

1. Clasificación de los procesos

La mayoría de los procesos mediante los cuales se procesan los termoplásticos pueden agruparse en una serie de categorías: extrusión, procesado post-extrusión, por aplicación de una forma y por inyección.

1.1. Extrusión.

Mediante el **proceso de extrusión** se procesa probablemente el mayor volumen de plásticos. La extrusora es el equipo fundamental para fundir y bombear los termoplásticos a través de un medio que le da la forma deseada, el orificio de salida (“die”). Las extrusoras de usillo simple consisten fundamentalmente en un tornillo que gira en el interior de una cavidad cilíndrica (“Barrell”); la relación entre el diámetro y la longitud de usillo (L:D) suele estar en el intervalo de 20-24 con valores de diámetro comprendidos entre 1.25 y 50 cm. Los parámetros de diseño característicos son el “paso de rosca”, la anchura del canal y el ángulo de la espiral. Estas extrusoras pueden usarse también como una mezcladora, un reactor o una herramienta de desvolatilización. Las extrusoras de doble usillo son empleadas en la actualidad tanto como las de usillo simple, pudiendo encontrarse distintas configuraciones, incluyendo los tornillo corotarios y contrarrotatorios; este tipo de extrusoras se emplean normalmente en operaciones de mezclado.

Dado que la extrusora alimenta una boquilla, en la cual se ofrece una gran resistencia al flujo, el buen funcionamiento de la extrusora debe atender a un buen diseño tanto del sistema de usillos como de la boquilla; es necesario por tanto diseñar la boquilla de la extrusora con el fin de que se obtenga una historia térmica uniforme, una forma final adecuada y una superficie libre de irregularidades.

Hay muchos tipos de geometrías de extrusión, incluyendo aquellas que producen láminas y films, tubos, fibras, incluyendo recubrimiento de cables; en este proceso, el metal es hecho pasar a través del centro de un orificio, al mismo tiempo que el fundido es bombeado a través de una boquilla, de forma que el polímero encapsula el cable. Los problemas de diseño aparecen cuando se intenta conseguir un régimen laminar a la máxima velocidad de extrusión, con el fin de conseguir el espesor deseado con un alto grado de uniformidad.

1.2. Procesado post-extrusión.

Dentro de esta categoría irían incluidas operaciones como el hilado de fibras, soplado de films y moldeado de láminas. Estos procesos presentan una serie de similitudes, como por ejemplo, que son procesos en los cuales el polímero adopta una forma que no viene limitada por superficies externas, como un molde; en este caso, tanto la forma como el diámetro vienen dados por las características del fundido, dimensiones de la boquilla, condiciones de enfriamiento y velocidad de extrusión; además todas ellas afectan a otras propiedades, como mecánicas y ópticas.

1.3. Moldeado.

Esta tercera categoría se incluirían aquellas unidades en las cuales la forma final del objeto viene determinada por una superficie ajena al material polimérico. Soplado, termoconformado, compresión, inyección, etc... serían ejemplos de esta categoría.

El proceso de soplado es empleado comúnmente para fabricar contenedores de gran cantidad de fluidos a partir de una preforma que es inflada hasta ocupar la total cavidad del molde, que produce su enfriamiento y solidificación.

En termoconformado, una lámina polimérica es calentada por radiación (a veces combinada con convección forzada) hasta una temperatura por encima de la de transición vítrea o de la de fusión de sus zonas cristalinas; a continuación es prensada hacia la parte inferior del molde por el efecto de una fuerza mecánica, presión o vacío. La propiedad clave de este tipo de sistemas es la denominada viscosidad extensional del fundido

En el moldeo por compresión, una porción de polímero es calentada y presionada hasta conseguir su reparto por la parte del molde que quedaba sin llenar.

Finalmente, mediante moldeo por inyección, el polímero es fundido y bombeado posteriormente mediante un sistema hidráulico que empuja el fundido hacia la cavidad del molde. Debido a la alta deformación y a las velocidades de enfriamiento, durante el llenado del molde, se produce un alto grado de orientación molecular y estructuración.

2. Operaciones unitarias

Desde la recepción del polímero de partida hasta la obtención del producto final, es posible distinguir una serie de etapas que pueden ser consideradas como “etapas unitarias”, pues ellas pueden combinarse y agruparse para conseguir los cambios deseados en el polímero en cuestión:

- a) Etapas básicas o fundamentales:
 - Manejo de sólidos
 - Fusión
 - (Presurización y bombeo)
 - Mezclado
 - Devolatilización.
- b) Etapa de procesado:
 - (Extrusión).
 - Calandrado y recubrimientos.
 - Procesado post-extrusión
 - Moldeado.
 - Otras etapas secundarias

El estudio de todas estas etapas requiere conocimientos sobre:

1. Fenómenos de transporte: transferencia de tanto de las etapas básicas como de las etapas de moldeo.
2. Reología de polímeros.
3. Mecánica de sólidos.
3. Principios de mezclado.
4. Reacciones químicas.

En los próximos temas se analizarán distintos aspectos de cada una de estas disciplinas con el fin de abordar de una forma semicuantitativa el diseño de determinadas etapas o partes de etapas. El desarrollo del programa de la asignatura se llevará a cabo en las siguientes unidades didácticas, en las que cada uno de los conceptos se desarrollarán con ayuda de distintos ejemplos:

1. Transporte de cantidad de cantidad de movimiento en condiciones isotermas.
 - 1.a. Caso 1: Diseño de una boquilla para soplado.
 - 1.b. Caso 2: Diseño de una boquilla para recubrimiento de cables.
 - 1.c. Caso 3: Diseño del orificio para obtener una preforma de un fluido viscoelástico.
2. Transferencia de materia. Difusión.
 - 2.a. Caso 4: Diseño de un sistema de hilado-secado.
 - 2.b. Caso 5: Disolución de una burbuja en un polímero fundido.
 - 2.c. Caso 6: Difusión de aditivos a través de un film polimérico.
3. Transferencia de calor.
 - 3.a. Caso 7: Obtención de un film de polipropileno.
 - 3.b. Caso 8: Calentamiento por radiación de una lámina destinada a termoconformado.
 - 3.c. Caso 8: Flujo no isoterma a través de una boquilla.
 - 3.d. Caso 9: Generación de calor en un reómetro de cono-plato.
 - 3.e. Caso 10: Solidificación de un polímero fundido en un molde de inyección.
4. Mezclado.
 - 4.a. Caso 11: Mezclado en cizalla simple: Crecimiento del área interfacial.
 - 4.b. Caso 12: Distribución de tiempos de residencia y deformación en flujo capilar.
 - 4.c. Caso 13: Obtención de un perfil multicapa.
5. Extrusión.
 - 5.a. Caso 14: Cálculo de la presión en la base de un silo.
6. Procesado post-extrusión.
7. Moldeo por inyección, compresión, termoconformado y soplado.