demasiado baja.		Incrementar la presión de la unidad de cierre.
Líneas de flujo	Mala dispersión del concentrado de color o del pigmento. Temperatura demasiado baja.		Cargar el material más lentamente. Incrementar la temperatura del barril. Modificar el perfil de temperaturas.
Puntos negros	Hay carbonizaciones.		Purgar el husillo. Reducir la temperatura de proceso. Limpiar el husillo manualmente.
Piel de naranja	Incompatibilidad del material.		Disminuir la temperatura de proceso. Incrementar la temperatura del molde. Cambiar el concentrado de color.
Parte incompleta	Insuficiente material en la cavidad. Falta de material en la tolva. Cañón demasiado pequeño. Temperatura demasiado baja. Obstrucción de la tolva o de la boquilla. Válvula tapada. Tiempo de sostenimiento demasiado corto. Velocidad de inyección demasiado baja. Canales demasiado pequeños. Respiración insuficiente.		Injectar más material. Cambiar el molde a una máquina de mayor capacidad. Incrementar la temperatura del barril. Incrementar la velocidad de inyección. Modificar el tamaño de los canales del molde.

Defecto	Causas posibles	Defecto	Probables soluciones
Parte con rebabas	Dosificación excesiva. Temperatura de inyección muy alta. Presión de inyección muy alta. Tiempo de inyección muy largo. Temperatura de molde muy alta.		Dosificar menos material. Disminuir la temperatura de inyección. Disminuir la presión. Disminuir el tiempo de inyección. Disminuir la temperatura del molde.
Rechupados y huecos	Presión de inyección demasiado baja. Tiempo de sostenimiento de presión muy corto. Velocidad de inyección baja. Material sobrecalentado. Humedad. Enfriamiento del molde no uniforme. Canales o compuerta muy pequeños. Mal diseño de la pieza.		Incrementar la presión. Incrementar el tiempo de sostenimiento de presión. Disminuir la temperatura del barril. Incrementar la velocidad de inyección. Abrir el venteo o presequer el material. Modificar los canales de enfriamiento del molde o el flujo del agua. Modificar el molde.
Líneas de unión	Temperatura general muy baja en el molde. Temperatura del fundido no uniforme. Presión de inyección muy baja. Velocidad de inyección muy baja. Insuficiente respiración en la zona de unión de los flujos encontrados. Velocidad de llenado no uniforme. Flujo no adecuado del material por los canales o la cavidad.		Incrementar la temperatura. Incrementar la presión. Incrementar la velocidad de inyección. Modificar la respiración del material en el molde. Modificar la compuerta para uniformar el flujo.
Degradación por aire atrapado	Humedad. Degradación de aditivos. Temperatura demasiado alta. Respiración del molde insuficiente.		Secar el material. Disminuir la temperatura. Modificar la respiración del molde.
Delaminación de capas	Temperatura demasiado baja. Velocidad de inyección demasiado baja. Baja contrapresión de la máquina. Temperatura del molde muy baja.		Incrementar la temperatura. Incrementar la velocidad de inyección. Incrementar la contrapresión de la máquina.
Fracturas o grietas en la superficie	Temperatura del molde demasiado baja. Sistema de eyección demasiado agresivo o inadecuado. Empacado excesivo.		Incrementar la temperatura. Modificar las barras eyectoras. Utilice un robot para extraer la pieza. Disminuir la presión de sostenimiento.
Marcas de las barras eyectoras	Tiempo de enfriamiento muy corto. Temperatura del molde alta. Temperatura del polímero demasiado alta. Rapidez de eyección demasiado alta. Localización inadecuada de las barras eyectoras.		Incrementar el tiempo de enfriamiento. Disminuir la temperatura del fundido. Disminuir la rapidez de eyección. Modificar la ubicación de las barra eyectoras.

Defecto	Causas posibles	Defecto	Probables soluciones
Quemado de la pieza	Quemado por efecto de jet.		Disminuya la velocidad de inyección.
El concentrado de color no se mezcla	Perfil incorrecto de temperaturas.		Probar un perfil inverso de temperaturas. Bajar la temperatura de las primeras dos zonas de la unidad de inyección. Usar un perfil de temperaturas más agresivo.
El color es más oscuro	La temperatura es demasiado alta. La compuerta es demasiado pequeña y se quema el polímero por presión.		Disminuir la temperatura. Modificar la compuerta del molde.



8.4.- CONCLUSIÓN

En el proceso de inyección no solo es importante la calidad, la productividad también lo es y a través del control de la producción se generan grandes beneficios económicos y competitividad elemento que es indispensable hoy en día para insérsese positivamente en los mercados nacionales e internacionales.



8.5.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones:

Contesta con tus propias palabras las siguientes preguntas

- 1.- ¿Qué es el KAIZEN?
- 2.- ¿Cuáles son los defectos más comunes en la inyección de plásticos?
- 3.- ¿Cuáles son las 7 herramientas de la calidad?
- 4.- ¿Qué significa TPM?
- 5.- ¿Cuál es el significado de las 5S?

CONCLUSIÓN DEL MANUAL

El mundo de los plásticos es muy grande y hay personas que han pasado muchos años trabajando y estudiando a estos materiales, por lo que este curso solo te presento una serie de bases para poder iniciar una carrera en ellos o un mejor conocimiento si ya estás trabajando en este campo industrial.

No es posible cubrir todos los ángulos y perspectivas de los materiales plásticos en un manual como este, pero sin duda es una herramienta que te ayudará a conocerlos mejor, así que la decisión de saber más recae solamente en ti.

Hay un dicho popular que dice que “la práctica hace al maestro” y sin duda es cierto, pero nos despedimos de ti diciéndote que el **conocimiento y la práctica hacen al experto.**

!!!! Suerte y adelante !!!!

BIBLIOGRAFÍA

Harles A. Harper. (2000) , Manual de los plásticos volumen I y II. Estados unidos: Mc Graw Hill

Philip F. Ostwalt. (1981) , Procesos de manufactura. España: CECSA

L. Sors, L. Bardocs y I. Radnóti. (2002) , Moldes y Matrices, Brasil: Hemus



CENTRO NACIONAL DE ACTUALIZACIÓN DOCENTE

**BACHILLERATO TECNOLÓGICO
EN TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS**

CONTENIDO DE CURSO

MÓDULO IV:

**MOLDEA PLÁSTICOS MEDIANTE
PROCESOS PARA TERMOFIJOS**

28 DE NOVIEMBRE 2012

Dirección General de Educación Tecnológica Industrial
Centro Nacional de Actualización Docente

Manual del Docente

Para la impartición del
Bachillerato Tecnológico en Transformación de Plásticos



Módulo IV

“Moldea plásticos mediante procesos para termofijos”

Mat. Felipe de Jesús Rivero Castro
Colaboró: Grupo de Plásticos CNAD

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. MATERIALES PLÁSTICOS	1
1.1 Peso molecular.....	1
1.2 Copolímeros	3
1.3 Morfología de las cadenas de polímero	4
1.4 Tacticidad	5
1.5 Estado amorfo y estado cristalino	6
1.6 Temperatura de transición vítrea (Tg) y temperatura de fusión (Tm)	7
2. TERMOFIJOS.....	9
2.1 Características	9
2.2 Propiedades	13
2.2.1 Propiedades mecánicas	13
2.2.2 Propiedades térmicas. Transición vítrea.....	13
2.2.3 Curado de resinas	14
2.2.4 Inhibidores	15
2.2.5 Iniciadores y promotores	17
2.2.5.1 Descomposición térmica del iniciador	18
2.2.6 Modificadores y cargas	18
2.2.6.1 Diluyentes	19
2.2.6.2 Flexibilizadores	19
2.2.6.3 Cargas	19
2.2.6.4 Pigmentos	19
2.3 RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO	19
2.3.1 Síntesis.....	19
2.3.2 Iniciadores y promotores	21
2.3.3 Aplicaciones	23
2.4 RESINAS EPÓXICAS	23
2.4.1 Síntesis.....	25
2.4.1.1 Síntesis de diepoxi	25
2.4.1.2 Curado del diepoxi con diamina	26
2.4.2 Iniciadores y promotores	27
2.4.3 Curado de resinas epóxicas	29
2.4.4 Aplicaciones	30
2.5 RESINAS FENÓLICAS	33
2.5.1 Resinas Novolacas:	33
2.5.2 Resoles:.....	35
2.5.3 Iniciadores y promotores	37
2.5.4 Aplicaciones	37

3.	MATERIALES COMPUESTOS (COMPOSITES)	38
3.1	Características especiales de los “composites” frente a los materiales tradicionales.	40
4.	PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE TERMOFIJOS.....	44
4.1	Compresión	44
4.2	RIM.....	48
4.3	Pultrusión	52

INTRODUCCIÓN

“Plástico” proviene de *Plastikos* palabra griega que significa susceptible a ser moldeado o modelado, y quizás se deba el nombre a que en algún momento del proceso de utilización presentan propiedades plásticas, esto puede ocurrir de forma recurrente o simplemente sólo una vez.

Están formados de la unión de una gran cantidad de moléculas de bajo peso molecular de la misma naturaleza llamadas *monómeros*, ésta unión da paso a un producto de gran peso molecular llamado *polímero* (del griego *Poly* muchos, muchos meros). La mayor parte de los polímeros están formados por estructuras de carbón y considerados por tanto como compuestos orgánicos y aunque existen polímeros naturales, la mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria, son materiales sintéticos.

Resumir las aplicaciones actuales de los plásticos resulta una tarea casi imposible. En el mundo contemporáneo, los plásticos han copado todos los ámbitos del desarrollo y la elaboración de productos manufacturados, sustituyendo materiales usados tradicionalmente, tales como la madera, metales y materiales cerámicos. Así, por ejemplo estos materiales encuentran aplicación en campos tan diversos como la medicina (donde se emplean como prótesis, válvulas cardíacas entre otras muchas aplicaciones), ingeniería (partes de vehículos y de computadoras, tableros, y cientos de aplicaciones mas), Agricultura, etc. Los plásticos también se utilizan en los deportes (pelotas, cascos, raquetas...) y en objetos de uso diario, como recipientes y utensilios de todo tipo. Solo basta con mirar a nuestro alrededor para darnos cuenta que estamos sumergidos en un mundo lleno de materiales poliméricos. El uso y aplicaciones de estos materiales crece cada día, por lo que se hace muy importante conocerlos lo mejor posible.

En este trabajo haremos un repaso de las principales propiedades de los polímeros, para posteriormente abordar de manera más amplia los materiales termoestables también llamados Termofijos, sus propiedades, características así cómo sus campos de aplicación.

1. MATERIALES PLÁSTICOS

1.1 Peso molecular

Muchas de las propiedades de los polímeros, como por ejemplo la resistencia mecánica, la elasticidad de los elastómeros, la temperatura de transición vítrea de los amorfos o la temperatura de fusión de fibras y materiales semicristalinos, se deben al alto peso molecular de los mismos. En la tabla 1.1 se muestra como ejemplo, el

estado de agregación de una serie de moléculas de alcanos de la misma estructura química y creciente peso molecular.

Tabla 1.1. Efecto del tamaño de la molécula sobre su estado de agregación

Número de unidades -CH ₂ -CH ₂ -	Peso molecular	Estado físico a 20 °C
1	30	gas
6	170	líquido
35	1000	grasa
430	>12000	resina

La molécula de etano (1 unidad de repetición) es gaseosa, pero al aumentar su tamaño hasta 6 unidades de repetición pasa a ser líquida, y conforme se van adicionando más monómeros se convierte en un aceite, una cera y finalmente en un material sólido. El polietileno de peso molecular 1,000 – 5,000 es un sólido céreo que adquiere propiedades útiles como plástico sólo cuando su peso molecular supera los 10,000. El nailon (PA), por ejemplo, de peso molecular 1,000 – 2,000 es un sólido frágil, mientras que a pesos moleculares más elevados es altamente tenaz.

En los polímeros sintéticos obtenidos por polimerización en cadena, o en los obtenidos por polimerización por etapas, el polímero tiene longitudes de cadena muy variados, de modo que en una muestra de polímero siempre nos encontraremos con una distribución de pesos moleculares.

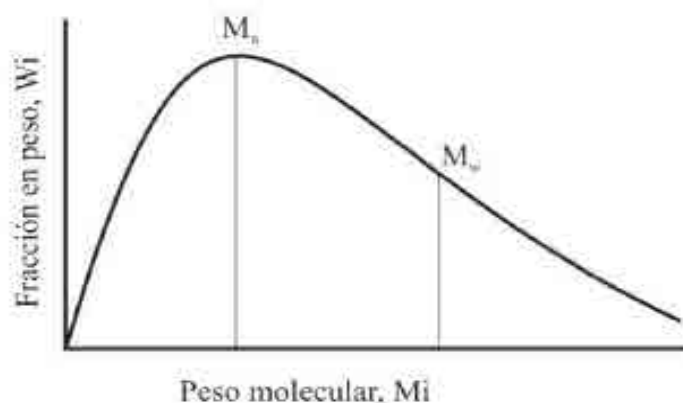


Figura 1.1 Distribución de pesos moleculares de un polímero

Los valores medios más importantes utilizados para representar el peso molecular de un polímero son:

El promedio en número, M_n (Media aritmética)

$$M_n = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i}$$

y el promedio en peso, M_w (media cuadrática)

$$M_w = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i}$$

Dónde N_i representa el número de moles de la muestra i de peso molecular M_i

La relación M_n/M_w se utiliza frecuentemente como medida de la heterogeneidad de la distribución del peso molecular de un polímero y se conoce como *índice de polidispersidad*.

1.2 Copolímeros

Cuando en un proceso de polimerización se utilizan dos o más monómeros químicamente diferentes, el polímero resultante se denomina copolímero. Comúnmente se emplean dos o como máximo tres monómeros como copolímeros diferentes. Los copolímeros se clasifican según la secuencia de los monómeros como copolímeros de bloque (a), al azar (b) y de injerto (c).

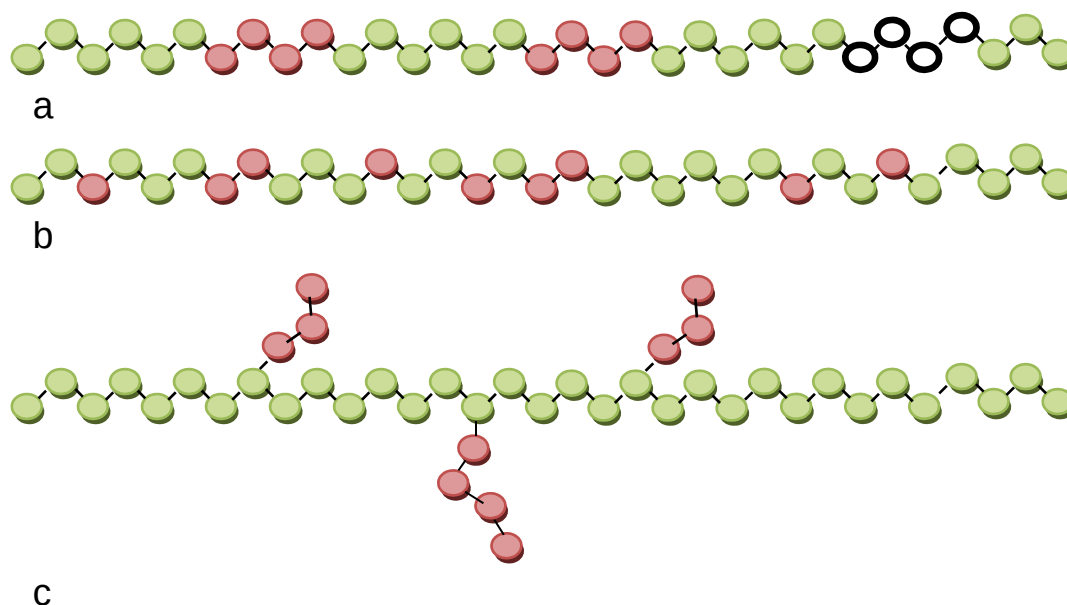


Figura 1.2 Copolimerización de los polímeros

El ABS es un copolímero de bloque con secuencias ordenadas de acrilonitrilo, butadieno y estireno, otro ejemplo clásico es el SAN (estireno-acrilonitrilo), un copolímero con secuencias al azar, el HIPS (poliestireno de alto impacto) es un copolímero de injerto con cadena principal de poliestireno y cadenas de polibutadieno injertadas.

1.3 Morfología de las cadenas de polímero

Según la forma de las cadenas los polímeros pueden ser clasificados como polímeros lineales, ramificados o entrecruzados. Existen otras morfologías como los polímeros estrella, peine y escalera que no discutiremos aquí. Los casos descritos anteriormente, donde las unidades monoméricas se encuentran unidas una al lado de la otra a lo largo de una sola dirección son denominadas polímeros lineales. Ahora bien, bajo ciertas condiciones o con ciertos tipos de monómeros, se pueden obtener polímeros con otro tipo de arquitectura que se caracterizan por tener ramificaciones que se generan a partir de la cadena principal.

Los polímeros ramificados pueden ser obtenidos en procesos de polimerización por etapas o en cadena, aunque las razones por las que éstas se generan son generalmente diferentes en ambos casos. Las diferencias entre todos estos tipos de polímeros se muestran en la Figura 1.1. Es importante hacer notar en este punto, que el término polímero ramificado no se refiere a polímeros lineales que contienen grupos laterales en la estructura del monómero.

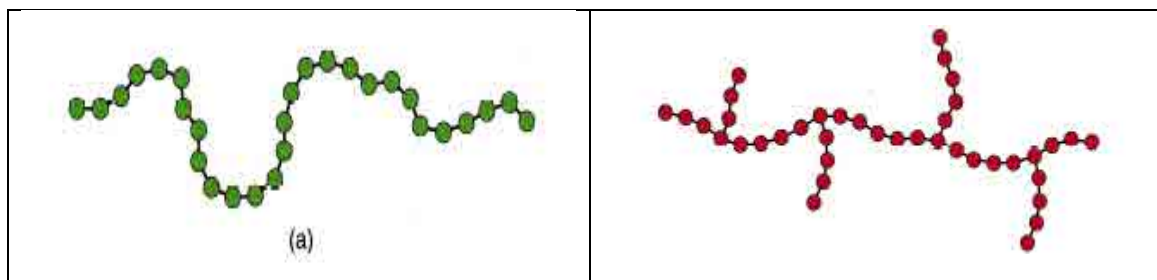


Figura 1.3 Estructura esquemática de polímeros lineales y ramificados

La presencia de ramificaciones tiene efectos significativos en muchas propiedades físicas del polímero. El cambio más importante en las propiedades es la disminución en la cristalinidad. Los polímeros ramificados no pueden acomodarse fácilmente en una red cristalina como lo hacen los polímeros lineales. Por otra parte, los polímeros ramificados son mucho menos solubles que sus homólogos lineales y los polímeros entrecruzados son materiales insolubles. El entrecruzamiento puede ocurrir durante el proceso de polimerización o después mediante reacciones químicas diversas. El entrecruzamiento es usado para impartir buenas propiedades elásticas en algunos

elastómeros, así como también para proporcionar rigidez y estabilidad dimensional a los materiales termoestables. Estos últimos poseen altos grados de entrecruzamiento y ambos son empleados en una gran variedad de aplicaciones

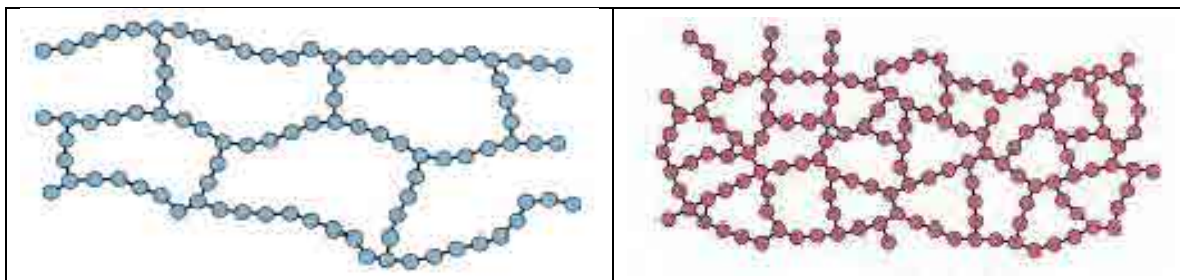


Figura 1.4 Estructura esquemática de polímeros entrecruzados

Las moléculas lineales son capaces de empaquetarse más densamente y deslizarse unos sobre otros con más facilidad que las moléculas ramificadas debido a la ausencia de impedimentos estéricos.

- las moléculas lineales tienen mayor resistencia a la tensión, más rigidez y mayores temperaturas de reblandecimiento.
- Las moléculas ramificadas por el contrario, tienen más huecos y son menos densas, más flexibles y más permeables a los gases y disolventes.

1.4 Tacticidad

La estructura de un polímero generado por un monómero vinílico, puede dar origen a varios arreglos configuracionales debido a que las unidades monoméricas pueden ser incorporadas a la cadena mediante uniones cabeza-cola y/o uniones cabeza-cabeza y cola-cola, pero la mayoría de las polimerizaciones incorporan el monómero con una orientación cabeza-cola.

Ahora bien si tomamos en cuenta este hecho y nos limitamos a la orientación exclusiva cabeza-cola, podemos notar que el monómero se puede incorporar a la cadena en más de una secuencia estereoestructural donde el sustituyente puede quedar por encima o por debajo del plano de la cadena principal dando origen a lo que se conoce como tacticidad.

La tacticidad es un término usado en la química de polímeros para referirse a la posición relativa del grupo colgante a lo largo de la cadena principal. La configuración resultante cuando todos los sustituyentes quedan por encima (o por debajo) del plano de la cadena principal recibe el nombre de **isotáctica**.

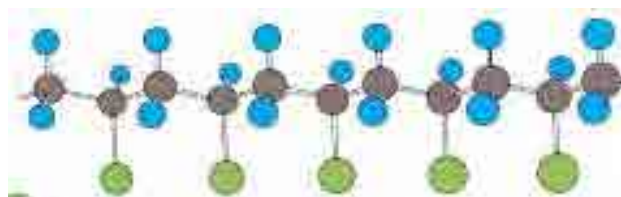


Figura 1.5 Estructura de un polímero isotáctico

Si los grupos sustituyentes se distribuyen alternativamente por encima y por debajo del plano se llama **sindiotáctica**.



Figura 1.6 Estructura de un polímero sindiotáctico

Cuando los grupos sustituyentes están distribuidos de manera aleatoria a lo largo del plano de la cadena principal se denomina **atáctica**.



Figura 1.7 Estructura de un polímero atáctico

El tipo de configuración también condiciona el comportamiento del material. Por ejemplo, el polipropileno isotáctico es un polímero semicristalino comercial que se utiliza como plástico, mientras que el polipropileno atáctico es amorfo tipo cera, sin consistencia para su uso como material plástico.

1.5 Estado amorfo y estado cristalino

Los términos cristalino y amorfo se utilizan normalmente para indicar las regiones ordenadas y desordenadas de los polímeros. En estado sólido algunos polímeros son completamente amorfos, otros semicristalinos y, dependiendo de las condiciones de cristalización, un polímero con capacidad de cristalizar puede ser amorfo o semicristalino. Con frecuencia se utiliza el término cristalino en lugar de semicristalino, aunque ningún polímero es completamente cristalino.

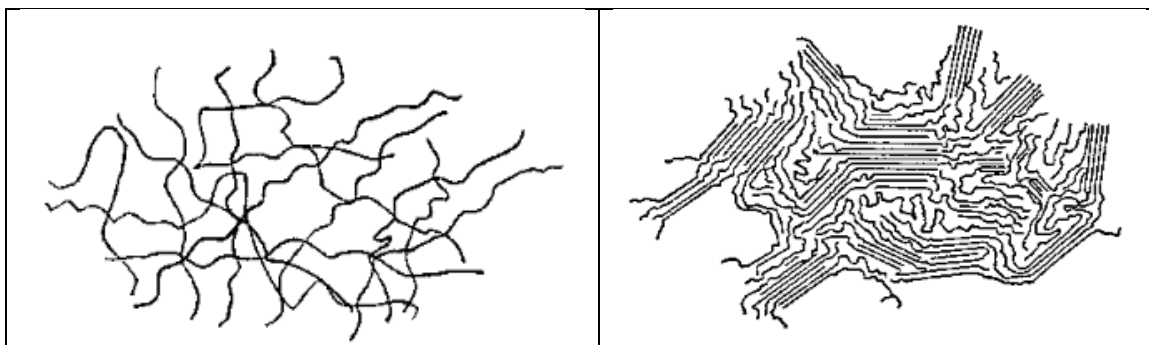


Figura 1.8 Estructura de un polímero Amorfo

Figura 1.9. Estructura de un polímero Cristalino

Los polímeros con capacidad de cristalizar son aquellos cuyas moléculas son química y geométricamente regulares en su estructura. Las irregularidades ocasionales, tales como las ramificaciones de la cadena, o la copolimerización de una pequeña cantidad de otro monómero limitan el alcance de la cristalización, pero no evita que ocurra. Por el contrario, los polímeros amorfos típicos son aquellos en los que existe una clara irregularidad en su estructura: polímeros ramificados, polímeros atácticos y copolímeros con cantidades significativas de dos o más constituyentes monoméricos bastante diferentes.

1.6 Temperatura de transición vítrea (T_g) y temperatura de fusión (T_m)

En el estado líquido o fundido las moléculas del polímero se encuentran por lo general ovilladas y enmarañadas si no hay una fuerza externa que las obligue a orientarse en una dirección. Si la energía disponible es suficiente, las moléculas podrán moverse y los átomos de las cadenas podrán rotar alrededor de los ángulos de enlace, produciéndose cambios de conformación. A temperaturas elevadas los polímeros termoplásticos se encuentran en un estado fundido (fusión) en el que pueden pasar rápidamente de una conformación a otra (moldeo), a medida que la temperatura desciende y hay menos energía disponible, el cambio de conformación es más lento, y el volumen específico disminuye (contracción). De acuerdo a las leyes de la termodinámica, cuando se alcanza una temperatura determinada todos los sistemas tienden a ordenar sus moléculas formando redes cristalinas sólidas. Los polímeros con capacidad de cristalizar presentan una temperatura de cristalización T_c , a la que se produce un cambio de fase desde el estado fundido amorfo al estado sólido cristalino, y una temperatura de fusión, T_m , muy próxima a la temperatura de cristalización cuando la transición se realiza desde el estado sólido al fundido.

Las moléculas que poseen una estructura muy compleja e irregular (ramificaciones, fuertes interacciones entre cadenas, etc.) presentan viscosidades muy elevadas en estado líquido. Cuando estas moléculas se enfrían, a la temperatura que cabría

esperar que el estado cristalino fuera más estable que el amorfo, la viscosidad de las moléculas es demasiado elevada, y/o su geometría demasiado compleja para adquirir una conformación cristalina. De modo que, en estos casos, en el estado sólido persiste la conformación desordenada típica de los líquidos. Es el caso de los polímeros amorfos.

En estos polímeros existe una temperatura de transición vítrea, T_g , a partir de la cual el material sufre un marcado cambio de propiedades. A temperaturas por encima de la T_g segmentos relativamente grandes de 10 o 50 unidades de repetición se pueden mover con libertad en movimientos conjuntos, logrando modificar su conformación, mientras que por debajo de esta temperatura los movimientos quedan limitados a segmentos muy pequeños, impidiendo una reorganización. Por debajo de la temperatura de transición vítrea (estado vítreo). Los polímeros amorfos tienen muchas de las propiedades asociadas con los vidrios inorgánicos ordinarios, incluida la rigidez, fragilidad y transparencia. Mientras que por encima de su T_g los polímeros amorfos se comportan como caucho o elastómeros.

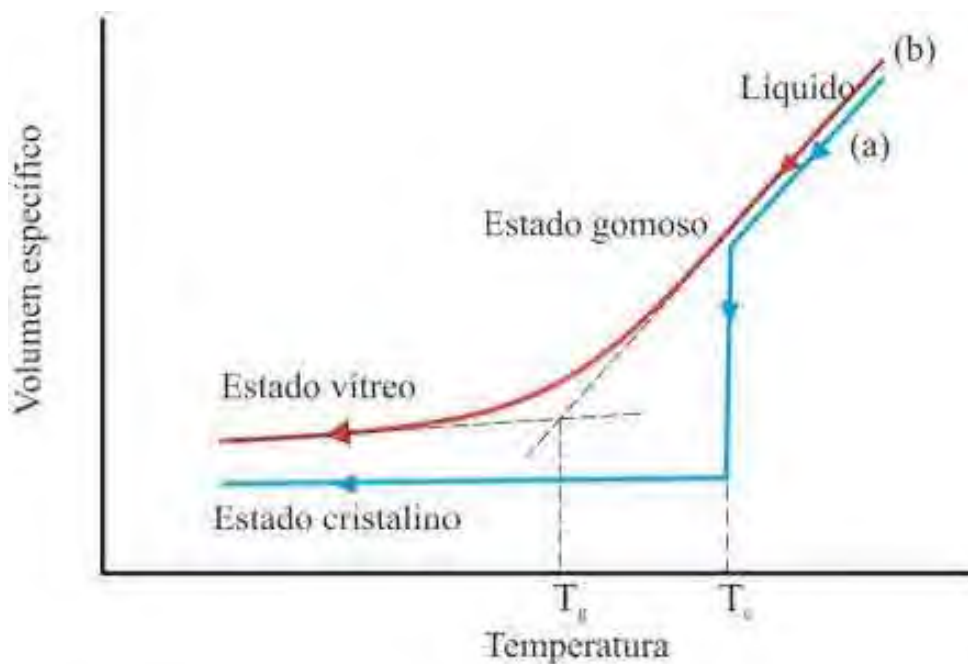


Figura 1.10 Variación del volumen específico en función de la temperatura para
a) Polímero cristalino, b) Polímero amorfo

2. TERMOFIJOS

2.1 Características

Las resinas termofijas o termoestables son aquéllas que cambian irreversiblemente bajo la influencia del calor, de la luz, de agentes químicos y de agentes fotoquímicos, pasando de un material fusible y soluble a otro no fusible e insoluble, por la formación de un retículo tridimensional covalente. En el proceso reactivo de entrecruzamiento o de curado, las cadenas poliméricas (reactivos termoplásticos o líquidos) reaccionan entre sí y, a la vez, con un agente entrecruzador, formándose macromoléculas orientadas en todas las direcciones y con numerosos enlaces covalentes entre ellas. El retículo tridimensional formado confiere al material curado unas propiedades mecánicas, térmicas y de resistencia química muy elevadas que los hacen aptos para múltiples aplicaciones.

Las resinas termoestables, sobre todo las epóxicas, las de poliéster insaturado y las de poliuretano, son utilizadas en una amplia variedad de aplicaciones en las que actúan como matriz o fase continua de un material compuesto. Así sucede en los plásticos reforzados, en los hormigones de polímeros y en diversos materiales utilizados como adhesivos o sistemas de reparación.

En general, los termoestables poseen una buena estabilidad dimensional, estabilidad térmica, resistencia química y propiedades eléctricas. Es por ello que los materiales termoestables se aplican en múltiples campos, además de los nombrados anteriormente, se pueden citar:

- Aeroespacial: Componentes de misiles, alas, fuselajes, etc.
- Aplicaciones domésticas: Interruptores, asas, etc.
- Automoción: Piezas ligeras para sustituir metales, frenos, pinturas, etc.
- Construcción: Espumas aislantes, techos, chapas para forrar paredes, pinturas, etc.
- Vestimenta: Botones, ropa tratada, etc.
- Eléctrico: Cuadro conexiones, recubrimientos, etc.
- Muebles: Puertas imitación madera, pantallas de lámparas, etc.

La reacción de curado es crucial en la utilización del material termoestable. Es importante conocer perfectamente la naturaleza de la misma. El curado de termoestables es complejo e incluye varias etapas. La química del proceso de curado empieza con la formación y el crecimiento lineal de las cadenas que pronto empiezan a ramificarse y posteriormente a entrecruzarse. A medida que la reacción avanza el

peso molecular aumenta rápidamente y varias cadenas se unen en un retículo de peso molecular infinito.

La transformación, que ocurre rápidamente y de forma irreversible, en la que el material pasa desde un estado de líquido viscoso hasta un estado de gel elástico, que marca el inicio de la aparición del retículo, suele llamarse punto de gel.

La gelificación es característica de los termoestables y tiene una gran importancia en su procesamiento. El punto de gel es crítico en la manipulación de éstos materiales, ya que a partir de este estado el material deja de fluir y ya no puede ser procesado. El fenómeno de la gelificación ocurre en una etapa determinada del proceso reactivo y depende de la funcionalidad, reactividad y estequiometría de las especies reactivas. La gelificación no inhibe el proceso de curado (p.e. la velocidad de reacción puede no variar), por lo que no puede ser detectada por técnicas sensibles solamente a la reacción química, como pueden ser la DSC y la TG. Después de la gelificación, la reacción continúa hasta la formación de un retículo infinito, con un aumento sustancial de la densidad de entrecruzamiento, de la temperatura de transición vítrea y de las propiedades físicas últimas alcanzadas.

Si bien el tiempo necesario para que aparezca la gelificación (tiempo de gelificación) debería estar perfectamente definido y ser fácilmente calculable, dependiendo de la interpretación que se dé al fenómeno de la gelificación, su valor puede variar.

Otro fenómeno distinto de la gelificación y que puede ocurrir durante el curado es la vitrificación de las cadenas que están creciendo o del retículo. Esta transformación, desde un estado de líquido viscoso o de gel elástico a un estado vítreo, empieza a ocurrir cuando la temperatura de transición vítrea de las cadenas crecientes o del retículo coincide con la temperatura de curado. A partir de aquí, el curado es extremadamente lento y, a efectos prácticos la vitrificación supone una parada brusca del curado. La vitrificación es un fenómeno reversible y el curado puede ser completado por calentamiento, desvitrificándose el termoestable parcialmente curado. La vitrificación puede ser una de las causas del paso de control químico a control por difusión y puede ser observada por una disminución importante de la velocidad de reacción.

En la Figura 2.1 se muestra el diagrama tiempo-temperatura-transformación (TTT), donde se ilustran los fenómenos comentados. El diagrama inicialmente fue construido a partir de medidas con TBA (Torsional Braid Analysis) y DMA (Análisis Dinámico Mecánico) y en él se muestran las temperaturas de curado en función de los tiempos de gelificación y de vitrificación. Con este diagrama se pueden entender

fácilmente cuales son las etapas del curado de materiales termoestables. Lógicamente, el diagrama TTT es un diagrama de no-equilibrio, al depender las transformaciones del tiempo. Antes de la gelificación, el material es fusible y soluble. Después de esta etapa, aparecen dos fases: sol (soluble) y gel (insoluble). A medida que la reacción avanza, la cantidad de gel aumenta a expensas de la fase sol, que disminuye.

En el diagrama se muestran las distintas regiones que corresponden a los diferentes estados de la materia por los que pasa el material durante el curado: líquido, sol/gel elastomérico, gel elastomérico, sol/gel vítreo, gel vítreo, sol vítreo y resina carbonizada. Hay tres temperaturas críticas en el diagrama. T_{g_0} , es la temperatura de transición vítrea del material sin curar, temperatura por debajo de la cual el material no reacciona y la resina puede almacenarse. $T_{g_{gel}}$ es la temperatura a la que la gelificación y vitrificación coinciden. $T_{g_{\infty}}$ es la máxima temperatura de transición vítrea del sistema.

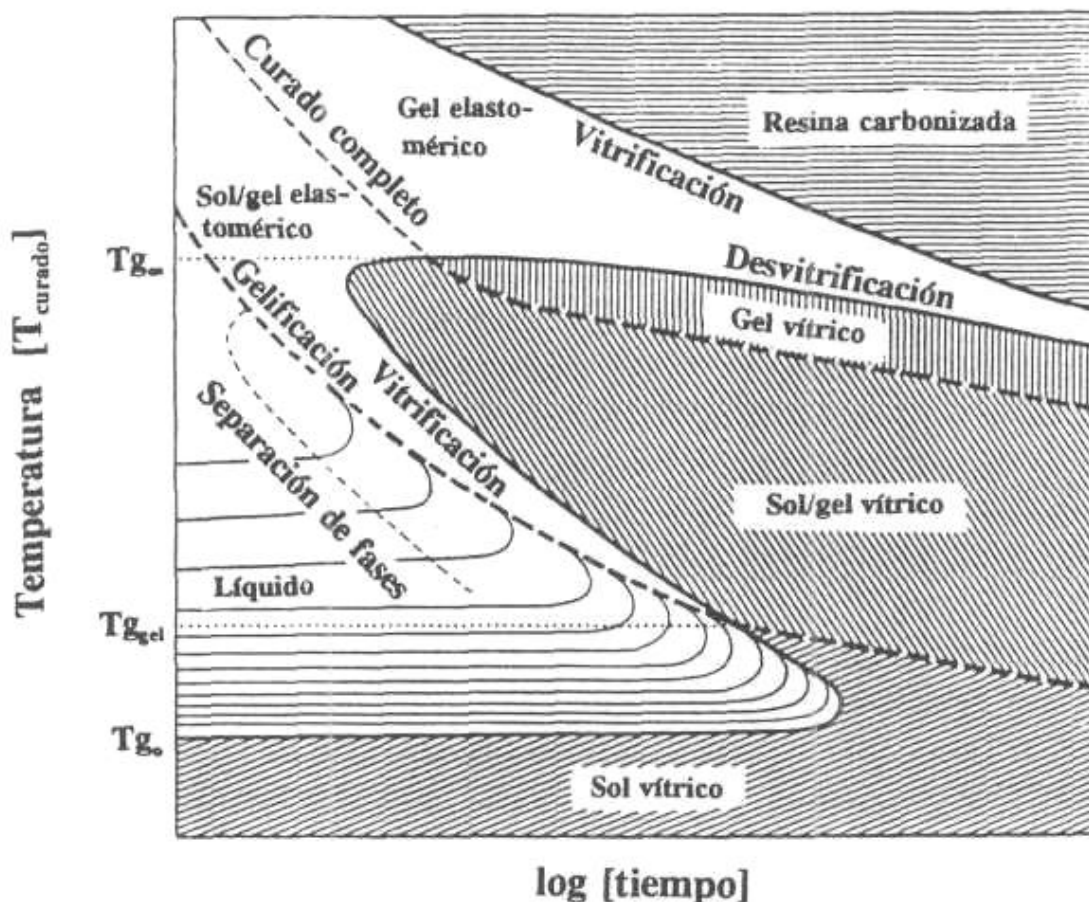


Figura 2.1 Diagrama TTT esquemático para el curado isotérmico de un termoestable

Se puede ver como la manipulación, el proceso reactivo y las propiedades últimas alcanzadas por el material varían mucho en función de la temperatura de curado y de los fenómenos de la gelificación y la vitrificación.

Para tener un conocimiento adecuado de los termoestables se requiere: conocer la manipulación, el procesado y el curado de las resinas, incluyendo los puntos de gel, las temperaturas de transición vítrea, las velocidades de reacción y la cinética de curado; la posibilidad de medir las propiedades de los materiales curados, especialmente el grado de conversión; la posibilidad de determinar el efecto de los aditivos, catalizadores, promotores inhibidores, formulación de las resinas en el curado en las propiedades físicas; la posibilidad de determinar la resistencia del material curado bajo distintos ambientes y condiciones; la posibilidad de medir la descomposición y degradación de los materiales; la posibilidad de identificar y/o cuantificar las resinas, aditivos, catalizadores y otros constituyentes de los materiales, especialmente para el control de calidad.

Muchos materiales termoestables se forman por entrecruzamiento de prepolímeros de bajo peso molecular. La estructura de las macromoléculas formadas será función del proceso de curado o entrecruzamiento así como del prepolímero de partida. En función del prepolímero de partida, pueden obtenerse termoestables con distintas estructuras. Los prepolímeros pueden clasificarse en tres grupos, de acuerdo con criterios estructurales:

- Prepolímero estadístico: Estos prepolímeros están sintetizados a partir de monómeros polifuncionales que reaccionan estadísticamente de acuerdo con las teorías de Flory.

La reacción se para, generalmente por enfriamiento, cuando se tiene el peso molecular deseado para el prepolímero.

- Prepolímero de estructura terminal: Los grupos reactivos están localizados al final de las cadenas de polímeros. Estos prepolímeros son característicos por tener una baja funcionalidad. Normalmente son sintetizados mediante reacciones de condensación.

En el caso de las resinas de poliéster insaturado, éstos pueden obtenerse usando ácidos monocarboxílicos.

- Prepolímeros de estructura colgante: Los grupos reactivos están distribuidos a lo largo de las cadenas de prepolímero. Ejemplos de este tipo son las resinas epoxi, las resinas de poliéster insaturado y los termoestables acrílicos. Estos prepolímeros, generalmente, tienen una relativa alta funcionalidad, aunque

siempre dependerá de los monómeros de partida utilizados en función del material curado que desea obtenerse. Estos prepolímeros, a menudo, son sintetizados a partir de monómeros con una doble funcionalidad. Bajo determinadas condiciones sólo reacciona un tipo de funcionalidad, mientras la otra permanece sin modificarse. El entrecruzamiento se llevará a cabo a través del segundo tipo de funcionalidad que permanece en el prepolímero. En la Figura 2.2 se muestra esquemáticamente la estructura de los tres tipos de prepolímeros anteriormente citados. Los puntos oscuros indican la funcionalidad o los centros activos.

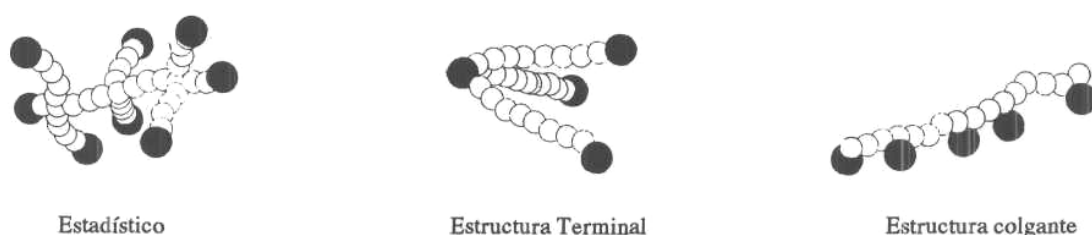


Figura 2.2 Clasificación de prepolímeros

2.2 Propiedades

2.2.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas y eléctricas de las resinas son de gran importancia en el momento de describir la aplicación final del material. Los ensayos típicos que suelen aplicarse son: resistencia a la flexión (ASTM -D790), módulo de elasticidad de flexión (ASTM-D790), resistencia a la tensión (ASTM-D638 y D651), elongación a la tensión en la ruptura (ASTM-D638), resistencia a la compresión (ASTMD695), resistencia al impacto con muesca (ASTM-D256), absorción de agua (ASTMD570), temperatura de distorsión por calor bajo peso (ASTM-D648), peso específico (ASTM-D792), expansión térmica (ASTM-D696), dureza Barcol.

2.2.2 Propiedades térmicas. Transición vítrea

La propiedad que destaca entre las de tipo térmico es la transición vítrea. La transición vítrea es una transición característica de las sustancias amorfas. Por debajo de la temperatura de transición vítrea (T_g), el material se encuentra en un estado sólido vítreo a menudo muy frágil. Por encima de esta temperatura, el material pasa a un estado viscoelástico de aspecto gomoso. En el estado vítreo no existe prácticamente movilidad y únicamente pueden existir movimientos vibracionales parecidos a los existentes en materiales cristalinos, mientras que en el estado viscoelástico las cadenas pueden moverse. Por eso, la transición vítrea implica un cambio desde una situación de no movilidad a un estado de movilidad. Esta transición se puede traducir en un cambio brusco en muchas propiedades del

material: módulo de Young, coeficiente de dilatación, la constante dieléctrica, el volumen específico, la capacidad calorífica, etc. (Arridge, 1975).

Para un conocimiento estricto del material termoestable es conveniente conocer la T_g , sobre todo teniendo en cuenta que la T_g va en función del grado de curado. Cuanto más curado está el material, mayor será la temperatura de transición vítrea, hasta que el material está completamente curado presenta una T_g máxima. Por otro lado, se ha demostrado la influencia del sistema catalítico en la determinación de la T_g , para una resina epoxi. Esto confirma que existe una relación entre la T_g y la densidad de reticulación de las muestras curadas. Se ha observado, también, para determinadas formulaciones, que la T_g pasa por un valor máximo. Esto puede explicarse por el hecho de que existen diferentes mecanismos de reacción que dan como resultado diferentes materiales reticulados, o bien por la existencia de diferentes morfologías.

Otro aspecto importante es que la transición vítrea de una resina completamente curada estará también en función de la formulación de la resina, es decir, de su funcionalidad, así como de la cantidad de monómero entrecruzados, se ha demostrado recientemente que existe un valor máximo de la T_g para una resina de poliéster insaturado curada con distintas cantidades de estireno como agente reticulante, está en función de la estructura del retículo formado. También se ha demostrado que la relación entre la T_g y el grado de conversión, para una formulación determinada, no depende de la temperatura de curado, así que la T_g sólo se ve afectada por la formulación de la resina y por el grado de conversión alcanzado.

2.2.3 Curado de resinas

La reacción de curado o entrecruzamiento de resinas es compleja, ya que intervienen muchos procesos reactivos simultáneamente. El proceso sigue un mecanismo de tipo radicalario. Los radicales libres para el inicio del proceso son suministrados, normalmente, por un iniciador, habitualmente un peróxido, que puede descomponer, por rotura homolítica del enlace O-O, mediante la acción del calor o de un promotor.

Los promotores o acelerantes se utilizan habitualmente para provocar la descomposición química del iniciador a bajas temperaturas. Los más utilizados son las sales orgánicas de cobalto y las aminas terciarias.

El proceso de curado tiene lugar en tres etapas: la iniciación, la propagación y la terminación. Los radicales libres provenientes del iniciador, en un primer instante reaccionan con el inhibidor, éste puede actuar como retardante o como inhibidor propiamente dicho, reaccionando con todos los radicales formados, hasta que éste

se agota. El número de radicales libres útiles estará en función de los acelerantes, de la temperatura de reacción, de los inhibidores presentes y de la velocidad de descomposición del peróxido. En la etapa de propagación, los radicales libres provenientes del iniciador se utilizan para abrir los dobles enlaces (formándose nuevos radicales libres), en el caso de las resinas poliéster insaturadas, éstos pueden reaccionar bien con el estireno presente o bien con el poliéster y, a partir de aquí, las cadenas de polímero irán creciendo y entrecruzándose, según tres posibles procesos reactivos: copolimerización estireno-poliéster, homopolimerización del estireno y homopolimerización del poliéster.

En la etapa de terminación, existen múltiples procesos reactivos, pues todos los radicales libres presentes en el medio pueden recombinarse, finalizando así el crecimiento de las cadenas. La terminación del crecimiento del polímero tiene lugar por medio de alguna de las reacciones denominadas de agotamiento, desproporción y acoplamiento o transferencia de cadena. También el aumento de la viscosidad en el medio y la vitrificación pueden contribuir a la terminación del proceso reactivo.

Hay que considerar, que, cuando se utiliza algún promotor y la temperatura de reacción es suficientemente elevada, puede producirse simultáneamente la descomposición química y térmica del iniciador.

2.2.4 Inhibidores

Es conocido que la adición de ciertas sustancias puede evitar la polimerización de monómeros y de resinas insaturadas. Estas sustancias actúan reaccionando con los radicales de iniciación y/o de propagación, convirtiéndose en especies no radicalarias o en radicales de muy baja reactividad para la iniciación y/o la propagación. Las sustancias que, añadidas a las reacciones de polimerización, en muy poca cantidad, provocan una gran disminución de la velocidad de polimerización pueden clasificarse en dos tipos, según su efectividad: los inhibidores y los retardadores. Los inhibidores neutralizan todos los radicales libres, tanto si éstos proceden del iniciador, de los centros activos de las cadenas o del monómero.

La polimerización está completamente parada hasta que se consume el inhibidor. Los retardadores son menos efectivos que los inhibidores y solamente neutralizan una fracción de los radicales. En este caso, la polimerización puede ocurrir, pero a una velocidad más lenta. Algunos autores relacionan el mecanismo responsable de la inhibición con la desactivación de los centros de iniciación o con la reducción de la velocidad de generación de éstos, mientras que el retardo lo relacionan con la interrupción de la propagación de las cadenas.

Una misma sustancia puede actuar como inhibidor, como retardador o como ambas cosas simultáneamente, dependiendo de su concentración. La diferencia entre los inhibidores y los retardadores es, por tanto, en cuanto a magnitud, no en cuanto a la forma en que la inhibición o el retardo tienen lugar. Es por esto que, en muchas ocasiones, bajo la denominación genérica de inhibidor se incluyen sustancias que actúan como inhibidor o como retardador. En líneas generales, se puede decir que la adición de un inhibidor, para la polimerización, mientras que la adición de un retardador reduce la velocidad de polimerización. En la Figura 2.3, donde el grado de polimerización se representa de forma idealizada, se muestran los fenómenos de la inhibición y del retardo.

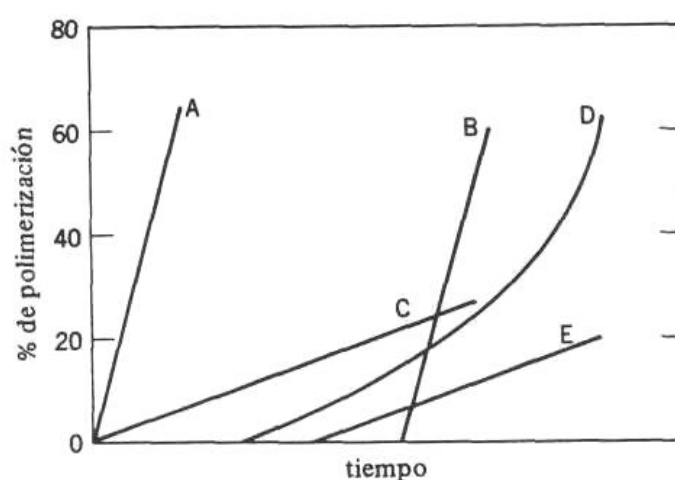


Figura 2.3 Inhibición y retardo. Curva A: sin inhibidor; curva B: inhibición ideal; curva C: retardo ideal; curva D: inhibición no ideal; curva E: inhibición seguida por retardo (de Goldfinger 1966).

En la curva A se representa la polimerización normal. La curva B representa una inhibición ideal y puede observarse cómo la polimerización está completamente parada durante un periodo o tiempo de inducción. Al final de este periodo, cuando el inhibidor ha sido completamente consumido, la polimerización transcurre a la misma velocidad que en ausencia de inhibidor.

En la curva C se representa un retardo ideal y se observa cómo la polimerización se inicia en el mismo tiempo que sin retardador, pero ésta transcurre a menor velocidad.

La curva D representa una inhibición no ideal, de esta manera la polimerización se inicia después de un periodo de inducción, pero tiene lugar a distinta velocidad que cuando no hay inhibidor. La curva E representa una inhibición seguida de un retardo.

En este caso, inicialmente tiene lugar una inhibición y la polimerización no se inicia hasta que se ha consumido una cierta cantidad de inhibidor, después la

polimerización tiene lugar con retardo. Los inhibidores y retardadores ideales destruyen los radicales libres sin producir especies capaces de reiniciar la polimerización o reaccionar posteriormente con más radicales libres, de esta manera no hay interacción entre las cadenas crecientes y las especies formadas en los procesos de inhibición y retardo. En la Figura 2.4, del capítulo primero, se mostró el mismo efecto de inhibición y retardo para la polimerización térmica del estireno a 100 °C, con distintos tipos de inhibidores y retardadores.

En el caso más sencillo, el inhibidor puede ser un radical libre muy estable, como para iniciar una cadena. En este caso, el mecanismo de inhibición es, simplemente, la combinación o desproporción de radicales. Cuando el inhibidor es una molécula, la química de la inhibición es más compleja y, posiblemente, el producto formado sea un radical demasiado estable para iniciar una cadena.

Los inhibidores son efectivos en cantidades que varían desde 0,0005 al 0,15 % en peso. Algunos inhibidores en cantidades muy elevadas pueden ejercer un cierto efecto de activación en concentraciones elevadas. Si bien existen en gran cantidad y tipos de inhibidores (Odian, 1991), para resinas de poliéster insaturado (Oleewski y Mohr, 1964; Novak, 1988), los que suelen utilizarse normalmente son el terbutilcatecol y la hidroquinona.

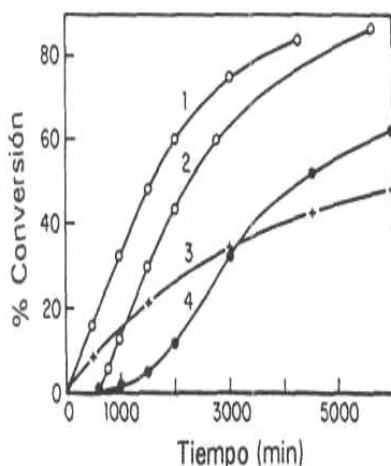


Figura 2.4 Inhibición y retardo en la polimerización térmica del estireno a 100 °C. Curva 1: sin inhibidor; curva 2: con inhibidor (benzoquinona); curva 3: con retardante (nitrobenceno); curva 4: inhibición-retardo compleja (nitrosobenceno) (de Shultz, 1947).

2.2.5 Iniciadores y promotores

La iniciación de polimerizaciones radicalarias puede llevarse a término mediante distintos procedimientos. En todos los casos, la producción de radicales libres, que después inducirán la polimerización, suele ser la etapa determinante de la iniciación. La iniciación, por lo general, puede considerarse que transcurre en dos etapas: la primera es la formación de algún radical libre y la segunda es la adición del radical libre a un monómero o prepolímero para formar una cadena radical. A partir de aquí

podrá continuar la propagación y el crecimiento de las cadenas mediante reacciones radicalarias.

El procedimiento por el cual se forma un radical libre en la primera etapa de la iniciación variará según el tipo de iniciación que tenga lugar. Los radicales pueden ser producidos por métodos térmicos, químicos (redox) y fotoquímicos. A continuación, se pasará a discutir algunos de estos procedimientos de iniciación que tienen lugar, habitualmente, en el curado de resinas de poliéster insaturado.

2.2.5.1 Descomposición térmica del iniciador

Cuando se emplea un iniciador como fuente de radicales libres, normalmente, se utiliza una sustancia que sea estable en condiciones ambientales o refrigeradas y que posea una cierta velocidad de generación de radicales libres a una temperatura no excesivamente alta (aproximadamente $< 150\text{ }^{\circ}\text{C}$).

La disociación térmica homolítica del iniciador es el método más ampliamente utilizado para la generación de radicales libres, para la iniciación de polimerizaciones. La polimerización iniciada de esta manera suele llamarse polimerización iniciada térmicamente o catalizada térmicamente. Los compuestos que pueden ser utilizados como iniciadores térmicos son limitados, ya que deben tener un enlace con una energía de disociación entre 100-170 kJ/mol. Compuestos con mayor o menor energía de disociación disociarán muy lentamente o muy rápidamente. Sólo unas pocas clases de compuestos (sustancias con enlaces O-O, S-S y N-O) poseen esta energía de disociación. Sin embargo, solamente los peróxidos son los compuestos utilizados habitualmente como fuentes de radicales libres. Algunos de los peróxidos más comunes (Sheppard, 1988) son: peróxidos de acilo, como el peróxido de acetilo, y el peróxido de benzoilo; peróxidos de alquilo, como el peróxido de cumilo, y el peróxido de *t*-butilo; hidroperóxidos, como el hidroperóxido de cumilo, y el hidroperóxido de *t*-butilo; perésteres, como el perbenzoato de *t*-butilo; peróxidos de cetonas, como el peróxido de metil etil cetona;

2.2.6 Modificadores y cargas

El elevado número de resinas epoxi y endurecedores dan lugar a una amplia gama de propiedades en los distintos productos. No obstante, se puede lograr ampliar esta gama con la incorporación de los llamados modificadores, que van a potenciar la versatilidad y utilidad de las resinas epoxi.

Los agentes modificadores más comunes son:

2.2.6.1 Diluyentes

Permiten reducir la viscosidad de la formulación, facilitando su aplicación y aumentando la capacidad para el contenido de cargas inertes. Pueden ser inertes o reactivos. Los diluyentes inertes, o no reactivos, reducen la viscosidad de forma apreciable. El disolvente permanece en el curado pero no está químicamente unido a él. Los diluyentes reactivos son los de mayor aplicación. Habitualmente son compuestos monoepoxídicos, como la misma epiclorhidrina, que reaccionan con el sistema quedando químicamente unidos a él.

2.2.6.2 Flexibilizadores

Cuya misión es reducir la rigidez del sistema y permitir que éste pueda tener deformaciones bajo carga. La flexibilización se puede conseguir introduciendo cadenas de gran longitud unidas covalentemente a la red durante el curado, o bien incorporando al polímero largas cadenas moleculares que permanezcan sin reaccionar con la resina transformada.

2.2.6.3 Cargas

utilizadas para abaratar o mejorar algunas propiedades de la formulación. Suelen ir incorporadas en la resina o en el endurecedor. En ocasiones pueden llegar a suponer hasta un 80% del producto final, de aquí estriba su importancia. Su naturaleza es muy diversa, puede ser sílice, cuarzo, grafito, sulfato de bario, fibra de vidrio, etc., siendo las cargas con gránulos redondeados las que suponen el mínimo consumo de formulación. Dentro de las cargas, los agentes tixotrópicos confieren a la formulación una estructura capaz de soportar elevados esfuerzos cortantes, evitando su descuelgue. Las más comunes son la mica, bentonitas o fibra de vidrio.

2.2.6.4 Pigmentos

su misión es mejorar el aspecto de la formulación con coloraciones diversas. Pueden emplearse pigmentos inorgánicos, tales como el óxido de titanio, negro de humo, cromatos; o colorantes, azul y verde de ftalocianina. La modificación con otras resinas potencia las posibilidades de las resinas epoxi, al unirse las ventajas de distintos sistemas. Este es el caso del poliéster y acrílicas.

2.3 RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO

2.3.1 Síntesis

Las resinas de poliéster insaturado se obtienen haciendo reaccionar ciertos ácidos orgánicos o anhídridos de ácidos, denominados ácidos di- o poli-carboxílicos (con dos o más grupos carboxílicos por molécula), con un grupo de alcoholes denominados

polioles (con dos o más grupos hidroxilos por molécula). La reacción que tiene lugar se trata de una esterificación.

Se indican a continuación las distintas fases en el proceso de fabricación de las resinas de poliéster insaturado:

- 1) Se cargan sucesivamente los ácidos o anhídridos y los glicoles. Se introduce gas inerte, haciéndolo burbujear desde el fondo y se agrega a la solución un inhibidor, de los que el más utilizado es la hidroquinona, para evitar polimerizaciones prematuras.

Con un calentamiento suave los ácidos funden rápidamente en el glicol.

- 2) Se sigue un calentamiento lento durante 3 ó 4 horas, elevándose gradualmente la temperatura de la mezcla. Durante este periodo se realiza un control del número de ácido y de la viscosidad. Se libera agua, que se elimina por el condensador.
- 3) La mezcla se mantiene a 210 °C hasta que su número de ácido es inferior a 50 o alcanza un valor determinado deseado y la viscosidad se encuentra entre los valores límite previamente seleccionados. Se determina el tiempo de gelificación.
- 4) Si se encuentra dentro de las especificaciones deseadas, la mezcla se enfría hasta 100 °C y se transfiere al mezclador. Se añade el monómero (normalmente estireno), a fin de obtener la viscosidad deseada y proporcionar otras propiedades para la manipulación y la aplicación final. Es interesante recordar que el monómero adicionado a la resina, además de proporcionar la viscosidad óptima para una posterior manipulación, llega a formar parte de la estructura de la resina curada durante la polimerización o entrecruzamiento. Si el inhibidor se agota durante el proceso reactivo, debe añadirse una cantidad adicional para el almacenamiento de la resina. Si la resina se almacena fría puede mantenerse estable durante meses e incluso años.

La gran versatilidad de las resinas de poliéster insaturado reside en la amplia variación posible en la composición de la resina y en los métodos de fabricación, que permite que las propiedades del producto se hagan a la exacta medida de los requisitos de aplicación. Esta versatilidad es debida al gran número de componentes de la resina.

Como se ha comentado, las insaturaciones del poliéster las proporciona normalmente la inclusión, como componente de la resina, de anhídrido maleico o de ácido formaleico. Se utiliza, además, un ácido o anhídrido saturado, tal como el

anhídrido itálico, o los ácidos adípico, azelaico o isoftálico. Cuanto más anhídrido o ácido insaturado, más centros activos tiene la resina y se obtiene una resina más reactiva y con una alta rigidez una vez curada, en tanto que con una cantidad mayor de ácidos o anhídridos saturados se obtienen resinas que polimerizan de forma menos exotérmica, los materiales curados son menos rígidos. Por tanto, en función de la cantidad de ácidos o anhídridos insaturados o saturados, se obtiene una resina con diferente reactividad y con unas propiedades finales diferentes.

De entre los alcoholes, los más populares son los glicoles de etileno y propileno, aunque también son corrientes los glicoles de 1,3 y 2,3-butileno, dietileno y dipropileno. Como monómero entrecruzador, el estireno es, de mucho, el más utilizado, otros que se utilizan son el vinil tolueno, el metacrilato de metilo (mejora el comportamiento a la intemperie) y el dietil ftalato (utilizado para compuestos de moldeo), (Billmeyer, 1984).

La formulación de las resinas puede variar en función del producto deseado. Como para cada mol o equivalente de ácido se requiere un mol o equivalente de glicol para su esterificación total, en una formulación típica para obtener una resina normal, se harían reaccionar un mol de anhídrido maleico y un mol de anhídrido ftálico con dos moles de dietilglicol, adicionándose un exceso mínimo del 5 % y produciéndose un mol de agua por cada mol de anhídrido, una fracción del exceso de glicol permanece formando parte del poliéster. Si bien anhídrido ftálico y anhídrido maleico libres no deberían quedar en el poliéster, en algunos casos pueden quedar dependiendo de las condiciones de trabajo. Suele añadirse sobre un 30-40% de estireno para obtener una viscosidad (T=25 °C) aproximada de unos 3-20 dPa.s.

Si se utilizan diácidos en vez de anhídridos, entonces se forman dos moles de agua por cada mol de ácido y el rendimiento disminuye. Esto se compensa en parte por el precio inferior del ácido respecto al anhídrido, aunque hay un incremento en el tiempo de reacción, para eliminar el agua adicional presente en los ácidos.

De forma general, la reacción de esterificación, que tiene lugar entre un diácido y undialcohol, durante el proceso de policondensación, puede esquematizarse como:



2.3.2 Iniciadores y promotores

En las reacciones de curado de resinas de poliéster insaturado, se utilizan, habitualmente, peróxidos orgánicos que, en su descomposición, generan radicales libres que inician el proceso de polimerización. Estos peróxidos se denominan,

habitualmente, catalizadores, pero no lo son, en un sentido estricto, a causa de que se consumen durante la polimerización. Existen pruebas de que las porciones residuales de los radicales libres provenientes de los peróxidos aparecen en el retículo del termoestable formado. Es por esto que quizás sería más correcto llamarles iniciadores.

Existen múltiples peróxidos que se pueden utilizar en la iniciación de la polimerización de las resinas de poliéster insaturado. Si bien el precio puede ser un factor determinante en la elección del iniciador, son factores más importantes la facilidad de manejo y mezclado, la temperatura y tiempo del proceso y la reactividad. Los datos que suelen considerarse en la elección del peróxido son: el tiempo de vida media, definido como el tiempo necesario para la descomposición de la mitad de una muestra de baja concentración y la energía de activación, calculada a partir de la medida de la constante de velocidad a varias temperaturas.

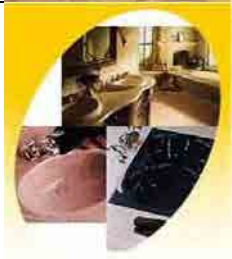
Prácticamente, todos los peróxidos siguen una descomposición de primer orden y también han calculado la energía de activación para un gran número de peróxidos. Desde un punto de vista práctico, los peróxidos que poseen elevada energía de activación se descomponen en un intervalo de temperaturas más limitado o proporcionan un mayor número de radicales libres en un intervalo de temperatura dado, que los que tienen baja energía de activación. Si lo que se requiere es una descomposición lenta y gradual, son necesarios peróxidos con baja energía de activación.

Aunque la actividad de un peróxido puede modificarse de forma importante con un promotor, el tiempo de vida media y la energía de activación son parámetros importantes en la elección del peróxido. De entre los peróxidos existentes, los más utilizados para el curado de resinas de poliéster son: el peróxido de metiletilcetona, el peróxido de ciclohexanona, algunos hidroperóxidos y el peróxido de benzoilo, que es el más ampliamente utilizado. Existen toda una serie de sustancias, llamadas activadores o promotores, que activan la descomposición de un peróxido dispersado en la resina de poliéster a temperaturas inferiores a las que tiene lugar su descomposición normal. Así es posible realizar polimerizaciones a temperatura ambiente, muy útil en determinadas aplicaciones.

Los promotores, habitualmente, reducen a los peróxidos, formándose así los radicales libres para iniciarse la polimerización. Para los peróxidos de cetonas, normalmente, se utilizan como promotores sales de cobalto (octoato de cobalto y naftenato de cobalto). Para los peróxidos de diacilo, normalmente, se utilizan como

promotores aminas terciarias (N,N-dimetilanilina, N,N-dietilanilina, N,N-dimetil-p-toluidina, etc.).

2.3.3 Aplicaciones

Industria automotriz Ya que permiten elaborar productos con propiedades retardantes a la flama y/o auto-extinguibles, por su versatilidad, resistencia a la corrosión y que compuestas con alguna fibra de carbono o plástico son ligeras y resistentes a impactos.	
Industria marítima Por su alta resistencia a la corrosión y media resistencia química, por su facilidad de aplicación, ligereza y resistencia mecánica (en forma de material compuesto con fibras), es que son muy utilizadas en la industria marítima	
Industria química Las resinas poliéster de alta resistencia. Tiene notable propiedades ante el ataque químico y a altas temperaturas, por lo que son muy utilizadas en éste segmento particular del mercado industrial.	
Industria de la construcción Por sus características de resistencia a la corrosión, al intemperismo, a ciertos agentes químicos, por su ilimitada versatilidad, ligereza y eficiencia en su desempeño. Estas resinas han encontrado en esta industria un gran mercado.	

2.4 RESINAS EPÓXICAS

Los compuestos de resinas epóxicas han tenido amplia aceptación y su uso se ha extendido a las actividades donde se requiere un polímero de mucha resistencia mecánica. Los compuestos epoxi son un grupo de éteres cíclicos u óxidos de alqueno (alquileno) que poseen un átomo de oxígeno unido a dos átomos de carbono adyacentes (estructura oxirano). Estos éteres reaccionan con los grupos amino, oxhidrilo y carboxilo (endurecedores, así como con los ácidos inorgánicos, para dar compuestos relativamente estables.

Actualmente con el elevado número de las distintas resinas básicas y el avance conseguido en los sistemas de aplicación, es difícil imaginar un área tecnológica

donde las resinas epoxi no estén siendo utilizadas. La tensión del enlace del anillo oxirano es muy elevada, siendo por ello de una alta reactividad tanto química como bioquímica, por lo que es fácilmente atacado por la mayoría de compuestos de adición. Según el origen de los grupos oxiranos, la familia de las resinas epóxicas se dividen en cinco grupos fundamentales:

- Éteres glicéricos
- Ésteres glicéricos
- Aminas glicéricos
- Alifáticas lineales
- Cicloalifáticas

Comercialmente los éteres son los más importantes, ya que el 95% de las resinas utilizadas son glicidil-éteres obtenidos por reacción de la epiclorhidrina con el bisfenol A (2-2-bis(p-hidroxifenil)propano) con formación de una molécula de diglicidil éter de bisfenol. La razón del uso de estas materias primas es por una parte la alta reactividad de la epiclorhidrina que permite su combinación con cualquier molécula portadora de hidrógenos activos, así como su fácil obtención por petroquímica. El bisfenol A es comparativamente barato al serlo los productos de partida para su síntesis: acetona y fenol. Variando las reacciones estequiométricas entre la epiclorhidrina y el bisfenol A, se obtiene una molécula del tipo:



Siendo n el grado de polimerización y que puede variar desde $n=1$ hasta $n=12$. Según la proporción de los reaccionantes, se forman mezclas variables de resinas de alto y bajo peso molecular. La parte repetida de la molécula tiene un peso molecular de 284.

De ahí los pesos de las moléculas sucesivas serán: $n = 0$; P.M. = 340, $n = 1$; P.M. = 624, $n = 2$; P.M. = 908, etc., lo que confiere a las resinas distintas características. Cuando el peso molecular es superior a 908, son sólidas, mientras que resinas con menor peso molecular son líquidas o semisólidas. Las resinas comerciales son mezclas de diferentes pesos, de manera que suele conocerse el peso molecular promedio pero no la distribución de los oligómeros en la muestra. Además del peso molecular, hay otros parámetros que caracterizan las resinas epoxi:

- *Equivalente epoxi*: Peso de resina que contiene un equivalente gramo de epoxi.

Suele considerarse como la mitad del peso molecular medio.

- *Índice de hidroxilo*: Peso de resina que contiene el equivalente de un gramo de hidroxilo.
- *Contenido de cloro reactivo*: Es el cloro presente en forma de cloruro hidrolizable, como consecuencia de la presencia de trazas clorhídricas en el proceso de síntesis.
- *Color de la resina*: Como resultado de los grupos fenólicos libres y que por oxidación forman quinonas coloreadas.
- *Punto de fusión*: Que al ser de una mezcla no se presenta en un intervalo muy estrecho, adoptándose la temperatura a la cual la resina un grado de fluidez arbitrario.

Estos son algunos ejemplos de resinas epoxi:

Resinas epoxi a base de bisfenol A: son los más utilizados por ser versátiles y baratos, proviene de la reacción de epiclorhidrina y bisfenol A, pueden ser líquidas, semisólidas o sólidas dependiendo del peso molecular.

Resinas epoxi a base de bisfenol F y/o novolac: La sustitución de bisfenol A por bisfenol F proporciona a las resinas epoxi mayor entrecruzamiento y mejor comportamiento mecánico, químico y térmico, sobretodo si es curado con aminas aromáticos o anhídridos.

Resinas epoxi bromadas: son resinas a base de epiclorhidrina y tetrabromobisfenol A, las cuatro moléculas adicionales de bromo confiere a las resinas la característica de autoextinción.

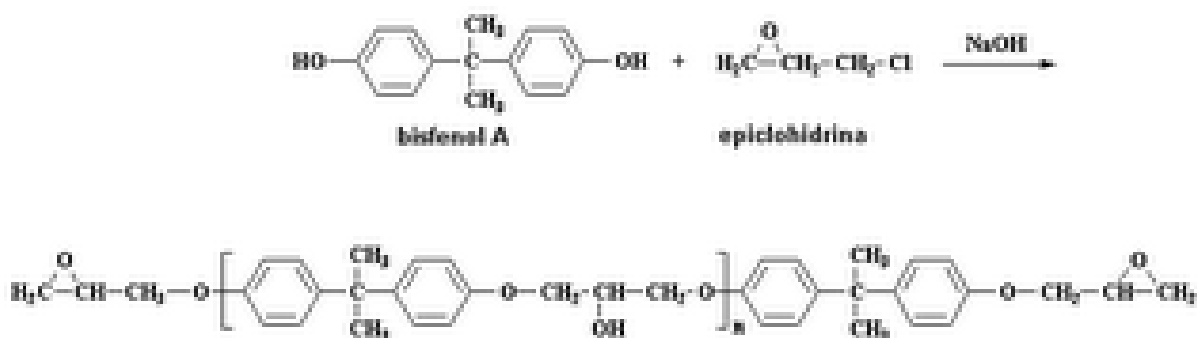
Resinas epoxi flexibles: Son resinas que poseen largas cadenas lineales sustituyendo los bisfenoles por poliglicoles poco ramificados, son resinas de baja reactividad que normalmente son utilizadas como flexibilizantes reactivos en otras resinas, mejorando la resistencia al impacto,

2.4.1 Síntesis

En la síntesis de resinas epoxi existen dos etapas. En primer lugar hay que sintetizar un diepoxi y en segundo lugar hay que entrecruzarlo con una diamina.

2.4.1.1 Síntesis de diepoxi

Esta etapa consiste en una polimerización por crecimiento en etapas. Se obtiene el prepolímero mediante bisfenol A y epiclorhidrina:



En primer lugar el NaOH reacciona con el bisfenol A para dar la sal sódica de bisfenol A.

Un oxígeno de la sal tiene tres pares de electrones sin compartir, al encontrarse con la epiclorhidrina, el cloro de ésta comparte dos electrones con el oxígeno pero al ser tan electronegativo tiende a acapararlos. Entonces el oxígeno dona un par de electrones al carbono y éste rompe el enlace con el cloro liberándolo.

Se tiene una molécula similar a bisfenol A, con un único grupo epoxi, y una molécula de NaCl.

El tamaño del prepolímero depende de la relación epiclorhidrina/bisfenol A en la mezcla de reacción. Si la relación es de dos se tiene:

Y la reacción se detiene porque no hay más sal sódica de bisfenol A con la que reaccionar.

Si la relación es menor que dos, no toda la sal sódica de bisfenol A podrá reaccionar con la epiclorhidrina. Suponiendo una relación 3/2, cuando todas las moléculas de epiclorhidrina hayan reaccionado, tendremos una relación de uno. Entonces ambas moléculas podrán reaccionar entre sí para dar lugar otra. Obteniendo un dímero que es una sal sódica. Un par electrónico del oxígeno atacará al hidrogeno del agua (producida al formar la sal de bisfenol A) quitándole uno de ellos. El oxígeno forma un alcohol y otra vez se obtiene NaOH y la reacción continúa. Cuanta más epiclorhidrina tengamos con respecto a la sal de bisfenol A, mayor será el oligómero que obtendremos.

2.4.1.2 Curado del diepoxi con diamina

Una vez obtenidos los prepolímeros diepoxi habrá que unirlos. Esto se realiza agregando una diamina. El oxígeno del epoxi atrae los electrones de los átomos de carbono vecinos, y a su vez los grupos amino le ceden electrones al átomo de carbono que está en el extremo de la molécula. Una vez hecho el carbono abandona

los electrones que compartía con el oxígeno. El enlace entre el carbono y el oxígeno se rompe y se forma uno nuevo entre el carbono y el nitrógeno de la amina. Por tanto queda una carga negativa sobre el oxígeno y una positiva sobre el nitrógeno.

Entonces los electrones del oxígeno atacan al hidrogeno unido al nitrógeno y forman un enlace separándolo, pero dejando neutro al nitrógeno, el oxígeno a su vez también queda neutro al ganar un protón y formar un alcohol.

El grupo amino aún tiene un hidrógeno de sobra y puede reaccionar con otro grupo epoxi, exactamente de la misma manera.

Pero al ser una diamina, los grupos amino del otro extremo de la diamina pueden también reaccionar con dos grupos epoxi. En definitiva, al final se obtienen cuatro prepolímeros epoxi unidos a una sola molécula de diamina.

También los otros extremos de los prepolímeros diepoxi están unidos a otras moléculas de diamina. De este modo, todas las moléculas de diamina y todas las moléculas de diepoxi se unen formando una sola molécula gigante.

2.4.2 Iniciadores y promotores

Los endurecedores pueden clasificarse en dos grandes grupos: catalíticos y polifuncionales. Los catalíticos actúan como iniciadores de una homopolimerización de las resinas, mientras que los polifuncionales, en cantidades estequiométricas, actúan como reactivos o comonómeros dando lugar al entrecruzamiento de las moléculas de resina a través de ellos mismos.

Los agentes polifuncionales son de estructura química diversa, caracterizándose por la presencia de hidrocarburos activos. Los de más amplia utilización incluyen aminas alifáticas primarias y secundarias, poliaminas primarias y secundarias, ácidos polibásicos y anhídridos.

Pueden clasificarse también en función de su temperatura de trabajo: agentes de curado en frío y agentes de curado en caliente. El primer grupo actúa a temperaturas ordinarias incluso en atmósferas húmedas. Los agentes de curado en caliente no reaccionan a temperatura ambiente, pudiendo por consiguiente trabajar con mezclas estables de resina y endurecedor. Sólo cuando la temperatura se eleva alrededor de 120°C se produce el entrecruzamiento.

Si la operación de curado ha sido correcta no deberán quedar grupos epoxi ni exceso de reactivos.

Los agentes endurecedores más comunes pueden clasificarse de la siguiente forma:

1.- Aminas: Éstas pueden ser aminas alifáticas primarias, secundarias o terciarias, poliaminas aromáticas o aminas cicloalifáticas.

- Aminas alifáticas: Son en su mayoría líquidos de baja viscosidad con un olor característico e irritante. En general son moléculas pequeñas y muy volátiles, que básicamente reaccionan a través de sus radicales de hidrogeno libres
- Poliaminas aromáticas: En la actualidad están siendo poco utilizadas a su alto grado de toxicidad. Generalmente son aminas sólidas que necesitan ser fundidas y mezcladas en caliente con una resina y posteriormente curadas a altas temperaturas. Debido a este proceso son emitidos muchos vapores amínicos corrosivos y tóxicos. Una vez curado, este sistema proporciona buena resistencia química, eléctrica, excelente resistencia a la hidrólisis y buena resistencia térmica.
- Aminas cicloalifáticas: a diferencia de las alifáticas poseen anillos aromáticos esto hace que presenten menor volatilidad, mayor estabilidad a la luz, menor reactividad y mejor retención de colores. En estado puro encontramos grandes dificultades en el curado a temperatura ambiente, debido a su baja reactividad.

2.- Aductos de aminas: Son mezclas de resinas que han reaccionado parcialmente y que tiene un exceso de amina. Con esto obtenemos una cadena mayor y más volátil, poseen una relación de mezcla menos crítica, generan menor exotermia, curan en forma más completa y poseen menor toxicidad.

3.- Poliamidas: Estos compuestos actúan de forma similar a las poliaminas alifáticas. Son obtenidos a través de reacciones de dimerización de aminas alifáticas con diácidos o ácidos grasos de cadena larga, resultando polímeros de alto peso molecular que varían de un líquido viscoso hasta un sólido.

4.- Anhídridos aromáticos y cicloalifáticos: Estas sustancias requieren temperaturas elevadas para reaccionar, no reaccionan a temperatura ambiente. Poseen un gran tiempo de latencia una vez incorporado a la resina y proporciona una excelente resistencia térmica.

5.- Resinas de formaldehído: En este grupo están el aminoresinol (urea y melamina- formaldehído), la resina fenólica (fenol-formaldehído).

2.4.3 Curado de resinas epóxicas

El conjunto de resina epoxi y los productos con los que ha de reaccionar para endurecer es denominado formulación epoxi. El mecanismo de curado implica la interacción del anillo oxirano, fundamentalmente con hidrógenos activos, dando como resultado la apertura del ciclo. El mecanismo de esta reacción es de tipo iónico. La fase de curado es el punto más crítico de la tecnología epoxi. El mecanismo principal de las reacciones de curación se puede resumir a continuación:

- a) Polimerización por los grupos epoxi: esta reacción está facilitada por la acción catalítica de las aminas terciarias, es decir compuestos que no poseen hidrógeno reactivo.
- b) Reacción de adición con aminas primarias, en la cual reacciona un grupo epoxi con una amina que contenga un átomo de hidrógeno reactivo.
- c) Esterificación de los ácidos grasos (ácidos monocarboxílicos), que primordialmente son reacciones de adición y condensación.
- d) Reacción con anhídridos ácidos (por ejemplo ácido ftálico), en la que el grupo oxhidrilo de la resina reacciona con el grupo CO del anhídrido.
- e) Reacción con resinas fenol formaldehído (sobresolar), en la que los grupos oxhidrilo fenólicos y metilol de las resinas fenólicas reaccionan con los grupos epoxi.
- f) Reacción con amino-resinas (urea formaldehído, melamina-formaldehído), en las que los grupos metilol ($-\text{CH}_2\text{OH}$) o metilol-butilados reaccionan con los grupos epoxi y con la resina; grupos OH (oxhidrilo), como en e), junto con la reacción de una amina primaria y secundaria (RNH_2 y $-\text{NH}-$), como en b).
- g) Reacción de los grupos oxhidrilo con isocianatos, en la que el grupo OH de la resina reacciona con el grupo $\text{N}:\text{C}:\text{O}$ del isocianato.

Todas las reacciones con los grupos epoxi son exotérmicas, siendo la temperatura un factor decisivo en la velocidad de estas reacciones aumentándola al hacerlo la temperatura, de ahí que sea necesario un preciso control de la misma para evitar una degradación del material. Las reacciones a), b) y g) pueden realizarse a temperatura ambiente, pero las demás requieren aplicación de calor para que se realicen los dobles enlaces. Los productos de reacción c) -ésteres epoxídicos- son resinas útiles y requieren curación, mediante oxidación con aire seco o mediante dobles enlaces (condensación), con amino resinas (urea formaldehído, melamino-formaldehído) a elevadas temperaturas.

Hay agentes de curado que actúan a temperatura ambiente aunque algunos en forma tan lenta que un entrecruzamiento efectivo podría requerir años. En la práctica, el tiempo de gel o pot life, esto es, el período en el cual la resina es manejable, puede variar en un amplio intervalo, lo cual es muy útil por la posibilidad que presenta de elegir la formulación más idónea en cada caso.

2.4.4 Aplicaciones

Las aplicaciones de materiales en base a epoxi son extensas e incluyen revestimientos, adhesivos y materiales compuestos como los que usan fibra de carbono y fibra de vidrio de refuerzo (a pesar de poliéster, viniléster y otros termoestables resinas se utilizan también para plástico reforzado con vidrio). La química de las resinas epóxicas, y la gama de variaciones de curado disponible en el mercado permite a los polímeros se producen con una amplia gama de propiedades. En general, las resinas epoxi son conocidos por su excelente adherencia química y resistencia al calor, de buenas a excelentes propiedades mecánicas y muy buenas propiedades como aislantes eléctricos. Muchas de las propiedades de los epoxis se puede modificar (por ejemplo, resinas epoxi con relleno de plata, confiere conductividad eléctrica, aunque epoxis son típicamente aislante de la electricidad). También existen variaciones que ofrecen un elevado aislamiento térmico, o la conductividad térmica combinada con una alta resistencia eléctrica para aplicaciones de electrónica. Otro uso que se le han dado a las resinas epoxi son en el ámbito de las artes plásticas para el moldeo de miniaturas.

Pinturas y acabados

Los epoxis se usan mucho en capas de impresión, tanto para proteger de la corrosión como para mejorar la adherencia de las posteriores capas de pintura. Las latas y contenedores metálicos se suelen revestir con epoxi para evitar que se oxiden, especialmente en alimentos ácidos, como el tomate. También se emplea en decoraciones de suelos de alta resistencia, fabricación y recubrimiento de piletas, frentes para automóviles, etc



Adhesivos

Las resinas epoxídicas son un tipo de adhesivos llamados estructurales o de ingeniería el grupo incluye el poliuretano, acrílico y cianoacrilato. Estos adhesivos se utilizan en la construcción de aviones, automóviles, bicicletas, esquís. Sirven para pegar gran cantidad de materiales, incluidos algunos plásticos, y se puede conseguir que sean rígidos o flexibles, transparentes o de color, de secado rápido o lento. Los adhesivos epoxi puede ser desarrollado para adaptarse a casi cualquier aplicación.

En general, si el secado de un adhesivo epoxídico se realiza con calor, será más resistente al calor y a los agentes químicos que si se seca a temperatura ambiente. La resistencia a la tracción de este tipo de adhesivos puede llegar a superar los 350 kg/cm², lo que les convierte en el adhesivo más resistente del mundo. La fuerza de los adhesivos epoxi se degrada a temperaturas superiores a 350°F (177°C).

Algunas resinas epoxi se curan por la exposición a luz ultravioleta. Los epoxis son comúnmente utilizados en óptica, la fibra óptica y odontología

Recubrimiento de piletas



Adhesivo de dos componentes



Cola epoxi de alta conductividad térmica

Herramientas industriales y materiales compuestos

Las resinas epoxi se usan tanto en la construcción de moldes como de piezas maestras, laminados, extrusiones y otras ayudas a la producción industrial. Los resultados son más baratos, resistentes y rápidos de producir que los hechos de madera, metal, etc. Los compuestos de fibras y epoxi, aunque son más caros que lo de resinas de poliéster o de éster de vinilo, producen piezas más Tanque de combustible acero resistentes. Refuerzos típicos son fibra de vidrio, carbono, kevlar, y boro con superficies exterior e interior con capa de compuestos epóxicos ricos en aluminio (exterior) y en zinc (interior).



Sistemas eléctricos y electrónicos

En generación eléctrica encapsulan o recubren lo motores, generadores, transformadores, reductoras, escobillas y aisladores, para protegerlos. Además, las resinas epoxi son excelentes aislantes eléctricos y se usan en muchos componentes, para proteger de cortocircuitos, polvo, humedad, etc.

En la industria electrónica se usan con profusión para el encapsulado de los circuitos integrados y los transistores, también se usan en la fabricación de circuitos impresos. El tipo de circuito impreso más frecuente FR-4 no es más que un sándwich de capas de fibra de vidrio pegadas entre sí por resina epoxi. También se usan en el pegado de las capas de cobre en las placas y forman parte de la máscara



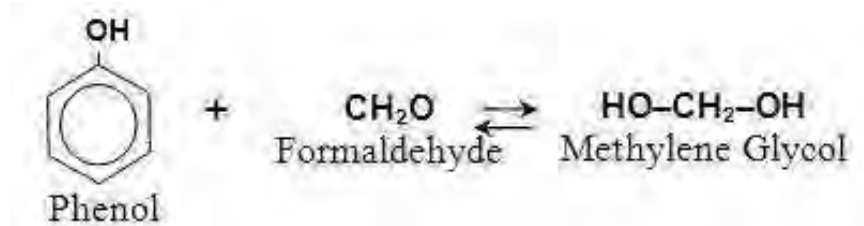
Encapsulado epoxi de circuito híbrido en una placa de circuito impreso

antisoldante de muchos circuitos impresos.	
Aplicaciones náuticas Se pueden encontrar resinas epoxi en ferreterías y grandes almacenes, generalmente en forma de adhesivos de dos componentes. Se venden también en tiendas de náutica para reparación de barcos. Los epoxis no suelen ser la última capa del recubrimiento de un barco porque les afecta negativamente la exposición a luz ultravioleta (UV). Se suelen recubrir con barnices marinos o coberturas de gel de poliéster que protegen de los rayos UV. Se distinguen fácilmente porque la relación de mezcla de los epoxis es de 1:1 mientras que el poliéster suele ser de 10:1. Aunque en algunos tipos de resina epoxi la relación de catalización también es del 10:1.	<i>Reparación y recubrimiento de cascos de embarcaciones</i>

2.5 RESINAS FENÓLICAS

Las resinas fenólicas, también llamadas “*fenoplastos*”, fueron unas de las primeras resinas sintetizadas que se usaron en materiales compuestos. Se han realizado numerosos estudios de los mecanismos de síntesis y su reacción con otras sustancias.

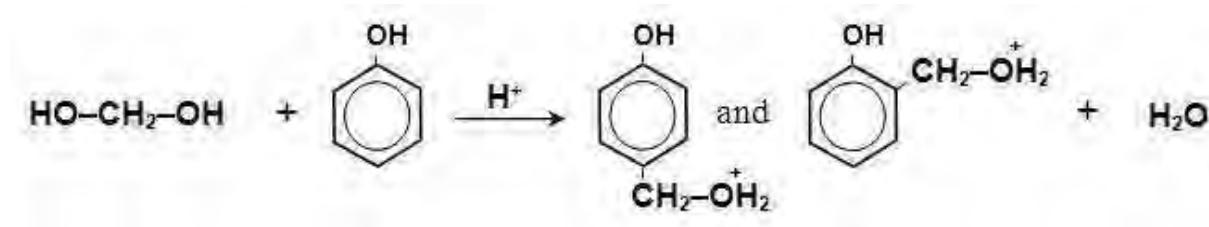
Se obtienen por reacción de fenoles y aldehídos, siendo el fenol y el formaldehído las materias primas más importantes en su producción.



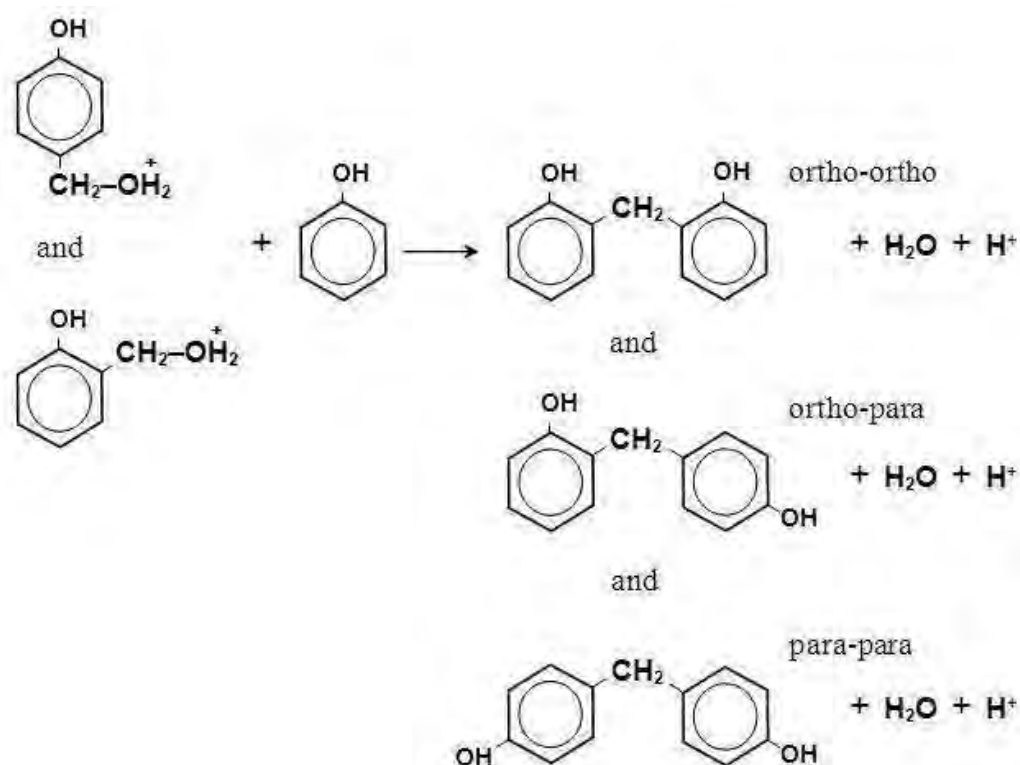
Dependiendo del pH del catalizador, estos monómeros reaccionan para formar uno de los dos tipos de resina generales: Las resinas de novolaca y resinas resol.

2.5.1 Resinas Novolacas:

Una Catálisis ácida y un exceso molar de fenol de formaldehído son los requerimientos para generar estas resinas, La química simplificada siguiente ilustra la amplia gama de posibles polímeros. La reacción inicial es entre glicol de metileno y fenol.



La reacción continúa con la adición de fenol produciendo al final agua.



La reacción crea puentes de metileno ya sea en la posición orto o posición para de los anillos fenoles aromáticos. La “regla de oro” es que la posición para es aproximadamente dos veces más reactivo que la posición orto, pero hay dos veces más sitios orto (dos por cada molécula de fenol) por lo que la cantidad de puentes orto- orto, para-para y orto-para son aproximadamente iguales.

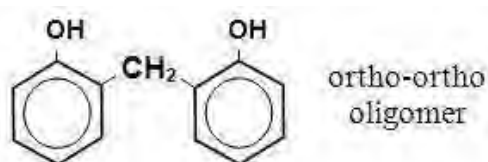
La ramificación se produce porque la reacción puede ocurrir en cualquiera de los tres sitios en cada anillo. A medida que la reacción continúa, la orientación aleatoria y la ramificación generan rápidamente una mezcla extremadamente compleja de cadenas de polímeros de diferentes tamaños y estructuras. La reacción se detiene cuando el activador de formaldehído se agota, dejando a menudo hasta el 10% de fenol sin reaccionar. La destilación de la resina fundida durante la fabricación elimina el exceso de fenol y agua.

La resina de novolaca es incapaz de reaccionar sin la adición de un agente de reticulación y debido a que es necesario un agente adicional para completar el curado de la resina, la industria se refiere comúnmente a las resinas novolaca como resinas de “dos etapas” o “dos pasos”

El iniciador más común para las resinas fenólicas es la hexametilentetramina, también conocida como hexa, hexamina, ésta sirve como una fuente conveniente de formaldehído cuando se calienta a temperaturas de moldeo y curado. Un atributo

especial de hexa es que reacciona directamente con la resina de fenol sin producir cantidades considerables de formaldehído libre. El curado de la resina con hexa mejora el entrecruzamiento polimeriza las moléculas en un estado infusible. Debido a los ángulos de enlace y múltiples sitios de reacción implicados en la reacción química, el polímero resultante no es una larga cadena recta, sino más bien una compleja red tridimensional de cadenas de peso molecular extremo. Esta red de cadenas estrechamente enlazadas de fenólicos-aromáticos genera materiales de una gran dureza, resistentes al calor y a los solventes.

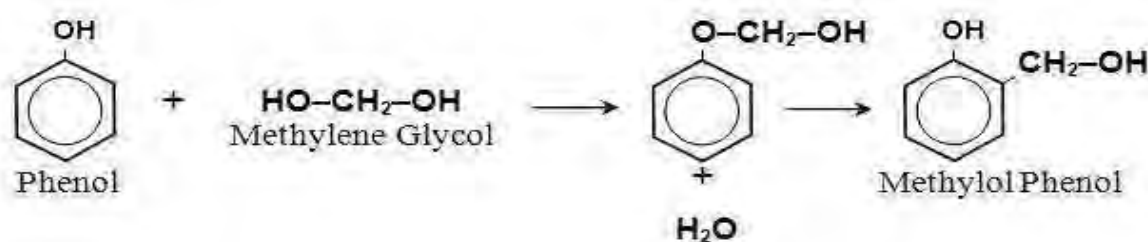
Algunos iniciadores pueden afectar la orientación de los enlaces de metileno. Es preferible que el iniciador promueva los enlaces orto-orto tendiendo a preservar las posiciones para, que son más activas:



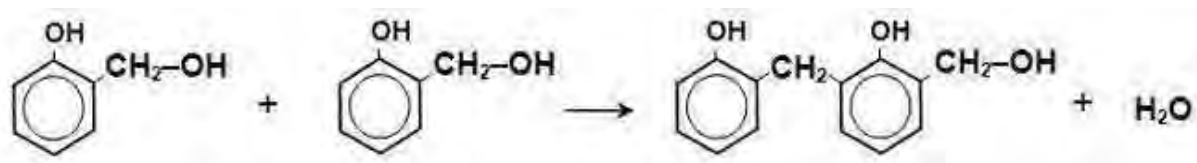
Las resinas de novolaca realizadas con estos iniciadores tienden a curar más rápidamente que las resinas con enlaces aleatorios comunes. El peso molecular medio numérico (M_n) de una resina novolaca de fenol estándar es de entre 250 y 900. Como el peso molecular de fenol es de 94 gramos por mol, un M_n de 500 corresponde a una resina de polímero donde el tamaño promedio en toda la distribución de los polímeros es de cinco anillos fenólicos enlazados. Las resinas de novolaca son solubles en muchos disolventes orgánicos polares (por ejemplo, alcoholes, acetona), pero no en agua.

2.5.2 Resoles:

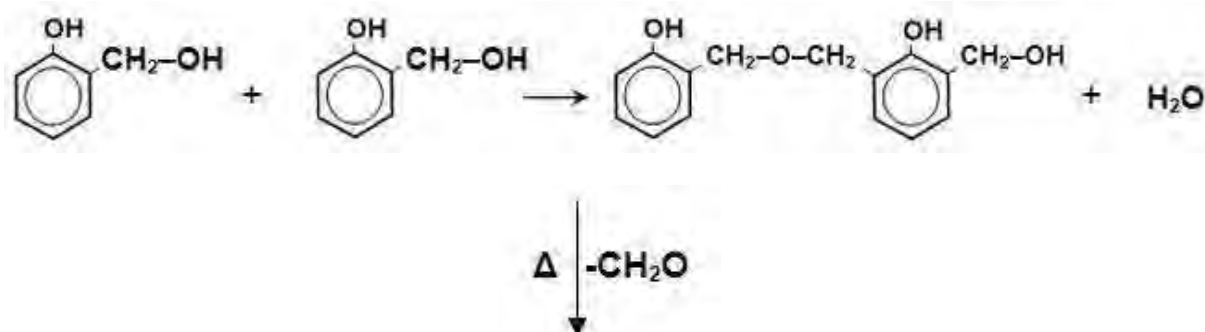
Un iniciador básico (alcalino) y, por lo general, pero no necesariamente, un exceso molar de formaldehído se utiliza para hacer las resinas de resol. Las siguientes dos etapas describen una vista simplificada de la reacción: reacciona primero un fenol con un glicol de metileno para formar metilol fenol:



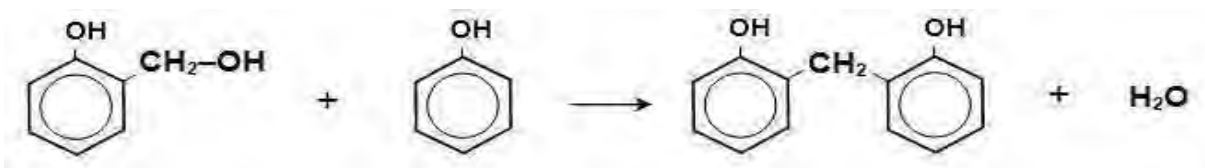
El Metilol fenol puede reaccionar consigo mismo para formar largas cadenas de metilol fenólico:



O formar dibencil éter:



O reaccionar con fenol para formar puentes de metileno.



El punto más importante en la química de resinas resol es que, cuando un exceso de formaldehído es utilizado, existe un número suficiente de grupos de metilol y dibencil éter reactivos para completar la polimerización y curado de la resina sin la incorporación de un agente de curado. Por esta razón, la industria comúnmente se refiere a resinas de resol como productos de “una sola etapa” o de “un solo paso”. Resol fabricación de resina incluye la polimerización hasta el grado deseado, separación por destilación del exceso de agua y enfriamiento o templado la reacción de polimerización mediante enfriamiento rápido. Debido a que las resinas de resol continúan la reacción de polimerización incluso a temperaturas ambiente, aunque a tasas mucho más lentas que durante la fabricación, Se ha demostrado que su vida útil depende del carácter de la resina, condiciones de almacenamiento y de aplicación.

Para la obtención de resina, la proporción de monómero fenólico y aldehído, el pH, el tipo de iniciador, la temperatura de reacción, el tiempo de reacción, y la cantidad de reacción, son algunas de las propiedades que permiten que exista una amplia gama de resinas con distintas propiedades. El número promedio de peso molecular numérico (M_n) de una resina fenólica de tipo resol recta está entre 200 y 450. En la

industria existen presentaciones de resina resol líquida, o sólida en forma de grumos, gránulos o polvos finos, Las resinas resol son comúnmente solubles en agua a cierta temperatura.

2.5.3 Iniciadores y promotores

En la actualidad el iniciador más usado para la obtención de novolacas es la hexametilentetramina y el ácido oxálico, que ha sustituido a los ácidos clorhídrico y sulfúrico que se utilizaron anteriormente. Para la obtención de resoles se utiliza el NaOH, hexametilentetramina (HMTA), $\text{Ba}(\text{OH})_2$ y la trietilamina. La utilización de NaOH promueve la adición de formaldehído en las posiciones *para* de los anillos fenólicos, mientras que en el caso de la trietilamina se favorece la adición en posiciones *orto*.

2.5.4 Aplicaciones

Industria de la construcción Existen una gran variedad de aplicaciones, ya sea con base papel, algodón o sustrato de vidrio, pueden ser decorativas o industriales como: circuitos electrónicos, laminados tubos, barras, bar nices, espumados, etc. Sus excelentes propiedades como la mínima toxicidad y generación de humos, su alta resistencia mecánica y a la llama las hacen ideales para la construcción	
Industria de la fundición Las resinas fenólicas son importantes en la industria de la fundición aunque la cantidad de agente aglutinante para la consolidación de las arenas de moldeo es aproximadamente entre 2 y 3 % en peso.	
Industria metal-mecánica Existen dos tipos de abrasivos con base resina fenólica: a) Uniones abrasivas (ruedas de molienda, ...): poseen una gran resistencia a la tensión y a la temperatura. Su principal aplicación es la molienda de metales b) Baños abrasivos (papel de lija, discos,...): resisten altas temperaturas. En este caso los papeles se bañan con resoles de viscosidad media y se deposita electrostáticamente el material abrasivo.	
Industria automotriz La industria de la automoción posee componentes sometidos a fricción tales como frenos, embragues, transmisiones, que están fabricados con resinas fenólicas.	

3. MATERIALES COMPUESTOS (COMPOSITES)

El mercado mundial de los composites crece, en cantidad, un 5,7% por año desde 1994. En el año 2000, se produjeron siete millones de toneladas de los llamados composites de gran difusión (GD). Esta producción alcanzará los 10 millones de toneladas en el año 2006.

El crecimiento favorece a los composites termoplásticos frente a los termoestables; con crecimientos del 9% y del 3% por año, respectivamente. Los composites termoplásticos aparecieron a principios de los años 80, siendo los de mayor futuro. Sin embargo, los composites termoestables representan, todavía dos tercios del mercado.

Conviene aclarar que frecuentemente los términos “materiales compuestos”, “materiales reforzados” y “composites” se utilizan como sinónimos. El término “composite” está tomado de la lengua inglesa y su traducción es compuesto; por lo que sería más correcto lingüísticamente utilizar la traducción española que expresa perfectamente el mismo concepto. Sin embargo el uso del término en inglés está tan extendido que se utiliza habitualmente en cualquier lengua.

En cuanto a “materiales compuestos” frente a “materiales reforzados”, la primera denominación es más genérica, mientras que la segunda, al menos formalmente, atiende sobretodo al aspecto del comportamiento mecánico del material. La razón de utilizarlos en ocasiones casi como sinónimos está en que, como se explica más adelante, la razón de ser de los materiales compuestos ha sido en la mayoría de los casos la mejora de las propiedades mecánicas.

La mayoría de las tecnologías modernas requieren materiales con una combinación inusual de propiedades, imposible de conseguir con los metales, las cerámicas y los polímeros convencionales. También ocurre frecuentemente que los materiales más resistentes son relativamente densos; además, un incremento de la resistencia y la rigidez se traduce generalmente en una disminución de la resistencia al impacto. Frente a estos retos, las combinaciones de propiedades de los materiales se pueden ampliar mediante el desarrollo de materiales compuestos.

La mayoría de los materiales compuestos se han creado para mejorar la combinación de propiedades mecánicas, tales como rigidez, tenacidad y resistencia a la tracción a temperatura ambiente y a elevadas temperaturas.

En sentido estricto un material compuesto no es más que el que se obtiene por combinación de dos o más componentes; sin embargo, en nuestro contexto existe

otra condición: que las propiedades del material final sean superiores a las de cada componente por separado.

Pero si queremos concretar aún más, una definición más correcta de material compuesto sería la siguiente: un material compuesto es un material multifase, obtenido artificialmente, en oposición a los que se encuentran en la naturaleza. Además, las fases constituyentes deben ser químicamente distintas y separadas por una intercapa.

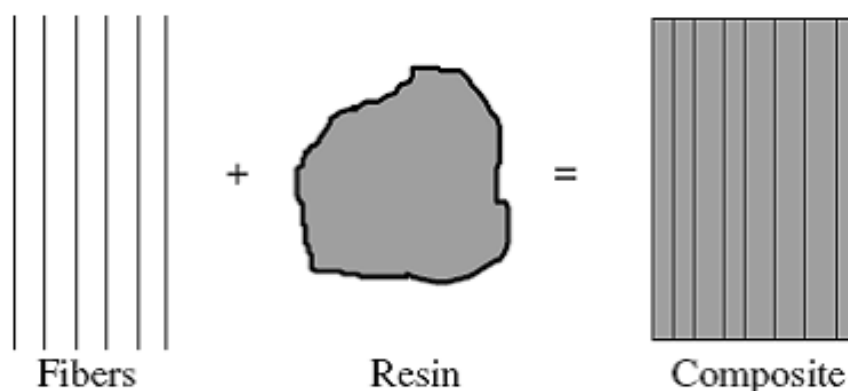
Los materiales compuestos están formados por dos fases; una llamada matriz, que puede ser metálica, cerámica o polimérica y que es continua y rodea a la otra fase, denominada fase dispersa.

En la mayoría de los materiales compuestos la matriz es polimérica¹, y la fase dispersa es una estructura de refuerzo que puede presentarse en forma de partículas, fibras cortas, largas o continuas o *mats*². La matriz polimérica a su vez puede ser termoestable o termoplástica.

Los materiales compuestos de matriz termoestable representan un 70% de los «composites» transformados en el mundo. Los refuerzos que más corrientemente se utilizan son las fibras, generalmente de vidrio, de carbono o de aramida.

Según las características de la matriz y de los refuerzos, se distinguen generalmente dos grandes familias: los «composites» de gran difusión, poco onerosos, que ocupan una cuota importante del mercado, y los «composites» de altas prestaciones. Estos últimos, generalmente reforzados con fibras continuas de carbono o de aramida, están reservados a sectores de alto valor añadido: aeronáutica, medicina, deportes y recreo.

Las propiedades que se persiguen en relación a los sectores implicados se pueden resumir en la tabla 4.1. Otro de los atractivos de los “composites” frente a otros materiales tradicionales es que permiten escoger en muchas ocasiones entre un abanico de posibilidades de fabricación adaptado a la rentabilidad según el número de piezas a fabricar.



Lo más importante a tener en cuenta es que la fibra es el componente que absorbe los esfuerzos de tracción en dirección axial a las mismas. En sentido perpendicular a la dirección de las fibras, las propiedades resistentes serán exclusivamente las que aporta la matriz polimérica, siendo claramente inferiores.

Para comprender la función de los materiales compuestos, es importante conocer la función de cada componente en el conjunto.

Principales funciones de las fibras:

- Aportar la resistencia a tracción requerida frente a un esfuerzo de tracción.
- Aportar rigidez (elevado módulo elástico), resistencia a tracción, entre otros parámetros.
- Conductividad o aislamiento eléctrico, dependiendo del tipo de fibra

La matriz aporta propiedades vitales al material compuesto mejorando su rendimiento:

- Obliga a las fibras a trabajar de forma conjunta, y les transfiere los esfuerzos de tracción.
- Aísla las fibras entre ellas, y así trabajan de forma separada. Ello evita/ralentiza la propagación de fisuras en el soporte.

La matriz actúa como un revestimiento de protección de las fibras, protegiéndolas frente ataques mecánicos (golpes) y químicos (ambiente, sustancias agresivas...). Las fibras de carbono son conductivas mientras que las de amida y vidrio son aislantes.

3.1 Características especiales de los “composites” frente a los materiales tradicionales.

Los materiales compuestos han estado diseñados y fabricados para aplicaciones que necesitan un alto rendimiento con una mínima carga muerta a la estructura.

Algunas de las ventajas que ofrecen los composites frente a los refuerzos tradicionales (normalmente basados en soluciones metálicas) son las siguientes:

- Todas las partes metálicas se pueden reemplazar por una única sección equivalente de material compuesto (o composite).
- Los composites tienen un alto módulo elástico. Tienen un módulo más elevado que el acero y sólo pesan una quinta parte que este.
- El acero entra en fatiga cuando se le somete al 50% de su resistencia a tracción.

Los composites no muestran fatiga hasta, como mínimo, el 90% de su resistencia a tracción.

- Los composites no se oxidan. El acero y aluminio se oxida ante la presencia de agua y aire, y precisan de un cuidado especial, siendo obligado el uso de pinturas protectoras. La matriz polimérica de un composite protege las fibras de refuerzo.
- El coeficiente de expansión térmica de los composites es muy próximo a cero.

Debido a ello, ofrecen una gran estabilidad dimensional frente a los refuerzos metálicos.

- Los composites se fabrican en grandes longitudes, permitiendo cubrir grandes claros sin necesidad de ejecutar juntas, soldaduras, mecanizar piezas, etc. Todo ello deriva en un menor tiempo de fabricación, de instalación y de costos.
- Para la aplicación de un composite, se requiere de herramientas ligeras de mano.

Los refuerzos metálicos se deben instalar mediante maquinaria pesada, puntales, soldaduras, etc. Los costos de instalación de un refuerzo de material compuesto son muy bajos y reducen el coste global de un refuerzo.

Propiedades de los materiales «composites» por sector									
	Aeronáutica	Automóvil	Ferrovial	Construcción	Construcción Industrial	Industria náutica	Medicina	Electricidad	Deportes & Recreo
Vida útil									
Rigidez				x		x	x	x	x
Resistencia mecánica				x	x	x	x	x	x
Resistencia a la fatiga	x					x	x		
Resistencia a la corrosión	x	x		x		x	x	x	
Impermeabilidad				x	x				
Seguridad									
Resistencia a los choques		x				x	x		x
Resistencia al fuego	x		x	x	x			x	
Aislamiento térmico				x	x			x	
Aislamiento eléctrico								x	
Amortiguamiento vibraciones					x				x
Diseño									
Integración de funciones	x	x						x	
Formas complejas	x	x	x	x					x
Transparencia ondas electromagnéticas								x	
Disminución del peso de las estructuras	x	x							x

Nota de lectura: En la aeronáutica, los materiales compuestos aportan seis propiedades que permiten distinguirlas de manera positiva de los materiales tradicionales: aumenta la vida útil gracias a su buena resistencia a la fatiga, a la corrosión, aumenta la resistencia al fuego, simplifica el diseño gracias a la posibilidad de la integración de función, de la obtención de formas complejas y su ligereza.

Para elegir el procedimiento de transformación, hay que basarse no sólo en la naturaleza del material (termoplástico o termoendurecible), sino también en la forma de la pieza a realizar, las prestaciones deseadas y los imperativos de producción en términos de cantidad y de cadencia.

La realización de piezas en «composites» destinadas a los mercados de gran difusión (automóvil, electricidad, construcción) requiere poner en práctica procedimientos de transformación muy automatizados de alta productividad. El uso de materiales preimpregnados en forma de hojas o de granulados permite obtener productos por compresión o inyección con reducidos tiempos de ciclo.

La mezcla de constituyentes elementales (resina, refuerzo, catalizador, cargas) puede llevarse a cabo previamente a la conformación definitiva del producto por estampado, compresión o moldeo.

Los procedimientos de transformación de «composites» de altas prestaciones son aún manuales o poco automatizados. Son compatibles con la producción en pequeñas series de piezas de alto valor añadido (aeronáutica, deportes y recreo, medicina).

El moldeo por contacto y la proyección simultánea son, por su parte, procedimientos manuales adaptados a la producción en pequeñas series de piezas, tanto a base de «composites» de gran difusión como de «composites» de altas prestaciones.

Lo mismo sucede con los procedimientos de fabricación, como el enrollamiento filamentario⁴ y la centrifugación. Estos procedimientos permiten realizar cuerpos huecos de revolución de grandes dimensiones como son los tanques destinados a la industria química y las tuberías de centrales eléctricas. Los productos de gran longitud (vigas, perfiles y placas) se fabrican por procedimientos de impregnación en continuo.

La pultrusión permite realizar perfiles largos, principalmente utilizados para el sector de la construcción.

Aunque la fibra de vidrio es muy antigua; de hecho, ya era conocida por los egipcios, la historia de los materiales compuestos comienza en el siglo XX, con la obtención del primer plástico, la baquelita, nombre comercial de un material polimérico termoestable, perteneciente a la familia de las resinas fenolformaldehído.

A lo largo de las tres primeras décadas de este siglo se van incorporando otras matrices: fenólicas, que fueron las primeras en desarrollarse industrialmente para

aplicaciones de aislamiento, armamento y bisutería, las de poliéster, las viniléster y las epoxi.

Los materiales compuestos se desarrollan en paralelo con las matrices, ya que como hemos dicho las fibras ya eran conocidas y tratamientos superficiales de las fibras para que tuvieran la adherencia necesaria para su combinación con las matrices no revistieron excesivas dificultades. Por lo tanto los primeros materiales compuestos eran fibras de vidrio combinadas con matrices fenólicas y poliésteres para aplicaciones eléctricas, embarcaciones y placa ondulada.

Los primeros métodos de fabricación fueron los moldeados por contacto a mano. En 1930, se estaban fabricando mediante este método un número elevado de estructuras donde los requerimientos mecánicos no eran elevados, pero había problemas de formas, peso o aislamiento eléctrico y por lo tanto, este tipo de materiales comenzó a ser una alternativa frente a los tradicionales, acero, hormigón, aluminio o madera.

La inyección con matrices termoestables data de 1940, como una variación de la inyección de materiales termoplásticos. En la década de los cincuenta aparecen las primeras máquinas con tornillo sinfín.

En 1951 aparecen las primeras patentes de métodos automatizados como la pultrusión.

La producción arranca en 1956. Desde entonces ha ido en aumento la producción de perfilería para una larga lista de sectores productivos.

Por primera vez, se disponía comercialmente de materiales compuestos estructurales ya que la fiabilidad de este proceso, así como la elevada resistencia del perfil lo hacía idóneo para aquellos casos donde no sólo era importante el peso o el aislamiento eléctrico sino también los requerimientos mecánicos.

En paralelo a la pultrusión aparecen otros procesos utilizados hoy en día como el SMC(sheet moulding compound), o preimpregnados de un “*compound*” formado por fibras de vidrio, resinas de poliéster y cargas que se conforman mediante prensa en caliente. Tras su aparición a principios de los años cincuenta, sus primeras aplicaciones se realizaron en el sector eléctrico. A comienzos de la década de los setenta, se comenzaron a utilizar en automoción.

Hoy en día, el panorama de los materiales compuestos es muy diferente, ya que no hay diferencias entre los dos campos salvo en el tema de normativa y control de

calidad. En lo que se refiere a materiales y procesos, han aparecido nuevas tecnologías que han llenado el espacio entre los campos aeronáutico y de gran difusión y han difuminado las diferencias que existían entre las dos áreas hace cuatro décadas.

En este sentido hay que citar las fibras de carbono de bajo coste, que hace que su consumo se haya extendido a todos los sectores industriales, la aparición de nuevos procesos como es el RTM, cuya aplicación está completamente generalizada en los sectores aeronáuticos y no aeronáuticos, la disponibilidad comercial de materiales híbridos, la introducción de materiales preimpregnados de bajo coste y la aparición de procedimientos de curado alternativos al autoclave.

En resumen, la historia de los materiales compuestos se remonta, según los casos, a menos de cincuenta años o apenas una década; pero las técnicas de fabricación que se han desarrollado, más de una docena, da idea de la rapidez con que se ha avanzado frente a las grandes técnicas de transformación de otros materiales, como los metales, que permanecen prácticamente invariables desde hace más de doscientos años: fundición, sinterización, forja, embutido y soldadura.

4. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE TERMOFIJOS

4.1 Compresión

El moldeo por compresión es un método de moldeo en el que el material de moldeo, en general recalentado, es colocado en la cavidad del molde abierto. El molde se cierra, se aplica calor y presión para forzar al material a entrar en contacto con todas las áreas del molde, mientras que el calor y la presión se mantiene hasta que el material de moldeo se ha curado. El proceso se emplea en resinas termoestables en un estado parcialmente curado, ya sea en forma de pellets, masilla, o preformas. El moldeo por compresión es un método de alta presión, adecuado para el moldeo de piezas complejas, de alta resistencia con refuerzos de fibra de vidrio. Los compuestos termoplásticos, aunque en menor medida, también pueden ser moldeados por compresión con refuerzos de cintas unidireccionales, tejidos, fibras orientadas al azar o de hilos cortados. La ventaja de moldeo por compresión es su capacidad para moldear piezas grandes, bastante intrincadas o complejas. Además, es uno de los métodos de más bajo costo en comparación con el moldeo por otros métodos tales como moldeo por transferencia y moldeo por inyección, por otra parte se desperdicia poco material, dándole una ventaja cuando se trabaja con compuestos caros. Sin embargo, el moldeo por compresión a menudo proporciona productos de pobre consistencia y dificultad en el acabado, y no es adecuado para algunos tipos de piezas. En este proceso se produce una menor degradación de la longitud de la fibra en comparación con el

moldeo por inyección. Materiales que normalmente se fabrican mediante moldeo por compresión incluyen: sistemas de resina poliéster con fibra de vidrio,

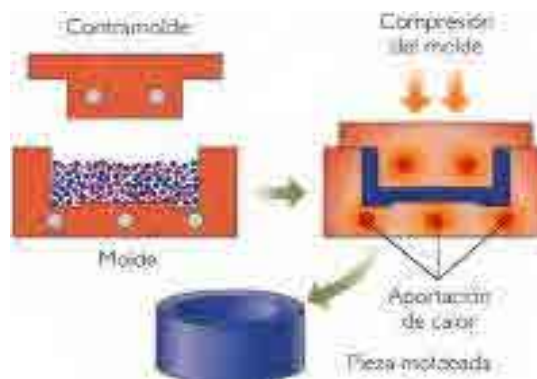


Figura 4.1 Esquema de obtención de un producto conformado por compresión

Moldeo por compresión tiene un alto desarrollo en la fabricación de piezas de materiales compuestos para aplicaciones de reemplazo de metales, se utiliza normalmente para hacer piezas grandes planas o de forma levemente curvas. Este método de moldeo es muy utilizado en la fabricación de piezas de automóviles, tales como cubiertas, defensas, cucharones, spoilers, así como pequeñas piezas de mayor complejidad. El material a ser moldeado se coloca en la cavidad del molde y los platos calientes son cerrados por un pistón hidráulico. El moldeo de compuestos a granel (BMC) y el moldeo de lámina compuesta (SMC) utilizan este método de moldeo, estos compuestos son conformados a la forma del molde por la presión aplicada y se calienta hasta que se produce la reacción de curado. El material para el SMC por lo general se corta para ajustarse a la superficie del molde. El molde se enfría y se retira la pieza. Los materiales pueden ser cargados en el molde, ya sea en forma de pellets o lámina, o el molde se puede cargar desde una extrusora de plastificación. Los materiales se calientan por encima de su punto de fusión, se forman y se enfrían. El material de alimentación se distribuye en forma uniforme en la superficie del molde, la orientación del flujo se produce durante la fase de compresión.

En el moldeo por compresión que hay seis factores importantes que se debe tener en cuenta

- Determinar la cantidad adecuada de material.
- Determinar la cantidad mínima de energía necesaria para calentar el material.
- Determinar el tiempo mínimo necesario para calentar el material.
- Determinar la técnica de calefacción adecuada.
- Predecir la fuerza necesaria, para asegurar que el material alcance la forma adecuada.

- Diseño de molde para un enfriamiento rápido después de que el material ha sido comprimido en el molde.

Matrices termoplásticas son comunes en las industrias de producción masiva, por ejemplo las aplicaciones en automoción, donde las principales tecnologías son termoplásticos reforzados con fibra larga (LFT) y termoplásticos reforzados con fibra "Glass Mat" (GMT).

Características del proceso

El uso de compuestos de plástico termoestable caracteriza a este proceso de moldeo de muchos otros procesos de moldeo.. A diferencia de algunos de los otros procesos nos encontramos con que los materiales suelen ser precalentado y se cuantifican antes del moldeo. Esto ayuda a reducir el exceso de rebabas. Insertos, generalmente metálico, también puede ser moldeados con el plástico. Se evitan retenciones en la forma del molde, que generan que la eyección sea especialmente difícil. Se ha vuelto una práctica común precalentar la carga antes de colocarla en el molde; esto suaviza el polímero y acorta la duración del ciclo de producción. Los métodos de precalentamiento incluyen calentadores infrarrojos, calentamiento por convección en estufa y el uso de tornillos giratorios dentro de un cilindro calentado. Esta última técnica (tomada del moldeo por inyección) se usa también para medir la cantidad de la carga.

Esquema del proceso

El moldeo por compresión se inicia, con una cantidad determinada de colocada o introducida en un molde. Luego el material se calienta a un estado maleable y moldeado. Poco después, la prensa hidráulica comprime el plástico flexible contra el molde, dando como resultado una pieza perfectamente moldeada que mantiene la forma de la superficie interior del molde. Después la prensa hidráulica retrocede, un pin eyector en el fondo del molde rápidamente expulsa la pieza final fuera del molde y entonces, el proceso concluye.

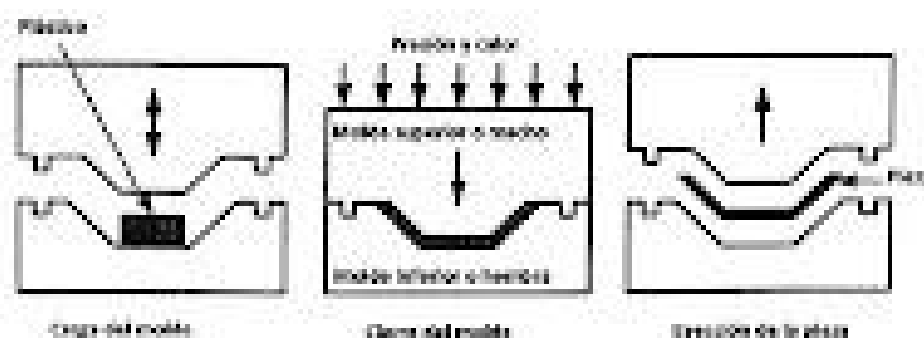


Figura 4.2 Esquema del proceso de conformado por compresión

Prensa

Las prensas de moldeo por compresión están orientadas verticalmente y contienen dos placas a las cuales se sujetan las mitades del molde. El proceso involucra dos tipos de actuación: 1) carrera ascendente de la placa del fondo o 2) carrera descendente de la placa superior, pero esta última es la configuración más común. Un cilindro hidráulico acciona generalmente las placas, el cual puede diseñarse para suministrar fuerzas de sujeción de hasta varios cientos de toneladas. Las prensas de compresión del molde se fabrican en una amplia variedad de tamaños. La mayoría de las prensas utilizan un cilindro hidráulico con el fin de producir la suficiente fuerza durante la operación de moldeo. Las prensas pueden generar presiones que van desde 300 a 4.000 toneladas.

La resina es aditivada con la preforma, (en el caso de SMC y BMC ya contienen todos los componentes, incluida la fibra, resina, cargas, catalizador etc.). El calor y la presión se aplican, con rangos de temperatura de 225°F a 325°F (107°C a 163°C) y 150 a 1.000 psi de presión, necesarios para curar las piezas. Los ciclos pueden variar desde menos de uno minuto a cinco minutos. Las maquinarias constan de un molde “émbolo” macho y un molde hembra y espigas guías que aseguran el encastre perfecto entre ambos.



Figura 4.3 Prensa para moldeo por compresión

4.2 RIM

RIM (Reaction Injection Moulding, Moldeo por Inyección-Reacción) es una técnica para producir piezas de plástico mediante la inyección a baja presión de resinas termoestables en moldes. Se pueden utilizar distintos tipos de moldes (de acero o de aluminio mecanizado, fundición de aluminio, caucho de silicona, resina epoxi), no obstante, son los moldes de resina los que se usan con más frecuencia. Principalmente se realizan moldes para series pequeñas contruidos a partir de un modelo producido mediante métodos de prototipado rápido.

Se obtienen piezas de grandes dimensiones, resistentes que pueden ensayarse, mecanizarse, recibir tratamientos posteriores (arenados, deposiciones, metálicas) y pintarse. Destacamos la flexibilidad de los modelos obtenidos, aunque no de manera multi-direccional. Es uno de los más utilizados métodos de conformado en molde cerrado, adaptable casi a cualquier tipo de estructura, no importa si es simple o compleja, de medianas o grandes dimensiones, con producciones de apenas algunas decenas de ejemplares o en serie de varios millares.

Proceso

En primer lugar, las dos partes del polímero se mezclan entre sí. La mezcla se inyecta en el molde bajo alta presión que utiliza un mezclador intensivo. La mezcla se deja reposar en el molde el tiempo suficiente para que se expanda y cure.



Si agentes de refuerzo se añade a la mezcla, entonces el proceso se conoce como el moldeo por **inyección de reacción reforzadas (RRIM)**. Comúnmente se utilizan agentes de refuerzo como fibra de vidrio, mica y cerámica. Este proceso se utiliza generalmente para producir paneles de espuma rígida de automoción.

Un subconjunto de RRIM es el **moldeo por inyección de reacción estructural (SRIM)**, que utiliza mallas de fibra para el agente de refuerzo. La malla de fibra es

primero ordenada en el molde y luego la mezcla de polímero es moldeado por inyección sobre la misma.

El material más común de procesar por RIM es poliuretano (conocido generalmente como **PU-RIM**), pero también poliureas, poliisocianuratos, poliésteres, poliepóxidos y nylon 6. Para poliuretano uno de los componentes de la mezcla es poliisocianato y el otro componente es una mezcla de polioli, surfactante, catalizador y agente de expansión.

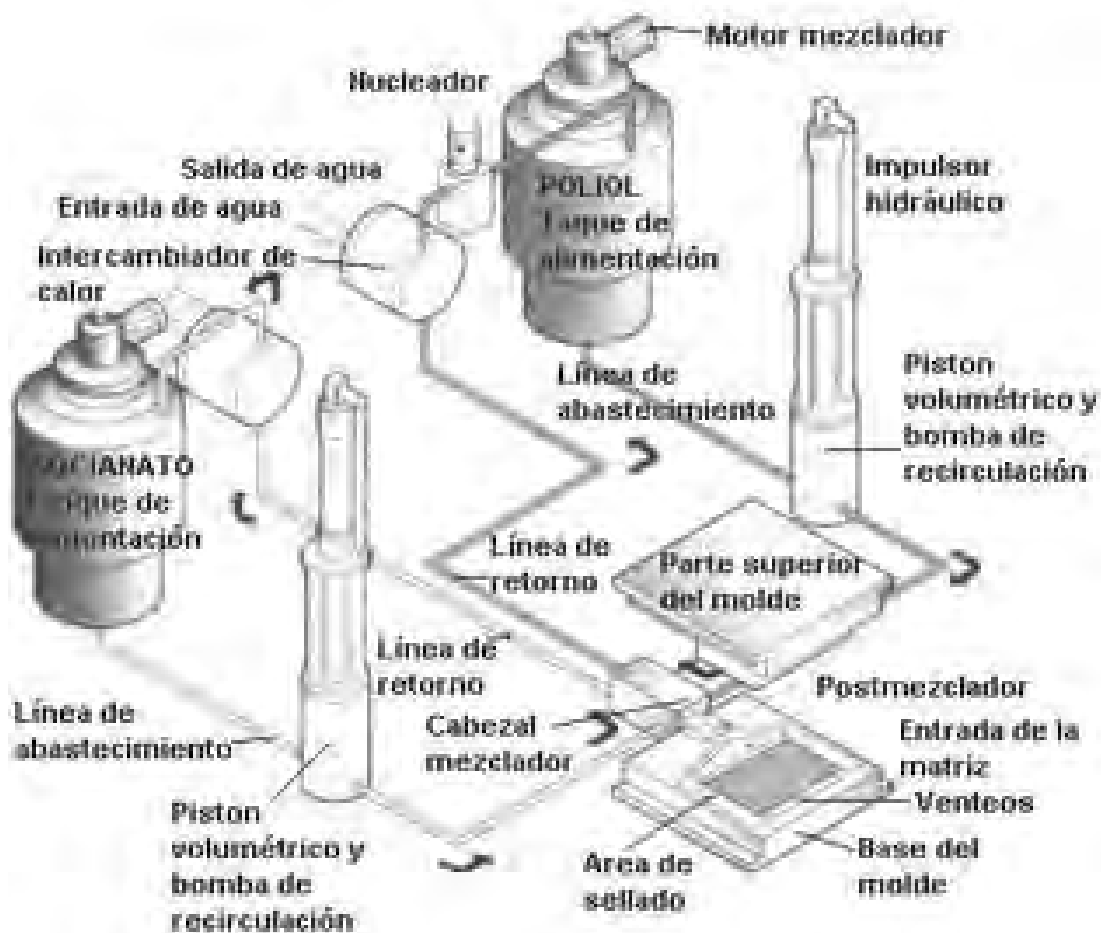
Otro material de gran importancia moldeado por inyección reactiva es el polidiciclopentadieno (PDCPD). Los polímeros PDCPD tienen una alta rigidez, excelente resistencia al impacto, así como un buen aspecto superficial y resistencia a la corrosión lo que lo hace ideal para una amplia gama de aplicaciones.

Mediante el uso de iniciadores se hace posible controlar el punto de inicio de reacción. Esto hace posible hacer grandes piezas de plástico (100kg y superior) en un corto periodo de tiempo. El diciclopentadieno y comonomeros son los materiales inyectados dentro del molde para reaccionar obteniéndose el polímero.

Proceso RIM poliuretano

Los dos reactivos líquidos (isocianato y polioli) se almacenan en tanques separados con temperatura de alimentación controlada y equipado con agitadores. Desde de estos tanques, el polioli e isocianato son alimentados a través de las líneas de suministro a

las unidades de medición que, suministran la cantidad precisa de reactivos y presión necesaria, al cabezal mezclador. Cuando comienza la inyección y las válvulas del cabezal mezclador se abren, los reactivos líquidos entrar en una cámara en el cabezal mezclador a presiones de entre 1.500 y 3.000 psi en el que se mezclan intensamente por el choque de alta velocidad. De la cámara de mezcla, el líquido fluye en el molde a presión atmosférica aproximadamente y se somete a una reacción química exotérmica, que forman el polímero de poliuretano en el molde. Tiempos de disparo y el ciclo varían, dependiendo del tamaño de la pieza y el sistema de poliuretano utilizado. Un molde de mediano para una pieza elastomérica puede ser llenado en un segundo o menos y estar listo para desmoldar en 30 - 60 segundos.



Almacenamiento del material

En una operación típica de RIM, las materias primas se almacenan en tanques de día o tanques de almacenamiento a granel antes de la transformación. Los materiales se encuentran a la óptima temperatura controlada de acuerdo a lo especificado por el fabricante del material. Esto permite obtener las propiedades físicas deseadas y una estructura celular óptima. Si los materiales tienen otros ingredientes como cargas o pigmentos que necesitan estar uniformemente dispersos por todo el sistema químico, dispositivos de agitación o agitadores en el tanque se incorporan a menudo en tanques para evitar la sedimentación o separación química.

Recirculación del material

Los materiales se hacen circular continuamente a baja presión por el sistema de bombeo a través de la boquilla de mezclado. Cuando los materiales llegan a la boquilla de mezclado, se recirculan de nuevo a los tanques de día y luego a través de la misma ruta de vuelta a la boquilla de mezclado. Esta baja presión de recirculación se puede utilizar para mantener la temperatura, la nucleación, y ayudará a mantener

los ingredientes añadidos tales como cargas o pigmentos dispersados uniformemente.

Dosificación del material

Los dos materiales reactivos (poliol e isocianato, se mantienen separados hasta que alcanzan la boquilla de mezclado. Cuando es el momento de realizar un disparo de dosificado o realizar una colada, en este punto la máquina cambia automáticamente del modo recirculación al modo dosificado, suministrando los componentes en la proporción requerida en la boquilla de mezclado, con el caudal y a la temperatura requeridos, los materiales químicos son mezclados alcanzando altas presiones del orden de 2500 Psi, entonces la mezcla es inyectada al interior de un molde cerrado, o vaciada en un molde abierto.



Moldeo

Una reacción química inmediata es producida dentro de la boquilla de mezclado con el contacto de los dos componente y una vez dentro de la cavidad del molde una reacción exotérmica continúa conforme el proceso de curado progresa. Al procesar espumados, importantes fuerzas son generadas dentro del molde y éste debe estar diseñado para soportar estos grandes esfuerzos, la fuerza de cierre requerida para estos dispositivos puede ser de varias toneladas dependiendo del tamaño de la pieza, de la tasa de expansión, de la densidad deseada de la pieza, y otros factores propios del material, una buena alternativa es montar el molde dentro de una prensa

neumática o hidráulica que proporcionen la fuerza necesaria de cierre durante el proceso de curado. Los materiales elatoméricos no requieren tanta fuerza de cierre ya que no se expanden o no generan fuerzas internas en el molde.

El moldeo por inyección reactiva puede producir piezas fuertes, flexibles y ligeras que pueden ser fácilmente pintadas. También tiene la ventaja de tiempos de ciclo rápido en comparación con los típicos materiales conformados por vacío. La mezcla de dos componentes se inyecta en el molde tiene una viscosidad mucho más baja que fundidos polímeros termoplásticos, por lo tanto, piezas grandes, de peso ligero y de pared delgada puede ser procesado con éxito por RIM. Esta mezcla menos viscosa también requiere menos fuerza de cierre, lo que lleva a un equipo más pequeño y por último, reducir el costo del proceso. Otra ventaja del procesamiento de espuma por RIM es que la pieza puede tener una capa de alta densidad y un núcleo de baja densidad.

Las desventajas son lentos tiempos de ciclo, en comparación con el moldeo por inyección, y materias primas caras.

4.3 Pultrusión

Pultrusión es un proceso de moldeo continuo que utiliza fibra de vidrio como material reforzante y como matriz alguna resina, comúnmente poliéster insaturado. La Pre-selección de materiales de refuerzo, tales como mechas de fibra de vidrio o tela, se hacen pasar a través de un baño de resina en la que es completamente todo el material impregnado con una resina termoestable. La humectación de fibra se conforma a la forma geométrica deseada gracias a un molde de acero llamado matriz o dado. Una vez dentro de la matriz, el curado de la resina se inicia mediante el control preciso de la temperatura. El laminado se solidifica con la forma de la cavidad exacta de la matriz, el producto solidificado es “jalado” de forma continua y a velocidad constante (previamente calculada) por la unidad de tiro de la máquina de pultrusión, posteriormente el producto se puede cortar al final de la línea a una distancia determinada.

El término pultrusión se usa con frecuencia no sólo para describir el proceso, sino también para designar los productos resultantes. En la actualidad, dado el avance tecnológico en materiales y equipos, es uno de los procesos de mayor futuro en el campo de los materiales compuestos con refuerzos de fibra.



Figura 4.4 Esquema del proceso de pultrusión

Como se mencionó anteriormente los materiales más utilizados son: las fibras de vidrio como refuerzo de resinas líquidas termoestables (poliésteres o epóxi). Sin embargo, también se pueden utilizar otros tipos de fibras ingenieriles (carbono, grafito, boro, etc.) y resinas termoplásticas emulsionadas (PVC, PS, acrílicas, etc.) El refuerzo por excelencia es la fibra de vidrio en varias de sus formas, si bien las actuales fibras de carbono pueden constituir un interesante material para conseguir propiedades especiales. La mecha de vidrio es sin duda el material que mejor se puede procesar por pultrusión, orientada paralelamente, pudiendo además trenzarse, enrollarse en espiral o anillo etc., para refuerzo en perfiles redondos, ovalados o rectangulares. La mecha retorcida se suele emplear para dar una medida de la resistencia transversal.

El fieltro de fibra de vidrio se utiliza para producir formas en que se requiere resistencia lateral y longitudinal. En este caso el fieltro necesita tener la suficiente resistencia mecánica para poder ser manejado mecánicamente con el aglomerante. Existen tres tipos aconsejables: fieltro con superficie tramada, fieltro con mecha tramada y una combinación de mecha sobrehilada en el fieltro cortado. Para conseguir resistencia transversal se emplean tejidos de vidrio en forma de cinta. Las características del producto acabado serán las que nos indique la elección del tejido y el porcentaje de uso del mismo.

En cuanto a las resinas, las de poliéster copan el 80 o 90 por ciento de la producción por pultrusión, dada su economía y características de procesamiento. En general puede utilizarse cualquier tipo de resina isoftálica u ortoftálica, siempre que cumplan determinadas condiciones: alta reactividad y curado rápido, no muy exotérmica y baja viscosidad (800-200 cps) para conseguir una impregnación rápida del refuerzo y una fácil eliminación del aire.

Para el curado de la resina, el sistema catalítico debe ser equilibrado, a fin de obtener un “pot-life” largo (unas 8 horas) y un gel lo suficientemente fuerte para mantener el recubrimiento durante el arrastre. Para evitar que el gel se adhiera a los conformadores es necesario añadir a la resina desmoldantes internos (Ej. Ésteres del ácido fosfórico).

Con el fin de conseguir las propiedades deseadas en el producto acabado (y no para reducir costos) se pueden añadir cargas, pigmentos, agentes ignífugos, etc., y en general cualquier aditivo de los que normalmente se utilizan en los plásticos reforzados.

El porcentaje de carga no debe ser superior al 20% respecto a la resina. El tamaño de partícula y la distribución de la misma es fundamental para que no se produzcan fenómenos de arrastre o de separación a lo largo del proceso.

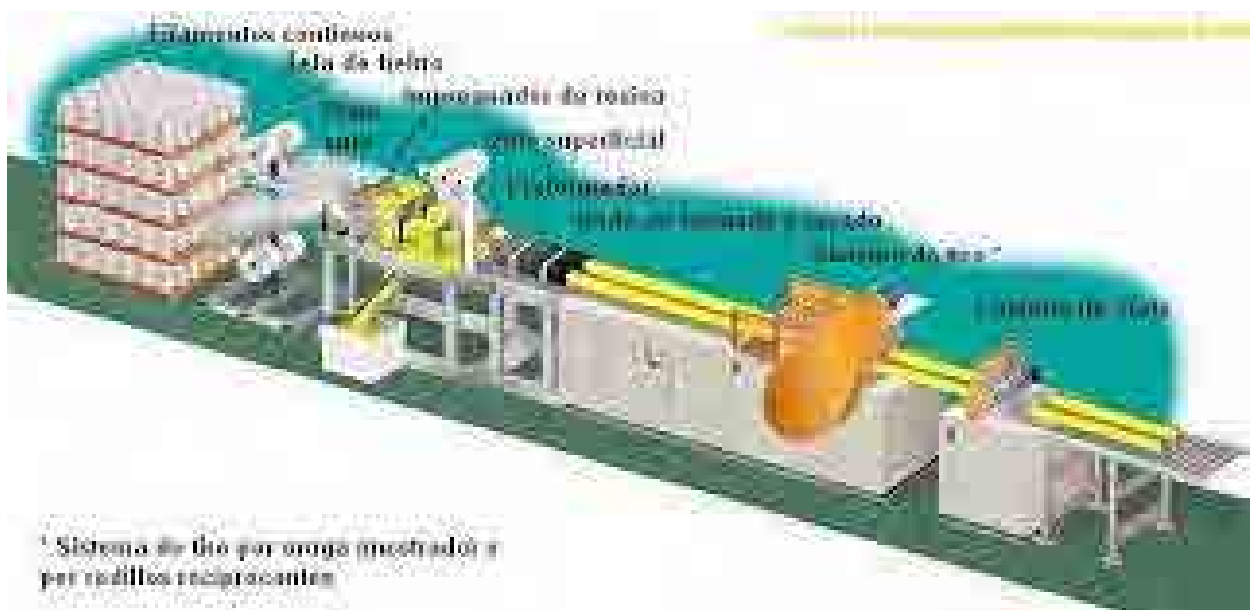


Figura 4.5 Modelado de una línea de pultrusión

En la actualidad, existe la tendencia a utilizar resinas de poca contracción, parecidas a las empleadas en los procesos de BMC y SM C, con el fin de conseguir un mejor acabado superficial y tolerancias dimensionales más estrechas.

El proceso básico de la pultrusión puede resumirse en las siguientes operaciones:

- Desenrollado y distribución de los refuerzos de vidrio u otros materiales.
- Impregnación de la resina y control de la relación resina/vidrio.
- Preformado gradual, hasta alcanzar el perfil final.
- Conformado y curado en la matriz

- e. Postcurado
- f. Equipo de arrastre g. Equipo de cortado
- h. Operaciones complementarias de recubrimiento, desbarbado, etc., si fuera necesario.

Las bobinas de vidrio se colocan en unas filetas equipadas con guías de trenzado y para obtener una mejor direccionalidad y alineación, se utilizan placas perforadas o tubos de plástico. En el caso de fieltros y tejidos, el desenrollado se verifica directamente de su embalaje y la alineación se realiza mediante placas. En general y trabajando a velocidades lentas, no es necesario tensar o frenar el tejido, siendo suficiente la tensión producida durante la impregnación del mismo.

El equipo de impregnación, en la mayor parte las líneas de pultrusión, consiste en un depósito estrecho y con longitud de 60 a 200 cm. La impregnación se ayuda mediante barras rompientes transversales, placas perforadas o rodillos de prensado. Otras líneas utilizan cámaras en las que simultáneamente a la descompresión del refuerzo, se verifica la impregnación del mismo por inyección a presión de la resina.

El control de la proporción resina/vidrio es el factor más importante para conseguir productos acabados con las propiedades requeridas. El ajuste de la viscosidad de la resina y simples placas con orificios (de forma adecuada) son suficiente para servir de calibradores. Durante esta fase hay que controlar la velocidad con precisión, ya que la eliminación del exceso de resina produce una presión hidráulica con capacidad de romper algunos de los refuerzos. El material reforzante deberá llegar a la matriz con un ligero exceso de resina, para compactar la fibra y eliminar el aire.

La operación de preformado debe ejecutarse siempre para dar a los perfiles una forma aproximada a la deseada, antes de ser moldeados. El preformado debe hacerse en forma gradual, teniendo especial cuidado en la adecuada colocación del refuerzo o de la conjunción de refuerzos. Los dispositivos mecánicos para esta operación son muy variados, desde unos simples orificios anulares (si se van a fabricar varillas) hasta guías de pata de araña, rasquetas, anillos, tubos-guía, mandriles tubulares, etc. Por ejemplo, para obtener una viga de doble T, se orienta la fibra sobre un mandril tubular y esta forma se colapsa posteriormente al perfil indicado.

El conformado y curado se realiza dentro de matrices de tipos y características muy variadas. En general, se construyen de acero cromado, para obtener una mayor duración, menor fricción y mejor separación de la resina. Las matrices de curado

continuo por calentamiento del metal, exigen el acoplamiento de secciones frías, separadas de la matriz, para evitar el endurecimiento prematuro de la resina.

Se diseñan mediante sistemas de encamisado y se refrigeran con agua. Los aceros al cromo-duro con durezas Rockwell, entre 65 y 70, permiten producciones entre 15.000 y 30.000m lineales, pudiendo ser cromadas nuevamente cuando se ha deteriorado su superficie.

La investigación en materiales para la construcción de boquillas ha demostrado la posibilidad de emplear cuarzo, aluminio, cerámica, etc. para reemplazar al acero. En los procesos de curado por medio de metal líquido, este metal actúa como matriz y como fuente calorífica.

El curado de la resina exige un cuidadoso control del calentamiento. En el caso de curado continuo en matrices metálicas, el punto máximo de desprendimiento de calor debe tener lugar dentro de la propia matriz y los intervalos de temperatura serán controlados entre 1 y 2º C según el tipo de resina.

Para secciones gruesas (2.5 cm.) es preferible el curado por radiofrecuencia (70Mhz), a fin de que no se produzcan agrietamientos o delaminaciones. Las resinas epóxi curan con microondas (2.450 Mhz). Cuando el perfil tiene, antes de curar, suficiente resistencia para no perder la forma, es preferible el curado en horno, obteniendo mayor producción a menor costo.

El equipo de arrastre y cortado varía según la fuerza que se necesite, (cintas transportadoras, "orugas", calibradores con igual forma que el perfil producido, mordazas hidráulicas, etc.). El cortado se realiza mediante sierras rápidas y discos abrasivos o de diamante.

La pultrusión ofrece ventajas muy señaladas:

- Gran versatilidad de formas en la obtención de tubos y perfiles.
- Alta rigidez específica y resistencia de los productos acabados.
- Bajos costos de producción.
- Velocidades de producción relativamente altas
- Producción continua.
- Buen acabado superficial.
- Posibilidad de obtener grandes longitudes sin limitación.
- Equipamiento comparativamente más económico que en otros procesos.

- Posibilidad de obtener las máximas resistencias en tracción conocidas en los composites.
- Selección direccional de propiedades.

En general, los valores para productos con fibra orientada paralelamente son cuatro veces superiores a los contruidos con fibra de orientación transversal. Junto con la selección de materiales, el diseño de la pieza es un factor crítico para obtener las propiedades mecánicas deseadas. La versatilidad en diseño es, sin embargo menor que la del material. Se debe fundamentalmente a limitaciones impuestas por las características de las materias, relativas a su curado y a la necesidad reproducción según una sección constante. También al tamaño del equipo y a determinadas propiedades, como el módulo de flexión. En general, las formas que se pueden obtener por pultrusión son similares a las que se obtienen por extrusión de aluminio o materiales termoplásticos.



CENTRO NACIONAL DE ACTUALIZACIÓN DOCENTE

**BACHILLERATO TECNOLÓGICO
EN TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS**

CONTENIDO DE CURSO

MÓDULO V:

**PREPARA MOLDES Y DADOS PARA LOS
PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS**

5 DE JULIO 2013

REVISIÓN: 25 DE JUNIO 2014

Dirección General de Educación Tecnológica Industrial
Centro Nacional de Actualización Docente

Manual del Docente
Para la impartición del
Bachillerato Tecnológico en Transformación de Plásticos



Módulo V
**“Prepara moldes y dados para los procesos
de transformación de plásticos”**



Elaboró: M. en C. Juan Carlos Rivera Díaz
Ing. Cesar Miguel López Chávez
Ing. Gabriel Alegría Espinosa
Colaboró: Grupo de Plásticos CNAD

CONTENIDO

Antecedente e Introducción	1
Objetivo General.....	1
Consideraciones Generales	5
 Tema 1: Identifica los componentes del molde de acuerdo al producto a manufacturar	5
Objetivo particular:	5
Introducción al tema	5
Desarrollo	7
1.1 Clasificación de los moldes.....	7
1.1.1 Sistema de colada fría.	7
1.1.2 Sistema de colada caliente.	7
1.1.3 Molde de dos placas colada fría.	8
1.1.4 Molde de tres placas colada fría.	9
1.1.5 Tipos de entrada de los moldes de colada fría.	11
1.1.6 Moldes de colada caliente.	14
1.1.7 Sistema de calefacción.....	15
1.2 Partes de un molde de dos placas.....	16
1.3 Partes de un molde de tres placas.....	18
1.4 Selección de los materiales para moldes.....	19
1.4.1 Aspectos generales	19
1.4.2 Aceros para moldes.....	21
1.4.3 Aceros de cementación	21
1.4.4 Aceros para revenido.....	21
1.4.5 Acero para temple integral (Tabla 1.3)	22
1.4.6 Aceros resistentes a la corrosión (Tabla 1.4)	22
1.4.7 Procesos de tratamientos de superficies	23
1.4.8 Nitruración	23
1.4.9 Cementación.....	24
1.4.10 Cromado duro.....	24
1.4.11 Niquelado duro	24
1.4.12 Recubrimiento con metal duro	25
1.5 Materiales especiales	25
1.5.1 Aleación de metal duro	25
1.5.2 Materiales con conductibilidad de calor elevada.....	25
1.6 SISTEMA DE PARTICIÓN Y DESMÓLDEO.....	26
1.6.1 Línea de partición (Parting line: PL).....	26

1.6.2	Ángulo de desmoldeo	27
1.6.3	Tasa de contracción de moldeo	28
1.6.4	Bebedero	31
1.7	Sistema de enfriamiento	33
1.7.1	Conducción Térmica.....	33
1.7.2	Transferencia de calor por convección	35
1.7.3	Transferencia de calor por radiación (Transferencia de calor principalmente en el aire).....	36
1.7.4	Calor que recibe el molde	37
1.7.5	Conceptos básicos del diseño del circuito de enfriamiento	37
1.7.6	Métodos de circuitos de enfriamiento	39
1.7.7	Sistema de expulsión.....	42
	Conclusión.....	45
	Evaluación del aprendizaje	45
Tema 2: Prepara las condiciones en la máquinas de inyección para realizar el cambio de molde		
	Objetivos particulares:.....	47
	Introducción al tema	47
	Desarrollo	48
2.1	Condiciones de trabajo para el cambio de molde	48
2.1.1	Aplicación de las normas de seguridad en el cambio de moldes .	48
2.1.2	Principios de la seguridad.....	51
2.2	Métodos de cambio de molde	53
2.2.1	Sistemas para el cambio de moldes.	54
2.2.2	Con el uso de la grúa manual:.....	55
2.2.3	Cambio de molde manual.....	56
2.2.4	Cambio manual con el cambiador de molde.....	57
2.2.5	Aparato cambiador de molde (Fijo, Manual).....	58
2.2.6	Aparato cambiador de molde (Automático)	58
2.2.7	Cambio automático autopropulsado.	60
2.3	Procedimiento de cambio de molde.....	61
2.3.1	Preparación y uso de herramientas mínimas en la operación de cambio de molde.	61
	Conclusión.....	64
	Evaluación del aprendizaje	64

Tema 3: Realiza cambio de molde en máquina de inyección.....	65
Objetivos particulares:.....	65
Introducción al tema	65
Desarrollo	65
3.1 Procedimiento del montaje del molde	65
3.1.1 Comprobación previa al montaje.	65
3.1.2 Datos de referencia: Especificaciones de la máquina de inyección.....	68
3.1.3 Ajuste del émbolo de eyección.	69
3.1.4 Preparación de los tornillos y grapas de fijación (clamp).....	71
3.1.5 Métodos de fijación del molde.	71
3.1.5.1 Fijación directa con tornillos	71
3.1.5.2 Fijación con clamp	72
3.1.5.3 Fijación con uso del sistema de clamping de moldes (hidráulico / neumático).....	73
3.1.5.4 Fijación con uso del sistema de clamping magnético... ..	74
3.1.6 Montaje del molde.	75
3.1.6.1 Modo de traslado e izaje del molde.	76
3.1.6.2 Meter el molde en la máquina de inyección, comprobar la horizontalidad y fijarlo provisionalmente. .	78
3.1.6.3 Pantalla de modalidad del cambio de molde	79
3.1.6.4 Activar la máquina de inyección	80
3.1.6.5 Cómo ajustar la altura de la boquilla	81
3.1.6.6 Torque de fijación del tornillo de montaje del molde.....	82
3.1.6.7 Lectura del espesor del molde y ajuste de la velocidad de apertura y cierre y de posición del cambio.	83
3.1.6.8 Conexión de canales de enfriamiento del molde	83
3.2 Desmontaje del molde	85
Conclusión.....	86
Evaluación del aprendizaje	86
 Tema 4: Realizar el mantenimiento periódico y preventivo del molde de inyección	87
Objetivo particular:	87
Introducción al tema	87
Desarrollo	87
4.1 Tipos de mantenimiento.....	87
4.1.1 Mantenimiento preventivo.....	88
4.1.2 Mantenimiento correctivo.....	89

4.1.3	Normas de seguridad.	89
4.2	Ensamble y desensamble de molde	91
4.2.1	Mantenimiento del molde.....	91
4.2.2	Lectura de dibujos, comprensión del método de elaboración de dibujos.	97
4.2.3	Pasos de desensamble revisión y reparación de molde.....	102
4.3	Lubricación	106
4.3.1	Lubricación de partes internas del molde	106
4.3.2	Limpieza por ultrasonidos.....	107
4.4	Soldadura correctiva	114
4.4.1	Soldadura TIG (Tungsten Inert Gas).	114
4.4.2	Proceso TIG	116
4.4.3	Electrodos para la soldadura TIG	118
	Conclusión.....	121
	Evaluación del aprendizaje	121
	 Tema 5: Identifica los tipos de moldes para el proceso de compresión	122
	Objetivo particular:	122
	Introducción al tema	122
	Desarrollo	122
5.1	TIPOS DE MOLDES	122
5.1.1	Compresión	122
5.1.2	Calentamiento del molde	124
5.1.3	Ventilación	125
5.1.4	Cavidades y núcleos Individuales.....	127
5.2	Identifica la estructura de los moldes para (RIM).....	131
5.2.1	Normas de seguridad.	132
5.2.2	Moldes para el proceso de RIM	133
5.2.3	Materiales del molde.....	134
	Conclusión.....	137
	Evaluación del aprendizaje	137
	 Tema 6: Identifica los tipos de dados de acuerdo al proceso de manufactura	138
	Objetivos particulares:	138
	Introducción al tema	138
	Desarrollo	138
6.1	Proceso de moldeo por extrusión de plásticos	138
6.1.1	Máquinas de extrusión monohusillo.....	139

6.1.2	Cabezal con plato rompedor, filtros y válvula.	141
6.1.3	Tipos de dados	141
	Conclusión.....	143
	Evaluación del aprendizaje	143
Tema 7: Selecciona el dado de extrusión de acuerdo a las características		
	técnicas del producto a moldear.....	144
	Objetivo particular:	144
	Introducción al tema	144
	Desarrollo	144
7.1	Forma de la pieza (producto)	144
7.1.1	Extrusión de tubo y perfil	144
7.1.2	Estructura del dado (dimensiones)	149
7.1.3	Coextrusión en dado Plano:	153
7.2	Pultrusión	154
7.2.1	Descripción del proceso	155
7.2.2	Elementos del proceso de pultrusión.....	156
7.2.3	Materiales	160
7.2.4	Pultrusión reactiva	163
	Conclusión.....	168
	Evaluación del aprendizaje	168

Antecedente e Introducción

El proyecto “Formación de Recursos Humanos en Tecnología de Transformación de Plásticos” que se desarrolla en el Centro Nacional de Actualización Docente (CNAD) de noviembre de 2010 a la fecha, busca contribuir para que los bachilleratos tecnológicos oferten mano de obra calificada a la industria del plástico en México. En septiembre de 2011, como resultado del proyecto se inicia en tres planteles de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGETI), el Bachillerato Tecnológico en Transformación de Plásticos (BTTP). Los tres planteles son Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios (CETIS) No. 6 del Distrito Federal, el Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios (CBTIS) No. 237 de Tijuana, B.C. y No. 271 de Cd. Victoria, Tamaulipas.

La capacitación que se realiza es mediante “Sistema-Cascada” y se desarrolla de tal forma que la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA por sus siglas en inglés) a través de los expertos japoneses realizan la transferencia técnica a instructores del CNAD, en las áreas de materiales, proceso de inyección y moldes para inyección de plásticos; instructores del CNAD a su vez capacitan a los docentes de los planteles pilotos, en mismos y otros temas de transformación de plásticos, que complementan el programa de estudios del BTTP. Los docentes de los planteles son quienes directamente preparan a los alumnos, que al concluir pueden ingresar al nivel superior o insertar a las PyMES mexicanas, de esta forma se fortalece al sector de transformación de plásticos y a todos los sectores vinculados al mismo, mediante la obtención de Recurso Humano preparado.

Por lo anterior y en este sentido de cooperación, es que se presenta el “Manual del Docente para la impartición del Módulo I “Prepara compuestos para moldeo” del Bachillerato Tecnológico en Transformación de Plásticos, como una herramienta que facilite y permita guiar a los docentes a generar sus clases y transferencia de conocimientos a los alumnos de los planteles que cuenten con el BTTP.

Objetivo General

Prepara moldes para los procesos de transformación de plástico, cumpliendo con las normas correspondientes, siguiendo las medidas de seguridad e higiene; así como el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura de los procesos y cuidando del medio ambiente.

Prepara dados para moldeo de termoplásticos y termofijos aplicando los conocimientos y principios del proceso, mediante el uso óptimo de los recursos energéticos y materiales, bajo condiciones de seguridad e higiene y aplicando la normatividad vigente.

MÓDULO V

Información General

PREPARA MOLDES Y DADOS PARA LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

192 horas

SUBMÓDULO 1

Prepara moldes para el procesamiento de termoplásticos y termofijos

112 horas

SUBMÓDULO 2

Prepara dados para el procesamiento de termoplásticos y termofijos

80 horas

OCUPACIONES DE ACUERDO A LA CLASIFICACIÓN MEXICANA DE OCUPACIONES (CMO)

5141 Inspector de moldes de maquinaria industrial

SITIOS DE INSERCIÓN DE ACUERDO AL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN INDUSTRIAL DE AMÉRICA DEL NORTE (SCIAN-2007)

326110 Fabrica bolsas y películas plásticas sin soporte

MÓDULO V

PREPARA MOLDES Y DADOS PARA LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

RESULTADO DE APRENDIZAJE

Al finalizar el módulo el estudiante será capaz de:

- Preparar moldes y dados para los procesos de transformación de plásticos
 - Preparar moldes para el procesamiento de termoplásticos y termofijos
 - Preparar dados para el procesamiento de termoplásticos y termofijos

COMPETENCIAS / CONTENIDOS POR DESARROLLAR

No.	PROFESIONALES	SUBMÓDULO	SITUACIONES
1	Desmonta moldes y dados de máquina	1,2	Al término de la producción para limpieza, revisión y almacenamiento. En casos de reparación de molde o dado para la aplicación de medidas correctivas. Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción. Considerando imprevistos en la producción, tomando decisiones asertivas para su solución.
2	Limpia moldes y dados	1,2	Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción.
3	Verifica condiciones de moldes y dados	1,2	Para asegurar su estado físico y funcional para almacenarlo. Para identificar los elementos dañados y solicitar su reparación. Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción. Asegurando el cumplimiento de las condiciones adecuadas de molde para su utilización. Manteniendo comunicación asertiva sobre los avances del mantenimiento, con sus colaboradores e inmediatos superiores.
4	Acondiciona moldes y dados	1,2	Para ser utilizados en producción. Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción. Asegurando el cumplimiento de las condiciones adecuadas de molde para su utilización. Manteniendo comunicación asertiva sobre los avances del mantenimiento, con sus colaboradores e inmediatos superiores. Etiquetando los moldes y dados para su correcta identificación.

MÓDULO V

PREPARA MOLDES Y DADOS PARA LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

RESULTADO DE APRENDIZAJE

Al finalizar el módulo el estudiante será capaz de:

- Preparar moldes y dados para los procesos de transformación de plásticos
 - Preparar moldes para el procesamiento de termoplásticos y termofijos
 - Preparar dados para el procesamiento de termoplásticos y termofijos

COMPETENCIAS / CONTENIDOS POR DESARROLLAR

No.	PROFESIONALES	SUBMÓDULO	SITUACIONES
5	Monta moldes y dados	1.2	Al inicio de la producción Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción. Considerando imprevistos en la producción, tomando decisiones asertivas para su solución

MÓDULO V

PREPARA MOLDES Y DADOS PARA LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

COMPETENCIAS RELACIONADAS CON EL MARCO CURRICULAR COMÚN

DISCIPLINARES BÁSICAS SUGERIDAS

Competencias que se requieren para desarrollar las profesionales. Se desarrollan desde el componente de formación básica.

CE5 Explica el funcionamiento de máquinas de uso común a partir de nociones científicas

M6 Interpreta tablas, gráficos, mapas, diagramas y textos con símbolos matemáticos y científicos.

GENÉRICAS SUGERIDAS

Estos atributos están incluidos en las competencias profesionales; por lo tanto no se deben desarrollar por separado.

9.1 Privilegia el diálogo como mecanismo para la solución de conflictos.

8.3 Asume una actitud constructiva, congruente con los conocimientos y habilidades con los que cuenta dentro de distintos equipos de trabajo.

COMPETENCIAS DE PRODUCTIVIDAD Y EMPLEABILIDAD DE LA SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

Estos atributos están incluidos en las competencias profesionales; por lo tanto no se deben desarrollar por separado.

AD1. Enfrentar situaciones distintas a la que se está acostumbrado/a en la rutina de trabajo de forma abierta.

RI5. Mantener informados a sus colaboradores de los objetivos, responsabilidades y avances de las tareas asignadas

AP2. Verificar el cumplimiento de los parámetros de calidad exigidos.

MÓDULO V

PREPARA MOLDES Y DADOS PARA LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

La evaluación se realiza con el propósito de evidenciar, en la formación del estudiante, el desarrollo de las competencias profesionales y genéricas de manera integral mediante un proceso continuo y dinámico, creando las condiciones en las que se aplican y articulan ambas competencias en distintos espacios de aprendizaje y desempeño profesional. En el contexto de la evaluación por competencias es necesario recuperar las evidencias de desempeño con diversos instrumentos de evaluación, como la guía de observación, bitácoras y registros anecdóticos, entre otros. Las evidencias por producto, con carpetas de trabajos, reportes, bitácoras y listas de cotejo, entre otras. Y las evidencias de conocimientos, con cuestionarios, resúmenes, mapas mentales y cuadros sinópticos, entre otras. Para lo cual se aplicará una serie de prácticas integradoras que amole las evidencias y la presentación del portafolio.

No.	COMPETENCIAS PROFESIONALES	SUBMÓDULO	SITUACIONES	PRODUCTO	DESEMPEÑO
1	Desmonta moldes y dados de máquina	1,2	Al término de la producción para limpieza, revisión y almacenamiento. En casos de reparación de molde o dado para la aplicación de medidas correctivas. Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción. Considerando imprevistos en la producción, tomando decisiones asertivas para su solución.		El desmontaje de moldes y dados
2	Limpia moldes y dados	1,2	Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción.	Los moldes y dados limpiados	
3	Verifica condiciones de moldes y dados	1,2	Para asegurar su estado físico y funcional para almacenamiento. Para identificar los elementos dañados y solicitar su reparación. Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción. Asegurando el cumplimiento de las condiciones adecuadas de molde para su utilización. Manteniendo comunicación asertiva sobre los avances del mantenimiento, con sus colaboradores e inmediatos superiores.	Los moldes y dados verificados	

MÓDULO V

PREPARA MOLDES Y DADOS PARA LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

La evaluación se realiza con el propósito de evidenciar, en la formación del estudiante, el desarrollo de las competencias profesionales y genéricas de manera integral mediante un proceso continuo y dinámico, creando las condiciones en las que se aplican y articulan ambas competencias en distintos espacios de aprendizaje y desempeño profesional. En el contexto de la evaluación por competencias es necesario recuperar las evidencias de desempeño con diversos instrumentos de evaluación, como la guía de observación, bitácoras y registros anecdóticos, entre otros. Las evidencias por producto, con carpetas de trabajos, reportes, bitácoras y listas de cotejo, entre otras. Y las evidencias de conocimientos, con cuestionarios, resúmenes, mapas mentales y cuadros sinópticos, entre otras. Para lo cual se aplicará una serie de prácticas integradoras que amole las evidencias y la presentación del portafolio.

No.	COMPETENCIAS PROFESIONALES	SUBMÓDULO	SITUACIONES	PRODUCTO	DESEMPEÑO
4	Acondiciona moldes y dados	1,2	Para ser utilizados en producción. Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción. Asegurando el cumplimiento de las condiciones adecuadas de molde para su utilización. Manteniendo comunicación asertiva sobre los avances del mantenimiento, con sus colaboradores e inmediatos superiores. Etiquetando los moldes y dados para su correcta identificación.	Los moldes y dados acondicionados	
5	Monta moldes y dados	1,2	Al inicio de la producción. Cumpliendo con las condiciones de tiempo y forma establecidos en la planeación de la producción. Considerando imprevistos en la producción, tomando decisiones asertivas para su solución.		El montaje de moldes y dados

Consideraciones Generales

El presente manual ha sido elaborado para que se facilite su lectura y comprensión. Dentro de él localizará una serie de símbolos que le ayudarán a reforzar su aprendizaje mediante la propuesta de Actividades sugeridas. El significado de dicha simbología se detalla a continuación:

Símbolo	Simbología	Símbolo	Simbología
	Tema		Conclusión
	Subtema		Evaluación del aprendizaje
	Introducción al Tema		
	Desarrollo		

Se invita a todos los docentes que imparten el módulo V del BTTP a mejorar la versión de este manual del docente, compartiendo sus ideas, experiencias, conocimientos y habilidades didácticas que hayan adquirido en la impartición del módulo como en su trayectoria profesional, el medio será a través de la coordinación del CNAD que estará representado por sus docentes o instructor asignado a este módulo. Así mismo a respetar el trabajo, ideas, información, derechos de autor, etc., que se utilicen y mencionen en el manual.

Submodulo 1 Prepara moldes para el procesamiento de termoplásticos y termofijos.



TEMA 1: IDENTIFICA LOS COMPONENTES DEL MOLDE DE ACUERDO AL PRODUCTO A MANUFACTURAR

Objetivo particular:

De manera individual el participante describirá e identificará las partes principales de los moldes de dos y tres placas, así como las características de cada uno: como sistemas de colada caliente, fría, los diferentes tipos entrada, los materiales de los moldes, el sistema de refrigeración y los sistemas de expulsión.



INTRODUCCIÓN AL TEMA

Una de las técnicas de procesamiento de plásticos que más se utiliza es el moldeo por inyección, siendo uno de los procesos más comunes para la obtención de productos plásticos. Hoy en día cada casa, cada vehículo, cada oficina, cada fábrica, etc. contiene una gran cantidad de diferentes artículos que han sido fabricados por moldeo

por inyección. Entre ellos se pueden citar: teléfonos, vasijas, etc. y formas muy complejas. Para ello se necesita una máquina de inyección que incluya un molde.

La función básica del molde es la de dar forma al plástico inyectado, es decir conformar la geometría o formas, dimensiones, tolerancias y acabados requeridos por el diseño. Para esto el molde debe estar diseñado y adaptado a la máquina de inyección, al plástico, a la geometría de la pieza, a los volúmenes de fabricación y por consiguiente a los ciclos de producción.

Todo molde es único, está diseñado y fabricado para obtener una pieza determinada, aunque para moldear una misma pieza se pueden diseñar diferentes tipos de moldes.

El molde de inyección se divide en dos partes bien diferenciadas. La fija o de inyección y la móvil o de expulsión, cuando se unen dejan un vacío en el que se inyecta el plástico y moldea la pieza ver Fig. 1.1.



Fig.1.1 Moldes para inyección de plásticos.

El moldeo por inyección requiere temperaturas y presiones más elevadas que cualquier otra técnica de transformación, pero proporciona piezas y objetos de bastante precisión (siempre y cuando la resina utilizada no tenga una contracción excesiva), con superficies limpias y lisas, además de proporcionar un magnífico aprovechamiento del material, con un ritmo de producción elevado. Sin embargo, a veces, las piezas deben ser refinadas o acabadas posteriormente.

Los moldes pueden contener una o más cavidades, las cuales dependerán sobre todo de la productividad que deseemos tener con el molde. Hay que tener en cuenta, que a mayor cantidad de cavidades reduciremos el costo de fabricación de nuestro producto, pero encareceremos el precio del molde. Por lo que hay que estudiar este detalle detenidamente.

El molde, nos sirve para poder fabricar en serie gran cantidad de objetos, y con una amplia variedad de materiales plásticos. El uso uno u otro plástico, dependerá de la función de la pieza a inyectar.



DESARROLLO



1.1 Clasificación de los moldes

Conocer el significado e importancia del molde para inyección de plásticos. Tener conocimientos de la función del molde, sistema de colada, estructura de placas entre otros para aprender las generalidades del molde, ver Fig. 1.2.

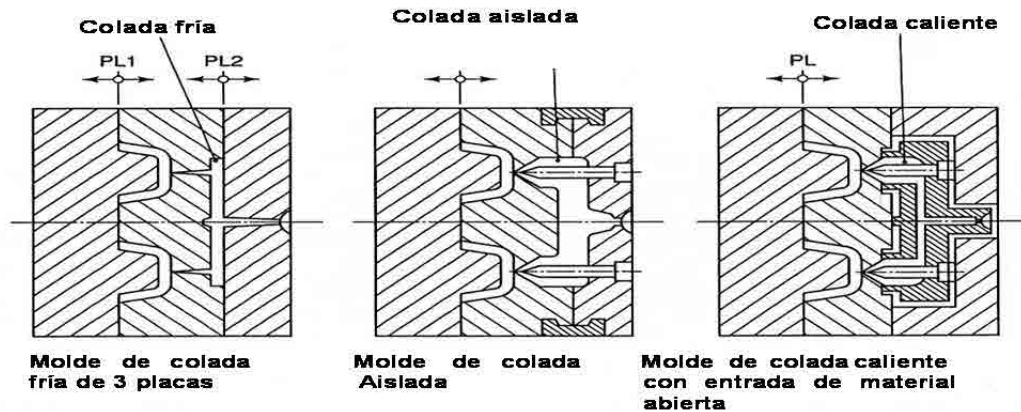


Fig.1.2 Sistema de coladas.

1.1.1 Sistema de colada fría.

Se moldea la parte innecesaria de la colada, por consecuencia el rendimiento del material es bajo, el ciclo de moldeo sobre todo en moldes de tres placas es largo por lo cual la productividad es baja, se requiere de energía para moldear la parte innecesaria de la colada y después reciclarla.

La calidad de las piezas se ve afectada ya que es fácil generar defectos debido a la falta de presión o falta de uniformidad en la presión, no hay restricciones de material para moldear las piezas, el mantenimiento es más fácil técnicamente en comparación con la colada caliente, y en general es menos costoso que la colada caliente y el tiempo de entrega también es más corto.

1.1.2 Sistema de colada caliente.

Se moldea solamente la parte necesaria de la pieza, por lo cual el rendimiento del material es bueno, en lo que concierne al ciclo de moldeo es el mínimo necesario, por lo que el rendimiento del material es bueno, se utiliza la energía solamente para moldear la parte necesaria de la pieza, por lo que la eficiencia de la energía es buena. Es fácil generar **quemando** o **ráfagas** debido al problema de temperatura del material fundido, los materiales que son sensibles a la temperatura y que tienen alta temperatura de fundición son difíciles para aplicar esta técnica, se

requiere una técnica especial y en general es más costoso que la colada fría y el tiempo de entrega es más largo.

Dentro de los moldes existen los moldes de dos placas y tres placas, para los tipos de colada antes mencionados, ver Fig. 1.3.



Fig.1.3 Moldes de dos placas y tres placas.

1.1.3 Molde de dos placas colada fría.

El molde de dos placas está formado por dos placas principales, la placa donde se encuentra la cavidad o (hembra) y la placa donde se localiza el núcleo o (macho), todos los sistemas de entrada de material tiene esta estructura con excepción del entrada Pin Pont, en general el molde de dos placas es menos costoso que el de tres placas y el ciclo de moldeo es más corto, ver Fig. 1.4.

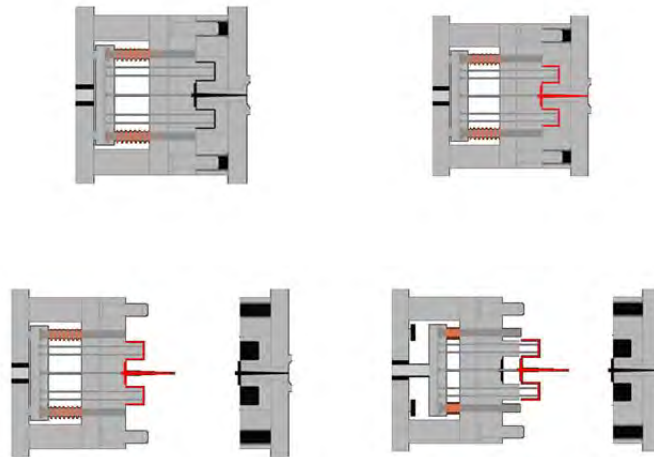


Fig.1.4 Molde de dos placas.

El molde con estructura formada por la placa de la cavidad, placa de núcleo y placa de tope también es considerado como molde de dos placas, ver Fig. 1.5.

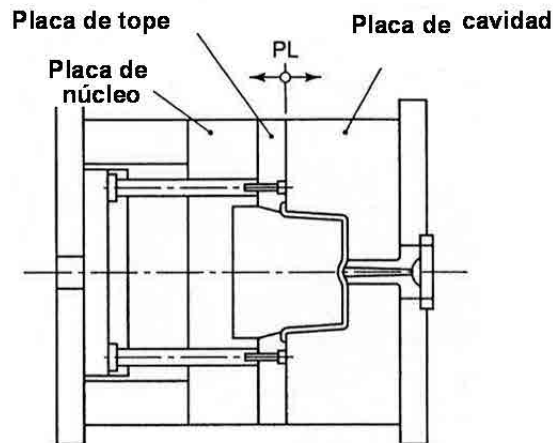


Fig.1.5 Molde con sistema de expulsión de placa.

El molde de 2 placas tiene la característica de que la pieza moldeada y la colada sean expulsadas de la misma cara PL.

1.1.4 Molde de tres placas colada fría.

El molde de 3 placas está formado principalmente de la; placa de cavidad, placa de núcleo y placa separadora de colada (*runner stripper plate*), el molde con entrada Pin point es considerado como molde de 3 placas, tiene la característica de que la pieza moldeada y la colada son expulsados por diferentes lados, el costo del molde y el de moldeo son más costosos que el molde de 2 placas, ver Fig. 1.6.

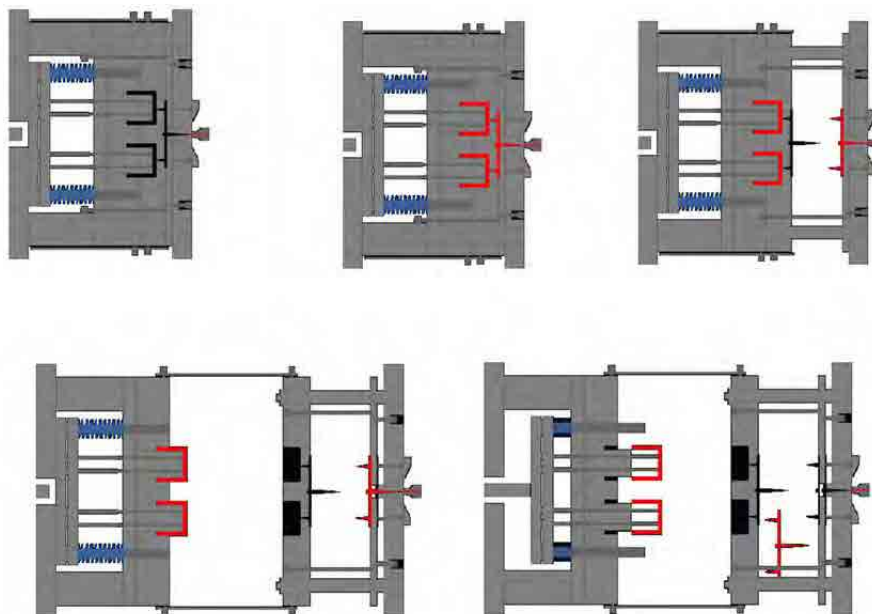


Fig.1.6 Molde de tres placas.

La secuencia del proceso de abrir un molde de 3 placas recibe influencia de varias resistencias. La secuencia correcta es; ①PL2→②PL1 →③PL3, ver Fig. 1.7.

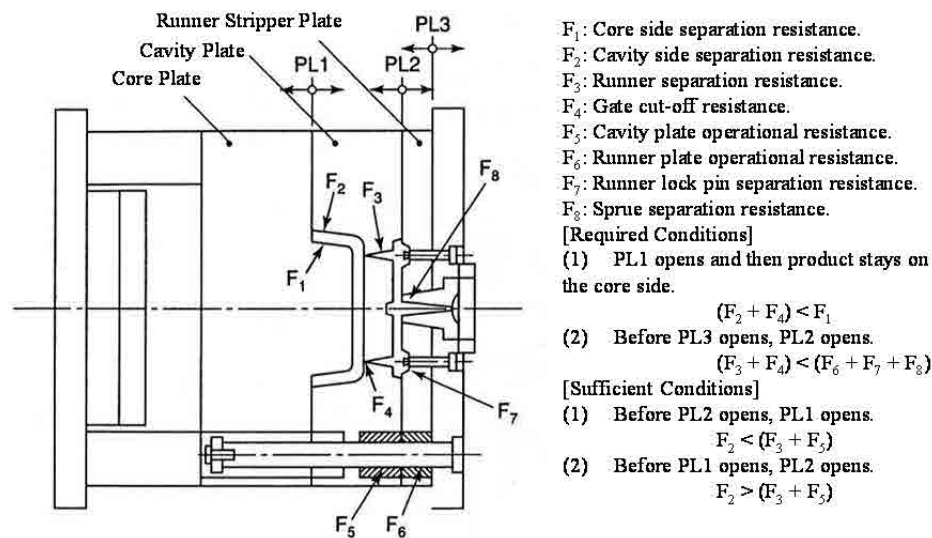


Fig.1.7 Molde de tres placas colada fría.

Los moldes de dos placas la colada es pequeña por lo que el rendimiento de material en bueno en comparación con el de tres placas donde la colada es grande por lo cual el rendimiento del material es bajo, así mismo el ciclo de moldeo para el de dos placas es relativamente corto por lo tanto la productividad es alta y en el de tres placas el ciclo de moldeo en el proceso de inyección y en el de apertura y cierre del molde son largos por lo tanto la productividad es baja.

En los moldes de dos placas según la forma de la pieza moldeada es difícil el diseño de la colada y entrada del material, siendo lo contrario en los moldes de tres placas donde es alta la adaptabilidad a la forma de la pieza a moldear, así también como el tamaño de la pieza, permitiendo moldear desde una pieza pequeña hasta una grande, lo cual no se puede lograr en moldes de dos placas.

Se requiere de trabajo posterior en los moldes de dos placas ya que es necesario cortar la entrada del material con excepción de los moldes con cierto tipo de entrada como el Submarine entrada, el cual se corta automáticamente, en los moldes de tres placas en general se utiliza el Pin Point entrada, que hace el corte automático de entrada, por lo tanto no se necesita cortar la entrada.

En lo referente al costo y tiempo de entrega el molde de dos placas es menos costoso y el tiempo de entrega es menor, en comparación con el molde de tres placas donde el costo se incrementa así como el tiempo de entrega.

1.1.5 Tipos de entrada de los moldes de colada fría.

A continuación se expone un resumen de los tipos de sistemas de coladas y entradas frías más usuales.

➤ Entrada cónica, con o sin barra

Se aplica por lo general para piezas de espesores de pared relativamente grueso, y también para la transformación de materiales de elevada viscosidad en condiciones térmicamente desfavorables. La barra ha de separarse después del desmoldeo de la pieza ver Fig. 1.8.

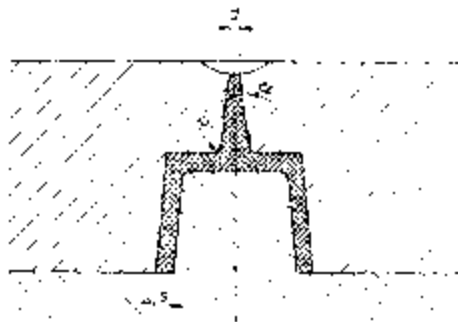


Fig.1.8 Entrada cónica, con o sin barra.

a = ángulo desmoldeo; s = espesor de pared;
 d = diámetro inicial colada cónica ($d \geq s$, $d \geq 0.5$)

➤ Entrada PinPoint (o capilar)

A diferencia de la colada de barra, la colada de sección puntiforme se separa generalmente de forma automática. Si molestan los pequeños restos de esta sección, «d» puede tener la forma de una pequeña cavidad lenticular en la superficie de la propia pieza. Para la expulsión automática de una colada cónica con sección puntiforme se utilizan las boquillas neumáticas de uso general, ver Fig. 1.9.

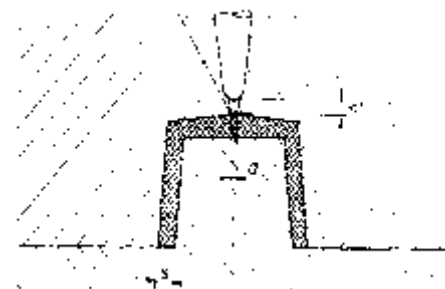


Fig1.9 Entrada Pinpoint: $d > 2/3 s$

➤ Entrada de paraguas

La colada de paraguas es adecuada para la fabricación, por ejemplo, de cojinetes de fricción con una precisión de redondez elevada, evitando además al máximo la existencia de líneas de unión. Las desventajas son el apoyo unilateral del hoyo central y la necesidad de operaciones de mecanizado para eliminar la colada, ver Fig. 1.10.

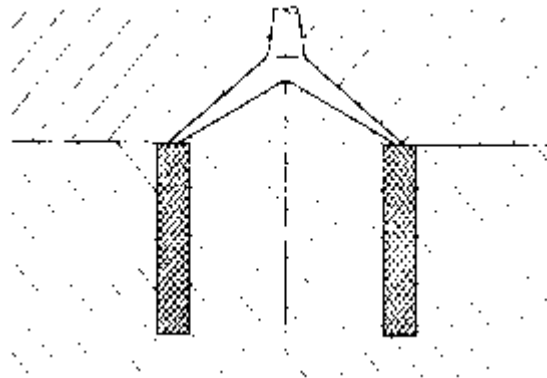


Fig.1.10 Entrada de paraguas.

➤ Entrada de disco

Aquí se unen preferentemente piezas cilíndricas por el interior, sin líneas de unión residuales. En el caso de materiales fibrosos de refuerzo (por ejemplo fibras de vidrio), la colada de disco puede favorecer la tendencia a la contracción. La colada se ha de eliminar después del desmoldeo, ver Fig. 1.11.

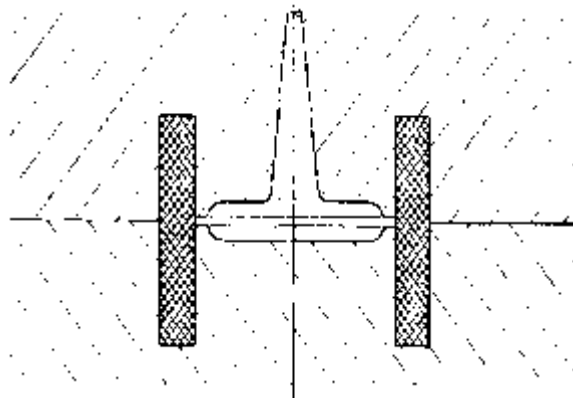


Fig.1.11 Entrada de disco.

➤ Entrada laminar o de cinta

Para fabricar piezas planas con un mínimo de contracción y de tensión es aconsejable la entrada en forma de cinta. Con una anchura igual a la de la pieza, este tipo de entrada origina una distribución homogénea del frente de la colada. Un cierto adelantamiento del material líquido en el sector de la colada de barra se

puede compensar con la corrección de la sección de entrada. Pero en el caso de moldes sencillos la entrada está situada fuera del eje de gravedad de la pieza, lo que puede conducir a un desgaste del molde y formación de cascarilla. La lámina de entrada es cizallada generalmente, por lo que no impide una fabricación automática, ver Fig. 1.12.

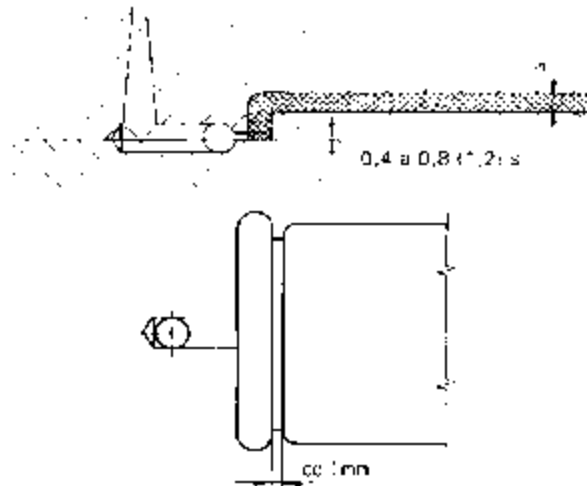


Fig.1.12 Entrada de cinta, preferentemente para piezas de gran superficie.

➤ Entrada de túnel o submarina.

Según la disposición, la entrada es separada de la colada al abrir el molde o por medio de una arista cortante en el momento de expulsar la pieza. La entrada de túnel es adecuada para la inyección lateral de las piezas. Sin tener en cuenta los posibles problemas por obturación precoz, la entrada de túnel permite secciones muy pequeñas, y con ello se consiguen marcas residuales casi invisibles sobre la pieza. Cuando se inyectan materiales abrasivos, la arista de corte está sometida a un mayor desgaste, lo cual conduce a problemas de separación de la colada, ver Fig. 1.13.

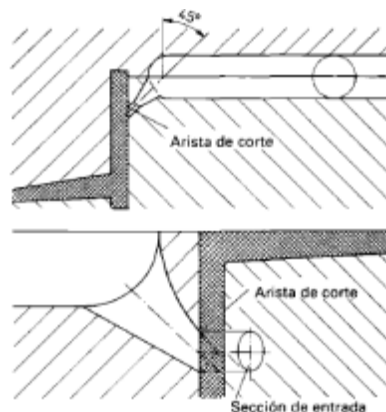


Fig.1.13 Entrada de túnel o submarina.

Los canales de distribución se han de construir de la forma más recta posible, evitando cualquier recodo innecesario, para conseguir que, independientemente de la situación, las cavidades de un molde múltiple se llenen de forma simultánea y homogénea (suponiendo que las cavidades son idénticas) y que las cavidades dispongan de un mismo tiempo de conformación.

Distribuciones en forma de estrella (A) o anillo (B), ofrecen la ventaja de distancias iguales y cortas. Pero están en desventaja cuando, por ejemplo, se han de construir correderas ver Fig. 1.14

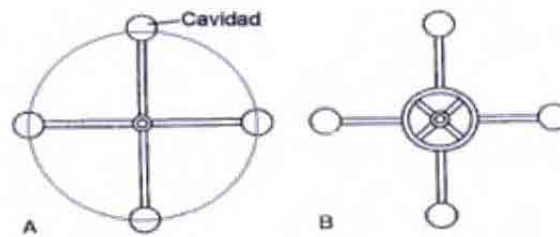
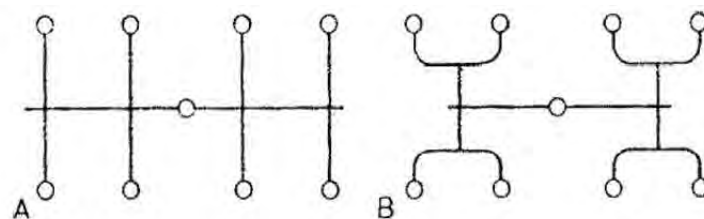


Fig.1.14 Distribución de anillo y estrella

Aquí se ofrecen las distribuciones en serie con la desventaja de que las distancias son desiguales.

Pero esta desventaja se puede compensar ampliamente con un equilibrado artificial, en la Fig. 1.15 se muestra un distribuidor en serie con equilibrado natural. Pero por lo general esta disposición muestra una relación relativamente desproporcionada del volumen de la pieza respecto al volumen de los canales de distribución.



A: longitud de colada desigual
B: longitud de colada constante

Fig.1.15 Equilibrado natural.

1.1.6 Moldes de colada caliente.

Los sistemas de canal caliente se desarrollaron por primera vez y entró en uso esporádico en los años 60 tempranos con general resultados negativos. Se hizo popular en los años 80 y 90 como ventajas tecnológicas permitieron una mayor

fiabilidad y la escalada de precios de las materias plásticas hecho los sistemas de colada caliente más conveniente y rentable. Los canales calientes son bastante complicados sistemas, que tienen que mantener el material plástico dentro de ellos calientan uniformemente, mientras que el resto del molde de inyección se enfría con el fin de solidificar rápidamente el producto. Por esta razón, generalmente se ensambla a partir de componentes prefabricados por empresas especializadas. Existen dos tipos principales de sistemas de colada caliente, sistema de calentamiento interior y sistema de calentamiento exterior.

Así mismo el sistema de calentamiento interior y exterior se clasifica en sistema de entrada abierta y sistema de entrada de válvula, en la Fig. 1.16 se muestra el sistema de entrada abierta. La pérdida de presión es grande en el calentamiento interior en comparación con el de exterior siendo esta menor, es fácil generar quemando y cambio de color debido a la reacción de material en el de calentamiento interior en tanto que en el de exterior es relativamente difícil que ocurra la retención de material.

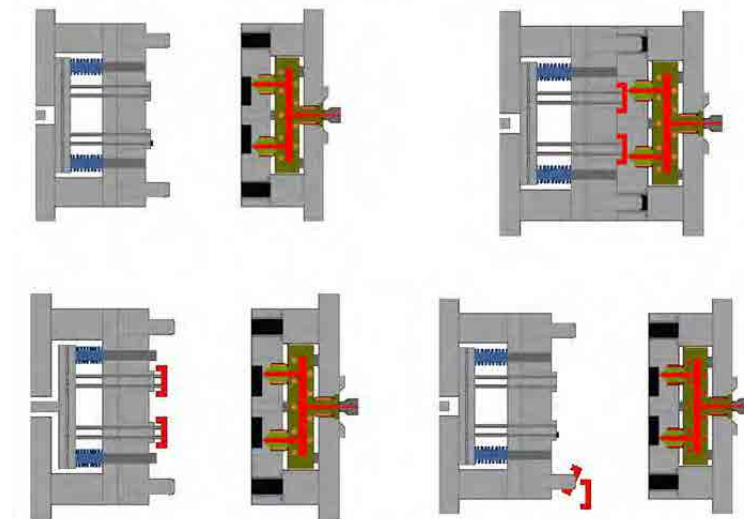


Fig. 1.16 Sistema de entrada abierta.

1.1.7 Sistema de calefacción

En el sistema de calentamiento interior se forma la capa solidificada, por lo tanto no se genera la fuga del material, en el de calentamiento exterior no se forma la capa solidificada, por lo tanto es posible la fuga del material, el coste del sistema de calentamiento interior es menor en comparación con el de calentamiento exterior. En la actualidad es predominante el calentamiento del exterior ya que tiene una pequeña pérdida de presión.

La boquilla en el sistema de colada caliente con entrada abierta (calentamiento del interior y del exterior) esto se puede lograr según el sistema de calentamiento, esto se muestra en la Fig. 1.17.

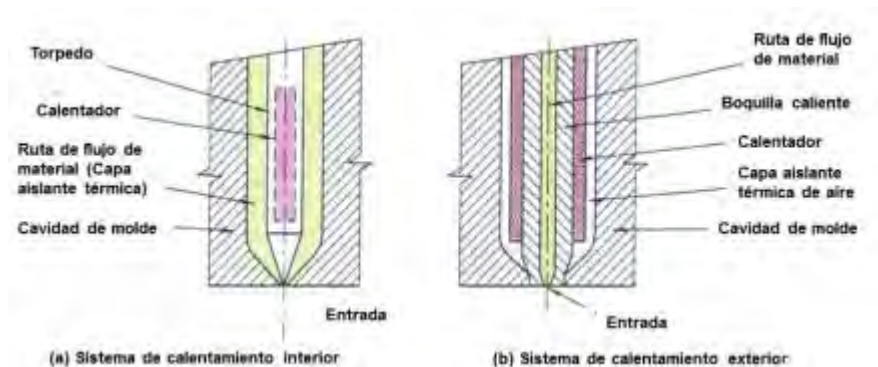


Fig.1.17 Sistema de entrada abierta de material.

Boquilla en el sistema de colada caliente con entrada de válvula (calentamiento del interior y del exterior) ver Fig. 1.18.

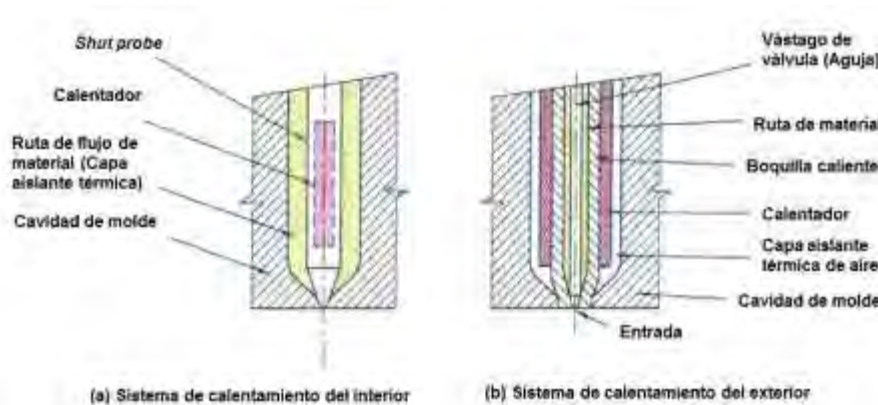


Fig.1.18 Sistema de entrada de válvula de material.

Con respecto al sistema de entrada de material del molde de colada caliente en la entrada abierta hay marcas de corte de entrada deteriorando la calidad de la pieza, lo cual no se presenta en la entrada de válvula, la pérdida de presión es grande en el de entrada abierta siendo muy pequeña en el de válvula, la fuga de material se presenta con mayor posibilidad en el de válvula presentándose en la parte móvil de esta, en la entrada abierta es fácil de cambiar el color así como el material y el costo es más bajo que el de entrada de válvula.



1.2 Partes de un molde de dos placas

Las partes de un molde así como sus componentes se pueden adquirir comercialmente por varios distribuidores y la selección de las partes como sus componentes va depender del producto a moldear, número de cavidades, la

capacidad de la máquina de inyección, si es de dos placas o tres etc. Son varios factores que influyen para esta selección, en la Fig. 1.19 se muestran las partes de un molde de dos placas.

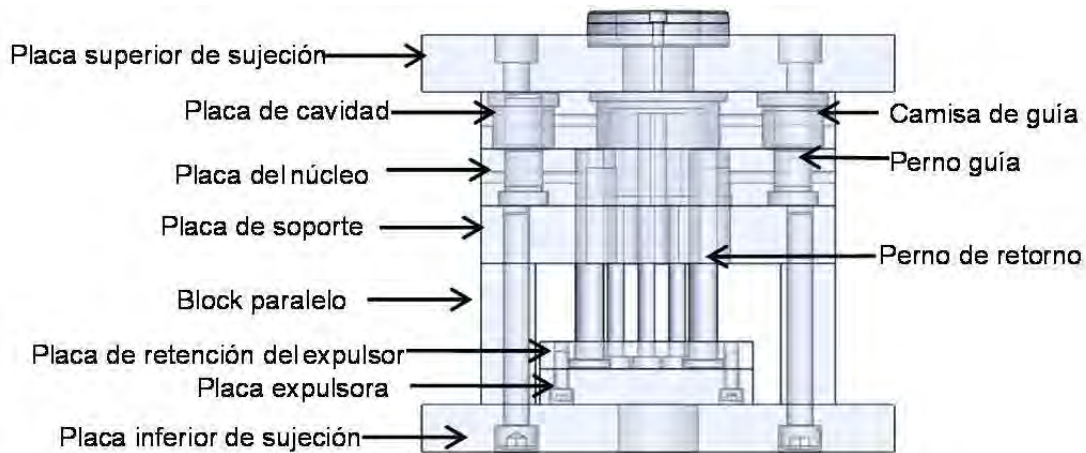


Fig.1.19 Molde de dos placas

Placa superior de sujeción

La placa superior del molde es la que se sujeta a la platina fija de la máquina de inyección por medio de cuatro tornillos, en esta placa superior se sujeta el anillo centrador con el cual se centrará en el hueco de la platina fija, también tiene cuatro cajas para tornillos los cuales se fija a la placa de cavidad.

Placa de cavidad

En esta placa se manufactura por lo general la cavidad de la pieza a inyectar, sin embargo también se pueden manufacturar insertos los cuales se ensamblan a la placa de la cavidad, al igual tiene la forma geométrica del sprue bushing.

Placa del núcleo

La placa del núcleo como su nombre lo dice es donde se encuentra el núcleo de la pieza a inyectar, que este núcleo también puede ser por medio de insertos y se ensambla a esta placa, también tiene la forma de la colada para poder inyectar la pieza diseñada, en este núcleo se manufacturan barrenos con el diámetro de los pines botadores.

Placa soporte.

Esta placa es la que se coloca por debajo de la placa del núcleo y es por donde pasan los pines botadores así como pernos de retorno y los tornillos de sujeción con la placa de núcleo.

Block paralelo

Block paralelo son dos placas que son el soporte de todas las placas antes mencionadas por donde pasan los tornillos de sujeción con la placa del núcleo.

Placa de retención del expulsor

Esta placa es la que nos sirve para sujetar los pines botadores y los pernos de retorno.

Placa expulsora

En esta placa se sujeta la placa de retención del expulsor siendo esta la que mueve a los pines botadores y a los pernos de retorno.

Placa inferior de sujeción

Esta placa se sujeta a la platina móvil de la máquina de inyección y esta es la que mueve a los block paralelos, placa soporte, placa de retención del expulsor, placa expulsora y placa núcleo.

Camisa de guía

Esta pieza se ensambla con placa de cavidad, por la camisa se deslizan los pernos guías.

Pernos guía

Los pernos guía son los que se insertan en las camisas guías deslizándose por la esta y con ello lograr que la placa de la cavidad y la placa núcleo se cierren para lograr inyectar el producto deseado.

Perno de retorno

Los pernos de retorno son los que nos permiten que tanto la placa de retención del expulsor y la de expulsión regresen a su posición después de la expulsión de la pieza moldeada.



1.3 Partes de un molde de tres placas

Las partes del molde de tres placas son las mismas que el de dos placas solo que en los de tres placas contamos con la placa Runner Stripper la cual nos permite la separación de la cola automáticamente de la pieza por el tipo de entrada utilizado que para los moldes de tres placas es el Pinpoint, las otras placas tienen la misma función que las de los moldes de dos placas descritas anteriormente.

A continuación se muestran en la Fig. 1.20 las partes del molde de tres placas.

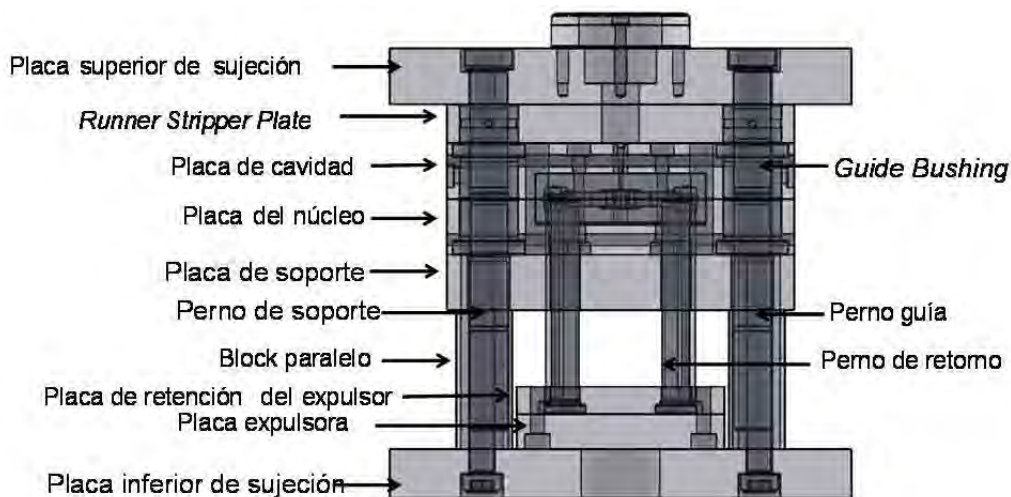


Fig.1.20 Partes del molde de tres placas.

En la actualidad para el diseño y manufactura de piezas de inyección así como de los moldes se utilizan cada vez más software que permiten el análisis de elementos finitos, y procedimientos de cálculo, con estos software se puede reducir el tiempo en el desarrollo y los costos, logrando la funcionalidad y optimizado de las piezas.

Cuando ya se determina la pieza a inyectar y cada uno de sus requerimientos de diseño de esta y del molde, se puede realizar la manufactura.



1.4 Selección de los materiales para moldes

1.4.1 Aspectos generales

Con el objetivo de conseguir la máxima utilidad es necesario que los materiales usados en la fabricación de moldes tengan las siguientes propiedades:

- Alta resistencia al desgaste

Para aumentar la rigidez a las piezas inyectadas, estas se refuerzan con fibras de vidrio, materiales minerales, a gran escala. Estos, así como los pigmentos de color, son altamente abrasivos. Por lo tanto, es de gran importancia la elección del material y/o del recubrimiento de las superficies.

- Alta resistencia a la corrosión

Los componentes agresivos como por ejemplo, los equipamientos protectores contra el fuego o el mismo material pueden originar agresiones químicas a la superficie del molde. Junto con los materiales de relleno y de refuerzo con efectos abrasivos pueden surgir daños acumulativos del molde. Es aconsejable

utilizar aceros de alta resistencia a la corrosión o con recubrimientos de las superficies (por ejemplo cromado múltiple).

- Alta estabilidad de medidas

La inyección, por ejemplo, de plásticos de elevada resistencia térmica exige temperaturas internas de la pared del molde de hasta 250 °C. Esto presupone la aplicación de aceros con una elevada temperatura de revenido. Si no se tiene en cuenta esta exigencia, se puede producir en función de la temperatura, un cambio de la estructura del molde y con ello un cambio de las medidas del mismo.

El cambio de medidas debido a tratamientos térmicos (por ejemplo, un temple por cementación) debe ser mínimo, pero por lo general no se puede evitar (salvo excepciones, tal es el caso de los aceros martensíticos). Un tratamiento térmico de moldes con grandes diferencias de espesor encierra riesgos (deformación, grietas, etc.). Preferentemente se utilizan aceros bonificados que pueden ser mecanizados por arranque de virutas. Por regla general, después de la mecanización se puede suprimir el tratamiento térmico ya que no será necesario. Pero también es cierto que la dureza y la resistencia mecánica de estos aceros son bajas. Por el contrario, si se mecanizan aceros mediante la electroerosión, se pueden utilizar templados con la máxima dureza.

- Buena conductibilidad térmica

En el caso de inyectar termoplásticos parcialmente cristalinos, la conductibilidad térmica en el molde adquiere gran importancia. Para influenciar adecuadamente la conducción del calor, se pueden utilizar aceros de diferentes aleaciones. No obstante, esta medida para controlar la termoconducción es relativamente limitada. Respecto a una termoconducción sensiblemente superior del cobre y sus aleaciones, se han de tener en cuenta el bajo módulo de elasticidad, la poca dureza y la baja resistencia al desgaste. Pero por medio de la cantidad y tipo de los componentes de la aleación se pueden variar los valores mecánicos hasta ciertos límites. Sin embargo, al mismo tiempo varía la conductibilidad térmica. La resistencia al desgaste se puede aumentar considerablemente mediante recubrimientos de la superficie (por ejemplo, niquelado sin corriente) no obstante se ha de tener en cuenta que en caso de elevada presión superficial o presión de Hertz, la superficie templada puede ceder, debido al escaso apoyo prestado por el material base blando. Además de estos requisitos, los materiales deben presentar una buena mecanización, alto grado de pureza y permitir un buen pulido, etc.

1.4.2 Aceros para moldes

La rigidez de una herramienta está en función de la selección del acero, ya que el módulo de elasticidad es prácticamente igual en todos los aceros comunes para herramientas. Pero según las exigencias específicas, los diferentes materiales pueden cumplirlas de forma más o menos óptima:

- ❖ Aceros de cementación,
- ❖ Aceros bonificados,
- ❖ Aceros para temple integral,
- ❖ Aceros resistentes a la oxidación,
- ❖ Materiales especiales.

1.4.3 Aceros de cementación

Se utilizan aceros pobres en carbono ($C \leq 0,3 \%$) que mediante cementación obtienen una superficie dura y resistente al desgaste (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Aceros de cementación

Nomenclatura	N.º de material	Dureza en la superficie HRC	Observaciones
CK 15	1.1141	62-64	Para piezas de bajas exigencias
21 MnCr5	1.2162	58-62	Acero para cementación estándar, buenas cualidades para el pulido
X6CrMo4	1.2341	58-62	Preferentemente sumergible en frío
X19NiCrMo4	1.2764	60-62	Perfecto para el pulido y grandes exigencias de calidad superficial

Durante el proceso de cementación (temperatura de tratamiento, entre 900 1000 °C) el carbono se difunde en la superficie de la pieza. La profundidad de la cementación depende de la temperatura y de la duración del proceso. Con tiempos largos de cementación (varios días) se consigue una profundidad de aproximadamente 2mm. Una superficie dura, resistente al desgaste, se consigue por enfriamiento de la pieza cementada, durante el cual el núcleo de la pieza, suponiendo que esta tenga el espesor suficiente, permanece blando.

1.4.4 Aceros para revenido

El bonificado es un tratamiento térmico para conseguir aceros de alta tenacidad con una resistencia mecánica determinada. El tratamiento se lleva a cabo templando la pieza y calentándola posteriormente a una temperatura de 300 a 700 °C, según los

requerimientos. Los aceros así tratados (Tabla 1.2) se mecanizan bonificados. El posterior temple de las piezas se puede suprimir, evitando de esta forma deformaciones y grietas originadas por el temple.

Tabla 1.2 Aceros para revenido

Nomenclatura	N.º de material	Resistencia tracción N/mm ²
40C MnMo7	1.2311	
40CrMnMoS8	1.2312	aprox. 1000
54NiCrMoV6	1.2711	

1.4.5 Acero para temple integral (Tabla 1.3)

Para conseguir una estructura homogénea, incluso en grandes secciones se utilizan aceros para temple integral, cuya dureza, resistencia y tenacidad se pueden adaptar individualmente a las necesidades por medio del proceso del revenido. A través de la temperatura de revenido se pueden influenciar estas propiedades de forma óptima. Los aceros de temple integral han dado muy buenos resultados para moldes de inyección de plásticos con efectos abrasivos (por ejemplo con fibras de vidrio).

Tabla 1.3 Temple

Nomenclatura	N.º de material	Resistencia N/mm ² Dureza HRC	Observaciones
X38CrMo V5 1	1.2342	1450	Acero estándar para trabajar en caliente
X45NiCrMo4	1.2767	50–54	Muy bueno para el pulido, alta tenacidad
90MnCrV8	1.2842	56–62	Resistencia al desgaste normal
X155CrVMo121	1.2397	58	Buena resistencia al desgaste, buena tenacidad
X210Cr12	1.2080	60–62	Alta resistencia al desgaste
X165CrMoV12	1.2601	63	Acero de elevada resistencia al desgaste

1.4.6 Aceros resistentes a la corrosión (Tabla 1.4)

Como protección contra plásticos o sus aditivos con efectos corrosivos existe básicamente la posibilidad de galvanizar los moldes. Como posible desventaja se ha de mencionar la elevada presión superficial en las aristas de cierre, que pueden provocar el agrietamiento de este recubrimiento. Por lo tanto, es aconsejable el uso de aceros resistentes a la corrosión. Se debe evitar de forma estricta la nitruración de estos aceros, ya que disminuye su propiedad de resistencia a la corrosión.

Tabla 1.4 Resistentes a la corrosión

Nomenclatura	N.º de material	Dureza HRC	Observaciones
X42Cr13	1.2083	54-56	Resistente a la corrosión sólo con tratamiento de pulido
X36CrMo17	1.2316	50	Mecanización después de tratamiento de revenido, alta resistencia a la corrosión
X105CrMo17	1.4125	57-60	Acero resistente a la corrosión y a los ácidos, resistente al desgaste

1.4.7 Procesos de tratamientos de superficies

El estado o el tipo del tratamiento superficial de una pieza en un molde estará determinado por su función. En la construcción de moldes, los tratamientos de superficies han de obtener o mejorar las siguientes propiedades:

- ❖ Aumento de la dureza superficial,
- ❖ Aumento de la presión superficial permitida,
- ❖ Aumento de la resistencia al desgaste,
- ❖ Mejora del comportamiento de deslizamiento,
- ❖ Mejora de la resistencia a la corrosión.

Los siguientes tratamientos superficiales son de amplia aplicación en la construcción de moldes:

- ❖ Nitruración,
- ❖ Cementación,
- ❖ Cromado duro,
- ❖ Niquelado duro,
- ❖ Recubrimiento con metal duro.

1.4.8 Nitruración

Entre los procedimientos de nitruración, el nitrurado por baño (por ejemplo el proceso Tenifer de la empresa Degussa, Hanau) ha alcanzado una gran divulgación. A través del nitrurado se consiguen durezas superficiales extremas, con amplia estabilidad de medidas a causa de una modificación química de la superficie, además de una mejora considerable de la resistencia al desgaste y a la fatiga. Debido a que la temperatura del nitrurado es de 570 °C, según el diagrama de calentamiento del acero correspondiente, se obtiene generalmente una reducción de la resistencia mecánica del núcleo. Casi todos los aceros comunes en la construcción de moldes pueden nitrurarse. No se aconseja la nitruración de aceros resistentes contra la corrosión pues disminuye precisamente esta propiedad.

1.4.9 Cementación

El proceso de cementación se utiliza en aceros de bajo contenido en carbono ($C \leq 0,3 \%$). Durante el tratamiento, el carbono se difunde por la superficie del material. Los aceros tratados de esta forma experimentan un gran aumento de la dureza de su superficie del material, mientras que el núcleo permanece dúctil.

1.4.10 Cromado duro

La aportación electrolítica de los recubrimientos de cromado duro tiene su aplicación sobre todo con el objetivo de conseguir superficies duras y resistentes al desgaste, que se aplican con éxito para la inyección de piezas de plástico con efectos abrasivos. Además el cromado duro se utiliza para reducir gripajes y para aumentar la protección contra la corrosión (cromado de múltiples capas). Igualmente el cromado duro se aplica para la reparación de superficies desgastadas. En caso de recromado repetido se ha de contar con una posible fragilidad a causa del hidrógeno en las zonas superficiales.

En las esquinas y puntos similares se ha de tener en cuenta la posibilidad de formación de puntos gruesos y el desprendimiento del recubrimiento.

1.4.11 Niquelado duro

En el procedimiento químico del niquelado duro, las capas de níquel son aportadas sin aplicación de corrientes extrema. Al contrario que en los procesos electrolíticos, en este no se da el desagradable efecto de formación de espesores diferentes (puntos gruesos), sobre todo en las esquinas. Esto significa que es posible niquelar taladros, perforaciones, superficies perfiladas, etc., sin ningún problema.

El procedimiento del niquelado sin corriente se ha dado a conocer con los nombres, por ejemplo de, Nibodur (empresa Paul Anke KG, Essen), Kanigen (empresa Heinrich Schnarr OHG, Aschaffenburg), y Dumicoat (empresa AHC- Técnica de superficies, Kerpen/Erft).

El espesor del recubrimiento aplicado corrientemente es de $40 \mu\text{m}$. Para la proyección sin corriente de recubrimientos sobre las superficies a proteger también se han aplicado con éxito los recubrimientos de dispersión de níquel-fósforo y carburo de silicio de la empresa Heinrich Schnarr OHG, bajo el nombre de Kanisil. Los procedimientos mencionados sobresalen sobre todo por su capacidad de resistencia a la corrosión y el desgaste y también son aplicables a materiales no ferreos, tales como el cobre. Pero se ha de tener en cuenta, que debido a la dureza

extremadamente superior de la superficie respecto al material base, aquella puede ser dañada y desprenderse en caso de aplicación de presiones.

1.4.12 Recubrimiento con metal duro

Para la obtención de elevadas resistencias contra el desgaste junto con una buena resistencia contra la corrosión, se han aplicado con gran éxito los recubrimientos basados en nitruros de titanio y otros metales duros. Estos recubrimientos se realizan, por ejemplo por las empresas Mahler GmbH, Esslingen/Neckar, VATEC-Systems GmbH, Weiterstadt y Deutsche Balzers GmbH, Geisenheim.



1.5 Materiales especiales

1.5.1 Aleación de metal duro

Las aleaciones de metal duro (materiales sintetizados) con elevados contenidos de carburo, utilizan sobre todo para herramientas y partes de moldes (zona de entrada) con un elevado desgaste por abrasión al inyectar materiales plásticos reforzados.

Las características de estos materiales son:

- ❖ Fácil mecanización en su estado de suministro,
- ❖ Templabilidad hasta aproximadamente 72 HRC, prácticamente sin deformación,
- ❖ Adecuados para el pulido,
- ❖ Muy elevada resistencia contra el desgaste y la corrosión.

Tabla 1.5 Dureza

Nombre de marca	Dureza HRC
Ferro-Titanit-WFN*	máx. 72. Dureza de revenido 48-50

Observación: Con temperaturas normales de inyección de plásticos, dureza aproximadamente 68 HRC, alta resistencia contra el desgaste

* Marca de denominación de la empresa Thyssen-Edelstahlwerke AG, Krefeld.

1.5.2 Materiales con conductibilidad de calor elevada

La regulación óptima de la temperatura del molde tiene una gran importancia. Influye de forma determinante en el tiempo de enfriamiento y de ciclo y en el caso de termoplásticos parcialmente cristalinos, influye en gran medida en la deformación y constancia de medidas y por consiguiente, en la calidad de la pieza inyectada.

Para mejorar la transmisión de temperatura de algunas partes, como de sectores completos del molde, se utilizan ventajosamente materiales no férreos como:

- ❖ Cobre,
- ❖ Cobre-berilio,
- ❖ Cobre-cobalto-berilio,
- ❖ Cobre-cromo-circonio, etc.

La conductibilidad de estos materiales es, por lo general, muy superior a la de los aceros, pero sin llegar a tener la misma dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la fatiga. Frecuentemente es necesario un buen recubrimiento de la superficie como condición necesaria para la aplicación con éxito de estos materiales.



1.6 SISTEMA DE PARTICIÓN Y DESMÓLDEO

1.6.1 Línea de partición (Parting line: PL)

Es necesario contar con el diseño de la pieza y definir la línea de partición (PL), ángulo de desmoldeo, determinación de tasa de contracción del moldeo la pieza a inyectar ya que de esto depende la colocación de la pieza en las placas de cavidad y núcleo ya que de esta manera se define el anverso y reverso de la pieza o producto también se debe considerar la resistencia de desmoldeo.

Aspectos a considerar para la definición de línea de partición:

1. Que la línea contribuya a que la resistencia de desmoldeo del lado fijo sea menor.
2. Que la línea sea lo más sencilla posible.
3. Que la línea sea lo más discreta posible.
4. Que la línea ayude a evitar tener Under cut.
5. Que tome en consideración el ángulo de desmoldeo.
6. Que la línea permita diseñar fácilmente entrada y coladas.

Ejemplo de análisis de la línea de partición (PL), en la Fig. 1.21, se muestra una pieza donde se requiere analizar la colocación del PL.



Fig. 1.21 Pieza para PL.

Se presentan tres propuestas para la colocación de la PL.

Propuesta 1: Se establece en el punto de intersección del radio de la esquina y la cara plana. La PL queda discreta y el desmoldeo es fácil.

Propuesta 2: El lado de la cavidad queda plano y el desmoldeo es fácil.

Propuesta 3: Existe la posibilidad de que la pieza quede en el lado de la cavidad además la PL se nota. Ver Fig. 1.22.

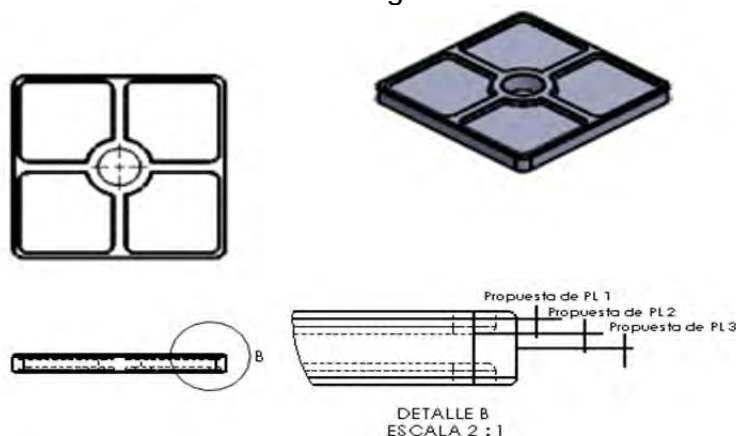


Fig. 1.22 Colocación de la PL ejemplo 1.

Propuesta 1: Se aplica Under cut solamente para el barreno b. Es factible el ángulo de desmoldeo.

Propuesta 2: Se aplica Under cut para los orificios a y c. Si se aplica el ángulo de desmoldeo, el diseño quedara asimétrico ver Fig. 1.23.

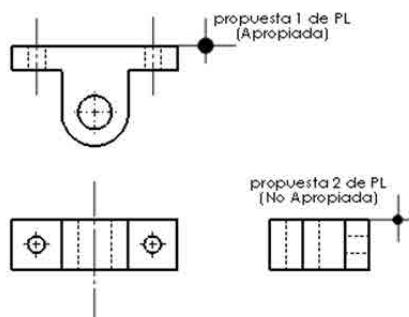


Fig. 1.23 Colocación de la PL ejemplo 2.

1.6.2 Ángulo de desmoldeo

El ángulo de desmoldeo se procura establecer lo más amplio posible en caras y que sea del mismo valor en ambas caras de cavidades y corazón ya que de lo contrario al realizar la manufactura del molde sería complicado darle valores distinto, de acuerdo a la colocación de la **PL** el ángulo de desmoldeo cambia ver Fig. 1.24.

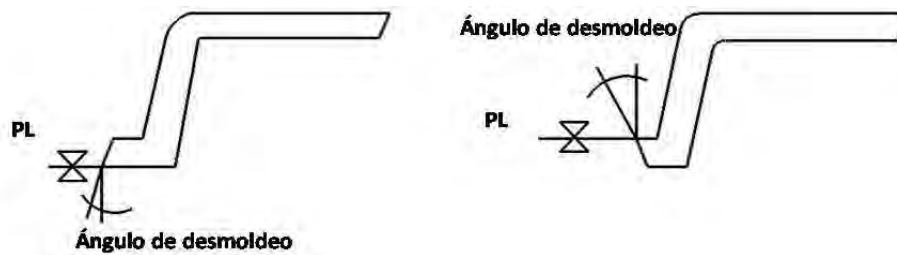


Fig. 1.24 Ángulo desmoldeo.

En la Fig. 1.25 se muestran los diferentes ángulos de desmoldeo según la pieza a moldear.

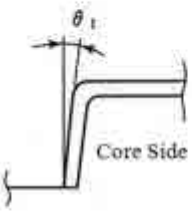
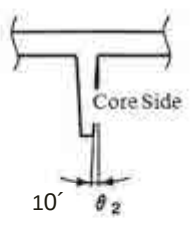
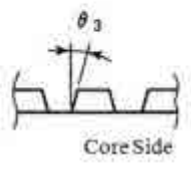
Item	Circumference	Rib	Lattice
Drawing			
Draft Angle	$1^{\circ} \sim 2^{\circ}$	$10'' \sim 1^{\circ}$	$4^{\circ} \sim 5^{\circ}$

Fig. 1.25 Ángulos de salida.

1.6.3 Tasa de contracción de moldeo

Contracción: cambio de volumen que sufre una pieza cuando se enfría una vez transformada (shrinkage). La tasa de contracción del material no es el valor intrínseco del material, esta varía según la presión del molde, el espesor de la pieza moldeada, el nivel de cristalización del material.

Consideraciones del proceso de contracción.

- Al quedarse sellado el entrada, ya no se transmite la presión sostenida.
- La fuerza de expansión trabaja contra la cara de la cavidad debido a la presión de la resina (recuperación de la elasticidad)
- En la cavidad se genera una deformación balanceada con la fuerza de expansión de la resina.
- La resina cerrada la cavidad pierde su calor por el molde, presentando la contracción del volumen.
- En caso del polímero cristalino, se presenta la contracción del nivel de cristal.

En la tasa de contracción del molde es importante considerar la Anisotropía de los materiales.

La anisotropía es la propiedad general de la materia de tener cualidades como: elasticidad, temperatura, conductividad, velocidad de propagación de la luz, etc. La anisotropía de los materiales es más acusada en los sólidos cristalinos, debido a su estructura atómica y molecular regular. En un sentido más general, se habla de anisotropía cuando cualquier cambio de escala de una figura o un cuerpo.

Puntos a considerar para determinar la tasa de contracción de moldeo.

1. Existencia o ausencia de restricciones.
2. Tolerancias dimensionales.
3. Espesor de la pieza moldeada.
4. Condiciones de evaluación.
5. Dimensiones del entrada.
6. Posición de entrada.
7. Anisotropía.

En la Fig. 1.26 (A) se muestra las dimensiones del dibujo de producto y en la 1.26 (B) las dimensiones que hay que lograr al realizar la manufactura del molde.

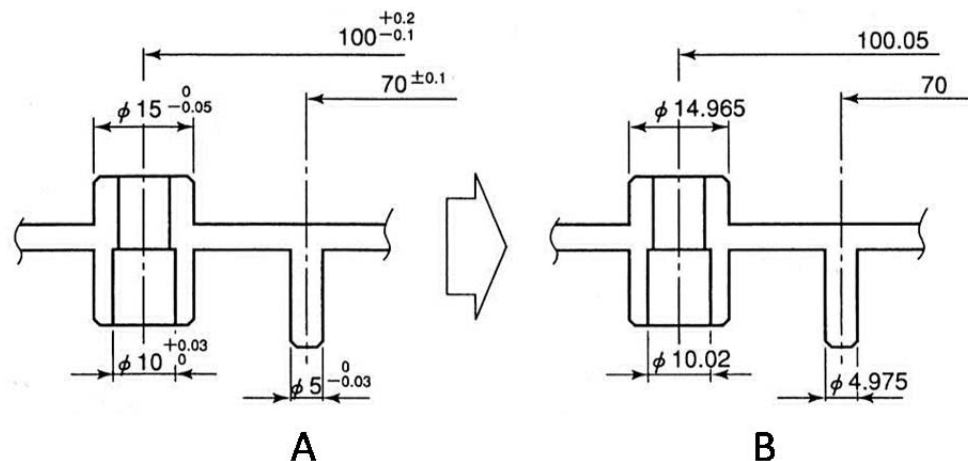


Fig. 1.26 Dimensiones del producto.

El material plástico entra en el molde directamente desde la boquilla de la máquina de inyección. El lugar por el que entra el material se llama bebedero o mazarota. Los canales de alimentación, o distribución, constituyen la parte de alimentación que une el bebedero con las cavidades del molde.

La elección, disposición y realización de los canales es muy importante, ya que influye directamente en el éxito de la operación de moldeo.

El material plástico penetra con gran velocidad en el molde, que se encuentra a una temperatura muy inferior y produce una disipación rápida de calor, enfriando y solidificando rápidamente el material que se encuentra en contacto con las paredes. El material que fluye al centro queda aislado respecto de la pared del canal y esta vena líquida es la que realiza el llenado de la cavidad y debe mantenerse hasta que la pieza esté totalmente solidificada.

Los objetivos que deben buscarse son:

- Llenado correcto de la cavidad.
- Ciclos cortos
- Mínimos desechos
- Mínimo impacto visual superficial

Un llenado correcto es aquel que da lugar a:

- Buenas líneas de soldadura
- Distribución de presiones adecuadas
- Distribución de temperatura correcta
- Llenado completo del molde

La situación del punto de inyección puede depender del sistema de alimentación que quiera emplearse. En función de donde ponga el punto de inyección pueden aparecer líneas de soldadura que producirán efectos ópticos y mecánicos (pueden perjudicar las características mecánicas de la pieza el lugar donde se produce la línea de soldadura). Estas líneas de soldadura se producen cuando se encuentran dos frentes de material plástico, en la Fig. 1.27 se muestra las líneas de unión.

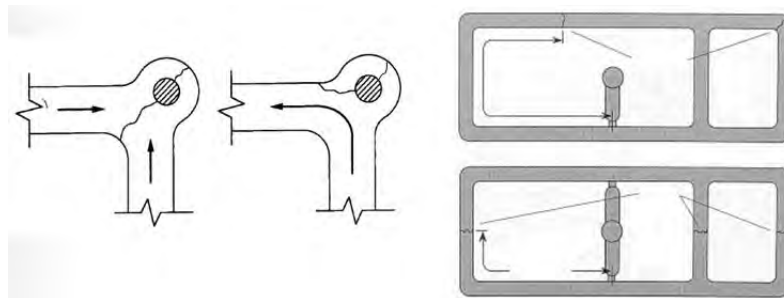


Fig. 1.27 líneas de unión

Las líneas de unión se producen por:

- ✓ Orientación molecular
- ✓ Fisura superficial
- ✓ Presencia de sustancias extrañas

Variables que influyen:

- ✓ Temperatura del material
- ✓ Presión de sostenimiento
- ✓ Velocidad de inyección
- ✓ Material
- ✓ Temperatura del molde

1.6.4 Bebedero

El material plástico entra en el molde directamente desde la boquilla de la máquina de inyección en la Fig. 1.28 se muestra la forma correcta de conectar la boquilla de la maquina con el Sprue Bushing. El lugar por el que entra se llama bebedero o mazarota. Los canales de alimentación, o de distribución, constituyen la parte del sistema de alimentación que une el bebedero con las cavidades del molde.

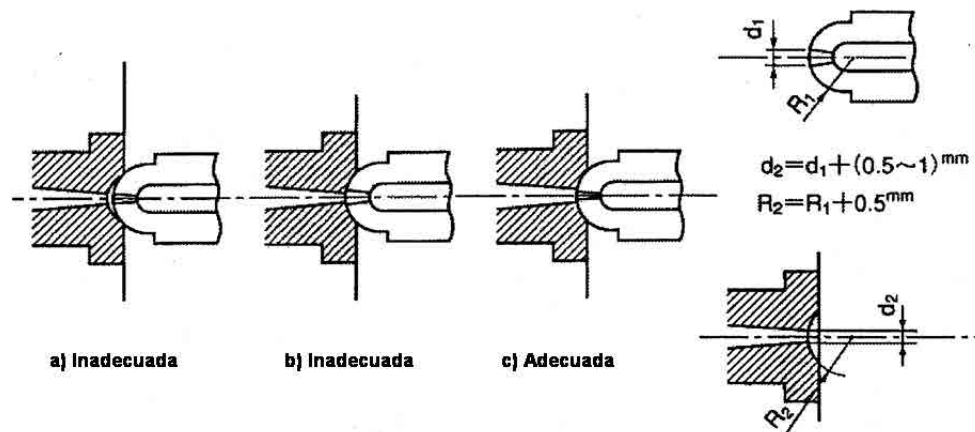


Fig. 1.28 Punto clave para el diseño de puntas de boquilla

La elección, disposición y realización de los canales es muy importante, ya que influye directamente en el éxito de la operación de moldeo. El material plástico penetra a gran velocidad en el molde, que se encuentra a una temperatura muy inferior y que produce una disipación rápida de calor, enfriando y solidificando rápidamente el material que se encuentra en contacto con las paredes.

El material que fluye por el centro queda aislado respecto de la pared del canal y es esta “vena líquida” la que realiza el llenado de la cavidad y debe mantenerse hasta que la pieza esté totalmente solidificada, con el fin de que la presión de ataque sea efectiva y capaz de compensar la contracción de volumen que tiene lugar durante la solidificación.

De esta exigencia se deriva principalmente la geometría de los canales en la Fig. 1.29 se muestran los diferentes formas de los canales. Deberán tener una sección

transversal que permita al material circular libremente, y una longitud lo más pequeña posible para disminuir la resistencia al flujo, las caídas de presión, las pérdidas de calor y las de material. La resistencia al flujo a lo largo de los canales se puede controlar con el tamaño de los mismos. De esta forma se dispone de un medio adecuado para equilibrar el flujo que se dirige a las distintas cavidades, ya que es necesario que todas ellas se llenen simultáneamente de un modo uniforme.

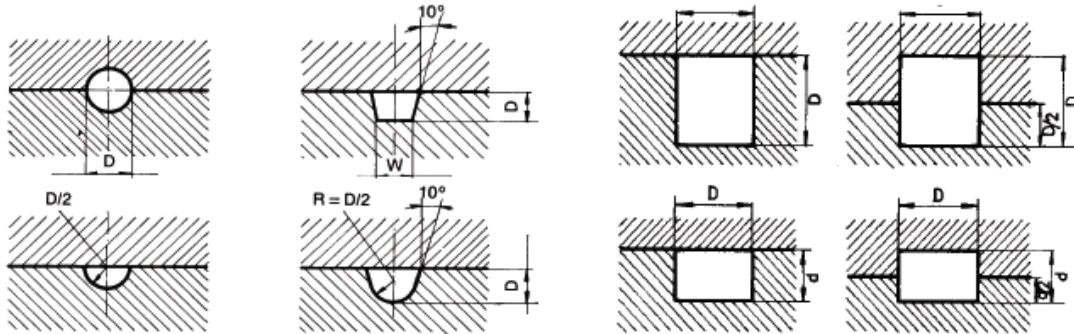


Fig. 1.29 Forma de los canales.

Los canales se mecanizan en la placa del molde. No deben tener marcas que puedan dar lugar a la retención del material, y sus paredes han de pulirse en la dirección del flujo para mayor facilidad del mismo, hay que evitar las curvas demasiado bruscas y los ángulos agudos, que constituyen un obstáculo para el deslizamiento del material y pueden crear turbulencias en la Fig. 1.30 se muestra la configuración de los canales.

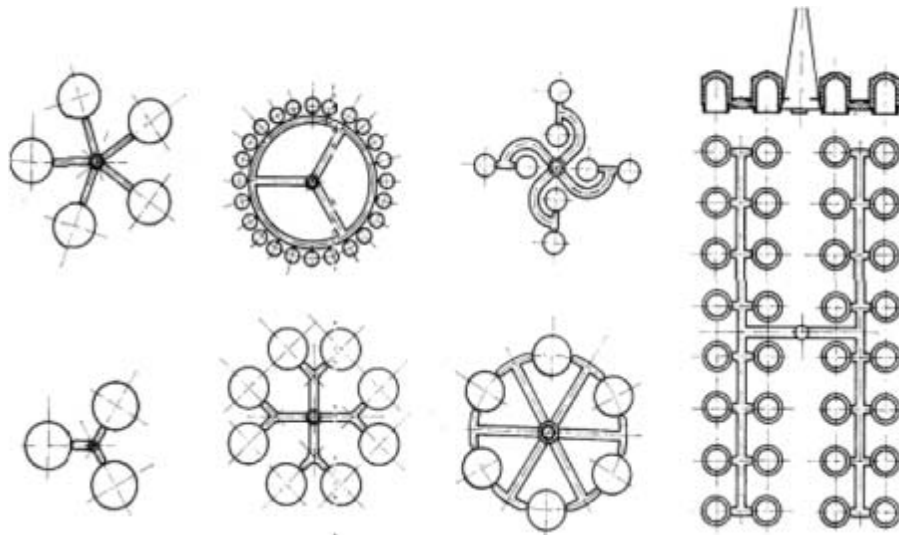


Fig. 1.30 Forma de los canales.

La entrada es el último estrechamiento que comunica el canal con la cavidad, hay que tener en cuenta donde se sitúa porque puede dejar una pequeña marca en la superficie de la pieza.



1.7 Sistema de enfriamiento

El material inyectado entra en el molde a una temperatura de 210°C . Ésta masa se debe enfriar lo más rápidamente posible. La temperatura de desmoldeo de un polipropileno o un polietileno debe ser inferior a los 100°C , si se extrae a temperaturas mayores se corre el riesgo de deformar o romper la pieza, aparte de que la contracción será mayor.

Para bajarla temperatura del molde se taladrarán unos agujeros. A los cuales se le colocan tapones de latón de. Las conexiones, de entrada y de salida, se realizarán con conectores rápidos ver Fig. 1.31.

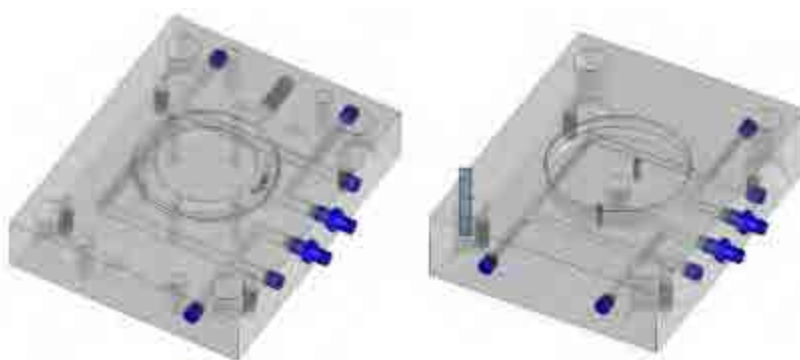


Fig. 1.31 Sistema de refrigeración.

Los taladros deben estar los más próximos a la pieza pero sin que éstos debiliten la estructura del molde que hay entre la pieza y el agujero. La norma permite dejar una distancia igual a “una vez y media el diámetro del taladro efectuado”.

1.7.1 Conducción Térmica

La conducción de calor es un mecanismo de transferencia de energía calorífica entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas sin flujo neto de materia y que tiende a igualar la temperatura dentro de un cuerpo o entre diferentes cuerpos en contacto por medio de transferencia de energía cinética de las partículas.

El principal parámetro dependiente del material que regula la conducción de calor en los materiales es la conductividad térmica, una propiedad física que mide la capacidad de conducción de calor o capacidad de una sustancia de transferir el movimiento cinético de sus moléculas a sus propias moléculas adyacentes o a otras sustancias con las que está en contacto. La inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica, que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor.

- Cuando hay una diferencia de temperatura entre diferentes partes de un objeto (o entre un objeto y otro), se presenta la transferencia térmica (o conducción térmica).
- El calor se transfiere de un lugar de mayor temperatura hacia uno de menor temperatura.
- Tres formas de la transferencia de calor:
 - Conducción térmica
 - Transferencia de calor por convección (flujo convectivo)
 - Transferencia de calor por radiación (emisión/radiación)
- Las tres formas arriba mencionadas se presentan al mismo tiempo y de una manera combinada, sin embargo, hay una forma que predomina sobre las otras.

Conducción térmica (Es una forma de transferencia de calor principalmente que se presenta en un objeto sólido.) ver Fig. 1.32.

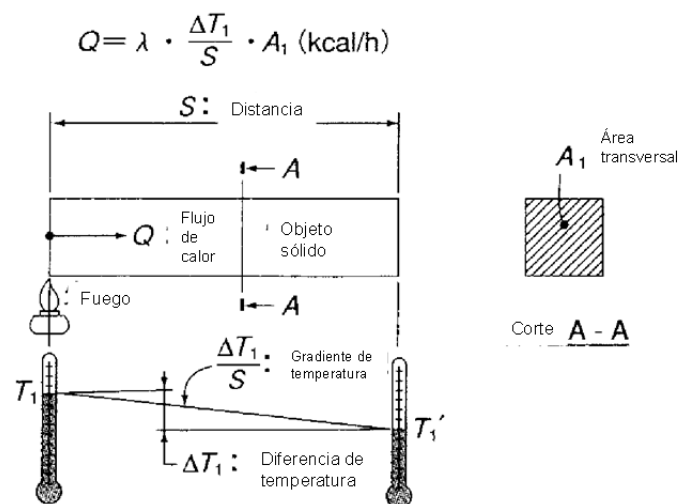


Fig. 1.32 Conducción térmica.

Transferencia de calor en el molde efectuada principalmente por conducción térmica. Transferencia de calor en el material del molde (Pieza moldeada $\Rightarrow$ Pared de la tubería de agua para enfriamiento en la Fig. 1.33 se muestra la taza de conducción térmica de diferentes materiales.

Puntos clave

- ✓ Hacer más delgado el espesor de la pieza.
- ✓ Utilizar material de mayor conductividad térmica para el molde.
- ✓ Incrementar el gradiente térmico (Diferencia de temperatura/ Distancia de transferencia)

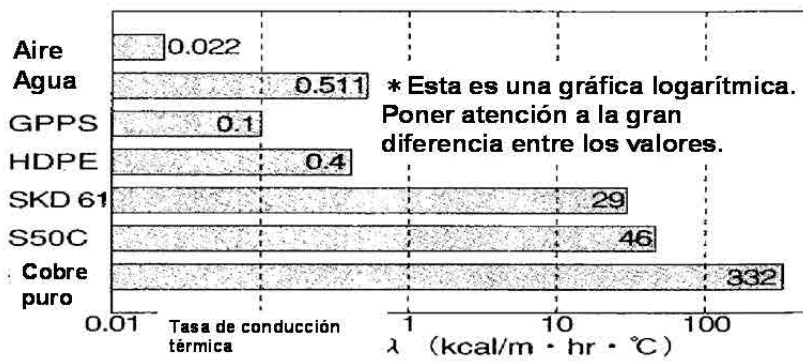


Fig. 1.33 Tasa de conducción térmica.

1.7.2 Transferencia de calor por convección

La convección es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (líquido o gas) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. La convección se produce únicamente por medio de materiales fluidos. Lo que se llama convección en sí, es el transporte de calor por medio del movimiento del fluido, por ejemplo: al trasegar el fluido por medio de bombas o al calentar agua en una cacerola, la que está en contacto con la parte de abajo de la cacerola se mueve hacia arriba, mientras que el agua que está en la superficie, desciende, ocupando el lugar que dejó la caliente.

La transferencia de calor implica el transporte de calor en un volumen y la mezcla de elementos macroscópicos de porciones calientes y frías de un gas o un líquido. Se incluye también el intercambio de energía entre una superficie sólida y un fluido o por medio de una bomba, un ventilador u otro dispositivo mecánico (convección mecánica, forzada o asistida). En la transferencia de calor libre o natural un fluido es más caliente o más frío y en contacto con una superficie sólida, causa una circulación debido a las diferencias de densidades que resultan del gradiente de temperaturas en el fluido.

Transferencia de calor por convección (Transferencia de calor principalmente en un fluido). Ver Fig. 1.34.

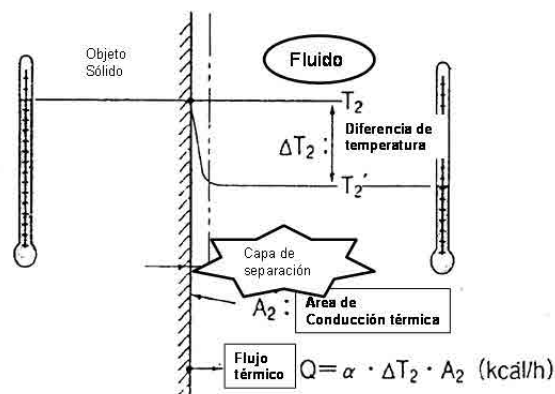


Fig. 1.34 Transferencia de calor por fluido.

Transferencia de calor, guiada principalmente por la transferencia por convección en el molde.

- Pared de la tubería de agua para el enfriamiento del molde $\Rightarrow$ Transferencia de calor hacia el líquido de enfriamiento

Puntos clave:

- Flujo con mayor conducción térmica (α) $\leftarrow$ Flujo con capa de separación delgada $\leftarrow$ Turbulencia $\leftarrow$
 - ✓ Que el flujo sea de mayor velocidad.
 - ✓ Que el medio sea menos viscoso.
- Bajar la temperatura del medio.
- Hacer lo más grande posible el área de conducción térmica (Hacer que la longitud del circuito de enfriamiento sea lo más larga posible).

1.7.3 Transferencia de calor por radiación (Transferencia de calor principalmente en el aire)

Se denomina radiación térmica o radiación calorífica a la emitida por un cuerpo debido a su temperatura, ver Fig. 1.35. Todos los cuerpos emiten radiación electromagnética, siendo su intensidad dependiente de la temperatura y de la longitud de onda considerada. En lo que respecta a la transferencia de calor la radiación relevante es la comprendida en el rango de longitudes de onda de $0,1\mu\text{m}$ a $100\mu\text{m}$, abarcando por tanto parte de la región ultravioleta, la visible y la infrarroja del espectro electromagnético.

La materia en un estado condensado (sólido o líquido) emite un espectro de radiación continuo. La frecuencia de onda emitida por radiación térmica es una densidad de probabilidad que depende solo de la temperatura.

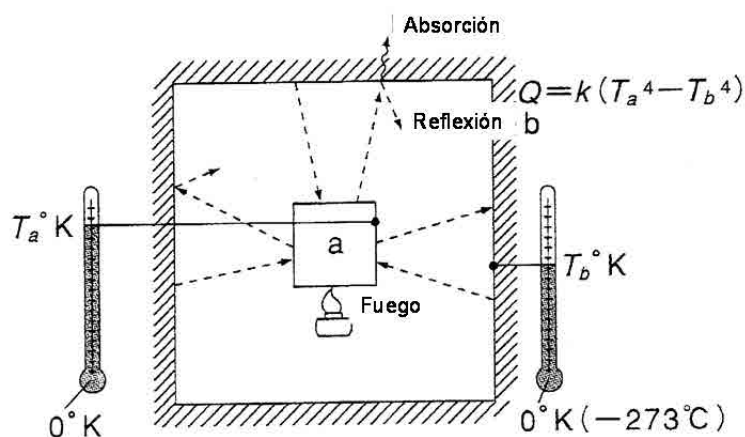


Fig. 1.35 Transferencia de calor por radiación.

1.7.4 Calor que recibe el molde

La mayor cantidad de calor que recibe el molde es el de la resina al inyectar esta y se concentra en la cavidad del molde (forma de la pieza a moldear), también recibe calor en menor cantidad de la boquilla del cañón al hacer contacto con la placa fija del molde en el sprue bushing al mismo tiempo el molde emite calor, esto se muestra en la Fig. 1.36.

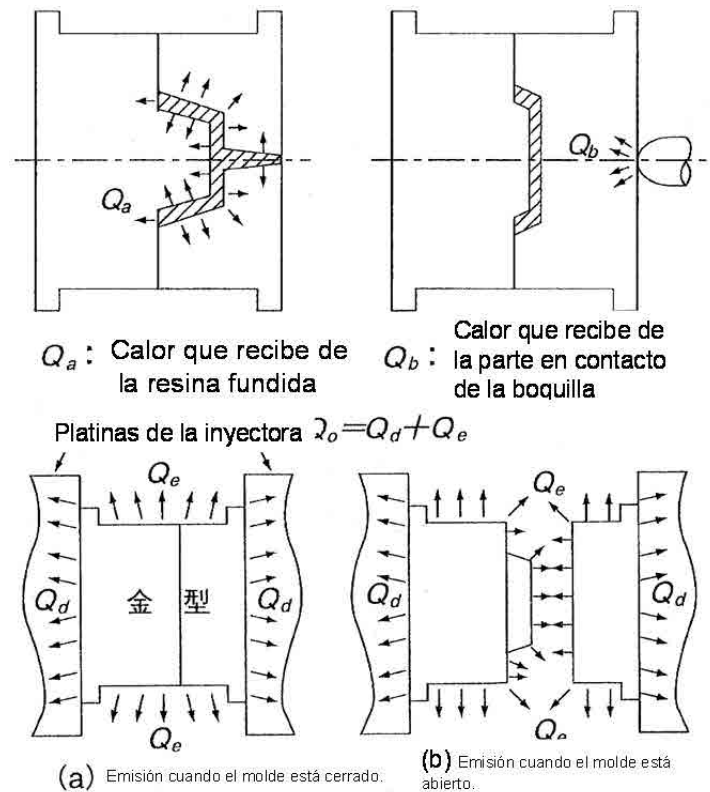


Fig.1.36 Calor del molde.

1.7.5 Conceptos básicos del diseño del circuito de enfriamiento

Se determina el diámetro del canal de enfriamiento (d), confirmando que el número de Reynolds (Re) de la turbulencia del medio se encuentre dentro del rango de 10,000~30,000. Se determina el área transversal del canal, calculando el diámetro equivalente (De) , excepto en caso de la forma circular.

$De = 4A / L$ sin embargo A: Área transversal del canal, L: Perímetro del área transversal del canal

Longitud del circuito de enfriamiento.

Se asegura que la longitud (y el área para conducción térmica) del canal sea suficiente.

En general, el sistema de enfriamiento se perfora o barrena con un acabado áspero. Las superficies internas ásperas de los canales de enfriamiento incrementan la

turbulencia del flujo del líquido refrigerante, así se provee un mejor intercambio de calor. En el flujo turbulento alcanza de 3ª 5 veces más intercambio de calor que un flujo laminar.

Los canales de enfriamiento deberán ser localizados cercanos a las superficies de la cavidad del molde con igual distancia entre centros, como se muestra en la Fig. 1.37. La resistencia mecánica del acero del molde deberá ser considerada cuando se diseña el sistema de enfriamiento.

Algunos termoplásticos requieren temperaturas de molde de 100°C o más, esto para obtener sus propiedades físicas y ópticas. El aislamiento térmico efectivo del molde es requerido para minimizar las pérdidas de calor entre el molde y las platinas de la máquina.

Placas aislantes con baja conductividad térmica y una resistencia a la compresión relativamente alta están disponibles en el mercado con cualquier proveedor de bases para moldes.

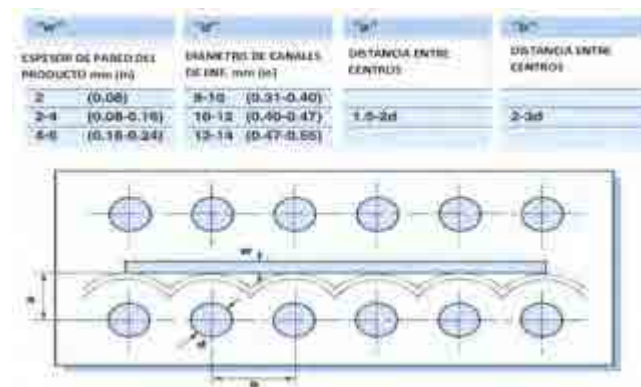


Fig. 1.37 Canales de enfriamiento.

Distribución del circuito de enfriamiento

Para tener el óptimo control de la temperatura del molde es necesario seguir las siguientes condiciones:

- ❖ Circuitos independientes y simétricos alrededor de las cavidades del molde.
- ❖ Los corazones necesitan enfriamiento efectivo, a través de láminas deflectoras, tubos capilares y pernos térmicos.
- ❖ Canales de refrigeración cortos para asegurar que la diferencia de temperatura a la entrada y salida del fluido refrigerante no exceda de los 5°C.
- ❖ Circuitos en paralelo son preferibles sobre los circuitos en serie, como se muestra en la Fig. 1.38.

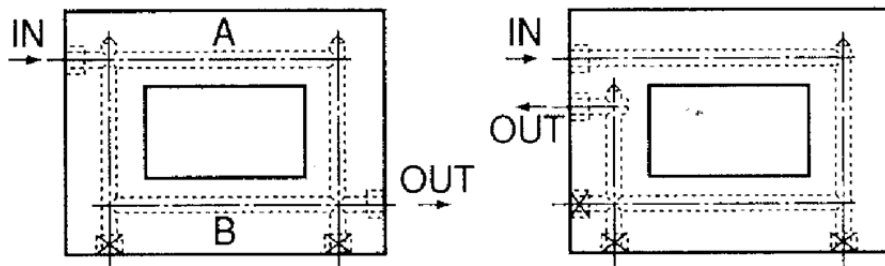


Fig. 1.38 Circuito de enfriamiento

- ❖ Evitar lugares muertos con posibilidad de atrapar burbujas de aire en los canales de refrigeración.
- ❖ Intercambio de calor entre el molde y la maquina deberá ser minimizado.
- ❖ Diferencias en la resistencia al flujo en los canales de enfriamiento, causados por el cambio de diámetro, deberá evitarse.

Las partes del molde que sean excesivamente calientes, como los bujes de los inyectores y áreas cercanas al punto de inyección, deberán ser enfriadas instantáneamente. Un rápido y constante enfriamiento es posible con el uso de metales de alta conductividad térmica, como el cobre berilio (CuBe_2). Estos metales son utilizados para tomar ventaja de sus propiedades en lugares donde es muy difícil o imposible colocar un canal de enfriamiento. El cobre-berilio transfiere el doble de calor que el acero al carbón y 4 veces más que el acero inoxidable.

1.7.6 Métodos de circuitos de enfriamiento

Método por perforación de taladro. El maquinado es sencillo por lo que se utiliza frecuentemente para enfriar las placas. Sin embargo no es apto para enfriar el contorno de producto con forma compleja ver Fig. 1.39.

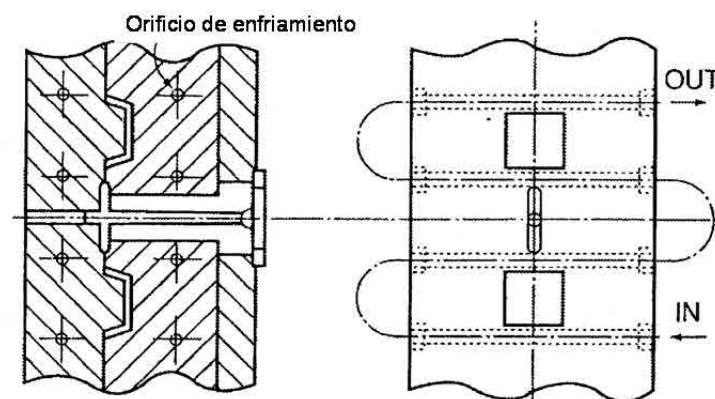
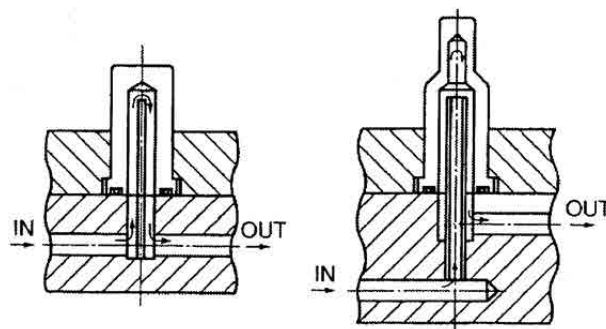


Fig. 1.39 Circuito paralelo.

Método de enfriamiento con depósito

Se aplica para enfriar el corazón del molde para un producto alto. Para direccionar el medio de enfriamiento hacia arriba, existen los siguientes métodos uno con deflector y otro con tubo. Ver Fig. 1.40.

Es una lámina que divide el flujo dentro de corazones largos, donde es difícil colocar un canal de enfriamiento. Este método consiste en realizar un barreno perpendicular al canal de enfriamiento que pasa por debajo del corazón, a dicho barreno se le coloca una lámina que separa al canal en 2 partes, lo que permite el refrigerante circule por los canales semicirculares formados dentro del corazón. El regreso pasa por el otro lado de la lámina deflectora y vuelve a circular por el canal principal de enfriamiento.



(a) Estructura con deflector (b) Estructura con tubo

Fig. 1.40 Enfriamiento con depósito.

Método de enfriamiento tubos capilares

Los tubos capilares tienen el mismo principio de funcionamiento que las láminas deflectoras, excepto que la lámina es remplazada por un tubo, con pequeños orificios en su base, como una fuente ver Fig. 1.41. El refrigerante circula por dentro del tubo, al llegar al final del mismo sale por los orificios dispuestos en la base del tubo, pasando al exterior de este y regresando así al canal de enfriamiento principal.

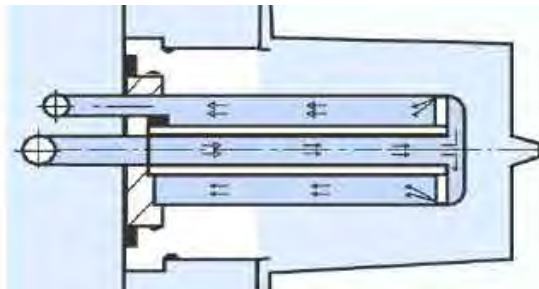


Fig. 1.41 Enfriamiento con tubos capilares.

Para corazones largos este es el método de enfriamiento más efectivo. El diámetro interior y exterior debe de ser ajustados de tal manera que en la sección transversal de la parte interna y la externa sea igual.

Método de enfriamiento pernos térmicos

Son cilindros sellados llenos de un fluido. El fluido vaporiza y recoge el calor del metal del molde y condensa liberando el calor al contacto con el refrigerante. La diferencia de calor de este tipo de pernos es 10 veces más grande que la de los pernos de cobre. Para una buena conducción del calor se debe evitar claros entre pernos térmicos y el corazón o la zona que se necesita enfriar, es decir, no debe existir aire entre pernos de acero ver Fig. 1.42. El uso de selladores de alta capacidad conductiva son recomendados para evitar claros.

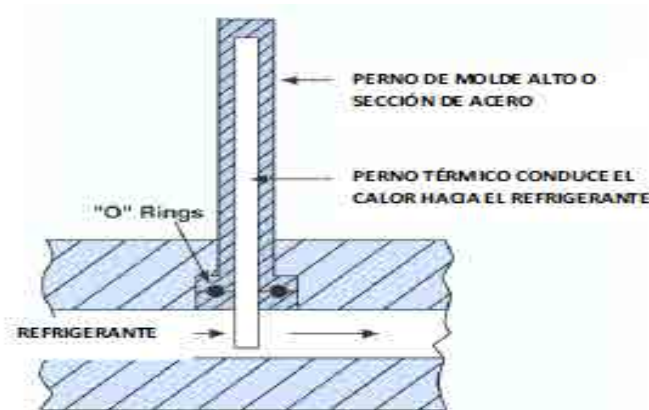


Fig. 1.42 Pernos térmicos.

Canal de enfriamiento en espiral.

Para corazones cilíndricos largos (de 40mm o mayores), se debe asegurar un flujo adecuado del refrigerante. Esto puede ser echo a través de insertos por donde el refrigerante alcance la punta del corazón por un barreno central y al salir a través de un canal en espiral que corre por toda la circunferencia externa.

El inserto se coloca dentro del corazón, de manera que el refrigerante pase entre las dos piezas ensambladas. Sin embargo el diseñador deberá tener cuidado, ya que este inserto debilita significativamente la resistencia del corazón ver Fig. 1.43. En medida de lo anterior el espesor de pared del corazón deberá ser menor a 3mm.

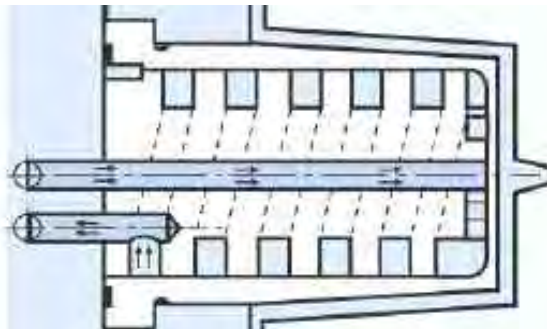


Fig. 1.43 Enfriamiento en espiral.

Canal de enfriamiento con aire.

Si el espesor de la sección que se necesita enfriar es muy pequeña (menos de 3mm) solamente podremos enfriar con aire. El aire es inyectado a los corazones desde fuera del molde durante la apertura o bien puede ser inyectado a través de un orificio central por dentro del molde. Este método nos permite mantener una temperatura muy exacta ver Fig. 1.44

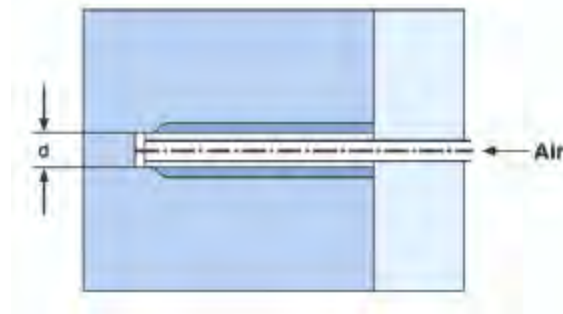


Fig. 1.44 Enfriamiento con aire.

La mejor forma de enfriar corazones largos (son aquellos menores de 5mm) es a través del uso de insertos hechos de materiales con alta conductividad térmica, como cobre-berilio (CuBe2.)

1.7.7 Sistema de expulsión.

Después de que la pieza moldeada ha solidificado y enfriado, esta deberá ser retirada del molde. Sería ideal que la pieza saliera de la cavidad del molde sola por la acción de la gravedad, sin embargo, la pieza moldeada permanece dentro del molde debido a posibles ángulos negativos de la pieza, la adhesión y los esfuerzos internos. Es por esto que es necesario emplear otro tipo de sistema o dispositivo para expulsar la pieza fuera del molde.

El equipo de expulsión es accionado normalmente mecánicamente por el sistema de apertura y expulsión de la máquina. Si este simple arreglo de dispositivos no es suficiente para expulsar la pieza, esta deberá ser desmoldeada a través de un elemento neumático o hidráulico. La expulsión manual de la pieza solo deberá ser permitida durante corridas de prueba o de muestras, cuando el tiempo de ciclo y su exactitud no son importantes, o bien cuando la cantidad de producción anual sea lo bastante baja para no justificar un gasto de un sistema automático de expulsión.

El sistema de expulsión está normalmente dispuesto en la mitad móvil del molde. La apertura del molde. Un requisito para este sistema es, por supuesto que la pieza permanezca del lado móvil del molde. Esto puede ser conseguido a través de la incorporación de ángulos negativos en la pieza permitiendo que la pieza moldeada

presente sus contracciones sobre la mitad móvil o corazón. Sin embargo el ángulo de desmoldeo y los acabados superficiales deberán asegurar que la pieza moldeada no se sujete demasiado al corazón.

Sistema de expulsión estándar para partes pequeñas.

Este es el tipo más empleado para la expulsión de piezas plásticas. Se hace a través de pernos expulsores que tocan directamente a la pieza para sacarla del corazón ver Fig. 1.45.

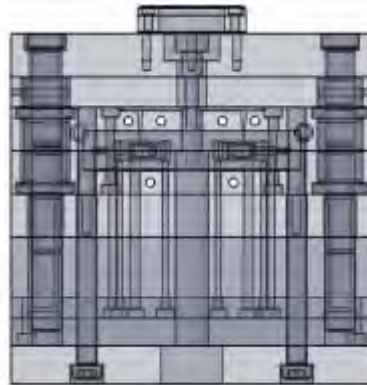


Fig. 1.45 Sistema de expulsión con pernos.

Para este tipo de expulsión encontramos gran variedad de pernos expulsores, de los cuales el diseñador deberá seleccionar el que mejor se adapte a las necesidades del molde y de la pieza.

Anillo expulsor

Este tipo de sistema se utiliza normalmente para piezas cilíndricas. Es un anillo dispuesto alrededor de toda la parte baja de la pieza plástica, en el sistema de expulsión de la máquina, a través de pernos, saca la pieza del corazón haciendo contacto con todo el cuello de la pieza. Es muy útil cuando no se permiten marcas de los botadores en el interior de la pieza ver Fig. 1.46.

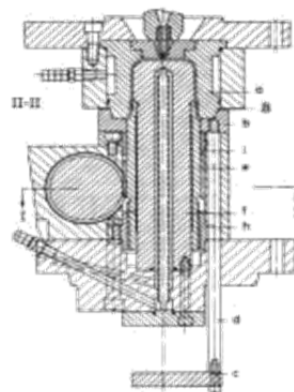


Fig. 1.46 Sistema de expulsión por anillo.

Carros laterales

Cuando la pieza tiene ángulo de salida negativo o bien geometrías negativas que impiden la expulsión es necesario instalar carros laterales que entren y salgan con ayuda de pernos inclinados. Al abrirse el molde estos pernos moverán los carros hacia a fuera liberando las geometrías negativas ver Fig. 1.47. También pueden auxiliarse de pernos botadores, levas, pistones hidráulicos y placas expulsoras.

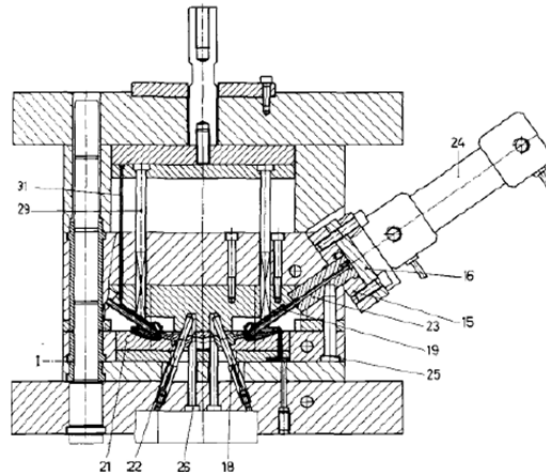


Fig. 1.47 Sistema de expulsión por carros laterales.

Desenrosque

Este tipo de desmoldeo es utilizado cuando se tienen roscas internas, lo cual genera ángulos negativos de salida. A través de motores hidráulicos o auxiliados con la apertura del molde, estos sistemas giran con el mismo paso que el de la rosca requerida en la pieza, por lo cual pueden desmoldear sin fracturar la parte moldeada ver Fig. 1.48. Es muy utilizado para tapas de botellas y para piezas plásticas que ensamblaran con tornillos.

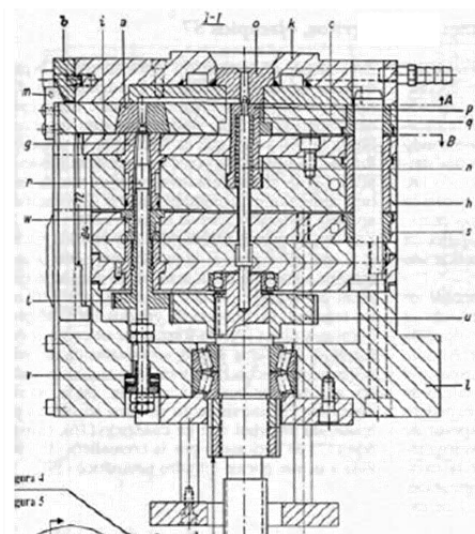


Fig. 1.48 Desmoldeo por desenrosque.

Válvula de aire

Este tipo de sistemas ocupa aire a presión para expulsar la pieza del molde. Son utilizadas como sistemas auxiliares a otro tipo de dispositivo. No son muy prácticos para piezas pesadas o muy grandes, ya que pueden ocasionar accidentes al no expulsar completamente la pieza ver Fig. 1.49. Es importante recomendar cautela en su aplicación.

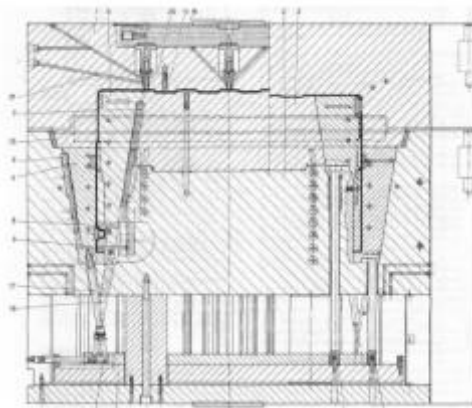


Fig. 1.49 Desmoldeo por aire.



CONCLUSIÓN

El participante explicara la forma en que están constituidos los moldes de dos placas, así como las partes de cada uno de estos moldes para un mayor entendimiento para esto se cuenta con dos moldes de acrílico uno de dos placas y tres placas como apoyo para que se muestren las partes y al mismo tiempo lo puedan ensamblar y desensamblar. Se mencionan los tipos de colada de los moldes ventajas y desventajas de cada uno de estos métodos, se presentan los tipos de entrada que se utilizan en el proceso de inyección, las formas de los canales.

Se ven los tipos de materiales para los moldes, su sistema de partición así como el ángulo de desmoldeo, la tasa de contracción de los materiales su sistema de refrigeración la conducción térmica los métodos de enfriamiento y los sistemas de expulsión.



EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones: Contesta a lo que se te pide.

- 1.- ¿Cuáles son los tipos de moldes desde el punto de vista de diseño?
- 2.- Menciona los tipos de colada de los moldes.
- 3.- ¿Qué tipos de entrada conoces?
- 4.- ¿Qué tipos de materiales son más comunes para la fabricación de moldes?

- 5.- Describe el proceso de Cementación.
- 6.- ¿Qué significa PL.?
- 7.- ¿Qué es el ángulo de desmoldeo?
- 8.- ¿Qué es el sistema de refrigeración en los moldes de inyección?
- 9.- ¿Cuáles son los tipos de transferencia térmica que se presentan en los moldes?
- 10.- Menciona los métodos de circuitos de enfriamiento que conoces.



TEMA 2: PREPARA LAS CONDICIONES EN LA MÁQUINAS DE INYECCIÓN PARA REALIZAR EL CAMBIO DE MOLDE

Objetivos particulares:

Preparará el participante las condiciones de trabajo en las máquinas de inyección, para el cambio de molde, mediante su conocimiento, habilidad y destreza para cumplir con la seguridad y calidad esperada del producto.



INTRODUCCIÓN AL TEMA

En el primer subtema que refiere al contexto para el cambio de molde en una máquina de inyección, las condiciones de trabajo, el personal capacitado, el área o departamento responsable, las funciones principales, así como las actividades del porqué, cuándo, cómo y dónde.

En este contexto se consideran las condiciones de seguridad, la identificación de riesgos que garanticen procedimientos seguros de trabajo.

El segundo subtema refiere precisamente al procedimiento del cambio de molde que tiene que ver con la logística previa, los métodos, los sistemas de cambio, la preparación y uso del herramental mínimo que se utiliza para el cambio de molde de una máquina de inyección.

Estos métodos te permitirán visualizar de manera muy puntual la reducción de tiempos muertos para un análisis de costo beneficio y que esto permita abonar para el logro del incremento de la productividad.

Finalmente el tercer subtema está enfocado al procedimiento del montaje y desmontaje del molde en una de las máquinas de inyección que se tienen en el CNAD, aplicando uno de los métodos descritos en el subtema dos, mediante una práctica demostrativa. Estamos seguros que la práctica que tú realizaras acompañado de tus instructores y tus compañeros te será de gran utilidad.

El departamento encargado de preparar estas condiciones es llamado de moldes, éste tiene como función principal la preparación previa al montaje, verificando si se puede montar el molde en cuestión a la máquina de inyección para el arranque de producción, así como el desmontaje de los moldes en el momento de cambio de tipo de producto, mantenimiento y el aseguramiento adecuado de su funcionamiento.



DESARROLLO



2.1 Condiciones de trabajo para el cambio de molde

El departamento de producción trabaja directamente con el departamento de moldes; dependiendo de las necesidades de fabricar un producto específico así será el cambio de moldes que una máquina tenga que realizar.

El análisis deberá ser detallado en cada una de las actividades programadas (diario, semanal, quincenal, mensual, trimestral y anual) para dicho departamento, ya que es esencial para el monitoreo de indicadores de eficiencia, para el trabajo de producción y del personal de moldes.

Las actividades principales del departamento de moldes son:

- **Revisión** de programa de producción
- **Verificación** de condiciones de seguridad e higiene del área de trabajo
- **Transporte** adecuado del herramental
- **Montaje y desmontaje** del molde
- **Aseguramiento** adecuado de su funcionamiento.
- **Elaborar formatos** para el control del trabajo realizado
- **Recolección** y colocación de herramientas utilizadas
- **Creación** de procedimientos

En el proceso de fabricación para los distintos productos de moldeo por inyección es necesario el cambio de moldes, por lo que este departamento tiene a su cargo el realizar esta actividad según la necesidad de producción y capacidad instalada, para poder fabricar un producto con la calidad esperada del cliente.

Cuando se comienza el análisis del proceso para el cambio de molde en una máquina de inyección, es necesario conocer e identificar las partes de ésta, así como saber el procedimiento básico de moldeo por inyección, para nuestro tema a tratar son las partes de la unidad de cierre.

2.1.1 Aplicación de las normas de seguridad en el cambio de moldes

Aplicar las normas de seguridad, salud y las de cuidado del medio ambiente, vigentes en la operación de cambio de molde, al trabajar en grupos con responsabilidad, respeto, orden y limpieza, nos garantizan que un procedimiento se está realizando de una manera segura y correcta; éstas garantizan la seguridad del personal así como también la estandarización de procesos.

Como parte fundamental del proceso de cambio de moldes en máquinas de inyección, es necesario contar con procedimientos seguros de trabajo; en el que se indiquen todos los pasos, herramientas, protecciones personales y formas de manejo de piezas que debe de seguir todo el personal del departamento de moldes; para poder llegar a realizar correctamente las normas y procedimientos, es necesario conocer previamente cada uno de los escenarios que puedan atentar contra la seguridad al personal y saber la manera más eficaz para poder llegar a asegurarla.

Condiciones de seguridad y salud que aplican en la operación de cambio de molde.

- Detectar causas y prevención de riesgo.
- Uso y manejo del equipo de protección personal.
- Control de seguridad en el proceso.

A continuación podemos ver las normas de seguridad que difieren según el país, fabricante de la máquina y el país que las utiliza. Se debe poner atención al hecho de que no todo es igual, puede haber diferencias, recordar que México importa muchas máquinas inyectoras.

- Norma NOM (Mex) Norma Oficial Mexicana STPS
- ANSI (USA) American National Standards Institute
- Norma EN (Marca CE) Garantizar la conformidad entre los productos Europeos
- Norma JIS (Japón) Japanese Industrial Standards
- Norma GB (China) En Pinyin significa “Norma Nacional China”
- Norma KS (Korea) Comité de Normalización de Korea
- ISO (International Organization for Standardization)
- Otras

Los conceptos básicos de seguridad que deben manejar en todo momento como buenas prácticas de manufactura en el montaje y desmontaje de molde son:

- **Seguridad:** Es estar libre de riesgos inaceptables. La “Seguridad” se define a través del “Riesgo”. La “Seguridad” se define como tal al estar libre de “riesgos inaceptables”.
- **Riesgo:** Es la combinación de la probabilidad de generación de daños o lesiones, y el grado de dichos daños.
- **Daño:** Es el daño físico generado al cuerpo humano o daño a la salud humana.

- **Daño físico** generado al cuerpo humano (lesiones de brazo, cuerpo entero como; heridas, lesiones, amputaciones, quemaduras).
- **Impedimento** por salud (intoxicación, asfixia, etc.)

Fuentes de riesgo latente:

Fuente de riesgos mecánicos por fuerza, presión o tracción (Aplastamiento, corte, cortadura en alguna extremidad, machucamiento, amputación, etc.). Para tener un control sobre las fuentes de riesgo en el trabajo, se debe usar el equipo de protección personal, una vez asegurado se tendrá cuidado al levantar el molde cuidando el balance y utilizando los puntos de apoyo o enganche para el levantamiento, traslado y manipulación. Antes de llevar a cabo el levantamiento del molde se deben verificar los equipos, como el polipasto, cadena, ganchos, carros para el transporte, etc. Los equipos para levantar cargas como polipasto, cadenas y carros deberán indicar claramente el peso máximo de carga. Al enganchar el molde al polipasto, se deberá calcular el centro de gravedad o equilibrio, de modo que se debe asegurar que el molde levantado no pierda el equilibrio. La máquina cuenta con varias partes de tracción, por lo que existe el peligro de atorarse en la parte de tracción o de desplazamiento, por esta razón la máquina cuenta con las puertas de seguridad ("placa de detención" barra de carrera), cubiertas de seguridad, por lo que está prohibido quitarlas. La placa de detención es un dispositivo mecánico que al abrir la puerta de seguridad del lado del operador, la placa de detención se cae sobre la barra de carrera. Con esto, la avería del circuito hidráulico o eléctrico se activará la máquina para cerrar el molde, aún con la puerta de seguridad abierta, la placa de detención choca con el borde del canal de la barra de carrera y evita que el molde se cierre. Al cerrar la puerta, empuja el dispositivo metálico empujador de la placa de detención, liberando a la placa de detención del canal de la barra de carrera, pudiendo reanudar con el cierre del molde.

Fuente de riesgo eléctrico (quemaduras por contacto, descarga eléctrica).

Para tener un control de esta fuente en el cambio de molde se deberá asegurar de usar el equipo de protección personal para verificar que los dispositivos eléctricos funcionen y estén en buen estado ya que hay posibilidades de descargas eléctricas, por lo que se deben tener bien identificadas, estas son:

- Caja de fuentes de alimentación
- Calefacción del cilindro
- Tablero de control
- Caja de control
- Interruptores de límite

- Electroválvulas
- Puertas de seguridad
- Cubiertas superiores

Todas estas con interruptor de límite, interruptor de emergencia (se detiene el motor y se interrumpe la operación y el circuito calentador, y la máquina se paran)

Fuente de riesgo térmico (quemaduras temperatura del molde, de la resina y lesiones por calor).

Para lograr un control de esta fuente en el cambio de molde se debe utilizar el equipo de protección personal, en seguida de esto, tener contacto con el molde en la operación del montaje o en su caso desmontaje con mucho cuidado con los medios de calor.

La **ayuda visual** de “Indicaciones de riesgo” es una herramienta que explica los pasos y modos de operación que pueden provocar accidentes mortales en caso de no seguir las indicaciones. Así también la ayuda visual de “Indicaciones de advertencia” es una herramienta que explica los pasos y los modos de operación que pueden causar lesiones graves o mortales en caso de no seguir las indicaciones o “Advertencias”

2.1.2 Principios de la seguridad.

- Principio de seguridad.- Si no hay fuente de riesgo, es seguro.
- Fuente de riesgo: Es la fuente que genera la lesión o impedimento de un adecuado estado de la salud.
- Calor (transformación por calor), Presión- fuerza (Presión de inyección, fuerza de cierre del molde, peso, dispositivo de tracción o fuerza motriz.
- Principio del paro.- La máquina parada es segura. Durante la operación de inyección se cierran y se abren los moldes, movimientos de expulsión y de avance para la inyección, etc., todos estos movimientos se detienen al parar el motor. Motor desactivado (OFF) en el momento de la operación.
- Principio de aislamiento.- Si la persona no está cerca, es seguro.
- Al cambiar moldes y al inicio para el ajuste, se requiere la intervención de la persona (operador).
- Cuando es totalmente automático, no se requiere del operador (en caso que sea robotizado).

- Cuando es semiautomático o manual, debe intervenir el operador. Existe el riesgo de que alguien se acerque al robot en operación (Es necesario establecer medidas de seguridad).

El fabricante de máquinas inyectoras debe cumplir con sistemas y dispositivos de seguridad, así como el operador debe poner mucha atención en leer los manuales y recomendaciones del fabricante, antes de instalar, probar y arrancar la máquina, ejemplo: En ISO12100 se procura la seguridad por niveles, con medidas a ser tomadas según la numeración de la orden.

- 1) Disminución de riesgos por medio del diseño (Diseño de seguridad esencial)
- 2) Disminución de riesgos con equipos de protección para la seguridad
- 3) Disminución de riesgos a través de información en la operación de la máquina

Previo a los procesos y actividades del personal del departamento de moldes es necesario evaluar las condiciones y actos inseguros que pueden generar un incidente dentro del departamento, el análisis de condiciones inseguras es de suma importancia ya que dará origen a todas las prácticas seguras, medidas de mitigación y equipo de seguridad necesario para poderlas validar, todo esto con el fin de asegurar el bienestar de todo el personal del departamento de moldes.

Equipo de protección personal necesario para cambio de moldes.

A continuación se enlistaran los accesorios del equipo mínimo de seguridad de protección personal, que todo los trabajadores deberán contemplar al momento de ejecutar las siguientes actividades: cambio de moldes pequeños y grandes, traslado de herramientas y piezas a las máquinas de inyección, precalentamientos de moldes, limpieza y finalmente en el momento de ejecutar todo el mantenimiento en el departamento de moldes.

- Faja lumbar de seguridad
- Botas de seguridad
- Guantes para altas temperaturas
- Gafas
- Mascarilla full FACE
- Tapones auditivos
- Casco
- Camisa o bata manga larga

Validar que un proceso está realizándose de acuerdo a las normas o procedimientos específicos es de suma importancia, ya que el no realizarlo adecuadamente puede

llegar a impactar negativamente en el desarrollo y ejecución de producción, cómo son los paros por accidentes, licencias para operar, y costos indirectos al producto terminado.

El proceso de cambio de moldes genera posibles riesgos laborales como: quemaduras severas, aplastamientos, lesiones lumbares y descargas eléctricas; el análisis constante de los potenciales incidentes debe ser una actividad crítica para todo el departamento de manufactura, eliminar cada uno de estos escenarios contribuyen a que el proceso sea más confiable de acuerdo a normas de seguridad internacionales (OSHAS 18000).

El riesgo detectado es una observación directa que realiza una persona al visualizar un peligro potencial para todo el personal involucrado en el proceso o lugar específico donde se determinó la posible actividad peligrosa, ésta debe ser analizada y registrada lo más detalladamente posible.



2.2 Métodos de cambio de molde

El cambio de moldes en la máquina de inyección necesita una logística previa al comienzo con el montaje o desmontaje de estos; es necesario saber con seguridad que producto se fabricará, ya que a la hora en que va comenzar a producir la máquina de inyección, debe existir disponibilidad de materiales en la bodega del departamento de moldes, esto contribuyen a preparar previa y adecuadamente cada una de las tareas y sobre todo contribuye a realizarlo de una forma segura y eficiente.

Las actividades críticas asignadas al departamento de moldes dependen totalmente de la producción programada, esto debido a que los arranques, paro y cambios de tipo de productos dan como resultado el ajuste, montaje y desmontaje de moldes; para poder llegar a medir y programar eficientemente las tareas prioritarias es necesario contar con un programa detallado de planificación así como con un seguimiento continuo del producto terminado; para esto es necesario la creación de formatos y procedimientos que permitan detallar toda la información, éstos deben contar con la siguiente información:

- **Código del producto.** La codificación de productos identifica específicamente a cada pieza a producir, esta sirve para procesos de órdenes de compra, repuestos.
- **Producto a fabricar,** describe el detalle de las piezas a fabricar como las dimensiones (especificaciones).

- **Orden de compra.** Es un número correlativo que relaciona al cliente con el tipo de pieza
- **Total a producir.** Cantidad de piezas, esto da un estimado del tiempo en promedio en que tarda el producto en fabricarse.
- **Producción real.** Cantidad actual de piezas producidas durante un tiempo específico, esto ayuda a poder calcular en cuanto tiempo el producto estará finalizado.
- **Producción pendiente.** Cantidad de piezas para cumplir con la orden de compra.
- **% cumplimiento.** Porcentaje de eficiencias de acuerdo a lo programado, coeficiente entre lo que se tiene fabricado vs la totalidad de piezas a producir.

El departamento de producción es un cliente directo de todo el trabajo del departamento de moldes; ya que según sean las necesidades de fabricar un producto específico, así será el cambio de moldes que una máquina de inyección tenga que ser sometida, es necesario tomar en cuenta que el precalentamiento correcto, montaje adecuado y ajuste necesario determina en gran medida la calidad del producto terminado.

2.2.1 Sistemas para el cambio de moldes.

Existen dos sistemas para el cambio de moldes y la diferencia entre estos depende de la herramienta que se utilice, la entrada, el tamaño, moldes especiales, aparato o dispositivo cambiador, método que se utilice (Ver Tabla 1.6).

El sistema manual puede utilizar o no la grúa como herramienta, dependiendo de la entrada del molde, el tamaño o el método a utilizar. El sistema automático siempre utiliza el aparato o dispositivo cambiador como herramienta para la entrada del molde de tipo fijo, movable y de entrada lateral, además de aplicar un método específico.

Tabla 2.1 Métodos para cambio de moldes.

Sistema	Herramientas	Entrada del molde	Otros
Manual	Grúa	Entrada por arriba de la máquina	Es el tipo más común
		Cambio manual	Moldes de tamaño pequeño, moldes especiales
		Uso del aparato cambiador. La mayoría es de entrada lateral.	Tipo fijo, tipo movable. Se coloca a la máquina con la grúa.
Automático	Aparato cambiador.	Tipo fijo, movable, entrada lateral.	Cambio simple (Single change), FMS aplicable (Flexible Manufacturing System)

Fuente: Material didáctico transferencia tecnológica 2012

Los métodos para cambio de molde son:

- Uso de grúa Manual
- Cambio manual
- Cambio manual con el cambiador de molde
- Aparato cambiador de molde (Fijo, Manual)
- Aparato cambiador de molde (Automático)
- Aparato cambiador (Cambio automático autopropulsado)

2.2.2 Con el uso de la grúa manual:

1. Se usa la grúa viajera con pórtico ver Fig. 2.1.
2. Se usa la grúa viajera y se fija el molde con tornillos o clamps, ver Fig. 2.2.



Fig. 2.1 Grúa viajera

Fuente: CNAD



Fig. 2.2 Fijación del molde.

3. Se requiere de atención especial por ser una operación entre varias personas (Confirmación por voces y trabajo en equipo), ver Fig. 2.3.
4. Es difícil mantener el molde en posición horizontal al colgarlo, ver Fig. 2.4.



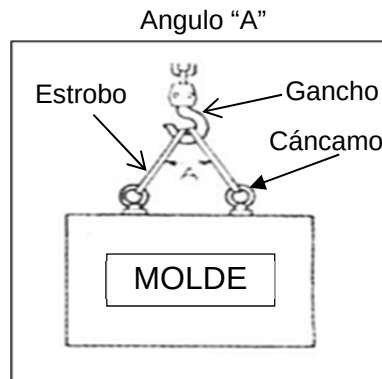
Fig. 2.3 Confirmar con voces

Fuente: CNAD



Fig. 2.4 Posición horizontal

5. Baja la operatividad durante la transportación por la inestabilidad por balanceos.
6. Se requiere dominar la técnica de Izaje: Confirmación del peso de molde. Confirmación de la condición de estrobos, ver Fig. 2.5
7. Cuando se cuelga con 2 cáncamos (armellas de cabeza redondeada), el ángulo "A" de estrobos debe ser igual o menor a 60 grados.
8. Es fácil que choque el molde con la barra de acoplamiento (Tie bar), recomendación: dejar un margen de 5 a 10cm entre estas barras por seguridad, ver Fig. 2.2 y 2.3



Fuente: Manual Técnico de Pascal

Fig. 2.5 Izaje del molde.

2.2.3 Cambio de molde manual

- 1) Cuando el molde es de tamaño pequeño (peso ligero, aproximadamente 10 Kgf), ver Fig. 2.6.
- 2) Cuando el molde es de tipo especial (molde tipo inserto). Esto es, la base del molde está montada en la máquina y se cambia únicamente la parte que corresponde al producto (molde tipo inserto). Al montar el molde tipo inserto con tubos de enfriamiento, se conecta automáticamente, ver Fig. 2.7.

Parte de base insertoinsertoinserto Parte de inserto insertoinsertoinserto



Fig. 2.6 Inserto del molde.

Parte de inserto insertoinsertoinserto Sistema de clamp



Fig. 2.7 Molde chico

Fuente: CNAD

2.2.4 Cambio manual con el cambiador de molde.

1. Molde pequeño – medio – grande
 - Reducción del tiempo de preparativos para el cambio de molde
 - Mejora de seguridad
 - Ahorro de mano de obra
2. Se requiere la estandarización de moldes: tamaño de la placa de fijación del molde, centrado de moldes, integración de unidad de fijación del molde
3. Aparato cambiador: tipo fijo, ver Fig. 2.9 y 2.10. Mesas fijas para uno o varios moldes. Las mesas fijas permiten una carga lateral económica y segura de los moldes. En función de las necesidades, se diseñan para una carga de moldes totalmente manual, por tracción (push / pull) o bien por rodillos motorizados para moldes de mayor tamaño .Las necesidades hacen posible el cambio de moldes de forma más rápida y segura, en cuestión de minutos.

Una mesa de carga bidireccional, tipo movable ver Fig. 2.8 y 2.11, puede dar servicio a dos máquinas y proporciona el máximo de flexibilidad y eficiencia para las células de producción. La forma más rápida de cambiar de molde, la introducción del nuevo molde y la descarga del anterior se realizan en un movimiento simultáneo.



Fig. 2.8 Tipo: Movable - bidireccional



Fuente: Auik-mol-change.com

Fig. 2.9 Fijo
(Tipo: Movable – bidireccional)

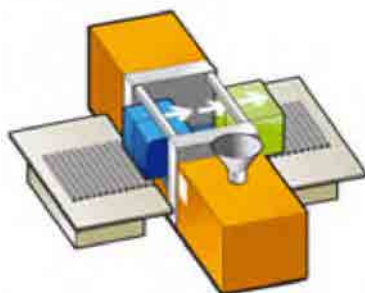


Fig. 2.10 Fijo B
(Ya viene con la máquina)

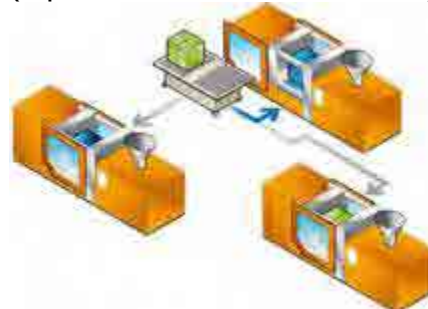


Fig. 2.11 Tipo: Movable - bidireccional (b)

Importancia de los carros de transporte móviles individuales o de dos posiciones para cambio de moldes ofrece el máximo nivel de flexibilidad por su libertad de movimientos, esto es basada en carretilla elevadora o en módulos con ruedas, pueden acoplarse a todo tipo de máquinas independientemente de su ubicación y orientación dentro del trazado de la producción.

2.2.5 Aparato cambiador de molde (Fijo, Manual)

- 1) Molde grande. Para una máquina de 1300 Tnf se puede requerir de un molde de 8 toneladas

Reducción del tiempo de preparativos para el cambio de molde, ver Fig. 2.12 y 2.13.

Mejora de seguridad.

Ahorro de mano de obra.

- 2) Se requiere la estandarización de moldes: tamaño de la placa de fijación del molde, centrado de moldes, integración de unidad de fijación del molde. Para este sistema no hay anillo centrador

- 3) Aparato cambiador: tipo fijo



Fuente: [www. Auik-mol-change.com](http://www.Auik-mol-change.com)

Nota: Con la grúa se transporta y coloca el molde sobre el aparato cambiador.

Fig. 2.12 Cambiador fijo manual



Fuente: [www. Auik-mol-change.com](http://www.Auik-mol-change.com)

Nota: Se mueve manualmente el molde a la máquina de inyección

Fig. 2.13 Cambiador fijo manual

2.2.6 Aparato cambiador de molde (Automático)

- 1) Solución para el ahorro de mano de obra, reducción del tiempo de preparativos, aplicación del cambio rápido de moldes (Single Minute Exchange of Die: SMED)

Las mesas y carros para carga de moldes reducen los tiempos de preparación al combinar estas con las máquinas de inyección. Estas mesas y carros son claves en los procesos SMED.

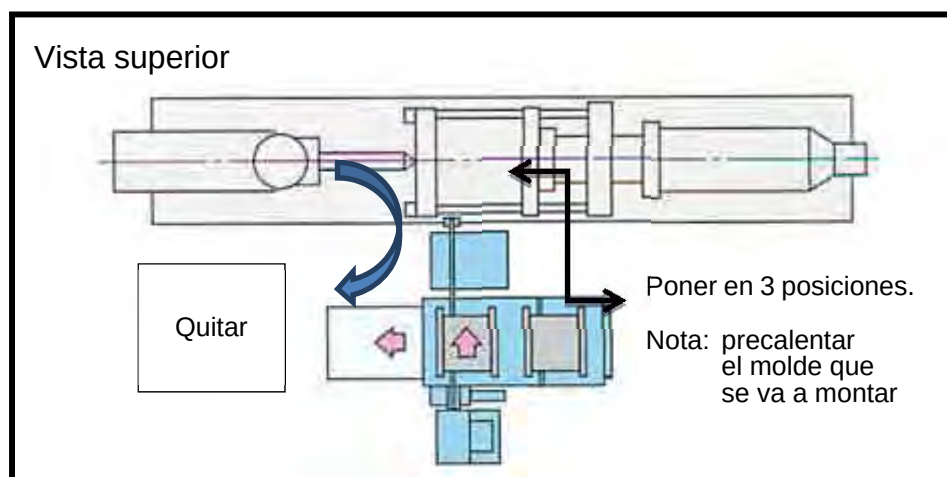
- 2) Fomento del FMS (Flexible Manufacturing System / Sistema de Manufactura Flexible).

Se refiere al sistema que permite realizar de manera flexible y efectiva la alimentación de material, uso del aparato cambiador automático del molde y del material, transporte automático de productos, para la alta diversidad de productos con pequeño volumen.

- 3) Cambio rápido de moldes (Single Minute Exchange of Die: SMED), ver Fig. 2.14.

Es necesario reducir al máximo el tiempo requerido para los preparativos del cambio moldes, con la finalidad de mejorar la productividad.

El cambio rápido de moldes (Single Minute Exchange of Die: SMED) significa terminar el cambio de molde en un lapso de 10 minutos, reduciendo el tiempo mediante las mejoras. Cuando es menos de 10 minutos, el dígito de minutos es de un solo dígito, por lo que se denomina “preparativo simple” (SMED). Incluye tiempo de ajuste de parámetros y conexión de mangueras de enfriamiento.



Fuente: Material técnico de Pascal

Fig. 2.14 Cambiador automático

2.2.7 Cambio automático autopropulsado.

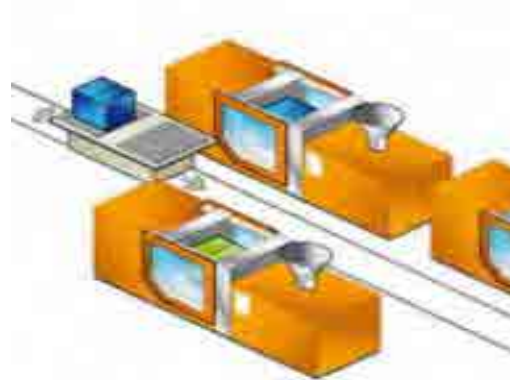
1) FMS (Flexible Manufacturing System / Sistema de Manufactura Flexible).



Fuente: Generalidades de los equipos de inyección

Nota: Sistema de cambiador completamente automático de moldes. Esta máquina es de aproximadamente unas 2000 tonf.

Fig. 2.15 Aparato autopropulsado.



Fuente: www.quik-mold-change.com

Fig. 2.16 Aparato cambiador autopropulsado

Las imágenes anteriores ver Fig. 2.15 y 2.16, son sistemas de transporte para operaciones del cambio rápido de moldes, estos sistemas están compuestos por un sistema de rieles y un vehículo de transporte de dos posiciones. La máquina se posiciona a lo largo de la línea de rieles, al igual que la instalación de almacenamiento de moldes y/o una estación de precalentamiento. Los movimientos del carro y el acoplamiento a las máquinas se controlan automáticamente.

Estos métodos ayudan a estandarizar el tamaño de moldes, la posición de expulsión, aparatos de fijación de moldes, sistema de precalentamiento de moldes, conexión automática del sistema de calefacción. Máxima flexibilidad y eficiencia.

En la siguiente Fig. ver Fig. 2.17 de comparación del tiempo para el cambio de molde, podemos visualizar la reducción de los tiempos muertos. En caso de usar la grúa y fijar con los tornillos, el tiempo de operación es de 60 minutos. Con el sistema de clamp, tarda 30 minutos. Con el aparato cambiador automático de moldes, tarda 5 minutos. (Ejemplo. Máquina de 1300 toneladas).

Esquema de comparación del tiempo para el cambio de molde

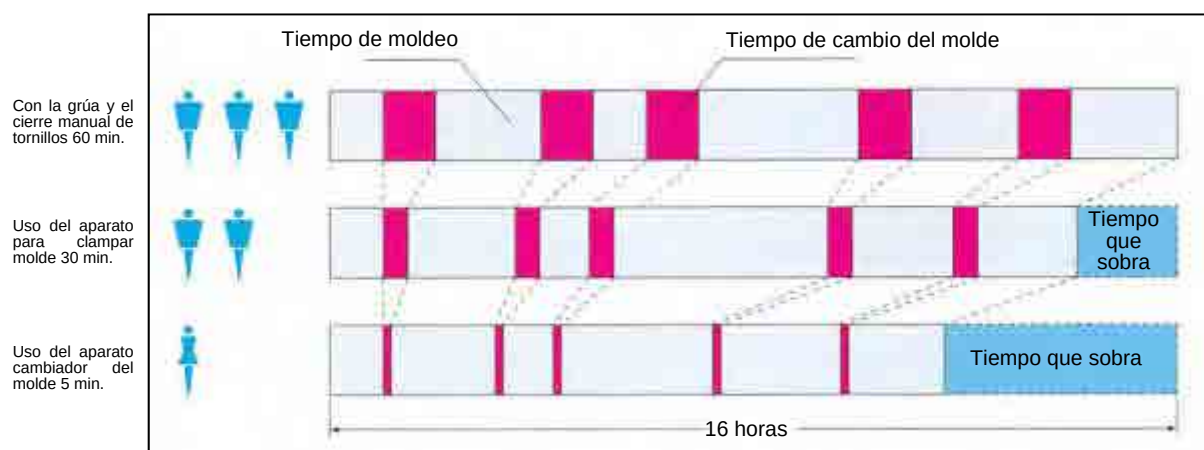


Fig. 2.17 Esquema de comparación del tiempo para el cambio de molde.



2.3 Procedimiento de cambio de molde

Para llegar a estandarizar el proceso de cambio (montaje y desmontaje) de los moldes, precalentamiento de moldes, proceso de limpieza y el correcto traslado de materiales; se debe contar con procedimientos detallados que guíe al personal en la forma adecuada de realizar la tarea.

La logística de tener en stock la cantidad optima de piezas, repuestos y accesorios es muy importante, ya que esto garantiza al cien por ciento la disponibilidad inmediata de ellos al momento de realizar un cambio y/o montaje de moldes; para esto se debe contar con una ficha de control que detalle cada uno los materiales disponibles dentro de la bodega de accesorios.

La creación de una lista de cotejo durante el proceso de cambio de moldes ayuda a realizar adecuadamente la actividad programada de acuerdo a un procedimiento establecido.

2.3.1 Preparación y uso de herramientas mínimas en la operación de cambio de molde.

En el procedimiento de montaje del molde se debe tener todas las herramientas, equipos y accesorios adecuados para realizar el montaje debidamente. Con esto se disminuye el tiempo de montaje y se aumenta las horas productivas de la máquina.

En la siguiente Tabla 2.1, se muestra un listado de equipo, herramientas y accesorios necesarios para el cambio, montaje y desmontaje de los moldes ver Fig. 2.18 a 2.25

Tabla 2.2 Equipo, herramientas y accesorios.

No.	Descripción	Cantidad	Observaciones (Uso del herramental)
1	Carro porta herramientas color rojo con ruedas marca NISSEI	1	Almacena la mayoría de herramientas, llaves, desatornilladores, cangrejos y argollas
2	Pinzas de corte diagonal 5" (Nipper), marca TRUPER	1	Sirve para cortar excedente de material
3	Regla metálica de 300 mm, marca TRUPER	1	Para tomar dimensiones geométricas
4	Llave mixta de 19 mm, marca TRUPER	1	Las llaves Allen son utilizadas para quitar los tornillos
5	Matraca de ¼" (Ratchet wrench), marca TRUPER	1	Necesaria para sujetar los dados
6	Dados (Hexagon wrench set), marca TRUPER	1	Son utilizadas para quitar los tornillos
7	Pinzas de mecánico (Pliers), marca TRUPER	1	Sirve para sujetar y apretar el material
8	Llaves Allen	3	Las llaves Allen son utilizadas para quitar los tornillos
9	Llaves Allen set de 7 piezas (Cap Wrench), marca TRUPER	1	Las llaves Allen son utilizadas para quitar los tornillos
10	Barra de bronce o latón para purgar (Brass rod)	1	Necesaria para limpiar material excedente de purgas.
11	Tubo extensión de llave (Pipe)	1	Ayuda a dar un mejor torque en los tornillos pequeños
12	Cepillo de alambre, marca TRUPER	1	Limpiar superficies con grasa o sucias
13	Martillo (Hammer), marca TRUPER	1	Necesaria para aflojar piezas sin dañarlas
14	Mazo (Plastic Hammer), marca TRUPER	1	Necesaria para aflojar piezas sin dañarlas
15	Brocha (Handy broom)	1	Limpiar superficies con grasa o sucias
16	Perico (Wrench)	1	Necesario para desmontar, las tolvas y tapas
17	Limas de joyero No. 6 set de 10 piezas, marca Hiroshima	1	Limpiar superficies con grasa o sucias
18	Lima de carbón (Stick Wheel Set), marca Minitor modelo RD1604 DE 400	6	Limpiar superficies con grasa o sucias
19	Lima de carbón (Stick Wheel Set), marca Minitor modelo RD1025 DE 800	6	Limpiar superficies con grasa o sucias
20	Lima de Hule (Rubber block Wheel), modelo XBC#1200E99418 AR-1006M XBC#1200E99579	2	Limpiar superficies con grasa o sucias
21	Piedra de aceite (Oil Stone), marca Minimo, modelo RD2411	2	Limpiar superficies con grasa o sucias
22	Piedra de aceite de Arkansas (Arkansas Oil Stone), marca Minimo, modelo RD2201	2	Limpiar superficies con grasa o sucias
23	Pasta de diamante (Diamond paste set), HD 2107	6	Limpiar superficies con grasa o sucias
24	Pasta de diamante (Diamond paste set), HD 2108	6	Limpiar superficies con grasa o sucias
25	Barra de bamboo de madera (Bamboo stick), marca Minitor, modelo RD3761	20	Para pulir cavidades del molde
26	Barra de plástico (Plastic stick), marca Monitor modelo RD3751	20	Para pulir cavidades del molde
27	Lupa 5X (Magnifying glass), marca PEAK modelo 1960	1	Identificar con mayor claridad
28	Colgadores de herramientas en los carritos de herramientas	4	Colgar herramienta
29	Escalera móvil	1	Ayuda a desmontar tapas superiores, alimentar la tolva de material.
30	Argollas de levantamiento de distintos diámetros	2	Sirve para unir la pieza con la cadena sujeta por el polipasto, es mayormente utilizada en los moldes grandes
31	Polipastos mecánicos/hidráulicos	3	Sirve para suspender con seguridad piezas grandes
32	Seguros para moldes	2	Sirve para asegurar el molde y no se abra



Fig. 2.18 Herramientas básicas



Fig. 2.19 Herramientas básicas



Fig. 2.20 Carro portaherramientas



Fig. 2.21 Escalera móvil, polipasto



Fig. 2.22 Seguros para moldes



Fig. 2.23 Argollas para izar molde



Fig. 2.24 Herramientas básicas



Fig. 2.25 Carro transportador de moldes

Fuente: CNAD



CONCLUSIÓN

El participante conoce el procedimiento para el montaje y desmontaje del molde, con así como de las normas de seguridad y aspectos que se deben tomar en cuenta, para evitar un accidente. Al mismo tiempo identificara las herramientas que se requieren así como las fuentes de riesgo latente por fuerzas de presión o tracción.

Utilizará el equipo de protección adecuado, en la prevención de un accidente, así como el método de cambio.



EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones: Contesta a lo que se te pide.

- 1.- ¿Cuáles son los tipos de normas que conoces?
- 2.- Menciona cuales son los riesgos latentes.
- 3.- ¿Qué tipo de protección utilizas para el cambio de molde?
- 4.- ¿Qué métodos conoces para el cambio de molde?
- 5.- ¿Que herramientas son necesarias para el cambio de molde
- 6.- ¿Qué significa SMED?
- 7.- ¿Qué dispositivos eléctricos se deben identificar para evitar un riesgo eléctrico?



TEMA 3: REALIZA CAMBIO DE MOLDE EN MÁQUINA DE INYECCIÓN

Objetivos particulares:

El participante realizará el montaje y desmontaje de un molde en la maquina inyectora.



INTRODUCCIÓN AL TEMA

Se describe detalladamente el proceso de montaje y desmontaje de un molde de dos placas en la maquina inyectora, verificando todas las medidas de seguridad, se realiza la conexión y desconexión de los canales de refrigeración con las herramientas adecuadas para cada proceso, al finalizar en montaje se realizan los ajustes de cierre de molde.



DESARROLLO



3.1 Procedimiento del montaje del molde

3.1.1 Comprobación previa al montaje.

Verificar si se puede montar el molde en cuestión a la máquina de inyección.

1. Dimensiones del molde (Longitud x Ancho), distancia entre las barras, dimensiones de la placa portamolde ver Fig. 3.1 y 3.2.
2. Espesor de molde mínimo (máximo). ver Fig. 3.3.
3. Carrera de apertura del molde, relación entre la especificación del molde y el modo de extracción del producto moldeado. ver Fig. 3.4.
4. Formular el juicio tomando en cuenta la carrera de eyección, la posición y el diámetro de la barra, la estructura del molde.
5. Diámetro del anillo centrador: No se puede emplear si el diámetro es más grande (retirar). Se utiliza un anillo auxiliar en el caso de que quede pequeño o más chico. ver Fig. 3.5 y 3.6.



Fig. 3.1 Dimensiones del molde logitud.



Fig. 3.2 Dimensiones del molde ancho.



Fig. 3.3 Espesor del molde.



Fig. 3.4 Carrera apertura del molde.



Fig. 3.5 Diámetro anillo centrador platina



Fig. 3.6 Anillo centrador molde

Fuente: CNAD

6. Diámetro y el paso de barrenos para montaje del molde: Se utilizan grapas de fijación si no coinciden ver Fig. 3.8.
7. Radio del buje del bebedero (sprue) y el diámetro ver Fig. 3.7.
 $\text{Radio de la boquilla } r < \text{Radio del buje del bebedero } R$
 $\text{Diámetro de la boquilla} < \text{Diámetro del buje del bebedero}$
8. Distancia saliente de la boquilla: Se utiliza una boquilla de prolongación si el molde es profundo.

9. Cerciorarse de que coincidan los conectores de las mangueras entre el molde, termocontrolador y la máquina de inyección, así como verificar los canales de agua de enfriamiento, ver Fig. 3.10.
10. Longitud de perno de guía del molde y resorte incorporado. Se utiliza el seguro si hay temor de que se abra el molde durante el colgado para montaje, ver Fig. 3.9.

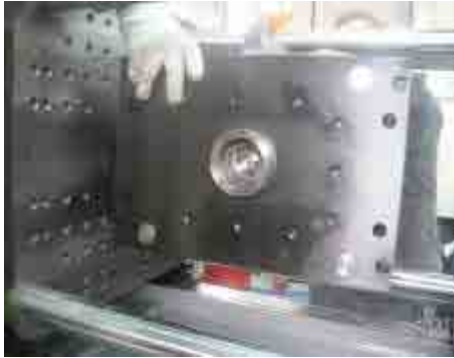


Fig. 3.7 Bebedero, acoplar la boquil



Fig. 3.8 Diámetros y paso de barre



Fig. 3.9 Perno guía y resorte



Fig. 3.10 Conexión termocontrolador

Fuente: CNAD

11. Verificar si el molde a montar (producto moldeado) está conforme con las especificaciones de la máquina de inyección o no.

La fuerza para cerrar los moldes (F_c); Espacio para montar los moldes; Cantidad de resina (cantidad máxima de inyección); Presión máxima de inyección; Tamaño (dimensiones, geometría del producto)

Volumen de inyección, peso de una colada, fuerza de cierre necesaria

¿Se puede usar el material de moldeo (temperatura del cilindro)?

12. Canales de enfriamiento del molde, canales de entrada / salida / retorno en U, forma de conexión ver Fig. 3.11 y 3.12.



Fig. 3.11 Canales de enfriamiento

Fuente: CNAD



Fig. 3.12 Canales entrada salida

3.1.2 Datos de referencia: Especificaciones de la máquina de inyección

1. Carrera de cierre 470mm: Carrera máxima del pistón, ver Fig. 3.13
2. Espesor mínimo del molde 200mm: Espesor mínimo del molde utilizable, ver Fig. 3.14
3. Apertura máxima del molde 670mm: Distancia de apertura máxima (Carrera + Espesor) ver Fig. 3.15

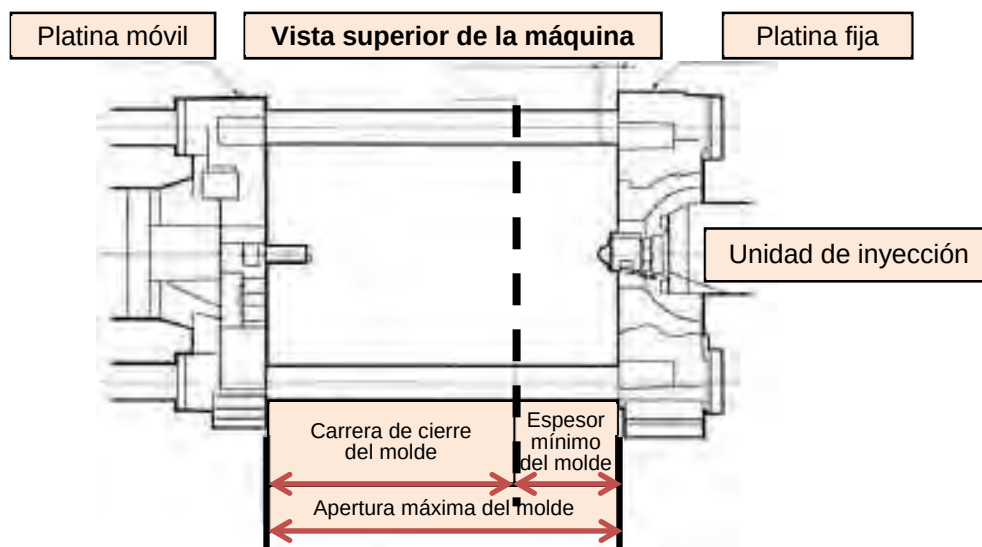


Fig. 3.13 Carrera de cierre.



Fig. 3.14 Lectura de espesor del molde

Fuente: CNAD.



Fuente: Material didáctico de transferencia

Fig. 3.15 Apertura máxima del molde.

4. Distancia entre las barras de acoplamiento (H x V) 420 x 420mm: Distancia interior entre las barras ver Fig. 3.16.
5. Diámetro del anillo centrador 100 mm ver Fig. 3.17.
6. Dimensiones de la placa portamolde (H x V) 580 x 580mm: Dimensiones máximas de la placa.
7. Dimensiones mínimas del molde (H x V) 270 x 270mm: Dimensiones mínimas del molde con el uso de la fuerza máxima de cierre del molde.



Fig. 3.16 Distancia entre barras



Fig. 3.17 Diámetro anillo centrador

Fuente: CNAD.

3.1.3 Ajuste del émbolo de eyección.

Se realiza de la siguiente manera, tanto para el cambio de posición del émbolo de eyección como para el ajuste del tornillo que sale de la placa móvil.

1. Preajustar al máximo la carrera de eyección de la máquina de inyección.
2. Oprimir el botón (ON) de paro momentáneo de eyección.
3. Maniobrar el switch de eyección, regresándolo a la posición (N) cuando la eyectora se haya parado momentáneamente. Posteriormente se para el motor de la bomba.
4. Quitar y poner los émbolos de eyección de acuerdo al paso del molde ver Fig. 3.18 a 3.21.



Fig. 3.18 Émbolos de eyección



Fig. 3.19 Émbolos de eyección

Fuente: CNAD

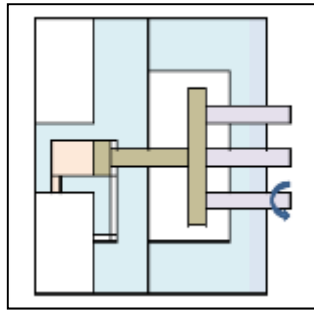


Fig. 3.20 Girar para aflojar el tornillo

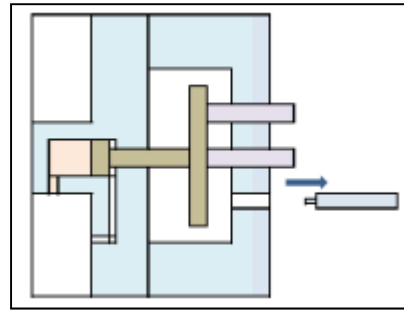


Fig. 3.21 Girar para aflojar el tornillo

5. En un molde como el presentado en el dibujo inferior, cuando se necesite que la carrera C sea casi la misma que la carrera de eyección de la máquina, se coloca un perno en la parte delantera del émbolo, ver Fig. 3.22 y 3.23.
6. Cerciorarse de que, al retroceder el émbolo de eyección, la punta no salga de la cara de montaje del molde en la placa móvil. (Si se sale, se estima que no se ha apretado lo suficientemente).
7. No se realiza el movimiento de retroceso del eyector si está abierta la puerta de seguridad.

$$A + \text{unos } 2\text{mm} < B$$

Colocación de los émbolos auxiliares del molde

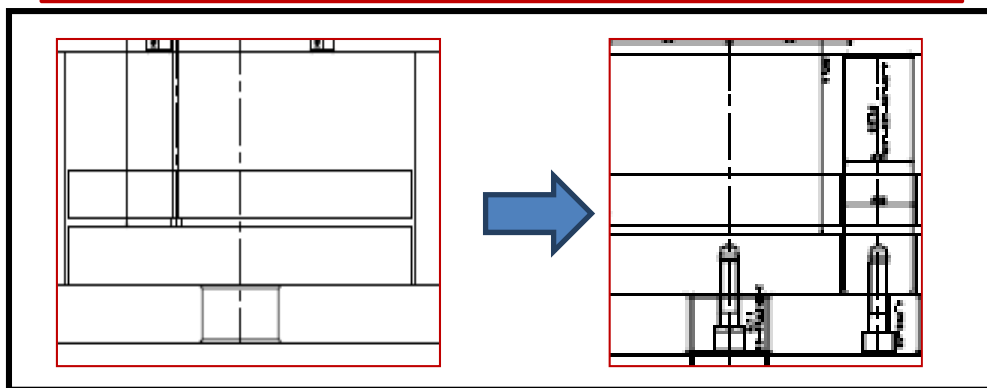


Fig. 3.22 Émbolos auxiliares

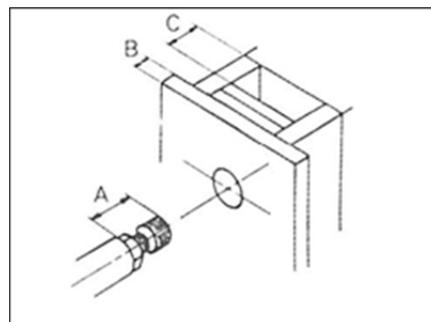


Fig. 3.23 Émbolos auxiliares

3.1.4 Preparación de los tornillos y grapas de fijación (clamp).

Montar el molde directamente usando tornillos y arandelas planas o elásticas si la placa portamolde cuenta con los barrenos para montaje con los mismos pasos que los del molde. Se usan las grapas si los barrenos no coinciden.

1. Tornillos: Usar tornillos de cabeza hexagonal, de cabeza hueca hexagonal (de cabeza redonda), arandelas elásticas o planas.
2. Longitud del tornillo: La profundidad de atornillado (H) en la placa fija o móvil será 1.5 a 1.8 veces del diámetro del tornillo, ver Fig. 3.24.
3. No usar tornillos con rosca dañada.

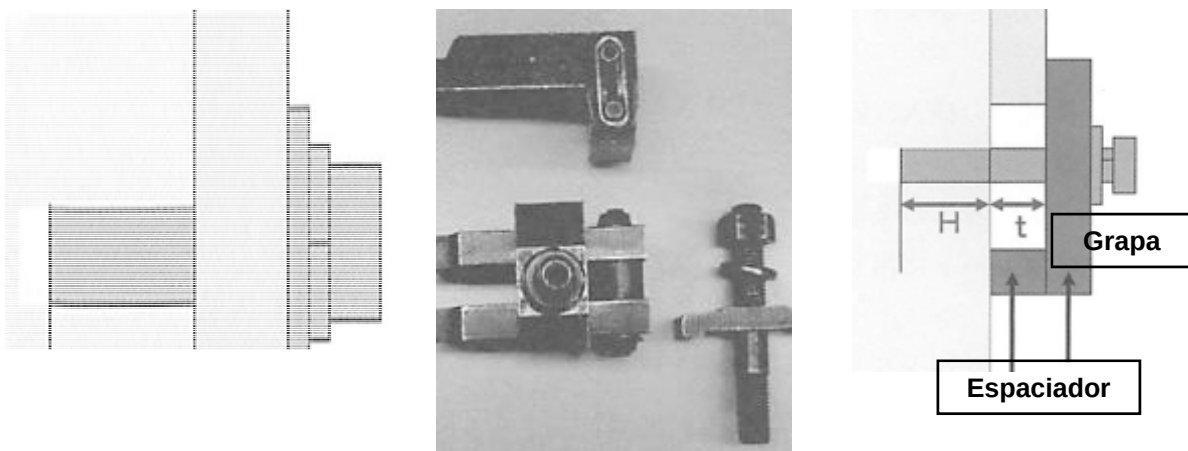


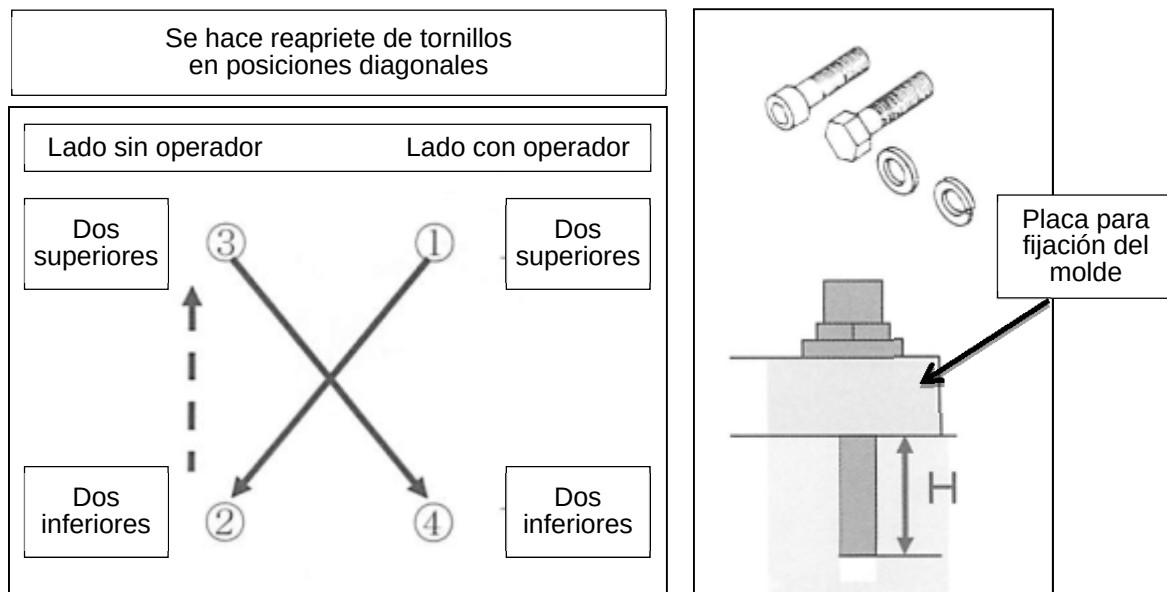
Fig. 3.24 Montaje de tornillos

3.1.5 Métodos de fijación del molde.

1. Fijación directa: con tornillos
2. Con clamps
3. Uso del sistema de clampado de moldes (hidráulico / neumático)
4. Uso del clamp magnético

3.1.5.1 Fijación directa con tornillos

1. Perforar la placa de fijación del molde de acuerdo con los intervalos de la placa fija.
2. Cuando se cambia la máquina de inyección, se cambian también las posiciones para atornillado, por lo que a veces se puedan colocar bien los tornillos ver Fig. 3.25
3. No debe usar los tornillos con roscas deterioradas.
4. Tener cuidado con la longitud del tornillo de fijación: $H=1.5d \sim 1.8d$ (d es el diámetro del tornillo).
5. Utilizar la rondana elástica o plana.

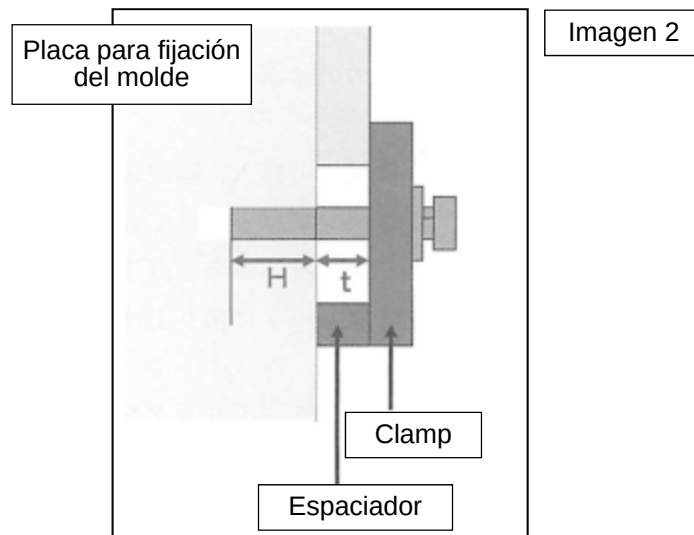


Fuente: Material didáctico de transferencia

Fig. 3.25 Fijación directa de tornillos

3.1.5.2 Fijación con clamp

1. El tamaño de la placa para fijación del molde puede ser más pequeño que el tipo de la placa para fijación directa con tornillos
2. El espaciador debe ser del mismo grosor que la placa para fijación del molde.
3. Dependiendo de la posición de fijación, es difícil de apretar y fácil de aflojarse. No se debe fijar el molde en posiciones superiores o inferiores.
4. No se debe usar tornillos con roscas deterioradas.
5. Tener cuidado con la longitud de tornillo de fijación: $H=1.5d \sim 1.8d$ (d es el diámetro del tornillo). ver Fig. 3.26
6. Se utiliza la rondana elástica o plana.
7. Cuidado con la barra de acoplamiento (tie bar) para que no choque con los clamps.



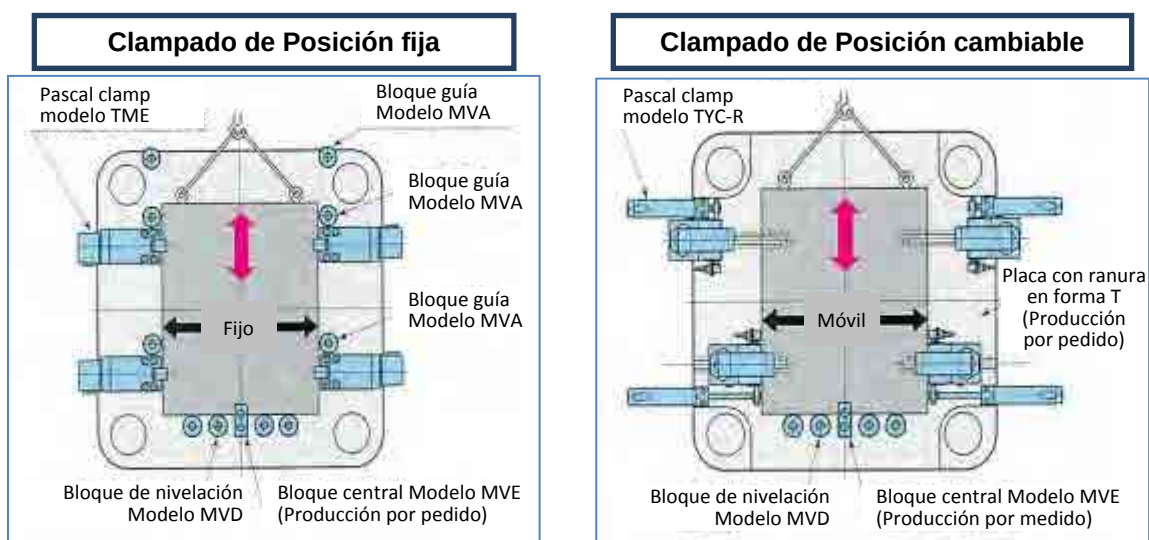
Fuente: Catálogo de NISSEI
Fuente: Material didáctico de transferencia

Fig. 3.26 Fijación con clamp

3.1.5.3 Fijación con uso del sistema de clamping de moldes (hidráulico / neumático)

1. El cambio de moldes, que se realiza en un espacio limitado con menor operatividad, es una operación peligrosa y toma mucho tiempo.
2. Al implementar el sistema de clamping automático, durante el cambio de reducción importante del tiempo de operación.
3. Existen los sistemas de clamping fijo y movable (con ranura en forma de T) ver Fig. 3.27

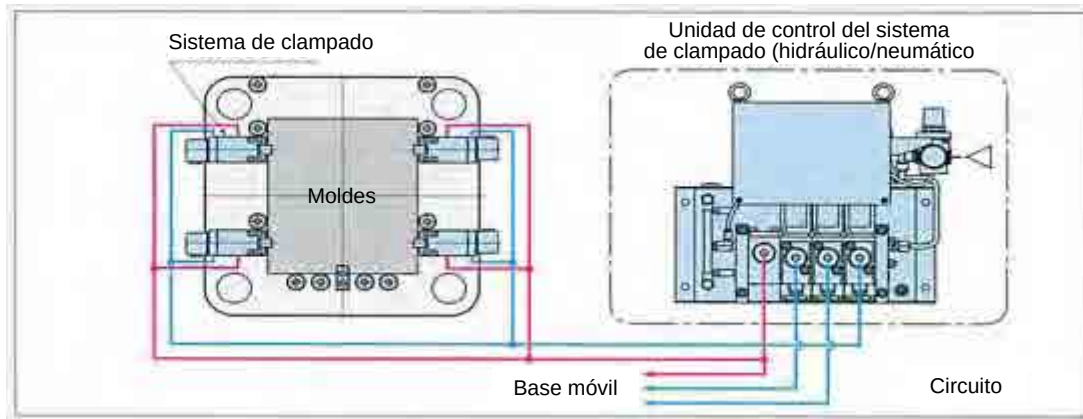
Nota: Moldes sin anillo centrador.



Fuente: Información Técnica de Pascal.

Fig. 3.27 Clamping hidráulico/neumático

4. Diagrama de circuito del sistema de clampado de moldes para fuente propulsora del clampado se utiliza el sistema neumático o hidráulico, ver Fig. 3.28.



Fuente: Información Técnica de Pascal

Fig. 3.28 Clampado hidráulico/neumático

3.1.5.4 Fijación con uso del sistema de clampado magnético

1. Fijación de molde con uso del clamp magnético ver Fig. 3.29.
2. Es innecesario unificar el tamaño de moldes.
3. El clamp magnético es ecológico y óptimo para ser utilizado en un cuarto limpio.
4. Se clampa por fuerza magnética, por lo tanto la placa de montaje debe ser magnética,
5. Es necesario implementar las medidas para evitar la caída del molde que pudiera ocurrir a causa de errores humanos, ver Fig. 3.30.
6. Debido a que es innecesario considerar la posición del clampado en el momento de diseñar el molde, se ofrece una mayor disposición
7. durante su diseño.



Fig. 3.29 Fijación magnética Base fija.



Fig. 3.30 Gancho contra caídas.

Fuente: Información Técnica de Pascal

3.1.6 Montaje del molde.

Ajuste mecánico al momento del montaje del molde.

Para el montaje del molde, se deberá ajustar tanto la posición de parada de apertura del molde como la posición de la unidad de inyección.

1. Unidad de inyección: Recorrer la unidad de inyección hasta la posición de retroceso máximo que permita comprobar el anillo centrador del molde ver Fig. 3.31.
2. Retroceder la posición de parada de apertura del molde hasta una posición igual a la suma del espesor del molde + 200mm. ver Fig. 3.32. Por lo cual debe cerciorarse de que no se realice el cierre ni la apertura del molde con la puerta de seguridad abierta.
3. Poner en ON el switch de montaje del molde y en OFF el del motor de la bomba.
4. Limpiar con un trapo la superficie de montaje de las placas fijas y móviles ver Fig. 3.33.

Nota: Es necesario parar el motor de la bomba durante el montaje del molde, excepto para accionar la máquina de inyección.



Fig. 3.31 Limpieza de placas

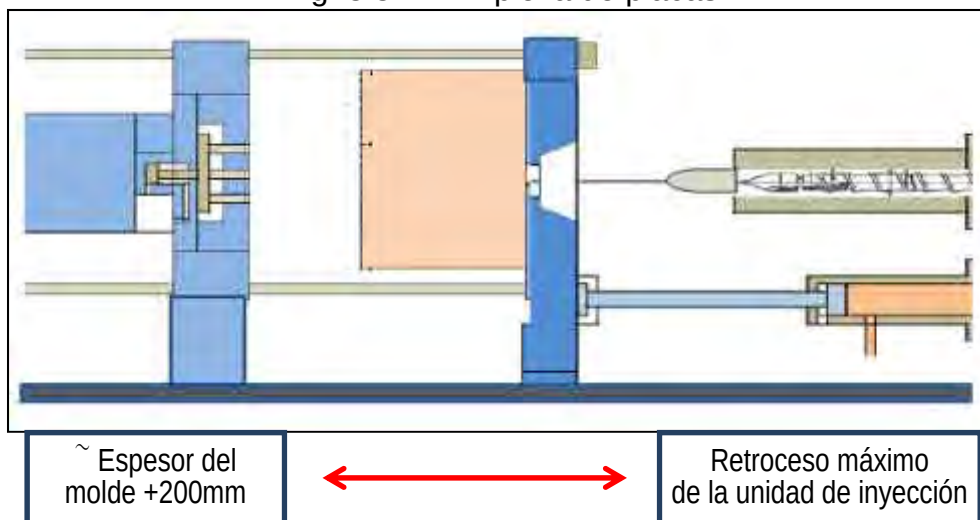


Fig. 3.32 Espesor del molde



Fig. 3.33 Limpieza de Platinas

3.1.6.1 Modo de traslado e izaje del molde.

Trasladar el molde hacia el costado de la máquina de inyección e izarlo hasta la superficie de montaje de la misma.

1. Trasladar el molde en la carretilla desde la mesa de trabajo hacia abajo del polipasto, el cual se encuentra al costado de la máquina de inyección. Asimismo se realiza la tarea tomando en cuenta la carga máxima del polipasto y de la carretilla, y cuidando de que no se caiga durante el traslado ver Fig. 3.34 y 3.35.
2. Colocar y atornillar el cáncamo de izar en el molde.
3. Utilizar una cuerda de longitud adecuada para el izaje, considerando el peso del molde y el margen de izaje.
4. Pasar la cuerda por el cáncamo y colgarla en el gancho del polipasto. Con el molde elevado, limpiar la superficie del molde en que se fija a las placas.



Fig. 3.34 Polipasto 500kg.



Fig. 3.35 Carrito 700kg.

5. En el caso de colgarlo con dos cáncamos de izar, tomar en cuenta el ángulo A (menor de 60°).
6. Cerciorarse de que el molde elevado no esté inclinado. En caso contrario la inclinación deberá ser menor de 10°. En la forma que se presenta la Fig. 3.36, resultará más fácil acoplarlo con el anillo centrador.

Utilizar el “seguro”, ya que debido a la inclinación hay probabilidad de que se abra el molde, ver Fig. 3.37

7. El izaje con el polipasto deberá llevarse a cabo entre varios operadores, quienes realizarán la tarea hablándose entre sí para protegerse.

Nota.- Tener cuidado de no golpear la puerta de seguridad u otras partes ver Fig. 3.38.

8. Detener el izaje cuando la parte inferior del molde haya pasado el nivel superior de la puerta de seguridad, empujarlo y girarlo para colocarlo en el centro de la máquina de inyección ver Fig. 3.38 y 3.39



Fig. 3.36 Molde con 10° de inclinación



Fig. 3.37 Seguro del molde



Fig. 3.38 Cuidado de no golpear el molde



Fig. 3.39 Giro del molde para no golpear

Fuente: CNAD.

3.1.6.2 Meter el molde en la máquina de inyección, comprobar la horizontalidad y fijarlo provisionalmente.

Después de girar el molde hacia el centro de la máquina de inyección, se deberá bajar y meter en la superficie de montaje. Para este procedimiento tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Bajar el molde cuidando de que no golpee con las barras de acoplamiento, la placa porta molde, etc. Como ésta tarea se realiza entre varios operadores, deberán protegerse mutuamente. ver Fig. 3.40.
2. Acoplar el anillo centrador del molde con el orificio correspondiente de la máquina. ver Fig. 3.41.
3. Empujar el molde hacia la placa fija y comprobar la horizontalidad ver Fig. 3.42 y 3.44.
4. Sujetarlo provisionalmente en el lado fijo ver Fig. 3.43



Fig. 3.40 Bajar el molde



Fig. 3.41 Centrar el molde



Fig. 3.42 Colocar en la placa fija

Fuente: CNAD.



Fig. 3.43 Fijarlo a la placa

Comprobar la horizontalidad

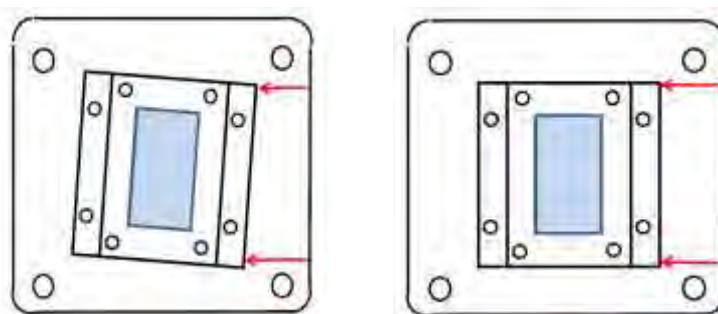


Fig. 3.44 Pantalla de modalidad del ajuste.

3.1.6.3 Pantalla de modalidad del cambio de molde



Modalidad de ajuste del molde

Fig. 3.45 Pantalla de modalidad del ajuste del molde.

Ajuste automático
del espesor del molde

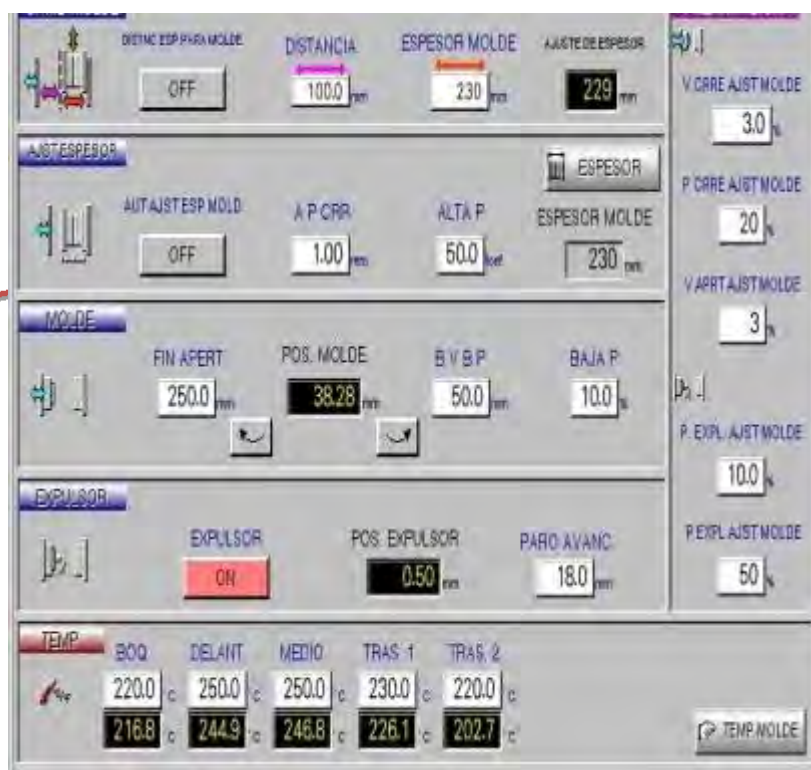


Fig. 3.46 Pantalla de ajuste del molde.

3.1.6.4 Activar la máquina de inyección

Ajuste automático del espesor del molde

1. Cambiar el interruptor de operación al modo de ajuste del molde.
2. Poner en "ON" el interruptor del motor.
3. Poner en "ON" el ajuste automático del espesor del molde.
4. Se abrirá la ventana de indicaciones, "¿Va a ejecutar el ajuste automático del espesor del molde?" ⇒ Ejecutar ver Fig. 3.47.
5. Al iniciar el ajuste, se abrirá la ventana de indicaciones, "En proceso de ejecución de ajuste". ver Fig. 3.48.
6. Al terminar la acción del ajuste, se abrirá la ventana de indicaciones, "¿Va a ejecutar el cierre del molde a alta presión?" ⇒ Ejecutar Ver Fig. 3.49

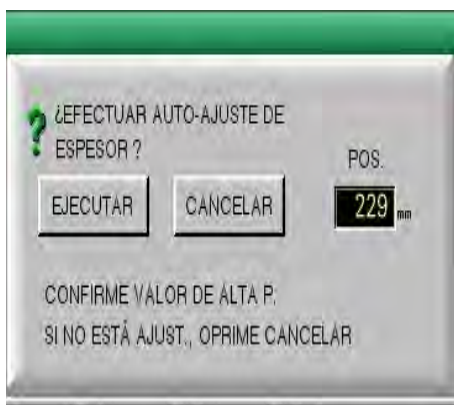


Fig. 3.47 Ajuste de molde



Fig. 3.48 Ajuste de molde verificar medida

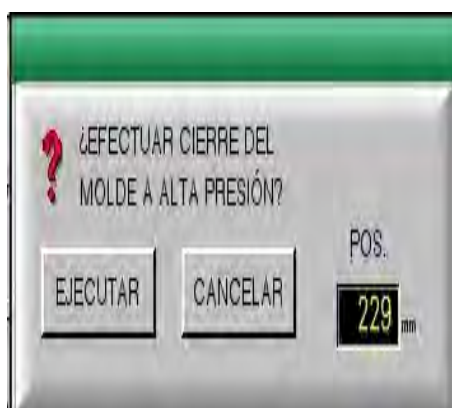


Fig. 3.49 Ajuste de molde ejecutar

3.1.6.5 Cómo ajustar la altura de la boquilla

1. Nota: (ajustar en el caso de que no coincida el centro del molde con la altura de la boquilla).
2. Aflojar el tornillo de fijación del soporte delantero de la unidad de inyección.
3. Aflojar la tuerca de fijación del tornillo de ajuste de altura de la boquilla de la unidad de inyección, Ver Fig. 3.50
4. Aflojar el tornillo de fijación del soporte trasero de la unidad de inyección.
5. Aflojar la tuerca de fijación del tornillo de ajuste de altura de la boquilla.
6. Al aflojarse el tornillo de ajuste antes mencionado, baja la boquilla; al apretarlo, sube la misma.
7. Avanzar la unidad de inyección para comprobar el contacto entre el molde y la boquilla.
8. Repetir las operaciones y según el estado de contacto.
9. Concluido el ajuste de altura, apretar el tornillo y la tuerca de fijación del soporte trasero, y el tornillo de fijación del soporte delantero.

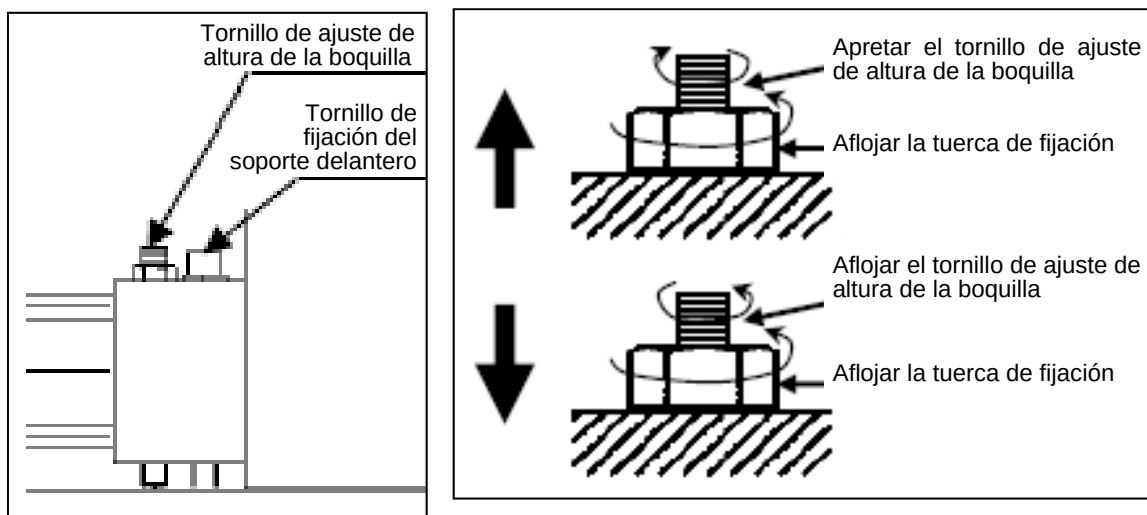


Fig. 3.50 Aflojar tornillos

3.1.6.6 Torque de fijación del tornillo de montaje del molde

El torque de fijación del tornillo de montaje del molde varía según el modo de montaje.

1. En el caso de la fijación con grapa tipo (B), se requiere 1.2 veces más del torque que en la fijación directa o fijación con grapa cercana al molde (A), (Ver Tabla 3.1).
2. En el caso de la fijación con grapas, usar espaciador o tornillo de ajuste acorde con las dimensiones de la placa portamolde.
3. Después de la fijación, realizar el reapriete de tornillos en forma diagonal.

Tabla 3.1 Torque de fijación

Tornillo de Montaje del Molde	Torque de fijación directa y fijación Con grapa tipo (A)	Torque de fijación con grapa Tipo (B)
M16	190N · m (1938Kgf * cm)	220N – m (2244Kgf * cm)

4. En caso de no contar con el torquímetro, ¿Con qué fuerza se deberá apretar? ¡Cuidar que no se apriete demasiado! Ver Fig. 51



Fig. 3.51 Ajuste con taquímetro

3.1.6.7 Lectura del espesor del molde y ajuste de la velocidad de apertura y cierre y de posición del cambio.

Después de apretar los tornillos de montaje del molde, retirar el polipasto y realizar el ajuste de apertura y cierre del molde.

1. Retirar el polipasto y ponerlo en el lugar asignado.
2. Quitar el seguro del molde, la correa y el cáncamo de izar.
3. Cerrar completamente la puerta de seguridad, ver Fig. 3.52.
4. Poner en ON el interruptor de energía del motor para arrancarlo.
5. Para cerrar el molde, girar la llave selectora del movimiento hacia el lado del cierre.
6. Se cierra la platina móvil y termina el cierre de molde.

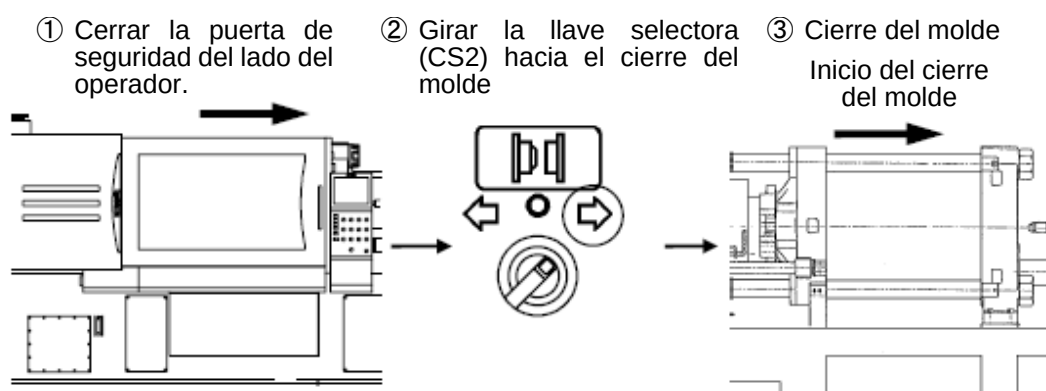


Fig. 3.52 Cerrar puerta de seguridad

3.1.6.8 Conexión de canales de enfriamiento del molde

Conectar las tuberías de agua de enfriamiento o del termocontrolador.

1. Realizar la conexión de tuberías, cerciorándose de la entrada y de la salida del circuito de enfriamiento ver Fig. 3.53
2. Pasar el agua con el molde cerrado para revisar si hay o no fuga de agua en las uniones.
3. Abrir el molde y revisar si hay o no fuga de agua en la PL del molde.
4. En caso de que se presente fuga de agua, dejar de pasar el agua y secar la humedad con soplado de aire o algo similar, para prevenir la oxidación.



Fig. 3.53 Canal

- Ajuste de velocidad de apertura y cierre del molde y de posición de cambio
- Realizar el ajuste de apertura y cierre del molde en la pantalla de “apertura y cierre del molde” ver Fig. 3.54
- Para seguridad, comenzar con el ajuste a baja velocidad y a baja presión.
- Realizar el ajuste final en modo de moldeo automático



Fig. 3.54 Pantalla para cerrar y abrir el molde



3.2 Desmontaje del molde

Parar el termocontrolador del molde, retirar la manguera del control de temperatura del molde y eliminar la humedad interior con soplado de aire ver Fig. 3.55

- Abrir el molde, limpiar la cara PL y aplicar el antioxidante para proceder al cierre.
- Parar el motor y colocar el cáncamo de izar y el seguro.
- Pasar la soga por el cáncamo y alzar el molde con el polipasto, de tal manera que la soga se tense ligeramente.
- Retirar los tornillos y las grapas de montaje del molde.
- Accionar el montaje de molde (ON) y arrancar el motor de bomba para abrir el molde.
- Izar el molde cuidando de que no golpee en las barras de acoplamiento o placas del molde.
- Una vez que izó el molde hasta una altura que permita hacerlo girar, bajarlo hacia donde se encuentra la carretilla dándole vueltas.
- Llevar el molde a su lugar de almacenamiento y poner el polipasto en el lugar asignado.

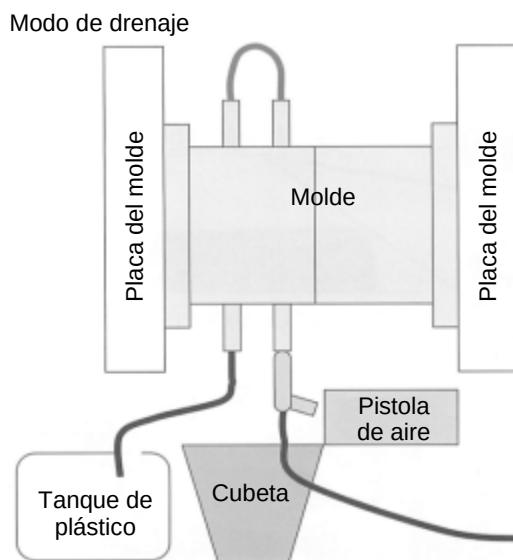


Fig. 3.55 Pantalla para cerrar y abrir el molde



CONCLUSIÓN

El participante realiza todos los preparativos para el montaje y desmontaje del molde, con todas las medidas de seguridad y el procedimiento. Monta y desmonta el molde de dos placas en la maquina inyectora y establece el tamaño del molde, verifica las medidas de seguridad de la maquina al operar esta.



EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones: Realiza el montaje y desmontaje del molde.



TEMA 4: REALIZAR EL MANTENIMIENTO PERIÓDICO Y PREVENTIVO DEL MOLDE DE INYECCIÓN

Objetivo particular:

Reconocer los parámetros y procedimientos para realizar el mantenimiento del molde de inyección de plástico, el cual involucra fundamentalmente el conocimiento de las normas de seguridad, el análisis de los componentes que integran el ensamble del molde, así como los procedimientos de limpieza de componentes, lubricación y soldadura correctiva.



INTRODUCCIÓN AL TEMA

El proceso de inyección de plástico es un proceso que en particular ha sido muy estudiado y explotado alrededor del mundo por sus diferentes aplicaciones y su capacidad para resolver necesidades.

Dentro de los sistemas de producción industrial donde se utiliza el proceso de inyección de plástico es necesario hacer énfasis en parámetros fundamentales de trabajo para lograr un incremento en la productividad, así también como en la mejora de los índices de calidad, esto se refiere al estudio de los siguientes puntos.

- Seguridad.
 - o Es importante que se
- Ensamble y desensamble de molde.
 - o El conocimiento de los componentes que integran la estructura del molde coadyuvan a que tanto el operador de la máquina de inyección de plástico como el personal de mantenimiento realicen actividades
- Lubricación.
- Soldadura correctiva.



DESARROLLO



4.1 Tipos de mantenimiento

Definición de Mantenimiento.

El Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo que se haga en sistemas, subsistemas, equipos, máquinas, etc., para que éstos continúen o regresen a proporcionar el servicio en calidad esperada, es trabajo de mantenimiento, pues está

ejecutado con ese fin. El mantenimiento se divide en dos ramas, mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

4.1.1 Mantenimiento preventivo.

En las operaciones de mantenimiento, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados. Este tipo de Mantenimiento siempre es programable y existen en el mundo muchos procedimientos para llevarlo al cabo; los principales son los siguientes:

Predictivo

Este procedimiento de Mantenimiento Preventivo, se define como un "Sistema permanente de diagnóstico, que permite detectar con anticipación, la posible pérdida de calidad de Servicio que esté entregando un equipo". Esto nos da la oportunidad de hacer con la previsión necesaria cualquier clase de mantenimiento preventivo y si lo atendemos adecuadamente, nunca perderemos la calidad del Servicio esperado. En telefonía, este es el tipo de Mantenimiento Preventivo con el cuál tenemos más contacto, y se basa en tener equipos o circuitos redundantes y sistemas de alarma adecuadas. Es el más fiable de los procedimientos de Mantenimiento.

Periódico

Es un procedimiento de Mantenimiento Preventivo que como su nombre lo indica es de atención Periódica bajo rutinas estudiadas a fin de aplicar los trabajos después de determinadas horas de funcionamiento del Equipo; se le hacen pruebas y se cambian partes por término de vida útil o fuera de especificación. Le sigue en fiabilidad al Predictivo.

Analítico

Este sistema se basa en el análisis profundo de la información proporcionada por captadores y sensores dispuestos en Equipos Vitales e Importantes; esto proporciona

las rutinas de Mantenimiento preventivo. Le sigue en fiabilidad al Mantenimiento Periódico.

Progresivo

Como lo indica su nombre éste sistema de Mantenimiento se basa en “progresar” a través de las diferentes partes del Equipo bajo un programa que se aplica sin fecha prevista, sólo por oportunidad de poder disponer del Equipo y se avanza dentro de él por Subsistemas y dependiendo del tiempo que se tenga para su atención. Es el menos fiable de los sistemas.

Técnico

En este sistema de Mantenimiento se combina el concepto del Periódico (atender al Equipo después de ciertas horas trabajadas) y el concepto del Progresivo (progresar en la atención del Equipo por Subsistemas). Su fiabilidad es un poco mejor que la que se obtiene con el Progresivo.

4.1.2 Mantenimiento correctivo.

Después de la Primera Guerra Mundial se planteó que el mantenimiento no solo tenía que corregir las averías, sino que tenía que adelantarse a ellas garantizando el correcto funcionamiento de las máquinas, evitando el retraso producido por las averías y sus consecuencias, dando lugar a lo que se denominó mantenimiento preventivo que es el que se hace, preventivamente en equipo en funcionamiento, en evicción de posteriores averías, garantizando un periodo de uso fiable.

4.1.3 Normas de seguridad.

Todos los trabajos realizados en un taller llevan un proceso, todas las herramientas tienen una manera de ser utilizadas correctamente, es necesario evitar querer tomar atajos para acelerar el trabajo o ahorrar el esfuerzo requerido.

Todas las herramientas están expuestas a un proceso de desgaste debido al trabajo a que son sometidas. Es necesario antes de iniciar a trabajar con ellas una revisión de su estado y las condiciones en que se encuentran. Revisar puntos de seguridad como herramientas gastadas, dobladas, golpeadas, sin filo, deben ser evaluados.

Si se encuentra que alguna máquina o herramienta se encuentran defectuosas se deberá reportar inmediatamente.

Al circular dentro del taller es necesario tener en cuenta el área de trabajo que cada máquina requiere para trabajar, siempre hay que poner atención al caminar por áreas que pudieran estar ocupadas por materiales en procesos de trabajo.

Los materiales utilizados en los procesos de trabajo deberán ser ubicados en lugares donde no interfieran con las demás actividades que se realizan en el taller y deberá ponerse especial atención en su colocación a fin de evitar que se caigan y lastimen a otras personas.

No se permite correr o jugar dentro del taller.

No se permite fumar o encender cualquier fuego dentro del taller.

En caso de incendio se deberá seguir los procedimientos establecidos por protección civil

En el caso de algún accidente dentro del taller que requiera la evacuación del mismo se deberá realizar de manera ordenada dirigiéndose a las salidas de emergencia ubicadas con anticipación.

Es necesario mantener las áreas del taller limpias, es necesario tener especial cuidado con objetos o basura que pudieran ocasionar que las personas se resbalen o tropiecen, tales como viruta, rebabas, solventes o sobrantes y desperdicios de los materiales con los que se trabaja.

Todos los materiales sobrantes o de desperdicio deberán ser depositados en los contenedores de basura correspondientes, esta padecería puede ocasionar un accidente si alguien se resbala con ellos.

Todas las máquinas utilizadas en un trabajo deberán estar limpias al terminar. esto asegurara que se mantengan en buenas condiciones.

Es importante trabajar en el taller, en el proceso de ensamble y desensamble de molde siguiendo las siguientes indicaciones para contar con mayor seguridad.

1. No comenzaremos un trabajo que no sepamos bien cómo realizar.
2. No debemos trabajar en lugares húmedos ni tocar los aparatos eléctricos con las manos mojadas.
3. Inspeccione las herramientas antes de comenzar el trabajo para determinar desgastes o defectos
4. Revise las herramientas para asegurarse de que todos los protectores de seguridad o protecciones estén en su lugar.
5. nunca modifique las herramientas o el equipo eléctrico.
6. Use un buen par de zapatos de seguridad resistentes al aceite con suelas antiderrapante.

7. Asegúrese de que las herramientas estén limpias, secas y libres de partículas grasosas.
8. Mantenga un ambiente limpio y ordenado, libre de peligros;
9. Disponga ordenadamente las herramientas y equipos, colocando todo en su debido lugar después de cada uso;
10. Limpie puntualmente los líquidos que se hayan derramado y mantenga los pisos completamente secos;

Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en maquinaria, equipos y accesorios.

Esta norma tiene por objetivo prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo. Se aplica dónde por la naturaleza de los procesos se emplee maquinaria, equipo y accesorios para la transmisión de energía mecánica.

(NOM-004-STPS-1994. de las Normas Oficiales Mexicanas).



4.2 Ensamble y desensamble de molde

4.2.1 Mantenimiento del molde.

Todos los moldes deben tener un programa de mantenimiento, Este puede ser de forma regular y ayuda a los moldes de inyección a tener menos interrupciones, ahorrando tiempo y dinero.

La frecuencia del mantenimiento es determinada por varios factores.

- Material del molde.
 - o De acuerdo al tipo de material del molde se pueden realizar diferentes programas de mantenimiento, es importante saber que resina se utiliza ya que a mayor temperatura de fusión de la resina los materiales del molde requieren ser más específicos y con otras condiciones de material, manufactura y mantenimiento.
- Complejidad del molde.
 - o Los moldes con mecanismos complicados o piezas que requieren tolerancias dimensionales ajustadas o de interferencia, requieren mayores programas de mantenimiento, como los pernos guía, los botadores, los corazones móviles, los sistemas mecánicos.

- Uso del molde.
 - o Las condiciones de moldeo.
 - Velocidad de apertura y cierre de molde.
 - Presión de inyección.
 - Ciclos de uso del molde.
 - Eyección múltiple
 - Tipo de agua utilizada como refrigerante.

Según el programa de mantenimiento, este puede ayudar a:

- Evitar defectos de moldeo, como contaminantes debido a suciedades en el molde.
- Mejor respuesta a la apertura y cierre de molde debido a la correcta lubricación.
- Mayor cantidad de ciclos de trabajo.

El mantenimiento preventivo mejora la vida del molde, así se recomienda que antes de hacer el cambio del molde se tomen en cuenta algunos aspectos.

El molde antes de colocarse en almacén debe estar a temperatura ambiente, si no es así el molde puede enfrentarse a cambios de temperatura que pueden generar una condensación la cual causa moho y óxido.

Las líneas de agua deben estar perfectamente drenadas.

Las superficies, la base y la cavidad se deben limpiar perfectamente con un solvente para eliminar cualquier acumulación de gases, grasas y elementos contaminantes.

El sistema eyector debe ser rociado con lubricante.

Asegúrese de que estén en la posición correcta las placas, pernos, y tornillería que componen al molde.

Cuando el molde esté listo para salir del almacén a ser utilizado nuevamente, deberá limpiar las superficies del molde nuevamente.

Se debe tener especial cuidado en el tratamiento de mantenimiento de las superficies de las cavidades ya que son una de las partes más importantes del molde de inyección, se recomienda.

- No limpiarlas con toalla o colocar los dedos porque al tener un valor de rugosidad especial con la grasa del cuerpo o la superficie de la toalla dañaremos el acabado especial de la cavidad, para eso se requiere ser limpiada con solvente y aire, para evitar el daño a la superficie.

El mantenimiento preventivo debe ser hecho cada vez que el molde se monte y/o demonte, es indispensable realizar una inspección visual, la cual tiene como función principal observar problemas mínimos, para la posterior programación de un mantenimiento correctivo.

Dentro de los problemas a localizar durante la inspección visual son.

- Defectos en los venteos.
- Deformaciones en pernos, desgaste excesivo en pernos.
- Deformaciones o desgaste excesivo en eyectores.
- Lubricación de piezas móviles.
- Revisar la integridad de anillos y sellos.
- Revisión en fugas de las líneas de enfriamiento.

Mantenimiento correctivo.

- Si los pernos principales, bujes y los elementos móviles se encuentran con desgaste, es importante realizar el cambio según las especificaciones.
- Los resortes deberán sustituirse para evitar fatiga en las placas de eyectores.
- Se deberá realizar un chequeo del paralelismo de las placas que componen el molde.

Partes principales del molde de inyección ver Fig. 4.1.

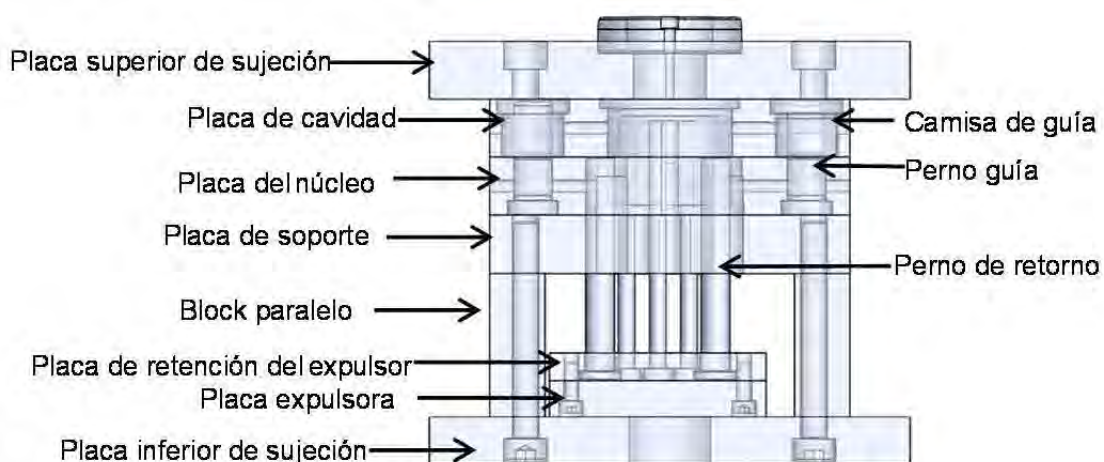


Fig. 4.1 Molde de dos placas

Los factores primordiales que intervienen en el proceso de mantenimiento de los moldes de inyección de plástico son:

Para no producir productos defectuosos de moldeo.

La suciedad del molde provocada por el gas y la disminución del efecto de venteo.

Limpieza de la cara PL / limpieza por el trabajo de desensamble para obtener productos de calidad ver Fig. 4.2



Fig. 4.2 Piezas moldeadas

Para reducir el tiempo de paro (perdida de producción) por las fallas mecánicas.

Mal funcionamiento relacionado al movimiento tribológico del molde.

Engrasar la parte tribológica (Inyectar grasa) ver Fig. 4.3.



Fig. 4.3 Parte móvil del molde de dos placas

Mantenimiento del molde de inyección.

El mantenimiento del molde de inyección se realiza de forma cotidiana o periódica, el cual involucra las siguientes actividades.

- 1) Limpiar y pulir las suciedades provocadas por el gas que se produce en el interior del molde durante la producción en masa y las huellas de corrosión ver Fig. 4.4.
- 2) Revisar y corregir las imperfecciones relacionadas con el movimiento tribológico del molde.
- 3) Realizar el mantenimiento necesario para conservar el molde, principalmente aplicar el agente antioxidante.



Fig. 4.4 Limpieza interior del molde.

Reparación del molde.

- 1) Reparación de la parte dañada del molde. Al reparar, se deben utilizar los elementos originales de la parte a reparar ver Fig. 4.5.
- 2) Cambio de las piezas estándares utilizadas en el molde, tales como el perno botador.
- 3) Registro de los datos sobre piezas de reemplazo para la siguiente ocasión que se presenten fallas. Elaboración del registro de reparación.



Fig. 4.5 Placa botadora molde de dos placas

Mejoramiento y corrección del molde.

- 1) Corrección del molde para remediar los problemas frecuentes en la producción en masa.
- 2) Corrección del molde para reducir el tiempo de ciclo de moldeo.
- 3) Corrección del molde para el mejoramiento de la calidad, como la apariencia y las tolerancias dimensionales, etc.



Fig. 4.6 Pines botadora molde de dos placas

Principales puntos que se deben tomar en consideración para realizar el mantenimiento a los moldes de inyección ver Fig. 4.6.

- 1) Comprender el dibujo del producto, (producto moldeado).
- 2) Comprender el plano de montaje del molde, (estructura y movimiento).
- 3) Comprender los pasos del desensamble.
- 4) Comprender el método de mantenimiento y sus pasos.
- 5) Hacer uso correcto de las herramientas.
- 6) Tener en cuenta la seguridad al trabajar.
- 7) Registrar la lista de chequeo y el historial.

Comprender el dibujo del producto ver Fig. 4.7.

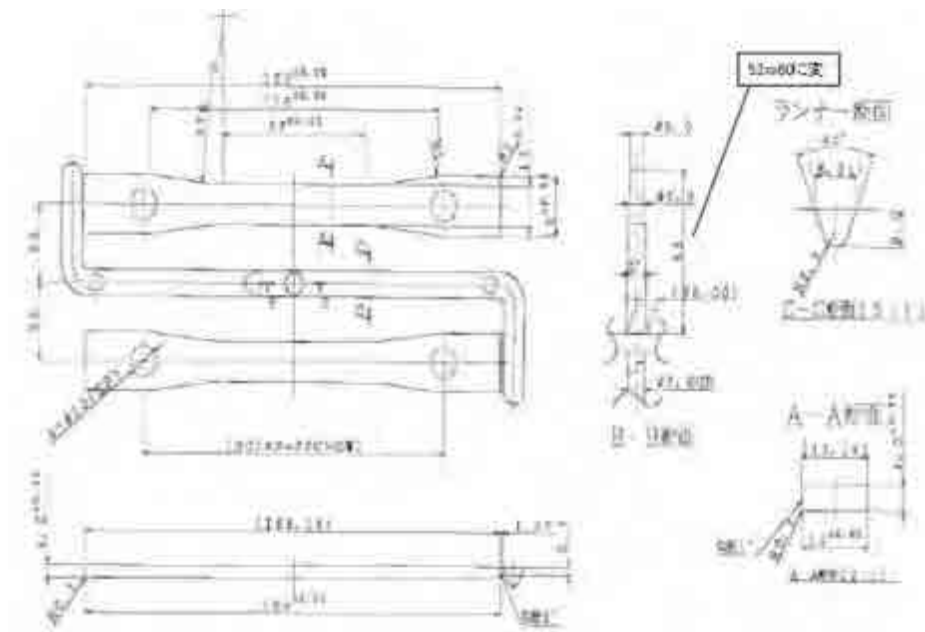


Fig. 4.7 Dibujo del producto

Comprensión del producto e imaginar la estructura del molde.

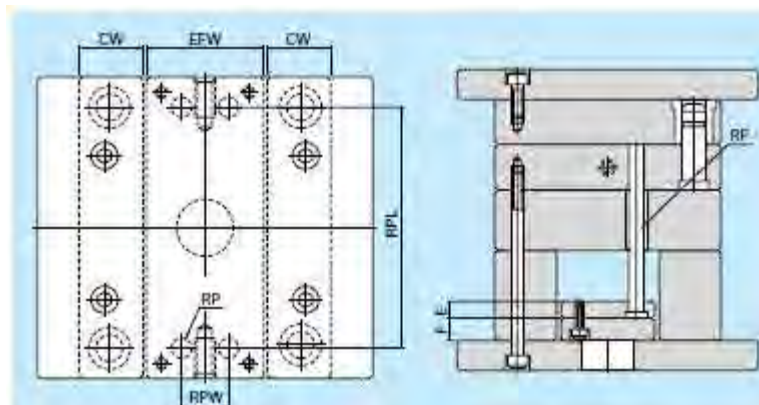


Fig. 4.8 Estructura molde dos placas de catalogo

4.2.2 Lectura de dibujos, comprensión del método de elaboración de dibujos.

Principios de elaboración de dibujos.

Obtención de las vistas de un objeto. Se denominan vistas principales de un objeto, a las proyecciones ortogonales del mismo.

6 planos, dispuestos en forma de cubo. También se podría definir las vistas como, las proyecciones ortogonales de un objeto, según las distintas direcciones desde donde se mire. Las reglas a seguir para la representación de las vistas de un objeto, están en la norma ISO 128-82.

Denominación de las vistas

Si situamos un observador según las seis direcciones indicadas por las flechas, obtendríamos las seis vistas posibles de un objeto.

Estas vistas reciben las siguientes denominaciones ver Fig. 4.9:



Fig. 4.9 Proyecciones ortogonales

Posiciones relativas de las vistas

Para la disposición de las diferentes vistas sobre el papel, se pueden utilizar dos variantes de proyección ortogonal de la misma importancia:

- El método de proyección del primer diedro, también denominado europeo.
- El método de proyección del tercer diedro, también denominado americano.

En ambos métodos, el objeto se supone dispuesto dentro de una caja cúbica, sobre cuyas seis caras interiores, se realizarán las correspondientes proyecciones ortogonales del mismo.

La diferencia estriba en que, mientras en el sistema Europeo ver Fig. 4.10, el objeto se encuentra entre el observador y el plano de proyección, en el sistema Americano, es el plano de proyección el que se encuentra entre el observador y el objeto.

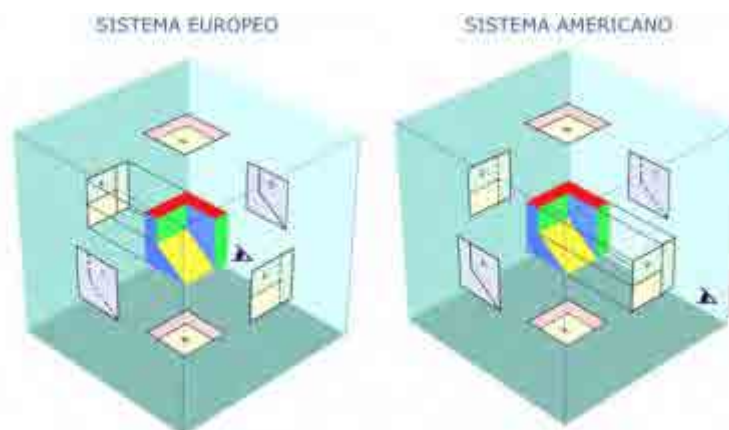


Fig. 4.10 Tipos de sistemas

Una vez realizadas las seis proyecciones ortogonales sobre las caras del cubo, y manteniendo fija, la cara de la proyección del alzado (A), se procede a obtener el desarrollo de la caja, que como puede apreciarse en las figuras, es diferente según el sistema utilizado ver Fig. 4.11.

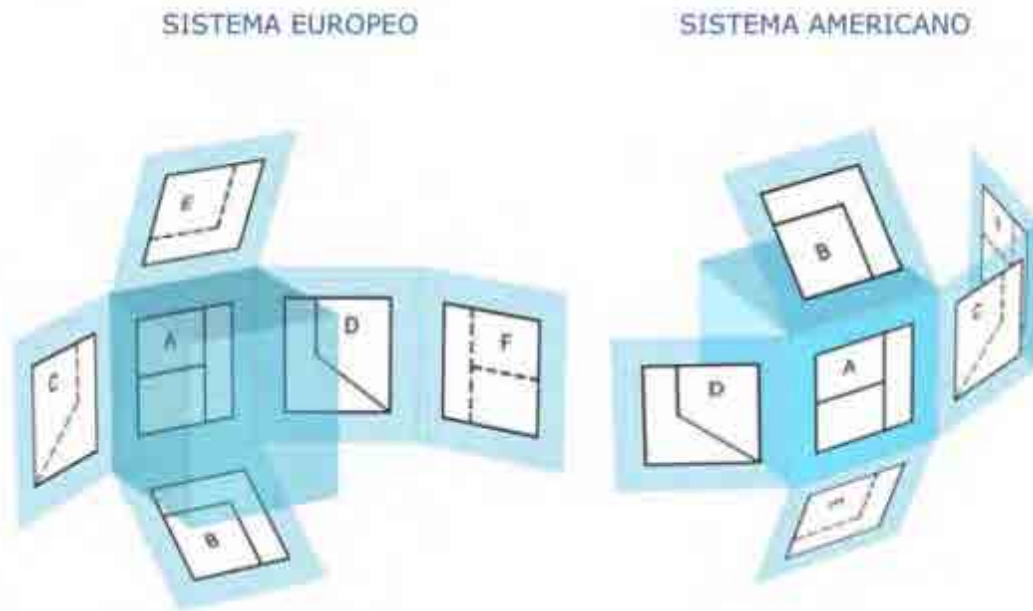


Fig. 4.11 Desarrollo de los sistemas

El desarrollo de la caja de proyección, nos proporciona sobre un único plano de dibujo, las seis vistas principales de un objeto, en sus posiciones relativas. Con el objeto de identificar, en que sistema se ha representado el objeto, se debe añadir el símbolo que se puede apreciar en las figuras, y que representa el alzado y vista lateral izquierda, de un cono truncado, en cada uno de los sistemas ver Fig. 4.12.

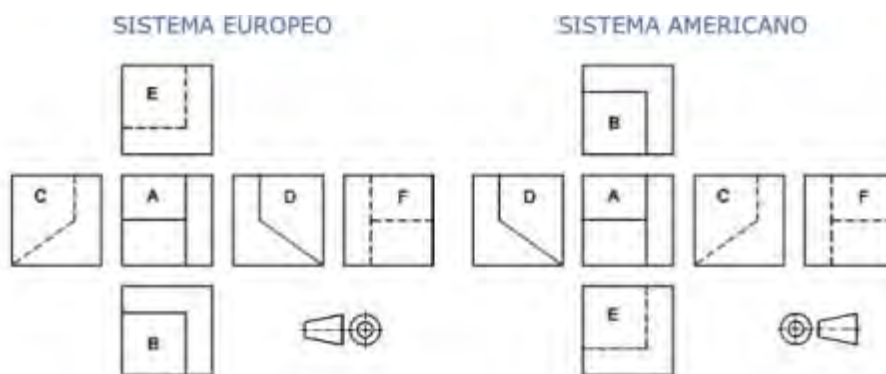


Fig. 4.12 Proyecciones ortogonales

DEFINICION DEL LADO FIJO Y LADO MOVIL DEL MOLDE DE INYECCION.

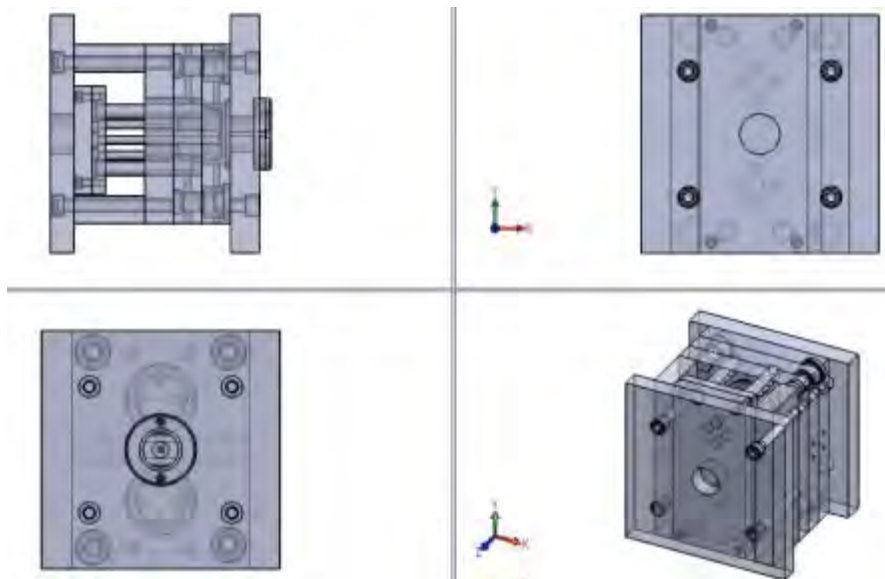
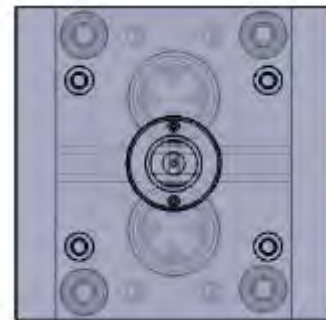


Fig. 4.13 Lado fijo y móvil del molde.

Comprensión del dibujo de ensamble del molde de inyección.

Vista lateral.

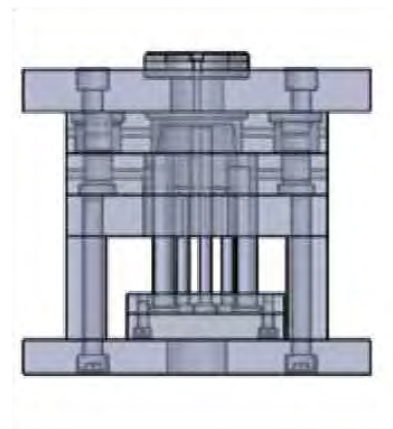
- Anillo centrador
- Buje de bebedero, (Sprue bush)
- Placa porta molde.
- Inserto de cavidad A
- Inserto de cavidad B
- Guide bushing.



Vista de planta.

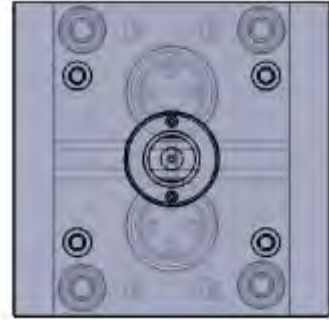
Lado fijo

- Anillo centrador
- Buje de bebedero (Sprue Bush)
- Placa portamolde
- Placa de molde
- Inserto de cavidad A
- Inserto de cavidad B
- Guide Bushing



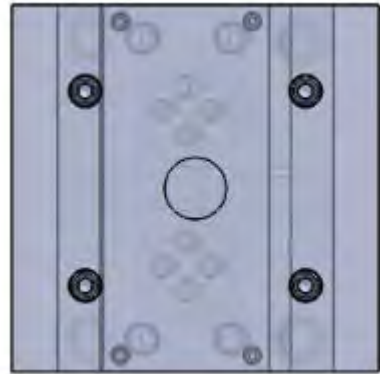
Vista lateral lado fijo.

- Anillo centrador
- Buje de bebedero (Sprue Bushing)
- Placa portamolde
- Placa del molde
- Inserto cavidad A
- Inserto cavidad B



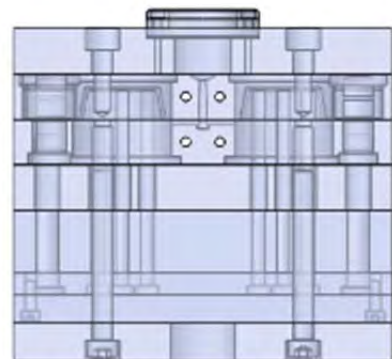
Vista lateral lado móvil del molde de inyección.

- Placa separadora
- Placa de molde
- Bloque espaciador
- Placa portamolde
- Placa eyectora superior
- Placa eyectora inferior
- Perno de retorno
- Pilar de soporte
- Inserto de corazón
- Inserto separador
- EP (Ejecto Pin)
- Ducto de enfriamiento



Vista superior lado móvil del molde de inyección.

- Placa separadora
- Placa de molde
- Bloque espaciador
- Placa portamolde
- Placa eyectora superior
- Placa eyectora inferior
- Perno de retorno
- Pilar de soporte
- Inserto de corazón
- Inserto separador
- EP (Ejector Pin)
- Ducto de enfriamiento



4.2.3 Pasos de desensamble revisión y reparación de molde.

Para el trabajo de desensamble, revisión y separación se requiere ver Fig. 4.14

- Molde de inyección de plástico



Fig. 4.14 Quitar seguro

- Productos moldeados recientemente.
- Herramientas
- Caja para almacenamiento de las piezas
- Detergente, trapos
- Formato de registro de mantenimiento.

Los pasos a seguir para el desensamble del molde son los siguientes:

1. Realizar la separación del lado fijo del lado móvil ver Fig. 4.15
 - Revisión de la cara PL (suciedad por gas, daños en general).
 - o Según el estado del venteo, difieren las suciedades.
 - Realizar una comparación con el producto moldeado.
 - o Es indispensable hacer una comparación de las últimas piezas moldeadas para revisar la ubicación de los daños del molde reflejados en el producto.



Fig. 4.15 Separar lado móvil del fijo.

2. Desensamble del lado fijo ver Fig. 4.16.

- Anillo centrador
 - o Placa porta molde
- Placa porta molde
 - o Placa del molde
- Placa porta molde.
 - o Inserto de la cavidad ver Fig. 4.17.



Fig. 4.16 Y 4.17 Desensamble del lado móvil.

3. Desensamble del lado móvil ver Fig. 4.18

- Revisión de la suciedad en la EP, daños en el sello
- Placa separadora
 - o Inserto separador
- Placa separadora
 - o Perno de retorno
- Placa del molde
 - o Inserto de corazón
- Placa eyectora (superior)
 - o Placa eyectora inferior
- Placa portamolde
 - o Bloque espaciador
 - o Placa del molde
- Placa eyectora (inferior)
 - o Placa del molde.



Fig. 4.18 Desensamble del lado fijo.

Puntos a revisar cuando el molde se encuentre desensamblado ver Fig. 4.19.

- Suciedad en las partes generales de ensamble de molde
- Suciedad en los pines eyectores
- Revisión de filtraciones de agua



Fig. 4.19 Desensamble de la placa dotadora.

4. Reparación o cambio de partes no conformes.

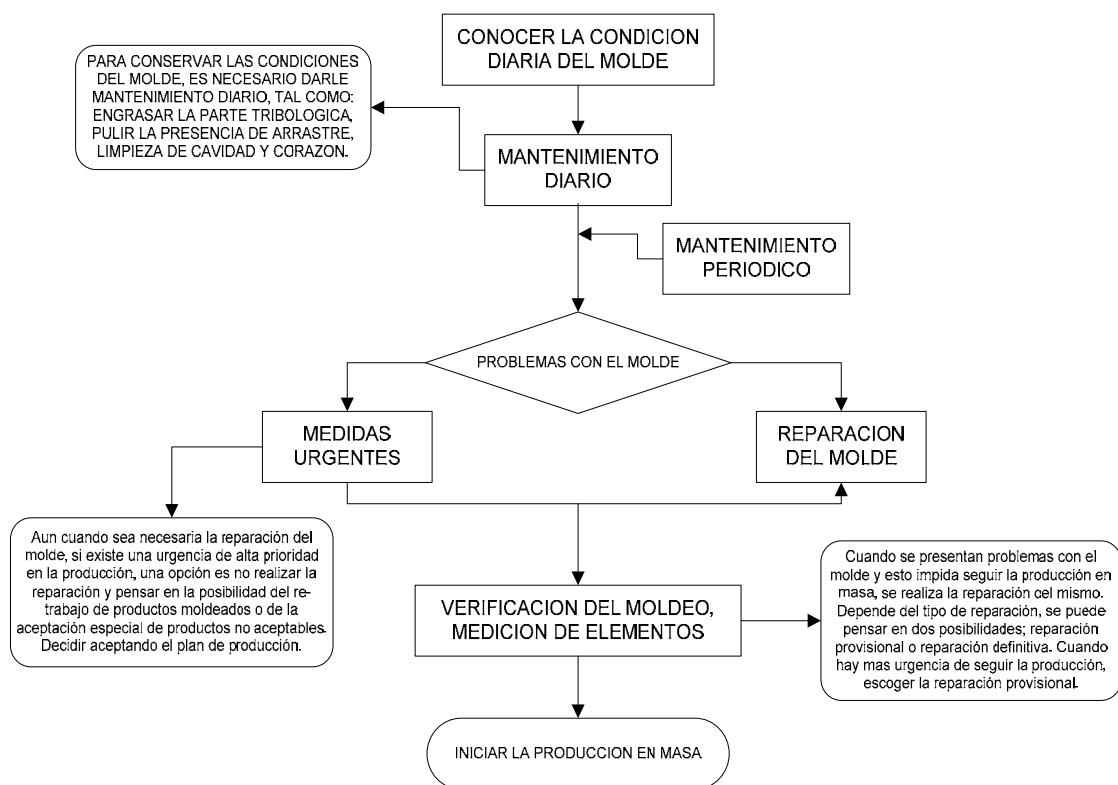
- Los puntos importantes a revisar en el ensamble del molde son:
 - o Aplicación de antioxidante en las caras de los moldes (PL).
 - o La colocación de las partes a ensamblar debe ser cuidadosa para evitar desalineamientos ver Fig. 4.20.



Fig. 4.20 Cambio de piezas.

- o Cuidadosa sujeción por tonillos, para evitar desgaste en las uniones.
Elaboración de registro de mantenimiento.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO DEL MOLDE DE INYECCION	
	FECHA DE ELABORACION
NOMBRE DEL MOLDE	MOLDES DE CAJA
OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PERIODICO, REPARACION, MEJORAMIENTO
FECHA (ULTIMA VEZ)	10/03/2012
FECHA (ESTA VEZ)	30/04/2012
CANTIDAD DE PRODUCCION	DESPUES DEL MANTENIMIENTO ANTERIOR 3000 DISPAROS
CONTENIDO DEL MANTENIMIENTO	DESENSABLAO TOTAL LAVADO Y ENSAMBLE. NO SE PRESENTARON PROBLEMAS EN LA PARTE DEL PRODUCTO MOLDEADO, SE OBSERVO OXIDACION EN LA PARTE DEL INSERTO DEL CORAZON, NO SE PRESENTARON PROBLEMAS EN LA PARTE DEL PRODUCTO.
REALIZADO POR	INTEGRANTE DEL BTTP





4.3 Lubricación

4.3.1 Lubricación de partes internas del molde

Para la lubricación de correderas y guías internas del molde se deben aplicar lubricantes de baja viscosidad que faciliten el deslizamiento en su estado normal de trabajo y permitan realizar toda una serie de piezas sin ser necesaria la intervención en el molde.

También se puede emplear para la lubricación de expulsores cuando el molde está ya montado y en trabajo. Se ha comprobado que como desmoldeante se consiguen ciclos superiores a 30 minutos, en contraposición con los habituales sprays de silicón que solo obtienen periodos de entre 5 y 10 minutos, en la mayoría de los casos.

Engrase de expulsores del molde

Los expulsores son la parte móvil del molde más importante, ya que por el pequeño tamaño y sus bajas tolerancias con el molde tienen mayor probabilidad de bloqueo. Los expulsores no disipan bien el calor acumulado por la fricción y están sometidos a temperaturas más elevadas que otras partes del molde.

También es importante porque es la parte móvil que toca la pieza de plástico una vez conformada para su extracción del propio molde, y por tanto puede dejar una marca visible en la pieza y su posterior rechazo en el control de calidad.

Se ha comprobado que con la utilización de grasas de litio o disulfuro de molibdeno convencionales, los expulsores tienen una mayor fricción. Como consecuencia de esta fricción aumenta su temperatura, y cuando toca a la pieza de plástico la ensucia y la marca en profundidad porque la pieza inyectada todavía no tiene la dureza y cohesión finales.

Limpezas de las caras del molde, cavidad y partes externa

Después del desmontaje del molde, previo almacenaje, es necesario realizar un mantenimiento de limpieza y renovación de las grasas y lubricantes. Todos los lubricantes tienen un determinado número de horas de trabajo y deben renovarse para sacarles el máximo rendimiento. Recordemos que aplicar grasa nueva sobre una superficie con restos de grasa trabajada no es lo recomendable.

Para realizar el desengrase de forma limpia, rápida y eficaz se recomienda un spray desengrasante.

Debe realizar el desengrase de las superficies metálicas en un corto espacio de tiempo, no dejando restos y evaporándose completamente. Al ser una aplicación en spray a presión no hace falta tocar la superficie pulida del molde con ningún trapo o pincel evitando el posible rayado o deterioro.

Debe ser tan efectivo que elimina los restos de desmoldeantes que puedan contener las caras de la cavidad.

Protección al almacenaje de las caras del molde, y cavidad

No olvidemos que el molde es una superficie muy susceptible a oxidarse, sobre todo las partes más pulidas. Una superficie con micro - oxidación da lugar a mayor adherencia de las piezas plásticas al molde y un acabado superficial de las piezas más rugosas, provocando mayor dificultad en la expulsión. Los moldes con poca movilidad pueden permanecer en las estanterías varias semanas, y por tanto hay que realizar una película de protección en el molde con productos lubricantes neutros que no dañen la superficie y sean de fácil eliminación.

Se debe utilizar un producto en spray, formulado con inhibidores de corrosión y compuestos sintéticos que permite aplicar de forma rápida una película de protección transparente.

Limpieza de ductos.

La limpieza de los ductos del molde de inyección es de gran importancia, y a que nos ayudara a mantener nuestro molde en condiciones de trabajo optimas, por ejemplo es importante que mantengamos limpios los ductos de refrigeración, así como los ductos de los botadores, sin embargo es muy difícil hacer ese mantenimiento de limpieza de los ductos con herramientas convencionales de limpieza, así que en las siguientes líneas estudiaremos un método, muy práctico y eficaz de hacer la limpieza de los ductos, en los moldes de inyección así como otras aplicaciones.

4.3.2 Limpieza por ultrasonidos.

Limpiar un elemento equivale a retirar de su superficie los cuerpos extraños. Esta operación se obtiene, generalmente, utilizando la combinación de una acción química, con detergentes, y una acción mecánica (ej. frotación).

Se puede obtener una acción mecánica bastante enérgica y eficaz introduciendo en el líquido limpiador ondas acústicas de fuerte intensidad.

Un transductor acústico electrónico, parecido a un altavoz, es capaz de transformar la energía eléctrica en energía sonora en un medio elástico, como por ejemplo el aire.

Otros transductores acústicos electrónicos similares (ultrasonidos) se utilizan para generar sonidos de alta energía en líquidos, con frecuencias superiores al límite auditivo del hombre.

En la Fig. 4.21 se representa un recipiente con paredes metálicas, conteniendo líquido y, en el fondo, un transductor electromecánico capaz de emitir una potencia acústica de una frecuencia específica.



Fig. 4.21 Transductor ultrasonidos.

La onda acústica se propaga en el líquido a la velocidad del sonido, que es de aproximadamente 1.500 metros por segundo en el agua.

Este fenómeno comporta una vibración de las moléculas del líquido que aportan variaciones de presión a su alrededor y que, a la vez, provocan otros desplazamientos de las moléculas del líquido; y así sucesivamente.

Si consideramos qué es lo que sucede en un punto específico del recipiente, podemos observar una vibración de las moléculas con una frecuencia igual a la que es introducida por el transductor y, de la misma manera, una oscilación del valor instantáneo de la presión con la misma frecuencia.

El valor medio de la presión será el mismo que el valor que se obtiene en ausencia de onda sonora, es decir, el valor de la presión atmosférica adicionada a la del volumen del agua en tanto que valor instantáneo oscilará entre un valor mínimo y un valor máximo ver Fig. 4.22.

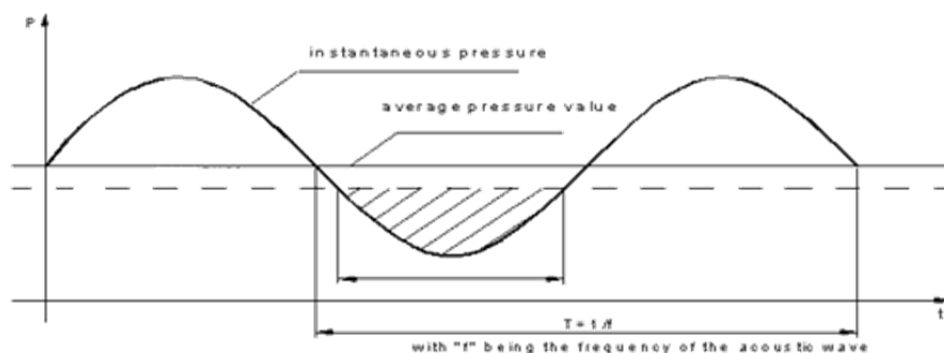


Fig. 4.22 Onda acústica.

El estado físico del líquido o del vapor depende de la temperatura y de la presión. Por ejemplo, el agua hierve a 100 °C si la presión atmosférica es de 1 Bar, pero se transforma en vapor con una temperatura inferior si la presión es lo suficientemente baja.

Si la intensidad de la onda acústica es lo bastante grande, en el momento en que la presión llegue al valor crítico se crea una burbuja de vapor, y continuará aumentando en volumen almacenando energía potencial en función de la duración del tiempo.

Al final de este infinitesimal momento, cuando la presión sigue aumentando, el estado de vapor no continuará siendo posible y la burbuja de vapor explotará sobre un punto muy pequeño, virtualmente invisible, y restituirá entonces la energía precedente acumulada.

Aunque sea tan pequeña, la implosión de una simple burbuja crea una subida muy alta de energía ya que estallan en un instante.

Por analogía, puede usarse de ejemplo el martillo, que es capaz de acumular energía y de transmitirla en un instante produciendo valores de presión enormemente amplificados.

¿Qué frecuencia es necesaria seleccionar para la onda acústica?

Según lo que hemos podido ver anteriormente, podemos deducir que la intensidad y la amplitud de la súbita energía, creada por cada burbuja de vapor cuando explota a causa del fenómeno llamado cavitación, se calcula en función de la intensidad de la onda acústica aplicada y del tiempo. de aumento en la burbuja de cavitación. el tiempo disminuye cuando la frecuencia aumenta y viceversa.

Con el fin de aprovechar el máximo de la energía creada por cada burbuja, escogeremos la frecuencia más baja posible: el límite inferior está constituido por la máxima frecuencia audible por el hombre, que está alrededor de 16 kHz.

Para algunas aplicaciones, por ejemplo la limpieza de moldes, es mejor operar con una frecuencia alrededor de 19 kHz.

Transductores Acústicos electrónicos

Para realizar el transductor, elemento que puede transformar la energía eléctrica en energía mecánica y, en consecuencia, igualmente en energía acústica, podemos escoger entre dos tecnologías diferentes:

Tecnología Piezoeléctrica

Consiste en utilizar las características de ciertos materiales cerámicos que modifican sus tensiones elásticas internas y su forma cuando se les aplica un campo eléctrico.

Los elementos utilizados para crear ondas acústicas ultrasónicas tienen, normalmente, la forma de un anillo o, más exactamente, de un disco de varios milímetros de espesor y un diámetro de varios centímetros. Hay un agujero central que permite el paso sin ningún contacto de un tornillo de anclaje.

Cada transductor está fabricado juntando dos cerámicas piezoeléctricas una bajo la otra, entre las dos partes metálicas de aluminio y de acero y apretadas con un tornillo. El conjunto está calculado de forma que constituya una estructura mecánica con una propia frecuencia de oscilación, similar a la de la onda acústica deseada.

Se obtiene así un sistema resonante capaz de aumentar la amplitud del movimiento de las superficies de las cerámicas piezoeléctricas, cuando se aplique a estas últimas el campo magnético alterno, normalmente con varios cientos de voltios de tensión, y cuya frecuencia coincida exactamente con la resonancia mecánica.

Cada transductor está diseñado para ser capaz de crear 50 W de poder ultrasónico. Con el fin de realizar un diafragma que irradie 600 W de fuerza como la representada más abajo, es necesario aplicar 12 elementos, conectados en paralelo.

Tecnología Magnetostrictiva

Un importante fenómeno asociado al ferromagnetismo se da en la variación de las tensiones elásticas internas de los cristales de un material ferromagnético cuando es sometido a la acción de un campo magnético.

Se ha constatado que, a menudo, emana un ronroneo desde los transformadores de energía que suministran la corriente eléctrica y que son causados por la vibración de las láminas.

Sin embargo, se trata de un fenómeno útil empleado para la realización de los transductores ultrasónicos. El mejor material para esta aplicación es el níquel, debido a las siguientes características:

Alta permeabilidad ferromagnética que soporta altos valores en la inducción, incluso con la aplicación de los valores moderados en el campo magnético.

Alta resistencia al ensayo mecánico.

Suficientemente dúctil: se puede laminar, cortar.

Inalterable a los agentes atmosféricos (no se oxida con la humedad).

Efecto magnetostrictivo elevado.

Un transductor está constituido por una o varias filas de láminas de níquel en forma de E. Una bobina alimentada por corriente a la frecuencia necesaria produce el campo electromagnético.

Las láminas de níquel están moldeadas y posicionadas de tal forma que tienen igual y exacta distancia entre ellas. Están también fabricadas con la altura correcta, de tal manera que vibran mecánicamente a la frecuencia deseada. La distancia entre las láminas está calculada de manera que la densidad de su impedancia acústica corresponde aproximadamente a la del agua. Esto asegura que la transferencia de energía desde el transductor al líquido es lo más efectiva posible.

Ventajas de la Limpieza por Ultrasonidos

Entre otras muchas, podemos destacar:

- **Calidad de una limpieza microscópica:** Debido al ultrasonido, conseguimos una limpieza de altísima calidad, sin importar la configuración de los elementos (formas arrugadas, recovecos, etc.)
- **Ahorro de tiempo y costes fijos (personal):** Aproximadamente, Vd. Puede lograr hasta un 80% de reducción de gastos, con este sistema de limpieza y recuperación de elementos.
- **Respetuosos con el Medio Ambiente:** Las cantidades de elementos químicos a emplear (detergentes) son tan mínimas, un 2%, que nos supone una apuesta considerable en el respeto por el medio ambiente. Así mismo, al lavar por inmersión, el consumo de agua también disminuye de un modo importante (hasta un 70%). Una vez realizada la limpieza, el agua residual, se filtra antes de ser evacuada a sumideros.
- **Limpieza sin Riesgos:** Como ya explicamos anteriormente, y debido a las peculiares características de este sistema de limpieza, está considerada como un sistema sin riesgos tanto para las personas como para el entorno donde se realiza. Esto es debido a la NO utilización ni de disolventes, ni ácidos ni detergentes muy alcalinos.

Productos Empleados

Estos elementos pueden ser: piezas de acero inoxidable, de hierro, de carbón, de aluminio, materiales no férricos, tintas, pinturas, acero galvanizado, tarjetas electrónicas, piezas eléctricas, etc.

También es indicada para limpiezas de circuitos de refrigeración, calderas, sistemas de calefacción, generadores, sedimentos de barro, cal, etc.

La podemos aplicar para eliminar grasas, tanto vegetales como animales, eliminar gérmenes, carbonillas, etc.

Incluso se pueden limpiar equipos completos (motores, culatas, etc) ya que posee excelentes cualidades anticorrosivas y protectoras

Aplicaciones.

La limpieza por ultrasonidos se puede utilizar en todo tipo de sectores: Automoción, Mecanizado, Decoletaje, Naval, Electrónica, Pintura, Aeronáutica, Moldes, Filtros, Joyería, Odontología, Medicina, Reljería, Óptica, Laboratorios, Informática, etc.

- Equipos de laboratorio y sobremesa: son equipos de reducidas dimensiones, y su capacidad oscila entre 1 y 27 litros de capacidad. Son adecuados para su uso en la industria farmacéutica, química, dental, joyería, electrónica, prototipos, tatuajes, para limpieza de material quirúrgico, así como para la limpieza en general de piezas de pequeño tamaño.
- Equipos industriales: de medidas estándar (desde los 50 litros de capacidad hasta los 2000), medidas especiales y sistemas multietapa (con 2, 3 ó más cubas), que cubren fases específicas en el proceso de limpieza: aclarado, secado, pasividad. Además de equipos diseñados exclusivamente para la limpieza persianas o palos de golf.
- Equipos para motores y accesorios: que cubren las necesidades de todos los talleres de reparación (motocicletas, auto móvil, camiones, autobuses, cogeneración, naval, etc.).
- Equipos para limpieza de persianas: de diferentes medidas según la aplicación.
- Sets de ultrasonidos: generador + emisor de ultrasonidos.

Selección del Tipo de Detergente y la Temperatura de Trabajo

Como podemos ver es de fundamental importancia considerar también el aspecto físico-químico del tipo de detergente que se utiliza en la máquina de lavado ultrasónico. En la elección de la lavadora ultrasónica y el detergente, son muchos los parámetros a tener en cuenta. En primera instancia se debe observar la sustancia que se desea remover del objeto sucio y consecuentemente a esto elegir el tipo de sustancia química que pueda agredir al contaminante.

Evidentemente, la sustancia química (detergente) utilizada para tener la mayor eficiencia de cavitación será una solución acuosa posiblemente con alta presión de vapor, con una baja tensión superficial y utilizada a una temperatura de trabajo entre 50 y 60 °C.

La temperatura de la solución acuosa en un equipo de lavado ultrasónico es muy importante; es así que la intensidad de cavitación varía con el cambio de temperatura. La intensidad de cavitación aumenta al aumentar la temperatura, hasta cerca de los 65 °C para luego disminuir y desaparecer completamente a la temperatura de ebullición del líquido utilizado.

Otro parámetro importante a considerar es la presión de vapor de la solución utilizada, Se entiende por presión de vapor al siguiente concepto:

Si consideramos un líquido en un recipiente cerrado y termostatizado, las moléculas superficiales que tienen energía suficiente pasan al estado de vapor y se distribuyen en el espacio disponible fuera del líquido. Ocasionalmente, algunas moléculas de vapor vuelven al estado líquido hasta que se arriba al estado de equilibrio del sistema, a temperatura constante, la velocidad de evaporación iguala a la de condensación. La presión ejercida por las moléculas de vapor, en estas condiciones, se define como "presión de vapor". Su valor no depende de la cantidad de líquido, sino solamente de la temperatura. Por lo tanto si un líquido es calentado, la presión de vapor aumenta con la temperatura y cuando la presión de vapor iguala a la presión externa se produce el fenómeno de ebullición. Cada líquido, por lo tanto, tendrá su propia presión de vapor y una diferente temperatura de ebullición.

Por ejemplo, el alcohol etílico tiene una presión de vapor muy superior a la del agua a la misma temperatura. El alcohol etílico hierve a 78°C y a la temperatura de ebullición tendrá una presión de vapor de 1 atm, mientras que el agua hierve a 100°C con una presión de vapor de 1 atm. Como temperatura normal de ebullición se define a la temperatura en la que la presión de vapor del líquido es de 1 atm.

Comprender correctamente el concepto de presión de vapor es importante dado que juega un rol predominante en el proceso de cavitación. Es así que la energía necesaria para formar una burbuja de cavitación es proporcional a la presión de vapor y al valor de la tensión superficial.

La cavitación es débil cuando la presión de vapor del líquido es baja (agua fría). Las burbujas de cavitación implotan con energía más grande, pero todavía tenemos que levantar mucho la potencia aplicada para llegar al nivel del umbral mínimo de cavitación. Por lo tanto el resultado termina siendo una menor formación de burbujas y un menor número de implosiones. Por ejemplo, un aumento de la temperatura del líquido, levanta la presión de vapor del mismo resultando más fácil la cavitación. También un alto valor de presión de vapor baja el umbral mínimo de cavitación, creando muchas más burbujas que colapsan implotando con una energía más baja en cuanto la diferencia entre la presión interna y la externa es más pequeña.

También es necesario tener en cuenta la viscosidad del líquido. Valores altos de viscosidad impiden la cavitación, mientras que bajos valores de viscosidad permiten una buena difusión de las ondas ultrasónicas y por lo tanto la formación de las burbujas de cavitación.

Análogamente, líquidos con altos y bajos valores de tensión superficial se comportan del mismo modo que aquellos con alto o bajo valor de viscosidad ya descritos.



4.4 Soldadura correctiva

4.4.1 Soldadura TIG (Tungsten Inert Gas).

Los procesos de soldadura comúnmente empleados se basan en la fusión de los componentes en la junta de unión. En la soldadura por fusión, una fuente de calor se encarga de fundir el metal para formar un “puente” entre los componentes ver Fig. 4.23. Las fuentes de calor más empleadas son:



Fig. 4.23 Soldadura TIG

La soldadura con electrodo de Tungsteno y arco protegido con gas inerte, se conoce normalmente con el nombre TIG (Tungsten Inert Gas). Para conseguir la fusión se

emplea un arco que se establece entre el electrodo y la pieza de trabajo. El electrodo es no consumible y el metal de aporte, si se requiere, se aporta desde fuera.

El metal fundido en el baño de fusión, el extremo de la varilla del metal de aportación y el electrodo de Tungsteno se protegen de la contaminación atmosférica por medio de un gas protector inerte.

El gas de protección más empleado es Argón ver Fig. 4.24, pero se puede emplear Helio o mezclas de Argón-Helio o mezclas de Argón-Hidrógeno para obtener mejores resultados, siempre en función de las características del material a soldar.

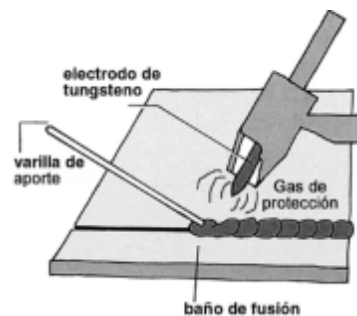


Fig. 4.24 tipos de soldadura TIG.

Operación

La soldadura TIG es válida tanto para la operación manual como para la operación automatizada. En la soldadura manual el operario sitúa el electrodo en la misma dirección de avance que la antorcha y emplea el arco eléctrico para fundir el metal en la zona de unión. Si se requiere metal de aporte, por ejemplo en una unión en ángulo, éste se aporta desde el borde frontal del baño de fusión. El metal de aporte se suministra normalmente en forma de varilla de 1 metro de largo y en diversos diámetros.

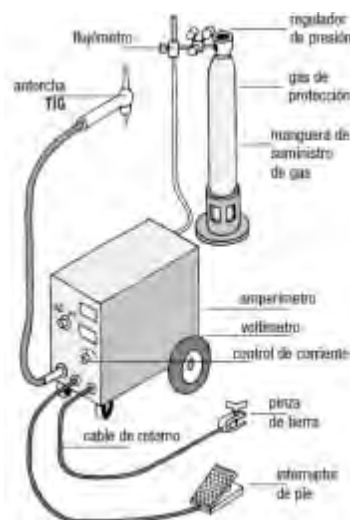


Fig. 4.25 Dispositivos soldadura TIG.

4.4.2 Proceso TIG

La **longitud de arco** es controlada por el soldador y normalmente es de 2 mm a 5mm. La **aportación térmica** del arco depende de la corriente seleccionada ver Fig. 4.26

La **velocidad de avance** se ajusta para conseguir el tiempo necesario para fundir el metal en la unión.

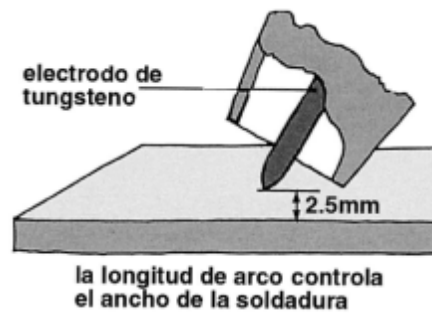


Fig. 4.26 Longitud del arco soldadura TIG.

Disponer de un dispositivo de alta frecuencia en el equipo de soldadura permite iniciar el arco sin que el electrodo toque la pieza de trabajo, y consigue mejorar la estabilidad del arco en corriente alterna y corriente directa.



Fig. 4.27 Corriente alterna soldadura TIG.

Elección de la corriente

Para la soldadura TIG se puede emplear tanto corriente alterna AC, como corriente directa DC ver Fig. 4.27.

La **corriente directa (DC)** con el electrodo conectado al polo negativo de la fuente de alimentación se emplea para:

Aceros al Carbono Aceros Inoxidables Cobre Aleaciones de Níquel Titanio Circonio

La **corriente alterna (AC)** se emplea para la soldadura de:

Aluminio y sus aleaciones. Magnesio. Aluminio-Bronce”

Fuentes de alimentación para la soldadura TIG Las fuentes de poder para la soldadura TIG deben ser capaces de proporcionar una corriente constante. Se llaman normalmente unidades de “característica descendiente” o de “intensidad constante”. Para la soldadura con corriente directa se emplean normalmente rectificadores, aunque para la soldadura en campo puede ser más adecuado emplear generadores. En la mayoría de los casos de soldadura de aluminio, se emplean transformadores de una fase. Las fuentes de alimentación más modernas tienen formas de onda cuadrada. Se pueden emplear también fuentes de alimentación combinadas AC/DC para el caso de trabajos mixtos. La fuente de alimentación debe estar equipada con los siguientes elementos: Control remoto para la corriente. Dispositivo para establecimiento del arco. Dispositivo para el llenado de los cráteres. Válvulas de control del gas. Válvulas de control del agua, en el caso de tener pistolas refrigeradas por agua que se emplean para altas intensidades.

Llenado de cráteres: Podemos evitar la formación de cráteres con una reducción gradual de la intensidad al final del cordón, manteniendo el gas de protección.

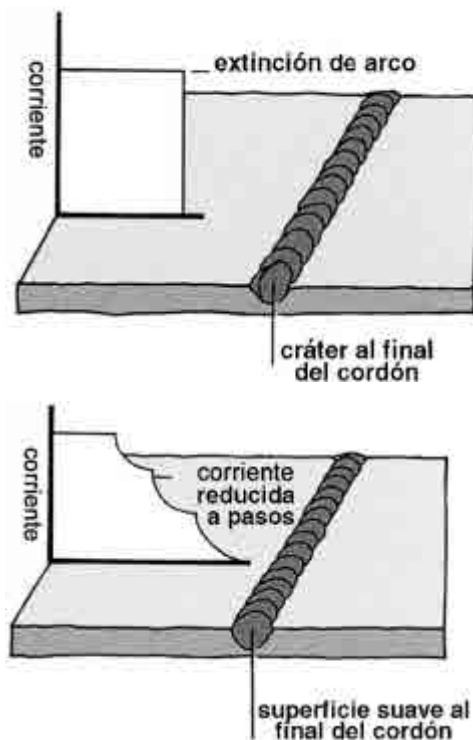


Fig. 4.28 Intensidad del cordón soldadura TIG.

4.4.3 Electrodo para la soldadura TIG

Para la soldadura TIG se pueden emplear electrodos de Tungsteno puro. Sin embargo, es preferible el empleo de electrodos aleados con Torio o Circonio ya que proporcionan un establecimiento de arco más fácil y una mayor estabilidad. En el caso de soldaduras en contacto con productos alimenticios utilizar tungstenos aleados con lantano.

Los electrodos de Tungsteno aleados con Torio con tienen un 2% de Torio (Óxido de Torio) y se emplean para la soldadura con corriente directa.

Los electrodos de Tungsteno aleados con Circonio con tienen un 2% de Circonio (Óxido de Circonio) y se recomiendan para la soldadura de Aluminio con corriente alterna. Así mismo los tungstenos puros son recomendados para soldadura de aluminio.

El diámetro del electrodo se elige en función de la corriente. La corriente mínima de trabajo depende de la estabilidad del arco ver Tabla 4.1.

Tabla 4.1

Diámetro del electrodo (mm)	Intensidad de operación máxima (A)	
	Aleado con Torio (DC)	Aleado con Circonio (AC)
1.2	70	40
1.6	145	55
2.4	240	90
3.2	380	150
4.0	440	210
4.8	500	275

Para un determinado diámetro de electrodo, la corriente máxima que un electrodo puede soportar está determinada por el punto de fusión y de sobrecalentamiento del material que está compuesto.

Antes de su empleo, se debe afilar la punta del electrodo con una rueda de Carburo de Silicio con el fin de obtener el perfil más adecuado.

Debe evitarse la contaminación del electrodo con otros metales, ya que ello puede disminuir su punto de fusión.

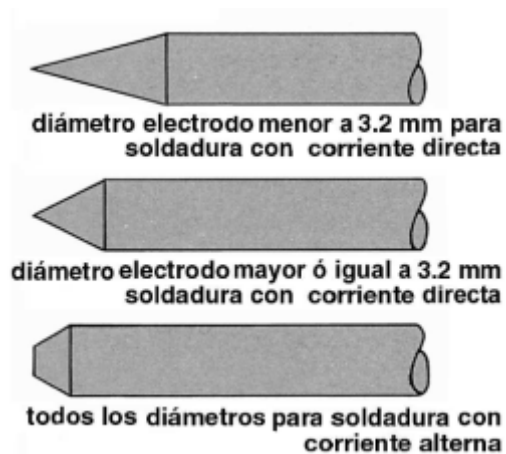


Fig. 4.29 Afilado de soldadura.

Para la soldadura con corriente directa se requiere un afilado en la punta del electrodo de tungsteno ver Fig. 4.29. Para la soldadura con corriente alterna únicamente se requiere un pequeño bisel, ya que la punta del electrodo se redondea cuando el arco está operando.

Antorchas para la soldadura TIG

Las antorchas que se emplean en la soldadura TIG están clasificadas de acuerdo a la corriente que pueden soportar sin sobrecalentamiento. Para corrientes superiores a 200 A, el cuerpo de la antorcha y posiblemente la boquilla, están enfriadas por agua.

Para corrientes iguales o menores a 200 A, el mismo flujo del gas de protección proporciona suficiente enfriamiento a la antorcha.

Una ventaja del proceso TIG es la existencia de un amplio rango de antorchas, lo cual posibilita la ejecución de soldaduras incluso de espesores muy delgados.

La eficiencia del gas de protección depende de manera significativa del diseño de la antorcha ver Fig. 4.30.

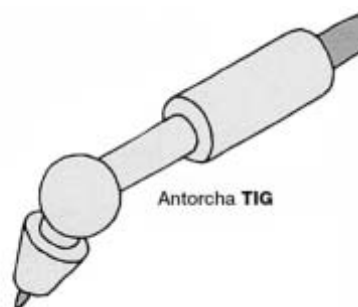


Fig. 4.30 Diseño de antorcha.

Puede emplearse un difusor de gas con el fin de estabilizar el flujo del gas de protección ver Fig. 4.31. Ello permite que el electrodo se proyecte más lejos del final de la boquilla de gas, proporcionando una mejor visibilidad del arco y del baño de fusión.

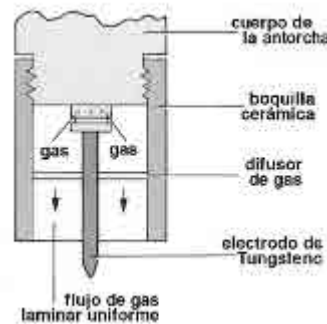


Fig. 4.31 Difusor de gas.

Gases para la soldadura TIG

ARGÓN: Válido para todos los metales.

ALUMIXX: La mezcla de Argón-Helio proporciona una soldadura más rápida y una penetración más profunda en la soldaduras de Aluminio y Cobre.

ARGÓN-H2: Las mezclas Argón-Hidrógeno de la familia de gases INOXX TAG mejoran el perfil de la soldadura, la velocidad y la penetración, en el caso de aceros inoxidables, Cupro-Níquel y aleaciones de Níquel. Garantizan excelente limpieza y brillo en la soldadura.

TIG pulsado

A corrientes bajas, el proceso TIG se vuelve difícil de controlar. Una corriente pulsada proporciona una mayor estabilidad para niveles bajos de aporte térmico.

En el proceso TIG pulsado, el arco opera con bajas corrientes y se superpone un pulso de alta corriente. El soldador selecciona la frecuencia de los pulsos y su duración de acuerdo con el aporte térmico requerido y con el grado de control del baño de fusión.

Se emplean antorchas convencionales, pero la fuente de alimentación debe ser un equipo especialmente diseñada para TIG pulsado ver Fig. 4.32.

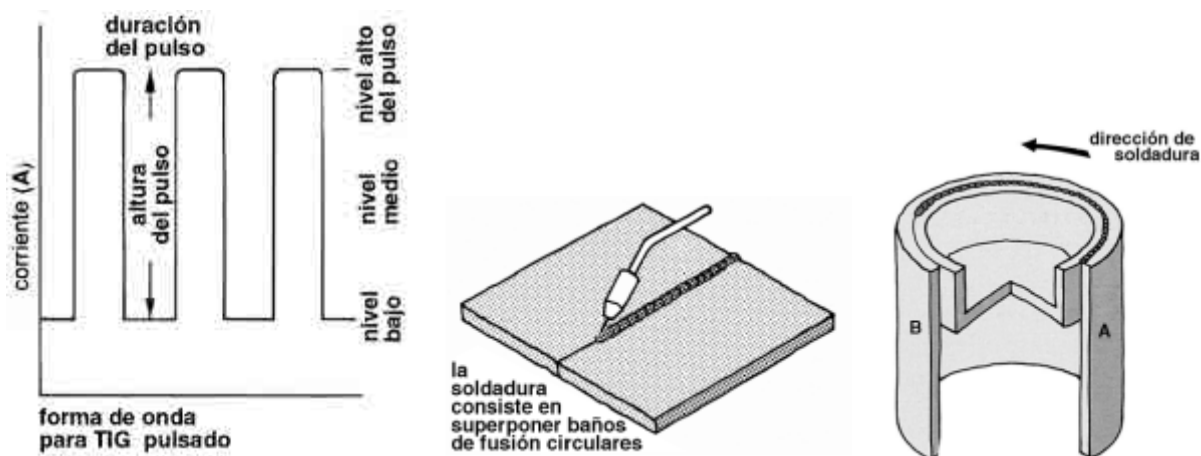


Fig. 4.32 soldadura tipo TIG

TIG convencional: La velocidad de soldadura se Incrementa progresivamente de A a B.

TIG pulsado: Velocidad de avance constante.

El TIG pulsado es especialmente adecuado para la soldadura de láminas de menos de 1 mm de espesor, ya que mediante este proceso se minimiza el riesgo de perforación y/o deformación de la pieza base.

El proceso TIG pulsado se emplea también para soldar componentes cilíndricos ya que mantiene uniforme el ancho de la soldadura sin aumentar la velocidad de avance. Esto supone un gran avance para la soldadura.



CONCLUSIÓN

El participante realiza todos los preparativos para el montaje y desmontaje del molde, con todas las medidas de seguridad y el procedimiento. Monta y desmonta el molde de dos placas en la maquina inyectora y establece el tamaño del molde, verifica las medidas de seguridad de la maquina al operar esta.



EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones: Realiza el ensamble y desensamble del molde de dos placas.



TEMA 5: IDENTIFICA LOS TIPOS DE MOLDES PARA EL PROCESO DE COMPRESIÓN

Objetivo particular:

Que el participante tenga los conocimientos básicos del moldeo por compresión, e inyección reactiva (RIM) siendo estos los que le permitan identificar los tipos del molde.



INTRODUCCIÓN AL TEMA

En esta unidad se describen los procesos de compresión, e inyección reactiva (RIM), así como los tipos de moldes, dados y cabezales para cada uno de estos procesos se explican las maquinas extrusoras monohusillos, y en el proceso de RIM los riesgos a considerar para evitar un accidente.



DESARROLLO



5.1 TIPOS DE MOLDES

5.1.1 Compresión

El moldeo por compresión es un proceso antiguo y muy utilizado para plásticos termofijos. Se aplica también a discos fonográficos termoplásticos, llantas de hule y varios compuestos en matriz de polímero.

El proceso de compresión, para un plástico termofijo es el siguiente:

- 1) Se coloca en el fondo de un molde calentado, una cantidad fija de compuesto de moldeo llamada carga;
- 2) Se unen las mitades del molde para comprimir la carga y forzarla a tornar la forma de la cavidad;
- 3) Se calienta la carga a través del molde para que polimerice y cure el material, transformándose en una pieza sólida y se abre el molde y se retira la parte de la cavidad.

La carga inicial del compuesto de moldeo puede estar en forma de polvos, pelets, líquido, o partes preformadas. La cantidad de polímero debe controlarse con toda precisión para obtener una consistencia uniforme en el producto moldeado. Se ha vuelto una práctica común precalentar la carga antes de colocarla en el molde; esto suaviza el polímero y acorta la duración del ciclo de producción. Los métodos de

precalentamiento incluyen calentadores infrarrojos, calentamiento por convección en estufa y el uso de tornillos giratorios dentro de un cilindro calentado. Esta última técnica (tomada del moldeo por inyección) se usa también para medir la cantidad de la carga ver Fig. 5.1.

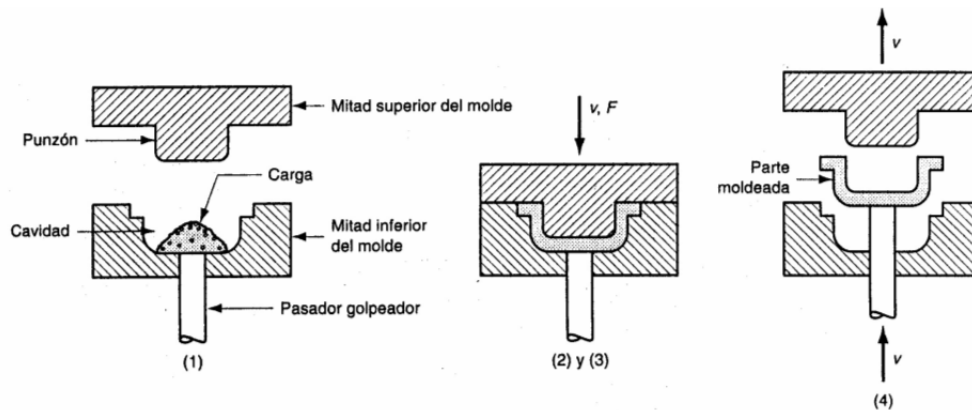


Fig. 5.1 moldes para compresión

Las prensas de moldeo por compresión están orientadas verticalmente y contienen dos placas a las cuales se sujetan las mitades del molde. El proceso involucra dos tipos de actuación:

- 1) carrera ascendente de la placa del fondo o
- 2) carrera descendente de la placa superior, pero esta última es la configuración más común. Un cilindro hidráulico acciona generalmente las placas, el cual puede diseñarse para suministrar fuerzas de sujeción de hasta varios cientos de toneladas.

Los moldes para este proceso son generalmente más simples que los de su contraparte, el moldeo por inyección. No hay vertederos o sistemas de alimentación en un molde por compresión y se procesan partes de formas más simples debido a que los materiales termofijos poseen una capacidad de flujo más baja. Sin embargo, se necesitan accesorios para calentar el molde que puede hacerse mediante resistencia eléctrica, vapor o circulación de aceite caliente. Los moldes de compresión pueden clasificarse en *moldes manuales* usados para corridas de ensayo; *semiautomáticos*, en los cuales a la etapa de prensado le sigue un ciclo programado, pero el operador carga y descarga manualmente la prensa; y *automático* el cual opera bajo ciclos de prensado completamente automático (incluyendo la carga y la descarga automática).

Las resinas fenólicas, melamina, urea formaldehído, epóxicos, uretanos y elastómeros son materiales para moldeo por compresión. Las piezas típicas moldeadas con plástico termofijo incluyen contactos eléctricos, portalámparas,

mangos de sartenes y vajillas de plástico. Son notables las ventajas del moldeo por compresión para estas aplicaciones ya que es más simple, menos costoso y requiere bajo mantenimiento genera poco desperdicio y deja bajos esfuerzos residuales en las partes moldeadas (este proceso se prefiere para partes delgadas y planas como los discos fonográficos). La principal desventaja es la mayor duración del ciclo y, por tanto, la velocidad de producción es más baja que la del moldeo por inyección.

5.1.2 Calentamiento del molde

Una **temperatura de molde uniforme** significa que la temperatura de cada mitad es la misma (dentro de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ (5°F)) para todas localizaciones cuando se calienta el molde por aceite o vapor. Los moldes que están calentados con calentadores de cartucho eléctrico pueden variar tanto como 6°C (10°F). Un molde con una temperatura uniforme se llenará más fácilmente y producirá las piezas con menos deformación, una mejor estabilidad dimensional y una apariencia de la superficie uniforme. El lograr una temperatura de molde uniforme depende de su método de calentar el molde.

Un molde que está **calentado** por **vapor** o **aceite** tendrá una temperatura de molde uniforme porque la fuente de calefacción mantiene una temperatura constante. Sin embargo, el aceite como una fuente de calefacción sólo es alrededor de la mitad de eficiente que el vapor. Por lo tanto, cuando se usa el aceite para calentar un molde, es necesario poner la temperatura del aceite más alta que la temperatura deseada del molde.

Los moldes que están **calentados eléctricamente** son más difíciles de mantener a una temperatura uniforme porque los calentadores de cartucho están constantemente ciclando conectados y desconectados. Cuando están conectados producen una gran cantidad de calor en la fuente pero este calor tiene que ser distribuido por el molde entero de manera que produzca una temperatura de molde uniforme.

Para determinar la cantidad de vataje necesario para calentar un molde, el uso de la siguiente fórmula puede ser útil: **$1\frac{1}{4}$ kilovatios para cada 45 Kg (100 libras) de acero de molde**. Nota: Esta fórmula normalmente permitirá que el molde se caliente a las temperaturas de moldeo en 1 a 2 horas.

Localizar un calentador en la línea central del molde no es recomendado porque el centro del molde normalmente está bastante caliente sin añadir cualquier calor adicional. Típicamente, los **calentadores de cartucho** están posicionados en las placas de soporte, con una distancia de 64 mm ($2\frac{1}{2}$ ") entre calentadores.

NOTA: Puede que los moldes de estiraje profundo también necesiten tener calentadores en la placa de retención. Debería haber un mínimo de un **termopar** para controlar cada mitad del molde. En los moldes más grandes es recomendado tener más de un termopar en cada mitad.

Esto resultará en mejor control y en una temperatura más uniforme de molde. Los **termopares** deberían estar localizados en las placas "A" y "B," entre dos calentadores si es posible y en una distancia de 32 – 38 mm ($1\frac{1}{4}$ " - $1\frac{1}{2}$ ") desde el calentador de cartucho más cercano ver Fig. 5.2. Esta distancia debe ser medida desde el borde del orificio de termopar al borde del orificio del calentador de cartucho. La distancia desde el termopar al calentador es importante porque un calentador que esté demasiado cerca causará que el termopar desconecte la calefacción antes de que el molde esté a temperatura apropiada. Un calentador que esté demasiado lejos del termopar resultará en un molde que calienta en exceso y luego se pone demasiado frío. Igualmente, no es buena práctica posicionar un termopar para que sienta así la temperatura de la superficie externa del molde. Si es posible, debería estar localizada 38 - 51mm ($1\frac{1}{2}$ " - 2") adentro del molde, puesto que la temperatura tomada allí es menos susceptible a las influencias exteriores y por lo tanto es más estable.

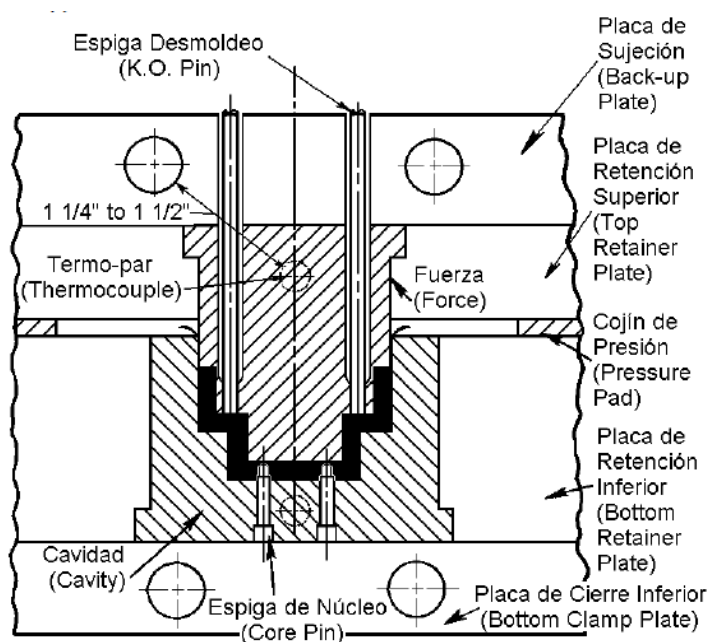


Fig. 5.2 Ubicación de los termopares

5.1.3 Ventilación

Mientras se moldean los termoendurecidos, ocurre el proceso de polimerización que produce volátiles, que junto al aire que ya está dentro de la cámara de cavidad,

puede quedar atrapado y sobrecalentarse de 375° - 425°C (700° - 800°F). Si los gases no pueden escapar por las aberturas, pueden oxidarse los lubricantes dejando **marcas de quemaduras** en la pieza. Las aberturas permiten que los volátiles escapen hasta la atmósfera. Además de los problemas visuales, una ventilación inapropiada resultará en piezas que no pueden ser llenadas; que tienen problemas de dimensión o tienen menos que las fuerzas esperadas físicas y/o eléctricas.

La primera cuestión que tiene que ser estudiada es **la posición de la abertura**. Es importante que todas las aberturas conduzcan hasta la atmósfera, si no la abertura será inútil. A menos que la geometría de la pieza muestre algunas localizaciones obvias para las aberturas, una prueba breve de moldeo debería hacerse para observar dónde ocurren los huecos de gas. Dondequiera que sea posible, **las aberturas** deberían estar posicionadas en la mitad movable del molde, allí donde se vea un hueco de gas o una línea de punto está vista en la pieza.

Las aberturas para las piezas fenólicas deberían ser de 6 mm (1/4") anchas y de 0.08- 0.09 mm (0.003" - 0.0035") profundas y **las aberturas para piezas poliésteres** deberían ser de 6 mm (1/4") anchas y de 0.05 - 0.06 mm (0.002" - 0.0025") profundas. La anchura no es tan crítica como la profundidad. Las aberturas deberían ser cortadas inicialmente a la profundidad mínima recomendada para esta clase de material de moldeo en particular que será procesado en el molde.

De igual importancia que la posición y la profundidad de las aberturas es la **longitud de la abertura**, que es la distancia desde la pieza que la abertura mantiene su profundidad. Las aberturas deberían ser aproximadamente de 25 mm (1") de largo para permitir que la presión aumente en la cavidad después de que el material en la abertura cure. Después de este punto la abertura puede ser relajada a una profundidad de 0.25 - 0.50 mm (0.01" - 0.02"). Para ayudar a mantener la abertura con la pieza, el rincón de la abertura al borde de la pieza puede ser redondeado o achaflanado.

Entonces se hará una prueba de moldeo para determinar si el molde se cierra completamente de esta profundidad de la abertura. Si el molde está abierto porque las aberturas se congelan sellando cualquier material exceso en la cavidad, entonces las aberturas necesitan estar aumentadas en profundidad hasta que el molde pueda cerrarse completamente. Es importante no hacer las aberturas demasiado profundas porque puede que no sellen y como resultado, la presión de la cavidad interna será baja y el encogimiento, las propiedades físicas y eléctricas no pueden igualar los valores de la hoja de datos.

Algunas veces es necesario ventilar las áreas “muertas” del molde con **espigas de expulsión ventiladas**. Antes de añadir las aberturas, debería ajustar una espiga de expulsión en el hueco en que operará en los 0.025 mm (0.001”). Entonces se afilará una parte plana en el diámetro no más profundo de 0.13 (0.005”) por una distancia que ocupará la abertura 3mm (1/8”) abajo del ajuste longitud de la espiga. Normalmente, el ajuste de longitud debería ser de 13 - 16 mm (1/2” - 5/8”) de largo. (Véase el dibujo abajo). Además, la carrera de los expulsores debería ser lo bastante larga para la abertura entera más unos 3 mm (1/8”) para salir por encima del fondo de la cavidad. Esto es para que la abertura pueda autolimpiarse o para que el operador pueda quitar las rebabas de las espigas.

Algo que se olvida con frecuencia en la ventilación es el pulimento. Se recomienda que todas las aberturas sean **pulimentadas por estiraje** en la dirección del flujo **hasta** al menos el mismo acabado que las cavidades y núcleos. Deberían ser pulimentadas por su longitud entera incluyendo la distancia suprimida.

Si el molde tiene que ser chapado en cromo, todas las **superficies de moldear** deberían ser pulimentadas y chapeadas incluyendo las aberturas.

5.1.4 Cavidades y núcleos Individuales

Se fomenta que en casi todos los moldes, el uso de **cavidades insertadas y núcleos** ver Fig. 5.3. La razón principal de esto es que en el caso de que una cavidad individual o de que el núcleo esté dañado, esta cavidad en particular puede ser quitada del molde y reparada mientras el resto del molde se restituye al servicio.

Tener las cavidades individuales también permite que los cambios de inserción hagan posible el hacer funcionar versiones múltiples de la misma básica pieza simultáneamente. Cuando las piezas son muy pequeñas y hay un gran número de cavidades, las inserciones de cavidad individual quizás no sean factibles. En estas situaciones sugeriríamos usar las inserciones de cavidad de 3 ó 4 cavidades.

Los materiales usados más comúnmente para las inserciones de cavidad son H-13 y S-7. Ambos materiales endurecerán al Rockwell 52 y 54 Rc y pueden ser pulimentados para producir un acabado superficial excelente en las piezas.

El **espacio libre entre la Mitad de la Fuerza y la Cavidad** en la pared vertical como se muestra en el dibujo debería ser 0.025mm – 0.050mm (0.001”- 0.002”) por lado excepto para el molde para compuestos en masa de moldeo (BMC) que deberían ser 0.050mm – 0.076mm (0.002” - 0.003”).

Con un molde tan apretado, será necesario añadir las aberturas en esta pared para que así se pueda cerrar el molde. Estas aberturas deberían estar localizadas cerca de los últimos lugares que se rellene y debería comenzar siendo 0.127 mm (0.005") de profundidad y extendiéndose hasta la longitud entera de la pared. Cuando moldee los materiales de compuestos en masa de moldeo (BMC) de PLENCO, es muy importante mantener este espacio libre entre las mitades del molde. Si este espacio libre es demasiado grande, no será posible mantener las presiones de la cavidad interna haciendo que aumente las tasas de chatarra y que sufra la apariencia de la pieza. También recomendamos que la fuerza tenga un mínimo de enganchamiento de 19.050mm (0.750") en la cavidad.



Fig. 5.3 cava y macho.

Colocación y Diseño de la Espiga de Expulsión

Sin las espigas de expulsión usualmente no es posible quitar la pieza moldeada del molde. La colocación de las espigas de expulsión es casi tan importante como la localización de la entrada. Las espigas deberían empujar la pieza fuera del molde sin torcerla y sin dejar una marca indeseable en la pieza. Una razón secundaria por tener las espigas de expulsión es para ayudar a la ventilación del molde.

Las espigas de expulsión deberían ser localizadas en los puntos más profundos de la cavidad o el núcleo. Específicamente sugerimos que las espigas de expulsión estén localizadas en los puntos más profundos de las nervaduras y protuberancias. Si las espigas de expulsión no están colocadas correctamente, la pieza tiene que ser "extraída" de las áreas más profundas o del molde. Es más probable que las piezas que tienen que ser "extraídas" se peguen o se tuerzan durante la expulsión.

Una vez que se determina una colocación de las espigas de expulsión, se necesita decidir el tamaño de la espiga. Las **espigas de expulsión de diámetros** muy pequeños pueden ser problemáticas a causa de que son susceptibles de romperse.

Por lo tanto no se recomiendan las espigas de expulsión más pequeñas de diámetro de 2.4 mm (3/32"). Otro problema común es el flujo de material hacia abajo y alrededor de la espiga de expulsión y obstruyéndola para que se rompa cuando se activan los expulsores. Para evitar que esto ocurra, el agujero para la espiga sólo debería ser de 0.025 mm (0.001") más grande que la espiga para una profundidad de 13 – 16 mm (1/2" - 5/8") de la cavidad. Al hacerlo más profundamente puede resultar en que la espiga se ate y se rompa.

Para asegurarse que la placa de expulsión se mueve alrededor de la línea central de las espigas de expulsión, se sugiere que el molde esté equipado con un sistema de expulsión guiado. Además de alinear los expulsores, el sistema de expulsión guiado mueve la carga de la placa de expulsión y la placa de retención de las espigas de expulsión hasta las espigas de guía y los manguitos del sistema de expulsión.

Aunque el hecho de que se alineen los agujeros de expulsión en el molde con los en la placa de retención siempre es importante, con un sistema de expulsión guiado la alineación aún es más importante.

Aunque es deseable tener las espigas de expulsión localizadas en superficies planas, esto no es posible siempre. Algunas veces es necesario localizar las espigas de expulsión en superficies contornadas. Las espigas de expulsión localizadas en superficies contornadas deberían ser hechas para igualar el contorno de la cavidad. Será necesario clavetear estas espigas para que mantengan así su alineación con el contorno de la cavidad.

Pulimentar y Chapear – La tendencia ha sido acortar la **pulimentación** porque el coste es alto. Los moldes están hechos y ya muestran las marcas de cortar en las áreas no visibles de las piezas. Mientras esta práctica ahorra dinero en la construcción del molde, se puede aumentar los costes de la pieza debido a la chatarra alta y el tiempo muerto. Las **áreas sin pulimento** generarán calor de fricción en el material cuando pase sobre estas áreas. Este calor adicional puede causar que el material cure antes de llenar la pieza. Estas áreas sin pulimento pueden cambiar el modelo de llenar del material, lo que puede resultar en quedar atrapado el gas en localizaciones que no pueden estar ventiladas. Por estas razones, se sugiere que todas las superficies de moldeo sean pulimentadas a una mínima tasación de SPI#2. Las **superficies del moldeo para ser pulimentadas incluyen** las cavidades y núcleos, las aberturas, y la línea de separación entera. La razón para pulimentar la línea de separación es asegurar que cualquier rebaba que pueda ocurrir en la línea, se desprenda del molde con una fuerza mínima. Cuando se pulimente un molde, debería tomar cuidado en asegurarse que pulimenta siempre en la dirección del

estiraje. Las aberturas necesitan ser pulimentadas en la dirección del flujo de material y deberían tener el mismo grado

de pulimento como la cavidad y el núcleo. Las superficies planas que no tienen influencia en la eliminación de la pieza pueden ser pulimentadas en cualquier dirección. Mientras pulimente las nervaduras profundas que fueron cortadas usando el procesamiento de MDE (Máquina de Descarga Eléctrica), es importante estar seguro de pulimentar todas las marcas de picaduras de MDE. Por otra parte puede ser un problema con el hecho de que la nervadura se rompa y se pegue al molde.

Después de que el molde esté completamente pulimentado, entonces está listo para ser chapeado.

Mantenga en la mente por favor que cualquier defecto en la superficie del acero no será cubierto chapeando, pero estará acentuado por el defecto. Aunque hay un número de diferentes tipos de chapear disponibles, hasta hoy, los **moldes chapeados de cromo** proporcionan la mejor liberación de piezas y con el mejor acabado de pieza. Como algunos materiales tienen cargas que son incompatibles con níquel, el uso de níquel o níquel no-electro para chapear las superficies de moldeo no está recomendado. Además, la chapa de níquel carece de la resistencia de abrasión de la chapa de cromo.

Las **superficies que han de ser chapeadas deberían incluir** los núcleos, las cavidades, las espigas de núcleo, los extremos de las espigas de expulsión, las aberturas y la línea de separación entera. Para proteger las superficies de moldeo y asegurar una buena liberación de la pieza, es necesario chapear todas las superficies que estaban pulimentadas. Después de chapear el molde, será necesario **volver a** pulimentar el cromo porque la chapa de cromo sin pulimentar puede pegarse.

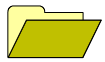
Soportes centrales

A menudo encontramos que los moldes contruidos para materiales termoendurecidos tienen poco o ningún soporte en el centro. Esto resultará en fuerte rebaba alrededor del bebedero y que las piezas varíen en grosor del lado del bebedero al lado opuesto. Para solucionar este problema sugerimos instalar pilares de soporte sustancial por el centro del molde entre paralelos (50.8mm (2") de diámetro si es posible).

Centraje alto en el molde – Algunas veces el centro de un molde tendrá fuerte rebaba incluso con un buen soporte central. En estos casos puede que sea necesario hacer lo que llamamos "Levantamiento abovedado del molde" o "Centraje alto del

molde". Esto se realiza colocando una cuña de 0.0508mm – 0.0762mm (0.002" ó 0.003") en los pilares de soporte en el centro del molde, lo que causará que el lado movable del molde sea un poco abovedado.

Cierres laterales – Cualquier molde donde el mantenimiento del alineamiento de las mitades del molde es esencial para cumplir los requisitos de calidad requiere cierres laterales no cónicos. Deberían estar colocados en todos los cuatro lados del molde. El diseño global de los cierres laterales de Progressive Components es muy bueno porque tienen un enganchamiento más largo y son más gruesos.



5.2 Identifica la estructura de los moldes para (RIM)

Proceso parecido al moldeo por inyección pero se diferencia en que se usan polímeros termoestables (poliuretano) lo que requiere una reacción de curado dentro del molde.

Proceso:

- 1) Mezclado de las dos partes del polímero.
- 2) Inyección de la mezcla a alta presión.
- 3) Se deja reposar la mezcla hasta que se expande y cura.

Ventajas:

- Plazos cortos, Moldes de bajo costo (pero de alta calidad si no ha de aplicarse un acabado superficial posterior).
- Propiedades parecidas al producto final.
- Buena precisión en los modelos.
- Especialmente adecuado para piezas grandes (gracias a la baja viscosidad de la mezcla).
- Procesos automatizados.
- Alto volumen de producción.
- Permite diferencia de densidades en una misma sección de material y variedad de espesores.

Inconvenientes:

- Alta inversión (materia prima)
- Conocimientos técnicos especializados.

Ejemplos de piezas obtenidas:

- Spoilers, guardabarros, parachoques.

- Elementos carrocería de tractores.
- Carcasas de electrodomésticos.
- Contenedores.

Materiales empleados:

Resinas termoestables: poliuretano (más común), poliureas, poliisocianuratos, poliésteres, poliepóxidos, nylon 6.

Consideraciones o restricciones de fabricación:

- Vida de molde: 50-300 inyecciones a 30-120 segundos.
- Baja presión en el molde, alta presión en la mezcla de componentes.
- Material moldes: acero, aluminio mecanizado, fundición de aluminio, caucho de silicona, resina epoxi.

5.2.1 Normas de seguridad.

Riesgos físicos

Al trabajar con una máquina de conformación se está expuesto a riesgos mecánicos, debido al movimiento de las máquinas, sistemas de presión neumática e hidráulica, ruido, calor y vibraciones, los cuales pueden producir lesiones graves al operario u otra persona. Para protegerse de estos peligros lo más importante es conocer bien el funcionamiento de la máquina y las partes en movimiento que podrían generar una lesión, para evitar la exposición innecesaria a estas, y utilizar elementos de protección personal como gafas y tapa oídos entre otros.

Riesgos eléctricos

Respecto a la parte eléctrica es necesario tener los cuidados básicos como son el no operar el sistema bajo humedad extrema, con las manos humedecidas o usando joyas y elementos metálicos que podrían generar un corto circuito. En lo que concierne al inicio en los procedimientos de conexión eléctrica de las máquinas de conformación de plásticos, se debe encender la alimentación principal, abrir el sistema de control eléctrico y energizarlo, para su posterior uso.

Riesgos mecánicos

La disposición del puesto de trabajo mantiene alejado al trabajador de riesgos mecánicos, pero se debe tener cuidado con el movimiento del husillo en el momento de plastificar para extruir ya que inmediatamente comenzara a sacar material plastificado a altas temperaturas.

Riesgo térmico

El riesgo con mayor grado de peligrosidad es el térmico, ya que la unidad de plastificación de cualquier máquina de conformado de plásticos está expuesta y es posible tener contacto con ella por equivocación; generalmente, esta unidad está compuesta por tres bandas calefactoras y un cilindro plastificador los cuales pueden producir graves quemaduras si se tiene contacto directo durante su funcionamiento.

Para la extrusora, durante la manipulación y limpieza de la maquina es necesario usar elementos de protección personal, con el fin de evitar quemaduras con la unidad de plastificación cabezal y dado; entre los elementos usados para este procedimiento están los guantes de carnaza, overol, pinzas, espátula, mascarilla.

Riesgo químico

Dependiendo del polímero termoplástico que se está procesando es necesario tener diferentes cuidados y usar diferentes elementos de protección personal e industrial; entre los más peligrosos para la salud humana al ser inhalados se encuentran los gases producidos por el Etilen propileno fluorado, el policlorotrifluoroetileno y el politetrafluoroetileno; respecto a seguridad en la maquinaria se debe tener en cuenta ciertos plásticos que pueden ser corrosivos como el PVC (cloruro de polivinilo).

5.2.2 Moldes para el proceso de RIM

En el diseño de moldes para el proceso de RIM, se deben considerar varios aspectos, cómo el tamaño del molde, el costo, la presión de cierre, la contracción, la repetibilidad y las tolerancias dimensionales ver Fig. 5.4

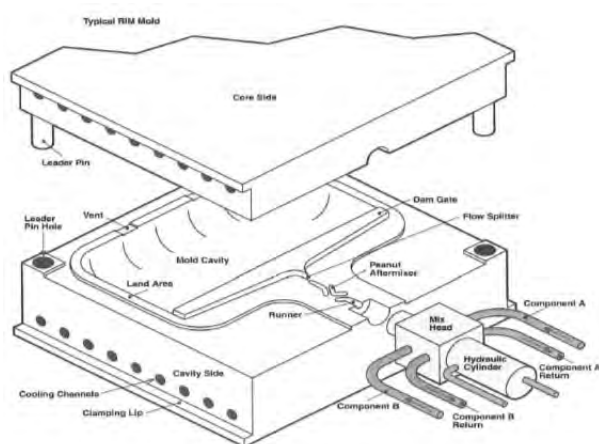


Fig. 5.4 Difusor de gas Molde de Inyección Reactiva

Para diseñar un molde se debe tomar en cuenta el costo del molde contra el volumen de producción y el costo de mano de obra postmoldeo necesario para dar el aspecto final a la pieza. Operaciones como el rebabeado, realización de barrenos, unión posterior de piezas, lijado y pintura pueden añadir un costo significativo al costo final del producto.

Por otro lado el diseño de un molde más complejo puede reducir el tiempo de ciclo total y el trabajo de postmoldeo, esto implica que mientras que el molde puede costar más al principio, se podría ahorrar dinero durante la vida de producción de la pieza. Así se justifica el gasto inicial mayor.

Entre más complejo sea el producto deseado, será más caro el diseño y la fabricación del molde.

5.2.3 Materiales del molde

Debido a que algunas resinas (poliuretanos) generan calor cuando reaccionan, se debe elegir un material de molde que sea conductor, esto es necesario para disipar el calor generado en la etapa de curado. Los moldes de aluminio y acero P-20 son los más utilizados, además de que algunos utilizan un sistema de enfriamiento con agua, para poder tener ciclos más cortos. Los moldes de resinas epoxi suelen tener pobre disipación de calor y una baja calidad de la superficie, se recomiendan sólo para prototipos y carreras de baja producción. Para ciclos de producción de alto volumen, en particular aquellos con cargas de refuerzo, los moldes de aluminio y acero son los recomendados, por su resistencia y durabilidad.

La tabla siguiente muestra la comparación de los diferentes materiales y técnicas de fabricación de moldes:

Material	Number of parts	Ease of Repair or Change	Approx. Cost	Accuracy	Delivery Time	Finish	Strength	Limits
Machined Steel	1MM+	Excellent	1	+0.2mm	15 to 25 wks	Excellent	Excellent	None
Machined Mid-Steel	500M+	Good	3/4 to 1	+0.2mm	10 to 20 wks	Excellent	Good+	None
Machined Aluminum	100M	Fair	3/4 to 1	+0.5mm	10 to 20 wks	Excellent	Good	Conductivity High
Cast Aluminum	50M	Fair	2/3 to 3/4	+2.0mm	6 to 12 wks	Porosity Fair	Good	Conductivity High
Cast Zinc Alloy	100M	Good	1/4 to 1/2	+1.5mm	6 to 12 wks	Porosity Good	Fair	Temperature & Pressure
Machined Cast Steel	500M+	Good	3/4 to 1	+0.3mm	8 to 14 wks	Good	Excellent	Possible Porosity
Machine Cast Aluminum	50M	Fair	3/4 to 1	+5.0mm	8 to 14 wks	Porosity Fair	Good	Conductivity High
Machined Cast Zinc	100M	Good	2/3 to 3/4	+0.5mm	8 to 14 wks	Porosity Fair	Fair	Temperature & Pressure
Spray Metal	10M	Poor	1/4 to 1/3	+5.0mm	4 to 8 wks	Fair	Poor	Temperature & Pressure
Epoxy	100	Poor	1/8	+5.0mm	2 to 6 wks	Poor	Poor	Temperature & Pressure

Debido a la naturaleza del proceso, los moldes de RIM pueden utilizar materiales suaves, por lo tanto varias características del producto final pueden ser maquinadas directamente en el molde. Esto minimiza los costos de elaboración del molde al

reducir trabajos como el templado, electroerosionado, pulido, y reduce al mínimo el tiempo de entrega.

Los costos de los materiales y la mano de obra de la manufactura determinan la mayor parte del costo de fabricación de los moldes y por lo tanto una gran parte del costo de la pieza terminada.

Consideraciones para la fabricación de moldes.

Como parte de la ruta crítica de diseño, ingeniería y creación de prototipos de una nueva pieza de RIM, los moldes se convierten en un tema crítico.

Las siguientes preguntas deben ser contestadas antes de que un molde pueda ser adecuadamente desarrollado:

1. ¿Cuáles son las consideraciones del molde adecuadas para la fabricación de las partes?
 - La vida del molde (producción estimada)
 - Número de partes a ser moldeadas
 - Requisitos de superficies de acabado (brillo alto o bajo de pintura brillante)
 - Moldes de una o varias cavidades
 - Tiempo de ciclo de moldeo y la conducción de calor
 - Tolerancia y dimensiones
 - El tamaño y la complejidad de las piezas
 - El tiempo límite para la elaboración del molde
 - La calidad en general de las partes que se harán
2. ¿Cuál es el diseño del mezclador?
3. ¿Cuál es el tamaño de la entrada y su ubicación?
4. ¿Cuál es el tamaño de la cabeza del mezclador?
5. ¿Dónde está ubicada la línea de partición, las salidas de aire?
6. ¿Dónde están las zonas de tolerancia crítica? -Paralelismo, planitud y líneas de unión.
7. ¿Cuál es la contracción de la formulación de polímero? En el molde y después del curado.
8. ¿Cuál es el espesor de la pieza nominal?
9. ¿Cuál es el peso de la pieza?
10. ¿Cuáles son las temperaturas y presiones de moldeo?
11. ¿Qué se requieren accesorios? Barrenado/Enfriado, Rebabeado / Recorte o postcurado.
12. ¿Cuáles son los requisitos de acabado de superficie del núcleo y la cavidad?

13. ¿Cuál es el patrón de líneas de refrigeración, incluyendo insertos y el bloque del cabezal mezclador?

Compuerta entrada

Después de que el material fluye a través del mezclador y después del sistema de canales que se conectan a la compuerta. El flujo del material pasa de una forma cilíndrica a una forma plana que permite la entrada del material en la cavidad del molde, la compuerta de entrada debe ser paralela a lo largo de la superficie de la pieza. Es muy importante que el material que sale de la compuerta de entrada al molde este en una condición de flujo laminar. Esto es necesario para evitar que en la cavidad se quede atrapado el aire y, posiblemente cause defectos en la pieza.

La determinación de qué tipo y dónde colocar la compuerta para un molde de RIM es el aspecto más importante de toda la parte y el proceso de diseño de moldes. La colocación de la puerta puede influir de forma determinante en el éxito o fracaso del molde.

Los siguientes artículos deben ser abordados en la determinación de la compuerta óptima.

1. El tipo de material RIM que se utiliza para el proyecto.
2. El espesor de la pieza en la línea de separación.
3. Pernos, ventanas u otras obstrucciones en el flujo de material.
4. Costillas o canales que pueden dictar la dirección del flujo de material.
5. Consideraciones de líneas tales como superficies escalonadas o redondeadas que limitarían las opciones de colocación de la compuerta.
6. El punto más bajo posible en el molde.
7. La menor longitud posible de flujo de materiales.
8. Las consideraciones estéticas en la pieza como marcas de unión.
9. Moldes de cavidades múltiples.
10. El uso de la pintura en el molde.

Todos los moldes utilizados en la fabricación de productos por RIM deben tener ranuras de venteo en el punto más alto de la cavidad del molde. Esto es necesario para permitir que el aire en la cavidad de escape durante la inyección del material durante el proceso de moldeo. Una regla común en los orificios de venteo es desarrollarlos con una geometría amplia y poco profunda en vez de estrecha y profunda.



CONCLUSIÓN

El participante podrá describir el proceso de compresión, así como identificara las resinas más comunes, así como el proceso de Inyección reactiva y sus riesgos para cada uno de estos, conocerá los moldes más comunes e Identificara los dados y cabezales



EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones: Contesta a lo que se te pide.

- 1.- Describe con tus propias palabras el proceso de compresión
- 2.- ¿Qué es el proceso de RIM?
- 3.- ¿Qué tipos de entrada conoces?
- 4.- ¿Qué tipos de materiales son más comunes para la fabricación de moldes?
- 5.- menciona las precauciones en los procesos de compresión y RIM.

Submodulo 2 prepara dados para realizar moldeo de termoplásticos y termofijos.



TEMA 6: IDENTIFICA LOS TIPOS DE DADOS DE ACUERDO AL PROCESO DE MANUFACTURA

Objetivos particulares:

Que el participante tenga los conocimientos básicos del moldeo por compresión, extrusión, estos los que le permitan identificar los tipos del molde.



INTRODUCCIÓN AL TEMA

La extrusión de plásticos es un proceso industrial de moldeo mediante el cual es posible obtener productos acabados o semi-acabados, de sección transversal uniforme en un régimen continuo, además ofrece las ventajas de técnicas de procesamiento completas y versátiles, incomparable en importancia económica con cualquier otro proceso.



DESARROLLO



6.1 Proceso de moldeo por extrusión de plásticos

Al hablar de extrusión es necesario mencionar a la maquinaria asociada al proceso. Básicamente una máquina extrusora posee un tornillo metálico impulsado por un reductor de velocidad que a su vez está conectado a un motor eléctrico, que se encuentra situado dentro de un cilindro metálico revestido con una camisa que tiene instalada varias resistencias eléctricas. En un extremo del cilindro se encuentra una tolva para alimentar de la materia prima que ingresa en forma de pellets o gránulos, en la punta del tornillo se ubica la salida del material y el **dato** que le da la forma final al plástico; posteriormente es necesario enfriarlo rápidamente puesto que el material caliente podría perder dicha forma ver Fig. 6.1 A y B.

En la extrusión el material plastificado fluye por una boquilla que lo conforma y el enfriamiento se efectúa a la salida de la misma, en contacto con el aire, agua o una superficie frío. El método es continuo y proporciona perfiles macizos o huecos de sección transversal constante, que se cortan en largos estandarizados.

La función de la máquina de extrusión, es fundir y mezclar la alimentación (pellets) y bombearla o empujarla hacia fuera a través de **una boquilla o dato** a velocidad uniforme.

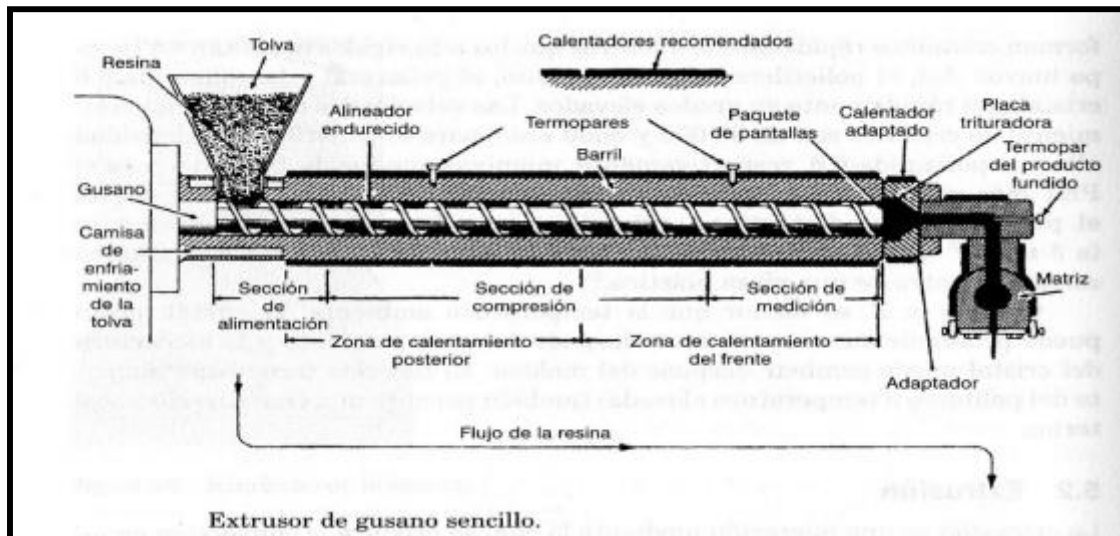


Fig. 6.1 (A) Extrusor.

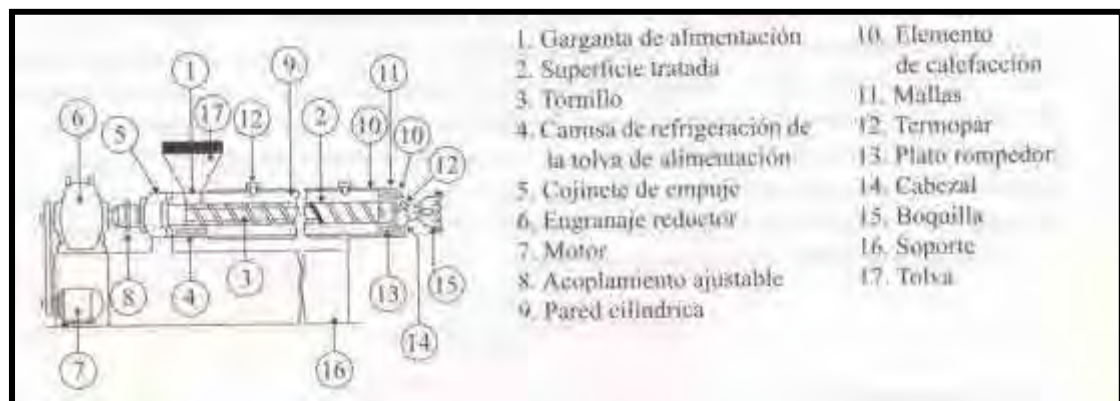


Fig. 6.1 (B) Extrusor descripción.

6.1.1 Máquinas de extrusión monohusillo.

Las máquinas de extrusión de un husillo, son las más utilizadas en todo el mundo; estas máquinas se construyen normalmente de husillos de diámetros de 18 mm para máquinas de laboratorio, y de 20 cm. para la extrusión de perfiles y recubrimiento de cables, para la preparación de compuestos se fabrican máquinas de 60cms de diámetro aproximadamente.

Estas máquinas de extrusión, son las más usadas en la industria actualmente, de todas las partes de una máquina de extrusión, la más importante para el proceso es el husillo, pero en esta ocasión nos enfocaremos al cabezal y dado elementos que se encargan de dar la primera forma al producto.

Cabezal.

El cabezal de una máquina de extrusión, es la pieza que va unida al cilindro conocido también como cañón de la máquina.

Muchos trabajadores se refieren al cabezal como si fuera el dado, y se refieren al dado como si fuera el cabezal, ya que a veces el cuerpo del dado es el que se une directamente al cilindro de la máquina.- En otros casos el dado va unido al cuerpo del cabezal, el cual va unido al cilindro de la máquina.

En estos casos lo que se recomienda es tener cuidado con el uso correcto de términos según sea específicamente la pieza a la que uno se esté refiriendo.

Consideramos que prácticamente no hay ningún problema con el uso de estos términos, lo cual explicaremos con mayor claridad con la siguiente información.

Existen varias formas de sujeción del cabezal o del dado al cilindro de la máquina; cuando se compra un dado, o cuando se necesita seleccionar un cabezal para una máquina, es muy importante considerar el diseño de los elementos de sujeción del dado o cabezal al cilindro de la máquina, ya que es muy importante considerar que prácticamente, cuando la línea está trabajando, es muy común estar limpiando el cabezal o el dado, o el plato rompedor, de tal forma que es una operación que deberá de ser rápida y sobre todo porque esta operación normalmente se hace sobre la marcha, o sea considerando que las piezas están calientes.

En general suelen emplearse dos métodos de montaje de los cabezales

1. Cabezales atornillados.
2. Cabezales con anillo de retención roscado.

El tipo más común es el cabezal atornillado y se presta muy bien para construir porta boquillas uniformes con secciones de transición y boquillas intercambiables. El montaje se realiza con ayuda de tornillos situados en la cara frontal de la boquilla en los mismos puntos para todos los perfiles que tienen un tamaño similar. Los cierres se hacen de metal con metal ver Fig. 6.2 elementos de sujeción del cabezal al cilindro de la máquina.



Fig. 6.2 cavezal.

6.1.2 Cabezal con plato rompedor, filtros y válvula.

La Fig. 6.3 nos muestra un montaje de cabezal con plato rompedor, filtro de mallas metálicas, tornillos basculantes de fijación y válvula de control de flujo.

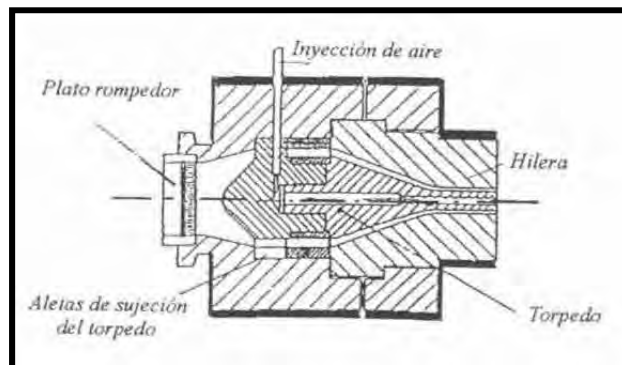


Fig. 6.3 cavezal.

6.1.3 Tipos de dados

Dado de Extrusión

El dado en el proceso de extrusión es como el molde en el proceso de moldeo por inyección: a través del dado fluye el polímero fuera del cañón de extrusión y gracias a éste toma el perfil que se busca; el perfil del dado suele ser diferente del perfil deseado en el producto final, debido a la memoria que presentan los polímeros, esfuerzos residuales y orientación el flujo resultado del arrastre por el husillo ver Fig. 6.4

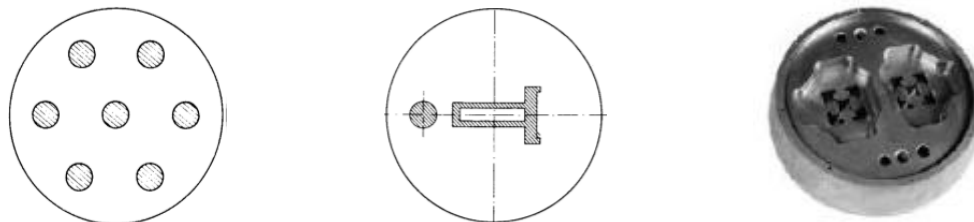


Fig. 6.4 dados.

Existen dados para tubos, filamentos, película, láminas y perfiles de complicadas geometrías y cada uno tiene características de diseño especiales que le permite al polímero adquirir su forma final evitando los esfuerzos residuales en la medida de lo posible.

Zona del dado o boquilla.

La zona final de un extrusor es la zona del dado, que termina en el propio dado. Situado en esta región se encuentra el porta mallas. Este consta, por lo común, de una placa de acero perforada conocida como placa rompedora y un juego de mallas de dos o tres capas de gasa de alambre situadas en el lado del tornillo.

Placa rompedora y juego de mallas.

El ensamble placa rompedora-juego de mallas tiene tres funciones:

- 1.- Evitar el paso de material extraño, por ejemplo, polímero no fundido, polvos, cuerpos extraños.
- 2.- Crear un frente de presión cuando se opone una resistencia al bombeo de la zona anterior, regularizando así el flujo del material
- 3.- Eliminar la “memoria de giro” del material fundido, es decir transformar el flujo helicoidal del material en flujo paralelo más regular.

Una descripción más detallada de estas funciones es:

- 1.- El cribado ayuda a reducir los defectos del producto más adelante al eliminar partículas no deseadas. A menudo quedan atrapadas en la malla partículas de metal o, inclusive, tuercas o tornillos pequeños así como, por ejemplo, aglomerados de material de relleno que han escapado a la dispersión. Además de hacer que el producto salga defectuoso, las partículas metálicas dañan el dado, lo cual es un grave problema, pues los dados son caros y difíciles de reparar.
- 2.- La importancia de crear un frente de presión radica en que esta presión es la que proporciona la fuerza impulsora para vencer la resistencia del dado.
- 3.- En muchos casos, el polímero “recuerda” su trayecto en giros a lo largo de la espiral del tornillo, aun después de haber pasado por el dado y esto puede dar como resultado una deformación por torsión del producto. Los polímeros, están formados por moléculas de cadena larga, enrolladas y enmarañadas incluso cuando están fundidos, ésta es la razón de su comportamiento viscoelástico. Los materiales fundidos, aunque la mayoría son viscosos, tienen también propiedades elásticas importantes.

Cuando el material fundido se somete a un tratamiento mecánico prolongado, como el paso por un tornillo, se produce un notable alineamiento de las cadenas. Esto se nota como una tendencia hacia recuperar elásticamente este alineamiento como la configuración energética óptima. El paso a través del dado es rápido, sin que haya tiempo de sustituir la configuración de espiral por una nueva. El resultado es una tendencia del producto a torcerse una vez que escapa a la restricción del dado y antes de que endurezca.

Dado usado para la producción de tubería de plástico.

Son varios los dados usados en el moldeo por extrusión, siendo el dado para la producción de tubería de plástico el más representativo de este proceso.

En la Fig. 6.5, encontramos las partes principales del dado usado en el moldeo por extrusión para producir tubería de plástico.- A continuación, con una proyección trataremos de explicar la función de este dado.

Partes principales de un dado para la producción de tubos de plástico.

- 1.- Soporte. (Araña.)
- 2.- Parte del cuerpo del cabezal
- 3.- Macho.
- 4.- Hembra.
- 5.- Tornillos centradores.
- 6.- Torpedo.
- 7.- Banda de calefacción.
- 8.- Conexión con la extrusora

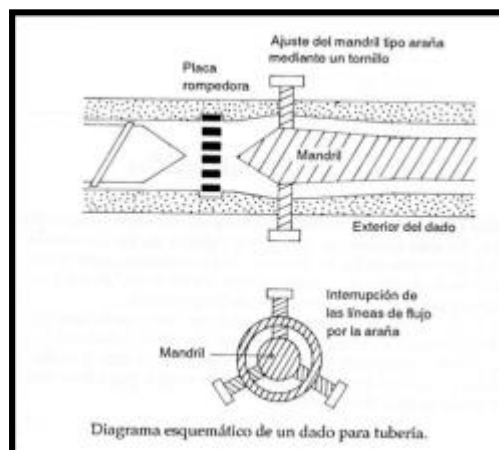


Fig. 6.5 Funcion del dado.

Unidad de calibración.

Existen diferentes tipos de calibradores para la calibración en la producción de tubos de plástico.

- 1.- Calibración externa del tubo con boquillas calibradoras al vacío.
- 2.- Calibración externa del tubo en tanque al vacío.
- 3.- Calibración externa del tubo con aire comprimido.



CONCLUSIÓN

El participante realiza todos los preparativos para el montaje y desmontaje del molde, con todas las medidas de seguridad y el procedimiento. Monta y desmonta el molde de dos placas en la maquina inyectora y establece el tamaño del molde, verifica las medidas de seguridad de la maquina al operar esta.



EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones: Contesta a lo que se te pide.

- 1.- Describe con tus propias palabras el proceso de extrusión
- 2.- ¿Para qué sirve una maquina monohusillo?
- 3.- ¿Qué tipos de vados conoces?
- 4.- ¿Qué tipos de materiales son más comunes para la fabricación de dados?
- 5.- ¿Para qué nos sirve el cabezal en las máquinas de extrusión?



TEMA 7: SELECCIONA EL DADO DE EXTRUSIÓN DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO A MOLDEAR

Objetivo particular:

La preparación de las condiciones en las máquinas de inyección para el cambio de molde, requiere disminuir el riesgo de sufrir un accidente hasta el mínimo insalvable, por tal razón, se requiere de la habilidad y destreza del factor humano.



INTRODUCCIÓN AL TEMA

La seguridad es una responsabilidad propia y una responsabilidad de todos solamente uno puede prevenir lesiones ocasionadas dentro del taller, es imposible recrear una situación de riesgo por lo que la primera regla es la prevención. La principal causa de accidentes es la falta de cuidado.



DESARROLLO



7.1 Forma de la pieza (producto)

Aplicación de los Productos:

A continuación, se enlistan algunos de los artículos terminado más comunes que se producen en una línea película tubular:

- Bolsa comercial
- Bolsa para empaque
- Película para uso agrícola
- Bolsa desprendible para autoservicio
- Película encogible para embalaje
- Bolsa para transporte de basura
- Sacos industriales
- Otros

La lista anterior sólo pretende ilustrar usos generales, sin embargo, los usos específicos son ilimitados, principalmente en el sector de envase, siendo el mercado que consume el mayor volumen de plásticos.

7.1.1 Extrusión de tubo y perfil

Componentes de la Línea: Este proceso consta de una extrusora con un diseño de barril y husillo adecuado al tipo de material que se quiera procesar. En la producción

de tubo y perfil, el plástico de uso más común es el Policloruro de Vinilo (PVC), aunque la tubería de Polietileno es también usada por su bajo costo ver Fig. 7.1.

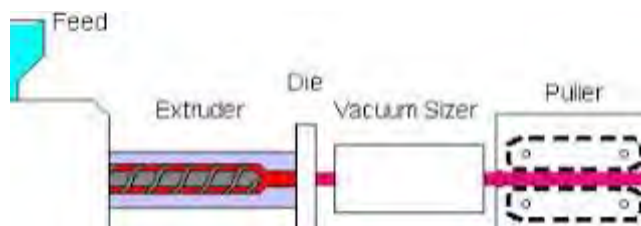


Fig. 7.1 Extrusión de tubo

En el extremo del extrusor, un cabezal o dado conformará al polímero en estado plástico a las dimensiones del tubo o perfil requeridos. Sin embargo, para asegurar la exactitud de dimensiones del producto, se hace necesaria la instalación de la unidad de formación o calibración, en el cual, el tubo o perfil adquirirá las dimensiones que aseguren los posteriores ensambles o soldaduras que con ellos se hagan.

Una vez logradas las dimensiones del producto, una tina de enfriamiento remueve el calor excedente, evitando cualquier deformación posterior del producto. Antes de la tina de enfriamiento, no es posible aplicar ningún esfuerzo o presión al producto sin correr el riesgo de provocarle una deformación permanente. Junto a la tina de enfriamiento, un elemento de tiro aplica una tensión o jalado constante al material para que esté siempre en movimiento. Por último, dependiendo de la flexibilidad del producto, una unidad de corte o de enrollado prepara el producto para su distribución. A Continuación, se muestran arreglos típicos de líneas de extrusión de tubería flexible, perfil y tubería.

a) Dado o Cabezal para la Tubería:

Cuatro tipos de cabezal se pueden distinguir en los equipos para la producción de tubería: el cabezal con mandril-araña, el cabezal mandril en espiral, el cabezal con alimentación lateral y el cabezal con alimentación lateral y el cabezal o dado con paquete de mallas. Cada uno de estos diseños proporciona diferentes patrones de flujo para el plástico, debiendo seleccionar el tipo más adecuado para evitar efectos de degradación del polímero o defectos de calidad en el producto.

El cabezal con mandril-araña es empleado en el procesamiento de PVC; éste material por su tendencia a la degradación, exige canales de flujo que no causen turbulencias ni estancamientos de material.

b) Sistemas de Calibración de Tubería:

Tienen la función de proporcionar al tubo el diámetro especificado y la forma circular que el producto requiere. Se puede distinguir dos tipos de sistemas de calibración, con base en la forma de la pared del tubo producido:

- Calibración para la tubería de pared lisa
- Calibración para tubería de pared corrugada

A su vez, cada uno de los sistemas anteriores se clasifica en los siguientes principios de funcionamiento:

- Calibración externa utilizando vacío
- Calibración interna utilizando presión

Las cuatro combinaciones resultantes se explican con detalle a continuación.

c) Calibración de Tubería Pared Lisa:

Calibración por Vacío. Por el volumen de tubería que se produce por este método, es la forma de calibración que se encuentra con mayor frecuencia. En este tipo de calibración, el vacío provocado en la parte externa del tubo ocasiona una diferencia de presiones que hace que el polímero, aún moldeable por la temperatura elevada a que se encuentra, se mantenga en contacto con el tubo formador metálico, que tienen un diámetro interior igual al diámetro exterior que se especifica para el producto.

La inmersión total o aspersion de agua de enfriamiento suministra la estabilidad fila para evitar deformaciones posteriores.

Calibración por Presión. En la calibración externa por presión, el mismo efecto de diferencia entre la presión exterior e interior del tubo plástico, promueve la formación del tubo contra las paredes del tubo de calibración, con la diferencia de que en este caso es aire el que se inyecta al interior del tubo que es extruído. La calibración externa por presión puede lograr mejores efectos, pero requiere de un diseño especial del cabezal para permitir la inyección de aire.

d) Calibración de Tubería Corrugada:

Calibración por Vacío. El proceso de formación de tubo corrugado por vacío tiene el mismo principio que para el tubo liso; se diferencian en los formadores tienen la pared ondulada y está en continuo movimiento, ya que el tubo no podría circular entre las muescas de las piezas formadoras. Este tipo de tubería no es muy común, ya que se utiliza principalmente en sectores industriales.

Calibración por Presión. En este tipo de calibración, el aire a presión penetra por conductos practicados en el cabeza y se inyectan en el tubo extruído aún caliente. La diferencia de presión provocada moldea la pared del plástico contra los formadores móviles, proporcionando al producto el corrugado requerido. En este diseño, se observa también el sello que impide parcialmente la fuga de aire de la zona de mayor presión, pero pequeñas porciones de aire escapan entre las depresiones de la pared del tubo, teniendo que ser repuesto constantemente para uniformizar la calidad del producto. Sistemas con mayor complejidad como los que cuentan con mayor enfriamiento interno, incrementan la productividad de estas líneas de extrusión.

e) Unidad o Tina de Enfriamiento:

Tiene por objeto remover el calor excedente que la tubería conserva a la salida del tanque de calibración. La importancia del enfriamiento, radica en la estabilidad que adquiere el plástico para no deformarse al pasar por la unidad de tiro, en donde el tubo se somete a presiones que podría producir alteraciones en la forma circular requerida. Se puede encontrar dos tipos de tinas de enfriamiento:

- Enfriamiento por esperado
- Enfriamiento por inmersión

Enfriamiento por Espreado: El tubo pasa por la unidad de enfriamiento, que consiste en una cámara donde numerosas boquillas instaladas rocían agua fría sobre la tubería. Este enfriamiento es usado para tubería de gran diámetro donde las velocidades de producción son bajas y la aspersion puede lograr un enfriamiento efectivo, por el tiempo de permanencia elevado del producto dentro de este equipo.

Enfriamiento por Inmersión: En el enfriamiento por inmersión, el tubo pasa por una tina llena de agua en constante enfriamiento; así se lleva a cabo por un intercambio de calo también constante. A diferencia del enfriamiento por esperado, la inmersión es usada para tubería de diámetro, donde por las velocidades altas de extrusión se requiere de un enfriamiento intenso.

En ambos métodos, algunos autores sugieren el cálculo exacto de la longitud de la tina de enfriamiento, requiriendo datos como: diámetro, espesor, material de fabricación, velocidad de producción de la tubería y temperatura de agua de enfriamiento. También es común para los dos métodos, el uso de un enfriador y una bomba de recirculación, para poder enfriar el agua que se calienta por el

contacto con el plástico, se devuelve a la tina de enfriamiento y se completa el ciclo.

f) Unidad de Tiro:

Una vez terminado el paso por la unidad del enfriamiento, la tubería pasa a la unidad del enfriamiento, la tubería pasa a la unidad de tiro donde se genera toda la fuerza que mantiene el plástico en movimiento dentro de una línea de extrusión. Se conocen tres tipos de unidades de tiro:

- Por Oruga
- De Bandas
- De Ruedas o Rodillos

De estos tipos de unidades, las dos primeras se prefieren cuando el artículo producido es sensible a la presión, esto es, que pueda sufrir deformaciones bajo presiones moderadas o en productos de grandes dimensiones. Los sistemas por rodillos, son más sencillos y adecuados cuando es muy pequeña de área de contacto.

g) Unidades de Corte:

Existen varios tipos de unidades de corte, diseñadas para adecuarse al trabajo requerido en la producción de tubería flexible, la práctica común es formar rollos, lo cual reduce el trabajo de corte, mientras que en la producción de tubería rígida el corte del tubo debe hacerse con precisión en intervalos de longitud iguales.

Para la selección de unidades de corte de tubería rígida y flexible, será necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

- El diámetro y espesor de pared
- La materia prima utilizada
- La forma y calidad del corte
- La longitud del corte

De los puntos anterior, el diámetro y espesor de la pared con de mayor importancia.

Cuando se requiere un mejor terminado en el corte y aumentar la facilidad en el acoplamiento de tramos de tubo se puede colocar un mecanismo que forma un chaflán a la tubería.

El tipo de guillotina usado en el corte de tubería semirrígida como PEAD, PP ó PEBD, es efectivo, pero puede conducir a ligeras deformaciones por acción de impacto de la cuchilla.

En los cortes por sierras, las pequeñas denticiones que cortan la tubería provocan al mismo tiempo la formación de pequeñas virutas que algunas veces permanece unidas al tubo.

Cuando se requiere evitar la formación de estos residuos, se utilizan mecanismos donde las cuchillas se insertan en la pared del tubo y giran a alta velocidad, produciendo sólo una viruta que por su tamaño relativamente grande se desprende de la tubería.

h) Unidades de Enrollado:

Se ocupa para materiales flexibles, que son los que no sufren una deformación permanente por ser enrollados. La tubería de Poliolefinas y mangueras de PVC flexible, son adecuadas para este proceso. A pesar de que no son sistemas muy complicados, se debe observar las siguientes consideraciones al emplear un embobinador de tubería:

- El diámetro del carrete embobinador en su núcleo, no debe ser menor a 20 - 25 veces el diámetro exterior del tubo a enrollar, para evitar el colapsado en el producto,
- El diámetro exterior del carrete debe ser 10 a 20 cm. mayor que el diámetro exterior formado por el producto enrollado.

Una sola estación de enrollado se puede usar con velocidades de extrusión menores a 2m/min., mínimo dos estaciones cuando se trabaje entre 2 y 20 m/min. y estaciones automáticas y semiautomáticas a mayores velocidades.

7.1.2 Estructura del dado (dimensiones)

Componentes de la línea

a) Dado o Cabezal:

En una línea de extrusión de película plana, el dado es la pieza esencial del sistema, ya que otorga la forma que el polímero tendrá en su aplicación final. Para una correcta uniformidad en el espesor de la película a la salida del dado, el factor fundamental es el diseño y la distribución correcta de las temperaturas a lo largo del mismo, así como el ajusta de los labios por donde el plástico fluirá y tomará su forma final. Debe considerarse que el ancho máximo de los labios del dado, debido al efecto de “formación de cuello” a la salida del dado y al recorte lateral, necesario para uniformizar los costado de la película. Los diseños de dados para la producción de película plana y lámina son similares, es posible distinguir tres tipos, con base en la forma del canal de distribución del polímero

fundido a la salida del dado. Los diseños diferentes son los encargados de transformar secuencialmente el material fundido que avanza con un perfil cilíndrico en una lámina rectangular plana, libre de tensiones y esfuerzos, para evitar deformaciones en el tiempo de solidificación. Los tipos de colectores o canales de distribución que distinguen el diseño de dado son: Tipo “T” (normal y biselado)

Tipo “Cola de Pescado” Tipo “Gancho para Ropa” ver Fig. 7.2

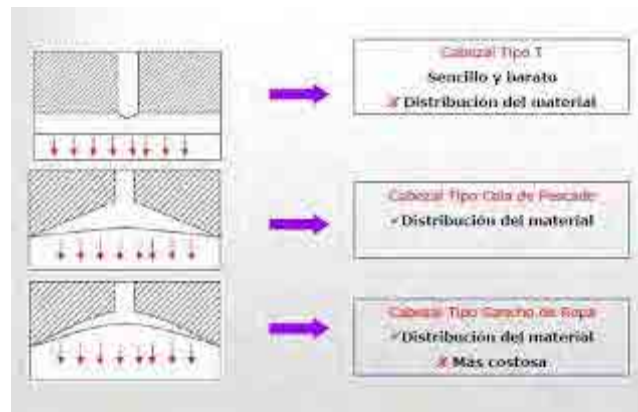


Fig. 7.2 Tipos de colada

El último es el más recomendado, ya que muestra gran consistencia en la uniformidad de distribución del flujo a pesar de cambios en las condiciones de operación. La desventaja es el costo, ya que el diseño de alta tecnología de los canales de flujo eleva su precio en comparación con los otros tipos.

Si se toman en cuenta aspecto de calidad y costo, el diseño de colector tipo “cola de Pescado” es el más equilibrado, pero al igual que en el diseño tipo T, es necesario agregar elementos mecánicos que permitan hacer ajustes a la distribución de flujos cuando existan variaciones en las condiciones de proceso.

El diseño de “Gancho para Ropa”, es usado preferentemente en operaciones en que la calidad y uniformidad de espesor del producto sean aspectos importantes, mientras en el otro extremo, el diseño de dado con colector T, tienen mejor aplicación en la producción de recubrimientos y laminaciones con papel y/o aluminio, donde las variaciones en uniformidad son prácticamente despreciables. Sumando a la incidencia del tipo de diseño sobre el costo de un dado plano, se debe considerar el área en el dado sujeta a presión, que es proporcional a la longitud de los labios de salida del dado.

Esta área, además de influir por el aumento en la cantidad de material de fabricación, tiene otro aspecto importante: las áreas que son recorridas por el

plástico fundido están expuestas a grandes presiones y, por ello, debe ser utilizado mecanismo de cierre del dado de mejor desempeño, pero que también son más costosos. Estos efectos son más críticos cuando se procesan materiales de alta viscosidad, se requiere el uso de sistemas de cierre mecánico reforzado por pistones hidráulicos o por diseños de dados especiales de mayor resistencia a presiones que tiendan a abrir los labios.

En dados de gran longitud de salida, el efecto de la presión causa el efecto llamado “Concha de Almeja”, que es una deformación en la zona central del dado donde se presenta una mayor abertura por la deflexión de las paredes metálicas.

b) Sistema de enfriamiento:

Tomando una forma laminar al salir del dado, el polímero pasa por un corto tramo donde no hay contacto, excepto con el aire ambiental hasta llegar al rodillo en donde empieza el enfriamiento. En este punto, dos diferentes tipos de líneas de extrusión se pueden distinguir:

- Para película (10 - 400 μm) (0.01 - 0.4 mm)
- Para lámina (0.2 - 2.5 mm)

Esta última división se puede emplear en casos prácticos pero no es una clasificación definitiva, si se toma en cuenta que los criterios para distinguir una lámina de una película se basan en el espesor y en la posibilidad de formar rollos sin daños ni deformaciones permanentes, es característica sólo de las películas. Ya que esta última cualidad no es fácil de establecer en un espesor definido, sino que aumenta de manera paulatina, no es imposible fijar una diferenciación exacta por espesor entre las películas y las láminas. Las diferencias entre las líneas de producción de película plana y de lámina termoformable se observan en la zona de rodillos de enfriamiento, donde el primer caso la película tienen contacto en un solo lado al momento de unirse al rodillo enfriador, mientras en la lámina termoformable, la resina cae entre dos rodillos que calibran el espesor final y permanece unida al rodillo mayor para continuar enfriándose. El rodillo de enfriamiento requiere un efectivo sistema de intercambio de calor; entre mejor y más rápido sea el enfriamiento, mayor será la productividad y algunas propiedades físicas de la película, entre las que se incluye la transparencia. Para un mejor efecto de enfriado, varios sistemas acompañan al rodillo de enfriamiento:

- Cámaras de succión
- Cuchillas de aire
- Estabilizadores laterales

Cámara de Succión: Auxilia para lograr un buen contacto entre la película y el tambor de enfriamiento, al crear un área de baja presión que jala a la película hacia el tambor, además de remover cualquier volátil que pueda adherirse al tambor y ocasione la reducción de la capacidad de enfriamiento.

Cuchilla de Aire: Debido a que mecánicamente sería difícil oprimir la película contra el rodillo de enfriamiento, la cuchilla de aire realiza esta operación al lanzar una cortina de aire a alta presión contra la película en el punto de contacto con el rodillo. Cuando se usa el aire frío para la función, éste contribuye en parte con la remoción del calor excedente.

Estabilizadores Laterales: Son boquillas de aire que reducen el encogimiento de los costado de la película.

c) Elementos Posteriores al Enfriamiento:

Ya estabilizado el polímero por el rodillo de enfriamiento, pasa por una serie de etapas preparándolo para su acondicionamiento final. El camino del plástico ya moldeado incluye rodillos libres, rodillos para eliminación de pliegues, medidor y controlador de espesor, un sistema de tratamiento superficial para facilitar la impresión, equipo de corte y succión de bordes.

Dependiendo de las especificaciones establecidas para el producto final, vario de los equipos de corte longitudinal de las películas y de embobinado.

d) Equipos de Corte:

Dos tipos son utilizados: el corte lateral, para tener un producto con borde uniforme y el corte central, cuando se requiere de películas de un ancho menor al que se produce en el dado. En los corte laterales con funciones automatizadas, se cuenta con sistemas que conduce el recorte a equipos que reducen su tamaño hasta dejarlo disponible para reintroducirlo al extrusor.

e) Unidades de Enrollado:

Tienen la función de producir bobinas compactas y uniformes, pero generalmente la película es usada en otros procesos como impresión y/o envase, el producto debe ser de fácil procesamiento y uso, esto es, no presentar bloqueo y no estar excesivamente tenso.

Los procesos básicos de embobinado son:

- Embobinado por contacto

- Embobinado central

El embobinador por contacto, es usado para obtener rollos de película no sensible a la tensión, mientras que el embobinador central, se usa cuando se requiere de rollos donde se puede regular la compactación. Los detalles de estos equipos son básicamente los mencionados para los bobinadores descritos en la sección de película tubular.

7.1.3 Coextrusión en dado Plano:

Al igual que cualquier otro producto coextruído, la producción de película o lámina con distintas capas de dos o más materiales encuentra su principal diferencia con respecto a una línea de extrusión simple, en la construcción del cabezal dado.

En el caso de película o lámina plana, se pueden distinguir tres formas distintas de producción de coextrusiones, dependiendo de la forma en que los flujos de los distintos materiales se encuentren para formar una sola estructura:

- Flujos separados dentro del cabezal y unión de materiales externa
- Flujos separados dentro del cabezal y unión en la salida
- Flujos completamente juntos dentro del cabezal.

a) Flujos Separados Dentro del Cabezal y Unión Externa:

En este caso, cuando los materiales aún caliente se unen fuera de cabezal, corren independientes dentro de éste e incluso pasan al exterior por dos aberturas o labios diferentes, siendo posteriormente unidos al contacto con el rodillo enfriador.

Puede ser instalado un rodillo que presiones y asegure la unión de los materiales, aunque éste se vuelve indispensable sólo cuando una tercera capa de algún otro material frío se agrega al sistema o cuando debido a las altas velocidades de extrusión, pequeñas cantidades de aire pueden quedar atrapadas entre ambas capas. Para esta construcción de cabezal, las ventajas se observan cuando se quiere procesar dos materiales de propiedades de flujo muy diferente (principalmente temperatura de proceso), ya que el diseño de los canales de flujo de cada material puede ser completamente distinto y aislado térmicamente con relativa facilidad.

Entre las desventajas, sólo los dado con dos ranuras de salida son recomendables de construir, ya que de tres en adelante se convierten en dados de extrema complejidad y elevado costo.

Operativamente, el problema de manejar materiales distintos en un solo canal tiene el inconveniente de controlar dos salidas de materiales independientes. Además, las contradicciones laterales deben ser mínimas y la producción de humos entre las capas extraídas puede generar problemas de calidad en la lámina final. Un factor adicional a considerar, es que en la extrusión de películas muy delgadas que tienden a enfriarse rápidamente, se pueden presentar problemas de baja adhesión.

b) Flujos Separados dentro del Cabezal y Unión Antes de Salir:

En este tipo de dados, los materiales llegan al cabezal y se distribuyen por colectores distintos, se unen antes de abandonar el dado, teniendo éste una construcción de varias entradas con otros canales de flujo y una sola ranura de salida.

En este tipo de coextrusión, los materiales que tienen distintas propiedades de flujo pueden ser controlados y ajustado individualmente, mientras que un control total del espesor se logra con mayor eficiencia al tener una sola ranura de salida. El aislamiento de los canales individuales, es posible de lograr, pero es más complejo que en la construcción del tipo mencionado en el inciso anterior. Como desventajas, además de los problemas de aislamientos ya mencionados, se debe considerar que la construcción del cabezal es compleja, aunque la introducción de hasta una corta capa es factible.



7.2 Pultrusión

Existe una gran variedad de procesos para la fabricación de composites, en general, consiste en colocar el refuerzo impregnado con una resina termoestable en la forma y dirección requeridas para que se consigan unas determinadas características. Siempre, el compuesto final tendrá unas propiedades superiores a los componentes por separado.

La pultrusión es un proceso continuo, automático y de molde cerrado, especialmente diseñado para altos volúmenes de producción, en cuyo caso es económicamente muy rentable. Básicamente consiste en tirar de los refuerzos impregnados con resina y el correspondiente sistema catalítico, a través de un molde a alta temperatura, de tal manera que se produce el curado de la resina en su interior y se obtienen perfiles de sección constante con la geometría del molde. Los refuerzos son impregnados con la resina mediante un baño de resina situado a la entrada del molde o por inyección de ésta en el interior del molde ver Fig. 7.3.



Fig. 7.3 Pultrusión.

El proceso de pultrusión se utiliza para la obtención de piezas sólidas o huecas de sección constante, sustituyendo así a materiales tradicionales como son el acero, el hormigón o la madera. Una de las principales características de este proceso es la gran variedad de materiales que se pueden utilizar diferentes tipos de resinas, fibras, cargas, etc.) cubriendo un amplio espectro de propiedades del composite final.

Más del 90% de los productos fabricados mediante pultrusión son de fibra de vidrio-poliéster. Cuando se requiere una alta resistencia a la corrosión se usan resinas de viniléster. Si es una combinación de altas propiedades mecánicas y eléctricas se usan las resinas de epoxi y cuando se necesitan combinar una alta resistencia a la temperatura y altas propiedades mecánicas se usan las resinas epoxi combinadas con fibras de aramida o de carbono.

7.2.1 Descripción del proceso

La pultrusión es un proceso utilizado para la producción de tramos continuos de formas estructurales de plásticos reforzados con fibra. Las materias primas incluyen una mezcla de resina líquida (que contiene resinas, cargas y aditivos especializados) y fibras de refuerzo. El proceso consiste en tirar de estas materias primas (en lugar de empujar, como es el caso de extrusión) a través de una matriz de acero caliente, para formar, usando un dispositivo de tracción continua ver Fig. 7.4 Los materiales de refuerzo son suministrados en forma continua, tales como, rollos de fieltro de fibra de vidrio (mat) y/o hilos de fibra de vidrio (roving).



Fig. 7.4 Refuerzos

Los refuerzos son saturados con la mezcla de resina ("wet-out") en la impregnación de resina y tirados a través de la matriz. La gelificación (o endurecimiento) de la resina se inicia por el calor del dado. El perfil rígido curado, formado se corresponde con la forma del dado.

Mientras que el diseño de la máquina de pultrusión varía con la geometría de la pieza, el concepto básico del proceso de pultrusión se describe en la Fig. 7.5.



Fig. 7.5 Sistema de pultrusión.

7.2.2 Elementos del proceso de pultrusión

Dispensador de refuerzo

Este consta de nasas o estanterías de hilo, dispensadores de fieltro y el velo. En algunos casos se pueden usar también bobinadoras o trenzadoras si la trama de refuerzo axial es necesaria.

Impregnador de resina

Esto puede consistir en un baño de resina simple o de un dispositivo de impregnación con a presión o vacío.

El impregnador de resina satura (humedece) el refuerzo con una solución que contiene la resina, cargas, pigmentos y catalizadores, además de los otros aditivos necesarios. El interior de impregnador de resina es cuidadosamente diseñado para optimizar el “wet-out” (saturación completa) de los refuerzos.

Dado de preformado o preformador

Estos sirven de guía para que el refuerzo impregnado adopte la posición correcta, quite el exceso de resina, ofrecer pre-compactación aproximado del perfil con el fin de ayudar a la eliminación del aire, humedad y para reducir la presión en la matriz principal. Los materiales comúnmente utilizados para la formación de guías son: teflón, polietileno de ultra alto peso molecular, acero cromado y diversas aleaciones de acero.

Dado de pultrusión

Este es una matriz de acero mecanizado o de cerámica que se calienta y produce el perfil final. El dado puede ser de más 1 m de longitud. El dado es calentado generalmente por un sistema de resistencias eléctricas.

Al pasar el material a través de la matriz, la transferencia de calor, inicia la reacción de curado y la velocidad de tracción dependerá de que la resina se haya curado completamente en el momento en que deja el dado.

Dispositivo de tiro

Al haber un espacio adecuado entre la salida de la tobera y el dispositivo de tracción, el producto se enfría y la resina es lo suficientemente dura para ser atrapado por el dispositivo de tracción. Esto puede ser un mecanismo de rodillos, un transporte tipo oruga o un sistema de rodillos reciprocantes. Las velocidades de tiro dependerán, además del tiempo y temperatura de curado, del tipo de resina y el tamaño y la forma del producto. Los valores típicos de la industria están en el rango 0.5m/min y 1.5m/min.

Una separación física de 3 metros (10 pies) o más entre la salida de la tobera y el dispositivo de tracción es necesaria, con el fin de permitir que el producto caliente pultruido enfríe en la atmósfera, en una corriente de agua forzada o enfriamiento por aire. Esto permite al producto desarrollar la fuerza suficiente para resistir las fuerzas de sujeción, para sujetar el producto y tirar de él a través del dado.

Debido al tiro, los filamentos de fibra se encuentran en tensión cuando el curado ocurre en el molde calentado. Como consecuencia de esta tensión, las fibras tienen valores más altos de la fuerza y se ajustan más, lo que permite una buena compactación, con más fibras dispuestas en un determinado volumen.

Dispositivo de corte

Se trata de un corte con sierra que está programado para cortar el producto a la longitud deseada. La sierra está fabricada de un material duro y resistente (generalmente carburo de diamante). La sierra está sujeta al producto de pultrusión durante la operación de aserrado o con un avance paralelo al pultruido (igual velocidad).

En algunas aplicaciones, una unidad de RF (generador de onda de radio frecuencia) se utiliza para precalentar el refuerzo antes de entrar en el molde. El calentador de RF se posiciona entre el impregnador de resina y el preformador. Las RF generalmente se utilizan solamente con una parte de los refuerzos (roving).

Aplicaciones

Actualmente las principales aplicaciones de este proceso se centran en construcción, bienes de consumo y transporte, por ejemplo:

- construcción de vehículos/ aislante térmico
- tecnología ferrocarril (interiores de trenes, vías)
- conductos para cables
- cubiertas y rejillas para plantas de tratamiento de aguas
- tecnología médica, antenas (mástiles de aeropuertos), satélites
- perfiles para vigas, fachadas de edificios, ventanas, puentes, escaleras.
- palos de golf, cañas de pescar
- farolas, bancos y entablados exteriores
- mangos de martillos, etc ver Fig. 7.6



Fig. 7.6 Aplicaciones

Propiedades de los productos pultruidos

En cada mercado de aplicación de los materiales pultruidos, éstos siempre deben competir con los materiales tradicionales como madera, aluminio, PVC (cloruro de polivinilo), hormigón y acero.

Las principales ventajas de los perfiles obtenidos por pultrusión frente a los materiales tradicionales son las siguientes:

- Calidad constante y estabilidad dimensional: fácil de reparar, bajas tolerancias.
- Bajo peso: estos materiales son hasta un 80% más ligeros que el acero y un 30% más ligeros que el aluminio, por esto son una alternativa importante cuando reducir peso es un requerimiento.
- Gran resistencia y rigidez: para un mismo peso un composite pultruido es más resistente y rígido que el acero, simplemente variando el tipo y orientación de los refuerzos.
- Buen acabado superficial
- Elevada resistencia química y a la corrosión: muchos perfiles poseen un velo superficial sintético que les proporciona una capa rica en resina mejorando incluso su ya elevada resistencia química y a la corrosión
- Aislante térmico y eléctrico: no son eléctricamente conductores y tienen una conductividad térmica 250 veces más baja que el aluminio y 60 veces más baja que el acero
- Nulo mantenimiento: debido a sus excelentes propiedades (corrosión) estos materiales requieren un nulo o muy pequeño mantenimiento
- Fácil diseño e instalación: debido a su ligereza
- Transparencia magnética y a radiofrecuencias: adecuados para aplicaciones medias, antenas, etc.
- Propiedades de retardante a la llama
- Elevada resistencia al arrastre y a la fatiga

Sin embargo, la pultrusión también tiene ciertos inconvenientes, a continuación se recogen los más importantes:

- Alta dificultad para fabricar piezas que no sean unidimensionales y de sección constante.
- Necesidad de un molde de altas prestaciones con acabado muy fino (para no impedir el avance de la pieza en el proceso), de un sistema de calentamiento y,

en ocasiones, de presurización interior. Todo ello hace que el costo del molde sea muy elevado y que se necesiten series muy largas de producción para amortizarlo.

- La velocidad del proceso es relativamente baja comparada con la velocidad de la extrusión.
- Problemas de adhesión cuando es necesario unir piezas mediante adhesivos, debido al acabado tan fino de las piezas. Para obtener uniones de altas prestaciones es necesario preparar las superficies de unión mediante un proceso previo mecánico (lijado de la superficie), químico (baño con sustancias que catalizan la reacción de adhesión) o añadir un peel-ply (devanador) en la entrada del molde.
- En perfiles de pultrusión altamente unidireccionales no es posible realizar uniones mecánicas con altos requerimientos estructurales.

7.2.3 Materiales

Resinas

Las resinas termoestables más comunes utilizadas para pultrusión son: poliéster insaturado (85%), viniléster (7%), epoxi (5%), fenólicas (2%) y otras (1%). Otras, que hoy están cobrando importancia, son las resinas poliuretánicas

Aditivos: el uso de varios aditivos líquidos utilizados en el sistema de resina puede ser adecuado para proporcionar un rendimiento específico.

Rellenos: constituyen la mayor proporción de una formulación, después la resina base. Los rellenos más utilizados son el carbonato de calcio, silicato de alúmina (arcilla) y el trihidrato de alúmina.

- Carbonato de calcio se utiliza principalmente como un extensor de volumen para proporcionar la formulación de menor costo de resina cuando el rendimiento no es crítico.
- Trihidrato de alúmina es un relleno que se utiliza por su capacidad para suprimir las llamas y emisión de humo.

Los rellenos pueden ser incorporados en las resinas en cantidades de hasta el 50% de la formulación de resina total en peso. La limitación del volumen habitual se basa en el desarrollo de la viscosidad útil, que depende del tamaño de las partículas y las características de la resina.

Aditivos para fines especiales incluyen pantallas de radiación ultravioleta para mejorar la resistencia a la intemperie, óxido de antimonio para el retraso de la llama, pigmentos para la coloración, y los agentes para la suavidad de la superficie y evitar la aparición de grietas. Los agentes de desmoldeo (estearatos metálicos o fosfato de ésteres orgánicos) son importantes para una adecuada liberación de la pared de la matriz para proporcionar superficies lisas y baja fricción del procesamiento.

Producto: sección rectangular 2.5 x 1.8 pulgadas

Tabla 7.1 Ejemplo de formulación de la resina

Mezcla de resina	Phr
Resina deseada	100
Catalizador (LT)	0.5
Catalizador (HT)	0.25
Relleno	20
Desmoldante	1

Fibras

En cuanto a las fibras, se utilizan según las diferentes presentaciones industriales (hilos (roving), fieltro (mat) de hilos continuos, tejido biaxial, laminados biaxiales, tejidos multiaxiales y velos de superficie) y la más empleada es la fibra de vidrio (90%), para mayores requerimientos estructurales se emplean las de carbono o aramida ver Fig. 7.7



Roving



Mat



Velo superficial

Fig. 7.7 Fibras

Fibras y resinas naturales

Otro modo de conseguir que la pultrusión sea más competitiva es utilizando materiales de bajo o nulo costo, como son las fibras y las resinas naturales.

Actualmente se está investigando la sustitución de los refuerzos tradicionales de fibra de vidrio por fibras naturales, se ha demostrado que son económicamente viables y ofrecen propiedades de alto valor añadido como son:

- Bajo costo y baja densidad por lo que pueden reducir el peso final del perfil
- Propiedades específicas comparables con las fibras de vidrio
- No abrasivas con el equipo durante su procesado y reducción de irritaciones en la piel de los operarios
- Se necesita un 80% menos de energía para su obtención, comparada con la fibra de vidrio
- Emisiones neutrales de CO₂ por lo que el impacto medioambiental es nulo
- Son biodegradables y reciclables (existen complicaciones en el reciclado de la fibra de vidrio)

En la literatura se han encontrado perfiles obtenidos y caracterizados por pultrusión con refuerzos como cáñamo en forma de hilo, mat o tejido, yute y lino con un polímero termoplástico como polipropileno.

También se ha realizado un estudio con el objetivo de desarrollar nuevos tratamientos en las fibras naturales o aditivos para las resinas con el fin de mejorar la humectabilidad de la fibra natural durante el proceso de pultrusión ver Fig. 7.8



fibras de yute (izda), lino (centro) y cañamo (ocha)

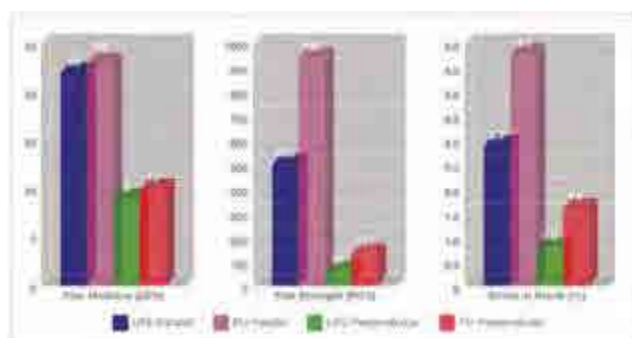
Fig.7.8 Fibras de yute

El estudio de resinas naturales también está en auge y, en concreto para el proceso de pultrusión, se han realizado algunos estudios sobre la viabilidad de resinas epoxi basadas en aceite de soja y se han obtenido buenos resultados. Es decir, se pueden considerar como potenciales sustitutas de las resinas derivadas del petróleo.

La compañía Reichhold (uno de los fabricantes de resina de poliéster insaturada más importantes del mundo) ha desarrollado una resina de poliéster insaturada de baja viscosidad derivada de fuentes renovables, llamada PolyLite® 31325-00. Esta resina, basada en aceite de soja con un contenido “verde” del 25%, está especialmente indicada para procesos por SMC, BMC y pultrusión.

7.2.4 Pultrusión reactiva

Se ha demostrado que las resinas de poliuretano tienen mejores propiedades mecánicas y físicas que las resinas de viniléster o de poliéster, usadas tradicionalmente en el mercado de pultrusión, por ejemplo, tienen excelentes propiedades para humectar la fibra, alta adhesión a las fibras de refuerzo, bajo contenido en zonas secas y poca contracción. También se ha estudiado el uso de materiales híbridos de resina de poliéster y poliuretano obteniéndose buenos resultados ver Fig. 7.9



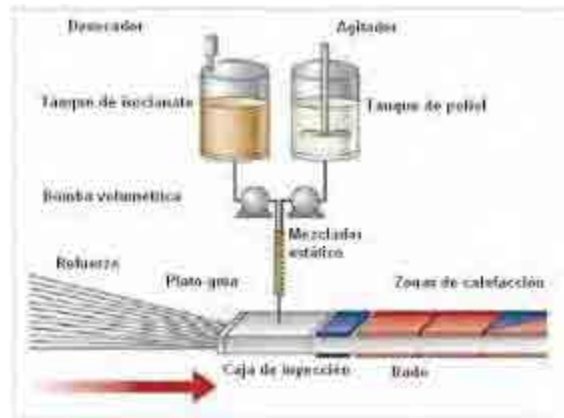
Comparación de las propiedades de flexión de perfiles pultruidos con poliuretano y con resinas de poliéster. Composites Manufacturing (ACMA)

Fig. 7.9 Grafica de resultados

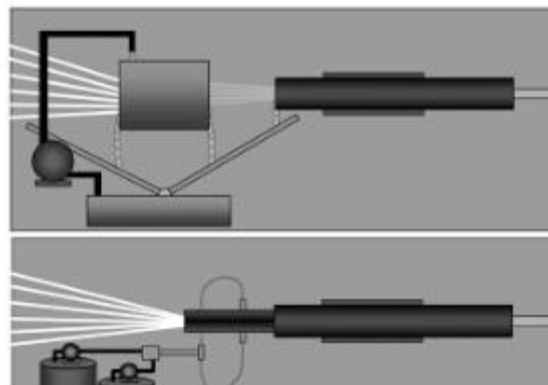
Además, la mayor resistencia de las resinas de PU frente a las convencionales lleva asociada una disminución en el espesor de los perfiles, consiguiendo perfiles más ligeros para una misma resistencia o incluso sustituyendo zonas de mat por refuerzos unidireccionales. Otra opción es que los transformadores mantengan el grosor de los perfiles para conseguir así una mayor resistencia y rigidez sin pérdida de durabilidad.

Otra ventaja añadida del uso de poliuretanos es su capacidad para ser procesados a velocidades de línea mayores y un acabado superior de las piezas, con menor pérdida de material que las resinas convencionales. Estos factores son de gran importancia para mejorar la productividad del sistema y disminuir el costo del producto. También se ha hecho un estudio que demuestra las ventajas medioambientales del uso de poliuretanos para pultrusión.

Para procesar PU por pultrusión se necesita un equipamiento especial que consiste en dos unidades de inyección, esto se debe al limitado tiempo de vida de la resina mezclada (15-22 minutos dependiendo de la temperatura ambiente y de la calidad de la mezcla). El sistema de inyección ofrece resina mezclada en una caja de inyección o en el molde. La utilización de un baño de resina también es posible siempre que se mantenga con una cantidad de resina mínima y recién mezclada.



Esquema de un sistema de inyección de PU en una máquina de pultrusión



Comparación pultrusión común y reactiva

Fig. 7.10 Pultrusión

A pesar de las propiedades mejoradas descritas anteriormente, el costo único de la resina de PU es similar a la resina insaturada de poliéster isoftálica. Aproximadamente, y teniendo en cuenta la variabilidad de los precios se puede señalar que una resina de PU es un 40-60% más cara que una resina de poliéster y muy similar a una viniléster. Sin embargo, como se ha visto anteriormente el uso de PU reduce el precio del procesado del perfil al disminuir su peso y sustituir mat por roving. Todo ello hace que el uso de PU disminuya el coste total frente al uso de una resina convencional de poliéster.

La compañía Resin Systems Inc. posee una línea propia de resinas basadas en poliuretanos y suministran a la empresa Omniglass Ltd., una compañía que fabrica

perfiles para ventanas, de fibra de vidrio. Bayer Materials Science también desarrolla diferentes tipos de poliuretanos (Baydur® PUL) para transformar por pultrusión. Huntsman presentó en la 8th World Pultrusion Conference en Budapest (Hungría) las nuevas propiedades mecánicas mejoradas para una resina basada en poliuretanos y diseñada para pultrusión.

La firma japonesa Sekisui Chemical ha desarrollado literas fabricadas con FFU (espuma de uretano reforzada con fibra de vidrio) mediante un proceso de pultrusión. La espuma de poliuretano (Baydur 60) la suministra Sumika Bayer Urethane y las literas están siendo utilizadas en Alemania.

Fabricación de perfiles curvos

La firma alemana Thomas Techkin + Innovation, especialistas en el proceso de pultrusión, han desarrollado una tecnología innovadora que permite la producción en continuo de perfiles curvos, a partir de materiales reforzados con fibra de vidrio. En esta nueva tecnología, llamada radiopultrusión, el actual principio de la pultrusión se modifica, es decir, el material ya no es tirado a través del molde, sino que el molde es desplazado sobre el material. De esta manera se asegura que la forma del perfil queda definida por su sección ver Fig. 7.11

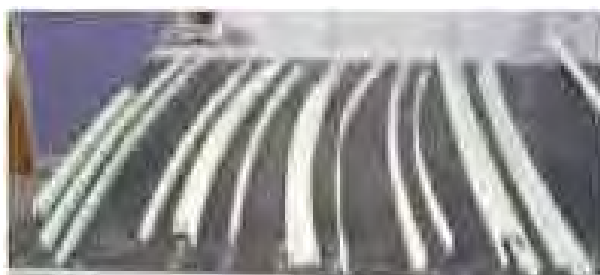


Fig. 7.11 Perfiles

Ajustando la pendiente en la línea de pultrusión, la velocidad y las temperaturas en el interior del molde, se consiguen obtener perfiles con curvaturas repetibles. El radio del perfil obtenido es una función del ángulo de la pendiente de la línea de pultrusión y de los parámetros elegidos ver Fig. 7.12

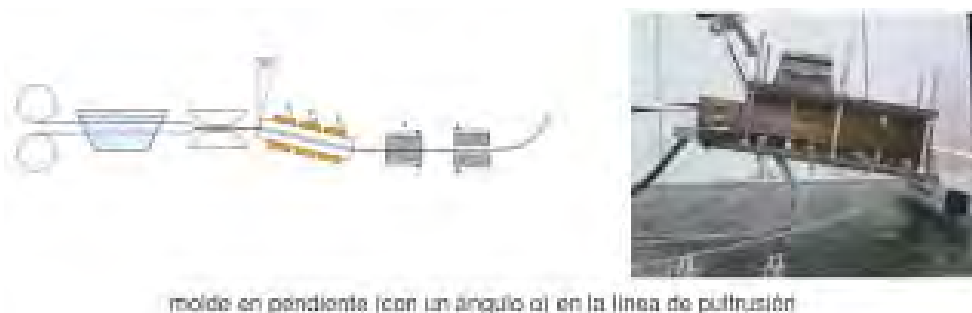


Fig. 7.12 Angulo de pultrusión

Pullwinding

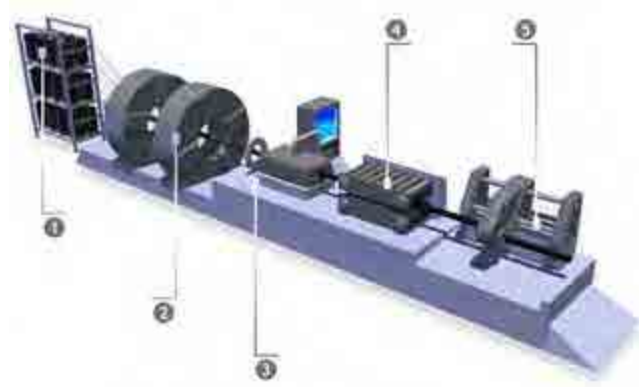
La tecnología pullwinding se parece mucho a la pultrusión tradicional y se aplica únicamente a los perfiles de forma tubular.

En el pullwinding se usan roving de vidrio colocados longitudinalmente en circunferencia respecto al eje del perfil ver Fig. 7.13



Fig. 7.13 pullwinding

La estructura así obtenida después de la polimerización en el molde calentado como en la pultrusión tradicional, da origen a un producto con rigidez muy superior gracias a una mejor orientación de los refuerzos ver Fig. 7.14



1. Refuerzo
2. Unidad de bobinado
3. Dado
4. Unidad de tiro
5. Unidad e corte

Fig. 7.14 pultrusión tradicional

Fabricación de compuestos sándwiches

La compañía KaZaK Composites Incorporated ha desarrollado una técnica para integrar la fabricación de compuestos sándwiches en el proceso de pultrusión. De este modo consiguen eliminar costos adicionales y mejorar la efectividad del proceso mediante dos vías:

- fabricación de paneles más largos con la misma mano de obra, por lo que el precio efectivo del producto disminuye

- el desarrollo de un material precursor sintáctico que se inyecta directamente en la línea de pultrusión y crea un núcleo terminado. Así se reduce el costo del núcleo y se eliminan costos adicionales al integrar el núcleo en el proceso.

Este núcleo (llamado KaZaKore) está formado por una resina fenólica y aditivos para reducir su densidad y mejorar sus propiedades mecánicas y su comportamiento frente al fuego. Este núcleo sustituye a materiales como madera de balsa o paneles de espuma, que tradicionalmente se han utilizado como núcleos. En contraposición a la madera de balsa, este material tiene propiedades uniformes y es inmune a la degradación medioambiental. El comportamiento frente al fuego y las propiedades mecánicas son elevados, comparables a los compuestos sándwiches que existen actualmente en el mercado ver Fig. 7.15



Fig. 7.15 pultrusión KazaKore

Pultrusión de termoplásticos

A diferencia de la pultrusión tradicional, en la que se utilizan matrices termoendurecedoras, en este proceso se emplean matrices termoplásticas.

Con esta tecnología, por ejemplo, se producen perfiles compuestos en termoplástico con elevadas prestaciones mecánicas, gracias a las propiedades de la matriz de base (poliuretano termoplástico) que permite utilizar, como refuerzo, sobre todo fibra de vidrio longitudinal roving. Los perfiles obtenidos de esta manera presentan características mecánicas transversales superiores a aquellos fabricados con resinas termoendurecedoras reforzadas mat-roving-mat.

La pultrusión termoplástica ofrece además la posibilidad de revestir en continuo los perfiles con otras resinas termoplásticas (coextrusión), mejor aún si son compatibles químicamente, obteniendo también geometrías diversas de aquellas iniciales.

Además de los elevadísimos valores de resistencia mecánica y rigidez, otras ventajas de los perfiles pultrusionados termoplásticos con coextrusión en línea son una mayor resistencia al impacto y a la abrasión, la termoformación del perfil, el comoldeado y el acabado con colores fuertes típico de los perfiles de termoplástico ver Fig. 7.16

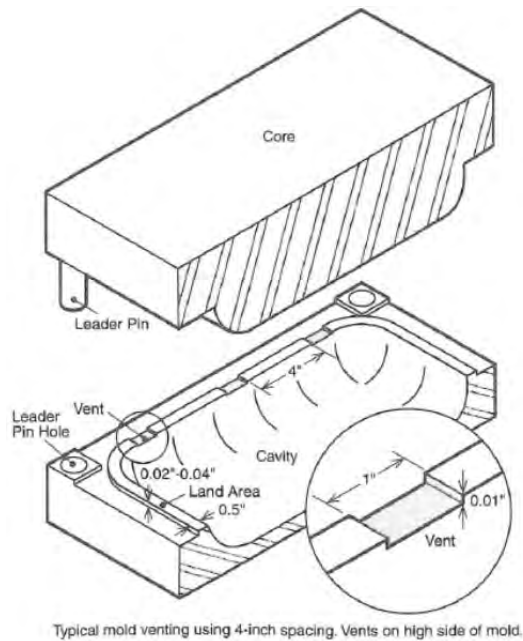


Fig. 7.16 Típico molde de venteo



CONCLUSIÓN

El participante realiza todos los preparativos para el montaje y desmontaje del molde, con todas las medidas de seguridad y el procedimiento. Monta y desmonta el molde de dos placas en la maquina inyectora y establece el tamaño del molde, verifica las medidas de seguridad de la maquina al operar esta.



EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Instrucciones: Realiza el ensamble y desensamble del molde de dos placas.

ANNEX II: 実習用教材

1. モジュールI

(1) MFR測定（実習作業指示書／実習指導手順書）

ページ 1/1

実習作業指示書		作成年月日	
		2014/06/25	
モジュール	モジュールI：プラスチック成形用材料を準備する		
テーマ	プラスチック材料の同定		
作業日	作業時間	作業対象者	
2014 年 8 月	45 分	BTTP 担当教員	
作業内容	プラスチック材料の流動指数を測定する。 (1) 機材：押出成形 (押出式プラスとメーター、Modelo MP600 Tinius Olsen) (2) 試験方法：ASTM D-1238、手順 A、測定対象材料。 (3) 機材の準備： ① 準備として、MFR を測定するための樹脂の名前及び試験条件を確認する。 ② シリンダーとピストンの清掃をする。 ③ 機械をつけ、パラメーターを確認する。（試験温度、試験重量、カットタイミング、手順など） ④ 試験温度に昇温させる。 (4) 試験を開始する： ① 樹脂を計量する：8g ② ピストンに樹脂を入れる。 ③ 約 4 分間、事前加熱する。 ④ ピストンに試験用の重しをのせる。出てきたものをカットする。 ⑤ スタートボタンを押して、カット・タイミングを自動的に知らせるようにする。 ⑥ 押し出される樹脂をカットする。その後、ミリグラム単位まで計量する。（カットするタイミングをプラグラムする。） ⑦ 以下の計算式を使って、得られたサンプルの重量の平均を使って、FMR を計算する： $MFI = \frac{m [g] * 600[s]}{t[s]} \left[\frac{g}{10 min} \right]$ m はサンプルの平均重量（単位はミリグラム）。t は、カットの間隔時間（単位は秒単位）。		
作業手順	実習手順書に従う。		
目標レベル	・ 試験手順を理解する。 ・ 測定の際のばらつきの原因となる要因が理解できれば、測定の精度を上げることができる。 ・ 射出成形と押出成形では MFR が重要であることを理解する。		
注意点	① 試験用おもしは高い所まで持ち上げるので、落ちないように注意する。 ② シリンダーは高温であるので、やけどをしないように注意する。		
コメント欄	作業者		

添付

ASTM D 1238の規定の関連表

表1：試験で使う材料の温度とおもりの標準条件

プラスチック材料	試験温度 [°C]	試験のおもり重量 [g]
PE, POM, PP	190	2160
ABS, PP	200	5000
ABS*	220	10000
PP*	230	2160
PA6,6	275	325
PC	280	2160

*：授業で使用した条件

表2：試験でのカットするインターバル時間と材料の量に関する標準条件

MFR のランク $\left[\frac{g}{10\ min}\right]$	シリンダー に入れる量 [g]	カットの インターバル時間 [min]	MFR を入手するファクター $\left[\frac{g}{10\ min}\right]$
0.15 a 1.0	2.5 a 3.0	6.00	1.67
>1.0 a 3.5	3.0 a 5.0	3.00	3.33
>3.5 a 10	5.0 a 8.0	1.00	10.00
>10 a 25	4.0 a 8.0	0.50	20.00
>25 a 50	4.0 a 8.0	0.25	40.00

実習指導手順書

モジュール : モジュールⅠ：プラスチック成形用材料を準備する

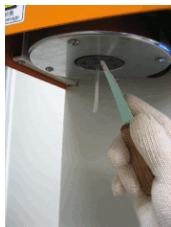
テーマ : プラスチック材料の同定

実習内容 : MFR を評価するために材料の流動性を測定する

日付 2014/6/13

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真 (適宜)	指導のポイント (チェック項目)	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
I	作業前の準備					
1	実習指示書の内容の確認 試験方法 : ASTM D1238, A 手順 (マニュアル Cut-Off 操作)		○ 実習場所を準備するために、実習内容を確認する。 (1) 実習指示書に従い、試験の目的を確認する (2) MFR 測定対象の樹脂の名前 (3) 試験条件 (試験の温度、おもり、 カッティング間隔時間)			calientes.安全靴、安全な服装を使用すること。熱い材料に触るので綿製手袋を使用すること。
II	MFR 測定のための樹脂、機材、周辺機器の準備					
1	MFR 測定に使用する樹脂、機材、周辺機器を準備する	① 押出式プラスチックメーター、モデル MP600 ② 電子計量計	○ MFR 測定用の樹脂の名前を確認する。そして、準備をするために試験条件を確認する。 容器にサンプルを 6 から 8g 準備する。	 押出式プラスチックメーター、MP600 (Melt Indexer)	1 製品の同定 2 機器の正しい清掃	樹脂取り扱いの標準操作及び安全防具。
2	測定機器の構成と清掃	③ ジョウゴ	○ 以下の物品から構成される ; ① シリンダー ② 標準化された口金 ③ コントローラー ④ 試験用おもり : これは、使用おもりの重量 (g) +ピストン (100g)			
		④ スプーン ⑤ カットツール ⑥ ピストン	⑤ ピストン ⑥ シリンダー清掃具 ⑦ 口金清掃具 ⑧ カットツール ⑨ ジョウゴ ⑩ ペレットを入れるスプーン ⑪電子計量計、⑫清掃用綿布、など。 ○ シリンダーとピストンの清掃	 電子計量計		

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
		⑦ 口金清掃 ⑧ シリンダー清掃具	構成部品がきれいかどうか確認しなければならない。そのためには、シリンダーの中にピントンを入れて動かす。また、ピントンを使ってガイドの丸いパーツもきれいにする。スムーズに動かない場合、綿布で掃除をする。			
III	MFR の測定					
1	Model MP600 Controller /Timer 機の電源を入れる。試験のセッティングを行う：試験の温度、おもり、カッティング間隔。		○ 機械の電源を入れ、試験を編集する。 ・メインメニューで[OPTION],[EDIT PROGRAM]を選択し、アクセス番号を（8-5-2 + “ENTER”）を入力すると試験の編集画面になる。 ・試験 1 を選択する。 ○ 試験を編集する： - Ø 手順：A - Ø サンプル ID と Run 番号：使用しない - Ø SET POINT：試験温度（材料による） - Ø TOP y BOTTOM OFFSET: 0.1 [°C] - Ø おもり：試験用おもり（材料による） - Ø ORIF DIA: 2.095 [mm] - Ø ORIF LGHT: 8 [mm] - Ø CUTOFF TIME: カッティング時間（材料による） - Ø PREHEAT: 240 [s]（4 分）	 ピストンバー、口金の挿入具と清掃具  “Controller/ Timer”画面		
			・“EXIT” を 2 回押してメインメニューに戻る ・コントローラーにより設定された温度まで上がる。	 材料を押し込む道具とシリンダー清掃具		
2	口金とピストンをシリンダーに入れる。		・口金をシリンダーに入れる（底まで入れる） ・ピストンユニットを入れる（ピストン、ガイド、ピストンベース）			

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
3	試験順序		・ 温度が上がるのを待つ。 ○ 材料の供給 ・ メインメニューで[TEST]を選択し、試験の設定条件を確認してから”ENTER”を押す。画面上カウンターが表示される。 ・ シリンダーからピストンを取り出し、上部にジョウゴを使用して樹脂を入れる。材料の最大挿入時間：60秒。 ・ 押入れツールを使用して材料を挿入し、シリンダーの壁に付着しないように注意して空気を出す。 ・ サンプル挿入後、ピストンを戻し”ENTER”を押す。画面に新たなカウンターが表示され、4分間のプリヒートが始まる。	  	異物が混入しないように、また材料に隙間ができないように注意する。	
			○ 材料カットの手順 ・ アラームが鳴ったらピストンの上に試験用おもりを置く。材料はシリンダーの底部から流れ出る。押出材料が均等になるまで待つ。 ・ 穴から出るフィラメントをカットし、捨てる。同時に “START” ボタンを押すと、カッティング間隔タイマーが始まる。 ・ アラームが鳴る度材料をカットする。材料によって、3～6回カットする。 ・ 各サンプルはミリグラム単位まで計測する。			

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
4	結果のまとめ		・ サンプルの平均重量を計算し MFR を算出する。 ・ 情報をまとめる：樹脂名、サンプルの形成、測定試験の条件と結果。			
IV	あとの整理整頓					
			○ 測定終了後、ピストン、口金、シリンダーの掃除を徹底的に行う。 ・ 綿布や清掃ツール、口金清掃具を使用してシリンダー内のポリマーやピストンの表面、口金の表面と内部を清掃する。 ・ 使用したツールは元に戻し、周りを清掃して機械の電源を切る。			

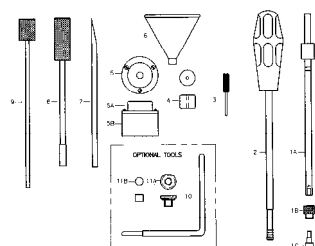


Figure 3-1 - Extrusion Plastometer Tools

1. Piston Rod Assembly
2. Piston Rod
3. Guide Collar
4. Piston Foot
5. Cylinder Cleaning Tool
6. Orifice Drill
7. Orifice Assembly
8. Level
9. Base
10. Funnel
11. Cutting Tool
12. Cleaning Tool
13. Orifice Remover
14. Thermometer (Optional)
15. Thermometer Support (Optional)
16. Thermometer Plug (Optional)

図-1 押出式プラストメーターのツール



写真-1 押出式プラストメーターのツールラック

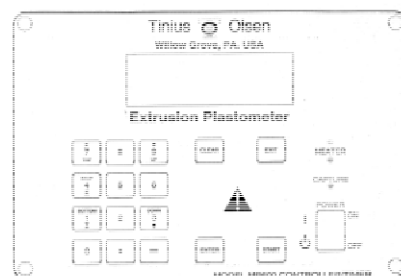


図-2 MP600 のコントロールパネル

Actual Temperature
Program Number....

AT 25.1 SP 190.0 C
PN 01 PROC B
1=TEST 2=VIEW
3=SELECT 4=OPTIONS

Set Temperature
Test Type

Actual Temperature
Program Number....

AT 190.0 SP 190.0 C
PN 01 PROC A
CI TT s
PRESS ENTER TO CONT

Set Temperature
Test Type

Actual Temperature
Cut-Off Interval....

AT 190.0 SP 190.0 C
CI 30 ET 0 s
START= CUTOFF TIMING
EXIT=WEIGHT ENTRY

Set Temperature
Elapsed Time

現在の温度
カットの間隔

図-3 画面

設定温度
経過時間

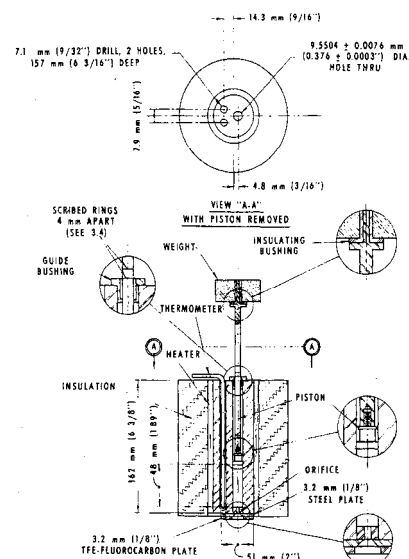


図-1 押出式プラストメーターの一般図、D1238 P403

(2) 引張試験（実習作業指示書／実習指導手順書）

ページ 1/1

実習作業指示書		作成年月日													
		2014/06/23													
モジュール	モジュール I：プラスチック成形用材料を準備する														
テーマ	プラスチック材料の同定														
作業日	作業時間	作業対象者													
2014 年 8 月	45 分	BTTP 担当教員													
作業内容	プラスチック材料の同定 (1) 機材：実験器（1000ml のビーカー5 つ、バーナーまたはガスライター、ピンセット）、密度の違う溶液、プラスチック材料の特性一覧表。 (2) 試験方法：密度、機械的特性、光学的特性、炎に対する挙動などの物理的特性を見る。 <table border="1"> <tr> <td>材料</td> <td>溶液</td> <td colspan="4">同定の順番</td> </tr> <tr> <td>対象材料</td> <td>5.（それぞれ密度が違う）</td> <td>1. 機械的試験</td> <td>2. 光学試験</td> <td>3. 密度</td> <td>4. 炎に対する挙動</td> </tr> </table> (3) 材料の準備： 1. 密度の違う溶液を 5 種類、2. プラスチック材料の特性一覧表、3. 試験対象試験片、4. 炎試験用材料 (4) 試験の開始 ① 同定対象のサンプルを使い、試験順序に従って、以下の試験を行う：機械的試験。これによってサンプルが硬い、やや硬い、柔らかいという特性を選ぶ。 ② 光学試験：透明、半透明、不透明という特性を確認する。 ③ 密度試験：事前に準備された数種類の溶液に浮くか沈むか材料を浮かべて確認する。 ④ 炎の挙動：材料の燃焼のし易さ、炎のにおい、融解の仕方、炎だれの有無、炭化、煙の色などを確認する。 ⑤ 試験を実施する際には、解答用紙に材料の挙動を記録する。 ⑥ 該当しなかった結果から該当しない材料を消去するという方法を使って、結果を導く。そして、次の段階に進む。 ⑦ 解答用紙に記入し、監督者に渡す。			材料	溶液	同定の順番				対象材料	5.（それぞれ密度が違う）	1. 機械的試験	2. 光学試験	3. 密度	4. 炎に対する挙動
	材料	溶液	同定の順番												
対象材料	5.（それぞれ密度が違う）	1. 機械的試験	2. 光学試験	3. 密度	4. 炎に対する挙動										
作業手順	実習手順書とサブモジュールに従う。														
目標レベル	プラスチック材料の経験主義的同定手順を理解する。 ・ 物理的特性及びその他の特性に従って、材料の挙動を確認する。 ・ プラスチック材料がこの種の試験で示す特性を BTTP の生徒に説明し、示すことができる。														
注意点	① 密度試験には同じ濃度の溶液を使うようにする。そのためには異物などで汚染しないようにする。 ② 材料の挙動に疑問がある場合には、該当の欄にその旨を記入し、比較ができるようにする。														
作業コメント欄															

実習指導手順書

モジュール : モジュール I : プラスチック成形用材料を準備する

日付 2014/6/24

テーマ : プラスチック材料の同定

実習内容 : プラスチック材料の同定

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真 (適宜)	指導のポイント (チェック項目)	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
I	作業前の準備					
1	実習指示書の内容の確認	250ml の容器 (5)、 電子計量器	実習場所を準備するために、実習内容 を確認する。			上着、綿手袋、安全 メガネ、実習用安全 具
2	溶液の準備		濃度の違う溶液を 5 種類用意する。 1. 60%のエタノール水溶液 (密度: 0.89g/cm ³) 2. 50% のエタノール水溶液 (密度: 0.92g/cm ³) 3. 蒸留水 (密度: 1.00g/cm ³) 4. 塩水 (37g NaCl) (密度: 1.10g/cm ³) 5. 飽和塩水 (77g NaCl) (密度: 1.30g/cm ³)			5S、改善、化学 I
3	試験用材料の準備		一般的特徴比較表、解答用紙、ピンセ ット、ライター、綿手袋、保護メガネ。			5S
II	同定対象の樹脂の準備					
1	同定すべき実物サンプル	ペンチと定規	同定対象の材料を 20cm 用意する。		以下の方法でサンプ ルを切断する: 10cm のサンプルを 1 個 (機 械的試験)、1cm のも のを 5 個 (密度試験)、 燃焼試験用に 5cm の ものを 1 個。	
III	材料の同定					
1	機械的試験		サンプルの端をつかみ、外側に曲げる。 そしてサンプルが、硬い、やや硬い、 柔らかいかを判断する。その結果を解 答用紙に記入する。		硬い、やや硬い、柔ら かいという概念、状態 の基準統一を行う。	プラスチックの機 械的特性。
2	光学的試験		光を背にする形でサンプルを観察し、 透明か半透明または不透明かを判断す る。その結果を解答用紙に記入する。		透明、半透明、不透明 の概念を決める。	プラスチック材料 の光学的特性

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
3	密度試験		約 1cm のサンプルを水溶液に置き、浮くか沈むかを見る。これを全ての水溶液で行う。そして、密度分析を行う。		材料の浮遊とプラスチック材料の密度の関連表を使う。	プラスチック材料の物理的特性
4	炎に対する挙動		同定対象のサンプルの端をピンセットで挟む。次の挙動を観察するためにライターの炎に近づける。 1. 燃焼の困難性（優しい、難しい） 2. 炎の色（黄色または青） 3. サンプルの状態の変化（融解する、溶解する、垂れる、炭化する） 4. 火をつけている間に、あるいは消した後発生する煙の色（白あるいは黒）		事前に炎に対する挙動の特徴を決める。	プラスチック材料の熱に対する挙動
5	結果のまとめ		プラスチック材料の一般挙動一覧表を使って結果をまとめる。結果として一つ以上の材料の可能性が出てきた場合、炎の継続時間、煙の色の一覧表を材料同定のツールとして使う。		教室で、手順と結果のまとめ方、同定の基準について説明する。	手順とデータの処理
IV	後始末					
1	5S の実行		試験を始める前の状態に材料をきれいにし整理する。次の人のために準備する。			5S、改善

2. モジュールIII

(1) 成形技術 (Basic) 実習作業指示書／実習指導手順書

ページ 1/1

実習作業指示書		作成年月日	
		2014/6/17	
モジュール	モジュール III：射出成形でプラスチックを成形する		
テーマ	射出工程		
作業日	作業時間	作業対象者	
2014 年 8 月	90 分	BTTP 担当教員	
作業内容	教員が射出成形のパラメーターの調整の技能を習得し、成形品を作る。 1. 金型がプラテンにしっかりと固定されていることを確認する。 2. 成形機 FNX80 の安全を確認する。 3. シリンダーと金型温度を入力する。 4. 金型厚さのパラメーターを入力する。 5. 製品の取り出し関連パラメーターを入力する。 6. 射出成形パラメーターを入力する。 7. シリンダーのパーシ。 8. ショートショット法を使って製品を成形する。 9. シリンダーのパーシ。 10. 整理整頓を行う。 11. 収縮率の計算。		
作業手順	実習手順書に従う。		
目標レベル	成形機の基本的な操作を行い、良品を作れる基本的なパラメーターの入力ができるレベルに到達する。 (最終製品：充填不良のない製品を成形する)		
注意点	グループ内で本実習の結果に関して意見交換を行い、高校の生徒たちが行う実習の手順の手引きを作成する。		
コメント欄			

実習指導手順書

モジュール : モジュール III : 射出成形でプラスチックを成形する

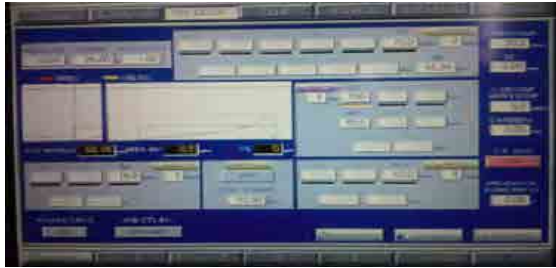
日付 2014/6/6

テーマ : 射出工程

実習内容 : 教員が射出成形のパラメーターの調整の技能を習得し、成形品を作る。

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真 (適宜)	指導のポイント (チェック項目)	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
I	作業前準備	工具箱	1 パージに必要な道具を準備する。			
		金型	2 プラスチック材料 ABS が事前に乾燥されていることを確認する。			
		乾燥機	3 条件設定をするため、成形機の操作の選択肢の「手動操作」を選択する。			
			4 成形機の点灯ボタンを押す。			
II	機材の準備	射出成形機	1 シリンダー温度の確認、必要な場合には条件入力を行う。(BOQ 210°C, CAB 220°C, DELANT 220°C, MEDIO 210°C, TRAS 200°C)			
			2 金型の取付けネジが締まっていることを確認する。			
			3 油圧ポンプのモーターを ON する。			
			4 機械の安全を確認する。		安全ドアが開いたら、金型の動きが止まるか？停止することを確認したら、実習を継続する。停止しない場合には、インストラクターに連絡する。	

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
			5 ペーパータオルで可動側プラテンに載っている金型の表面を掃除する。ただし、コアとキャビティには触らない。			
			6 成形機 FNX80 に ASTM 試験片の金型が載っていることを確認する。			
			7 エジェクターピンのパラメータを設定する。EXPULSOR ON CONT 1 (PRES EXPL 25%, EV1 ADEL 25%, PARO AVANC 55 mm, PRES ATRÁS 15%, EV4 ATRÁS 15%, POS ATR 39 mm)			
		温調器	8 温調器が 40 °C に設定されていることを確認する。			
		チラー	9 チラーが ON になっていることを確認する。			
III	射出工程	射出成形機	金型の条件設定 1 「金型」画面で「金型の取付け」モードを選択する。そして金型の厚さを読ませる。 2 金型の厚さの読み取りを終了する。 3 高圧で締まることを確認する。 4 「金型の取付け」モードを OFF にする。 金型の閉まり方の設定 5 (ALTA V) 30 %, (BVBP) 20 mm, (Low P) 15%, (AP CRR) 0.2 mm, (ALTA P) 100 KN 6 金型が高圧で締まることを確認する。			

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
			金型の開け方の設定			
			7 (V INIC APER) 5%, (ALTA V1) 10mm, (alta V1) 30 %, (DIST. LENTA) 15 mm, (V FINAL) 5%, (FIN APERT) 130 mm			
			8 射出の設定			
			9 射出時間：10 s.			
			10 冷却時間：25 s			
			11 充填：			
			12 射出速度：V1 70 m/s			
			13 計量距離：SM 55 mm.			
			14 可塑化			
			15 可塑化速度：VS1 100 RPM			
			16 背圧：BP1 10 Mpa			
			17 射出圧力：PV1 70 Mpa.			
			18 V/P 切り替え V/P = 10 mm			
			19 保圧力 Pp1 30 Mpa			
			20 射出成形機のホッパーにABS材料を入れる。			
			21 3回パージをする。			
			半自動にスイッチを切り替える			
			22 射出サイクルが終了したら、ドアを開けて、必要な場合には製品を取り出す。			
			23 ドアを閉め、次の射出工程を開始する。			
			24 製品を5個、成形する。			
			25+F(179)C ホッパーのシャッターを閉じる。			
		工具箱	26 パージをする。			
IV	整理整頓	工具箱	1 道具を整える。			
			2 成形機周辺を整理整頓する。			

(2) 成形技術 (Bクラス) 実習作業指示書／実習指導手順書

ページ 1/1

実習作業指示書		作成年月日	
		2014/7/14	
モジュール	モジュール III：射出成形でプラスチックを成形する		
テーマ	射出成形品をつくる		
作業日	作業時間	作業対象者	
2014 年 8 月	90 分	BTTP 担当教員	
作業内容	教員が射出成形のパラメーターの調整の技能を習得し、成形品を作る。 1. 金型がプラテンにしっかりと固定されていることを確認する。 2. 成形機 FNX80 の安全を確認する。 3. シリンダーと金型温度を入力する。 4. 収縮率と型締め力の計算をする。 5. 金型厚さのパラメーターを入力する。 6. 製品の取り出し関連パラメーターを入力する。 7. 射出成形パラメーターを入力する。 8. シリンダーのページ。 9. ショートショット法を使って製品を成形する。 10. インストラクターの指示に従い、製品を成形する。 11. シリンダーのページ。 12. 整理整頓を行う。		
作業手順	実習手順書に従う。		
目標レベル	成形機の基本的な操作を行い、良品を作れる基本的なパラメーターの入力ができるレベルに到達する。(最終製品：充填不良のない製品を成形する)		
注意点	グループ内で本実習の結果に関して意見交換を行い、高校の生徒たちが行う実習の手順の手引きを作成する。		
作業者コメント欄			

実習指導手順書

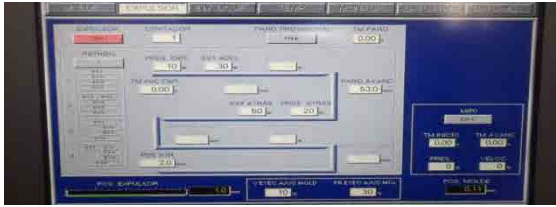
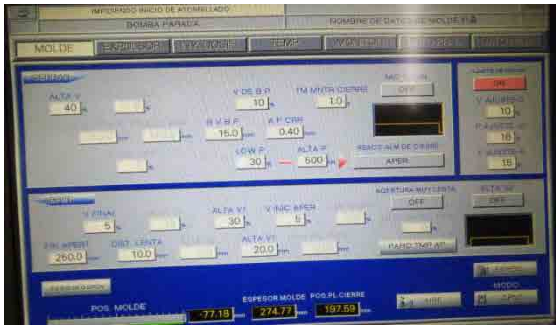
モジュール : モジュール III : 射出成形でプラスチックを成形する

日付 2014/7/14

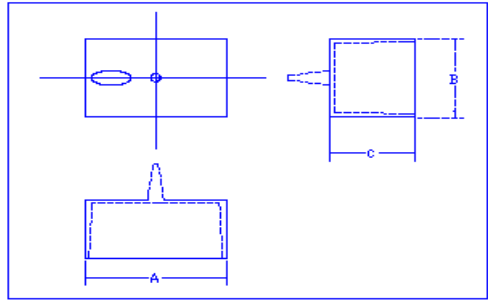
テーマ : 射出工程によって試験片を成形する

実習内容 : 教員が射出成形のパラメーターの調整の技能を習得し、成形品を作る。

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真 (適宜)	指導のポイント (チェック項目)	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
I	作業前準備	工具箱	1 パージに必要な道具を準備する。			
		金型	2 成形機 FNX80 に ASTM 試験片の金型が載っていることを確認する。			
		乾燥機	3 プラスチック材料 ABS が事前に乾燥されていることを確認する。			
		成形機	4 ABS を成形機のホッパーに入れる。			
			5 条件設定をするため、成形機の操作の選択肢の「手動操作」を選択する。			
			6 成形機の点灯ボタンを押す。			
II	機材の準備	射出成形機	1 シリンダー温度の確認、必要な場合には条件入力を行う。 (BOQ ____°C, CAB ____°C, DELANT ____°C, MEDIO ____°C, TRAS ____°C)			
			2 金型の取付けネジが締まっていることを確認する。			
			3 機械の安全を確認する。		安全ドアが開いたら、金型の動きが止まるか？停止することを確認したら、実習を継続する。停止しない場合には、インストラクターに連絡する。	

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
			4 エジェクターピンのパラメータを設定する。EXPULSOR ON CONT 1 (PRES EXPL __%, EV1 ADEL __%, PARO AVANC __ mm, PRES ATRÁS __%, EV4 ATRÁS __%, POS ATR __ mm			
		温調器	5 温調器が 40°C に設定されていることを確認する。			
		チラー	6 チラーが ON になっていることを確認する。			
III	射出工程	射出成形機	金型の条件設定			
			1 油圧ポンプのモーターを ON する。			
			2 「金型」画面で「金型の取付け」モードを選択する。そして金型の厚さを読ませる。			
			3 金型の厚さの読み取りを終了する。			
			4 高圧で締まることを確認する。			
			金型の閉まり方の設定			
			5 (ALTA V) __ %, (BVBP) __ mm, (Low P) __%, (AP CRR) __ mm, (ALTA P) __ KN			
			金型の開け方の設定			
			6 (V INIC APER) __%, (ALTA V1) __ mm, (alta V1) __ %, (DIST. LENTA) __ mm, (V FINAL) __%, (FIN APERT) __ mm			
			射出の設定			
			7 射出時間 : __ s.			
			8 冷却時間 : __ s			
			9 充填 :			
			10 射出速度 V1 __ m/s			

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
			11 計量距離 SM ____ mm.			
			可塑化			
			12 可塑化速度 VS1 ____ RPM			
			13 背圧 BP1 ____ Mpa			
			14 射出圧力 PV1 ____ Mpa.			
			15 V/P 切り替え V/P = ____ mm			
			16 保圧力 Pp1 ____			
			半自動にスイッチを切り替える			
			17 射出サイクルが終了したら、ドアを開けて、必要な場合には製品を取り出す。			
			18 ドアを閉め、次の射出工程を開始する。			
			19 製品を 5 個、成形する。			
IV	整理整頓	工具箱	20 ホッパーのシャッターを閉じる。			
		工具箱	21 パージをする。			
V	材料の収縮		1 道具を整える。			
			2 成形機周辺を整理整頓する。			
			渡された製品の ABC の箇所(図面に表示)の寸法を測定し、指示された表に記録する。			計測及び計算は各自個別に行う。
		ノギス	設計値／実測値			
			1 A = 104.5 mm /			
			2 B = 80.5 mm /			
			3 C = 45.0 mm /			

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
		計算機	ABS の収縮率の計算 $= (D_{\text{dis}} - D_{\text{reg}} / D_{\text{dis}})$ 1 A = _____ /1000 2 B = _____ /1000 3 C = _____ /1000			
VI	材料の歩留まり	はかり	支給された材料			
			残った材料			
			一回のショットで作られる製品の重量			
			実際の製品の重量			
			材料の歩留まりを計算する。			
		計算機	$Rm = (\text{成形された製品の重量} / \text{使用された材料の重量}) \times 100$ 使用された材料の重量 = 支給された材料 - 残った材料の重量			

3. モジュールV

(1) 金型交換 実習作業指示書／実習指導手順書

ページ 1/1

実習作業指示書		作成年月日	
		2014/20/06	
モジュール	モジュール V：プラスチック成形用の金型を準備する		
テーマ	射出成形機への金型の取付け・取り外し		
作業日	作業時間	作業対象者	
2014 年 8 月	120 分	BTTP 担当教員	
作業内容	適切な安全基準を遵守して、金型を取付け・取り外しする技能を教員が習得する。 1. ASTM 試験片の金型を取り付けるための作業条件を準備する。 2. ASTM 試験片の金型を金型置き場において見つける。 3. 金型の寸法を測定し、その金型を載せる成形機 FNX80 のサイズが金型を載せるのにふさわしいかどうかを確認する。 4. 製品の形状を測定し、金型の開く寸法を決定する。 5. 成形機 FNX80 のそばに金型を移動する。 6. 金型を取り付ける。 7. 金型の開閉に必要なデータを入力し、高圧を入れる。 8. エジェクターピンのパラメーターを調整する。 9. 金型を取り外す。 10. 作業した場所の清掃。 11. 決められた場所に道具と金型を戻す。 結果の報告「金型の取付け、取り外しができました。または、できませんでした。」		
作業手順	実習手順書に従う。		
目標レベル	正しい道具を使い、安全条件を遵守して金型交換を実施する。そして、正しいパラメーターをコントロールパネルに入力し高圧を入れる。		
注意点	グループ内で本実習の結果に関して意見交換を行い、高校の生徒たちが行う実習の手順の手引きを作成する。		
作業者コメント欄			

実習指導手順書

モジュール : モジュール V : プラスチック成形用の金型を準備する

日付 2014/6/20

テーマ : 射出成形機に金型の取り付け・取り外し

実習内容 : 適切な安全基準を遵守して、金型を取付け・取り外しする技能を教員が習得する

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
I	作業前準備	成形機	1 成形機 FNX80 のモニターを点け、「初期設定」画面にする。			
		補助台車	2 金型を移動する。			
		工具台車	3 金型の取付け取り外しに使う工具を準備する。			
			4 インストラクターが指定した金型を金型置き場で確認する。			
			5 金型の寸法（長さ、幅、高さ、ローケーターリングの直径）を測定し、エジェクターの場所（横方向、縦方向）を確認する。			
			6 成形機 FNX80 の寸法が指定された金型を取り付けるのに適切であることを確認する。			
		移動式クレーン	7 金型を動かし台車に乗せ、移動する。			
II	備品類の準備	移動式クレーン	1 台車に載せて金型を成形機 FNX80 の近くまで移動し、そこに置く。			
		工具台車	2 成形機の上部ドアのボルトを取り外し、金型が入るようにスペースを取る。			
		成形機	3 コントロールパネルが ON になっており、ポンプのモータが OFF になっていることを確認する。			

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
III	金型の取付け	成形機付属 クレーン	1 金型と射出成形機の寸法を比較する。			
			2 金型を付属クレーンに接続し、チェーンを操作して金型を持ち上げる。その際、バランスが崩れないようにそして金型がぶつからないように注意する。			
			3 金型を成形機のガイドバーの高さまで持ち上げ、プラテンに固定できるように金型を操作しながら下す。			
		工具箱	4 固定に使うボルト、六角レンチ、パイプを手元に置おく。			
		射出成形機	5 金型のローケーターリング側を成形機の固定側に近づける。			
			6 金型のローケーターリングを固定側プラテンにはめ込み、ボルトを対角線の順番で締めながら固定する。（六角レンチを使いながら）オペレーター側と反対側。			
			7 定規を使って水平度を確認する。そして、対角線の順番にパイプで締める。			
			8 ポンプのモーターを ON にする。			
			9 「金型調整」のランプが ON になっていることを確認し、金型を閉め始める。			
		工具箱	10 ボルトと六角レンチを使って固定する。（オペレーター側と反対側）			
		射出成形機	11 対角線上の場所にあるボルトを締める（パイプを使用する）。			
			12 金型のフックを取り除く。			
		工具箱	13 金型の開き止めを取り除いたことを確認する。			
			14 付属クレーンを元に位置に戻し、射出成形機の柱にそれを固定する。			

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
		射出成形機	15 射出成形のポンプのモータを ON にする。			
			16 ポンプのモータを消す。			
		射出成形機	17 ホースの接続（金型の冷却回路を確認する。）			
			18 ホースのねじれに注意する。ドアが閉まるようにホースがガイドの下を通っていること、水漏れがないことを確認する。			
		温調器	19 金型温調器とそのポンプのモータを ON にする。			
			20 規定の 40℃になっているかを確認する。			
			21 金型に水を流す(栓を開く)。			
		射出成形機	22 油圧ポンプのモータを ON にし、金型の厚さの読み込みを開始する。			
			23 金型の厚さの読み込みを終了する。			
24 高圧による型締めを確認する。						
IV	金型の取り外し	射出成形機	1 ポンプが ON であることを確認し、金型を最大開閉距離まで開く。			
			2 ポンプを消す。			
		温調器	3 温調器を消す。			
			4 金型に接続されているホースの温調器の水の栓を閉める。			
			5 温調器のホースを外す。その際にあとでまた接続することを考えて作業を行う。容器(バケツ)の中にホースを入れる。			

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
		射出成形機	6 金型の中にある水を取り除くために圧縮空気を使う。			
			7 金型（固定プラテンと可動プラテン）のホースを取り去る。			
			8 金型の PL 面を確認し、そこに防錆処理剤を塗布する。			
			9 油圧ポンプのモータを ON にし、金型を閉める。			
		工具箱	10 ポンプのモータを消す。			
			11 金型が開かないように、開き止めを確実に付ける。			
			12 ボルトを決められた場所、容器(箱)の中に入れる。			
			13 金型の取付け・取り外し用工具、アイボルト、フックなどを用意する。			
		付属クレーン	14 装着されたアイボルトに、成形機の付属クレーンを接続する。			
			15 フックが正しい位置にあるかどうかを確認する。			
			16 クレーンのチェーンがしっかりと張るまで引っ張る。			
		射出成形機	17 成形機のプラテンに金型を固定しているボルトを外す。最初はオペレーター側のボルト、その後に対側のボルトを外す。			

No.	作業工程	使用機器 備品類	作業手順	写真（適宜）	指導のポイント （チェック項目）	備考 ・安全作業の原則 ・関連座学、その他
			18 ポンプを ON にする。			
			19 金型を動かすため、可動側プラテンを最大限開くまで注意しながら開く。			
			20 油圧ポンプを消す。			
		工具箱	21 固定側プラテンから金型を外す。その際に、金型がバランスを失わないように、また成形機のガイドバーに当たらないように注意する。			
			22 成形機のガイドバーから金型が出る高さまで金型を上げる。			
			23 金型を安全な場所に移動させるため、付属クレーンを操作し、金型を台車に載せる。金型からフックを外す。			
V	金型の保全と保管	台車	1 金型を台車で、移動式クレーンで釣り上げる場所まで移動する。			
		移動式クレーン	2 保全作業をするために、金型を作業台に載せる。あるいは、定位置にて保管する。			
			3 鎖を外し、元の場所に戻し、柱に括り付ける。			
VI	整理整頓	工具箱	1 工具の整理をする。			
			2 成形機周辺の整理整頓を行う。			