

Reciclaje de desechos de plástico a pequeña escala

Dr.-Ing. Heino Vest (1995, revisado en 2000)

Los materiales y artículos siempre se han reciclado, particularmente cuando el producto fue raro o difícil de producir y, por lo tanto, costoso. En el pasado, los motivos principales para el reciclado fueron económicos. Hoy en día, los motivos ecológicos son más importantes. Debido a que varias secuencias de procesos, cuando se producen nuevos productos, pueden ahorrarse a través del reciclaje, es posible reducir la materia prima y el consumo de energía, así como los contaminantes y residuos.

La mayoría de los plásticos se producen a partir del petróleo. Debido a que el precio del petróleo fue relativamente bajo durante mucho tiempo, los productos elaborados a partir de plásticos fueron y aún son muy baratos. Especialmente en los países desarrollados del norte, pero incluso en los países en desarrollo, el mercado local se encuentra inundado de artículos de plástico. Debido a que el plástico fue tan barato, nadie pensó en el reciclaje y el re-uso por mucho tiempo. Mientras tanto, los desechos de plástico se han convertido en un fastidio y también en un peligro ambiental. La incapacidad del plástico para degradarse y descomponerse de manera natural, hizo los desechos de plástico eternamente perdurables. Actualmente, incluso en medio de la selva o en sabanas remotas pueden descubrirse contenedores, bolsas o juguetes de plástico.

En los países desarrollados, el reciclaje de plásticos se ha vuelto necesario para poder manejar los volúmenes crecientes de desechos. Aunque todavía no muy viable económicamente, el reciclaje de plásticos se realiza en estos países sólo por razones ambientales. En los países en desarrollo, se descubrió que los desechos de plástico pueden servir como una materia prima valiosa

Campo técnico:

- Energía/ambiente
- Agua/saneamiento (W)
- Agricultura (A)
- Procesamiento de alimentos (F)
- Manufactura (M)

Esta información técnica está disponible en:

- Inglés (e)
 - Francés (f)
 - Alemán (g)
 - Español (s)
 - Otro
- W010S_2004.doc

para la producción a pequeña escala y la generación de ingresos. Contrario al reciclaje tradicional de metales, orgánicos, papel y vidrio, los procesos para el reciclaje de plásticos de desecho son nuevos y comúnmente no muy conocidos.

Consideraciones generales

El valor de los desechos como recurso secundario depende de su pureza y composición. Normalmente, se requiere solo un tipo de material para el procesamiento ulterior. Debido a que existe un gran número de diferentes plásticos en uso, separándolos en los distintos componentes de material origina muchos problemas. En los países industrializados en donde se generan grandes volúmenes de desechos de plástico, la clasificación automática de plásticos es muy complicada y no satisfactoria hasta ahora. Esta es básicamente la razón por la que estos países están intentando desarrollar técnicas (pirólisis, hidratación, gasificación, etc.) para separar los desechos de plástico mezclados nuevamente en sus componentes y materias primas originales.

Varios experimentos y proyectos de investigación han comprobado, que la clasificación de desechos domésticos produce material de alta calidad, cuando se separa a mano. La capacidad del ojo humano a distinguir entre los diferentes materiales es todavía superior a las máquinas. En los países industrializados, en donde la mano de obra es muy costosa, la clasificación a mano no es una solución; es una tarea para las máquinas. Sin embargo, los costos de mano de obra en los países en desarrollo son aún bajos, lo que aboga por el reciclaje de plásticos usados en aquellos países.

Las más adecuadas para la clasificación y el reciclaje de plásticos en los países en desarrollo son aquellas tecnologías que aprovechan extensamente la ventaja (comparativa) de la mano de obra barata. La materia prima secundaria obtenida mediante la separación a para producir productos reciclados de alta calidad a través de la industria a pequeña y mediana escala.

Reciclaje de termoplásticos

Los termoplásticos (polímeros no entrelazados) en particular, son fáciles de reciclar con tecnologías sencillas. A diferencia de los duroplásticos y elastómeros, se funden nuevamente cuando se calientan. Debido a que las temperaturas de derretimiento de los distintos plásticos son diferentes, se requieren plásticos clasificados de un tipo con propiedades de fusión similares para obtener una fundición homogénea.

El polietileno (PE) y polipropileno (PP) pueden utilizarse en una mezcla, ya que presentan características de fusión similares. Por otro lado, el cloruro polivinílico (PVC), otro termoplástico común, no puede utilizarse en combinación con PE o PP, particularmente por sus propiedades de material y fusión distintas. Estos materiales necesitan ser separados.

Debido a que la mayor parte de todos los desechos de plástico de los hogares consisten en PE, PP y PVC que puede ser reciclado con tecnologías sencillas, las operaciones iniciales de reciclaje de plásticos en los países en desarrollo deberían utilizar principalmente estos materiales. A continuación se presenta una técnica para el procesamiento de desechos de PE/PP en los países en desarrollo. La figura 1 muestra un esquema de operaciones de un proceso sencillo del reciclaje de plásticos.

Clasificación de plásticos

Después de haber recibido los desechos de los recolectores, debe llevarse a cabo una intensa separación manual con personal capacitado.

La mayor parte de todos los desechos de plástico domésticos consiste en:

- artículos de HDPE formado mediante sopladura (PE de alta densidad);
- artículos de HDPE, PS (poliestirol) y PVC moldeados por inyección;
- tubos o perfiles extraídos de PVC, PE y PP,

llamado plástico “duro” y

- láminas de película de LDPE (PE de baja densidad), PP y algunos PVC.

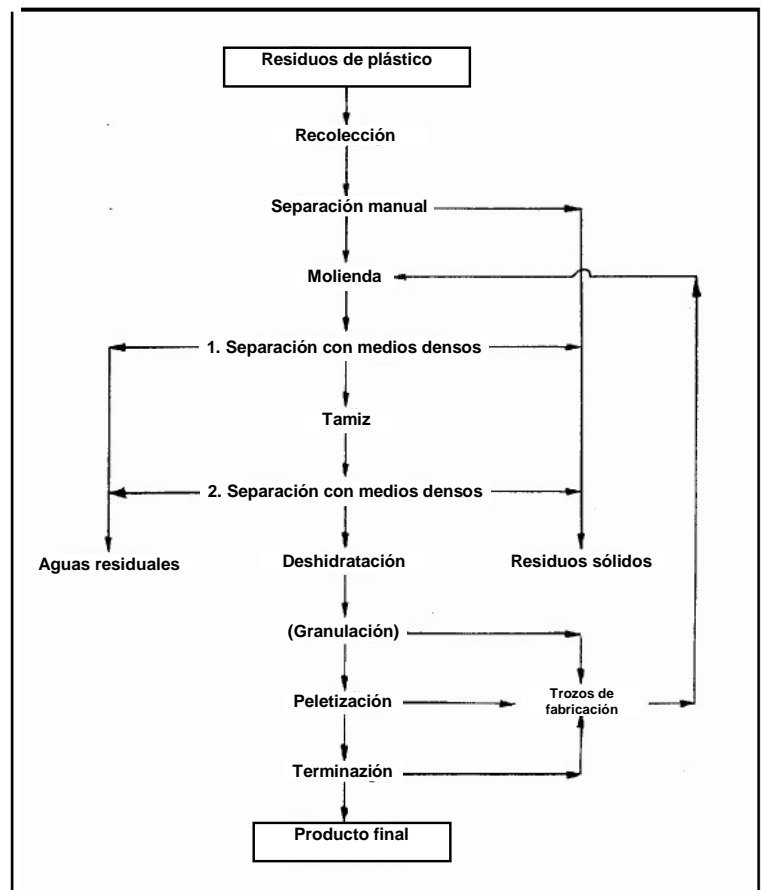


Fig. 1: Proceso de reciclaje de plásticos

Un primer intento para separar los materiales, puede hacerse visual- y manualmente. Debido a que muchos polímeros diferentes tienen un aspecto idéntico, se requieren habilidades considerables para notar la diferencia. Las siguientes características pueden ser útiles para distinguir entre los materiales:

LDPE	Suave, flexible; fácilmente termosellable; sólo transparente cuando muy delgado; secciones gruesas tienen un color blanco turbio (o de color).
HDPE	Duro, más rígido que LDPE; incluso las películas delgadas son turbias (o de color).
PVC duro	Duro y resistente, casi siempre de color; emitiendo un olor a ácido clórico cuando se quema.
PVC plastificado	Suave, flexible, más bien frágil; puede ser altamente transparente; fácil de unir con textiles, metales, etc.

Si el plástico está sucio, necesita limpiarse. Los pasos de limpieza principales son los siguientes:

- drenaje de los fluidos restantes de contenedores en barriles de recogida preparados;
- limpieza superficial de contenedores de plástico y otras piezas de plástico;
- eliminación de etiquetas de papel, plástico o metal;
- lavado intenso en agua fría o caliente agregando detergentes o soda cáustica.

Las bolsas de películas, sacos y laminados tienen que limpiarse concienzudamente. Debido a que la película tiene un área grande comparado con su peso, puede llevar más suciedad, etiquetas adhesivas o cinta que los desechos duros (sólidos). Si las bolsas y los sacos se procesan, los residuos del contenido anterior pueden encontrarse aún dentro. Estas impurezas deben eliminarse, lo que es, evidentemente, un proceso tardado y costoso.

El PE/PP duro puede separarse fácilmente del PVC mediante una separación de medios densos en agua. Mientras que PE con una densidad de aproximadamente 900 kg/m³ flota en el agua, PVC (y la mayoría de los otros plásticos) con una densidad de aproximadamente 1.300 kg/m³ se hunde. Si se separa el LDPE (densidad de 0.91-0.92) del HDPE (densidad de 0.96), se obtiene un medio denso adecuado (densidad de 0.93-0.94) al mezclar agua y alcohol (densidad: 0.79). En caso

de que PP forme parte de la mezcla también, una separación de PP y LDPE mediante la separación con medios densos no es muy segura, porque sus densidades pueden ser muy similares.

Para facilitar la separación de los diferentes componentes, o para abrir los contenedores cortándolos para liberar posibles contenidos de aire, se requiere una operación trituradora antes de la separación con medios densos. Para mejorar el proceso de clasificación, se recomienda aplicar una doble separación con medios densos con un paso de trituración fina entre ellos.

Pulverización

La pulverización de plástico duro se realiza en un pulverizador/granulador, triturador o molino de corte. Debido a las diferentes propiedades físicas de los plásticos, existe una variedad de modelos ligeramente modificados que se encuentran en uso. La figura 2 muestra un pulverizador tipo estándar (granulador) para el plástico duro.

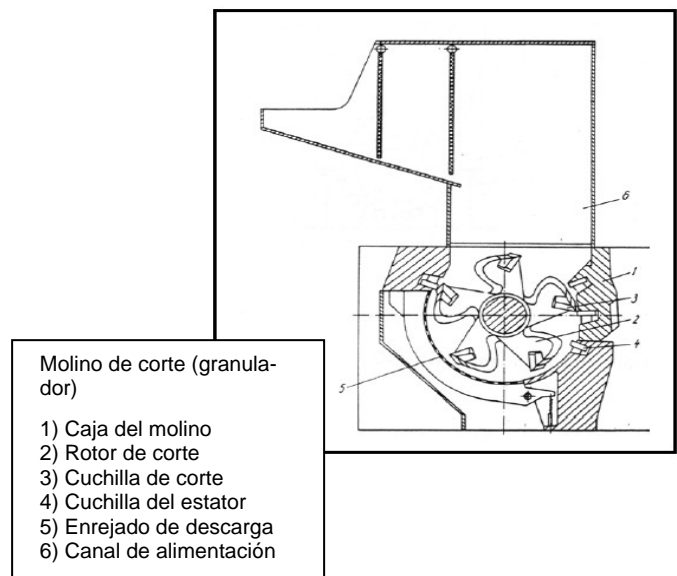


Fig. 2: Pulverizador/granulador para plástico duro

Después de la pulverización y separación, el producto debe secarse. Más tarde, se alimenta, ya sea directamente o después de haber aplicado un paso de peletización, en un extrusor para producir el producto final.



Aglomeración

Los desechos de láminas de películas limpias se procesan en un aglomerador, el cual consiste en un tambor vertical con un juego de cuchillas en el fondo que se están moviendo con gran rapidez (véase la figura 3). El aglomerador desmenuza las láminas en copos delgados de película. Debido a la energía de corte y fricción del proceso, los copos se calientan hasta que comienzan a fundirse y formar migajas o aglomerado. Esto aumentará la densidad a granel del material que ahora se encuentra listo para alimentarse directamente en el extrusor para el moldeo por inyección, la formación por sopladura o la sopladura de película.

Peletización

Para muchos propósitos se recomienda convertir las hojuelas o aglomerado de plástico en pelets antes del procesamiento ulterior. Durante la formación de pelets (re-fundición en un extrusor y producción de “espaguetis” que se cortan posteriormente en pelets, figura 4), el plástico reciclado puede homogenizarse, mezclarse, desgasificarse, colorearse o estabilizarse.

Entre el extrusor y la herramienta de extrusión, se instalan tamices para eliminar impurezas sólidas mayores. Esto es importante porque los problemas originados por impurezas sólidas

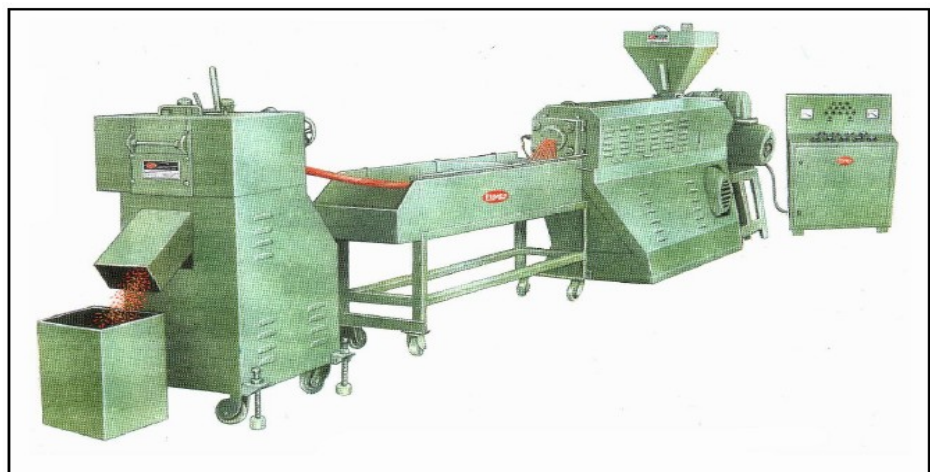


Fig. 4: Peletizadora

pueden ser muy serios cuando se extruyen productos de pared delgada como láminas o bolsas.

Los productos de pared gruesa extruídos como

tubos de agua o perfiles son normalmente menos sensibles a las impurezas encerradas.

Extrusión de tubería o perfiles

Hojuelas, aglomerado o pelets de PE y PVC reciclado pueden utilizarse para producir tubería o perfiles. Debido a que el material reciclado nunca es homogéneo, es necesario realizar un análisis para determinar la mezcla correcta (p.ej., de LDPE y HDPE) para lograr un producto con las propiedades físicas deseadas.

La tubería o los perfiles se extruyen continuamente. El plástico se funde en el extrusor y se empuja a través de la herramienta de extrusión. Para conservar la forma deseada hasta que se haya solidificado el plástico, se utilizan herramientas de calibración enfriadas con agua. Finalmente, la tubería o los perfiles se cortan a la longitud deseada o se enrollan (tubos). Debido a que esta tecnología es bastante sencilla y fácil de controlar, es una opción para la producción a pequeña escala de productos finales en los países en desarrollo. La figura 5 muestra la disposición general de una planta de extrusión de tubería.

Moldeo por inyección

Para el moldeo por inyección se funden pellas, hojuelas o aglomerado en un extrusor. El plástico fundido se almacena medianamente en una

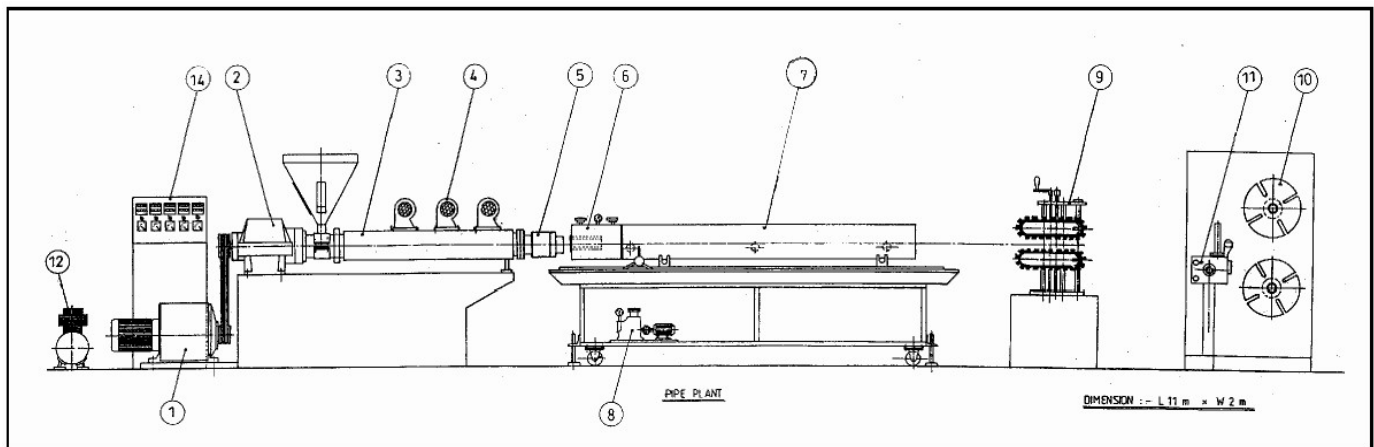
fundido se ha formado, lista para la siguiente inyección.

Para operar este proceso, se requieren extensos mecanismos de control. Por lo tanto, las máquinas de moldeo por inyección que operan de forma automática son sofisticadas y costosas.

Para el uso a pequeña escala en los países en desarrollo, se han fabricado máquinas de moldeo por inyección de operación manual, por ejemplo, en la India y en Egipto. La figura 6 muestra una máquina de moldeo por inyección de operación manual sencilla. En este tipo de dispositivo pueden producirse artículos moldeados por inyección de hasta 50 g. Un solo trabajador es capaz de producir hasta 150 piezas en una hora.

Fig. 5: Disposición de planta de extrusión de tubería

- 1) Motor de acoplamiento de corriente parásita
- 2) Caja de engranajes helicoidales
- 3) Extrusor
- 4) Soplador
- 5) Cabeza del extrusor y cuño de tubo
- 6) Cámara de vacío
- 7) Tanque de enfriamiento de agua
- 8) Bomba de vacío
- 9) Arrastre
- 10) Enrollador
- 11) Unidad lateral
- 12) Compresor
- 14) Panel de control



extrusor. En ciertos intervalos, el material fundido se inyecta en un molde. Después de la solidificación, el artículo producido se extrae del molde. Mientras tanto, una nueva provisión de plástico

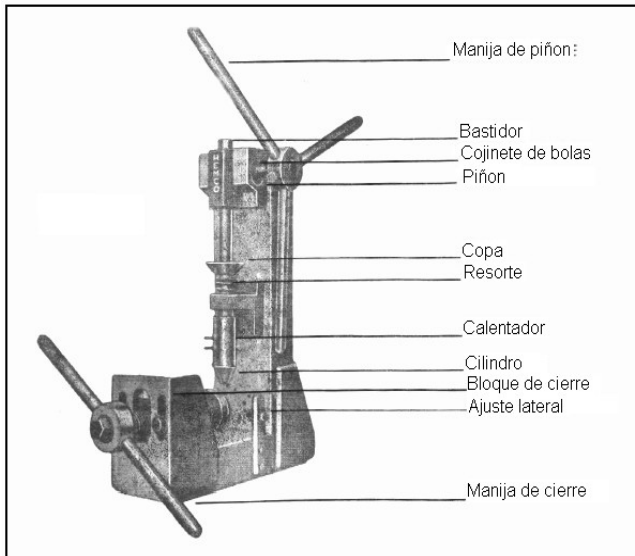


Fig. 5: Máquina de moldeo por inyección de operación manual

Aspectos ecológicos del reciclaje de plásticos en SMEs en los países en desarrollo

Similar a otras actividades del sector productivo, el reciclaje de plásticos genera residuos y puede contaminar el medio ambiente. Es necesario ofrecer soluciones apropiadas que pueden aplicarse realmente en SME de los países en desarrollo. Cabe mencionar las siguientes áreas críticas y medidas requeridas para la protección del medio ambiente:

Residuos de recolección:

- contenedores de depósito para material no deseado llevado por los recolectores de desechos;
- barriles de recolección para fluidos restantes de contenedores de plástico entregados;
- contenedores de depósito para piezas descartadas de la separación manual o de separaciones con medios densos.

Tratamiento de aguas residuales:

- pre-tratamiento de aguas residuales generadas (agua superficial, agua de lavado, agua contaminada de la separación de medios densos) mediante filtración, sedimentación, separación de aceite y neutralización.

Filtración de gases de escape:

- colección y filtración de gases de escape de los molinos, la sección de secado y las emanaciones desgasificantes durante la extrusión.

Los residuos, polvos volátiles y las aguas residuales deben introducirse en el sistema de administración de desechos común de una manera metódica.

Referencias e información adicional:

- Vogler, J.;
Work from Waste;
IT-Publications, 1983
ISBN 0-903031-79-5
- Lardinois, I., A. van de Klundert;
Plastic Waste - Options for small scale resource recovery;
TOOL, 1995
ISBN 90-70857-34-0
- Nickel, W.;
Recycling Handbuch;
VDI Verlag, 1996
ISBN 3-18-401386-3
- Menges, G., W. Michaeli, M. Bittner;
Recycling von Kunststoffen;
Carl Hanser Verlag, 1992
ISBN 3-446-16437-5

Direcciones de Internet:

- www.wrf.org.uk (Fundación de Recursos Mundiales)
- www.recyclers-info.com (Información sobre Recicladores en Alemania)
- www.waste.nl (Asesores en Desechos, Países Bajos)

Productores hindúes de máquinas de reciclaje a pequeña escala:

- <http://web1.mtnl.in/-himalaya> (Himalaya Manufacturing Corporation, Mumbai)
- www.dgpwindsor.com (DGP Windsor India Ltd, Mumbai)
- plastic@vsnl.com (Boolani Engineering Cor., Mumbai)
- www.kolsite.com (Kabra Extrusionstechnik Ltd, Mumbai)
- www.pimcomachine.com (PIMCO Machines Private Ltd, Mumbai)
- info@gloplast.com (Glow Industries, Mumbai)
- www.aipma.org (Asociación de Fabricantes de Plásticos de la India)