

PROYECTO DE FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN TECNOLOGÍA DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICO EN MÉXICO

INFORME DE TERMINACIÓN DEL PROYECTO

**Apéndice I:
Productos de la transferencia tecnológica de los
expertos japoneses a los instructores del CNAD**

NOVIEMBRE, 2014

**AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN (JICA)
JAPAN DEVELOPMENT SERVICE CO., LTD. (JDS)**

IL
JR
14-116

PROYECTO DE FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN TECNOLOGÍA DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICO EN MÉXICO INFORME DE TERMINACIÓN DEL PROYECTO

APÉNDICE I: PRODUCTOS DE LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE LOS EXPERTOS JAPONESES A LOS INSTRUCTORES DEL CNAD

ÍNDICE

Anexo I: Materiales didácticos para la capacitación teórica: Texto PPT	A-1
Anexo II: Materiales didácticos para la capacitación práctica:	
Instrucción para la práctica del curso / Guía para el procedimiento de la práctica	A-599
(1) Instrucción para la práctica del curso.....	A-599
(2) Guía para el procedimiento de la práctica.....	A-639

ANEXO I:
MATERIALES DIDÁCTICOS PARA LA
CAPACITACIÓN TEÓRICA: TEXTO PPT

Módulo	Submódulo	Página
1 Metodología de moldeo de plástico	1-1 Conocimiento general del moldeo de plásticos	3
	1-2 Métodos de moldeo de termoplásticos (extrusión, inyección, termoformado, rotomoldeo, soplado)	9
	1-3 Métodos de moldeo de plásticos termofijos (compresión, transferencia, manejo de la resina epóxica)	17
	1-4 Procesamiento secundario del producto	24
2 Materiales plásticos	2-1 Propiedades y características	33
	2-2 Identificación (métodos de clasificación de materiales)	45
	2-3 Clasificación	53
	2-4 Composición	60
	2-5 Caracterización	69
	2-6 Colores y mezclado de materiales	91
	2-7 Diferentes materiales de plástico y su aplicación	99
	2-8 Evaluación de propiedades de plásticos para el moldeo por inyección	108
3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección	3-1 Conocimiento general de las máquinas de inyección	120
	3-2 Tipos de máquinas de inyección y su estructura	132
	3-3 Estructura y partes de la máquina de inyección	145
	3-4 Moldeo por sistema hidráulico y sus funciones	169
	3-5 Moldeo por sistema eléctrico y sus funciones	176
	3-6 Sistema de control y sus funciones	184
	3-7 Instrumentos de medición y sus funciones	195
	3-8 Layout de la fábrica del moldeo de plástico	202
	3-9 Equipos periféricos y sus funciones	211
4 Mantenimiento de máquinas de moldeo por inyección	4-1 Mantenimiento preventivo (4-1~4-3)	217
	4-2 Mantenimiento correctivo	-
	4-3 Generalidades del sistema eléctrico, hidráulico, neumático y electrónico	-
5 Proceso de moldeo de plástico por inyección	5-1 Principios del proceso de moldeo por inyección	225
	5-2 Conocimiento general de los parámetros del moldeo por inyección (temperatura, tiempo, presión, velocidad, presión de cierre, peso de resina)	241
	5-3 Establecimiento de las condiciones del moldeo por inyección	452
	5-4 Gestión del proceso	267
	5-6 Plastificación y flujo de materiales	276
	5-7 Pretratamiento de los materiales	283
	5-8 Precalentamiento, aditivos y colorantes	289
	5-10 Cálculo del peso del producto y rendimiento de los materiales	297
	5-11 Criterios para utilizar el material reciclado	301
6 Cambio de molde en la máquina de inyección	6-1 Montaje y desmontaje de los moldes	312
	6-2 Conexión del circuito de enfriamiento (cableado eléctrico)	330
	6-3 Cambio de color y material interno del cilindro del moldeo por inyección (purga)	336
	6-4 Ajuste inicial de las condiciones de moldeo y muestreo del producto moldeado	342

Módulo	Submódulo	Página
7 Gestión de calidad del producto y la administración de producción	7-1 Concepto teórico y conocimiento general (7-1~7-2)	347
	7-2 Sistema de calidad aplicable a las empresas de moldeo por inyección	-
	7-3 Gráficos de gestión de calidad	360
	7-4 Causas de defectos y métodos de análisis (siete herramientas de CC, etc.)	369
	7-5 Control de la capacidad de proceso	392
	7-6 5S y actividades de Kaizen	406
	7-7 Método del mejoramiento del cambio de molde (SMED)	414
8 Defectos de moldeo por inyección y ajuste de condiciones de operación	8-1 Defectos de moldeo relacionados con los parámetros de secado de los materiales (8-1~8-5)	422
	8-2 Defectos de moldeo relacionados con los parámetros de plastificación	-
	8-3 Defectos de moldeo relacionados con los parámetros de moldeo por inyección	-
	8-4 Defectos de moldeo relacionados con los parámetros de mantenimiento de presión	-
	8-5 Defectos de moldeo relacionados con el botado de los productos	-
	8-6 Prácticas aplicadas relacionadas con la solución de defectos de moldeo	431
	8-7 Defectos de moldeo relacionados con los moldes	440
9 Gestión de seguridad en el proceso de inyección	9-1 Riesgos laborales del moldeo por inyección	445
	9-2 Equipo de seguridad para trabajadores	452
	9-3 Sistema de seguridad de la máquina de moldeo	453
10 Moldes para la inyección de plástico	10-1 Conocimiento general (tipos y funciones de moldes)	459
	10-2 Estructura y partes de los moldes (inserto, etc.)	470
	10-3 Molde y su máquina apropiada	490
	10-4 Cavity y corazón	496
	10-5 Tipos de colada y entrada de material	507
	10-6 Control de temperatura de molde	517
	10-7 Mecanismos de desmoldeo (botador, Under cut)	528
	10-8 Materiales para la fabricación de moldes (10-8~10-9)	540
	10-9 Tratamiento térmico y acabado de molde	-
	10-10 Diseño y mantenimiento de moldes	548
	10-11 Mantenimiento de moldes (desmontaje y montaje de moldes)	567
	10-14 Mejoramiento de productividad y calidad mediante el mantenimiento de molde 1	586
	10-15 Mejoramiento de productividad y calidad mediante el mantenimiento de molde 2	592

M1 Metodología de moldeo de plástico

M1-1 Conocimiento general del moldeo de plásticos

Contenidos

- * Significado de “plástico”
- * Transformación de los plásticos
- 1. Preparación de compuestos**
(*compounding*)
- 2. Moldeo primario**
 - 2-1. Proceso básico de moldeo primario
 - 2-2. Diferencias entre plásticos
 - 2-3. Proceso de flujo durante la fusión
 - 2-4. Métodos para dar forma a los polímeros
 - 2-5. Métodos de moldeo del polímero termofijo y del termoplástico
- 3. Trabajo secundario**
 - 3-1. Generalidades de los métodos del trabajo secundario
 - 3-2. Termoformado
 - 3-3. Diferentes tipos de termoformado
 - 3-4. Características del termoformado

Significado de “plástico”

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

- (1) 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”.
- (2) 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.
- (3) Se denomina “transformación (*processing*)” al proceso en que se fabrican productos de plástico de diferentes formas terminados y en proceso, utilizando materiales plásticos.

Transformación de los plásticos

La transformación de los plásticos abarca todos los procesos en que el polímero fabricado en la planta de polimerización es utilizado para productos finales. Se puede dividir en las siguientes 3 áreas.

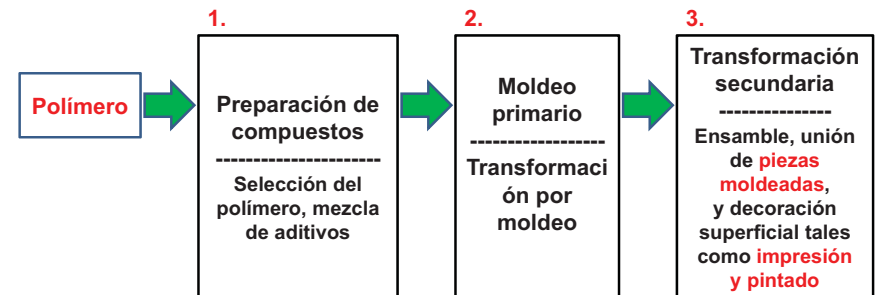
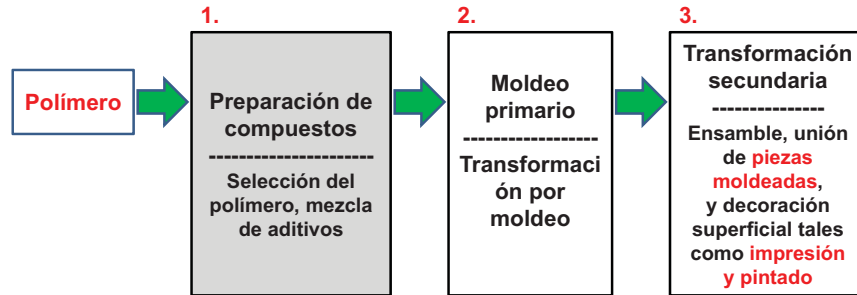


Fig.1 Áreas de transformación de los plásticos

1. Preparación de compuestos (compounding)



4

1. Preparación de compuestos (compounding)

El proceso en 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 mejorar el moldeo, 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.

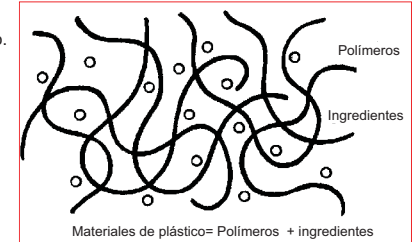
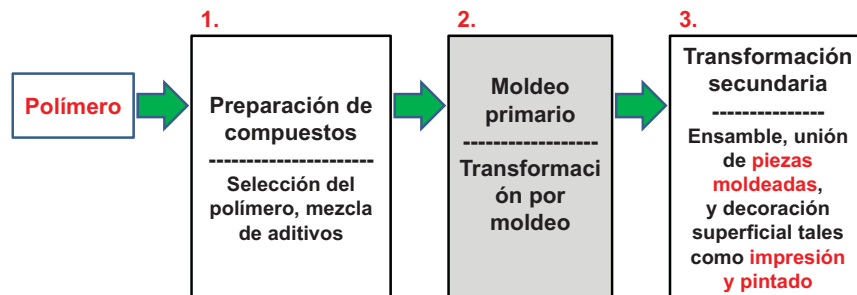


Fig.2 Polímeros y aditivos

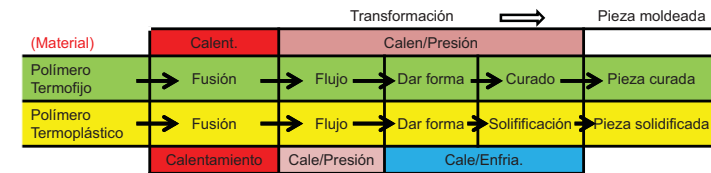
5

2. Moldeo primario



6

2-1. Proceso básico de moldeo primario



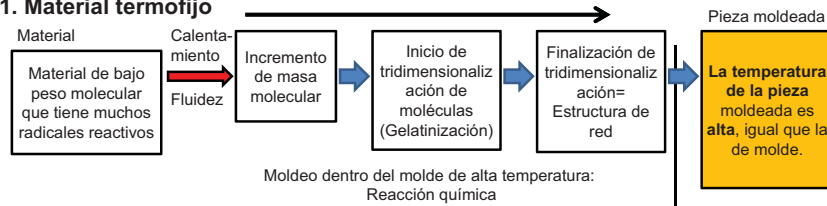
- Fusión:** Se calienta el material a la temperatura de ablandamiento o a una temperatura más alta que la de fusión para fundirlo.
- Flujo:** Se aplica presión a los polímeros fundidos para meterlos posteriormente a moldes o a dados.
- Dar forma:** Se aplica aún más presión para que los polímeros dentro de moldes o dados tengan su forma.
- Solidificación:** Aún aplicando presión se enfría el material para que solidifique y fije su forma.
- Curado:** En caso del plástico termofijo, su forma se fija por reacciones de entrecruzamiento y este proceso se denomina "proceso de curado".

Fig.3 Proceso básico

7

2-2. Diferencias entre plásticos

1. Material termofijo



2. Material termoplástico

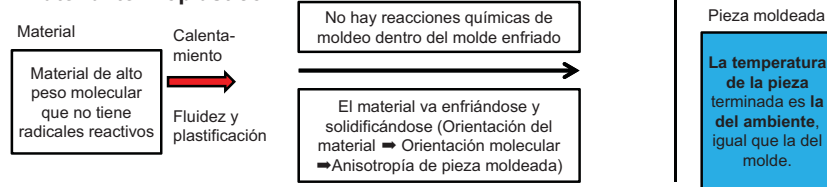


Fig.4 Diferencia entre el material termofijo y el termoplástico

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), p10, Editorial Plastic Age

8

Curado y Solidificación

1. El curado es un fenómeno que se presenta en el polímero termofijo. El material puesto dentro de moldes calientes es del radical funcional de bajo peso molecular, y por acción del calor o del catalizador que es un agente endurecedor, ocurren enlaces (reacción de entrecruzamiento de plástico), formando la estructura de red tridimensional.

Las formas de reacción del curado varían según el tipo de material. El agente endurecedor es importante para controlar la velocidad y el nivel de reacción.

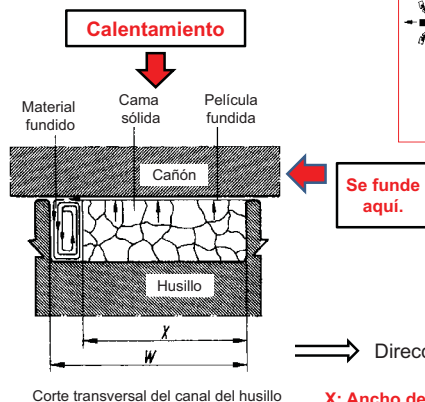
2. La **solidificación** es un fenómeno en que el material termoplástico en estado de ablandamiento o fundición, se solidifica por enfriamiento.

La pieza se elabora en un molde de una temperatura más baja que la de fusión del material. Se debe enfriar para solidificarse hasta llegar a un nivel estable en que ya no se presente contracción y se pueda mantener la forma por lo menos hasta extraer la pieza moldeada. Como una de las propiedades del polímero termoplástico, la transformación de los polímeros líquidos en sustancias sólidas parcialmente cristalizadas es un cambio físico y no hay reacción química.

9

2-3. Proceso de flujo durante la fusión

Fig.5 Proceso de fusión en máquina de moldeo



Corte transversal del canal del husillo

X: Ancho de de masa de pellets no fundido.
X: Cuanto esté más a la punta, está más angosto.

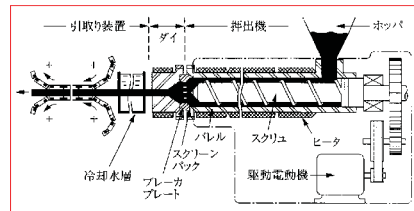


Fig.6 Extrusora

Pellets : Pellet
Solid bed : Masa de pellets no fundida
Melt pool : Charco de material fundido
barrel : Cañón
Melt film : Película fundida

Natti S.Rao, Gunters Schumacher:
Design Formulas for Plastics Engineers, 122 (2004) Hanser

10

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.

Aún 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)

11

Viscosidad

La viscosidad es una propiedad básica de los plásticos.

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

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

η es denominado como "viscosidad cortante".

Viscosidad de materiales ejemplares: [unidad: Nsm⁻²]

Agua: 10⁻³

Glicerina: 10⁰

Polímero fundido: 10² - 10⁷

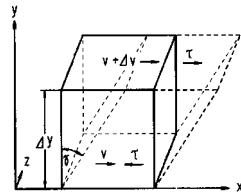


Fig.7 Modelo de flujo cortante

Birley,Haworth Batchelor :Physics of Plastics,p65 (1992) Hanser

Gerd Potsch,Walter Michaeli :Injection Molding An Introduction, page20 (1995) Hanser

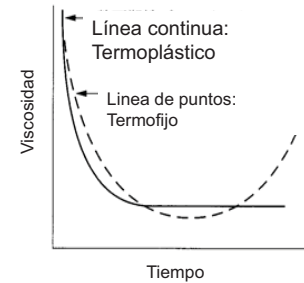
12

Cambio de estado y viscosidad de fusión

Hay diferencias en la forma de movimiento, entre el tiempo de calor y el de frío, la "miel de abeja" y el "almibar 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.



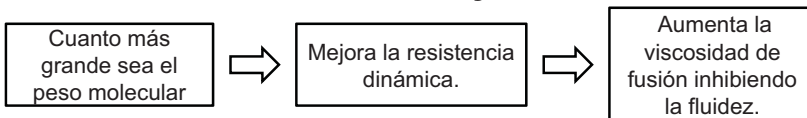
Al calentar el polímero termofijo, se baja la viscosidad, pero al avanzar la reacción de entrecruzamiento, se forman estructuras de red tridimensionales, aumentando la viscosidad, consecuentemente se pierde la fluidez.

Fig. 8 Cambio de la viscosidad al calentar los polímeros

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009),P49, Editorial Plastic Age

13

Peso molecular y fluidez



En el área de química macromolecular los compuestos están divididos en 3 clases según el peso molecular.

Bajo peso molecular (Oligómero): Peso molecular es menor que 1,000

Peso molecular medio (Prepolímero): Peso molecular es entre 1,000 y 10,000

Alto peso molecular (Polímero): Peso molecular es mayor que 10,000.

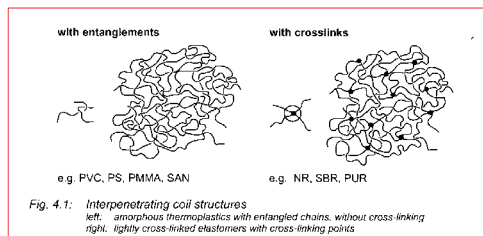


Fig.9 Enredado de cadenas de moléculas

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009),P5, Editorial Plastic Age

14

2-4. Métodos para dar forma a los polímeros

A Métodos de moldeo por llenar el molde con material (moldear formas en dos lados) - Moldeo por inyección (termoplástico, termofijo) - Moldeo por transferencia (termofijo) - Moldeo por compresión (termoplástico, termofijo) - RIM (termofijo), RTM (termofijo)	C Métodos de moldeo por paso del material por el molde - Moldeo por extrusión (termoplástico) - Moldeo por Calendaring (termofijo) - Moldeo por pultrusión (termoplástico)
B Métodos de moldeo por presión del material en el molde (moldear formas en un solo lado) - Moldeo por soplado (termoplástico) - Moldeo por vacío (termoplástico) - Moldeo por compresión (termoplástico) - Moldeo de material en polvo (termoplástico)	D Métodos de moldeo sin usar molde - Estereolitografía (termofijo)

Fig.10 Clasificación según proceso de construcción de formas

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009),519, Editorial Plastic Age

15

Proceso de orientado y moldeo de espumado

1) Se puede mejorar notablemente las cualidades de la pieza moldeada al realizar un proceso de extensión o moldeo de espuma dentro del proceso de moldeo.

2) Al estirar algunos tipos del termoplástico a las condiciones adecuadas, se forma una estructura orientada de la cadena molecular, aumentando considerablemente la resistencia a la dirección de orientación y el módulo de Young.

Por ejemplo, en caso de la película termoencogible de PET que se usa para empaque, al realizar la extensión, la resistencia a la fuerza se aumenta unas 3 veces y el módulo de Young unas 1.5 veces.

Soplado y extensión de la botella de PET.

3) Al espumar el material durante el proceso de moldeo, se aumenta el efecto aislante, el nivel de acolchado y la flexibilidad.

Los ejemplos son lámina de aislante térmico, contenedor de transporte de mariscos, recipiente de sopa ramen. El porcentaje de esponjado es de 20 a 70 veces el tamaño original.

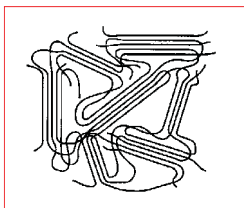


Fig.11 Cadena molecular de polímero cristalino

16

2-5. Métodos de moldeo del polímero termofijo y del termoplástico

Polímeros	Compresión	Inyección	Extrusión	Soplado
Termofijo	⊙	○	-	-
Termoplástico	○	⊙	⊙	⊙

Polímeros	Transferencia	Termoformado	Cast
Termofijo	⊙	-	-
Termoplástico	○	⊙	⊙

⊙ : Método principal

○ : Método usado para una parte de los materiales

- : No se usa para moldear.

17

A-7

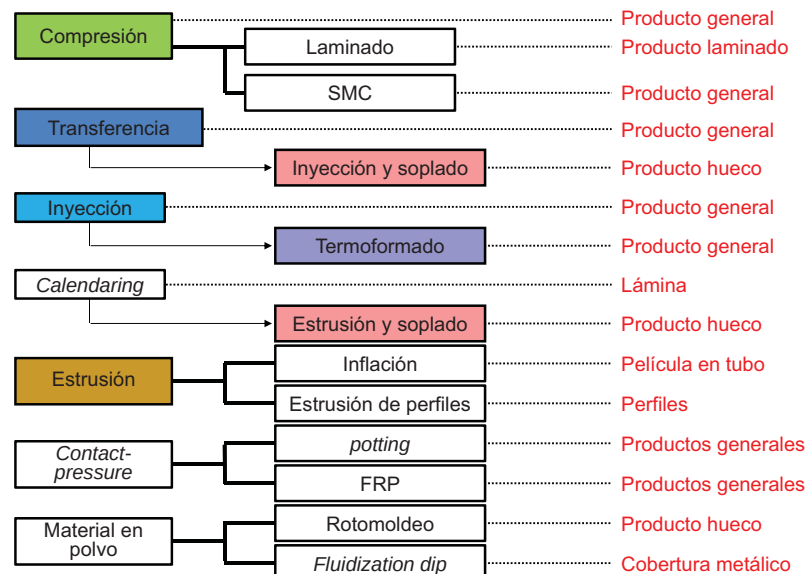
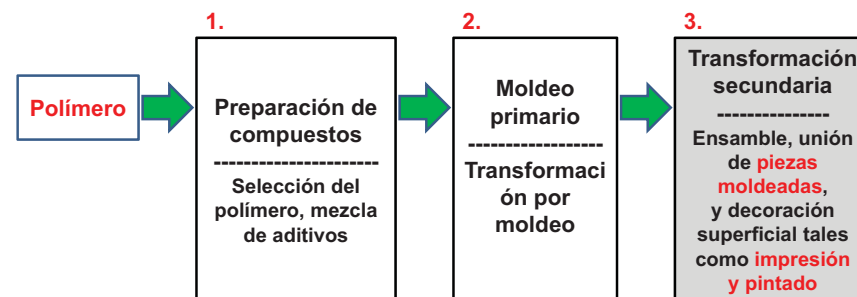


Fig.12 Clasificación de las transformaciones por moldeo

18

3.Trabajo secundario



19

3-1. Generalidades de los métodos del trabajo secundario

Tipos	Principales técnicas
Termoformado	Doblado por calor
Unión	Soldadura, adhesión (mediante adhesivo)
Decoración de la superficie	Impresión, pintura, teñido, estampado caliente
Acabado especial funcional de la superficie	Pintura UV, antiestático, <i>rivetting</i>
Unión mecánica	<i>Snap fit</i> , <i>rivetting</i>
Unión por tornillo	<i>Tapping screw</i>
Maquinado	Maquinado, corte

Revisado por la Federación de la Industria de Plásticos de Japón; "Entender bien plásticos" (2010) p125, Editorial *Nippon Jitsugyo Publishing*

20

3-2. Termoformado

El moldeo en que se le aplica una fuerza a la hoja o lámina de material termoplástico para darle forma, se denomina "*Sheetforming*" y su método principal es el termoformado.

El termoformado es un método de moldeo en que se aplica una fuerza al material ablandado por calor para cambiar su forma.

Es útil para productos moldeados de espesor delgado pero de tamaño grande y de lote pequeño. El moldeo al vacío y el moldeo por soplado sin molde son tipos de termoformado.

En este proceso se ablanda la hoja plástica, por tanto la resistencia de tensión y el nivel de estirado del material tienen mucho que ver con la formabilidad. En cuanto al rango temperatura de moldeo, es amplio en el material amorfo.

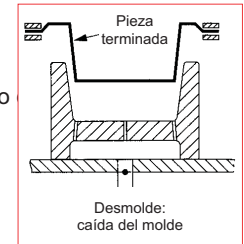


Fig.13 Moldeo al vacío

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), P311, Editorial *Plastic Age*

21

3-3. Diferentes tipos de termoformado

1) Trabajo de doblado

File case, artículos de papelería, cubierta de la máquina despachadora automática, etc.

2) Moldeo con múltiples caras curvas

(a) Moldeo por soplado sin molde:

Lámina de domo para tragaluz, hecha de lámina de metacrilato, espejo curvo, cubierta, etc.

(b) Moldeo al vacío:

Se calientan las dos caras de la hoja para ablandarla. Se pega la hoja ablandada al molde hembra, luego se vacía el interior del molde para que la hoja quede adherida en el molde hembra, aprovechando la diferencia de presión (0.1 Mpa) de la presión ambiental. Para este moldeo el material plástico amorfo es útil.

(c) Moldeo por aire comprimido:

En lugar de que la hoja ablandada sea adherida al molde hembra por vacío, en este método se le aplica a la superficie de la hoja la presión de aire comprimido para ajustarla al molde hembra.

En comparación con el moldeo al vacío, la presión de moldeo es alta, por tanto se pueden obtener piezas con mejor reproducción de forma o con un embutido profundo.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), P311-314, Editorial *Plastic Age*

22

3-4. Características del termoformado

Ventajas	Desventajas
1. Se usa la hoja o película como material, lo cual permite obtener una pieza delgada en comparación con el área proyectada.	1. El trabajo posterior como el de quitar el margen donde estaba sujeta la hoja toma tiempo.
2. La presión de moldeo es baja, lo cual permite usar moldes de aluminio fundido o epoxi, consecuentemente resulta más económico y el tiempo de fabricación de moldes es más corto.	2. En comparación con la pieza moldeada por inyección, las precisiones dimensionales no son buenas.
3. La pieza moldeada es estirada en direcciones biaxiales, lo cual permite tener una alta resistencia mecánica.	3. La pieza hecha por termoformado tiene fuerza latente (efecto memoria de plástico) de regresar al estado original de hoja al recibir el calor, lo cual hace deformar la pieza aún con una temperatura más baja que la de fusión del material, por tanto su termostabilidad no es buena.
4. Se puede imprimir en estado de hoja, lo cual permite hacer fácilmente el moldeo con impresión de múltiples colores.	

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), P314, Editorial *Plastic Age*

23

M1 Metodología de moldeo de plástico

M1-2 Métodos de moldeo de termoplásticos

Contenidos

- | | |
|---|--|
| 1. Conocimientos generales del moldeo de polímeros termoplásticos | 4. Rotomoldeo |
| 2. Moldeo por extrusión | 4.1 Clasificación del procesado de material en polvo |
| 2.1 Extrusora | 4.2 Proceso de rotomoldeo |
| (1) Elementos básicos de una extrusora | 4.3 Sinterización de resinas en polvo |
| (2) Función del husillo | 4.4 Características del rotomoldeo |
| (3) Extrusora de doble husillo | 5. Moldeo por solpado |
| 2.2 Extrusión de tubos y perfiles | 5.1 Moldeo por soplado directo |
| 2.3 Extrusión de película y lámina con <i>T-die</i> | (1) Moldeo por soplado de extrusión continua |
| 2.4 Extrusión por inflado | (2) Moldeo por inyección y soplado |
| 2.5 Laminado | 5.2 Moldeo por soplado y estirado |
| 2.6 Extrusión por laminado | 6. Termoformado |
| 3. Moldeo por Inyección | 6.1 Moldeo al vacío |
| 3.1 Aplicación de la inyección | 6.2 Moldeo por insuflación de aire comprimido |
| | 7. Moldeo por compresión |

1. Conocimientos generales del moldeo de polímeros termoplásticos

1. Se calienta el material y se moldea en estado líquido con moldes o dados para darle forma y posteriormente sacar el producto ya solidificado.
2. El producto moldeado se plastifica al re-calentarlo, por lo tanto es reciclable.
3. Este material permite realizar diferentes moldeos desde la inyección, en donde la operación concluye en segundos con la velocidad y alta presión de manera no continua, hasta la extrusión de baja velocidad y presión para producir de manera continua películas largas y delgadas, placas y tubos. También existen otros métodos de moldeo combinados (por ejemplo, el sistema para moldear tapas para botellas de bebidas).
4. Es posible moldear artículos huecos. Existe el moldeo por soplado en el que una extrusora inyecta el material en moldes, y existe el rotomoldeo en el que se pone el material en polvo en moldes y se sinteriza para fabricar artículos huecos de gran tamaño.
5. Existe el moldeo al vacío o por **aire comprimido de las envolturas** para nuestra vida cotidiana. Las instalaciones y moldes para este método son baratos y consecuentemente el producto es económico, igual que en el termoformado.
6. No todos los materiales son aplicables para los métodos de moldeo. Para moldear de manera económica una pieza de forma y dimensión conforme a ciertas especificaciones, hay que seleccionar el material y método apropiados.

2. Extrusión

- 1) Es un método apto para producir artículos largos como barras, placas, tubos y mangueras.
- 2) La máquina extrusora consiste principalmente de 3 partes;
 - ① **Cilindro calentador** que calienta y funde (**plastifica**) el material,
 - ② **Dado** que sirve para dar forma uniforme los polímeros plastificados,
 - ③ **Colector** que sirve para recoger el producto terminado. Es decir una vez que sale el producto de la extrusora, se enfría y solidifica, y su superficie empieza a solidificarse. Posteriormente el producto avanza solidificándose con agua o con aire para llegar al colector.
 - ④ Además, hay enrolladores y cortadores. Dependiendo de la forma del dado, se puede moldear de manera continua productos largos de diferentes perfiles con una sección uniforme, tales como películas, láminas delgadas, tubos, perfiles y monofilamentos.

2.1 Extrusora

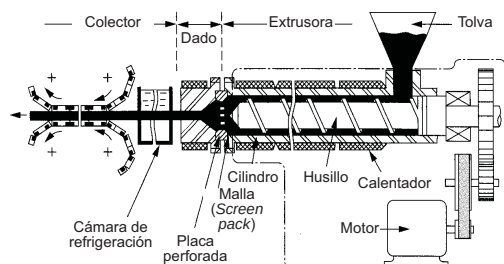


Fig.-1 Mecanismo de una extrusora de monohusillo

Existen extrusoras de eje simple y de doble eje
El tamaño de la extrusora de eje simple se expresa por el diámetro exterior del husillo.
Combinándose con diferentes dados, su aplicación es amplia y se utiliza comúnmente para materiales termoplásticos.

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p273, *Plastic Age Co. Ltd.*

4

2.1-(1) Elementos básicos de la extrusora

(1) Cilindro (Cylinder):

Se le denomina también cañón (*barrel*). Es un cilindro en que se mete el husillo y está hecho de un acero con tratamiento anticorrosivo y antiabrasivo. Se calienta con una banda calentadora (*heater band*) desde el exterior. Para el control de temperatura, se emplea la refrigeración por aire o agua.

(2) Placa perforada (breaker plate):

Es un disco con varias perforaciones montado al adaptador de dado que se encuentra entre la punta de la extrusora y el dado. Su finalidad es regular el flujo con la contrapresión, ayudar a mejorar el amasamiento, sostener la malla (*screen pack*) y al mismo tiempo eliminar objetos extraños del material fundido.

5

2.1-(2) Función del husillo

Por su mecanismo de operación, el husillo se divide en:

Sección de alimentación;

Enviar pellet desde tolva hacia el interior del husillo.

Sección de compresión;

Es la sección que comprime y desespuma (envía la espuma hacia la tolva) los pellets, al mismo tiempo que funde y plastifica el material.

Sección de medición;

Es la sección que mide el material para expulsar una determinada cantidad fundida. (La rosca del husillo funciona como medidor.)

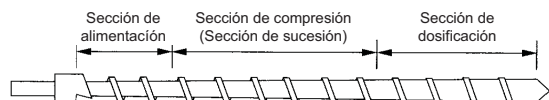


Fig.-2 Función del husillo

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p274, *Plastic Age Co. Ltd.*

6

2.1-(3) Extrusora de doble husillo

Es una extrusora que emplea dos husillos colocados paralelamente. Comparándola con la de monohusillo, tiene mayor capacidad de mezcla. Actualmente predomina el tipo de colocación horizontal.

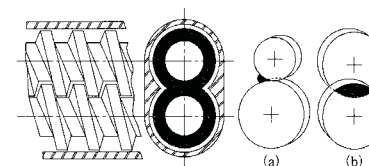


Fig.-3 Engranaje de husillo

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p276, *Plastic Age Co. Ltd.*

7

2.2 Extrusión de tubos y perfiles

Producir piezas de forma irregular cuyo corte de sección es de media luna, L, T, U, entre otros.

Se ha venido realizando desde hace tiempo la extrusión con cloruro de polivinilo rígido, polietileno, polipropileno entre otros.

Predomina el tamaño de Φ 5 a 1000mm. También existen piezas grandes de Φ 500 a 3,000mm.

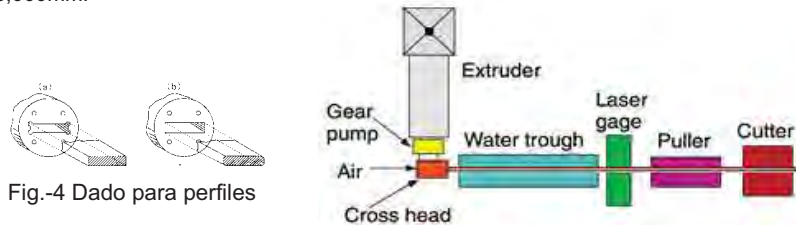


Fig.-4 Dado para perfiles

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p281, *Plastic Age Co. Ltd.*

Fig.-5 Línea de extrusión de tubos

Chris Rauwendaal, Carl Nanser Verlag: Understanding Extrusion p32 (2010)

8

2.3 Extrusión de película y lámina con T-die

Cuando el espesor es igual o mayor que 0.25mm, al producto se le llama lámina y, cuando el espesor es menor que lo anterior, película. Sucesivamente, el material cuyo espesor es de 0.25 a 0.8mm es lámina delgada, el de 0.8mm o mayor es lámina gruesa.

Extrusión con T-die: El dado se coloca perpendicularmente a la orientación de la extrusora y viendo desde arriba se ve la forma de letra "T".

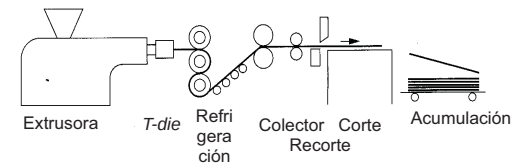


Fig.-6 Proceso de formado de lámina con T-die

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p278, *Plastic Age Co. Ltd.*

9

2.4 Extrusión por inflado

Las películas son producidas no sólo por extrusión con T-die, sino también por extrusión por inflado con Ring die.

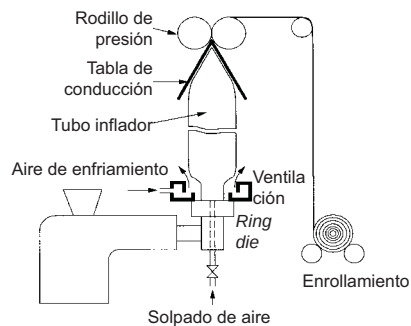


Fig.-7 Formado de películas por inflado

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p279, *Plastic Age Co. Ltd.*

10

2.5 Laminado

El laminado es una película que consiste en varias capas de diferentes tipos de plástico y posee características que una película simple no puede lograr.

El método de laminado consiste en sobreponer una película adicional a una película ya solidificada.

Existe también otro método de laminado llamado "coextrusión" que consiste en sobreponer láminas no solidificadas. En este método hay dos diferentes procesos; ① en el que se juntan películas dentro del dado y ② en el que se juntan inmediatamente después de ser expulsadas del dado.

Por otra parte, hay otros métodos en que se extruye directamente sobre una película ya existente y se la enfría, o se pegan dos películas con un adhesivo.

11

2.6 Extrusión y laminado

El laminado es un método para producir de manera continua películas compuestas, formadas por una película y un material base. En este método se sobreponen películas plásticas como polietileno, cloruro de polivinilideno, etc., expulsadas del *T-die* sobre el material base como papel(kraft), celofán, papel aluminio, etc. y posteriormente se pega a presión metiéndolos entre el rodillo de enfriamiento y el rodillo de presión.

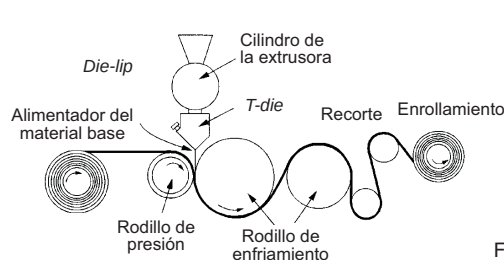


Fig.-8 a Proceso de extrusión y laminado

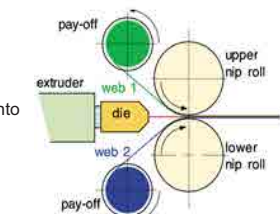


Fig.-8 b Esquema de extrusión y Laminado multicapas

Chris Rauwendaal, Carl Nanser Verlag: Understanding Extrusion p37 (2010)

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p280, Plastic Age Co. Ltd.

12

3. Moldeo por inyección

- 1) Es apto para la producción de grandes volúmenes por tener un ciclo de tiempo de moldeo relativamente corto.
- 2) Por ser altamente automatizado, la calidad de las piezas moldeadas es estable.
- 3) Permite moldear productos con formas complicadas y además se puede reducir el número de procesos, ya que no se requiere el trabajo secundario.
- 4) Se presentan varios defectos, ya que el flujo del polímero fundido dentro del molde es complicado y se requiere una capacidad técnica bastante alta para tomar medidas de solución.
- 5) No es apto para la producción de pequeños volúmenes, por el alto costo de la máquina y los moldes.

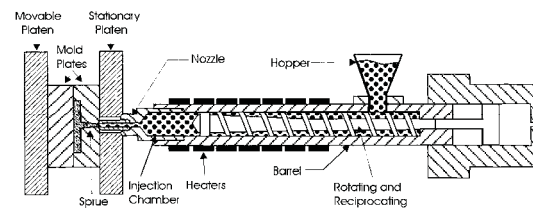


Fig.-9 Cilindro de inyección tipo in-line

Beaumont, Nagel, Sherman: Successful Injection Molding p57 (2002) Hanser

13

3.-(1) Aplicación de la inyección

Los siguientes son los procesos representativos del moldeo con precisión y de alto valor agregado (1) Moldeo con inserto, (2) Moldeo por inyección y compresión, (3) Moldeo tipo sandwich, (4) Moldeo por inyección asistida por gas

VERTICAL INJECTION MOLDING MACHINE

Foto-1 : Operación de moldeo por inyección tipo horizontal

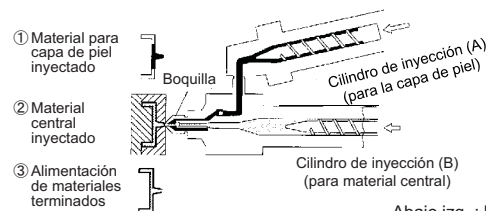


Fig.-10 Moldeo tipo sandwich

Abajo izq. : Máquina de inyección-rotomoldeo tipo vertical

Abajo derecha: Colocar inserto en el molde inferior



Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p260, Plastic Age Co. Ltd.

14

4. Rotomoldeo

Es el método de moldeo para producir productos huecos.

Aunque el moldeo por soplado también puede producir productos huecos, el tamaño del producto es limitado y el costo de los moldes es alto.

Ventajas:

- (1) Permite moldear productos de forma compleja.
- (2) Permite moldear productos huecos de gran tamaño (muebles, juguetes, equipos para patio de juegos, autopartes, tanques).
- (3) Puede aplicarse para producir lotes pequeños y alta variedad de productos.
- (4) A diferencia del moldeo por soplado, las esquinas y bordes quedan gruesos, lo cual da la ventaja en la resistencia estructural.
- (5) Se puede fabricar un molde en poco tiempo y con bajo costo.
- (6) Se puede alimentar diferentes materiales durante el proceso de moldeo, lo cual permite dar altas funciones al producto por la multiestratificación (moldeo de 2 colores, moldeo de plástico espumado de 3 capas, entre otros).

15

4-(1) Clasificación del procesamiento de material en polvo

Se caracteriza por aprovechar la fluidez de las resinas en polvo para el moldeo.

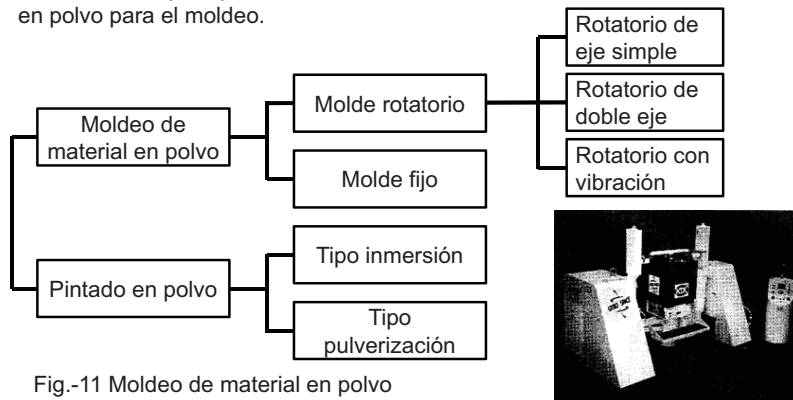


Fig.-11 Moldeo de material en polvo

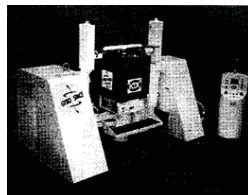
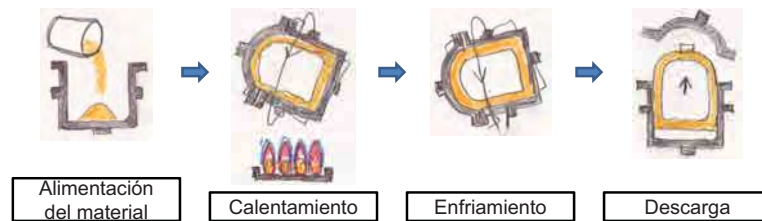


Foto-2 Apariencia del sistema de rotomoldeo

Fuente: Akihiko Suzuki, Transformación de moldeo, vol12, No6, p300(2000)

16

4-(2) Proceso de rotomoldeo



Se coloca la resina en polvo dentro del molde y se cierra herméticamente. El molde se mete al horno y se rota biaxialmente a una velocidad relativamente lenta, como se muestra en el dibujo, para formar (sinterización) una capa de partículas de polvo de espesor uniforme que cubra el interior del molde (pared interior de la cavidad). Luego se enfría y descarga el producto.

Dependiendo del estado del material, existen diferentes tipos de rotomoldeo:

- ① Rotomoldeo con pasta
- ② Rotomoldeo con material en polvo

La característica consiste en moldear productos huecos completamente herméticos.

Fig.-12 Proceso de rotomoldeo

17

4-(3) Sinterización de resinas en polvo

Este dibujo muestra el modelo P. Y. Kelly del proceso en que se transforma la capa de contacto con la pared interior del molde en las capas cercanas de materiales fundidos durante el calentamiento.

La tarea pendiente es disminuir las burbujas iniciales que se generan y quedan en el material fundido calentado de la pared del molde.

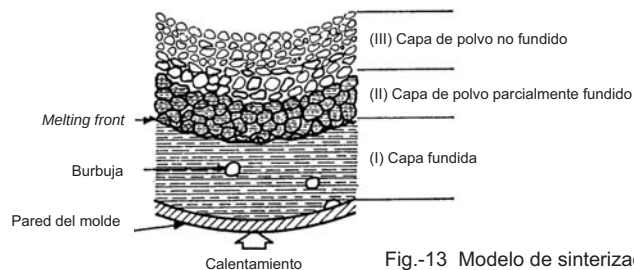


Fig.-13 Modelo de sinterización de resinas en polvo

Jisaku Miyaji, Kenji Iwakura: Moldeo, vol.4 No.3, 148, 1992

18

4-(4) Características de rotomoldeo

1. El **rotomoldeo de pasta** es el método en que se utiliza el fenómeno de **gelatinización**.

Después de poner la resina en pasta dentro del molde y cerrarlo herméticamente, se le rota para que se pegue sobre la pared del molde uniformemente. **Se calienta y se gelatiniza la pasta pegada en el molde**, luego se enfría y se saca la pieza terminada. Algunos ejemplos son las esferas y los modelos de frutas, etc.

2. El **rotomoldeo de resinas en polvo** es el método en que se utiliza el fenómeno de **sinterización**.

Se emplean polvos como;

- ① Polietileno, ② polipropileno, ③ policarbonato, ④ acetato de celulosa, ⑤ copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)

3. Existen los siguientes tipos de calentamiento del molde;

- ① fuego directo, ② horno de aire caliente, ③ por circulación de aceite, ④ impregnado en baño de sales fundidas, entre otros.

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p283, Plastic Age Co. Ltd.

19

5. Moldeo por solpado

El moldeo por soplado es llamado también moldeo de producto hueco y permite fabricar piezas huecas.

Para producir recipientes de plástico, botellas de shampoo y mayonesa, etc. que tienen bocas estrechas y que están huecos por dentro, se emplea el moldeo por soplado.

Dependiendo de la forma de la cavidad del molde, es factible producir diferentes recipientes. El tanque de combustible de los automóviles, los tanques industriales, los tanques de queroseno, etc. son ejemplos de piezas de gran tamaño.

Se clasifican el moldeo por extrusión – soplado y el moldeo por inyección - soplado.

Los materiales aplicados para este moldeo son; polietileno (PE), polivinilacetato (PVC), poliamida (PA), policarbonato (PC), poliéster (PET), polipropileno (PP).

20

5-(1) Moldeo por soplado directo

Es un método de moldeo en el que se realiza el moldeo por soplado inmediatamente después de extruir o solpar el parison a una temperatura mayor al punto de fusión en el caso de los polímeros cristalinos, y a una temperatura mayor al punto de plastificación en el caso de los polímeros amorfos.

Los productos soplados por este método no son orientados.

Dependiendo del método de elaboración del parison, se dividen en:

(1) Moldeo por soplado de extrusión continua

(2) Moldeo por inyección y soplado : *Injection Blow molding*

21

5.1-(1) Moldeo por soplado de extrusión continua

Es el método en que se extruye continuamente el parison y se realiza el moldeo por soplado. Es el método más popular y apto para la producción de altos volúmenes. Para extruir material fundido se utiliza una máquina de tipo extrusora.

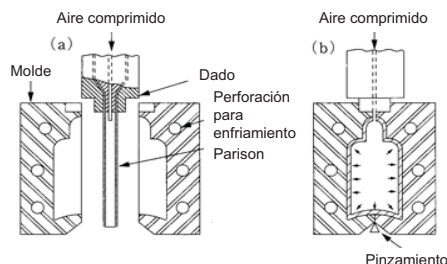


Fig.-11 Moldeo por soplado

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p283, Plastic Age Co. Ltd.

22

5.1-(2) Moldeo por inyección y soplado

Es el método en que, (1) se elabora la preforma con fondo usando el moldeo por inyección y posteriormente, (2) se extrae el parison montado en el molde de núcleo, (3) se traslada inmediatamente al siguiente molde, (4) se inyecta el aire comprimido desde la parte central del molde de núcleo. Es menos productivo en comparación con el moldeo por soplado de extrusión continua.

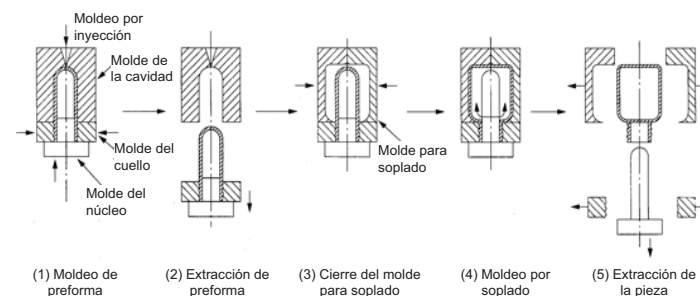


Fig.-12 Método de inyección y soplado directo

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p284, Plastic Age Co. Ltd.

23

5.2 Moldeo por soplado y estirado

Se calienta la preforma a una temperatura "mayor que la de ablandamiento pero menor que el punto de fusión", es decir, a la temperatura de un rango en que se facilita la deformación pero que no alcanza la fundición.

Se coloca en el molde el parison en un estado en que las moléculas de los polímeros amorfos pueden moverse, pero las del polímero cristalizado no pueden. Posteriormente se inyecta aire comprimido en su interior para inflarlo.

Las moléculas de los polímeros amorfos pueden moverse cambiando la posición entre ellos mismos. Por lo que las moléculas se ensanchan y quedan ordenadas en un estado estable en relación con aquellas que las rodean.

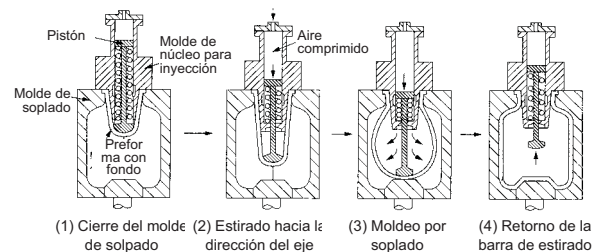


Fig.-13 Método de moldeo por inyección, estirado y soplado
(Principio del método de estirado consecutivo por 2 ejes)

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka
(2009) p285, *Plastic Age Co. Ltd.*

24

6. Termoformado

El método de moldeo en que se forma la lámina o película de polímero termoplástico con una fuerza exterior, se llama el formado de lámina (*sheetforming*) y el termoformado es su método principal de fabricación.

En el termoformado, se agrega una fuerza exterior al material ablandado con calor. Es conveniente para producir piezas grandes de lotes pequeños. Existen el formado al vacío, formado por soplado libre (*Free blow mold*), formado por aire comprimido, entre otros.

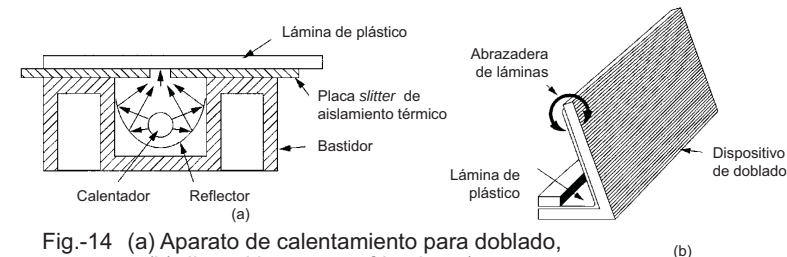


Fig.-14 (a) Aparato de calentamiento para doblado,
y (b) dispositivo para enfriamiento)

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka
(2009) p311, *Plastic Age Co. Ltd.*

25

6-(1) Moldeo al vacío

Es el método en que, por medio de perforaciones pequeñas o ranuras del molde, se succiona una lámina hacia el molde al bajar la presión del aire del área entre el molde y la lámina para formarla. Después de enfriarla, se sopla para descargar las piezas terminadas.

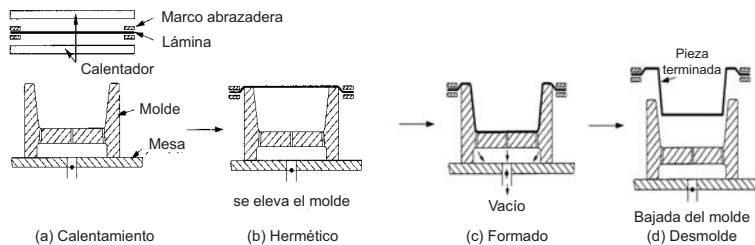


Fig.-15 Proceso de formado al vacío
(Método directo, (formado tipo hembra))

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka
(2009) p312, *Plastic Age Co. Ltd.*

26

6-(2) Moldeo por insuflación de aire comprimido

Es el método de formado en el que, en lugar de succionar la lámina al vacío, se aprieta la lámina contra el molde por acción del aire comprimido. Se usa el aire comprimido aumentando unas veces la presión atmosférica. Lo cual quiere decir que la presión de formado es mayor que la del formado al vacío y tiene la alta reproductividad del molde como ventaja.

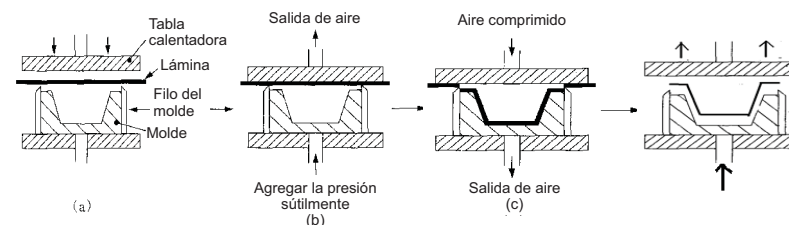


Fig.-16 Formado por insuflación de aire comprimido

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka
(2009) p314, *Plastic Age Co. Ltd.*

27

7. Moldeo por compresión

- 1) Las tapas para las botellas de PET para bebidas son formadas por compresión, utilizando como material el polímero termoplástico.
- 2) Método de formado de tapas: Con la **extrusora se plastifica** el polipropileno de manera continua para obtener una masa de polímero fundido. La misma masa de polímero es puesta en cada cavidad del molde para comprimirla y darle la forma de la tapa. Las mismas tapas son formadas por compresión ya que se requiere de la productividad a alta velocidad.
- 3) El sistema de la máquina de formado por compresión de tapas consiste de:
① Extrusora, ② Cortador, ③ Máquina de formado por compresión de tipo rotatorio
- 4) Características :
 - ① Productividad a alta velocidad,
 - ② Efectividad en la expulsión de resinas a baja temperatura,
 - ③ Reducción del costo de los moldes
 - ④ Formado sin *gate* (esclusa) (Buen estado de la superficie y alta aptitud para la impresión) Se puede producir piezas de alto valor agregado, hecho con el formado por compresión de multicapas , por ejemplo la tapa de barreras multicapa, entre otros.



Makoto Eto: Moldeo, VOL13, No10, p652-654 (2001)

Foto-3 Tapas

28

M1 Metodología de moldeo de plástico

M1-3 Métodos de moldeo de plásticos termofijos

Contenidos

- | | |
|--|--|
| 1 Conocimientos generales de los métodos de moldeo de materiales termofijos

2 Materiales

3 Moldeo por compresión
3.1 Máquinas de moldeo por compresión y ejemplos
3.2 Proceso de moldeo por compresión
3.3 Condiciones de moldeo por compresión
3.4 Defectos de moldeo por compresión
3.5 Estructura básica del molde para compresión
3.6 Características del moldeo por compresión

4 Moldeo por transferencia
4.1 Métodos de moldeo por transferencia
4.2 Moldeo por transferencia con émbolo
4.3 Moldeo por transferencia con olla
4.4 Características del moldeo por transferencia | 5 Moldeo por fundición (cast)
5.1 Potting

6 Moldeo por inyección del polímero termofijo

7 Clasificación de los métodos de moldeo con polímeros reforzados con fibras (FRP)
7.1 Características del moldeo de plásticos reforzados con fibras
7.2 Hand Lay up molding
7.3 Conocimientos generales del moldeo por pultrusión

8 Otros métodos de moldeo de materiales termofijos
8.1 Moldeo RIM
8.2 Moldeo por transferencia de resina (RTM) |
|--|--|

1. Conocimientos generales de los métodos de moldeo de materiales termofijos

Antes del moldeo, los materiales termofijos son sustancias de bajo peso molecular (en estado líquido o sólido) y tienen plasticidad a temperatura ambiente o al recibir calor. Estos materiales van a generar reacciones químicas por acción de los agentes endurecedores, catalizadores, calor o luz, convirtiéndose en plásticos termofijos con carácter insoluble e infusible. Por tanto, el trabajo de transformación por moldeo se debe realizar mientras el material no pierda su fluidez.

- ① Moldeo por compresión que se usa tradicionalmente.
- ② Se puede transferir el material de moldeo. Moldeo de transferencia como para encapsular semiconductores.
- ③ Moldeo de laminado que permite moldear piezas grandes con formas complicadas hasta tarjetas para circuitos impresos
- ④ Moldeo por inyección, este moldeo ha sido ampliamente difundido gracias al desarrollo avanzado del mejoramiento de los materiales que ha hecho más fácil la automatización del proceso.
- ⑤ *Potting molding* que se usa para fabricar tinas grandes transparentes o productos de cristales orgánicos.
- ⑥ Moldeo de plásticos reforzados con fibras para fabricar piezas grandes, para autobuses, cascos de lancha, tanques, entre otros. (Moldeo por pultrusión para fabricar materiales de construcción y estructura)
- ⑦ Moldeo RIM (*Reaction Injection Molding*), por ejemplo, para hacer espumado de poliuretano.
- ⑧ Moldeo de transferencia de resina (RTM) para fabricar partes para aviones y defensas de automóviles.

2. Materiales

Si el material se prepara solamente con el ingrediente principal, los polímeros, el resultado es frágil, por lo tanto se le agrega algún agente llenador para aumentar la resistencia dinámica.

El material que se prepara agregando a los polímeros líquidos algún agente llenador y procesándolo en forma de hoja, se denomina SMC (*sheet molding compound*). El material a granel se denomina BMC (*bulk molding compound*). *Prepreg* es el material preparado, impregnando polímeros líquidos en fibra de vidrio o en papel con tela y posteriormente secándolo.

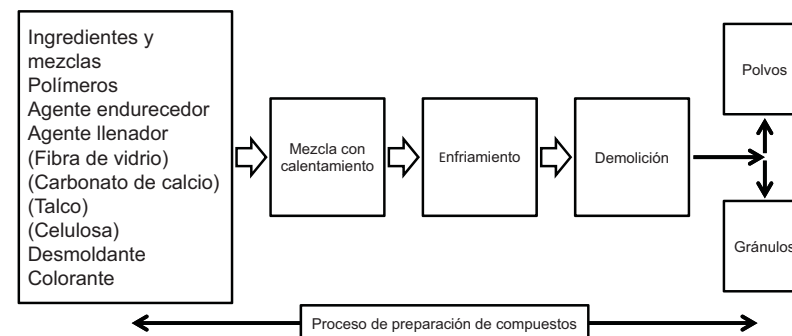
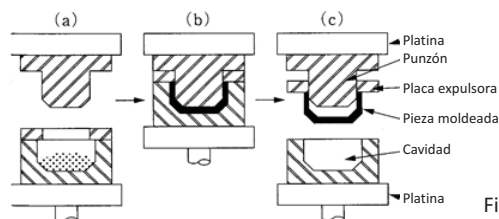


Fig.1 Compuestos del polímero termofijo

3. Moldeo por compresión



- ① Preparación de tabletas para moldear.
- ② Aplicar precalentamiento dieléctrico a las tabletas.
- ③ Meter el material a la cavidad del molde precalentado (Fig. 2 (a))
- ④ Para moldear el polímero de condensación, se hace el venteo de gases, utilizando primero la baja presión de cierre del molde, y posteriormente con la alta presión de cierre del molde se da la forma al material. (Fig. 2 (b)).
- ⑤ Sacar la pieza moldeada (Fig. 2 (c)).

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka,
"Texto de Plástico" (2009), p243, Editorial *Plastic Age*

4

3.1 Máquinas de moldeo por compresión y ejemplos



A



B

- A: Máquina moldeadora por compresión
B: moldes
C: Máquina de precalentamiento dieléctrico y tabletas
D: Platos de Melamina para comedores



C



D

Fotos 1. Sistema de moldeo por compresión y platos de melamina, fotos de Kokusai Kako Co., Ltd.

5

3.2 Proceso de moldeo por compresión

Tabla 1. Proceso de moldeo por compresión

Tipos de material	Agentes llenadores	Temperatura de moldeo°C	Tipos de reacción de curado (<i>Cure</i>)
Resina fenólica, PF urea formaldehído, UF Melamina formaldehído, MF	Polvo de madera, GF, celulosa celulosa celulosa	140~190 125~150 140~170	Policondensación
poliéster no saturado, UP resina dialil-ftalato, DAP Epoxi, EP	GF,CaCo3 GF,PF,CaCo3 Talc, CaCo3, polvos de silica	110~170 150~180 140~170	Adición y polimerización

GF: glass fiber

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka,
"Texto de Plástico" (2009), p243, Editorial *Plastic Age*

6

3.3 Condiciones de moldeo por compresión

Tabla 2. Condiciones de moldeo por compresión

Presión de moldeo	
Resina de policondensación (PF, UF, MF) Durante la reacción de curado, el oligómero genera gases, los cuales deben extraerse. 1) Cierre de molde con baja presión: Se cierra con unos 5MPa. Después de cerrar el molde, baja la presión al nivel cero para sacar los gases, pero inmediatamente después sube la presión a un nivel alto. (de 15 a 30 MPa)	Resina de polimerización por adición (UP, DAP, EP) Se llena el material ablandado hasta los rincones de las cavidades del molde, por lo tanto es suficiente trabajar con una presión baja de 10 MPa.
Temperatura de moldeo y tiempo de curado	
La temperatura de moldeo tiene una relación directa con la velocidad de curado del material. Cuando la temperatura es alta, el tiempo de curado es corto, pero el deterioro térmico del material y la deformación de moldeo son mayores. Según experiencias, para trabajar con las temperaturas del molde (temperaturas de molde mostradas en la tabla 1 anterior), el espesor de la pieza moldeada es aprox. 1mm, el tiempo de curado es aprox. 1 minuto.	

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka,
"Texto de Plástico" (2009), p245, Editorial *Plastic Age*

7

3.4 Defectos de moldeo por compresión

El material no tiene buena fluidez, propiedad de curado ni facilidad de separación del molde, por lo que si las condiciones de moldeo no son adecuadas, se generan defectos.

1) *Under cure* (Falta de curado), *Over cure* (exceso de curado);

Cuando ocurre el *Under cure*, baja la resistencia al agua, a los químicos y la termorresistencia, generando cambios dimensionales y "pandeo", además, deteriorando las propiedades dinámicas. En caso de ocurrir el *Over cure*, se vuelve duro, frágil y quebradizo.

2) Inflado y rupturas por gas, 3) Falta de brillo en la superficie, 4) Marca de flujo, etc.



Fotos 2. Ejemplos de piezas moldeadas con resina fenólica, fotos de Negami Sangyo Co., Ltd.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), p246, Editorial *Plastic Age*

8

3.5 Estructura básica del molde para compresión

Si se coloca el material en la parte inferior del molde (cavidad) y después se cierra la parte superior de molde (núcleo) para aplicar presión, el material sobrante se derrama por la parte de la separación del molde, **quedando como rebaba**.

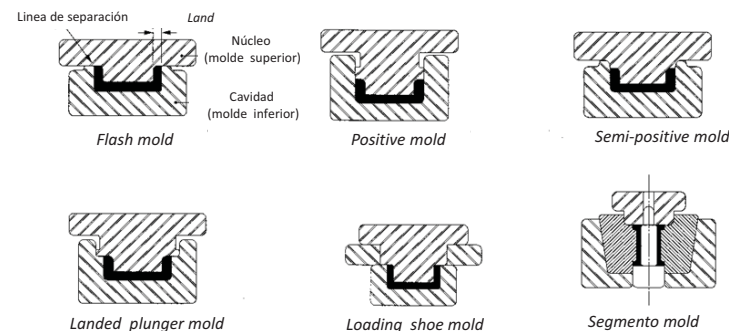


Fig. 3 Estructura básica del molde para compresión

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), p247, Editorial *Plastic Age*

9

3.6 Características del moldeo por compresión

1. Moldeo con baja presión: El flujo de material se presenta solamente dentro de la cavidad, lo cual permite moldear con baja presión. Además, moldear con baja presión genera pocas deformaciones de moldeo.
2. Bajo costo de equipos: La estructura de la máquina de moldeo es sencilla, y el molde es relativamente sencillo. Por lo anterior, el costo general de las máquinas y equipos es bajo.
3. Rango amplio para seleccionar materiales: No se requiere de alta fluidez.
4. Baja orientación del agente llenador: El flujo de material en el molde es bajo, esto hace pequeña la orientación del agente llenador, consecuentemente le da buena estabilidad dimensional.
5. Poco desperdicio de material: Hay poco desperdicio de material a tirar como *sprue*, *runner* y *cull*.

Kiichi Hasegawa: "Transformación por moldeo", vol.10 No3 201 (1998)

10

4. Moldeo por transferencia

- 1) En este método, el material ablandado por calentamiento en una olla, es enviado a presión a la cavidad del **molde vía sprue → runner → gate**. Posteriormente el material se endurece.
- 2) En el moldeo por transferencia se han desarrollado nuevas técnicas, por ejemplo, **para dar alta precisión dimensional y la técnica de moldeo con insertos con el fin de hacer posible la fabricación de piezas difíciles**.
- 3) Se usa mucho en los moldes para encapsular semiconductores MPU y para moldear piezas electrónicas.
- 4) Las medidas de prevención para evitar envolver gases o burbujas de aire generados durante el moldeo, así como el balanceo de *runner* en el molde de múltiples cavidades son técnicas importantes.



Foto 3. Máquina de moldeo por transferencia para encapsular con baja presión

Proporcionada por SHINTO Metal Industries Corporation

Akitoshi Hiroe, Masanobu Motoyoshi, "Introducción a la transformación por moldeo de plásticos", (1995), p78, Nikkan Kogyo Shinbun

11

4.1 Métodos de moldeo por transferencia

Hay 2 métodos;

- ① Moldeo por transferencia con émbolo
- ② Moldeo por transferencia con *pot*

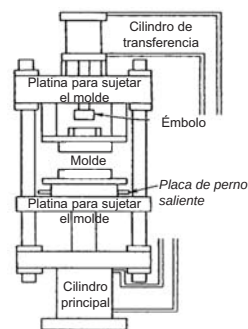


Fig. 4 Máquina de moldeo por transferencia con émbolo

Kiichi Hasegawa, "Transformación por moldeo" vol.10 No3, p200 (1998)

12

4.2 Moldeo por transferencia con émbolo

En este método, se coloca el material en la olla de la máquina moldeadora y se inyecta el material por medio de un émbolo (pistón auxiliar). Los siguientes son los métodos en que se aprovecha este método;

- (1) **Moldeo para encapsular:** Se moldea para encapsular semiconductores con materiales de buena fluidez.
- (2) **Moldeo para encapsular por succión:** Con el propósito de no atrapar burbujas de aire dentro de la pieza moldeada al momento de inyectar el material, se reduce la presión interior del molde para inyectar el material.

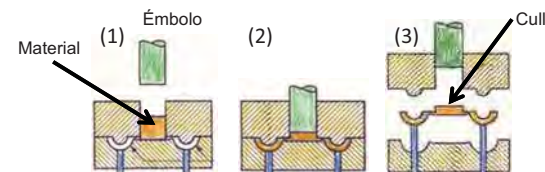


Fig. 5 Esquema de pasos de moldeo

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), p249, Editorial *Plastic Age*

13

4.3 Moldeo por transferencia con olla

Se puede utilizar la prensa de moldeo por compresión convencional. Solamente el molde tiene que ser de transferencia.

- 1) Se colocan las tabletas en la olla del molde y posteriormente se le aplica presión por el émbolo del molde macho. La presión que se aplica es de 5 a 10MPa.
- 2) Se hace simultáneamente el cierre del molde y la penetración a presión. Deben cerrar bien el molde para que no se abra.
- 3) El sistema de olla requiere del desarmado, limpieza y armado del molde para **cada operación paraquitar cull. Se usa esta técnica para elaborar prototipos.**

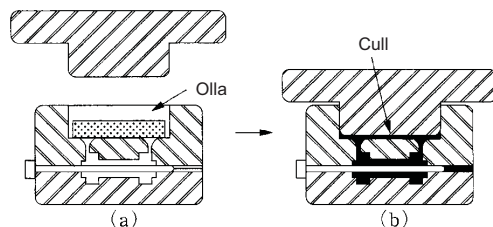


Fig. 6 Moldeo por transferencia con olla

- (a) Se colocan las tabletas precalentadas.
- (b) Se aplica la presión para meter el material de moldeo a la cavidad.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), p249, Editorial *Plastic Age*

14

4.4 Características del moldeo por transferencia

- 1) Es posible moldear a baja presión si el material es de buena fluidez.
- 2) Al momento de inyectar, se genera calor por fricción de cortes en las partes del runner y el gate, lo cual permite reducir el tiempo de curado.
- 3) Es fácil la automatización, así como como la aplicación de múltiples cavidades.
- 4) Se puede tener menos deformaciones de moldeo por medio del curado uniforme.
- 5) La precisión dimensional es buena debido a que se coloca el material después de haber cerrado el molde.
- 6) Se requiere de la alta fuerza de cierre del molde. (Unas 3 veces mayor que la fuerza de la máquina de moldeo por compresión.)
- 7) Hay desperdicio de material. (**Cull, runner, etc.**)
- 8) El agente llenador de fibra queda orientado, facilitando la presencia del pandeo en piezas moldeadas.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), p249, Editorial *Plastic Age*

15

5. Moldeo por vaciado (cast)

- 1) Es un método de moldeo en que primero se coloca el material líquido o el monómero en el **molde y posteriormente se cura para posteriormente ser extraído del molde.**
- 2) Como materiales líquidos existen ① resina fenólica, ② epoxi, ③ poliéster no saturado, ④ urea formaldehído, ⑤ poliuretano, ⑥ silicona, y como monómero, existen los prepolímeros de ⑦ polimetilmetacrilato para hacer piezas de moldeo por fundición.
- 3) Se usa este método para fabricar piezas de gran tamaño, lentes para anteojos, herramientas entre otros y también para proteger algunas partes y componentes del medio ambiente o para fijarlos en algún lugar.
- 4) La lámina acrílica es un producto moldeado por fundición. Se vierte el prepolímero de polimetilmetacrilato en el molde hecho con dos vidrios reforzados, donde se hace la **reacción química** para obtener este producto.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka,
"Texto de Plástico" (2009), p292, Editorial *Plastic Age*

16

5.1 Potting

- El moldeo en que se insertan las piezas eléctricas o circuitos eléctricos es denominado "**potting**".
- Se usa esta técnica para proteger algunas partes de la humedad aislándolos del aire del medio ambiente para prevenir el deterioro o fijar circuitos.
- En el método de *potting*, se hace la encapsulación utilizando una caja protectora (o un estuche) como muestra la fig. 9, y se denomina *potting* solamente cuando la caja protectora esté integrada con todas las otras partes.

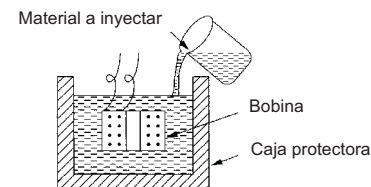


Fig.7 Potting



Foto 4. Pequeño transformador
moldeado por Potting con epoxi.
Fuente: Wikipedia, the free encyclopedia

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka,
"Texto de Plástico" (2009), p292, Editorial *Plastic Age*

17

6. Moldeo por inyección del polímero termofijo

1) Características:

En el cilindro no se llega al estado de fundición perfecta, sino al estado de semi-fundición a una temperatura menor que 100 °C en que se puede mantener una fluidez. Si sube más la temperatura, avanza el curado, perdiendo rápidamente la fluidez, y consecuentemente impidiendo el trabajo de llenado. **La misma función que el calor de precalentamiento de tableta para el moldeo por compresión.**



Foto 5. Máquina de inyección del material termofijo, Fuente: Takanashi Corp.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka,
"Texto de Plástico" (2009), p260, Editorial *Plastic Age*

18

2) Materiales aplicables para el moldeo por inyección:

Son ① resina fenólica, ② resina dialil-ftalato (DAP), ③ poliéster.

3) Puntos clave de moldes:

- ① La reacción de endurecimiento ocurre dentro del molde, por esta razón se mantiene alta la temperatura del molde.
- ② El molde debe tener una estructura fácil de limpiar ya que se debe tomar en consideración la posibilidad de tener rebabas.
- ③ Hay mucho desgaste, por lo que son inevitables las rebabas. Por lo anterior, se debe dar tratamiento térmico al material de molde.
- ④ Se aplica el cromado a la superficie de la cavidad de molde como parte de las medidas de desmoldeo y anticorrosivas.
- ⑤ Se lleva a cabo el curado dentro del molde, por lo que el calentamiento debe realizarse de manera uniforme.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka,
"Texto de Plástico" (2009), p309, Editorial *Plastic Age*

19

7. Clasificación de los métodos de moldeo con polímeros reforzados con fibras (FRP)

1) Contact-pressure molding:

En este método se coloca por capas la fibra de vidrio impregnada con polímero de tipo *room temperature curing* en el molde y se deja curar. Se usa para fabricar lanchas y tinas para baño.

Hay diferentes métodos; ① *Hand lay up method*, ② *Spry up method*.

2) Moldeo de alta presión: Se usa el molde con alta presión de 1 a 30MPa.

① Método SMC, ② Método BMC

3) Moldeo continuo: En este método hay 3 sub-métodos.

① *Filament winding method* (FW): Tubo, tanque, cilindros de gas, etc.

② **Pultrusion method:** Se pueden obtener productos de mayor resistencia a la dirección del eje de estirado.

Materiales de construcción como láminas y barras cuadradas.

③ Moldeo de laminado continuo: Lámina ondulada, lámina plana, contenedor, productos aplicados.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), p309, Editorial *Plastic Age*

20

7.1 Características del moldeo de plásticos reforzados con fibras

Método de moldeo		Material que se usa	
Inyección		Pellet de fibra corta Pellet de fibra larga BMC	Fibra corta
Prensa		Láminas SMC, BMC, GMT Prepreg	
Spry up/ RTM		Fibras (cortadas para pulverizar)	
RTM Resin Transfer Molding		Preform (tejido, etc.)	Fibra larga
FW Filament Winding		Fibra larga	
Horno		Pre-preg	
Autoclave		Pre-preg	

- 1) La presión de moldeo es baja.
- 2) El poliéster no saturado endurece a temperatura ambiental al usar el endurecedor o estimulante de curado.
- 3) El costo del molde es económico. Se puede trabajar con un molde sencillo.
- 4) Hay muchos tipos de moldeo.
- 5) Se pueden moldear piezas grandes como lanchas, tanques, etc.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), p309, Editorial *Plastic Age*

Eisuke Wadahara y otros; "Moldeo", vol 19, No12, (2007) p749

Fig. 8 Métodos de moldeo de plástico reforzado con fibra de carbono

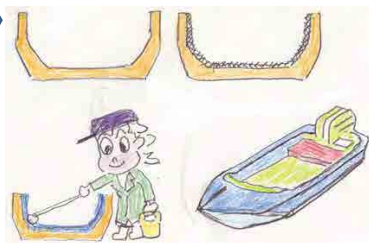
21

7.2 Hand Lay up molding

Hay diferentes métodos de fabricar plástico reforzado con fibras (PRF) como plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) y plástico reforzado con fibra de carbono (PRFC). En su mayoría se usa el polímero termofijo y se debe mezclar el agente reforzante de fibras (Φ 13 micras y larga). Los productos de esta técnica son tinas de baño, cascos de lancha, tanques de gran tamaño.

Este método de Hand Lay Up sirve para moldear productos grandes en una sola pieza.

1) Elaboración del molde: madera, FRP.



2) Se aplica el desmoldante y una capa de gel. Encima de ellos, se coloca el reforzante de fibras.

3) Con rodillo o brocha se unta el material para moldeo en varias capas.

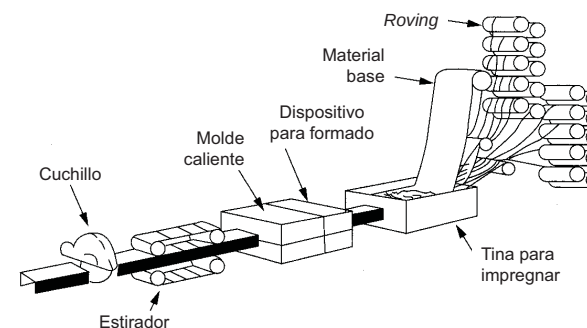
4) Se calienta para endurecer. Se quita del molde y luego se hace el trabajo de acabado para terminarlo como una lancha.

Fig. 9 Proceso de Hand Lay Up Molding

Editado por La Federación de Industria de Plásticos de Japón; "Plásticos, fácil de entender", p122 (2010), Editorial *Nippon Jitsugyo Publishing*

22

7.3 Conocimientos generales del moldeo por pultrusión



Es un método de moldeo de plástico reforzado. Se jalan las fibras largas y posteriormente se impregna en resina. Se les da forma, se pasan por un molde caliente para endurecerlas. Luego se cortan. Se puede obtener productos con mayor resistencia a la dirección axial. Este método se usa para fabricar materiales de construcción y de estructura.

Fig. 10 Método de pultrusión

Hisao Morimoto: Prácticas de FRP, p240 Asociación de Publicaciones de Polímeros, 1984

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico" (2009), p307, Editorial *Plastic Age*

23

8. Otros métodos de moldeo de materiales termofijos

1) Moldeo por inyección - reacción (RIM)

El poliuretano es fabricado por RIM.

2) Moldeo por transferencia de resina (RTM)

24

8.1 Moldeo RIM

Moldeo por inyección - reacción (*Reaction Injection Molding: RIM*).

Un sistema RIM representativo es el RIM de poliuretano. Se forma poliuretano por la reacción del isocianato y el poliol. También existe el sistema RIM de nailon.

Tabla 3. Condiciones representativas del RIM

Materiales	Temperatura del material °C	Temperatura del molde °C	Presión de inyección MPa	Tiempo de curado sec
Poliuretano	30-50	30-50	10-20	20-180
Diciclopentadieno	25-35	50-80	3.5-7.0	30-180
Epoxi	40-70	90-150	3.5-15.0	60-180

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka,
"Texto de Plástico" (2009), p310, Editorial *Plastic Age*

25

8.2 Moldeo por transferencia de resina (RTM)

El moldeo por transferencia de resina es el método que se usa para elaborar el plástico reforzado con fibra de carbono (PRFC) usado para las industrias aeronáutica y automovilística. Se corta el material base intermedio como lámina y tela, el cual es laminado y formado para llegar a ser preforma, posteriormente esto es colocado en el molde. Después se inyecta el material principal, resina para impregnarlo y endurecerlo. A diferencia del *Filament winding molding*, el RTM no recibe limitaciones de la forma del PRFC. Tiene la ventaja de poder dársele formas complejas. Su uso es amplio, por ejemplo, para las partes de apariencia de automóviles y aviones *Boeing*. Sirve para reducir el peso; en comparación con el acero, su peso es un 50% menor y con aleación de aluminio, un 30%.

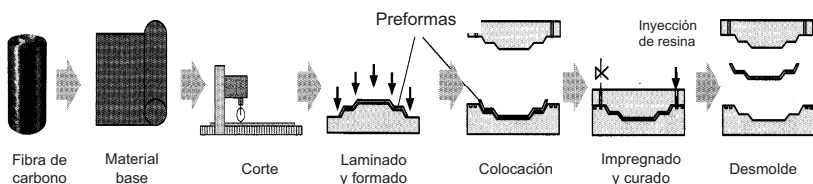


Fig. 11 Flujo del proceso de RIM

Eisuke Wadahara y otros: "Transformación por Moldeo", vol. 19, No12, (2007) p751

26

M1 Metodología de moldeo de plástico

M1-4 Procesamiento secundario del producto

2011/9/22,23

Índice

- 1 Generalidades del tratamiento secundario de los productos
- 2 Unión del plástico
 - 2.1 Unión mecánica
 - 2.2 Unión mediante un adhesivo
 - (1) Ventajas y desventajas de la adhesión y tratamiento superficial
 - (2) Fuerza de adhesión
 - 2.3 Unión mediante fundición térmica
 - (1) Soldadura por placa caliente
 - (2) Soldadura por impulso
 - (3) Soldadura por alta frecuencia
 - (4) Soldadura por ultrasonido
 - (5) Soldadura por vibración
 - (6) Soldadura térmica por inducción de alta frecuencia
 - (7) Soldadura por láser
- 3 Decoración
 - 3.1 Pintado
 - (1) Generalidades de la pintura
 - (2) Proceso de pintado
 - 3.2 Impresión
 - (1) Impresión en huecograbado
 - (2) Impresión en serigrafía
 - (3) Impresión en tampografía
 - (4) Transferencia del agua
 - (5) Termoestampado
 - (6) Impresión por impregnación
 - (7) Marcado por láser
 - 3.3 Metalización
 - (1) Principio del chapado en húmedo
 - (2) Chapado de la resina ABS
 - (3) Proceso de chapado en seco y sus características
 - (4) Deposición en vacío
 - (5) Pulverización catódica (*Sputtering*)
- 4 Otros

1

1. Generalidades del tratamiento secundario de los productos

El tratamiento secundario de los productos moldeados de plástico se aplica según los siguientes objetivos y métodos:

- 1. Diseño y decoración:**
Se realizará para proporcionar al producto una presentación estética y/o manera de identificación.
① Pintado, ② Impresión, ③ Marcado por láser, ④ Metalizado
- 2. Dar funciones a la superficie:**
Se mejorarán las funciones de: absorción ultravioleta, antiestática, conductividad eléctrica, antiroces.
① Pintado, ② Deposición al vacío
- 3. Dar funciones múltiples:**
Se proporcionarán nuevas funciones mediante la unión con diferentes materiales y cualidades.
① Adhesión, ② *Snap-fit*, ③ Unión por tornillo, ④ Soldadura
- 4. Dar una libertad en el diseño de la forma del producto:**
Se unirán las piezas moldeadas para acabar en un producto de forma compleja.
① Adhesión, ② *Snap-fit*, ③ Unión por tornillo, ④ Soldadura

(Nota) La decoración se refiere al método para incrementar la presentación estética y/o las funciones de la superficie del producto, aplicando a la superficie del producto moldeado el pintado, impresión, metalizado, termoestampado, recubrimiento resistente a los rayos ultravioleta, etc.

2

2. Métodos de unión del plástico

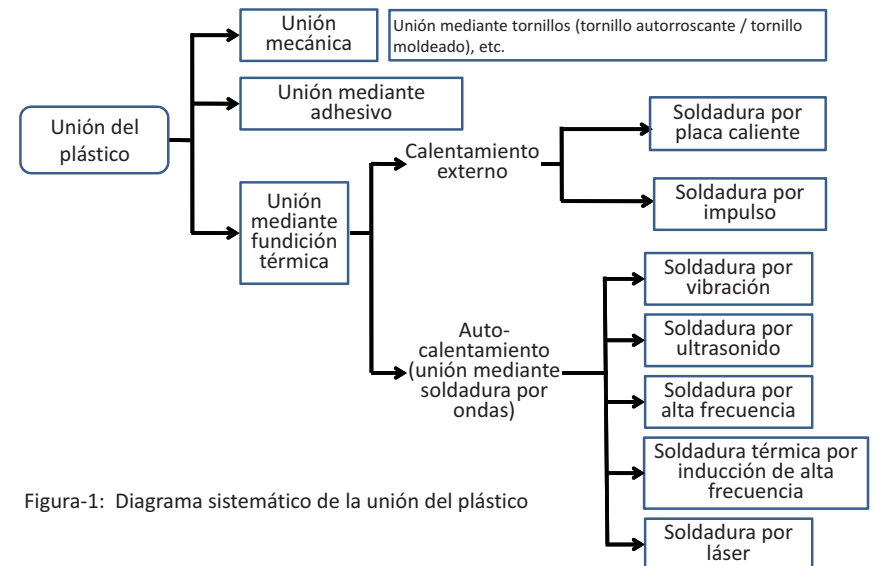


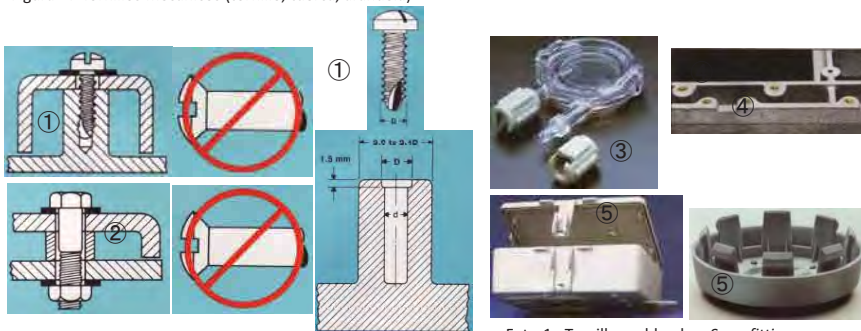
Figura-1: Diagrama sistemático de la unión del plástico

3

2.1 Métodos de unión mecánica

- ① Tornillo autorroscante
- ② Perno, tuerca, arandela
- ③ Tornillo moldeado
- ④ *Press fit* (inserción a presión)
- ⑤ *Snap fitting*

Figura-2: Tornillos mecánicos (tornillo, tuerca, arandela)



Bayer: Documentos técnicos, "Técnicas de unión de Makrolon"

Foto-1: Tornillo moldeado y *Snap fitting*

4

2.2 Unión mediante adhesivo

Se aplica una solución adhesiva al material objeto y después se aprieta a presión y se endurece mediante la volatilización y la reacción del disolvente con lo que se obtiene la adhesión completa.

1. Se debe contar con una buena afinidad ("mojadura" de la superficie).

Para que las moléculas del agente adhesivo puedan generar su capacidad de unión, es necesario aplicarlo en forma líquida para "mojar" la superficie del material y obtener mejor afinidad.

2. La fuerza de adhesión está constituida por las fuerzas de Van der Waals que actúan entre las moléculas del adhesivo y las del material a adherir.

Cuando el adhesivo se endurece, se genera la fuerza de adhesión, como consecuencia, la parte unida no se podrá despegar ni destruir fácilmente.

3. Esfuerzo interno

Cuando el adhesivo se endurece, se contrae su volumen y se genera el esfuerzo interno en la superficie adherente ocasionando una distorsión o deformación en el material a adherir.

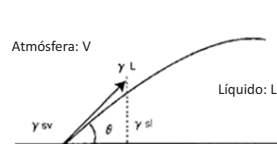


Figura-3: Ángulo de contacto entre la gota y la superficie del cuerpo sólido.



Foto-2: Elaboración de fuelles de teflón (PTFE) Kubopura Corporation, www.kubopura.com

Eiichi Yanagihara: Tópicos de las técnicas de adhesión (1997) p66-71, Nippon Jitsugyo Publishing

5

2.2(1) Métodos de tratamiento de la superficie y ventajas y desventajas de la adhesión

Métodos de tratamiento de la superficie del material a adherir

- ① Lavado con un disolvente orgánico
- ② Pulido, como arenado, etc.,
- ③ Tratamiento con un ácido, álcali u oxidante.
- ④ Tratamiento físico como descargas de alta presión con efecto corona o plasma y radiación ultravioleta
- ⑤ Tratamiento de imprimación que interviene entre el adhesivo y el material a adherir.

Ventajas de la adhesión

- 1) Permite dispersar el esfuerzo en la parte unida.
- 2) Puede obtener la hermeticidad y la estanqueidad.
- 3) Puede obtener el efecto de aislamiento eléctrico y térmico.
- 4) No daña la presentación estética de la apariencia.
- 5) Puede adherir varios materiales.
- 6) Poca alteración en la calidad del adhesivo.

Desventajas de la adhesión

- 1) No está claro el período límite de duración.
- 2) Presenta variaciones en la fuerza de adhesión que se obtiene.
- 3) Hay límite en la resistencia al calor.
- 4) Tarda tiempo en el endurecimiento.
- 5) Es difícil desmontar la parte unida.
- 6) Es difícil realizar pruebas no destructivas.

Eiichi Yanagihara: Tópicos de las técnicas de adhesión (1997) p13, 15, Nippon Jitsugyo Publishing

6

2.2 (2) Fuerza de adhesión de diversos adhesivos

Tipo	Adhesivo	Resistencia al cortante	Resistencia al descascarillado
Resina termoplástica	Polivinilacetato (PVAc)	⊙	×
	Copolímero de Etilenvinilacetato (EVA)	△	△
	Polimetilmetacrilato (PMMA)	○	△
	Policianoacrilato	○	×
	Fluoruro de polivinil (PVF)	○	⊙
	Polivinilbutilal (PVB)	△	⊙
	Poliamida	⊙	⊙
Resina termofija	Resina fenólica (PF)	⊙	×
	Resina amínica	○	×
	Resina epóxica (EP)	⊙	×
	Resina epóxica modificada	○	○
	Resina de poliuretano (PUR)	△	○
Caucho	Caucho natural (NR), Caucho sintético	×	△
compuesto	(PF),(EP/PA),(PVF)(PVB),NBR	⊙	⊙

Nivel de adhesividad: ⊙ > ○ > △ > ×

Tabla-1: Fuerza de adhesión de diversos adhesivos

Editado por el Instituto Municipal de Investigación Técnica de Osaka: Conferencia sobre el plástico (2009) p.319, Plastics Age Co., Ltd

7

2.3 Métodos de unión mediante fundición térmica

La soldadura es el método que integra las superficies de unión a través de los procesos de fundición, apretado a presión y solidificación en frío. Existen los siguientes métodos: calentar y fundir mediante una fuente térmica exterior; fundir por auto-calentamiento de la resina; soldar dentro del molde en el proceso de moldeo. A continuación, se comparan diferentes métodos con las hojas y las película.

Concepto	Soldadura por placa caliente	Soldadura por impulso	Soldadura por alta frecuencia	Soldadura por ultrasonido
Posibilidad de hacer soldadura continua	○	◎	◎	◎
Tiempo de ciclo	Largo	Mediano	Corto	Corto
Apariencia de la parte soldada	Buena	Excelente	Excelente	Excelente
Espesor de la hoja a aplicar	Mediano	Delgado	Delgado a grueso	Delgado
PE	◎	◎	×	○
PP no orientado	◎	◎	×	◎
PP orientado	○	○	×	○
PVC soft	◎	○	◎	○
PET	-	○	×	○

Aparte de estos métodos, se utilizan la soldadura térmica por inducción de alta frecuencia, la soldadura por vibración y la soldadura por láser.

Tabla-2: Características de diversos métodos de soldadura de hojas y película

Editado por el Instituto Municipal de Investigación Técnica de Osaka: Conferencia sobre el plástico (2009) p.319, Plastics Age Co., Ltd

2.3 (1) Soldadura por placa caliente

La placa caliente hace contacto con las partes a soldar para fundirlas e inmediatamente después se aplica la presión a las superficies fundidas manteniendo dicha presión hasta que se pegan firmemente para unirlos.

Características

① Puede obtener una alta resistencia en la soldadura y una alta eficiencia térmica (la mejor eficiencia entre diversos métodos de soldadura). ② Se puede soldar herméticamente con una alta confiabilidad. ③ Se dispone relativamente de mayor libertad en las formas de producto y/o de partes soldadas. ④ El ciclo es relativamente largo ya que se trata de la soldadura por fundición mediante el calor del elemento calentador. ⑤ Es apto para la unión en productos de gran dimensión.

Usos

① Tanques ② Tarimas ③ Ventiladores ④ Lámparas

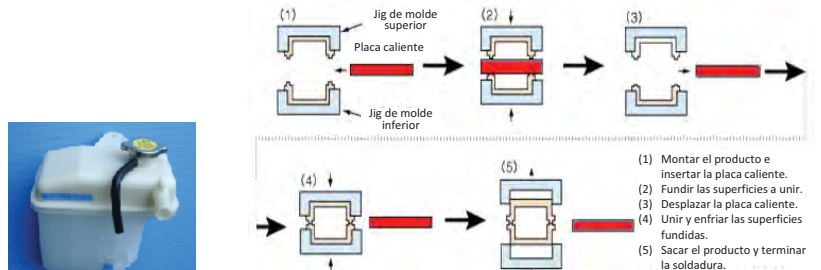


Foto-3: Tanque de aceite para frenos

Figura-4: Proceso de la soldadura por placa caliente, Polyplastics Co., Ltd., Muestra técnica

Seiichi Honma: Técnicas de tratamiento secundario del plástico (2007) p.68, Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd.

2.3 (2) Soldadura por impulsos

La soldadura por impulsos es apta para la fundición y unión del termoplástico en forma de película u hoja con punto de fusión bajo. Se genera el calor instantáneamente aplicando corriente eléctrica masiva al elemento calentador (cinta de nicromo) ubicado en la punta de la terminal durante un mínimo tiempo. Para esta soldadura, se sujeta el material a soldar con la terminal y se calienta la superficie a soldar.

Características

En la soldadura por impulsos, después del calentamiento la superficie sellada se enfría en poco tiempo, por lo que en comparación con el sellado por calor, se puede evitar la generación de arrugas y onduladas en las partes soldadas y sus alrededores y obtener un acabado estético en la superficie de sellado. Sin embargo, hay limitaciones en el espesor de las hojas y películas. En caso de las películas multicapas con gran diferencia en sus puntos de fusión, es difícil lograr un acabado estético.

Usos

Se utiliza como máquina selladora por impulsos para el sellado de bolsas de envoltura de productos alimenticios que no alteran su contenido y donde no se puede aplicar un adhesivo, con las películas de PE o PP, sello de películas multicapas o bien el sellado en línea recta de una hoja delgada (hasta 0.2mm aprox.), así como para el apretón con "pines" en los productos moldeados, folders, carpetas, cajas de tóner, entre otros.

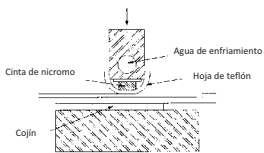


Figura-5: Proceso de la soldadura por impulsos



Foto-3: Cara de bolsas de envoltura de alimentos



Reverso

Editado por el Instituto Municipal de Investigación Técnica de Osaka: Conferencia sobre el plástico (2009) p.315, Plastics Age Co., Ltd

2.3 (3) Soldadura por alta frecuencia

Se colocan los materiales a soldar (con característica dieléctrica) entre los moldes del electrodo y se aprietan a presión mediante una prensa de aire. Por medio de un campo eléctrico de alta frecuencia, se ocasiona la vibración de las moléculas de los materiales a soldar solamente en su parte apretada a presión con los moldes del electrodo. Con el calor interno generado en este momento se realiza la soldadura.

Características

① Se puede calentar de manera rápida y uniforme solamente el interior de los materiales. ② Se puede obtener hermeticidad y una alta resistencia en la soldadura. ③ Con el tiempo aplicado de unos segundos se permite lograr una soldadura de calidad estable. ④ Es un método limpio sin emitir sustancias de carga ambiental.

Usos

Se realiza la soldadura de hojas y películas de cloruro de vinilo, cueros, resinas de poliamida, materiales de elastómero termoplástico, etc.

① Contenedores flexibles, ② Salvavidas, ③ Cubiertas de agendas, ④ Bolsas para transfusión y/o extracción de sangre, catéteres, etc.



Foto-4: Contenedores flexibles de PVC y Máquina de soldadura por alta frecuencia

2.3 (4) Soldadura por ultrasonido

Los elementos PZT (titanato zirconato de plomo) generan vibraciones ultrasónicas cuando se les aplica una corriente eléctrica de alta frecuencia.

Por medio del vibrador donde se integran dichos elementos se transmiten las vibraciones ultrasónicas al dispositivo de trabajo, y al mismo tiempo se aplica la fuerza de presión al material plástico colocado firmemente, lo cual hace generar un fuerte calor de fricción en una parte del producto plástico.

De esta manera se realiza la fundición y soldadura de las partes a unir.

Características

① Ciclo corto. ② Bajo costo. ③ Acabado bonito. ④ Alta resistencia. ⑤ Fácil de automatizar. ⑥ Se puede obtener una alta hermeticidad. ⑦ Alta disponibilidad de reproducción. ⑧ Fácil de controlar. ⑨ No emite mal olor.

Usos

Se utiliza no solamente para la soldadura de productos moldeados, sino también en otras amplias áreas como el apretón y soldadura local de los cubos (*boss*), el sellado de películas, hojas y telas no tejidas, la inserción de metales, etc.

① Equipos médicos e higiénicos ② Piezas electrónicas ③ Autopartes ④ Envoltura de alimentos



Foto-5: Food pack



Foto-6: Máquina de soldadura por ultrasonido

12

2.3 (5) Soldadura por vibración

Se ponen juntas las dos superficies a unir y se les aplica presión, y al mismo tiempo se aplican las vibraciones por unos milímetros en dirección horizontal. Las superficies a unir se funden mediante la energía de fricción. Después de suspender las vibraciones, se aplica la presión y se enfría para unir las. En cuanto a la frecuencia para una máquina de soldadura por vibración, generalmente se utilizan 100Hz (amplitud de vibración: aprox. 3mm) o 240Hz (amplitud de vibración: aprox. 1.5mm).

Características:

① Es apto para las piezas grandes cuya forma de sección es irregular. ② Se puede obtener una alta hermeticidad y alta resistencia de soldadura. ③ Ciclo corto. ④ Poco consumo de energía eléctrica. ⑤ No emite mal olor.

Usos: ① Autopartes (múltiple de admisión, panel de instrumentos) ② Panel frontal de lavadoras ③ Tanques

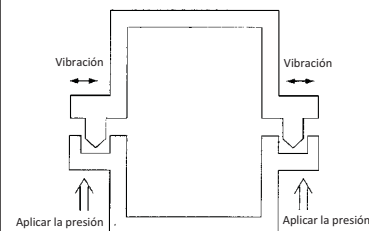


Figura-6: Principio de la soldadura por vibración

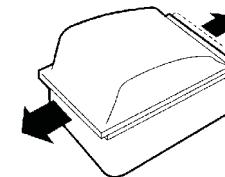


Figura-7: Soldadura por vibración

Editado por el Instituto Municipal de Investigación Técnica de Osaka: Lectura sobre el plástico (2009) p.315, Plastics Age Co., Ltd

Seiichi Honma: Técnicas de tratamiento secundario del plástico (2007) p.77, Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd.

13

2.3 (6) Soldadura térmica por inducción de alta frecuencia

Cuando se mete un conductor en el campo magnético de alta frecuencia, inducen en el mismo las corrientes parásitas de alta frecuencia con las que éste se autocalienta. Como conductor eléctrico se utiliza el hierro (sustancia magnética), aluminio o acero y como adhesivo se aplica una barra redonda de plástico compuesto con polvo magnético u hojas de plástico.

Los materiales se encajan y el conductor se mete en la parte a unir al mismo tiempo que se aplican el calentamiento y la presión.

En el conductor metálico se induce el calor de manera selectiva y se funde el adhesivo de resina de su alrededor. Así se funden las superficies a adherir y se logra la soldadura.

Características

① Se puede realizar el calentamiento instantáneo. ② Se puede realizar el calentamiento local. ③ Se puede realizar el calentamiento uniforme. ④ Se puede realizar el calentamiento limpio. ⑤ Se puede realizar el calentamiento solamente de las superficies. ⑥ Se queda el metal en la superficie unida. ⑦ Según la forma del conductor, se puede obtener un efecto de reforzamiento permitiendo elevar la resistencia de la soldadura. ⑧ Se necesitan costos de materiales tales como el conductor magnético, producto compuesto con polvo metálico, etc.

Usos: ① Productos herméticamente sellados, ② Trabajo de inserción de metales

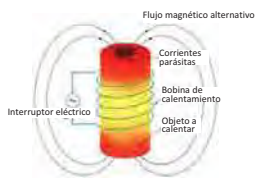


Figura-8: Principio del calentamiento por inducción

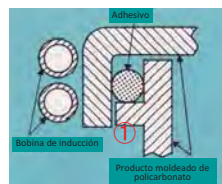


Figura-9: Ejemplo de la soldadura térmica por inducción de alta frecuencia

I. mecs, Co., Ltd. www.i-mecs.com

Bayer: Documentos técnicos, "Técnicas de unión de Makrolon"

14

2.3 (7) Soldadura por transmisión láser

El material que transmite el láser (material transmisor) y el material que absorbe láser (material absorbente). Desde el lado del material transmisor se aplica la radiación explorada de rayos láser. En la interfaz de ambos materiales, el material absorbente absorbe los rayos láser y mediante la fricción dinámica intermolecular se genera el calor interno empezando a fundir el material absorbente desde su superficie.

Al mismo tiempo, este calor se transmite al lado del material transmisor que hace contacto y funde alrededor de la interfaz lográndose así la soldadura por fundición de ambas superficies.

Características

- ① No genera cargas como vibraciones, ultrasonidos, golpes, etc. por lo que se puede aplicar incluso a las piezas sensibles.
- ② Se trata de una soldadura sin contacto, por lo que no genera en la superficie ninguna influencia térmica, rayas ni deformación.
- ③ No genera polvo, rebabas, etc.
- ④ Se hace de manera selectiva la soldadura de un área diminuta reduciendo el tamaño de los rayos. Se puede minimizar la influencia del calor.

Usos: Faros de automóviles, tanques, jeringas, etc.

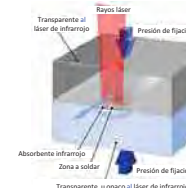


Figura-10: Diagrama de la soldadura por transmisión láser

15

3.1 Pintado

- El pintado consiste en formar una capa de pintura en la superficie del producto moldeado para mejorar la calidad y funciones de la superficie.
- Tiene como objetivo mejorar el diseño y la apariencia tal como la unificación de colores con otros materiales, etc., mejorar la resistencia al clima y la dureza de la superficie, otorgar funciones de anti-electrización, barrera al gas, etc.
- Recibe la influencia de las características peculiares de la superficie (brillo, aspereza), del material correspondiente y hay limitaciones en la selección de materiales colorantes. Es más apto para la producción masiva y tiene dificultades en atender a las peticiones particulares.
- En cuanto a las técnicas de decoración de la superficie mediante el pintado, se puede aplicar el trabajo a la superficie de acuerdo con la texturización, metalización o mayor brillo. Tiene la ventaja de poder realizar la producción de alta variedad y bajo volumen de acuerdo con la apariencia requerida.
- En caso del reciclaje del material: ① Revisar si se puede separar la capa de pintura del material de base. ② Triturar todos todos juntos y lo triturado se compone con el material virgen del mismo material de base. Es necesario analizar si la calidad del material a moldear cumple con los requerimientos determinados.

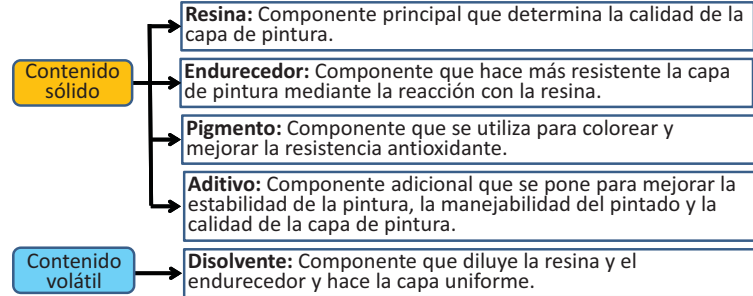


Foto-7: Ejemplos de aplicación del pintado. **Pintado de un teléfono celular, casco para motocicleta.**

16

3.1 (1) Pintura

Componentes de la pintura disolvente



Tipos de las pinturas de resina que se utilizan para los plásticos	Características
Resina alquídica termofija	Pinturas generales donde la resina y el endurecedor se diluyen en el disolvente y se mezclan dispersando el pigmento, etc. Se puede obtener una capa de pintura homogénea con excelente sequedad y manejabilidad del pintado.
Resina epóxica	
Resina de uretano	
Laca acrílica	
Resina de poliéster insaturado	

Figura-11: Componentes de la pintura y sus tipos y características

Toshihiko Nakamichi, Minoru Tsubota: Libro de las pinturas (2008)p.22-99, The Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd.

17

3.1 (2) Proceso de pintado

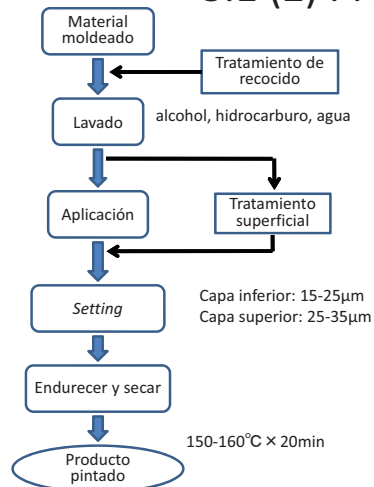


Figura-12: Diagrama del proceso de pintado

Seiichi Honma: Técnicas de tratamiento secundario del plástico (2007) p.94-97, Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd.

18

Adhesión de la capa de pintura y el material de base

Tabla-3: Adhesión de la capa de pintura y el material de base

Principio principal	Método
Eliminación de la capa límite débil (WBL: weak boundary layer) de la superficie del material de base	Lavado con el disolvente y detergente neutro; Lavado con ultrasonidos
Dispersión mutua de moléculas, grabado	Lavado de pintura; Tumefacción y disolución con el tiner
Aumento del área superficial efectiva, Efecto de anclaje	Repicado superficial por papel de lija, arenado, etc.
Introducción del grupo polar	Tratamiento químico con bicromato; Tratamiento físico como descarga eléctrica
Formación de la capa adhesiva entre la capa de pintura y el material de base	Tratamiento de imprimación

3.2 Impresión

Entre las técnicas de los tratamientos secundarios que otorgan peculiaridades como diseño e identidad, etc. colocando algunas letras y dibujos en la superficie de los productos moldeados de plástico (método de decoración superficial), existen los métodos de impresión. A continuación, se resumen las características de estos métodos. Se utilizan frecuentemente en el termoestampado y en las envolturas y envases de hojas y película.

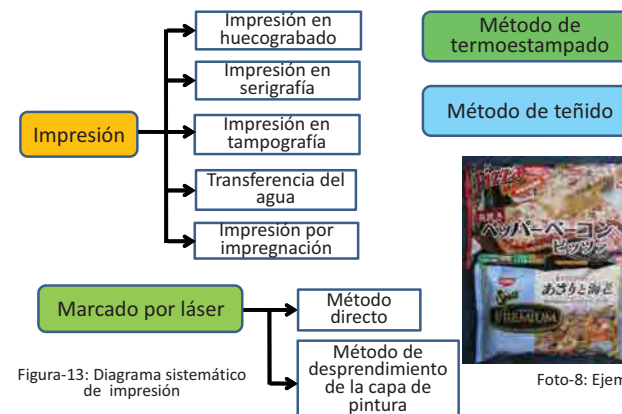


Figura-13: Diagrama sistemático de impresión

Seiichi Honma: Técnicas de tratamiento secundario del plástico (2007) p.110, Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd.

19



Foto-8: Ejemplos de impresión en la envoltura de alimentos y esferas

3.2 (1) Impresión en huecograbado

- Se utiliza para la impresión en las películas y materiales de envoltura blanda de vinilo.
- La impresión en huecograbado se utiliza para imprimir dibujos geométricos finos.
- La placa se hace con una base chapada de cobre en forma de cilindro marcando formas cóncavas mediante aguafuerte y grabado.
- El sistema consiste en depositar en las celdas (partes cóncavas) la tinta relativamente de alta fluidez, eliminar la tinta sobrante y transferir la tinta restante presionando al material de base que se va a imprimir.
- Características:** ① Es apto para la decoración de hojas y películas. ② Se puede realizar la impresión de dibujos de mayor gradación y coloración. ③ No es propio para los productos moldeados desiguales.

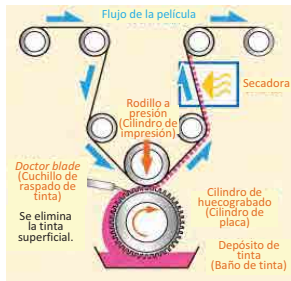


Figura-14: Proceso de impresión en huecograbado
Chukyokagaku



Foto-9: Envoltura de alimentos precocidos

20

3.2 (2) Impresión en serigrafía

La impresión en serigrafía es un tipo de serigrafía mediante una tela tupida con capa pegada que bloquea el paso de la tinta. En cuanto al método para hacer la capa de bloqueo de dibujos, se utiliza ampliamente el método de fotograbado.

Características

- Es apto para la decoración de los productos moldeados por inyección, por extrusión, por soplado, al vacío, etc.
- Se puede realizar la impresión de capa gruesa y de multicolores.
Se aplica en el cuadrante de medición para automóviles, la placa de identificación de audio, etc.



Circunferencia exterior:
Impresión en serigrafía
Circunferencia interior:
Impresión en tampografía



Impresión en la superficie
curvada de forma cilíndrica

Foto-10: Ejemplos de aplicación

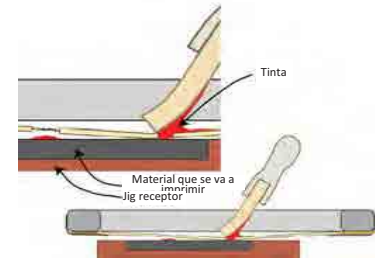


Figura-15: Proceso de impresión en serigrafía

Misuzu Giken, www.purple.dti.ne.jp

21

3.2 (3) Impresión en tampografía

Se deposita la tinta en la placa grabada y después de retirar la tinta sobrante con una placa, se transfiere a la almohadilla de silicona elástica. Luego, se presiona la almohadilla sobre la superficie del material que se va a imprimir (producto moldeado) y se realiza la impresión transfiriendo la tinta de la almohadilla.

Características:

- Es fácil imprimir en superficies curvas.
- Ofrece una alta precisión de impresión.
- Se puede realizar la impresión de capa gruesa y de multicolores



www.invest-plan.co.jp

Foto-10: Ejemplos de aplicación de la impresión en tampografía, Grados y letras en las perillas de control, etc.

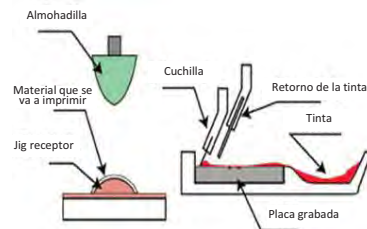


Figura-16: Proceso de impresión en tampografía

www.purple.dti.ne.jp

22

3.2 (4) Transferencia del agua

En la transferencia del agua, primero se aplica en la película la impresión en huecograbado y luego dicha película se transfiere al material que se va a imprimir utilizando la presión del agua. Se utiliza ampliamente sobre todo para la decoración de los materiales interiores de automóviles y los exteriores de electrodomésticos, sin embargo, hay limitaciones en la calidad de los materiales a decorar (material de base).

Características:

- Se puede aplicar para diversas formas incluyendo una complicada superficie curva tridimensional.
- Se puede aplicar ampliamente para los productos moldeados de tamaño pequeño hasta grande.
- Se puede aplicar para la resina termofija como resina fenólica, epóxica, aparte de ABS, PS, PP.

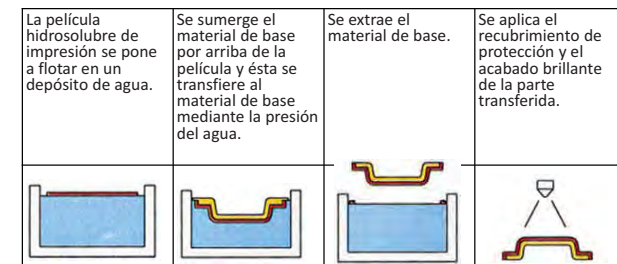


Figura-17: Proceso de transferencia del agua

Página web de Fu-se Vacuum Forming, www.fvf.co.jp

23

3.2 (5) Termoestampado

Utilizando hojas de transferencia donde se ha aplicado la impresión en huecograbado, en deposición con la película de poliéster, el lado impreso se presiona con calor en el producto moldeado para realizar la transferencia térmica de la parte impresa al producto moldeado.

Características:

- ① Se puede realizar sólo en un proceso la impresión de multicolores incluyendo el brillo metálico y/o de dibujos minuciosos.
- ② Es propenso a generar curvas por el calentamiento.
- ③ Es difícil aplicar en superficie curva tridimensional.

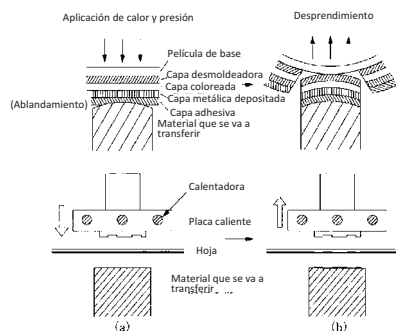


Figura-18: Proceso de termoestampado



Foto-12: Película depositada

Editado por el Instituto Municipal de Investigación Técnica de Osaka: Conferencia sobre el plástico (2009) p.322, Plastics Age Co., Ltd 24

3.2 (6) Impresión por impregnación

También se conoce como impresión por sublimación. Se trata del método que describe letras y dibujos haciendo penetrar la tinta en la resina.

La tinta penetra hasta unos 10~20µm de profundidad desde la superficie del producto moldeado.

En el método de transferencia térmica, en una película (papel) de transferencia se imprimen las letras con tinta sublimable. Se coloca dicha película sobre las teclas y se hace penetrar la tinta en la resina mediante la presión y el calor cerca de 200 °C.

En el método directo, no se utiliza una película de transferencia, sino que en la cara superior de las teclas se transfiere directamente la tinta sublimable mediante la impresión en tampografía, y posteriormente se hace penetrar por el calor.

Características: ① Excelente durabilidad de la superficie impresa. ② Tarda tiempo en la impresión. ③ No es apto para una alta temperatura.



Teclas cuya superficie impresa requiere de resistencia a la abrasión (En el caso de POM y PBT, se hace penetrar la tinta hasta unos 20~40µm de profundidad desde la superficie de la resina.)

Foto-13: Ejemplos de aplicación de la impresión por impregnación

Qerters clinic: <http://park16.wakwak.com>

25

3.2 (7) Marcado por láser

Se trata del método que imprime letras y dibujos mediante la aplicación de rayos láser en la superficie del producto moldeado.

Método directo

Este método consiste en producir el color mediante la carbonización del material a través de la reacción de oxidación térmica con el calentamiento por rayos láser en el producto moldeado en el que la resina está mezclada con negro de humo, titanio oxidado, tinta para coloración, etc. Se pueden producir solamente colores claros.

Método de desprendimiento de la capa de pintura

Previamente se aplica a la superficie del producto moldeado la impresión o el pintado, y se marcan las letras y/o dibujos eliminando la tinta o la pintura mediante la sublimación por rayos láser. Ejemplo: Pantalla de retroiluminación, Teclas de teléfono celular, entre otros.

Características:

- ① Se puede realizar la impresión sin contacto.
- ② Alta precisión del marcado y buena reproductividad.
- ③ No se necesita un tratamiento previo.
- ④ No se utiliza la tinta ni el disolvente, por lo que es excelente para el medio ambiente y la seguridad. (exclusivamente en el método directo)

Impresión de la fecha de caducidad y/o de fabricación en la caja de paquete individual. Impresión del modelo y/o del lote en la tarjeta electrónica y piezas de resina.



Foto-14: Ejemplos de aplicación del marcado por láser

Joshin Jushi Co., Ltd. <http://www.joshin-j.co.jp/ichikawa/text01.html>

26

3.3 Métodos de metalización

- El chapado en húmedo es el método de formar una capa dentro de una solución de metales disueltos.
- El chapado en seco es el método de formar una capa al vacío.

① Capa delgada y ligera. ② Se puede realizar la metalización de diversos colores.

③ Se puede aplicar en diversos procesos. ④ En el chapado en húmedo la solución residual presenta una gran carga ambiental generando altos costos por las instalaciones del tratamiento y sus operaciones. Según los métodos de control, es posible ocasionar una contaminación.

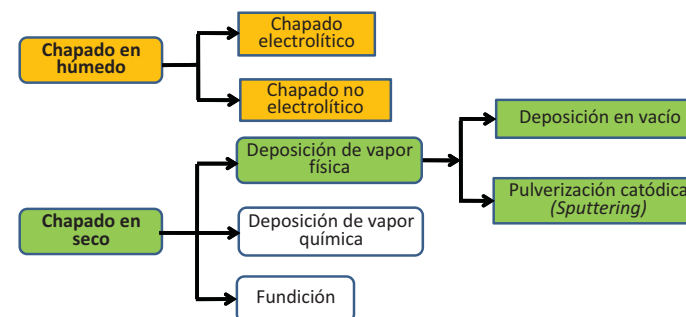


Figura-19: Diagrama sistemático de la metalización

27

3.3 (1) Principio del chapado en húmedo

Principio del chapado electrolítico

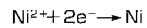
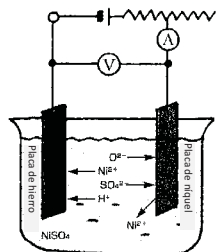
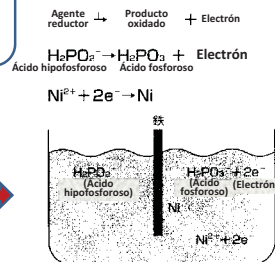


Figura-20: Principio del chapado en húmedo

Hidehiko Enomoto: Libro del chapado, 2006, p23,25, The Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd.

- Se reducen los iones metálicos en la solución mediante la energía eléctrica.
- Se disuelven los electrodos consumibles.
- Componentes del baño de chapado.

Principio del chapado no electrolítico



- Chapado de desplazamiento.
- Chapado autocatalítico.
- Chapado con el uso de un agente reductor.



Foto-15: Ejemplos de aplicación del chapado

28

3.3 (2) Proceso de chapado de la resina ABS

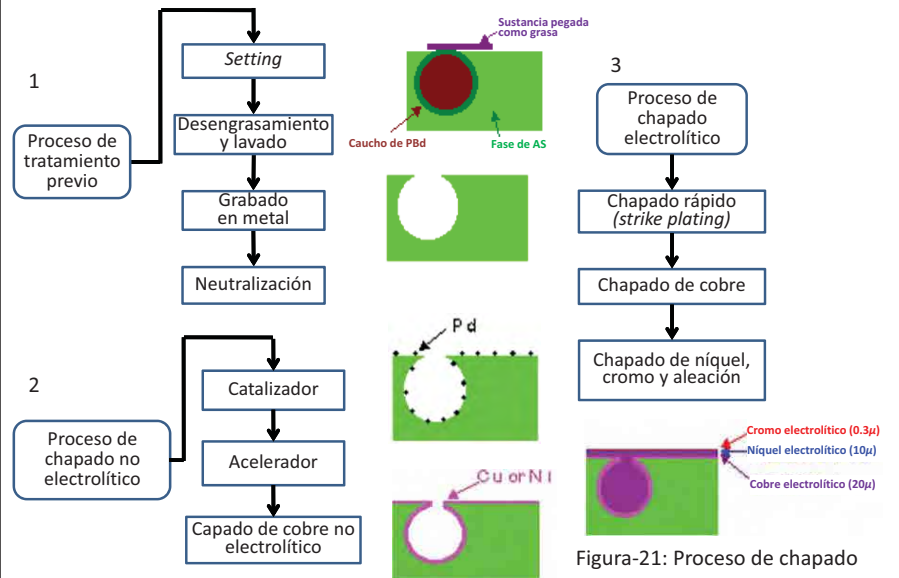


Figura-21: Proceso de chapado

Hidehiko Enomoto: Libro del chapado, 2006, p23,25, The Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd.

29

3.3 (3) Proceso de chapado en seco y sus características

Ventajas:

- ① Capa delgada y ligera.
- ② Este proceso no ocasiona contaminación.
- ③ Se puede realizar la metalización de diversos colores.
- ④ Se puede aplicar en diversos plásticos.

Desventajas:

La fuerza adhesiva con el producto moldeado es débil. Este aspecto es inferior al chapado en húmedo.

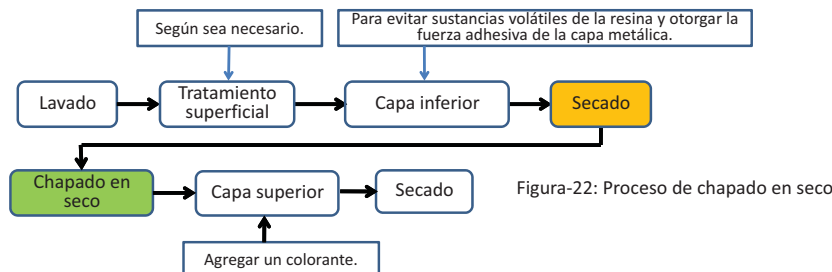


Figura-22: Proceso de chapado en seco

Seiichi Honma: Técnicas de tratamiento secundario del plástico (2007) p.159, Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd.

30

3.3 (4) Método de deposición al vacío

- **PVD (Deposición de vapor física)**
- El método de deposición consiste en calentar y evaporar al vacío el material de evaporación que se va a convertir en la capa metálica y recibir dichas partículas de evaporación en la placa de base (producto moldeado) para formar la capa metálica. Se adopta frecuentemente la metalización de productos y películas con el propósito de su decoración. Es necesario que el material sea resistente al calor ya que la temperatura será elevada.

Características

Se puede obtener la capa de alta pureza.
Se puede formar con facilidad la capa cuando la superficie es plana y lisa.
La fuerza adhesiva depende del efecto de anclaje y la dispersión.
No se formará completamente la capa en la parte interceptada.

Figura-23: Principio del método de deposición al vacío



Foto-16: Chapado en los lentes de plástico y el tubo de cosméticos

31

3.3 (5) Pulverización catódica (*Sputtering*)

En una cámara de vacío se introduce el gas argón a $10^{-2} \sim 1$ (Torr) y al aplicar la presión eléctrica de unos kV entre el cátodo (blanco) y el ánodo (placa de base), se presenta la descarga eléctrica.

En este método, se hacen golpear los iones de argón contenidos en el plasma de descarga con el material de blanco, y con dicha colisión se expulsan los átomos y las moléculas de los componentes del material y se forma la capa metálica en la superficie del producto moldeado.

Características

① Facilidad en la reproductividad y la continuidad. ② Fácil de formar la capa de aleación. ③ No se puede elevar la velocidad de formación de capas. ④ Se necesita que el blanco sea del mismo tamaño que la placa de base.

Usos: Discos compactos, medios magnéticos de registro, discos ópticos.

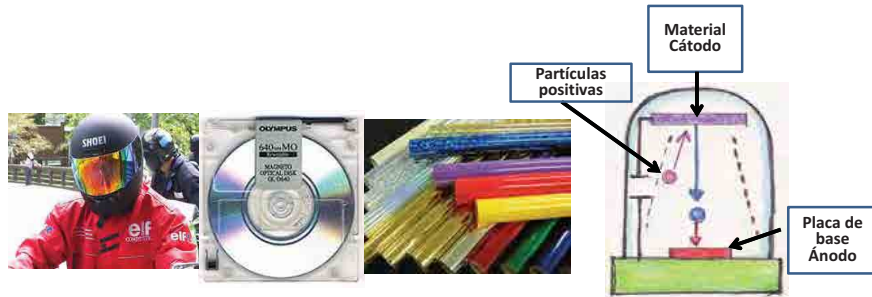


Foto-17: Visera espejo (Visera humo oscuro)

Disco magneto-óptico

Figura-24: Proceso de *sputtering*

32

4 . Otros

(1.) Tratamiento de entrada del material

Se refiere a eliminar las partes superficiales (*land parts*) de la entrada restringida del material, después de sacar el producto moldeado. ① No debe quedar la marca de corte en forma convexa. ② No se debe cortar hasta la parte del producto.

(2.) Eliminación de rebabas

Se refiere a eliminar la "resina sobresaliente" de la línea PL del molde y/o la parte de escape de gas.

(3.) Tratamiento de recocido (*annealing*)

Se refiere al tratamiento térmico del producto moldeado dentro de una cámara de alta temperatura. ① Se elimina el esfuerzo residual y se evita una posible deformación y fisuras. ② Los productos de plástico cristalino cambiarán sus dimensiones en el proceso de ser expuestos a una temperatura más alta que la de los moldes, presentado posteriormente la cristalización y la contracción térmica. Por ello, se estimula previamente esta reacción.

(4.) Acabado pulido

Para el acabado de entrada del material, a veces se realiza el pulido de la superficie o la eliminación de rayas, etc. utilizando un agente abrasivo. El tipo de pulido se seleccionará según el objetivo y la dureza superficial del producto moldeado.

(5.) Acondicionamiento de la humedad

La tasa de absorción de agua es 0% en la resina de poliamida (nylon) inmediatamente después de ser moldeada, pero llegará a absorber el agua si la dejamos tal como está. Al absorber el agua, aumentará su dimensión y bajará la resistencia del material. La tasa de absorción de agua se determina según la temperatura ambiente y la humedad relativa en las cuales se vaya a exponer el material. Por lo que este tratamiento se refiere a acondicionar el material a la tasa de absorción de agua correspondiente al ambiente de uso (temperatura, humedad relativa).

33

M2 Materiales plásticos

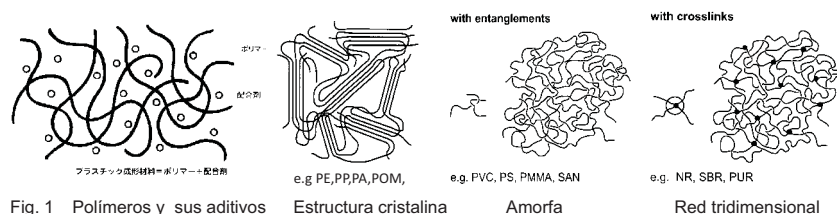
M2-1 Propiedades y características

Contenido

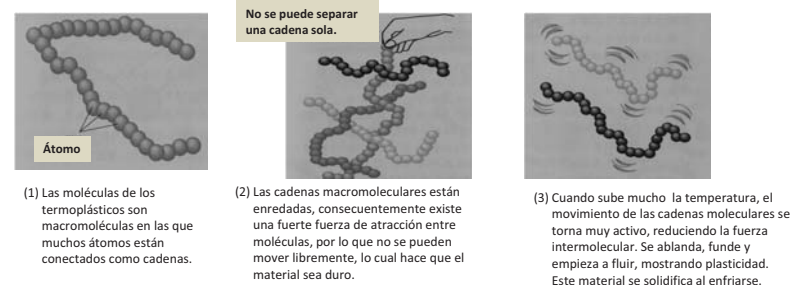
1. Estructura de los plásticos
2. Los termoplásticos son macromoléculas en cadenas
 - 2.1 Características de los termoplásticos
3. Termofijos
 - 3.1 Tipos y composición de los polímeros termofijos
4. Aditivos
 - 4.1 Retardador de inflamación
 - 4.2 Reforzante
 - 4.3 Formas de los agentes reforzantes de fibra de vidrio
 - 4.4 Cargas
5. Polimerización
 - 5.1 Enlaces de los termoplásticos y termofijos
 - 5.2 Polimerización por adición
 - 5.3 Policondensación
 - 5.4 Copolimerización y aleación de polímeros
6. Modelo molecular de los termoplásticos y su morfología
7. Características de los polímeros cristalinos y amorfos
8. Propiedades térmicas
 - 8.1 Comportamiento térmico de los polímeros cristalinos
 - 8.2 Comportamiento térmico de los polímeros amorfos
 - 8.3 Termorresistencia
 - 8.3.1 Temperatura de deflexión térmica
 - 8.3.2 Ejemplo de la medición de la temperatura de deflexión térmica
 - 8.3.3 Comparación de termorresistencia a largo plazo
9. Comportamiento PVT
10. Propiedades de fluidez y la contracción de moldeo
11. Propiedades dinámicas
 - 11.1 Propiedades de tensión
 - 11.2 Propiedades del impacto
12. Propiedades de resistencia a las sustancias químicas
13. Propiedades eléctricas
14. Propiedad retardadora de inflamación
 - 14.1 Índice de oxígeno de los materiales plásticos
 - 14.2 Plásticos ininflamables con menos carga ecológica
15. Transparencia de los plásticos
16. Características de epoxi
 - 16.1 Peligros de la resina epoxi y el agente endurecedor
 - 16.2 Peligros de la resina epoxi y el agente endurecedor
17. Proporción de la mezcla del material reciclado y los cambios de las propiedades
18. Plásticos biodegradables
19. Estructura del polímero
20. Características de los plásticos

1. Estructura de los plásticos

- (1) El principal componente de los plásticos son los polímeros o prepolímeros.
- (2) Los polímeros lineales de alto peso macromolecular son el componente estructural de los polímeros termoplásticos, mientras que los prepolímeros de bajo peso molecular que contiene radicales funcionales reactivos son el principal componente de los polímeros termofijos.
- (3) Se selecciona el aditivo, material secundario, de acuerdo con el tipo de polímero básico y con los requerimientos del producto para ser mezclado. Se mezclan todos para formular un *compound*.



2. Los termoplásticos son macromoléculas en cadenas.



La plasticidad se refiere a la propiedad que tiene el polímero de mantener la forma aún después de haber desaparecido la fuerza que se le aplicó para obtener la deformación, rebasando el límite de elasticidad del material. El hule, aunque tenga una deformación grande, recupera su forma original. Un elastómero es diferente del plástico, pero el elastómero termoplástico pertenece al grupo del plástico termoplástico.

La fuerza intermolecular es la fuerza que inhibe la separación de las cadenas moleculares entre ellas. Las macromoléculas en cadenas tienen una superficie grande, por lo que hay muchas otras cadenas moleculares que tienen contactos, lo cual hace más grande esta fuerza.

Fig. 2 Esquemas del movimiento molecular de polímeros en cadenas

2.1 Características de los termoplásticos

(1) Rigidez



No se deforma aún aplicando fuerza.

(2) Elasticidad



Se deforma al aplicarle fuerza.



Pero, al quitar la fuerza, se recupera la forma original.

(3) Plasticidad



Aunque se quita la fuerza, queda deformado.

(4) Fluidéz



No tiene forma propia.



Fig. 3 Características de los termoplásticos

Isao Sato: Estudio por dibujos, Plásticos, p 20, Editorial Natsume

4

3. Termofijos (1)

- 1) Son mezclas reactivas cuyo componente principal es un prepolímero con grupo funcional. Al recibir calor, se ablanda y fluye, y paulatinamente las cadenas moleculares empiezan a tener reacciones de entrecruzamiento, formando una estructura de red tridimensional hasta terminar el curado.
- 2) La estructura química, base fundamental y grupo funcional de los polímeros termofijos varían según sus tipos, por lo tanto la forma de procesarlos y las propiedades físicas son diferentes según estos mismos tipos.
- 3) El material líquido de moldeo como el poliuretano, permite su inyección en los moldes o sumergir el objeto para reforzar en el material fácilmente a temperatura ambiental.
- 4) Aunque el material sea sólido, al calentarlo, se puede ablandar, hacer fluir y cambiar de forma aplicándole presión. Pero, a medida que pase el tiempo, inicia la reacción de curado tridimensional debido al efecto de calor y catalizador, cambiando la estructura de forma irreversible.

5

3. Polímeros termofijos (2)

- 5) Cuando el material haya curado lo suficiente, se puede sacar la pieza moldeada aunque esté muy caliente. Si se necesita, se hace un curado posterior (*post-cure*).
- 6) La pieza terminada ya no es posible que pueda fundirse. La dureza superficial es alta y tiene mejor termorresistencia y resistencia mecánica que las piezas de polímeros termoplásticos. Pero no se puede usar el material reciclado.
- 7) Igual que el polímero termoplástico, tiene una temperatura de transición vítrea (T_g), pero dicha temperatura es cercana a la de descomposición del polímero.

6

3. (1) Tipos y composición de los polímeros termofijos

Denominación	Abreviatura	Composición
Resina fenólica	PF	Producto de adición y condensación de fenol y formaldehído
Resina de urea	UF	Producto de adición y condensación de urea y aldehído
Resina de melamina	MF	Producto de adición y condensación de melamina y aldehído
Resina de poliéster no saturado	UP	Poliéster que tiene doble enlace no saturado en su cadena principal (ejemplos: etilenglicol, producto de policondensación de ácido maleico, que es un líquido mezclado generalmente de monómeros de estireno)
Epoxi	BMC	Mezcla de UP para moldear por inyección
	SMC	Mezcla de UP condensado para moldeo estratificado
	EP	Producto de policondensación de bisfenol y epíclorohidrina con radicales de epoxi en dos extremos
Poliuretano	PUR	2 líquidos del grupo diol y grupo de diisocianato (En el momento de moldear se los mezcla en el molde para tener una reacción de poliadición.)
Resina de dialil-ftalato	DAP	Mezcla de prepolímero y monómero de dialil-ftalato
Silicona	SI	Resina en estado de barniz con enlace de polisiloxano y tiene radicales de hidróxido en los extremos

Tabla 1. Tipos, signos y composición de los termofijos

7

4. Aditivos

Se agrega aditivos cuando los polímeros o prepolímeros solos no pueden cumplir con los requerimientos.

1) Los aditivos principales son::

Plastificantes, estabilizadores, lubricantes, antioxidantes, retardadores de inflamación, colorantes, antiestáticos, endurecedores, espumantes, cargas, reforzantes (fibra de vidrio, fibra de carbono, biocida).

2) Se agrega el nucleante al material cristalino para que el material se convierta en un núcleo de cristal. Sirve para controlar la velocidad de cristalización y el tamaño del cristal dentro del molde e influye en las propiedades físicas, la transparencia y la reducción del ciclo de moldeo.

3) El agente entrecruzante sirve para formar una estructura de red tridimensional y endurecerla, por lo tanto se le denomina endurecedor. Se utilizan diferentes endurecedores según la reacción de entrecruzamiento, particular de cada resina.

8

4.1 Retardador de inflamación

Se usan los retardadores de inflamación de plásticos para que éstos sean más difíciles de inflamar. Sus principales ingredientes son los compuestos orgánicos con halógeno y se usan junto con óxido de antimonio. La estabilidad térmica no siempre es buena, por lo que es necesario tomar medidas para evitar la contaminación y medidas anticorrosivas del molde. Si se trata del retardador de inflamación libre de halógeno, se usa esteres de fosfato aromático.

1) Funcion de los compuestos de halógeno:

Se descompone por el calor de la combustión, el enlace de carbón y halógeno que tienen los compuestos orgánicos con halógeno, generan fácilmente radicales de Br y Cl. Estos radicales reaccionan con las cadenas radicales que están en proceso de combustión, inhibiendo la reacción de oxidación.

2) La Estabilidad térmica no es buena.

Es un compuesto con característica incoherente de estabilidad mientras esté en proceso de moldeo, pero fácil de descomponerse en el momento de estar en combustión. En el momento de descomposición, aunque es pequeño se gasifica. Hay contaminación causada por el halógeno aislado o producto de la descomposición.

3) Se presenta la corrosión en el molde.

Durante la producción continua los halógenos separados se acumulan en el interior de la máquina de inyección, en el canal de resina del molde o en áreas de venteo, y junto con la humedad se forman ácidos, provocando la oxidación del metal.

4) Promoción del "libre de halógeno":

Se utilizan los ésteres de fosfato aromáticos y el fósforo rojo como retardadores de inflamación libre de halógeno. También se hace la aleación con los polímeros incombustibles o polímeros fáciles de carbonizarse con el propósito de reducir la cantidad de uso del retardador de inflamación.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka,
"Texto de Plástico" (2009), p211-212, Editorial *Plastic Age*

9

4.2 Reforzante

Una de las características del plástico reforzado es su excelente propiedad mecánica y ésta proviene del agente reforzante de fibra (material reforzante). El agente reforzante ayuda a revelar su cualidad dinámica unida por polímeros del material principal.

(1) La resistencia a la tensión es grande, (2) el módulo elástico es grande, la adherencia con polímeros es buena, (3) Buena termorresistencia, buena resistencia a la corrosión y al desgaste, (4) La facilidad de manejo y el costo son bajos.

Tabla 2. Comparación de agentes reforzantes

Clasificación	Materiales	Formas	Objetivo y efectos
Inorgánicos	Fibra de vidrio Peso específico:2.54	<i>Roving</i> <i>Chopped strand</i> Fibras cortas <i>Cloth</i>	Busca mejorar la resistencia mecánica, termorresistencia y estabilidad dimensional. Son grandes los efectos de reforzamiento en moldeos por <i>filament winding</i> , compresión e inyección.
	Fibra de boro Peso específico: 2.56	<i>Roving</i> <i>Cloth</i>	La resistencia a la compresión es doble de la resistencia a la tensión, por lo que es resistente a golpes. También es estable en dimensiones y resistente a las balas, por lo tanto es apropiado para los equipos militares.
Orgánicos	Fibra de carbono Peso específico:1.74-1.84	<i>Roving</i> <i>Prepreg</i> de la forma de mesa <i>Cloth</i>	Se utiliza este material en áreas en que se requiere una alta resistencia general y resistencia a las balas que no puede dar la fibra de vidrio. Es más ligera que la fibra de vidrio.
	Fibra de aramida Peso específico:1.45-	<i>Roving</i> <i>Prepreg</i> de la forma de mesa <i>Cloth</i>	Se utiliza este material en áreas en que se requiere una alta resistencia general y resistencia a las balas que no puede dar la fibra de vidrio. Es más ligera que la fibra de vidrio. En el área de la industria aeronáutica se usa mezclandola con la fibra de carbono

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico"(2009),p227-230, Editorial *Plastic Age*

10

4.3 Formas de los agentes reforzantes de fibra de vidrio

La fibra de vidrio tiene diferentes formas: A) *Roving*, B) *Chopped strand*, C) *Mat*, D) *Roving Cloth*, E) Tela de tejido plano, F) Tela de tejido de satén



A) *Roving*

B) *Chopped strand*

C) *Mat*



D) *Roving cloth*

E) Tejido plano

F) Tejido de satén

Foto 1. Formas de los agentes reforzantes de fibra de vidrio

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico"(2009),p228, Editorial *Plastic Age*

11

4.4 Cargas (Llenadores) (1)

Las cargas son utilizadas, mezclándose con el material de plástico para mejorar el producto y la facilidad de moldeo o para aumentar el volumen.

Tabla 3. Comparación de las cargas

Fomas	Materiales (tipos)	Características
Polvos (inorgánico) de 0.015 a 100µm	Silice, mica, arcilla, negro de carbono Bisulfato de molibdeno Negro de carbono, grafito Mica, talco, almina (en polvo) Sulfato de bario	Mejorar la termorresistencia y la capacidad de aislamiento (efecto de adsorción) (efecto de prevención de fuga de flujo) Mejora la resistencia al desgaste (efecto de la tribológica) Agregar la conductividad eléctrica, mejorar el coeficiente de conductividad térmica (efecto de la conductividad) y reducir el coeficiente de fricción. Mejorar la temperatura de deflexión bajo carga del material de forma plana Termorresistente y resistencia al desgaste
Esferas (inorgánico)	Esfera de vidrio: Granularidad: menor a 0.1mmΦ	Se usa para reducir el nivel de pandeo del plástico de ingeniería. El coeficiente de llenado es alto gracias a la forma esférica. Tiene excelentes propiedades físicas, químicas y eléctricas.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico"(2009), p230, Editorial *Plastic Age*

12

4.4 Cargas (1)

Continuación de la Tabla 3. Comparación de las cargas

Fomas	Materiales (tipos)	Características
Forma de tela (orgánico)	Tela de fibra sintética (Vinylon, Tetoron, fibra acrílica) Tela de algodón, lino, fieltro Papel (papel <i>kraft</i>)	Se usa para la resina de poliéster no saturado. Se mejora la resistencia al golpe, el peso específico y la resistencia mecánica. Se usa para la resina fenólica. Se usa para el material laminado. Se mejora la resistencia mecánica.
Forma de fibra	Fibra de vidrio (<i>Roving, chopped strand</i> , fibra corta, fibra sintética como vinilón)	Se agrega la alta resistencia. Se mejora la termorresistencia (efecto de refuerzo). Mejoras en la resistencia al golpe y en estabilidad dimensional.

Instituto Municipal de Investigación Técnica de la ciudad de Osaka, "Texto de Plástico"(2009), p230, Editorial *Plastic Age*

13

5. Métodos para polimerización

Al considerar como enlaces de átomos:

(1) Polimerización lineal de monómeros, polimerización de estructura de red tridimensional

Como métodos para polimerización:

- (2) Polimerización por adición
- (3) Policondensación
- (4) Copolimerización

Como método para cambiar las cualidades de los polímeros:

(5) Aleación de polímeros

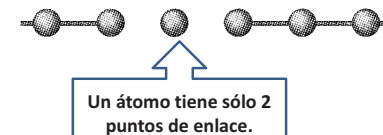
14

5.1 Enlaces de los termoplásticos y termofijos

Materia prima (monómero)



Termoplásticos (Polímeros lineales)



Termofijo (Polímero de estructura de red tridimensional)

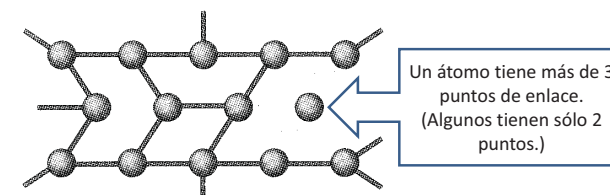


Fig. 4 Enlaces de monómeros y polímeros

Isao Sato: Estudio por dibujos, Plásticos, p 20, Editorial *Natsume*

15

5.2 Polimerización por adición

- 1) La **polimerización** es una reacción química en que un monómero se convierte en polímero.
- 2) La **polimerización por adición** es una forma de polimerización en que el “**doble enlace**” **molecular que tiene el monómero**, se resuelve una vez y con un “brazo” sobrante de enlace se une con el monómero vecinal.

El polímero tiene una estructura como **cadena** en que los átomos están colocados en fila. Esta parte se denomina **cadena principal**. Las cadenas que salen de la cadena principal se denominan **cadenas laterales**.

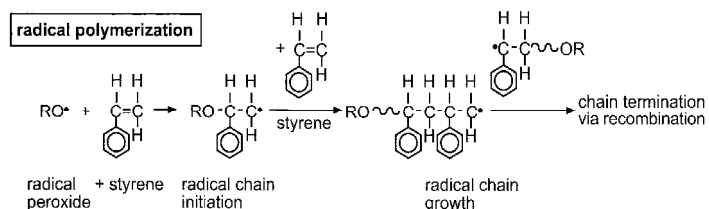


Fig. 5 Forma de polimerización por adición de poliestireno

Cottfried W. Ehrenstein: Polymeric Materials p41(2001) Hanser Publishers,

16

5.3 Policondensación

La policondensación es una polimerización que se obtiene por la reacción de condensación en que una molécula pequeña se separa de dos moléculas y posteriormente los radicales se unen formando una molécula.

Los monómeros que se usan para la condensación y polimerización tienen 2 radicales funcionales en cada uno.

El -co- y -o- restantes forman un enlace de éster (-coo-). Un monómero tiene 2 radicales funcionales, por lo que se unen en forma de cadena mediante 2 enlaces de éster.

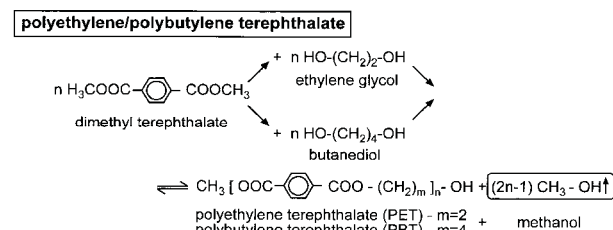


Fig. 6 Ejemplo de reacción de policondensación

Cottfried W. Ehrenstein: Polymeric Materials p43(2001) Hanser Publishers

17

5.4 Copolimerización y aleación de polímeros

- 1) La copolimerización es una polimerización en que se mezclan diferentes tipos de monómeros.
La copolimerización tiene diferentes tipos; (1) aleatoria, (2) bloque y (3) Graft.
- 2) La aleación de polímeros es una sustancia mezclada de más de 2 polímeros. Una aleación de polímeros representativa es el polifenilenoéter modificado (m-PPE).

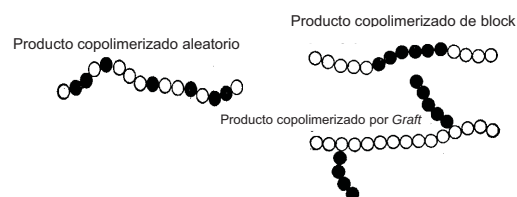


Fig. 7 Esquemas de copolimerización

Edición de Sadanori Itonori; Diccionario de polimeros, p101 (1970), Editorial Taisei sha

18

6. Modelo molecular de los termoplásticos y su morfología

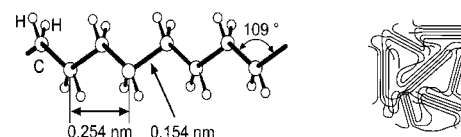


Fig.8 Modelo de estructura molecular del polietileno y estado de cristalización parcial

Cottfried W. Ehrenstein: Polymeric Materials p65,69(2001) Hanser Publishers

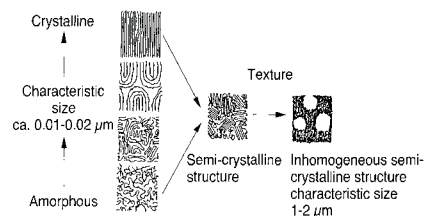


Fig. 9 Morfología

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

19

7. Características de los polímeros cristalinos y amorfos

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, SPS, PPS, LCP, PEEK, resina de flúor.

Polímeros amorfos:

(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.

20

8. Propiedades térmicas

- Al calentar el polímero, se vuelve blando, bajando la resistencia.
- El enlace de hidrógeno entre las cadenas moleculares vecinales y la fuerza de van der Waals son relativamente débiles, por lo tanto al subir la temperatura, la unión se reduce, aumentando el *Micro-brown movement*.
- Tiene la ventaja de facilitar el moldeo debido a tener la temperatura de transición vítrea cercana a la temperatura ambiente, pero su desventaja es tener propiedades físicas sensibles a la temperatura.
- Para entender las propiedades térmicas, se dividen en las siguientes 3 áreas: (1) comportamiento térmico, (2) propiedades térmicas, (3) termorresistencia.
- Las propiedades térmicas consisten en la temperatura específica, coeficiente de conductividad térmica, el coeficiente de difusión térmica, el coeficiente de expansión lineal. Son necesarios para el cálculo de calentamiento y enfriamiento CAE.

21

8.1 Comportamiento térmico de los polímeros cristalinos

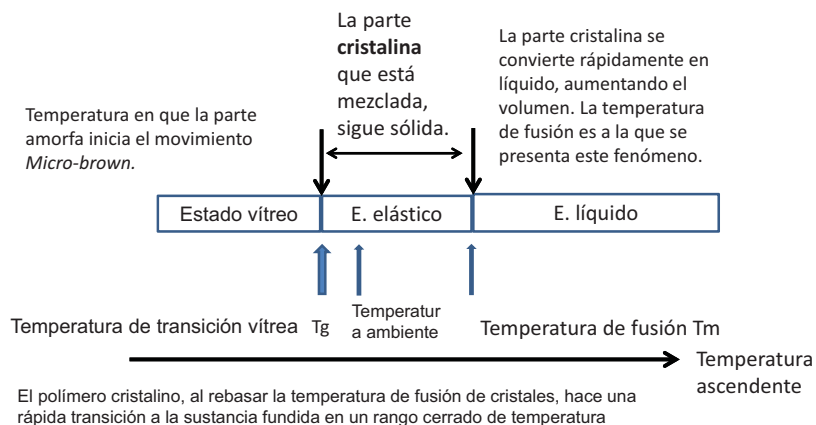


Fig. 10 Temperatura de transición vítrea y la de fundición

22

8.2 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.

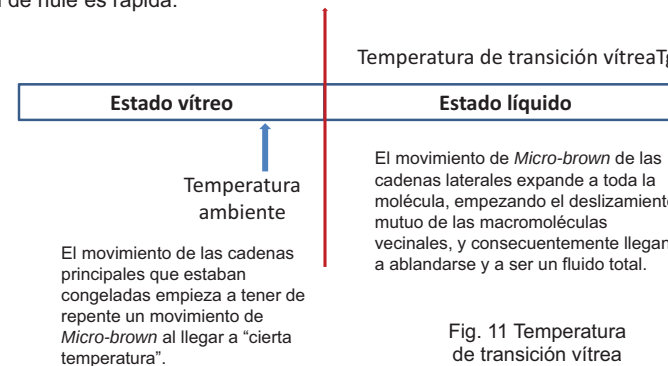


Fig. 11 Temperatura de transición vítrea

23

8.3 Termorresistencia

- Es una propiedad del material que resiste al calor.

Generalmente se puede dividir en los siguientes tipos:

- (1) Degradación térmica
- (2) Deformación térmica

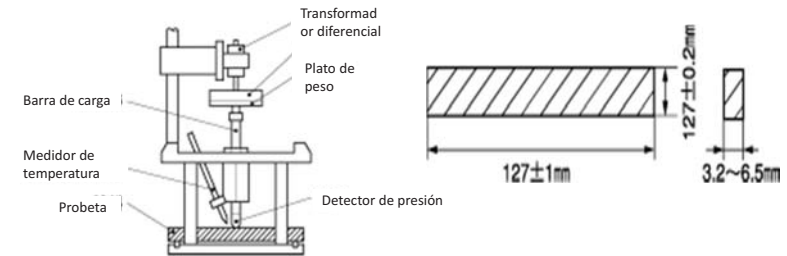
La Temperatura de de “flexión térmica” es una de las resistencias térmicas a corto plazo.

- (3) Descomposición térmica

- Se puede denominar “estabilidad térmica” como una denominación general, incluyendo la resistencia al choque térmico cíclico, que es la resistencia a las repetidas aplicaciones alternas de baja y alta temperaturas y la resistencia al choque térmico, que es la resistencia de las aplicaciones antes mencionadas pero en poco tiempo.
- Método para evaluar la resistencia al envejecimiento térmico a largo plazo del UL764B:
- Para evaluar los termoplásticos se usan como parámetros la resistencia a la tensión, al golpe y el *breakdown strength*. Se determina la temperatura a la que cada una de las resistencias antes mencionadas se reduce a un 50% del valor inicial después de estar expuesta la probeta del material en el ambiente a altas temperaturas durante 100,000 horas.

24

8.3.1 Temperatura de deflexión térmica (Heat deflection temperature)



Es un indicador industrial basado en la termorresistencia física del material.

La base es estándar ASTM. (El estándar japonés JIS también está basado en el ASTM.)

Método de la prueba: Se sostiene la probeta en un baño caliente. Se aumenta la carga mediante la barra de carga colocada en medio de la probeta. Esta carga es 1.82MPa (18.6kgf/cm²) o 0.46MPa (4.7kgf/cm²). Mientras se aumenta la carga antes mencionada, se hace subir la temperatura del objeto con la velocidad de 2°C/min. Entonces, empieza a reducir la resistencia mecánica de la probeta, presentando paulatinamente la flexión. La temperatura en que llega esta flexión al volumen de 0.254mm, es denominada “temperatura de deflexión térmica” del material de la probeta. Ésta se denomina “temperatura de deformación térmica” o “temperatura de deformación por calor”.

25

8.3.2 Ejemplo de medición de la temperatura de deflexión térmica

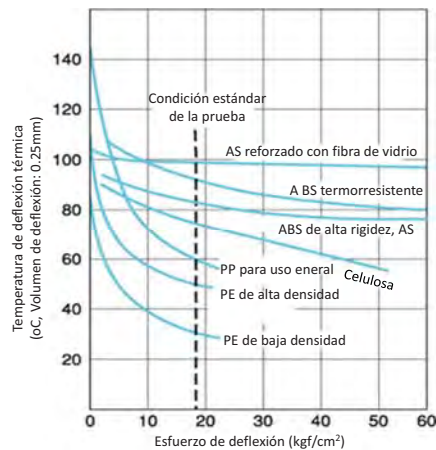


Fig. 13 Ejemplo de medición de la temperatura de deflexión térmica

Fuente: Página Web de S.B. Reseach Co., Ltd. http://www.sb-r.co.jp/technicalnote/3_06.html

26

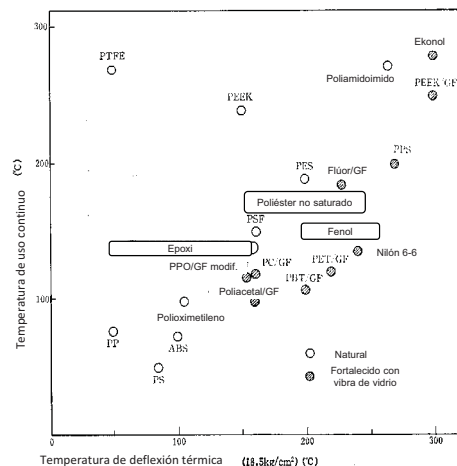
8.3.2 Comparación de termorresistencia a largo plazo

Tabla 4. Termorresistencia a largo plazo de los termoplásticos

Clasificación	Definición	Polímeros	Abreviatura	Usos	
Plástico de commodities		polietileno	PE	Polyethylene	Material de empaque, tubo
		polipropileno	PP	Polypropylene	Recipiente, tapa, defensa
		cloruro de polivinilo	PVC	Polyvinyl chloride	Tubo y tubo para agua
		poliestireno	PS	Polystyrene	Estuche de CD, charola espumada
		polietileno-tereftalato	PET	Polyethylene terephthalate	Botella para bebida
Plástico de ingeniería	Temperatura de termorresistencia a largo plazo: más de 100°C Resistencia de tensión: Más de 49 Mpa	polioximetileno	POM	Polyoxymethylene	Engranaje
		poliamida	PA	Polyamide	Autopartes
		poli carbonato	PC	polycarbonate	CD,DVD
		polibutileno tereftalato	PBT	Polybutylene terephthalate	Terminales, componentes para arnés
		óxido de polifenileno modificado	PPO+PS	Poly(phenylene oxide)/Polystyrene blend	Estuche de equipos de IT
Plásticos de superingeniería	Temperatura de termorresistencia a largo plazo: más de 150°C	Polisulfono	PSU	Polysulfone	Portador de IC
		Polietersulfono	PESU	Polyethersulfone	Tarjeta de IT
		sulfato de poli-fenileno	PPS	Poly-(phenylene sulfide)	Terminal, estuche para lámpara
		Poliamidoimido	PAI	Polyamide-imide	Automóvil, avión
		Polimetil penteno	PMP	Poly-4-methyl-penten-1	Recipiente para horno de microhonda
		Polímero líquido	LCP	Liquid crystalline polymer	Estuche de equipos de IT

27

8.3.3 Temperatura de uso continuo y la temperatura de deflexión

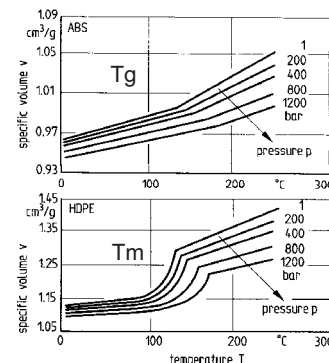


Esta figura permite deducir la temperatura de uso continuo del material al conocer la temperatura de deflexión.

Fig. 14 Relación entre la temperatura de uso continuo y la temperatura de deflexión bajo carga de los plásticos, Fujio Oishi, Moldeo, 2,185 (1990) 6)

28

9. Comportamiento PVT



El volumen específico (inverso de la densidad) es una de las propiedades generales del polímero. El volumen específico se traza en la gráfica de PVT como la función de la presión y temperatura.

Arriba: ABS
Abajo: HD-PE

Fig. 15 Comportamiento de PVT de los polímeros amorfo y cristalino

Gerd Pötsch Walter Michaeli: Injection Molding An Introduction (1995) p36 Hanser

29

10. Propiedades de fluidez y contracción de moldeo (1)

(1) Características de flujo

① Índice de flujo de fusión (MFR):

Cuanto mayor sea la fluidez, el valor numérico de este índice es más grande. El MFR del material para extrusión es pequeño, y el de inyección es grande. El de alto ciclo aún más grande. Cuando mayor sea (MRF), el peso molecular es más pequeño.

② Longitud del flujo espiral:

Se mide con molde especial para conocer la fluidez práctica del material. Se compara la diferencia entre los materiales y se mide la influencia de las condiciones de moldeo.

③ Viscosidad de fusión:

Teóricamente es lo mismo que el MRF. Se puede medir en lugares donde la carga y la velocidad de extrusión son altas. Es una propiedad importante para el moldeo. (1) Dependencia de la temperatura, (2) Dependencia de la presión (3) Efectos de balance de fracturas de fusión (efectos de memoria de presión)

30

10. Propiedades de fluidez y la contracción de moldeo (2)

(2) Contracción de moldeo:

Durante el proceso de moldeo, al terminar el flujo del material, empieza a solidificarse por enfriamiento. Sin embargo, existe una notable diferencia en la contracción por moldeo si se cristaliza o no en el momento de solidificarse. En el caso del polímero amorfo, la contracción es del 0.1 a 1%, mientras que el polímero cristalino puede contraerse a veces unos %. Se refiere a la proporción de contracción de la pieza moldeada en comparación con las dimensiones originales del molde.

31

11. Propiedades dinámicas

- 1) Algunos materiales tienen gran resistencia, mostrando una gran ductilidad y resistencia a la plasticidad, sosteniendo una deformación considerable antes de ser destruidos, mientras que otros son fáciles de romperse y son frágiles.
- 2) Se refieren a las propiedades dinámicas las características que muestran la resistencia a diferentes tipos de fuerzas externas dinámicas, y dependen mucho de (1) temperatura, (2) tiempo y (3) velocidad de deformación.
- 3) Resistencia específica (specific strength): Es un valor obtenido al dividir la resistencia mecánica del material por el peso específico. Se usa para comparar la resistencia por un peso determinado de diferentes materiales.

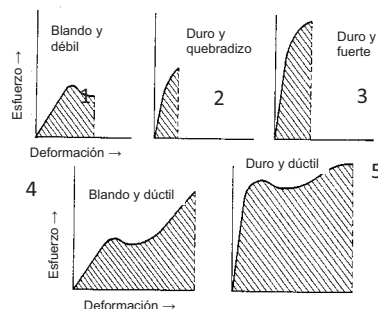


Fig.16 Curvas de esfuerzo y deformación

1. Blando y débil
2. Duro y quebradizo
3. Duro y fuerte
4. Blando y dúctil
5. Duro y dúctil

Fuente: Lawrence E. Nielsen, Traducción por Shigeharu Onogi "Propiedades dinámicas de las macromoléculas" (1965)p98, Grupo de Kagaku

32

11.1 Propiedades de tensión

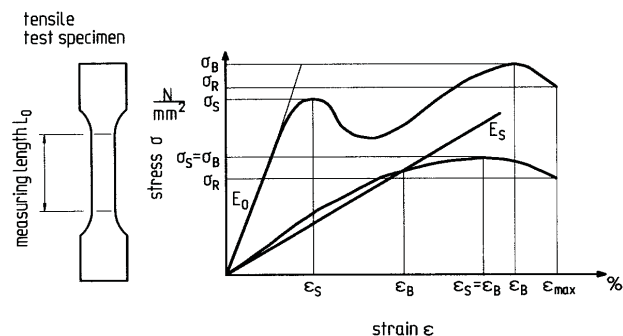


Fig. 17 Probeta para prueba de tensión y curva de deformación

Se aplica la tensión hacia una dirección de la probeta hasta romperse. La resistencia a la tensión es el esfuerzo máximo al que se llega en el momento de ruptura. El estiramiento es la cantidad deformada hasta llegar a la ruptura, la cual es calculada, dividiendo la carga máxima entre el área de la sección de la probeta.

Fuente: Gerd Pötsch Walter Michaeli: Injection Molding An Introduction (1995), pag.48, Hanser

33

11.2 Propiedades del impacto

- 1) Destrucción al golpe: Se refiere al fenómeno de destrucción que se presenta en el momento de dar un golpe a alta velocidad al plástico.
- 2) La resistencia al golpe es la fuerza que resiste a esta destrucción. Muchos plásticos son dúctiles, pero se destruyen quebrándose a baja temperatura o a una velocidad muy alta.
- 3) Métodos representativos de las pruebas de resistencia al golpe: Prueba de resistencia al impacto Izod, Prueba de resistencia al impacto Charpy y Prueba de pelota caída, la cual es bastante práctica.

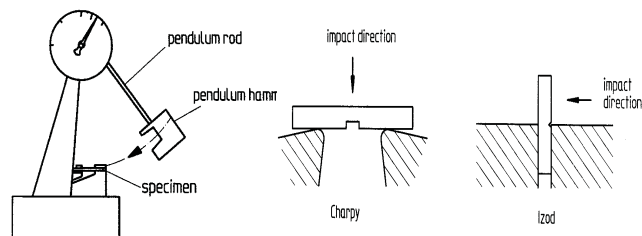


Fig.18 Principios de pruebas de impacto y dirección del golpe

Fuente: Gerd Pötsch Walter Michaeli: Injection Molding An Introduction (1995) 51, Hanser

34

12. Propiedades de resistencia a las sustancias químicas

- Las propiedades de resistencia a los fármacos y al deterioro químico tienen una relación íntima con los enlaces químicos.
- El parámetro de solubilidad, que es un parámetro para mostrar la afinidad con los plásticos, es calculado con base en los valores de propiedades mecánicas.
- Los polímeros que tienen estructuras de cadenas, cuentan con masa molecular grande. Cuanto más largas sean las cadenas moleculares, es más grande la fuerza de atracción entre las moléculas, aumentando la resistencia a las sustancias químicas.
- Cuando hay un átomo que no sea carbono en las cadenas moleculares, se presenta cierta debilidad hacia el álcali y el ácido.
- Cuando sean más cristalinos y tengan secuencias moleculares ordenadas, es más alta la resistencia a las sustancias químicas.
- Los plásticos amorfos tienen débiles restricciones entre moléculas, consecuentemente son fáciles de disolver en las sustancias químicas. El poliestireno y la resina acrílica son fáciles de disolver en thinner.

Los termofijos tienen estructura tridimensional de enlaces sólidos, por lo que aunque se extiende la distancia entre moléculas, no se destruyen las moléculas de polímeros. Consecuentemente no son solubles en sustancias químicas.

35

13. Propiedades eléctricas

- Los plásticos no tienen electrones libres que puedan moverse libremente sin estar sujetos al átomo. Son eléctricamente aislantes.
- Cuando se friccionan dos aislantes, se presenta el fenómeno de electrización en que un aislante quita al otro los electrones. Esta electricidad se **denomina electricidad estática**.
- No son resistentes a la electricidad estática. Pueden perder la función de partes eléctricas y pueden atraer otras sustancias. Por esto, se agrega el agente antiestático para dispersar la electricidad estática.

1) Resistencia de aislamiento:

Se refiere a la resistencia que se presenta en el momento de pasar corriente continua. (Hay resistencia en la superficie y en el volumen.)

2) Breakdown strength:

Cuando se aplica un alto voltaje al material aislante eléctrico y rebasa cierto nivel de voltaje, el material sufre una destrucción eléctrica, consecuentemente pierde la función de aislamiento eléctrico. (Se hace la sumersión en aceite aislante.) Es voltaje más pequeño que provoca la destrucción dieléctrica y se presenta con la unidad de kV/mm, valor obtenido al dividir el voltaje de destrucción entre el espesor de la probeta.

36

14. Propiedad retardadora de inflamación

Algunos plásticos son fáciles de inflamarse y otros son difíciles.

Los representativos de los plásticos fáciles de inflamarse son PE y PP, mientras los difíciles son PVC y PTFE.

Existen las siguientes formas de quemarse:

- ① Al prenderle fuego, la flama perdura.
- ② Al acercar el fuego, se inflama. Pero, al alejar el fuego, se apaga solo.
- ③ Aunque se acerque el fuego, no se inflama. Se categoriza de acuerdo con los resultados de la prueba.

El **indicador de oxígeno (JISK7201)** es un parámetro que puede servir para presentar la facilidad de inflamarse de una sustancia. Este indicador es representado por el volumen de oxígeno mínimo necesario para que perdure la combustión. El POM, fácil de quemarse tiene el valor del indicador, 15.0. El PTFE, difícil de quemarse tiene 95.0.

Los plásticos son inflamables, pero se los convierte en incombustibles, agregando retardadores de inflamación.

37

14.1 Índice de oxígeno de los materiales plásticos

Tabla 5. Índice de oxígeno de los materiales plásticos

Materiales	Índice de oxígeno	Materiales	Índice de oxígeno
POM	15.6	PA66	24.0-29.0
PMMA	17.4	PC	26.0-28.0
PE	17.4	PI	36.5
PP	17.4	PVC	45.0-49.0
PS	17.6-18.3	PVA	60.0
ABS	18.3-18.8	PTFE	95.0
Celulosa	19.0		
PET	20.0		

La concentración de oxígeno en el aire ambiental es de un 21%, por lo que se puede decir que los materiales con el índice de oxígeno mayor a 22 son ininflamables.

38

14.2 Plásticos ininflamables con menos carga ecológica

- 1) Los polímeros modificados para ser difíciles de inflamarse se denominan materiales ininflamables, y están compuestos por :: ① polímeros y ② agentes retardadores de la inflamación y agentes que ayudan a retardar la inflamación.
- 2) Convencionalmente los agentes retardadores de inflamación son compuestos de fósforo, bromo o cloro. Los agentes que ayudan a retardar la inflamación son compuestos inorgánicos como trióxido de antimonio. Sin embargo, se ha empezado a sustituir los retardadores de inflamación del grupo halógeno por los de no halógeno (grupo de fosfato) debido a las **restricciones legales**.
- 3) **Mecanismo de inhibición de la inflamación:** ① **Inhibir la inflamación** por la trampa radical de cloro o bromo, ② **Carbonizar la superficie de los polímeros para inhibir la generación de gases de descomposición**, ③ **Inhibir la inflamación en cadena por la reacción endotérmica** por medio de sustancias como hidróxido de magnesio.
- 4) Hacer ininflamables a los plásticos bio-básicos con menos carga ecológica:

La forma de quemarse de los polímeros retardadores de inflamación con el índice de oxígeno mayor a 22 y la polilactida derivada de plantas es diferente a la de los polímeros convencionales. En 2007, utilizando esta combinación, se ha hecho la aleación de PLA y PC como polímeros básicos, dando la resistencia al impacto y logrando la mezcla homogénea del agente retardador de inflamación (organofosfato), para desarrollar un material certificado por la UL94, V-0. Este nuevo material es utilizado para el estuche de los equipos de computación.

Fuente: Masayuki Okoshi: "Plásticos", vol. 60, N011, p57

39

15. Transparencia de los plásticos

Algunos plásticos son transparentes, pero otros son opacos como los plásticos cristalinos. En los plásticos amorfos el índice de refracción es uniforme, esto permite a la luz avanzar linealmente. En el caso de los plásticos cristalinos, el índice de refracción varía según el área cristalina y la amorfa, y en la frontera de estas dos áreas la luz se refleja irregularmente, consecuentemente se ve opaco.

Tabla 6. Índice de refracción de materiales

Material	Índice de refracción
En el vacío	1.0
En el medio ambiente	1.0003
En el agua	1.33
Etanol	1.36
Vidrio de cuarzo	1.45
Polimetilmetacrilato	1.4893
Cristal	1.59
Poliestireno	1.59-1.592
polietileno-tereftalato	1.576

Revisado por la Federación de la Industria de Plásticos de Japón; "Entender bien los plásticos" (2010) p35, Editorial Nippon Jitsugyo Publishing

40

16. Características del epoxi

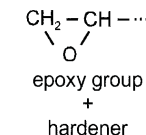
1. La resina epoxi es un producto de la polimerización por adición de la subunidad epoxi (que tiene una estructura de anillo de tres miembros formado por los átomos de carbono y oxígeno en una molécula) y un compuesto de hidrógeno activo. Es una denominación general de los oligómeros de bajo peso molecular. Su peso molecular es de unos cientos hasta unos diez mil.
2. Estas resinas tienen subunidades epoxi muy reactivas, por lo que se pueden obtener diferentes tipos de resina curada con diferentes cualidades, mezclándola con diferentes tipos de endurecedor según los objetivos específicos para obtener reacciones diferentes.

3. Prevalecen en las cualidades de:

- ① adhesión, ② termorresistencia, ③ propiedades mecánicas, ④ propiedades eléctricas, ⑤ propiedades anticorrosivas. Además son fáciles de moldear, por lo anterior, se utilizan ampliamente para la pintura, partes eléctricas y electrónicas, piezas de construcción, pegamentos y materiales compuestos.

4. Resinas epoxi representativas:

- (1) Bisfenol-A
- (2) Epoxi Novolac
- (3) Glycidylester



Yoshio Sato, Yasuyuki Murata: "Transformación por moldeo", vol.15 No.3, 199-207(2003)

41

16.1 Peligros de la resina epoxi y el agente endurecedor

Hay una etiqueta en el recipiente del producto para tener cuidado.

1. Puntos en los que se debe tener cuidado relacionados con los productos de resina epoxi:

Son productos que contienen ingredientes **irritantes** que provocan **reacción alérgica**, cuando se toca directamente el material con la piel o mucosas.

2. Puntos en los que se deben tener cuidado relacionados con los agentes endurecedores:

Son productos que contienen ingredientes corrosivos y nocivos cuando son inhalados, tienen contacto con la piel, o los tragan y pueden **provocar reacción alérgica** y quemar, cuando se toca directamente el material con la piel o mucosas.

Fuente: Asociación de la industria de resinas epoxi:
"Guía para manejar las resinas epoxi", www.epoxy.gs/eshgjapan.html

42

16.2 Equipo de seguridad para los operadores

1. Guantes: los guantes deben ser de hule nitrilo o butilo con un forro completo.
2. Protectores de ojos y cara: Máscara total para la cara, protectores de ojos, lentes de seguridad.
3. Overall desechable, pantalones y delantal para protección.
4. En el trabajo de mezcla se debe usar protectores de rodillas.
5. Se utiliza la mascarilla para gases según las necesidades.
6. Se unta la crema protectora en las partes expuestas del cuerpo que no puedan protegerse con los guantes y otros protectores.

Los contactos no planeados: ① cuando no tienen puesto el equipo de seguridad apropiado, ② por falta de atención, ③ cuando se maneja el producto con herramientas inadecuadas.

Hay que evitar los siguientes:

7. Usar trapos, zapatos y guantes llenos de resinas epoxi.
8. Usar y tocar las manijas y herramientas contaminadas con resinas epoxi.
9. Respirar vapores del producto de las resinas epoxi.

Los productos de epoxi ya curados no provocan peligros a la salud.

Fuente: Asociación de la industria de resinas epoxi:
"Guía para manejar las resinas epoxi", www.epoxy.gs/eshgjapan.html

43

17. Proporción de la mezcla del material reciclado y los cambios de las propiedades

La tabla muestra la relación entre el número de reciclajes de policarbonato reforzado con fibra de vidrio y la resistencia. En cuanto al plástico reforzado con fibra de vidrio, se destruye la fibra en las repeticiones de reciclajes, disminuyendo la resistencia. Sin embargo, cuando se mezcla un 30% del material reciclado con material virgen, no se presenta esta disminución de la resistencia.

Clasificación	Número de reciclajes	Largo promedio de la fibra μm	Resistencia a flexión Kgf/cm^2	Módulo de elasticidad por flexión Kgf/cm^2
Material virgen	-	241	1220	36,000
100% Reciclado	1	187	1130	33,700
	2	154	1070	31,600
	3	146	1040	30,900
	4	140	1110	30,200
30% Reciclado	1	-	1180	34,700
	2	-	1180	34,700
	3	-	1180	34,700
	4	-	1180	34,700

Tabla 7. Relación entre el número de reciclajes de policarbonato reforzado con fibra de vidrio y la resistencia

Editado por Seiichi Honma: "Cuaderno de la resina de policarbonato", p 479, (1992), Nikkan Kogyo Shinbun

44

18. Plásticos biodegradables

Los plásticos no se descomponen de manera natural. Para resolver este problema se han desarrollado plásticos biodegradables que se descomponen con la ayuda de microorganismos. Los plásticos biodegradables se denominaron "plásticos verdes". Para que los plásticos tengan la capacidad biodegradable y consecuentemente los microorganismos corten las cadenas moleculares, es necesario que los átomos de oxígeno estén integrados en las cadenas principales. Cuando hay oxígeno, los microorganismos cortan las cadenas principales, descomponiendo los polímeros, y finalmente quedan solamente agua (H_2O) y bióxido de carbono (CO_2).

Los plásticos derivados de los materiales biológicos como plantas se denominan "plásticos de biomasa". Uno de estos es la polilactida. Se ha mejorado la termorresistencia PLA y la resistencia al impacto, lo cual ha permitido usarlo para trastes y películas para las bolsas de basuras. También se usa como ingrediente para la aleación de plásticos.

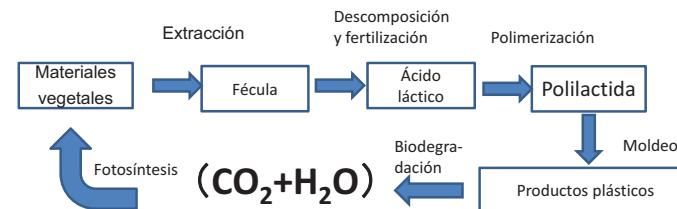


Fig. 19 Generación de polilactida y ciclo de biodegradación

Revisado por la Federación de la Industria de Plásticos de Japón; "Entender bien los plásticos", p61 (2010), Editorial Nippon Jitsugyo Publishing

45

19. Estructura del polímero

En la polimerización por adición el monómero es la unidad repetitiva, y en la policondensación la unidad repetitiva es la parte del enlace (enlace éster, enlace amida), formado como resultado de la polimerización de 2 diferentes monómeros para representar la estructura.

N es el número de polimerización, representando la repetición de monómeros.

Los átomos enlazados en las cadenas principales y en las ramificaciones y las formas de enlaces son relacionados con las características de los polímeros.

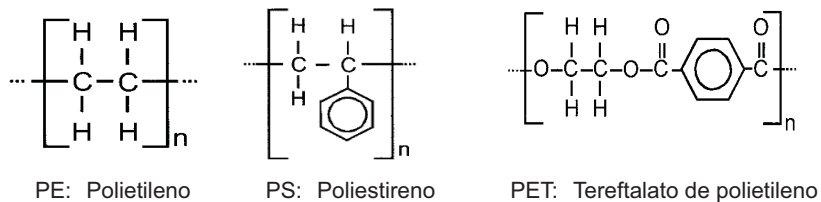


Fig. 20 Estructuras de polímeros representativos

46

M2 Materiales plásticos

M2-2 Identificación (métodos de clasificación de materiales)

2011/Sep/26, 27

1

Índice

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 Conocimientos generales de los métodos para la identificación de plásticos 2 Procedimiento para la identificación de plásticos 3 Claves para la identificación de materiales 4 Método de identificación de polímeros mediante prueba de combustión <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Estado de combustión de plásticos 4.2 Incombustibilidad 4.3 Auto-extinguibilidad 4.4 Inflamabilidad 5 Análisis de gases de destilación seca: Clasificación mediante medición del pH <ul style="list-style-type: none"> 5.1 Olores de gas de destilación seca 6 Densidad del plástico y solución de medición <ul style="list-style-type: none"> 6.1 Diagrama del sistema de identificación por densidad del plástico 6.2 Densidad de plásticos <i>comodities</i> y la temperatura de transición 6.3 Densidad de plásticos de ingeniería y la temperatura de transición 6.4 Densidad de plásticos de super-ingeniería y la temperatura de transición 6.5 Propiedades físicas del plástico transparente | <ul style="list-style-type: none"> 7 Análisis de contenidos elementales mediante análisis químico <ul style="list-style-type: none"> 7.1 Importancia del pretratamiento de muestras para el análisis 7.2 Detección de componentes elementales 7.3 Clasificación por grupos funcionales orgánicos 7.4 Solubilidad de polímeros 8 Análisis instrumentales para la identificación de plásticos <ul style="list-style-type: none"> 8.1 Calorimetría diferencial de barrido (DSC) <ul style="list-style-type: none"> 8.1 (1) Calorimetría diferencial de barrido: Curva de DSC 8.2 Espectroscopía infrarroja 8.2 (1) Gráficos de absorción característica de infrarroja 8.3 Cromatografía de gas (GC) - Espectrómetro de masa (MS) 8.4 Cromatografía de gas con desintegración térmica 8.5 Espectrometría de absorción atómica |
|--|---|

2

1 Conocimientos generales de los métodos para la identificación de plásticos

- (1) "Identificar" significa aclarar qué tipo de plástico es un plástico desconocido. La composición de plástico se refiere a los elementos componentes de un plástico y su proporción.
- (2) En la identificación del plástico, lo primordial es el análisis de componentes poliméricos, pero se identifican también los ingredientes.
- (3) Una cabal identificación del plástico debe llevarse a cabo mediante análisis cualitativos por fármacos o aparatos, análisis elementales, espectros de absorción de características producidos por la vibración y absorción de moléculas poliméricas, etc. En el piso de trabajo de moldeo, algunas veces se demanda una identificación rápida de algunas muestras desconocidas.
- (4) Se realiza la identificación de un modo sencillo, combinando la prueba de combustión, la medición de densidad o la de punto de fusión. Combinando estos métodos con el análisis elemental, el análisis de gas por destilación seca y la prueba de solubilidad, se identifican los polímeros en termoplásticos o termofijos y en cristalinos o amorfos. Además, en polímeros comodities o en plásticos de ingeniería.
- (5) Presentaremos los principales instrumentos que se emplean para la identificación de plásticos.
- (6) Identificadas las materias primas, se aprovechan para: ① prever las propiedades de productos moldeados; ② el control de calidad y las medidas preventivas contra productos defectuosos en el sitio de moldeo.

3

2 Procedimiento para la identificación de plásticos

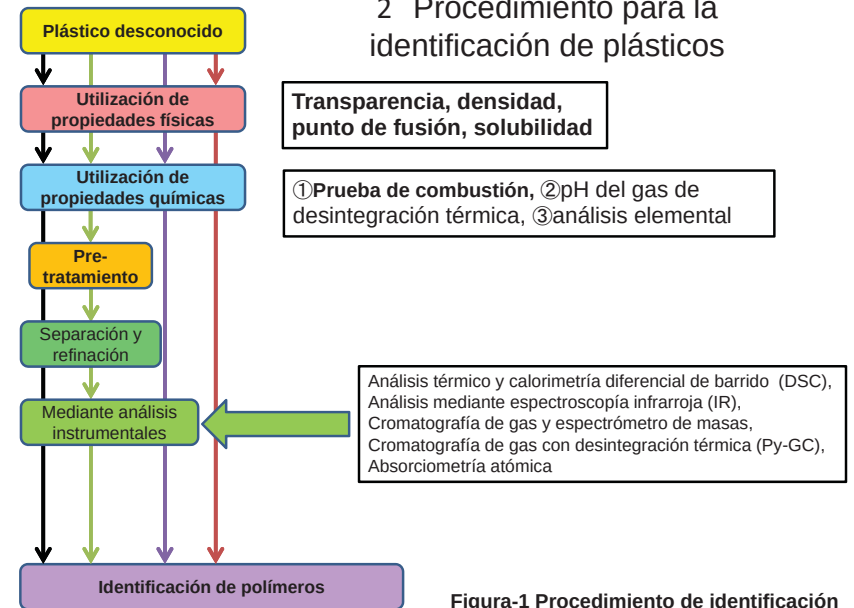


Figura-1 Procedimiento de identificación

4

3 Claves para la identificación de materiales

Técnicas de moldeo

- ① Moldeo por inyección (de pared delgada)
- ② Moldeo por extrusión: Películas, hojas, tubos, láminas, barras redondas
- ③ Moldeo por soplado
- ④ Termoformado y formado al vacío
- ⑤ Maquinado secundario

Funcionamientos requeridos

- ① Resistencia a sustancia química
- ② Termoresistencia
- ③ Resistencia mecánica
- ④ Resistencia al desgaste
- ⑤ Requerimiento eléctrico
- ⑥ Requerimiento óptico

Propiedades físicas

- ① ¿Transparente u opaco?
- ② Densidad: Si el plástico está elaborado con un solo polímero, se puede lograr una determinación aproximada mediante la medición de densidad.
- ③ ¿Se funde o se quema al ser calentado?
- ④ ¿Tiene punto de fusión o de ablandamiento? Lo representativo de los polímeros termoplásticos es la medición de punto de fusión.
- ⑤ Se puede medir la solubilidad a través del parámetro de solubilidad (SP). Se determina a través del solvente que tenga el valor de SP cercano al del polímero en cuestión, y que pueda ser materia prima del buen solvente.

Propiedades químicas

- ① Combustibilidad
- ② Absorción de agua
- ③ Resistencia a sustancia química (solubilidad de la estructura química)
- ④ Gas de desintegración térmica

Figura-2 Clave de la identificación de materias primas

5

4 Método de identificación de polímeros mediante prueba de combustión

La reacción de combustión depende de la estructura química del polímero o sus elementos componentes. Al quemarse las muestras cerca de la llama incolora del quemador, cada una reacciona a su propia manera.

La combustibilidad, el olor, el humo, la ceniza, entre otras cosas, son medios para identificar los polímeros fácil y rápidamente. Se acerca la muestra a la llama del quemador, se observa para identificar el polímero con base en el diagrama del proceso de identificación.

Dificultad de combustión

Arde o no arde. **Incombustibilidad:** PF, UF, MF, PVDC, resina de fluorocarbono (alto contenido de nitrógeno y halógeno)

Se extingue al alejarse de la llama. **Auto-extinguibilidad:** PVC, PET, PA

Continúa ardiendo aunque se aleja de la llama. **Inflamabilidad:** Los del grupo de olefina, como PE y PP, continúan ardiendo con pequeña llama pálida.

Estado de la llama

Humo: Sin presencia de humo, con escaso humo, con abundante humo

Cambio de estado físico

Sin goteo, con goteo (caen gotas de polímero mientras arde.)

Observar el estado posterior a la incineración

La incineración deja ceniza blanca o residuo negro

Oler

Figura-3 Identificación por prueba de combustión

6

4.1 Estado de combustión de plásticos



Foto-1 Combustión de plásticos

"Ciencia a través de las Fotos: Química Ilustrada (1999)", página 174, Editorial Suken

7

4.2 Incombustibilidad

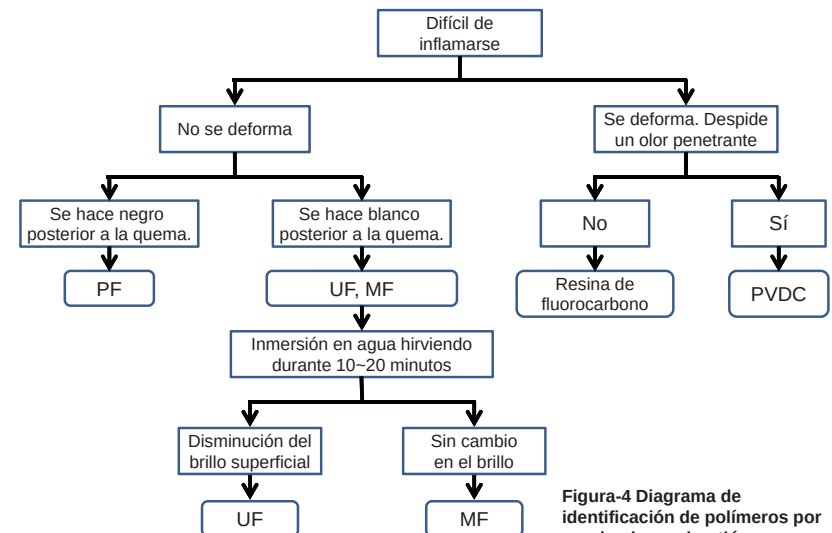


Figura-4 Diagrama de identificación de polímeros por prueba de combustión: Incombustibilidad

8

4.3 Auto-extinguibilidad

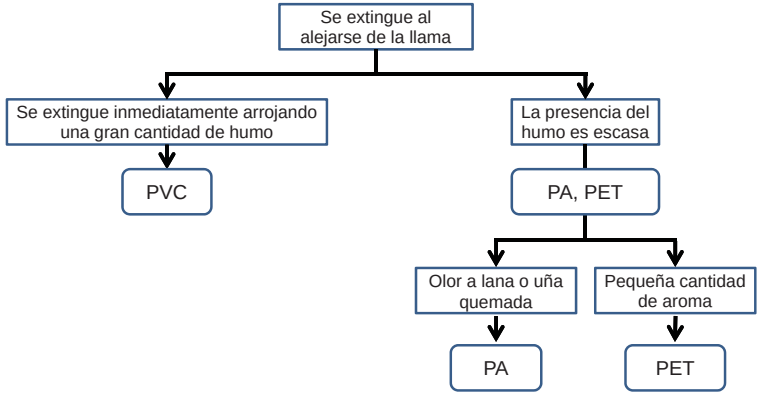


Figura-5 Diagrama de identificación de polímeros por prueba de combustión: Auto-extinguibilidad

4.4 Inflamabilidad

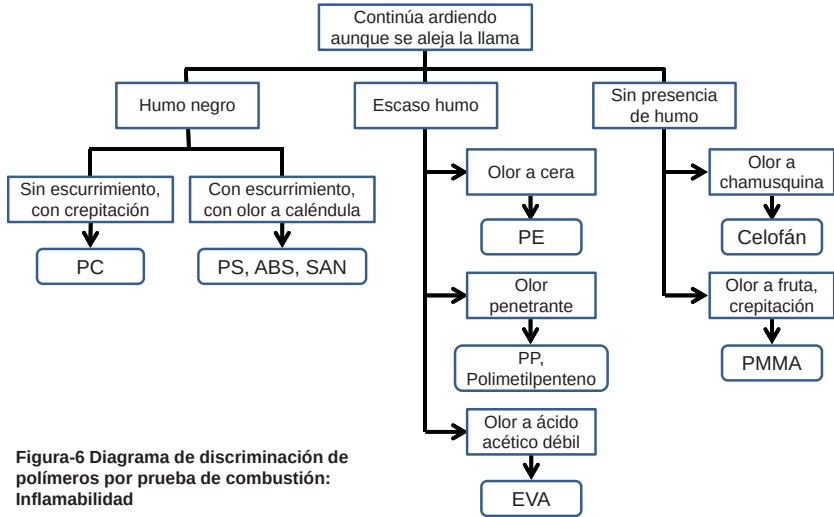
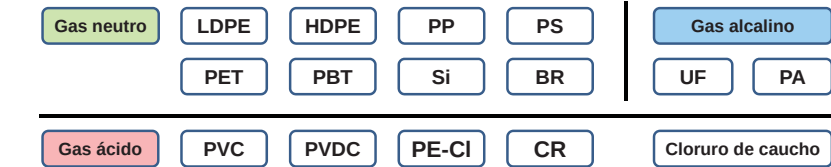


Figura-6 Diagrama de discriminación de polímeros por prueba de combustión: Inflamabilidad

5 Análisis de gases de destilación seca: Clasificación mediante medición de pH

Se genera el gas de desintegración térmica mediante la destilación seca de la muestra en el tubo de ensayo. Con el papel de tornasol se mide el pH del gas para clasificar el polímero. El gas generado por este método es producto de la desintegración térmica del polímero, pero hay que tener precaución ya que contiene, además, componentes volátiles derivados del solvente, aditivo y relleno.



Al calentar el polietileno dentro del tubo de ensayo para su desintegración térmica, se genera etileno. Al pasar éste por el agua de bromo, el bromo pierde su color.

Foto-2 Desintegración de plásticos y papel universal de prueba de pH

5.1 Olores de gas de destilación seca

El olor que se percibe en la prueba de combustión, se debe al olor de cada material monomérico que se despiden por la desintegración térmica.

Nombre del plástico	Olor
Resina fenólica: PF	Olor de fenol, olor de formaldehído
Resina de urea: UF	Olor de formaldehído, olor de pescado (amina)
Resina de poliéster insaturado: UP	Olor de monómero de estireno
Resina epóxica: EP	Olor penetrante propio de esta resina
cloruro de polivinilo: PVC	Olor penetrante de ácido clorhídrico
Polietileno: PE	Olor de parafina
Polistireno: PS	Olor de monómero de estireno
Poliamida: PA	Olor de proteína quemada
Polimetilmetacrilato: PMMA	Aroma de metacrilato
Policarbonato: PC	Olor penetrante propio de esta resina
Poliacetal: POM	Olor de formaldehído
Resina de acetato de celulosa (celuloide)	Olor de ácido acético

Cuadro-1 Olores del gas de destilación seca

6 Densidad del plástico y solución de medición

- ① Solución acuosa de etanol al 60% (densidad 0.89g/cm³)
- ② Solución acuosa de etanol al 55% (densidad 0.90g/cm³)
- ③ Solución acuosa de etanol al 50% (densidad 0.92g/cm³)
- ④ Agua (densidad 1.00g/cm³)
- ⑤ Solución acuosa de sacarosa al 10% (densidad 1.06g/cm³)
- ⑥ Solución acuosa de sal al 13.88% (densidad 1.10g/cm³)
- ⑦ Solución acuosa de sal al 20.28% (densidad 1.15g/cm³)
- ⑧ Solución de etilenglicol (densidad 1.26g/cm³)

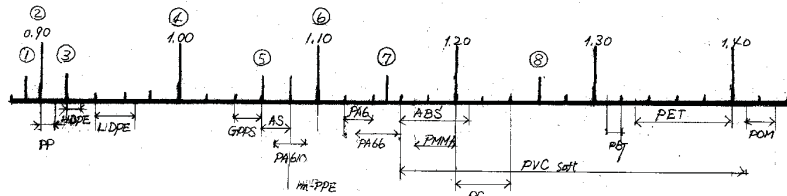


Figura-7 Distribución de densidad de plástico

13

6.1 Diagrama del sistema de identificación por densidad del plástico

En un tubo de ensayo con la solución mixta regulada, se introduce la muestra de plástico para realizar la identificación comparativa.

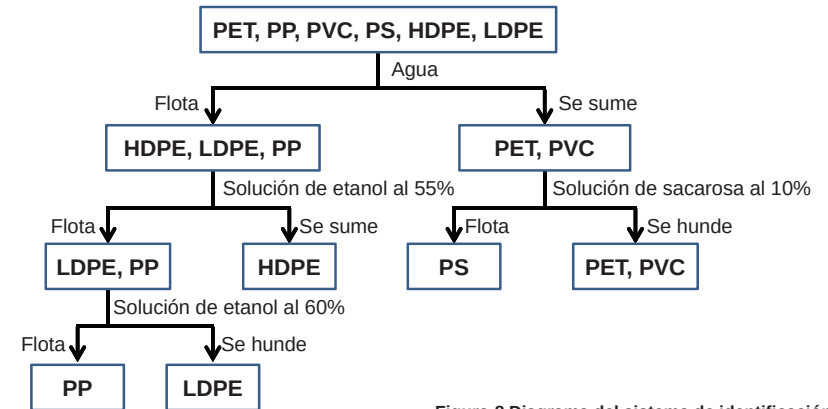


Figura-8 Diagrama del sistema de identificación por densidad de plásticos de uso general

14

6.2 Densidad de plásticos *comodities* y la temperatura de transición

Nombre del plástico	Densidad	Punto de fusión °C	Temperatura de transición vítrea °C
HDPE	0.94~0.96	125~135	-125,-100
LDPE	0.914~0.928	100~110	-100
LLDPE	0.92~0.94		
PP (Homo-polymer)	0.90~0.91	160~165	-20
GP PS	1.05		90~100
HI PS	1.00~1.05		-85
AS	1.06~1.08		
ABS	1.16~1.21		
ABS High-impact	1.01~1.05		
PVC soft	1.16~1.35		-50~80
PVC rigid	1.38~1.55	212~220	80
PMMA	1.15~1.19		105~120
PET	1.33~1.40	255~260	70~80

Cuadro-2 Densidad de plásticos *comodities* y la temperatura de transición

15

6.3 Densidad de plásticos de ingeniería y la temperatura de transición

Nombre del plástico	Densidad	Punto de fusión °C	Temperatura de transición vítrea °C
PA6	1.12~1.15	223	78
PA66	1.13~1.16	255~265	90
PA66 GF33%	1.33~1.34		
PA610	1.07~1.09	210~220	
POM (homo-polymer)	1.41~1.43	165~175	-70
PC	1.20~1.24		145
PC GF30%	1.40~1.43		
PBT	1.31~1.32	220~230	45~60
PBT GF30%	1.48~1.53		
PPE modify	1.08		

Cuadro-3 Densidad de plásticos de ingeniería y la temperatura de transición

16

6.4 Densidad de plásticos de super-ingeniería y la temperatura de transición

Nombre del plástico	Densidad	Punto de fusión °C	Temperatura de transición vítrea °C
PPS (para no reforzados)	1.34	285-290	85-95
PSF (amorfo)	1.24		190
PES (amorfo)	1.37		225-230
PSU (amorfo)	1.24-1.25		185-190
PPSF (amorfo)	1.29		220
PAR (amorfo)	1.21		193
LCP tipo II GF30	1.62		
PEEK	1.32	334-340	143
PI (térmico)	1.36-1.43		250

Cuadro-4 Densidad de plásticos de super-ingeniería y la temperatura de transición

17

6.5 Propiedades físicas del plástico transparente

- ① Se clasifica a grandes rasgos en los grupos PMMA, PC y PS.
- ② La resina PC difiere de otros materiales transparentes por su alto grado de transparencia, tenacidad y temperatura de deformación térmica.
- ③ La diferencia entre los grupos PMMA y PS radica en la densidad y el factor de refracción.

Conceptos	Unidad	PMMA	PC	PS	SAN
Factor de transmitancia óptica	%	92-93	87-89	88-90	90
Factor de refracción	-	1.49	1.59	1.59	1.57
Temperatura de deflexión en caliente	°C	100	138-142	70-100	80-95
Densidad		1.19	1.20	1.06	1.07
Resistencia al impacto Izod	Kg/cm/cm	2.2-2.8	80-100	1.4-2.8	2.5-3.0

Cuadro-5 Propiedades del plástico óptico

Fuente: "Progreso de las Resinas Transparentes" por Fumio Ide, 2001, pág.49, Comisión de Estudios Industriales

18

7 Análisis de contenidos elementales mediante análisis químico

El análisis químico es una técnica empleada para determinar, a través de algunas sustancias químicas, los elementos contenidos en el polímero, que permite identificar exactamente el material. En el caso de elementos como nitrógeno, halógeno, azufre y fósforo, es posible realizar el análisis cualitativo rápida y fácilmente usando métodos relativamente sencillos.

Después de quemar el plástico en un crisol de cerámica o platino e incinerarlo en el horno eléctrico a temperatura de 400 a 600° C, se elabora una solución no diluida; o se efectúa el análisis inorgánico húmedo mediante el gas de desintegración térmica por destilación seca.

- ① **Nitrógeno:** Se realiza la desintegración térmica de una pequeña cantidad de muestra en un tubo de ensayo, agregándole decenas de tantos de cal sodada. Si el gas de desintegración térmica azula el papel de tornasol o el indicador BTB (azul de bromotimol), existe amoníaco y se comprueba la presencia del nitrógeno.
- ② **Azufre:** Al calentarse una pequeña cantidad de muestra en un tubo de ensayo, agregándole hidróxido de sodio, el azufre se convierte en sulfuro sódico (Na_2S). Si se le agrega una solución acuosa de acetato de plomo, se obtiene una precipitación negra de sulfuro de plomo.
- ③ **Halógeno:** Después de poner la muestra de plástico en contacto con un alambre de cobre limpio y ardiente, se la acerca a la llama incoloro del mechero Bunsen. Si se observa una reacción de coloración de llama en verde, se comprueba la presencia del halógeno (polímero con contenido de cloro volátil proveniente del cobre haloideo).

19

7.1 Importancia del pretratamiento de muestras para el análisis

- (1) Se limpia y se separa con solvente orgánico el lubricante, el colorante seco, etc., que puede tener el pellet de resina.
- (2) La separación de los componentes poliméricos de los materiales de mezcla se efectúa, por lo general, mediante solvente.
En el caso de muestras que contengan sustancias insolubles, a través de la incineración y eliminación de las sustancias orgánicas por desintegración a alta temperatura, se obtienen como residuo sólo los materiales de relleno y de reforzamiento, lo cual facilita la identificación (método de incineración seca).
- (3) Se obtiene cada componente por separado, mediante los procesos de extracción mediante solventes orgánicos, solución, reprecipitación, filtración, centrifugado, etc. En este caso, lo importante es el comportamiento del plástico ante el solvente.
 - ① Aunque los polímeros termofijos no se disuelven normalmente en el solvente, los componentes no termofijados se pueden obtener por extracción. Éstos permiten hacer análisis para identificarlo.
 - ② En el caso de los polímeros termoplásticos, se pueden obtener del líquido resultante de la extracción, el plastificante y otros materiales de mezcla para su identificación.
- (4) Si la muestra es de la película de capas múltiples, se calienta dentro del solvente para el desprendimiento de capas y al diluirse se puede separar componentes por disolución.

20

7.2 Detección de componentes elementales

Detección de hidrógeno:
Comprobación de H_2O : Al ponerse en contacto el líquido producido cerca de la boca del tubo con el anhidrido blanco de sulfato de cobre (II), éste se convierte en pentahidrato de color azul.

Detección de carbono:
Comprobación de CO_2 : Al pasar por el agua de cal el gas saliente del tubo, el agua adquiere turbidez blanca.

Detección de azufre:
Comprobación de S^{2-} : Al agregarse acetato de plomo (II) $Pb(CH_3COO)_2$, se genera precipitación negra de sulfuro de plomo (II) PbS .

Detección de nitrógeno:
Comprobación de NH_3 : Al acercarle al gas generado un papel de tornasol rojo humedecido, éste se vuelve azul.

Detección de cloro:
Comprobación de Cu^{2+} : Se puede observar la reacción de coloración de llama en verde azulado debido al Cu^{2+} .

Alambre de cobre
Goma de borrar de plástico

Al calentarse la muestra finamente picada y mezclada con óxido de cobre (II) (CuO), convierte el elemento carbono C en CO_2 y el hidrógeno H en H_2O .

Al calentarse con hidróxido de sodio $NaOH$, el nitrógeno N se convierte en NH_3 y el azufre S en sulfuro sódico Na_2S .

Foto-3 Análisis elemental usando goma de borrar de plástico y clara de huevo

Fuente: "Ciencia a través de las Fotos: Química Ilustrada (1999)", página 142, Editorial Suken

21

7.3 Clasificación por grupos funcionales orgánicos

Nombre del grupo funcional	Grupo funcional	Nombre del compuesto	Propiedades del compuesto
Hidroxilo	$-OH$	Alcohol Fenol	La solución acuosa es neutra . Reacciona con Na. La solución acuosa es de ácido débil . Reacciona con Na.
Aldehído	$-C(=O)H$	Aldehído	Muestra reductibilidad. Se convierte en grupo carboxílico a partir de la oxidación.
Cetona	$-C(=O)-$	Cetona	Neutro
Carboxilo	$-C(=O)OH$	Ácido carboxílico	Se forma éster. Sus propiedades son ácidas.
Nitro	$-NO_2$	Nitrocompuesto	Neutro
Amino	$-NH_2$	Amina	La solución acuosa es alcalescente. Se disuelve en soluciones ácidas formando sales.
Sulfo	$-SO_3H$	Ácido sulfónico	La solución acuosa es de ácido débil. La sal alcalina es neutra.
Enlace éter	$-O-$	Éter	La solución acuosa es neutra. No reacciona con Na.
Enlace éster	$-C(=O)O-$	Éster	La solución acuosa es neutra. Tiene aroma.

Cuadro-6 Clasificación de radicales funcionales

22

7.4 Solubilidad de polímeros

Polímero	Buen solvente	Mal solvente
PE/PP	Tolueno caliente, diclorobenceno	La mayoría de otros solventes excepto los mencionados en espacio izquierdo
PMMA	Cloruro de metileno, cloroformo, dioxano, MEK, acetato de etilo	Hexano, ciclohexano, metanol
PVAL	Agua, DMF	Hexano, cloroformo, etanol, THF
PVC	THF, MEK, ciclohexano, DMF	Hexano, benceno, etanol, acetona
PVDC	THF caliente, tricloroetanodiolclorobenceno, dioxano	Hexano, cloroformo, etanol
PTFE	Perfluoroqueroseno ($350^\circ C$)	Todos otros solventes
PVAC	Benceno, tolueno, cloroformo, MEK, THF, acetona, metanol	Hexano, tetracloruro de carbono, éter, agua
PS	Ciclohexano, benceno, tolueno, cloroformo, THF, MEK, acetato de etilo	Hexano, éter, acetona, etanol, metanol
PET	Fenol, nitrobenzono, hexafluoroisopropanol	Hexano, cloroformo, MEK, éter, etanol
PA6	Clorofeno, ácido fórmico	Lo mismo que los listados arriba

Cuadro-7 Solubilidad de polímeros

23

8 Análisis instrumental para la identificación de plásticos

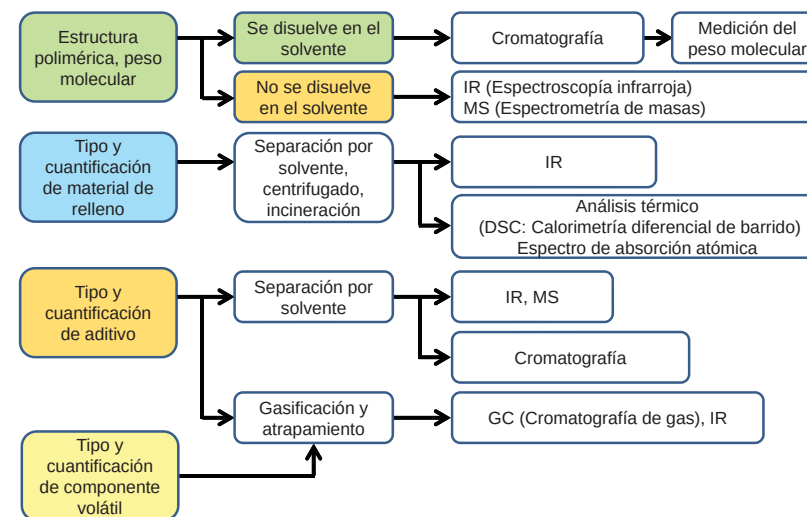


Figura-9 Métodos de análisis de componentes

24

8.1 Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Es una técnica termoanalítica para medir la diferencia de calor entre la muestra y la referencia. Primeramente se colocan la muestra y la referencia en sus respectivas bandejas en el mismo horno, donde la temperatura va en ascenso y descenso a una velocidad constante, para analizar las transiciones térmicas de la muestra. En la gráfica se usan las funciones de temperatura y tiempo.

Se pueden identificar los plásticos mediante la medición de: ① temperatura de fusión, ② temperatura de transición vítrea, ③ temperatura de desintegración térmica, temperatura de cristalización, etc.

Como por ejemplo, en el caso de los plásticos termofijos se emplea para analizar los estados, la aclaración de la reacción de endurecimiento.

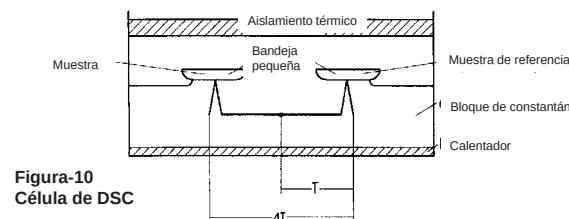


Figura-10
Célula de DSC



Foto-4 Catálogo de PerkinElmer, DSC4000

Fuente: Gerd Potsch: Injection Molding An Introduction, 1995, p.38, Hanser

25

8.1(1) Calorimetría diferencial de barrido: Curva de DSC

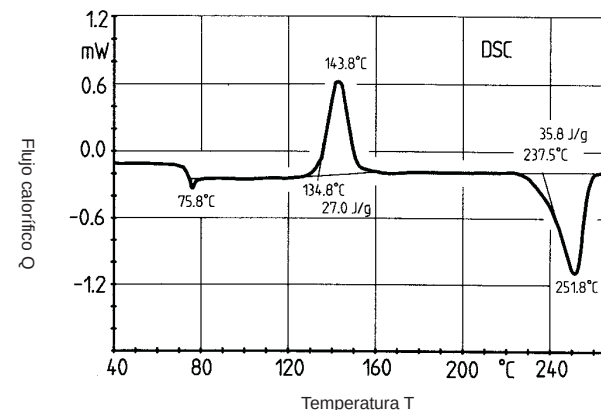


Figura-11 Gráfico del PETP amorfo (película de muestra)

Fuente: Gerd Potsch Walter Michaeli: Injection Moldin An Introduction, p.39 (1995), HANSER

26

8.2 Espectroscopía infrarroja

Los rayos infrarrojos funcionan para calentar los objetos que reciben su radiación. Al exponerse un compuesto orgánico a los rayos infrarrojos, las moléculas del compuesto que tienen la misma frecuencia vibracional que la de rayos infrarrojos absorben estos rayos.

El equipo detecta el estiramiento o contracción del enlace molecular y obtiene el espectro propio de la estructura molecular.

El espectro que se obtiene siempre muestra el mismo modelo de espectro si se trata del mismo objeto, al igual la huella dactilar.

Es un método de medición fácil y capaz de analizar todo tipo de muestras, ofreciendo una buena repetibilidad. El método más empleado es el análisis de espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FT-IR).

Figura-12 Modelo de vibración molecular

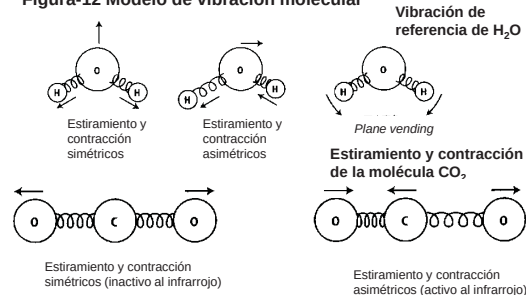


Foto-5 Espectroscopía
infrarroja (Nihon Bunko)

27

8.2 (1) Gráficos de absorción característica de infrarroja

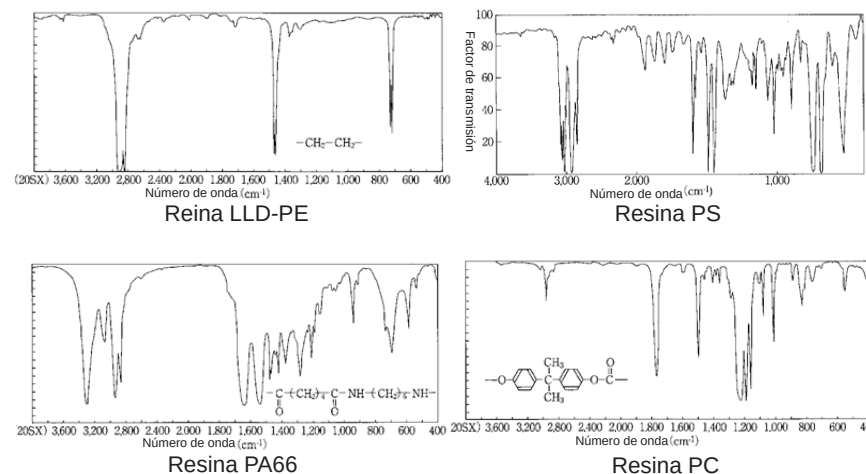


Figura-13 Gráficos de absorción característica de infrarroja

28

A-52

Se emplea principalmente para analizar compuestos orgánicos, con la finalidad de separar unos componentes de otros de la muestra a analizar, o los ingredientes heterogéneos de la misma.



29

Es un equipo de desintegración térmica en diferentes fases, que permite hacer la extracción térmica de materiales de mezcla de la muestra de plástico, como el plastificante, el antioxidante, entre otros, lo que facilita el análisis de los mismos.

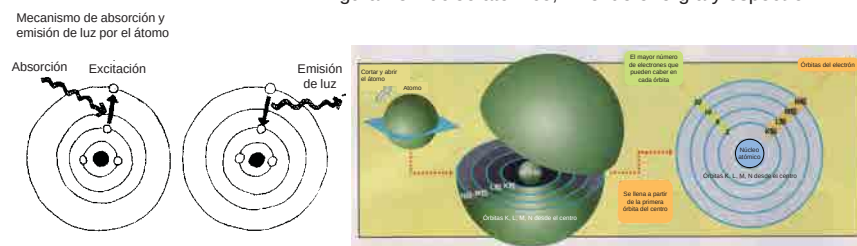


Foto-6 Vista exterior de la estructura de PyGC

30

② Espectrometría de absorción atómica sin llama, en la que se mete la muestra en un tubo de grafito para ser atomizada por calor producido por corriente eléctrica. Se pueden detectar elementos inorgánicos como los metales, y como fuente luminosa se utilizan diferentes lámparas según el compuesto químico a analizar.

Figura-15 Núcleo atómico, nivel de energía y espectro



31

M2 Materiales plásticos

M2-3 Clasificación

Contenido

1. ¿Qué es el plástico?
 - 1.1 ¿Qué es el plástico?
 - 1.2 ¿Qué es la macromolécula?
 - 1.3 Resinas y fibras sintéticas, pinturas y pegadmentos
 - 1.4 Historia del desarrollo
2. Método de clasificación
 - 2.1 Plásticos termoplásticos y termofijos
 - 2.2 Plásticos cristalinos y amorfos
 - 2.3 Clasificación usando como referencia la temperatura de resistencia térmica a largo plazo
3. Árbol de clasificación
4. Plásticos termoplásticos (signos, denominaciones de polímeros, sus características)
 - 4.1 Plásticos de *commodities* (cristalinos)
 - 4.2 Plásticos de *commodities* (amorfos)
 - 4.3 Plásticos de ingeniería (cristalinos)
 - 4.4 Plásticos de ingeniería (amorfo)
 - 4.5 Plásticos de super-ingeniería (cristalinos)
 - 4.6 Plásticos de super-ingeniería (amorfo)
5. Plásticos termofijos (signos, denominaciones de polímeros y sus características)
6. Volumen de materiales plásticos producidos en Japón en 2009 y la proporción entre polímeros termoplásticos y termofijos
7. Volumen de fabricación de productos plásticos de Japón en 2007
8. Número total de centros manufactureros de productos plásticos de Japón en 2007

1. ¿Qué es el plástico?

1.1 ¿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.

(1) 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. Se puede dividir en dos clases de macromoléculas; naturales y sintéticas. El hule, plásticos, fibras y papel son materiales de macromoléculas.



Dentro del material termoplástico a temperatura ambiental las cadenas moleculares están enredadas con poca libertad de moverse, por lo que son sólidas.

Al subir la temperatura, el movimiento de las cadenas moleculares se vuelve intenso, permitiéndoles moverse y consecuentemente fundirse.

Fig. 1 Principio de plastificación

1. ¿Qué es el plástico?

(2) Elasticidad y Plasticidad:

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 aún cuando se quite dicha fuerza exterior. La termoplaticidad es la característica presentada al aplicarse calor.

Elasticidad:

Cuando un objeto recibe una fuerza exterior, se genera una deformación, la cual tiende a regresar a su estado original. La elasticidad es esta característica de regresar a la forma original, y al objeto que tiene esta característica se le llama elástico.

- (3) **Resinas sintéticas:** En el pasado, se le denominaba resinas sintéticas a los materiales fabricados sintéticamente para hacer una distinción con la resina natural. En la actualidad, esta palabra se usa en el mismo sentido que el plástico.

1.¿Qué es el plástico?

1.2 ¿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 carbono. 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.

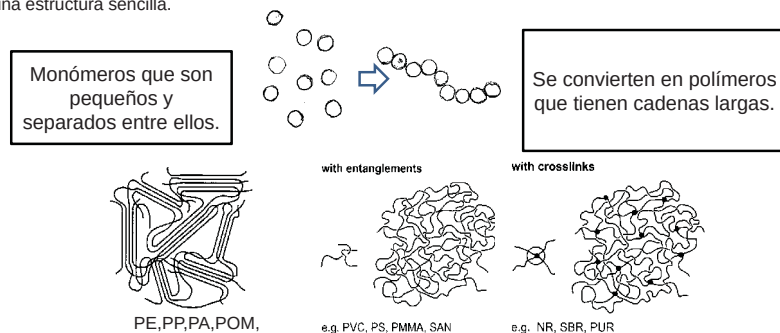


Fig. 2 Relación entre monómero y polímeros

5

1.¿Qué es el plástico?

1.3 Resinas y fibras sintéticas, pinturas y pegamentos

Todos son combinaciones de macromoléculas, pero tienen apariencia diferente ya que la direccionalidad y la forma de unión de las cadenas son diferentes.

(1) **Las resinas sintéticas** tienen cadenas moleculares en diferentes direcciones, por lo que los plásticos en general tienen características similares en todas direcciones.

(2) **Las fibras sintéticas** son moldeadas para tener una estructura de cadenas moleculares delgadas orientadas en la misma dirección (hilado y extendido). Esta estructura permite tener una alta resistencia a la tensión en la dirección de extensión del textil. Además, al usar esta fibra en ambas direcciones vertical y horizontal en el momento de tejer, se obtiene tela y ropa resistentes. Se utiliza una macromolécula cristalina.

6

1. ¿Qué es el plástico?

(3) **Pintura:** Se puede clasificar en general la pintura en las siguientes clases; ① pintura a base de agua, ② pintura de aceite, ③ pintura laca. La pintura está compuesta del material que queda como capa de pintura y el solvente que se evapora. La capa de pintura está formada de (1) pigmento, (2) resina y (3) aditivo.

Como resina sintética se utiliza principalmente un polímero termofijo como la resina acrílica, la resina arguido, el poliuretano, el epóxico, el alkilfenol modificado, así como la nitro celulosa, un derivado de la celulosa. Como polímero termoplástico, se usa el polivinil acetato y las resina derivadas del petróleo.

(4) **Pegamento sintético:** Se usa un polímero termofijo que tiene una fuerte adherencia química como la resina fenólica, el resocinol modificado, la resina de urea, la resina de melanina, el poliuretano, la resina epóxica.

Fuente: Texto de plástico del Instituto de Investigaciones Técnicas de la Ciudad de Osaka (2009) p61-204, *Plastic Age Co. Ltd.*

7

1. ¿Qué es el plástico?

1.4 Historia de su Desarrollo

(1) En 1870 los hermanos **Isaiah** y **John Hyatt** descubrieron que la nitro celulosa puede ser plastificada con alcanfor. El "celuloide", fue entonces el primer termoplástico. Los hermanos Hyatt desarrollaron una máquina de inyección de celuloide, tomando como ejemplo el método de inyección de metales. Posteriormente a esto, ha prosperado el desarrollo de las máquinas mezcladoras y las máquinas de extrucción de resinas como hule y celuloide.

(2) **Leo Baekeland** desarrolló la baquelita en 1907. Fue la primera resina sintética desarrollada por la humanidad. Se obtuvo este material, mezclando un compuesto fenólico con formaldehído.

(3) En 1924 Herman Staudinger definió que polímero es una molécula con una estructura de cadena larga. Esto se posicionó como una idea básica para sintetizar macromoléculas.

(4) En 1927 se desarrolló el acetato (acetilcelulosa) y el cloruro de vinilo.

8

1. ¿Qué es el plástico?

(5) A partir de la segunda mitad de los 30, se empezó a usar el cloruro de vinilo para pintura de laca y material para discos de música.

Wallace Carothers de la empresa Du Pont, desarrolló por primera vez en el mundo la forma de sintetizar poliéster y poliamida. En 1938 inició la producción industrial de nilón. Desarrollaron el poliuretano, poliestireno y la resina de melanina.

(6) Hay una patente de máquina de inyección de 1872 en los EEUU. La máquina *tipo plunger* (émbolo) fue fabricada en 1926. La máquina actual de inyección tipo rotatorio fue desarrollada en 1956.

Osswald, Menges, edición Kunihiko Takeda: "Ingeniería de plásticos para ingenieros", p3-7 (1997), Editorial Sigma

F.Johannaber: Injection Molding Machines A user's Guide, 2E(1983)P13 Hnaser

9

2. Método de clasificación

Fig.3 Clasificación de la estructura molecular y sus dibujos

2.1 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.

La solidificación por calentamiento ocurre por efecto del aditivo endurecedor al ser calentado, provocando la reacción de puentes que conectan las cadenas macromoleculares. Por lo anterior, es difícil de volver a fundirse aun con calor posterior, evitando el cambio en la estructura.

10

2. Método de clasificación

Se clasifica a los polímeros por su comportamiento térmico.

- ① Característica de fundición: polímero termoplástico
- ② Característica de curado: polímero termofijo

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 PE-HD, y 35 a 45% para PA y 70 a 80% para POM.

11

2. Método de clasificación

2.2 Plásticos cristalinos y amorfos

Hay una forma de clasificar los polímeros termoplásticos, dividiéndolos entre polímeros cristalinos y amorfos.

Además de este criterio, se pueden dividir por medio de la resistencia del material y la temperatura permisible para el uso continuo de la pieza, criterios utilizados principalmente para piezas industriales.

Tabla 1. Clasificación de polímeros según la temperatura de termorresistencia y morfología

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

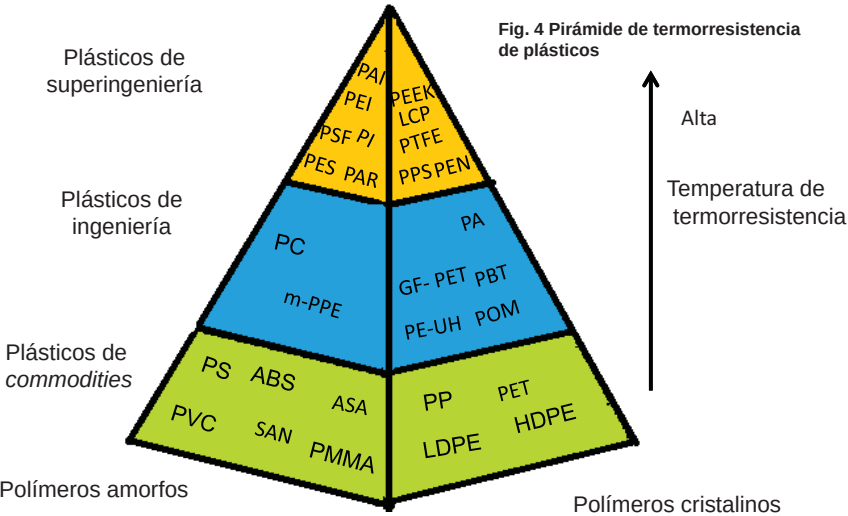
12

2. Método de clasificación

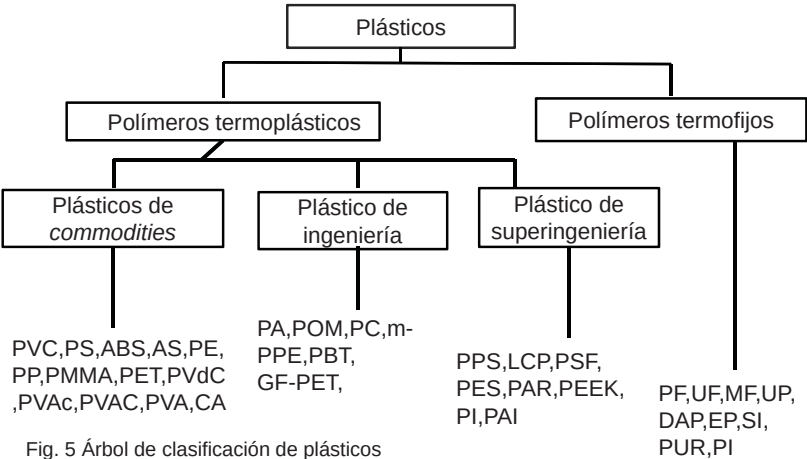
La temperatura de resistencia térmica a largo plazo es un método de prueba establecido por *UL standard 746B*. Para evaluar los termoplásticos, la resistencia a la tensión, a golpes y la resistencia dieléctrica (*breakdown strength*) son parámetros. La probeta será expuesta en el ambiente de alta temperatura por 100,000 horas y la meten a la prueba. Se determina la temperatura a la que el valor de cada una de las resistencias llegue a un 50% del valor original.

*1: LCP. Tiene características de cristal líquido (estado intermedio entre el cristal y el líquido). Fluye a una temperatura más baja que la de fusión y es opaco. Tiene la característica de convertirse en un líquido transparente al rebasar la temperatura de fusión.

2. Método de clasificación
2.3 Clasificación de plásticos teniendo como criterio la temperatura de resistencia térmica a largo plazo



3.Árbol de clasificación de plásticos



Fuente: Toshihide Inoue, coautor, "Engineering Plastics" p2 (2004), Kyoritsu Shuppan

4. Polímeros termoplásticos (signos, denominaciones de polímeros y sus características)

4.1 Plásticos de commodities (cristalinos)

Signos	Denominación del polímero	Características
PE	polietileno	Ligero, flexible, buen aislamiento eléctrico, buena resistencia a los fármacos, buen nivel de sellado por calor con resistencia al agua, malo para impresión y adhesión.
PP	polipropileno	Más transparente que el PE, alta temperatura de ablandamiento, resistente a las flexiones repetidas, malo para impresión y adhesión.
PET	polietileno-tereftalato	Buena termorresistencia, buen aislamiento eléctrico, eficiente en la barrera de gases, buena resistencia a los solventes. La película orientada es resistente.

4. Polímeros termoplásticos (signos, denominaciones de polímeros y sus características)

4.2 Plásticos de commodities (amorfo)

Signos	Denominación del polímero	Características
PS	poliestireno	Transparente, buen aislamiento eléctrico, poco resistente a los solventes, frágil, baja temperatura de ablandamiento.
SAN	copolímero de acrilonitrilo-estireno	Transparente, fuerte resistencia, mejor termorresistencia que el PS, resistente al clima, buena resistencia al aceite, poca formabilidad que el PS.
ABS	copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno	Resistente, buen brillo, buena resistencia a fármacos y al aceite. Buena propiedad para galvanización
PMMA	Polimetilmetacrilato	Transparente, buena resistencia al clima y buenas propiedades ópticas.
PVC	cloruro de polivinilo	Buena resistencia a fármacos, buen aislamiento eléctrico, poca termorresistencia. Se generan gases de cloruro de hidrógeno al quemarse.
PV d C	cloruro de polivinilideno	Estable para fármacos. Difícil de transmitir gases y vapor. Incombustible. (Se usa bajo la copolimerización.)
PVAc	Polivinilacetato	La temperatura de transición vítrea es 28°C. HDT: 38°C. No es apto para materiales de moldeo. Se usa para pegamentos, pintura y chicle para comer.
PVA	Polivinilalcohol	Fibra sintética de vinilón. Difícil de electrizar. Baja capacidad para transmitir oxígeno por lo que se usa para la película de empaques para alimentos. La propiedad de absorción de agua es grande.

17

4. Polímeros termoplásticos (signos, denominaciones de polímeros y sus características)

4.3 Plásticos de ingeniería (cristalinos)

Signos	Denominación del polímero	Características
PA	poliamida	Resistente, buena resistencia al aceite y al desgaste, eficiente en la barrera de gases, buena higroscopicidad.
POM	polioximetileno	Propiedades similares a las de la PA, buena resistencia a creep (deformación progresiva) y a los solventes. (Al descomponerse genera olor a formalina.)
PBT	polibuteno tereftalato	Buena termorresistencia, buen aislamiento eléctrico, eficiente en la barrera de gases, buena resistencia a los solventes. La película orientada es resistente.
PE-UHMV	weightpolietileno de ultra alto peso molecular	Buena resistencia al desgaste, golpes, eficiente para la auto-lubricación.

18

4. Polímeros termoplásticos (signos, denominaciones de polímeros y sus características)

4.3 Plásticos de ingeniería (amorfo)

Signos	Denominación del polímero	Características
PC	policarbonato	Resistente, buenas propiedades eléctricas, buena termorresistencia, buena resistencia al frío, transparente.
m-PPE	óxido de polifenileno modificado	Resistente, buena termorresistencia, buena resistencia a creep (deformación progresiva) y al vapor de agua.

19

4. Polímeros termoplásticos (signos, denominaciones de polímeros y sus características)

4.5 Plásticos de superingeniería (cristalinos)

Signos	Denominación del polímero	Características
PPS	sulfuro de poli-fenileno	La termorresistencia, incombustibilidad, resistencia a fármacos, aislamiento eléctrico, fluidez en estado de fusión son altos.
LCP	polímero de cristal líquido	Baja viscosidad en estado de fusión, termorresistente, alta resistencia (gran anisotropía), bajo coeficiente de dilatación lineal, baja higroscopicidad, excelente estabilidad en dimensiones.
PEEK	polieteretercetona	Termorresistente permite su uso continuo a la temperatura de 240 grados centígrados. Buena incombustibilidad, excelente resistencia a la fatiga y a los fármacos.
PTFE	polímero de fluorocarbono	Resina de flúor. Excelente termorresistencia, resistencia al frío, a fármacos, al agua caliente, al clima. No adherente, poca resistencia al desgaste. Excelente propiedad en alta frecuencia.
PEN	polietileno naftalato	Temperatura de 230 grados centígrados para uso continuo. Buena resistencia a creep (deformación progresiva), buena propiedad tribológica, resistente al agua caliente y a fármacos, buena incombustibilidad y resistencia a la fatiga.

20

4. Polímeros termoplásticos (signos, denominaciones de polímeros y sus características

4.6 Plásticos de superingeniería (amorfos)

Signos	Denominación del polímero	Características
PAR	polialilato	Buena termorresistencia, eficiente en la barrera para rayos ultravioleta, buena resistencia a los golpes, dureza en la capa superficial, buena resistencia a <i>creep</i> (deformación progresiva). Débil al agua caliente y al vapor de agua.
PSF	polisulfona	Transparente, excelente ductilidad, termorresistencia, resistencia a la hidrosis. Débil a los solventes orgánicos. Buena resistencia a <i>creep</i> (deformación progresiva).
PEI	polieterimida	Transparente, excelente termorresistencia, propiedades mecánicas, incombustibilidad, propiedades eléctricas. Débil al a los solventes orgánicos.
PI	poliamida	Termorresistente, permite su uso continuo a la temperatura de 250 grados centígrados. Excelente incombustibilidad, resistencia a la fatiga, resistencia mecánica, resistencia al desgaste y a <i>creep</i> (deformación progresiva).
PES	polietersulfona	Transparente. Excelente termorresistencia, resistencia a la hidrosis, resistencia a <i>creep</i> (deformación progresiva). Buena incombustibilidad, resistencia a fármacos.
PAI	poliamida-imida	Temperatura de 250 grados centígrados para uso continuo, incombustibilidad, resistencia a la fatiga y al desgaste.

21

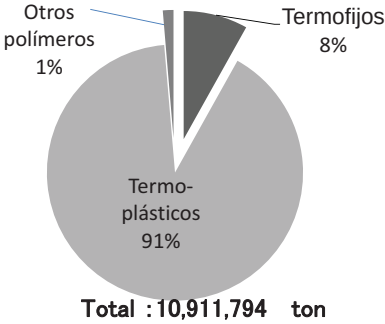
5. Polímeros termofijos (signos, denominaciones de polímeros y sus características)

Signos	Denominación del polímero	Características
PF	resina fenólica	Buena propiedad eléctrica, resistencia, termorresistencia. (Color oscuro y débil con álcali.)
UF	urea formaldehído	Incoloro y libre para pintarse. Otras propiedades son similares a las del PF. Económico. No es bueno en termorresistencia ni resistencia al agua.
MF	melamina formaldehído	Se parece al UF, pero la dureza es grande y buena termorresistencia y resistencia al agua.
UP	poliéster no saturado	Es posible moldear a baja presión. El reforzado con fibra de vidrio es bastante resistente.
DAP	resina dialil-ftalato	Es posible moldear a baja presión. Bueno en aislamiento eléctrico, estabilidad dimensional, resistencia a los fármacos.
EP	epoxi	Buena adhesión con metal y sustancia inorgánica. Buena resistencia a los fármacos.
SI	silicona	Bueno en aislamiento eléctrico, termorresistencia, buena repelencia al agua. (Hay materiales en líquido, viscoso y resina.)
PUR	poliuretano	Tiene elasticidad, resistente, buena resistencia al desgaste y al aceite. (Débil con ácido, álcali y agua caliente.)
PI	poliamida	Buena termorresistencia, resistencia a la oxidación a alta temperatura, excelente resistencia, buen aislamiento eléctrico.

22

6. Volumen de materiales plásticos producido en Japón en 2009

resina fenólica	PF	227,006
urea formaldehído	UF	72,974
melamina formaldehído	MF	92513
poliéster no saturado	UP	117401
resina dialil-ftalato	PDAP	63458
epoxi	EP	149386
poliuretano	PU	163082
Total de polímeros termofijos		885,820
polietileno	PE	2805123
poliestireno	PS	799684
AS	AS	92394
ABS	ABS	348369
polipropileno	PP	2410807
Resina de origen petróleo		112055
polimetilmetacrilato	PMMA	165831
polivinilalcohol	PVA	192386
cloruro de polivinilo	PVC	1668119
cloruro de polivinilideno	PVdC	67565
poliamida	PA	188820
resina de flúor		14687
poli carbonato	PC	280334
polioximetileno	POM	82719
polietileno-tereftalato	PET	500469
polibutileno tereftalato	PBT	122221
óxido de polifenileno modificado	m-PPE	27741
Total de polímeros		9879324
Otros polímeros		146650
Total		10,911,794



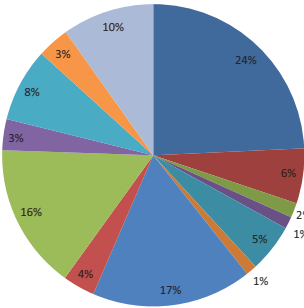
Proporción entre polímeros termoplásticos y termofijos

Plásticos: vol61,No.6p25,(2010),
Comité de Investigación Industrial

23

7. Volumen de fabricación de productos plásticos de Japón en 2007

Estadística de 2007		
Clasificación industrial	Vol. producido(ton)	
Películas	24%	3071582
Láminas delgadas	6%	744819
Total de láminas (plana, ondulada)	2%	199376
Cuero sintético	1%	162651
Tubos	5%	653394
Conexiones	1%	149785
Partes de máquinas	17%	2171075
Productos para la vida cotidiana	3%	436716
Total de recipientes	16%	1975715
Total de materiales de construcción	3%	420279
Total de productos espumados	8%	997338
Total de productos reforzados	3%	434156
Total de otros	10%	1244691
Total de productos	100%	12661577

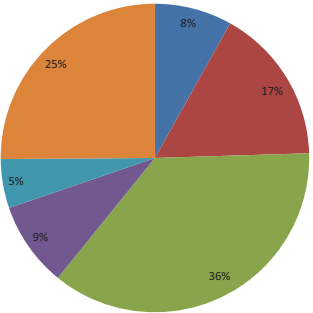


Número de centros
manufactureros considerados:
16,616

Asociación de Industria de Plásticos de Japón: "Plásticos", vol 61,No.6 p46

8. Número total de centros manufactureros de productos plásticos de Japón en 2007

Industria de productos plásticos		100%	24,038
Lámina, barra, tubo, conexión, extrusión de forma irregular		8%	1,952
Película, lámina delgada, material de piso, cuero sintético		16%	3,939
Productos para uso industrial		36%	8,731
Productos espumados, productos reforzados		9%	2,144
Material para moldeo de plástico		5%	1,238
Otros productos		25%	6,034
Total de centros			24,038



Asociación de Industria de Plásticos de Japón, "Plásticos", vol 61, No. 6, p. 45

M2 Materiales plásticos

M2-4 Composición

28, 29 de sep, 2011

1

Índice

- | | |
|--|--|
| 1. Resumen | 3.(8) Nucleante |
| 2. Materiales de refuerzo y de relleno | 3.(9-1) Espumante |
| 2.(1) Fibra de vidrio | 3.(9-2) Estireno espumoso |
| 2.(2) Fibra de carbón | 3.(10) Modificador, aleación polimérica |
| 2.(3) Materiales de relleno | 4. Componentes de los materiales de moldeo |
| 3. Aditivos | 4.(1) Composición de los plásticos de uso general |
| 3.(1) Plastificante | 4.(2) Composición de los plásticos de ingeniería |
| 3.(2-1) Estabilizador | 4.(3) Composición de los plásticos termofijos |
| 3.(2-2) Antioxidante | 5. Fotos de productos representativos y características de los plásticos |
| 3.(2-3) Absorbente de radiación ultravioleta | |
| 3.(3) Pírorretardante | |
| 3.(4) Colorante | |
| 3.(5) Antiestático | |
| 3.(6) Deslizante | |
| 3.(7) Antibacteriano y antimoho | |

2

1. Conocimientos generales

El plástico tiene muchas aplicaciones y las funciones requeridas varían dependiendo del uso o según la pieza.

Se ha desarrollado una gran variedad de plásticos, pero en muchos casos no es posible satisfacer fácilmente la gran diversidad de usos. Por consiguiente, se está llevando a cabo el mejoramiento de las propiedades de los plásticos.

Mezclando en los polímeros básicos los materiales de refuerzo y de relleno y los aditivos, se obtienen compuestos de moldeo capaces de:

① prevenir el deterioro de propiedades por calor o luz; ② mejorar las propiedades requeridas; ③ mejorar la moldeabilidad.

Los componentes son importantes para optimizar tanto la selección de materiales como la técnica de moldeo.

A continuación, presentamos los tipos de modificadores y los métodos de aplicación.

1. Materiales de refuerzo y de relleno

① Fibra de vidrio, ② Fibra de carbón, ③ Material de relleno

2. Aditivos

① Plastificante, ②-1 Estabilizador, ②-2 Antioxidante, ②-3 Absorbente de radiación ultravioleta, ③ Pírorretardante, ④ Colorante, ⑤ Antiestático, ⑥ Lubricante, ⑦ Antibacteriano y antimoho, ⑧ Modificador y aleación polimérica, ⑨ Nucleante, ⑩ Espumante

3. Componentes de los materiales de moldeo de los principales plásticos

Se mencionan los materiales de refuerzo y de relleno y los aditivos.

3

2. Materiales de refuerzo y de relleno

Las propiedades mecánicas de los plásticos reforzados se atribuyen al material fibroso de refuerzo. Debido al efecto adhesivo del agente de tratamiento superficial, el material de refuerzo se une al polímero de base.

A los materiales de refuerzo, se les exigen propiedades como: ① alta resistencia a la tracción, ② alta elasticidad, ③ buena adherencia al polímero de base, y ④ excelente resistencia al calor, a la corrosión y al desgaste. Como materiales principales, tenemos las fibras de vidrio y de carbón, entre otros.



Foto-1 Superficie de fractura del plástico reforzado con fibra de vidrio (20wt%) Gottfried W.Ehrenstein :
Materiales Poliméricos, p128(2001) HANSER

4

2.(1) Fibra de vidrio

La fibra de vidrio ofrece: ① incombustibilidad, ② buena resistencia química, ③ baja absorción de agua y ④ excelente agente de tratamiento superficial, y muestra buena adherencia al material de base.

Como componente vítreo, se utiliza el vidrio libre de álcali.



Foto-2 Trenza cortada (izquierda), foto microscópica (centro) y rollo (derecha)

5

2.(2) Fibra de carbón

La fibra de carbón es ligera y excelente en: resistencia y elasticidad, conductividad térmica y eléctrica, resistencia al desgaste y factor de transmisión de rayos X.

La fibra de carbón se utilizó por primera vez en la aviación militar, y en la actualidad se emplea ampliamente en aviones, coches de carreras, palos de buque velero, deportes, automóviles, etc.



Foto-3 Fibra de carbón para el moldeo de plástico reforzado con fibra de carbón (CFRP) de Poliacrilonitrilo (PAN) (izquierda), tejido (centro), foto microscópica del corte (derecha)

6

2.(3) Materiales de relleno

En algunos casos se agregan materiales de relleno para disminuir el contenido polimérico, con el propósito de reforzar las distintas propiedades de los productos moldeados como la resistencia y la durabilidad, mejorar la elaborabilidad y reducir los costos.

Las formas de los materiales de relleno se clasifican en polvo, fibra y tela. Los grupos de fibra y de tela se contemplan en los materiales de refuerzo.

Los materiales de relleno se dividen, a grandes rasgos, en los grupos orgánico e inorgánico.

1. En el grupo orgánico tenemos las resinas fenólica y de melamina, principalmente, y desde tiempos antiguos se han venido utilizando: ①harina de madera, ②pulpa, ③cartón y ④tela.
2. Del grupo inorgánico, la mayoría se encuentra en estado de partícula, cuya forma se clasifica en: esférica, plana, porosa, puntiaguda, poligonal, entre otras.
El diámetro de la partícula varía desde 0.015 μm hasta 100 μm .
Entre más pequeña sea la partícula, mejor es su resistencia a los golpes, lisura superficial, y brillo, pero peor su dispersión y fluidez.
①Carbonato cálcico, ②talco, ③arcilla, ④mica, ⑤sílice, ⑥vidrio en escama y abalorio, ⑦metal en polvo, ⑧grafito, ⑨sulfuro de molibdeno (IV), ⑩sulfato de bario
Se utilizan material de cuerpo hueco microscópico como la resina epóxica en perlas de vidrio huecas para, por ejemplo, disminuir el peso de los plásticos de ingeniería.

3. Resultados esperados

- ①Efecto de refuerzo, ②elevación de la temperatura de deflexión térmica, ③efecto de apantallado contra la luz, ④efecto conductible, ⑤efecto deslizante, ⑥resistencia al clima, ⑦ajuste del coeficiente de expansión, ⑧mejoramiento de adherencia de la impresión

77

3. Aditivos

Propiedades mejoradas en los plásticos que constituyen los materiales de moldeo (pellet) y tipos de aditivos (incluyendo los materiales de refuerzo y de relleno)

Propiedades mejoradas	Tipos de aditivos (incluyendo los materiales de refuerzo y de relleno)
Mejoramiento de propiedades	Materiales de refuerzo y de relleno, plastificante, espumante, nucleante
Mejoramiento de la durabilidad	Antioxidante, estabilizador, pirorretardante, absorbente de radiación ultravioleta
Mejoramiento de las propiedades superficiales	Antiestático, antibacteriano y antimoho
Mejoramiento de la moldeabilidad	Plastificante, lubricante, estabilizador
Coloración	Colorante, pigmento (orgánico, inorgánico)
Polímeros reformados	Mejorador de resistencia a los golpes, agente compatibilizador

Cuadro-1 Propiedades mejoradas y tipos de aditivos (incluyendo los materiales de refuerzo y de relleno)

8

3.(1) Plastificante

Siendo compatible con el polímero principal, funciona para mejorar su elaborabilidad y otorga flexibilidad al producto moldeado. Variando la dosis del aditivo, se puede regular el nivel de dureza.

Se demandan buena miscibilidad, baja volatilidad, estabilidad frente a la luz y al calor, flexibilidad en baja temperatura, anti-lixiviación, resistencia a la migración, entre otras cosas.

Se utiliza más frecuentemente para el policloruro de vinilo y de vinilideno. No es necesario agregarlo para el polietileno.



Foto-4 5PVC Lámina de plástico para uso agrícola, salvavidas

9

3.(2-1) Aditivo estabilizador

La forma de deterioro entre el policloruro de vinilo y otros plásticos es diferente, por lo que los aditivos estabilizadores que se usan son distintos.

1. En el caso del policloruro de vinilo, al ser calentado bajo la presencia del oxígeno o al recibir radiación ultravioleta, suelta el cloruro de hidrógeno, y tras la reacción de descomposición se colorea.
A fin de complementar o neutralizar el cloruro de hidrógeno soltado, se debe sin falta agregar el agente estabilizador al momento de su elaboración. Se añade el antioxidante al mismo tiempo.
2. Agente estabilizador para plásticos
Se denomina antioxidante al material que previene del deterioro ocasionado por oxidación por el calor, y estabilizador de luz al que inhibe el deterioro causado por oxidación por la luz (principalmente la radiación ultravioleta). Se emplea para la mayoría de los plásticos como el polipropileno y la resina ABS, excepto el policloruro de vinilo.

Nota: El agente estabilizador para plásticos es el término genérico del estabilizador a la luz y el antioxidante. El estabilizador de luz es, a su vez, el término genérico para el absorbente de radiación ultravioleta y el estabilizador para prevenir la coloración y conservar el brillo.

10

3.(2-2) Antioxidante

Los plásticos sufren oxidación debido al oxígeno y el ozono existentes en el aire, lo cual ocasiona disminución de la resistencia, fisuras, coloración, disminución de la propiedad de aislamiento eléctrico.

Se acelera la oxidación por el calor generado en el momento del moldeado, por la radiación ultravioleta, por el agua, etc.

Este tipo de deterioro o alteración se puede prevenir al agregarse una pequeña cantidad de antioxidante.

El antioxidante atrapa y descompone los **radicales y peróxidos** producidos por la oxidación, inhibiendo la fragilización de los polímeros. Al utilizarse junto con el agente estabilizador a la luz, funciona notablemente para prevenir el deterioro por luz.

Los plásticos *commodities* que sufren fácilmente la oxidación son; polipropileno y polietileno del grupo de olefina, poliestileno, ABS, poliacetal, etc.

11

3.(2-3) Absorbente de rayos ultravioletas

Los rayos ultravioletas tienen mayor energía que la luz visible, y son capaces de penetrar en el plástico y destruir directamente la unión polimérica, ocasionando su deterioro. El absorbente de rayos ultravioletas absorbe los rayos ultravioletas que penetran e inhibe el deterioro de los materiales del plástico como la descomposición, alteración del color, fisura, etc.

Al igual que el protector solar para la piel, el agente absorbe la energía ultravioleta transformándola en "calor" a través del cambio interno molecular.

Se agrega para inhibir la degradación del plástico por radiación ultravioleta, así como para prevenir la absorción de la misma y el deterioro de los alimentos envueltos con películas.

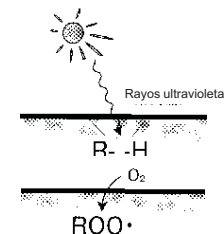


Figura-2 Deterioro ocasionado por el clima

12

3.(3) Aditivo pirorretardante

Se les exige la propiedad pirorretardante a los plásticos empleados en los aislantes eléctricos, los materiales de construcción y los vehículos.

Los pirorretardantes de tipo aditivo se dividen en los grupos de halógeno (bromo, cloro) y de fósforo.

Los compuestos halógenos impiden el suministro de aire, mientras que los compuestos de éster fosfatado bajan la temperatura de combustión, consecuentemente elevan la propiedad pirorretardante.

El trióxido de antimonio empleado al mismo tiempo se gasifica impidiendo el contacto con el aire, y eleva así la propiedad pirorretardante.

♦ Problemas que presentan los pirorretardantes del grupo halógeno

Se han utilizado mucho los pirorretardantes del grupo bromico, pero se teme tanto la generación de sustancias nocivas como el impacto en el medio ambiente y la salud humana. Como los pirorretardantes bromicos pueden ser fuente de emisión de dioxinas en el momento de su combustión a bajas temperaturas, la Unión Europea (UE) regula su uso a partir de julio de 2006.

♦ Pirorretardantes libres de halógeno

① Hidróxido de magnesio, ② pirorretardantes de fósforo orgánico, ③ cianurato de melamina, ④ pirorretardantes de resina fenólica con nitrógeno, ⑤ mezcla de resinas silicónicas, ⑥ aleación polimérica con polímeros pirorretardantes.



Nota: Las dioxinas son compuestos químicos a los que se les califica de carcinógenos humanos.

Figura-1 Mecanismo del pirorretardante

13

3.(4) Colorante

Además de colorear los plásticos, los colorantes funcionan para otorgar a los productos resistencia al clima mediante sus acciones de blindaje, reflexión y absorción de la luz. Como colorantes tenemos pigmentos inorgánicos y orgánicos y tintes. Los tintes son colorantes que se disuelven en el agua o aceite, y existen tintes naturales y sintéticos. Los tintes no tienen buena resistencia ni al calor ni al clima, por lo que no se recomienda su aplicación a los plásticos.

1. Los pigmentos orgánicos son sintéticos y tienen colores nítidos. Su resistencia al calor y al clima es ligeramente baja.
2. Los pigmentos inorgánicos son de minerales refinados y son inferiores en cuanto a la nitidez de colores, pero tienen buena resistencia al calor y al clima.
3. Formas de los colorantes
 - ① Polvo (Se emplea para las resinas de urea y de melamina. Los pigmentos en polvo son difíciles de manejar.)
 - ② Colorante seco (polvo, cuya superficie es tratada con cera y sal metálica para mejorar la dispersión)
 - ③ Pasta (una mezcla obtenida incorporando pigmento y plastificante)
 - ④ Colorante líquido (una mezcla obtenida incorporando pigmento y surfactante, que se envía por bomba a la máquina moldeadora)
 - ⑤ Masterbatch (se mezcla previamente el pigmento en alta concentración en un material de la misma clase que la resina a colorear)

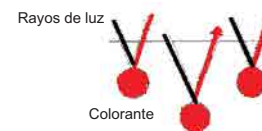


Figura-3 Coloración del plástico



Foto-5 Colorantes en pellet

14

3.(5) Antiestático

Inhibe la electrización. Muchos plásticos son propensos a cargarse con electricidad estática (propiedad de electrización). Como agente antiestático, se utiliza el surfactante que inhibe este fenómeno de electrización.

Al aplicarse el agente antiestático en la superficie del plástico, se forman capas continuas y se incrementa la conductividad eléctrica en la superficie, permitiendo una rápida descarga de la electricidad estática, lo cual previene la acumulación eléctrica. Debido a este fenómeno de electrización, se adhieren partículas de basura o polvo a los productos de plástico y los ensucia.

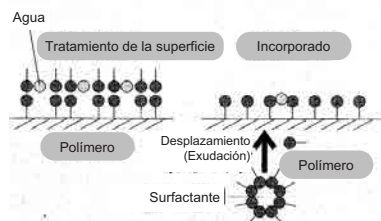


Figura-4 Acción del surfactante

15

3.(6) Lubricante

Al moldear materiales ya sea en polvo, sólidos o pallet, el aditivo lubricante funciona para reducir la resistencia de fricción descrita en los incisos ① y ②, y mejorar la fluidez, la estabilidad térmica y la elaborabilidad de los polímeros fundidos.

- ① Lubricación de la superficie entre los materiales de moldeo y las paredes interiores del cilindro de la máquina moldeadora: ← Lubricación exterior.
 - ② Reducción de la resistencia a la fricción entre los materiales de moldeo: ← Lubricación interna.
- Además, se obtienen los siguientes resultados:
- ③ Mejoramiento de la superficie del producto moldeado, y del antibloqueo de las películas.
 - ④ Efecto lubricante posterior al moldeo (exudación del lubricante a la superficie en el proceso de enfriamiento interior del molde, incrementando la propiedad desmoldante).

Como componente principal, se utilizan en forma combinada los grupos de hidrocarburos, ácidos grasos, amidas alifáticas, sales metálicas, etc. Para las vajillas y los envases de alimentos, se demanda baja toxicidad.



Nota:
La resistencia a la fricción se refiere a la dificultad de deslizamiento, como cuando alguien no se puede deslizar bien por un tobogán.

Foto-6 Tobogán

16

3.(7) Antibacteriano y antimoho

La propiedad antibacteriana se refiere a la función de inhibir la multiplicación de bacterias y moho.

(1) Próposito de agregar el aditivo

- ① Prevenir el deterioro del aspecto exterior y el mal olor del producto.
- ② Prevenir infecciones en hospitales, conseguir propiedades antibacterianas.

(2) En los aditivos antibacterianos y antimoho para plásticos, tenemos compuestos inorgánicos y orgánicos. Están compuestos de metales antibacterianos como la plata, y portadores como la zeolita.

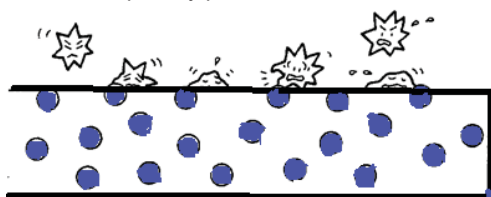


Figura-5 Los iones de plata superficiales son envueltos por las bacterias y luego toman acciones.

17

3a.(8) Nucleante

El **nucleante** es un agente eficaz para formar núcleos de cristal y desarrollarlo . Al agregarse el nucleante en el momento del moldeo de polímeros cristalinos, se forman los núcleos del cristal durante el enfriamiento y se generan grandes cantidades de cristales esféricos uniformes, lo cual permite obtener productos homogéneos, aumentando la transparencia, resistencia a los golpes y estabilidad dimensional.

De esta manera, se impulsa el crecimiento del cristal.

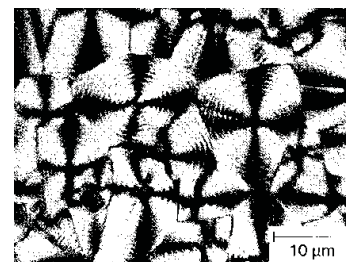


Foto-7 Cristal de PE

18

3.(9-1) Espumante

Se agrega para obtener resinas ligeras con alta resistencia térmica, mezclándolo con el polímero antes del moldeo, para que se generen espumas por el calentamiento o aplicándolo a presión durante el moldeo para que se forme estructura esponjosa o celular en el producto.

Tenemos el espumante del grupo inorgánico que genera espumas continuas (el propósito principal: absorción de impactos, aislamiento acústico y peso ligero), y el del grupo orgánico que produce espumas independientes (el propósito principal: aislamiento térmico).

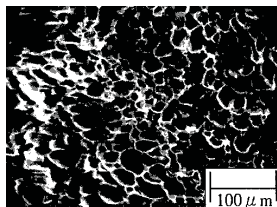


Foto-8 Observación del corte de formación de espuma (izquierda), contenedor termoaislante (derecha)

19

3.(9-2) Poliestireno espumoso (PS)

Proceso de formación de espuma (formación primaria)

Al aplicarse vapor a la materia prima en pequeñas perlas, se ablanda la resina de poliestireno y las perlas comienzan a expandirse debido a la acción del aditivo espumante incorporado en la materia prima.

Las perlas contienen el aditivo espumante a fin de aumentar su volumen 50 veces más. El aditivo espumante es producto de hidrocarburo como butano, pentano, etc.

Proceso de moldeo

Se llena el molde con las perlas expandidas en formación primaria y se vuelve a aplicar vapor. Las perlas expandidas una vez más se expanden por el calor, obteniéndose un producto moldeado con la forma del molde.

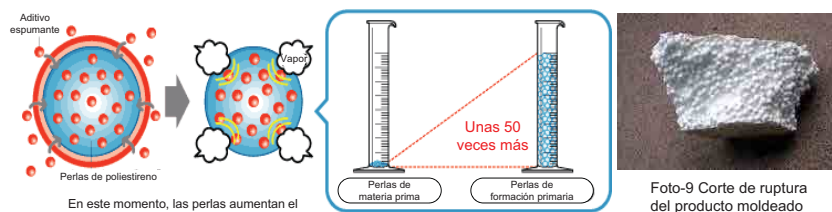


Figura-7 Productos moldeados de plástico expandido
Material de aislamiento térmico y de amortiguación



20

3.(10) Polímeros modificadores, aleación polimérica

Los polímeros modificadores (**polímeros de mezclado**) son aditivos que se agregan con el fin de mejorar los defectos de los materiales plásticos, así como sus propiedades como la resistencia a los golpes y al solvente, la moldeabilidad, **la termorresistencia, la propiedad tribológica, la contractibilidad, la propiedad pirorretardante, la barrera de gas,** entre otras.

Aleación polimérica: Es una mezcla de dos polímeros distintos. Se selecciona la manera de mezclar tomando en consideración las propiedades de los dos tipos de polímeros. Si la afinidad entre los dos es baja, se utiliza como intermediario un “aditivo compatibilizador” de alta afinidad con ambos (copolímero en bloque).

Cuadro-2 Propósitos y aplicaciones de las aleaciones poliméricas

Polímero de base	Aditivo modificador	Propósitos	Aplicaciones
PPE	PS	Moldeabilidad	Chasis de artículos eléctricos
PPE	PA	Moldeabilidad, resistencia al solvente	Autopartes
PA	EPDM	Resistencia a los golpes, estabilidad dimensional	Partes de apariencia de automóvil
PA	ABS	Estabilidad dimensional	Partes de apariencia de automóvil
ABS	PC	Termorresistencia	Partes exteriores de artículos eléctricos
PC	PBT	Resistencia al solvente	Autopartes
PC	ABS	Galvanizabilidad	Autopartes
ABS	PVC	Efecto pirorretardante	Partes exteriores de artículos eléctricos
PS	EPDM	Resistencia a los golpes	Partes exteriores de artículos eléctricos
PP	EPDM	Resistencia a los golpes	Parachoques de vehículos
POM	PE	Propiedad lubricante	Piezas tribológicas

4. Componentes de los materiales de moldeo

Mencionamos los componentes de los materiales de moldeo de los principales plásticos, así como los materiales de refuerzo, de relleno y los aditivos.

- Mejoramiento de la moldeabilidad y prevención del deterioro
 - Polímeros termoplásticos: Fusión y fluidización por calor, solidificación por enfriamiento.
 - Lubricante, ②antioxidante, termoestabilizador, ③desmoldante.
 En el caso de los polímeros cristalinos, ①nucleante (formador de núcleo)
 - Polímeros termofijos: ①Endurecedor, ②lubricante

Para reformar los polímeros termofijos, casi no se aplica la copolimerización de polímeros termoplásticos ni la aleación polimérica.
- Mejoramiento de propiedades para los usos de los productos moldeados:
 - Mejoramiento de propiedades (resistencia mecánica: material fibroso de refuerzo), (refuerzo de la resistencia: material de relleno), (elasticidad: plastificante), (disminución del peso y aislamiento térmico: espumante)
 - Mejoramiento de la durabilidad (resistencia al clima y estabilidad a la luz: absorbente de radiación ultravioleta)
 - Colorante
 - Resistencia a los golpes (elastómero, aleación polimérica)
 - Mejoramiento de las propiedades de la superficie (antiestático, antimoho, antibacteriano)

4.(1) Mezclas para los plásticos commodities

⊙: Básico ○: Modificador

	PE	PP	PVC	PS	SAN	ABS	PET
Antioxidante	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Lubricante	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Nucleante	⊙	⊙					⊙
Estabilizador			⊙	⊙			
Colorante	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Antiestático	○	⊙		⊙	⊙	⊙	
Plastificante			⊙				
Pirorretardante		○		⊙	○	○	○
Absorbente a los rayos ultravioleta	○	○	○	⊙	○	○	⊙
Antebacteriano			○			○	
Material de refuerzo		○		○	○	○	○
Material de relleno	○	○	○			○	○
Modificador de polímeros	○	○	○	○	○	○	○
Espumante				○			

4.(2) Mezclas para los plásticos de ingeniería

	PMMA	POM	PA	PBT	PC	m-PPE	PPS
Antioxidante	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Lubricante	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Nucleante		⊙	⊙	⊙			⊙
Estabilizador						⊙	
Colorante	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Antiestático			○		⊙	○	
Pirorretardante	○	○	○	⊙	○	○	
Absorbente a los rayos ultravioleta	○	⊙	○	○	⊙	⊙	
Antibacteriano			○	○	○		
Material de refuerzo		○	○	○	○	○	⊙
Material de relleno		○	○	○	○	○	⊙
Modificador de polímeros	○	○	○	○	○	○	○

⊙ : Básico ○ : Modificador

25

4.(3) Mezclas para los polímeros termofijos

	PF	UF	MF	EP	PDAP	UP	PI	PUR
Material de relleno	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙
Lubricante	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Colorante	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙
Endurecedor	⊙			⊙	⊙	⊙		⊙
Material de refuerzo	○	○	○	○	⊙	⊙	○	○
Absorbente a los rayos ultravioleta								⊙
Pirorretardante			○	○		○		○
Espumante			○					⊙

⊙ : Básico ○ : Modificador

PF: Resina fenólica

UF: Resina de urea-formaldehído

MF: Melamina-formaldehído

EP: Resina epóxica

UP: Resina de poliéster insaturado

PDAP: Resina de dialifitalato

PI: Poliimida

PUR: Poliuretano

26

5. Fotos de productos representativos y características de los plásticos



Foto-10 Envases de detergente (izquierda) y tanque para uso agrícola de PE

Características del PE:
Es excelente en aislamiento eléctrico, resistencia al agua y a los fármacos. Tiene buena termorresistencia y rigidez.



Foto-11 Tarima y parachoques de automóvil de PP

Características del PP:
Tiene el peso específico más bajo (0.9~0.91). La termorresistencia es comparativamente alta y la resistencia mecánica es excelente.



Foto-12 Recipiente de un extractor de jugo de resina SAN

Características de SAN:
Tiene excelente transparencia y termorresistencia. Es ligeramente débil con el alcohol.

27



Foto-13 Cajas de discos compactos de PS

Características del PS:
Existen dos tipos: el grado GP transparente y rígido, y el grado HI de color lechoso y resistente a los golpes. Es fácil aplicarle colorantes. Es excelente aislante eléctrico. Se disuelve en bencina y diluyente.



Foto-14 Contenedor de pescado de polistireno espumoso

Características del poliestireno espumoso:
Es ligero y rígido. Es excelente aislante térmico para conservación de calor. Se disuelve en bencina y diluyente.

28



Características del ABS:
Es excelente en brillo, apariencia y resistencia a los golpes.
Es débil ante el alcohol.

Foto-15 Carcasa de plancha de resina ABS (izquierda)
Cubierta de motocicleta (derecha)



Características del PVC:
Es difícil de inflamarse. Hay plásticos duros y blandos. Se hunde en el agua (peso específico 1.4).
Tiene excelente lustre y brillo superficial, y es apto para la impresión.

Foto-16 Piel sintética y tubos de PVC



Características del PMMA:
Es incoloro, transparente y lustroso. Se corroe frente a la bencina y los diluyentes.

Foto-17 Parabrisas de F15 y tanque de agua grande de PMMA

29



Características de la resina de flúor:
Es de color lechoso y tiene alta termorresistencia, resistencia a fármacos y viscosidad nula.

Foto-18 Tubos de resina de flúor
y sartén con recubrimiento de teflón



Características del POM:
Es blanco y opaco. Tiene excelente resistencia a los golpes y al desgaste. Algunos se corroen frente al ácido.

Foto-19 Rueda de engranaje sin fin de POM (izquierda)
Acercamiento al diente (derecha)



Características del PA:
Es de color lechoso y tiene buena resistencia al desgaste, al frío y a los golpes.
Algunos se corroen frente al ácido. Existe la posibilidad de permeación de alcohol.

Foto-20 Múltiple de admisión de PA y
defensa de aleación polimérica (PA66+PPE+EPDM)

30



Característica del PC:
Es incoloro y resistente al ácido, pero débil a la alcalinidad. Es particularmente excelente en resistencia a los golpes y termorresistencia. Algunos se corroen ligeramente por álcali (detergentes).

Foto-21 Lámina ondulada de PC
para techo de garaje, lente de faro delantero



Características del PBT:
Es blanco y opaco. Tiene buena propiedad eléctrica y equilibrio de propiedades.

Foto-22 Conectores de PBT
para aparatos electrónicos



Características del PET:
Las botellas termorresistentes son transparentes y resistentes, y ofrecen excelente barrera de gas.

Foto-23 Envases de PET
(bebida, colirio, huevo)

31



Características del m-PPE:
Se obtiene mediante la mezcla de PPE con excelente propiedad eléctrica y resina de estireno con excelente moldeabilidad. Es excelente en termorresistencia, resistencia mecánica y rotura de aislamiento.

Foto-24 Carcasa de copiadora (izquierda)
y bobina de ignición (derecha) de m-PPE



Características del PPS:
Tiene excelentes propiedades termorresistentes y pirorretardantes. El punto de fusión es alto, de unos 280°C.
Es excelente en resistencia a la tensión.

Foto-25 Reflector de faro delantero y
ventilador de medidor de flujo de PPS

32



Foto-26 Ceniceros, mangos y asas de cacerola de resina fenólica (PF)



Foto-27 Aro de pasamano y multicontacto de resina de urea (UF)



Foto-28 Vajilla de resina de melamina (MF)



Características del PF:
Tiene buen aislamiento eléctrico, resistencia al ácido, termorresistencia y resistencia al agua. No se inflama fácilmente.

Características del UF:
Se parece a la resina de melamina, pero es poco costosa y difícil de inflamarse. No se altera o se altera ligeramente ante el ácido. Sufre ligera alteración por álcali.

Características del MF:
Tiene buena resistencia al agua. Se parece a la cerámica. La superficie es dura.

33



Foto-29 Producto moldeado de bloque de terminales de resina de dialilftalato (PDAP)



Foto-30 Productos de resina epóxica (EP) y moldeado tipo sellado



Foto-31 Cuarto de baño prefabricado y barca de pesca de resina de poliéster insaturado (UP)

Características del PDAP:
Tiene excelente propiedad eléctrica y estabilidad dimensional. Sufre poco deterioro a altas temperaturas o bajo alta humedad. Es excelente en aislamiento eléctrico y estabilidad dimensional.

Características del EP:
Es excelente en propiedades físicas, químicas y eléctricas.

Características del UP:
Tiene buenas propiedades de aislamiento eléctrico, termorresistencia y resistencia a fármacos. Es muy resistente con un refuerzo de fibra de vidrio.

34



Foto-32 Película de poliimida termofija (PI) (izquierda), circuito impreso flexible de PI empleado en teléfonos celulares (derecha)



Foto-33 Materiales de amortiguación de espuma de poliuretano (PUR)

Características del PUR:
Se pueden obtener resinas con una amplia variedad de propiedades, desde flexibles hasta rígidas. Son excelentes en adhesión y resistencia al desgaste. Como material espumoso, muestran diversas propiedades. Se corroen hasta cierto punto frente al ácido y álcali.

35

M2 Materiales plásticos

M2-5 Caracterización

2012/2/13,14,15

Índice

1. Generalidades	2.(9) Cloruro de vinilo(PVC)
1.(1) Clasificación de los plásticos termoplásticos	2.(10) Polimetilmetacrilato (PMMA)
1.(2) Resistencia al impacto y tensión a la ruptura	3. Plásticos de ingeniería
1.(3) Resistencia al desgaste de los metales y los plásticos	3.(1) Comparación de los plásticos de ingeniería
1.(4) Durabilidad de los plásticos	3.(2) Efectos de reforzamiento con fibra de vidrio
1.(5) Permeabilidad de las películas a la humedad y al gas	3.(3) Poliamida(PA)
1.(6) Estructura molecular del polietileno	PA6 : Efectos de la absorción de agua en las propiedades mecánicas del plástico
1.(7) ¿Porqué el polietileno es blando?	3.(4) Poliacetal, polioximetileno (POM)
1.(8) Las moléculas se forman de manera ordenada y se cristalizan	3.(5) Policarbonato(PC)
1.(9) Grado de cristalización y la densidad de la parte cristalina y no cristalina	3.(6) Éter de polifenileno modificado (m-PPE)
1.(10) Propiedad eléctrica	3.(7) Polibutileno tereftalato (PBT)
2. Plásticos de uso general (commodities)	3.(8) Polietileno-tereftalato reforzado con fibra de vidrio(GF-PET)
2.(1) Polietileno (PE)	4.(1) Características de los plásticos transparentes
2.(2) Polipropileno (PP)	4.(2) Resistencia química de los plásticos
2.(3) Polietileno-tereftalato (PET)	4.(3) Resistencia química de los plásticos de ingeniería
2.(4) Orientación de las películas y las botellas	4.(4) Propiedades físicas de los plásticos
2.(5) Poliestireno (PS)	
2.(6) Razones por las que es más difícil que se rompa cuando se le mezcla hule	
2.(7) Resina AS (SAN)	
2.(8) Resina ABS (ABS)	
Foto del tamaño de partícula de la resina ABS y la curva de tensión-deformación	

1. Generalidades

- [Factores que dominan las propiedades de los plásticos]
- 1. Estructura química (Moléculas, cadena principal, cadenas laterales, etc.)
 - 2. Estructura de polímero (Masa molecular, ramificación, reticulado, copolimerización, cristalización, etc.)
 - 3. Mejoramiento de propiedades mediante los aditivos y las combinaciones (Varios tipos de aditivos, reforzadores de fibra, aleación de polímeros, etc.)
- [Propiedades principales de los plásticos]
1. Propiedades mecánicas:
- ① Es posible aplicarle una fuerza exterior a una velocidad constante y despacio. ----→ Se expresa mediante la tensión, elasticidad, rigidez, dureza, etc.
 - ② Es posible aplicarle una fuerza exterior impactante -----→Se expresa mediante la resistencia al impacto, etc.
 - ③ Es posible aplicarle una fuerza exterior durante un tiempo prolongado -----→ Se expresa mediante la resistencia a la fluencia (Se cambia con el transcurso del tiempo)
 - ④ Es posible aplicarle una fuerza exterior de una manera cíclica -----→ Se expresa mediante la resistencia a la fatiga (Durabilidad en tiempo prolongado)
2. Propiedades térmicas
- ① Resistencia química al calor: Se expresa mediante la inflamabilidad y la dificultad de degradación térmica como la descomposición térmica. Esto depende de la fuerza de los enlaces químicos de la estructura molecular.
 - ② Resistencia física al calor: Se expresa la resistencia térmica a corto tiempo mediante la temperatura de deflexión y la de ablandamiento, mientras que la resistencia térmica a largo plazo es indicada por el tiempo que se mantienen las propiedades mecánicas y/o las eléctricas a una temperatura constante.
3. Propiedades significativas para los problemas en el uso real de plásticos
- Resistencia química, absorción de agua, absorción de humedad, permeabilidad de gas, resistencia a la intemperie

1.(1) Clasificación de los plásticos termoplásticos

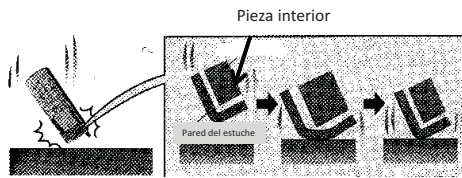
Clasificación		Plásticos de propósito general (commodities)		Plásticos de ingeniería	Plásticos de súper ingeniería	
			Plásticos de semi-ingeniería			Plásticos de semi-súper ingeniería
Amorfo	Trans-parente	PVC GPPS LDPE	PMMA SAN	PC	PAR PSF	PES PEI
	Opaco	HIPS	ABS	m-PPE		
Cristalino	A		PET	GF-PET	PPS	
	B	HDPE PP		POM PA PBT		
	C					LCP
Resistencia térmica (a corto plazo)		~100 °C		~150°C	~200°C	~250°C
Estructura química		-(C-C)_n X		$\text{-(C}_n\text{Y)}_m$ / -(C)_n 		

A: Cristalización con agente nucleante , B : Plásticos cristalinos comunes, C : Plásticos cristalinos líquidos

Tabla-1 Clasificación de los plásticos termoplásticos

1.(2) Resistencia al impacto y tensión a la ruptura

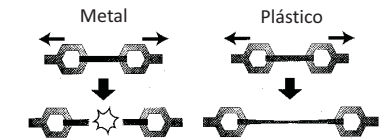
1. No es fácil que se rompa aunque reciba un impacto por caída



Se deforma el estuche, absorbiendo el impacto y recupera su forma original.

Resistencia al impacto
ASTM D256 IZOD

2. La resistencia a la ruptura muestra la proporción de deformación cuando inicia la ruptura.



Se rompe aun con elongación de poco %

Hay unos plásticos que se extienden hasta varias veces su tamaño.

* Los plásticos con mayor resistencia a la ruptura son HIPS,ABS,PC,PC/aleación con ABS, etc.

Resistencia a la tensión
Elongación a la ruptura
ASTM D638

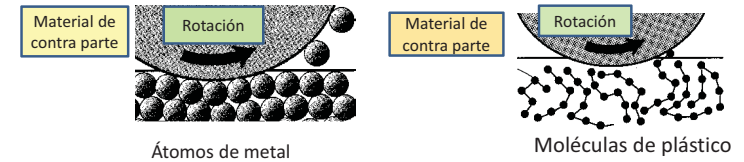
Dibujo-1 Impacto por caída, deformación y recuperación

Takumi Sato: Zukai-Zatsugaku, "Plástico", p133,2004,Editorial Natsume

5

1.(3) Resistencia al desgaste de los metales y de los plásticos

- Los metales se desgastan, desprendiéndose sus átomos y moléculas por fricción.
- Los plásticos tienen sus cadenas moleculares largas, esto hace que sus enlaces moleculares sean fuertes, y que no se desprendan las moléculas fácilmente.
- La fuerza intermolecular de plásticos cristalinos es fuerte, y esto da excelente resistencia al desgaste.
- Para disminuir el desgaste de plásticos, se pueden combinar distintos plásticos o metales, o utilizar plásticos con la propiedad de auto lubricación.



Dibujo-2 Diagrama esquemático del desgaste

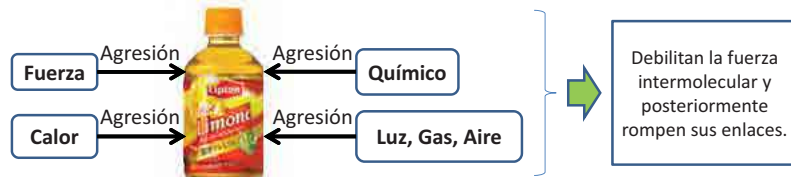
Auto lubricación: Agregar polímeros con propiedades que disminuyen la fricción como PE,TPFE, silicón.

Takumi Sato: Zukai-Zatsugaku, "Plástico", p141,2004,Editorial Natsume

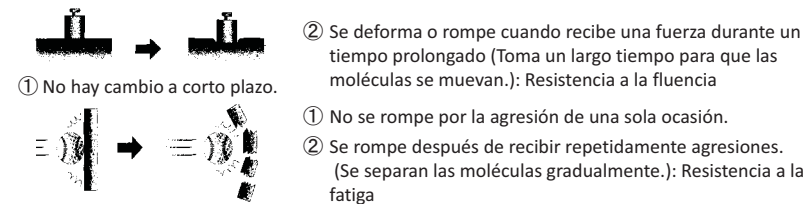
6

1.(4) Durabilidad de los plásticos

1. Causas de ruptura de los plásticos



2. Propiedades a corto y largo plazo



Dibujo-3 Diagrama esquemático de durabilidad y resistencia a la fluencia, resistencia a la fatiga de los plásticos

Takumi Sato: Zukai-Zatsugaku, "Plástico", p143,2004,Editorial Natsume

7

Límite de fatiga y relaciones de resistencias a la fatiga de los plásticos

	Límite de fatiga [Mpa], 10^7 Ciclo	Relaciones de resistencias a la fatiga	
		Resistencia a la fatiga/ Resistencia a la tensión	Resistencia a la fatiga/ Resistencia a la flexión
PVC	170	0.29	0.15
PS	100	0.41	0.20
PA	118	0.22	0.24
PE	110	0.50	0.40
PC	98	0.15	0.09
PP	110	0.34	0.23
PMMA	278	0.35	0.22
POM	269	0.37	0.25
ABS	118	0.30	-

Tabla-2 Límite de fatiga y relaciones de resistencias a la fatiga de varios tipos de plásticos

Shimamura: Diseño de maquinaria 9,[7],18,[1965]

8

1.(5) Permeabilidad de las películas a la humedad y al gas

Propiedad de barrera de las películas	Permeabilidad al gas ※1			Permeabilidad a la humedad ※2
	CO ₂	O ₂	N ₂	
PE-LD	18,500	4,000	1,400	20
PE-HD	3,000	600	220	10
PP(Orientado)	3,800	860	200	11
PP(Bio orientado)	1,680	550	100	6
PET	400	60	25	27
PA6(Bio orientado)	79	20	6	145
PS	2,400	5,000	800	160
PC	1,225	200	35	80
PVC(Rígido)	442	150	56	40
PVD	70	<115	22	1.5
PVA	10	7	-	
EVOH	-	2	-	
PVDC cubierta OPP	15	5-10	1.5	4~5

※1
(cc/m²/atm,24hr)
a
20°C,65%RH,t=25μm

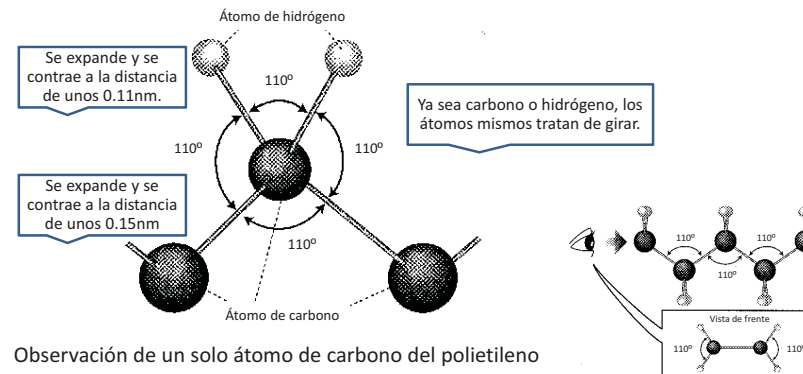
※2
(g/m²,24hr)
a
40°C,90%RH,t=25μm

Tabla-3 Permeabilidad de las películas a la humedad y al gas

Materiales industriales, 39, '8', 38 (1990)

9

1.(6) Estructura molecular del polietileno



Observación de un solo átomo de carbono del polietileno

Dibujo-4 Estructura molecular del polietileno

El estado más estable es el estado en que los carbonos están ordenados en forma de zig-zag.

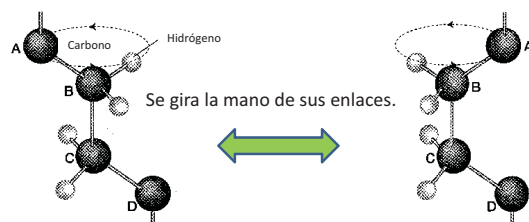
Takumi Sato: Zukai-Zatsugaku, "Plástico", p33,2004,Editorial Natsume

10

1.(7)¿Porqué el polietileno es blando?

El estado más estable es cuando los átomos de carbono A y D están en direcciones opuestas.

El estado más inestable es cuando A y D están en la misma dirección



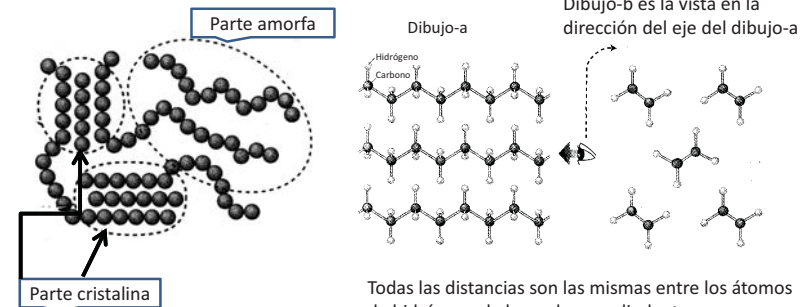
- Características de los plásticos cuya cadena molecular principal sea únicamente de carbonos;
1. Es fácil girar la mano de sus enlaces, lo cual lo hace flexible a las fuerzas exteriores.
 2. Cuando se le aplica una alta temperatura, se debilita la fuerza restrictiva intermolecular y se vuelve fácil de fundir.
 3. Es relativamente fácil de producir a partir de petróleo.

Dibujo-5 Diagrama esquemático de los movimientos moleculares del polietileno

Takumi Sato: Zukai-Zatsugaku, "Plástico", p37,2004,Editorial Natsume

11

1.(8) Las moléculas se forman de manera ordenada y se cristalizan



Todas las distancias son las mismas entre los átomos de hidrógeno de las cadenas colindantes.

Plásticos cristalinos

Polietileno en el estado cristalino

1. Aun en los plásticos cristalinos, la parte cristalizada es a lo mucho 80%.
2. Se ven semi-transparentes u opacos debido a que la luz no avanza en línea recta, sino que se deflecta o se refleja en la frontera de la parte cristalina y la parte no cristalina.

Dibujo-6 Arreglo de las moléculas y cristalización del polietileno

Takumi Sato: Zukai-Zatsugaku, "Plástico", p55,2004,Editorial Natsume

12

1.(9) Grado de cristalización , densidad de la parte cristalina y amorfa

Polímeros	Grado de cristalización (%)	Densidad(g/cm ³)		
		Parte cristalina	Parte amorfa	Común
PA66, PA6	35-45	1.24 1.23	1.07 1.08	1.14 1.14
POM	70-80	1.54	1.25	1.41
PET	30-40	1.50	1.33	1.38
PBT	40-50	-	-	1.38
PTFE	60-80	2.35	2.00	2.1
PP (Isotáctico)	70-80	0.95	0.85	0.905
PP (Atáctico)	50-60	0.95	0.85	0.896
PE-HD	70-80	1.0	0.85	0.95
PE-LD	45-55	1.0	0.85	0.92

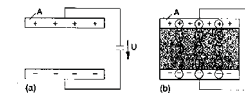
Tabla-4 Características de cristalización de los plásticos cristalinos

Gottfried W.Ehrenstein: Polymeric Materials,p67,2001,HANSER

13

1.(10) Propiedades eléctricas

- Resistencia al aislamiento** : Se refiere a la resistencia que se presenta cuando se transmite la corriente directa. Existen la **resistencia volumétrica** y la **resistencia superficial**.
- Resistencia a la rotura dieléctrica** : Se refiere al valor equivalente al mínimo voltaje aplicado a la probeta sin provocar la ruptura dieléctrica, dividido por el espesor de la probeta.
- Propiedades dieléctricas** : Se refiere a las características relacionadas con el fenómeno de polarización de carga eléctrica en positiva y negativa cuando se le aplica un voltaje al material.
 - Constante dieléctrica** : Se refiere al nivel de energía electrostática que se almacena dentro de una unidad de volumen. Pasa la corriente de alta frecuencia en el interior del material cuando se aplica corriente alterna. Se divide en corriente consumida para cargar y en corriente perdida por la disipación del calor.
 - Factor de disipación** : Indica el nivel de la corriente perdida por la disipación del calor. Mientras es mayor el factor de disipación, es menor el aislamiento, por lo que es mayor la pérdida del calor por la pérdida dieléctrica.
- Se puede carbonizar la superficie del plástico por las microdescargas eléctricas repetidas, formando unos canales conductivos eléctricos, lo cual puede generar la rotura dieléctrica.
 - Resistencia al arco (arc resistance)**: Se mide en la superficie limpia.
 - Resistencia a la carbonización por arcos (tracking resistance)**: Se mide con alguna sustancia que contamine en la superficie.



Dibujo-7 Carga por la polarización dieléctrica
(a) Con los dieléctricos (b) Sin los dieléctricos

14

2. Plásticos de uso general

【Estructura química y polimérica de los plásticos de uso general】

- (1) La cadena molecular principal de los plásticos de uso general está formada de carbonos. Se convierten en distintos plásticos al cambiar la parte periférica (= cadenas laterales, radicales) sin cambiar la cadena principal de carbonos.

- La cadena lateral de PE tiene 4 hidrógenos y es estable químicamente. Es flexible y excelente en resistencia química y al aislamiento eléctrico.
- PP se forma por sustituir uno de los hidrógenos por un grupo metilo(-CH₃). Se vuelve resistente a las flexiones repetidas.
- PVC se forma por agregar un átomo de cloro. Se mejora la inflamabilidad y la resistencia al aislamiento y a la intemperie.
- PS se forma por agregar benceno. Es amorfo, transparente y excelente en colores.

- (2) La rigidez (módulo de elasticidad) y la resistencia térmica se incrementan en proporción con el tamaño de las moléculas de las cadenas laterales.

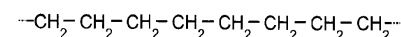
- AN es un monómero que posee el grupo ciano en su cadena lateral y se convierte en SAN por la copolimerización con PS. SAN es un polímero mejorado en la resistencia, la resistencia al impacto, química y a la intemperie, y térmica de PS.
- ABS es un polímero mejorado considerablemente en la resistencia al impacto, copolimerizando SAN con hule butadieno.
- PET contiene en su cadena molecular, el anillo de benceno y etileno que es cadena de carbono por su enlace éster. Las moléculas se forman en línea recta lo que facilita el ordenamiento de las cadenas moleculares y la cristalización.

Takumi Sato: Zukai-Zatsugaku, "Plástico", p89,2001,Editorial Natsume

15

2.(1) Polietileno (PE)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico termoplástico de uso general. Es semitransparente y polímero de alta cristalización. Existen 3 tipos; Polietileno de baja densidad (LDPE), Polietileno de alta densidad (HDPE) y Polietileno de ultra alto peso molecular (U-PE).

3. Características

- La densidad es baja; 0.92-0.97. Y flota en el agua.
- Su propiedad mecánica es tenaz y blanda. No se vuelve frágil a bajas temperaturas.
- Es resistente a sustancias químicas y no se diluye en solventes orgánicos. Se deforma en agua hirviendo.
- Es difícil aplicar pintura, adhesivos e impresión.
- No tiene sabor, olor. No es tóxico y es amigable al ambiente.
- Es excelente para sellado por calor.
- Tiene buena fluidez y estabilidad térmica durante el moldeo.
- Es excelente en aislamiento eléctrico y resistencia a la intemperie.
- La película de polietileno de baja densidad (LDPE) no transpira vapor de agua. La permeabilidad al gas oxígeno o a solventes orgánicos es grande.
- El polietileno de alta densidad (HDPE) tiene excelente rigidez y resistencia al impacto. Pero es más blando en comparación con otros plásticos termoplásticos.
- El polietileno de ultra peso molecular (U-PE) tiene mejor resistencia que el policarbonato (PC), y muy buena resistencia al desgaste, auto-lubricación y propiedad tribológica.

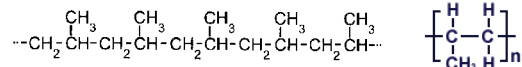
Nota: Propiedad tribológica: Facilidad en deslizamiento y en rotación.

Propiedad de auto-lubricación: Es una propiedad de los plásticos cristalinos por la que casi no se desgastan por fricción con metales.

16

2.(2) Polipropileno (PP)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico termoplástico de uso general. Es un polímero de alta cristalización y semitransparente. Existen tres tipos; homo-polímero, copolímero al azar, polímero de bloque.

3. Características

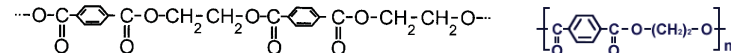
- ① Es el plástico más ligero y su densidad es 0.90~0.91.
- ② Su rigidez es alta y es muy resistente, sin embargo, no es muy buena su resistencia al impacto a bajas temperaturas.
Se incrementa su resistencia cuando se aplica la orientación. Es resistente a flexiones repetidas.
- ③ Es posible utilizarlo en un ambiente de desinfección a vapor o en agua hervida.
- ④ Es resistente a ácido, álcali y a solventes orgánicos. La permeabilidad al oxígeno y al vapor de agua es baja.
Es resistente al craqueo por tensión ambiental.
- ⑤ Es difícil aplicar adhesivos e impresión.
- ⑥ Es buena la moldeabilidad y reciclable.
- ⑦ Es excelente en higiene alimentaria.

Nota: 1) Rigidez: Se refiere al grado de dificultad en deformarse por flexión o torción.
2) Craqueo por tensión ambiental: Se refiere a la fractura o rotura por aplicar sustancias químicas cuando el material tiene alguna deformación.

17

2. Polietileno-tereftalato (PET)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico termoplástico de uso general. Es un polímero cristalino y transparente.

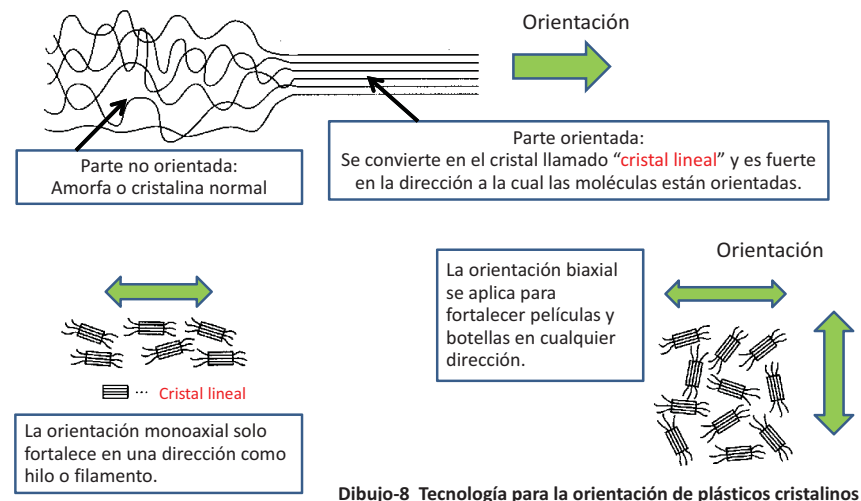
3. Características

- ① Tiene buena rigidez y dureza, resistencia al impacto, al desgaste, a la fatiga y a la fluencia. Cuenta con buena estabilidad dimensional y su superficie es lisa. Se vuelve más tenaz cuando se aplica la orientación. Las películas de orientación biaxial tienen mejor transparencia y flexibilidad, resistente a la flexión y a la ralladura.
- ② Tiene buena resistencia térmica.
- ③ Es muy seguro al usarlo para alimentos.
- ④ Es resistente a la gasolina, a los aceites y a las grasas, pero se descompone con ácido sulfúrico concentrado y ácido nítrico concentrado. Se hincha y se diluye con solventes orgánicos.
- ⑤ La permeabilidad al gas, tales como vapor de agua y oxígeno, es pequeña. Es muy bueno para mantener aromas.
 - ① **A-PET (PET amorfo)** : Los cristales están microdivididos. Es transparente la apariencia cuando se moldea.
 - ② **C-PET (PET cristalino)** : Es apropiado para los envases resistentes al calor para alimentos. Tiene alta resistencia y resistencia térmica.

Nota: 1) Resistencia a la ralladura: Dificultad de rallarse en la superficie.
2) Flexibilidad: Facilidad para flexionarse.

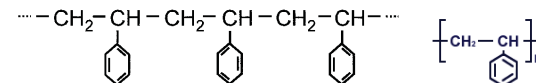
18

2.(4) Orientación de películas y botellas



2.(5) Poliestireno (PS)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Existen 3 tipos: ① Poliestireno de uso general, ② Poliestireno de alto impacto ③ Poliestireno espumado

Es un plástico termoplástico de uso general. Es un polímero amorfo de buena transparencia.

3. Características

(1) Poliestireno de uso general GPPS (General Purpose Polystyrene)

- ① Su densidad es 1.05g/cm³ y tiene buen brillo en la superficie.
- ② Tiene alta rigidez y dureza superficial. Su resistencia al impacto es baja y es frágil.
- ③ Es resistente a ácido y álcali, sin embargo no es resistente al solvente orgánico ni al aceite.
- ④ La temperatura de ablandamiento es baja: 95°C.
- ⑤ Tiene una estabilidad térmica durante el moldeo y es fácil de reciclarse.
- ⑥ Es relativamente poco resistente a la luz solar y se degrada absorbiendo rayos ultravioleta. Tiene baja resistencia a la intemperie.

(2) Poliestireno de alto impacto HIPS (High Impact Polystyrene):

Se pierde la transparencia. Es 5 a 10 veces más resistente al impacto en comparación con GPPS.

(3) Poliestireno espumado FS (Foamed Styrol) :

Es excelente su capacidad de espumarse, la cual permite obtener un espumado de alto volumen. Se adquiere resistencia al impacto y al aislamiento térmico.

2.(6) Razones por las que se vuelve difícil que se rompa cuando se mezcla con hule

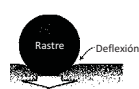
1. Dispersión del esfuerzo

Plástico duro



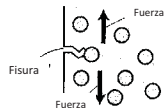
La fuerza se concentra en una parte pequeña

Plástico blando

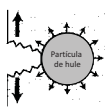


EL plástico se deforma y la fuerza se concentra en una área grande, por lo tanto la fuerza aplicada en cada parte es pequeña.

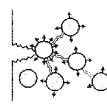
2. Se detiene el avance de fracturas.



Se crea fisura en la parte de plástico donde se carga la fuerza.



Las partículas de hule se deforman y disminuye la tensión hacia sus alrededores, así se detiene la fractura.



Aun cuando no se detiene el proceso de rompimiento, disminuye la tensión cada vez que pasan por las partículas de hule.

Los componentes de hule están integrados en HI-PS, PP•EPDM, ABS, HI-PS/PPE, etc.

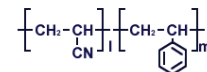
Dibujo-9 Función de componentes de hule

Takumi Sato : Zukai-Zatsugaku "Plastic" (p77,2004, Editorial Natsume)

21

2.(7) AS (SAN)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico termoplástico de uso general. Es copolímero de acrílico nitrilo (AN) y estireno (ST).
Es un polímero amorfo de buena transparencia.

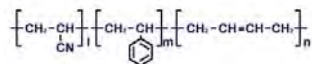
3. Características

- ① Tiene mejor rigidez, resistencia mecánica, química y térmica que el poliestireno (PS).
- ② Tiene dureza superficial y es difícil que se ralle. Es muy resistente al impacto.
- ③ Tiene excelente resistencia térmica.
La temperatura de deflexión (1.86MPa) es alta; 101~104°C.
- ④ Es un plástico mejorado en su resistencia a la intemperie, al aceite, química en comparación con PS. Tiene capacidad de absorción de agua, pero no es resistente a los alcoholes inferiores.
- ⑤ Se adhiere muy bien con adhesivo epóxico y poliéster.
- ⑥ La resistencia al craqueo por tensión ambiental es mejor que el poliestireno.
- ⑦ La fluidez en el proceso de moldeo es menor que la del poliestireno y su moldeabilidad es menor.
- ⑧ Tiene buena estabilidad dimensional.

22

2.(8) ABS

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico termoplástico de uso general. Es copolímero de acrílico nitrilo (AN), estireno (ST) y hule butadieno. Es una aleación de polímeros amorfos opaca. (Existen grados especiales transparentes.)

3. Características

- ① Es muy tenaz, resistente a la fluencia y tiene brillo superficial.
- ② Tiene alta resistencia térmica para un plástico de uso general. También es resistente al frío.
- ③ No es resistente a la intemperie, presenta cambio de color y deterioro de brillo.
- ④ Es de excelente moldeabilidad.
- ⑤ La contracción por moldeo es pequeña y tiene estabilidad dimensional.
- ⑥ Es excelente para colorarse y para galvanizarse.

Nota:

- 1) Índice de temperatura UL: Se refiere a la máxima temperatura de uso a la que pueden mantener resistencias mecánicas y eléctricas del material en su uso de largo plazo.
- 2) Resistencia a la baja temperatura: Los plásticos se endurecen, debilitan y bajan su resistencia al impacto a temperaturas bajas. Este término indica la resistencia a la baja temperatura.

23

Fotos del tamaño de partícula de la resina ABS y la curva de tensión-deformación

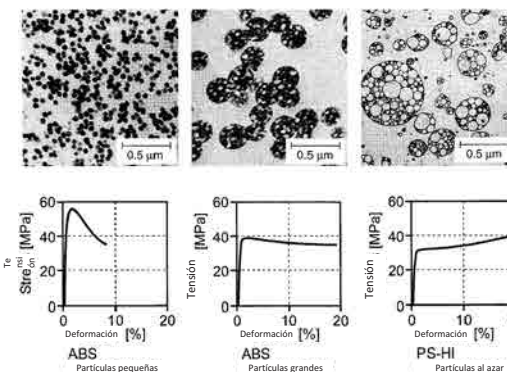


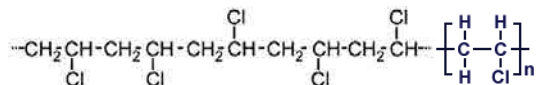
Foto-1 Observación del tamaño de partículas de hule en ABS y en PS-HI y la curva de tensión-deformación

Gottfried W.Ehrenstein: Polymeric Materials, p110, 2001, HANSER

24

2.(9) Cloruro de vinilo (PVC)

1. Estructura química



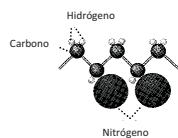
2. Tipo y clasificación

Es un plástico termoplástico de uso general y es un polímero amorfo transparente. Existen el tipo rígido y flexible.

3. Características

- ① Tiene buen equilibrio en su proporción de rigidez, resistencia mecánica, a la fluencia y al impacto.
- ② El aislamiento eléctrico es grande.
- ③ Tiene excelente impermeabilidad al agua y resistencia a la intemperie.
- ④ Es bueno en colorarse y adherirse, y es fácil de imprimir.
- ⑤ La impermeabilidad al gas como oxígeno es pequeña.
- ⑥ El PVC rígido tiene estabilidad dimensional y buena durabilidad.
- ⑦ El PVC flexible tiene facilidad de cambiar su blandura según la cantidad y tipo de plastificante que se le agregue.

Nota: Resistencia al agua (humedad): Se refiere a la característica que absorbe poco agua cuando esté sumergido en el agua o en un ambiente de alta humedad.



Cadena lateral grande:

- ① Pesada y dura
- ② Amorfo → Transparente

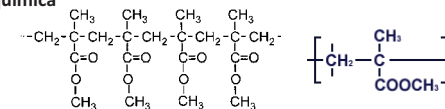
Componentes no petroleros:

- ① Es excelente en la resistencia al químico y a la intemperie.
- ② Es excelente en la resistencia a la flama.

25

2.(10) Metracrilato de metilo (PMMA)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

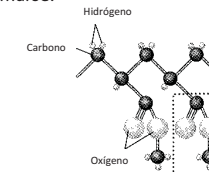
Es un plástico termoplástico de uso general y es un polímero amorfo transparente.

3. Características

- ① Tiene excelente transparencia. Su transparencia es mejor que el vidrio normal y el índice de refracción es alto; 1.49.
- ② Tiene excelente dureza superficial, resistencia a la ralladura.
- ③ De las propiedades mecánicas, la tenacidad es alta, sin embargo, la resistencia al impacto es baja y se fractura por su fragilidad
- ④ Tiene muy buena resistencia a la intemperie.
- ⑤ Es muy bueno en la resistencia al agua, y es sensible al craqueo por tensión ambiental.
- ⑥ Es fácil de flamearse y genera monómeros de gas al quemarse.

Cadenas laterales grandes (metil éster):

- ① Pesadas y duras
- Amorfo → Transparente
(La mejor transparencia entre los plásticos y el mayor índice de refracción)



26

3 Plásticos de ingeniería

[Estructura química y polimérica de los plásticos de ingeniería]

- Los plásticos de ingeniería contienen algún átomo distinto al carbono tales como oxígeno o nitrógeno en una de cada una de sus cadenas moleculares laterales (cadenas de carbono).
- La rotación de enlaces de los átomos en la cadena principal está limitada, por lo tanto los movimientos de las moléculas de todas las cadenas quedan reducidos. Las cadenas moleculares no se mueven libremente aunque se eleve su temperatura, por lo que tienen mejor resistencia térmica.
- Las cadenas moleculares no se doblan fácilmente aunque reciban una fuerza exterior. Tampoco se dispersan las cadenas moleculares en las moléculas de un solvente cuando tengan contacto con el solvente.
- Las cadenas de 6 carbonos en anillo del benceno se vuelven más rígidas y generan el mismo efecto que cuando ellas son gruesas. Por lo tanto, cuando se integran éstas en las cadenas moleculares principales, se aumenta considerablemente la resistencia térmica.

27

3.(1) Comparación de los plásticos de ingeniería

	POM	PA	PBT	PC	m-PPE	Observaciones
Cristalización	Cristalino			Amorfo	Amorfo	
Resistencia mecánica	○	○	○	△	△	Comparación de la fuerza que resiste a largo plazo
Resistencia térmica	△	⊙	⊙	○	○	Comparación de la temperatura que resiste a largo plazo
Sustancia química inorgánica	△	△	△	△	○	Ácido, álcali, agua templada etc.
Sustancia química orgánica	○	○	○	×	×	
Absorción de agua	No hay	Hay	No hay	No hay	No hay	No indica ningún problema sustancial
Fluidez	○	○	○	×	×	Comparación de la moldeabilidad por inyección. La fluidez y la velocidad de solidificación son importantes en la productividad. La contracción es importante para la precisión dimensional del producto.
Velocidad de solidificación	⊙	○	△	×	×	
Contracción	Grande	Grande	Grande	Pequeño	Pequeño	

⊙ : Excelente
○ : Bueno

△ : Precaución en el uso

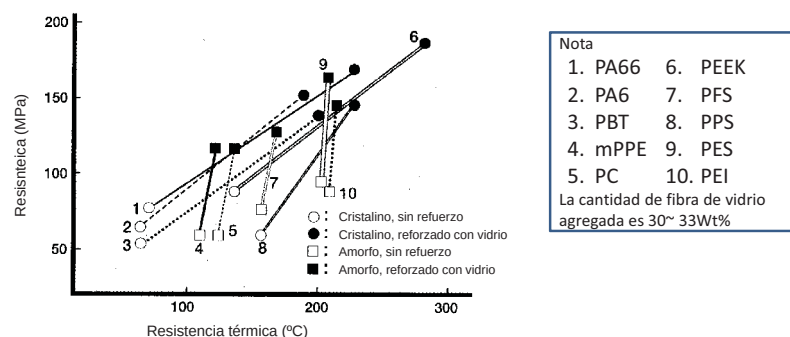
× : No bueno. Requiere tomar algunas medidas.

Tabla-5 Comparación de las características de los plásticos de ingeniería

Takumi Sato : Zukai-Zatsugaku "Plastic" (p105,2004, Editorial Natsume)

28

3.(2) Efectos del reforzamiento con fibra de vidrio



Dibujo-10 Relación entre la resistencia a la tensión y la temperatura de deflexión(1.81MPa) y comparación de con y sin el reforzamiento con fibra de vidrio

Los plásticos amorfos tienen una fuerza de enlace molecular débil por lo que las moléculas empiezan a moverse tan pronto llegan a altas temperaturas.
 No demuestra mejora significativa en resistencia térmica aún reforzados con fibra de vidrio.

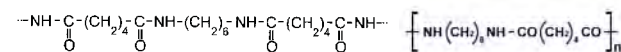
Takumi Sato : Zukai-Zatsugaku "Plastic" (p69,2004, Editorial Natsume)

29

3.(3) Poliamida (PA)

1. Estructura química

PA6,6



2. Tipo y clasificación

Es un plástico de ingeniería pero tiene características de uso general y es un polímero cristalino ligeramente semitransparente.

3. Características

- ① Aborbe agua. Al absorber agua, se mejoran la tenacidad, resistencia al impacto, flexibilidad. Por otro lado disminuye la resistencia mecánica y el aislamiento eléctrico y provoca variación dimensional.
- ② Tiene excelente resistencia a gasolina, aceite y solventes orgánicos. No es resistente a ácidos, fenoles y cloruro de calcio. La permeabilidad a gases tales como nitrógeno y gasolina en su estado gaseoso es baja, y tiene muy buena como propiedad de barrera de gases.
- ③ Tiene buena resistencia mecánica, tenacidad y resistencia a la fatiga. La superficie es rígida y demuestra muy buena resistencia al desgaste y tiene auto-lubricación.
- ④ Es auto-extinguible.

La poliamida se divide en 3 grupos según las formas de copolimerización de los monómeros.

PA6 : Tm=226°C, Tg=48°C, std.hum (2.7%), saturado(9.5%)

PA12 : Tm=170-180°C, std.hum (0.7%), saturado (1.5%)

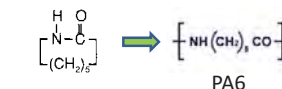
PA11 : Tm=185°C, std.hum (1.1%), saturado (1.8%)

PA6,6 : Tm=265°C, std.hum (2.5%) saturado (8.5%)

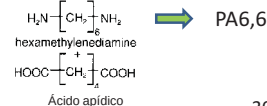
PA6,10 : Tm=210-220°C, std.hum (1.5%) saturado (3.2%)

Existen grandes diferencias en la temperatura de fundición, capacidad de absorción de agua (densidad, cristalización).

PA12 tiene baja densidad, baja temperatura de fundición y baja capacidad de absorción de agua, por lo que se usa para fabricar tubos.



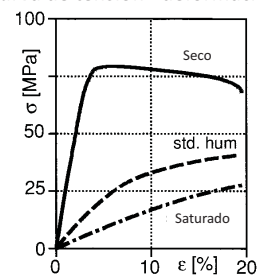
ε- caprolactama



30

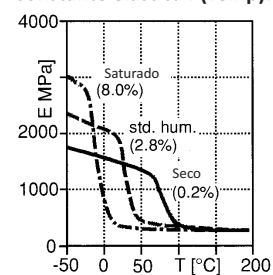
PA6 : Efectos de la absorción de agua en las propiedades mecánicas

Curva de esfuerzo-deformación
Curva de tensión - deformación



Constante elástica f depende de la temperatura

Constante elástica f (Temp):



Saturado : Se refiere al estado saturado con agua (8.0%)
 Std.hum : 23°C, 50%RH en el estado de humedad de equilibrio (2.8%)
 Seco : En el estado seco (0.2%)

Dibujo-11 Influencia de absorción de agua de PA6 en las propiedades mecánicas

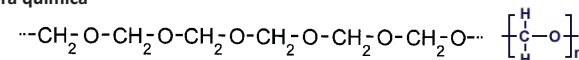
Método de prueba de las propiedades mecánicas: Ensayo de tensión ISO 527

Gottfried W. Ehrenstein, "Polymeric Materials", HANSER, 2001, p244

31

3.(4) Poliacetal, polioximetileno (POM)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico de ingeniería, pero tiene característica de uso general y es un polímero amorfo altamente cristalizado opaco. Existen homopolímeros y copolímeros.

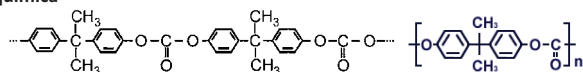
3. Características

- ① El grado de su cristalización es alto (alrededor del 80%) y tiene excelente resistencia a la fatiga.
- ② El equilibrio de las propiedades mecánicas es bueno.
Tiene buena resistencia al desgaste, buena propiedad tribológica y es auto-lubricante. Cuenta con una alta estabilidad dimensional.
- ③ Es resistente a la gasolina, sin embargo no es resistente a ácidos inorgánicos ni orgánicos. Posee buena resistencia al craqueo por tensión ambiental.
- ④ Es difícil aplicarle pegamentos y decoración en su superficie.
- ⑤ No es resistente a la intemperie y es sensible a los rayos ultravioletas.
- ⑥ El homopolímero es resistente a corto plazo y tiene una constante elástica alta y buena rigidez a corto plazo.
- ⑦ El copolímero tiene una alta resistencia a la tensión a la ruptura.
 Cuenta con buenas propiedades a largo plazo, tales como resistencia a la ruptura, a la fluencia y resistencia al deterioro por calor. También es resistente al agua caliente y al álcali.
 Tiene estabilidad térmica y permite aplicar un amplio rango de temperaturas al moldearlo.

32

3.(5) Policarbonato(PC)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico de ingeniería pero tiene características de uso general y es un polímero amorfo transparente.

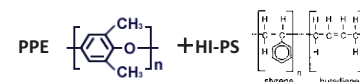
3. Características

- ① Es resistente y rígido. Cuenta con una excelente resistencia al impacto y buena resistencia a la fluencia.
Su resistencia al impacto es 200 veces de la del vidrio y 30 veces de la del acrílico.
- ② No es resistente a la fatiga y se fractura por su fragilidad.
- ③ La capacidad de absorción de agua es baja y tiene buena estabilidad dimensional, por lo tanto es apto para los productos de alta precisión.
- ④ Demuestra alta estabilidad térmica y se puede aplicar un amplio rango de temperatura (-100~125°C).
- ⑤ Tiene buena estabilidad dimensional.
- ⑥ Su resistencia al craqueo por tensión ambiental es baja.
- ⑦ Es resistente al agua y a los ácidos débiles, sin embargo se hincha y se diluye con solvente orgánico.
- ⑧ Posee buena resistencia a la intemperie y al calor, y buena propiedad a baja temperatura.
- ⑨ Es auto-extinguible.
- ⑩ Se hidroliza en un ambiente de alta temperatura y humedad.

33

3.(6) Éter de polifenileno modificado (m-PPE)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico de ingeniería pero tiene características de uso general y es un polímero amorfo opaco. Es un plástico modificado del polímero PPE mezclando con HI-PS para obtener mejor moldeabilidad.

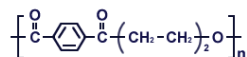
3. Características

1. Densidad: 1.04-1.06 (Es el plástico amorfo más ligero dentro de los plásticos de ingeniería).
2. Tiene propiedades mecánicas bien balanceadas y buenas propiedades eléctricas. Su resistencia y rigidez son del nivel parecido al de PC y POM. Su resistencia al impacto equivale a la de ABS y su resistencia a la fluencia es similar al nivel de PC. Tiene buena dureza y resistencia a la ralladura.
3. Buena estabilidad dimensional:
Su coeficiente de dilatación es el más reducido dentro de los plásticos de ingeniería. Tiene baja capacidad de absorción de agua.
4. Cuenta con excelente aislamiento eléctrico, el cual es uno de los mejores entre los plásticos de ingeniería.
5. Es resistente a ácidos y álcalis, pero no es resistente a solventes orgánicos. Tiene buena resistencia al agua caliente (al vapor de agua).
6. Posee buena resistencia al craqueo por tensión ambiental.
7. Se utiliza para equipos médicos y envases para alimentos.
8. Es inflamable.

34

3.(7) Polibutileno tereftalato (PBT)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico de ingeniería del grupo de poliéster. Es un polímero cristalino opaco.

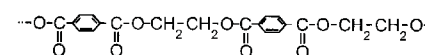
3. Características

- ① Es uno de los mejores entre los plásticos de ingeniería en cuanto a la resistencia térmica y a la durabilidad.
- ② Tiene excelente estabilidad dimensional.
- ③ Es excelente en su propiedad tribológica y en la resistencia al desgaste, aparte es tenaz y flexible.
- ④ Cuenta con un buen aislamiento eléctrico dentro de los plásticos termoplásticos.
- ⑤ Posee resistencia duradera a solventes orgánicos, aceite y gasolina. No es resistente al álcali fuerte y a los derivados de fenol.
- ⑥ Tiene la hidrólisis en un ambiente de alta temperatura y humedad.
- ⑦ Es auto-extinguible.
- ⑧ Es fácil de moldear.
- ⑨ El PBT reforzado con fibra de vidrio tiene una buena resistencia al desgaste y es auto-lubricante. Demuestra buena resistencia a la fatiga y al calor. También tiene buenas propiedades eléctricas. Su capacidad de absorción de agua es baja y es excelente en la estabilidad dimensional.

35

3.(8) Tereftalato de polietileno reforzado con fibra de vidrio (GF-PET)

1. Estructura química



2. Tipo y clasificación

Es un plástico de ingeniería del grupo del poliéster. Es reforzado con fibra de vidrio con base en el polímero de PET.

3. Características

- ① Es un material para moldeo, reforzado con fibra de vidrio, aprovechando las propiedades del polímero de PET, las cuales son; resistencia térmica, química, propiedades eléctricas y resistencia a la intemperie.
- ② Tiene excelentes propiedades mecánicas, resistencia térmica y estabilidad dimensional.
- ③ Demuestra excelente resistencia térmica y propiedades eléctricas que equivalen a las de los plásticos termofijos.
- ④ Su temperatura de deflexión es de 220~242°C, la cual es una de las más altas entre los plásticos de ingeniería con carácter de uso general.
- ⑤ Está mejorado en la velocidad de cristalización, en la moldeabilidad y la resistencia a la hidrólisis.
- ⑥ Sus resistencias mecánicas y propiedades eléctricas se mantienen bastante bien aunque se expongan durante un largo período a alta temperatura.

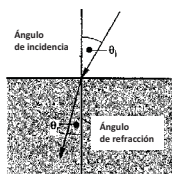
36

4.(1) Características de los plásticos transparentes

Conceptos	Unidad	PS	SAN	PMMA	PC
Transmitancia óptica	%	88-90	90	92-93	87-89
Índice de refracción	-	1.59	1.57	1.49	1.59
Resistencia a la tensión	MPa	36-52	69-82	48-73	64-66
Elongación a la ruptura	%	1.2-2.5	2-3	2-5	110-120
Resistencia al impacto IZOD	J/m	14-28	25-30	22-28	800-1000
Dureza RockWell		M65-90	M79-90	M80-100	M70
Temperatura de deflexión	°C	70-100	80-95	100	138-142
Coefficiente de dilatación	$\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	0.8	0.7	0.7	0.7
Densidad	g/cm ³	1.06	1.07	1.19	1.20

Tabla-6 Características de los plásticos transparentes

Dibujo-11 Reflexión de la luz



Ide Fumio: "Kokomade kita Toumei Plastic" Hasta aquí se mejoraron los plásticos transparentes), Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd., 682001,3,1, p49, El método de pruebas es de ASTM.

37

4.(2) Resistencia química de los plásticos (ácido y álcali)

Solvente	PVC※1	PVC※2	PS	ABS	PE	PP
10% ácido clorhídrico	◎	○	-	◎	◎	◎
38% ácido clorhídrico	◎	△	-	△	◎	◎
10% ácido sulfúrico	◎	◎	◎	◎	◎	◎
98% ácido sulfúrico	△	×	×	×	△	△
10% ácido nítrico	◎	○	○	○	◎	◎
61% ácido nítrico	△	×	×	×	△	△
Hidróxido de sodio	◎	○	○	◎	◎	◎
Hidróxido de potasio	◎	○	-	◎	◎	◎

◎ : Casi no afecta.
○ : Afecta un poco, sin embargo es posible usarlo en la práctica dependiendo de las condiciones de uso.
△ : No se recomienda usar de esta manera.
× : No apto para usar.

PVC※1 PVC rígido, PVC※2 PVC flexible

Oishi, "Durabilidad de los plásticos", Kogyo Chosakai Publishing, Co., Ltd., 1975, p107

Tabla-7 Resistencia química de los plásticos de uso general (ácido y álcali) (solvente orgánico)

38

4.(2) Resistencia química de los plásticos de uso general (solvente orgánico)

Solvente	PVC※1	PVC※2	PS	ABS	PE	PP
Acetona	×	×	×	×	△	△
Benceno	×	×	×	△	△	△
Tetracloruro-metano	×	×	×	×	×	△
Cloroformo	×	×	×	×	×	×
Cresol	◎	△		×	○	○
Dietil éter	△	×		×	×	△
Alcohol etílico	○	×		△	○	○
Tetrahidrofurano	×	×	×	×	×	△
Tolueno	×	×		×	△	△
xileno	×	×	×	×	○	△
Tricloroetileno	×	×	×	×	△	△
Gasolina	○	×		△	○	○
Aceite	○	△		◎	△	○

39

4.(3) Resistencia química de los plásticos de ingeniería (ácido y álcali)

Solvente	PA	POM	PMMA	PC	PTFE
10% ácido clorhídrico	○		○	◎	◎
38% ácido clorhídrico	×		○	△	◎
10% ácido sulfúrico	◎	◎	◎	◎	◎
98% ácido sulfúrico	×	×	×	×	◎
10% ácido nítrico	△	△	△	◎	◎
61% ácido nítrico	×	×	×	×	◎
Hidróxido de sodio	◎	◎	○	△	◎
Hidróxido de potasio	○	○	△	×	◎

◎ : Casi no afecta.
○ : Afecta un poco, sin embargo es posible usar en la práctica dependiendo de las condiciones de uso.
△ : No se recomienda usar en la práctica.
× : No apto para usarse.
Oishi, "Durabilidad de los plásticos", Kogyo Chosakai Publishing, Co., Ltd., 1975, p107

Tabla-7 Resistencia química de los plásticos de ingeniería (ácido y álcali) (solvente orgánico)

40

4.(3) Resistencia química de los plásticos de ingeniería (Solventes orgánicos)

Solvente	PA	POM	PMMA	PC	PTFE
Acetona	△	△	×	×	◎
Benceno	○	△	△	×	◎
Tetracloruro-metano	×	×	×	△	○
Cloroformo	×	×	×	×	○
Cresol	×		×	×	◎
Dietil éter	○			△	○
Alcohol etílico	○		×	○	◎
Tetrahidrofurano	×	×	×	×	◎
Tolueno	○	○	△	×	○
xileno	○	○	△	×	◎
Tricloroetileno	×	×	×	×	◎
Gasolina	○	◎	△	○	◎
Aceite	○	◎	△	◎	◎

4.(4) Propiedades físicas de los plásticos de uso general –(1)

Conceptos	unidad	PE-BD	PE-AD	PP	PVC	PS
Densidad	g/cm ³	0.91-0.925	0.941-0.965	0.90-0.91	1.38-1.55	1.06
Cristalino/ Amorfo		Semi-cristalino	Semi-cristalino	Semi-cristalino	amorfo	amorfo
Grado de cristalización	%	40-55	60-80	60-70		
Temperatura de transición vítrea	°C	-100	-125	20	80-110	90-100
Rango de puntos de fusión	°C	110	135	170	-	-
Temperatura de ablandamiento Vicat	°C	-	60-65	90	92	90
HDT(1.81MPa) A	°C	35	50	45	72	84
Constante elástica						
Elasticidad	MPa	200-400	600-1400	1300-1800	2700-3000	3100-3300
Resistencia a la tensión	MPa	8-10	18-30	25-40	50-60	30-55
torción	%	20	8-12	8-18	4-6	-
elongación	%	>50	>50	>50	10-50	1.5-3
Límite térmico Corto plazo	°C	80-90	80-110	130	70	90
Largo plazo	°C	60-70	60-80	90	60	80

Tabla-9 Propiedades físicas de los plásticos de uso general-(1),-(2)

Gottfried W. Ehrenstein, "Polymeric Materials", HANSER, 2001

Ensayo de tensión :ISO 527

N.Rao/K.O7Brien, "Design Data for Plastics Engineers", HANSER, 1998, p34

4.(4) Propiedades físicas de los plásticos de uso general–(2)

Conceptos	Unidad	SAN	ABS	PMMA	PET
Densidad	g/cm ³	1.08	1.03-1.07	1.15-1.19	1.33-1.40
Cristalino/ Amorfo	%	Amorfo	Amorfo	Amorfo	Semi-cristalino
Grado de cristalización					30-40
Temperatura de transición vítrea	°C	95-105	-85/95-105	80-90	80
Rango de puntos de fusión	°C	-	-	-	255
Temperatura de ablandamiento Vicat	°C		102	85	190
HDT(1.81MPa) A	°C	101-104	100	103	80
Constante elástica					
Elasticidad	MPa	3500-3700	2200-3000	3100-3300	2100-3100
Resistencia a la tensión	MPa	65-85	45-65	60-80	55-80
torción	%	-	2.5-3	-	4-7
elongación	%	2.5-5	15-20	2-6	>50
Límite térmico Corto plazo	°C	95	85-95	85-95	170
Largo plazo	°C	85	75-85	65-80	100

4.(5) Las propiedades físicas de los plásticos de ingeniería-(1)

Conceptos	Unidad	PA-6	PA-66	POM	PC	m-PPE
Densidad	g/cm ³	1.12-1.15	1.13-1.16	1.41-1.43	1.20-1.24	1.04-1.06
Cristalino/ Amorfo	%	Semi-cristalino	Semi-cristalino	Semi-cristalino	Amorfo	Amorfo
Grado de cristalización		30-40	35-45	70-80		
Temperatura de transición vítrea	°C	78	90	-70	145	140
Rango de puntos de fusión	°C	225	265	170	-	-
Temperatura de ablandamiento Vicat	°C	180	200	165	102	(128)
HDT(1.81MPa) A	°C	77,(63) ※	130,(70) ※	140 ,(110) ※	100 (135)※	(128) ※
Constante elástica						
Elasticidad	MPa	2800/1000/600	3000/1600/800	3000-3200	2200-2400	2300
Resistencia a la tensión	MPa	80/45/-	85/60/-	60-75	55-65	50-55
torción	%	4/25/-	5/20/-	8-25	6-7	3-5
elongación	%	30/>50/-	25/>50/-	20- >50	100-130	36-45
Límite térmico Corto plazo	°C	140-160	140-170	110-140	135	120
Largo plazo	°C	80/100	80-100	90-100	100	100

※ El método ASTM , Toshihide Inoue, "Engineering plastic", The Society of Polymer Science, Japan (editor), Editorial Kyoritsu, 2004, p117

Tabla-10 Propiedades físicas de los plásticos de ingeniería-(1),-(2)

Gottfried W.Ehrenstein, "Polymeric Materials", HANSER,2001

4.(5) Propiedades físicas de los plásticos de ingeniería-(2)

Conceptos	Unidad	PBT	GF-PET※2	PA6-GF30※2	PA66-GF33※2	PBT-GF30※2
Densidad	g/cm³	1.30-1.32	1.55-1.70	1.35-1.42	1.33-1.34	1.48-1.53
Cristalino/ Amorfo Grado de cristalización	%	Semi-cristalino 40-50	Semi-cristalino	Semi-cristalino	Semi-cristalino	Semi-cristalino
Temperatura de transición vítrea	°C	45-60				
Rango de puntos de fusión	°C	226	256			
Temperatura de ablandamiento Vicat HDT (1.81MPa) A	°C °C	180 (60) ※1	210-227	200-232	230-243	196-225
Constante elástica						
Elasticidad	MPa	2500-	9,000-9,900	8,600-10,000	7,800	9,000-10,300
Resistencia a la tensión	MPa	2800	138-166	166	125-140	96-131
torción	%	50-60	--			
elongación	%	3.5-7 20->50	2.0-7.0	2.2-3.6	4-7	2.0-4.0
Límite térmico Corto plazo	°C	160				
Largo plazo	°C	100				

※1 El método ASTM
Toshihide Inoue, “Engineering plastic”, The Society of Polymer Science, Japan (editor), Editorial Kyoritsu, 2004, p117

※2 Osaka Municipal Technical Research Institute, “Manual de los plásticos (Plastic Tokuhon)”,
Japan Society of Plastics Technology (editor), Editorial Plastics Age, 2009

M2 Materiales plásticos

M2-5 Caracterización (II)

2012.6.13/14

1

1. Generalidades

(1) Plásticos de superingeniería:

Tienen una **resistencia térmica** superior a los plásticos de ingeniería. En la cadena molecular principal contienen bencenos, lo cual hace más gruesa la cadena molecular, por lo que las moléculas difícilmente se mueven incluso al llegar a altas temperaturas, por consiguiente resulta excelente la resistencia térmica.

Para los plástico de super-ingeniería, la referencia de su resistencia térmica mínima es de 150°C como la temperatura de uso continuo y prolongado.

(2) Plásticos termofijos:

Consisten en las macromoléculas de estructura reticular tridimensional y no se pueden utilizar con la fundición repetida; sin embargo, incluso bajo altas temperaturas las moléculas difícilmente se mueven y no llegan a fundirse, por lo que los productos moldeados de estos plásticos tienen una alta resistencia térmica y además gran resistencia química.

(3) Elastómeros termoplásticos:

A temperatura ambiente presentan elasticidad de caucho y al calentarlos a temperatura alta se fundirán y se plastificarán y en general se pueden transformar mediante una máquina de moldeo de plástico.

Son los elastómeros que tienen propiedades de recuperar su cuerpo elástico de caucho al ser sometidos al enfriamiento.

(4) Aleaciones de polímeros:

Consisten en una mezcla de dos polímeros interponiendo un copolímero en bloque que tiene una alta afinidad con ambos polímeros. El m-PPE es una aleación representativa. Permiten mejorar la formabilidad e incrementar las funciones.

(5) Plásticos biodegradables y plásticos de biomasa:

Los plásticos biodegradables se caracterizan por que pueden ser descompuestos por los microorganismos que viven en la tierra, transformándose finalmente en dióxidos de carbono y agua. Los **plásticos de biomasa** se fabrican con materias orgánicas renovables, por lo que tienen la ventaja de contribuir a la prevención del calentamiento global.

3

Índice

1. Generalidades

2. Plásticos de superingeniería

- (1) Temperatura de uso continuo y comparación de la resistencia térmica
- (2) Sulfato de polifenileno (PPS)
- (3) Polisulfono (PSF)
- (4) Polialilato (PAR)
- (5) Polímero de líquido cristalino (LCP)
- (6) Poliéter éter cetona (PEEK)
- (7) Polietersulfono (PES)
- (8) Poliamidaimida (PAI)
- (9) Polietirimida (PEI)
- (10) Politetrafluoroetileno (PTFE)

3. Plásticos termofijos

- (1) Resina fenólica (PF)
- (2) Resina de urea formaldehído (UF)
- (3) Resina de melamina-formaldehído (MF)
- (4) Resina epoxi (EP)
- (5) Resina de poliéster no saturado (UP)
- (6) Resina dialil-ftalato (PDAP)
- (7) Resina silicónica (SI)
- (8) Resina de poliuretano (PUR)

4. Elastómeros termoplásticos

- (1) Estructura molecular que presenta la elasticidad de caucho
- (2) Copolímeros en bloque
- (3) Características de los elastómeros termoplásticos
- (4) Clasificación de los elastómeros principales y comparación de su calidad

5. Aleaciones de polímeros

- (1) Clasificación de las aleaciones de polímeros
- (2) Mezclas de polímeros
- (3) Aleaciones de polímeros y agentes compatibilizantes
- (4) Ejemplos de la modificación de las propiedades por la aleación de polímeros

6. Plásticos de biomasa y polímeros biodegradables

7. Otros

- (1) Plástico de celulosa
- (2) Resinas EVA y EVOH
- (3) Lista de las tasas de contracción de moldeo de principales materiales de plástico

Tabla-1. Propiedades físicas de los plásticos de superingeniería

Tabla-2. Propiedades físicas de los plásticos termofijos

2

2. Plásticos de superingeniería

[Propiedades químicas y estructura molecular de los plásticos de superingeniería]

Se llaman plásticos de superingeniería aquellos que tienen resistencia térmica más alta que los plásticos de ingeniería, permitiendo ser utilizados por un tiempo prolongado incluso a una temperatura de 150°C.

Tienen alta funcionalidad, resistencia térmica y durabilidad y se utilizan como materiales alternativos de metales.

- ① Se caracterizan por tener una estructura en la que su cadena principal contiene anillos de benceno. Cuanto más alta la proporción de los anillos de benceno, más alta la resistencia térmica.
- ② La cadena principal de benceno contiene átomos de azufre u oxígeno y la cadena principal contiene los enlaces de cetona o éter, lo cual otorga la resistencia térmica y la formabilidad en el moldeo.
- ③ La resina de flúor no tiene la estructura de anillos de benceno, pero en la cadena lateral de la principal de carbono se agregan los átomos de flúor. Al formar un enlace covalente entre los átomos de flúor y el carbono, se puede obtener una estabilización significativa. Lo cual permite mejorar la resistencia térmica, la resistencia al frío y otras propiedades.

Cadena molecular principal	Resina	Punto de fusión
Sólo carbono	Polietileno	120°C
Carbono + nitrógeno	Poliamida 6	224°C
Carbono + nitrógeno + benceno	Resina de aramida	450°C

4

2.(1) Temperatura de uso continuo y resistencia térmica

La temperatura de uso continuo es un estándar para calificar una de las propiedades físicas a largo plazo (resistencia térmica) de un objeto.

En caso de dejar un objeto en la atmósfera de una temperatura determinada durante 40,000 horas, los valores de sus propiedades físicas se degradarán en un 50% de los valores iniciales a una cierta temperatura, la cual se llama "temperatura de uso continuo". Se especifica como UL746B que se establece por los estándares UL (*Underwriters Laboratories*).

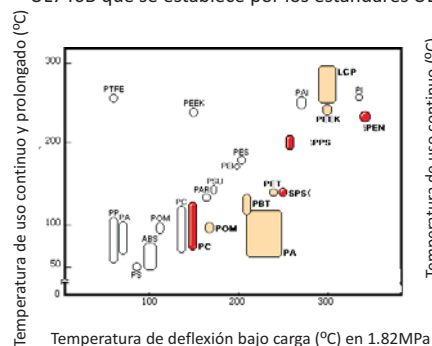


Figura-1 Comparación de la resistencia térmica de diferentes resinas

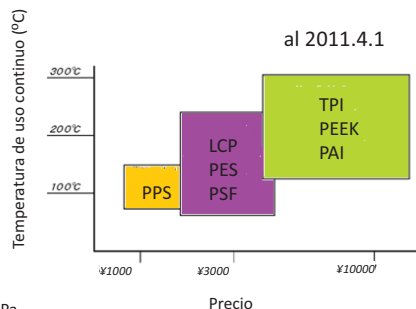


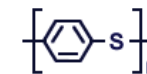
Figura-2 Relación entre la temperatura de uso continuo y el precio

5

2.(2) Sulfato de polifenileno: PPS

1. Estructura química

Polímero unido por el enlace de bencenos y átomos de azufre.



2. Tipo y clasificación

Es cristalino y el punto de fusión es de 281°C.

3. Características

- ① **Excelente resistencia térmica** (Temperatura de deflexión bajo carga: 260°C, Temperatura de uso continuo: entre 200 y 240°C)
- ② **Mantiene alta resistencia y rigidez en amplio rango de temperatura.** (Tiene buenas propiedades de fluencia (*creep*) a altas temperaturas. Además, las propiedades de fatiga, etc. son excelentes en amplio rango de temperatura.)
- ③ Excelente resistencia química (A temperaturas elevadas es afectado por ácidos fuertes o químicos de oxidación fuerte, pero no por ácidos, álcalis ni disolventes orgánicos.)
- ④ **Buena estabilidad dimensional** (La absorción de agua es baja y el coeficiente de expansión lineal es pequeño.)
- ⑤ Tiene resistencia a la flama.
- ⑥ Tiene excelentes propiedades eléctricas. Sobre todo, presenta alta resistencia al arco y a la carbonización por arco (*tracking*).
- ⑦ **Es propenso a generar el gas.** Contiene azufre, por lo que es considerable la corrosión de los moldes y se inclina a generar rebabas.

4. Usos principales

Se utiliza para conectores con resistencia térmica, partes mecánicas y partes de motores que funcionan bajo ambiente de altas temperaturas.

Porta-escobillas del motor



Reflector de faros

6

2.(3) Polisulfono: PSF

1. Estructura química

En la cadena principal los anillos de benceno están unidos en forma lineal mediante el enlace de éter con los **grupos sulfonilo (-SO2-)**.

2. Tipo y clasificación

Es amorfo y de color ámbar transparente.

Tiene excelente brillo.

3. Características

Peso específico: 1.24

① Excelente resistencia térmica. La temperatura de deflexión bajo carga, de uso continuo y de transición vítrea (*Tg*) es elevada, siendo 175°C, 160°C y 190°C, respectivamente.

③ **Excelente resistencia a la hidrólisis. Tiene gran resistencia al vapor (150°C).**

④ **Posee una buena resistencia mecánica y gran resistencia a la fluencia, es rígido con una fuerte viscosidad.**

⑤ **La resistencia química es relativamente buena dentro de los polímeros amorfos.**

Es afectado por ácidos fuertes y también vulnerable a disolventes orgánicos. No es afectado por ácido clorhídrico, ácido acético, ni álcalis, incluso bajo altas temperaturas.

⑥ Posee resistencia a la flama.

4. Usos principales

Tiene una alta inocuidad para los alimentos y es resistente al agua caliente, por lo que se destina a usos para la industria alimentaria y las partes de instrumentos médicos.

Partes de la llave de regadera



7

2.(4) Polialilato: PAR

1. Estructura química

En la cadena principal contiene una alta concentración de grupos aromáticos.

2. Tipo y clasificación

Polímeros transparentes amorfos.

3. Características

① Peso específico: 1.21

② **De las resinas transparentes, posee resistencia térmica de máximo nivel.**

(Temperatura de uso continuo: 140°C, Temperatura de deflexión bajo carga: 185°C, *Tg*: 195°C)

③ **Excelente resistencia mecánica.** (Posee una alta elasticidad de alargamiento. La resistencia a la fluencia y al impacto es mayor a la de PC (polycarbonato) por su alta elasticidad) En comparación con PC y PSF, la rigidez superficial es mayor.

④ Es resistente a la flama.

⑤ No tiene buena resistencia química. Presenta corrosión por ácidos fuertes o álcalis fuertes. Es afectado por disolventes orgánicos aromáticos y de éster.

⑥ Excelente resistencia a la intemperie y protección contra los rayos ultravioleta.

4. Usos principales

Aprovechando su resistencia térmica, se utiliza para las partes electrónicas y eléctricas; por su estabilidad dimensional, se utiliza para las partes de cámara.



Tubos de lente para cámara

8

2.(5) Polímero de líquido cristalino: LCP

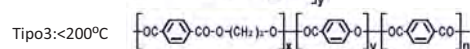
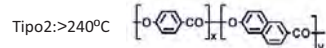
1. Estructura química

Estructura que consiste principalmente en el ácido p-hidroxibenzoico.



2. Tipo y clasificación

Es cristalino. Hay tres tipos y cada uno de ellos tiene diferente temperatura de deflexión bajo carga.



3. Características

1. **Posee una alta resistencia y elasticidad** (Supera al nivel de los plásticos de ingeniería reforzados con cargas (*filler*). Sin embargo, muestra anisotropía.) Por su alto grado de cristalización, tiene una gran resistencia al desgaste. Es considerable el efecto de reforzamiento con fibras de vidrio, etc.
2. **Excelente resistencia térmica.**
3. **Gran fluidez.** (Tiene baja viscosidad y es apto para el moldeo minucioso.)
4. **Excelente estabilidad dimensional.** (Bajo coeficiente de dilatación lineal, baja tasa de contracción de moldeo) Propiedades de pocas rebabas. (En los productos moldeados casi no se generan rebabas.)
5. Resistencia a la flama.

4. Usos principales

Por su formabilidad a baja presión se utiliza para conectores con pequeños multipines y por su alto grado de elasticidad se utiliza para elementos de mecanismo.

Nota) El cristal líquido se refiere al estado en que se mantienen los cristales en el estado de fundición mediante la fuerza intermolecular y las moléculas están alineadas en forma



Conectores para tarjeta de memoria SD

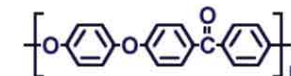
Polímero de cristal líquido aislante (UL94V-0) Color negro

9

2.(6) Poliéter éter cetona: PEEK

1. Estructura química

Polímero cuyos anillos de benceno están unidos en posiciones para mediante los enlaces de cetona y de éter.



2. Tipo y clasificación

Polímero termoplástico cristalino de grupo aromático.

3. Características

1. **Destacada resistencia térmica y excelentes propiedades de alta temperatura** (Temperatura de uso continuo: Aprox. 240°C, Punto de fusión: 334°C, Tg: 143°C. Para los productos no reforzados, la temperatura de deflexión bajo carga es de 160°C.
2. **Alta resistencia mecánica** (Es resistente al impacto, tensión, fluencia, fatiga y desgaste.)
3. **Excelente resistencia química** (No es afectado por ácidos, álcalis ni disolventes orgánicos, excepto ácido sulfúrico o nítrico de alta concentración.)
4. Resistente a la flama. Difícil de quemarse y generar humo.
5. **Resistente al vapor** (No ocasiona hidrólisis aun en presencia de vapores de temperatura elevada.)
6. **Resistencia a la radiación** (Difícilmente se presenta la degradación por radiación.)

4. Usos principales

Películas, Revestimiento aislante de cables eléctricos



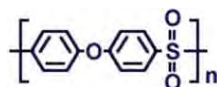
PEEK® Rodamiento de bola
Se utiliza PEEK® en el anillo exterior y el interior.

10

2.(7) Polietersulfono: PES

1. Estructura química

En la cadena molecular principal contienen grupos sulfonilo ($-\text{SO}_2-$) y anillos de benceno.



2. Tipo y clasificación

Plástico amorfo de color ámbar transparente. Resina de homopolímeros de grupo polisulfono.

3. Características

1. **Excelente resistencia térmica** (Temperatura de resistencia térmica continua: 180°C, Temperatura de deflexión bajo carga: 210°C, Tg: 225°C.)
2. **Alto grado de rigidez.** Mantiene su rigidez incluso bajo 200°C. Tiene una excelente resistencia a la fluencia bajo altas temperaturas.
3. Excelente resistencia al vapor (Resistencia a la hidrólisis)
4. Excelente estabilidad dimensional (El coeficiente de dilatación lineal es pequeño.)
5. Resistencia a la flama (Es auto-extinguible y muestra una alta resistencia a la flama.)
6. **Excelente formabilidad en el moldeo (Posee gran fluidez y genera poco gas y cambio de viscosidad.)**
7. Buena resistencia química. Es superior a PSF.

4. Usos principales

Se destinan a envases para horno de microondas, piezas de uso médico, aeronaves, etc.



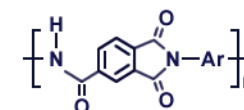
Cojinetes para equipos de ofimática

11

2. (8) Poliamidaimida: PAI

1. Estructura química

Posee a la vez el enlace de imida y el de amida, los cuales ofrecen resistencia térmica y mecánica y formabilidad y alta tenacidad, respectivamente.



2. Tipo y clasificación: Amorfo

3. Características

Peso específico: 1.38 (producto no reforzado)

1. **Excelente resistencia térmica** (Temperatura de resistencia térmica continua: 200°C)
2. **Posee buenas propiedades mecánicas bajo ambiente de altas temperaturas.** (Es de baja fluencia y tiene excelente resistencia a la fatiga.)
Excelente resistencia al desgaste y propiedades tribológicas (incluso bajo altas temperaturas)
3. **Excelente estabilidad dimensional** (El coeficiente de dilatación lineal es pequeño.)
4. **Por su resistencia química, no es afectado por casi ninguno de los disolventes de hidrocarburo, pero es vulnerable a álcalis de alta concentración.**
5. En cuanto a las propiedades eléctricas, posee una gran rigidez dieléctrica y excelente resistividad de volumen.
6. Excelente resistencia a los rayos ultravioleta y a la radiación.

4. Usos principales

Aprovechando sus propiedades auto-lubricantes, se utiliza para elementos de mecanismo de productos mecánicos.



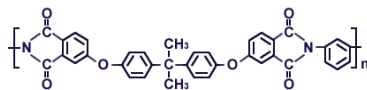
Casquillo

12

2.(9) Polieterimida: PEI

1. Estructura química

Combinación del enlace de imida (excelente resistencia térmica y fuerza) y el enlace de éter (gran formabilidad).



2. Tipo y clasificación

Polímero amorfo de color ámbar transparente. Posee una resistencia térmica de máximo nivel.

3. Características

- ① **Excelente resistencia térmica** (Temperatura de resistencia térmica continua: 210°C, Temperatura de deflexión bajo carga: 200°C, Tg: 217°C)
- ② **Gran resistencia al agua caliente** (No presenta degradación física aun repitiendo la esterilización a temperatura elevada.)
- ③ Excelente resistencia a la flama (propiedades auto-extinguibles), Genera poco humo al quemarse. No emite gas nocivo.
- ③ Destaca su alta resistencia bajo temperaturas elevadas. Es vulnerable al impacto. (Alta sensibilidad a la entalladura (*notch*))
- ④ Excelentes propiedades de aislamiento eléctrico.
- ⑤ **Gran formabilidad** (Se necesita suficiente secado antes del moldeo.)
- ⑥ **Excelente resistencia química.**

4. Usos principales

Aprovechando su resistencia a la gasolina, se utiliza ampliamente para las partes de motor de automóviles, partes de máquinas hidráulicas, etc.



Materiales de lámina para trabajo de corte

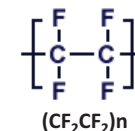
13

2.(10) Politetrafluoroetileno : PTFE

1. Estructura química

Polímero de tetrafluoroetileno C_2F_4 .

Polímero de un derivado del etileno en el cual los hidrógenos se han reemplazado en orden con flúor.



2. Tipo y clasificación

Polímero termoplástico de alta cristalinidad.

3. Características

Peso específico grande: 2.13~2.23g/cm³

- ① **Alta resistencia térmica** (Temperatura de uso continuo: Aprox. 260°C), Punto de fusión: 325-330°C.
- ② **Máxima resistencia química** (No es afectado por casi todos los agentes químicos.) Posee una gran resistencia al esfuerzo y al agrietamiento.)
- ③ **Excelentes propiedades de baja fricción** (Presenta la fricción más baja de todos los materiales.)
- ④ **Buenas propiedades eléctricas** (Baja permitividad y factor de disipación dieléctrica. Excelente material como aislante)
- ⑤ Tasa de absorción de agua: 0%
- ⑥ No viscoso (Es difícil que se le pegue cualquier material.)
- ⑦ Poca formabilidad (No posee buena fluidez térmica.)

4. Usos principales

Se transforma en tubos, mangueras, etc. y se utiliza en amplias áreas industriales.

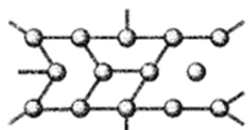


14

3. Plásticos termoendurecibles

[Propiedades químicas y estructura macromolecular de los plásticos termoendurecibles]

- (1) En los plásticos termoendurecibles, las macromoléculas forman una estructura reticular tridimensional mediante los **enlaces cruzados**.
- (2) La reacción de enlaces cruzados es irreversible y no se puede volver al estado inicial ni aplicar nuevamente el moldeo.
- (3) Incluso bajo altas temperaturas, difícilmente se provoca el movimiento molecular, por lo que poseen una alta resistencia térmica y además destacan en su rigidez, dificultad de quebrarse, resistencia química, rigidez dieléctrica, etc.
- (4) Las resinas termoendurecibles de alta resistencia térmica y alta rigidez superan a las resinas termoplásticas con respecto a la resistencia a la fluencia; sin embargo, al llegar a una alta temperatura superior al límite determinado, empiezan la descomposición. Si se exponen a temperaturas elevadas por un tiempo prolongado, se volverán quebradizas.
- (5) Las materias primas de peso molecular bajo se ponen en un molde, y ocasionando una reacción química bajo altas temperaturas, se someterán a la polimerización y la formación de enlaces cruzados (reacción de endurecimiento). Se llevan a cabo al mismo tiempo el moldeo y la reacción química.

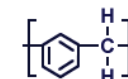


Modelo de la estructura reticular tridimensional

Ventajas	Desventajas
No se funden incluso bajo altas temperaturas. Son rígidos y difíciles de quebrarse. (Porque es poco su movimiento molecular) No se funden por disolventes.	Tarda tiempo en la reacción química y es difícil realizar el moldeo. (Los costos del producto son elevados.) No se pueden reutilizar mediante la fundición.

15

3.(1) Resina fenólica: PF



1. Estructura química

2. Tipo y clasificación

Como material para moldeo, existen tipo *novolac* y tipo *resoles*. Es más común el tipo *novolac*, el cual está solidificado a temperatura ambiente. Es un material para moldeo reforzado con fibras de vidrio, cargas orgánicas o inorgánicas, etc.

3. Características

- ① **Excelente resistencia mecánica.** Destaca en su módulo de elasticidad bajo altas temperaturas y muestra poca fluencia. Tiene una alta rigidez superficial, pero poca resistencia al impacto.
- ② **Excelente resistencia térmica y al frío.** La temperatura de uso continuo es de 150°C.
- ③ **Excelentes propiedades de aislamiento eléctrico.** Tiene poca resistencia al arco (Puede que se degrade por la absorción de agua.)
- ④ Excelente estabilidad dimensional.
- ⑤ Excelente resistencia a los ácidos, disolventes y aceites. Posee una buena resistencia al agua, pero le falta la resistencia a álcalis.
- ⑥ **Es resistente a la flama y genera poco humo con menor toxicidad.**
- ⑦ Hay cierta limitación en el coloreado. Puede decolorarse.



4. Usos principales

Aprovechando su excelente resistencia térmica y buena adhesividad, se utiliza para cintas de freno.



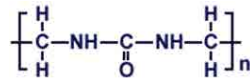
Cabeza de palo de golf

Para piedras abrasivas



16

3.(2) Resina de urea-formaldehído: UF



1. Estructura química

2. Tipo y clasificación

Contiene grupos amino, por lo que también se llama resina de amino, igual a la resina de melamina-formaldehído.

Es un cuerpo sólido incoloro y transparente.

3. Características:

- ① Se le puede aplicar libremente el coloreado. Como material para moldeo, se puede colorear con colores vivos.
- ② Destaca en las propiedades eléctricas. Posee excelente resistencia al arco y a la carbonización por arco (*tracking*).
- ③ Excelente resistencia a la flama. Es auto-extinguible.
- ④ Posee alta resistencia mecánica, pero es rígida, quebradiza y vulnerable al impacto. La rigidez superficial es alta.
- ⑤ En cuanto a la resistencia química, le falta la resistencia a los ácidos y álcalis. Posee gran resistencia al aceite, pero la resistencia al vapor es menor.
- ⑥ Se pueden depositar fácilmente los formaldehídos libres.

4. Usos principales

Aprovechando su resistencia al arco y a la carbonización por arco, se utiliza para equipos de cableado y sus partes con alta seguridad contra incendio eléctrico.



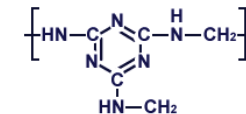
Contactos múltiples



Tapas

17

3.(3) Resina de melamina-formaldehído: MF



1. Estructura química

La melamina consiste en una estructura molecular en forma anular con C, N y H que tiene tres grupos amino.

2. Tipo y clasificación

3. Características

- ① Excelente resistencia térmica. Temperatura de uso continuo: 130°C. Destaca en la resistencia al envejecimiento, etc.
- ② Alta rigidez superficial (difícil de rayarse), excelente brillo superficial.
- ③ Excelente resistencia al agua y química (poca resistencia a los ácidos), Destaca en la resistencia al aceite.
- ④ Es totalmente inocua es higiénica.
- ⑤ Excelente resistencia al impacto y al desgaste.
- ⑥ Es incolora y se le puede aplicar libremente el coloreado. Como material para moldeo, se puede colorear con colores vivos.
- ⑦ Puede formar espumas (esponja).

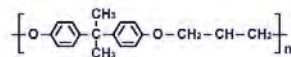
4. Usos principales

Mesas, láminas decorativas, vajillas.



18

3.(4) Resina epoxi: EP



1. Estructura química

La resina epoxi es la denominación general de los plásticos que tienen grupos epoxi en las moléculas.

Es un copolímero de bisfenol-A y epíclorohidrina.

2. Tipo y clasificación

Hay tipo bisfenol-A de uso múltiple y tipo *novolac* para agente de sellado de semiconductores, etc.

3. Características

- ① Excelentes propiedades de aislamiento eléctrico.
- ② Gran resistencia térmica. Temperatura de uso continuo: 130°C, También posee buena resistencia al agua.
- ③ Muestra poca contracción volumétrica. En el proceso de endurecimiento no genera secundariamente componentes volátiles como agua.
- ④ Excelentes propiedades mecánicas y buena estabilidad dimensional. El cuerpo compuesto con fibras de carbono presenta resistencia mecánica muy alta.
- ⑤ Excelente adhesividad a otros materiales.
- ⑥ Gran fluidez y transformable a baja presión. (Se puede moldear en formas complicadas y por inserción.)

4. Usos principales

Los materiales reforzados con fibras de carbono se utilizan para artículos de deporte y hasta vehículos y aeronaves como estructura ligera.



19

3.(5) Resina de poliéster no saturado: UP

1. Estructura química

Es el polímero cuya cadena molecular principal tiene el enlace no saturado -C=C- y el enlace éster -COO-.

2. Tipo y clasificación

Se somete al endurecimiento mediante la copolimerización de poliéster no saturado y estireno, etc. Destaca en las propiedades de impregnación y el reforzado con fibras muestra un alto rendimiento, por lo que mediante la impregnación de las fibras de vidrio en el poliéster no saturado se utiliza como plástico reforzado con fibras (FRP).

3. Características

- ① Se utiliza como FRP, por lo que su resistencia mecánica aumentará considerablemente. La resistencia específica (resultado de dividir el peso específico entre la resistencia) es mayor a la de los metales.
- ② Presenta buena resistencia térmica. (Temperatura de resistencia térmica continua: 130°C) En cuanto a la resistencia al frío, no presenta problemas incluso a -60°C ó menos
- ③ Resistencia química: Es resistente a los ácidos y vulnerable a los álcalis. (Excepto los ácidos oxidados) En el agua de temperatura elevada provoca la hidrólisis y puede degradarse. Es resistente a los disolventes alcohólicos o hidrocarbonados, etc.
- ④ Resistencia a la intemperie: Posee gran resistencia, igual a otras resinas termoendurecibles. En caso del FRP para el tejado, se le mezcla el absorbente de rayos ultravioletas.

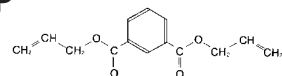
4. Usos principales

En el moldeo de gran dimensión, se fabrican barcos pequeños con el método "*hand lay-up*".



20

3.(6) Resina dialil-ftalato: PDAP



1. Estructura química

En la cadena principal no tiene enlaces éster, por lo que se distingue de UP.

2. Tipo y clasificación

Esta resina se constituye de éster dialílico compuesto por anhídrido ftálico y alcohol alílico, a través de los enlaces cruzados y el endurecimiento por medio de estireno, acetato de vinilo, etc.

3. Características

- ① **No emite sustancias volátiles.**
- ② **Excelentes propiedades de aislamiento eléctrico.** Presenta poca variación en la resistencia aislante bajo temperaturas altas y humedad elevada. (Muestra el mejor comportamiento entre las resinas termoendurecibles.)
- ③ **La resistencia mecánica se degrada muy poco bajo temperaturas altas y humedad elevada.**
- ④ **Excelente resistencia térmica, a la soldadura y al agua caliente.** En caso del tipo iso, la temperatura de deflexión bajo carga es de 270°C.)
- ⑤ Resistente a los químicos. No es afectada por ácidos ni álcalis y destaca en la resistencia a los disolventes orgánicos.
- ⑥ Tiene baja viscosidad, por lo que **se puede realizar el moldeo a presión relativamente baja.**

4. Usos principales

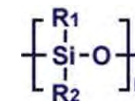
Se utiliza frecuentemente para las partes eléctricas y electrónicas.



Bloques de terminal

21

3.(7) Resina silicónica: SI



1. Estructura química

Dentro de una misma molécula tiene un enlace siloxano inorgánico [Si-O-Si-] y grupo metilo o fenilo orgánico, etc.

2. Tipo y clasificación:

La resina silicónica tiene una estructura de cadena. Si las cadenas son cortas, se constituye en aceite, y si son largas, se constituye en caucho. En las resinas silicónicas de estructura reticular tridimensional, se encuentran barnices y materiales para moldeo.

3. Características:

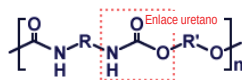
- ① **Excelente resistencia térmica** (Por el reforzamiento con polvos de sílice y fibras de vidrio, la temperatura de uso continuo llega a 150°C.)
- ② Excelentes propiedades superficiales e interfaciales. Tiene una tensión superficial baja y destaca en las propiedades de repelencia al agua, no-viscosidad y de antiespumante.
- ③ **Excelentes propiedades eléctricas:** Presenta poca variación por la frecuencia. Tiene buena resistencia al arco y al efecto corona, y es estable incluso bajo altas temperaturas.
- ④ La reacción ante la actividad fisiológica es sumamente baja. La presentación en caucho se utiliza en áreas médicas.
- ⑤ **Excelente resistencia a la intemperie:** Es soportable con los rayos ultravioleta y la radiación hasta cierto grado. Destaca también en la resistencia al frío (-75°C).

4. Usos principales

Se utiliza para autopartes, bobinas de componentes eléctricos, etc.

22

3.(8) Resina de poliuretano: PUR



1. Estructura química:

Generalmente se denominan poliuretanos los polímeros que tienen enlaces uretano.

2. Tipo y clasificación:

Hay tipo blando y duro. Se forma mediante la reacción entre los disocianatos y los polioles (que tienen dos o más grupos hidroxilo -OH), pero según los tipos de estos materiales se cambian las características de la resina.

3. Características:

- ① **Tiene alta dilatabilidad y destaca en su resistencia mucho más que el caucho.** Excelente elasticidad, alta tenacidad y gran resistencia al desgarramiento. Aunque tiene una alta rigidez, posee la elasticidad y difícilmente se rompe por rayados. Tiene buena resistencia al desgaste y al envejecimiento.
- ② **Excelente resistencia al aceite y a los disolventes,** sin embargo, es vulnerable a los ácidos y álcalis. Se hidroliza fácilmente.
- ③ Posee excelentes propiedades de baja temperatura, pero la temperatura de uso continuo se limita entre 80 y 100°C.
- ④ **Se amarillea por el calor o la luz. La resistencia a la intemperie es baja.**
- ⑤ Al quemarse, emite gases nocivos.

4. Usos principales

Es posible formar un cuerpo espumoso tipo blando hasta duro. Hay cuerpo elástico (elastómero).



Manguera de poliuretano

23

4. Elastómeros termoplásticos

Generalmente se llaman elastómeros aquellos materiales industriales que tienen la elasticidad como la de caucho.

Los elastómeros termoplásticos son aquellos que tienen las propiedades de que a temperatura ambiente presenta la elasticidad de caucho igual a la de caucho vulcanizado, y al calentarlos se ablandarán presentando fluidez y al enfriarlos se recupera su cuerpo elástico como el del caucho.

Los cauchos convencionales se fabrican a través de los procesos de amasado, moldeo, vulcanización (enlace cruzado), etc., mientras los elastómeros termoplásticos se funden y se plastifican al calentarlos a altas temperaturas y se pueden transformar mediante una máquina de moldeo de plástico en general. Son materiales renovables.

Método de transformación (propiedades)			
Rigidez	↑ Blando	Termoplástico (Se funde por el calor.)	Termofijo (Se endurece por el calor.)
	↓ Duro		

24

4.(1) Estructura molecular que presenta la elasticidad de caucho

Como se muestra en la figura, en una parte de la cadena molecular principal de carbono se encuentra un bloque que consiste exclusivamente en estireno.

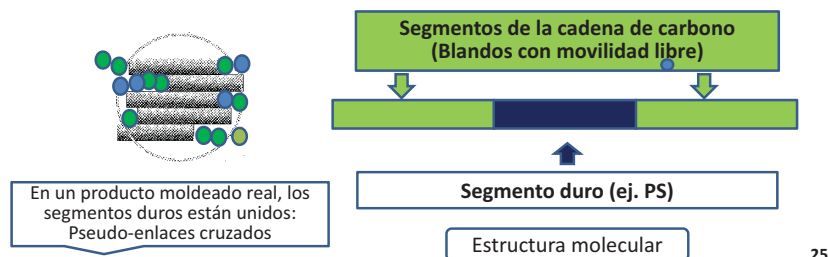
Después de fundir este polímero, al enfriarlo y solidificarlo, el bloque de estireno en la cadena molecular principal trata de solidificarse juntándose con los bloques de estireno de las cadenas moleculares principales que están a su lado.

Asimismo, los segmentos de la cadena de carbono también se solidificarán juntándose con los segmentos de la cadena de carbono de otras cadenas moleculares.

Un producto moldeado presenta una apariencia de como si estuvieran flotando los bloques de estireno en los segmentos de la cadena que consisten exclusivamente en carbono.

Al aplicar una tensión a este producto moldeado, los segmentos blandos de la cadena de carbono se estiran preferentemente, mientras tanto los segmentos duros de estireno no se estiran y guardan la fuerza para tratar de recuperar el estado inicial de otros segmentos.

Si se elimina la fuerza de tensión, debido a la fuerza guardada, el producto trata de recuperar su forma original. Por lo que, se puede obtener la elasticidad igual a la del caucho.



25

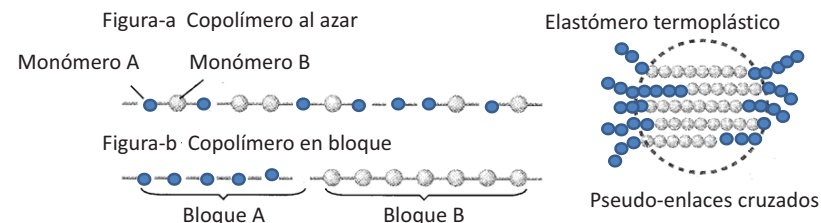
4.(2) Copolímeros en bloque

En caso de formar un copolímero de monómeros A y B, como se muestra en la Figura-a, se hace un material de excelente calidad de manera que los monómeros se ubican mezclados aleatoriamente. Los copolímeros SAN y ABS de base estireno corresponden a este tipo.

La Figura-b muestra un caso excepcional donde los monómeros se ubican formando un bloque. Un segmento de las moléculas se llama bloque, por lo que estas moléculas **se denominan copolímeros en bloque**.

Los elastómeros termoplásticos son copolímeros en bloque.

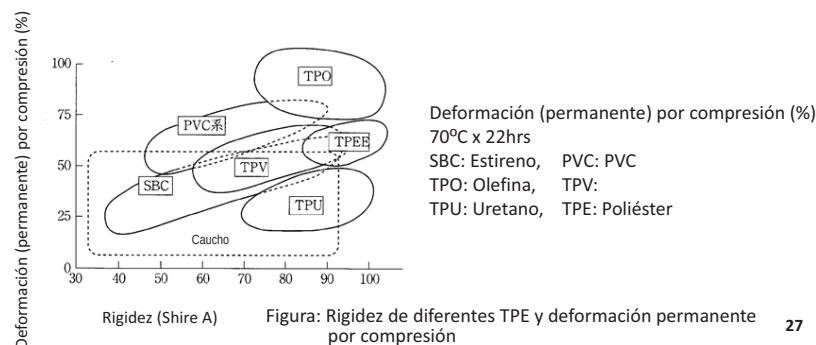
En una misma cadena molecular se ubican unos bloques blandos y además unos bloques duros que forman pseudo-enlaces cruzados.



26

4.(3) Características de los elastómeros termoplásticos

- (1) Tienen elasticidad y propiedades físicas intermedias entre los plásticos y los cauchos.
- (2) Para el moldeado se puede aplicar el método de moldeo de los plásticos.
- (3) Se deforman fácilmente por el calor, pero son difíciles de degradarse.
- (4) Básicamente no subsisten dobles enlaces en los polímeros.
- (5) Se permite el uso reciclado.
- (6) Son ligeros. (Generalmente el peso específico es de 1.0 o menos.)
- (7) Permiten la adhesión térmica. (En el piso de trabajo, se puede realizar el moldeo de color múltiple mediante la adhesión térmica, inyección, extrusión, soplado, etc.)



27

4.(5) Propiedades de diferentes elastómeros termoplásticos

Propiedades	TPO	TPS	TPEE	TPAE	TPU	TPVC
Flexibilidad	○	◎	△	△	△	◎
Resistencia mecánica	△	○	◎	◎	◎	○
Propiedades de alta temperatura	○	△	◎	◎	△	△
Propiedades de baja temperatura	○	◎	○	○	△	×
Resistencia al rayado	×	△~×	○	△	◎	○
Resistencia a la intemperie	○	○~×	○	○	△	△

Nota) ◎: Muy buena, ○: Buena, △: Normal, ×: Mal

TPE: Elastómero termoplástico

TPO: Elastómero termoplástico olefínico

TPS: Elastómero termoplástico de estireno

TPEE: Elastómero termoplástico de poliéster

TPAE: Elastómero termoplástico de base poliamida

TPU: Elastómero termoplástico de uretano

TPVC: Elastómero termoplástico de base PVC

Junji Koizumi: *Seikei-kakou* vol.12, No12, 200

28

5. Aleaciones de polímeros

[Estructura química y macromolecular de las aleaciones de polímeros]

Las aleaciones de polímeros se refieren a las mezclas de polímeros que se hacen mezclando dos o más tipos de plásticos y modificando sus propiedades.

Los plásticos más comunes son:

① m-PPE (Éter de polifenileno modificado) y

② Aleación de polímeros de polipropileno (materiales de parachoques de automóviles).

Aunado a los anteriores, se encuentran las aleaciones de PC y ABS, PC y PS, PBT y ABS, PA y ABS, etc.

En las aleaciones de polímeros de base plástico de ingeniería de uso general, quedan modificadas las propiedades contra los impactos, la resistencia química, la fluidez, el brillo superficial, etc.

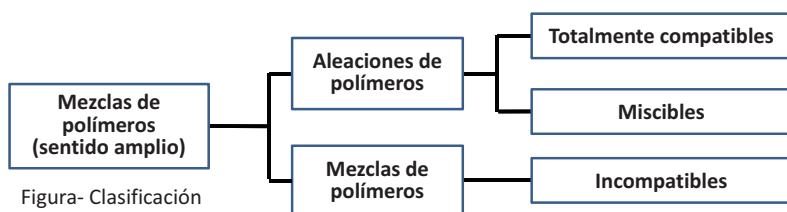


Figura- Clasificación

Instituto Municipal de Investigación Técnica de Osaka: Lectura sobre los plásticos, p.364,8 (1954), Plastics Age Co., Ltd

29

5.(1) Mezclas de polímeros

Los plásticos de diferentes tipos no se mezclan normalmente.

Aunque se mezclan las moléculas de dos tipos, las moléculas diferentes tienen baja afinidad unas a otras y no tratan de juntarse, por lo que se inclinan a juntarse entre las mismas moléculas y no se pueden mezclar bien.

La rotura de los plásticos se ocasiona por falta de vinculación entre las moléculas. Por lo que, una mezcla simple de los plásticos de diferentes tipos fácilmente provoca la separación de las moléculas contiguas.

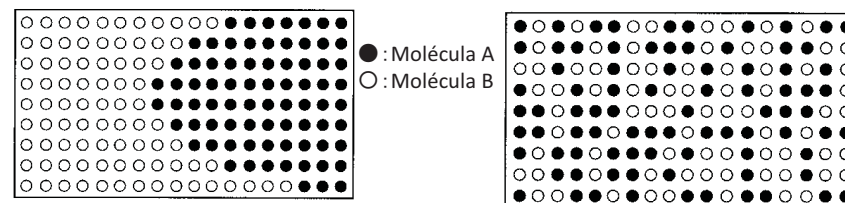


Figura-a Mezcla de polímeros

Hay riesgo de quebrarse en el límite.

Figura-b Aleación de polímeros

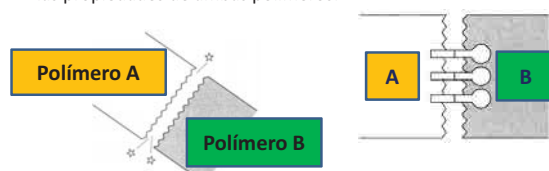
Tiene una afinidad con ambas moléculas.
Hace dispersar finamente ambas moléculas.

30

5.(2) Aleaciones de polímeros y agentes compatibilizantes

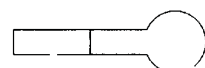
En caso de que la afinidad entre dos polímeros sea baja, se pueden mezclar utilizando un agente compatibilizante.

Para formular una aleación de polímeros, se debe seleccionar un método de mezcla considerando las propiedades de ambos polímeros.



① Se utiliza como intermedio un **copolímero en bloque** de alta afinidad para ambos tipos de polímeros, tratándose de los dos polímeros.

② Si es alta la afinidad con los polímeros de ambos tipos, el copolímero entra entre cada uno de los polímeros y se pueden mezclar. El copolímero en bloque que se utiliza de esta manera se llama agente compatibilizante.



Segmento de alta afinidad con el polímero A. Segmento de alta afinidad con el polímero B.

Editado por la Federación de Industria de Plásticos de Japón: Mejor comprensión de los plásticos, p24-25,(2010) Nippon Jitsugyo Publishing

31

5.(3) Ejemplos de la modificación de las propiedades por la aleación de polímeros

	Resina a mezclar	Características
Poliamida	- Elastómero de base poliolefina modificado - Poliamida amorfa / caucho - ABS - m-PPE - PP - PA	- Resistencia al impacto. - Resistencia al impacto y térmica. - Resistencia química y térmica, buena apariencia. - Resistencia química, térmica y al impacto. - Reducción de costos. - Buena apariencia, resistencia al cloruro de calcio y térmica.
Polycarbonato	- ABS - PBT/PET - PMMA - LCP	- Fluidez, resistencia térmica y al impacto, propiedades de chapado. - Resistencia química, propiedades de poca curvatura. - Brillo de perla. - Alta resistencia y formabilidad.
PPE modificado	- HIPS/PS - PA	- Formabilidad, estabilidad dimensional, resistencia al impacto, reducción de costos. - Resistencia química, al impacto y térmica.
PBT	- PC - PET - Base PS - Elastómeros	- Poca curvatura, resistencia al impacto. - Buena apariencia, poca curvatura. - Poca curvatura. - Resistencia al impacto.
Polioximetileno	- Elastómero	- Resistencia al impacto, flexibilidad.

Kikuo Takano: Técnicas comprensibles relacionadas con los plásticos: p40 (2009) Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd.

32

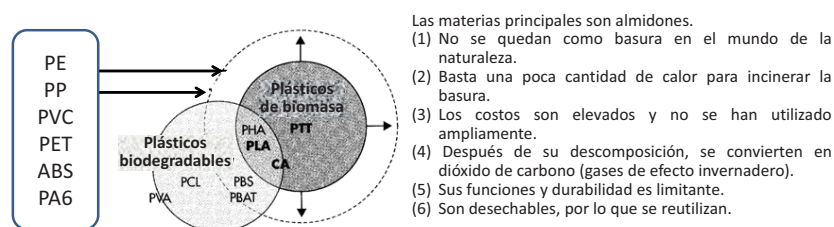
6. Plásticos biodegradables y plásticos de biomasa

Los **plásticos biodegradables** se caracterizan por que pueden ser descompuestos (bajo ciertas condiciones determinadas) principalmente por acción de los microorganismos que viven en la tierra, y finalmente se transforman en dióxidos de carbono y agua.

Los **plásticos de biomasa** se fabrican con materias orgánicas renovables, por lo que tienen una ventaja de contribuir a la prevención de calentamiento global.

Los materiales que tienen consideraciones ambientales de estos dos conceptos se denominan generalmente "**plásticos de biomasa**".

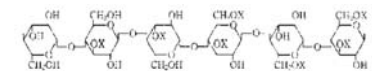
Se muestra en la siguiente Figura el posicionamiento de los **plásticos biodegradables y plásticos de biomasa**.



Editado por la Asociación de Bioplásticos de Japón: Libro de los bioplásticos, p.11 (2009), Nikkan Kogyo Shimbun Ltd.

33

7.(1) Plástico de celulosa



1. Estructura química

2. Tipo y clasificación

La celulosa que es el componente principal de las plantas se modifica por una solución de ácidos mezclados para convertirla en nitrocelulosa, y luego se plastifica con el alcanfor para obtener el **celuloide**.

Mediante la modificación con la solución mezclada del anhídrido de ácido acético y el ácido sulfúrico, se obtiene el **acetato de celulosa**.

3. Características

① Celuloide:

Es incoloro y transparente, y se le puede aplicar libremente el coloreado. Posee alta tenacidad y baja absorción de agua, pero es **extremadamente inflamable y carece de resistencia química**.

② Acetato de celulosa:

Posee alta transparencia y es agradable al tacto. Destaca en la resistencia al impacto y al aceite, y tiene excelentes propiedades del aislamiento eléctrico y la precisión dimensional, es resistente a la flama y se le puede aplicar libremente el coloreado.

4. Usos principales

Se utiliza para armazones de lentes., mangos de destornilladores y herramientas.



CAB (acetobutirato de celulosa) transparente. Los mangos de resina destacan en la resistencia al impacto y es resistente al aceite y/o gasolina.



34

7.(2) Resinas EVA y EVOH

1. Estructura química

2. Tipo y clasificación

- ① La resina EVA es un copolímero al azar de etileno y acetato de vinilo, y es un polímero amorfo.
- ② La resina EVOH (copolímero de etileno-alcohol vinílico, EVOH) es un copolímero al azar de etileno y alcohol vinílico. Es un polímero cristalino cuyo punto de fusión es de 181~164°C y la densidad es de 1.19-1.14.

3. Características

- ① La **resina EVA**, en comparación con el LDPE (polietileno de baja densidad), **tiene una flexibilidad y elasticidad de caucho como la de PVC blando**, y destaca en su **alta tenacidad** y excelente adhesividad, formabilidad y resistencia a la intemperie; también es resistente al esfuerzo y al agrietamiento, y **es inocua**.
- ② La **resina EVOH** tiene **excelentes propiedades antigases**. Sobre todo, sus propiedades antioxidantes se ubican en el nivel máximo. **Destaca también en la resistencia al aceite y a los disolventes orgánicos** y higroscopicidad. **Permite aplicarle una impresión de buena calidad**. Tiene excelente formabilidad y se puede formar multicapas en las películas coextruidas, hojas, botellas y tubos.

4. Usos principales

EVA: Céspedes artificiales, EVOH: Tanques de resina para el combustible de automóviles



35

7.(3) Lista de las tasas de contracción de moldeo de principales materiales de plástico

Material	Tasa de contracción de moldeo (%)	Temperatura superficial de la cavidad (°C)	Presión de moldeo por inyección (Mpa)
ABS	0.4~0.9	50~80	53.97~171.7
PS	0.4~0.7	20~60	68.69~206.1
SAN	0.2~0.7	50~80	68.69~225.7
EVA	0.2~0.7	50~80	103~274.8
PP	1.0~2.5	20~90	68.69~137.8
PP GF40%	0.2~0.8	20~90	68.69~137.8
HDPE	2.0~6.0	10~60	68.69~137.8
PMMA	0.1~0.4	40~90	68.69~137.8
PA6	0.5~1.5	40~120	34.34~137.8
PA66	0.8~1.5	30~90	34.34~137.8
POM	2.0~2.5	60~120	68.69~137.8
PBT GF30%	0.2~0.8	40~80	54.95~176.6
PC	0.5~0.7	80~120	68.69~137.8
PPS GF40%	0.2~0.4	130~150	34.34~137.8
m-PPE	0.1~0.5	80~90	
PET	0.2~0.4	70~100	

36

Tabla-1. Propiedades físicas de los plásticos de superingeniería

Conceptos	Unidad	PPS	PSF	PAR ※1	LCP II type GF-30
Gravedad específica	g/cm³	1.34	1.24-1.25	1.21	1.62
Cristalino / Amorfo Cristalinidad	%	Semi-cristalino	Amorfo	Amorfo	Semi-cristalino
Temperatura de transición vítrea Rango del punto de fusión	°C °C	85-95 285-290	185-190 -	193	280
Temperatura de deformación térmica (HDT) (1.81MPa) A	°C	(110) ※1	(174) ※1	175	240
Módulo de tracción Elasticidad	MPa	3700	2500-2700	2100	210
Resistencia a la tracción	MPa	75-85	70-80	70	
Deformación por tracción	%	-	5.5-6	-	
Elongación por tracción	%	4-5	20->50	60	
Módulo de flexión Elasticidad	MPa	3,700			2.2 15,000
Límite de temperatura Corta duración	°C	260	170		
Larga duración	°C	200	150	150	

※1 Método ASTM, Editado por la Sociedad de Ciencia de Polímero de Japón, Toshihide Inoue, Plásticos de ingeniería, p.118, 2004, Kyoritsu Shuppan Co., Ltd.

※2 Editado por el Instituto Municipal de Investigación Técnica de Osaka: Lectura sobre los plásticos, (2009), Plastics Age Co., Ltd

Tim A.Osswald/Georg Menges.
Materials Science of Polymer for Engineers, p8, 2003, HANSER

Tabla-1. Propiedades físicas de los plásticos de superingeniería (2)

Conceptos	Unidad	PEEK	PES	PAI ※1	PEI	PTFE
Densidad	g/cm³	1.32	1.37	1.38	1.27	2.14-2.20
Cristalino / Amorfo Cristalinidad	%	Semi-cristalino -30	Amorfo	Amorfo	Amorfo	Semi-cristalino 55-90
Temperatura de transición vítrea Rango del punto de fusión	°C °C	145 335	225-230 -	280 -	215-230 -	125-130 325-330
Temperatura de deformación térmica (HDT) (1.81MPa) A	°C	(168) ※1	(204) ※1	(204) ※1	(200) ※1	
Módulo de tracción Elasticidad	MPa	3700	2600-2800	5,000	2900-3000	390-550
Resistencia a la tracción	MPa	100	80-90	150	85	14-30
Deformación por tracción	%	5	5.5-6.5	8	6-7	-
Elongación por tracción	%	>50	20-80		>50	200-400
Límite de temperatura Corta duración	°C	300	210	-	190	280
Larga duración	°C	(240)	180	230	(170)	240

※1 Método ASTM, Editado por la Sociedad de Ciencia de Polímero de Japón, Toshihide Inoue, Plásticos de ingeniería, p.118, 2004, Kyoritsu Shuppan Co., Ltd.

Tabla-2. Propiedades físicas de los plásticos termoendurecibles

Conceptos	Unidad	PF	EP ※2	PUR ※2	UP ※3	PDAP
Gravedad específica	g/cm³	1.37-1.46	1.11-1.40	1.03-1.50	1.35-2.30	1.70-1.98
Temperatura de deformación térmica (HDT) (1.81MPa) A	°C	149-188	149-260		177-260	177-290
Módulo de tracción Elasticidad	MPa	5,500-11,700	2,400	70-690	5,500-113,800	9,700-15,200
Resistencia a la tracción	MPa	34-62	27-89	1-69	103-207	41-76
Elongación por tracción	%	0.4-0.8	3.0-6.0	100-10,000	1.0-5.0	3.05.0
Resistencia a la flexión	MPa	48-96		5-62	69-207	62-138
Límite de temperatura Corta duración	°C					
Larga duración	°C	150	130		130	

※1: Cargado con polvos de madera
※2: Producto moldeado por fundición
※3: Cargado con *chopped roving*

HDT: Temperatura de deformación térmica (término anterior)
DTUL: Temperatura de deflexión bajo carga

Editado por el Instituto Municipal de Investigación Técnica de Osaka: Lectura sobre los plásticos, (2009), p.485, Plastics Age Co., Ltd
Gottfried W.Ehrenstein[Polymeric Materials],2001,HANSER

M2 Materiales plásticos

M2-6 Colores y mezclado de materiales

2012.6.20

1

Índice

1. Sumario

2. Colores y colorimetría

- (1) Color y luz
- (2) Tres atributos del color
- (3) Diagrama de cromaticidad del sistema de color CIE-X.Y.Z
- (4) Círculo cromático, diagrama de matices similares y sólido de colores de Munsell
- (5) Métodos de colorimetría y sus características

3. Objetivos de los colorantes y sus tipos

- (1) Métodos de coloración del plástico
- (2) Coloración de las materias de color
- (3) Relación de las materias de color
- (4) Tintes y pigmentos
- (5) Capacidad colorante de los pigmentos y modelos de sus partículas
- (6) Clasificación de los colorantes
- (7) Colorantes en pasta
- (8) Sistema de colorante líquido

- (9) Colorantes en seco

(10) Masterbatch

- (11) Proceso de producción de Masterbatch
- (12) Línea de coloración y moldeo mediante Masterbatch

4. coloración de la resina

- (1) Cloruro de polivinilo
- (2) Grupo de estireno
- (3) ABS
- (4) Grupo de poliolefina
- (5) Polioximetileno
- (6) Policarbonato
- (7) Polimetacrilato
- (8) Resina fenólica, resina urea formaldehído, resina melamina formaldehído
- (9) Poliéster no saturado

2

1. Generalidades

Una de las características del plástico es la posibilidad de colorarlo y ofrecer materiales de colores variables.

(1) Objetivos de la coloración

- ① Identificación e indicación de las piezas.
- ② Decoración y mejoramiento del valor de los productos.
- ③ Protección del contenido, intercepción de luces transmitidas, mejoramiento de la resistencia a la intemperie.
- ④ Mejoramiento de las propiedades ópticas.
- ⑤ Absorción térmica / Reflexión térmica.
- ⑥ Ajuste de la tonalidad (entre diferentes lotes o materiales).

(2) Coloración

Se utilizan tintes, pigmentos inorgánicos y orgánicos. Para los colorantes, se requieren las siguientes características:

- ① Vivacidad de colores y alta capacidad de coloración.
- ② Alta dispersabilidad.
- ③ Excelente resistencia térmica al calor.
- ④ Excelente resistencia a la intemperie.
- ⑥ Alta resistencia a la migración de color (*blooming*).

(3) Presentación de los colorantes

La coloración se realiza de manera interna, y entre las presentaciones de los colorantes se encuentran: ① Colorantes en pasta (Colorantes líquidos), ② Colorantes secos (en polvo), ③ Masterbatch y ④ Resina colorada.

3

2. (1) Color y luz

- (1) Los colores se identifican como tales hasta que se estimula la retina del ojo por la luz entrante impulsando las acciones del nervio óptico y se transmite la información correspondiente al cerebro.
- (2) Para identificar los colores se requiere la presencia de la luz. Se refiere a los “rayos visibles” (ondas de radiación electromagnéticas cuya longitud está comprendida entre 380 y 780nm).
- (3) Al hacer atravesar la luz solar por un prisma, se puede observar una banda de siete colores (**espectro**). La dispersión de la luz en el espectro (elementos por longitud de onda) se denomina “espectroscopia”. Al mezclar todos estos colores, se estimulará la vista de manera que se pueda percibir el color blanco (incoloro).
- (4) El espectro aparece en el orden de rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta, lo cual es el fenómeno producido debido a la diferencia de la longitud de onda de cada color; en la luz natural la parte que tiene la longitud de onda más larga se ve roja y la más corta se ve violeta. Según la intensidad (forma de mezcla) de la luz dispersada se pueden producir diversos colores.

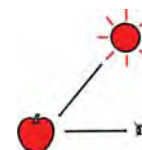


Figura-1 Percepción del color

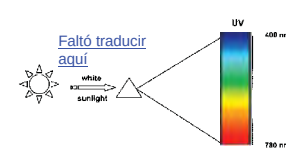


Figura-2 Dispersión de la luz



Figura-3 Mezcla de la luz

4

2.(2) Tres atributos del color

El sentido del color que constituye un fundamento para clasificar los diferentes colores tiene los siguientes tres atributos:

(1) Matiz (*hue*)

El atributo que caracteriza un color se llama **matiz** (rojo, amarillo, verde, azul, violeta, etc.).

Los colores con matiz se llaman **colores cromáticos** y los que no lo tienen se llaman **colores acromáticos**.

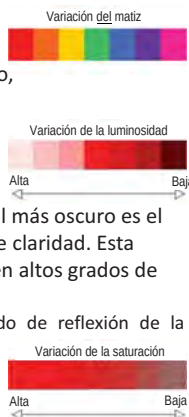
(2) Luminosidad (*brightness*)

Entre los colores acromáticos, el color más claro es el blanco y el más oscuro es el negro, y entre ambos extremos hay grises en distintas escalas de claridad. Esta escala de claridad se llama luminosidad. Los colores claros tienen altos grados de luminosidad y los oscuros tienen bajos grados de luminosidad.

(Se trata de una cuantificación del atributo que determina el grado de reflexión de la superficie de un objeto.)

(3) Saturación (*chroma*)

Aunque el matiz y la luminosidad se mantienen constantes, su intensidad puede ser diferente. Es decir, la saturación es cuantificada por la distancia medida del centro donde es color acromático. Los colores de mayor vivacidad tienen mayor saturación y los colores apagados tienen menor saturación.



5

2.(3) Diagrama de cromaticidad del sistema de color CIE-X.Y.Z

El sistema de color XYZ constituye la base de los otros sistemas de color.

Fue desarrollado con base en el **principio de la síntesis aditiva** de los tres colores primarios de la luz (R=rojo, G=verde, B=azul) y se representa un color con tres valores x, y, z mediante un diagrama de cromaticidad.

El valor Y representa el grado de reflexión y corresponde a la luminosidad, y los valores xy pueden representar la cromaticidad. La Figura-4 representa el diagrama de cromaticidad del sistema de color XYZ. Como se observa en esta Figura, el eje horizontal corresponde a la x, y el vertical corresponde a la y. Los colores acromáticos se sitúan en el centro del diagrama de cromaticidad y cuanto más se aleja hacia el extremo, va aumentando más el grado de saturación.

Además, para la identificación comparativa de colores delicados se utiliza la diferencia de color, ΔE (delta E).

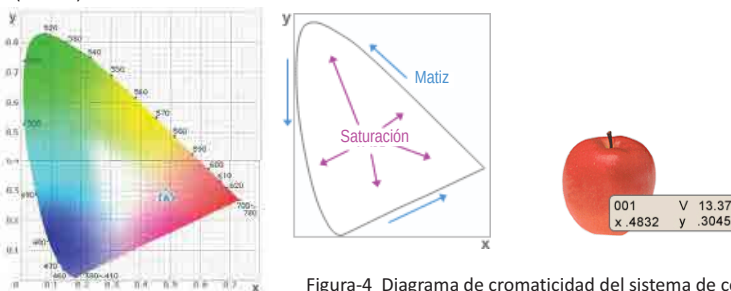


Figura-4 Diagrama de cromaticidad del sistema de color XYZ

6

2.(4) Círculo cromático, diagrama de matices similares y sólido de colores de Munsell

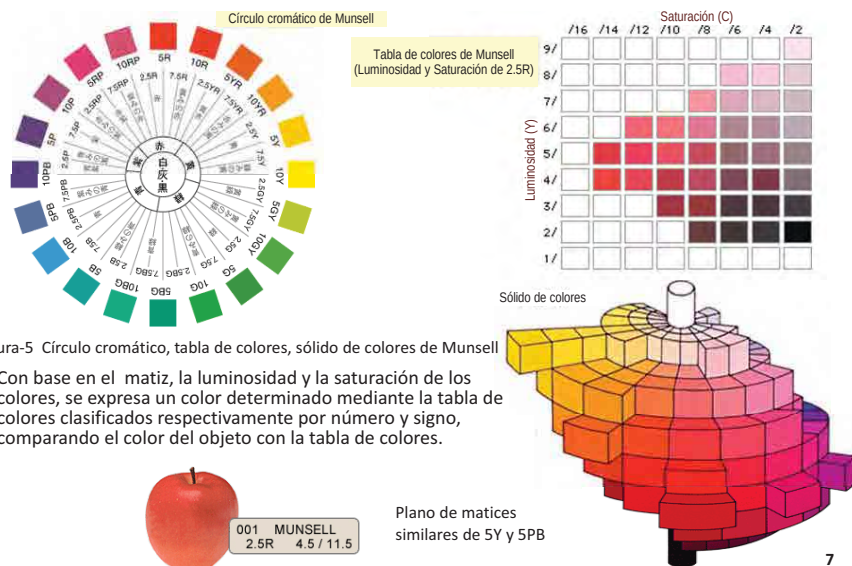


Figura-5 Círculo cromático, tabla de colores, sólido de colores de Munsell

Con base en el matiz, la luminosidad y la saturación de los colores, se expresa un color determinado mediante la tabla de colores clasificados respectivamente por número y signo, comparando el color del objeto con la tabla de colores.



Plano de matices similares de 5Y y 5PB

7

2.(5) Métodos de colorimetría y sus características

(1) Método de comparación directa:

Colocando la muestra junto al estándar, se determinará a simple vista. Ofrece una alta precisión y se puede efectuar con facilidad.

(2) Método de lectura directa de valores de estímulo:

Mediante un colorímetro, se obtienen el espectro RGB (Rojo, Verde, Azul), los valores triestímulo (X, Y, Z) y las coordenadas de cromaticidad (x, y).

El costo de instalación es menor y el tiempo de medición es poco, y se utiliza para el control de procesos.

(3) Método de espectrofotometría:

Mediante un espectrofotómetro, se mide el grado de reflexión espectral y se obtienen los valores triestímulo (X, Y, Z) y las coordenadas de cromaticidad (x, y). Muestra menos diferencia individual y/o error mecánico que otros métodos, por lo que ofrece una alta confiabilidad.

(Nota) La expresión de colores se clasifica a grandes rasgos en dos métodos: ① Sistema de color CIE-XYZ establecido por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) y ② Tabla de colores de Munsell.

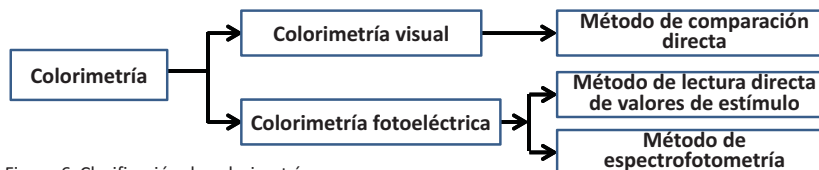


Figura-6 Clasificación de colorimetría

Escrito en colaboración por Yutaka Hanada y Akira Yahagi: Colorantes para plástico, p.11 (1966) Nikkan Kogyo Shimbun Ltd.

8

3. Objetivos de los colorantes y sus tipos

(1) Objetivos de los colorantes:

Los colores cobran cada vez más su importancia para mejorar la imagen del plástico.

Además, está aumentando el uso de colorantes como materiales funcionales que otorgan funciones no propias del plástico, mejorando la resistencia al clima del plástico, protegiendo el contenido del envase contra la alteración ocasionada por la luz, etc.

(2) Tipos:

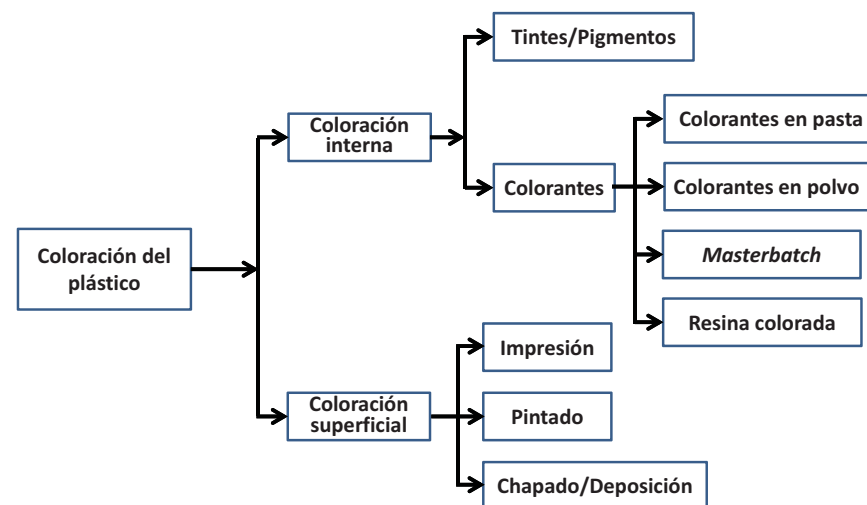
Entre los materiales que se utilizan para la coloración interna del plástico, se encuentran: ① materias de color (tintes o pigmentos) y ② colorantes (tintes o pigmentos elaborados con aditivos).

Los colorantes son aquellos que fueron elaborados con base en los tintes y pigmentos agregándoles aditivos para darles una buena dispersabilidad, distributividad y manejabilidad para la coloración y moldeo del plástico. Su base es de tintes pigmentos y generalmente están formulados para la tonalidad del color requerido.

Los colorantes, según su presentación, se pueden clasificar en: ① Colorantes en pasta (Colorantes líquidos), ② Colorantes en polvo, y ③ *Masterbatch*.

9

3.(1) Métodos de coloración del plástico



10

3.(2) Coloración de material de color

Cuando la luz solar cae sobre un material de color, será reflejada, absorbida y transmitida. Los objetos transparentes transmiten más la luz y los opacos la reflejan más.

Percibimos el color en un material de color porque **dicho material absorbe selectivamente una parte de la luz solar**. Si el material de color no absorbe nada, se creará la apariencia del color blanco, y si absorbe toda la luz, se verá negro.

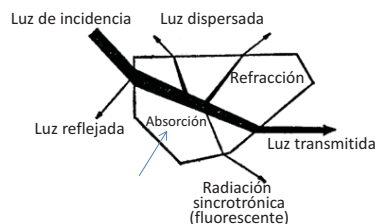
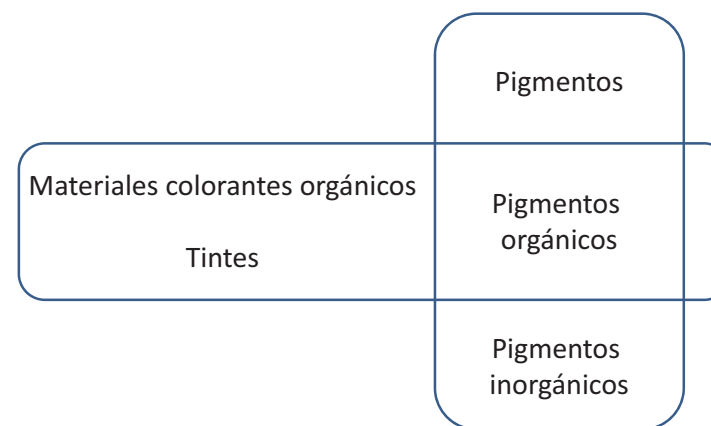


Figura-7 Relación entre las partículas de pigmento y la luz
Al incidir la luz solar en el pigmento rojo

Escrito en colaboración por Yutaka Hanada y Akira Yahagi: Colorantes para plástico, p.17 (1966) Nikkan Kogyo Shimbun Ltd.

11

3.(3) Relación de los materiales de color



12

3.(4) Tintes y pigmentos

(1) Tintes

Son sublimables y tienen desventajas por tener poca resistencia al calor y al clima y presentar fácilmente la migración de color. Se utilizan principalmente los tintes solubles en aceite.

① Tintes de antraquinona

Hay mucha variedad. Tienen una tonalidad viva y una alta solidez frente a la luz. Son los tintes de uso más frecuente.

② Tintes azoicos

En su estructura tienen grupo azoico ($-N=N-$) y también ofrecen mucha variedad. Generalmente son inferiores con respecto a la resistencia al calor y al clima.

③ Tintes solubles en aceite

Son los tintes azoicos que tienen grupo hidroxilo, grupo amino, etc. y no tienen grupo nitro ni grupo carboxilo.

Tienen una tonalidad viva y alto poder colorante, pero generalmente son inferiores en la resistencia al calor.

(2) Pigmentos

Los pigmentos inorgánicos se utilizan para una amplia variedad de plásticos, mientras el uso de pigmentos orgánicos es limitado según los tipos de plástico y la temperatura de moldeo. En caso de que la temperatura de moldeo exceda a 300°C , casi siempre se utilizan los pigmentos inorgánicos.

Las tres condiciones principales que requieren los pigmentos para el plástico:

Los mínimos requisitos mínimos son:

- ① **Resistencia al calor** y ② **Resistencia a la migración de color.**
- ③ **La resistencia al clima** dependerá de su uso, pero es la condición que casi siempre se toma en cuenta.

13

3.(5) Capacidad de coloración de los pigmentos y modelos de sus partículas

Igual que la capacidad de obliteración del pigmento, cuanto más pequeño es el diámetro de partícula, más grande es la capacidad de coloración. El diámetro de la partícula del pigmento que presenta la capacidad de coloración más grande, tiene el índice de refracción grande y el coeficiente de absorción chico.



Figura-8 Modelos de forma de las partículas de pigmentos

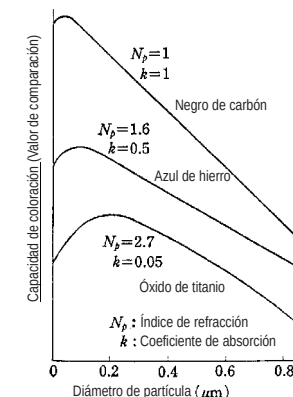


Figura-9 Diámetro de partícula y poder colorante

Redactado por la Sociedad Japonesa de Materiales de Color:
Manual de Ingeniería de Materias de Color, p.237 (1989) Asakura Publishing Co., Ltd.

14

3.(6) Clasificación de los colorantes

Categoría general	Tipo	Forma	Resinas en que se utilizan principalmente
Colorantes en pasta	- Colorantes en pasta para PVC	Pasta	PVC (blando)
	- Colorantes en pasta para resina termofija	Pasta	Poliéster no saturado, Epoxi, Poliuretano
	- Colorantes líquidos	Pasta	Poliolefina, PVC, PS, ABS, PET, Nylon
Colorantes en polvo	- Colorantes en polvo	Polvo	Resina termoplástica en general
	- Colorantes en gránulos	Polvo granulado	Resina termoplástica en general
Masterbatch	- Masterbatch	Pellet	Resina termoplástica en general (excepto PVC blando)
	- Masterbatch blanco	Pellet	PE para película
	- Masterbatch de carbono	Pellet	Poliolefina en general
	- Batch en lámina	Lámina	PVC blando
Resina colorada	- Resina colorada	Pellet	Resina termoplástica en general
	- Resina colorada de material compuesto	Pellet	Resina termoplástica en general
	- Compuesto de PVC	Polvo	PVC
		Pellet	PVC

El pellet colorado es el material de resina en pellet al que se aplica la coloración a una concentración específica utilizando los colorantes en polvo o *masterbatch*. Tiene una excelente dispersabilidad, ofrece gran eficiencia en las operaciones y se utiliza ampliamente.

15

3.(7) Colorantes en pasta

(1) Colorantes en pasta para PVC

Se hacen mezclando los pigmentos en el plastificante de PVC y se utilizan para el PVC blando.

Al hacer un compuesto en una mezcladora Banbury, entre otros, se alimentan estos colorantes al mismo tiempo que otras materias primas.

(2) Colorantes en pasta para resina termofija

Los usos representativos son para poliéster no saturado, resina epóxica, poliuretano, etc.

Se fabrican de la misma manera que los colorantes en pasta para PVC, utilizando como vehículo el poliéster no saturado en forma de líquido, la resina epóxica en forma de líquido y el poliol, respectivamente.

(3) Colorantes líquidos

Son los colorantes que se utilizan en el sistema de colorante líquido.

Los colorantes en forma de líquido se alimentan directamente a la máquina de moldeo.

Se utilizan para poliolefina, PS, ABS, PVC, PET, etc. Como vehículo, se emplean el aceite vegetal, plastificante, agente tensoactivo no iónico, etc. La viscosidad de los colorantes es un factor importante ya que afecta la precisión de dosificación de la máquina inyectora.

16

3.(8) Sistema de colorante líquido

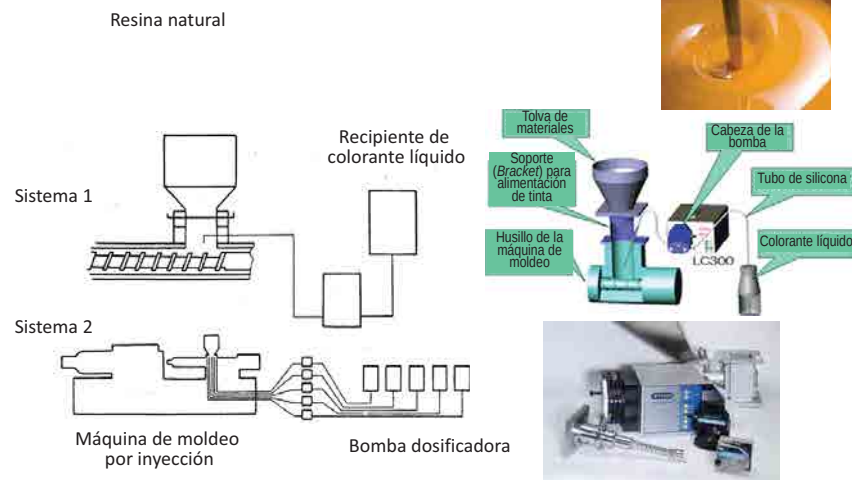


Figura-10 Sistema de colorante líquido

Redactado por la Sociedad Japonesa de Materiales de Color:
Manual de Ingeniería de Materias de Color, p.434 (1989) Asakura Publishing Co., Ltd.

17

3.(9) Colorantes en polvo

Los colorantes en polvo (*dry powder color*) son las mezclas de **pigmentos** y **agentes dispersantes** en forma de polvos. Es el método de coloración más económico y se utilizan para casi todos los tipos de resina termoplástica.

Funciones de los agentes dispersantes:

- (1) Los dispersantes muy finos se meten entre las partículas de pigmentos y evitan la floculación de pigmentos al mezclar los colorantes en polvo con la resina y/o al recibir la compresión en la máquina de moldeo antes de la fundición.
- (2) Adherir uniformemente los colorantes en polvo en la superficie de los pellets de resina.
- (3) Se funden dentro de la máquina de moldeo antes que la resina y cubriendo la superficie de los pigmentos convertidos en forma de líquido, evitan su floculación.
- (4) Mojan la superficie de los pigmentos, y esto facilita a los pigmentos integrarse con la resina cuando ésta llegue a fundirse.



Los agentes dispersantes sirven para evitar el esparcimiento y mejorar la dosificación. El tamaño de un gránulo es de 1 a 2 mm y tiene forma de cilindro o esfera.

※ Vehículo: Se refiere a los componentes que no sean tintes ni pigmentos.

18

3.(10) Masterbatch

El *masterbatch* se refiere a los colorantes en pellets, escamas o láminas que se fabrican mezclando en la resina un 5 a 50 wt% de los pigmentos.

Para el uso del *masterbatch*, se mezcla con los materiales de moldeo que se van a colorar, diluyendo a razón de 1:4, 1:9, 1:19, 1:29, etc.

La **concentración de los pigmentos** en el *masterbatch* tiene una relación estrecha con la **dispersabilidad** y la **distributividad**, y está íntimamente relacionada con la **razón de dilución**. Se expresa de las siguientes maneras:

- (1) Se expresa como número de veces que está más concentrado con respecto a los pellets coloreados que se toman como referencia.
(Ejemplo: *Masterbatch* 20 veces más concentrado)
- (2) Se expresa por la razón de dilución o la cantidad aditiva. Prácticamente se expresa más de esta manera. (Ejemplo: *Masterbatch* 5/100, 5 partes (o *Masterbatch* de adición 5phr))



Masterbatch en pellets



Colorantes en polvos, gránulos, escamas

19

3.(11) Proceso de producción de Masterbatch

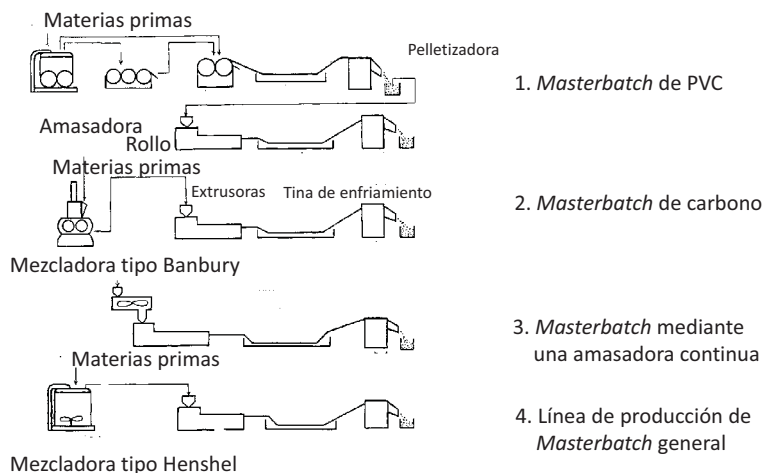


Figura-11 Línea de producción de Masterbatch

Redactado por la Sociedad Japonesa de Materiales de Color:
Manual de Ingeniería de Materias de Color, p.440 (1989) Asakura Publishing Co., Ltd.

20

3.(12) Línea de coloración y moldeo mediante *Masterbatch*

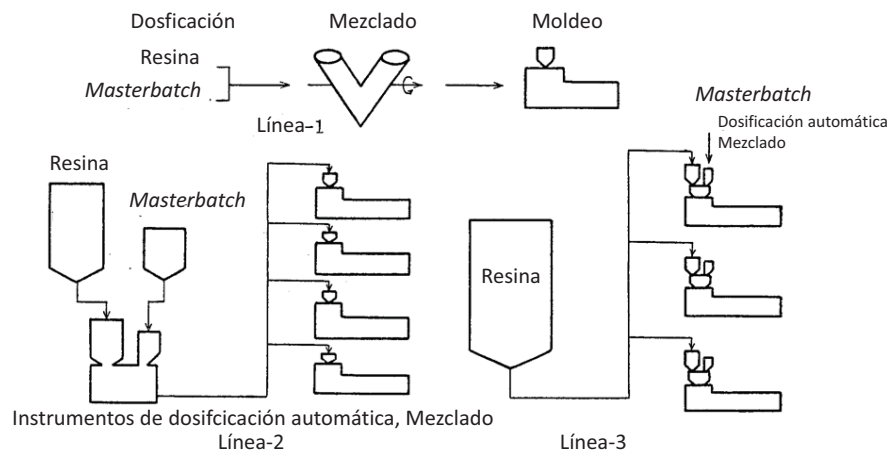


Figura-12 Línea de coloración y moldeo mediante *Masterbatch*

Redactado por la Sociedad Japonesa de Materiales de Color:
Manual de Ingeniería de Materias de Color, p.442 (1989) Asakura Publishing Co., Ltd.

21

4. coloración de la resina

4.(1) Cloruro de polivinilo

El PVC (cloruro de polivinilo) hace la reacción de deshidrocloración debido al calor y a la luz. Existen algunos productos con adición de plastificantes.

Éstos pueden causar problemas en la termoestabilidad, la fotoestabilidad, la migrabilidad de los colorantes

[Características de la coloración de PVC]

- (1) Termoestabilidad: El pigmento ultramarino dañará el mecanismo de coloración por gas de ácido clorhídrico y ocasionará la decoloración produciendo azufre libre.
- (2) Fotoestabilidad: Para los productos de uso al aire libre, se seleccionarán los pigmentos de alta resistencia a la luz.
- (3) *Plate-out*: Durante el proceso, los pigmentos pueden aislarse y pegarse en la superficie de la máquina de moldeo, y después de su maduración se despegarán y se mezclan en los productos.
- (4) *Blooming*: Se refiere al fenómeno donde se presenta la exudación del color en la superficie con el transcurso del tiempo.
- (5) Migración: Se refiere al fenómeno donde el color pasa del producto colorado a otros objetos que se ponen en contacto con el mismo.
- (6) *Clocking*: Al rozar la superficie del producto colorado, se pierde el color. (Defecto en la dispersión, Exudación de los pigmentos)

[Tipos de colorantes a utilizar]

Se encuentran: (a) Colorantes en pasta, (b) *Masterbatch*, (c) Colorantes húmedos, (d) Colorantes en polvo.

La dispersabilidad bajará al orden de: c > b > a > d.

Escrito por Yutaka Hanada y Akira Yahagi: Colorantes para plástico,
p.36-192 (1966) Nikkan Kogyo Shimbun Ltd.

22

4.(2) Grupo de estireno

El **GPSS** (poliestireno de propósito general) y el **SAN** (copolímero de estireno-acrilonitrilo) tienen una buena afinidad con diversos tipos de tintes y pigmentos, y al aplicarles la coloración, se puede obtener colores vivos en un espacio muy amplio.

[Características de la coloración de la resina del grupo de estireno]

(1) Degradación por los rayos ultravioleta:

El PS (poliestireno) se amarillea poco a poco al recibir la radiación ultravioleta. La superficie se pone opaca gradualmente perdiendo su transparencia y se hace quebradiza. Por lo que, para los artículos de uso al aire libre se utilizan los colorantes que tienen un alto efecto de protección solar, tales como negro de carbón, óxido de titanio, etc.

(2) Degradación por calor:

La temperatura de descomposición por calor del PS es relativamente alta (380°C), por lo que la influencia de los colorantes en la degradación por calor es prácticamente pequeña.

(3) Se puede emplear los tintes que no son aplicables al PE (polietileno). Los tintes azoicos se destacan por su resistencia al calor, y los de antraquinona tienen una excelente resistencia térmica y al clima aunque su vivacidad y poder colorante son inferiores.

(4) La dispersabilidad depende de la granularidad de los colorantes. Hay mayor demanda por los colores vivos, por lo que se debe mejorar la dispersabilidad de las partículas muy finas.

[Tipos de colorantes a utilizar]

Se emplean los métodos de colorantes en polvo y de pellets coloreados.

Principalmente se colorea en la misma planta de moldeo, utilizando colorantes en polvo y en forma de gránulos.

23

4.(3) ABS

La resina ABS (copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno) es opaca y tiene un color natural (por el componente de goma), entre amarillo pálido, y hasta marrón oscuro pálido.

[Características de la coloración de ABS]

- (1) La coloración de la resina ABS transparente no puede obtener buenos resultados aun utilizando tintes aplicables a la resina transparente como PS, PMMA (polimetilmetacrilato). Por lo que principalmente se utilizan los pigmentos inorgánicos con alta capacidad de obliteración aplicando una alta concentración; sin embargo, es necesario considerar su dispersabilidad, así como la reducción de la resistencia al impacto de los materiales.
- (2) El polímero fundido de ABS muestra un comportamiento de reducción de la alcalinidad, por lo que los pigmentos orgánicos son propensos a decolorarse.
- (3) Influencia sobre la degradación por los rayos ultravioleta: Debido al doble enlace en la molécula del componente de caucho, el ABS es propenso a ser afectado por los rayos ultravioletas. Los pigmentos inorgánicos con partículas de mayor diámetro, pueden mostrar un efecto de protección contra los rayos.
- (4) En cuanto a la influencia sobre la degradación térmica, es considerable el cambio de colores del polímero según la historia térmica; es decir, se trata de la decoloración térmica que se atribuye al componente de caucho, por lo que es propenso a presentar diferencias de color entre los productos coloreados según las condiciones del proceso.

[Tipos de colorantes a utilizar]

Se tienen los métodos de pellets coloreados y de *Masterbatch*, pero generalmente se emplea más el método de pellets coloreados utilizando colorantes en polvo.

24

4.(4) Grupo de poliolefina

Con esta resina se puede aplicar libremente la coloración, pero debido al calor y/o los rayos ultravioletas se degradarán sus propiedades físicas.

Se requiere que los colorantes tengan una excelente dispersabilidad (con las películas y los filamentos se requiere una alta dispersabilidad de los pigmentos), así como una estabilidad en el momento de la coloración y moldeo.

[Características de la coloración de Poliolefina]

(1) Termoestabilidad:

La temperatura de moldeo oscila entre 120 y 220°C para el LDPE (polietileno de baja densidad), entre 180 y 2300°C para el HDPE (polietileno de alta densidad), entre 220 y 300°C para el PP, por lo que se debe utilizar los colorantes que resisten a dicha temperatura. El PP (polipropileno) es más propenso a recibir la influencia de los pigmentos en comparación con el PE y se presenta la reducción del peso molecular según la historia térmica durante el moldeo.

(2) Resistencia al clima (Resistencia a la luz):

Se utilizan principalmente los pigmentos inorgánicos. Entre los pigmentos que tienen una excelente capacidad de absorción de los rayos ultravioletas, se encuentran: negros de carbón, óxidos de hierro, pigmentos de cadmio, pigmentos de ftalocianina de cobre.

(3) Tasa de contracción de moldeo:

Los pigmentos orgánicos funcionan como agentes de nucleación y se aumenta la tasa de contracción de moldeo, lo cual ocasiona una torsión y/o deformación. Se presenta mayor influencia en el PE, mientras menor influencia en el PP.

[Tipos de colorantes a utilizar]

Se utilizan dos tipos: colorantes en polvo y *Masterbatch*.

Los colorantes en polvo se utilizan en forma de polvos finos tratados con el agente auxiliar de dispersión y el agente tensoactivo, para aplicar el método de coloración en polvo o fabricar pellets coloreados.

25

4.(5) Polioximetileno (Poliacetal)

El polioximetileno es una resina sumamente sensible al calor. Es propenso a la descomposición por el calor y a la degradación por los rayos ultravioleta, por lo que depende mucho de la influencia de los colorantes. Si se aplican los pigmentos superando a su respectiva concentración límite de coloración, se acelerará la descomposición térmica.

[Características de la coloración de Polioximetileno]

(1) La temperatura de moldeo de esta resina es baja oscilando entre 200 y 220°C. Según las condiciones de coloración, se pueden utilizar pigmentos orgánicos azoicos.

(2) Factores de aceleración de la descomposición por el calor según los colorantes:

- ① pH (Se acelera por la acidez.)
- ② Tipo y cantidad aditiva de los metales componentes (fuera del límite de uso). Dependencia de la temperatura, Presencia de impurezas.

(3) La degradación es el resultado de la reducción del peso molecular debido a la separación de los monómeros del extremo de la cadena molecular y la ruptura de la cadena molecular principal.

(4) Puede que se presente una degradación significativa en la superficie del producto moldeado por los rayos ultravioleta, por consiguiente, puede haber blanqueo ocasionado por las fisuras en la capa superficial; no obstante, generalmente los pigmentos pueden dar efecto de protección y dichos problemas serán prácticamente mínimos.

(5) La resina tiene una alta cristalinidad, por lo que los tintes ocasionarán "*Bleed-out* (exudación)".

[Tipos de colorantes a utilizar]

Se utilizan los colorantes en polvo.

26

4.(6) Policarbonato

El PC (policarbonato) tiene una alta viscosidad de fundido, la cual aumentará excesivamente al elevarse el peso molecular.

Además, al fundirlo con la presencia de agua y/o álcali, se hidrolizará reduciendo el peso molecular.

[Características de Policarbonato]

(1) Se requiere que los tintes o pigmentos tengan una resistencia al calor de 280°C o más.

(2) Para los productos transparentes se utilizan los tintes, y para los opacos se utilizan combinando los pigmentos inorgánicos y los tintes.

El PC tiene una gran resistencia al clima y se destina para usos al aire libre, por lo que se requiere que los tintes o pigmentos también tengan una excelente resistencia al clima.

(3) La influencia de los colorantes sobre la descomposición por calor del PC es muy grande, ya que la temperatura de moldeo es alta.

Aunque se mantiene durante mucho tiempo en el estado de fundición, la reducción de la viscosidad de fundido es menor; sin embargo, a temperatura de 320°C o más se empieza la descomposición.

Además, tiene una estructura de enlace éster carbónico, por lo que al calentarlo y fundirlo con la presencia de agua y/o álcali, se presentará la hidrólisis y se reducirá bruscamente el peso molecular.

(4) Influencia de los pigmentos sobre la descomposición por calor del PC:

Los pigmentos con los que se observa la reducción del peso molecular son: Naranja de cadmio, Rojo de cadmio, Negro de carbón alcalino, entre otros. (Aunque se trata de pigmentos del mismo grupo, se presentan diferencias según su composición, agentes de tratado superficial, métodos de procesamiento.)

[Tipos de colorantes a utilizar]

Es más común el compuesto de colores (*color compound*), pero también se utiliza *Masterbatch*.

27

4.(7) Polimetacrilato

Se aplica el moldeo por inyección o extrusión con el uso de pellets, o bien el moldeo por fundición (*cast molding*) que hace la polimerización en masa con los monómeros.

Para los colorantes, se utilizan tintes o pigmentos. Se necesitan tintes para conservar la transparencia y sobre todo se requiere la resistencia al clima.

Hay muchos productos moldeados que pueden ser afectados por los rayos ultravioleta, tales como productos de uso al aire libre o artículos de iluminación, etc.

(1) Coloración de pellets:

[Características de la coloración de Polimetacrilato]

- ① Se aplica la coloración con los tintes. Se utilizan tintes de aceite, tintes de alcohol, tintes de antraquinona.
- ② Resistencia al clima: Se requiere que los colorantes a utilizar tengan una resistencia al clima de 3 a 5 años.
- ③ Resistencia al calor: En caso de la cubierta de faros para vehículos, debe resistir a la temperatura de moldeo (entre 200 y 250°C) durante 20 minutos o más.

[Tipos de colorantes a utilizar]

Generalmente se aplica el método de pellets coloreados con una máquina de extrusión de tipo venteo, para tomar medidas contra la humedad.

(2) Moldeo por fundición:

[Características de la coloración]

- ① Que tenga una excelente dispersabilidad en los monómeros.
- ② Que no impida el desmoldeo de la placa de fundición (vidrio).
- ③ Que no se decolore al sujetar al calentamiento a 180°C durante una hora.

[Tipos de colorantes a utilizar]

Se utilizan tintes, colorantes en pasta y *masterbatch*.

28

4.(8) Resinas Fenólica, de Urea y Melamina

Para los materiales de colorantes se utilizan tintes y pigmentos.

Para los productos transparentes se utilizan tintes solubles en aceite. Los pigmentos muestran baja reactividad con el agente endurecedor, por lo que se utilizan pigmentos inorgánicos que tienen una alta capacidad de recubrimiento.

Una vez endurecida, es imposible modificar los colores o aplicar re-moldeo, por lo que se necesita un control riguroso de los colores.

[Características de la coloración de las resinas fenólica, de urea y de melamina]

- (1) Reactividad con la resina y el agente endurecedor: Cuando se produce una reacción entre los pigmentos y el agente endurecedor, se daña el sustrato cromogénico ocasionando la decoloración y al mismo tiempo se impide la reacción de endurecimiento de la resina. Para los pigmentos se requiere resistencia a la reducción y resistencia al ácido.

Para la coloración de la resina de urea o de melamina, es preferible utilizar colorantes neutros.

- (2) Dispersabilidad: En caso de que el polímero inicial sea un sólido, se utilizarán pigmentos en forma de polvos mezclados suficientemente.
- (3) Resistencia al calor y al clima: Es limitada la historia térmica durante la transformación y además su uso se destina más al aire libre, por lo que el nivel de los requerimientos es bajo.

[Tipos de colorantes a utilizar]

Según el estado del polímero inicial, se utilizan selectivamente los tintes o pigmentos tal como están, o bien los colorantes en polvo o en pasta tratados con el agente dispersante.

Los colorantes se utilizan en forma de polvos o gránulos destrozando la resina en masa y se venden al público como materiales de moldeo.

4.(9) Poliéster no saturado

Algunos tintes se decoloran mediante la catálisis de peróxido. Además el uso de colores oscuros impide el endurecimiento, por lo que se utilizan más los pigmentos.

[Características de la coloración de Poliéster no saturado]

- (1) Aparte de la resistencia al calor y al clima, se requiere lo siguiente: ① Que no impida ni acelere la reacción de endurecimiento. ② Que tenga resistencia al ácido. ③ Que el peróxido no lo perjudique.
- (2) La coloración de FRP (plástico reforzado con fibra) se destina al uso al aire libre, y en caso de colores claros, se deben seleccionar los pigmentos de gran resistencia al clima. Se utilizan pigmentos de cadmio.

[Tipos de colorantes a utilizar]

Se utilizan colorantes en pasta (tónor de poliéster). La resina es líquida, por lo que tiene una buena capacidad de mezclado, y además los colorantes en pasta se amasan mediante un molino de tres rodillos y los pigmentos se trituran hasta que queden en partículas de una micra o menos, por lo que se dispersan con facilidad y se puede mantener una coloración uniforme.

Coloración de Premix:

El Premix es un compuesto para moldeo en forma de pasta o pajas, mezclado con la resina de poliéster no saturado, el colorante, catalizador, carga inorgánica, reforzante, lubricante, etc. Utilizando este Premix, se realiza el formado mediante el moldeo por compresión.

M2 Materiales plásticos

M2-7 Diferentes materiales de plástico y su aplicación

15 y 16/10/2012

1

Índice

1. Sinopsis

2. Plásticos de usos generales (*commodity*)

- (1) PVC: Policloruro de vinilo
- (2) PE (LDPE): Polietileno de baja densidad
- (3) PE (HDPE): Polietileno de alta densidad
- (4) PP: Polipropileno
- (5) PS: Polistileno
- (6) ABS
- (7) SAN(AS)
- (8) PMMA: Polimetacrilato de metilo
- (9) PET: Tereftalato de polietileno

3. Plásticos de ingeniería

- (1) PA: Poliamida
- (2) POM: Polioximetileno
- (3) PC: Policarbonato
- (4) m-PPE: Polifenileneter modificado
- (5) PBT: Polibutileno tereftalato
- (6) GR-PET: Politereftalato de etilenglicol reforzado con fibra de vidrio

4. Plásticos de superingeniería

- (1) PPS: Polisulfuro de fenileno
- (2) LCP: Polímero de cristal líquido
- (3) PES: Polietersulfona
- (4) PAR: Poliarilato
- (5) PSF: Polisulfona
- (6) PEI: Poliéterimida
- (7) PTFE: Politetrafluoroetileno
- (8) PEEK: Polieterecetonona
- (9) PAI: Poliamida-imida

5. Plásticos de termoplásticos

- (1) PF: Fenol-formaldehído
- (2) MF: Melamina-formaldehído
- (3) UF: Urea-formaldehído
- (4) EP: Resina Epoxi
- (5) UP: Poliéster insaturado
- (6) SI: Silicona
- (7) PUR: Poliuretano
- (8) PDAP: Poli-ftalato de dialilo

2

1. Sinopsis

Se señalan las características de ① plásticos de uso general, ② plásticos de ingeniería, ③ plásticos de super ingeniería y ④ plásticos termofijos que se aprovechan en los productos representativos y áreas específicas.

“Tendencias de las áreas principales de los plásticos”

- (1) **Área de optoelectrónica:** Se utilizan plásticos transparentes de ingeniería y super ingeniería que tienen excelencia en Resistencia al calor, a la fuerza, al impacto y estabilidad dimensional.
- (2) **Carcasas de equipos de ofimática e informática:** El uso de aleaciones de polímeros está progresando debido a sus altos requerimientos en; la resistencia al impacto y la propiedad pirorretardante para la protección de los equipos electrónicos, la buena fluidez, el brillo superficial para el diseño y la dureza.
- (3) **Automotriz:** Se enfocan en tres cualidades: ① disminución de peso, ② seguridad (el material de la estructura es acero. La vestidura exterior es de aleación de PC/PBT y el material de la vestidura interior y exterior es plástico, excepto el chasis.) y ③ productividad. Se busca sustituir el “motor a gasolina”. Sin embargo la tarea actual es sustituir el vidrio inorgánico por PC con superficie endurecida.
- (4) **Empaques y envases de alimentos:** Se requieren Resistencia al calor y una barrera contra aromas debido al uso común de refrigeradores, congeladores y hornos de microondas. Se utilizan principalmente los plásticos de uso general que tienen amplia gama de variedades y diferentes características.

Se utilizan nylon y EVOH para envases de múltiples capas cuando se requiere una barrera contra gases o una barrera contra aromas. Una película de capa sencilla es más común, pero se usan láminas de múltiples capas con papel o aluminio para uso especial. Los envases fabricados de película son moldeados por termoformado como moldeo por vacío.

3

2.(1) PVC : Policloruro de vinilo

Área de aplicación y productos	Características									
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
PVC rígido Tubos, películas rígidas (empaques y envases)	⊙			⊙	⊙	⊙			⊙	
PVC flexible Películas para uso agrícola (invernadero) Empaques y envases, films plásticos Asiento, piel sintética, Recubrimientos de cables, Azulejos, materiales para piso Botas de agua, guantes, bolsas, salvavidas	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙		⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙		⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙

Notas: (1) Resistencia (2) Aislamiento eléctrico (3) Resistencia a la intemperie (4) Resistencia al agua (5) Resistencia al aceite y resistencia química (6) Transparencia (7) Flexibilidad (8) Propiedad de barrera contra gases (9) Estabilidad dimensional (10) Facilidad de coloración e impresión

⊙ : Importante ○ : Características muy relevantes



Tubos de PVC rígido



Salvavidas



Film plásticos de PVDC



Asiento de piel de coches

4

2.(2) PE (LDPE) : Polietileno de baja densidad

Área de aplicación y productos	Características							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Productos en forma de película: Materiales para empaque (alimentos), films alveolares, película encogible, Laminadas: Empaque de leche, vasos de papel	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Recubrimientos de cables: cables eléctricos	⊙	⊙	⊙	○	⊙			○
Productos moldeados con espacio vacío (por sople, por rotomoldeo) : Envases con boca ancha, envases para mayonesa	⊙	⊙		⊙	⊙	○		○

Notas: (1) Ligero (2) Flexibilidad (3) Aislamiento eléctrico (4) Resistencia química (5) Resistencia al agua (6) Permeabilidad al gas (7) Sellado térmico (8) Propiedad de orientación



Película encogible



Envase de boca ancha



Película de multicapas para empaque



Bolsas de LLDPE para abono

5

2.(3) PE (HDPE): Polietileno de alta densidad

Área de aplicación y productos	Características						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Películas (Empaque para alimentos, para uso general)		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙
Productos moldeados con espacio vacío: Envases ligeros (Envases para champú, aceite comestible) Envases grandes (Tanques para gasolina blanca, tambores)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		
Productos moldeados por inyección: Contenedores, cubetas, artículos para la cocina y baño	⊙	⊙	○	⊙			

Notas: (1) Rigidez (2) Resistencia al impacto a baja temperatura (3) Resistencia química, al agua (4) Resistencia a la intemperie (5) Aislamiento eléctrico (6) Propiedad de barrera contra gases, permeabilidad al vapor de agua (7) Sellado térmico



Tanques de HDPP fabricados por rotomoldeo



Moldeo por inyección-soplo



Tambores



Tubo

6

2.(4) PP: Polipropileno

Área de aplicación y productos	Características										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Películas: Envolturas de cigarrillos, alimentos. Laminados	⊙	⊙	⊙	○		○	⊙	⊙		⊙	⊙
Productos electrodomésticos: Cilindro de lavadora, carcasa de arrocera eléctrica	⊙		⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙		
Partes automotrices: Defensa, partes interiores	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	○		
Artículos de uso diario: Tapas, contenedores, tarimas, Equipos médicos (jeringas)	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙			

Notas: (1) Peso específico bajo (2) Transparencia (3) Rigidez (4) Resistencia al impacto, a la baja temperatura (5) Resistencia a la fatiga de doblado (6) Resistencia al calor (7) Resistencia química (8) Resistencia al agua (9) Aislamiento eléctrico (10) Sellado térmico (11) Propiedad de barrera contra gases



Defensa



Cubetas



Tarima



Contenedor de alimentos

7

2.(5) PS: Poliestireno (GPPS, HIPS)

Ejemplos de área de aplicación y productos	Características					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Envases embutido-profundos y empaques : Envases para alimentos, vasos desechables	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
Equipos eléctricos: Estuches de CD, aparatos de iluminación, paneles de guía de luz, placas separadoras de refrigerador, Acondicionador de aire, televisor con pantalla de cristal líquido, carcasa de teléfono	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
Artículos de uso diario: Vasos, cucharas y tenedores para llevar al campo	⊙	⊙			⊙	
Espumado: Charolas y vasos para alimentos, cajas para pescado, materiales aislantes de construcción		⊙	⊙	⊙		⊙
Barriles de bolígrafo, maquetas plásticas, artículos de oficina	⊙	⊙	○		⊙	

Notas: (1) Transparencia (2) Rigidez, resistencia (3) Resistencia al impacto (4) Resistencia química (5) Brillo superficial (6) Aislamiento térmico



Lámina de poliestireno espumado



Afilalápices de GPPS



Copas transparentes de resina PS

8

2.(6) ABS

Ejemplos de área de aplicación y productos	Características						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Automóviles, vehículos: Parrillas de radiador, parabrisas de motocicletas, tableros de instrumentos	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎
Equipos eléctricos: Cajón interior de refrigerador Carcasas de lavadora, aspiradora, ventiladora	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
Artículos de uso diario: Aparato de juegos para el hogar, juguetes, aparatos higiénicos para el hogar	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎

Notas: (1) Resistencia (2) Resistencia al impacto (3) Resistencia a la fluencia, propiedad tribológica (4) Resistencia al calor (5) Brillo superficial (6) Resistencia química y al aceite (7) Facilidad de aplicar galvanización



Carcasa de plancha



Tablero de instrumentos



Parabrisas de motocicleta

9

2.(7) SAN(AS)

Área de aplicación y productos	Características					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Automóviles, vehículos: Cubierta de medidores, lente de lámpara, etc.	◎	◎	◎	◎	○	○
Equipos eléctricos: Aspas de ventilador, charolas de refrigerador, carcasas de productos transparentes	◎	◎	○	○	○	○
Envases cosméticos, cepillos de dientes, encendedores	◎	◎	◎	◎	◎	○

Notas: (1)Transparencia (2) Resistencia, rigidez (3) Dureza superficial (4) Resistencia al calor (5) Resistencia al aceite y química (6) Resistencia a la intemperie



Secadora de trastes: Resina SAN



Recipiente de licuadora: Resina SAN

10

2.(8) PMMA, Resina acrílica

Área de aplicación y productos	Características					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Automóviles, vehículos: Lámparas de luz trasera, cubiertas de medidor	◎	◎	◎	◎	○	◎
Equipos eléctricos, equipos de ofimática: Cubiertas de impresora, Paneles de guía de luz de cristal líquido, lentes ópticos <i>pick up</i> , Fibra óptica	◎	◎	◎	◎	○	◎
Cubiertas de lámpara, letreros, displays, tanques grandes (moldeo por colada)	◎	◎	◎	◎	○	○

Notas: (1) Transparencia (2) Dureza superficial (3) Resistencia, rigidez (4) Resistencia a la intemperie (5) Resistencia al agua (6) Resistencia al calor



Tanque grande



11

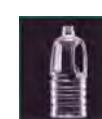
2.(9) PET: Teleftalato de polietileno

Área de aplicación y productos	Características							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Envases de bebidas	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎
Envases resistentes al calor para alimentos (C-PET)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎
Película Cinta magnética	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

Notas: (1) Ligero (2)Transparencia (3) Brillo superficial (4) Barrera contra gases, contra aromas (5) Higiene de los alimentos (6) Resistencia al impacto y rigidez por orientación (7) Inflamabilidad (8) Resistencia al calor



Envase para alimentos A-pet.



Botella moldeada por soplado de orientación biaxial. Envases resistentes al calor para alimentos (C-PET).



Envase para detergente de cocina La tapa es de PP.

12

3.(1) PA: Poliamida

Área de aplicación y productos	Características						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Automóviles, vehículos: Múltiples de admisión, tapas de la cabeza de cilindro, tanques de radiador, filtros de aceite (PA66), cincho de seguridad (PA66), ventiladores (PA6)	⊙		⊙	⊙			
Partes eléctricas y electrónicas: Conectores, interruptores	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	
Envases para medicamento (moldeo por soplado) PA6, película para alimentos, tubo (moldeo por extrusión) PA6	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙

Notas: (1) Tenacidad (2) Resistencia a la fricción y al desgaste (3) Resistencia al calor (4) Resistencia química (resistencia a la gasolina y aceite) (5) Aislamiento eléctrico (6) Propiedad piroretardante (7) Barrera contra gases



Tapa de cabeza de cilindro PA6GF30



Múltiple de admisión PA6GF30



Tanque de radiador PA6,6GF,PA6,10

13

3.(2) POM: Polioximetileno

Área de aplicación y productos	Características					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Automóviles: Módulos de bomba de combustible, Seguros de puerta, cubiertas laterales	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙
Partes estructurales de equipos de ofimática Impresora láser: engranes de tracción. Transmisión de DVD-ROM, partes mecánicas	⊙	⊙	⊙	○	⊙	○

Notas: (1) Resistencia (2) Resistencia al desgaste y al movimiento tribológico (3) Estabilidad dimensional (4) Resistencia al calor (5) Resistencia a la fatiga (6) Resistencia a los solventes



Módulo de la bomba de combustible



Interruptor de combinación



Impresora láser: engrane de tracción

14

3.(3) PC: Policarbonato

Área de aplicación y productos	Características							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Automóviles, vehículos: Lámpara intermitente, Faro trasero, lentes de faro delantero	⊙		○	⊙	⊙	○	⊙	⊙
Área eléctrica, electrónica y óptica: Discos CD y DVD, fibra óptica Partes de cámara Carcasa de herramientas eléctricas	⊙	⊙	○	⊙	○	⊙		○
Artículos de uso diario: Lentes para sol, botellas de galón Casco de seguridad	⊙	⊙		⊙			⊙	⊙

Notas: (1)Transparencia (2) Resistencia, rigidez (3) Resistencia a la fluencia (4) Resistencia al impacto (5) Resistencia al calor (6) Estabilidad dimensional (7)Aislamiento eléctrico (8)Resistencia a la intemperie



Botella de galón



Lente de cámara



Lente de luz intermitente



Casco de seguridad

15

3.(4) m-PPE: Polifenileneter modificado

Área de aplicación y productos	Características							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Automóviles: Tableros de instrumentos, guardabarros (panel exterior)	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙		⊙
Equipos eléctricos y electrónicos: Carretes de bobina, cajas de LED, charolas para IC	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
Equipos de ofimática: Chasis de copiadora, cartuchos de tinta	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	
Equipos electrodomésticos: Carcasas de cámaras de video, acondicionador de aire	⊙	⊙	○	⊙	⊙	○	⊙	○

Notas: (1) Resistencia, rigidez (2)Resistencia al impacto (3) Resistencia al calor (4)Resistencia a la fatiga (5) Estabilidad dimensional (6)Propiedad eléctrica (7) Propiedad piroretardante (8) Resistencia a la intemperie



Chasis de copiadora (izquierda) y bobina de encendido (derecha)

16

3.(5) PBT: Polibutileno Tereftalato

Área de aplicación y productos	Características						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Automóviles:							
Bobinas de encendido	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Tapas de distribuidor	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Conectores de arnés de cables	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Eléctricas y electrónicas:							
Conectores	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Aspas de ventilador de equipos de ofimática	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

Notas: (1) Resistencia, rigidez (2) Resistencia a la fluencia (3) Resistencia al calor (4) Estabilidad dimensional (5) Propiedad pirorretardante (6) Propiedad eléctrica (resistencia al arco, al encaminamiento eléctrico, Aislamiento eléctrico) (7) Resistencia química (al aceite, gasolina)



⊙ : Importante ○ : Características muy relevantes

Fotos: Conectores de PBT para equipos electrónicos

17

3.(6) GR-PET: Politereftalato de etilenglicol reforzado con fibra de vidrio

Área de aplicación y productos	Características							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Materiales de estructura:								
Marcos de bicicleta	⊙	⊙	⊙	⊙			⊙	⊙
Eléctricas y electrónicas:								
Bobinas de transformador de voltaje	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Carcasas de motores pequeños	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

Notas: (1) Resistencia, rigidez (2) Resistencia a la fluencia (3) Resistencia al calor (4) Estabilidad dimensional (5) Propiedad pirorretardante (6) Aislamiento eléctrico (7) Resistencia química (8) Resistencia al impacto

18

4.(1) PPS: Polisulfuro de fenileno

Área de aplicación y productos	Características						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Automóviles:							
Estuches de diversos sensores	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Reflectores de faro delantero, cuerpos de acelerador	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Eléctricas y electrónicas:							
Conectores resistentes al calor	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙
Bases de lente óptica pick up de unidad de CD y DVD	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙
Engrane de equipo de ofimática, boquilla de secadora	⊙	⊙	⊙	⊙			

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Resistencia, rigidez (3) Estabilidad dimensional (4) Propiedad pirorretardante (5) Aislamiento eléctrico (6) Resistencia química y resistencia a hidrólisis (7) Resistencia al choque térmico de calor



Motor de coche híbrido



Reflector de faro delantero de PPS



Aspa de flujómetro

19

4.(2) LCP: Polímero de cristal líquido

Área de aplicación y productos	Características							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Automóviles:								
Equipos eléctricos (conector, caja de conector)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Bombas de combustible, rodets	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Eléctricas y electrónicas:								
Conectores resistentes al calor, componentes de cámara	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Lentes ópticas pick up de CD	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Alta resistencia y alta rigidez (3) Estabilidad dimensional (4) Baja expansión por calor (5) Resistencia química (6) Alta fluidez (7) Aislamiento eléctrico (8) Propiedad pirorretardante



Base del obturador de cámara



Aislante de conector para tarjetas SD

20

4.(3) PES: Polietersulfona

Área de aplicación y productos	Características								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Automóviles: Faros delanteros y traseros	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙		
Eléctricas y electrónicas, equipos de ofimática: Relevadores, interruptores, vainas de IC, carretes de bobina, reflector de lámparas. Cojinetes del eje, guías, engranes de equipos como copiadora.	⊙	⊙	⊙	⊙	○		⊙	⊙	
Dispositivos médicos: Componentes de aparatos y recipientes para análisis de sangre.	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙		⊙
Vajillas térmicas, válvulas y juntas para la industria alimentaria	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	○		

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Resistencia (3) Resistencia a la fluencia (4) Estabilidad dimensional (5) Resistencia química (6) Resistencia al agua tibia y al vapor (7) Transparencia (8) Propiedad eléctrica (9) Higiene de los alimentos

21

4.(4) PAR: Poliarilato

Área de aplicación y productos	Características								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Eléctricas y electrónicas: Interruptores, relevadores, sensores de rayo	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙			○
Automóviles: Lentes de focos contra neblina, marcos de reflector de display	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	○	⊙	⊙
Dispositivos mecánicos: Engranes, retenedores de cojinetes		⊙	⊙	○	⊙	○	⊙		○
Envases de gotas para ojo, envases para reactivos de análisis	⊙	⊙	○				⊙	○	⊙

Notas: (1) Transparencia (2) Resistencia al calor (3) Resistencia, rigidez (4) Estabilidad dimensional (5) Propiedad tribológica (6) Propiedad piroretardante (7) Resistencia química (8) Resistencia a la intemperie, protección contra rayos ultravioleta (9) Resistencia al impacto



Lente y tapa de faros direccionales

Sensores electrónicos de rayos

22

4.(5) PSF: Polisulfona

Área de aplicación y productos	Características								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Eléctricas y electrónicas: Carretes de bobina, carcasas de motor, conectores.	⊙		⊙	○	⊙		⊙		⊙
Dispositivos médicos: Corazones artificiales, charolas esterilizadas, máscaras inhaladoras.	⊙	⊙	⊙	○		⊙	⊙		○
Aparatos electrodomésticos: Recipientes para la cafetera y horno de microondas.	○	⊙	⊙	○		⊙	○	⊙	⊙
Aparatos para procesos: Ordeñadoras, tubos para alimentos y productos lácteos.	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Resistencia a hidrólisis (3) Resistencia, resistencia a la fluencia (4) Resistencia química (5) Propiedad eléctrica (6) Transparencia (7) Estabilidad dimensional (8) Higiene de los alimentos (9) Propiedad piroretardante

23

4.(6) PEI: Poliéterimida

Área de aplicación	Características								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Aparatos electrodomésticos: Aparatos de belleza para el cabello, recipientes para horno de microondas.	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○		⊙	
Aeronaves: Charolas, partes interiores, componentes del motor.	○	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Automóviles: Fusibles, conectores, Válvulas de transmisión.	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	

Notas: (1) Transparencia (2) Resistencia al calor (3) Resistencia química y al agua caliente (4) Aislamiento eléctrico (5) Resistencia, rigidez, resistencia al impacto (6) Resistencia a la fluencia (7) Estabilidad dimensional (8) Propiedad piroretardante (9) Resistencia a la adición

24

4.(7) PEEK: Polietere tercetona

Área de aplicación	Características							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Partes automotrices: Engranajes del cuerpo del acelerador Arandelas de empuje de ABS Anillos de sellado para componentes de AT	⊙	⊙		⊙	⊙			
Partes de maquinaria industrial: Recubrimientos de cables, vestiduras interiores de cabina de avión	⊙	○		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Dispositivos de semiconductores: Películas aislantes, baterías pequeñas de botón	⊙	⊙		⊙		⊙	○	

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Resistencia química (3) Resistencia al agua caliente y al vapor (4) Resistencia, resistencia a la fatiga (5) Propiedad tribológica (6) Aislamiento eléctrico (7) Propiedad piroretardante (8) Resistencia a la radiación

4.(8) PAI: Poliamida-imida

Área de aplicación	Características							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Autopartes: Cojinetes de ejes, engranes, bombas de aire, elevadoras	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○		⊙
Maquinaria industrial, aeronaves: Bombas de vacío, compresores	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	○	⊙
Eléctricas y electrónicas: Conectores, bobinas, guías de impresora, uñas separadora de copiadora	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○		⊙

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Resistencia, resistencia al impacto (3) Propiedad tribológica (4) Estabilidad dimensional (5) Propiedad eléctrica (6) Resistencia química (7) Resistencia a rayos ultravioleta y radiación (8) Durabilidad



4.(9) PTFE: Politetrafluoroetileno

Área de aplicación y productos	Características							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Industria eléctrica y química: Tubos, mangueras, empaques, partes de mecanismo deslizante	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Equipos de manufactura de semiconductores: Tubos y tanques para diversos líquidos químicos	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙

Notas: (1) Resistencia al calor y frío (2) Resistencia química (3) Propiedad eléctrica (4) Resistencia baja a la fricción (5) Propiedad de no adhesión (6) Resistencia a la intemperie (7) Propiedad de autolubricación (8) Propiedad piroretardante



Tubos



Sartén



Juntas



Tanques de reacción con revestimiento anticorrosivo

5.(1) PF: Fenol-formaldehído

Área de aplicación (únicamente material de moldeo)	Características					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Equipos eléctricos: Tapas de interruptor, porta-cepillos	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙
Partes de maquinaria: Bridas	⊙	⊙	⊙	○	⊙	
Autopartes: Partes de polea y bomba de enfriamiento	⊙	⊙		⊙	○	

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Resistencia, alta rigidez (3) Resistencia a la flama (4) Resistencia química y a la humedad (5) Dureza superficial (6) Aislamiento eléctrico



Parte para motor



Porta cepillo



Conmutadores



Partes de polea y bomba de enfriamiento

Fuente: Editado por The Japan Society of Polymer Processing, materiales de moldeo, Editorial Morikita, 2011, p223

5.(2) MF: Melamina-formaldehído

Área de aplicación	Características						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Materiales de construcción, láminas decorativas	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	○
Vajillas	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Abrasivos (esponjas)	⊙	⊙				⊙	⊙

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Resistencia al agua (3) Resistencia al aceite y química (4) Resistencia al impacto (5) Higiene de los alimentos (6) Dureza superficial (7) Resistencia al desgaste



Vajillas



Esponja de melamina



Lámina decorativa de melamina

29

5.(3) UF: Urea-formaldehído

Área de aplicación	Regulación						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Equipos eléctricos: Aparatos de instalación eléctrica y de iluminación	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○
Botones de prendas Tapas para envases de cosméticos y medicamentos	⊙	⊙			○	○	⊙

Notas: (1) Dureza superficial (2) Resistencia química y a los solventes (3) Aislamiento eléctrico (4) Resistencia al arco (5) Propiedad pirorretardante (6) Resistencia (7) Resistencia al agua



Aparatos de instalación eléctrica



Botones de prendas



Anillo de correa

30

5.(4) EP: Resina Epoxi

Área de aplicación	Características					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Eléctricas y electrónicas: Productos moldeados por colada (sellados, transformadores) Moldeo estratificado (bujes, aislantes para alta tensión) Productos moldeados (condensadores, relevadores)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Materiales compuestos (fibras de carbono): Mangos de palo de golf, aviones, cohetes	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Resistencia, rigidez (3) Aislamiento eléctrico (4) Resistencia química y al agua (5) Estabilidad dimensional (6) Propiedad adhesiva



Productos moldeados por colada (sellado)



Aislante para alta tensión



H-II Cohete A y CFRP

31

5.(5) UP: Poliéster insaturado

Área de aplicación	Características				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Aparatos para instalación de vivienda: Tinas de baño, fosas sépticas, láminas planas transparentes	⊙	⊙	⊙	⊙	
Equipos de transporte: Placas exteriores para barcos de pesca, buques y autos	⊙	⊙	⊙	⊙	
Partes para distribución eléctrica: Interruptores de instalación eléctrica	⊙	⊙		⊙	⊙

Notas: (1) Resistencia, rigidez (2) Resistencia química, al agua y aceite (3) Resistencia al calor (4) Resistencia a la intemperie y corrosión (5) Aislamiento eléctrico



Fosa séptica



Barco de pesca



Parabrisas de la cabina de conductor y del pantógrafo: FRTP

32

5.(6) SI: Silicona

Área de aplicación	Características					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tubos, empaques	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙
Artículos para hogar: Empaque para botella, biberones, tapas	⊙	○	⊙		⊙	○
Partes electrónicas: Películas disipadoras de calor	⊙		⊙	⊙		

Notas: (1) Flexibilidad (2) Resistencia a la intemperie (3) Resistencia al calor y frío
(4) Aislamiento eléctrico (5) Biocompatibilidad (6) Propiedades de interface

Las propiedades de interface incluyen la propiedad repelente al agua, facilidad de despegue y desmoldeo.



Tubos de silicona



Película disipadora de calor



Biberones

33

5.(7) PUR: Poliuretano

Área de aplicación	Características						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Espumados flexibles: Materiales para absorción de sonido, filtros de acondicionador de aire, asientos de autos, colchones de camas	⊙	⊙	○	⊙			⊙
Espumados rígidos: Materiales aislantes térmicos: buques, edificios y refrigeradores			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Elastómeros moldeados por colada: Rollos, ruedas, cintas				⊙	⊙		⊙
RIM Tableros de instrumentos, defensas			○	⊙	⊙	○	⊙

Notas: (1) Propiedad de amortiguamiento (2) Buena aireación, aislamiento acústico
(3) Aislamiento térmico (4) Alta tenacidad y resistencia al desgaste (5) Resistencia al calor
(6) Resistencia a la flama (7) Resistencia al aceite y solventes



Espuma de poliuretano flexible



Espuma de poliuretano rígida

34

5.(8) PDAP: Poli-ftalato de dialilo

Área de aplicación y productos	Características						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Eléctricas y electrónicas: Carretes de bobina, conectores , interruptores Automóviles y aeronaves Conmutadores, conectores	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙

Notas: (1) Resistencia al calor (2) Resistencia (3) Aislamiento eléctrico (4) Estabilidad dimensional
(5) Resistencia a la humedad (6) Resistencia a la fricción y al desgaste
(7) Fluidez



Bloques de terminales moldeados con la resina Poli-ftalato de dialilo

35

M2 Materiales plásticos

M2-8 Evaluación de propiedades de plásticos para el moldeo por inyección

17 /10/2012
11/02/2013

1

Índice

1. Información general

2. Propiedades físicas y químicas

- (1) Peso específico
- (2) Absorción de agua
- (3) Resistencia química
- (4) Propiedad óptica
- (5) Eficiencia de barrera de gas

3. Fluidez (Ensayo de formabilidad)

- (1) Ensayo de índice de fluidez
- (2) Ensayo de fluidez en espiral

4. Propiedades mecánicas

- (1) Resistencia a la tracción
- (2) Resistencia a la deflexión
- (3) Resistencia a la compresión
- (4) Resistencia al impacto
- (5) Resistencia a la fricción y desgaste
- (6) Resistencia a la fatiga
- (7) Resistencia a la fluencia
- (8) Dureza

5. Propiedades térmicas

- (1) Propiedad térmica
- (2) Resistencia al calor (resistencia al calor a corto plazo)
- (3) Resistencia al calor (temperatura de uso continuo a largo plazo)
- (4) Flamabilidad

6. Propiedades eléctricas

- (1) Resistividad eléctrica y su coeficiente
- (2) Fuerza dieléctrica
- (3) Degradación de aislamiento eléctrico
- (4) Propiedad dieléctrica
- (5) Permitividad (Propiedad dieléctrica) de los plásticos

7. Resistencia a la intemperie

8. Documentos

- (1) Resistencia química de los plásticos
- (2) Relación entre Tg y HDT (temperatura de deflexión bajo carga)
- (3) Propiedades térmicas de los plásticos representativos
- (4) Comparación de la resistencia a la tracción y a la flexión
- (5) Plásticos como materiales para la industria
- (6) Métodos de ensayo ASTM y cálculo (Ensayo de tracción, flexión, compresión e impacto IZOD)

2

Información general

- 1) Los plásticos tienen una amplia gama de aplicaciones, desde artículos de uso diario hasta productos industriales. Sin embargo, tienen los siguientes defectos en comparación con los materiales metálicos:

- ① La resistencia absoluta es baja.
- ② La deformación por carga es grande.
- ③ Cambian fácilmente sus propiedades, dependiendo de las condiciones de uso.

- 2) Para utilizar plásticos como materiales de uso industrial, es importante entender las propiedades de los plásticos que se utilizan.

- 3) Las propiedades se clasifican principalmente en “propiedades físicas” y “propiedades químicas”, o generalmente se clasifican como sigue:

- ① Propiedades físicas y químicas ② Propiedades mecánicas
- ③ Propiedades térmicas ④ Propiedades eléctricas
- ⑤ Resistencia al medio ambiente ⑥ Formabilidad

- 4) Las normas como JIS, ASTM, ISO determinan los métodos de ensayos para evaluar los valores de las propiedades de los plásticos.

3

2. Propiedades físicas y químicas

1) Propiedades físicas:

Los plásticos están constituidos por uniones (polimerización) de numerosos átomos y moléculas de carbono, y cada uno de ellos tiene sus propias propiedades físicas. Estas propiedades físicas están divididas básicamente en mecánicas, térmicas y eléctricas.

(1) Tipos (clasificaciones):

- ① Peso específico (densidad) ② Absorción de agua ③ Propiedades ópticas

2) Propiedades químicas:

Se refiere a la estructura química de los polímeros (enlace molecular, grupo funcional) y a las características relacionadas con las afinidades y las reacciones químicas provocadas por contacto con sustancias inorgánicas y orgánicas.

(1) Tipos (clasificaciones):

- ① Resistencia química ② Resistencia a craqueo por tensión ambiental
- ③ Resistencia a la intemperie ④ Permeabilidad al gas y vapor
- ⑤ Parámetros de solubilidad

4

2.(1)Peso específico

1) Peso específico:

Se refiere a la relación de la masa de una probeta comparada con la masa de agua pura a 4 °C bajo presión de 1013.25 hPa, que tiene el mismo volumen que el de la probeta.

2) Método de evaluación:

Método de ensayo: ASTM D792

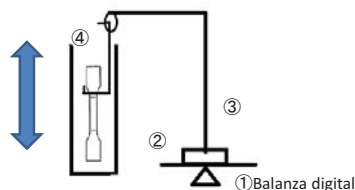
“Procedimiento”

Colocar ③ y ④ en la balanza digital (1) y pesar: W1g

Colgar la probeta en el cable de acero inoxidable ④ y pesar: W2g

sumergir la probeta en el agua del cilindro graduado y pesar: W3g

Peso específico = $(W2 - W1) / (w3 - w1)$



$$\rho = \frac{M}{V \cdot \rho_4}$$

Bajo condiciones de;
 ρ : gravedad específica
 M : masa
 V : volumen
 ρ_4 : 4°C Densidad H₂O
 (≈ 1,000 g/cm³)

¿Cuál es la diferencia entre el peso específico y la densidad?

Dibujo-1: Medición del peso específico por el método de hundimiento y flotación.

5

2.(2)Absorción de agua

1) La capacidad de absorción de agua de los plásticos varía notablemente dependiendo de la temperatura. La estabilidad dimensional es un gran problema causado por la influencia de la absorción de agua.

2) Método de evaluación:

Métodos de ensayo: ASTM D570, JIS K7209, ISO 62 y Método A.

Nombre del material	Porcentaje de absorción de agua (Wt%)
PTFE	0.00
PE	<0.01
PP	<0.01



Nombre del material	Porcentaje de absorción de agua (Wt%)
PVC (rígido)	0.07-0.4
PVC (flexible)	0.5-1.0
ABS	0.2-0.6
PS	0.01-0.03
PMMA	0.1-0.4
PC	0.15
POM(Homo)	0.25-0.40
PA6	1.3-1.9



Tabla1: Porcentaje de absorción de agua

6

2.(3)Resistencia química

1) Los plásticos presentan los siguientes efectos cuando son sumergidos en solventes orgánicos, ácido, álcali, aceites, grasa, productos químicos inorgánicos.

① Cambio en el peso ② Cambio en la apariencia

③ Cambio en las propiedades mecánicas ④ Degradación

Y sus resultados son evaluados de acuerdo con las normas correspondientes. La degradación por productos químicos y el agrietamiento por solvente (ESC) provocado por dos factores de esfuerzo y producto químico son importantes para la resistencia química.

2) Método de evaluación:

Métodos de ensayo: JIS K7114(traducción de ISO 175), JIS K 6911, JIS K7108, (ISO6252)

• Disolución e hinchamiento: Son provocados debido a que los solventes infiltran y se dispersan dentro de los plásticos.

• Craqueo por solvente:

Es un craqueo por tensión ambiental y causado por producto químico. Cuando se sumerge en solvente una probeta deformada a propósito, ésta presenta fisuras en la superficie del lado extendido y no en el lado comprimido. El craqueo se presenta de manera perpendicular a la dirección de tracción.

7

2(4)Propiedades ópticas

1) Esta propiedad es importante para las materias primas de los aparatos para comunicación óptica, discos ópticos, lentes y prismas.

2) Método de evaluación:

Métodos de ensayo: JIS K 7105 (Método de ensayo de las propiedades ópticas de los plásticos)

• Medición del índice de refracción, el número de Abbe: JIS K7105•JIS K7142•ISO489

• Nivel de brillo: Brillómetro JIS K7105

• Medición de Haze (grado de opacidad), transmitancia total de la luz: JIS K7105•K7136•K7361-1•ISO14782•13468-1



Foto-1 Medidor de opacidad



Medidor de refracción Abbe



Brillómetro

8

2(5)Eficiencia de barrera de gas

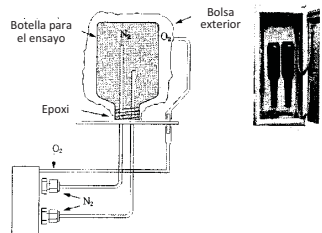
- 1) Los gases tales como oxígeno y vapor se infiltran (se disuelven) en la película de plástico y trasladan (dispersan) desde el lado de alta densidad hacia el lado de baja densidad a través de los espacios entre las moléculas de polímeros.

- 2) Método de evaluación:

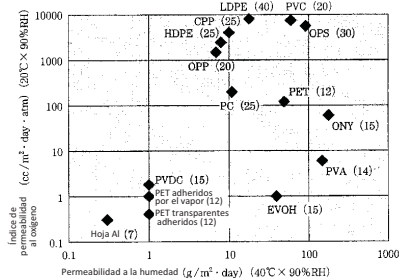
Métodos de ensayo: Ensayo de permeabilidad de oxígeno JIS K7125B, ASTM D3985-05
 $GTR = Vc / (R \times T \times P_v \times A) \times (dp/dt) [\text{mol}/\text{m}^2\text{S} \cdot \text{Pa}]$

Ensayo de permeabilidad de humedad: JIS K7129

Índice de permeabilidad ($\text{g}/\text{m}^2/24\text{hr}$)=240



Dibujo-2: Método de ensayo de la propiedad de barrera de gas de botella



Dibujo-3: Relación entre índice de permeabilidad de la humedad y del oxígeno

9

3.Fluidiez

- 1) Fluidiez:

Se refiere en general al estado de fluido de los objetos y se conoce también como formabilidad. Se refiere a las propiedades de la velocidad de fluido o la tendencia de dependencia de los factores externos cuando los polímeros pasan del estado sólido a fluido por causa del calor y/o de la presión.

- 2) Tipos (clasificaciones)

① Ensayo de fluidiez (MFR)

Se utiliza más comúnmente como el indicador de formabilidad.

② Ensayo de fluidiez en espiral

Se determina la fluidiez de acuerdo a la longitud de flujo midiendo el recorrido de flujo dentro del molde de inyección. Se utiliza el molde de flujo libre (*bar-flow mold*), etc.

③ Ensayo con reómetro capilar (medidor de viscosidad de tubo delgado)

Se evalúan las propiedades de fluidiez con base en la relación entre la temperatura, la presión y la velocidad de fluido.

Es un método de medir la viscosidad de fundición con base en la velocidad cortante del momento de inyección: entre 10^3 y 10^7S^{-1} .

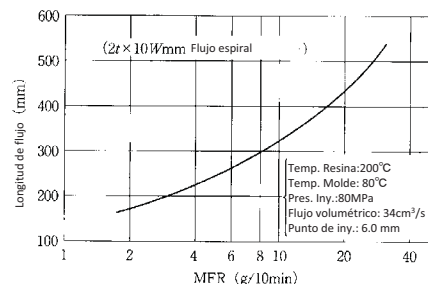
10

3.(1)Índice de fluidiez (MFR)

- 1) El ensayo de índice de fluidiez (M.F.R.) es efectivo para el control de calidad. Es útil para comparar la fluidiez entre las mismas resinas, los lotes dentro del mismo grado o únicamente diferentes grados de polimerización.

- 2) Método de evaluación:

JIS K7210, ISO1133, ASTM D1238



Dibujo-4: Relación entre MFR y longitud de recorrido de flujo de POM

Temperatura (°C)	Carga(g)	Aplicado en:
190	2160	PE,POM,PP
200	5000	ABS,PP
230	2160	PP
275	325	PA6.6
280	2160	PC

Tabla-2 : Temperaturas y cargas en el ensayo de M.F.R

11

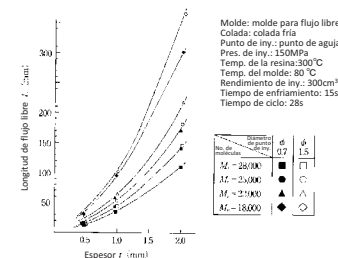
3.(2)Fluidiez en espiral

- 1) Es un ensayo para medir la facilidad de flujo dentro del molde y tiene la ventaja de ayudar a poder evaluar la fluidiez práctica para el moldeo por inyección y por transferencia.

- 2) Método de evaluación:

Evaluación de la fluidiez en el interior del molde:

Se realizan los procesos de moldeo, cambiando las condiciones de moldeo y se mide la longitud de flujo. Sirve para medir los efectos de las condiciones de moldeo, y comparar la fluidiez entre las resinas.



Dibujo-5: Relación entre el espesor y la longitud de flujo libre de PC



Dibujo-6: Ejemplo del molde para la medición de flujo libre

12

4. Propiedades mecánicas

1) Propiedades mecánicas:

Cuando se aplica carga al plástico, se observan deformaciones de distintas características y distorsiones dependiendo de la forma en que la carga haya dado efecto. Por ende, se genera un esfuerzo en el interior del plástico en contra de esa fuerza exterior. Las propiedades mecánicas se refieren a estas características que corresponden a los cambios dinámicos, tales como deformaciones y destrucciones.

2) Tipo (clasificación)

“Ensayo a corto plazo” : ① Resistencia a la tracción ② Resistencia a la flexión
③ Resistencia a la compresión
④ Dureza superficial

“Ensayo a largo plazo” : ① Resistencia a la fluencia

“Ensayo destructivo y daño” : ① Resistencia al impacto ② Resistencia a la fatiga
③ Resistencia a la fricción y desgaste
④ Resistencia a la fluencia

3) [Precaución]: Se denomina durabilidad a la resistencia mecánica que se presenta después del uso de manera prolongada. Las pruebas para la evaluación de la durabilidad consisten en:

① Resistencia a la fluencia ② Resistencia a la fatiga ③ Resistencia a la fricción y desgaste.

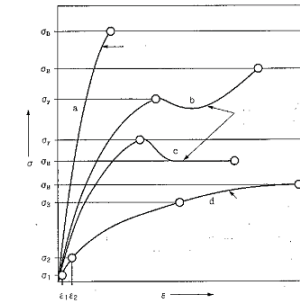
13

4.(1) Resistencia a la tracción

1) Se expresa por la relación entre “esfuerzo y deformación” que se presentan en las probetas estiradas a una velocidad constante en la dirección de orientación (dirección del eje). Existen varias propiedades de tracción tales como: el límite elástico, el alargamiento, la constante elástica, el límite proporcional, el embutido, la resistencia a la tracción, el punto de cedencia, el esfuerzo de cedencia.

2) Método de evaluación

Métodos de ensayo: ASTM D638, JIS K7113, ISO527,



Dibujo-7: Probetas del ensayo de tracción y la curva de esfuerzo - deformación

Tipo de material	Constante elástica	Resistencia	Alargamiento
(1)Flexible y quebradizo	Pequeño	Pequeño	Mediano
(2)Rígido y quebradizo	Grande	Mediano	Pequeño
(3)Rígido y resistente	Grande	Grande	Mediano
(4)Flexible y tenaz	Pequeño	Mediano	Grande
(5)Rígido y tenaz	Grande	Grande	Grande

Tabla-3 Clasificación según tipos de la curva de esfuerzo - deformación

Nota

(1) Material en el estado de queso (2) PMMA, GPPS, FP
(3) PVC rígido, SAN (4) PVC flexible, LDPE, PP (5) ABS, POM, PC

14

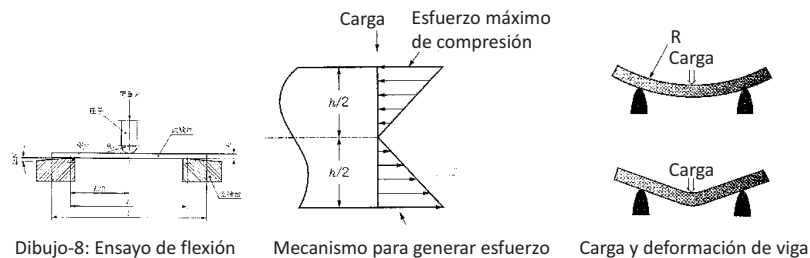
4.(2) Propiedad de flexión

1) La propiedad de flexión se expresa por la relación entre el esfuerzo y la cantidad de deformación (distorsión) por la carga de flexión. La propiedad de flexión se clasifica en general en la **resistencia a la flexión** y la **constante elástica por flexión**.

2) Método de evaluación

Métodos de ensayo: ASTM D790, JIS K7203, ISO 178

Ensayo de flexión con 3 puntos: se sujetan los dos lados extremos de la probeta y se aplica una carga concentrada en el centro.



Dibujo-8: Ensayo de flexión

Mecanismo para generar esfuerzo

Carga y deformación de viga

15

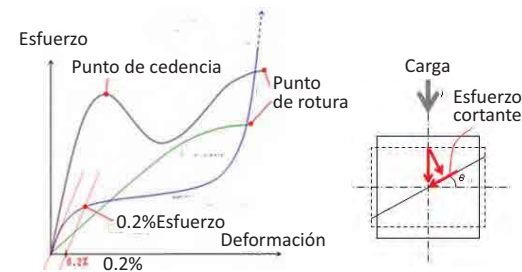
4.(3) Resistencia a la compresión

1) Cuando los plásticos reciben una carga a una velocidad constante, se presentan transformaciones tridimensionales, se deforman (Strain) y generan esfuerzo (stress).

2) Método de evaluación

Métodos de ensayo de compresión: JIS K7181, ISO 604, ASTM D695-89

Se colocan probetas en forma de prisma o cilindro entre 2 placas paralelas. Y se observa la relación entre la deformación y el esfuerzo desde que se aplica la carga hasta que se destruya la probeta.



Dibujo-9: Curva de esfuerzo de compresión y deformación

Relación entre la carga y el esfuerzo cortante

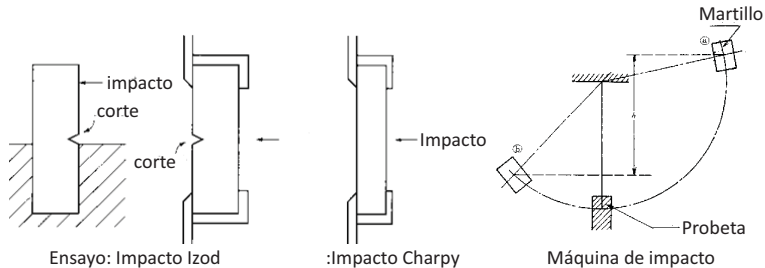


Foto-2: Ensayo de compresión

16

4.(4) Resistencia al impacto

- 1) Se evalúan las cualidades de los materiales tales como “tenacidad” y “fragilidad”. Se expresa por la cantidad de energía absorbida hasta que la probeta se rompa.
- 2) Método de evaluación
 - Métodos de ensayo:
 - ① Ensayo de resistencia al impacto IZOD (ASTM D2794, JIS K7110, ISO180)
 - ② Ensayo de resistencia al impacto Charpy (ISO179, JIS K7111).



Dibujo-9: Diferencia en el soporte de probeta entre los ensayos de resistencia al impacto Izod y Charpy

17

4.(5) Resistencia a la fricción y desgaste

- 1) Se gira la parte deslizante de una de las dos probetas a una carga constante y velocidad constante. En ese momento se mide la fuerza de fricción así como la cantidad de fricción y el valor límite PV después de haber sido deslizado una distancia señalada.

- 2) Método de evaluación

Método de ensayo:

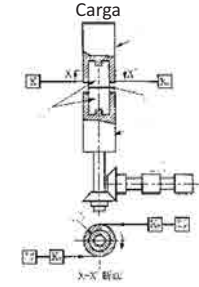
Ensayo de fricción por deslizamiento (JIS K7218)



Dibujo-10: Método de cilindro impulsor



Foto-3: Equipo del ensayo de fricción por deslizamiento



Dibujo-11: Mecanismo del equipo del ensayo de desgaste por fricción

Coefficiente de fricción

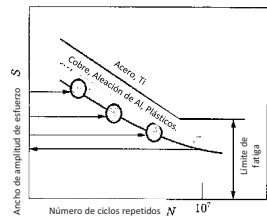
$$\mu = F/W \quad (F = \text{Fuerza de fricción}, W = \text{Presión en la cara de contacto})$$

18

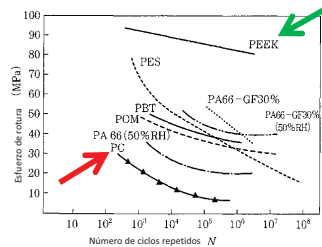
4.(6) Resistencia a la fatiga

- 1) Después de haber recibido cargas repetidamente, un material se rompe por una carga menor a la carga que se necesitaría para romperlo en una sola acción. El número de ciclos de deformación hasta que el material se rompa es denominado como vida a la fatiga.
- 2) Método de evaluación:

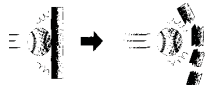
Métodos de ensayo: JIS K 7118, ASTM D638- métodos de ensayo de resistencia a la fatiga por tracción.



Dibujo-12: Curva de S-N (tensión - número de ciclos)



Dibujo-13: Curva de S-N de los plásticos de ingeniería



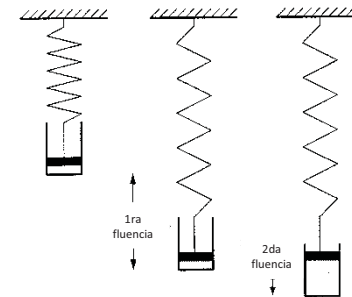
Dibujo-14: Bosquejo de la destrucción por fatiga de un producto plástico

19

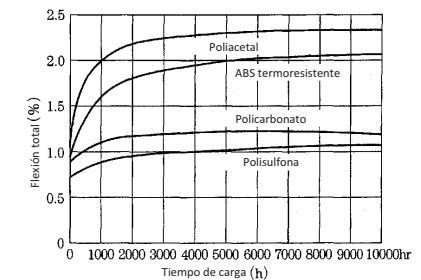
4.(7) Resistencia a la fluencia

- 1) Efecto de fluencia (Creep) se refiere al fenómeno que se presenta cuando la cadena molecular recibe por un plazo largo una carga constante (tracción, flexión), empieza a deformarse gradualmente y cuando se estira completamente, llega a romperse.
- 2) Método de evaluación

Método de ensayo de fluencia por tracción: JIS K 715, ASTM D2990



Dibujo-15: Modelo de tenacidad



Dibujo-16: Fluencia por tensión de los plásticos

20

4.(8)Dureza

1) La dureza se expresa por el nivel de la resistencia a la deformación al recibir una fuerza local a corto plazo desde el exterior.

2) Método de evaluación

Métodos de ensayo:

JIS K7202-2, ISO 2039-2, ASTM D785

Dureza *Rockwell* (*Rockwell hardness* – dureza a la penetración). Dureza *Shore* (dureza al rebote)



Dibujo-17: Método de ensayo de la dureza *Rockwell*



Foto-4: Equipo del ensayo de dureza *Rockwell*

Escala	Carga (N)	Diámetro de la bola de acero (mm)	Resina
R	588.4	12.7	PE, PA,
L	588.4	6.35	PA
M	980.7	6.35	Resina de termofijo
E	980.7	3.175	PS, PMMA

Tabla-4: Escala de dureza *Rockwell*

21

5.Propiedades térmicas

1) Propiedades térmicas:

Se refiere a las propiedades relacionadas a los cambios térmicos tales como: transferencia del calor, dilatación térmica, resistencia al calor, flamabilidad.

2) Tipos (clasificaciones)

“Comportamiento térmico” : ① Temperatura de transición vítrea

② Punto de fusión

“Propiedades térmicas” : ① Calor específico

② Coeficiente de conductividad térmica

③ Coeficiente de dilatación térmica lineal

“Resistencia al calor” :

Características relacionadas con la estabilidad térmica:

① Temperatura de deflexión bajo carga

② Temperatura de reblandecimiento *Vicat*

③ Temperatura de uso continuo

④ Temperatura de descomposición térmica

M2-1: Hoja #20-27, Propiedades y características de los materiales plásticos

22

5.(1)Propiedades térmicas

1) Se refiere a las propiedades físicas relativas al calor tales como transferencia térmica y dilatación térmica.

2) Método de evaluación

Métodos de ensayo:

Ensayo de calor específico: JIS K7123 –Se utiliza calorimetría diferencial de barrido (DSC).

Ensayo de conductividad térmica(λ): ASTM D177

• Método del medidor de flujo de calor de disco

Método de ensayo del coeficiente de **difusión térmica**(α) $\alpha = \lambda / C \times d$ (densidad)

Método de ensayo del coeficiente de **dilatación térmica** (coeficiente de dilatación volumétrica(α), coeficiente de dilatación lineal(β) A : STM D792

• Se utiliza TMA (Análisis termomecánico).

(Mediciones de: coeficiente de dilatación lineal y coeficiente de dilatación, temperatura de transición vítrea, temperatura de reblandecimiento)



Foto-5: Conductividad térmica Equipos de medición de conductividad térmica

23

5.(2)Resistencia al calor (Resistencia al calor a corto plazo)

1) Método de evaluación

Métodos de ensayo:

• Temperatura de deflexión bajo carga (DTUL Deflection Temperature Under Load) JIS K 7191, ISO 75, ASTM D 648

• Temperatura de reblandecimiento *Vicat* (*Vicat softening temperature*) K7206 ISO 306

• Temperatura de presión de balón (Ball pressure temperature) Reglamento B (en aceite) de The Electrical Appliances and Materials Research Committee

• Temperatura de fragilidad (*brittle temperature*): JIS K7216

La temperatura de fragilidad es la temperatura a la que el 50% de las probetas plásticas se rompen durante el ensayo de destrucción al impacto a una temperatura baja.



Fotos-6: Equipos de ensayos: Temperatura de deflexión bajo carga, temperatura de reblandecimiento *Vicat*, temperatura de presión de balón

24

5.(3) Resistencia al calor

(temperatura de uso continuo a largo plazo)

- 1) Se realiza el ensayo de degradación por calor a largo plazo y el ensayo de evaluación de las propiedades físicas para determinar la temperatura límite superior de uso de los plásticos.

- 2) Método de evaluación

Método de ensayo : UL746 B16

Se mantienen las probetas a distintas temperaturas por un tiempo determinado para provocar la degradación por calor y se toma el tiempo en que las siguientes 3 propiedades alcanzan el 50% del valor inicial; resistencia a la tracción, resistencia a la tracción por impacto y resistencia a la ruptura dieléctrica.

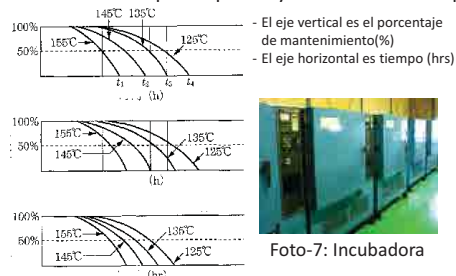


Foto-7: Incubadora

Dibujo-18: Curva de los porcentajes de conservación de propiedades físicas y tiempo a distintas temperaturas

Dibujo-19: Curva de temperatura de degradación y tiempo

25

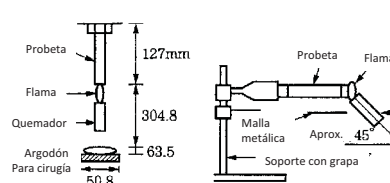
5.(4) Flamabilidad

- 1) El ensayo de flamabilidad es el ensayo en que se compara y se clasifica el nivel de flamabilidad de las probetas bajo condiciones preestablecidas.

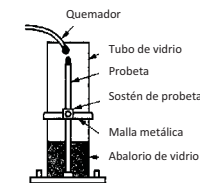
- 2) Método de evaluación

Métodos de ensayo:

- **Norma UL (Underwriters Laboratories);** UL96, probeta (5 × 1/2 × 1/8 pulgadas)
 - ① Prueba de flamabilidad horizontal
 - ② Prueba de flamabilidad vertical
- **Método de índice de oxígeno:** JIS 7201, ISO 4589-1



Dibujo-20: Pruebas de flamabilidad vertical y horizontal



Dibujo-21: Equipo de medición del índice de flamabilidad



Foto-8: Cámara de flamabilidad

26

6. Propiedades eléctricas

- 1) Propiedades eléctricas:

Los plásticos son aislantes eléctricos *1 y también dieléctricos*2. Las propiedades eléctricas son características de los plásticos relativas a la electricidad (aislante eléctrico, inducción eléctrica y electrización). Estas propiedades varían dependiendo del tipo de corriente (alterna o directa), la frecuencia de la corriente alterna y el voltaje.

- 2) Tipos (clasificaciones)

- (1) Valor de resistividad eléctrica : ① Resistividad volumétrica específica
② Resistividad superficial
- (2) Fuerza dieléctrica : ① Voltaje soportado
② Resistencia a la rotura dieléctrica
- (3) Degradación de aislamiento eléctrico (largo plazo):
① Resistencia al arco
② Resistencia a la carbonización por arcos
- (4) Inducción eléctrica : ① Permitividad eléctrica
② Factor de disipación

Nota :

*1) Material que no permite pasar la electricidad.

*2) Es un material sujetado por electrodos. Cuando se le aplica el voltaje eléctrico, los electrones detenidos en material serán inducidos a moverse de tal manera que se genera la concentración de electrones desigual.

M 2-1: Características y propiedades del material de plástico, lámina No. 34

M 2-5: Características, lámina No. 14

27

6.(1) Resistividad eléctrica y su coeficiente

- 1) La resistividad eléctrica es la resistencia que presentan los plásticos cuando pasa la corriente directa a los mismos.

- 2) Método de evaluación

Métodos de ensayo: IEC60093, ASTM D257, JIS K6911, JIS K6271 (Método de electrodo de doble anillo)

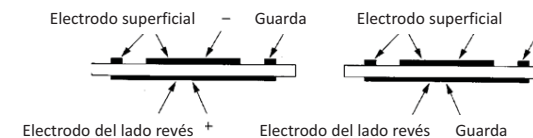
- **Ensayo de resistividad volumétrica** (Volume resistivity test)
- **Ensayo de resistividad superficial** (Surface resistivity test)

$$\text{Resistividad volumétrica } (\rho_v) = \pi d^2 / 4t \times RV \quad (\Omega \cdot \text{cm})$$

$$\text{Resistividad superficial } (\rho_s) = [\pi (D+d) / (D-d)] R_s \quad (\Omega)$$



Foto-9: Equipos de medición



Dibujo-22: Conexión de los electrodos (Izquierdo) Resistividad volumétrica, (Derecha) Resistividad superficial

28

6.(2) Fuerza dieléctrica

- 1) Pasan el voltaje de frecuencia comercial a los electrodos entre los cuales colocan la probeta y calculan la tensión disruptiva de la probeta.

2) Método de evaluación

Métodos de ensayo:

Fuerza dieléctrica (IEC60243, ASTM D149, JIS C2110)

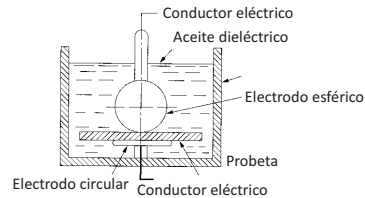
Resistencia a la ruptura dieléctrica (max. 70kV) (IEC60243, ASTM D149, JIS C2110)

Métodos de medición : Método a corto plazo, Método por niveles, Método por voltaje soportado (por 1 minuto, largo plazo)

Ambiente de medición : en aceite (RT~200°C), en el aire



Foto-10: Equipo del ensayo de fuerza dieléctrica 100kV-10kVA



Dibujo-23: Medición del voltaje del ruptura dieléctrica

29

6.(3) Degradación de aislamiento eléctrico (largo plazo)

- 1) Cuando una probeta es sujeta a la aplicación de una alta tensión, se acelera el cambio de propiedades y provoca la degradación de la propiedad de aislamiento eléctrico.

2) Método de evaluación

Métodos de ensayo:

Ensayo de resistencia al arco (ASTM D495): Se provoca un arco eléctrico con un lapso predeterminado de tiempo, entre 2 electrodos de tungsteno colocados en la superficie de la probeta. Se mide el tiempo hasta que la probeta presenta rotura y que el arco eléctrico desaparezca.

Ensayo de resistencia a la carbonización por arcos (IEC60112 versión 4., JIS C2134): Se pasa el voltaje entre los electrodos de oro blanco y se le aplican gotas de electrolito hasta que se presente la destrucción por la carbonización por arcos. Se evalúa mediante el voltaje con el que la probeta no se destruye recibiendo la aplicación del número preestablecido de gotas de electrolito.



Foto-11: Ensayo de resistencia al arco: Posición de probeta y electrodos



Foto-12: Ensayo de resistencia a la carbonización por arcos: Posición de electrodos

30

6.(4) Inducción eléctrica

- 1) Cuando se coloca un aislante entre los electrodos y se pasa la corriente directa, los electrones que existen en el aislante son atraídos hacia los electrodos, consecuentemente la carga eléctrica se polariza en el interior del aislante. Este fenómeno de polarización de la carga eléctrica se llama inducción eléctrica.

2) Método de evaluación

Métodos de ensayo: IEC60250, ASTM D150

Permitividad eléctrica: (Expresa la magnitud de la carga eléctrica polarizada y la energía estática que se acumula.)

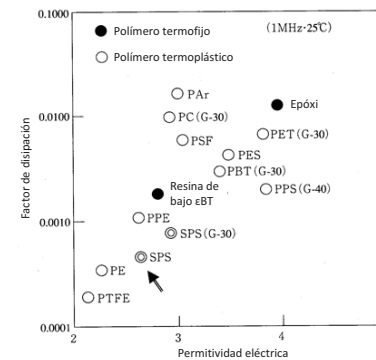
Factor de disipación: (Expresa la magnitud y el ciclo de energía perdida cuando pasa el voltaje de corriente alterna de alta frecuencia.)



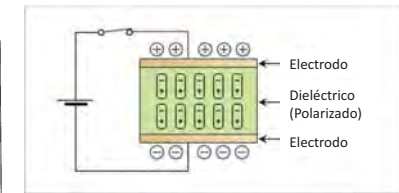
Foto-14: Equipo de medición de la pérdida dieléctrica

31

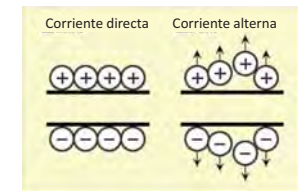
6.(5) Permitividad eléctrica del plástico



Dibujo-24: Relación entre factor de disipación y permitividad eléctrica



Dibujo-25: Condensador que cubre los dieléctricos polarizados



Dibujo-26: Pasa la corriente alterna por el condensador.

Kenji Takemura, Elaboración por moldeo, Vol15, No8, p564, 2003

32

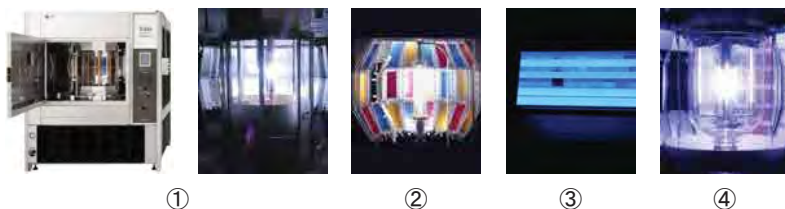
7. Resistencia a la intemperie

1) Se investigan los cambios en colores, propiedades mecánicas y eléctricas posteriores a la exposición mediante el equipo de ensayo de exposición acelerada.

2) Método de evaluación

Métodos de ensayo:

- Ensayo de exposición natural y envejecimiento en el exterior: JIS K7219,ISO877
- Ensayo de exposición acelerada: JIS K 7350 (ISO4892)
- Ensayo de resistencia a la luz solar



Fotos-15: Equipo de ensayo ①Medidor de intemperie con luz solar "Sunshine weather meter" (fuente de luz solar de arcos de carbón) ②Medidor de intemperie Xenon "Xenon weather meter" ③Medidor de intemperie con lámpara de ultravioleta ④Ensayo de resistencia a la luz- Ultraviolet fade mater(Lámpara de ultravioleta de arcos de carbono)

33

8.(1) Resistencia química de los plásticos

Resistencia química de los plásticos de uso general (ácido y álcali)

Solventes	PVC※1	PVC※2	PS	ABS	PE	PP
10% ácido hidróclórico	◎	○	-	◎	◎	◎
38% ácido hidróclórico	◎	△	-	△	◎	◎
10% ácido sulfúrico	◎	◎	◎	◎	◎	◎
98% ácido sulfúrico	△	×	×	×	△	△
10% ácido nítrico	◎	○	○	○	◎	◎
61% ácido nítrico	△	×	×	×	△	△
Hidróxido de sodio	◎	○	○	◎	◎	◎
Hidróxido de potasio	◎	○	-	◎	◎	◎

PVC※1: PVC rígido, PVC※2: PVC flexible

◎ : Casi no se presenta la reacción.

○ : Hay un poco de reacción pero es posible utilizar en la aplicación práctica dependiendo de su condición.

△ : No es conveniente utilizar en la aplicación práctica.

× : No es apto para utilizar.

Ohishi, "Durabilidad de los plásticos", Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd. P 107, 1975

34

Resistencia química de los plásticos de uso general (Solventes orgánicos)

Solventes	PVC※1	PVC※2	PS	ABS	PE	PP
Acetona	×	×	×	×	△	△
Benceno	×	×	×	△	△	△
Tetraclorometano	×	×	×	×	×	△
Cloroformo	×	×	×	×	×	×
Cresol	◎	△		×	○	○
Dietiléter	△	×		×	×	△
Alcohol etílico	○	×		△	○	○
Tetrahidrofurano	×	×	×	×	×	△
Tolueno	×	×		×	△	△
Xileno	×	×	×	×	○	△
Tricloroetileno	×	×	×	×	△	△
Gasolina	○	×		△	○	○
Aceite	○	△		◎	△	○

35

8.(1) Resistencia química de los plásticos

Resistencia química de los plásticos de ingeniería (ácido y álcali)

Solventes	PA	POM	PMMA	PC	PTFE
10% ácido hidróclórico	○		○	◎	◎
38% ácido hidróclórico	×		○	△	◎
10% ácido sulfúrico	◎	◎	◎	◎	◎
98% ácido sulfúrico	×	×	×	×	◎
10% ácido nítrico	△	△	△	◎	◎
61% ácido nítrico	×	×	×	×	◎
Hidróxido de sodio	◎	◎	○	△	◎
Hidróxido de potasio	○	○	△	×	◎

Ohishi, "Durabilidad de los plásticos", Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd. P 107, 1975

◎ : Casi no se presenta la reacción.

○ : Hay un poco de reacción pero es posible utilizar en la aplicación práctica dependiendo de su condición.

△ : No es conveniente utilizar en la aplicación práctica.

× : No es apto para utilizar.

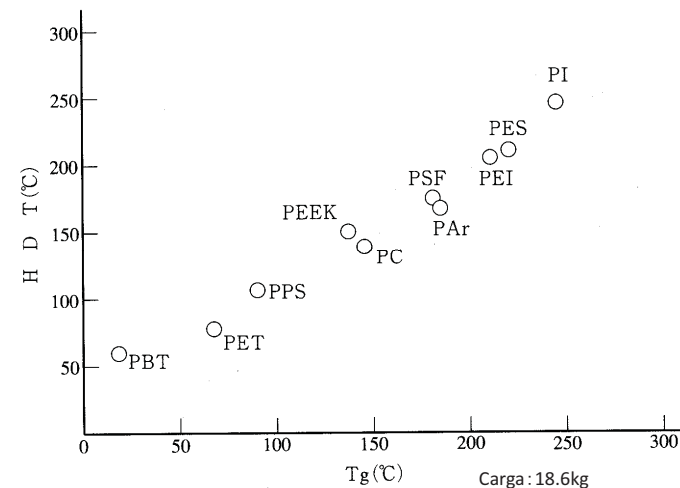
36

Resistencia química de los plásticos de ingeniería (solventes orgánicos)

Solventes	PA	POM	PMMA	PC	PTFE
Acetona	△	△	×	×	◎
Benceno	○	△	△	×	◎
Tetraclorometano	×	×	×	△	○
Cloroformo	×	×	×	×	○
Cresol	×		×	×	◎
Dietiléter	○			△	○
Alcohol etílico	○		×	○	◎
Tetrahidrofurano	×	×	×	×	◎
Tolueno	○	○	△	×	○
Xileno	○	○	△	×	◎
Tricloroetileno	×	×	×	×	◎
Gasolina	○	◎	△	○	◎
Aceite	○	◎	△	◎	◎

37

8.(2)Relación entre Tg y HDT (temperatura de deflexión bajo carga)



Kenji Takemura, "Elaboración por moldeo" Vol. 15, p564, 2003

38

8.(3)Propiedades térmicas de los plásticos representativos

Resina	Calor específico [J/g] ASTM C351	Conductividad térmica ($\times 10^{-1}$ /K) W/m·k ASTMD177	Coefficiente de dilatación térmica lineal ($\times 10^{-5}$)/k ASTMD792
PE(HDPE)	1.9	4.6 ~ 5.3	11 ~ 13
PP	1.6 ~ 1.8	0.9	11
PS	1.2	1.2	6 ~ 8
PA6,6	1.7	2.4	8
m-PPE	-	2.2	6
PC	-	1.9	6 ~ 7.0
POM	1.5	2.3	8.1

Osaka Municipal Technical Research Institute, "Libro de lectura sobre los plásticos" p49,
Plastics age, Co., Ltd. 2009

39

8.(4)Comparación de la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión

- Se muestran los valores comparativos de la resistencias a la tracción y la resistencia a la flexión de los plásticos en la siguiente tabla.

Resina	Fuerza de tracción (MPa)	Fuerza de flexión (MPa)	Elasticidad por tracción (MPa)	Constante de elasticidad por flexión (MPa)
PC	61	93	2400	2300
m-PPE	55	95	2500	2500
PA6 (dry)	80	111	3100	2900
POM	64	90	2900	2800

Nota:

- Resina utilizada : de grado estándar sin reforzamiento
- Métodos de ensayo : Resistencia a la tracción JIS K7161-1994
: Resistencia a la flexión JIS K 7171-1994

Seiichi Honma, "Resistencia de los plásticos para los diseñadores" p57, (2008),
Kogyo Chosakai Publishing, Co., Ltd.

40

8.(5)Plásticos como materiales para la industria

Materiales	Densidad (g/cm ³)	Temperatura de deflexión bajo carga (°C)	Constante de elasticidad por flexión (Gpa)	Fuerza de tracción (Mpa)
Plásticos de uso general	0.9-1.1	50-150	1-5	25-50
Plásticos de ingeniería	1.0-1.5	150-200	4-10	40-160
Plásticos de super-ingeniería	1.2-1.5	200^300	5-15	70-200
Acero de alta tensión	7.8	1000	210	1400
Aluminio	2.7	500	73	510

Nota: Los plásticos de ingeniería y super-ingeniería incluyen los grados reforzados con fibra de vidrio.

41

8.(6).1 ASTM D638 Tensile properties of Plastics test

terms	unit	Definition
Tensile stress	MPa	$\sigma = W/A_0$ where A_0 =original cross-sectional area W =Load Es una fuerza de tracción que se ejerce sobre cada unidad del área de corte transversal antes de aplicar el esfuerzo durante el ensayo.
Tensile strength	MPa	$\sigma_T = W_{max}/A$ where A_0 =original cross-sectional area W =Load Es el esfuerzo máximo de tracción que se aplicó durante el ensayo de tracción.
Tensile strain	%	$\epsilon = \Delta L/L_0$ where L_0 = Original distance between gage marks ΔL =Increment distance between gage marks =elongation Es un valor que se obtiene al dividir el volumen incrementado de la longitud de calibración entre el valor de dicha longitud original.
Total strain , at break	%	$\epsilon_U = (L_U - L_0)/L_0$ where L_0 =Original distance between gage marks L_U =Distance between gage marks at moment of rupture Es un valor que se obtiene al dividir el volumen incrementado de la longitud entre sujetadores entre el valor de dicha longitud.
Modulus of Elasticity	MPa	$E = S1(stress)/e1(strain)$ Es una relación entre el esfuerzo de tracción y la deformación correspondiente dentro del límite proporcional. (tangent modulus of Elasticity)

42

8.(6).2 ASTM D790 Flexure properties of Plastics Test

terms	unit	Definition
Maximum Fiber Stress	MPa	$S = 3PL/2bd^2$ where S =stress in the outer fibers at midspan [Mpa] P =Load at a given point on the load-deflection curve [Mpa] L =support span [m] b =width of beam tested [m],and d =depth of beam tested [m]
Flexural Strength Bending Strength	MPa	
Maximum strain in the outer fibers mm/mm ,	mm/mm	$r = 6Dd/L^2$ where r =Maximum strain in the outer fibers mm/mm , D =Maximum Deflection of center of the beam [mm] L =support span [mm],and d =depth [mm]
Modulus of Elasticity	MPa	$E_b = L_3m/4bd^3$ where E_b =modulus of Elasticity in bending [Mpa] m =slope of the tangent to the initial straight-line portion of the load-deflection curve [Mpa]of deflection L =support span [m] b =width of beam tested [m],and d =depth of beam tested [m]

43

8.(6).3 ASTM D695 Compressive properties of Rigid Plastics test

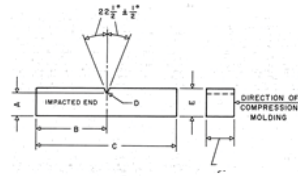
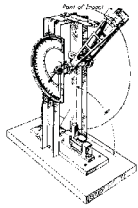
terms	unit	Definition
Compressive Strength	MPa	$\sigma_c = W_{max}/A_0$ where W_{max} =Maximum compressive Load A_0 =original minimum cross-sectional area of the specimen
Compressive Yield Strength	MPa	$\sigma_{cylid} = W_{max}/A_0$ where W = compressive Load carried specimen at the yield point A_0 =original minimum cross-sectional area of the specimen
Modulus of Elasticity	MPa	$E_c = \Delta(\sigma_2 - \sigma_1) / \Delta(\epsilon_2 - \epsilon_1)$ where E_c =modulus of Elasticity in compressing [Mpa] m =slope of the tangent to the initial straight-line portion of the load-deflection curve [Mpa]of deflection $\Delta\epsilon$ = the compressive stress ,measure from the point where the extended tangent line intersect the strain-axis.

44

8.(6).4 ASTM D256

Impact Resistance of plastics test

terms	unit	Definition
Izod impact value IZOD Impact strength	kJ/m^2	$\alpha_{ki} = E / (bh) \times 10^3 [\text{kJ/m}^2]$ where E = Energy required to break the Test specimen.[J] b = Width of the test specimen .[mm] width of specimen shall be in accordance with section. h = The thickness of the notch portion of the test specimen[mm]



M3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección

M3-1 Conocimiento general de las máquinas de inyección

28/Feb~1/Mar/2011

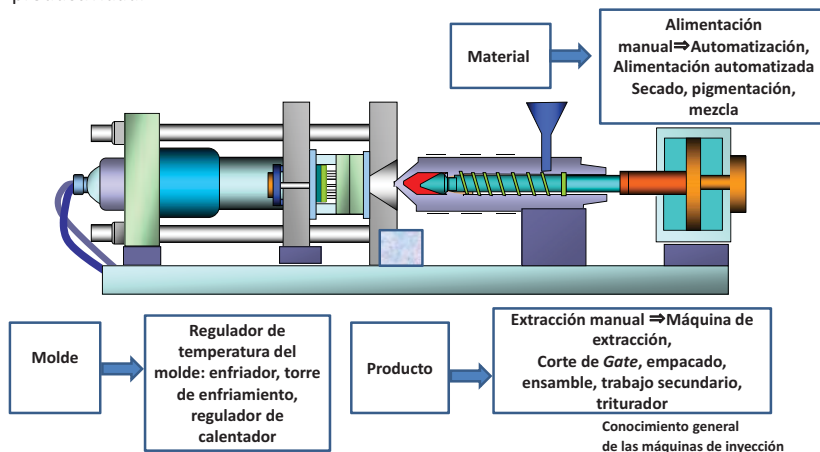
Índice

	Ítem		Página
1	Generalidades de los equipos de inyección	1~4	P3~6
2	Métodos para cambio de molde	1~8	P7~14
3	Métodos para montaje de molde	1~5	P15~19
4	Especificaciones de equipos de inyección	1~2	P20~21
5	Moldes	1~2	P22~23
6	Alimentación del material	1~11	P24~34
7	Secado del material	1~7	P35~41
8	Control de temperatura del molde	1~4	P42~45
9	Máquina trituradora	1	P46
10	Máquina de extracción	1~2	P47~48

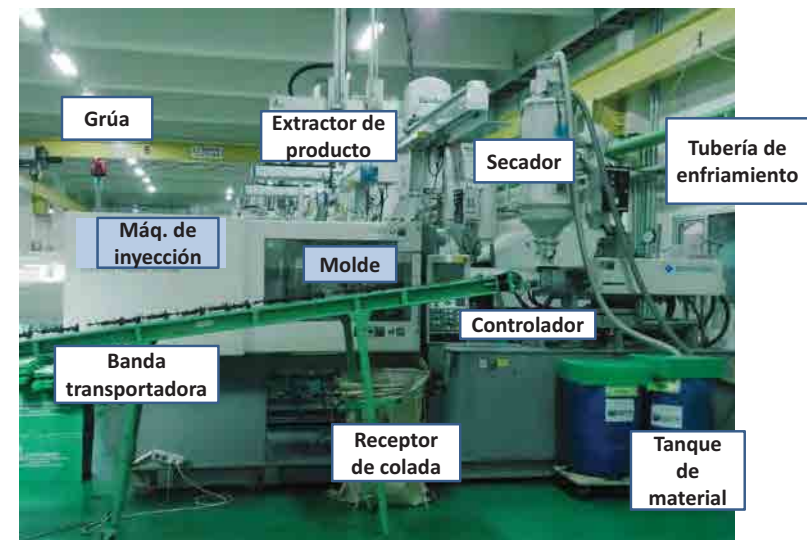
Conocimiento general
de las máquinas de inyección 1

Generalidades de los equipos de inyección-1

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.

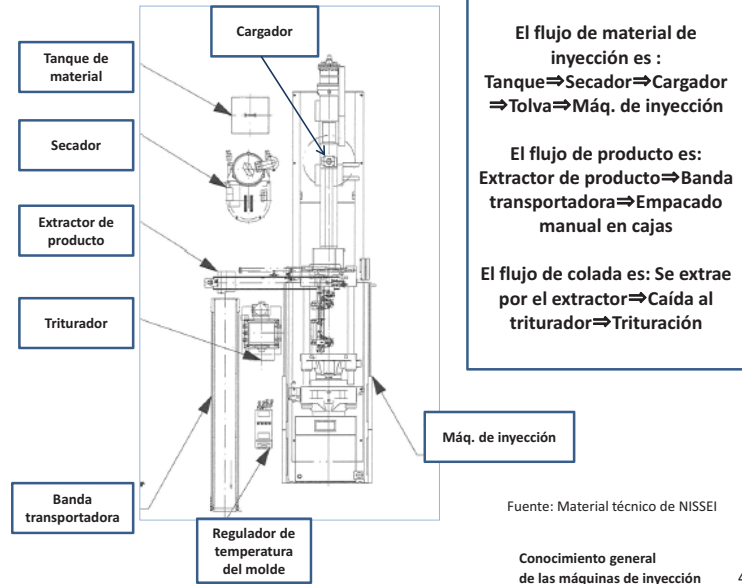


Generalidades de los equipos de inyección -2

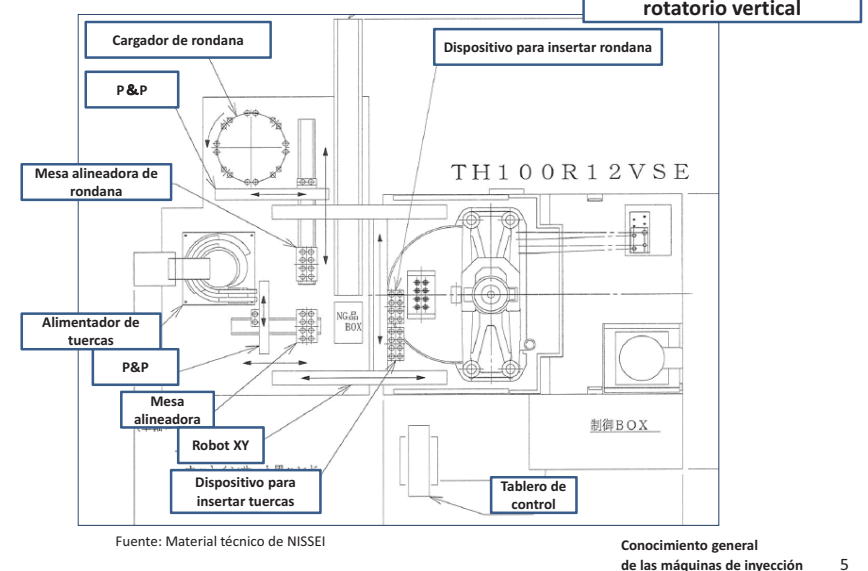


Conocimiento general
de las máquinas de inyección 3

Generalidades de los equipos de inyección -3



Generalidades de los equipos de inyección -4



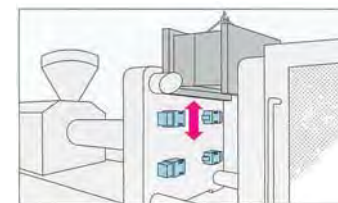
Métodos para cambio del molde-1: Generalidades

Sistema	Herramientas	Entrada del molde	Otros
Manual	Se usa la grúa.	Entra por arriba de la máquina	Es el tipo más común
	No se usa la grúa.	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 máq. con la grúa.
Auto-mático	Se usa el aparato cambiador.	Tipo fijo, movable, entrada lateral.	"Cambio simple (single change)", FMS aplicable (Flexible Manufacturing System)

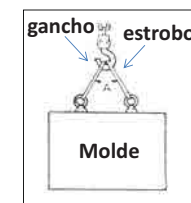
Conocimiento general de las máquinas de inyección 6

Métodos para cambio del molde -2: Uso de la grúa • Manual

- 1) Se usa la grúa (viajera, pórtico) y se fija el molde con clamps manualmente.
- 2) Se usa la grúa (viajera, pórtico) y se fija el molde con aparato de clamp.
- 3) Se requiere de atención especial por ser una operación entre varias personas. Confirmación por voces.
 - Es difícil mantener el molde en posición horizontal al colgarlo.
 - Baja la operatividad durante la transportación por la inestabilidad por balanceos.
 - Es fácil que choque el molde con la barra de acoplamiento (*tie bar*).
- 4) Se requiere dominar la técnica de izaje: Confirmación del peso de molde. Confirmación de la condición de estrobo.
- 5) Cuando se cuelga con 2 cáncamos, el ángulo A de estrobo debe ser igual o menor a 60 grados.



Fuente: Material técnico de Pascal

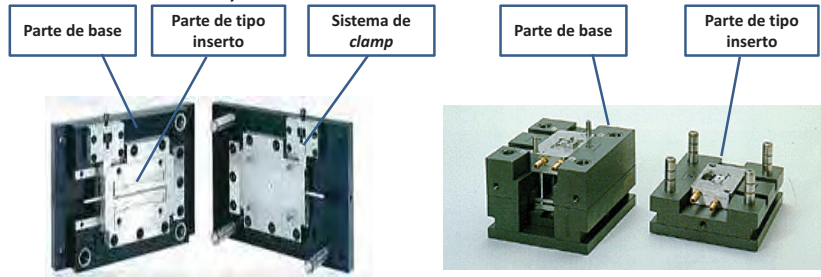


Conocimiento general de las máquinas de inyección 7

Métodos para cambio del molde -3: Cambio manual

- 1) Cuando el molde es de tamaño pequeño (peso ligero) ~10kgf
- 2) Cuando el molde es de tipo especial (molde tipo inserto)

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.



Fuente: Catálogo de NISSEI

Fuente: Catálogo de SHINKO SELLBIC

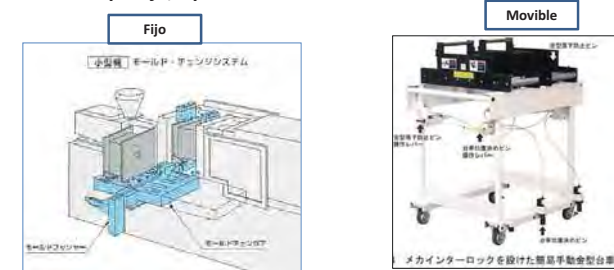
Conocimiento general
de las máquinas de inyección

8

Métodos para cambio de molde -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) Techo bajo, aplicable en la sala blanca
- 3) Se requiere la estandarización de moldes: tamaño de la placa de fijación del molde, centrado de moldes, integración de unidad de fijación del molde
- 4) Aparato cambiador: tipo fijo, tipo movable



Fuente: Material técnico de Pascal

Conocimiento general
de las máquinas de inyección

9

Métodos para cambio del molde -5:

Aparato cambiador de molde (Fijo, Manual)

Con la grúa se transporta y coloca el molde sobre el aparato cambiador.

Se mueve manualmente el molde a la máquina de inyección.



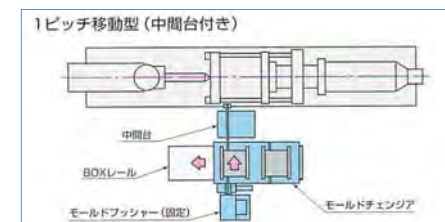
Conocimiento general
de las máquinas de inyección

10

Métodos para cambio de molde -6:

Aparato cambiador del molde (automático)

- 1) Solución para el ahorro de mano de obra, reducción del tiempo de preparativos, intento para el cambio rápido de moldes (SMED)
Estandarizar el tamaño de moldes, estandarizar la posición de expulsión, aparatos de fijación de moldes, sistema de precalentamiento de moldes, conexión automática del sistema de calefacción
- 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)
Es necesario reducir al máximo el tiempo requerido para preparativos para cambiar moldes con la finalidad de mejorar la productividad.
El cambio rápido de moldes (Single Minute Exchange) 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).



Fuente: Material técnico de Pascal

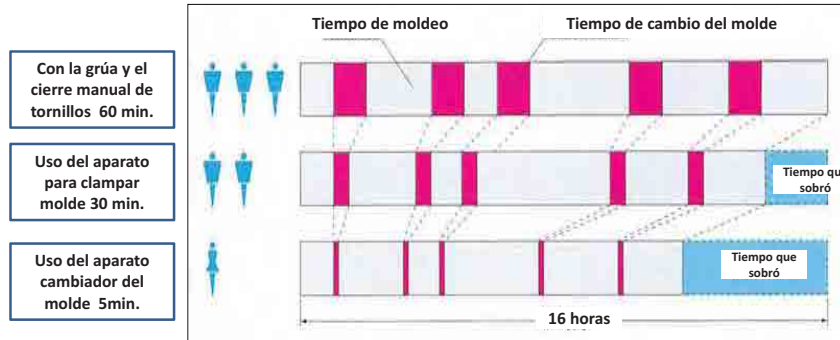
Conocimiento general
de las máquinas de inyección

11

Métodos para cambio del molde -8:

Comparación del tiempo para el cambio del molde

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. (Ej. Máquina de 1,300 toneladas)



Fuente: Material técnico de Pascal

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 12

Métodos para cambio del molde -7:

Aparato cambiador (Cambio automático autopropulsado)

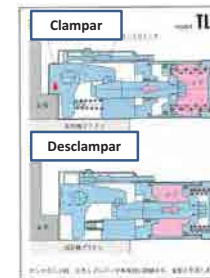
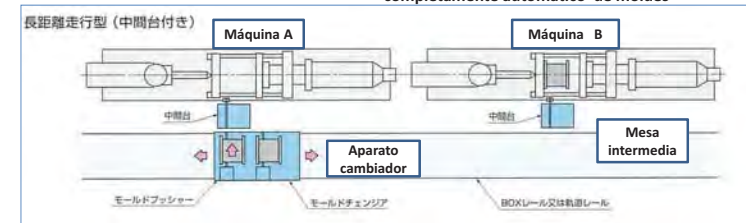


Fig. 1 Sistema de cambiador completamente automático de moldes



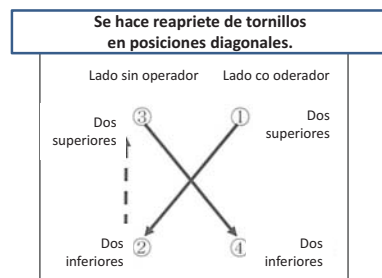
Fuente: Material técnico de Pascal

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 13

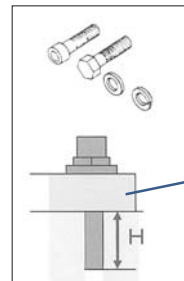
Métodos de montaje del molde -1:

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 atornillar, por lo que veces se pueda colocar bien los tornillos.
- 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: Catálogo de NISSEI

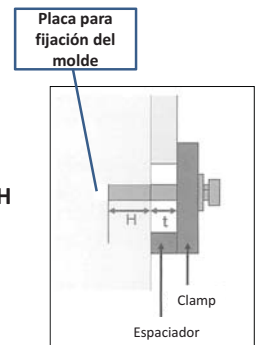


Conocimiento general
de las máquinas de inyección 14

Métodos de montaje del molde -2:

2. Con clamps

- 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)
- 6) Se utiliza la rondana elástica o plana.
- 7) cuidado con la barra de acoplamiento (*tie bar*) para que no choque con los *clamps*.



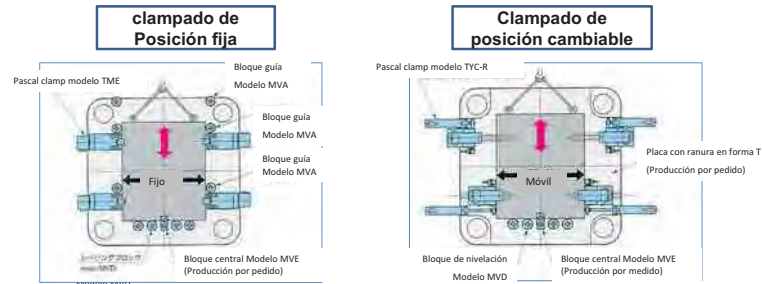
Fuente: Catálogo de NISSEI

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 15

Método de montaje del molde-3

3. 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 moldes se pueden desclamar y clamar de un solo toque, lo cual permite una reducción importante del tiempo de operación.
- 3) Existen los sistemas de clamping fijo y móvil (con ranura en forma T).



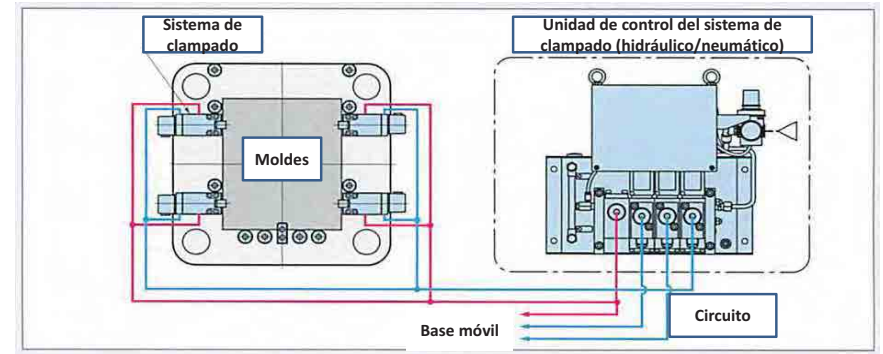
Fuente: Información técnica de Pascal

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 16

Método de montaje del molde-4

Diagrama de circuito del sistema de clamping de moldes

Para fuente propulsora del clamping se utiliza el sistema neumático o hidráulico.



Fuente: Información técnica de Pascal

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 17

Método de montaje del molde-5

4. Uso del clamp magnético

- 1) Es innecesario unificar el tamaño de moldes.
- 2) El clamp magnético es ecológico y óptimo para ser utilizado en un cuarto limpio.
- 3) Se clampa por fuerza magnética, por lo tanto la placa de montaje debe ser magnética.
- 4) Es necesario implementar las medidas para evitar la caída de moldes que pudiera ocurrir a causa de errores humanos.
- 5) Debido a que es innecesario considerar la posición del clamping en el momento de diseñar el molde, se ofrece una mayor disposición durante su diseño.



Fuente: Información técnica de Pascal

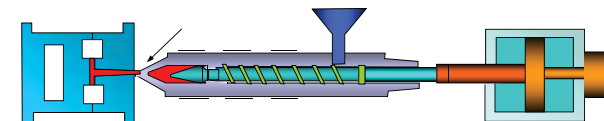
Conocimiento general
de las máquinas de inyección 18

Especificación de la máquina de moldeo-1

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.

$$\text{Fuerza de cierre de los moldes} \geq (\text{Presión de resina en el interior de los moldes} \times \text{Área proyectada})$$



Conocimiento general
de las máquinas de inyección 19

Especificación de la máquina de moldeo-2

- Combinación de la fuerza de cierre y el volumen de inyección (Ejemplo)

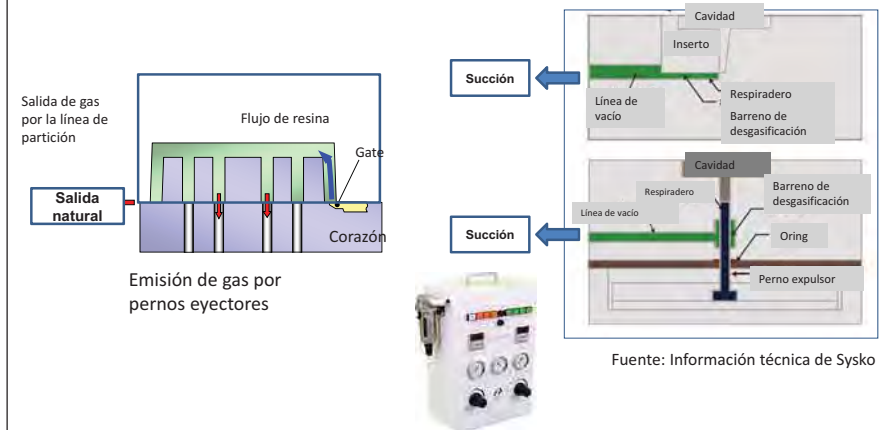
* Se señalan los valores teóricos del volumen de inyección y el uso práctico será de un 70% o menos del volumen en cuestión.

Fuerza de cierre KN (ton)	Mecanismo de inyección	Diámetro del husillo Φ mm	Volumen de inyección cm^3
784 (78.4)	5E	Φ 26	49
	9E	Φ 28	69
	12E	Φ 32	101
1080 (108)	9E	Φ 28	69
	12E	Φ 32	101
	18E	Φ 36	148

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 20

Moldes-1 (Sistema de venteo)

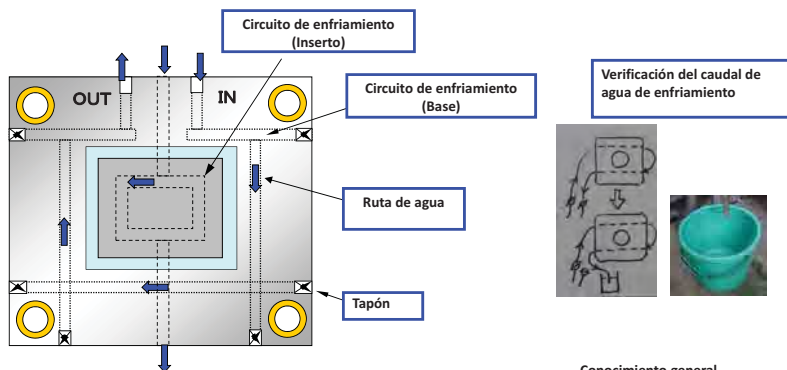
- Los moldes contienen aire en su interior antes de ser llenados de resina. Por lo tanto, se necesita una estructura o un mecanismo que permita eliminar el gas generado a partir del aire y resina.
 $\Rightarrow$ Venteo en la zona de la línea de partición (Profundidad de llenado en el extremo: Hasta 0.02mm) Es un sistema que succiona el aire y gas contenidos en el interior de los moldes mediante ombo de vacío (Moldeo en baja presión en el interior de los moldes).



Conocimiento general
de las máquinas de inyección 21

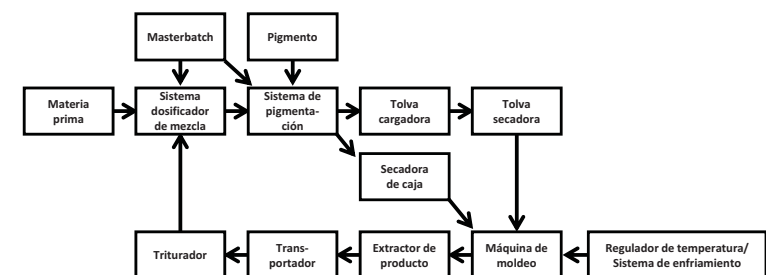
Moldes-2 (Intercambiador de calor y circuito de enfriamiento)

- Los moldes funcionan como intercambiadores de calor. $\Rightarrow$ Se utilizan el regulador de temperatura de moldes y el agua de enfriamiento.
- La eficiencia de enfriamiento influye mucho en el ciclo de moldeo. Es importante el diseño del circuito de enfriamiento.
- En el interior del canal de enfriamiento se va reduciendo el área del paso de agua debido a corrosión. Se requiere mantenimiento del circuito $\Rightarrow$ Es necesario verificar periódicamente el caudal de agua de enfriamiento.



Conocimiento general
de las máquinas de inyección 22

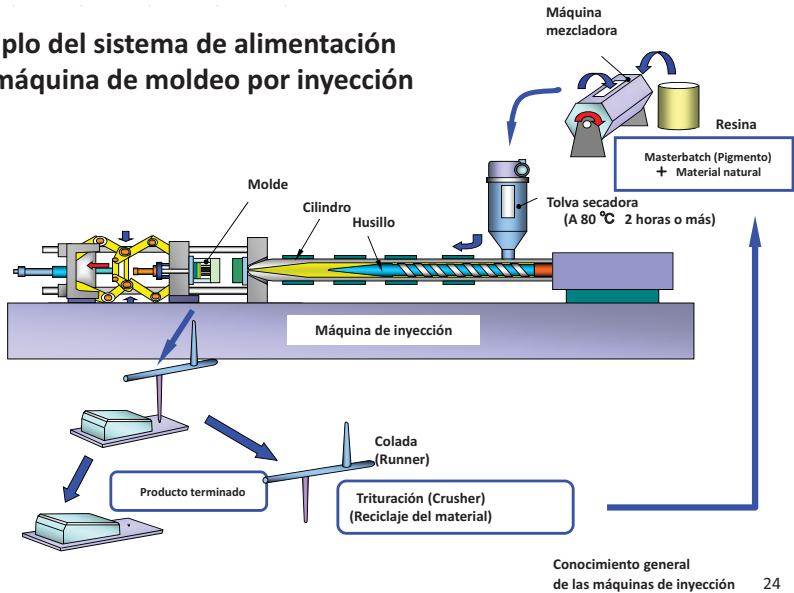
Alimentación del material-1 Flujo del material



Conocimiento general
de las máquinas de inyección 23

Alimentación del material-2

Ejemplo del sistema de alimentación a la máquina de moldeo por inyección



Alimentación del material-3
Comparación de diferentes técnicas de pigmentación

Conceptos	Técnica de dry color Sistema de mezcla	Técnica de Masterbatch Sistema de mezcla y combinación	Técnica compuesta Sistema de peletización	Técnica de liquid color Sistema de pigmentación en líquido
Dispersibilidad	Δ	○	⊙	⊙
Esparcimiento/contaminación	x	○	⊙	⊙
Facilidad de almacenamiento	○	○	⊙	○
Facilidad de cambio de color	Δ	⊙	⊙	⊙
Costo de pigmentación	⊙	x ~ ○	○	○
Costo de operación	○	⊙	x	⊙

Fuente: Información técnica de Sysko

Conocimiento general de las máquinas de inyección 25

Alimentación del material-4
Equipo de mezcla (Tipo rotativo)

- 1) Es un equipo relativamente sencillo, en el que se mezcla, se remueve y se amasa el material virgen con el material triturado (reciclado), el masterbatch y el pigmento en el proceso previo al moldeo.
- 2) Se alimenta el material mezclado en la máquina de moldeo para realizar la inyección.
- 3) Cuando falta el tiempo de mezcla, en algunos casos se pueden presentar la desigualdad del color u otros defectos.
- 4) Existen los sistemas de revolución vertical, en forma V, horizontal (Giran las paletas instaladas en el interior del tanque), etc.

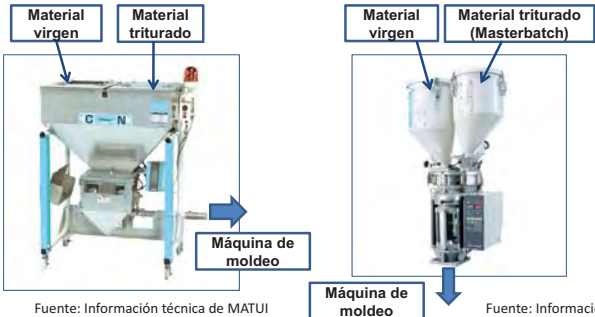


Fuente: Información técnica de Daiko Seitetsu

Conocimiento general de las máquinas de inyección 26

Alimentación del material-5
Equipo de combinación (sistema volumétrico)

- 1) Es un equipo sincronizado de pesaje y mezcla. En la máquina de moldeo y el proceso de línea se le agregan al material virgen, el material triturado (reciclado) y el masterbatch, los cuales se mezclan y se amasan en este equipo para ser transportados al siguiente proceso.
- 2) El material mezclado se alimenta automáticamente a la máquina de moldeo (tolva).
- 3) Cuando falta el tiempo de mezcla, en algunos casos se pueden presentar la desigualdad del color u otros defectos.



Fuente: Información técnica de MATUI

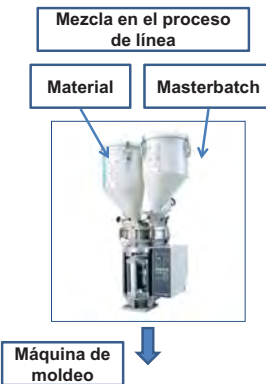
Fuente: Información técnica de MATUI

Conocimiento general de las máquinas de inyección 27

Alimentación del material-6 Pigmentación (Equipo de mezcla)

1. Técnica de masterbatch

- 1) El masterbatch, colorante en forma granular, es una mezcla altamente concentrada (por lo general, de 5 a 50%) de los pigmentos específicos en un portador de resina.
- 2) Se mezcla y se amasa el material virgen a pigmentar con el masterbatch mediante equipo rotativo en el proceso inicial.
- 3) Se mezcla el material virgen a pigmentar con el masterbatch mediante equipo de combinación en el proceso de línea.
- 4) Se funde, se diluye y se pigmenta durante el proceso de plastificación en la máquina de moldeo por inyección.
- 5) El masterbatch es relativamente caro.
- 6) En esta técnica, el material principal (resina) se pigmenta con masterbatch, por lo tanto los puntos clave son las condiciones de moldeo que determina el estado de mezcla de la resina y el masterbatch (número de revolución, contrapresión, etc.).



Fuente: Información técnica de MATUI

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 28

Alimentación del material-7 Pigmentación (Equipo de mezcla)

2. Técnica de Dry Coloring (Colorante en polvo)

- 1) Es una técnica económica de coloración, en la que se mezclan los pelets naturales con colorante (en polvo) para que éste quede adherido en la superficie de los pelets.
- 2) Se mezcla y se amasa el material virgen a pigmentar con el colorante mediante máquina rotativa.
- 3) Hay varios problemas con esta técnica como: limpieza complicada del equipo de mezcla, suciedad por la dispersión del colorante, limpieza complicada de la tolva, etc.
- 4) En caso de utilizar la tolva cargadora, es imposible limpiar el interior de la manguera, por lo que es necesario cambiarla según el color.

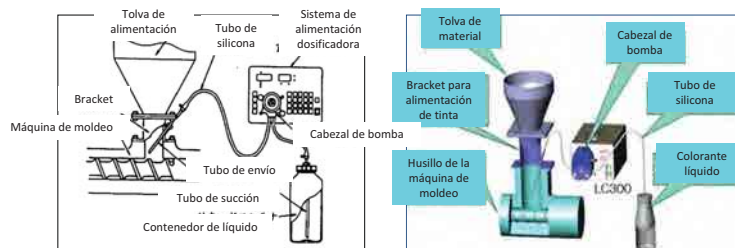


Conocimiento general
de las máquinas de inyección 29

Alimentación del material-8 Pigmentación (Equipo de coloración en líquido)

3. Técnica de liquid color (Colorante líquido)

- 1) En esta técnica se aplica el colorante al líquido, el cual se dispersa en él y cae directamente en el husillo ubicado abajo de la tolva mediante bomba dosificadora, dando el color al material virgen.
- 2) Cambia el tubo de silicona cuando cambia el color.



Fuente: Información técnica de Sysko

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 30

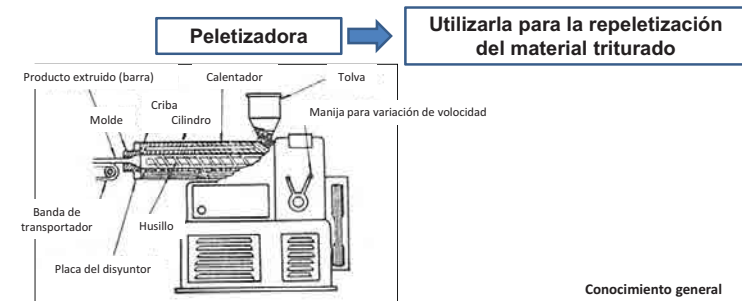
Alimentación de material-9 Pigmentación (Sistema de peletización)

4. Técnica de coloración de pelets

- 1) Los pelets mezclados con colorante se amasan mediante máquina de extrusión. Esta operación se realiza en las instalaciones de los proveedores de material y/o de coloración.

Ejemplos especiales:

- 1) En caso de utilizar el material triturado mezclándolo con el material virgen, la diferencia del tamaño granular del material puede provocar variaciones en el tiempo de plastificación, afectando la calidad del producto moldeado.
- 2) Se vuelve a transformar el material triturado en forma de pelet mediante peletizadora para estabilizar el tiempo de plastificación.



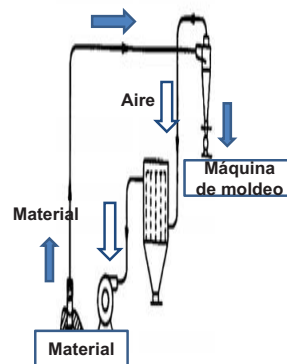
Conocimiento general
de las máquinas de inyección 31

Alimentación del material-10

Tolva cargadora

1. Tolva cargadora con sistema de succión

- 1) Se succiona por presión mediante el tubo insertado en la bolsa del material colocado en el piso, de tal manera que se lleva material a la tolva de la máquina de moldeo.
- 2) Al vaciar el material en la tolva cargadora, se cierra el damper por contrapeso y acciona el *limit switch* y arranca el timer; el emisor de aire gira, comenzando la succión del material.
- 3) Al transcurrir el tiempo establecido, deja de operar el emisor de aire. El material succionado abre el damper por su propio peso y cae.
- 4) Cuando se vacía todo el material de la tolva cargadora, vuelve a cerrar el damper, acciona el *limit switch*, gira el emisor de aire y comienza la succión del material.
- 5) La tolva cargadora es conveniente para las máquinas grandes y verticales de moldeo, no sólo debido a su función automática de alimentación, sino también a que permite evitar transportar el material a la tolva instalada en un nivel alto.



Conocimiento general
de las máquinas de inyección 32

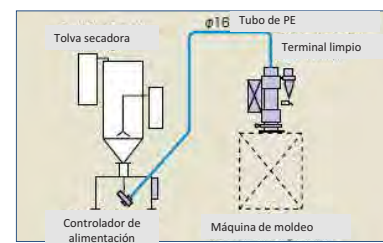
Alimentación del material-11

Tolva cargadora

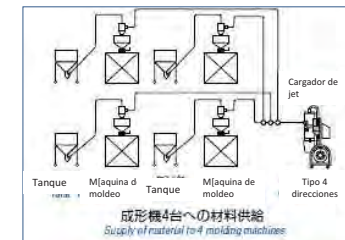
2. Tolva cargadora con sistema de envío a presión

- 1) Este sistema, en el que se transportan los pelets por aire, es adecuado para transportar una gran cantidad de material a través de una distancia larga.
- 2) Como el material pasa a alta velocidad por el interior del tubo, si se selecciona el tubo de material inadecuado para este fin, se ocasiona un desgaste en su interior.

Alimentación del material desde la tolva secadora



Alimentación del material a 4 máquinas de moldeo



Fuente: Información técnica de MATUI

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 33

Secado del material-1

Objetivos del secado del material

- 1) Medidas contra los problemas ocasionados a causa del agua adsorbida (Defectos de apariencia y de resistencia)
- 2) Cada material para moldear posee diferente higroscopicidad. Se realiza el secado del material bajo condiciones generales.
- 3) Cuando el material contiene humedad, se ocasionan defectos de apariencia como rayas plateadas, opacidad, defecto de transparencia, etc.
- 4) Asimismo, se incrementa la cantidad de sustancias volátiles, lo cual resalta la línea de unión y, a la vez, ocasiona defectos de reproducción de la forma.
- 5) Dependiendo del tipo de material (PC, PET, etc.), se puede generar la hidrólisis, disminuyendo el peso molecular, por ende se reduce la resistencia al impacto.

Impacto de la cantidad de humedad absorbida en el moldeo por inyección de PC:

S-2000 (Peso molecular: 2.5×10^4)

En la prueba destructiva por el impacto de la caída, se deja caer un peso de 2.13kg (10R en el extremo) desde una altura de 10m.

% de absorción de agua	Peso molecular del producto moldeado	Porcentaje de destrucción por el impacto de la caída de peso (%)			Apariencia del producto moldeado
		Fractura dúctil	Fractura frágil	Porcentaje de fractura total	
0.014	2.5×10^4	0	0	0	Bueno
0.047	2.4×10^4	30	0	30	Bueno
0.061	2.4×10^4	50	0	50	Bueno
0.067	2.4×10^4	90	0	90	Se generan ligeramente rayas plateadas.
0.200	2.2×10^4	20	80	100	Se generan rayas plateadas y brubujas

Fuente: Información técnica de Mitsubishi Yupiron

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 34

Secado del material-2

Condiciones estandares para el secado del material

Nombre del material	Temperatura del secado °C	Tiempo de secado (Horas)	Humedad permisible %
PC	De 110 a 120	4 o más	0.03 ó menos
PBT	De 120 a 130	4	
PA-66	De 80 a 120	De 4 a 5	0.02 ó menos en el secado en vacío
ABS	De 80 a 90	De 3 a 4	0.3 o menos
PMMA	De 70 a 75	De 4 a 5	0.2 o menos
POM	De 80 a 90	4	
AS	De 80 a 90	3	0.1 o menos
PPS	120	4	

Fuente: Información técnica de NISSEI

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 35

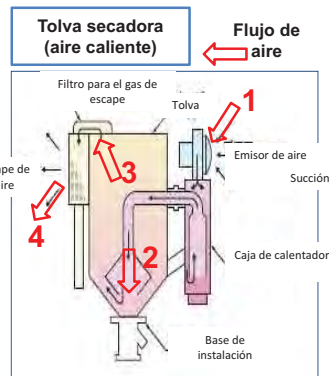
Secado del material-3

Tolva secadora (Sistema con aire caliente)

1. La tolva secadora es un equipo indispensable para el material higroscópico, en el cual se elimina la humedad adherida en el material a moldear así para enviarlo continuamente a la máquina de moldeo. Existen los sistemas con aire caliente, de deshumidificación y de vacío.

2. Tolva secadora por aire caliente

- 1) El aire que ha sido ingresado desde el exterior de la secadora por la emisora de aire, se calienta mediante calentador y se introduce a la cámara cilíndrica para secado.
- 2) En la cámara de secado el aire caliente pasa por entre las partículas del material y así se logra tener el material seco.
- 3) El aire caliente que ha transferido su calor y, a la vez, ha absorbido la humedad tras pasar por entre las partículas del material, se extrae al exterior de la secadora.
- 4) Es necesario limpiar los filtros de entrada y salida del aire.
- 5) Existen los modelos para la instalación en la máquina (se monta en la tolva de la máquina de moldeo) y en el piso.



Fuente: Información técnica de MATUI

Modelo de instalación en la máquina



Modelo de instalación en el piso



Fuente: Información técnica de MATUI

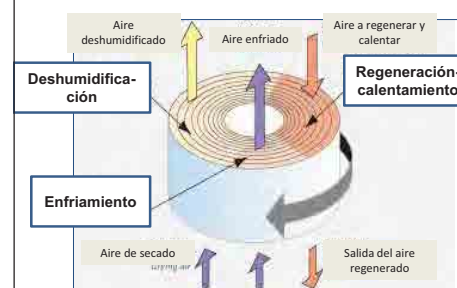
Conocimiento general
de las máquinas de inyección 36

Secado del material-4

Tolva secadora (Sistema de deshumidificación)

1. Tolva secadora con sistema de deshumidificación

- 1) Durante la temporada de lluvia y de verano, en la que existe una alta humedad absoluta en el aire ambiente, la secadora por aire caliente no logra secar por completo las resinas, particularmente a las cuales se permite una baja absorción de humedad.
- 2) En este sistema no se extrae al exterior el aire caliente humedecido que se ha utilizado para secar las resinas; al interior de la cámara de secado se introduce el aire que ha pasado el proceso circulatorio de deshumidificación, secado y calentamiento y así para secar las resinas.
- 3) El rotor de panel (honeycomb rotor) se compone de tres zonas: deshumidificación, regeneración y enfriamiento.
- 4) En la zona de deshumidificación se absorbe la humedad contenida en el aire que entra en la tolva secadora.
- 5) En la zona de regeneración-calentamiento se calienta y se evapora la humedad adsorbida en la zona de deshumidificación para regenerar el rotor de panel.



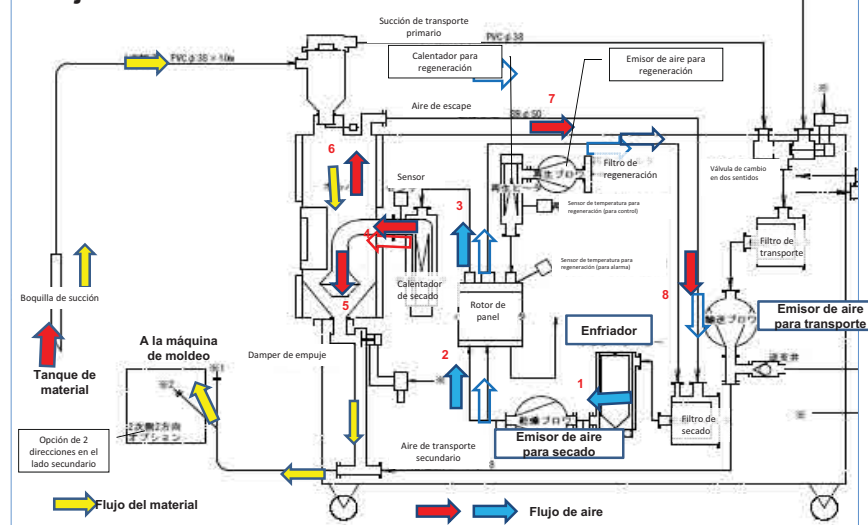
- 6) En la zona de enfriamiento baja la temperatura del rotor de panel que ha aumentado durante el proceso de regeneración, hasta la temperatura óptima para la deshumidificación. En virtud de la función respectiva de estas tres zonas, el rotor de panel mantiene un bajo punto de rocío a -40°C , conservando la función inicial sin necesidad de cambiar la materia adsorbente.

Fuente: Información técnica de MATUI

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 37

Secado del material-5

Flujo del sistema de deshumidificación-secado

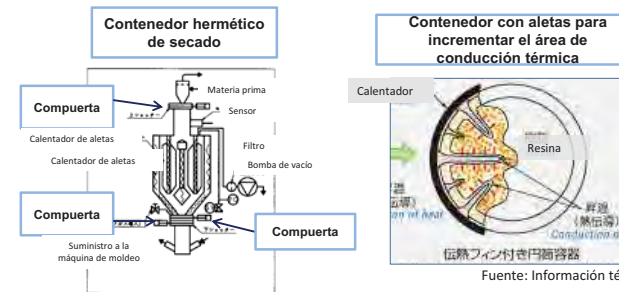


Fuente: Información técnica de MATUI

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 38

Secado del material-6 Tolva secadora (Sistema de vacío)

- 1) Es un sistema de secado mediante transferencia de calor, en el cual se cierra herméticamente el contenedor de secado para crear un vacío en su interior (a una presión más baja que la presión atmosférica).
- 2) Como el punto de ebullición del agua es más bajo que a la presión atmosférica, se agiliza la evaporación del agua en comparación con las secadoras con sistema de ventilación, de tal manera que se puede reducir el tiempo de secado.
- 3) Debido a que se realiza el secado en un ambiente de vacío, también se eliminan los componentes volátiles que causan la suciedad de los moldes. Como consecuencia, los moldes se ensucian menos y, a su vez, se reduce la frecuencia de mantenimiento.
- 4) En el secado en vacío, así como a baja temperatura, en el cual hay baja concentración de oxígeno, se ofrece la ventaja de facilitar el proceso de secado sin provocar oxidación ni amarillamiento. Asimismo, como se realiza el calentamiento en un tanque de vacío que cuenta con una estructura aislante, se requiere al menos una fuente de calor, lo cual permite reducir el costo de operación.



Fuente: Información técnica de MATUI

Conocimiento general
de las máquinas de inyección 39

Secado del material-7

Secadora de caja (Sistema de circulación de aire caliente)

- 1) Es un equipo en forma de caja con un calentador instalado en su perímetro interior, en el cual circula el aire interno mediante ventilador, de manera que se logra secar el material para moldear.
- 2) El equipo cuenta con niveles en su interior para incrementar el área, por donde pasa el aire caliente.
- 3) El sistema de circulación de aire caliente ofrece la gran ventaja de poder calentar fácil y uniformemente el material. Sin embargo, como es susceptible a la humedad exterior, se debe prestar atención al estado de secado cuando hay una alta humedad en el ambiente.
- 4) El material que se coloca en las bandejas de secado debe ser de entre 25 y 30mm de espesor.
- 5) Se necesita trasladar manualmente el material a la máquina de moldeo, lo que no es adecuado para la producción masiva.



Fuente: Información técnica de MATUI

Regulación de temperatura de moldes-1

Generalidades del enfriamiento

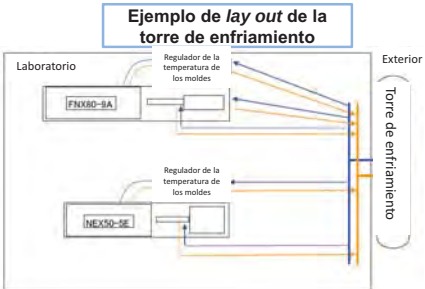
- 1) Los moldes funcionan como intercambiadores de calor. ⇒Es necesario introducir en los moldes el agua de enfriamiento adecuada para el ciclo de moldeo (agua fría/caliente).
- 2) Cuando no hay suficiente caudal y/o presión de descarga, debido a la reducción de la eficiencia del enfriamiento, se ocasiona una falta de enfriamiento en los moldes, lo cual puede prolongar el ciclo de moldeo o provocar defectos de calidad en los productos moldeados.
- 3) Para efectos de enfriamiento, existen los métodos en los que se utiliza el agua de enfriamiento de la planta, el regulador de temperatura de los moldes (agua de enfriamiento, agua caliente o aceite) y el calentador (molde especial).

Clasificación	Temperatura °C	Observación
Agua de la red de suministro municipal	De 20 a 35°C	Se requiere de un alto costo. Se aplica para las máquinas de prueba.
Agua de enfriamiento de la planta	De 20 a 35°C	Es sumamente susceptible a la temperatura ambiente, así como a las condiciones de la instalación de la torre de enfriamiento. Es importante llevar un control de la calidad del agua.
Regulador de temperatura de moldes	Agua suministrada+ 10 a 90°C	Especificación estándar
	Agua suministrada +10 a 120°C	Resiste alta temperatura; Especificación especial
Enfriador de moldes	De 5 a 35°C	Enfriamiento (Agua fría)
Regulador de temperatura del rango amplio de moldes	Agua suministrada+10 a 90°C	Hay dos sistemas: de agua fría y de caliente.
Regulador de temperatura de moldes	60 a 200°C	Cuidado con la alta temperatura en el caso de reguladores con aceite
Calentador	Más de 100	Moldes especiales y moldes de resina termofija; se necesita un sistema de control.

Regulación de temperatura de moldes-2

Uso del agua de enfriamiento de la planta (Torre de enfriamiento)

- 1) La torre de enfriamiento es una instalación de climatización susceptible a la temperatura exterior, en la cual disminuye la temperatura del agua utilizando el calor de vaporización del agua con el fin de volver a utilizarla para fines de enfriamiento.
- 2) En la circulación del agua, las sustancias como calcio contenidas en el agua se quedan sin vaporizarse y se van concentrando paulatinamente; las que no alcanzan a disolverse se adhieren en el equipo de la torre de enfriamiento, el interior de los moldes y de las tuberías, formando incrustaciones. Ocurre: Circulación→Vaporización→Suministro→Incremento de la concentración de calcio→Deposición de incrustaciones
- 3) La eficiencia del intercambio de calor baja conforme se adhieren las incrustaciones y las algas en la zona de intercambio de calor, por lo tanto, es necesario realizar la limpieza periódica en la zona en cuestión, la verificación y el análisis de la calidad del agua (mejora de la calidad del agua y uso de los agentes de tratamiento de agua).



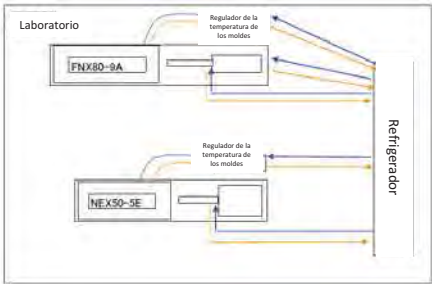
Fuente: Información técnica de NISSEI

Regulación de temperatura de moldes-3

Enfriador y regulador de temperatura de rango amplio

- 1) Cuando se requieren mantener los moldes a una temperatura baja, por ejemplo para implementar el moldeo de corto ciclo, se puede utilizar el regulador de temperatura con sistema de refrigeración, de tal manera que se circule el agua de enfriamiento (aprox. a 10 °C) en los moldes.
- 2) Como se tiende a producir condensación de humedad, es necesario realizar mantenimiento como medidas preventivas de oxidación al terminar la operación de moldeo. Antes de terminar el moldeo, se detiene el suministro de agua fría y cuando la temperatura de los moldes sube más que la temperatura ambiente, se termina. O bien, al terminar el moldeo, se abre el molde por la línea de partición y se aplica tratamiento anticorrosivo cuando la temperatura de la superficie de la cavidad y del corazón ascienda a la temperatura ambiente.

Tipo de regulador de temperatura y temperatura establecida	
Regulador de temperatura	Agua suministrada+10 a 90°C
Regulador de temperatura	Agua suministrada +10 a 120°C
Enfriador de moldes	De 5 a 35°C
Regulador de temperatura de rango amplio	Temperatura ambiente+10 a 90
Regulador de temperatura de moldes	Aceite 60°C a 200°C



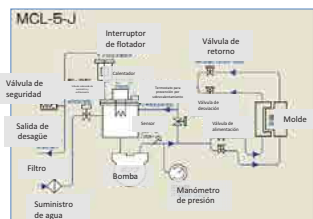
Fuente: Información técnica de NISSEI

Fuente: Información técnica de MATUI

Regulación de temperatura de moldes-4

Regulador de temperatura de moldes

- 1) Es un equipo que mantiene los moldes a una determinada temperatura mediante el intercambio térmico con el medio portador del calor, ya sea agua o aceite, el cual se calienta y se introduce a presión al interior de los moldes.
- 2) Se compone de: calentador que incrementa la temperatura de los medios de calor, circuito de agua de enfriamiento que baja la temperatura, bomba, circuito de control, etc.
- 3) Según el rango de temperatura de control, se clasifica en el enfriador (refrigerador), el regulador de temperatura, el regulador de temperatura de rango amplio y el regulador de temperatura (alta). En relación con el medio de calor, hay sistemas con agua y con aceite.
- 4) Es necesario seleccionar el modelo que tenga un margen de descarga de acuerdo con los moldes y las máquinas de moldeo a utilizar.



Fuente: Información técnica de MATUI



**Lado de
descarga**

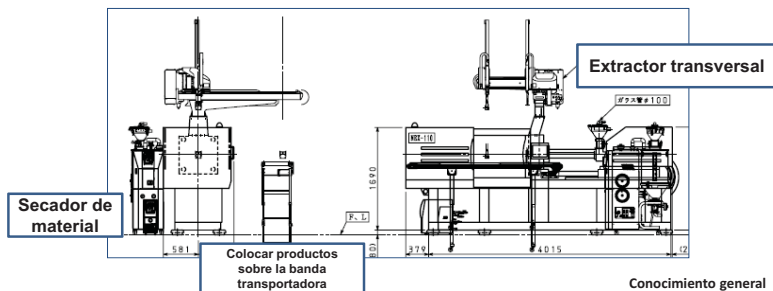


Tubería del bloque de enlace

**Conocimiento general
de las máquinas de inyección 44**

Extractor-1

- 1) Principalmente existen los robots extractores oscilante y transversal. Ha venido incrementándose la velocidad de su movimiento debido a la implementación de la operación de ciclo corto. El modelo oscilante se utiliza principalmente en las máquinas pequeñas de molde.
- 2) Al abrir los moldes, el brazo del robot baja y toma el producto o su colada y sube para extraerlo. Debido a que opera a alta velocidad, se utiliza el robot extractor transversal.
- 3) Se pueden seleccionar los movimientos del robot: agarrar el producto moldeado para extraerlo del molde y dejar caerlo en el mismo lugar; después de extraer la pieza trasladarse arriba del transportador y soltarla; cortar las coladas después de la extracción y meter las piezas en las cajas o colocarlas en forma ordenada en la zona de almacenamiento, etc.

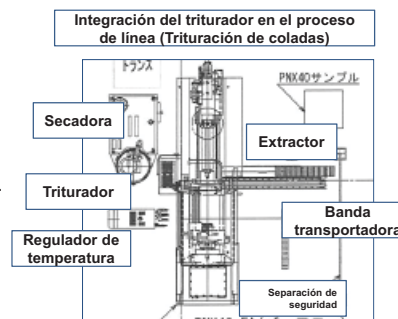


Fuente: Información técnica de HARMO

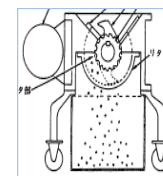
**Conocimiento general
de las máquinas de inyección 46**

Triturador-1

- 1) En caso de reciclar coladas, *sprue* y productos defectuosos, éstos deben ser triturados.
- 2) En algunos casos se triturarán las coladas en el proceso en línea justo después del moldeo y en otros casos se reúne todo el material para hacerlo en el proceso posterior.
- 3) Cuando el material triturado se compone de partículas grandes, se pueden ocasionar defectos de moldeo a causa de una mala penetración y/o plastificación desigual. Asimismo, los polvos generados durante la trituración también pueden causar quemaduras u otros defectos de moldeo, por lo que es recomendable eliminarlos antes del uso (Equipo de eliminación de polvos)
- 4) Para el proceso de moldeo de alta precisión y las máquinas pequeñas de moldeo, comúnmente se vuelve a pelletizar el material mediante una pelletizadora para eliminar los factores de inestabilidad en la dosificación.
- 5) Al finalizar el trabajo de trituración, se realiza la limpieza para no dejar el material triturado. Cuando el lugar no está limpio, se puede ocasionar contaminación, por consiguiente, variación del tono de color, falta de resistencia y otros problemas de calidad.
- 6) En caso de triturar el material en el proceso posterior, se debe llevar el control para que no se mezcle con otro tipo de coladas y/o basura.



Fuente: Información técnica de NISSEI



Fuente: Información técnica de HARMO

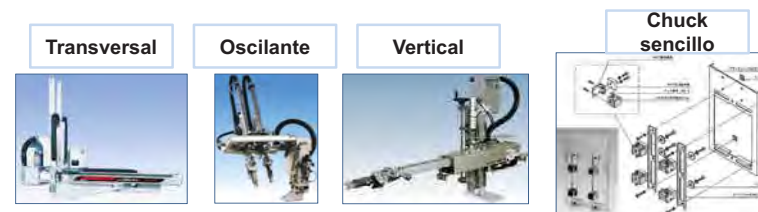
**Conocimiento general
de las máquinas de inyección 45**

Extractor-2

- 1) La especificación del extractor se determinan conforme a la máquina de moldeo, los moldes y la forma del proceso posterior que se van a implementar.

Tipo de robots extractor (Resumen)

Máquina de moldeo	Extractor	Moldes	Fuente de energía	Movimientos
Horizontal Vertical Especial	Oscilante Transversal Vertical Instalación en el piso	2P 3P	Aire Aire, servo Servo	Toma de la colada Toma del producto Succión del producto Corte de coladas Expulsión de productos defectuosos Colocación en la zona de almacenamiento Expulsión al triturador



Fuente: Información técnica de HARMO

**Conocimiento general
de las máquinas de inyección 47**

M3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección

M3-2 Tipos de máquinas de inyección y su estructura

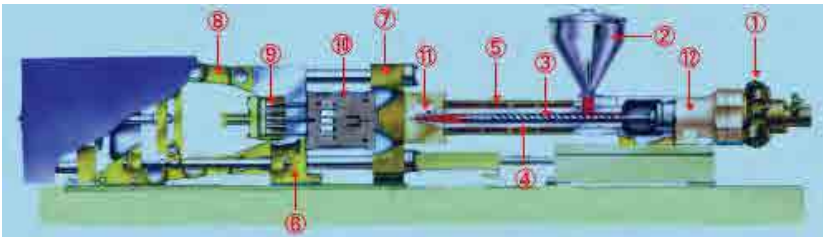
28/Feb~1/Mar/2011

Índice

1	Nombres de los componentes de la máquina de inyección	1~2	P3~P4
2	Clasificación de las máquinas de inyección	1	P5
3	Clasificación por el tipo de fuerza motriz Hidráulica Eléctrica Híbrida	1~13 1~4 1~2	P6~P18 P19~P22 P23~P24
4	Clasificación por el equipo de cierre del molde palanca presión directa otros	1~5 1~7 1	P25~P29 P30~P36 P37
5	Clasificación por el equipo de inyección émbolo pre-plastificado husillos en línea otros	1~3 1~2 1~4 1~	P38~P39 P40~P41 P42~P45 P46
6	Clasificación por el sistema Horizontal Vertical Otros	1 1 1	P47 P48 P49

1

Nombres de los componentes de las máquinas de inyección-2

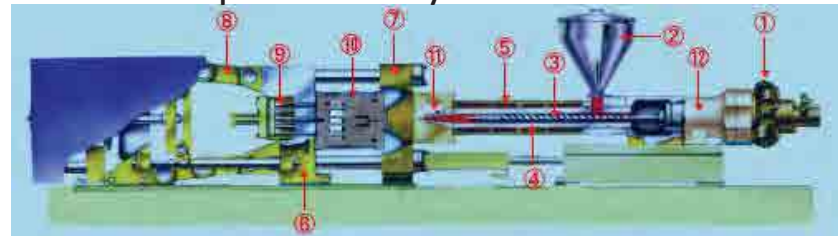


Equipo de cierre del molde (*Toggle clamp*) y Equipo de Inyección (Hidráulica)

- | | | |
|---|---------------------|--|
| 1 | Motor hidráulico | Hace rotar al husillo. |
| 2 | Tolva | Alimenta el material. |
| 3 | Husillo | Transporta y plastifica la resina. |
| 4 | Cilindro calentador | Plastifica el material junto con el husillo. |
| 5 | Banda calentadora | Provee el calor al interior con calefacción exterior. |
| 6 | Platina móvil | Monta el lado móvil del molde. En cada disparo se cierra y abre. |

2

Nombres de los componentes de las máquinas de inyección-1



Equipo de cierre del molde (*Toggle clamp*) y Equipo de Inyección (Hidráulica)

- | | | |
|----|------------------------------|--|
| 7 | Platina para montar el molde | Monta el lado fijo del molde. Es fija. |
| 8 | <i>Toggle</i> | Cierre del molde tipo <i>toggle</i> |
| 9 | Cilindro botador | Expulsa el producto moldeado desde el molde móvil |
| 10 | Molde | Tiene un espacio de la forma correspondiente al producto y se parte. |
| 11 | Boquilla | Inyecta el material hacia el molde. |
| 12 | Cilindro de inyección | Mueve el husillo y envía la resina al interior del molde. |

3

Clasificación de las máquinas de inyección

	Clasificaciones			
1	Fuerza motriz	Hidráulica	Electrica	Híbrida
2	Cierre del molde	Toggle	Presión directa	Toggle + Presión directa
3	Equipo de inyección	Émbolo	Husillo en línea	Pre-plastificado
4	Mecanismo	Horizontal	Vertical	Especial

4

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

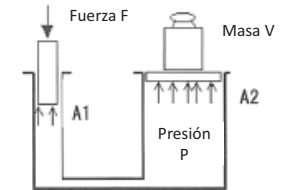
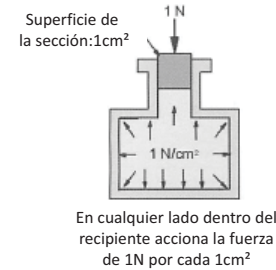
Sistema hidráulico-1

1) Comocimientos básicos del sistema hidráulico :

Principio de Pascal

El fluido en un recipiente hermético, independientemente de su forma, transmite la presión con igual intensidad por unidad de superficie en todos los puntos del fluido.

El aparato hidraulico permite generar una fuerza grande. En caso de que la fuerza F es 10N y $A_2/A_1=10$ veces, la fuerza que se genera en A2 es 100N. En el sistema hidráulico real, la parte que recibe la fuerza F corresponde a la bomba y la fuerza grande A2 corresponde al cilindro de cierre del molde



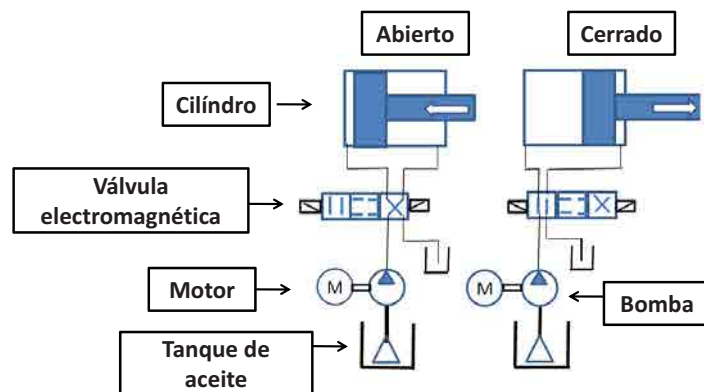
NISSEI Escuela Texto

5

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-2

- 1) El motor impulsa la bomba hidráulica y con la presión hidráulica generada mueve el cilindro para que funcione el mecanismo.

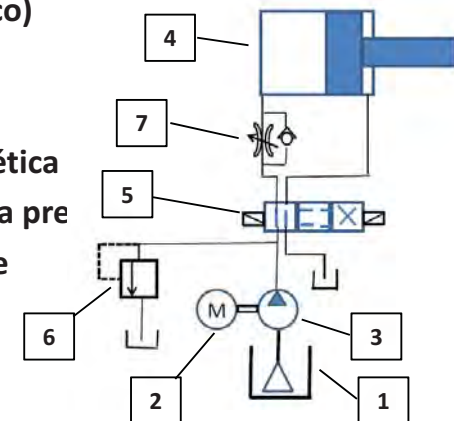


6

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-3

1. Aceite (Tanque)
2. Motor (Motor eléctrico)
3. Bomba
4. Cilindro
5. Válvula electromagnética
6. Válvula para ajustar la presión
7. Válvula reguladora de velocidad



7

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-4

1. Aceite

1) Viscosidad cinemática (centistokes) 43~65cst/40°C (ISO)

- Viscosidad demasiado alta : Defectos en funcionalidad
- Viscosidad demasiado baja: Fuga frecuente de aceite, dificultad para mantener la presión

2) Índice de viscosidad VI (Viscosity Index)

Al subir la temperatura, baja la viscosidad.

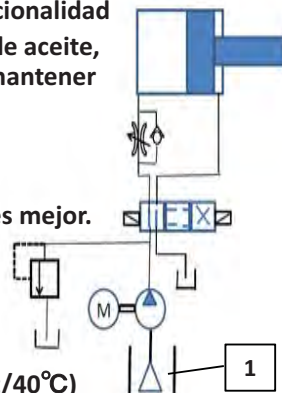
Cuanto menor sea la variación de viscosidad es mejor.

Cuanto más alto sea el índice, es amplia la gama de temperatura de uso. Igual o mayor que VI90

3) Aceite hidráulico apropiado:

El que tenga la viscosidad adecuada (43~65cst/40°C) y que tenga menos variación (igual o mayor que V190).

Ej. MOBIL DTE 25 (ISO 46)



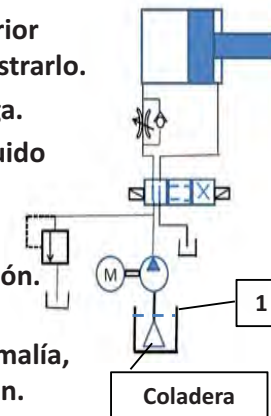
8

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-5

1. Precauciones con el manejo del aceite

- 1) Revisar el nivel de aceite (superficie superior del aceite). En caso de faltar, debe suministrarlo.
- 2) ¿Por qué falta? Se puede suponer una fuga.
- 3) Controlar la temperatura adecuada del fluido hidráulico. 35°C~50°C
- 4) Limpiar la coladera periódicamente. Evitar que aumente la resistencia de succión.
- 5) Cuidar la aparición de ruidos extraños y vibración de la bomba. Al detectar la anomalía, parar inmediatamente y realizar la revisión.



9

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-6

2. Motor

Hace girar la bomba y convertir la energía mecánica en presión y energía hidráulica.

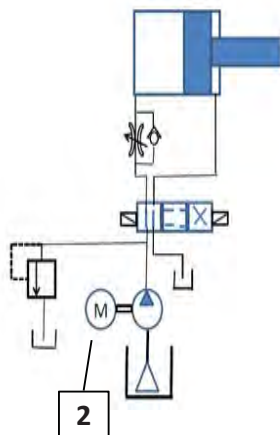
Tipo de motores

1) Motor trifásico de corriente alterna (200V trifásico 60Hz)

Revoluciones por minuto=2x60x frecuencia/número de polos

2) Servomotor

Es un motor que cuenta con un mecanismo capaz de controlar el número y la fuerza componente de revoluciones para que sean de la cantidad necesaria según la velocidad programada para las revoluciones.



10

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

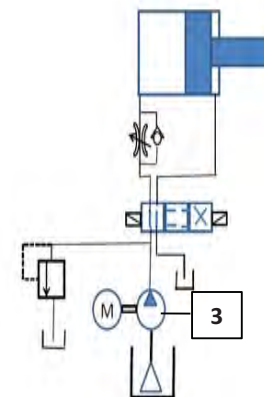
Sistema hidráulico-7

3. Bomba

- 1) Recibe del motor la energía mecánica y proporciona al aceite presión y energía hidráulica.

2) Tipo de bombas

Bomba de engranes	Para la presión baja de descarga igual o menor que 6.9MPa (70kgf/cm ²) .
Bomba de paletas	Para la presión media de descarga entre 6.9~13.7MPa (70~140kgf/cm ²) .
Bomba de pistón	Para la presión alta de descarga entre 13.7~20.6MPa (140~210kgf/cm ²) o mayor.



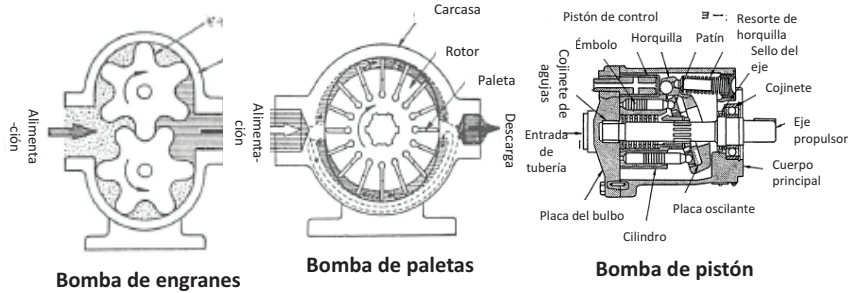
11

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-8

3. Bomba

- 1) Recibe del motor la energía mecánica y proporciona al aceite presión y energía hidráulica.
- 2) Tipos de bomba



NISSEI Escuela Texto

12

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-9

3. Bomba

- 1) Recibe del motor la energía mecánica y proporciona al aceite presión y energía hidráulica..
- 2) Tipos de bomba

① Caudal fijo

No se puede cambiar el volumen de descarga por revolución.

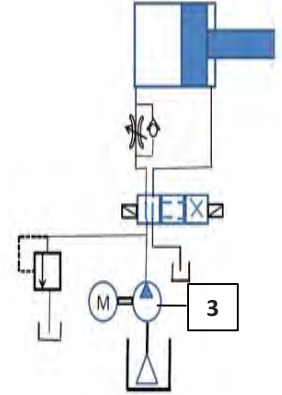
Para cambiarlo:

- Modificar con la válvula reguladora de caudal
- Modificar el número de revoluciones de la bomba

② Caudal variable

Se puede cambiar el volumen de descarga por revolución.

* Último modelo: Utiliza el servomotor para hacer rotar la bomba sólo cuando es necesario.



13

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

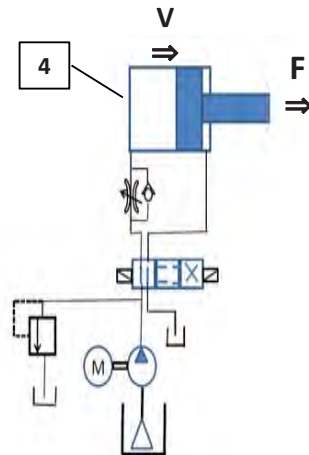
Sistema hidráulico-10

4. Cilindro

- 1) Convierte la energía hidráulica del sistema hidráulico en energía mecánica.
- 2) Donde la fuerza hidráulica es P [Mpa] y la superficie efectiva para recibir la presión es A [cm²], $F = A \cdot P$.
- 3) Velocidad de desplazamiento V [m/min] es proporcionada a la cantidad de flujo Q [l/min] y está en razón inversa a la superficie efectiva de recepción de presión A [cm²].

$$V = Q/A$$

Superficie de cilindro (A)	Fuerza (F)	Velocidad (V)
Mayor	Mayor	Lenta
Menor	Menor	Alta



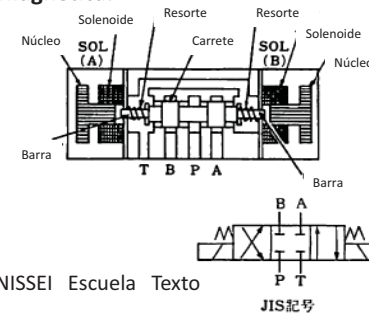
14

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-11

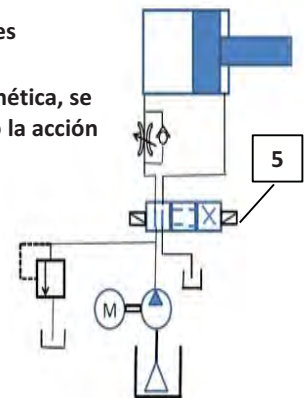
5. Válvula electromagnética

- 1) Para lograr el movimiento recíproco con un sólo cilindro, se requiere de una válvula de derivación.
- 2) La gran mayoría de las válvulas de derivación es electromagnética.
- 3) Se pasa la electricidad a la bobina electromagnética, se cambia el canal de flujo interno aprovechando la acción magnética.



NISSEI Escuela Texto

JIS記号



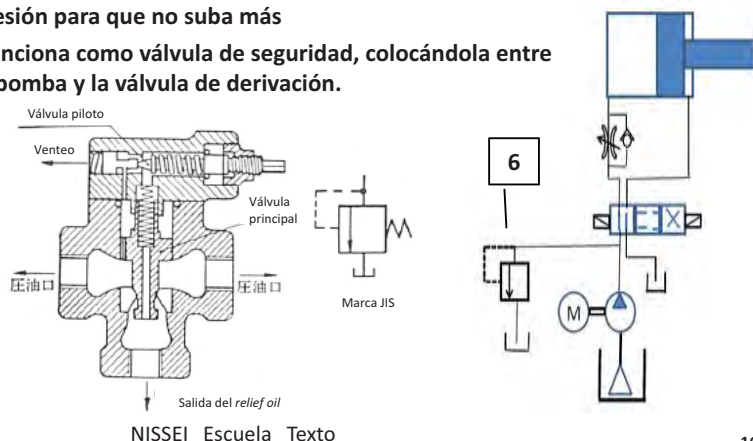
15

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-12

6. Válvula para controlar la presión

- 1) Cuando la presión hidráulica llegue al valor programado, empieza a devolver el aceite al tanque y controla la presión para que no suba más
- 2) Funciona como válvula de seguridad, colocándola entre la bomba y la válvula de derivación.



16

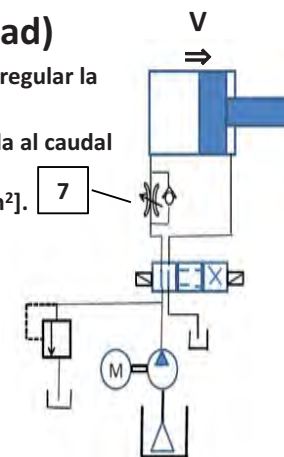
Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema hidráulico-13

7. Válvula controladora del caudal (Válvula reguladora de velocidad)

- 1) La válvula controladora del caudal que sirve para regular la velocidad del movimiento del pistón.
- 2) La velocidad de acción $V[m/min]$ es proporcionada al caudal $Q[l/min]$ del flujo y está en razón inversa a la superficie efectiva para recibir la presión $A[cm^2]$.
 $V=Q/A$

* La válvula proporcional que cuenta con la función de controlar la presión y el caudal es dominante en el mercado.



17

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema eléctrico-1

- 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 el mismo que el de la máquina de inyección hidráulica.

- 2) Se puede listar 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 en 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 aceite y es conveniente para el moldeo de recipientes para alimentos o productos médicos.
- ④ La gran mayoría de los equipos de cierre de los molde es de tipo *Toggle*.

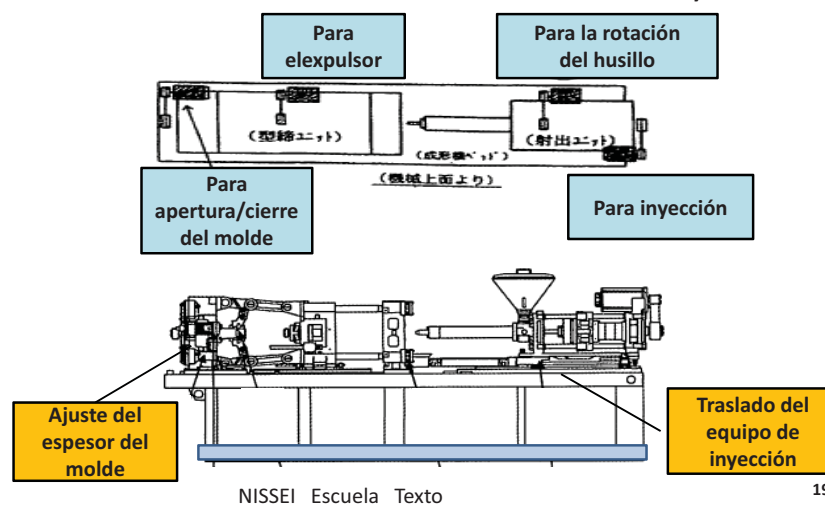
18

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema eléctrico-2

- 1) Partes donde se utiliza el servomotor (cierre del molde con *Toggle*)

4 servomotores y 2 motores



NISSEI Escuela Texto

19

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema eléctrico-3

1. Comparación de la potencia del motor entre el sistema eléctrico y el hidráulico

Ejemplo de comparación con 80Tonf

	S. eléctrico KW	S. híbrido con S. Hidráulico KW	S. hidráulico KW
Inyección	25		
Rotación de husillo	6.5		
Apertura/cierre del molde	5.5		
Eyector	2		
Ajuste del espesor de molde	0.2		
Traslado del equipo de inyección	0.2		
Motor principal		15	15
Consumo de electricidad	()	()	1

La comparación del consumo de energía es de un valor de referencia.

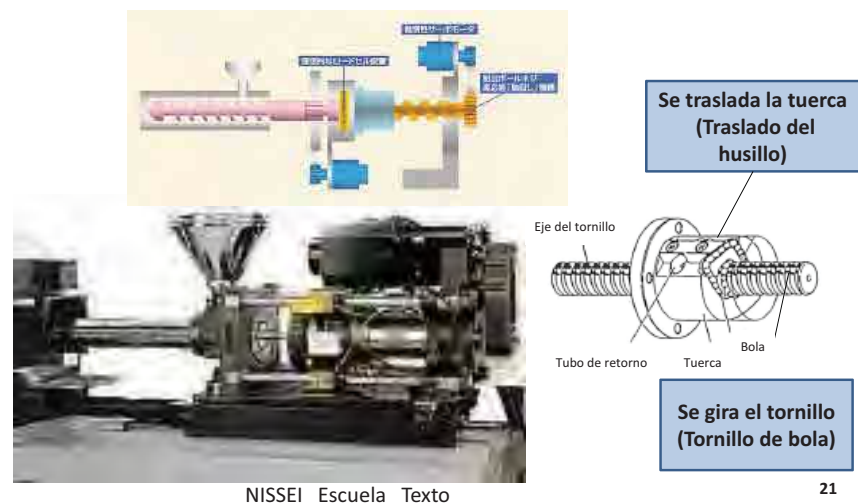
NISSEI Escuela Texto

20

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema eléctrico-4

- 1) El movimiento de husillo es realizado por las revoluciones del tornillo de bola



NISSEI Escuela Texto

21

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema híbrido-1

- 1) Máquina de inyección que aprovecha las ventajas del sistema hidráulico y del eléctrico

Cierre del molde con la presión directa del sistema hidráulico	Apto para obtener una fuerza grande. Mantenimiento fácil, vida útil larga
Sistema eléctrico: Generalmente con Toggle	Inyección de alta velocidad, alta sensibilidad alta repetitividad, poco ruido durante la operación
Sistema híbrido (Difiere mucho entre los fabricantes de máquinas de inyección)	La bomba es operada por un servomotor. En el proceso donde se necesita la fuerza de cierre del molde se utiliza el sistema hidráulico. Para el equipo de inyección se usa el sistema eléctrico. Es una combinación de equipo hidráulico para el cierre del molde y el sistema eléctrico para la inyección. Uso combinado del cierre del molde por servomotor y por la alta presión hidráulica. Equipo híbrido para el cierre del molde. Varios servomotores para la apertura/cierre del molde.

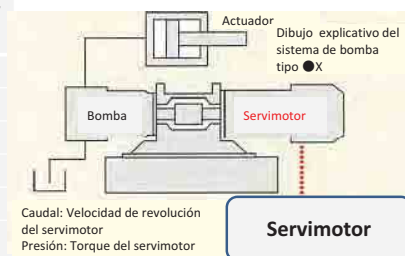
22

Clasificación por el tipo de fuerza motriz

Sistema híbrido-2

1. Comparación de la potencia entre el sistema eléctrico y el hidráulico
- Ejemplo de comparación con 80Tonf

	S. hidráulico KW	S. Híbrido
Inyección		
Rotación del husillo		
Apertura/Cierre del molde		
Eyector		
Ajuste del espesor de molde		
Traslado del equipo de inyección		
Motor principal	15	
Tipo de motor		Servomotor



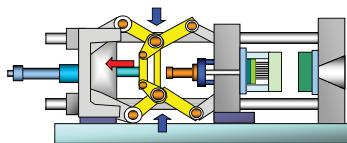
NISSEI Escuela Texto

23

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Toggle -1

- 1) El cierre con *Toggle* es el que obtiene la fuerza de cierre del molde, aumentando la fuerza generada por el cilindro hidráulico o el motor eléctrico a través del mecanismo de palancas articuladas (principio de apalancamiento).
- 2) Existen 2 tipos de *Toggle* simple y doble.
- 3) Se emplea *Toggle* simple para las máquinas pequeñas por su mecanismo simple.
- 4) El tipo *Toggle* doble consiste de un par de eslabones que trabajan de manera simétrica. Existen *Toggles* de movimiento horizontal y otros de movimiento vertical.



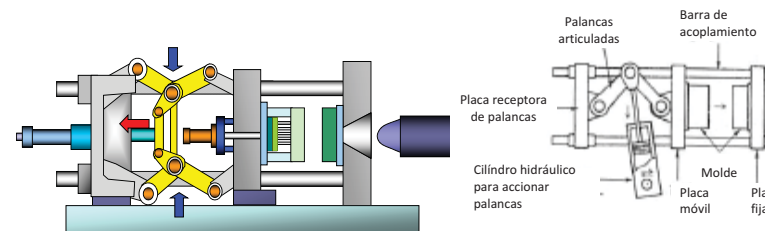
24

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Toggle -2

1) *Toggle* simple y *Toggle* doble

- 4) El de *Toggle* doble consiste de un par de eslabones que trabajan de manera simétrica. Existen *Toggles* de movimiento horizontal y otros de movimiento vertical.



Tipo *Toggle* doble (hidráulico)
Tracción vertical

Tipo *Toggle* simple (hidráulica)

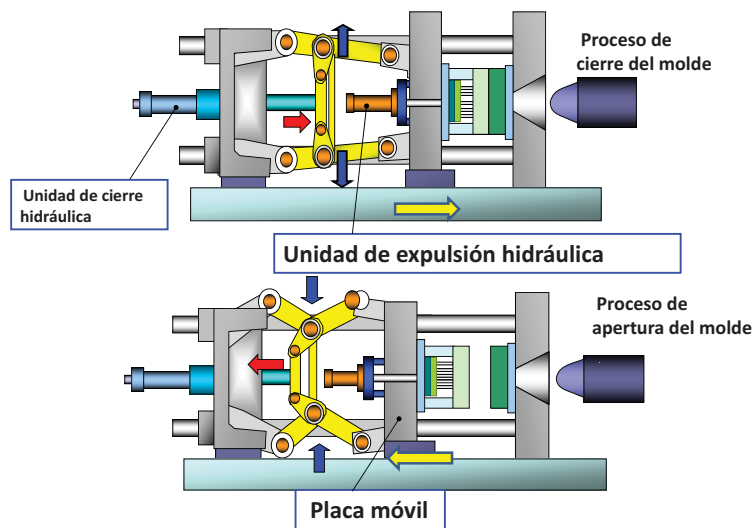
NISSEI Escuela Texto

25

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Toggle -3

Tipo que mueve verticalmente el *Toggle*. Tiene la ventaja de facilitar el ajuste de la expulsión.

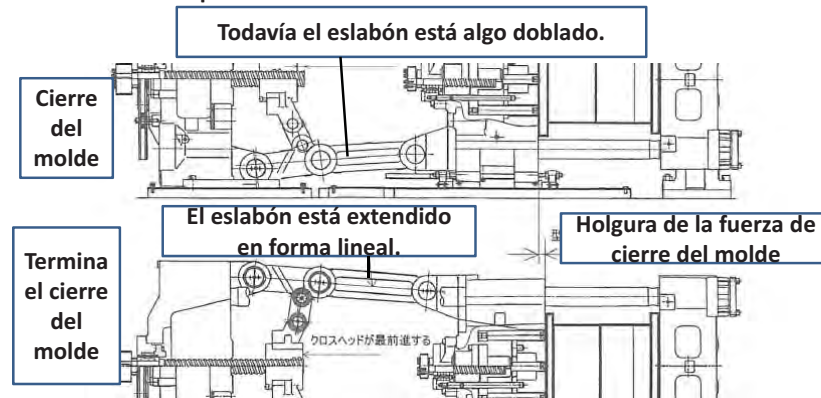


26

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Toggle -4

- 1) Se cierra completamente el molde antes de que se extienda totalmente el *Toggle* para que junto con la barra de acoplamiento (*Tie Bar*) termine de extenderse.
- 2) Se aprieta el molde con la fuerza elástica generada por el movimiento de la barra de acoplamiento.



NISSEI Escuela Texto

27

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Toggle -5

Comparación de las características del sistema de presión directa y el sistema de *Toggle* (en general)

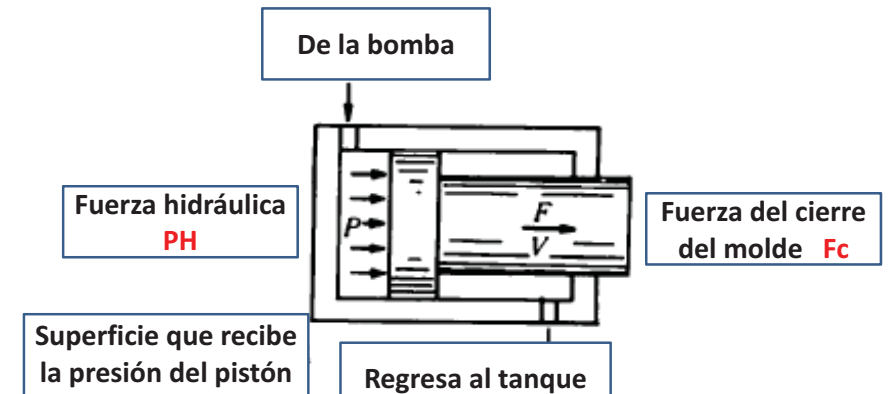
	Presión directa	Toggle
Rapidez del movimiento de apertura/cierre	Lento	Rápido
Cambio del molde	Fácil	Existe proceso de ajuste para el espesor del molde.
Fuerza de cierre del molde	De acuerdo con la programación del hidráulico	Cuando la temperatura del molde aumenta, varía la fuerza de cierre.
Carrera de apertura/cierre	Menos carrera cuando el espesor del molde es mayor.	No varía, si está dentro del rango permisible del espesor del molde.

28

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Presión directa-1

- 1) Fuerza de cierre del molde $F_c = A \times P_H$



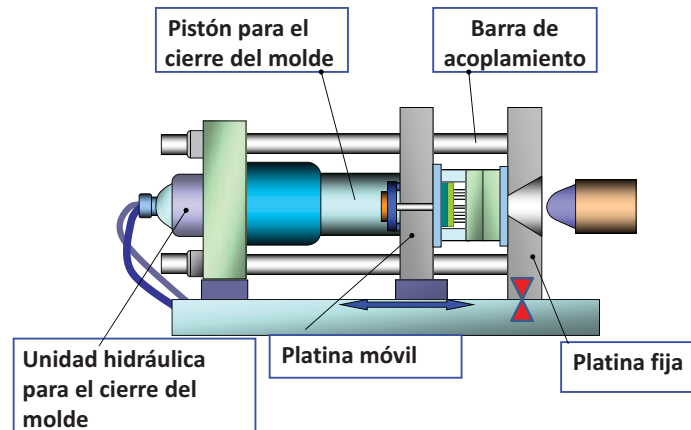
NISSEI Escuela Texto

29

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Presión directa-2

- 1) Se conecta la platina móvil directamente al pistón para el cierre del molde que está en la unidad hidráulica para el cierre y apertura del molde y se aprieta el molde con la presión hidráulica del pistón para el cierre del molde.

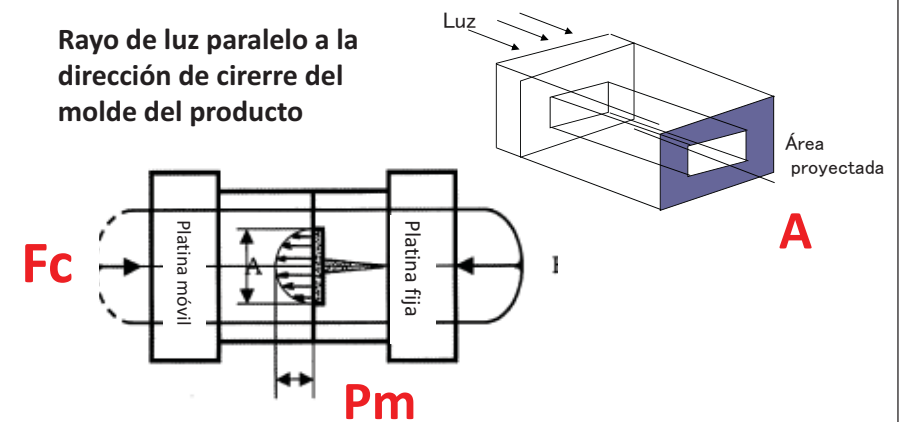


30

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Presión directa-3

- 1) Fuerza de cierre del molde $F_c \geq P_m \times A \times 1.25$

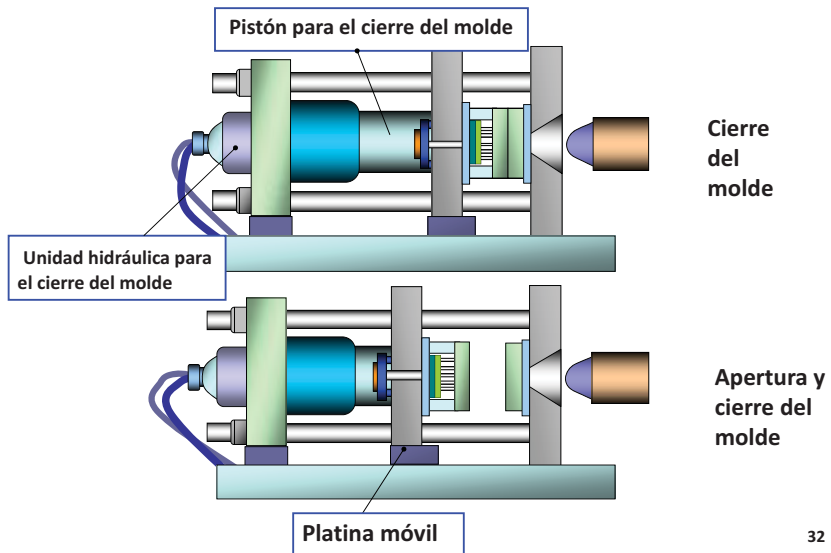


NISSEI Escuela Texto

31

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Presión directa-4



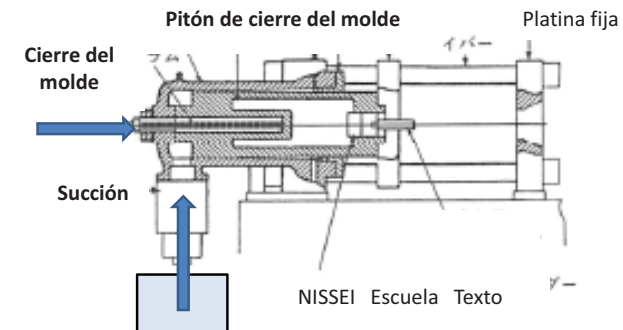
32

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Presión directa-5

Mecanismo de cierre del molde tipo *Booster ram*

- 1) Se suministra el aceite en el área en pequeñas cantidades y se realiza el cierre del molde de alta velocidad.
- 2) Se abre la válvula de *prefill* y se succiona el aceite hacia dentro del cilindro.
- 3) Justo antes de que se cierre el molde, se cierra la válvula de prefill. Se suministra el aceite y se realiza el cierre de alta presión.
- 4) Tiene como objetivo realizar el cierre del molde a alta velocidad, utilizando una bomba de alta presión con capacidad pequeña.

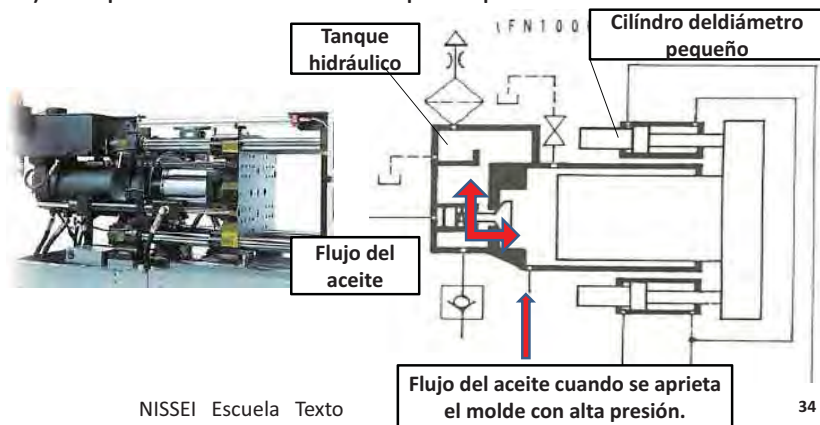


33

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Presión directa-6

- 1) Se aprieta el molde con un cilindro de diámetro pequeño (movimiento rápido).
- 2) Debido a la presión negativa el aceite es succionado.
- 3) Después de cerrar el molde, se envía el aceite al cilindro de diámetro grande (se genera una fuerza grande).
- 4) El tanque de aceite se encuentra en la parte superior.

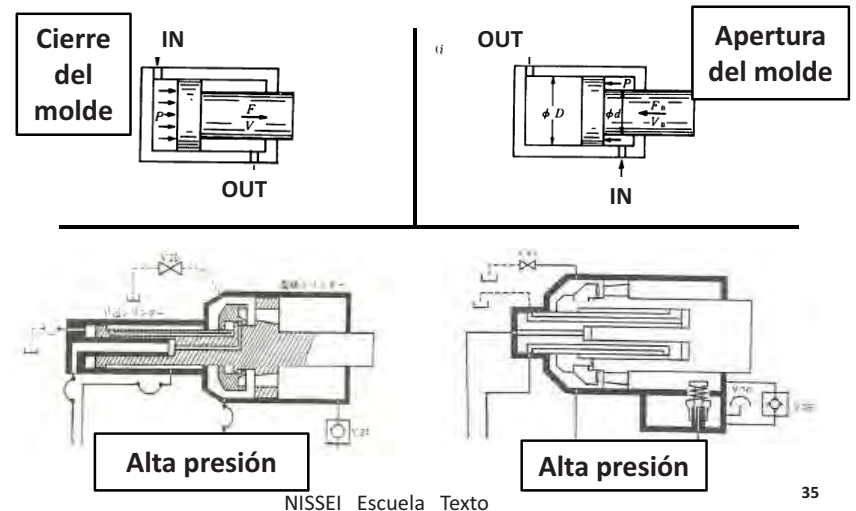


34

Clasificación por el equipo de cierre del molde

Presión directa-7

- 1) Movimiento rápido $\Rightarrow$ Cilindro de diámetro pequeño / combinado



35

Clasificación por el equipo de cierre del molde Otros-1

Tipo combinado de presión directa y *Toggle*

- 1) Tiene una estructura en que se combinan el mecanismo de *Toggle* y el cilindro hidráulico de presión directa. Para abrir y cerrar el molde se utiliza el mecanismo de *Toggle* y para cerrarlo por medio del cilindro hidráulico.

36

Clasificación por el mecanismo de inyección Émbolo-1

Las funciones requeridas para el mecanismo de inyección son:

1. Mezclar y fundir el material plástico a una temperatura apta para el moldeo. ⇒ Función de fundir
2. Vaciar el material plástico fundido al molde. ⇒ Función de vaciar
3. Dosificar la cantidad necesaria para el siguiente disparo. ⇒ Función de dosificar

Existen los siguientes tipos de equipo:

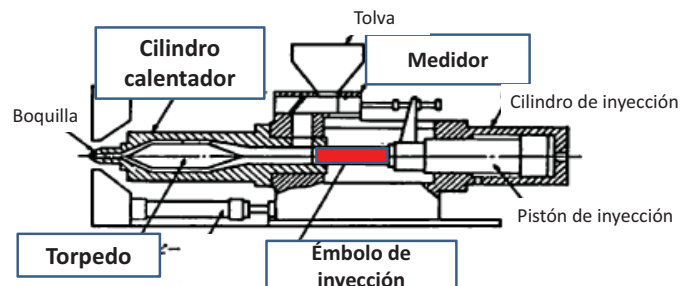
4. Tipo émbolo
5. Tipo husillos en línea
6. Tipo pre-plastificado

Sin embargo, actualmente en la gran mayoría se usa el tipo de husillos en línea y parcialmente se usa el tipo pre-plastificado.

37

Clasificación por el mecanismo de inyección Émbolo-2

- 1) El material de moldeo cae en la tolva y se dosifica la cantidad determinada del material con la acción del equipo de dosificación conectado con el movimiento del émbolo de inyección.
- 2) El émbolo de inyección envía el material suministrado al cilindro calentador para calentar y plastificarlo en un espacio estrecho formado por la superficie interior del cilindro y torpedo.
- 3) Es un mecanismo de inyección que realiza los 3 procesos de la dosificación • plastificación • inyección por el movimiento de dos direcciones del émbolo.

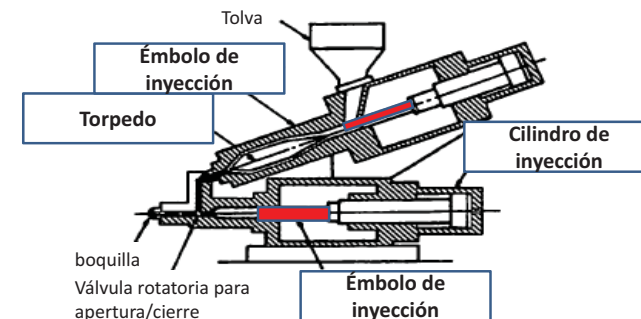


38

Clasificación por el mecanismo de inyección Émbolo-3

Émbolo tipo pre-plastificado

- 1) Modificación al émbolo-1
- 2) Se dividen las funciones de fundición e inyección de la resina.
- 3) Se dosifica el material con la carrera del émbolo de inyección.



39

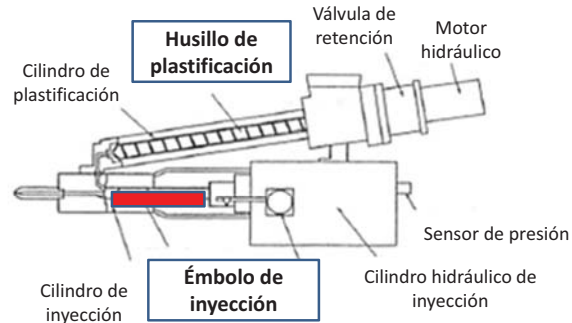
Clasificación por el mecanismo de inyección Pre-plastificado-1

Pre-plastificado con husillo

1) Modificación al pre-plastificado de émbolo

2) Cuenta con el mecanismo de plastificación y otro de inyección de manera separada. La resina plastificada en el cilindro de husillo se acumula en la parte extrema del cilindro de inyección y el émbolo realiza la inyección.

(Primera entrada y última salida)



Sodick Plustech

40

Clasificación por el mecanismo de inyección Pre-plastificado-2

Características de la pre-plastificación de husillo

- 1) Estabilidad de la fundición de resina
- Gracias a que se gira el husillo en estado fijo, la resina suministrada por la tolva recibe el calor constante y su condición de fundición es muy estable.
- 2) Estabilidad de la densidad de resina dosificada
- El husillo fijo de plastificación expulsa la resina con una fuerza constante y la misma resina empuja el émbolo de inyección. Por ser una dosificación de la densidad estable realizada únicamente por la fuerza mecánica, la dosificación no se queda afectada por la condición de la resina.
- 3) Estabilidad de la cantidad real de inyección en el proceso de inyección
- Con el sistema de la pre-plastificación de husillo que no cuenta con el válvula de check (*check ring*), se asegura la cantidad constante de inyección desde el inicio de inyección y evita disparos cortos en un moldeo en que no se permite completar el material con la presión de sostenimiento por su rápido sello de compuerta.

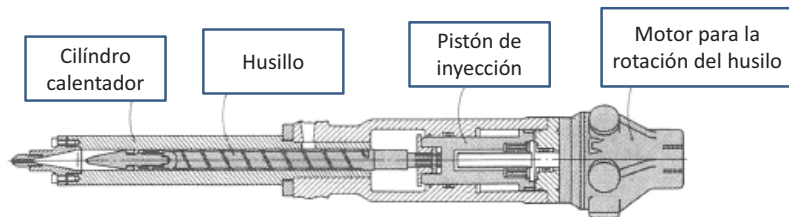
Sodick Plustech

41

Clasificación por el mecanismo de inyección Husillos en línea-1

1) Es un método en que el husillo plastifica el material y al mismo tiempo inyecta el material al avanzar. Actualmente, la mayoría de las máquinas de inyección es este tipo de husillos en línea.

(Primera entrada-Primera salida)

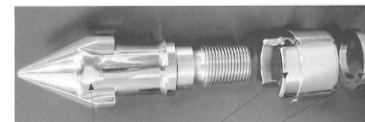


NISSEI Escuela Texto

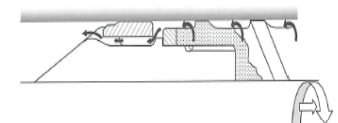
42

Clasificación por el mecanismo de inyección Husillos en línea-2

1) Juego de 3 piezas : Piezas de punta del husillo (Anti-contraflujo)

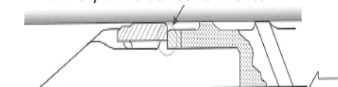


- ① Torpedo
- ② Válvula check (*check ring*)
- ③ Anillo de asentamiento
- ④ Husillo



**Plastificación y dosificación:
Retrocede girándose.**

Se cierra el espacio entre la válvula de anillo y anillo de asentamiento



**Inyección (Avanza el husillo) :
No se gira el husillo.**

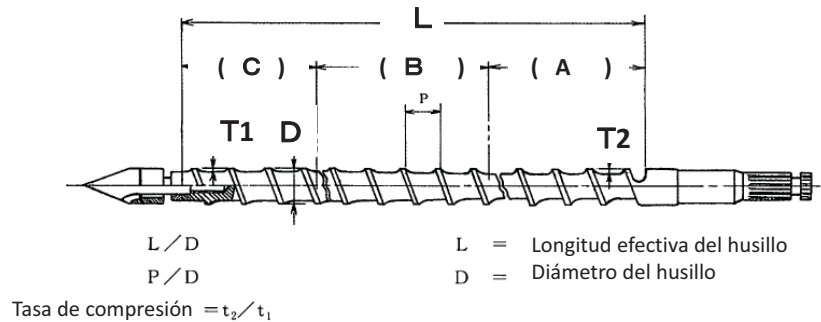
NISSEI Escuela Texto

43

Clasificación por el mecanismo de inyección Husillos en línea-3

Repaso

L/D
 $T2/T1$

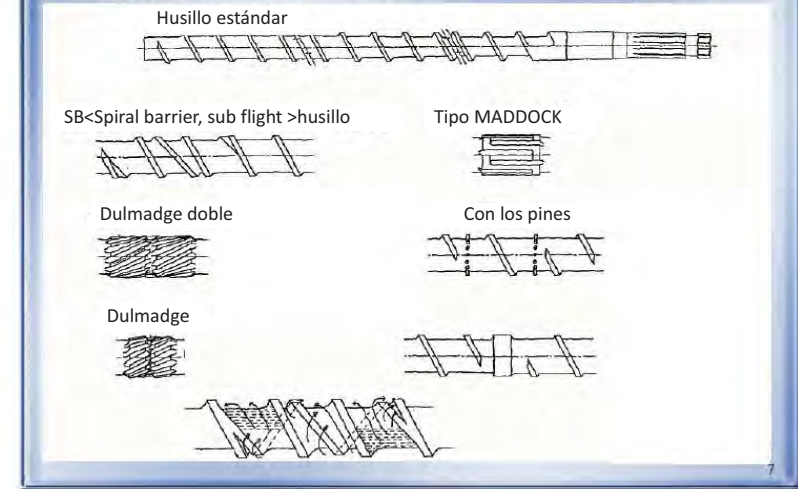


NISSEI Escuela Texto

44

Clasificación por el mecanismo de inyección Husillos en línea-4

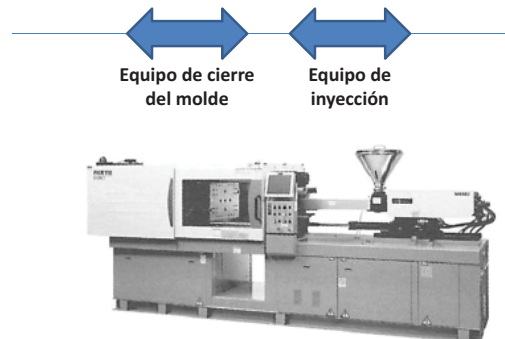
Diseño de varios husillos



45

Clasificación por la estructura Horizontal-1

1. El equipo de inyección y el de cierre del molde están colocados en línea.
2. Se puede caer el producto moldeado por gravedad y también se puede hacer la automatización con la máquina de extracción. La mayoría es el tipo horizontal.

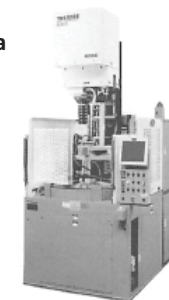


NISSEI Escuela Texto

46

Clasificación por la estructura Vertical-1

1. Es una máquina que cuando abre y cierra el molde se acciona de manera vertical.
2. El trabajo de inserción es sencillo y es estable.
3. Apto para moldear aros largo.
4. Poco espacio para instalación de la máquina



NISSEI Escuela Texto

47

Clasificación por la estructura Otros-1

1) Máquina de inyección de dos colores

2) Máquina de inyección de colores mezclados

Moldeo de un
material
Mismo
color/Diferentes
colores



Moldeo de diferentes
materiales
Aprovecha la
compatibilidad.



M3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección

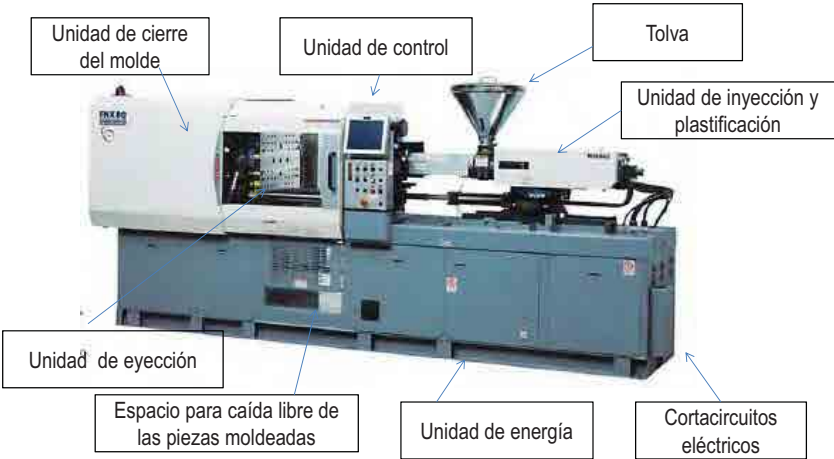
M3-3 Estructura y partes de la máquina de inyección

Junio/2011

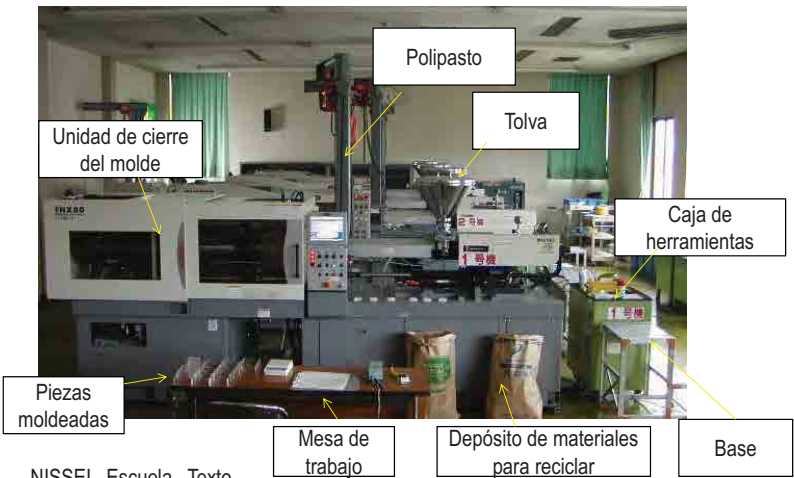
Índice

1	Nombre de los componentes de la máquina de inyección	1~6	P3~P8
2	Especificaciones de la máquina de inyección	1~16	P9~P24
3	Sistema de tracción de la máquina de inyección	1~10	P25~P34
4	Unidad de cierre del molde	1~16	P35~P50
5	Unidad de inyección y plastificación	1~28	P51~P78
6	Equipo y dispositivo de desplazamiento de la unidad de inyección y plastificación	1~4	P79~P82
7	Unidad de eyección	1~10	P83~P92
8			

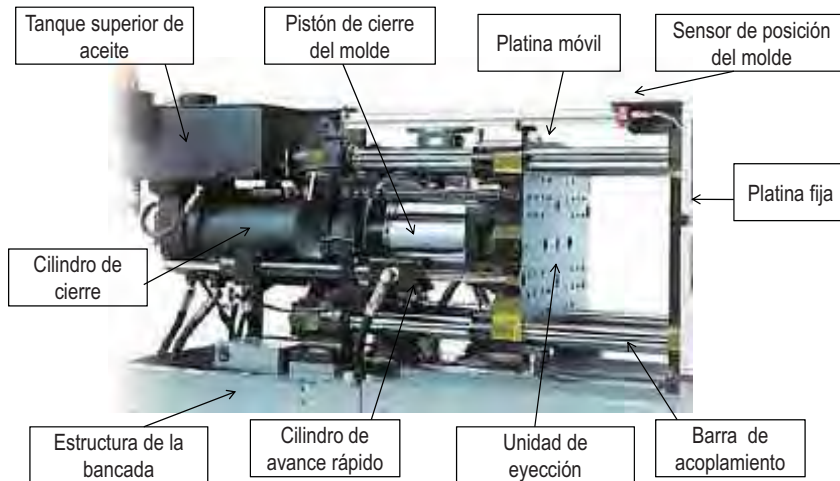
1. Nombre de los componentes de la máquina de inyección (FNX80) -1



1. Nombre de los componentes de la máquina de inyección (FNX80) -2



1. Nombre de los componentes de la máquina de inyección (FNX80) -3



NISSEI Escuela Texto

5

1. Nombre de los componentes de la máquina de inyección (FNX80) -4

Unidad de inyección con su cubierta desmontada

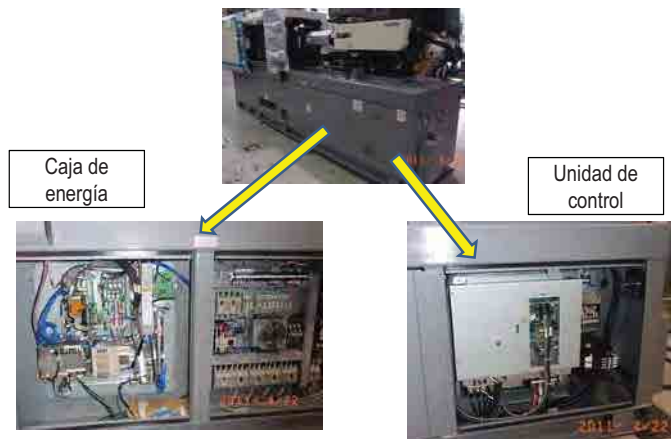


NISSEI Escuela Texto

6

1. Nombre de los componentes de la máquina de inyección (FNX80) -5

Lado de operación: Interior de la bancada Caja de energía, Unidad de control

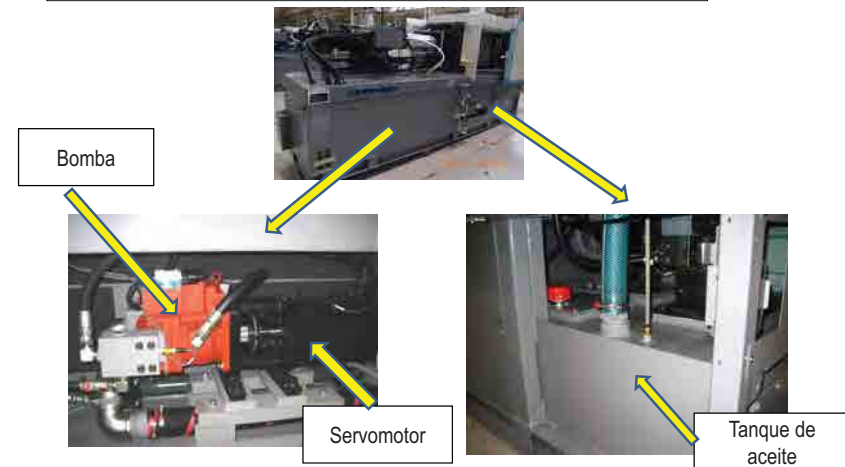


NISSEI Escuela Texto

7

1. Nombre de los componentes de la máquina de inyección (FNX80) -6

Lado opuesto de operación: Bomba, Servomotor, Tanque de aceite



NISSEI Escuela Texto

8

2. Especificaciones de la máquina de inyección-1

①	Fuerza de cierre del molde	KN	792
②	Carrera de cierre del molde	mm	470
③	Espesor mínimo de molde utilizable	mm	200
④	Distancia de apertura máxima del molde	mm	670
⑤	Distancia entre barras de acoplamiento (HxV)	mm	420x420
⑥	Dimensiones de portamolde (HxV)	mm	580x580
⑦	Dimensiones mínimas de molde (HxV)	mm	270x270
⑧	Diámetro de anillo centrador	mm	100
⑨	Carrera de botador	mm	75
⑩	Distancia saliente de boquilla	mm	30
⑪	Dimensiones de la máquina (LxWxH)	mm	4.16x1.10x1.73
⑫	Dimensiones del piso (LxWxH)	mm	3.88x0.84

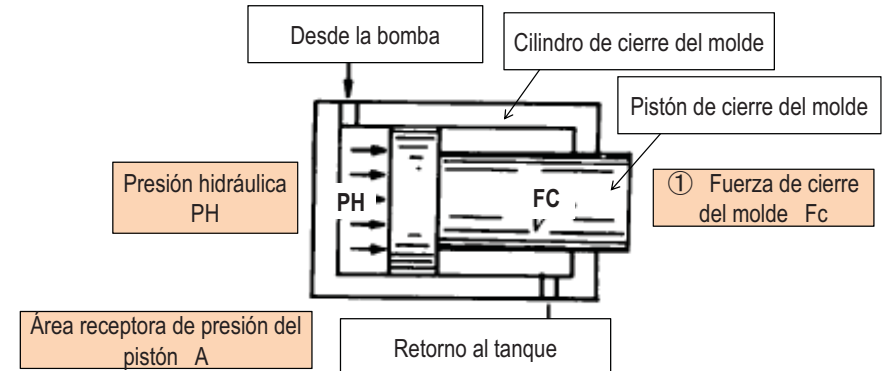
(1MPa = 10,2 kg/cm², 1KN = 0.102 Tonf)

NISSEI Escuela Texto

9

2. Especificaciones de la máquina de inyección -2

- ① Fuerza de cierre del molde 792 KN (* Tonf)
Fuerza de cierre del molde $F_c = A \times PH$

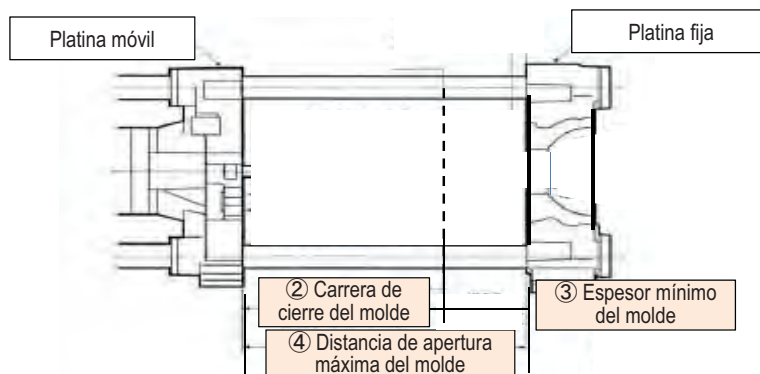


NISSEI Escuela Texto

10

2. Especificaciones de la máquina de inyección -3

- | | |
|--|-------------------------------------|
| ② Carrera de cierre del molde 470mm | Carrera máxima del pistón |
| ③ Espesor mínimo del molde 200mm | Espesor mínimo del molde utilizable |
| ④ Distancia de apertura máxima del molde 670mm | Distancia de apertura máxima |

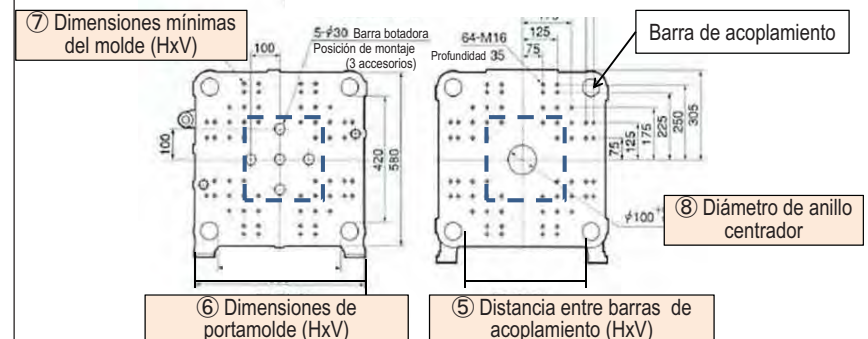


NISSEI Escuela Texto

11

2. Especificaciones de la máquina de inyección -4

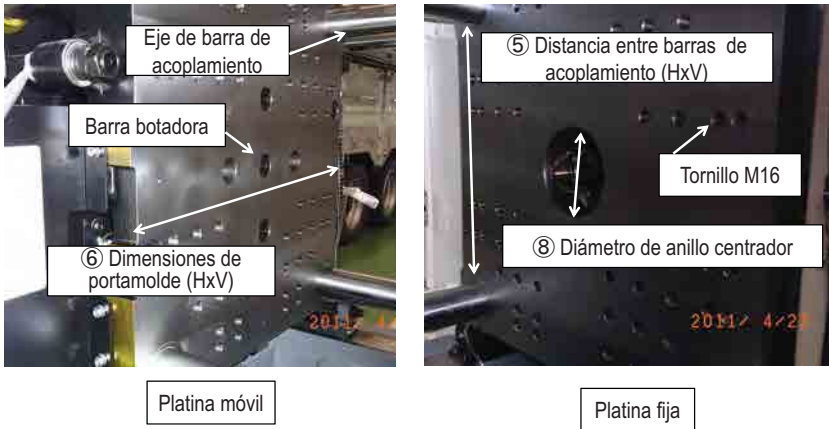
- | | |
|--|---|
| ⑤ Distancia entre barras de acoplamiento (HxV) 420x420mm | Dimensiones interiores entre las barras |
| ⑥ Dimensiones de portamolde (HxV) 580x580mm | Dimensiones máximas de la placa |
| ⑦ Dimensiones mínimas del molde (HxV) 270x270mm | Dimensiones mínimas del molde bajo la fuerza de cierre máxima |
| ⑧ Diámetro de anillo centralizador 100mm | Dimensiones del anillo centralizador |



NISSEI Escuela Texto

12

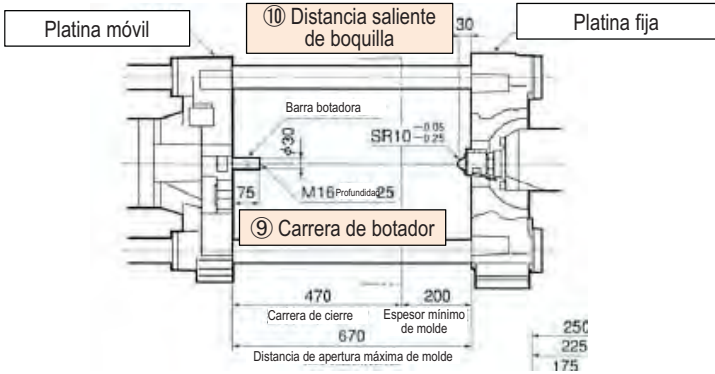
2. Especificaciones de la máquina de inyección -4



NISSEI Escuela Texto

2. Especificaciones de la máquina de inyección -5

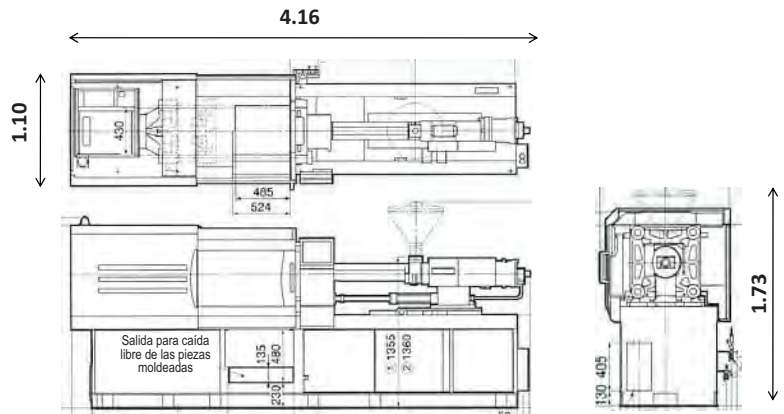
⑨ Carrera de botador	75mm	Carrera máxima
⑩ Distancia saliente de boquilla	30mm	Distancia saliente máxima



NISSEI Escuela Texto

2. Especificaciones de la máquina de inyección -7

- ⑪ Dimensiones de la máquina (LxWxH) 4.16x1.10x1.73m
- ⑫ Dimensiones del piso (LxWxH) 3.88x0.84m



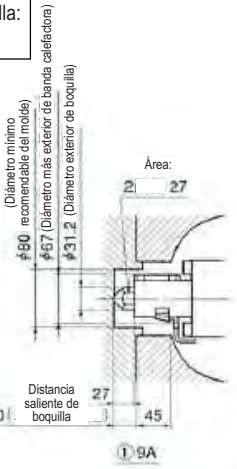
NISSEI Escuela Texto

2. Especificaciones de la máquina de inyección -8

- ⑩ Distancia saliente de boquilla : 30mm
- Dimensiones del calentador del punto de boquilla: Se utilizan para el diseño del molde.



⑩ Distancia saliente de boquilla



NISSEI Escuela Texto

2. Especificaciones de la máquina de inyección -9

⑬	Diámetro de husillo	mm	32
⑭	Volumen de inyección	cm ³	90
⑮	Capacidad de plastificación (PS)	Kg/h	40
⑯	Presión de inyección	MPa	187
⑰	Rendimiento de inyección	cm ³ /sec	241
⑱	Velocidad de inyección	mm/sec	300
⑲	Revoluciones del husillo	rpm	0~310
⑳	Capacidad de la tolva (opcional)	L	25
(21)	Potencia de motor para la bomba hidráulica	KW	15
(22)	Potencia de calefacción de cilindro calentador	KW	9.26
(23)	Cantidad de aceite hidráulico	L	200
(24)	Peso de la máquina	Tonf	3.8

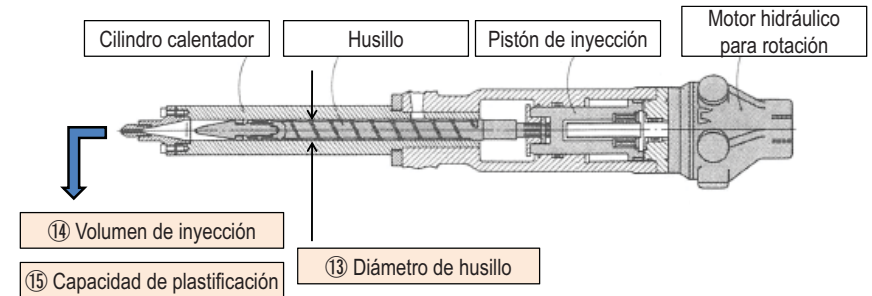
NISSEI Escuela Texto

(1MPa = 10,2 kg/cm², 1KN = 0.102Tonf)

17

2. Especificaciones de la máquina de inyección -10

⑬	Diámetro de husillo	32mm	
⑭	Volumen de inyección	90cm ³ /shot	Volumen máximo de inyección
⑮	Capacidad de plastificación (PS)	40Kg/h	Capacidad por hora

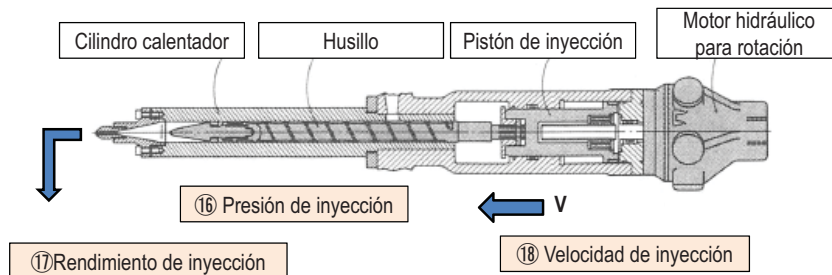


NISSEI Escuela Texto

18

2. Especificaciones de la máquina de inyección -11

⑯	Presión de inyección	187MPa	Valor máximo
⑰	Rendimiento de inyección	241cm ³ /sec	Valor máximo
⑱	Velocidad de inyección	300mm/sec	Valor máximo

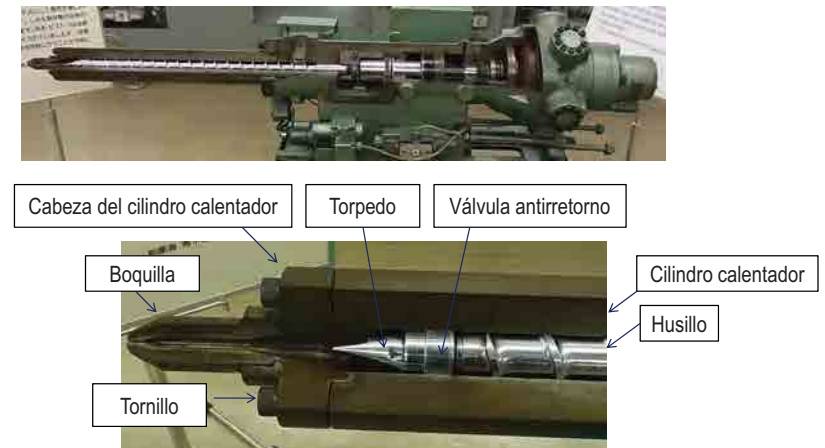


NISSEI Escuela Texto

19

2. Especificaciones de la máquina de inyección -12

Husillo en línea: componentes observados en el corte del husillo



NISSEI Escuela Texto

20

2. Especificaciones de la máquina de inyección -13

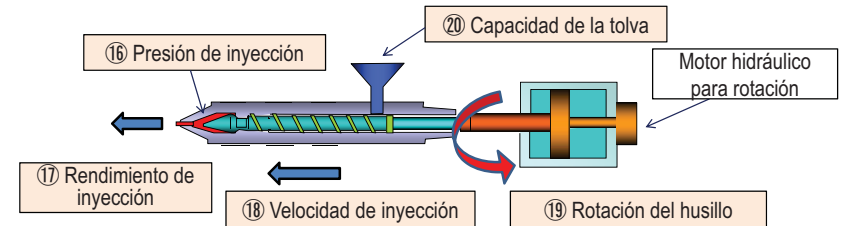


NISSEI Escuela Texto

21

2. Especificaciones de la máquina de inyección -14

⑯ Presión de inyección	187MPa	Valor máximo
⑰ Rendimiento de inyección	241cm ³ /sec	Valor máximo
⑱ Velocidad de inyección	300mm/sec	Valor máximo
⑲ Revoluciones del husillo	0~310rpm	
⑳ Capacidad de la tolva (opcional)	25L	

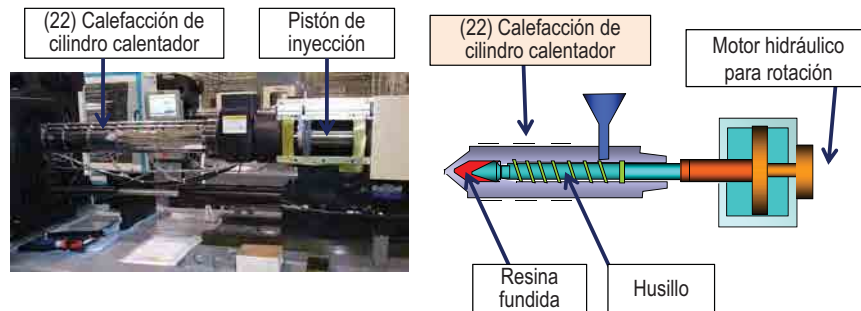


NISSEI Escuela Texto

22

2. Especificaciones de la máquina de inyección -15

(22) Energía eléctrica de calefacción de cilindro calentador 9.26KW



NISSEI Escuela Texto

23

2. Especificaciones de la máquina de inyección -16

(21) Potencia de motor para la bomba hidráulica (Servomotor) 15kw
(23) Cantidad de aceite hidráulico 200L (Tanque superior, Tanque inferior y otros)

(23) Tanque superior (41L)

(21) Servomotor

(23) Tanque inferior (130L)



NISSEI Escuela Texto

Bomba

24

3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -1

	Clasificación	Motor	Bomba hidráulica	Servomotor	
1	Sistema hidráulico	○	○		Descarga constante Descarga variable
2	Sistema eléctrico			○	
3	Sistema híbrido	○	○		Servomotor
	Sistema híbrido	○	○	○	Combinación de sistema hidráulico y eléctrico

25

3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -2

Comparación de la capacidad del motor entre el sistema hidráulico y el eléctrico

Ejemplo de comparación en la máquina de inyección 792KN

	Sistema hidráulico KW (Descarga variable)	Sistema eléctrico KW	Sistema hidráulico KW (Híbrido)
Inyección		25	
Rotación del husillo		6.5	
Apertura y cierre del molde		6.5	
Eyector		2	
Ajuste del espesor de molde		0.2	
Desplazamiento de la unidad de inyección		0.2	
Motor principal	15		15
Consumo de energía eléctrica	1	(0.65)	(0.67)

* La comparación del consumo de energía eléctrica se sujeta a los valores de referencia.
(Variable según las condiciones de inyección)

NISSEI Escuela Texto

26

3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -3

Sistema hidráulico	Facilita generar fuerza más grande. (Cierre del molde mediante la presión directa) Fácil de realizar el mantenimiento, Vida útil larga, Sistema de presión directa, Sistema de rodilla (<i>toggle</i>)
Sistema eléctrico	Inyección de alta velocidad, Alta capacidad de respuesta, Ahorro de energía Excelente reproducibilidad, Menos ruido de operación Se utiliza en su mayoría el sistema de rodilla.
Sistema híbrido (Según los fabricantes de máquinas de inyección, varían mucho las funciones aplicadas.)	La bomba funciona mediante el servomotor. Se utiliza la presión hidráulica en el proceso de generación de la fuerza de cierre. En la unidad de inyección se utiliza el sistema eléctrico. Se combinan la unidad de cierre hidráulica y la unidad de inyección eléctrica. Se combina la apertura y cierre del molde mediante el servomotor y el cierre del molde mediante el sistema hidráulico de alta presión. Unidad de cierre del molde híbrida (con varios servomotores para la apertura y cierre del molde)

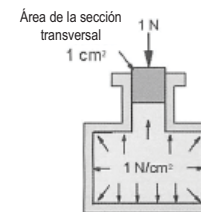
27

3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -4 Sistema hidráulico

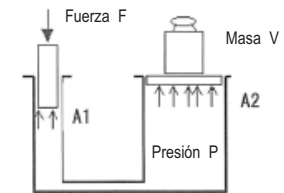
Conocimiento básico de la presión hidráulica ~ Principio de Pascal

Un fluido contenido en un recipiente cerrado, independientemente de la forma del recipiente, transmite la presión por unidad de área aplicada en alguno de sus puntos a todas otras partes del fluido con igual intensidad.

Un mecanismo hidráulico puede generar una fuerza grande. Suponiendo que la fuerza F se represente como 10N y A_2/A_1 sea 10 , la fuerza que se genera sobre A_2 será de 100N . En el mecanismo hidráulico real, el área donde se aplica la fuerza F corresponde a una bomba y el área mayor A_2 a un cilindro de cierre del molde o cilindro de inyección.



En cualquier parte interior del recipiente, actúa la fuerza 1N por cm^2 .



$$\text{Fuerza} = \text{Área} \times \text{Presión}$$

$$F = A_1 \times P$$

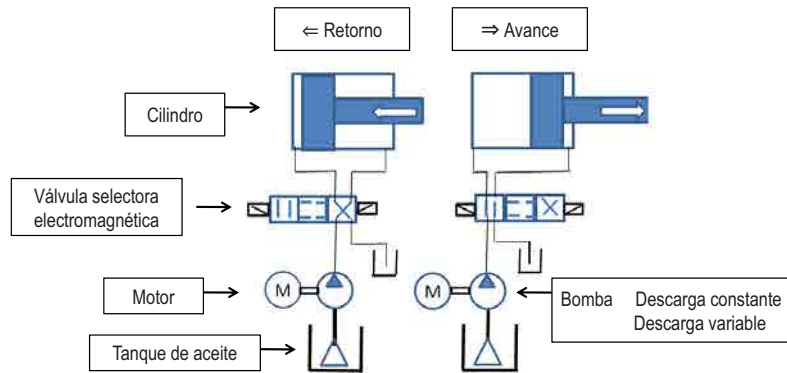
NISSEI Escuela Texto

28

3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -5

Sistema hidráulico

Activando la bomba hidráulica por medio del equipo eléctrico (motor), se genera la presión hidráulica, la cual acciona el cilindro. Esto a su vez acciona el mecanismo. Principalmente se utiliza el control "meter-in".



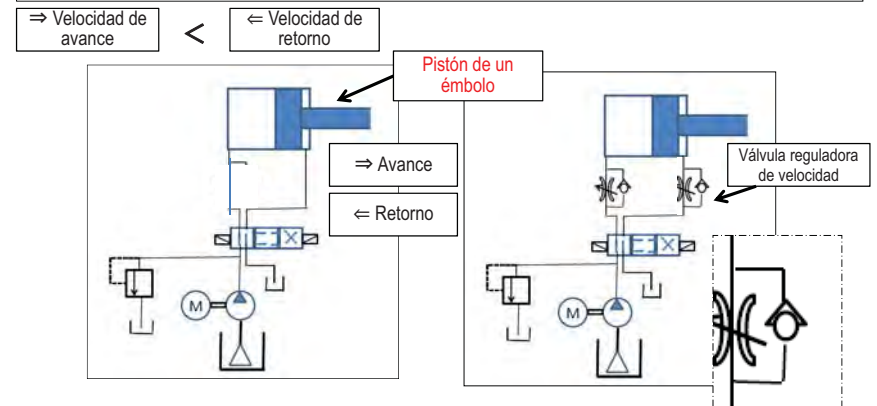
NISSEI Escuela Texto

29

3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -6

Sistema hidráulico

En caso del pistón de un émbolo, si el volumen de descarga de la bomba es constante, es diferente la velocidad entre el avance y el retorno. Generalmente se utiliza el control "meter-in" (se controla la cantidad de aceite en el lado entrante) y se integra una válvula reguladora de velocidad en cada uno de sus circuitos.



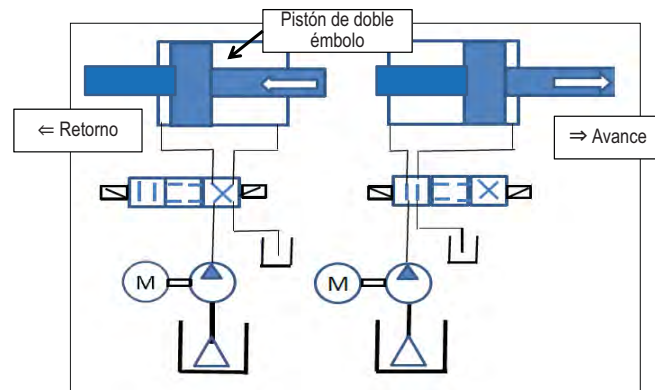
NISSEI Escuela Texto

30

3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -7

Sistema hidráulico

En caso del pistón de doble émbolo del mismo diámetro, la cantidad de flujo será igual entre el lado entrante y el saliente, lo cual permite igualar la velocidad de desplazamiento. Esto permite obtener la mejor precisión en cuanto a la posición del paro (absorción de la energía inercial del pistón).



NISSEI Escuela Texto

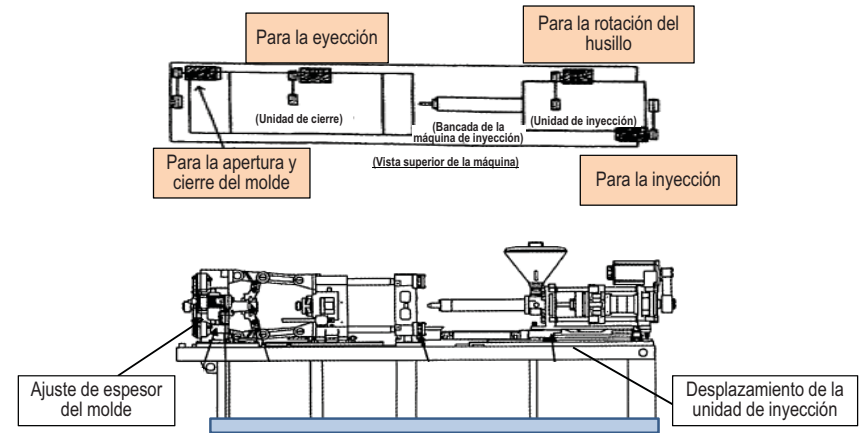
31

3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -8

Sistema eléctrico

Puntos donde se utilizan servomotores (cierre del molde mediante el sistema de rodilla):

4 servomotores y 2 motores



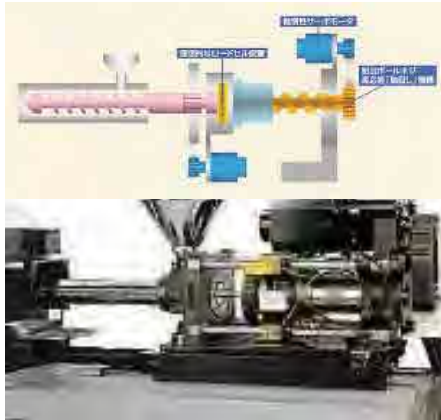
NISSEI Escuela Texto

32

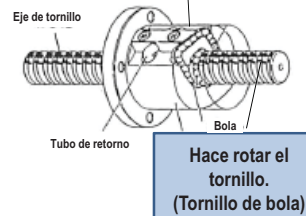
3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -9

Sistema eléctrico

El husillo se mueve mediante la rotación del tornillo de bola.



Se mueve la tuerca.
(Desplazamiento del husillo.)



Hace rotar el
tornillo.
(Tornillo de bola)

NISSEI Escuela Texto

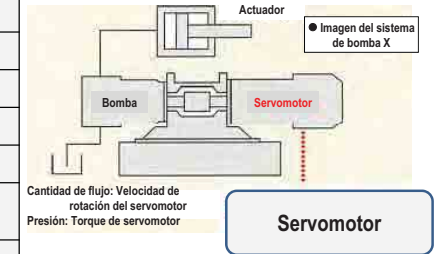
33

3. Sistema de fuerza impulsora de la máquina de inyección -10

Servomotor hidráulico

En FNX80 (Híbrido), un servomotor activa su rotación cuando y cuanto se necesite. La cantidad de flujo es controlada mediante la velocidad de rotación y la presión es controlada por el torque.

	Híbrido hidráulico
Inyección	
Rotación del husillo	
Apertura y cierre del molde	
Eyector	
Ajuste del espesor de molde	
Desplazamiento de la unidad de inyección	
Motor principal	15 KW
Especificaciones del motor	Servomotor



NISSEI Escuela Texto

34

4. Unidad de cierre del molde-1

Comparación de las características del sistema hidráulico directo y el sistema de rodilla (Teoría general)

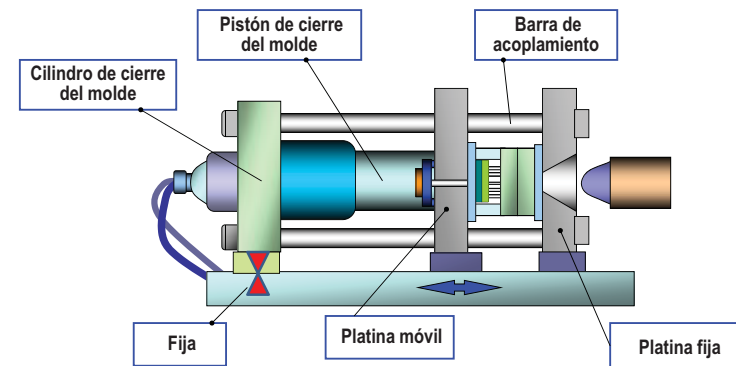
	Sistema hidráulico directo	Sistema de rodilla
Velocidad de apertura y cierre	Lenta Se necesita un freno. Controles de "meter-in" y "meter-out"	Rápida
Cambio del molde	Fácil	Hay un proceso para el ajuste de espesor del molde.
Fuerza de cierre del molde	Igual a la presión hidráulica establecida.	Varía la fuerza de cierre del molde al subir la temperatura del molde.
Carrera de apertura del molde	Se reduce si aumenta el espesor del molde. Es amplio el alcance del espesor del molde utilizable.	Es constante dentro del alcance permisible de espesor del molde. Se limita el rango del espesor del molde.

35

4. Unidad de cierre del molde-2

Sistema hidráulico directo

Se trata del sistema donde se acopla la platina móvil con el pistón de cierre del molde que se encuentra en la unidad de cierre. Se cierra y se aprieta el molde mediante la presión hidráulica aplicada en el pistón de cierre del molde.

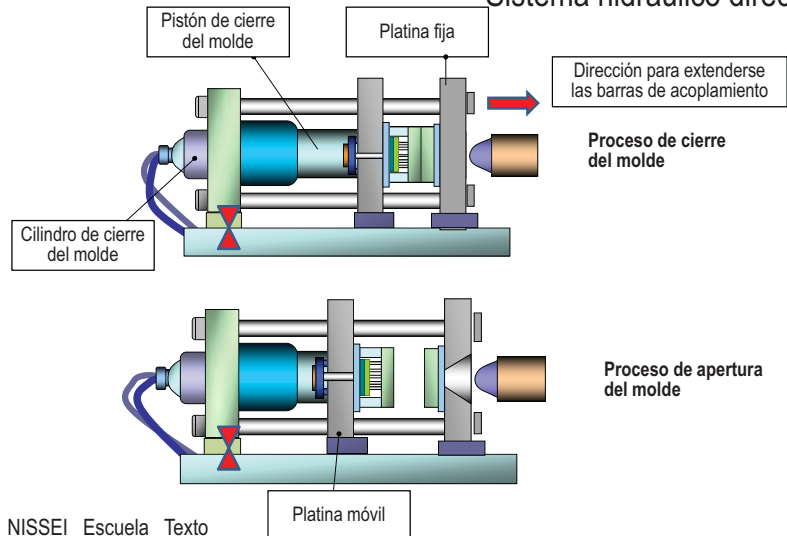


NISSEI Escuela Texto

36

4. Unidad de cierre del molde -3

Sistema hidráulico directo



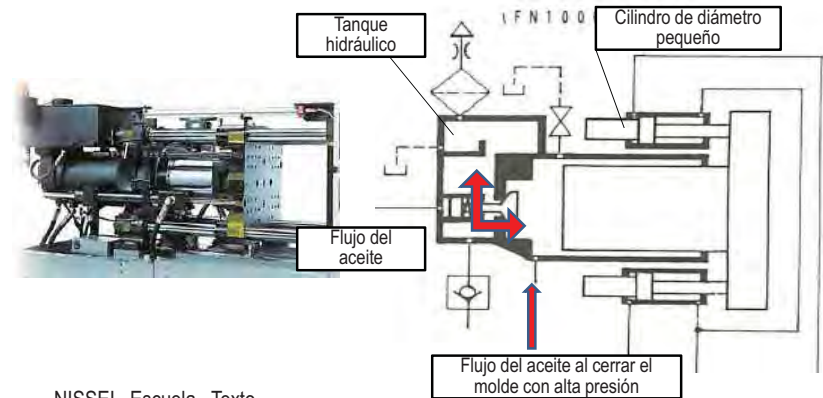
NISSEI Escuela Texto

37

4. Unidad de cierre del molde -4

Sistema hidráulico directo

- 1) Se cierra el molde mediante el cilindro de diámetro pequeño. (Se mueve con alta velocidad.)
- 2) Se ejerce la presión negativa y entra el aceite.
- 3) Después de cerrar el molde, se envía el aceite al cilindro de diámetro grande. (Se genera una fuerza grande.)
- 4) El tanque de aceite se encuentra en la parte superior.



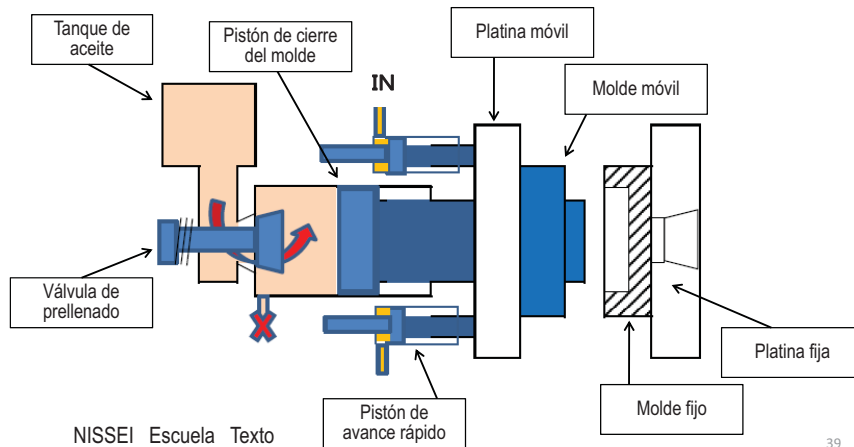
NISSEI Escuela Texto

38

4. Unidad de cierre del molde -5

Sistema hidráulico directo, Híbrido

Al enviar el aceite hidráulico a dos pistones de avance rápido (IN), la platina móvil se mueve hacia el lado de la platina fija. En ese momento se abre la válvula de prellenado y el aceite hidráulico contenido en el tanque de aceite pasa al lado del cilindro de cierre del molde.



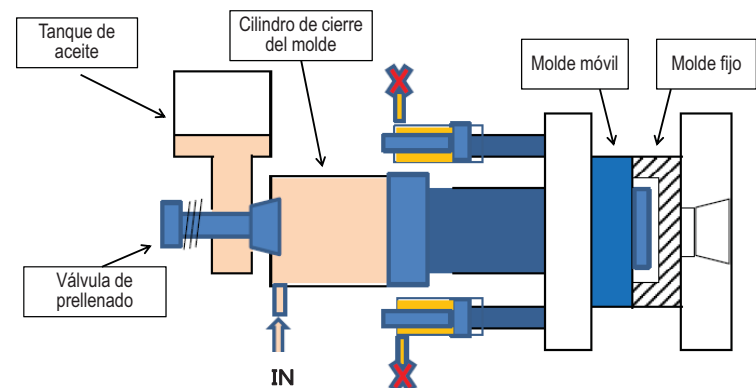
NISSEI Escuela Texto

39

4. Unidad de cierre del molde -6

Sistema hidráulico directo, Híbrido

Al terminar el cierre del molde, se cierra la válvula de prellenado y se envía el aceite hidráulico al cilindro de cierre del molde (IN), y así se genera la fuerza de cierre. **Fuerza de cierre $F_c = A \times PH$**



NISSEI Escuela Texto

40

4. Unidad de cierre del molde -7

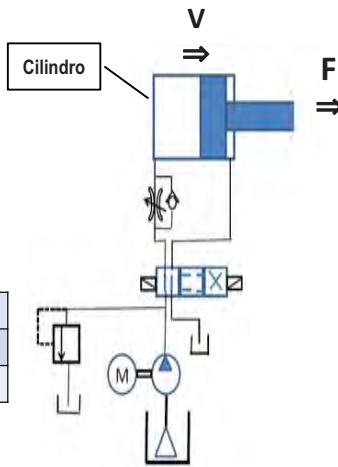
Cilindro

- 1) Es un mecanismo que convierte la energía de fluido que tiene la presión hidráulica en energía mecánica.
- 2) Representando la fuerza hidráulica como P [MPa] y el área efectiva receptora de presión como A [cm²], resulta:
 $F = A \cdot P$
- 3) La velocidad de funcionamiento V [m/min] cambia en proporción con la cantidad de flujo del aceite Q [m/min] y en razón inversa al área efectiva receptora de presión A [cm²].
 $V = Q / A$

Área del cilindro (A)	Fuerza (F)	Velocidad (V)
Grande	Mayor	Lenta
Pequeño	Menor	Rápida

NISSEI Escuela Texto

Presión hidráulica



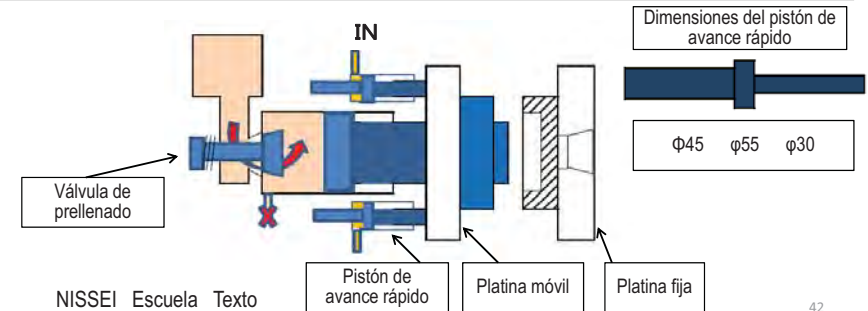
41

4. Unidad de cierre del molde -8

Velocidad y fuerza de avance rápido

Al enviar el aceite hidráulico a dos pistones de avance rápido (IN), la platina móvil se mueve hacia el lado de la platina fija.

- ① ¿Cuánto es la fuerza de avance rápido? $\Rightarrow$
 - ② ¿Cuánto es la velocidad de avance rápido? $\Rightarrow$
- Presión hidráulica máxima 17.1 MPa
Volumen de descarga máxima 80 L/min
(1MPa = 10,2 kg/cm², 1KN = 0.102 Tonf)



NISSEI Escuela Texto

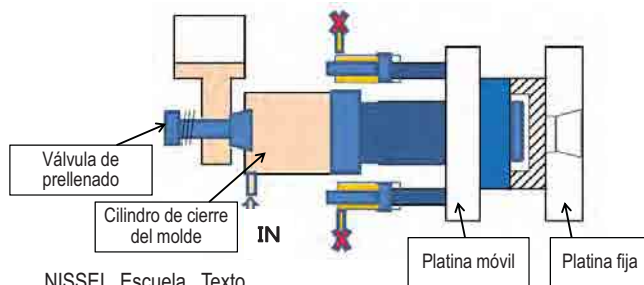
42

4. Unidad de cierre del molde -9

Diámetro del pistón de cierre del molde

Al terminar el cierre del molde, se cierra la válvula de prellenado y se envía el aceite hidráulico al cilindro de cierre del molde (IN), y así se genera la fuerza de cierre.

- ① ¿Cuánto es el diámetro del pistón de cierre del molde? $\Rightarrow$
 - ② ¿Cuánto es la velocidad de cierre del molde? $\Rightarrow$
- Presión hidráulica máxima 17.1 Mpa, Fuerza de cierre máxima 792 KN
Volumen de descarga máxima 80 L/min
(1MPa = 10,2 kg/cm², 1KN = 0.102 Tonf)



NISSEI Escuela Texto

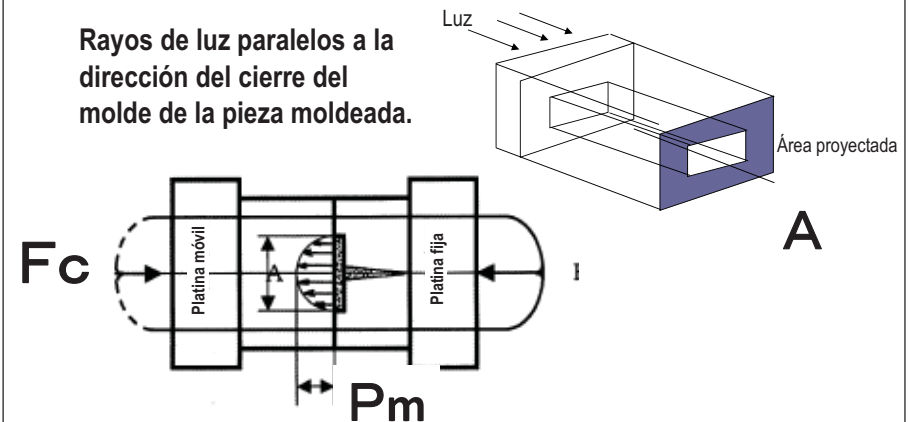
43

4. Unidad de cierre del molde-10

Fuerza de cierre del molde

$$\text{Fuerza de cierre } F_c \geq P_m \times A \times 1.25$$

Rayos de luz paralelos a la dirección del cierre del molde de la pieza moldeada.



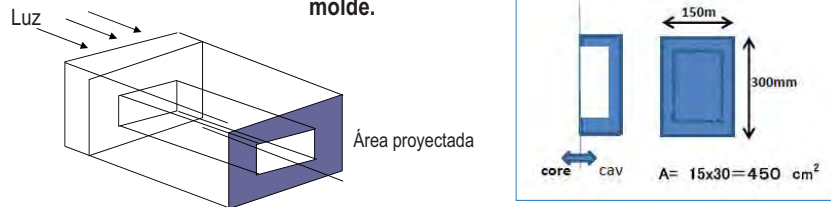
NISSEI Escuela Texto

44

4. Unidad de cierre del mole -11 Fuerza de cierre del molde

1. Se ejerce la presión de inyección (presión de resina) sobre el espacio de la pieza en el molde, generando la fuerza que intenta empujar y abrir el molde.
Cuando se abre el molde (cara PL), se generará el escape de resina (rebaba).
2. Es necesario cerrar el molde con una fuerza que no sea inferior a la fuerza que resulte de multiplicar el área proyectada del producto por la presión de resina encerrada en el molde.

© Área proyectada : Se refiere al área de la sombra que aparece al aplicar a la pieza moldeada los rayos de luz paralelos a la dirección del cierre del molde.



$$\text{Fuerza de cierre (Fc)} \geq \text{Presión de resina en molde (Pm)} \times \text{Área proyectada (A)} \times 1.25$$

NISSEI Escuela Texto

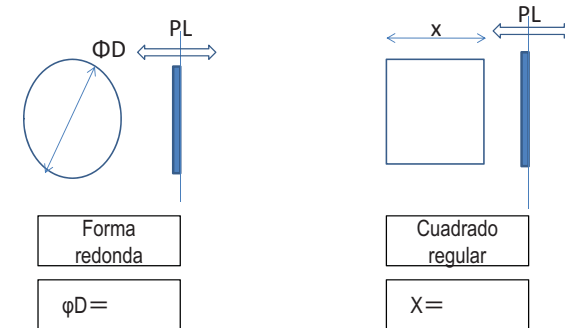
45

4. Unidad de cierre del molde -12 Área proyectada

¿Cuánto es el área proyectada que se puede moldear con la fuerza de cierre (Fc) de 80 toneladas?

Forma del producto: Redonda o cuadrado regular; la presión de resina en molde (Pm) es de 450kg/cm².

Fc = ?



NISSEI Escuela Texto

46

4. Unidad de cierre del molde-13 Presión interna de la cavidad

Dicen que es difícil determinar la presión interna de la cavidad mediante un cálculo y/o una medida, porque dicha presión varía según los tipos de materiales a inyectar, estructura y dimensiones de la unidad de cierre, forma de la cavidad, condiciones de inyección, etc.

Como referencia, dicen que la presión de inyección se reducirá al de 30 a 50% dentro de la cavidad, como resultado de la pérdida de presión.

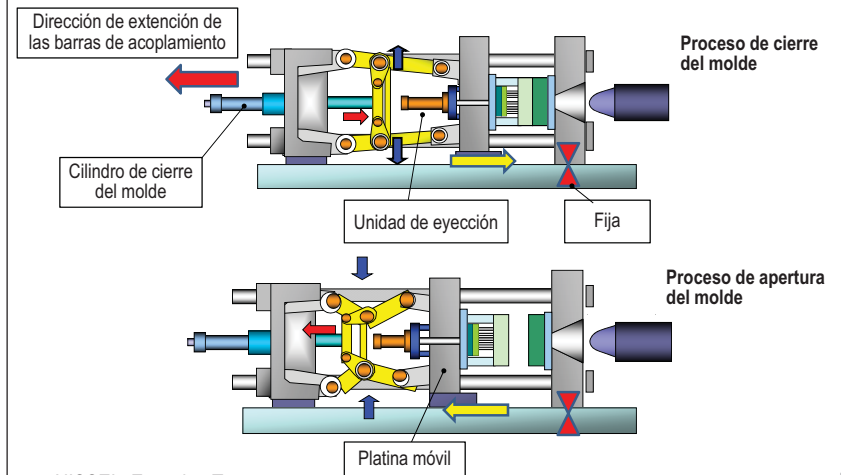
Nombre de resina	Temperatura de resina °C	Presión de inyección kg/cm2	Presión interna de la cavidad kg/cm2
PE	180~300	600~1400	230~320
PP	200~300	600~1400	220~320
PS	180~315	700~1700	260~320
PC	280~320	800~1500	270~300
ABS	200~280	700~1500	330~440
PA	230~300	800~1500	240~450

NISSEI Escuela Texto

47

4. Unidad de cierre del molde -14 Mecanismo de rodilla (doble rodilla)

En el sistema de rodilla se obtiene la fuerza de cierre ampliando la fuerza generada por una fuente motriz como un cilindro hidráulico o un motor, mediante un mecanismo de articulación de rodilla (principio de apalancamiento).



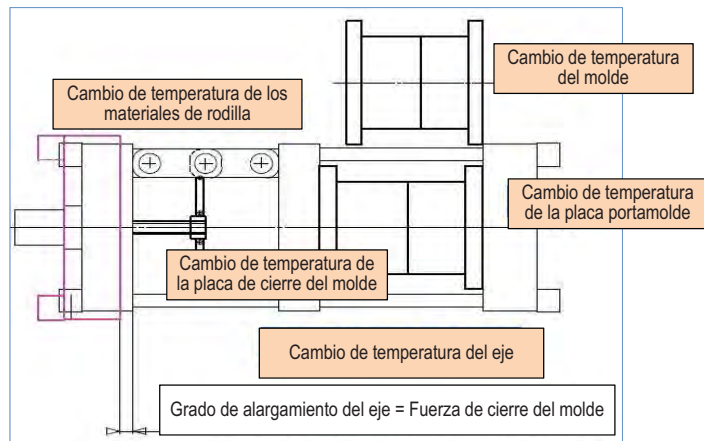
NISSEI Escuela Texto

48

4. Unidad de cierre del molde -15

Variación de la fuerza de cierre en el sistema de rodilla

La fuerza de cierre del molde va en proporción con el grado de alargamiento del eje, y se genera la variación en la fuerza de cierre debido al cambio de temperatura de los componentes de la máquina.

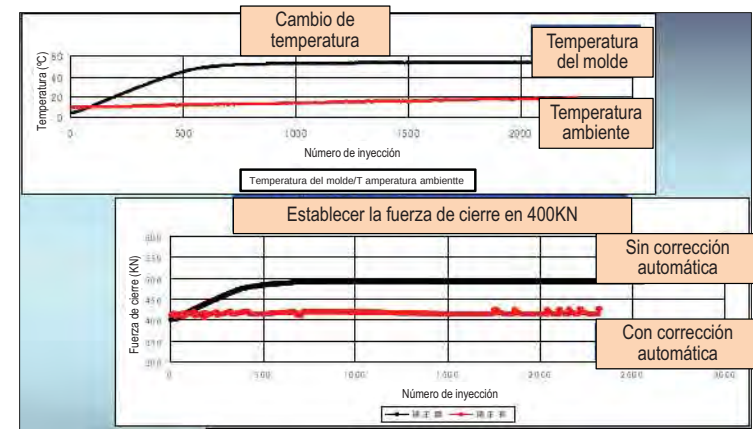


NISSEI Escuela Texto

49

4. Unidad de cierre del molde -16 Variación de la fuerza de cierre en el sistema de rodilla

Cambio de temperatura del molde y Variación de la fuerza de cierre. Corrección automática de la fuerza de cierre del molde.



NISSEI Escuela Texto

50

5. Unidad de inyección y plastificación -1

Las funciones requeridas para la unidad de inyección son las siguientes:

1. Durante el mezclado y el amasado del material plástico, fundirlo a la temperatura adecuada para el moldeo.

⇒ Función de fundición.

2. Inyectar el material plástico fundido dentro del molde.

⇒ Función de inyección.

3. Dosificar la porción para el subsecuente disparo.

⇒ Función de dosificación.

Los tipos de la unidad se clasifican en los siguientes:

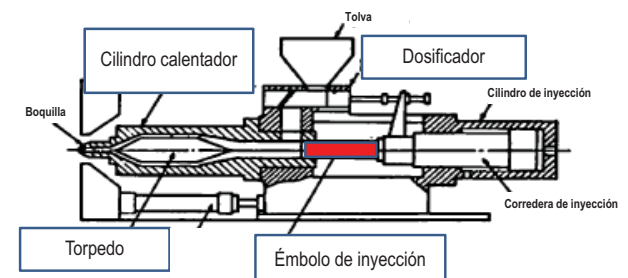
4. Tipo émbolo
5. Tipo husillo en línea
6. Tipo pre-plastificación

Sin embargo, hoy en día se utiliza mayormente el tipo husillo en línea, y parcialmente se utiliza también el tipo pre-plastificación (pre-plastificación con husillo).

51

5. Unidad de inyección y plastificación -2 Émbolo

- 1) El material a moldear que se cae de la tolva se dosificará en la cantidad predeterminada, mediante el mecanismo de dosificación vinculado con el movimiento del émbolo de inyección.
- 2) El material alimentado se enviará mediante el émbolo de inyección al interior del cilindro calentador, y se calentará y se plastificará en el paso estrecho entre el interior del cilindro calentador y el torpedo.
- 3) Se trata de la unidad de inyección donde se realizan tres procesos: dosificación, plastificación e inyección del material a moldear, mediante el movimiento lineal alternativo del émbolo.



NISSEI Escuela Texto

52

5. Unidad de inyección y plastificación -3

Máquina de inyección manual y Máquina de inyección manual hidráulica con émbolo

Máquina de inyección manual: año 1955



Máquina de inyección manual hidráulica con el sistema de émbolo: año 1957

NISSEI Escuela Texto

53

5. Unidad de inyección y plastificación -4

Máquina de inyección con el sistema de émbolo (horizontal): año 1957



Máquina de inyección con el sistema de émbolo (inclinado): año 1963



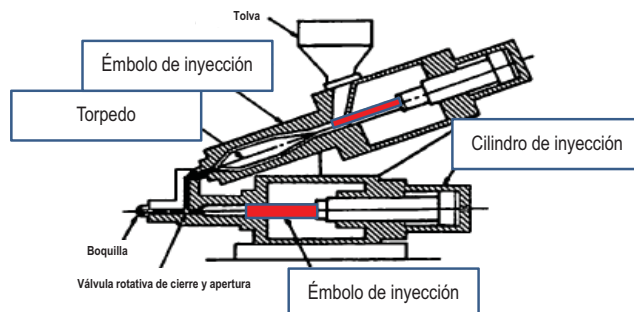
NISSEI Escuela Texto

54

5. Unidad de inyección y plastificación -5

Especificaciones de la pre-plastificación con émbolo

- 1) Mejoramiento del émbolo 1.
- 2) Separación de la función de fundición de resina y la función de inyección.
- 3) Dosificación mediante la carrera del émbolo de inyección.



NISSEI Escuela Texto

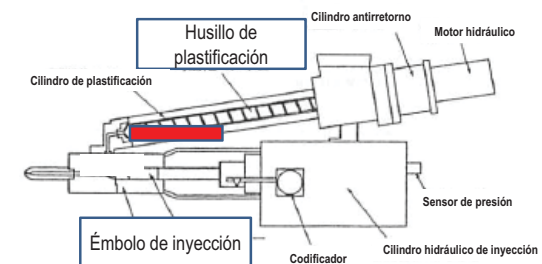
55

5. Unidad de inyección y plastificación -6

Pre-plastificación

Especificaciones de la pre-plastificación con husillo

- 1) Mejoramiento del sistema de pre-plastificación con émbolo
- 2) La unidad de plastificación y la unidad de inyección están separadas. La resina plastificada mediante el cilindro de husillo se acumula en la punta del cilindro de inyección y se inyectará mediante el émbolo de inyección. (Primeras entradas y últimas salidas)



Sodick Plustech

56

5. Unidad de inyección y plastificación -7 Pre-plastificación

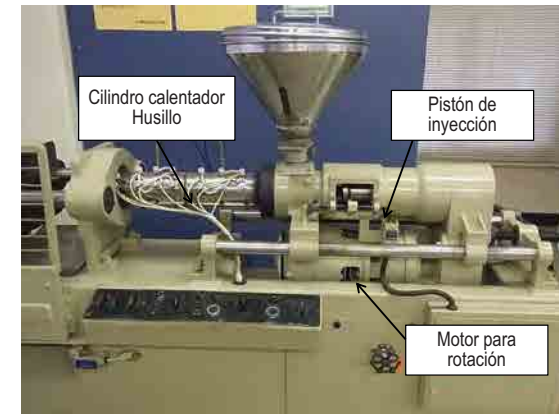
- Características de la pre-plastificación
- 1) Estabilidad del estado de fundición de la resina.
- El husillo rota en su posición fija y la resina alimentada de la tolva siempre recibe la historia térmica constante, por lo que el estado de fundición de dicha resina es muy estable.
- 2) Estabilidad de la densidad de la resina medida.
- El husillo fijo de plastificación extrude la resina con una fuerza constante y dicha resina empuja hacia abajo el émbolo de inyección. Por lo que se puede realizar la dosificación de la resina de densidad estable, ya que solamente se utiliza la fuerza mecánica que no se afecta mucho por el estado de la resina.
- 3) Estabilidad del volumen real de inyección en el proceso de inyección.
- En el sistema de pre-plastificación que no tiene el anillo contra-flujo, se mantiene el volumen constante de inyección desde la etapa inicial de inyección, lo cual permite reducir la ocurrencia de falta de material en el moldeo en que no se puede complementar el material inyectado por medio de la presión sostenida debido al sellado rápido de la entrada de material.

Sodick Plustech

57

5. Unidad de inyección y plastificación -8 Husillo en línea

Especificaciones del husillo en línea (plastificación, dosificación e inyección): año 1963



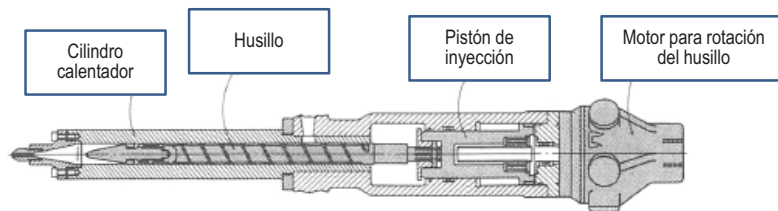
NISSEI Escuela Texto

58

5. Unidad de inyección y plastificación -9 Husillo en línea

- 1) Es el sistema en que se plastifica el material con el husillo y a la vez se realiza la inyección avanzando el husillo. Hoy en día la mayoría de las máquinas de inyección tiene esta estructura con el sistema de husillo en línea.

(Primeras entradas y primeras salidas)

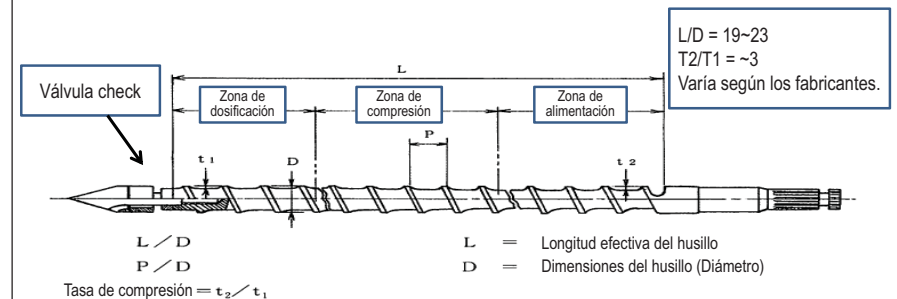


NISSEI Escuela Texto

59

5. Unidad de inyección y plastificación -10 Husillo

1. En el sistema de husillo en línea se concentran en un husillo las funciones de plastificación, dosificación e inyección.
2. El husillo consiste en tres zonas de: alimentación, compresión y dosificación, empezando desde el lado de la tolva, y en la punta tiene integrada una válvula check para evitar posible contraflujo de la resina. (Plastificación)
3. Mediante la función de la válvula check, se evita el contraflujo de la resina y se inyecta al molde la resina fundida y contenida en la punta. (Inyección)



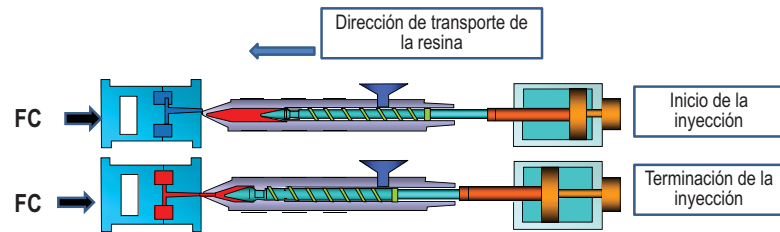
NISSEI Escuela Texto

60

5. Unidad de inyección y plastificación -11

Inyección

1. Después de terminar el cierre del molde, una vez más se cierra el molde a presión alta. Después de verificar el aumento de la presión (interruptor de presión), se hace el contacto de la boquilla y pasa al proceso de inyección.
2. La resina previamente dosificada llena al molde mediante el husillo y luego se aplica la presión de sostenimiento.
3. En la punta del husillo está integrada una válvula de contraflujo (válvula check) para evitar un posible contraflujo de la resina.



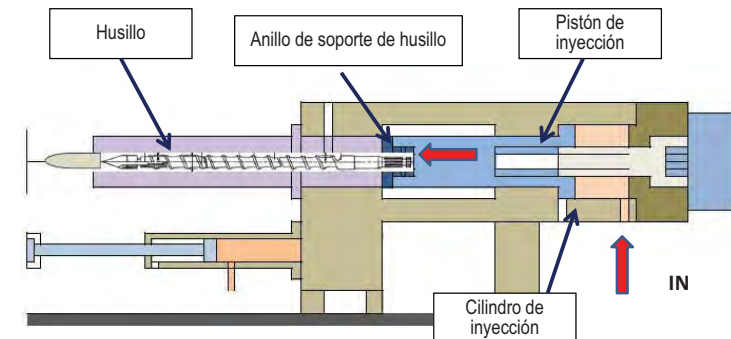
NISSEI Escuela Texto

61

5. Unidad de inyección y plastificación -12

Inyección y avance

Mediante el anillo de soporte de husillo, se acoplan el pistón de inyección y el husillo. Al avanzar el pistón de inyección mediante el sistema hidráulico (IN), el husillo también avanza inyectando la resina.



NISSEI Escuela Texto

62

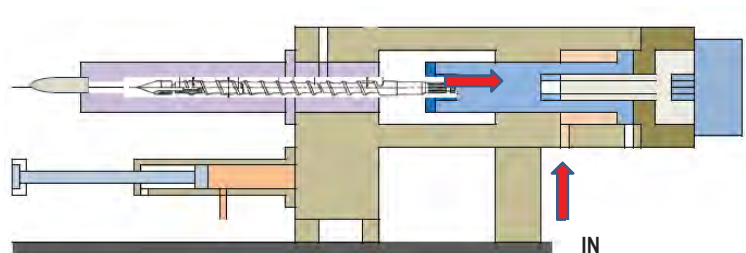
5. Unidad de inyección y plastificación -13

Inyección y retorno

Al retroceder el pistón de inyección mediante el sistema hidráulico (IN), el husillo también retrocede.

Durante el proceso de moldeo, el movimiento de retroceso del pistón de inyección se sujeta al movimiento de retrosucción (*suck back*).

(El retrorceso del pistón durante la dosificación se hace mediante la presión de la resina en la dosificación.)



NISSEI Escuela Texto

63

5. Unidad de inyección y plastificación -14

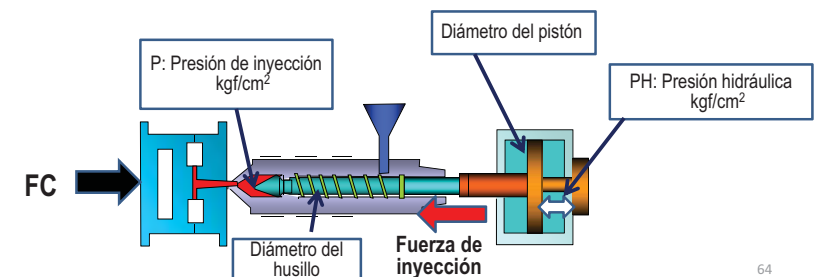
Presión de inyección

Ejemplo de cálculo de la presión de inyección

1. Suponiendo que el diámetro del pistón de cilindro de inyección: $\Phi 14.5\text{cm}$, la fuerza hidráulica: $PH=140\text{kgf/cm}^2$, y el diámetro del husillo: $\Phi 36\text{mm}$
 2. Fuerza de inyección = $\pi \times 14.5^2 \times 140/4$
 3. La presión de inyección (P) es el valor que resulta de dividir la fuerza de inyección entre el área de la sección transversal del husillo.

$$\text{Presión de inyección (P)} = (\pi \times 14.5^2 \times 140/4) / (\pi \times 3.6^2/4) = 14.5^2 \times 140/3.6^2$$

$$= 2270\text{kgf/cm}^2 \quad * \quad \text{Mpa}$$
- * Existen el método de establecer la presión hidráulica y el de establecer la presión de inyección.



64

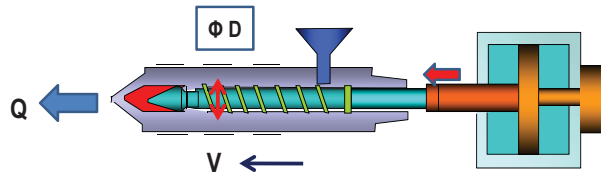
5. Unidad de inyección y plastificación -15

Velocidad de inyección

Ejemplo de cálculo de la velocidad y la tasa de inyección

1. Velocidad (V) = Longitud (L) / Tiempo (t)
2. En caso de la máquina de inyección: Longitud (mm), Velocidad (mm/sec), Tiempo (sec)
Cuando se mueve del punto ubicado a 30mm al punto 8mm en 1.1 segundos:
 $V = 22/1.1 = 20\text{mm/sec}$
Q = Tasa de inyección: Volumen de la resina extruida en un segundo: cm^3/sec
 $Q = \pi \times D^2 \times V / (4 \times 1000)$

En caso de que $Q = 241\text{cm}^3/\text{sec}$ y $\phi 32$;
 $V = Q \times 4000 / \pi \times 32^2 = 300\text{mm/sec}$

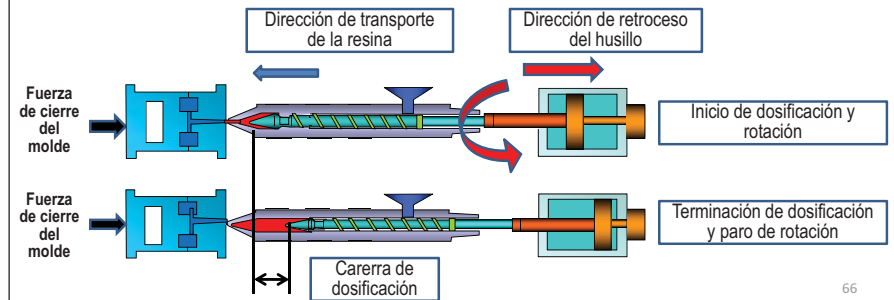


65

5. Unidad de inyección y plastificación -16

Dosificación

1. Al iniciar la rotación del husillo, la resina se transporta mediante el husillo, se ablanda por la acción de corte y la calefacción y se envía al lado de la boquilla.
2. La resina se sujeta a la compresión de su volumen y a la vez se funde mezclada y amasada mediante la acción de corte y la calefacción, y la resina fundida y homogenizada se envía a la punta del husillo.
3. Mediante la resina fundida enviada a la punta del husillo, se aumenta la presión haciendo retroceder el husillo.
4. Al retroceder en la longitud equivalente a la carrera de dosificación, se terminan la plastificación y la dosificación y se para la rotación del husillo.

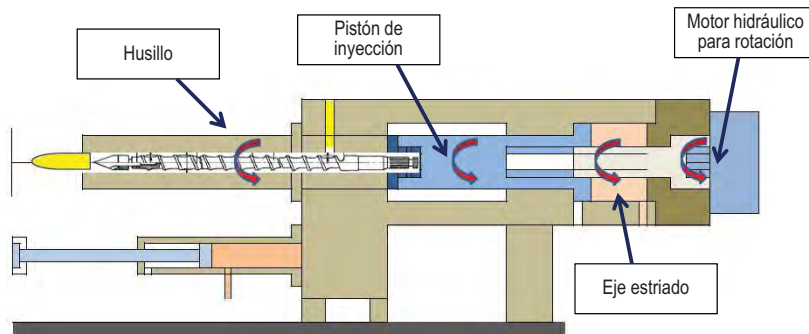


66

5. Unidad de inyección y plastificación -17

Dosificación

El motor hidráulico para rotación, haciendo rotar el eje estriado, luego el pistón de inyección y por último el husillo.



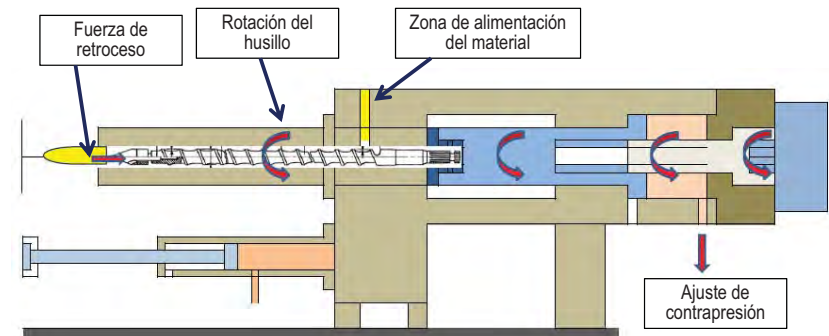
NISSEI Escuela Texto

67

5. Unidad de inyección y plastificación -18

Dosificación

Por la presión de la resina enviada a la punta del husillo tras la plastificación y la dosificación, se genera la fuerza que hace retroceder el husillo. (Al agotar el material alimentado, ya deja de enviarlo a la punta, entonces no aumenta la presión de la resina y no se genera la fuerza de retroceso. El husillo no retrocede.)
Durante la dosificación, el husillo retrocede girando.

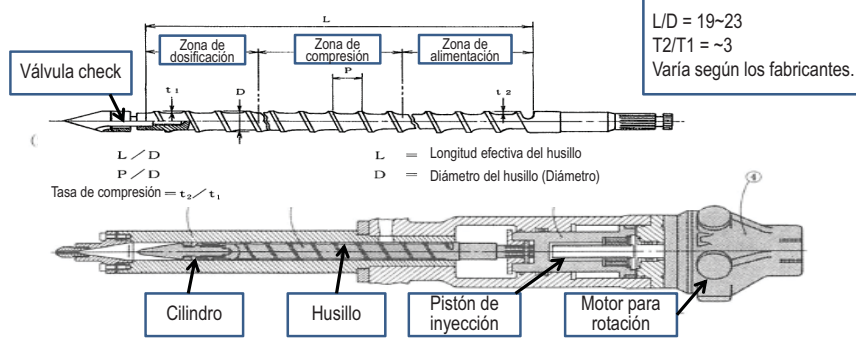


NISSEI Escuela Texto

68

5. Unidad de inyección y plastificación -19 Plastificación

1. En el sistema de husillo en línea se concentran en un husillo las funciones de plastificación, dosificación e inyección.
2. El husillo consiste en tres zonas de: alimentación, compresión y dosificación, empezando desde el lado de la tolva, y en la punta tiene integrada una válvula check para evitar un posible contraflujo de la resina.
3. Mediante la función de la válvula check, se evita el contraflujo de la resina y se inyecta al molde la resina fundida que está contenida en la punta.

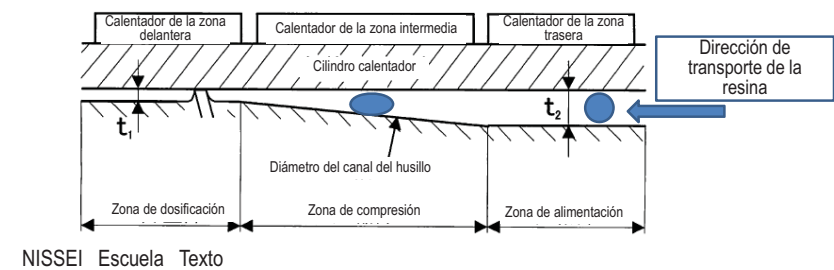


NISSEI Escuela Texto

69

5. Unidad de inyección y plastificación -20 Plastificación

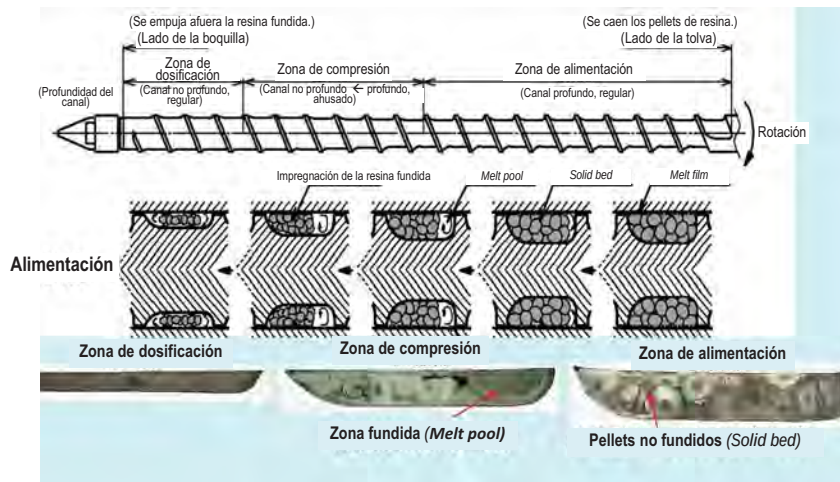
1. Zona de alimentación: La resina que se cayó de la tolva se hace blanda mediante la acción de corte y la calefacción, y se envía a la zona de compresión.
2. Zona de compresión: La resina se sujeta a la compresión de su volumen y a la vez se funde mezclada y amasada mediante la acción de corte y la calefacción y se envía a la zona de dosificación.
3. Zona de dosificación: La resina fundida y enviada, es mezclada y amasada para homogenizar y es enviada a la punta del husillo.



NISSEI Escuela Texto

70

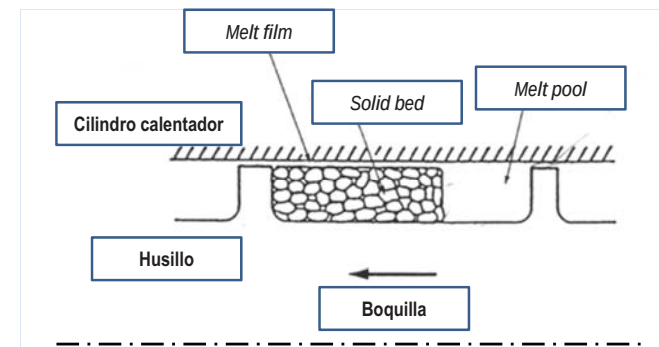
5. Unidad de inyección y plastificación -21 Plastificación



NISSEI Escuela Texto

71

5. Unidad de inyección y plastificación -22 Plastificación



NISSEI Escuela Texto

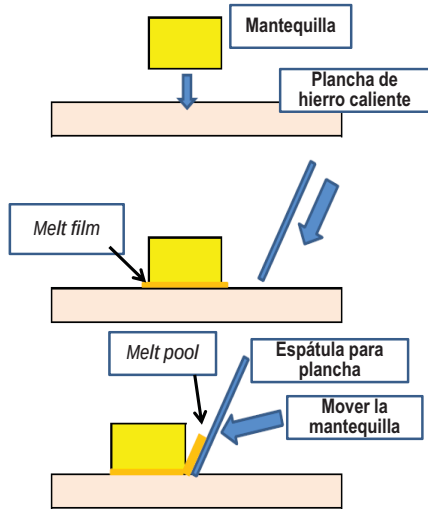
72

5. Unidad de inyección y plastificación -23

Plastificación

Cuando se coloca un pedazo de mantequilla sobre la plancha de hierro caliente, se empieza a derretir primero la parte que hace contacto con la plancha. (Melt film)

Al mover la mantequilla con una espátula para plancha, la parte derretida se acumula al lado de la espátula y se mueve juntos. (Melt pool)



5. Unidad de inyección y plastificación -24

Plastificación

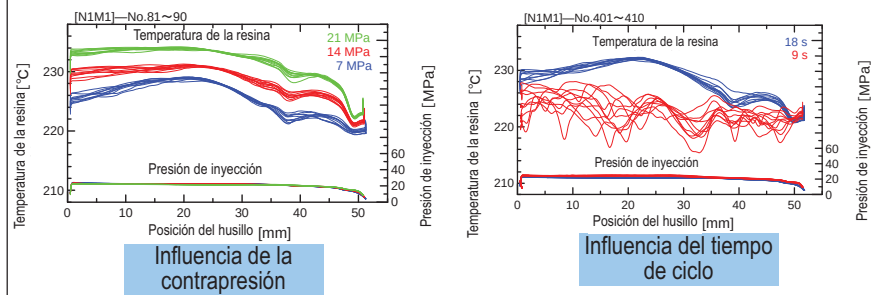
Condiciones de inyección y variación de la temperatura de la resina

	Temperatura de la resina	Variabilidad de la temperatura de la resina
Velocidad de rotación del husillo Baja	↓	↓
Contrapresión del husillo Alta	↑	↓
Temperatura del cilindro calentador Alta	↑	↓
Ciclo de inyección Corto	↓	↑

5. Unidad de inyección y plastificación -25

Plastificación

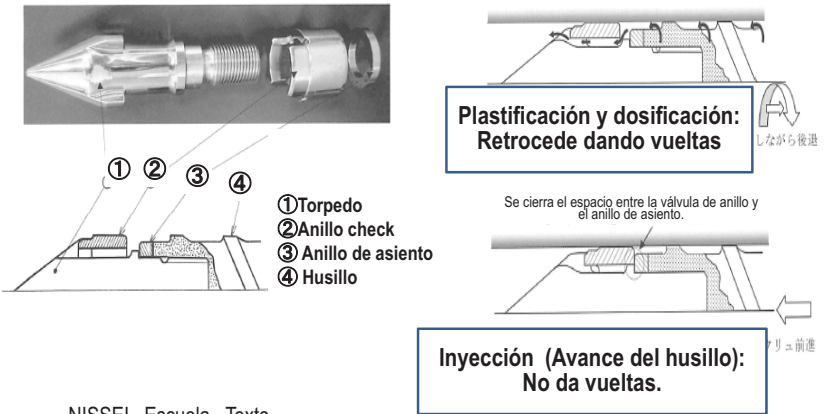
Condiciones de inyección y variabilidad de la temperatura de la resina



5. Unidad de inyección y plastificación -26

Componentes de la punta

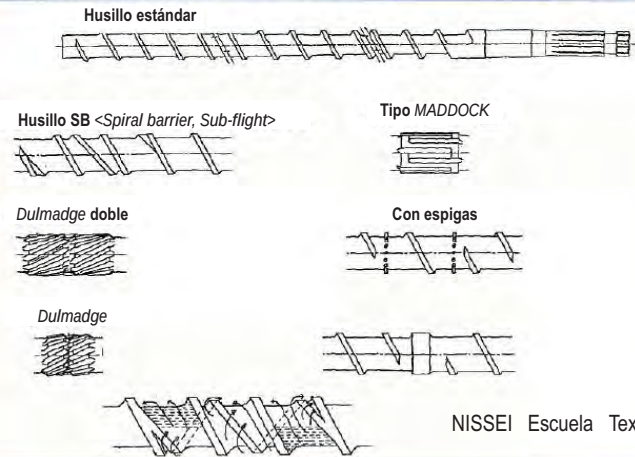
Componentes de la punta del husillo (para evitar posible contraflujo): Juego de tres piezas
El anillo de retención se clasifica en dos tipos: rotación simultánea y rotación no simultánea.
Se utiliza también un software que “hace rotar el husillo en la dirección inversa” para cerrar dinámicamente la válvula antirretorno.



5. Unidad de inyección y plastificación -27

Diseño del husillo

Se dispone de una variedad de diseños del husillo para elevar la capacidad de plastificación y la mezclabilidad.



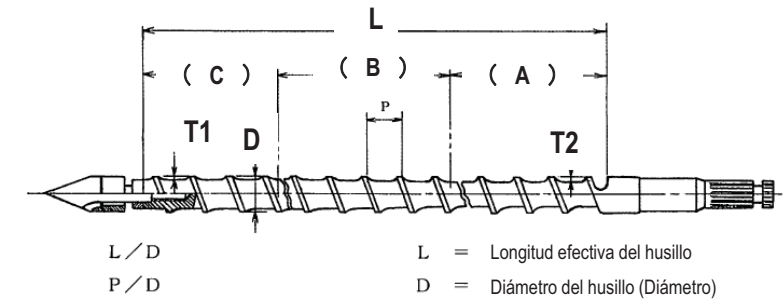
77

5. Unidad de inyección y plastificación -28

Repaso

$L/D \Rightarrow$

$T2/T1 \Rightarrow$



Tasa de compresión = t_2/t_1

NISSEI Escuela Texto

78

6. Equipo y dispositivo de desplazamiento de la unidad de inyección y plastificación -1

Se pueden seleccionar los movimientos: uno que mantiene el contacto de la boquilla durante las operaciones de inyección y otro que repite el avance y el retroceso en cada disparo. Se recomienda determinar y seleccionar uno, de acuerdo con el control de temperatura de la punta de la boquilla y el estado de deshilado (*stringiness*) de *sprue*.

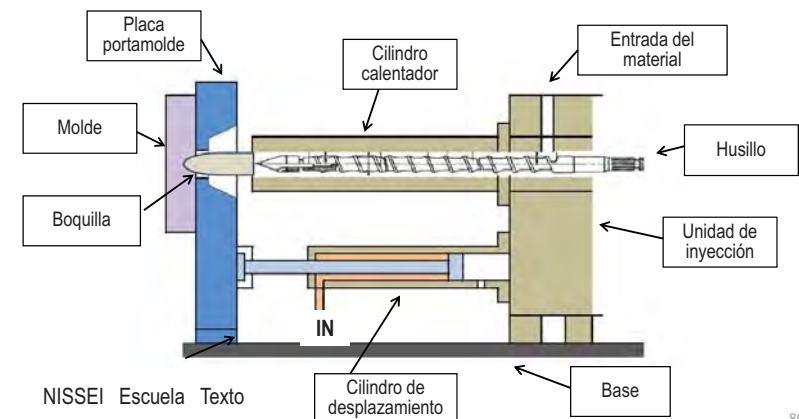


NISSEI Escuela Texto

79

6. Equipo y dispositivo de desplazamiento de la unidad de inyección y plastificación -2

El émbolo del pistón del cilindro de desplazamiento está fijado en la placa portamolde. El lado del cilindro está fijado en la unidad de inyección. Se muestra abajo el estado en que se envía el aceite hidráulico (IN) y la boquilla hace contacto.

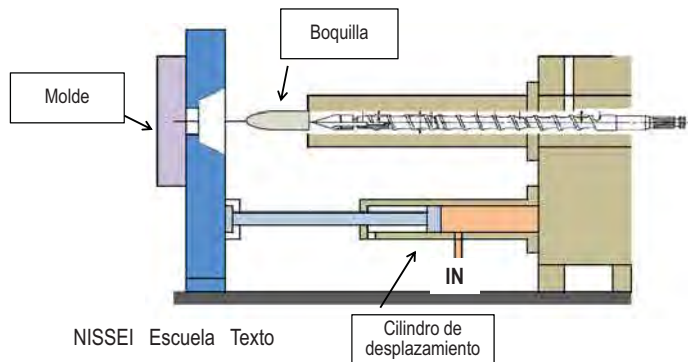


NISSEI Escuela Texto

80

6. Equipo y dispositivo de desplazamiento de la unidad de inyección y plastificación -3

Se muestra abajo el estado en que se envía el aceite hidráulico (IN) y que la boquilla deja de hacer contacto.

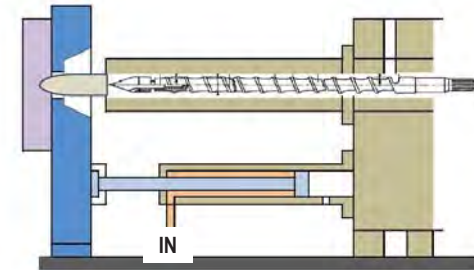


6. Equipo y dispositivo de desplazamiento de la unidad de inyección y plastificación -4

¿Cuánto es la fuerza máxima de contacto de la boquilla?

Diámetro del pistón: ϕ Diámetro del émbolo: ϕ

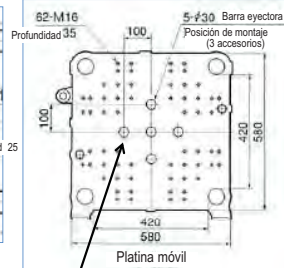
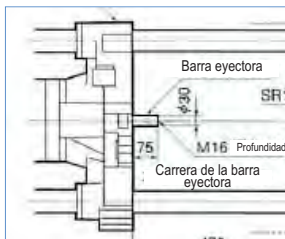
Presión máxima del circuito hidráulico: MPa



7. Unidad de eyección -1

Se seleccionará las posiciones del émbolo de eyección (5 posiciones) a utilizar, de acuerdo con las especificaciones del molde.

En las posiciones seleccionadas se atornillan las barras eyectoras.



Émbolo de eyección: 5 posiciones

NISSEI Escuela Texto

83

7. Unidad de eyección -2

① ¿Cuál es la fuerza de eyección (F)?

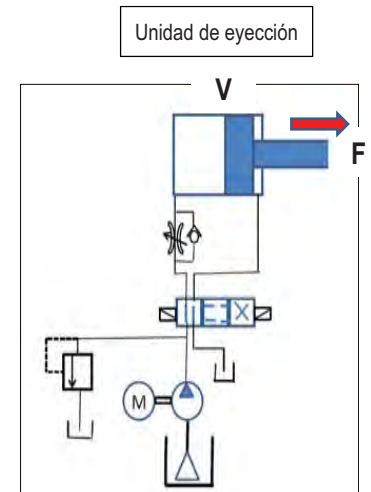
② ¿Cuál es la velocidad de eyección (V)?

Presión hidráulica (PH) 13.7MPa

Volumen de descarga 60L/min

F =

V =

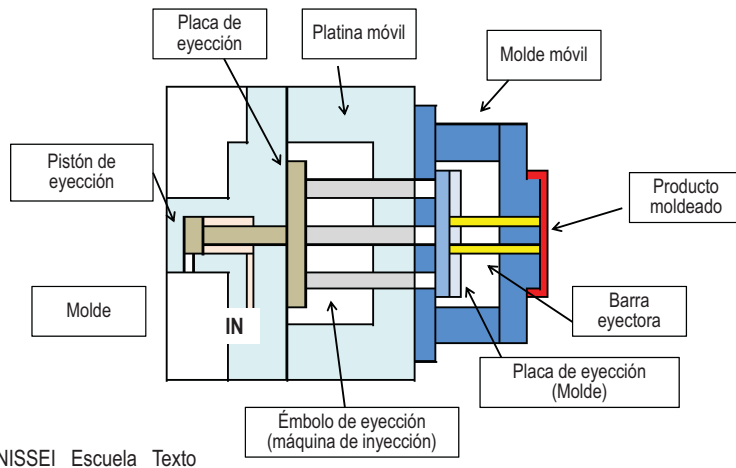


NISSEI Escuela Texto

84

7. Unidad de eyección -3

El aceite hidráulico (IN) fue enviado y el pistón de eyección se encuentra en la posición de retroceso. (Molde abierto)

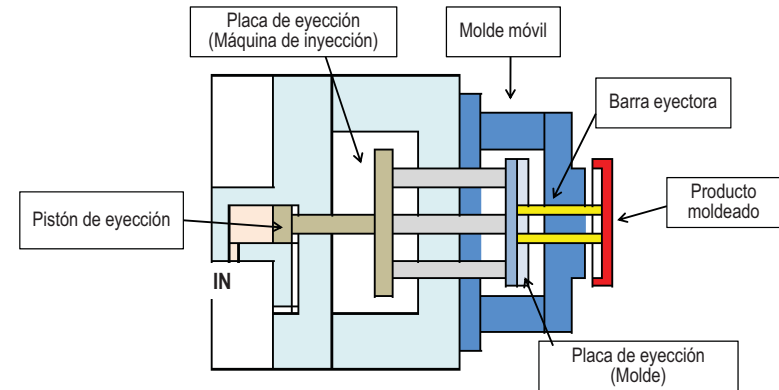


NISSEI Escuela Texto

85

7. Unidad de eyección -4

El aceite hidráulico (IN) fue enviado y el pistón de eyección se encuentra en la posición de avance. (Eyección en movimiento)

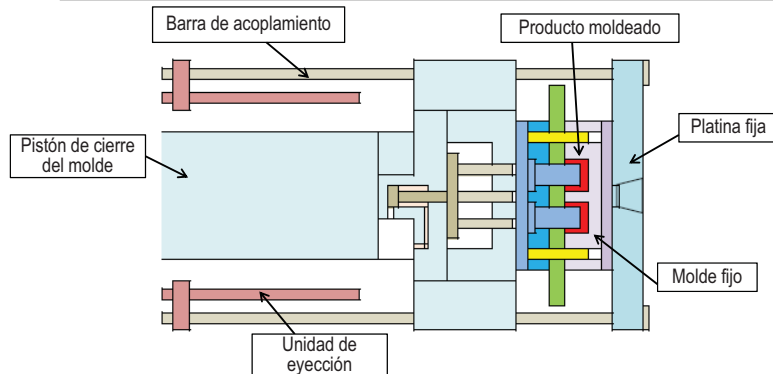


NISSEI Escuela Texto

86

7. Unidad de eyección -5 Sistema mecánico de eyección

Se utiliza este sistema para el molde que no tiene en el medio las posiciones del émbolo de eyección. Es una especificación especial de la máquina de inyección. La operación de ajuste es complicada. Se realiza el ajuste de acuerdo con la carrera de apertura del molde. Se muestra abajo el estado previo a la eyección. Es difícil repetir varias veces el movimiento de eyección.

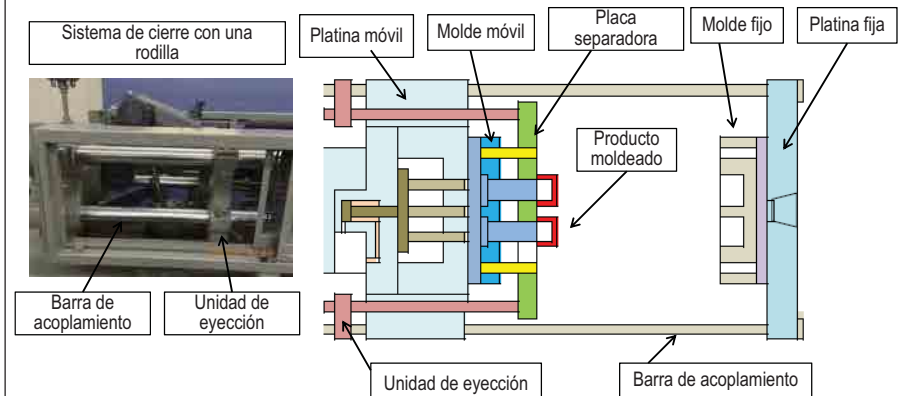


NISSEI Escuela Texto

87

7. Unidad de eyección -6 Sistema mecánico de eyección

Se utiliza este sistema para el molde que no tiene en el medio las posiciones del émbolo de eyección. Es una especificación especial de la máquina de inyección. La operación de ajuste es complicada. Se realiza el ajuste de acuerdo con la carrera de apertura del molde. Se muestra abajo el estado del momento de la eyección.



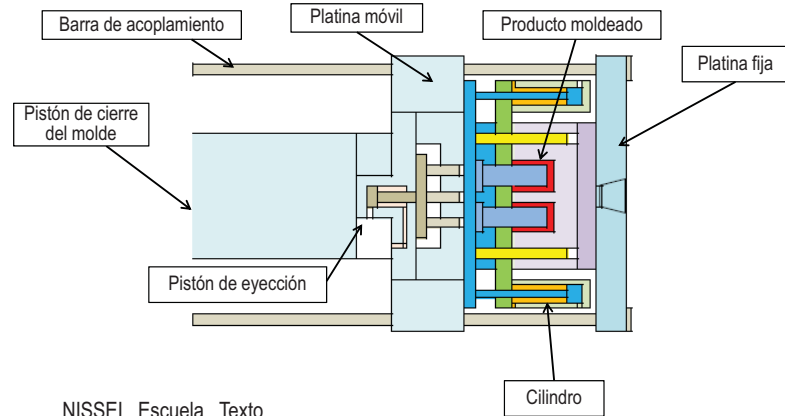
NISSEI Escuela Texto

88

7. Unidad de eyección -7

Uso de cilindro

La unidad de eyección de la máquina inyectora tiene una carrera máxima determinada según sus especificaciones. En caso de que se requiera mover más que dicha carrera, se utilizará el cilindro. Se necesitará también el mecanismo de control. Se muestra abajo el estado previo a la eyección. Generalmente se utiliza el sistema hidráulico.



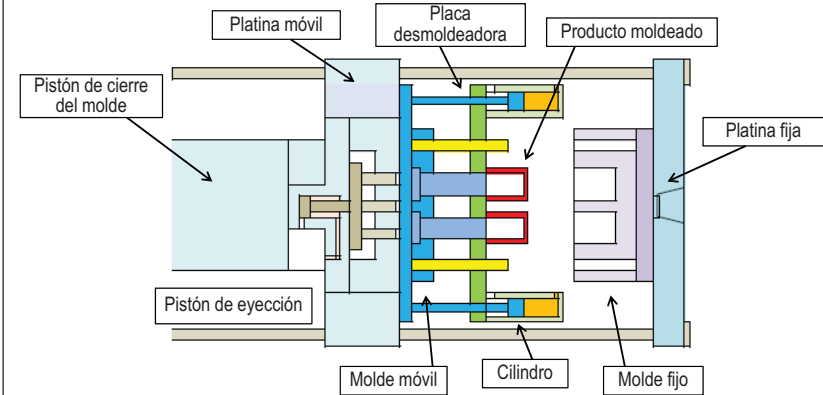
NISSEI Escuela Texto

89

7. Unidad de eyección -8

Uso de cilindro

La unidad de eyección de la máquina inyectora tiene una carrera máxima determinada según sus especificaciones. En caso de que se requiera mover más que dicha carrera, se utilizará el cilindro. Se necesitará también el mecanismo de control. Se muestra abajo el estado del momento de la eyección.



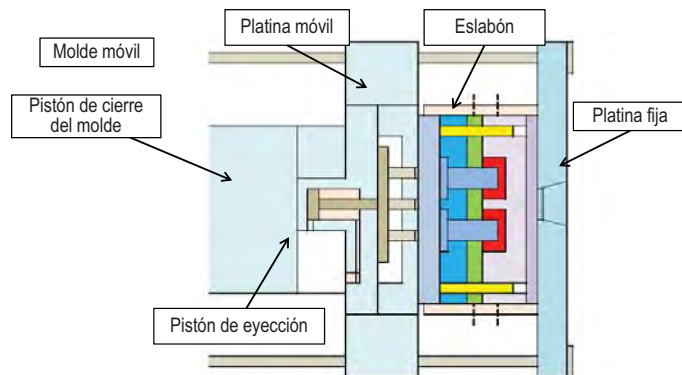
NISSEI Escuela Texto

90

7. Unidad de eyección -9

Uso del movimiento de apertura del molde

En caso de que no se pueda utilizar la eyección de la máquina inyectora o cuando se hace la eyección en el lado fijo, se realizará la eyección utilizando el movimiento de apertura del molde y el eslabón. Se muestra abajo el estado previo a la eyección.



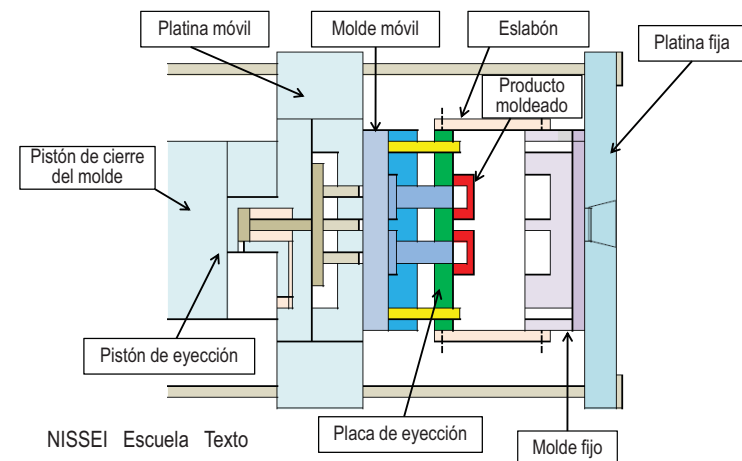
NISSEI Escuela Texto

91

7. Unidad de eyección -10

Uso del movimiento de apertura del molde

En caso de que no se pueda utilizar la eyección de la máquina inyectora o cuando se hace la eyección en el lado fijo, se realizará la eyección utilizando el movimiento de apertura del molde y el eslabón. Es difícil repetir varias veces la eyección. Se muestra abajo el estado del momento de la eyección.



NISSEI Escuela Texto

92



Pistón de cierre
del molde



Pistón de cierre
del molde

Pistón de cierre
del molde

Ajuste de espesor del
molde (rodilla)



M3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección

M3-4 Moldeo por sistema hidráulico y sus funciones

7, 8/Nov/2011

Índice

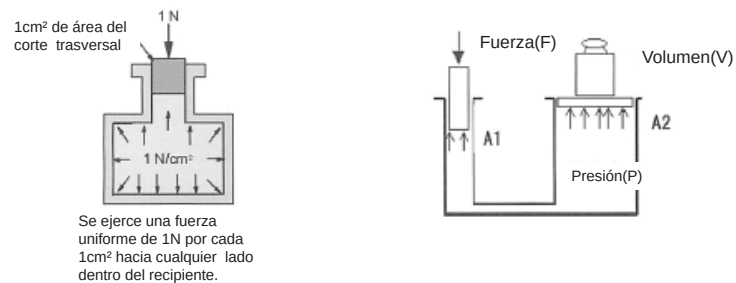
1	Conocimientos básicos del sistema hidráulico	1~4	P3~P6
2	Diagrama del sistema hidráulico en máquinas de moldeo	1~8	P7~P14
3	Función de cada parte y diagrama del sistema hidráulico	1~10	P15~P24
4	Velocidad y fuerza del cilindro hidráulico	1~4	P25~P28

1. Conocimientos básicos del sistema hidráulico-1

Fundamentos del sistema hidráulico ~ Ley de Pascal

La presión de unidad por área ejercida desde un punto a través de un fluido confinado transmite la misma fuerza hacia todas las direcciones, independientemente de la forma del recipiente.

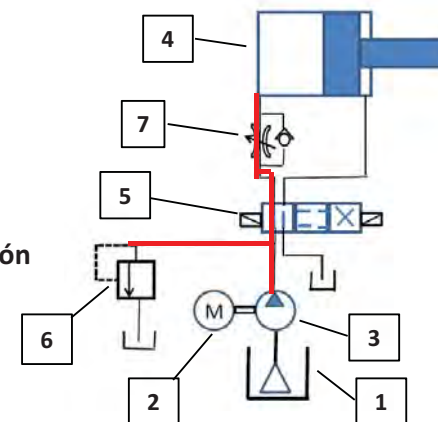
Los dispositivos hidráulicos pueden ejercer una fuerza enorme. Si la fuerza F es 10N y $A2/A1=10$ veces, la fuerza ejercida sobre $A2$ es 100N. En un dispositivo hidráulico real, la fuerza F se ejerce en la bomba y la parte grande $A2$ son los cilindros de cierre del molde y de inyección.



1. Conocimientos básicos del sistema hidráulico-2

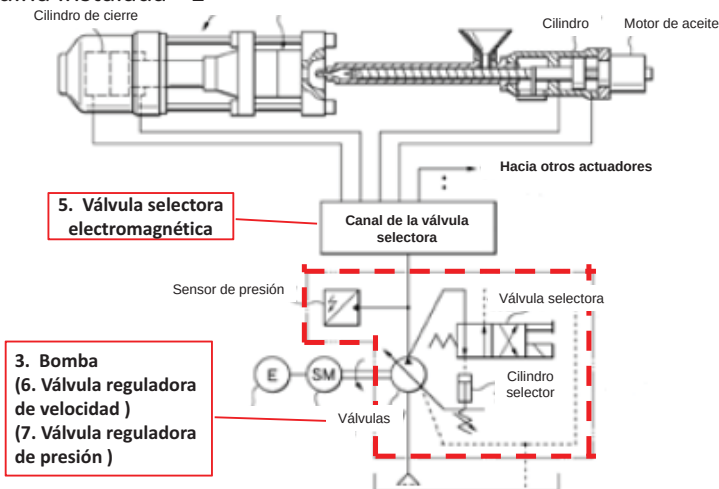
Fundamentos de la ruta del sistema hidráulico

1. Aceite (tanque de aceite hidráulico)
2. Motor (eléctrico)
3. Bomba
4. Cilindro
5. Válvula selectora electromagnética
6. Válvula reguladora de presión
7. Válvula reguladora de velocidad



1. Conocimientos básicos del sistema hidráulico -3

Información general de la ruta del sistema hidráulico de la máquina instalada - 1



NISSEI Escuela Texto

Sistema de moldeo hidráulico y su función

5

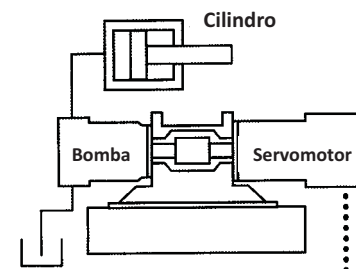
1. Conocimientos básicos del sistema hidráulico -4

Información general de la ruta del sistema hidráulico de la máquina instalada - 2

Servomotor: Realiza las rotaciones cuando se necesite las veces que sea necesario.

Cantidad de flujo: Número de revoluciones del servomotor.

Presión: Torque del servomotor.



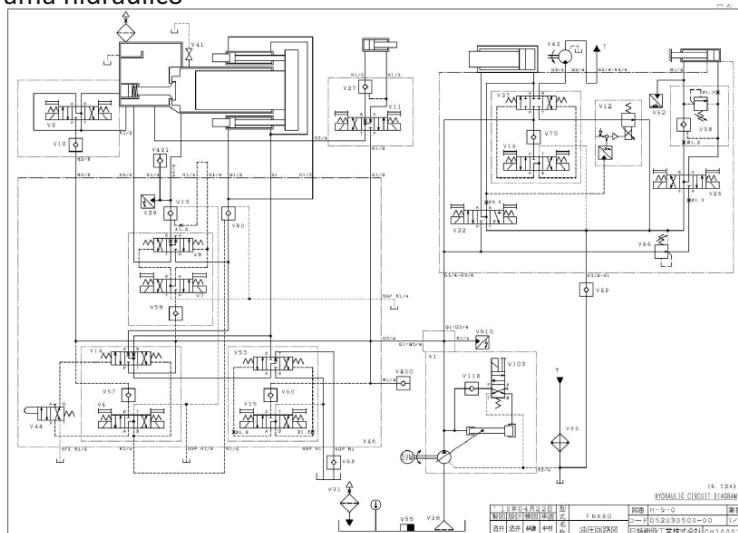
NISSEI Escuela Texto

Sistema de moldeo hidráulico y su función

6

2. Diagrama del sistema hidráulico de la máquina -1

Diagrama hidráulico



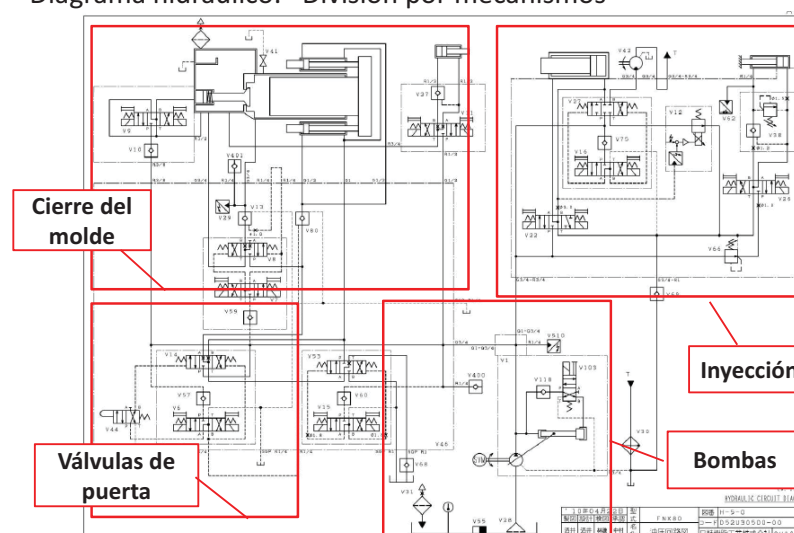
NISSEI Escuela Texto

Sistema de moldeo hidráulico y su función

7

2. Diagrama del sistema hidráulico de la máquina -2

Diagrama hidráulico: División por mecanismos



NISSEI Escuela Texto

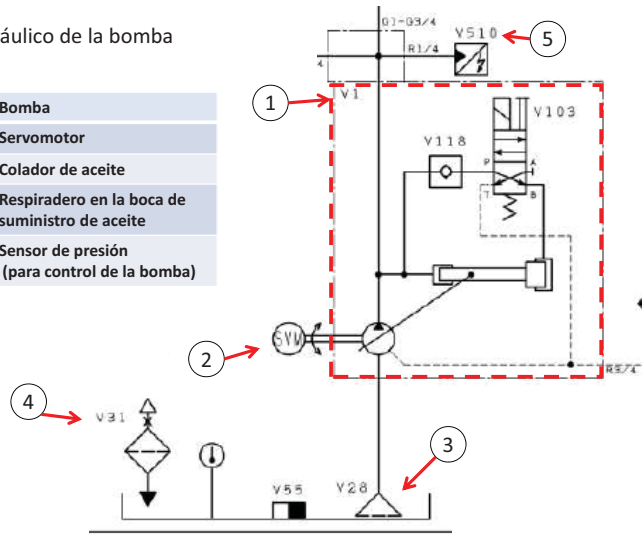
Sistema de moldeo hidráulico y su función

8

2. Diagrama del sistema hidráulico de la máquina -3

Diagrama hidráulico de la bomba

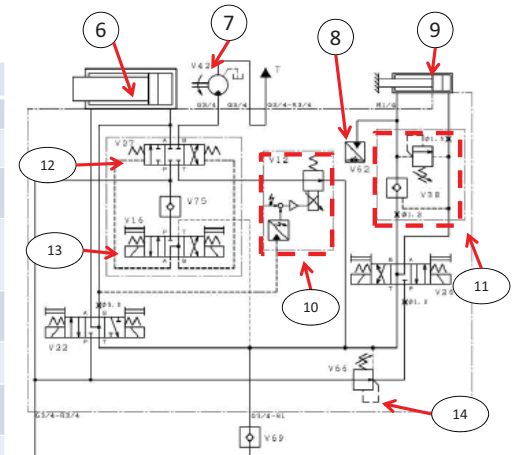
1	V1	Bomba
2	SYV	Servomotor
3	V28	Colador de aceite
4	V31	Respiradero en la boca de suministro de aceite
5	V510	Sensor de presión (para control de la bomba)



2. Diagrama del sistema hidráulico de la máquina -4

Diagrama hidráulico de la unidad de inyección

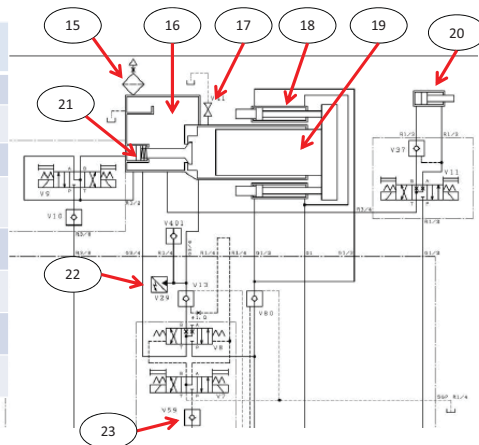
6		Cilindro de inyección
7	V42	Motor del aceite
8	V510	Interruptor de presión (P2)
9	V28	Cilindro de desplazamiento de la unidad de inyección
10	V12	Válvula reguladora de presión electromagnética. Contrapresión
11	V38	Válvula antirretorno tipo piloto
12		Válvula selectora de 4 vías
13		Válvula selectora electromagnética
14	V66	Válvula reductora



2. Diagrama del sistema hidráulico de la máquina - 5

Diagrama hidráulico de la unidad de cierre del molde

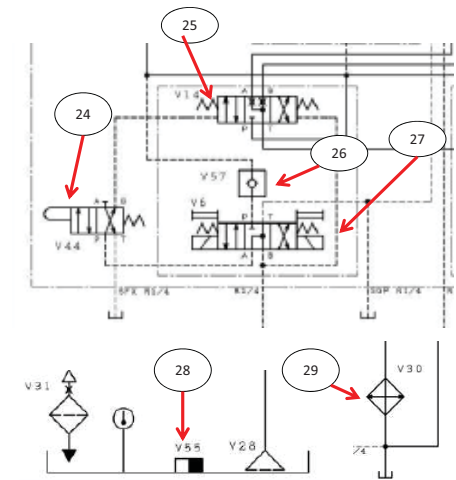
15		Respiradero en la boca de suministro de aceite
16		Tanque superior de aceite
17	V41	Grifo ventilador
18		Cilindro de avance rápido
19		Pistón de cierre del molde de alta presión
20		Cilindro eyector
21		Válvula de prealimentación
22	V29	Interruptor de presión (P1)
23	V59	Válvula antirretorno



2. Diagrama del sistema hidráulico de la máquina -6

Diagrama hidráulico de las puertas

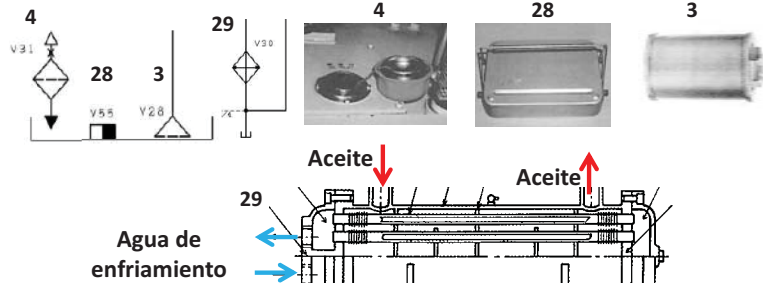
24	V44	Válvula de puerta
25		Válvula selectora de 4 vías (apertura/cierre del molde)
26	V57	Válvula antirretorno
27		Válvula selectora electromagnética
28	V55	Microseparador
29	V30	Enfriador de aceite



2. Diagrama del sistema hidráulico de la máquina -7

Función de las partes

3	Colador de aceite	Filtro de la entrada para absorción de aceite. Malla de 100µ.
4	Respiradero en la boca de suministro de aceite	Respiradero superior del tanque
28	Microseparador	Imán para la eliminación de metales. Se instala dentro del tanque de aceite.
29	Enfriador	Para enfriar el aceite hidráulico.



NISSEI Escuela Texto

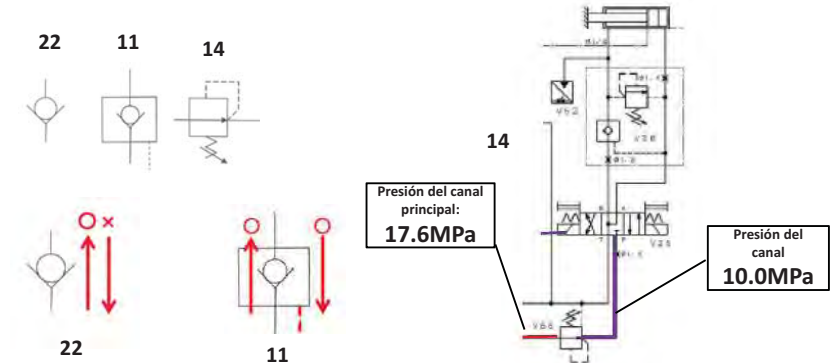
Sistema de moldeo hidráulico y su función

13

2. Diagrama del sistema hidráulico de la máquina -8

Función de las partes

22	Válvula antirretorno	Flujo de una dirección
11	Válvula antirretorno tipo piloto	Hace posible el flujo opuesto al utilizar canales tipo piloto.
14	Válvula reductora	Se configura una parte del canal con menor presión que la presión del canal principal. Es el canal del dispositivo de inyección.



NISSEI Escuela Texto

Sistema de moldeo hidráulico y su función

14

3. Función de las partes y diagrama hidráulico-1

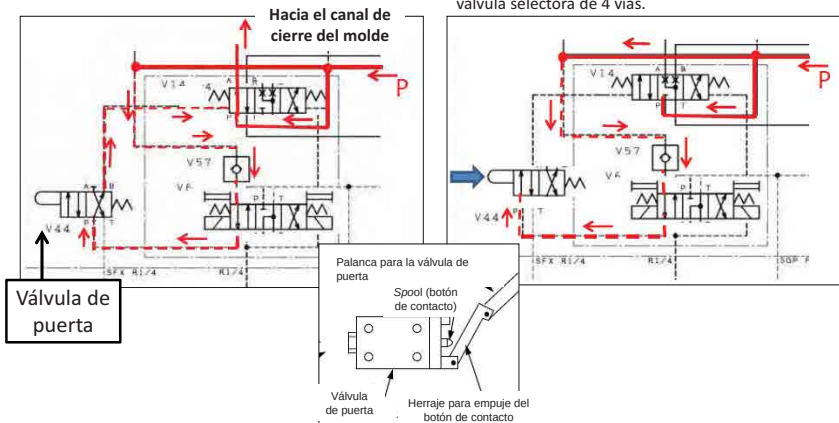
Diagrama hidráulico de las puertas

Cuando el molde está cerrado:

El canal piloto tiene paso y la válvula selectora de 4 vías está activada, dejando fluir aceite al canal de cierre del molde.

Cuando la puerta de seguridad abre durante el cierre del molde:

Se activó la válvula de puerta, esto hace cerrar el canal de piloto, dejando en posición neutral la válvula selectora de 4 vías.



NISSEI Escuela Texto

Sistema de moldeo hidráulico y su función

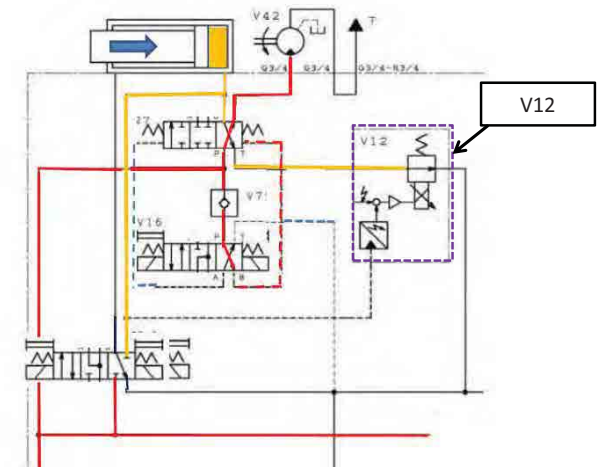
15

3. Función de las partes y diagrama hidráulico-2

Diagrama hidráulico de la válvula reguladora de presión electromagnética: V12 regulación de contrapresión

Durante la dosificación, la resina plastificada y fundida se envía hacia la punta del husillo y genera la presión, que hace retroceder el pistón de inyección.

La válvula reguladora de presión electromagnética V12 controla esa presión.



Sistema de moldeo hidráulico y su función

16

3. Función de las partes y diagrama hidráulico-3

Función de la válvula solenoide-1

Válvula solenoide

Cuando pasa la electricidad al solenoide, el botón de contacto es empujado haciendo que el flujo del canal cambie.

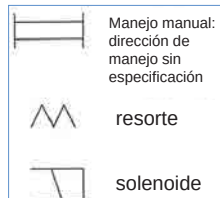
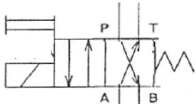
Cuando se interrumpe la electrificación, el botón de contacto regresa por la fuerza del resorte.

Hay dos especificaciones: válvula de solenoide doble y sencillo.

Válvula de solenoide doble



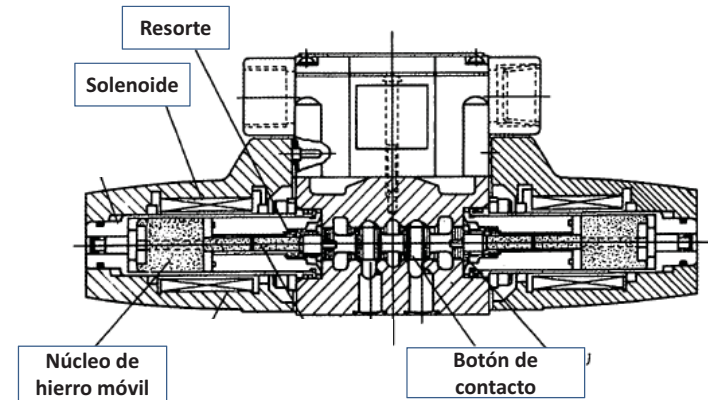
Válvula de solenoide sencillo



3. Función de las partes y diagrama hidráulico-4

Función de la válvula solenoide -2

Estructura de la válvula solenoide



3. Función de las partes y diagrama hidráulico-5

Función de la válvula solenoide -3

Movimiento y tipos de pasos en válvula solenoide

Neutral Paro P



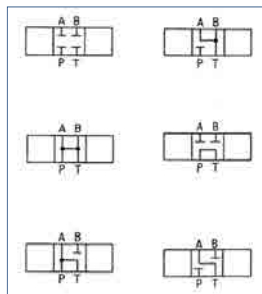
a Hay paso de electricidad: P→A



b Hay paso de electricidad: P→B



Tipos de paso

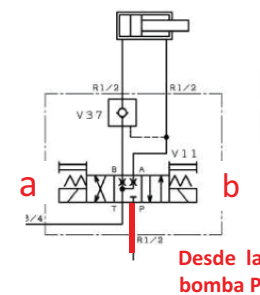


3. Función de las partes y diagrama hidráulico-6

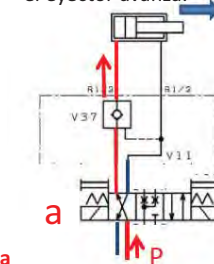
Función de la válvula solenoide -4

Movimiento de la válvula solenoide: cilindro de eyección

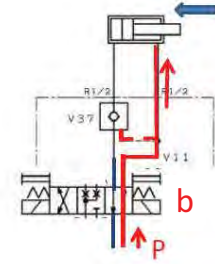
Estado OFF del solenoide



Bobina **a** se magnetiza y el eyector avanza.



Bobina **b** se magnetiza y el eyector retrocede.



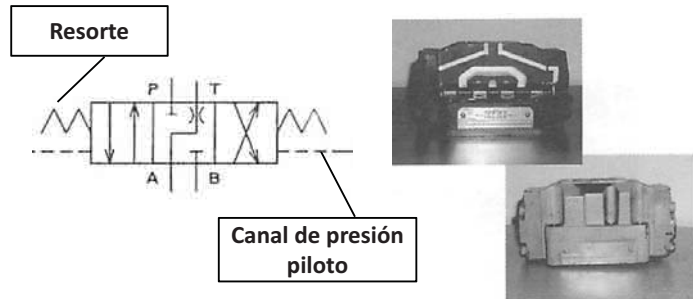
Tarea 1: ¿Por qué se necesita V37?

3. Función de las partes y diagrama hidráulico-7

Función de la válvula selectora de 4 vías -1

Válvula selectora de 4 vías

Los resortes están insertados en ambos extremos del botón de contacto. El botón de contacto es trasladado por la presión piloto que viene de afuera. Cuando ya no hay presión piloto, el botón de contacto regresa a su lugar por la fuerza del resorte. Se utiliza junto con la válvula solenoide.



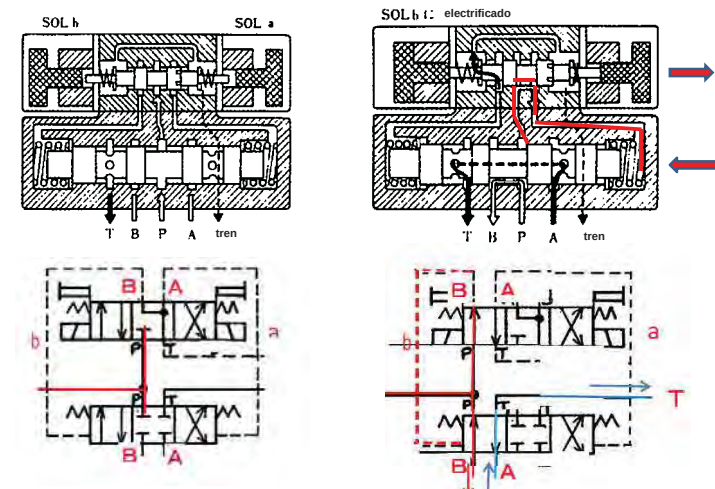
NISSEI Escuela Texto

Sistema de moldeo hidráulico y su función

21

3. Función de las partes y diagrama hidráulico-8

Función de la válvula selectora de 4 vías -2



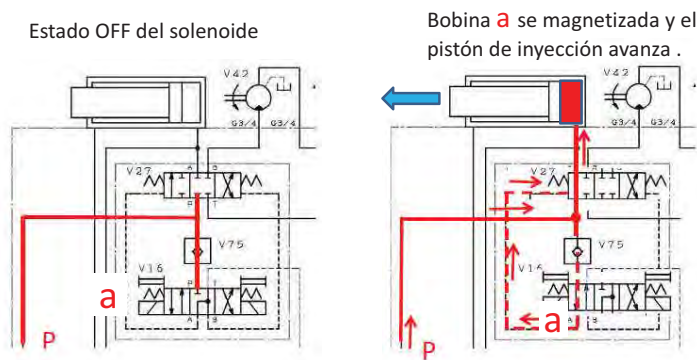
NISSEI Escuela Texto

Sistema de moldeo hidráulico y su función

22

3. Función de las partes y diagrama hidráulico-9

Acción de la válvula solenoide y válvula selectora de 4 vías – 1
Avance para la inyección



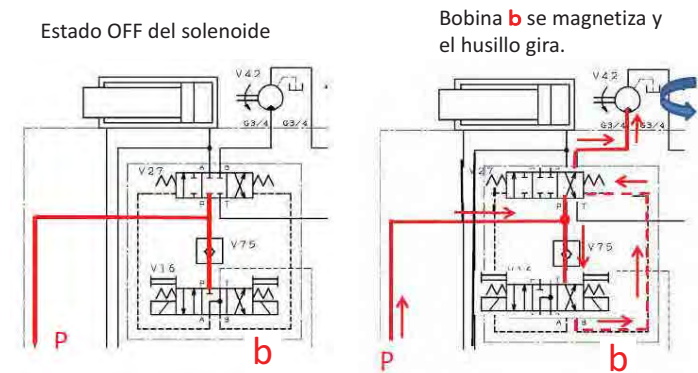
NISSEI Escuela Texto

Sistema de moldeo hidráulico y su función

23

3. Función de las partes y diagrama hidráulico-10

Acción de la válvula solenoide y válvula selectora de 4 vías – 2
Rotación del husillo



NISSEI Escuela Texto

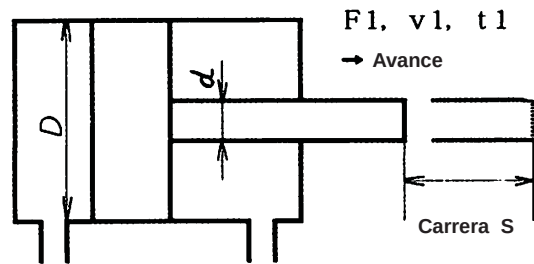
Sistema de moldeo hidráulico y su función

24

4. Velocidad y fuerza del cilindro hidráulico-1

La relación entre la velocidad y fuerza del cilindro hidráulico -1

$t_2, v_2, F_2 \leftarrow$ Retroceso



Hay 2 maneras para generar una fuerza mayor; ya sea aumentar presión o área.

Cuando se aumenta el área del cilindro, la velocidad baja y cuando se reduce, la velocidad aumenta.

4. Velocidad y fuerza del cilindro hidráulico-2

La relación entre la velocidad y la fuerza del cilindro hidráulico -2

	Avance	Retroceso
Fuerza (kgf)	$F_1 = P \times \frac{\pi D^2}{4}$	$F_2 = P \times \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$
Velocidad (cm/sec)	$V_1 = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$	$V_2 = \frac{Q}{\frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}}$
Tiempo (sec)	$t_1 = \frac{S}{V_1}$	$t_2 = \frac{S}{V_2}$
	D : Diámetro interno del cilindro (cm) d : Diámetro del émbolo (cm) * $1 \text{ kgf} = 9.8 \text{ N}$ * $1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.098 \text{ Mpa}$ P : Presión hidráulica (kgf/cm^2) * $1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3$ Q : Cantidad de flujo (cm^3/sec) S : Carrera (cm)	

4. Velocidad y fuerza del cilindro hidráulico-3

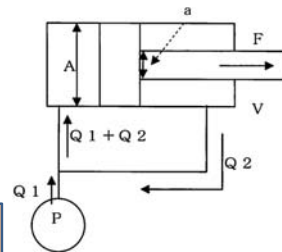
Canal diferencial – 1

Se puede acelerar el avance del pistón, aprovechando la diferencia de las áreas que hay en ambos lados del cilindro. Ese canal se denomina como canal diferencial y se utiliza para la apertura del molde en alta velocidad.

Como se muestra en el dibujo, se junta la descarga desde la bomba Q1 junto con la descarga de aceite que viene del cilindro del lado del émbolo y entra hacia el lado de la cabeza del cilindro, aumentando la velocidad del pistón. La cantidad de aumento de velocidad equivale a la velocidad de expulsión del área del émbolo del pistón por la descarga de la bomba Q1.

Cuando la presión hidráulica es P (kg/cm^2), la fuerza propulsora generada (kgf) es; $F = PA - P(A-a)$, $F = Pa$.

Disminuye la fuerza en comparación con el canal normal, por lo que este canal únicamente se usa para cargas bajas.



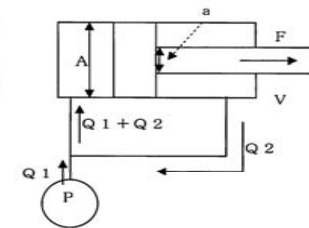
Tarea 2: ¿En qué zona se utiliza el canal diferencial?

4. Velocidad y fuerza del cilindro hidráulico-4

Canal diferencial – 2

(1) Velocidad (V)

Velocidad de avance del pistón	V	cm/sec
Descarga de la bomba	Q1	cm^3/sec
Área del lado de la cabeza del pistón	A	cm^2
Área del lado del émbolo del pistón	a	cm^2



$$V = \frac{Q_1 + Q_2}{A} \quad Q_2 = V(A - a)$$

$$V = \frac{Q_1 + V(A - a)}{A} \quad AV = Q_1 + AV - aV$$

$$V = \frac{Q_1}{a}$$

* Es el valor de descarga de la bomba dividido por el área del corte trasversal del émbolo.

M3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección

M3-5 Moldeo por sistema eléctrico y sus funciones

14y24y25/SEP/2012

Índice

1	Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo	1~11	P3~P13
2	Especificaciones de la máquina inyectora eléctrica	1~8	P14~P21
3	Forma de operar la máquina inyectora eléctrica	1~11	P22~P32

1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 1

(Repaso parcial del M 3-2 P19)

- 1) Es el sistema en que la fuerza motriz de cada parte proviene del servomotor en lugar del sistema hidráulico. La estructura básica es casi la misma que la de la máquina de inyección hidráulica.
- 2) Se puede listar 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 en consecuencia se reduce el ciclo de moldeo. (Por ejemplo, los productos de espesor delgado que se toma más tiempo de dosificación que el tiempo de enfriamiento, etc.)
 - 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 aceite hidráulico y es conveniente para el moldeo de recipientes para alimentos o productos médicos.
 - ④ La gran mayoría de los equipos de cierre de los molde es de tipo rodillera.

Q-1

La máquina inyectora eléctrica tiene tantas ventajas como se ha mencionado. Entonces, ¿por qué los fabricantes de productos moldeados en México no le dan preferencia a esta máquina eléctrica sino a la hidráulica en su mayoría?

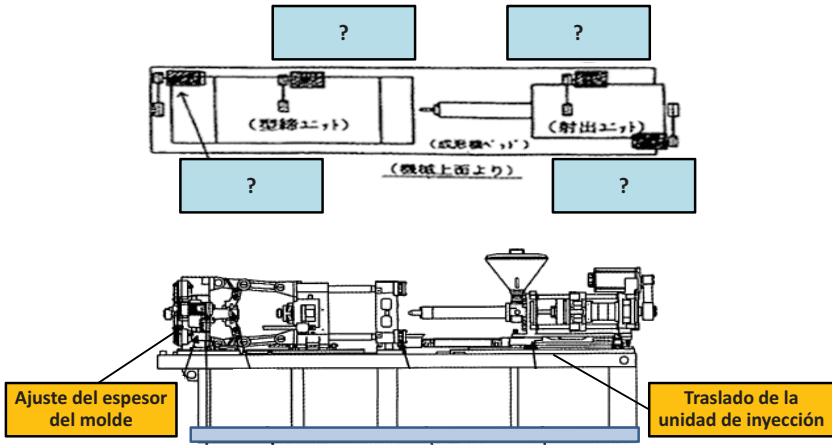
Q-2

La máquina híbrida puede tener diferentes combinaciones. ¿Qué partes son hidráulicas y otras eléctricas (o servomotores)?

1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 2

(Repaso parcial del M 3-2 p20)

- 1) Partes donde se utiliza el servomotor (cierre del molde con rodillera)
- 4 servomotores y 2 motores



1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 3

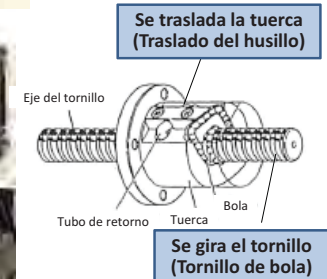
- 1) Comparación de la capacidad del motor entre las máquinas eléctrica e hidráulica
Ejemplo de la comparación entre 80Tonf y 50Tonf

	Eléctrica KW 80Tonf	Hidráulica KW 80Tonf	Eléctrica KW 50Tonf
Inyección	25		15
Revoluciones del husillo	6.5		3.5
Apertura/cierre del molde	5.5		4.5
Eyección	2		2
Ajuste del espesor del molde	0.2		
Traslado de la unidad de inyección	0.2		
Motor principal		15	1

1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 4

(Repaso M3-2 p22)

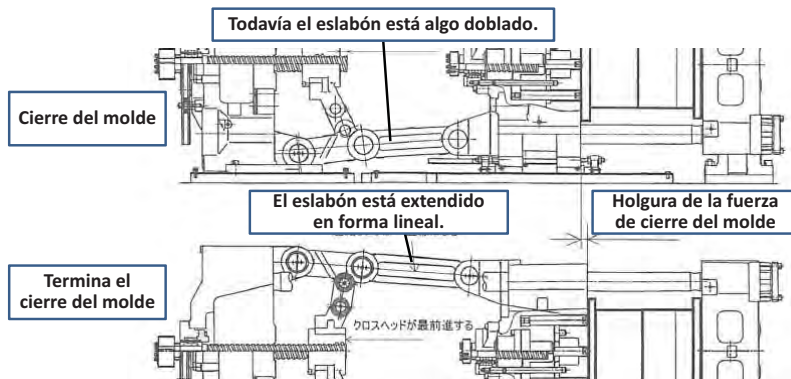
- 1) El movimiento de husillo es realizado por las revoluciones del tornillo de bola.



1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 5

(Repaso M 3-2 P28)

- 1) Se cierra completamente el molde antes de que se extienda totalmente la rodillera para que junto con la barra de acoplamiento (*Tie Bar*) termine de extenderse.
2) Se aprieta el molde con la fuerza elástica generada por el movimiento de la barra de acoplamiento.

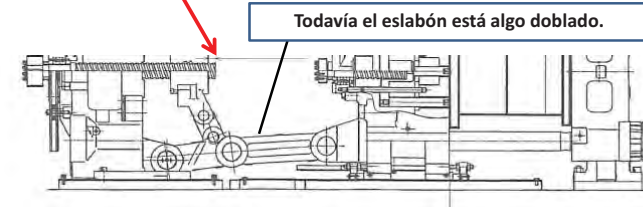


1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 6

- 1) Se cierra completamente el molde antes de que se extienda totalmente la rodillera.



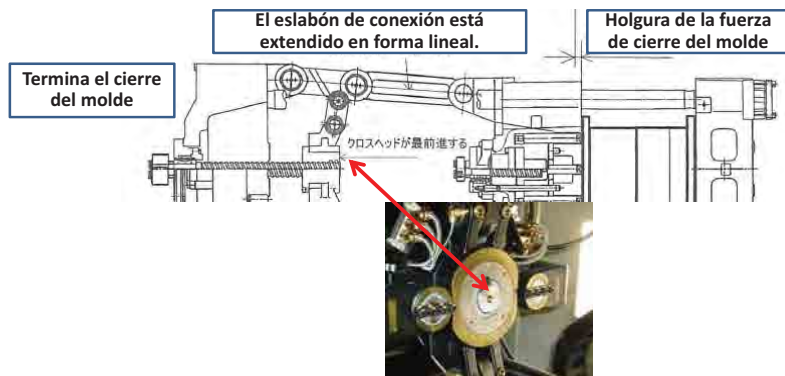
Cierre del molde



1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 7

- 1) Se ajusta la máquina de tal manera que cuando la rodillera quede extendida totalmente, la barra de acoplamiento (*Tie Bar*) también quede elongada.
- 2) Se aprieta el molde con la fuerza elástica generada por la elongación de la barra de acoplamiento.

Fuerza de cierre programada (* * Ton, KN)



1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 8

- 1) Se cierra completamente el molde antes de que se extienda totalmente la rodillera para que junto con la barra de acoplamiento (*Tie Bar*) termine de elongarse.
- 2) Se aprieta el molde con la fuerza elástica generada por la elongación de la barra de acoplamiento.

Medio camino para cerrar el molde



Terminó el cierre del molde.

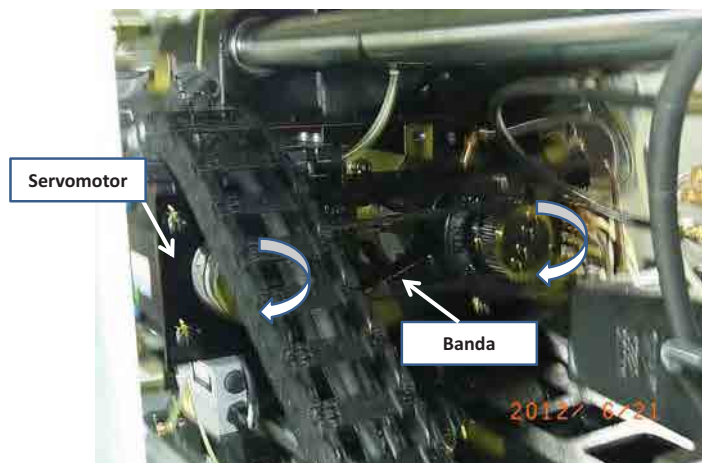


Cierre total del molde (Fuerza de cierre del molde)



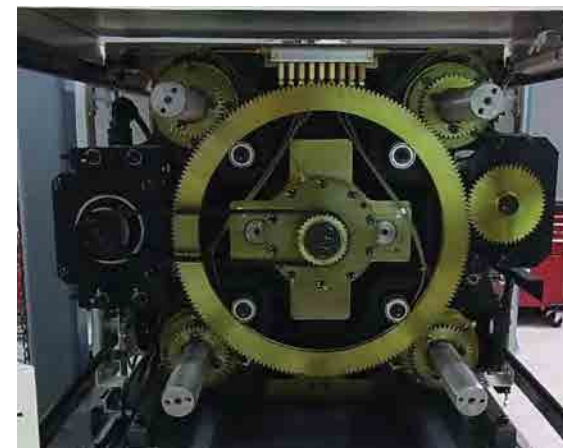
1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 9

- 1) Eyección



1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 10

- 1) Ajuste de espesor del molde: ¿Cómo se ajusta?



1. Conocimientos básicos del sistema eléctrico de moldeo – 11

¿Dónde está el servomotor de inyección?

¿Dónde está el servomotor de abrir y cerrar el molde?

¿Dónde están los dispositivos mecánicos de seguridad?



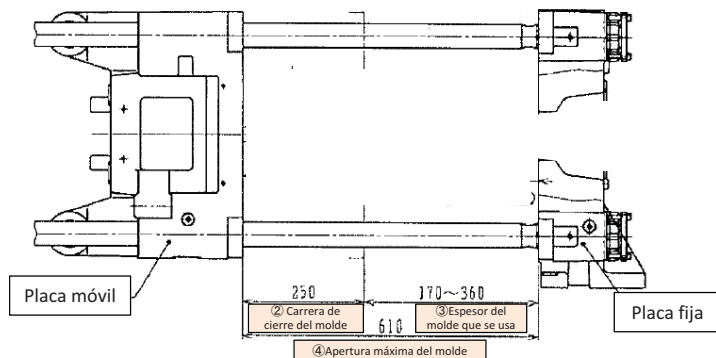
2. Especificaciones de la máquina inyectora eléctrica – 1

①	Fuerza de cierre del molde	KN	490
②	Carrera de cierre del molde	mm	250
③	Espesor del molde que se usa	mm	170~360
④	Apertura máxima del molde: distancia	mm	610
⑤	Distancias entre las barras de acoplamiento (HxV)	mm	360x360
⑥	Dimensiones de las placas portamoldes (HxV)	mm	505x505
⑦	Dimensiones mínimas del molde (HxV)	mm	255x255
⑧	Diámetro del anillo centrador	mm	100
⑨	Carrera de eyección	mm	70
⑩	Distancia saliente de la boquilla	mm	30
⑪	Dimensiones de la máquina (LxWxH)	m	3.52x1.05x1.60
⑫	Dimensiones de la base (LxWxH)	m	3.09x0.72

(1MPa=10,2kg/cm², 1KN=0.102 Tonf)

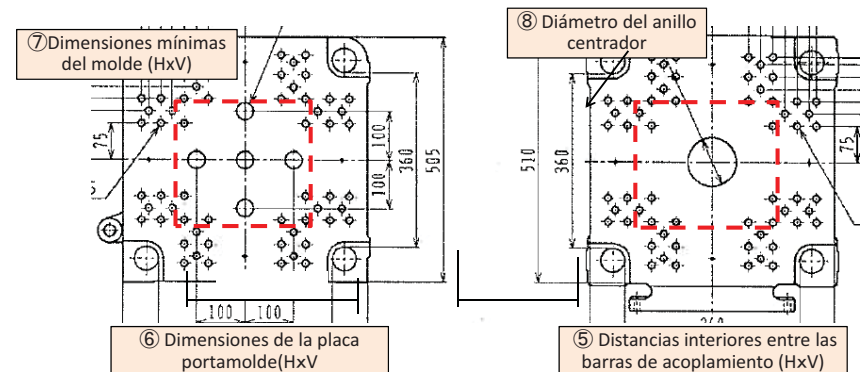
2. Especificaciones de la máquina inyectora eléctrica – 2

- | | |
|---|---|
| ② Carrera del cierre del molde: 250mm | Carrera máxima |
| ③ Espesor del molde que se usa: 170~360mm | Espesor del molde factible para se usado en la máquina. |
| ④ Apertura máxima del molde: 610mm | Distancia máxima que puede abrir el molde. |

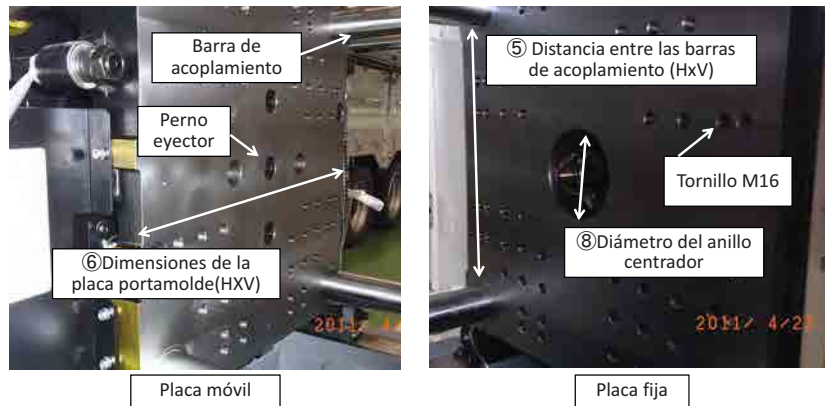


2. Especificaciones de la máquina inyectora eléctrica – 3

- ⑤ Distancias interiores entre las barras de acoplamiento (HxV): 360x360 mm
- ⑥ Dimensiones de la placa portamolde(HxV): 505x505 mm (Dimensiones máximas de la placa)
- ⑦ Dimensiones mínimas del molde (HxV): 255x255 mm (Dimensiones del molde más pequeñas que se puede cerrar con la fuerza máxima de cierre del molde)
- ⑧ Diámetro del anillo centrador: 100mm (Dimensiones del anillo centrador)

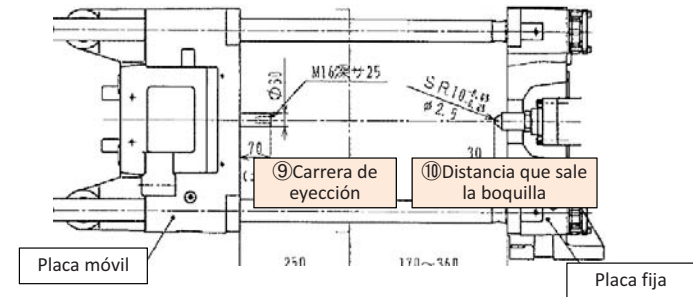


2. Especificaciones de la máquina inyectora eléctrica – 4



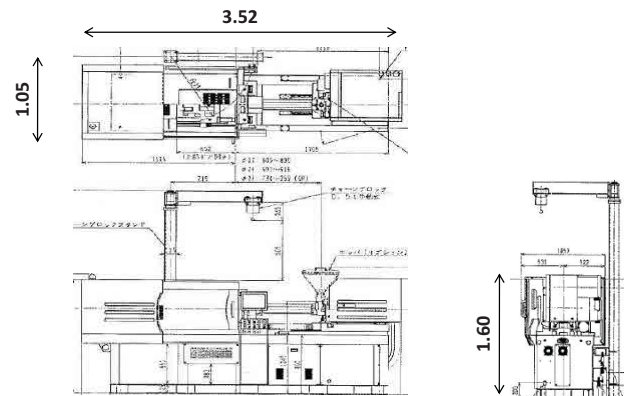
2. Especificaciones de la máquina inyectora eléctrica – 5

- ⑨ Carrera de eyección: 75mm (Carrera máxima)
- ⑩ Distancia de la parte saliente de la boquilla: 30mm (Distancia máx. que puede salir la boquilla)



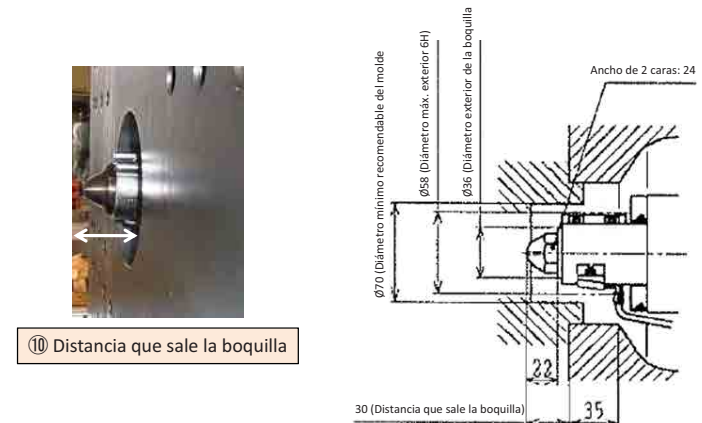
2. Especificaciones de la máquina inyectora eléctrica – 6

- ⑪ Dimensiones de la máquina (LxWxH): 3.52x1.05x1.60m
- ⑫ Dimensiones de la base (LxWxH): 3.09x0.72m



2. Especificaciones de la máquina inyectora eléctrica – 7

- ⑩ Distancia que sale la boquilla: 30mmØ
- Dimensiones de la punta de la boquilla y del calefactor: Se usan para diseñar el molde.



2. Especificaciones de la máquina inyectora eléctrica – 8

⑬	Diámetro del husillo	mm	26
⑭	Volumen de inyección		49
⑮	Capacidad de plastificación (PS)	Kg/h	23
⑯	Presión de inyección	MPa	196
⑰	Tasa de inyección	cm ³ /sec	265
⑱	Velocidad de inyección	mm/sec	500
⑲	Revoluciones del husillo	rpm	~350

Capacidad de plastificación: Volumen de resina que se puede plastificar por una unidad de tiempo

Las condiciones y procedimiento para calcular el valor de PS son siguientes; la temperatura mínima de la resina es 210 °C, hacer 10 purgas con carrera al 50%, pesar el volumen total de la resina purgada para dividirlo entre el tiempo de duración en que el husillo daba vueltas.

(El cálculo del valor arriba mencionado no incluye el tiempo de inyección, por lo que la capacidad de plastificación no es igual a la capacidad de inyección.)

El husillo de la máquina inyectora avanza y retrocede de manera intermitente. En cambio, el husillo de la máquina extrusora gira constantemente, pero no avanza ni retrocede.

L/D (Máquina inyectora < Extrusora)

NISSEI Escuela Texto

Sistema eléctrico de moldeo y sus funciones

21

3. Forma de operar la máquina inyectora – 1

Diferencias en el panel de control



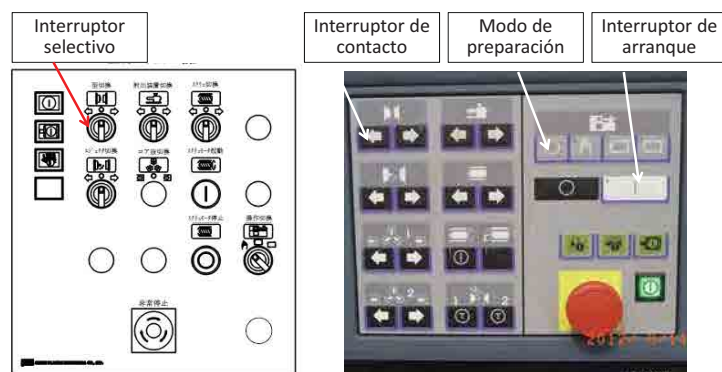
NISSEI Escuela Texto

Sistema eléctrico de moldeo y sus funciones

22

3. Forma de operar la máquina inyectora – 2

Diferencias en los interruptores del panel de control



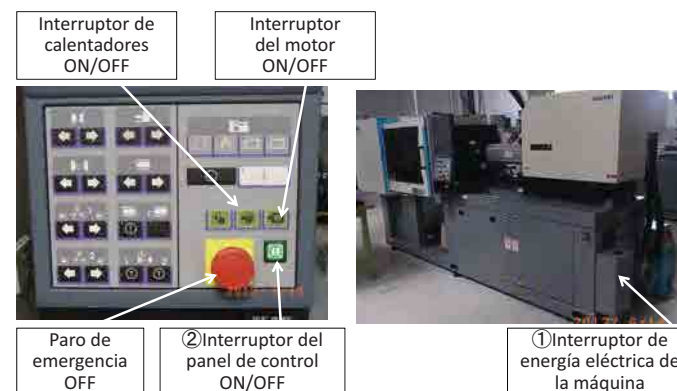
NISSEI Escuela Texto

Sistema eléctrico de moldeo y sus funciones

23

3. Forma de operar la máquina inyectora – 3

Secuencia de activar la energía eléctrica



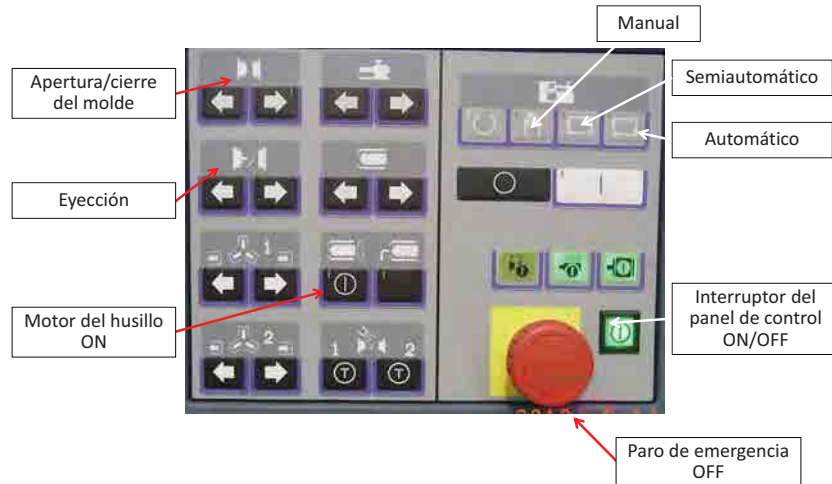
NISSEI Escuela Texto

Sistema eléctrico de moldeo y sus funciones

24

3. Forma de operar la máquina inyectora – 4

Panel de control: Interruptores de contacto



NISSEI Escuela Texto

Sistema eléctrico de moldeo y sus funciones

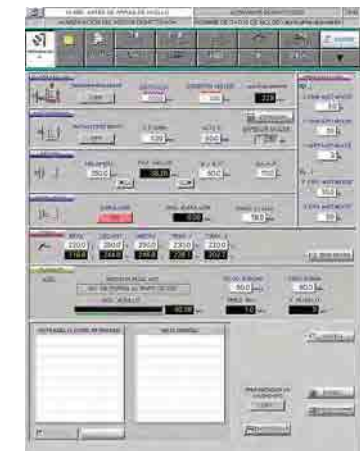
25

3. Forma de operar la máquina inyectora – 5

Comparación de las primeras ventanas después de prender el panel de control. Un minuto después de prender el panel de control, aparece la primera ventana. **No deben apagar** el panel antes de que aparezca esta ventana.



NEX50 Primera ventana: aparece la última ventana con que terminó la operación anterior.



NISSEI Escuela Texto

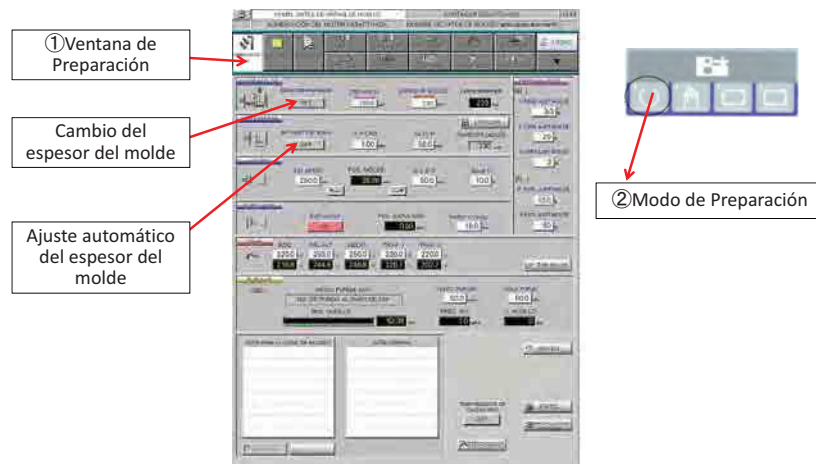
Sistema eléctrico de moldeo y sus funciones

26

3. Forma de operar la máquina inyectora – 6

Ventana de “Preparación”

Oprimir el botón de ventana de ① “Preparación” o ② el de modo de “Preparación”



NISSEI Escuela Texto

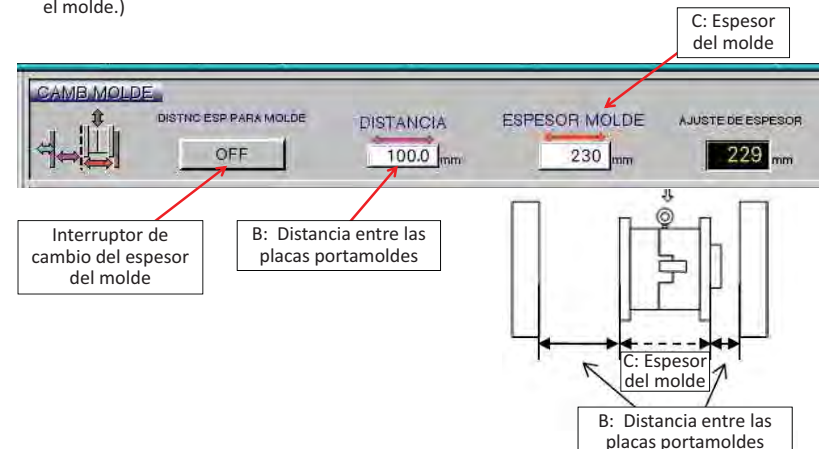
Sistema eléctrico de moldeo y sus funciones

27

3. Forma de operar la máquina inyectora – 7

Montaje del molde – 1

Seleccionar el modo de Preparación → Configurar B y C → Activar el interruptor de “Cambio de espesor del molde”. (Abrir la distancia entre las placas portamolde necesaria para montar el molde.)



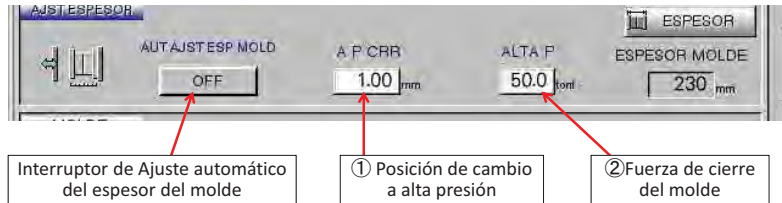
NISSEI Escuela Texto

Sistema eléctrico de moldeo y sus funciones

28

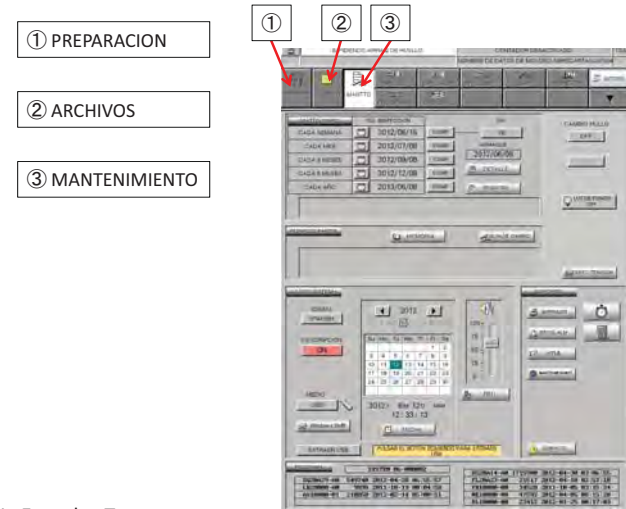
3. Forma de operar la máquina inyectora – 8 Montaje del molde – 2

Configurar ① Posición de cambio a alta presión y ② fuerza de cierre del molde
→ Activar el interruptor de “Ajuste automático del espesor del molde”.



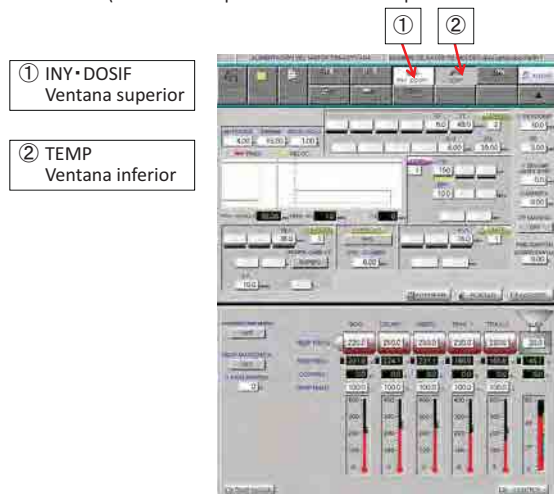
3. Forma de operar la máquina inyectora – 9 Ventanas para indicación

① ② ③ son indicaciones generales que aparecen en cada botón. (③ está en pantalla actual.)

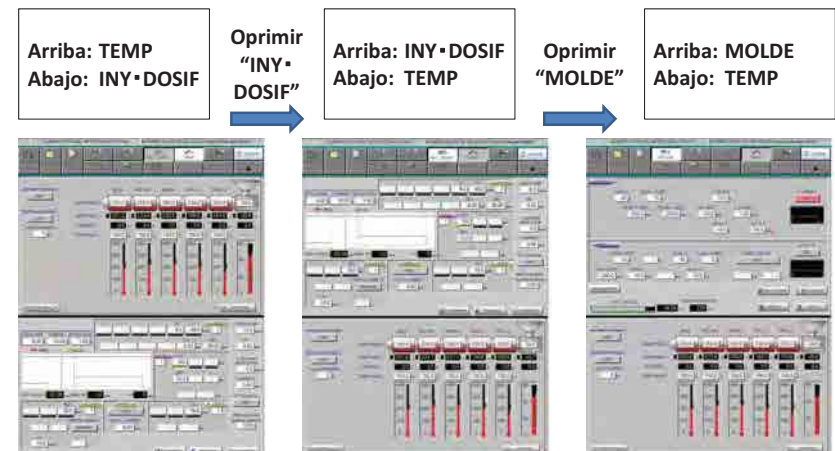


3. Forma de operar la máquina inyectora – 10 Ventanas de indicación

Aparecen dos ventanas. (La ventana superior tiene su interruptor en color blanco.)



3. Forma de operar la máquina inyectora – 11 Forma de cambiar la posición de las ventanas



M3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección

M3-6 Sistema de control y sus funciones

Feb/2012

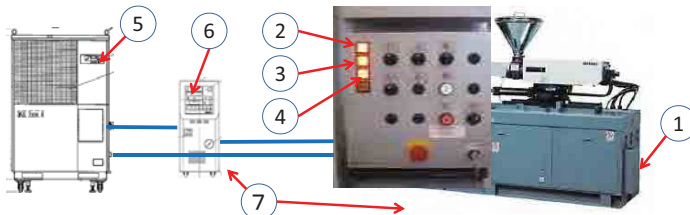
Índice

1	Operación de la máquina inyectora	1~2	P3~P4
2	Diagrama de circuitos eléctricos de potencia de la máquina inyectora	1~21	P5~P25
3	Diagrama de circuitos de control de la inyectora	1~13	P26~P38
4	Movimientos básicos de control de la inyectora	1~3	P39~P41

1. Operación de la máquina inyectora -1

1. Procedimiento de arranque de la máquina inyectora (repaso)

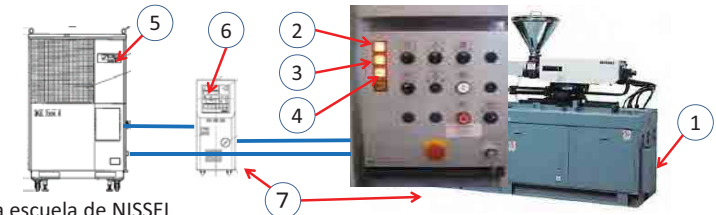
- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦



1. Operación de la máquina inyectora-2

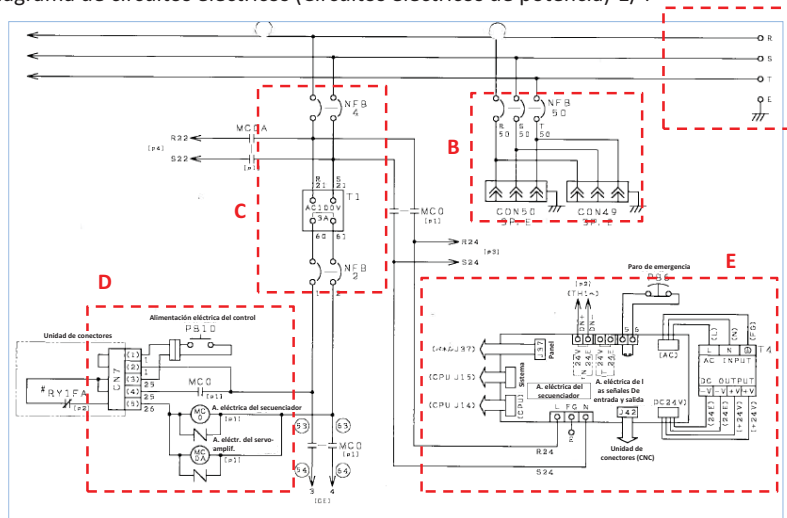
1. Procedimiento de arranque de la máquina inyectora (repaso)

- ① Encender la alimentación eléctrica de la máquina inyectora.
- ② Panel de control: Activar el botón de la alimentación eléctrica del control. (Se enciende la luz).
- ③ Panel de control: Encender la alimentación eléctrica del motor. (Se enciende la luz del motor de rotación).
- ④ Panel de control: Activar el botón de la alimentación eléctrica de los calefactores.
- ⑤ Enfriador del agua: Activar el botón de la alimentación eléctrica del control y del motor (Rotación del motor), y abrir la llave de agua.
- ⑥ Termocontrolador del molde: Activar el botón de la alimentación eléctrica del control y del motor (Rotación del motor), y abrir la llave de agua.
- ⑦ Revisar fugas de aceite y de agua alrededor de la inyectora y del molde.



2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -1

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de potencia)-1/4



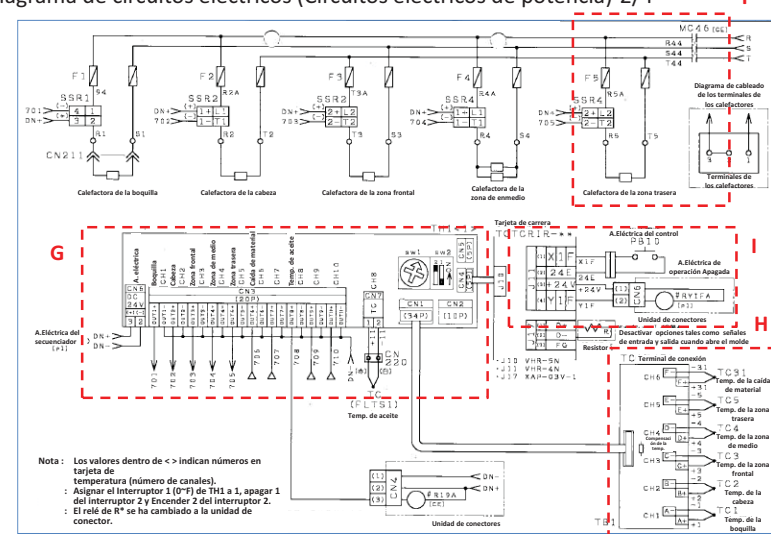
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

5

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -2

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de potencia)-2/4



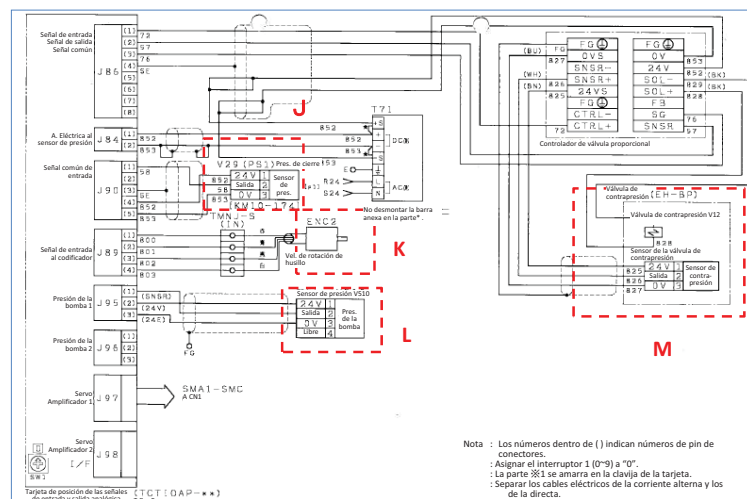
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

6

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -3

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de potencia)-3/4



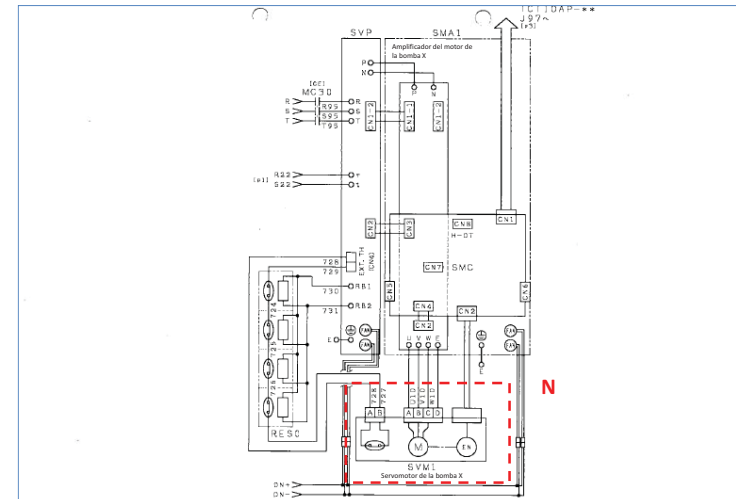
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

7

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -4

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de potencia)-4/4



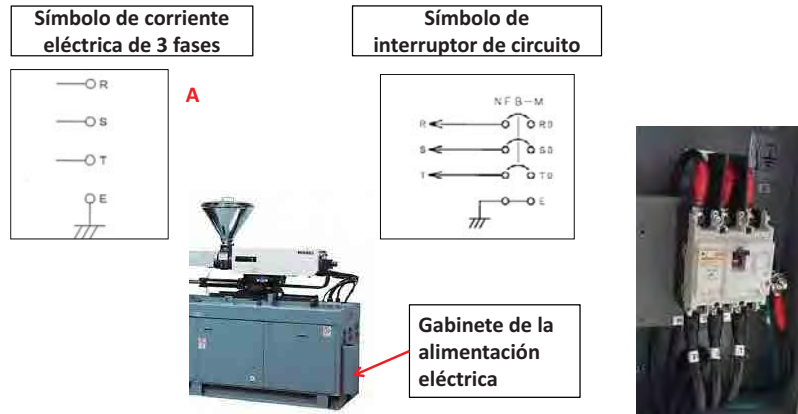
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

8

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -5

- A** Alimentación eléctrica de 3 fases
 Interruptor (No Fuse Breaker) dentro del gabinete de la alimentación eléctrica
 Alimentación eléctrica principal: 220V 60A



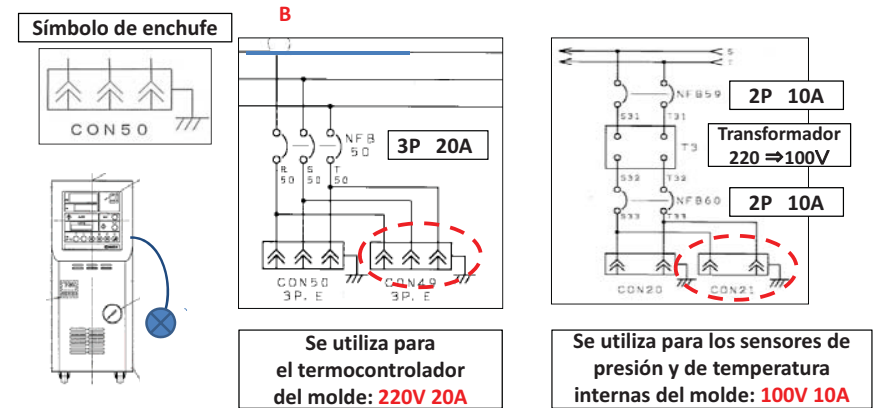
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

9

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -6

- B** Caja de enchufes
 Se utiliza para la alimentación eléctrica de los equipos periféricos.
 Cuidar con el voltaje, capacidad y tipo.



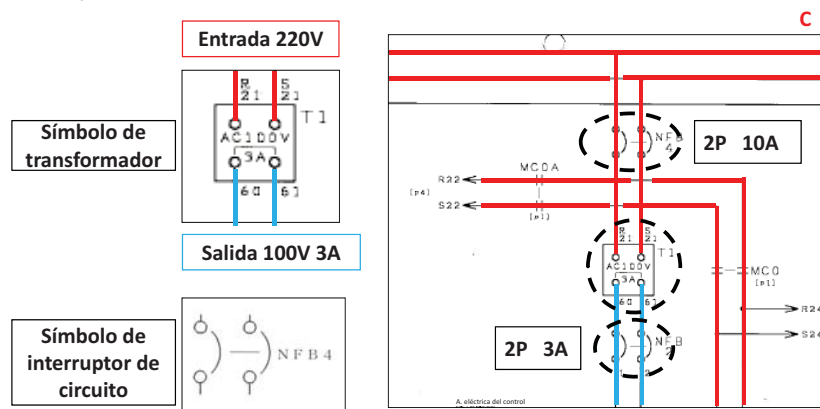
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

10

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -7

- C** Transformador (Transformador de voltaje) : Cuidar con el voltaje y a la capacidad.
 Interruptor (Interruptor de circuito) Interruptor sin fusible • Cuidar con la capacidad



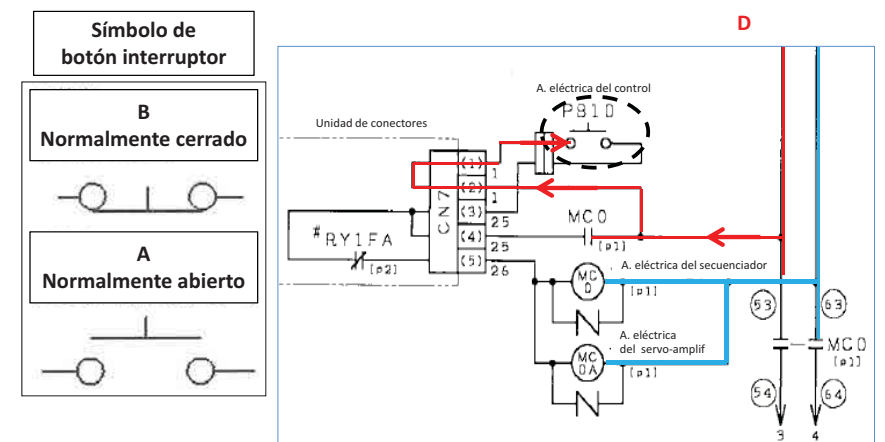
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

11

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -8

- D-1** Panel de control : Alimentación eléctrica del control botón interruptor



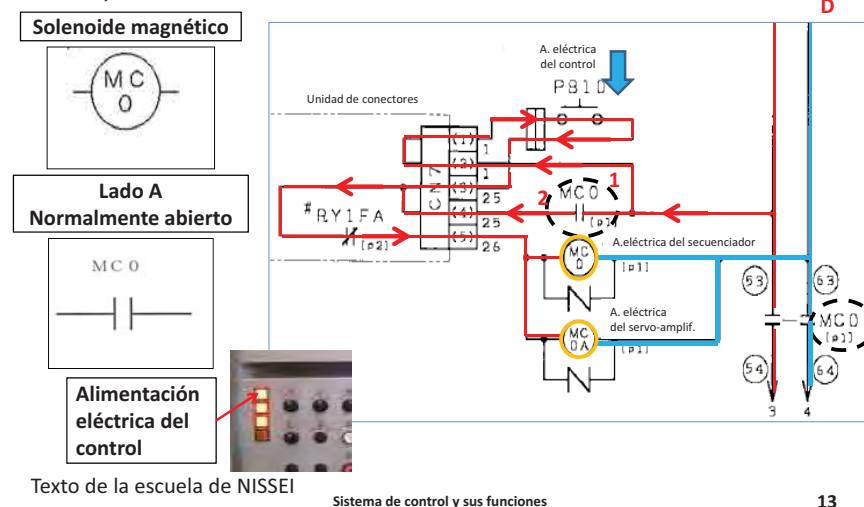
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

12

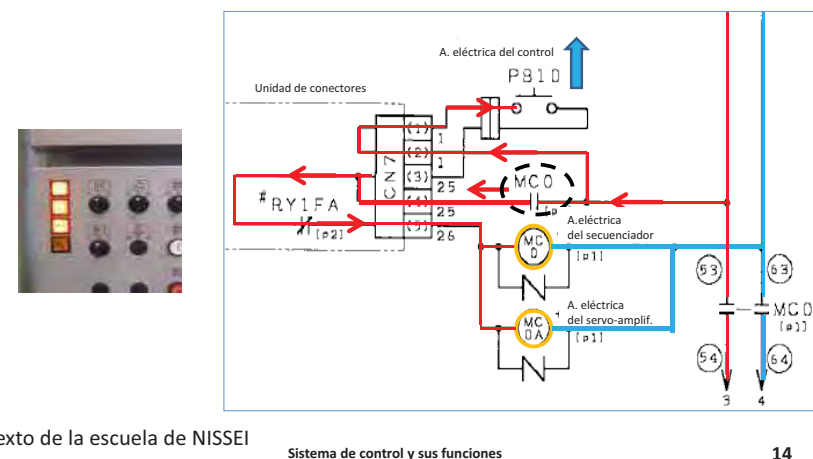
2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -9

D-2 Panel de control : Alimentación eléctrica del control Activar el botón interruptor Activar el contactor magnético. Activar el punto de contacto A, y enciende la luz.



2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -10

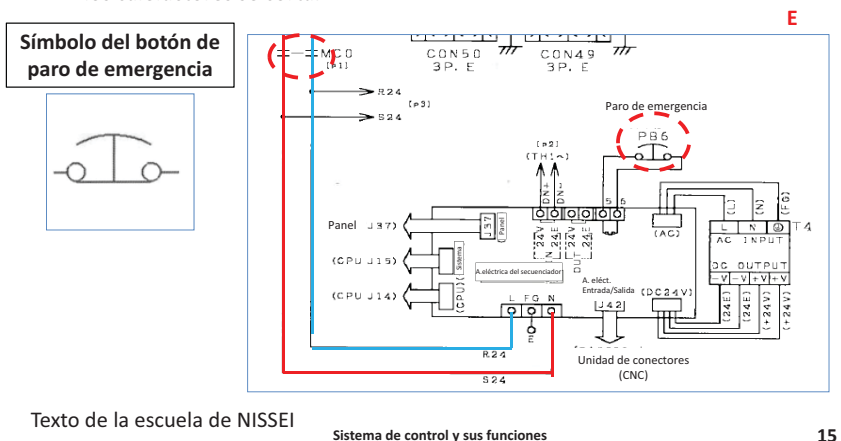
D-3 Panel de control: Alimentación eléctrica del control Activar el botón interruptor (Enciende la luz). Se activa el punto de contacto A y permanece activa la alimentación eléctrica aunque se libere el botón interruptor. (**Circuito de auto enclavamiento**)



2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -11

E Alimentación eléctrica del secuenciador y botón de paro de emergencia

Cuando se energiza el solenoide MC0, tiene lugar el contacto en A y se alimenta la unidad de poder del secuenciador. Al oprimir el botón de paro de emergencia, se corta el circuito y consecuentemente la alimentación eléctrica del motor y de los calefactores se corta.



2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -12

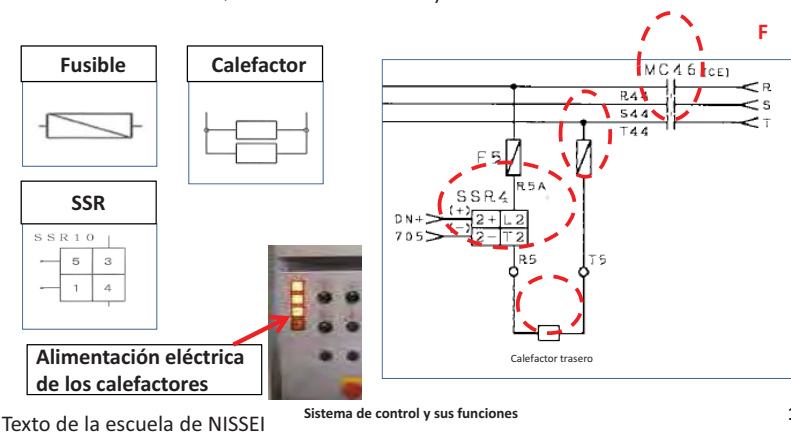
F Alimentación eléctrica de los calefactores:

Encienden cuando se conecta el punto de contacto MC46.

Fusible: Varían las especificaciones de los fusibles dependiendo de la capacidad de los calefactores. Es un circuito de seguridad.

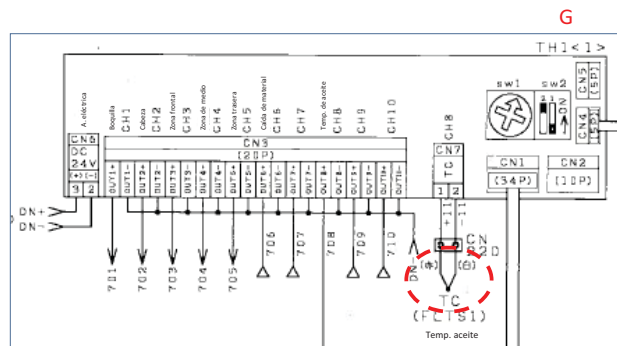
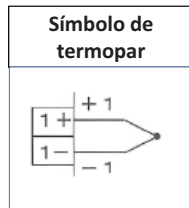
Calefactores: Varían la capacidad dependiendo de la posición de uso (Voltaje 220V)

SSR (Relé de estado sólido):



2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -13

- G** Tarjeta de temperatura: Se activa la alimentación de los calefactores, cuando tiene lugar en el contacto del punto MC46.
Fusible, Calefactores, SSR (Relé de estado sólido)



Texto de la escuela de NISSEI

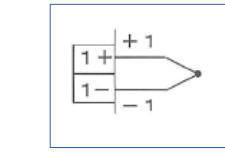
Sistema de control y sus funciones

17

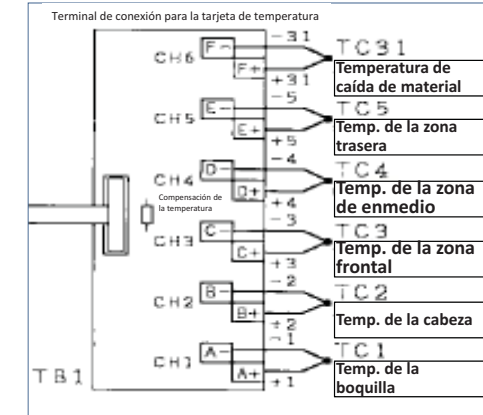
2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -14

- H** Terminal de conexión para termopares:
Termopar Tipo K (Cromo-Aluminio), Revestimiento: Azul
⇒ Está equipado en la inyectora de 80Ton
Tipo J (Hierro-Constantán), Revestimiento: Amarillo

Símbolo de termopar



Texto de la escuela de NISSEI

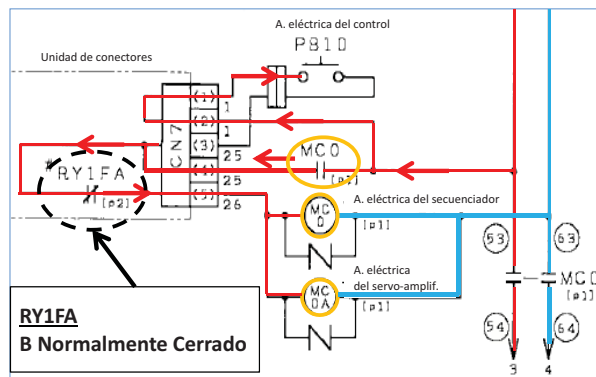
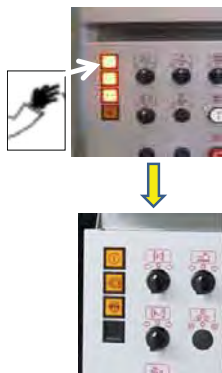


Sistema de control y sus funciones

18

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -15

- I-1** Desactivar la alimentación eléctrica del control:
Se apaga al oprimir nuevamente el botón interruptor del control.
(El contacto B está integrado en el circuito de arranque)



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

19

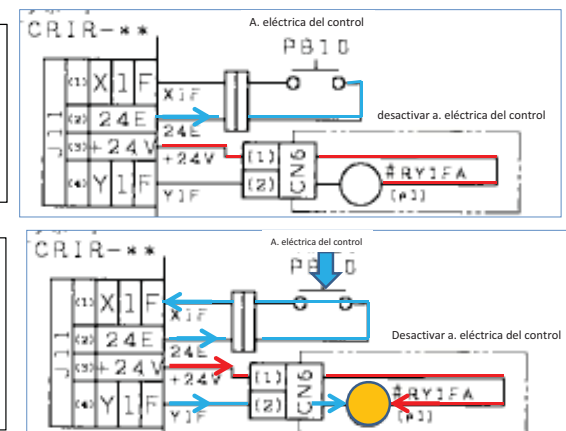
2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -16

- I-2** Desactivar la alimentación eléctrica del control
Se apaga al oprimir nuevamente el botón interruptor del control.
Se activa RY1FA y consecuentemente se corta el circuito de la posición B.

Encender la alimentación eléctrica del control

PB10-Activar RY1FA
Se activa el solenoide
Se desactiva la alimentación eléctrica del control

Texto de la escuela de NISSEI

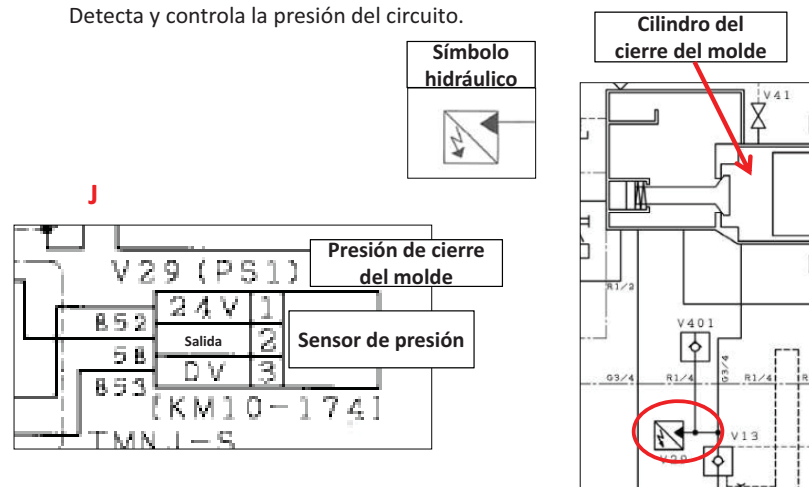


Sistema de control y sus funciones

20

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -17

- J** Sensor de presión (PS-1):
Detecta y controla la presión del circuito.



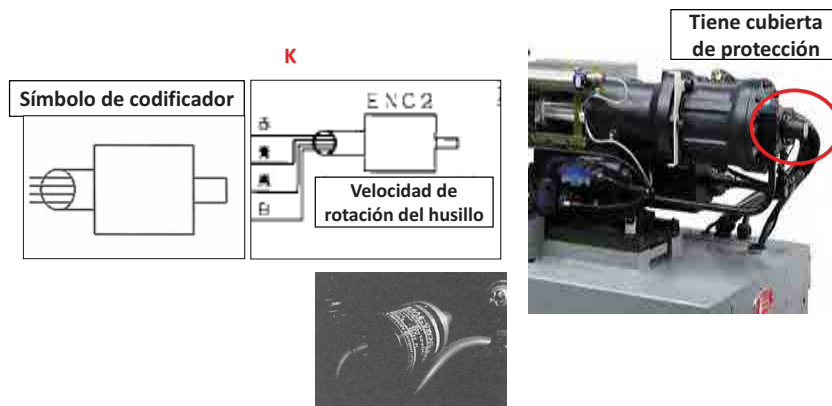
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

21

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -18

- K** Codificador (Velocidad de rotación del husillo)
Detecta y controla la velocidad de rotación. Cuando está ensamblado en una inyectora eléctrica (de servomotor), tiene la función de detectar la posición al mismo tiempo.



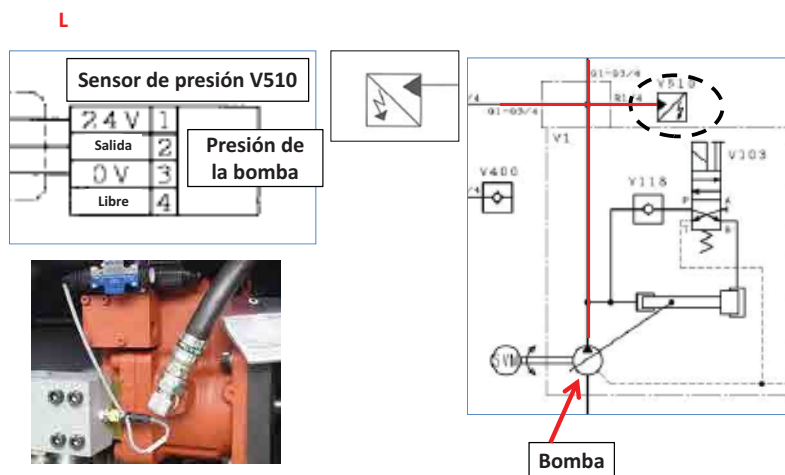
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

22

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -19

- L** Sensor de presión (Presión de la bomba hidráulica):
Detecta y controla la presión de salida.



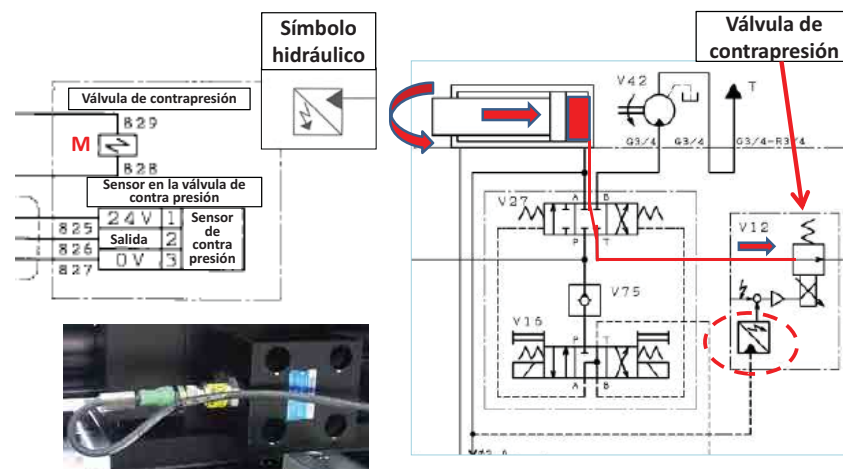
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

23

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -20

- M** Sensor de contrapresión (Está ensamblado en la válvula de contrapresión):
Regulador de la contrapresión en la etapa de dosificación



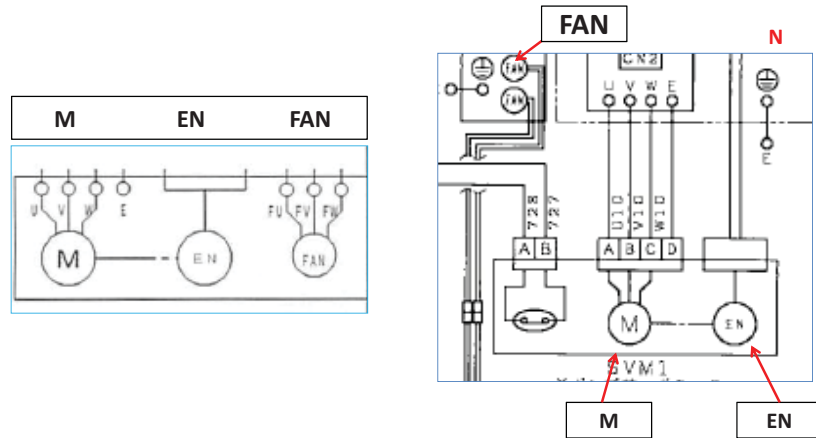
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

24

2. Diagrama de circuitos eléctricos de la máquina inyectora -21

- N** Servomotor (M) : Para la bomba hidráulica
 Codificador (EN) : Detección de velocidad y posición
 Ventilador (FAN) : Para enfriar el servomotor



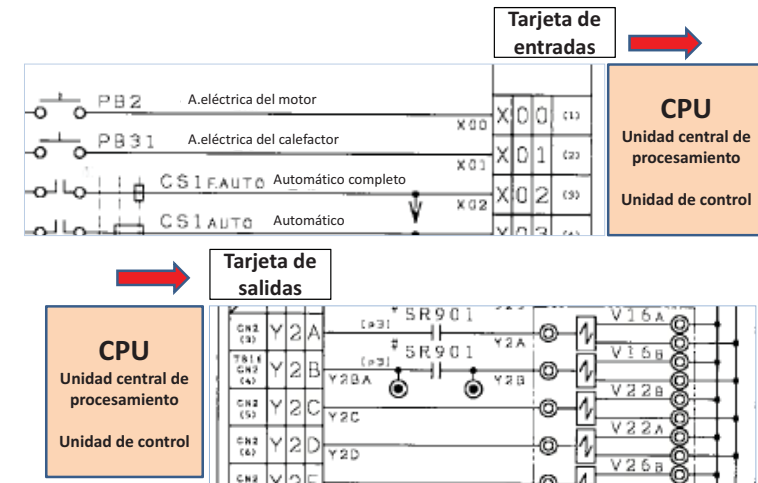
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

25

3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -1

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -1/4



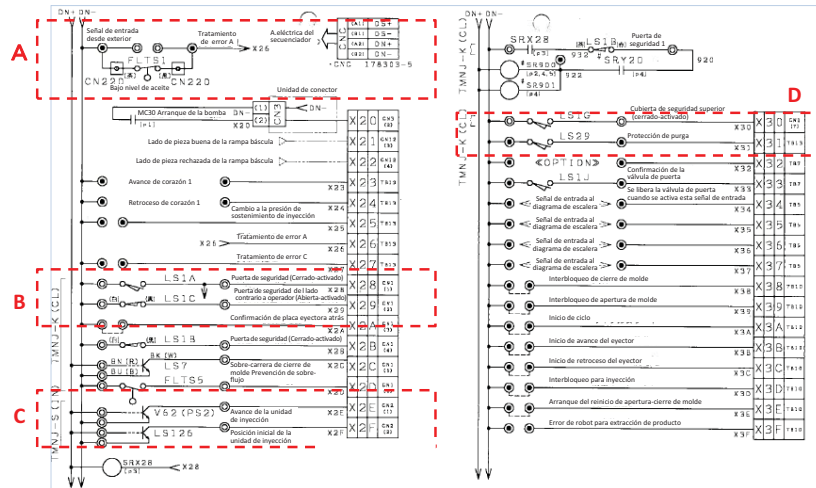
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

26

3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -2

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -2/4



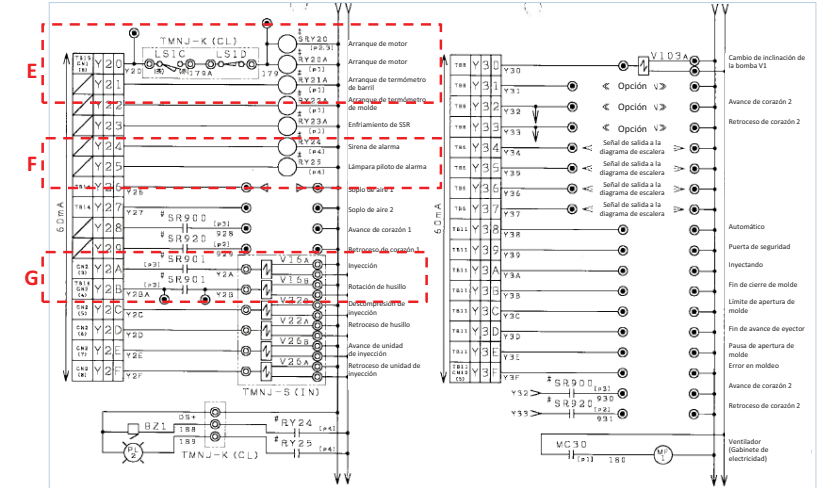
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

27

3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -3

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -3/4



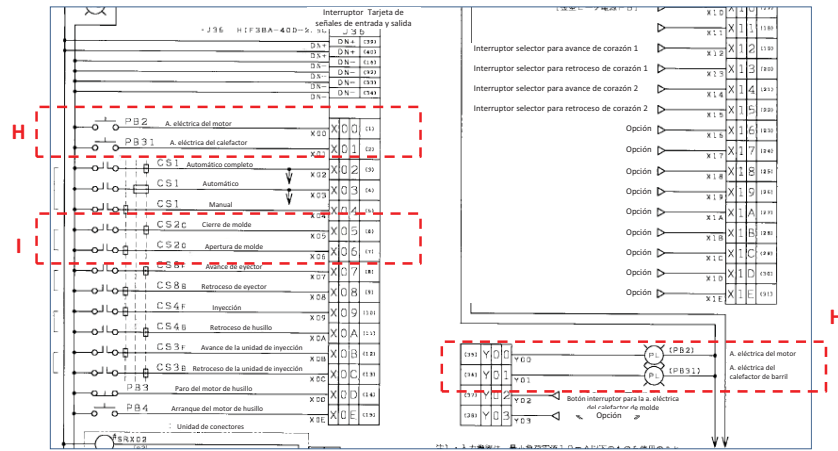
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

28

3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -4

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -4/4



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

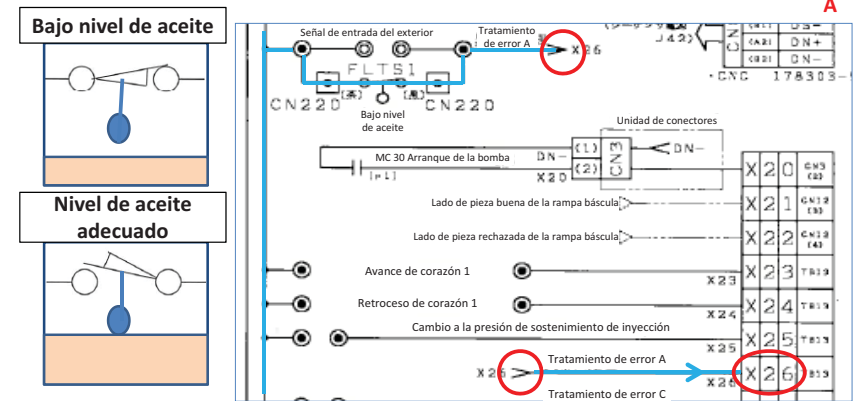
29

3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -5

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -A

A Circuito de las señales de entrada A: Interruptor de tipo flotador

Procedimiento contra alarma cuando se detecta un bajo nivel de aceite
(Señal de entrada X26)



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

30

3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -6

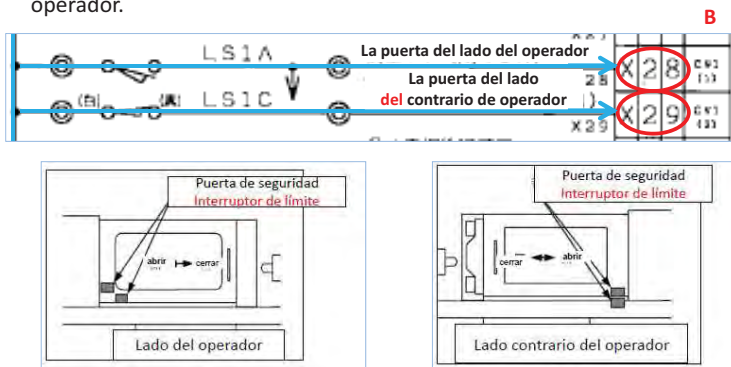
Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -B

B Circuito de las señales de entrada

Interruptor de límite de la puerta de seguridad

Se activa la señal de entrada X28, cuando se cierra la puerta del lado del operador.

Se activa la señal de entrada X29, cuando se abre la puerta del lado contrario del operador.



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

31

3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -7

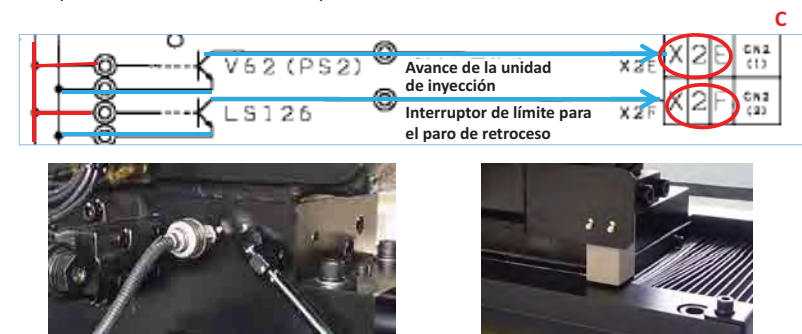
Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -C

C Circuito de las señales de entrada:

Confirmación del movimiento de la unidad de inyección

Se activa la señal de entrada X2E, cuando se activa V62 (PS2) (Contacto de la boquilla).

Se activa la señal de entrada X2F, cuando se activa el interruptor de límite 126 (Posición final de retroceso).



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

32

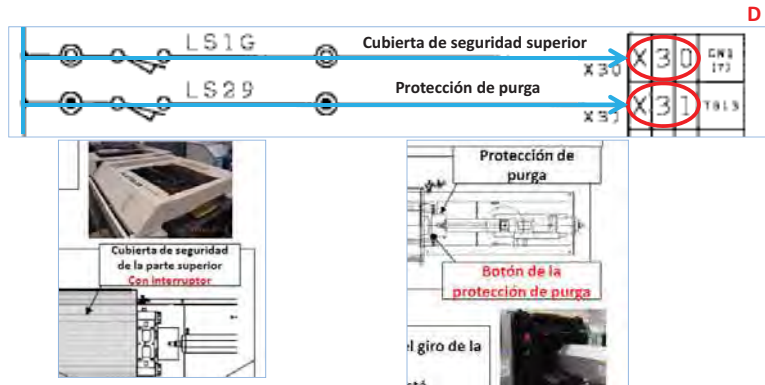
3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -8

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -D

D Circuito de la señal de entrada (interruptor de límite): Se activa (posición A) la señal de entrada, cuando la puerta de seguridad se cierra.

Se activa la señal de entrada X30, cuando se activa el interruptor de límite 1G.

Se activa la señal de entrada X31 cuando se activa el interruptor de límite 29.



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

33

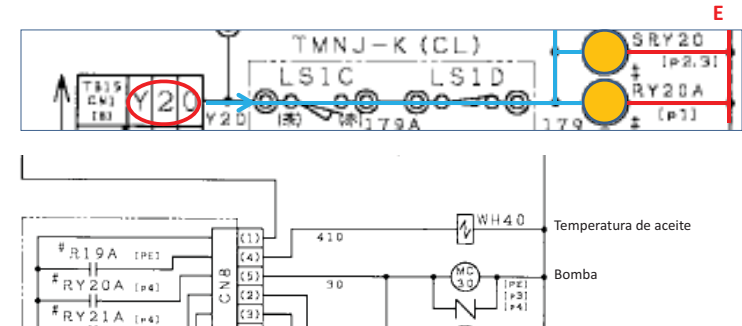
3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -9

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -E

E Circuito de las señales de salida: Arranque de motor: Señal de salida Y20

El circuito permanece cerrado mientras la puerta de seguridad del lado contrario del operador está abierta.

Se activan los solenoides de SRY20 y de RY20A, cuando la puerta de seguridad del lado contrario del operador se cierra.



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

34

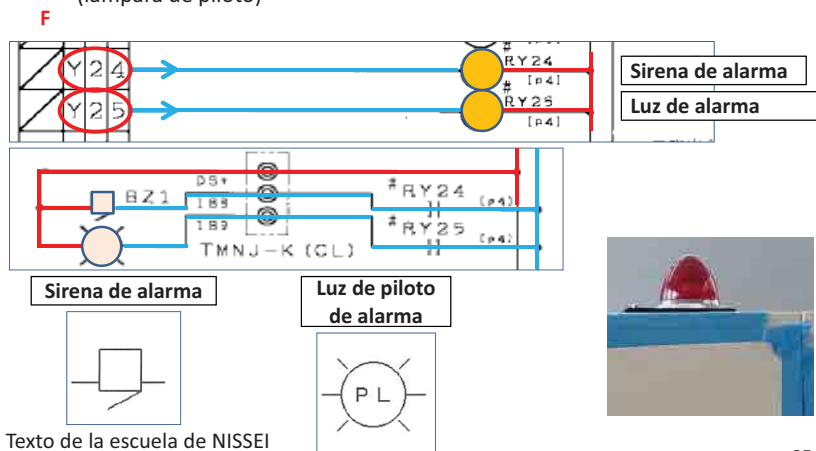
3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -10

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -F

F Circuitos de señales de salida

; Sirena de alarma: Señal de salida Y24 ⇒ Se activa RY24 ⇒ Se activa la sirena

; Lámpara de alarma: Señal de salida Y25 ⇒ Se activa RY25 ⇒ Se activa PL (lámpara de piloto)



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

35

3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -11

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -G

G Circuitos de señales de salida; Inyección: Señal de salida Y2A

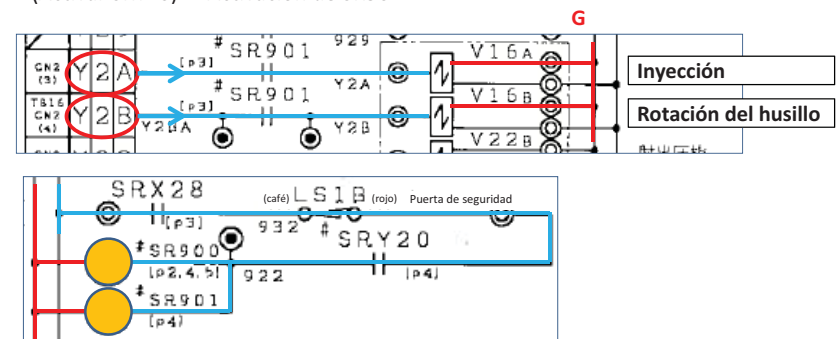
; Rotación del husillo: Señal de salida Y2B

No se mueven mientras la posición A de SR901 no esté conectada

(Activar el solenoide).

Cuando se cierra la puerta de seguridad (SRX28 activado) y se activa la bomba

(Activar SRY20) ⇒ Activación de SR901



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

36

3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -12

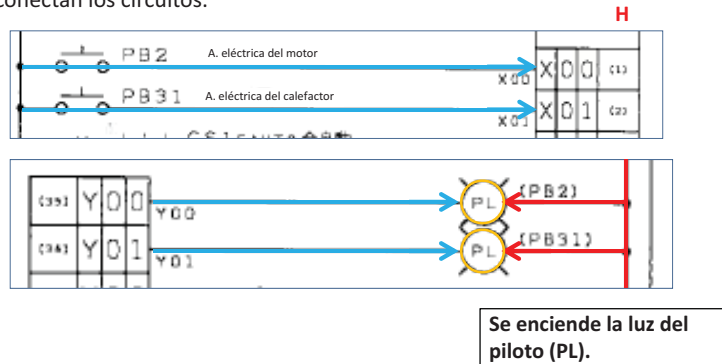
Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -H

H Circuitos de señales de entrada

; Alimentación eléctrica del motor: Señal de entrada X00

; Alimentación eléctrica de los calefactores: Señal de entrada X01

Se activan estas señales de entrada cuando se oprime el botón interruptor (PB) y se conectan los circuitos.



Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

37

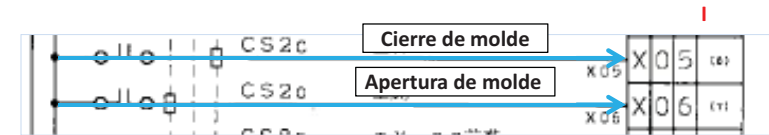
3. Diagrama de circuitos eléctricos de control -13

Diagrama de circuitos eléctricos (Circuitos eléctricos de control) -I

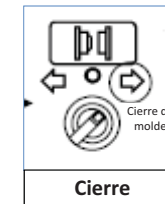
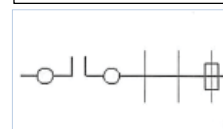
I Circuitos de señales de entrada; Cierre de molde: Señal de entrada X05

; Apertura de molde: Señal de entrada X06

Se activan estas señales al cambiar la posición del interruptor selector (CS).



Símbolo del Interruptor selector



Texto de la escuela de NISSEI

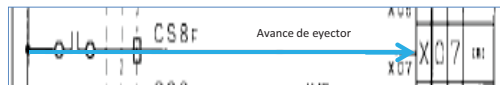
Sistema de control y sus funciones

38

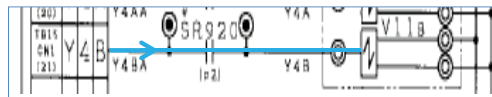
4. Movimientos básicos de control de la máquina inyectora -1

Ejemplo de la operación: Avance del eyector

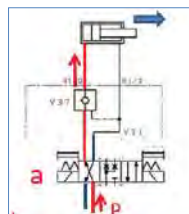
Avance del eyector
Señal de entrada X07



Señal de salida Y48
Se activa V110



Avanza el pistón.
Movimiento de eyección



Texto de la escuela de NISSEI

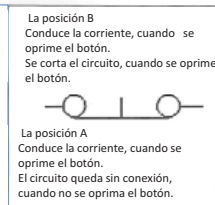
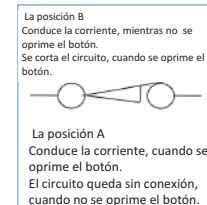
Sistema de control y sus funciones

39

4. Movimientos básicos de control de la máquina inyectora -2

Botón interruptor; Movimiento del interruptor de límite

Cambia el lado de contacto cuando recibe una fuerza del exterior.



B Normalmente Cerrado
Conduce la corriente, mientras no se oprime el botón.
Se corta el circuito, cuando se oprime el botón.

A Normalmente Abierto
Conduce la corriente, cuando se oprime el botón.
El circuito queda sin conexión mientras no se oprima el botón.

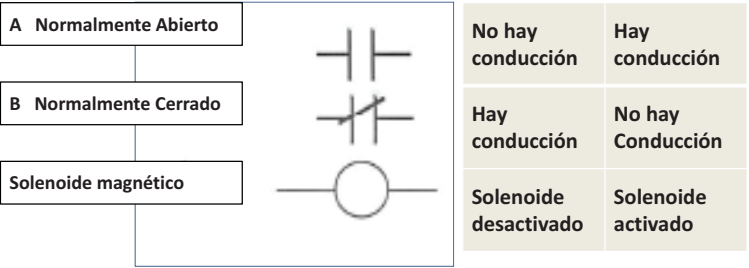
Texto de la escuela de NISSEI

Sistema de control y sus funciones

40

4. Movimientos básicos de control de la máquina inyectora -3

Contactor magnético; Movimiento de relevo
Se cambia la parte en contacto, cuando se energiza el solenoide.



M3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección

M3-7 Instrumentos de medición y sus funciones

4/JUN/2012

Índice

1	Equipos de medición (Medición de dimensiones)	1~10	P3~P12
2	Equipos de medición (Los equipos donados por JICA)	1~8	P13~P20
3	Casos de medición	1~ 7	P21~P27

1. Equipos de medición (Medición de dimensiones)-1 Tipos de equipos de medición

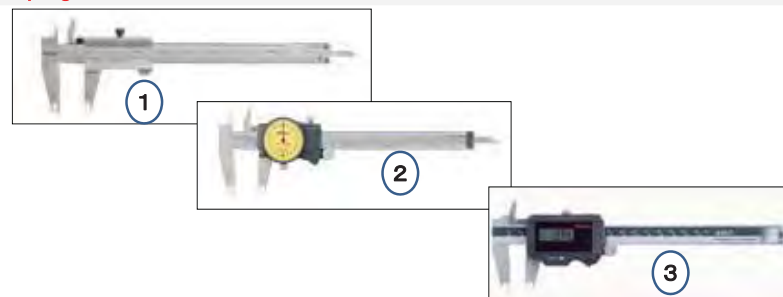
Medición de dimensiones (Piezas moldeadas) (Moldes)	1) Calibrador Vernier (Vernier caliper)
	2) Micrómetro (Micrometer)
	3) Proyector de perfiles (Profile Projector)
	4) Microscopio de medición (Tool maker's microscope)
	5) Máquina de medición por coordenadas (CMM.Coordinate Measuring Machine)
	6) Otros

1, Equipos de medición (Medición de dimensiones)-2 1) Calibrador Vernier (Vernier caliper)

Existen 3 estilos y la corriente dominante es el estilo digital

1) Estilo con escala	El mínimo valor de lectura	0.05mm
2) Estilo con disco	El mínimo valor de lectura	0.01mm 0.02mm
3) Estilo digital	El mínimo valor de lectura	0.01mm

* Las prácticas de medir piezas moldeadas con equipos de medición están programadas.



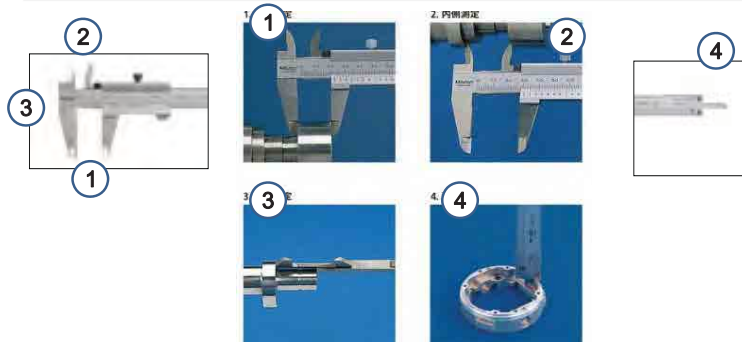
1. Equipos de medición (Medición de dimensiones)-3

1) Calibrador Vernier (Vernier caliper)

Pueden realizar 4 tipos de medición.

(Coloquen perpendicularmente al objeto a medir.)

- 1) Medición de distancia exterior
- 2) Medición de distancia interior
- 3) Medición de desnivel
- 4) Medición de profundidad



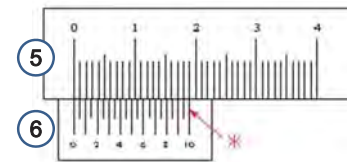
Extracto del catálogo de Mitsutoyo

Equipos de medición y sus funciones

5

1, Equipos de medición (Medición de dimensiones)-4

1) Calibrador Vernier (Vernier caliper)

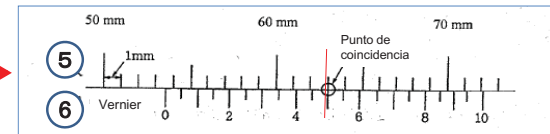


5) Escala principal

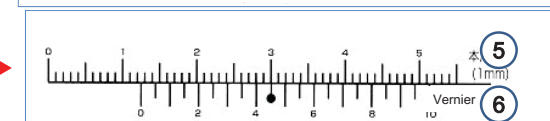
6) Escala secundaria

19 mm de una escala principal
dividida en 20 partes iguales

A.
¿Dimensión?



B.
¿Dimensión?



Extracto del catálogo de Mitsutoyo

Equipos de medición y sus funciones

6

1. Equipos de medición (Medición de dimensiones)-5

2) Micrómetro (Micrometer)

Existen 2 tipos el tipo con escala y el tipo digital

- 1) Micrómetro estándar de distancia exterior
Escala a 0.01mm y a 0.001mm. Equipado con regulador de presión
- 2) Digimatic micrómetro estándar de distancia exterior
El mínimo valor de lectura a 0.001mm. Equipado con regulador de presión

* Durante las prácticas de uso de equipos de medición está programado el uso para medir las piezas moldeadas.



Extracto del catálogo de Mitsutoyo

Equipos de medición y sus funciones

7

1. Equipos de medición (Medición de dimensiones)-6

2) Micrómetro (Micrometer)

- 1) Realicen la medición fijando el micrómetro **en la base**.

- 2) Utilicen **guantes de algodón** cuando realicen la medición manteniendo el micrómetro con una mano.

En caso de **no utilizar guantes de algodón**, limiten **el área (tiempo) de contacto al mínimo posible** del micrómetro tanto como el objeto de medición.



Extracto del catálogo de Mitsutoyo

Equipos de medición y sus funciones

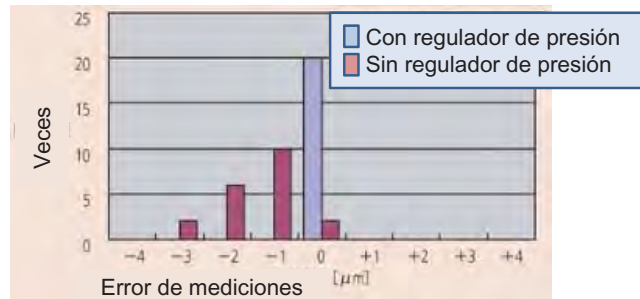
8

1, Equipos de medición (Medición de dimensiones)-7

2) Micrómetro (Micrometer)

Errores de mediciones cuando los principiantes realizan las mediciones operando con una mano los micrómetros que están o no están equipados con el regulador de presión

* Mantener la capacidad de medición a un nivel estable es algo importante. Las prácticas están programadas.



Extracto del catálogo de Mitsutoyo

Equipos de medición y sus funciones

9

1. Equipos de medición (Medición de dimensiones) -8

3) Proyector de perfiles (Profile Projector)

Los proyectores de perfiles han evolucionado desde los equipos para verificar la forma de perfiles hasta los equipos que pueden verificar por medio de la observación superficial y medir las dimensiones.

Aumento 5X, 10X (estándar), 20X, 50X

* En caso de que CNAD cuente con este equipo, se programará su uso para medir las dimensiones de las piezas moldeadas. La cantidad de flexión, la transición de dimensiones conforme pasa el tiempo, etc.



Extracto del catálogo de Mitsutoyo

Equipos de medición y sus funciones

10

1. Equipos de medición (Medición de dimensiones) -9

4) Microscopio de medición (Measuring Microscope)

Es apto para medir objetos tan blandos que no se pueden medir con contacto y también para medir diámetros tan pequeños que las sondas de contacto no pueden medir.

* En caso de que CNAD cuente con este equipo se programará su uso para medir dimensiones de las piezas moldeadas. La transición de dimensiones conforme pasa el tiempo, etc.



Extracto del catálogo de Mitsutoyo

Equipos de medición y sus funciones

11

1. Equipos de medición (Medición de dimensiones) -10

5) Máquina de medición por coordenadas (CMM.Coordinate Measuring Machine)

- 1) CNC
- 2) Manual



Extracto del catálogo de Mitsutoyo

Equipos de medición y sus funciones

12

2. Equipos de medición (Equipos donados por JICA)-1

Peso	1) Balanza digital <i>Digital balance</i>	OHAUS PA313 Capacidad de pesaje 310g OHAUS APP25/C Capacidad de pesaje 25000g
Temperatura	2) Termómetro digital para superficie <i>(Handy digital thermometer)</i> 3) Termografía por infrarrojo <i>(infrared thermography)</i>	DFT-700-M/PCE-707L Thermo shot F30W (NEC)
Humedad	4) Higrómetro <i>(Digital hygrometer)</i>	7006-00
Resistencia	5) Maquina de pruebas <i>(Universal testing machine for plastics)</i>	EZ-L-5kN (SHIMADZU)
Análisis de materiales	6) Equipo de medición de índice de fluidez <i>(MFR)</i>	Dynisco LMI-D4004

Equipos de medición y sus funciones

13

2. Equipos de medición (Equipos donados por JICA) -2

Peso	1) Balanza digital <i>Digital balance</i>	OHAUS PA313 Capacidad de pesaje 310g Mínimo 0.001g OHAUS APP25/C Capacidad de pesaje 25000g Mínimo 0.1g
------	--	--

Medición del peso de las piezas moldeadas. Se utiliza para pesar el Master batch.

Es posible acoplar la lectura a computadoras ya que está equipada con salida RS232C como estándar.

* Durante las prácticas de moldeo el uso de este equipo está programado para pesar las piezas moldeadas y verificar los tiempos de sellado de gate.



Balanza con el plato superior



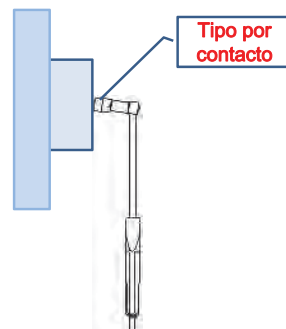
Extracto del catálogo de OHAUS

Equipos de medición y sus funciones

14

2. Equipos de medición (Equipos donados por JICA) -3

Temperatura	2) Termómetro digital para la superficie <i>(Handy digital thermometer)</i>	DFT-700-M/PCE-707L Shinko Technos
Tipo con contacto ~400°C ⇒ No se recomienda utilizar para medir la superficie acabada en pulido de espejo debido a que requiere contacto. No se recomienda medir la parte de producto.		
* Durante las prácticas de moldeo el uso de este equipo está programado para verificar la temperatura del molde.		



Tipo por contacto

Extracto del catálogo de SHINKO TECHNOS

Equipos de medición y sus funciones

15

2. Equipos de medición (Equipos donados por JICA) -4

Temperatura	3) Termografía por infrarrojo <i>(infrared thermography)</i>	Thermo shot F30W (NEC)
-------------	---	------------------------

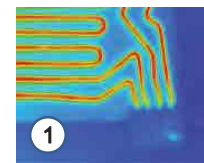
La toma de imagen es fácil como en las cámaras digitales. (Sin contacto)

No necesitan enfocar a distancias mayores que 1.3m.

Se puede analizar los datos después de la toma.

Toma al mismo tiempo la imagen térmica (1) e imagen visual (2). "Fotografía de tapete eléctrico"

* Durante las prácticas de moldeo el uso de este equipo está programado para verificar la distribución térmica del molde y la transición térmica de las piezas moldeadas después de extraerse.



1



2

Extracto del catálogo de NEC / AVIO

Equipos de medición y sus funciones

16

2. Equipos de medición (Equipos donados por JICA) -5

Humedad	4) Higrómetro digital (Digital hygrometer)	SIGMA-MINI α (SATO)
---------	---	---------------------

Humedad 10~100%, Temperatura -10~50°C, Hoja de registro semanal
Se utiliza para controlar la temperatura y la humedad del cuarto de inspección.



Extracto del catálogo de SATO

Equipos de medición y sus funciones

17

2. Equipos de medición (Equipos donados por JICA) -6

Resistencia	5) Máquina de ensayos universales (Universal testing machine for plastics)
-------------	---

EZ-L-5KN (SHIMADZU)

Pruebas de las piezas de plásticos moldeadas (Tensión, Flexión, Compresión)

Desplaza la cabeza superior por un servomotor.
Se programa la velocidad de desplazamiento.

Registra los datos de medición en computadora y los muestra en gráfica.



SHIMADZU EZ-L

Equipos de medición y sus funciones

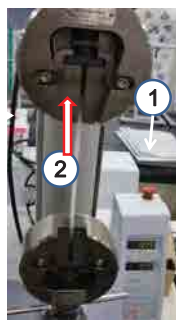
18

2. Equipos de medición (Equipos donados por JICA) -7

Los incidentes ocasionados por ser inexperto en la operación;

* Dejar **caer sobre los pies** las plantillas en el momento de desmontar.
(Ejemplo ; Pieza moldeada 9g, Plantilla de montaje **5?** Kg)

* **Pillarse las manos** en el momento de bajar la cabeza superior .
(se activa por un interruptor de botón).



Procedimiento de paro de emergencia

- 1) Interruptor de botón para el paro de emergencia
- 2) Carga manual (Subir con la mano)

SHIMADZU EZ-L

Equipos de medición y sus funciones

19

2. Equipos de medición (Equipos donados por JICA) -8

Análisis de materiales	6) Equipo de medición de índice de fluidez Dynisco LMI-D4004
------------------------	---

El equipo de medición de MFR (índice de fluidez) de los plásticos termoplásticos fabricado de acuerdo a la norma ISO1133

Fórmula de cálculo del índice de fluidez (MFR)

MFR (g/10min)

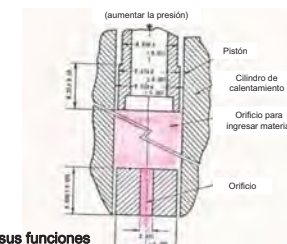
$$MFR = 600 \times \frac{m}{t}$$

m Peso promedio de la muestra cortada (g)
t Tiempo de corte (seg)

Fundición de resina

⇒ Precaución para evitar **altas temperatura y para que no se queme.**

Limpiar el interior minuciosamente cuando termine de usar.



Equipos de medición y sus funciones

20

3. Casos de medición-1

- 1) La probeta antes de estiramiento (ASTM D638)
- 2) La muestra de ruptura **de México**
(Muestra de la práctica en CNAD) PP de un fabricante no identificado.
- 3) La muestra de ruptura **de Japón**
(Muestra de la prueba previa al embarque en la fábrica)
PP de Prime-polipropileno J850NA

El molde tiene 2 cavidades, pero no se sabe en cuál de las dos fue moldeada la muestra. El equipo de prueba utilizado fue EZ-L-5kN.

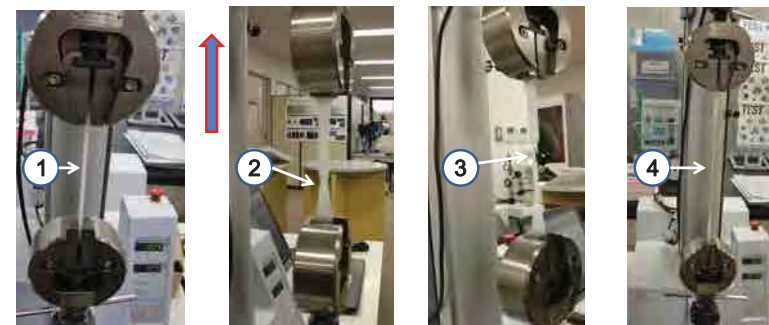


Equipos de medición y sus funciones

21

3. Casos de medición-2

- 1) Colocan la probeta.
(Sujetan donde se cuente con el mismo ancho en el lado superior e inferior.)
- 2) El estrechamiento provocado por el estiramiento.
(El lado inferior se queda fijo y el lado superior se desplaza.)
- 3) Se rompe.
- 4) No se rompe.



SHIMADZU EZ-L

Equipos de medición y sus funciones

22

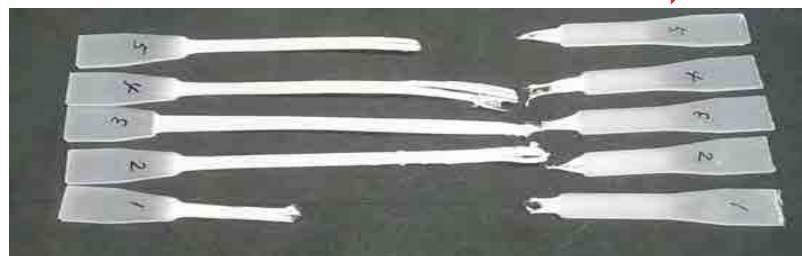
3. Casos de medición-3

Las muestras son de México
(Fueron escogidas entre el inventario y no fueron muestras del mismo disparo.)

¿Las condiciones de las muestras de no.2 a 5 son iguales a la de la muestra no.1?

El lado izquierdo se queda fijo y el lado derecho se desplaza por el estiramiento

¿Cuál es la condición de la prueba de tensión?

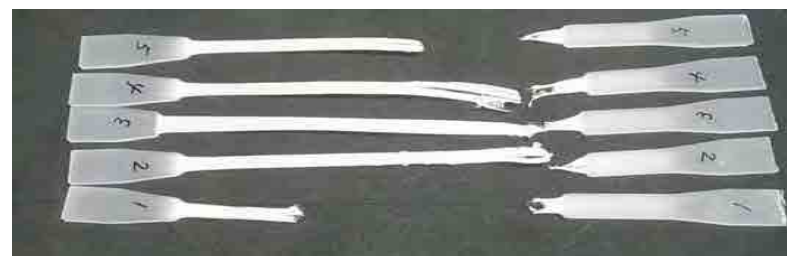


Equipos de medición y sus funciones

23

3. Casos de medición – 4

	Fuerza aplicada en el punto de ruptura N	Distancia en el punto de ruptura mm
1	5 5 7	7 4
2	8 5 6	1 8 4
3	7 2 6	1 9 2
4	8 9 3	1 8 2
5	6 6 0	1 3 2
70MPa	9 2 4	1 2 2

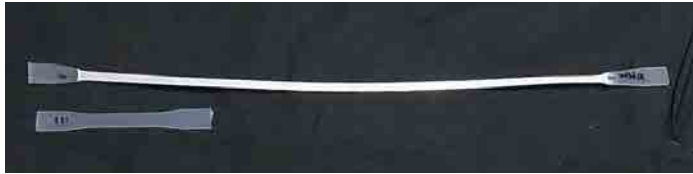


Equipos de medición y sus funciones

24

3. Casos de medición – 5

- 1) La muestra que no se rompió.
(hasta la máxima distancia en el equipo de prueba)
- 2) La probeta
¿Porqué no se rompió?



Equipos de medición y sus funciones

25

3. Casos de medición – 6

La comparación de la muestra de México (2) con la de Japón (3)
¿Porqué la distancia de estiramiento del lado izquierdo en el caso de (2) y del lado derecho en el caso (3) es mayor?

¿Cuál es la relación entre las condiciones de moldeo, la dirección de sujeción y la posición de gate?



Equipos de medición y sus funciones

26

3. Casos de medición – 7

Resumen

Programen las condiciones de moldeo y produzcan las probetas para la prueba de tensión, considerando los factores que influyen en la resistencia a la tensión, tales como; temperatura de resina, tiempo de llenado, presión de llenado, presión de sostenimiento, tiempo de sostenimiento, tiempo de sellado de gate, temperatura de molde y tiempo de enfriamiento.

* Están programadas las prácticas de moldeo de las probetas.

Equipos de medición y sus funciones

27

M3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección

M3-8 Layout de la fábrica del moldeo de plástico

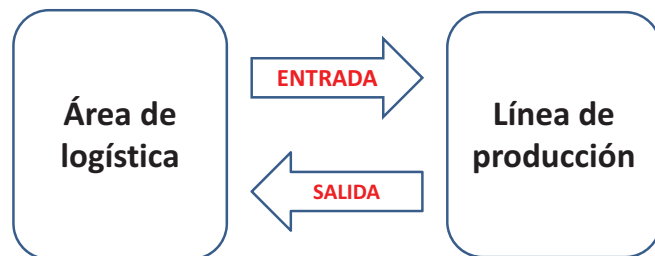
8/OCT/2012

Índice

1	Layout de la planta de moldeo de plásticos	1~17	P3~19
2	Ejemplo de Layout A	1~4	P20~23
3	Ejemplo de Layout B	1~4	P24~27
4	Ejemplo de Layout C	1~4	P28~31
5	Ejemplo de Layout D	1~5	P32~36

Layout de planta de moldeo de plásticos

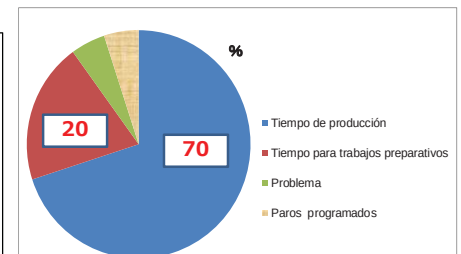
- El lugar donde se genera el valor agregado en una empresa de manufactura es la “línea de producción”.
- La tarea prioritaria es hacer que esa línea de producción adquiera su máxima eficiencia.



Layout de planta de moldeo de plásticos

- ¿La línea de producción (proceso de moldeo) está especializada para las actividades principales?
- Las actividades principales se refieren a las de “fabricar productos moldeados”, en otras palabras “la máquina de moldeo debe estar trabajando”.
⇒ ▪ Realizar el análisis de disponibilidad de equipos.

(Ejemplo de la derecha)
La proporción del tiempo para trabajos preparativos del cambio de productos es del 20%.
Se puede suponer que el *layout* de la planta y equipos puede influir mucho.



Layout de planta de moldeo de plásticos

1. Dirección de la entrada y la salida de materiales y productos.
Área de logística (espacio para moldes y materiales). Tiempo y volumen de estancamiento.
Circulación por pasillos principales y secundarios.
Espacio para inventario temporal y ensamble de productos.
2. Instalaciones de servicios (debajo del piso, aérea).
3. Distancia (Pasos) del *layout* de las máquinas inyectoras.
4. Dirección de las máquinas inyectoras.
5. Manejo de material para moldeo y *layout* de equipos.
uno a uno, método de alimentación centralizada.
6. Manejo de productos moldeados y *layout* de equipos.
7. Método de cambio de moldes y puntos que se deben considerar al revisar el *layout*.
Instalación de grúa, carro para cambio de moldes, grado de limpieza, número de operadores, etc.

Layout de planta de moldeo de plásticos

5

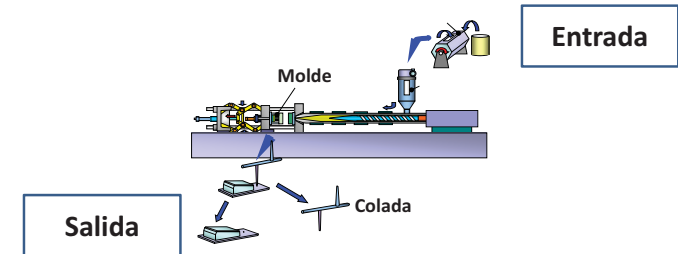
Layout de planta de moldeo de plásticos

1. Dirección de la entrada y la salida de materiales y productos

Planta de moldeo :

Fabricar productos moldeados utilizando máquinas de moldeo.

- Entrada a la máquina de moldeo: Material de moldeo
- Salida de la máquina de moldeo : Productos moldeados



Layout de planta de moldeo de plásticos

6

Layout de planta de moldeo de plásticos

1. Dirección de entrada y salida de distribución física

- Entrada a la línea de producción:
Material de moldeo (por tanque, bolsa, alimentación automática, etc.)
Moldes, contenedores vacíos para productos, partes para ensamble, materiales para empaque, etc.
 - Salida de la línea de producción:
Productos moldeados (tarima, caja, etc.)
Moldes, coladas, productos defectuosos, cajas vacías de material, etc.
- * Las cosas que hay en la SALIDA (productos moldeados) son más voluminosas que las que hay en la ENTRADA (material de moldeo).

Layout de planta de moldeo de plásticos

7

Layout de planta de moldeo de plásticos

Los productos moldeados son más voluminosos (un ejemplo).

- Producto de caja: L 10.4 x W8 x H4.5 y 60g/pza.
La cantidad que se produce con 25kg, será de: $25000/60 \approx 400$ disparos.
- ¿Cuál será el volumen cuando los productos se colocan en una área plana de 20 x 20 filas?
- ¿Cuál es el volumen de 25 kg de material?
- ¿Cuál es la relación de volúmenes entre el material y los productos moldeados?

()

Layout de planta de moldeo de plásticos

8

Layout de planta de moldeo de plásticos

2. Instalaciones de servicios

Deben introducir desde fuera de la planta los servicios necesarios para las máquinas inyectoras (Electricidad, agua de enfriamiento, aire comprimido).

Tipo debajo del piso

Utilizar fosos.
Cableado eléctrico y tubería para enfriamiento.



Tipo aéreo

Utilizar la pared de lado.
Cableado eléctrico y tubería para enfriamiento.



Layout de planta de moldeo de plásticos

9

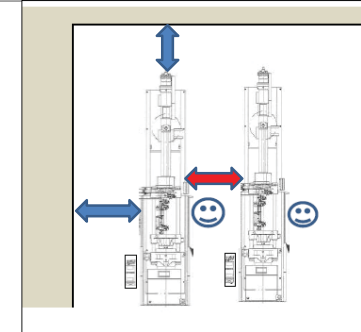
Layout de planta de moldeo de plásticos

3. Distancia (pasos) de layout de máquinas inyectoras

En caso de no utilizar equipos periféricos:

↔ Establecer la distancia entre las máquinas, considerando la facilidad de hacer cambio de moldes, etc. La distancia mínima entre las máquinas es de 1.5 m.

↔ Dejar un espacio mínimo de 1 m entre la pared y la máquina inyectora, considerando el mantenimiento, etc.



Layout de planta de moldeo de plásticos

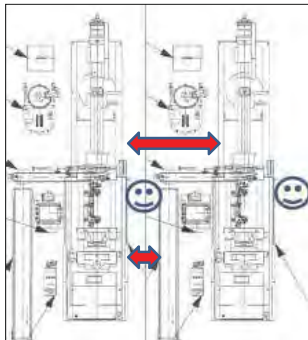
10

Layout de planta de moldeo de plásticos

3. Distancia (Pasos) de layout de máquinas inyectoras

En caso de utilizar equipos periféricos:

Establecer la distancia entre la máquina inyectora y los equipos periféricos, considerando la facilidad de trabajo de ajustes de equipos periféricos y cambio de moldes.
Determinar el layout dejando espacio para trasladar los equipos periféricos.



Layout de planta de moldeo de plásticos

11

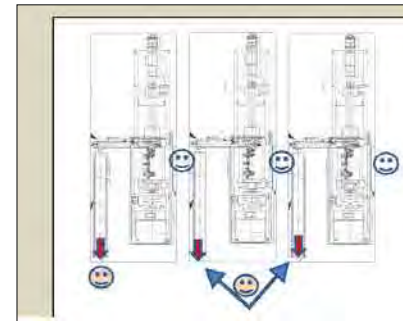
Layout de planta de moldeo de plásticos

4. Dirección de las máquinas inyectoras

En caso de colocar en la misma dirección y utilizar el extractor automático de producto:

La distancia de traslado del operador es mayor, cuando éste se encarga de dos máquinas.

Se disminuye la distancia de traslado del operador, al cambiar la dirección de extracción del producto.



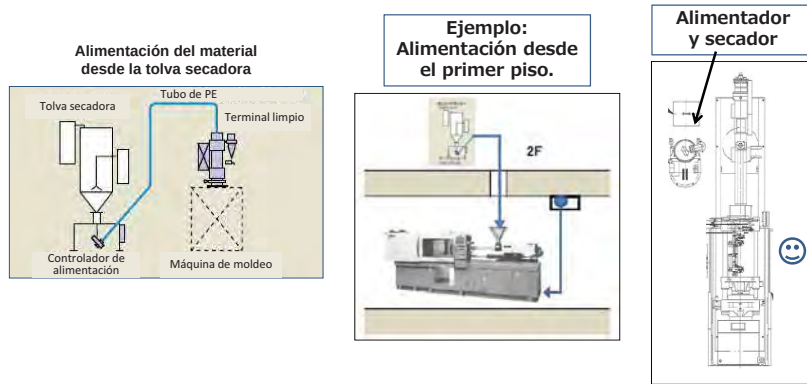
Layout de planta de moldeo de plásticos

12

Layout de planta de moldeo de plásticos

5. Manejo de material de moldeo y layout de equipos

Alimentación de material de moldeo (uno a uno)
Equipar la máquina de moldeo con un cargador de material y un secador para su uso exclusivo.



Layout de planta de moldeo de plásticos

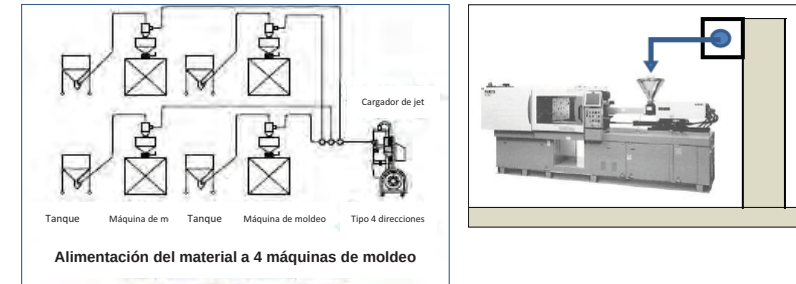
13

Layout de planta de moldeo de plásticos

5. Manejo de material de moldeo y layout de equipos

Alimentación de material de moldeo (Método de alimentación centralizada)
Es apto para la producción masiva en que se utiliza el mismo material de moldeo (envases, productos médicos).

Alimentación del material a 4 máquinas de moldeo



Layout de planta de moldeo de plásticos

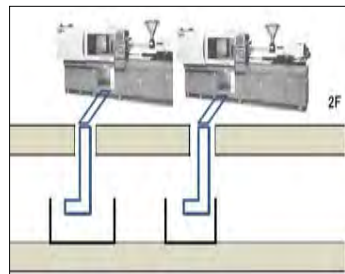
14

Layout de planta de moldeo de plásticos

6. Manejo de productos moldeados y layout de equipos

Productos moldeados : En caso de la caída libre.

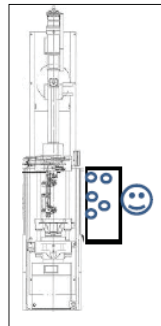
Moldeo con caída libre de producto: tapas, etc. Se instala la máquina inyectora en el 1er piso y se aprovecha el propio peso de los productos. Se instala el contenedor de productos o el depósito para traslado en caso de planta baja.



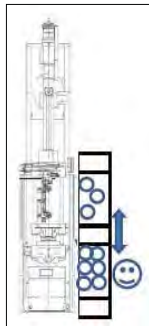
Layout de planta de moldeo por inyección

15

Recepción de productos en contenedor



Depósitos de traslado



Layout de planta de moldeo de plásticos

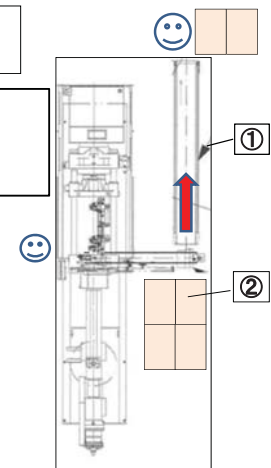
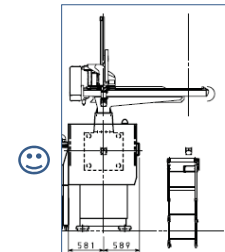
6. Manejo de productos moldeados y layout de equipos.

Productos moldeados : En caso de requerir extracción manual.

Extracción manual
⇒ Empacar en cajas



Uso de extractor de producto
① Colocar en banda transportadora ⇒ Empacar en cajas.
② Sistema automático de empaque.



Layout de planta de moldeo de plásticos

16

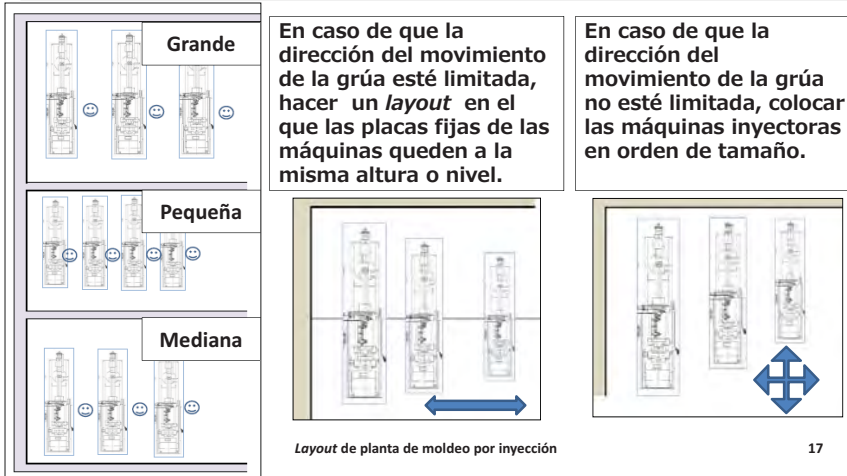
Layout de planta de moldeo de plásticos

7. Método de cambio de moldes y puntos que se deben considerar al revisar el layout

Cambio de moldes utilizando grúa :

“Dividir en tamaños grande, mediano y pequeño”.

Varían el tamaño de la grúa y su frecuencia de uso.



17

Layout de planta de moldeo de plásticos

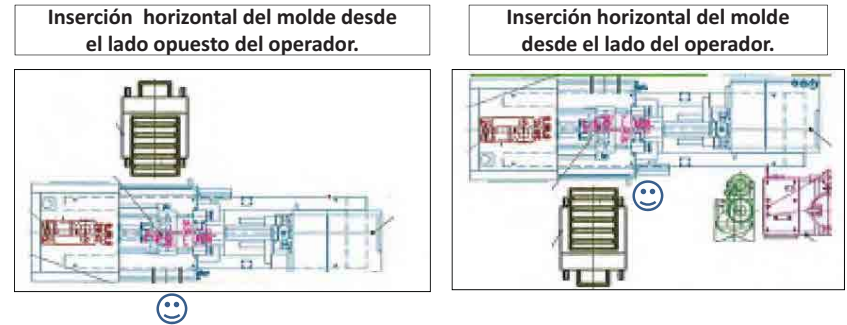
7. Método de cambio de moldes y puntos que se deben considerar al revisar el layout

Cambio de moldes utilizando carro de cambio

(Inserción horizontal).

Esto permite utilizar un techo bajo. Es apto para mantener el cuarto limpio.

Es necesario dejar un espacio grande entre las máquinas de moldeo.



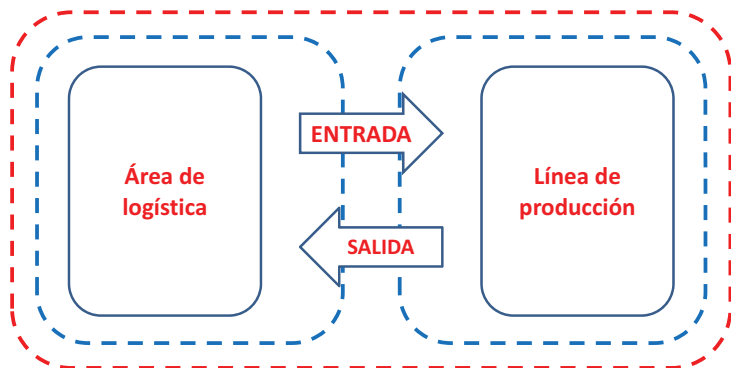
Layout de planta de moldeo de plásticos

18

Layout de planta de moldeo de plásticos

- Rojo: Distribuir en el mismo lugar.
- Azul: Distribuir en lugares distanciados (separados).

¿Es una nueva instalación? ¿Se trata de agregar un equipo más? El *layout* puede modificarse dependiendo de las ramas industriales.

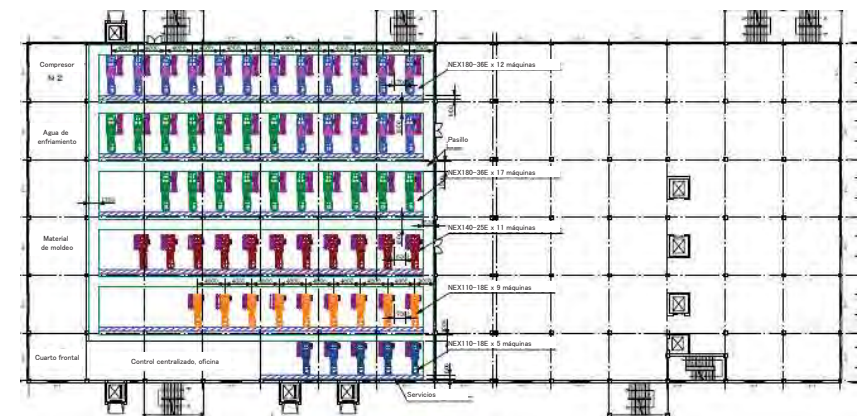


Layout de planta de moldeo de plásticos

19

Ejemplo de layout A

Flujo de material/producto: de izquierda a derecha (1er piso)

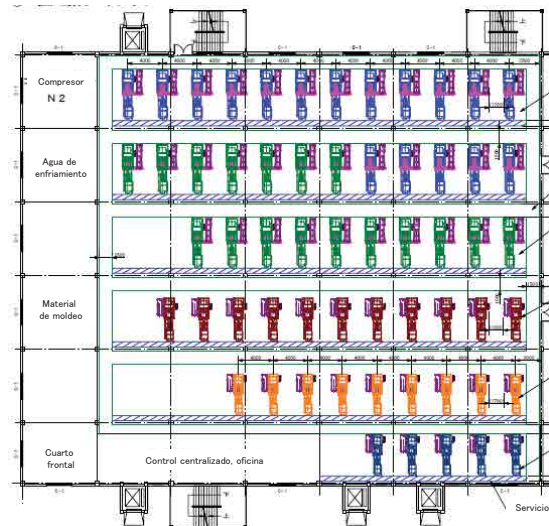


Layout de planta de moldeo de plásticos

20

Ejemplo de *layout A*

Colocar juntas las máquinas inyectoras del mismo modelo.

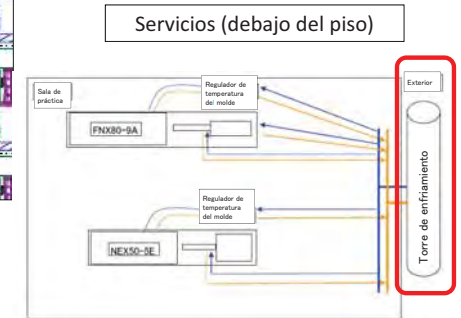
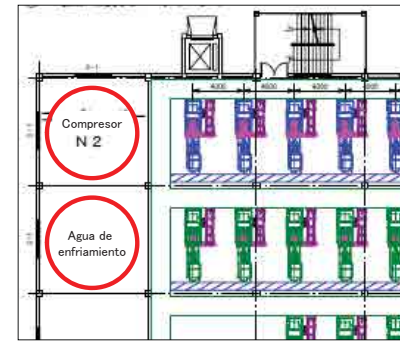


Layout de planta de moldeo por inyección

21

Ejemplo de *layout A*

Instalar la torre de agua de enfriamiento y el compresor afuera (edificio separado).

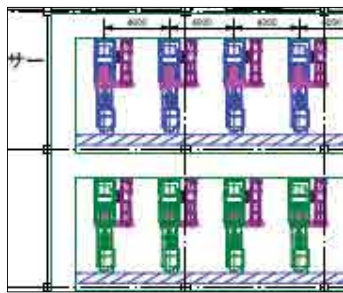


Layout de planta de moldeo de plásticos

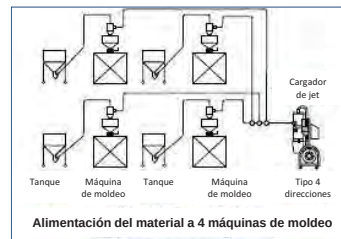
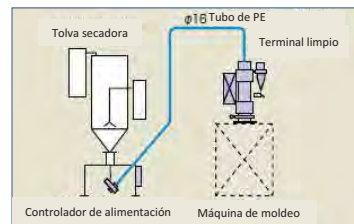
22

Ejemplo de *layout A*

Alimentación del material:
uno a uno,
Alimentación centralizada



Alimentación del material desde la tolva secadora



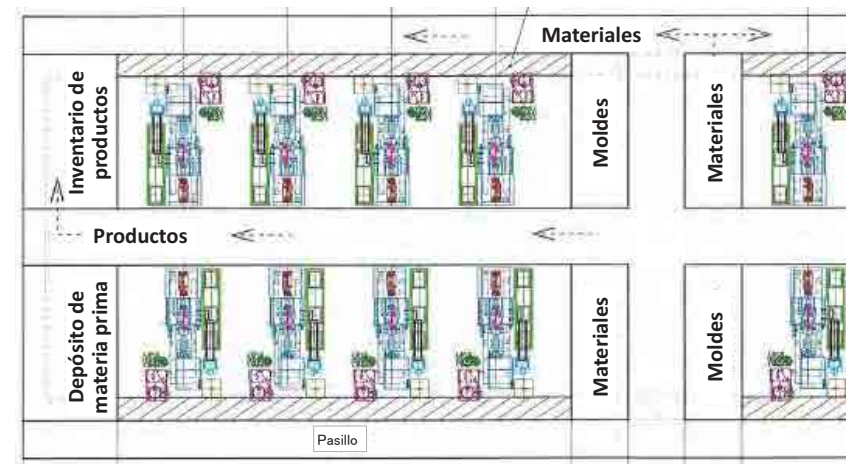
Alimentación del material a 4 máquinas de moldeo

Layout de planta de moldeo de plásticos

23

Ejemplo de *layout B*

Asignar cerca espacios para moldes y materiales.

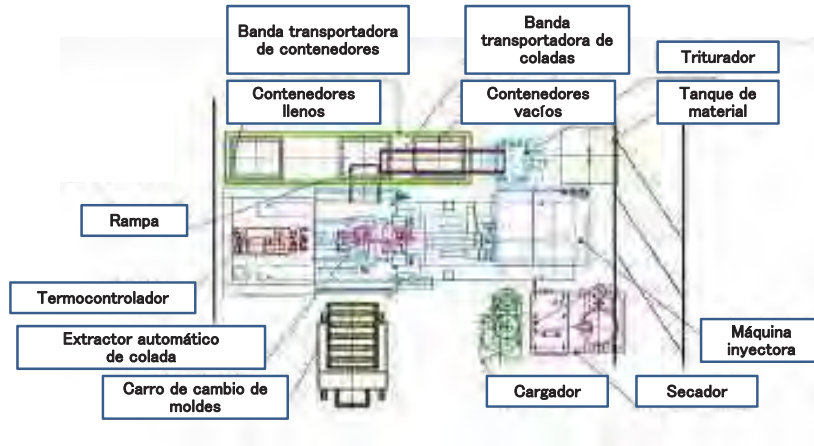


Layout de planta de moldeo de plásticos

24

Ejemplo de *layout B*

Alrededor de la máquina inyectora: uno a uno

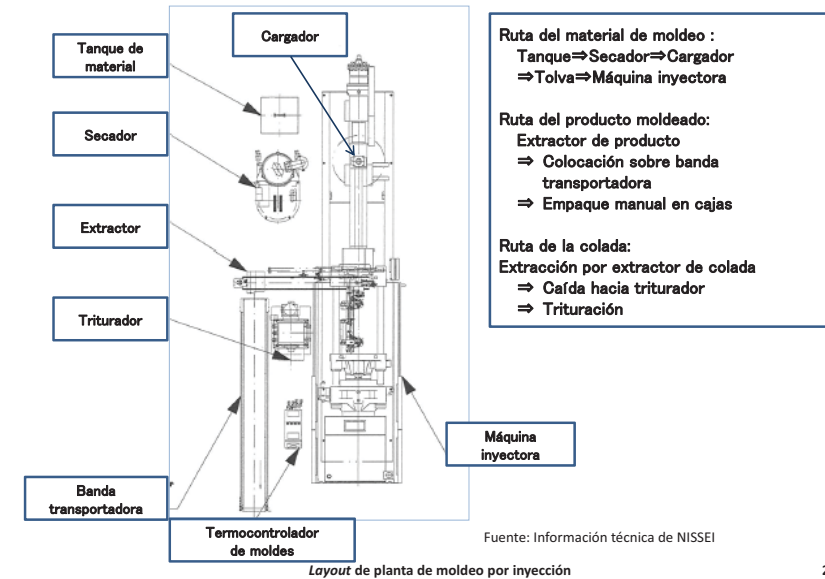


Layout de planta de moldeo de plásticos

25

Ejemplo de *layout B*

Repaso M3-1 P5

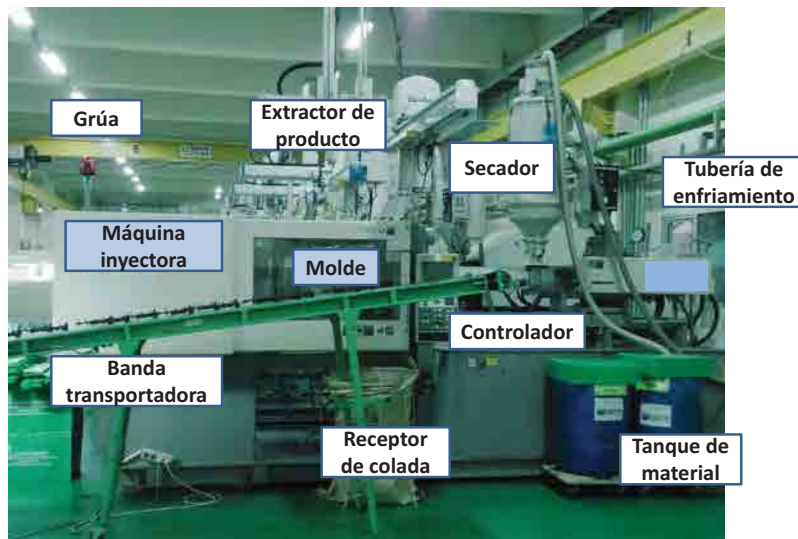


Layout de planta de moldeo por inyección

26

Ejemplo de *layout B*

Repaso M3-1 P4



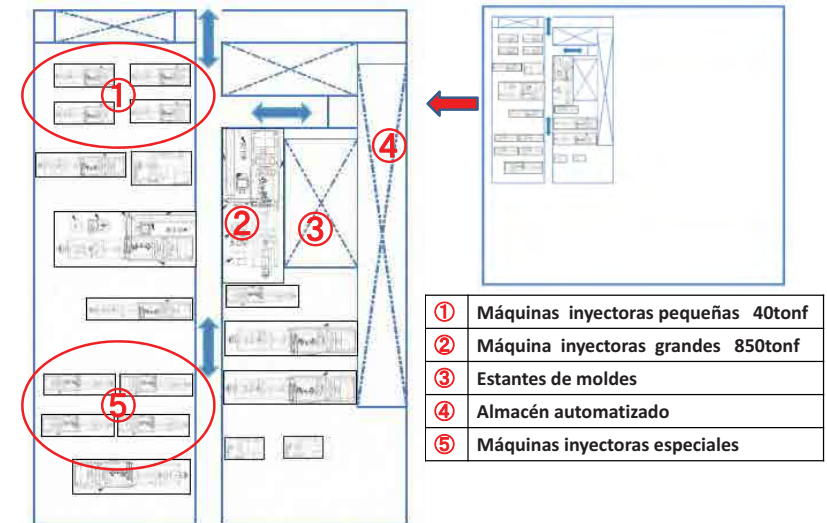
Generalidades de los equipos de inyección

Layout de planta de moldeo por inyección

27

Ejemplo de *layout C*

Instalación de las máquinas inyectoras en la planta de ensamble



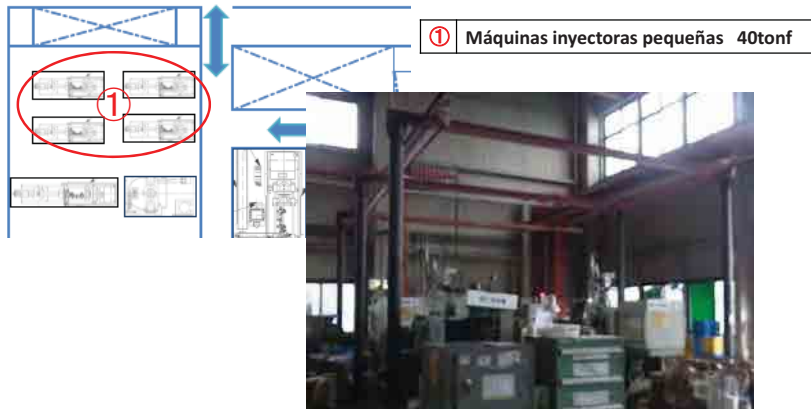
Layout de planta de moldeo de plásticos

28

Ejemplo de *layout C*

Se instala una grúa sencilla alrededor de las máquinas inyectoras pequeñas.

- Incremento de la operatividad.
- Disminución de tiempo en espera.

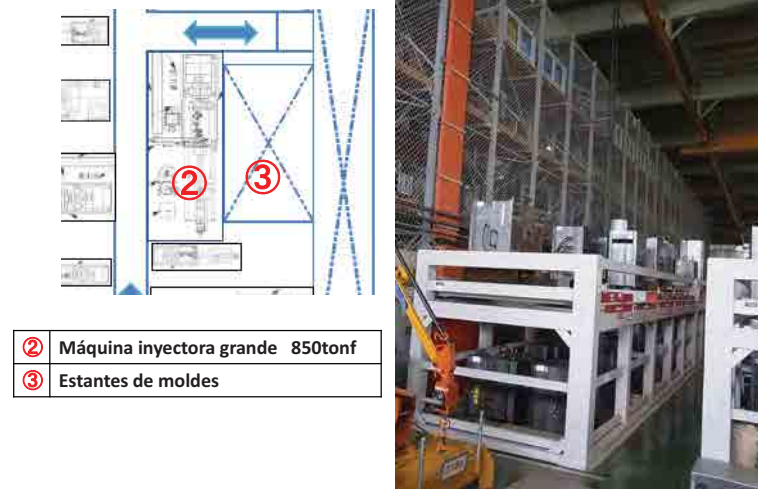


Layout de planta de moldeo de plásticos

29

Ejemplo de *layout C*

Se instalan los estantes exclusivos para los moldes grandes.

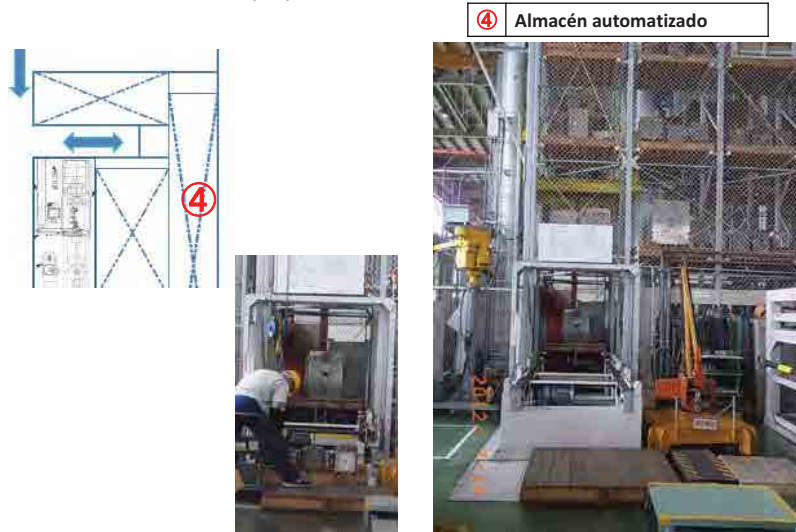


Layout de planta de moldeo de plásticos

30

Ejemplo de *layout C*

Se almacenan los moldes pequeños en el almacén automatizado.

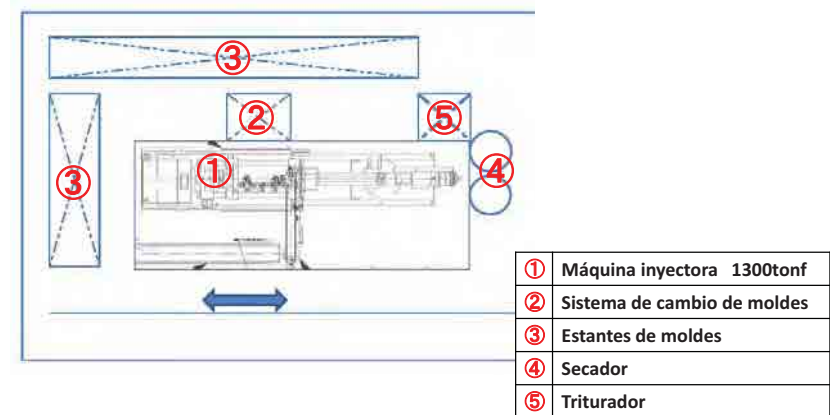


Layout de planta de moldeo por inyección

31

Ejemplo de *layout D*

Alrededor de la máquina inyectora grande: Uno a uno

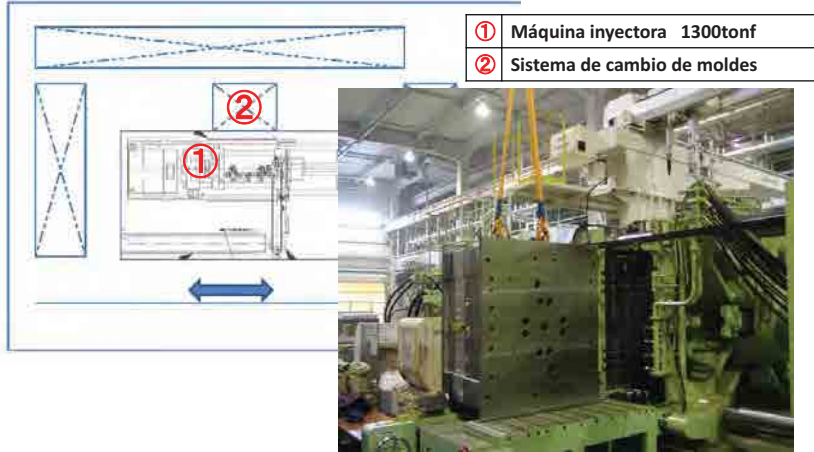


Layout de planta de moldeo de plásticos

32

Ejemplo de *layout D*

Alrededor de la máquina inyectora grande: Uno a uno, Inserción horizontal de moldes.

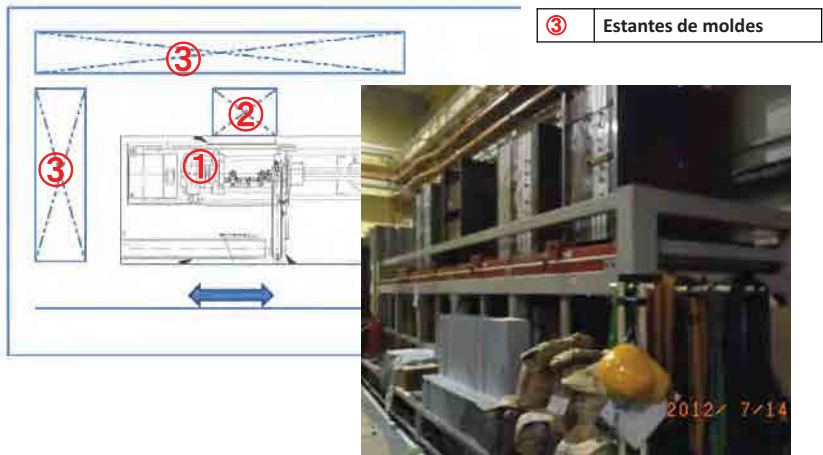


Layout de planta de moldeo de plásticos

33

Ejemplo de *layout D*

Alrededor de la máquina inyectora grande: Uno a uno, Peso de moldes: de 8 a 10 tonf.

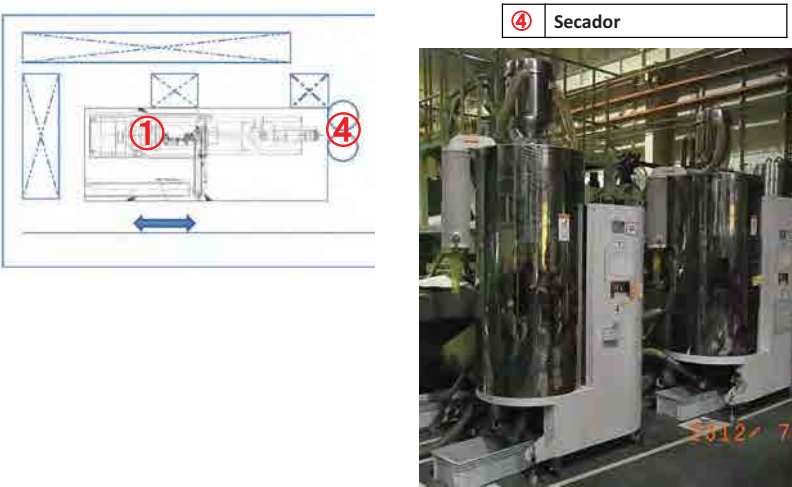


Layout de planta de moldeo de plásticos

34

Ejemplo de *layout D*

Alrededor de la máquina inyectora grande: Uno a uno.

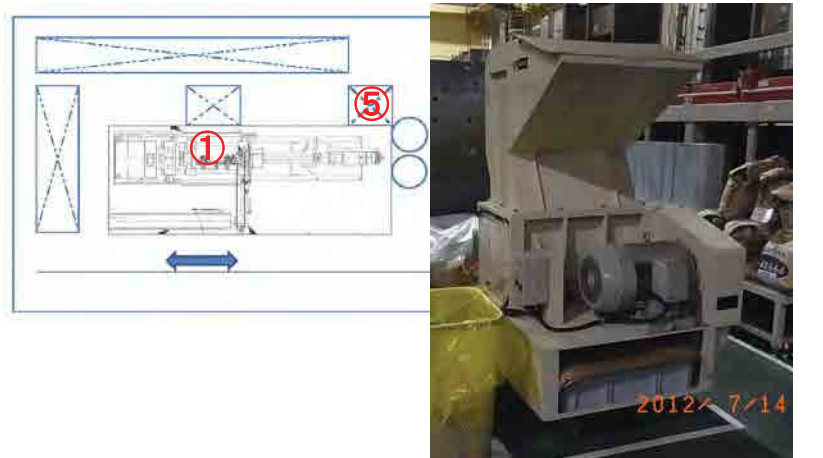


Layout de planta de moldeo de plásticos

35

Ejemplo de *layout D*

Alrededor de la máquina inyectora grande: Uno a uno.



Layout de planta de moldeo por inyección

36

M3 Máquinas de moldeo de plástico por inyección

M3-9 Equipos periféricos y sus funciones

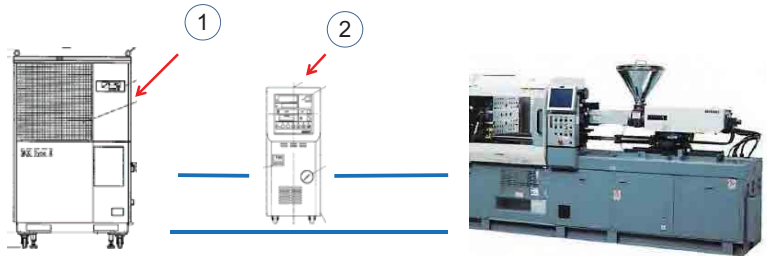
5,6/JUN/2012

Índice

1	Equipos periféricos (Relacionados al enfriamiento)	1 ~ 4	P3 ~ P6
2	Equipos periféricos (Relacionados a los materiales)	1 ~ 11	P7 ~ P17
3	Equipos periféricos (Relacionados a los moldes)	4	P18 ~ P21
4	Mantenimiento de los equipos periféricos	1	P22
5	Registro de mantenimiento (Ejemplos)	1	P23

1. Equipo periférico (Relacionado al enfriamiento)-1

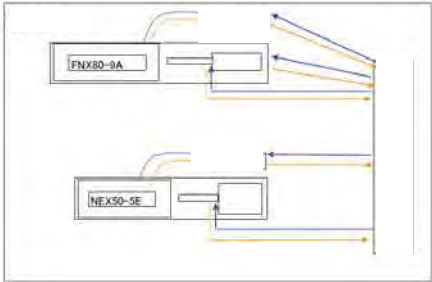
	Nombre del equipo	Función
1	?	?
2	?	?



1. Equipos periféricos (Relacionados al enfriamiento)-2 1) Enfriador

- 1) Cuando se requiere mantener los moldes a bajas temperaturas, por ejemplo para realizar el moldeo de corto ciclo, se utiliza el regulador de temperatura con sistema de refrigeración, de tal manera que circule el agua de enfriamiento (aprox. a 10°C) en los moldes.
- 2) Como se tiende a generar condensación de humedad, es necesario realizar mantenimiento como por ejemplo: medidas preventivas de oxidación al terminar la operación de moldeo. Antes de terminar el moldeo, se detiene el suministro de agua fría y se termina cuando la temperatura de los moldes sube más que la temperatura ambiente. O bien, al terminar el moldeo, se abre el molde por la línea de partición y cuando la temperatura de la superficie de la cavidad y del corazón ascienda a la temperatura ambiente se aplica tratamiento anticorrosivo.

Tipo de regulador de temperatura y temperatura establecida	
Regulador de temperatura	Temperatura de agua suministrada+10 a 90°C
Regulador de temperatura	Temperatura de agua suministrada +10 a 120°C
Enfriador de moldes	De 5 a 35°C
Regulador de temperatura de rango amplio	Temperatura ambiente+10 a 90
Regulador de temperatura de moldes	Aceite 60°C a 200°C



1. Equipos periféricos (Relacionados al enfriamiento)-3

2) Regulador de temperatura de moldes

- 1) Es un equipo que mantiene los moldes a una determinada temperatura mediante el intercambio calorífico con el medio portador del calor, ya sea agua o aceite, el cual se calienta o se enfría y se introduce a presión al interior de los moldes.
- 2) Se compone de: calentador que sube la temperatura de los medios portadores de calor, circuito de agua de enfriamiento que baja la temperatura, bomba, circuito de control, etc.
- 3) Según el rango de temperatura de control, se clasifica en el enfriador (refrigerador), el regulador de temperatura, el regulador de temperatura de rango amplio y el regulador de temperatura (alta). En relación con el medio de calor, hay sistemas con agua y con aceite.
- 4) Es necesario seleccionar un modelo que tenga un margen de descarga de acuerdo con los moldes y las máquinas de moldeo a utilizar.



Fuente: Información técnica de MATSUI

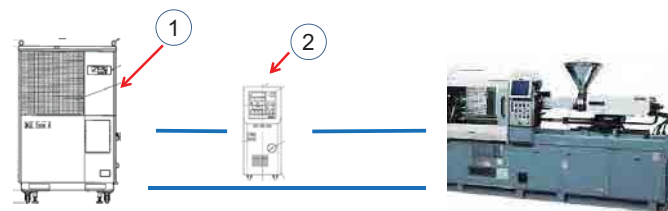


Equipos periféricos y sus funciones

1. Equipos periféricos (Relacionados al enfriamiento)-4

Precaución

- 1 Temperatura programada: 15 ~ 20°C
Estilo con tanque: cuando **baja el nivel, la bomba** no trabaja.
Es necesario controlar **la calidad del agua**.
(Limpieza **periódica** al interior del tanque, etc.)
- 2 Temperatura programada: Máx120°C
Poner atención al **ajustar** las mangueras. (Fuga de agua)
Tener precaución con las **quemaduras por alta temperatura**.
⇒ Desmontar las mangueras **después de haber bajado la temperatura**.
Cuando el nivel está bajo, la bomba no trabaja.
(Alimentación automática de agua).



NISSEI Escuela Texto

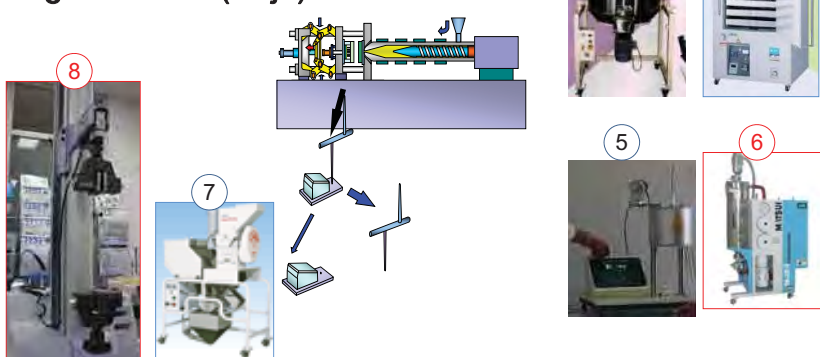
Equipos periféricos y sus funciones

2. Equipos periféricos (Relacionados a los materiales) -1

¿Qué es el grupo de 3) ~6)?

¿Qué es el grupo de 7) ~8)?

¿Qué es ○ (Rojo)?



NISSEI Escuela Texto

Equipos periféricos y sus funciones

2. Equipos periféricos (Relacionados a los materiales) -2

3	Equipo de mezcla (Tipo rotativo)	Mezcla de materiales, mezcla de los colores
4	Secadora de caja	Eliminar la humedad del material
5	Equipo de pruebas del material	Prueba de índice de fluidez (MFI)
6	Deshumidificador	Eliminar la humedad del material
7	Molino	Moler piezas moldeadas y coladas
8	Equipo de prueba	Pruebas de resistencia (Tensión, Flexión)

Se explica sobre 5 y 8 en “M3-7 Equipos de medición y sus funciones”.

Equipos periféricos y sus funciones

2. Equipos periféricos (Relacionados a los materiales) -3

3) Equipo de mezcla (Tipo rotativo)

- 1) Es un equipo relativamente sencillo en el que se mezcla, se remueve y se amasa el material virgen con el material molido (reciclado), el masterbatch y el pigmento en el proceso previo al moldeo.
- 2) Se alimenta el material mezclado a la máquina inyectora para realizar la inyección.
- 3) Cuando el tiempo de mezcla no es suficiente, en algunos casos se pueden presentar colores variados u otros defectos.
- 4) Existen los sistemas de rotación vertical, en forma V, horizontal (giran las paletas instaladas en el interior del tanque), etc.

Sistema de mezcla
Tipo rotativo



Máquina mezcladora
Las paletas interiores
giran en forma horizontal.



NISSEI Escuela Texto

Equipos periféricos y sus funciones

9

2. Equipos periféricos (Relacionados a los materiales) -4

3) Equipo de mezcla (Tipo rotativo)

Precaución

Se mezcla al **girar** las aspás dentro del tanque.

Se debe operar el equipo con la **tapa** puesta y en posición horizontal.

Cuando limpien el interior ⇒ **Desconecten la alimentación** sin falta (desenchufar).

No rayen el interior del tanque ⇒ Tengan cuidado de que no entren **metales, etc.**

Para introducir y/o descargar los materiales se debe inclinar el tanque ⇒ Utilicen los **pernos de seguridad**.



NISSEI Escuela Texto

Equipos periféricos y sus funciones

10

2. Equipos periféricos (Relacionados a los materiales) -5

4) Secadora de caja (Sistema de circulación de aire caliente)

- 1) Es un equipo en forma de caja con un calentador instalado en su perímetro interior, en el cual circula el aire mediante un ventilador, de manera que se logra el secado del material para moldear.
- 2) El equipo cuenta con estantes en su interior para incrementar el área por donde pasa el aire caliente.
- 3) El sistema de circulación de aire caliente ofrece la gran ventaja de poder calentar relativamente fácil y uniformemente el material. Sin embargo, como es susceptible a la humedad del exterior, se debe prestar atención al estado de secado cuando hay una alta humedad en el ambiente.
- 4) El material que se coloca en las bandejas de secado debe ser de entre 25 y 30mm de espesor.
- 5) Se necesita trasladar manualmente el material a la máquina inyectora, lo que no es adecuado para la producción masiva.

Secadora
de caja



Fuente: Información técnica de MATSUI

Equipos periféricos y sus funciones

11

2. Equipos periféricos (Relacionados a los materiales) -6

4) Secadora de caja (Sistema de circulación de aire caliente)

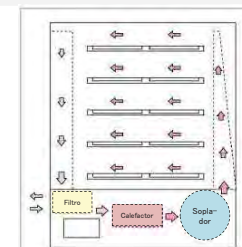
Precaución

Temperatura programada: hasta **160°C**

Ténganse precaución con las **quemaduras al** extraer las bandejas. (Utilicen **guantes de protección**.)

Presten atención al **peso** de las bandejas conteniendo materiales. (620 x 290 x 60)

Limpien el interior y pongan atención a que no entren partículas ajenas. Cuando cada bandeja contiene **diferentes materiales**, presten atención en que no se mezclen al sacarlos de la secadora.



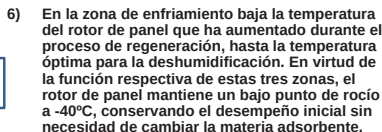
Fuente: Información técnica de MATSUI

Equipos periféricos y sus funciones

12

A-214

- 1) Durante la temporada de lluvia y de verano, en la que existe una alta humedad absoluta en el aire ambiente, la secadora por aire caliente no logra secar por completo las resinas, particularmente a las que tengan una baja absorción de humedad.
- 2) En este sistema no se extrae al exterior el aire caliente humedecido al ser utilizado para secar las resinas; al interior de la cámara de secado se introduce el aire que ha pasado por el proceso circulatorio de deshumidificación, secado y calentamiento y así listo para secar las resinas.
- 3) El rotor de panel (*honeycomb rotor*) se compone de tres zonas: deshumidificación, regeneración y enfriamiento.
- 4) En la zona de deshumidificación se absorbe la humedad contenida en el aire que entra en la tolva secadora.
- 5) En la zona de regeneración-calentamiento se calienta y se evapora la humedad adsorbida en la zona de deshumidificación para regenerar el rotor de panel.



Equipos periféricos y sus funciones

13

Precaución

(No habrá necesidad de tocar directamente, sin embargo está a alta temperatura.)

[illegible]

NISSEI Escuela Texto

Equipos periféricos y sus funciones

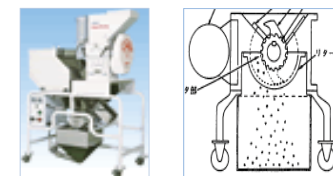
14

Nombre del material	Temperatura de secado°C	Tiempo de secado (Horas)	Humedad permisible %
PC	De 110 a 120	4 o más	Máximo 0.03
PBT	De 120 a 130	4	Máximo 0.02
PA-66	De 80 a 120	De 4 a 5	Máximo 0.02 Secado al vacío
ABS	De 80 a 90	De 3 a 4	Máximo 0.1
PMMA	De 70 a 75	De 4 a 5	Máximo 0.1
POM	De 80 a 90	4	Máximo 0.09
AS	De 80 a 90	3	Máximo 0.1
PPS	120	4	Máximo 0.1

Equipos periféricos y sus funciones

15

- 1) En caso de reciclar coladas, *sprue* y productos defectuosos, éstos deben ser molidos.
- 2) En algunos casos se muelen las coladas en un proceso en línea justo después del moldeo y en otros casos se reúne todo el material para molerlo en el proceso posterior.
- 3) Cuando el material molido se compone de partículas grandes, se pueden ocasionar defectos de moldeo a causa de una mala penetración y/o plastificación desigual. Asimismo, los polvos generados durante la trituración también pueden causar quemaduras u otros defectos de moldeo, por lo que es recomendable eliminarlos antes del uso (Equipo de eliminación de polvos)
- 4) Para el proceso de moldeo de alta precisión y las máquinas pequeñas de moldeo, comúnmente se vuelve a peletizar el material mediante una peletizadora para eliminar los factores de inestabilidad en la dosificación.
- 5) Al finalizar el trabajo de molido, se realiza la limpieza para no dejar el material molido. Cuando el molino no está limpio, consiguientemente, se puede ocasionar contaminación, variación del tono de color, falta de resistencia y otros problemas de calidad.
- 6) En caso de moler todo el material junto en el proceso posterior, se debe llevar control riguroso para que no se mezcle con otro tipo de coladas y/o basura.



Fuente: Información técnica de HARMO

Equipos periféricos y sus funciones

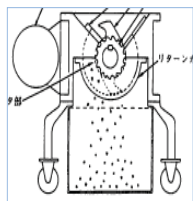
16

2. Equipos periféricos (Relacionados a los materiales) -11

7) Molino

Precaución

Las cuchillas **giran**.⇒No introduzcan las manos en el interior de la entrada de material.
 Utilicen la **cubierta** sin falta (utilicen el **interruptor de límite**).
Limpieza del interior⇒**Desactiven** sin falta la **alimentación eléctrica** (desenchufar).
 Falta de limpieza⇒Mezcla de material extraño
 Tampoco permitan mezcla de partículas ajenas a **resina** (sobre todo **metales**).
Salpican materiales molidos.⇒ **Lentes de seguridad**
El ruido de molino es alto.⇒**Medidas contra el ruido** (cubre oído)
 Tengan precaución con el **filo de la navaja al limpiar el interior**.⇒No **corten** sus dedos.



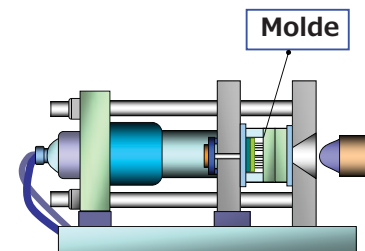
Desenchufar

NISSEI Escuela Texto

Equipos periféricos y sus funciones

17

3. Equipos periféricos (Relacionados al mantenimiento de los moldes) -1



9)	Lavadora por ultrasonido	Lavado de cavidad y corazón, etc. (Mantenimiento periódico)
10)	Soldador por arco de alta precisión	Soldadura TIG, soldadura autógena - Argón (corrección, reparación)
11)	Pulidor por ultrasonido	Pulido de moldes (Nuevos moldes y reparación)

Equipos periféricos y sus funciones

18

3. Equipos periféricos (Relacionados al mantenimiento de los moldes) -2

9) Lavadora por ultrasonido

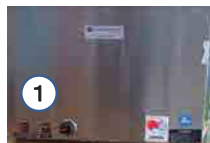
Lavadora de moldes CPE-30-P (1)

Elimina la suciedad de los moldes para plásticos, por ejemplo (2) quemadura por gas, suciedad por aceite, oxidación y las capas de plásticos.

Líquido para el lavado Alcalino fuerte (Ph12.5~14)

Utiliza vibrador de alta calidad que es un oscilador eléctrico con frecuencia de 28kHz.

***Están programada la práctica dentro del tema de mantenimiento.**



Extracto del catálogo de Somax

Equipos periféricos y sus funciones

19

3. Equipos periféricos (Relacionados al mantenimiento de los moldes) -3

10) Soldador al arco de alta precisión (Soldadora TIG)

WELD PRO SW-V01

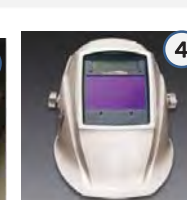
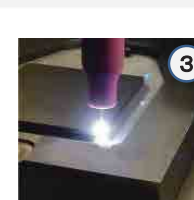
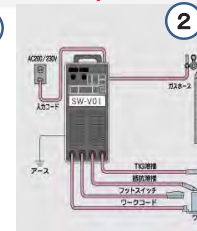
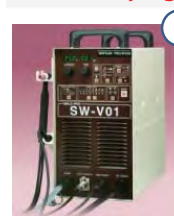
1) Soldadura por resistencia eléctrica y soldadura al arco de alta precisión TIG

Soldadura de **TIG (Gas inerte Tungsteno)**: Electrodo tungsteno
 Protección por gas con el gas inerte tales como "Argón (Ar), Helio (He) .

Seleccionen los consumibles de soldeo adecuados al material (dureza).

Utilicen sin falta careta y guantes de protección (4) para proteger la cara y los ojos contra **el rayo ultra-violeta (3)** al soldar con el soldador TIG.

*** Están programada la práctica dentro del tema de mantenimiento.**



Extracto del catálogo de Sanwa Shoko

Equipos periféricos y sus funciones

20

3. Equipos periféricos (Relacionados al mantenimiento de los moldes) -4

11) Pulidor por ultrasonido

- LAPTORON 75R
- 1) Agarradera del electrodo por ultrasonido (Máx. 48W, Frecuencia de oscilador 28kHz)
 - 2) Agarradera del rotador (Máx. 15000rpm)
 - 3) Pulidor de la parte lineal angosta y profunda.
 - 4) Pulidor de área amplia después de la electroerosión.

* El trabajo de pulido requiere habilidad entrenada.
(La práctica está programada en el tema de mantenimiento).



Extracto del catálogo de Sanwa shoko

Equipos periféricos y sus funciones

21

4. Mantenimiento de los equipos periféricos (Mantenimiento y reparación de los moldes)

- **Mantenimiento cotidiano**
Revisión de la condición de movimientos.
¿Eleva la temperatura de acuerdo a lo programado?
¿No hace ruido al trabajar?
¿Funciona el interruptor de paro de emergencia?
Otros.
- **Mantenimiento periódico**
Revisión y reemplazo de las partes de mantenimiento.
Reemplazo de los empaques.
Limpieza de los filtros.
Otros.

Equipos periféricos y sus funciones

22

5. Registro de mantenimiento (Ejemplo)

Regulador de temperatura de moldes MCH-25-J
¡Verifiquen y registren en el momento de usar!

Fecha de uso	20 de Marzo	21 de Marzo	
¿Cuál es la temperatura programada?	80°C	100°C	
¿Se eleva la temperatura de acuerdo a lo programado?	✓	✓	
¿No hay fuga de agua en las conexiones?	✓	✓	
¿No hace ruido extraño la bomba?	✓	✓	
Otros			
Quien verificó:	Nakazawa	Nakazawa	

Equipos periféricos y sus funciones

23