



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking **Academy** to **Industry**.

Programa de formación: módulos

- Nuevos materiales y biomateriales
- **Diseño ecológico y nuevos procesos de fabricación**
 - Compromiso de ciudadanos y consumidores
 - Gestión de residuos y valorización



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.
This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



TABLA DE CONTENIDO

2.2 Moldeo por soplado

2.2.1 Descripción de los diferentes tipos del proceso

2.2.2 Moldeo por extrusión y soplado y moldeo por inyección y soplado

2.3 Termoformado

2.4 Espuma

2.4.1 Descripción del proceso de espumado para materiales poliméricos.

2.4.2 Agentes espumantes.

2.4.3 Agentes espumantes químicos y físicos.

2.4.4 Proceso de espumado con procesos de extrusión y moldeo por inyección.

Soplado

Proceso para la producción de cuerpos huecos y botellas mediante la inyección de aire, en el interior de una **preforma** (de **moldeo por inyección**) o un **parisón** (de **extrusión**).

El moldeo por soplado se limita a los polímeros termoplásticos.

Los polímeros más utilizados son:

PET, PC, HDPE, LDPE, PP, ABS, PVC).

Dos variantes:

Moldeo por inyección y soplado (IBM)

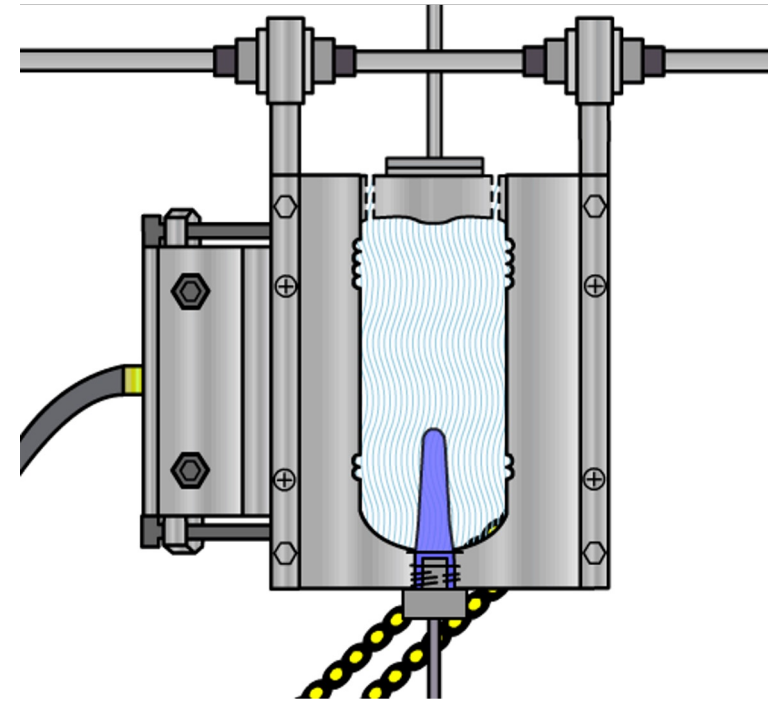
Moldeo por extrusión y soplado (EBM)



Moldeo por inyección y soplado (IBM)

Moldeo por inyección y soplado se utiliza para la producción de botellas de paredes delgadas y cuerpos huecos.

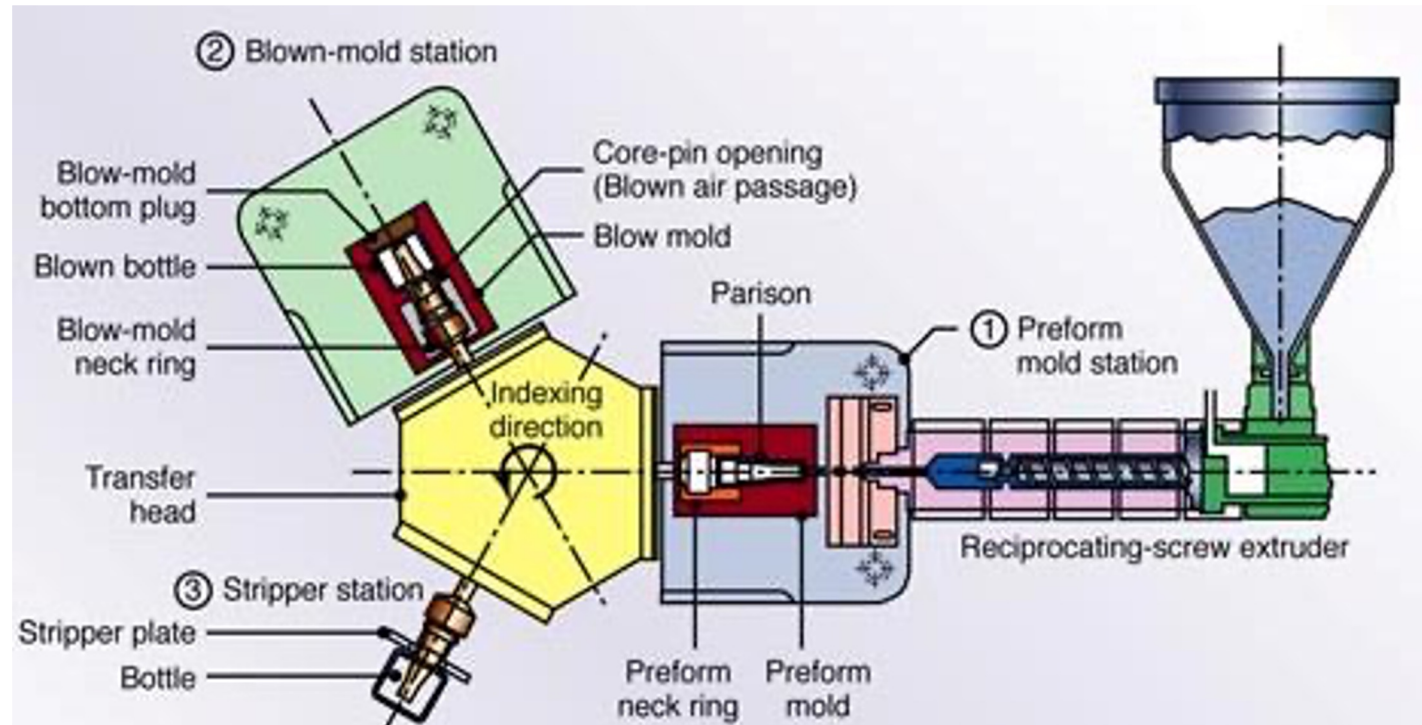
1. Moldeo por inyección de la "preforma"
2. Moldeo por soplado de la preforma, con aire comprimido
3. Enfriamiento de la botella
4. Apertura de molde y salida de pieza



<http://www.bpf.co.uk/data/iframe/injectionstretchblowmoulding.html>

Soplado de una sola etapa

Un proceso de una sola etapa recibe su nombre del hecho de que crea preformas, las estira y las sopla en la misma máquina antes de enfriarlas.

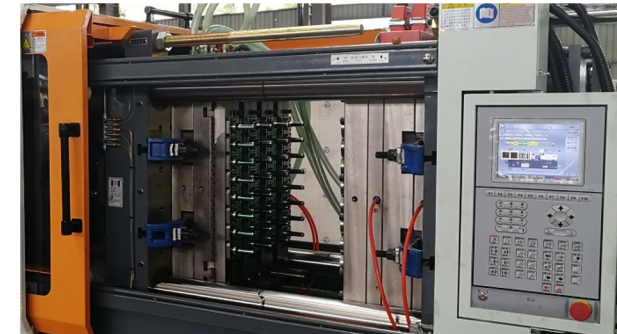
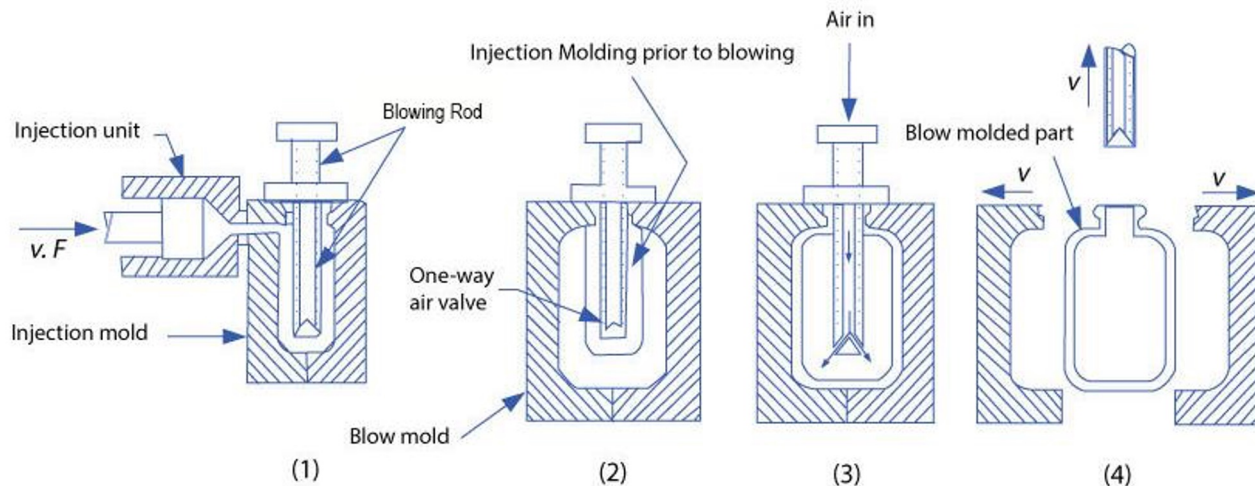


https://www.youtube.com/watch?v=eDoVB4u_syo

Soplado en dos etapas

La técnica utilizada en las máquinas de moldeo por inyección, estirado y soplado de dos etapas involucra dos máquinas. Estos son el sistema de moldeo por inyección y la máquina de moldeo por estirado y soplado.

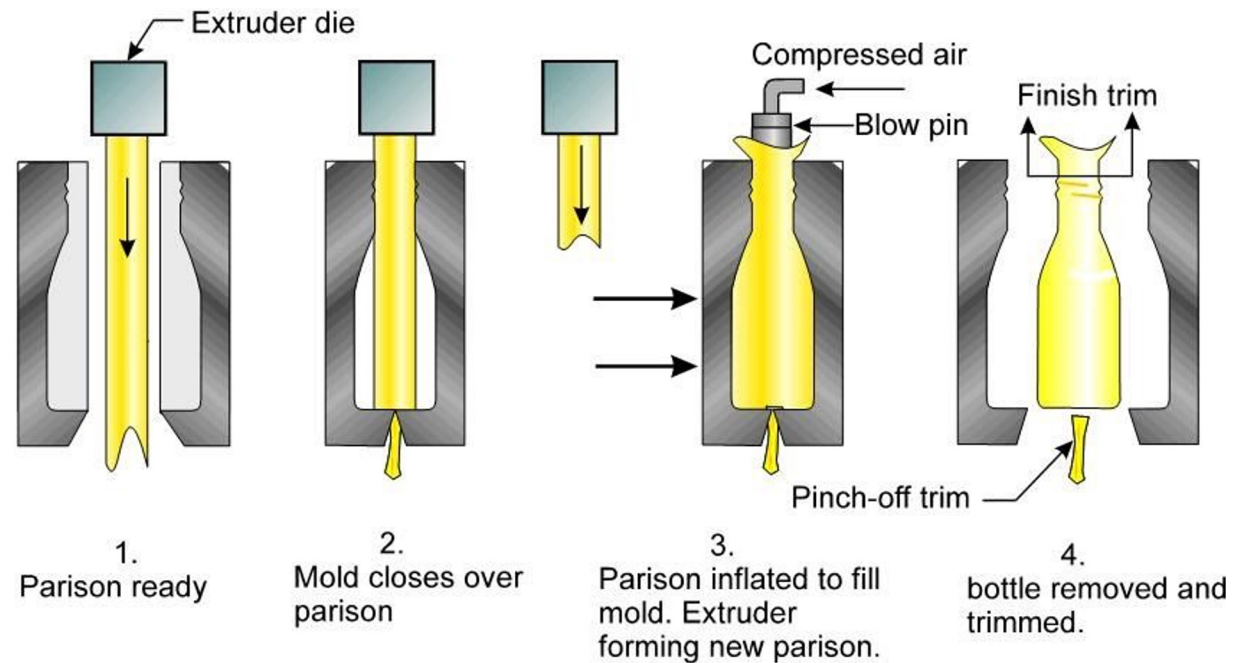
Aquí, el plástico se moldea en una preforma completamente enfriada en la primera máquina antes de enviarse a la segunda máquina.



<https://www.youtube.com/watch?v=so9OyGGICv4>

Moldeo por extrusión y soplado (EBM)

En el Moldeo por Extrusión y Soplado (EBM), el plástico se funde y se extruye en un tubo hueco (un parison). Este parison luego se captura cerrándolo en un molde de metal enfriado. Luego se sopla aire en el parison, inflándolo en la forma de la botella hueca, recipiente o pieza. Una vez que el plástico se ha enfriado lo suficiente, se abre el molde y se expulsa la pieza.



The **Blow molding** process

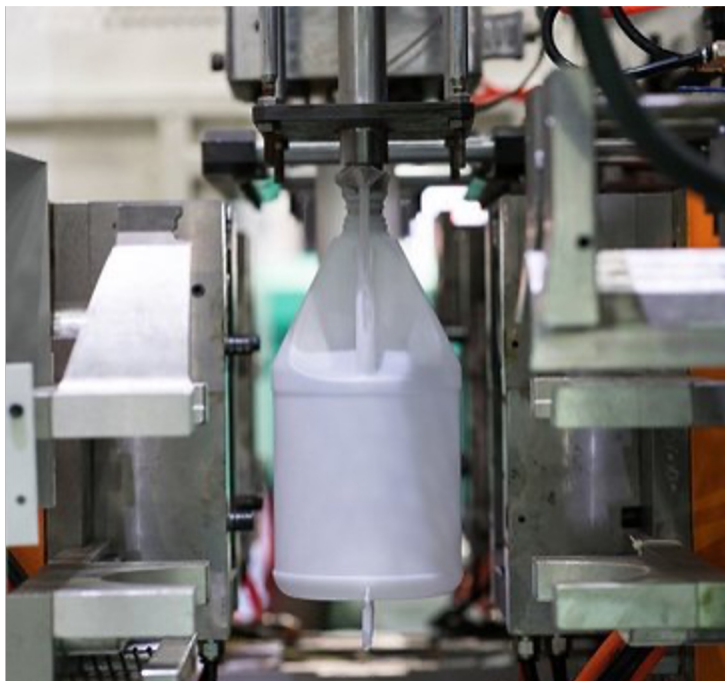
Combining continuous extrusion and molding



Soplado

- ❑ En el **moldeo por inyección y soplado**, una pieza de forma tubular (preforma), se obtiene primero mediante moldeo por inyección.
- ❑ Comparado con la **extrusión-soplado**, la **inyección-soplado** permite un mejor control sobre el peso de la pieza y su espesor de pared. También permite una mayor precisión en las zonas no sujetas a soplado (zonas del cuello moldeadas por inyección, con posibilidad de tapas roscadas y eventuales cierres).
- ❑ En el proceso en el que se espera **estiramiento durante el soplado**, la temperatura de trabajo se elige adecuadamente para permitir la orientación de las macromoléculas y por tanto la mejora de las propiedades.
- ❑ Permite obtener una gran variedad de formas huecas de finos espesores, dotadas de canales adecuados para la entrada de gases o líquidos. Los costos son muy altos y limitan el proceso a la producción en masa. Entre los productos típicamente elaborados, se encuentran las botellas de plástico y los envases huecos, especialmente los que tienen cierre roscado.
- ❑ El **moldeo por inyección y soplado multicapa** por lo general, se usa para componentes que deben ser resistentes y herméticos al gas. Por lo tanto, se proporcionarán capas de barrera en el interior, mientras que la capa exterior tendrá características de tenacidad, resistencia al impacto y compatibilidad con los procesos posteriores de impresión de texto o imagen.

Moldeo por extrusión y soplado



https://www.youtube.com/watch?v=8Ql4H40TX_c

Moldeo por inyección y soplado



<https://www.youtube.com/watch?v=NE4c1gwzPb4>

Termoformato

El termoformato es uno de los métodos más extendidos y antiguos de transformación de materiales plásticos, y está muy extendido en el envasado de alimentos.

Los polímeros más utilizados para este proceso son **sólo termoplásticos** y en particular: PP, PE y PS.

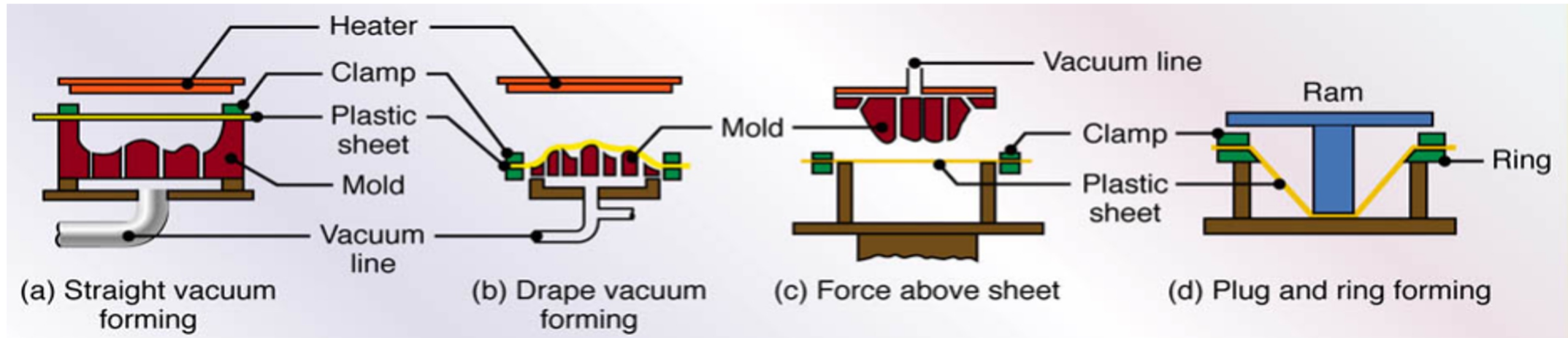


http://www.bpf.co.uk/data/iframe/Thermoforming_RPC_BPF.html

Termoformado

Es un **proceso de deformación en caliente** para películas o láminas, previamente transformadas por extrusión. Se someten a un "modelado".

En concreto, estos materiales se introducen en un horno donde el polímero alcanza su temperatura de reblandecimiento y así se forman con un molde que les da la forma deseada.

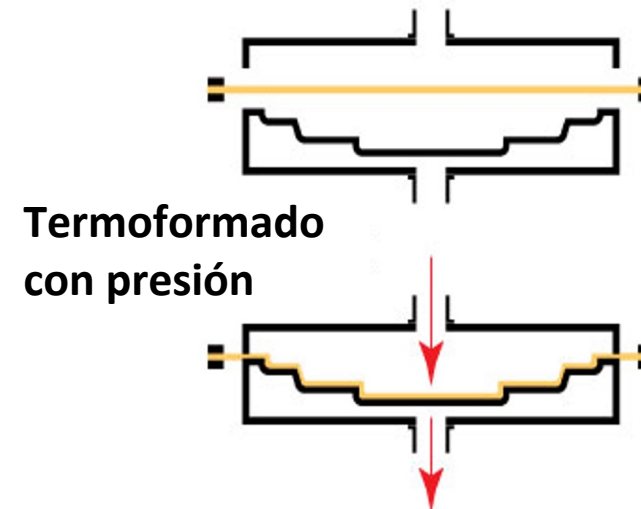
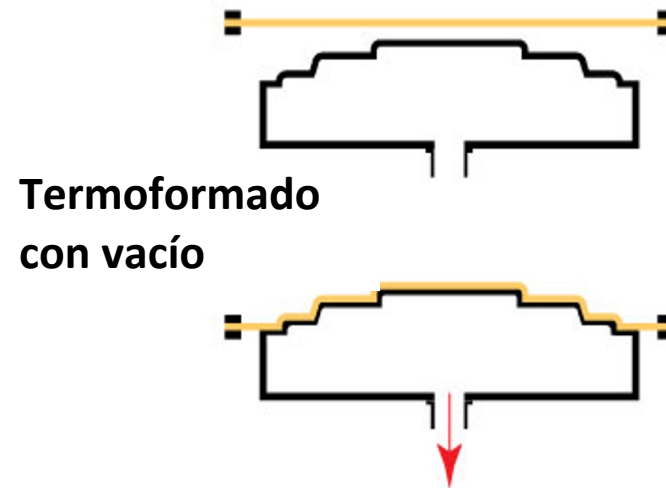


<http://www.bpf.co.uk/data/iframe/vacuumform1.html>

Termoformado

Puedes usar:

1. **EL VACÍO** ☐ mediante la succión del aire que queda entre la película y la superficie del molde hasta niveles bajos de vacío (~ 0,5 mbar de presión final) para obtener formas fieles;
1. **LA PRESIÓN** ☐ que permite añadir aire comprimido (hasta 10 bar). Permite obtener una mayor fidelidad de los detalles.



Espuma de polímero

Materiales que contienen vacíos gaseosos rodeados por una matriz más densa.

Las espumas se han utilizado ampliamente en una variedad de aplicaciones: Aislamiento, acolchado, absorbentes, etc..

Se han utilizado varios polímeros para aplicaciones de espuma: poliuretano (PU), poliestireno (PS), polietileno (PE), polipropileno (PP), poli(cloruro de vinilo) (PVC), policarbonato (PC), etc.

El poliuretano ocupa la mayor cuota de mercado (53%) en términos de cantidad consumida, mientras que el poliestireno es el segundo (26%).



Espuma de polímero: ventajoso/desventajoso



Tienen baja densidad por lo que son materiales ligeros.
Algunas espumas de polímero tienen una baja transferencia de calor o sonido, lo que las convierte en aislantes óptimos.
Muchos son flexibles y suaves, lo que significa que brindan más comodidad como cojín.



Resistencia mecánica inferior.
Baja estabilidad térmica y dimensional.

Espuma polimérica - Clasificación de las espumas poliméricas

Las espumas poliméricas también se pueden definir como espumas de **celda cerrada** o de **celda abierta**

En las espumas de **celda cerrada**, las celdas de espuma están aisladas unas de otras y las cavidades están rodeadas por paredes celulares completas.

En general, las espumas de celda cerrada tienen una permeabilidad más baja, lo que conduce a mejores propiedades de aislamiento. Absorben el sonido, especialmente los tonos graves.

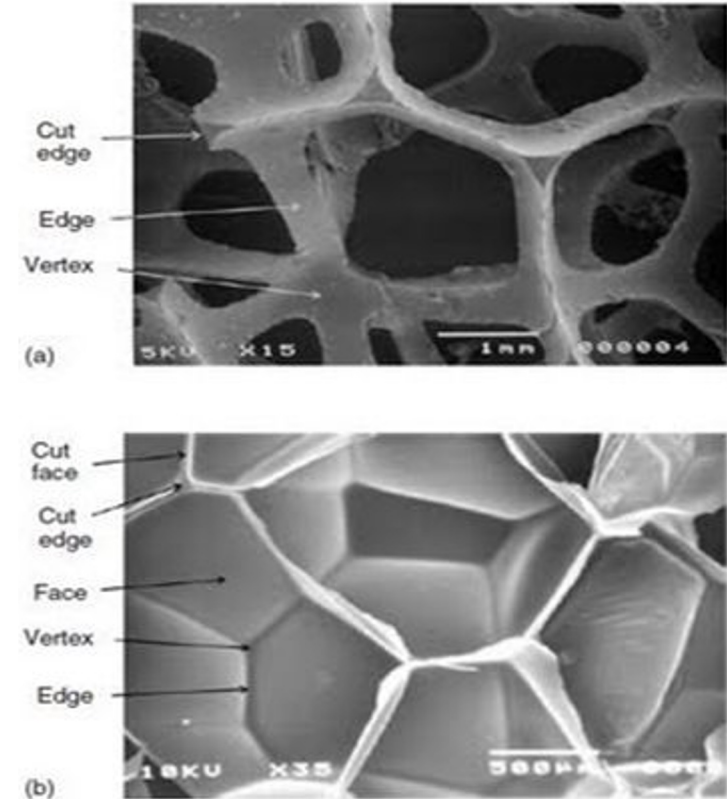
Las espumas de celda cerrada generalmente se caracterizan por su rigidez y resistencia.

En las espumas de celda abierta, las celdas están conectadas entre sí. Tienen un aspecto más suave y esponjoso.

Las espumas de **celda abierta** son increíblemente efectivas como barrera de sonido en rangos de frecuencia de ruido normales y brindan una mejor capacidad de absorción.

Las ventajas de la espuma de celda cerrada en comparación con la espuma de celda abierta incluyen su fuerza y su mayor resistencia a la fuga de aire o vapor de agua.

La desventaja de la espuma de celda cerrada es que es más densa, requiere más material y, por lo tanto, es más costosa.

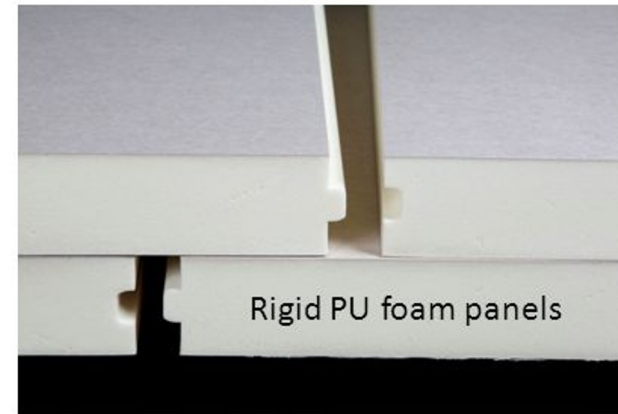


Fotografía SEM de (a) espuma de PU de celda abierta de densidad 28 kg m^{-3} , y (b) espuma de polietileno de baja densidad (LDPE) de celda cerrada de densidad 24 kg m^{-3} .

Espuma polimérica - Clasificación de las espumas poliméricas

Las espumas poliméricas se pueden clasificar como espumas **rígidas** o **flexibles**.

Las **espumas rígidas** son ampliamente utilizados en aplicaciones tales como aislamiento de edificios, electrodomésticos, transporte, embalaje, muebles, recipientes para alimentos y bebidas.



Paneles rígidos
de espuma PU

Las **espumas flexibles** se utilizan como muebles, transporte, ropa de cama, base de alfombras, textiles, aplicaciones deportivas, atenuación de golpes y sonido.



PU flexible

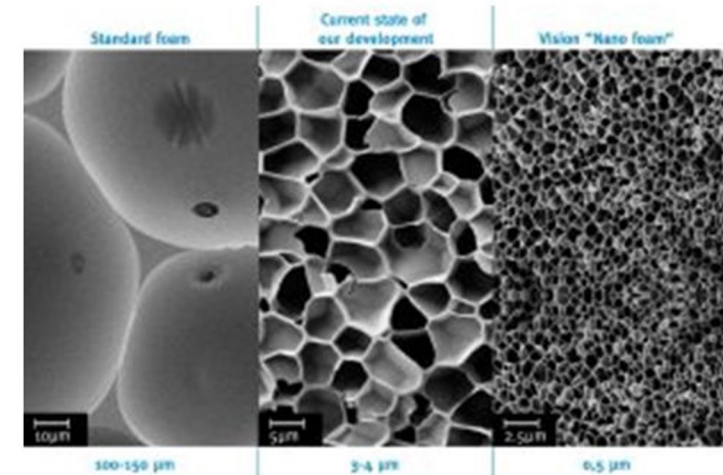
Espuma polimérica - Clasificación de las espumas poliméricas

Según el tamaño de las células espumosas, las espumas poliméricas se pueden clasificar en:

- Macrocelular(>100 micras),
- Microcelular (1–100 μm),
- Ultramicrocelular(0,1–1 μm)
- Nanocelular(0,1-100 nm).

El rendimiento de aislamiento térmico de una espuma rígida de poliuretano depende principalmente del tamaño de los poros de la espuma. Cuanto menor sea el diámetro, menor será la conductividad térmica y mejor el efecto aislante.

Las espumas rígidas de poliuretano actuales suelen tener tamaños de poro de aproximadamente 150 micrómetros, lo que excede el tamaño de poro de nanoespumas prevista para el futuro por un factor de aproximadamente 1.000.



Fonte: <https://www.timetoast.com/timelines/linea-del-tiempo-sobre-diferentes-materiales>

Proceso de espumado

El principio de los procesos de formación de espuma incluye los pasos de saturación del polímero o impregnación con un agente espumante, lo que proporciona una mezcla de gas y polímero supersaturada mediante un aumento repentino de la temperatura o una disminución de la presión, el crecimiento celular y la estabilización.

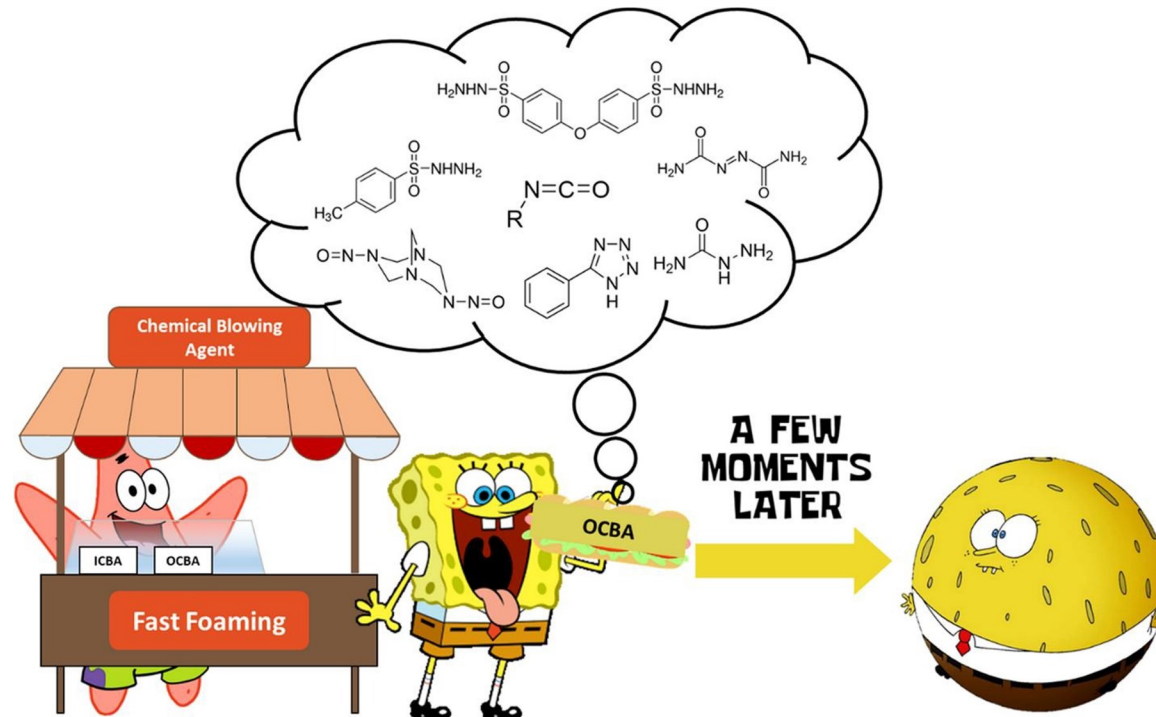
En los procesos de formación de espuma termoplástica, es importante obtener espumas con estructura de celdas cerradas con paredes de celdas de polímero delgadas que cubren cada celda.

Para proporcionar esta estructura, el crecimiento celular debe controlarse a través del proceso. El límite de temperatura es fundamental para obtener la estructura microcelular. Si la temperatura es excesivamente alta, entonces la resistencia a la fusión del polímero puede ser de baja inducción a la ruptura celular. Por otro lado, si la temperatura es demasiado baja, esto dará como resultado tiempos de formación de espuma más prolongados y un incremento en la viscosidad del polímero. Como consecuencia, se restringirá el crecimiento celular y se obtendrán productos insuficientemente espumados. Por lo tanto, las condiciones del proceso tienen una gran importancia en la morfología celular de las espumas poliméricas. Los procesos de espumado termoplástico más conocidos son **formación de espuma por extrusión**, y **moldeo por inyección de espuma**.

Agente de expansión

Un agente de expansión es una sustancia que es capaz de producir una estructura celular a través de un proceso de formación de espuma en una variedad de materiales que experimentan un endurecimiento o una transición de fase, como polímeros, plásticos y metales.

Por lo general, se aplican cuando el material soplado se encuentra en una etapa líquida. La estructura celular en una matriz reduce la densidad, aumentando el aislamiento térmico y acústico, al mismo tiempo que aumenta la rigidez relativa del polímero original.



Agente de expansión
<https://www.youtube.com/watch?v=ldlu4uRhuBY>

Espumado

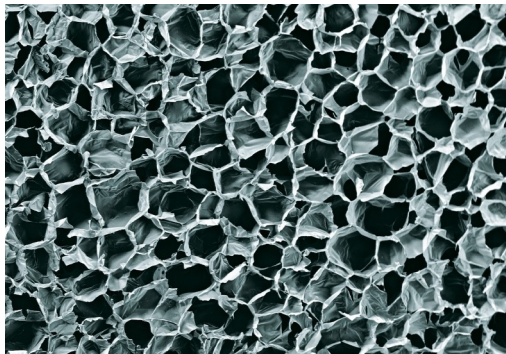
Agente de espumado químico

(Chemical Foaming Agent, CFA)

Estructura celular creada por una reacción química y calor durante proceso el proceso de platificación.

El gas generado suele ser CO₂, N₂ o una combinación para espumas de densidad alta a media.

N₂ y/o CO₂



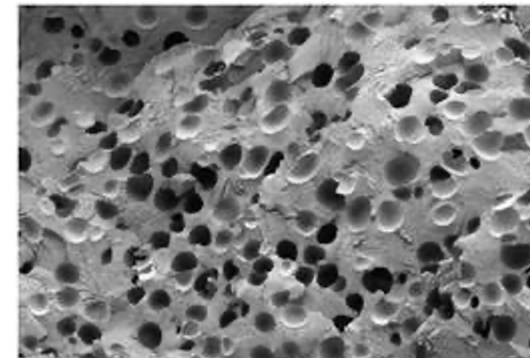
Agente de espumado físico

(Inyección de gases)

Estructura celular creada mediante la inyección de gas en estado supercrítico directamente en el cañón a través de modificaciones en el equipo.

Para espumas de alta y media densidad, los gases utilizados suelen ser N₂ o CO₂.

N₂ o CO₂



Formación de espuma - Reacción química

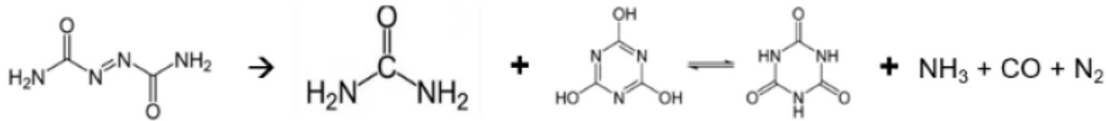


Exotérmicos

Azodicarbonamida (ADC): Crea nitrógeno y amoníaco, genera calor al descomponerse.

Por lo general, es mejor para compuestos de PVC o ABS.

Calienta el Sistema. Forma celdas más grandes en olefinas, estirénicos, etc. Ideal para madera plástica extruida.



50 años de uso en caucho y plásticos

Tasa de difusión de gas lenta

Positivo para algunas aplicaciones y negativo para otras

Expansión de gas rápida y robusta

El N₂ no es tan soluble en olefinas y estirenos como el CO₂



Endotérmicos

Mezclas de carbonato/ácido (SAFOAM® Endothermic): Crea CO₂ y agua, absorbe el calor.

La mayoría son FDA. Enfría el sistema, generalmente producen la mejor estructura (células pequeñas y abundantes, blancas).



(bicarbonato sódico) + (ácido cítrico) ⇌ (citrato sódico) + (dióxido de carbono) + (agua)

30 años de uso en termoplásticos

Autonucleante

Tasa de difusión de gas rápida

Tiempos de cristalización más rápidos debido a que el CO₂ es un plastificante

Liberación de gas lenta y controlada (menos presión)

El CO₂ es más soluble en el polímero fundido que el N₂

Espuma de extrusión continua

Es la tecnología más utilizada en la industria de la espuma. Tanto las extrusoras de uno como de dos tornillos se pueden usar para espumar plástico.

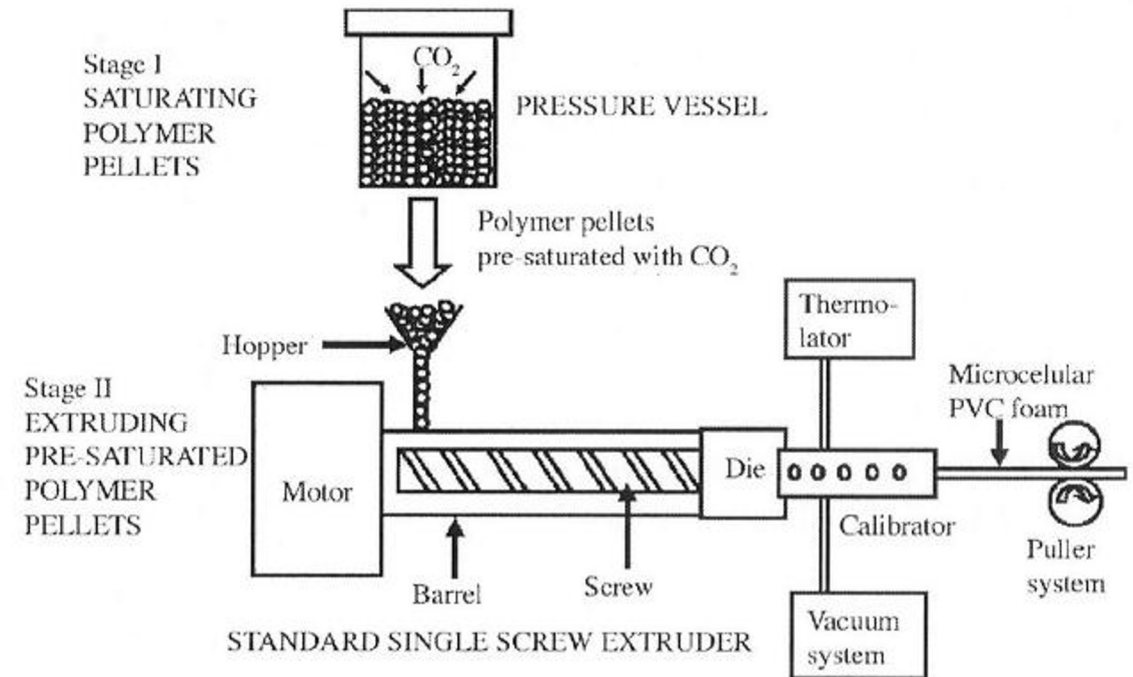
En un proceso típico de formación de espuma por extrusión, el gas espumante se inyecta primero en el cilindro y se mezcla con el polímero para formar una solución homogénea.

Cuando la mezcla homogénea de polímero/gas pasa a través de una boquilla, una rápida caída de presión induce la separación de fases y la nucleación celular.

La caída de presión, y especialmente la tasa de caída de presión, es la principal fuerza impulsora para la nucleación celular.

Se utiliza una boquilla de conformación adicional para controlar la forma del producto y la expansión de la espuma.

Los materiales espumados continúan expandiéndose hasta que la temperatura del extruido es inferior a la T_g y el producto de espuma está vitrificado.

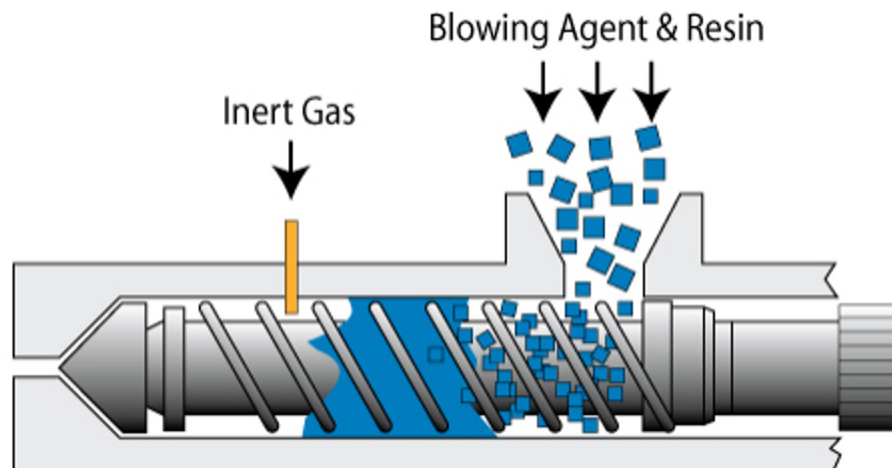


Fonte: <http://faculty.washington.edu/vkumar/microcel/extrusion.html>

Espumado - Tecnología de moldes

Se pueden utilizar dos tipos de tecnologías de moldes:

1. En el proceso de baja presión el molde se llena con un 80 a 95 % de polímero gaseoso fundido. Mediante el llenado no volumétrico de la cavidad (80 – 95 %) y la caída de presión en el molde, la masa fundida puede expandirse y llenar el volumen restante del molde. Se denomina proceso de baja presión, ya que la presión de la cavidad permanece relativamente baja. El grado de formación de espuma está en el rango de 5 a 20 %.
2. En el proceso de alta presión (también conocido como "apertura de molde de precisión" o "tecnología de molde de respiración") las espumas estructurales con menor densidad pueden ser producidas por moldes con cavidad variable (cara flash vertical). La cavidad del molde se llena por completo con polímero fundido y luego se abre inmediatamente unos pocos milímetros. A través de esta abertura de la cavidad se produce una caída de presión y la masa fundida puede formar espuma. La apertura se produce por el retroceso de la unidad abrazadera. ("Núcleo de vuelta").



Núcleo de vuelta

<https://www.youtube.com/watch?v=rnQHbBle6AE>

Espumado: ¿Por qué usar espuma química?

- ☐ Reduce el coste
 - Menos consumo de materiales
- ☐ Reduce el peso
- ☐ Elimina tintas
 - Impresión mejorada en superficies planas
- ☐ Mayor eficiencia de producción
 - Temperaturas de procesamiento más bajas
 - Tiempo de ciclo más rápido
 - Reduce la energía de la máquina
- ☐ Mejora el aislamiento térmico
- ☐ Mejora el aislamiento acústico
- ☐ Fácilmente escalable
 - Estable y Repetible
 - Proceso simple, fácil de alimentar
- ☐ Fácil coste de inicio
 - Aditivo fácil de usar
 - No se necesitan modificaciones al equipo
 - Las boquillas de cierre son una ventaja en el moldeo por inyección

Desventajas

Los subproductos no volátiles del polímero portador (masterbatch), que permanecen en el dispositivo. Por lo tanto, la resistencia mecánica puede disminuir y puede ocurrir un fallo prematuro del componente.



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Linking Academy to Industry.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO



Derechos de autor: CC BY-NC-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Con esta licencia, eres libre de compartir la copia y redistribuir el material en cualquier medio o formato. También puede adaptar, remezclar, transformar y construir sobre el material.

Sin embargo, sólo bajo los siguientes términos:

Atribución —debe otorgar el crédito apropiado, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso.

No comercial —no puede utilizar el material con fines comerciales.

Compartir por igual —si remezcla, transforma o construye sobre el material, debe distribuir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original.

Sin restricciones adicionales —no puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

This project has been funded with support from the European Commission.

This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.