

---

## CAPÍTULO 3: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO

### ÍNDICE DEL CAPÍTULO

#### 1. Materiales plásticos

- 1.1 Polímeros. Generalidades
- 1.2 Fabricación de piezas de plástico

#### 2. Inyección de plástico

- 2.1 Máquinas para la inyección de plásticos
- 2.2 Proceso de inyección



## 1. MATERIALES PLÁSTICOS

El término *plástico* engloba a una serie de materiales de propiedades físico-químicas bastante diferentes, caracterizados por estar formados por *macromoléculas*, unidas a menudo por medios artificiales a otras más pequeñas.

### 1.1 Polímeros. Generalidades

El mecanismo mediante el cual es posible la unión estable de varias moléculas diferentes es la *polimerización*. Consiste en la presencia de compuestos *insaturados*, capaces de compartir electrones. Por ello, también se conocen a los materiales plásticos como *polímeros*.

#### 1.1.1 Formación de moléculas

Los mecanismos mediante los cuales se realiza la polimerización son básicamente los dos siguientes.

##### 1.1.1.1 Adición

Consiste en añadir grupos básicos llamados *monómeros*, de forma tal que se repiten un número de veces determinado. Esta repetición define el *grado de polimerización*. Los polímeros comerciales tienen grados de polimerización entre 75 y 750.

Copolímeros. Son un tipo especial de estos, en los que las cadenas de agregación se realizan con *dos* monómeros diferentes, mejorándose así sus propiedades.

##### 1.1.1.2 Condensación

Entramado espacial con átomos fuertemente ligados por enlaces primarios.

#### 1.1.2 Clasificación

Desde un punto de vista práctico, los polímeros se clasifican según la estabilidad de su estructura. Estos son los diferentes tipos de cadenas moleculares que forman los polímeros

- 
- (a) *Estructura lineal*. Termoplásticos (acrílico, nylon, etc.)
- (b) *Estructura ramificada*. Termoplásticos (polietileno)
- (c) *Cadenas cruzadas*. Elastómeros (caucho, etc.)
- (a) *Red molecular*. Plásticos termoestables (epoxi, fenólicos, etc.)

### 1.1.2.1 Termoplásticos

Los polímeros formados por adición tienen unas estructuras de largas moléculas con fuertes enlaces atómicos. Sin embargo, entre moléculas contiguas las uniones son de tipo Van der Wals, mucho más débiles y variables con la temperatura. Por ello, el deslizamiento entre capas aumenta con la temperatura.

La diferencia de resistencia mecánica de estos polímeros se basa en la longitud de las cadenas: cuanto más largas sean, mayor será la dificultad para el deslizamiento entre capas de moléculas. Los polímeros formados por cadenas ramificadas en Y, con enlaces primario dentro de ellas forman materiales aún más resistentes.

Dado que las moléculas que los forman tienen diferentes tamaños, estos polímeros no presentan una temperatura de fusión definida, si no que se ablandan a lo largo de un cierto intervalo de temperaturas. En el otro extremo, a medida que se enfrían van aumentando su resistencia. En este proceso no se produce modificación química alguna, por lo que puede repetirse indefinidamente.

### 1.1.2.2 Duroplásticos o termoestables

También llamados *termofraguantes*, *termoendurecibles* o *termorresistentes*, tienen estructuras cristalinas en red molecular. Suelen fabricarse por *condensación*, y fraguan a alta temperatura. Una vez fraguados, no se reblandecen con la temperatura, manteniendo una estructura termofija, sin variación sensible de la resistencia, hasta llegar a la temperatura a la que arden o se carbonizan.

Por estos motivos, estos materiales suelen ser más resistentes que los termoplásticos, y no se pueden conformar por reblandecimiento del material. Son ejemplo de este tipo de materiales las resinas *epóxis*, *fenólicas* y el *polyester*.

### 1.1.2.3 Elastómeros

Comprenden una larga familia de polímeros *amorfos* de baja temperatura de cristalización. Caracterizados por un módulo elástico muy bajo, admiten grandes deformaciones elásticas hasta rotura, y por poseer una elevada histéresis.

Sus estructuras cristalinas forman de largas fibras enroscadas y trenzada entre sí, que les confieren sus propiedades. Una vez conformados, estos polímeros no pueden ser cambiados de forma sin transformaciones químicas.

El ejemplo clásico son los polímeros *vulcanizados* con azufre, con los que se fabrican las gomas de *caucho natural* de los neumáticos. Otros elastómeros son las *gomas sintéticas* -caucho sintético, polibutadieno, etileno-propileno, etc.-, las *siliconas* (caracterizadas por su elevada resistencia térmica -hasta 315 °C) y el *poliuretano*, de elevada resistencia mecánica y resistencia a la abrasión.

### 1.1.3 Aditivos

Para mejorar sus propiedades, los plásticos suelen *aditivarse* mediante el agregado de diversos componentes, para satisfacer algunas de las siguientes condiciones.

#### 1.1.3.1 Mejorar las propiedades mecánicas

Para mejorar las propiedades mecánicas, se agregan diverso tipo de *fibras* (plásticas, metálicas, grafito, boro, vidrio, etc.), de diámetros entre 0,1 a 1 mm y longitudes entre 1 y 5 mm.

#### 1.1.3.2 Reducir el precio

También son cargas que se agregan al material base, pero de precio menor que éste y con el objetivo de disminuir su precio (talco, serrín, fibras textiles, etc.) y, a veces, mejorar alguna propiedad.

#### 1.1.3.3 Mejorar la moldeabilidad

Son cargas plastificantes o lubricantes, destinadas a mejorar la fluidez y/o la extracción de las piezas.

#### 1.1.3.4 Conferirles color

Los colorantes pueden ser *tintes* (que alteran el color de la resina) o *pigmentos* (cuya presencia confiere el color deseado).

## 1.2 Fabricación de piezas de plástico

### 1.2.1 Métodos de conformación

Según sean las características de los materiales, la geometría y las propiedades buscadas, existen diferentes métodos de conformación.

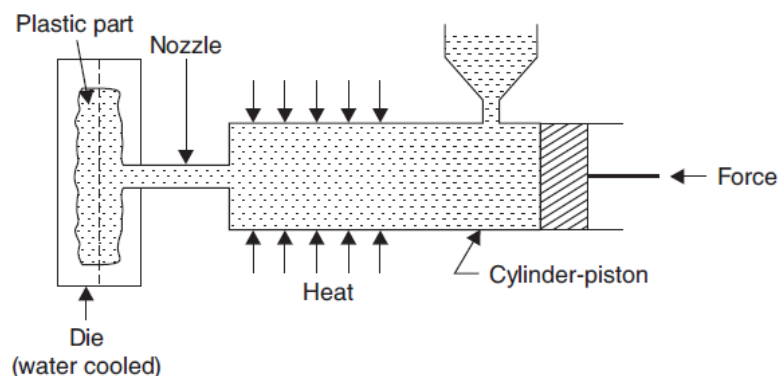
#### 1.2.1.1 Colada directa

Es el más sencillo, pero presenta limitaciones geométricas. Se utilizan moldes rígidos o flexibles (p.ej. plomo de pared delgada) que es eliminado después que la pieza ha polimerizado. Estos segundos permiten moldear geometrías más complejas, pero siempre en espesores más bien gruesos. Pueden conformarse de esta manera tanto termoplásticos como termoendurecibles.

#### 1.2.1.2 Inyección

Es el método universalmente más utilizado para termoplásticos, pero también se utiliza con termoendurecibles. Se realiza en máquinas capaces de inyectar a presión el material, previamente plastificado en una cámara de caldeo (fig. 1.1).

Una vez que el material ha llenado la cavidad del molde, se mantiene éste cerrado el tiempo suficiente como para que la pieza se enfríe y solidifique. Entonces el molde se abre y la pieza es expulsada.



*Figura 1.1. Inyección de plásticos. H. N. Gupta, Manufacturing Processes, 2009.*

Los termoendurecibles también se pueden conformar por inyección, pero en este caso la boquilla de inyección está modificada: el material precalienta a la temperatura de inyección de unos 90 °C, y luego de llenado el molde se eleva a la

temperatura de polimerización, para provocar el curado. La boquilla debe estar refrigerada para evitar que se obture la salida del material.

### 1.2.1.3 Extrusión

Se utiliza para obtener piezas largas con sección transversal uniforme, tales como hilos, varillas o tubos. En la figura 1.2. se ve un esquema de funcionamiento de una extrusora: un tornillo sinfín comprime el material a través de un sector de calentamiento donde adquiere la temperatura adecuada, y lo obliga a salir por una hilera donde adquiere la forma buscada. Inmediatamente el material es enfriado para que conserve la forma.

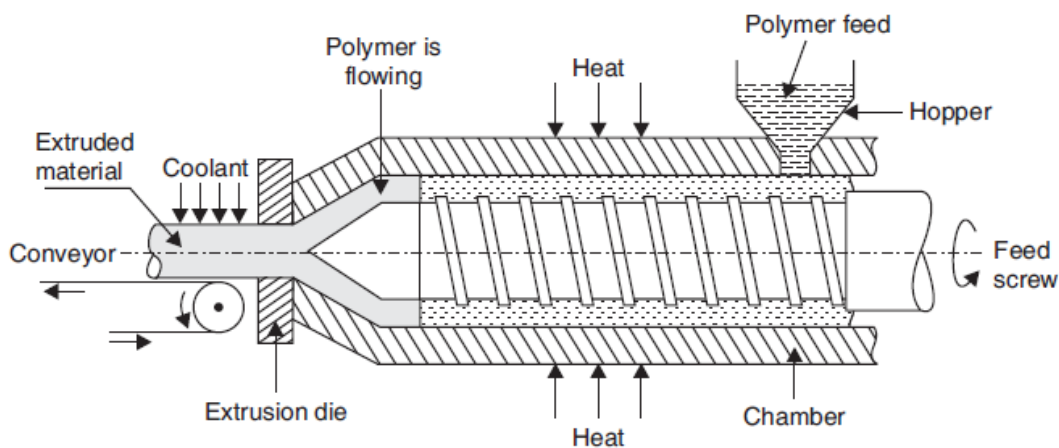


Figura 1.2. Extrusión de plásticos. H. N. Gupta, *Manufacturing Processes*, 2009.

### 1.2.1.4 Moldeo por compresión

Suele utilizarse para conformar materiales termoendurecibles, mediante una prensa con calefacción. Se introduce el material en forma de mezcla de gránulos o de pastilla preformada, a veces parcialmente polimerizado, que se comprime con temperatura dentro de una matriz.

### 1.2.1.5 Insuflado

Se utiliza para botellas y otros tipos de envases. Es en realidad una combinación del moldeo por inyección con una extrusión en la que, además, se insufla aire. Las fases del proceso son:

1. Un tubo de plástico caliente extruido se introduce en el interior del molde.
2. Se cierra el molde.

3. Se inyecta el aire, que obliga al plástico a adaptarse al contorno del molde.
4. Se abre el molde y se separa la pieza.

### 1.2.1.6 Plásticos estratificados

Para fabricar planchas, tubos y barras se puede utilizar la técnica de unir capas de una *base estructural* –fibras o telas- impregnadas con una resina adhesiva que las une y les confiere rigidez. En el caso de tubos o barras se utiliza un mandril sobre el cual se enrolla la fibra o tela, y luego se compacta en una prensa con una matriz adecuada.

### 1.2.1.7 Termoconformado

Para conformar planchas de termoplásticos se puede aplicar calor y un diferencial de presión para adaptarlas a una matriz adecuada. Los componentes de estos dispositivos son:

- (a) calefactor
- (b) mordaza
- (c) lámina plástica
- (d) molde
- (e) caja de vacío.

### 1.2.1.8 Mecanizado

- La mayoría de los plásticos se pueden mecanizar, aunque los termoplásticos presentan la desventaja de su tendencia a reblandecerse con el calor. Además la mayoría de estos materiales son aislantes del calor lo que tiende a elevar excesivamente la temperatura en el filo de corte, lo que afecta la duración de las herramientas negativamente. Por ello, siempre deberá utilizarse una refrigeración adecuada, recomendándose herramientas de carburos metálicos con un afilado especial.

### 1.2.1.9 Insertos

En ocasiones los requerimientos funcionales exigen el agregado de insertos, generalmente metálicos, para suplir las deficiencias del plástico utilizado. Así se realizan roscas, pasadores, topes, etc.

---

## 2. INYECCIÓN DE PLÁSTICO

### 2.1 Máquinas para la inyección de plásticos

Las máquinas de inyección de plástico realizan básicamente dos tareas: primero preparan al material de manera adecuada, llevándolo hasta la temperatura de inyección, y luego lo inyectan dentro en un molde bajo el efecto de una presión.

#### 2.1.1 Tipos de máquinas

Aunque en un principio las máquinas solían ser de concepción vertical, sobre todo por una cuestión de ahorro de espacio, hoy en día son horizontales. Aunque ocupan más espacio, tienen la ventaja de que el montaje de los moldes es más sencillo y la expulsión de las piezas más fácil.

#### 2.1.2 Inyectora horizontal

##### 2.1.2.1 Accionamiento

Aunque existen máquinas de accionamiento mecánico, neumático y combinaciones de ellos, las máquinas horizontales más habituales son de accionamiento hidráulico.

El sistema de cierre hidráulico del molde aunque es más lento que los sistemas mecánicos, es de gran precisión y simple regulación.

##### 2.1.2.2 Dispositivo de inyección

Cuando el molde esta cerrado, se inyecta el material, adecuadamente plastificado, mediante una boquilla en la cavidad del molde. La unidad de inyección realiza también las siguientes funciones:

- 1º Transporta el material desde la tolva hasta la zona de plastificación.
- 2º Convierte el material granulado o en polvo en un fluido plástico.
- 3º Homogeneiza el material plastificado mediante amasado y compresión.

Existen un gran número de diseños de cabezales de inyección: de émbolo, de sinfín, o combinaciones de ellos. El diseño depende del tamaño de la máquina y de su aplicación, pero en general incluyen sistemas de calefacción y/o refrigeración, un dispositivo de dosificación y a veces de mezcla de colores.



---

Una vez que la pieza se ha enfriado lo suficiente, un sistema de expulsión hidráulico, situado en la parte móvil del molde, se encarga de extraer la pieza y cortar la mazarota.

## 2.2 Proceso de inyección

### 2.2.1 Ciclo del proceso

Para el correcto llenado del molde el proceso debe realizarse siguiendo un ciclo estudiado para cada pieza. Para el adecuado funcionamiento, deben estudiarse detalladamente estos tiempos y la presión de inyección, a fin de que la pieza quede adecuadamente conformada en el mínimo de tiempo posible.

La inyección del material plástico se realiza en dos etapas:

- Primero se llena el molde volumétricamente. Durante esta etapa el llenado del molde debe hacerse atendiendo a un criterio de *velocidad de llenado* constante, para garantizar una correcta homogeneidad de la pieza.
- En la segunda etapa se mantiene la presión para que el material se *consolide*, ya que la contracción debida al enfriamiento daría lugar a rechupes. Durante esta etapa se introduce hasta un 7 % más de material hasta que se alcanza la presión máxima.

A medida que el material en el canal de llenado se va enfriando, el material contenido dentro de éste se va cerrando. Entonces la máquina debe ir relajando presión hidráulica para evitar que se produzca un deterioro del material.

Finalmente, se mantiene la boquilla de llenado cerrando el canal de llenado durante un cierto mientras la pieza se va enfriando, para que ésta quede suficientemente compactada. Luego la boquilla se retira, se abre el molde y se expulsa la pieza.